



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Desarrollo de protocolo de pruebas para la
aceptación del cliente al final del mantenimiento de
revisión general del material rodante de
Ferrocarriles Suburbanos de la zona metropolitana
del valle de México**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico y Electrónico

P R E S E N T A

Mario Alberto Balestrini Quevedo

ASESOR(A) DE INFORME

Dr. Juan Luís Francois Lacouture



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Indice

1. Introducción.....	8
2. Objetivo.....	9
3. Descripción de la empresa CAF, S.A.....	9
3.1 CAF México, S.A de C.V	11
3.2 Mantenimiento y atención postventa en el proyecto Ferrocarriles Suburbanos.....	16
3.3 Talleres Pantaco.....	16
3.4 Layout de los talleres Pantaco Ferrocarriles Suburbanos.....	17
3.5 Áreas de conforman los talleres de Pantaco.....	17
3.6 Misión.....	18
3.7 Visión.....	18
3.8 Política de calidad.....	18
3.9 Descripción del puesto de trabajo.....	19
3.9.1 Responsabilidades de Ingeniería de Mantenimiento.....	19
3.9.2 Responsabilidades de RAMS.....	20
4. Antecedentes.....	21
4.1 Programa de mantenimiento del equipo ferroviario.....	21
4.2 Plan de mantenimiento.....	21
4.3 Frecuencia.....	22
4.4 Especialidad.....	23
4.5 Duración.....	24
4.6 Permiso de trabajo.....	25
4.7 Máquina parada o en marcha.....	25
4.8 Manual de mantenimiento.....	25
4.9 Objetivos del manual de mantenimiento.....	26
4.9.1 General.....	26
4.9.2 Específico.....	27

4.10	Tipos de manuales de mantenimiento.....	28
4.11	Manual de mantenimiento predictivo.....	28
4.12	Manual de mantenimiento preventivo.....	28
4.13	Manual de mantenimiento correctivo.....	29
4.14	Mantenimiento mayor o revisión general.....	29
5.	Descripción del problema o contexto de la participación profesional.....	29
5.1	Uso del manual.....	30
5.2	Frecuencias de mantenimiento.....	31
5.3	Instrucciones programadas de mantenimiento.....	32
5.4	Formación del Ferrocarril Suburbano.....	33
5.5	Equipos montados en el tren.....	34
5.6	Interpretación de frecuencias.....	35
5.7	Sistemas y trabajos programados con frecuencias de mantenimiento.....	36
5.7.1	Sistema BOG – Bogíes.....	36
5.7.2	Sistema CAB – Cabina.....	37
5.7.3	Sistema CAJ- Caja.....	37
5.7.4	Sistema CAT - Captación y transformación de corriente.....	38
5.7.5	Sistema CAU - Convertidor auxiliar.....	40
5.7.6	Sistema CLC - Climatización cabina.....	40
5.7.7	Sistema CLS - Climatización sala.....	41
5.7.8	Sistema COM - Sistema de comunicación (información / vigilancia).....	42
5.7.9	Sistema CON - Sistemas de conducción y protección automáticas.....	43
5.7.10	Sistema ENG - Enganches acoplamiento.....	43
5.7.11	Sistema FRE - Equipo de freno.....	44
5.7.12	Sistema GCC - Generación corriente continua.....	47
5.7.13	Sistema GPS - Global Positioning System.....	47
5.7.14	Sistema GTA - Generación y tratamiento de aire.....	48
5.7.15	Sistema MON - Sistemas de monitorización y control de auxiliares.....	50

5.9.1.5.1	Descripción de equipos.....	67
5.9.1.5.2	Verificación en el protocolo.....	67
5.9.1.6	Climatización en salón pasajeros.....	68
5.9.1.6.1	Descripción de equipos.....	68
5.9.1.6.2	Verificación en el protocolo.....	68
5.9.1.7	Pantógrafo.....	69
5.9.1.7.1	Descripción del equipo.....	69
5.9.1.7.2	Verificación en el protocolo.....	69
5.9.1.8	Prueba de funcionamiento de la válvula de retención.....	69
5.9.1.9	Compresores principales.....	70
5.9.1.9.1	Descripción del equipo.....	70
5.9.1.9.2	Verificación de los compresores en el protocolo.....	70
5.9.1.10	Comprobación de equipos electrónicos de freno.....	71
5.9.1.10.1	Breve descripción del equipo de freno de los trenes.....	71
5.9.1.10.2	Freno de servicio.....	71
5.9.1.10.3	Freno de emergencia.....	71
5.9.1.10.4	Freno de estacionamiento.....	72
5.9.1.10.5	Control de freno.....	72
5.9.1.10.6	Revisión del estado de la electrónica de freno.....	73
5.9.1.10.7	Verificación de funcionamiento del control remoto de los bogíes (sirga de accionamiento manual de los cilindros de freno).....	73
5.9.1.11	Motores de tracción.....	73
5.9.1.11.1	Descripción del equipo.....	73
5.9.1.11.2	Verificación en protocolo de pruebas.....	74
5.9.2	Pruebas dinámicas a equipos intervenidos.....	74
5.9.2.1	Estanqueidad.....	75
5.9.2.2	Enganches.....	75
5.9.2.2.1	Enganches automáticos.....	76

5.9.2.2.2 Enganche semipermanente.....	76
5.9.2.2.3 Verificación en protocolo de pruebas.....	76
5.9.2.3 Verificación del sistema de tracción y frenado del tren.....	77
5.9.2.3.1 Freno de emergencia.....	78
5.9.2.3.2 Frenado de servicio <i>Blending</i>	79
5.9.2.3.3 Frenado con modo de socorro PWM (sin frenado eléctrico).....	79
5.9.3 Pruebas en vías principales.....	80
5.9.3.1 Freno de emergencia.....	80
5.9.3.2 Frenado de servicio <i>Blending</i>	81
5.9.3.3 Frenado con modo de socorro PWM (sin frenado eléctrico).....	81
5.9.3.4 Fallo del freno eléctrico de un coche.....	82
6. Metodología utilizada.....	83
7. Resultados.....	84
8. Conclusiones.....	85
9. Bibliografía.....	86

Indice de figuras

Figura 1 – CAF Modelo NE-92 STC Metro.....	11
Figura 2 – Rehabilitación de Cabinas CAF.....	11
Figura 3 – CAF Modelo FM-95 STC Metro.....	12
Figura 4 – CAF Modelo NM-02 STC Metro.....	12
Figura 5 – CAF Modelo FE-07 STC Metro.....	13
Figura 6 – CAF Modelo FE-10 STC Metro.....	13
Figura 7 – CAF Modelo NE-16 STC Metro.....	14
Figura 8 – CAF Modelo MM-93 Metrorrey.....	14
Figura 9 – CAF Modelo Civia Ferrocarril Interurbano.....	15
Figura 10 – CAF Modelo SM-01 Ferrocarriles Suburbanos.....	15
Figura 11 – Instalaciones CAF Pantaco Proyecto Ferrocarriles Suburbanos.....	16
Figura 12: Layout de los Talleres Pantaco.....	17
Figura 13. Tren Suburbano de 4 coches (M1-R-N-M2).....	33
Figura 14. Distribución de equipos del sistema de información a pasajeros.....	66

Indice de tablas

Tabla 0. Frecuencias de mantenimiento.....	31
Tabla 1. Código de sistemas.....	32
Tabla 2. Código de localización.....	33
Tabla 3. Equipos montados en el tren.....	34
Tabla 4. Equipos montados bajo bastidor.....	34
Tabla 5. Equipos montados en el interior.....	35
Tabla 6: Listado de trabajos programados BOG.....	36
Tabla 7: Listado de trabajos programados CAB.....	37
Tabla 8: Listado de trabajos programados CAJ.....	37
Tabla 9: Listado de trabajos programados CAT.....	38
Tabla 10: Listado de trabajos programados CAU.....	40
Tabla 21: Listado de trabajos programados CLC.....	40
Tabla 32: Listado de trabajos programados CLS.....	41
Tabla 13: Listado de trabajos programados COM.....	42
Tabla 44: Listado de trabajos programados CON.....	43
Tabla 5: Listado de trabajos programados ENG.....	43
Tabla 166: Listado de trabajos programados FRE.....	44
Tabla 17: Listado de trabajos programados GCC.....	47
Tabla 18: Listado de trabajos programados GPS.....	48
Tabla 19: Listado de trabajos programados GTA.....	48
Tabla 20: Listado de trabajos programados MON.....	51
Tabla 21: Listado de trabajos programados PAE.....	52
Tabla 22: Listado de trabajos programados TRF.....	54
Tabla 23: Referencia de protocolos para pruebas estáticas por cada equipo.....	57
Tabla 24. Referencia de protocolos para pruebas dinámicas por cada equipo.....	74
Tabla 25. Referencia de protocolos para pruebas dinámicas de vías principales.....	80

Introducción

El Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México o Tren Suburbano del Valle de México es el primer tren de cercanías construido en México. El sistema 1 de 27 kilómetros de longitud (Buena Vista-Cuautitlán) fue inaugurado el 7 de mayo de 2008 por Felipe Calderón Hinojosa, presidente de México de 2006 a 2012. Para su construcción fue necesaria la participación de los gobiernos federal, del Distrito Federal (hoy Ciudad de México), Estado de México y municipales de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Este sistema forma parte de un proyecto promovido entre los años 2000 y 2012 por los expresidentes de México Vicente Fox y Felipe Calderón Hinojosa, el cual consideró tres sistemas con una longitud entre 242 y 245 kilómetros. Para lograr esta extensión se consideró utilizar las vías férreas existentes y el derecho de vía propiedad del gobierno federal en el Valle de México. El proyecto fue sustituido por una nueva propuesta de trenes y transporte masivo de pasajeros al iniciar el período presidencial de Enrique Peña Nieto en el año 2012.

El Ferrocarril Suburbano es el primer y único sistema del proyecto en construirse e inaugurarse. Está integrado por 7 estaciones y su color distintivo es el rojo. Se localiza al centro de la Ciudad de México y el nororiente del Estado de México con dirección norte-sur. Tiene una longitud total de vía para el servicio de pasajeros de 27 kilómetros. Atiende a los municipios de Tlalnepantla, Tultitlán, Cuautitlán y Cuautitlán Izcalli en el Estado de México y las delegaciones Cuauhtémoc y Azcapotzalco de la Ciudad de México. Transporta diariamente de Buena Vista a Cuautitlán, en un tiempo de 25 minutos, a 150 mil pasajeros (está diseñado para atender un máximo de 320 mil pasajeros al día).

La empresa CAF se encarga de construir, explotar y operar el Ferrocarril Suburbano del Valle de México. Dicha empresa suministró un tren derivado de la UT-446/447 española, cuyo modelo es UT-01, pero con tecnología de punta.

Las Unidades de Tracción son sometidos a diferentes frecuencias de Mantenimiento Sistemático, Menor y Mayor.

En este informe se muestra el protocolo de pruebas a seguir después de realizar todas las actividades correspondientes a la Revisión General (RG) y presentarle al cliente Ferrocarriles Suburbanos el correcto funcionamiento del Tren para su aceptación e incorporación al Servicio.

2. Objetivo

Dar a conocer las actividades que desempeñé durante el Protocolo de Pruebas de funcionamiento del Tren al finalizar el Mantenimiento de Revisión General al Material Rodante de Ferrocarriles Suburbanos dentro de la Empresa CAF México, S.A de C.V, con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Eléctrico y Electrónico, mediante la opción de Titulación por Trabajo Profesional.

3.- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA CAF, S.A.

Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, más conocido por la contracción de su nombre CAF, es una empresa española con sede social en Beasáin (Guipúzcoa) que lleva décadas construyendo trenes y material ferroviario para las redes de tranvía, ferrocarril metropolitano, metro de neumáticos, de cercanías, de largo recorrido y de alta velocidad más importantes del mundo. CAF crea trenes con tecnología avanzada.

CAF ha sido fabricante de gran parte del material móvil del Metro de Madrid, Barcelona, Bilbao, Valencia, Sevilla, Málaga, Palma de Mallorca, Washington D.C., Roma, Bruselas, Hong Kong, Ciudad de México, Santiago de Chile, Medellín, Argel, Sao Paulo, Ámsterdam; también para las redes de tranvía de Monterrey, Málaga, La Coruña, Valencia, Ámsterdam, Sevilla, Bilbao, Vitoria, Sacramento, Pittsburgh, Lisboa, Antalya

a, Belgrado y Zaragoza, así como de buena parte del material móvil de RENFE, FEVE, EuskoTren, SFM y FGC. Otros países del mundo, como Finlandia, Reino Unido, Irlanda, Turquía, Chile, México, Argentina, Argelia, Hungría, Portugal, Arabia Saudí, Venezuela y Nueva Zelanda se equipan también con vehículos fabricados por CAF.

CAF ha realizado un total de 151 proyectos, situándose como sexto fabricante mundial por detrás de Stadler, Siemens, Alstom, Bombardier y CRRC Corporation, respectivamente, superando a Kawasaki. Actualmente la filial de CAF de Hortolandia se sitúa como la mayor fabricante de trenes de Brasil.

En 1860, Domingo Goitia, Martín Usabiaga y José Francisco Arana constituyen la Fábrica de Hierros San Martín. La Compañía Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) se funda en 1917; en 1971 adopta el actual nombre de Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF), S.A. tras su fusión con Material Móvil y Construcciones con sede en Zaragoza, la cual a su vez provenía de Carde y Escoriaza. Actualmente su expansión como grupo le ha llevado a tener más de 45 filiales a su disposición.

Hay que destacar que CAF también estuvo fabricando vehículos todoterreno Jeep, bajo licencia, desde 1955 hasta 1982, como propietaria de AVIA y más tarde tras un acuerdo comercial con Motor Ibérica con la marca EBRO.

La compañía dispone de factorías en Beasáin e Irún (Guipúzcoa), Zaragoza (Aragón), Castejón (Navarra), Linares (Jaén) (CAF Andalucía) y Lérida (Cataluña) (TRADINSA). Estas tres últimas del Grupo CAF, y en Madrid las oficinas comerciales y financieras. Dispone de plantas de montaje en Estados Unidos, Chile, Brasil, Francia y México, y oficinas y talleres de mantenimiento en Argentina, Reino Unido, Italia, Argelia, Venezuela y Turquía.

3.1 CAF MÉXICO, S.A DE C.V

Los proyectos que la empresa CAF ha desarrollado en México son los siguientes:

- Metro de la Ciudad de México
 - NE-92: 15 trenes de rodadura neumática, los primeros creados con este tipo de rodadura por la empresa (1992-1994).



Figura 1 – CAF Modelo NE-92 STC Metro

- Rehabilitación de trenes de los modelos MP-68, NM-73 Y NM-83 (1996-1998).



Figura 2 – Rehabilitación de Cabinas CAF

- FM-95A: Colaboración con Bombardier Transportation México para la construcción y arrendamiento de 13 trenes de este modelo (1995-1999)



Figura 3 – CAF Modelo FM-95 STC Metro

- NM-02: 45 trenes de rodadura neumática, construidos junto a Bombardier Transportation México (2002-2006).



Figura 4 – CAF Modelo NM-02 STC Metro

- FE-07: 9 trenes de rodadura férrea para la Línea A del Metro de la Ciudad de México (2007-2010).



Figura 5 – CAF Modelo FE-07 STC Metro

- FE-10: 30 trenes de rodadura férrea para la Línea 12 del Metro de la Ciudad de México (2010-2012).



Figura 6 – CAF Modelo FE-10 STC Metro

- NE-16: 10 trenes de rodadura neumática para la Línea 1 del Metro de la Ciudad de México (2016 – 2018).



Figura 7 – CAF Modelo NE-16 STC Metro

- Metrorrey
 - Unidades eléctricas articuladas MM93 para el metro de Monterrey (2004-2005).
 - Segundo pedido de unidades eléctricas para el metro de Monterrey (2014-2015).



Figura 8 – CAF Modelo MM-93 Metrorrey

- Regionales y cercanías
 - Unidades eléctricas para el servicio interurbano México-Toluca.



Figura 9 – CAF Modelo Civia Ferrocarril Interurbano

CAF también se encarga de construir, explotar y operar el Ferrocarril Suburbano del Valle de México. Dicha empresa suministró un tren derivado de la UT-446/447 española, cuyo modelo es SM-01, pero con tecnología de punta.



Figura 10 – CAF Modelo SM-01 Ferrocarriles Suburbanos

3.2 Mantenimiento y atención postventa en el Proyecto Ferrocarriles Suburbanos

CAF cuenta con una amplia experiencia en el mantenimiento y en la atención postventa de todo tipo de trenes, alcanzando unos valores óptimos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad durante la explotación. Esta experiencia se aplica no sólo a los trenes fabricados por CAF, sino también a todo tipo de material rodante de otros fabricantes.

Los Talleres de CAF para el proyecto Ferrocarriles Suburbanos se encuentran ubicados en medio de la zona de carga y descarga Pantaco de los trenes cargueros de la empresa Ferrovialle.

Las instalaciones Pantaco CAF están acondicionadas para la prestación de los servicios que solicita el cliente por contrato. Tales como son: Servicio de Lavado, repintado, sopleteado, torneado de ruedas y actividades de mantenimiento menor y mayor.

3.3 Talleres Pantaco



Figura 11 – Instalaciones CAF Pantaco Proyecto Ferrocarriles Suburbanos

3.4 Layout de los Talleres Pantaco Ferrocarriles Suburbanos

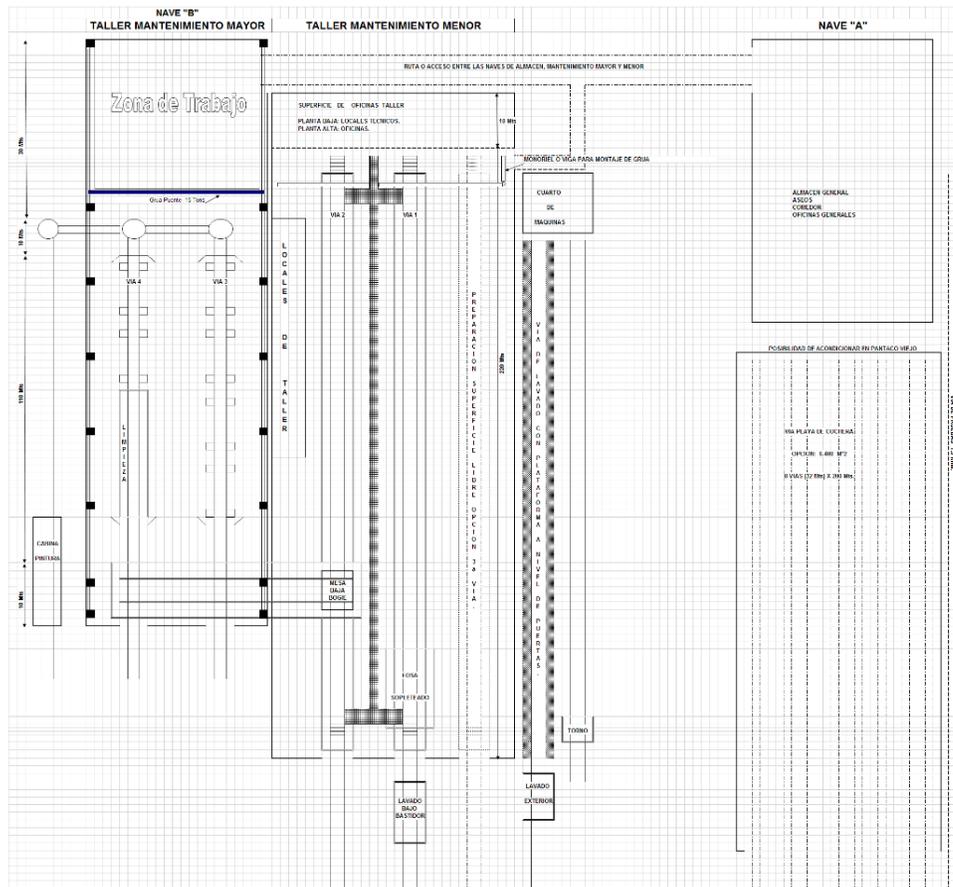


Figura 12: Layout de los Talleres Pantaco

3.5 Áreas que conforman los talleres de Pantaco.

- Nave: Mantenimiento Menor
- Nave Mantenimiento Mayor
- Almacén General
- Torno Rodero
- Vía de Lavado
- Fosa de Sopleteado
- Cabina de Pintura

3.6 MISIÓN

Ser la solución confiable en el Servicio de Mantenimiento Integral, Reparación y Rehabilitación de unidades ferroviarias y bogíes.

3.7 VISIÓN

Mantener un crecimiento en el mercado ferroviario, superando los índices establecidos por el cliente.

Obtener el reconocimiento de nuestra casa matriz por la eficiencia de nuestra organización y por la aportación de soluciones de mejora en los procesos de mantenimiento preventivo, ser el principal proveedor de servicios de mantenimiento integral de los clientes del mercado ferroviario nacional.

3.8 POLÍTICA DE CALIDAD

En CAF México proporcionamos servicios de alta calidad en mantenimiento integral, reparación y rehabilitación a unidades ferroviarias y bogíes con el compromiso de satisfacer las necesidades nuestros clientes a través de:

La mejora continua de nuestro sistema de gestión de calidad.

- Personal competente.
- Optimización del mantenimiento.
- Cumplimiento de los objetivos de calidad.

Obteniendo, así, una alta competitividad de la organización, generando crecimiento continuo del negocio.

El servicio de mantenimiento integral que brinda CAF México en los talleres Pantaco, la fuente de negocio principal, son las actividades de conservación para los trenes. Se cuenta con un plan de mantenimiento, el cual está documentado en los manuales de mantenimiento; para este proyecto, las actividades documentadas fueron proporcionadas para arranque del mismo, siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de diversos equipos. Al paso del tiempo se observa la necesidad de actualizar continuamente el Plan de Mantenimiento, de acuerdo a necesidades reales de conservación que ayuden a mejorar la disponibilidad y la fiabilidad del tren.

Todos los cambios deben ser documentados y aprobados inicialmente en taller y posteriormente en conjunto con Ingeniería Mantenimiento CAF Beasain, casa matriz del proyecto.

3.9 Descripción del Puesto de Trabajo

Ingeniería de Mantenimiento / RAMS

El Área de Ingeniería de Mantenimiento / RAMS, dentro de la empresa CAF proyecto Ferrocarriles Suburbanos, realiza un papel muy importante dentro del mantenimiento, ya que en éstas se concentran las siguientes responsabilidades:

3.9.1 Responsabilidades de Ingeniería de Mantenimiento

- Realizar el Programa Anual Tentativo de Mantenimiento con el apoyo de los manuales que nos proporciona la Casa Matriz CAF España, el cual se proporciona al cliente para su evaluación. Éste se realiza especificando las actividades y periodicidades de los mantenimientos que se llevan a cabo por fechas y kilometrajes.
- El Responsable de Ingeniería de mantenimiento realiza el programa de reperfilado de ruedas de los trenes, de acuerdo a los desgastes detectados en las Inspecciones de Mantenimiento Preventivo.

- Realizar Programa de Mantenimiento Preventivo Mensual. Con base en un formato en el que se informa los tipos de mantenimiento preventivo que se realizarán durante el mes siguiente, es decir, tipo de mantenimiento, con base en lapsos de tiempo y kilometraje, así como unidades para lavado profundo, sopleteado y lavado bajo bastidor. Con el programa de mantenimiento preventivo mensual, y el kilometraje acumulado de las unidades, se realiza el programa semanal tentativo de trenes para mantenimiento preventivo, pintura y lavado profundo, en el cual se informan las unidades que entran a mantenimiento preventivo, y qué tipo de mantenimiento preventivo se les aplicará, además de mencionar las unidades de lavado profundo, lavado bajo bastidor, pintura y sopleteado. Después de la revisión y autorización, se entrega, vía correo electrónico al cliente y personal involucrado, cada semana anterior a la semana programada de mantenimiento, y se publica en tablero informativo para que todas las áreas estén enteradas.
- Implementar soluciones a las mejoras de los sistemas por medio de Informes de Garantía al Área de Ingeniería España.
- Realizar optimizaciones en la Documentación de Mantenimiento por medio de Solicitudes de Modificación solicitadas por CAF México o por el cliente Ferrocarriles Suburbanos.
- Propuesta de solución, verificación y aprobación de seguridad en los análisis de impacto de la modificación y gestión de riesgos. Además de la valoración de consumibles utilizados en el Mantenimiento.

3.9.2 Responsabilidades de RAMS

- Recopilar y analizar la información de fallos en trenes reportadas por el cliente Ferrocarriles Suburbanos para dar propuestas de solución.
- Generar los informes de fiabilidad, nivel de afectación al servicio, disponibilidad y calidad del mantenimiento y enviarlos a los responsables involucrados.
- Dar seguimiento a los mayores ofensores por mes, en conjunto con las áreas de mantenimiento correctivo, garantía y preventivo e involucrados.
- Actualizar las averías imputadas en el portal interno de CAF.

- Control de kilometraje diario y una vez a la semana cargarlo en el portal interno CAF.
- Organizar Reunión de Imputación de Fallos con el cliente Ferrocarriles Suburbanos.
- Elaborar el Reporte de Actividad Mensual y entregar a CAF España dentro de los primeros 5 días calendario del mes contractual, para la aceptación del cliente.

4. ANTECEDENTES

Desde la fecha de inicio de operaciones, los Ferrocarriles Suburbanos comienzan la cuenta de kilómetros recorridos en la flota de trenes, y de acuerdo con el contrato de Mantenimiento del Equipo Ferroviario deben cumplir con los Servicios de Mantenimiento proporcionados por la empresa CAF México.

4.1 Programa de Mantenimiento del Equipo Ferroviario

El Programa de Mantenimiento del Equipo Ferroviario contiene un Plan de Mantenimiento con las especificaciones técnicas del fabricante de cada uno de los equipos y componentes del Equipo Ferroviario, la programación general y el alcance de las actividades de Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Mayor a realizar sobre el Equipo Ferroviario.

4.2 Plan de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos. Hay todo un conjunto de equipos que se consideran no mantenibles desde un punto de vista preventivo, y en los cuales es mucho más económico aplicar una política puramente correctiva.

El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

- Las actividades rutinarias que se realizan a diario y que normalmente las lleva a cabo el equipo de operación.
- Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año.
- Las actividades que se realizan durante las paradas programadas.

Las tareas de mantenimiento son la base de un plan de mantenimiento. Las diferentes formas de realizar un plan de mantenimiento no son más que formas de determinar las tareas de mantenimiento que compondrán el plan.

Al determinar cada tarea deben determinarse, además, cinco informaciones referentes a ella: frecuencia, especialidad, duración, necesidad de permiso de trabajo especial y necesidad de parar la máquina para efectuarla.

4.3 Frecuencia.

En cuanto a la frecuencia de una tarea, existen dos formas para fijarla:

Siguiendo periodicidades fijas, determinándola a partir de las horas de funcionamiento.

Cualquiera de las formas anteriores, según sea el caso, es perfectamente válida; incluso es posible que para unas tareas sea conveniente que se realice siguiendo periodicidades preestablecidas y que otras tareas, incluso referidas al mismo equipo, sean referidas a horas efectivas de funcionamiento. Ambas formas de determinación de la periodicidad con la que hay que realizar cada una de las tareas que componen un plan tienen ventajas e inconvenientes.

Así, realizar tareas de mantenimiento siguiendo periodicidades fijas puede suponer hacer mantenimiento a equipos que no han funcionado, y que, por lo tanto, no se han desgastado en un periodo determinado. Y, por el contrario, basar el mantenimiento en horas de funcionamiento tiene el inconveniente de que la programación de las actividades se hace mucho más complicada, al no estar fijado de antemano exactamente cuándo tendrán que llevarse a cabo. Un programa de mantenimiento que contenga tareas con periodicidades

temporales fijas, junto con otras basadas en horas de funcionamiento, no es fácil de gestionar y siempre es necesario buscar soluciones de compromiso.

No es fácil fijar unos criterios para establecer las tareas de mantenimiento. Teóricamente, una tarea de mantenimiento debe realizarse para evitar fallos, con lo cual habría que determinar estadísticamente el tiempo medio que transcurre hasta el momento del fallo si no se actúa de ninguna forma en el equipo. El problema es que normalmente no se dispone de datos estadísticos para hacer este estudio, ya que en muchos casos significaría llevar los equipos a rotura para analizar cuánto aguantan; en otros, realizar complejas simulaciones del comportamiento de materiales, que no siempre están al alcance del departamento de mantenimiento de una instalación. Así que es necesario buscar criterios globales con los que fijar estas periodicidades, buscando primar el costo, la fiabilidad y la disponibilidad en esta decisión, y no tanto el agotamiento de la vida útil de las piezas o los conjuntos.

4.4 Especialidad.

En la elaboración del plan de mantenimiento es conveniente diferenciar las tareas que realizan unos profesionales u otros, de forma que al generar las órdenes de trabajo correspondientes, no se envíe al especialista eléctrico lo que debe realizar el especialista mecánico, y viceversa.

Las especialidades más habituales de las tareas que componen un plan de mantenimiento son las siguientes:

- Operación: Las tareas de este tipo son llevadas a cabo por el personal que realiza la operación de la instalación, y normalmente se trata de inspecciones sensoriales que se realizan muy frecuentemente, lecturas de datos y en ocasiones trabajos de lubricación.
- Campo solar: Las tareas de este tipo son llevadas a cabo por especialistas en la realización de tareas en la zona de captación de radiación. Incluye normalmente tareas eléctricas, mecánicas y de instrumentación.

- **Mecánica:** Las tareas de este tipo requieren especialistas en montaje y desmontaje de equipos, en ajustes, alineaciones, comprensión de planos mecánicos, etc.
- **Electricidad:** Los trabajos de este tipo exigen que los profesionales que los llevan a cabo tengan una fuerte formación en electricidad, ya sea en baja, media o alta tensión.
- **Instrumentación:** Los trabajos de este tipo están relacionados con profesionales con formación en electrónica, y, además, con una formación específica en verificación y calibración de instrumentos de medida.
- **Predictivo:** Esta especialidad incluye termografías, boroscopías, análisis de vibraciones, etc. Los profesionales que las llevan a cabo son generalmente técnicos especialmente entrenados en estas técnicas y en las herramientas que utilizan para desarrollarlas.
- **Mantenimiento legal:** En muchas ocasiones se requiere que para llevar a cabo determinadas tareas de carácter obligatorio, recogidas en normativas en vigor, sea necesario tener determinadas acreditaciones. Además, es muy habitual contratar estos mantenimientos con empresas externas poseedoras de dichas acreditaciones.
- **Limpieza técnica:** La fuerte especialización que requiere este trabajo, junto con las herramientas que se emplean, hace que se trate de conocimientos muy específicos que además normalmente se contratan con empresas externas.
- **Obra civil:** No es habitual que el personal de plantilla realice este tipo de trabajos, por lo que para facilitar su programación, realización y control, puede ser conveniente crear una categoría específica.

4.5 Duración.

La estimación de la duración de las tareas es una información complementaria del plan de mantenimiento. Siempre se realiza de forma aproximada, y se asume que esta estimación lleva implícito un error por exceso o por defecto.

4.6 Permiso de trabajo.

Determinadas tareas requieren de un permiso especial para llevarlas a cabo. Así, las tareas de corte y soldadura, las que requieren la entrada en espacios confinados, las que suponen un riesgo eléctrico, etc., requieren normalmente de un permiso de trabajo especial. Resulta útil que en el plan de mantenimiento esté contenida esta información, de manera que estén diferenciados aquellos trabajos que requieren de un permiso, de aquellos que se realizan simplemente con una orden de trabajo.

4.7 Máquina parada o en marcha.

Para llevar a cabo una tarea de terminada puede ser conveniente que el equipo, el sistema al que pertenece o incluso toda la planta estén paradas o en marcha. Resulta útil que este extremo esté indicado en el plan de mantenimiento, ya que facilita su programación.

4.8 Manual de mantenimiento

Un manual de mantenimiento describe las normas, la organización y los procedimientos que se utilizan en una empresa para efectuar la función de mantenimiento.

Dicho manual eleva el papel del mantenimiento a un lugar muy importante de la organización, cuando los procesos se encuentran ordenados y son llevados a cabo de una manera satisfactoria.

Un manual de mantenimiento está compuesto por los procesos básicos de la administración: planeación, organización, ejecución y control. Donde en cada una de las etapas se describen los procedimientos y las operaciones necesarias para administrar el proceso de mantenimiento de una forma amplia.

Se hace uso de la Inspección como una herramienta muy valiosa para el apoyo del mantenimiento, cada proceso se debe desarrollar bajo el esquema entrada – proceso – salida. Se identifica como entradas todos los elementos con los que inicia o parte el proceso,

es decir: información, documentos, normas, etc. En el proceso se detallan las secuencias llevadas a cabo para transformar las entradas y obtener resultados llamados salidas, las cuales en procesos continuos son al mismo tiempo entradas de otros procesos.

Cada uno de éstos poseen una representación lógica, nombrada flujograma, que responde a la pregunta: ¿Cómo? Representa el cómo lo vamos a hacer. Ésta es una representación esquemática que sigue la lógica de inicio y fin de cada proceso.

Continuando con una descripción de cada elemento del flujograma, junto al responsable de cada operación o paso de dicho flujograma, como última etapa los formularios o reportes que son parte del llamado servicio de mantenimiento, los cuales serán parte de cada actividad que será llevada a cabo desde la notificación de la falla hasta la finalización del trabajo.

Los trabajos de mantenimiento pueden ser realizados mediante el servicio propio brindado por la unidad de mantenimiento, conocidos como trabajos internos, y también mediante la prestación de servicios de empresas externas, llamados trabajos externos.

El manual de mantenimiento estará dirigido a la Dirección Administrativa, a través de la unidad de mantenimiento, cuya responsabilidad estará para el jefe de la unidad, teniendo dicho manual como un apoyo para la administración del mantenimiento.

4.9 Objetivos del Manual de Mantenimiento

4.9.1 General:

Proporcionar a la unidad de mantenimiento un sistema de procesos administrativos.

Mediante etapas de planeación, organización, ejecución, control e inspección, que contribuyan como un apoyo en las actividades de mantenimiento de las instalaciones y equipos de empresa.

4.9.2 Específicos:

- Controlar las actividades de mantenimiento realizadas a instalaciones y equipos.
- Facilitar las actividades del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ordenando cada uno de los procesos dentro de la unidad de mantenimiento.
- Controlar la satisfacción de los usuarios de las instalaciones y equipos.
- Controlar el servicio prestado por proveedores, mediante la normativa y procesos ordenados.
- Establecer normas de seguridad relacionadas con el trabajo de mantenimiento.
- El Manual de Mantenimiento es un documento indispensable para cualquier tipo y tamaño de industria. Refleja la filosofía, política, organización, procedimientos de trabajo y de control de esta área de la empresa. Disponer de un manual es importante por cuanto:
 - Constituye el medio que facilita una acción planificada y eficiente del mantenimiento.
 - Es la manifestación a clientes, proveedores, autoridades competentes y al personal de la empresa del estado en que se encuentra actualmente este sistema.
 - Permite la formación de personal nuevo.
 - Induce el desarrollo de un ambiente de trabajo conducente a establecer una conducta responsable y participativa del personal y al cumplimiento de los deberes establecidos.
 - En el Manual de Mantenimiento se indicará la Misión y Visión de la Empresa, las políticas, y objetivos de mantenimiento, los procedimientos de trabajo, de control y las acciones correctivas. Es importante señalar que deben incluirse sólo los procedimientos que se aplican y las instrucciones en un lenguaje afirmativo.
 - Periódicamente, se procederá a actualizar el Manual de Mantenimiento, eliminando las instrucciones para deberes y obligaciones que estén discontinuados e incorporando las instrucciones para las nuevas obligaciones. La función de elaboración y actualización del manual queda bajo la responsabilidad del responsable

del sistema de mantenimiento de la empresa con el apoyo y la aprobación de su Dirección.

- Por último, dos recomendaciones:
- Sólo con personal motivado y entrenado se logran, en mantenimiento, los objetivos de calidad, de eficiencia y eficacia fijados por cada empresa u organización; en consecuencia, las actividades de capacitación, entrenamiento y motivación deben tener un tratamiento prioritario en los respectivos manuales.
- No caer en el error de considerar a la confección del Manual de Gestión de Mantenimiento como un fin. Por el contrario, considerarlo sólo como un medio para mejorar continuamente esta función en la empresa y hacerla cada día más competitiva.

4.10 Tipos de Manuales de Mantenimiento.

Aunque se pueden agrupar los manuales en relación al tipo de instalaciones, equipos o herramientas, la clasificación más lógica y utilizada atiende directamente al tipo de mantenimiento que se realice.

4.11 Manual de mantenimiento predictivo

Contempla las revisiones periódicas (usualmente programadas) para detectar cualquier condición (presente o futura) que pudiera impedir el uso apropiado y seguro del dispositivo y poder corregirla, manteniendo de esta manera cualquier instalación, herramienta o equipo en óptimas condiciones de uso.

4.12 Manual de mantenimiento preventivo

Contempla los ajustes, modificaciones, cambios, limpieza y reparaciones (generalmente sencillos) necesarios para mantener cualquier instalación, herramienta o equipo en condiciones seguras de uso, con el fin de evitar posibles daños al operador o al equipo mismo.

4.13 Manual de mantenimiento correctivo

Contempla las reparaciones, cambios o modificaciones de cualquier herramienta, maquinaria o equipo cuando se ha detectado alguna falla o posible falla que pudiera poner en riesgo el funcionamiento seguro de la instalación, herramienta o equipo y de la persona que lo utiliza.

4.14 Mantenimiento Mayor o Revisión General

Designa las operaciones de revisión, desmontaje, re-acondicionamiento y montaje general de equipos gestionados individualmente, que viene determinada por la propia degradación proveniente del uso prolongado de los mismos. Este tipo de operaciones conlleva la sustitución de equipos importantes que, mediante la técnica de rotación con piezas de parque o módulos, consiguen optimizar el período de inmovilización de los trenes, permitiendo continuar de nuevo su explotación prácticamente en las condiciones iniciales.

5. Descripción del Problema o Contexto de la Participación Profesional

Enfocándome en el Tema de Revisión General o Mantenimiento Mayor de los Trenes, una vez alcanzado los 1,200,000 km se realizaron las actividades correspondientes de acuerdo con el Plan de Mantenimiento.

Como lo mencioné en la página anterior, el Mantenimiento Mayor sin duda son actividades que conllevan una mayor responsabilidad, ya que las operaciones de revisión deben ser más estrictas por tratarse de desmontaje y montaje de equipos que van en la cubierta del Tren

(Pantógrafos por ejemplo) y equipos que van montados Bajo Bastidor (Bogíes, Panel de Freno, Convertidores, etc.), lo cual es muy importante asegurar con los torques de apriete correctos para asegurar la correcta fijación de los equipos.

Por otra parte, para realizar la Revisión General se necesita detener el tren por un período de un mes, aproximadamente, para realizar todas las actividades que mencionaré en este capítulo.

De lo anterior, mi participación profesional fue desarrollar un Protocolo de Pruebas para verificar el correcto funcionamiento de todos los equipos eléctricos y electrónicos, principalmente realizando pruebas estáticas y dinámicas en los trenes con la supervisión, entrega y aceptación del cliente Ferrocarriles Suburbanos para incorporar el tren a su explotación en las condiciones iniciales.

A continuación mencionaré a detalle todos los sistemas que involucran al tren y cómo se clasifican por códigos para su identificación en los manuales de mantenimiento.

5.1 Uso del manual.

El manual ha sido diseñado para facilitar en la medida de lo posible su uso. Contiene todo lo necesario para poder interpretarlo; está contenido en sí mismo sin necesidad de referencias externas, salvo que sea requisito indispensable.

En el núcleo de este manual se menciona la descripción de las operaciones. Cada instrucción contiene la información necesaria para llevar a cabo la operación. Las piezas de recambio y la lista de lubricantes necesarios son mencionados en cada uno de ellos. Cuando son necesarias referencias adicionales para completar una instrucción, estos documentos están identificados en la instrucción.

Cada Instrucción de Mantenimiento se identifica por un único código. Este es único y permite identificar cada instrucción.

El código está formado del modo siguiente:

SM1-ENG-00-012

2 x caracteres alfanuméricos:

Permite identificar la serie. SM1: Sub-Urbano México.

3 x Caracteres Alfanuméricos:

Que definen cada sistema identificándolo con 3 letras. Por ejemplo, ENG para enganches, BOG para bogíes, CAB para cabina, etc.

2 x Caracteres Numéricos:

Que representan el subsistema y que se ajusta al clavero emitido por CAF. Al efecto, el código 00 se considera de carácter general dentro de cada uno de los subsistemas.

3 x Caracteres Numéricos:

Es un número correlativo dentro de cada sistema y subsistema.

5.2 Frecuencias de Mantenimiento.

Los periodos de mantenimiento para el Sub-Urbano de México están basados en kilometraje. Los intervalos de mantenimiento están definidos en la siguiente tabla:

CICLO	Mínimo	Medio	Máximo
IS (Días)	10	15	20
M1 (km)	55,000	60,000	65,000
M2 (km)	270,000	300,000	330,000
RI (km)	560,000	600,000	640,000
RG (km)	1,125,000	1,200,000	1,275,000

Tabla 0 – Frecuencias de mantenimiento

IS: Inspección sistemática

➔ Inspección visual, comprobación de funcionamiento, limpieza y lubricación.

M1: Intervención menor nivel 1

➔ Limpieza profunda más lubricación y pruebas de funcionamiento.

M2: Intervención menor nivel 2

→ Limpieza, lubricación, ajustes y pruebas de funcionamiento.

RI: Revisión intermedia

→ Limpieza, sustitución de piezas de desgaste, lubricación, ajustes y pruebas de funcionamiento.

RG: Revisión general

→ Desmontaje, desensamble, limpieza, sustitución de piezas de desgaste, lubricación, ajustes y pruebas de funcionamiento.

5.3 Instrucciones programadas de mantenimiento.

Todas las instrucciones programadas de mantenimiento a llevar a cabo en el Suburbano de México están listadas en este apartado. Las instrucciones se agrupan por el código primario de sistema y se ordenan por código. La Tabla 1 muestra los códigos primarios del sistema usados en la codificación de las instrucciones. La Tabla 2 muestra la localización general de las tareas.

Códigos primarios de sistema

Tabla 1: Código de sistemas

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
BAS	Sistema de basculación de caja
BOG	Bogíes
CAB	Cabina: Equipamientos varios
CAJ	Caja: Equipamientos varios
CAT	Captación y transformación de corriente
CAU	Convertidor auxiliar
CLC	Climatización cabina
CLS	Climatización sala
COM	Sistema de comunicación (información/vigilancia)
CON	Sistemas de conducción y protección automáticas

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
EDI	Equipo de detección y/o extinción de incendios
ENG	Enganches-acoplamientos
FRE	Equipo de freno
GCA	Generación de corriente alterna
GCC	Generación de corriente continua
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GTA	Generación y tratamiento de aire
MON	Sistemas de monitorización y control de auxiliares
PAE	Puertas de acceso exteriores
TRF	Tracción y freno eléctrico

Tabla 2: Código de localización

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
BB	Bajo bastidor
IN	Interior
EX	Exterior
CA	Cabina
OT	Otros

5.4 Formación del Ferrocarril Suburbano

Los trenes del proyecto Ferrocarriles Suburbanos está formado por cuatro carros: M1, R, N, M2 (ver Figura 13)

M1 y M2 - Carros motrices con cabina

R – Carro remolque

N – Carro motriz sin cabina.



Figura 13. Tren Suburbano de 4 coches (M1-R-N-M2)

5.5 Equipos montados en el tren

En la Tabla 3 se mencionan los equipos que van montados en el tren y el carro al que pertenecen.

Tabla 3

Nº	Descripción	M1	R	N	M2
1	Enganche automático	X			X
2	Enganche semipermanente sin amortiguador	X		X	X
3	Enganche semipermanente con amortiguador		X	X	
4	Fuelle de intercomunicación	X		X	X
5	Puerta exterior de acceso a cabina	X			X
6	Puerta de acceso pasajeros	X	X	X	X
7	Pulsador apertura puerta de acceso pasajeros	X	X	X	X
8	Mando exterior de desbloqueo de puertas	X	X	X	X
9	Faro principal de luces cortas / largas	X			X
10	Luz de posición blanca y luz de cola roja	X			X
11	Luz de servicios especiales	X			X
12	Luz de señalización pulsadores de alarma puertas	X	X	X	X
13	Luz de señalización estado de puertas	X	X	X	X
14	Indicador de destino lateral	X			X
15	Indicador de destino frontal	X			X
16	Equipo de climatización de cabina	X			X
17	Unidad extractora	X	X	X	X
18	Antena de radio Tetra	X			X
19	Pantógrafo		X		
20	Disyuntor		X		
21	Seccionador de puesta a tierra		X		
22	Pararrayos		X		
23	Transductor de tensión		X		

En la Tabla 4 se mencionan los equipos que van montados bajo bastidor del tren y el carro al que pertenecen.

Tabla 4

Nº	Descripción	M1	R	N	M2
1	Depósito de lubricante engrase de pestaña	X			X
2	Panel principal de freno – Coche M	X		X	X
3	Panel principal de freno – Coche R		X		
4	Depósito de freno	X	X	X	X
5	Depósito de aire TDP	X	X	X	X
6	Depósito 60 L	X	X	X	X
7	Bloque de producción de aire	X			X
8	Bloque levantapantógrafo		X		
9	Unidad condensadora sala	X	X	X	X
10	Inversor doble	X		X	X
11	Convertidor Auxiliar + Cargador de batería	X			X
12	Transformador		X		
13	Ventilador del transformador		X		
14	Sensor de corriente		X		
15	Cofre de baterías		X		
16	Cofre auxiliar de baterías		X		
17	Antena Eurobaliza ATP	X			X

En la Tabla 5 se mencionan los equipos que van montados en el interior del tren y el carro al que pertenecen.

Tabla 5

Nº	Descripción	M1	R	N	M2
1	Puesto de conducción	X			X
2	Transpuntin de acompañante conductor	X			X
3	Armario C1	X	X	X	X
4	Armario C2	X	X	X	X
5	Armario C3	X	X	X	X
6	Armario C4	X	X	X	X
7	Zona PMR	X	X	X	X
8	Controles de puertas	X	X	X	X
9	Pulsador PMR	X	X	X	X
10	Mando interior de desbloqueo de puertas	X	X	X	X
11	Panel de intercomunicación	X	X	X	X
12	Extintor de polvo	X	X	X	X
13	Extintor de agua	X	X	X	X
14	Escalera de socorro	X	X	X	X
15	Martillo de emergencia Happich	X	X	X	X

5.6 Interpretación de frecuencias.

Las frecuencias al indicar la siguiente fórmula $2xIS$ significa lo siguiente:

IS su aplicación media es cada 15 días por lo tanto $2xIS$ es igual a su rango de aplicación $2x15$
= 30 días.

Aplica también si es el caso para mantenimiento con kilometraje M1, M2, RI Y RG

A continuación se mencionan todas las instrucciones de trabajo de cada sistema con su respectivo código de mantenimiento, localización y frecuencias que se realizan actualmente.

5.7 Sistemas y trabajos programados con frecuencias de mantenimiento

5.7.1 Sistema BOG - BOGÍES

Tabla 6: Listado de trabajos programados BOG.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-BOG-04-002	Balancín de Arrastre y Biela de Arrastre – Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-04-003	Conjunto Antibalanceo - Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-04-004	Amortiguadores - Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-04-005	Resortes Neumáticos - Inspeccionar Visualmente	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-04-017	Resortes Neumáticos - Revisión Total					✓	BB
SM1-BOG-04-018	Pivote de Arrastre y Topes Laterales - Revisión Total					✓	BB
SM1-BOG-04-01ü	Bielas y Balancín de Arrastre - Revisión Total					✓	BB
SM1-BOG-04-020	Conjunto Antibalanceo - Revisión Total					✓	BB
SM1-BOG-04-021	Amortiguador Transversal - Revisión Total					✓	BB
SM1-BOG-04-022	Amortiguadores Verticales - Revisión Total					✓	BB
SM1-BOG-06-001	Sistemas de Arenado y Quitareses - Comprobar Estado	✓	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-06-002	Sistemas de Arenado y Quitareses - Verificar y Ajustar Cotas	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-06-003	Sistemas de Arenado - Controlar Estanqueidad y Funcionamiento	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-06-004	Sistemas de Arenado y Quitareses - Verificar Pares de Apriete		2xM1	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-06-005	Depósitos del Sistema de Arenado - Comprobar Juntas de Goma	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-06-006	Quitareses – Reparar		2xM1	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-06-007	Sistema Arenado y Quitareses - Sustituir Piezas			✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-06-008	Sistema Arenado - Rellenar Arenero	✓	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-08-001	Sistemas de Engrase de Pestaña - Comprobar Funcionamiento	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-08-002	Sistemas de Engrase de Pestaña - Realizar Comprobación Visual	✓	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-08-003	Sistemas de Engrase de Pestaña - Rellenar	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-08-004	Sistemas de Engrase de Pestaña - Limpiar Cabezas de las Boquillas			✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-08-005	Sistemas de Engrase de pestaña - Limpiar Instalación del Lubricante			✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-08-006	Sistemas de Engrase de Pestaña - Ajustar Boquillas	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-12-001	Reductor - Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-12-002	Reductor - Comprobar Nivel de Aceite	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-12-003	Reductor - Comprobar los Orificios de Drenaje de Agua	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-12-004	Reductor - Tomar Muestras de Aceite	4xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-12-005	Reductor - Inspeccionar Engranajes		4xM1	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-12-006	Reductor - Cambiar Aceite		4xM1	✓	✓	✓	BB

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-BOG-12-009	Reductor - Revisión Total					2xRG	BB
SM1-BOG-12-010	Biela de Reacción - Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-12-013	Biela de Reacción - Revisión Total					✓	BB
SM1-BOG-13-001	Instalación Neumáticas - Realizar Inspección visual	✓	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-BOG-13-002	Instalación Neumáticas - Probar Estanqueidad en Circuitos Neumáticos					✓	BB

5.7.2 Sistema CAB - CABINA

Tabla 7: Listado de trabajos programados CAB.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CAB-02-002	Lunas en Testero – Inspeccionar	✓	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-02-003	Lunas en Testero – Limpiar	✓	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-02-004	Cabina y Controles de Mando – Limpieza	6xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-02-005	Armarios Eléctricos – Inspección Visual		3xM1	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-02-006	Armarios Eléctricos – Limpieza	6xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-02-007	Cabina y Controles de Mando – Inspección General	6xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-04-002	Asiento del Conductor – Limpiar	2xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-04-003	Asientos de Cabina – Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-04-004	Asientos de Cabina – Comprobar Funcionamiento	2xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-04-005	Asientos de Cabina – Comprobar Fijaciones		3xM1	✓	✓	✓	CA
SM1-CAB-07-002	Espejo Retrovisor – Inspeccionar Elementos Neumáticos		2xM1	✓	✓	✓	CA

5.7.3 SISTEMA CAJ- CAJA

Tabla 8: Listado de trabajos programados CAJ.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CAJ-00-001	Inscripciones Interiores – Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CAJ-00-002	Inscripciones Exteriores – Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	EX

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CAJ-01-002	Anticlimbers – Inspeccionar Visualmente		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAJ-01-003	Anticlimbers – Comprobar Pares de Apriete					✓	EX
SM1-CAJ-01-005	Testero de Poliéster – Inspección visual		✓				EX
SM1-CAJ-03-001	Ventanas Pasajeros – Inspección visual	✓	✓	✓	✓	✓	OT
SM1-CAJ-03-002	Ventanas Pasajeros – Limpieza	✓	✓	✓	✓	✓	OT
SM1-CAJ-04-001	Revestimiento Interior – Inspección visual	2xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CAJ-05-004	Iluminación Interior – Inspeccionar Funcionamiento	2xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CAJ-05-005	Iluminación Interior – Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CAJ-06-005	Señalización Exterior – Inspeccionar Funcionamiento	2xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAJ-06-006	Señalización Exterior – Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAJ-08-002	Piso y Pavimento – Inspección visual	2xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CAJ-09-002	Puerta Lateral de Cabina – Inspeccionar	✓	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAJ-09-003	Puertas Lateral de Cabina – Limpiar	✓	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CAJ-17-001	Extintores – Inspeccionar	2xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CAJ-18-002	Pintura – Inspección Visual		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAJ-19-002	Faldones – Inspeccionar Visualmente		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAJ-19-003	Faldones – Comprobar las Fijaciones	✓	✓	✓	✓	✓	EX

5.7.4 SISTEMA CAT - CAPTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE CORRIENTE

Tabla 9: Listado de trabajos programados CAT.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CAT-01-013	Palieres – Sustituir			✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-014	Cuernos aislantes – Realizar Inspección Visual	2xIS	✓				EX
SM1-CAT-01-015	Cuernos aislantes – Sustituir		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-016	Arco – Desmontar y montar	2xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-017	Aisladores – Comprobar y Limpiar los Aisladores		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-018	Manguera Equipada – Realizar Limpieza Exterior		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-018	Manguera Equipada – Realizar Limpieza Interior		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-019	Pantógrafo – Comprobar los Tiempos de Subida y Bajada		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-020	Circuito Neumático – Comprobar la Estanqueidad		✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-021	Pantógrafo – Comprobar el Esfuerzo Estático		2,5xM1	✓	✓	✓	EX

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CAT-01-022	Filtro de aire – Sustituir el Cartucho Filtrante			✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-01-023	Pantógrafo – Desmontar y montar el pantógrafo para Revisión en Taller				✓	✓	EX
SM1-CAT-01-041	Pantógrafo – Realizar Revisión RI				✓	✓	EX
SM1-CAT-01-042	Pantógrafo – Realizar Revisión RG				✓	✓	EX
SM1-CAT-03-001	Disyuntor de Vacío – Realizar Inspección	6xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-03-002	Disyuntor de Vacío – Realizar Prueba de Vacío		xM1	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-03-003	Disyuntor de Vacío – Realizar Revisión General					✓	EX
SM1-CAT-04-001	Pararrayos – Realizar Inspección Visual	✓	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-04-002	Pararrayos – Realizar Prueba de Aislamiento			✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-04-003	Pararrayos – Sustituir Cojinetes					✓	EX
SM1-CAT-04-005	Seccionador de Puesta a Tierra – Realizar Inspección Visual	6xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-04-006	Seccionador de Puesta a Tierra – Comprobar Funcionamiento General		3xM1	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-04-007	Seccionador de Puesta a Tierra – Realizar Revisión General				✓	✓	EX
SM1-CAT-04-010	Sensor de Tensión – Realizar Inspección Visual	✓	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CAT-04-011	Sensor de Tensión – Realizar Prueba de Tensión No Disruptiva				✓	✓	EX
SM1-CAT-04-012	Sensor de Tensión – Realizar Prueba de Degradación del Aceite					✓	EX
SM1-CAT-04-014	Sensor de Corriente – Realizar Inspección		2xM1	✓	✓	✓	BB
SM1-CAT-04-015	Sensor de Corriente – Sustituir la Junta de la Caja de Terminales					✓	BB
SM1-CAT-05-001	Transformador – Realizar Inspección	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-CAT-05-002	Transformador – Realizar Revisiones y Pruebas de Aislamiento				✓	✓	BB
SM1-CAT-05-003	Transformador – Sustituir rodamientos del motor ventilador					✓	BB
SM1-CAT-05-004	Transformador – Realizar Revisión General					2XRG	BB
SM1-CAB-01-001	Manipulador de Tracción – Realizar Inspección Visual			✓	✓	✓	IN
SM1-CAB-01-002	Manipulador de Tracción – Sustituir Elementos Mecánicos				1,5xRI	✓	IN
SM1-CAB-01-003	Manipulador de Tracción – Revisar el Encoder Angular					✓	IN
SM1-CAB-01-004	Manipulador de Tracción – Realizar Revisión General					2xRG	IN
SM1-TRF-02-001	Motor de Tracción – Realizar Inspección Visual	3xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-TRF-02-002	Motor de Tracción – Engrasar el Estator			✓	✓	✓	BB
SM1-TRF-02-003	Motor de Tracción – Realizar Revisión general			1,5xM2	✓	✓	BB
SM1-TRF-02-004	Motor de Tracción – Sustituir Componentes			3xM2	✓	✓	BB
SM1-TRF-05-001	Generador PWM – Realizar Inspección Visual		3xM1	✓	✓	✓	IN
SM1-TRF-05-002	Generador PWM – Revisar la Salida					✓	IN
SM1-TRF-05-003	Generador PWM – Realizar Revisión General					2xRG	IN
SM1-TRF-06-001	Inversor – Realizar Inspección Visual	2xIS	✓	✓	✓	✓	BB
SM1-TRF-06-002	Inversor – Realizar Revisión General					✓	BB
SM1-TRF-06-003	Inversor – Sustituir la Unidad Ventilación					✓	BB
SM1-TRF-06-004	Inversor – Sustituir la Fuente de Alimentación					2XRG	BB
SM1-TRF-06-005	Inversor – Sustituir la Unidad de Control de Puerta					2XRG	BB

5.7.5 SISTEMA CAU - CONVERTIDOR AUXILIAR

Tabla 70: Listado de trabajos programados CAU.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CAU-01-001	Junta de Cubierta – Limpiar					2xRG	BB
SM1-CAU-01-002	Ventiladores Externos – Verificar Funcionamiento					✓	BB
SM1-CAU-01-003	Condensadores Electrolíticos – Sustituir					4xRG	BB

5.7.6 SISTEMA CLC - CLIMATIZACIÓN CABINA

Tabla 81: Listado de trabajos programados CLC.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CLC-00-001	Equipo Compacto de Aire Acondicionado – Verificar Funcionamiento	2xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CLC-00-002	Circuito de Refrigerante – Localizar Fugas de Refrigerante		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-00-003	Equipo Compacto de Aire Acondicionado – Inspeccionar	2xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-CLC-00-004	Sonda de Temperatura – Probar Funcionamiento		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-00-005	Sonda de Temperatura – Sustituir					✓	CA
SM1-CLC-00-007	Equipo Compacto de Aire Acondicionado – Limpiar					✓	CA
SM1-CLC-00-009	Circuito Frigorífico – Probar la Estanqueidad		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-00-010	Circuito Frigorífico – Deshidratar					✓	CA
SM1-CLC-00-011	Motores Eléctricos – Revisar					✓	CA
SM1-CLC-01-001	Panel de Control – Revisar		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-02-001	Filtros de Aire – Sustituir	2xIS	9	9	✓	✓	CA

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CLC-02-002	Batería Evaporadora – Limpiar		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-02-003	Motor Ventilador Evaporador – Verificar Consumo y Giro		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-02-005	Válvula de Expansión – Revisar					✓	CA
SM1-CLC-02-007	Bastidor de Resistencias y Termostato de Seguridad – Sustituir					✓	CA
SM1-CLC-02-009	Resistencias – Verificar Consumo		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-03-001	Batería Condensadora – Limpiar		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-03-002	Refrigerante – Verificar el Nivel en el Visor de la Línea de Líquido		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-03-003	Motor Condensador – Verificar Consumo y Giro		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-03-004	Filtro Deshidratador – Cambiar Cartucho		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-03-005	Circuito Refrigerante – Extraer el Refrigerante del Equipo Compacto					✓	CA
SM1-CLC-03-006	Circuito Refrigerante – Cargar el Refrigerante					✓	CA
SM1-CLC-04-001	Aceite del Compresor – Verificar Nivel de Aceite		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-04-002	Compresor – Sustituir					✓	CA
SM1-CLC-04-003	Compresor – Verificar Consumo		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-05-001	Presostato de Seguridad – Comprobar Funcionamiento		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-05-002	Termostato de Seguridad – Comprobar Funcionamiento		4xM1		✓	✓	CA
SM1-CLC-05-003	Presostato Diferencial de Aire – Sustituir		4xM1		✓	✓	CA

5.7.7 SISTEMA CLS - CLIMATIZACIÓN SALA

Tabla 92: Listado de trabajos programados CLS.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CLS-00-001	Equipo Disperso Aire Acondicionado – Verificar el Funcionamiento	2xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CLS-00-002	Circuito de Refrigerante – Localizar Fugas de Refrigerante		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-00-003	Equipo Disperso de Aire Acondicionado – Inspeccionar	2xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CLS-00-004	Sondas de Temperatura – Probar el Funcionamiento		4xM1		✓	✓	IN
SM1-CLS-00-005	Sondas de Temperatura – Sustituir					✓	IN
SM1-CLS-00-006	Equipo Disperso de Aire Acondicionado – Limpiar					✓	EX
SM1-CLS-00-008	Circuito Frigorífico – Probar la Estanqueidad		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-00-009	Circuito Frigorífico – Deshidratar					✓	BB
SM1-CLS-00-011	Motores Eléctricos – Revisar					✓	EX
SM1-CLS-01-001	Panel de Control – Revisar		4xM1		✓	✓	IN
SM1-CLS-02-001	Filtros de Aire – Sustituir	2xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-CLS-02-002	Batería Evaporadora – Limpiar		4xM1		✓	✓	EX
SM1-CLS-02-003	Motor Ventilador Evaporador – Verificar Consumo y Giro		4xM1		✓	✓	EX

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CLS-02-005	Válvula de Expansión – Revisar					✓	EX
SM1-CLS-02-006	Bastidor de Resistencias – Sustituir					✓	EX
SM1-CLS-03-001	Batería Condensadora – Limpiar		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-03-002	Circuito Refrigerante – Verificar el Nivel de Refrigerante en el Visor		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-03-003	Motor Condensador – Verificar Consumo y Giro		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-03-004	Cartucho del Filtro Deshidratador – Sustituir		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-03-005	Circuito Frigorífico – Extraer el Refrigerante					✓	BB
SM1-CLS-03-006	Circuito de Refrigeración – Cargar el Refrigerante					✓	BB
SM1-CLS-03-008	Válvula Solenoide de By- Pass – Sustituir y Revisar					✓	EX
SM1-CLS-03-009	Depósito de Líquido – Sustituir y Revisar		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-04-001	Compresor – Verificar el Nivel de Aceite, Cargar y Descargar		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-04-002	Compresor – Sustituir				✓	✓	BB
SM1-CLS-04-003	Compresor – Verificar Consumo		4xM1		✓	✓	BB
SM1-CLS-05-001	Presostatos y Transductores – Probar / Ajustar		4xM1		✓	✓	EX
SM1-CLS-05-002	Termostatos de Seguridad de Calefacción – Comprobar Funcionamiento		4xM1		✓	✓	EX
SM1-CLS-05-003	Presostato Diferencial de Aire – Sustituir		4xM1		✓	✓	EX

5.7.8 SISTEMA COM - SISTEMA DE COMUNICACIÓN (INFORMACIÓN / VIGILANCIA)

Tabla 13: Listado de trabajos programados COM.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-COM-01-001	Comprobación general de funcionamiento	3xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-COM-01-002	Inspección visual sistema automático de anunciación de estaciones	3xIS	✓	✓	✓	✓	OT
SM1-COM-01-003	Limpieza sistema automático de anunciación de estaciones	3xIS	✓	✓	✓	✓	OT
SM1-COM-02-001	Inspección visual sistema de comunicación cabina / pasajero y megafonía	2xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-COM-02-002	Limpieza sistema de comunicación cabina / pasajero y megafonía	2xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-COM-05-001	Conectores sistema de radiotelefonía – Comprobar visualmente	6xIS	✓	✓	✓	✓	CA
SM1-COM-05-002	Sistema de radiotelefonía – Realizar pruebas de comunicación y megafonía	✓	2xM1	✓	✓	✓	CA

5.7.9 SISTEMA CON - SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y PROTECCIÓN AUTOMÁTICAS

Tabla 104: Listado de trabajos programados CON.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-CON-01-006	Rack EVC – Sustituir Ventilador	✓	✓	✓	2xRI	✓	IN
SM1-CON-01-007	Rack EVC – Cambiar Baterías del Panel de Supervisión (SVB)	✓	✓	2xM2	✓	✓	IN
SM1-CON-01-010	Sistema ATP – Comprobar Diámetro de Rueda	3xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CON-01-014	Sistema ATP – Comprobar Grabador Jurídico	1xIS	✓	✓	✓	✓	IN
SM1-CON-01-015	Sistema ATP – Comprobar Sensor de Rueda (Horquilla y Perno)	✓	✓	1xM2	✓	✓	EX
SM1-CON-01-016	Sistema ATP – Realizar Comprobación del Montaje	✓	✓	4xM2	✓	✓	OT
SM1-CON-01-017	Sistema ATP – Realizar Inspección Visual (Pantalla DMI y Luz Posterior)	✓	4xM1	✓	✓	✓	IN
SM1-CON-01-018	Sistema ATP – Realizar Inspección Visual (Sensor Rueda, Conector, Antena)	2xIS	✓	✓	✓	✓	EX

5.7.10 SISTEMA ENG - ENGANCHES ACOPLAMIENTOS

Tabla 11: Listado de trabajos programados ENG.

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-ENG-01-002	Enganche Automático – Revisar Estado General	✓	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-003	Enganche Automático – Verificar Correcto Funcionamiento			✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-004	Enganche Automático – Verificar Altura, Centrado y Horizontalidad de la Cabeza			✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-005	Centrador del Enganche Automático – Comprobar Sujeción y Funcionamiento	✓	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-006	Cuerno Guía del Enganche Automático – Comprobar Estado y Posición	3xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-007	Enganche Automático – Comprobar Fijaciones y Pares de Apriete			✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-008	Sistema Neumático del Enganche Automático – Probar Estanqueidad	3xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-009	Caja Botonera del Enganche Automático – Comprobar Alineación			✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-011	Enganche Automático – Limpiar y Engrasar Mecanismos	3xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-01-012	Articulación de las Bielas del Enganche Automático – Limpiar y Engrasar						EX
SM1-ENG-01-013	Articulación EFG3 del Enganche Automático – Comprobar Desgaste de Componentes					2xRG	EX
SM1-ENG-01-014	Anillos de Empaquetadura del Enganche Automático – Sustituir				✓	✓	EX

Código	Instrucción	Frecuencia					Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG	
SM1-ENG-01-023	Enganche Automático – Realizar Revisión General					2xRG	EX
SM1-ENG-01-024	Rótula de la cabeza del Enganche Automático – Engrasar				✓	✓	EX
SM1-ENG-01-027	Acoplamiento Eléctrico del Enganche Automático – Comprobar Estado	3xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-02-002	Enganche Semipermanente – Revisar Estado General			✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-02-003	Enganche Semipermanente – Comprobar Fijaciones y Pares de Apriete			✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-02-004	Enganche Semipermanente – Realizar Limpieza General	3xIS	✓	✓	✓	✓	EX
SM1-ENG-02-010	Enganche Semipermanente – Realizar Revisión General					4xRG	EX
SM1-ENG-05-004	Pasillo de Intercomunicación – Limpiar		3xM1		✓	✓	OT
SM1-ENG-05-010	Pasillo de Intercomunicación – Inseccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	OT

5.7.11 SISTEMA FRE - EQUIPO DE FRENO

Tabla 1612: Listado de trabajos programados FRE.

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-FRE-01-001	Válvula antideslizante – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR:	BB
SM1-FRE-01-002	Generador de impulsos – Comprobar cableado	✓	✓	✓	✓	✓	KNORR:	BB
SM1-FRE-01-004	Dispositivo indicador AZ28 – Controlar visualmente	✓	✓	✓	✓	✓	KNORR: 10.000 Km.	BB
SM1-FRE-01-006	Dispositivo indicador AZ28 – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR:	BB
SM1-FRE-01-007	Control remoto – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR:	IN
SM1-FRE-01-010	Equipo MGS2 – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR:	IN

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-FRE-01-012	Sistema de control de freno (μMICEF + MGS2) – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR: 640.000 Km.	IN
SM1-FRE-06-001	Zapatas de freno – Comprobar espesor	✓	✓	✓	✓	✓	ATPRD:	BB
SM1-FRE-06-004	Timonería de freno – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR:	BB
SM1-BOG-01-001	Eje Montado – Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	Sao Paulo:1 mes	BB
SM1-BOG-01-002	Eje Montado – Medir Distancia entre Ruedas	8xIS	✓	✓	✓	✓	Sao Paulo:4 mes	BB
SM1-BOG-01-003	Eje Montado – Sustituir					✓	Sao Paulo:5 años	BB
SM1-BOG-01-004	Rueda – Sustituir					✓	Sao Paulo:5 años	BB
SM1-BOG-01-005	Rueda – Controlar Geometría	2xIS	✓	✓	✓	✓	Sao Paulo:1 mes	BB
SM1-BOG-01-006	Eje Montado – Inspeccionar por Partículas Magnéticas					✓	Sao Paulo:5 años	BB
SM1-BOG-01-007	Eje Montado – Inspeccionar por Ultrasonidos				✓		Sao Paulo:2,5 años	BB

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-BOG-01-008	Rueda – Inspeccionar por Ultrasonidos				✓		Sao Paulo:2,5 años	BB
SM1-BOG-01-010	Eje Montado – Realizar Revisión Total					✓	Sao Paulo:5 años	BB
SM1-BOG-14-001	Instalación Eléctrica – Inspeccionar Visualmente	2xIS	✓	✓	✓	✓	Sao Paulo:1 mes	BB
SM1-BOG-14-002	Instalación Eléctrica – Controlar Pares de Apriete		✓	✓	✓	✓	Metro Palma: 3 mes	BB
SM1-BOG-14-003	Instalación Eléctrica – Controlar la Resistencia de Aislamiento		2xM1	✓	✓	✓	Metro Palma: 6 mes	BB
SM1-BOG-14-004	Instalación Eléctrica – Comprobar Estado de las Escobillas y Desgaste		✓	✓	✓	✓	Metro Palma: 3 mes	BB
SM1-CAB-02-004	Cabina y Controles de Mando – Limpieza	6xIS	✓	✓	✓	✓	ATPRD: 2 años	CA
SM1-CAB-02-005	Armarios Eléctricos – Inspección Visual		3xM1	✓	✓	✓	ATPRD: 1 año	CA

5.7.12 SISTEMA GCC - GENERACIÓN CORRIENTE CONTINUA

Tabla 17: Listado de trabajos programados GCC.

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-GCC-01-001	Batería – Inspeccionar Visualmente		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-002	Tensión del Cargador – Comprobar		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-003	Tensión de Cada Elemento – Comprobar		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-004	Batería – Limpieza		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-005	Pares de Apriete – Controlar		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-006	Batería – Engrasar		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-007	Nivel del Electrolito – Ajustar		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-008	Sensor de Temperatura – Controlar		3xM1	✓	✓	✓	Saft: 1año	BB
SM1-GCC-01-009	Batería – Ensayo Eléctrico		3xm1	✓	✓	✓	Saft: 2/3años	BB

(*) La rectificación del nivel de electrolito debe efectuarse cada 6 meses durante el primer año de utilización de la batería. Luego, esta frecuencia puede reducirse a una vez por año.

5.7.13 SISTEMA GPS - GLOBAL POSITIONING SYSTEM

Tabla 18: Listado de trabajos programados GPS.

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-GPS-01-001	Sistema GPS-GPRS – Inspeccionar Visualmente		2xM1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		CAB

5.7.14 SISTEMA GTA - GENERACIÓN Y TRATAMIENTO DE AIRE

Tabla 19: Listado de trabajos programados GTA.

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-GTA-01-002	Grupo compresor SL22-51 – Controlar el nivel de aceite	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-003	Grupo compresor SL22-51 – Cambiar aceite		2xM1	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-004	Grupo compresor SL22-51 – Limpiar refrigerador	4xIS	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-005	Grupo compresor SL22-51 – Sustituir el elemento desaceitador de aire			✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-006	Grupo compresor SL22-51 – Sustituir el filtro de aire	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-007	Grupo compresor SL22-51 – Revisar totalmente				✓	✓		BB
SM1-GTA-01-008	Grupo compresor SL22-51 – Controlar el interruptor de temperatura			✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-009	Grupo compresor SL22-51 – Sustituir el elemento regulador			✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-012	Grupo Compresor LP115 – Cambiar aceite			✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-013	Grupo Compresor LP115 – Inspeccionar	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-01-014	Grupo Compresor LP115 – Limpiar aletas refrigeradoras	4xIS	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-08-001	Convertor analógico AW4.4 – Sustituir			✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-09-001	Filtro FIL 100-001 – Revisar totalmente	✓	✓	✓	✓	✓	ATPRD:	BB
SM1-GTA-10-001	Transductor de presión DG10-S – Revisar totalmente			✓	✓	✓	KNORR: 320.000K m	BB

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-GTA-11-009	Válvula de reductora de presión DMV15-T – Revisar totalmente			✓	✓	✓	KNORR: 320.000K m	BB
SM1-GTA-12-002	Llave de purga LW 7,5 – Revisar totalmente			✓	✓	✓	KNORR:	BB
SM1-GTA-12-003	Válvulas de seguridad – Revisar totalmente	4xIS	✓	✓	✓	✓	KNORR:	BB
SM1-GTA-13-005	Manómetros dobles y sencillos – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR: 640.000 Km.	CA
SM1-GTA-15-004	Panel del pantógrafo – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR:	EX
SM1-GTA-15-007	Panel auxiliar – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR: 640.000 Km.	BB
SM1-GTA-15-009	Panel de freno – Revisar totalmente				✓	✓	KNORR:	BB
SM1-GTA-06-002	Unidad de Secado de Aire (A04) – Limpiar Válvulas de Purga		✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-06-003	Unidad de Secado de Aire (A04) – Revisar				✓	✓		BB
SM1-GTA-06-005	Unidad de Secado de Aire (A04) – Medir el punto de Condensación			✓	✓	✓	Antes de las heladas	BB
SM1-GTA-06-006	Unidad de Secado de Aire (A04) – Inspeccionar Tarjeta Ciclo de Mando	6xIS	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-08-001	Convertor Analógico AW4.4 (B35.A) – Revisar				✓	✓		BB
SM1-GTA-08-003	Presostato MCS (U19.17, U19.18) – Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-08-006	Presostato MCS (B35.A1.1, B35.A13, B36.A14) – Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓		BB

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-GTA-08-009	Transductor de Presión DG10-S (B35.B10, B35.B22, B35.F) – Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-08-010	Transductor de Presión DG10-S (B35.B10, B35.B22, B35.F) – Ensayar				✓	✓		BB
SM1-GTA-09-001	Filtro de Aire LF7-TF (U19.U05) – Limpiar e Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-09-002	Filtro de Aire LF7-TF (U19.U05) – Revisar				✓	✓		BB
SM1-GTA-09-004	Filtro de Aire LA2100 (P04.P5) – Limpiar e Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓		CA
SM1-GTA-09-005	Filtro de Aire LA2100 (P04.P5) – Revisar				✓	✓		CA
SM1-GTA-09-007	Filtro 100-001 (B35.B01) – Limpiar e Inspeccionar Visualmente	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-09-010	Filtro Fino de Aceite (A15) – Comprobar y Drenar	✓	✓	✓	✓	✓		BB
SM1-GTA-09-011	Filtro Fino de Aceite (A15) – Revisar y Sustituir Elemento Filtrante		2xM1	✓	✓	✓		BB

5.7.15 SISTEMA MON - SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE AUXILIARES

Tabla 20: Listado de trabajos programados MON.

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-MON-01-001	Sistema COSMOS – Inspeccionar Visualmente		2xM1	✓	✓	✓	Traintic: 6M	IN

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-MON-01-002	Sistema COSMOS – Verificar el Estado de los LED	6xIS	✓	✓	✓	✓	Traintic: 3M	IN
SM1-MON-01-003	Sistema COSMOS – Descargar Registro de Alarmas	6xIS	✓	✓	✓	✓	Traintic: 3M	IN
SM1-MON-01-004	Sistema COSMOS – Comprobar Estado Conectores		4xM1	✓	✓	✓	Traintic: 1A	IN

5.7.16 SISTEMA PAE - PUERTAS DE ACCESO EXTERIORES

Tabla 21: Listado de trabajos programados PAE.

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-PAE-01-001	Componentes de Seguridad – Controlar	6xIS	✓	✓	✓	✓	IFE: 3 meses	EX
SM1-PAE-01-002	Pintura – Controlar		3xM1	✓	✓	✓	IFE: 1 año	EX
SM1-PAE-01-003	Rodamientos – Controlar Visualmente		3xM1	✓	✓	✓	IFE: 1 año	EX
SM1-PAE-01-004	Eje – Limpiar y Engrasar		7xM1	✓	✓	✓	IFE: 2 años	EX
SM1-PAE-01-005	Carriles de Guiado – Limpiar y Engrasar			2xM2	✓	✓	IFE: 3 años	EX
SM1-PAE-01-006	Varilla Guía – Limpiar y Engrasar			2xM2	✓	✓	IFE: 3 años	EX
SM1-PAE-01-007	Rodillo Soporte – Limpiar y Engrasar			2xM2	✓	✓	IFE: 3 años	EX
SM1-PAE-01-008	Interruptores de Fin de Carrera – Limpiar y Engrasar los Muelles de Torsión			2xM2	✓	✓	IFE: 3 años	EX
SM1-PAE-01-009	Dispositivo “Puerta Fuera de Servicio” – Limpiar y Engrasar los Muelles de Torsión			2xM2	✓	✓	IFE: 3 años	EX
SM1-PAE-01-010	Motor de Accionamiento – Sustituir			5xM2	✓	✓	IFE: 7 años	EX
SM1-PAE-01-011	Correa Dentada – Sustituir			5xM2	✓	✓	IFE: 7 años	EX
SM1-PAE-01-012	Cadena de Cables – Sustituir				4xRI	✓	IFE: 10 años	EX

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-PAE-01-013	Freno Electromagnético – Sustituir				4xRI	✓	IFE: 10 años	EX
SM1-PAE-01-014	NOVRAM de la Unidad de Control de Puertas (DCU) – Sustituir				4xRI	✓	IFE: 10 años	EX
SM1-PAE-01-015	Tope de Goma de la Guía Portahojas – Sustituir				4xRI	✓	IFE: 10 años	EX
SM1-PAE-01-016	EPROM de la unidad electrónica de control de puertas – Reprogramar					3xRG		EX
SM1-PAE-01-017	Interruptor de Fin de Carrera “Puerta Cerrada” Izquierda (S1) – Sustituir					3xRG	IFE: 15 años	EX
SM1-PAE-01-018	Interruptor de Fin de Carrera “Puerta Cerrada” Derecha (S2) – Sustituir					3xRG	IFE: 15 años	EX
SM1-PAE-01-019	Interruptor de Fin de Carrera “Dispositivo de Emergencia” (S3) – Sustituir					3xRG	IFE: 15 años	EX
SM1-PAE-01-020	Interruptor de Fin de Carrera “Puerta Fuera de Servicio” (S4) – Sustituir					3xRG	IFE: 15 años	EX
SM1-PAE-01-021	Muelles de Torsión del Dispositivo “Puerta Fuera de Servicio” – Sustituir					3xRG	IFE: 15 años	EX
SM1-PAE-01-022	Cable Bowden – Sustituir					3xRG	IFE: 15 años	EX
SM1-PAE-01-038	Junta de Estanqueidad – Limpiar y Engrasar		3xM1	✓	✓	✓	IFE: 1 año (STIB)	EX

5.7.17 SISTEMA TRF - TRACCIÓN Y FRENO ELÉCTRICO

Tabla 22: Listado de trabajos programados TRF.

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-TRF-02-001	Motor de Tracción – Realizar Inspección Visual	3xIS	✓	✓	✓	✓	MELCO: 30000 km (+ 5000 km)	BB
SM1-TRF-02-002	Motor de Tracción – Engrasar el Estator			✓	✓	✓	MELCO: 300000 km (+ 30000 km)	BB
SM1-TRF-02-003	Motor de Tracción – Realizar Revisión general			1,5xM2	✓	✓	MELCO: 480000 KM (+ 30000 KM)	BB
SM1-TRF-02-004	Motor de Tracción – Sustituir Componentes			3xM2	✓	✓	MELCO: 960000 KM (+ 60000 KM)	BB
SM1-TRF-05-001	Generador PWM – Realizar Inspección Visual		3xM1	✓	✓	✓	MELCO: 222000 km	IN
SM1-TRF-05-002	Generador PWM – Revisar la Salida					✓	MELCO: 1332000 km	IN
SM1-TRF-05-003	Generador PWM – Realizar Revisión General					2xRG	MELCO: 2664000 km	IN
SM1-TRF-06-001	Inversor – Realizar Inspección Visual	2xIS	✓	✓	✓	✓	MELCO: 18500 km (+ 5000 km)	BB
SM1-TRF-06-002	Inversor – Realizar Revisión General					✓	MELCO: 1333200 Km (+ 10000 Km)	BB

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-TRF-06-003	Inversor – Sustituir la Unidad Ventilación					✓	MELCO: 1998000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-004	Inversor – Sustituir la Fuente de Alimentación					2XRG	MELCO: 2664000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-005	Inversor – Sustituir la Unidad de Control de Puerta					2XRG	MELCO: 2664000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-006	Inversor – Revisión del inversor					2XRG	MELCO: 2664000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-007	Inversor – Sustituir la Unidad OVCRF					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-008	Inversor – Sustituir la Unidad del Contactor de Línea					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-009	Inversor – Sustituir el Condensador de Filtro					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-010	Inversor – Sustituir unidad GR					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-011	Inversor – Sustituir la unidad de carga					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-012	Inversor – Sustituir el Sensor de Tensión CA					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB

Código	Instrucción	Frecuencia					Notas	Loc.
		IS	M1	M2	RI	RG		
SM1-TRF-06-013	Inversor – Sustituir la resistencia de descarga y compensación					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-014	Inversor – Sustituir la resistencia OVCRf					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-015	Inversor – Sustituir el Sensor de Corriente					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-016	Inversor – Sustituir la fuente de alimentación del convertidor					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-017	Inversor – Sustituir la fuente de alimentación del inversor					3xRG	MELCO: 3330000 km (+120000 km)	BB
SM1-TRF-06-018	Inversor – Sustituir el inversor					2XRG	MELCO: 2664000 km (+120000 km)	BB

5.8 Desarrollo de Protocolo de Pruebas al Finalizar Mantenimiento Mayor o Revisión General RG

El objetivo principal del protocolo es hacer una verificación en secuencia de los equipos intervenidos durante el Mantenimiento de Revisión General.

El protocolo aplica para la revisión de equipos intervenidos en la RG, de acuerdo al Plan de Mantenimiento.

5.9 Contenido del Protocolo

- 1- Pruebas Estáticas a Equipos Intervenidos
- 2- Pruebas Dinámicas a Equipos Intervenidos
- 3- Pruebas en Vías de Servicios
- 4- Anexos

5.9.1. Pruebas Estáticas a Equipos Intervenidos

Las pruebas estáticas se realizan con el tren detenido, verificando algunos de los equipos intervenidos de acuerdo a los protocolos enviados por el área de pruebas de CAF España para asegurar su buen funcionamiento.

En la tabla siguiente se muestra la referencia del protocolo consultado para realizar las pruebas de cada equipo.

Cabe señalar que las pruebas se realizan en presencia del cliente Ferrocarriles Suburbanos.

#	REFERENCIA	EQUIPOS INTERVENIDOS
1.1	CB6.90.110	CAJA
1.2	CB6.92.414	CONVERTIDOR AUXILIAR
1.3	C.B6.92.413	PUERTAS DE ACCESO A PASAJEROS
1.4	CB6.92.428.00	SISTEMA DE INFORMACIÓN A VIAJERO
1.5	PPE-CB692486	AA CABINA
1.6	PPE-CB692485	AA SALÓN
1.7	PROTOCOLO RI	PANTÓGRAFOS
1.8	PROTOCOLO DE PRUEBAS KNORR-BREMSE TA31075/70 SP // PPE-CB692326	COMPRESORES PRINCIPALES
1.9	PROTOCOLO DE PRUEBAS KNORR-BREMSE TA31075/70 SP // PPE-CB692312	COMPROBACIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE FRENO
1.10	PROTOCOLO RI	CONTROL REMOTO DE BOGÍES(SIRGA DE ACCIONAMIENTO MANUAL DE CILINDROS DE FRENO)
1.11	PROTOCOLO RI	EQUIPO DE TRACCIÓN

Tabla 23: Referencia de protocolos para pruebas estáticas por cada equipo

5.9.1.1 Revisiones del Sistema de CAJA

A continuación se mencionan las inspecciones que se realizan para el sistema de caja con un *Check List* para evaluar los resultados ante el cliente.

OPERACIONES A CONTROLAR	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
TESTERO DELANTERO	M1	R	N	M2
ASPECTO VISUAL DE ACABADO DE PINTURA EN TESTERO FRONTAL	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
COSTADO IZQUIERDO	M1	R	N	M2
ASPECTO VISUAL DE PULIDO DE PINTURA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
ASPECTO VISUAL DE PINTURA FRANJA ROJA EN CUBIERTA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
INSCRIPCIONES Y PEGATINAS DE CAJA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
CAMBIO DE LUNAS DESLAMINADAS DE COSTADO	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
COSTADO DERECHO	M1	R	N	M2
ASPECTO VISUAL DE PULIDO DE PINTURA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
ASPECTO VISUAL DE PINTURA FRANJA ROJA EN CUBIERTA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
INSCRIPCIONES Y PEGATINAS DE CAJA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
CAMBIO DE LUNAS DESLAMINADAS DE COSTADO	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			

OPERACIONES A CONTROLAR	RESULTADO	RESULTADO
CABINA	M1	M2
ASPECTO VISUAL DE ACABADO DE PINTURA EN PUPITRE	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
INSCRIPCIONES Y PEGATINAS	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
FUNCIONAMIENTO DE PUERTAS DE ACCESO	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
APERTURA Y CIERRE DE VENTANAS LATERALES DE PUERTAS	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
ASPECTO Y FUNCIONALIDAD DE CORTINILLA FRONTAL	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
ASIENTO DEL CONDUCTOR	M1	M2
FUNCIONAMIENTO	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
ASPECTO VISUAL	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:		

OPERACIONES A CONTROLAR	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
ASIENOS	M1	R	N	M2
CORRECTA FIJACIÓN	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
ASIDEROS Y PASAMANOS	M1	R	N	M2
ASPECTO VISUAL	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
CORRECTA FIJACIÓN	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
INSCRIPCIONES	M1	R	N	M2
INSCRIPCIONES INTERIORES	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
PEGATINAS INTERIORES	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
ILUMINACIÓN INTERIOR	M1	R	N	M2
CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LAS LÁMPARAS INTERIORES	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
OBSERVACIONES:				

OPERACIONES A CONTROLAR	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
BAJO BASTIDOR	M1	R	N	M2
VERIFICAR POSICIONAMIENTO DE MARCAS DE PARES DE APRIETE DE: <ul style="list-style-type: none"> Semibridas de enganche automático. Tornillos de semibridas de enganche automático. Tuercas de semibridas de enganche automático. 	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
APERTURA Y CIERRE DE FALDONES.	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
CUBIERTA	M1	R	N	M2
INSPECCIÓN VISUAL Y LIMPIEZA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
VERIFICAR EL POSICIONAMIENTO DE MARCAS Y ASPECTO GENERAL DE LOS EQUIPOS MONTADOS EN CUBIERTA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
OBSERVACIONES:				

5.9.1.2 Convertidor Auxiliar

El convertidor auxiliar tiene como función principal generar una tensión de suministro auxiliar

a partir de una tensión de la catenaria de 25 kV, 60 Hz de corriente alterna (CA).

En concreto, el convertidor auxiliar permite transformar una tensión de entrada trifásica (403 VCA, 60 Hz) en tres tipos de señales de salida:

- Salida de tensión trifásica de 400 VCA, 60 Hz para la alimentación de las cargas auxiliares: Compresor de aire, sistema de climatización, lunetas térmicas, faros, refrigeración de transformadores, etc.
- Salida de tensión bifásica de 120 VCA, 60 Hz para las tomas de corriente situadas en el armario C3 de los coches M y en el armario C4 de todos los coches.
- Salida de tensión continua y de carga de batería (con separación de potencial) de 72 VCC para el suministro de la red de a bordo CC y para la carga de la batería.
- La entrada CA y las salidas CA están galvánicamente separadas de las salidas CC. Para la separación de la tensión de la catenaria se encarga un transformador externo, conectado antes de la entrada del convertidor.

Las potencias máximas de salida de las señales son las siguientes:

La salida CA trifásica 128 kVA

La salida CA bifásica 5 kVA

La salida CC.....14 kW

5.9.1.2.1 Verificación del Convertidor Auxiliar en el Protocolo

Es muy importante que antes de encender el convertidor se verifiquen las conexiones y puestas a masa de acuerdo a los manuales y planos eléctricos para evitar algún daño en el equipo. Asimismo, inspeccionar que las fijaciones se encuentren correctas, ya que es un equipo de grandes dimensiones y se encuentra instalado bajo bastidor.

ACCIÓN		
PRUEBA	RESULTADO	RESULTADO
	M1	M2
VERIFICAR QUE EL CONVERTIDOR ESTÁ CORRECTAMENTE INSTALADO AL BAJO BASTIDOR	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
VERIFICAR QUE LAS PUESTAS A MASA ESTÁN CORRECTAMENTE INSTALADAS	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
VERIFICAR QUE LOS CONECTORES ESTÁN CORRECTAMENTE INSTALADOS	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:		

Una vez realizada la verificación del equipo apagado, se enciende para inspeccionar su correcto funcionamiento por medio de códigos, monitoreando con una Laptop y *software* del equipo. Se verifican los códigos de la tabla siguiente.

COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO NORMAL CONECTANDO UNA LAPTOP AL CONVERTIDOR				
PRUEBA	RESULTADO	VALOR MEDIDO	RESULTADO	VALOR MEDIDO
	M1		M2	
CÓDIGOS DE BAJA TENSIÓN NORMALES 3, 4, 7, 40	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>		OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	
CÓDIGOS DE ALTA TENSIÓN NORMALES 11	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>		OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES:				

5.9.1.3.3 Desbloqueo de emergencia interior.

1.- Condición de velocidad cero y puerta cerrada. Activar el dispositivo de apertura de emergencia de la puerta. La puerta se libera mecánicamente y la DCU local de la puerta se desactiva. La puerta puede ser desplazada manualmente en la dirección de apertura y cierre. El *buzzer* y el piloto de aviso de cierre de puertas local funcionan continuamente.

2.- Rearmar el dispositivo de emergencia. Todas las condiciones de la puerta vuelven a estar activas. El *buzzer* y el piloto de aviso de cierre de puertas local se desactiva.

Para la prueba no. 1 y 2 se realiza un muestreo eligiendo una puerta de cada lado en cada coche, los resultados se muestran en el cuadro siguiente.

DESBLOQUEO DE EMERGENCIA INTERIOR:								
COCHE	M1		R		N		M2	
PUERTA	PRUEBA 1	PRUEBA 2						
1	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>							
2	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>							
3	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>							
4	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>							
5	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>							
6	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>							

5.9.1.3.4 Desbloqueo de emergencia exterior.

1.- Condición de velocidad cero y puerta cerrada. Activar el dispositivo de apertura de emergencia de la puerta. La puerta se libera mecánicamente y la DCU local de la puerta se desactiva. La puerta puede ser desplazada manualmente en la dirección de apertura y cierre. El *buzzer* y el piloto de aviso de cierre de puertas local funcionan continuamente.

2.- Desactivar el dispositivo de emergencia. Todas las condiciones de la puerta vuelven a estar activas. El *buzzer* y el piloto de aviso de cierre de puertas local se desactiva.

Para la prueba no. 1 y 2 se realiza un muestreo para la puerta 4 de cada lado en los coches M1 y M2, los resultados se muestran en el cuadro siguiente.

DESBLOQUEO DE EMERGENCIA EXTERIOR:				
COCHE	M1		M2	
PUERTA	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 1	PRUEBA 2
4	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
OBSERVACIONES:				

5.9.1.4 Sistema de Información al Viajero

El sistema de información a pasajeros está constituido por un conjunto de componentes distribuidos entre los coches de las unidades, que permiten el establecimiento de diferentes modalidades de comunicación (acústica y visual) posibilitando la transmisión de información a los pasajeros, comunicación entre los pasajeros y personal del tren, así como la comunicación entre el propio personal del tren.

Este sistema está formado por dos subsistemas:

Subsistema de Información, mediante el cual se ofrece al pasajero información visual acerca del recorrido. Esta información es mostrada a través de paneles exteriores ubicados en los testeros frontales y en los costados del tren.

Subsistema de Comunicaciones, que permite la comunicación entre el personal del tren, y de éste con los pasajeros. Las principales funcionalidades del subsistema de comunicaciones son las siguientes:

- Megafonía manual: Por medio de los altavoces situados en los departamentos de pasajeros se pueden emitir mensajes acústicos:

La generación de los mensajes se puede realizar tanto desde la cabina, a través de la consola de comunicaciones, como desde el puesto central de mando, a través de la radio tren-tierra.

- Comunicación cabina-cabina: A través de las consolas de comunicaciones situadas en las cabinas de conducción es posible establecer una comunicación bidireccional *half-duplex* entre ambas cabinas.
- Interfonía (comunicación cabina-panel de intercomunicación): Por medio de los paneles de intercomunicación situados en el departamento de pasajeros es posible establecer una comunicación bidireccional *half-duplex* entre la cabina y los pasajeros.

Equipos del Sistema de Información a Pasajeros:

5.9.1.4.1 Consola CMI 2000

La central de megafonía CMI 2000 SM es el núcleo principal del subsistema de megafonía e interfonía y establece comunicación con los diferentes periféricos del sistema (sensores de ruido, altavoces, etc). Sus funciones principales son las siguientes:

- Procesar las prioridades para el direccionamiento de las señales de megafonía e interfonía.

- Amplificar el audio que debe ser emitido a través del sistema de megafonía, controlando además el volumen de los altavoces de departamento en base al ruido ambiente.

5.9.1.4.2 Anunciador PRAEC 2000

Su función es la de localizar el tren en su recorrido y activar los mensajes de información a los pasajeros. Estos mensajes son emitidos tanto por megafonía como por los carteles de información.

Para el correcto funcionamiento del sistema de información, el conductor ha de establecer el trayecto que va a realizar en la consola de cabina cuando el tren se encuentre en el inicio de ruta. El recorrido se selecciona mediante la consola de cabina que hace las labores de interfaz entre el conductor y el anunciador.

5.9.1.4.3 Consola de Comunicaciones

En cada cabina de conducción se localiza una consola de comunicaciones, cuyo objetivo es ser el centro de gestión de las comunicaciones y control del sistema. De esta forma, mediante la consola de comunicaciones se puede:

- Seleccionar cualquier función del subsistema de comunicaciones.
- Estar informado acerca del estado de las comunicaciones.
- Estar informado acerca de la función activa en todo momento.
- Introducir el número de ruta.
- Permitir y cancelar los mensajes automáticos.
- Visualizar y seleccionar los mensajes pregrabados.
- Componer y emitir mensajes visuales.

Las consolas de comunicaciones disponen de un micrófono que es utilizado en las comunicaciones tanto con los pasajeros como con la otra cabina, siendo el audio emitido a través de un altavoz en cabina.

5.9.1.4.4 Paneles de Intercomunicación

En el departamento de pasajeros de cada coche se localizan tres paneles de intercomunicación que permiten a los pasajeros, en caso de emergencia, solicitar una comunicación con el conductor en cabina.

El interfono está conectado a la Central de Megafonía e Interfonía, la cual gestiona las prioridades de emisión.

5.9.1.4.5 Carteles Exteriores Laterales

Los carteles exteriores laterales son paneles informativos que se sitúan en los laterales de cada coche M para dar información, únicamente acerca de la estación de destino, a los pasajeros situados en la estación cuando el tren se acerca al andén.

5.9.1.4.6 Carteles Exteriores Frontales

Los carteles exteriores frontales son paneles informativos que se sitúan en la parte frontal de cada coche M, para dar información acerca de la estación de destino y el número de servicio del tren a los pasajeros situados en la estación, cuando el tren se acerca al andén.

5.9.1.4.7 Altavoz de Cabina

El altavoz de cabina permite al conductor escuchar los tonos de aviso para atender una llamada, los mensajes de voz procedentes de la otra cabina, mensajes de voz procedentes de los intercomunicadores de emergencia y el audio procedente del anunciador.

5.9.1.4.8 Altavoces de Sala y Sensores de Ruido Ambiente

Los altavoces de sala permiten la emisión de mensajes y música ambiente a los pasajeros, distribuyéndose a lo largo de los coches con el fin de obtener una calidad de sonido óptima. Hay ocho altavoces de sala en cada uno de los coches. Su nivel de señal es regulado en base al ruido ambiente (sensor ruido ambiente) de forma independiente a cada coche, o también manualmente desde el CMI.

Los sensores de ruido ambiente son básicamente unos micrófonos que monitorizan continuamente el nivel de ruido ambiente en el coche en el que están instalados y transmiten esta información a la CMI, donde se procesa para ajustar el volumen de salida de los mensajes de megafonía. Hay un sensor por cada coche.

5.9.1.4.9 Equipos del sistema de información a pasajeros montados en el tren

En la siguiente figura se muestra como están distribuidos los equipos del sistema de información a pasajeros en todo el tren.

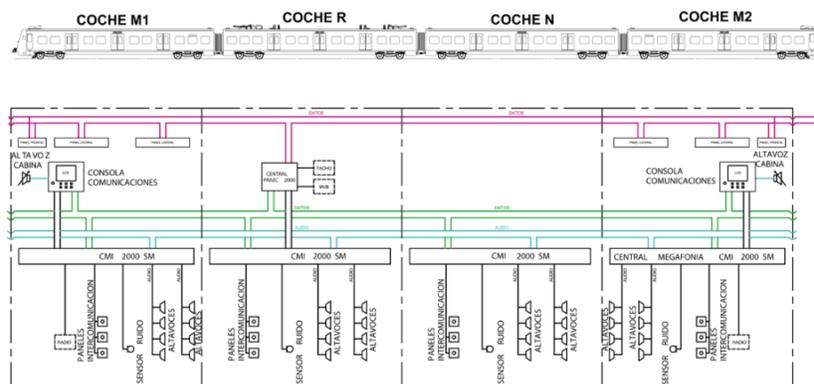


Figura 14. Distribución de equipos del sistema de información a pasajeros

5.9.1.4.10 Verificación en el Protocolo

La verificación del sistema de información a pasajeros se realiza con la siguiente hoja de verificación.

PRUEBA FUNCIONAMIENTO MEGAFONÍA						
PRUEBA	RESULTADO		RESULTADO		RESULTADO	
	M1	R	N	M2		
MEGAFONÍA MANUAL	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
MENSAJES PREGRABADOS DE AUDIO	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
MENSAJES PREGRABADOS A PANELES	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
COMUNICACIÓN DE INTERFONÍA DE EMERGENCIA (CAB-PAS)	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
COMUNICACIÓN DE INTERFONÍA (CAB-CAB)	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>

5.9.1.5 Climatización Cabina

5.9.1.5.1 Descripción de equipos

El sistema de aire acondicionado dispone de los elementos necesarios para realizar las funciones de ventilación y refrigeración de las cabinas de conducción situadas en los coches M1 y M2.

El sistema de climatización instalado en cada cabina de conducción se compone de los siguientes elementos:

- Un equipo compacto de aire acondicionado, instalado sobre el techo de la misma.
- Un panel de mando, localizado en la cabina de conducción para la puesta en marcha y control del equipo de cabina.

5.9.1.5.2 Verificación en el Protocolo

Se realiza la verificación del funcionamiento del equipo de cabina en los modos de ventilación y refrigeración, y se hacen pruebas del aire acondicionado mínimo y máximo, anotando los resultados en el *check list*.

VERIFICACIONES INICIALES		
PRUEBA	RESULTADO	
	M1	M2
PRUEBA EN MODO VENTILACIÓN	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
PRUEBA EN MODO REFRIGERACIÓN	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO NORMAL		
PRUEBA	RESULTADO	
	M1	M2
AIRE ACONDICIONADO MÍNIMO	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
AIRE ACONDICIONADO MÁXIMO	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>

Climatización Salón a Pasajeros

5.9.1.6 Climatización en Salón Pasajeros

5.9.1.6.1 Descripción de equipos

El sistema de aire acondicionado está diseñado para acondicionar las salas de pasajeros de los coches del Suburbano de México. El sistema de aire acondicionado dispone de los elementos necesarios, distribuidos en los coches M1, M2, R y N, para realizar las funciones de ventilación y refrigeración de estos vehículos.

El sistema de climatización instalado en cada coche se compone de los siguientes elementos:

- Dos unidades evaporadoras montadas en el falso techo en el centro del coche.
- Dos unidades condensadoras montadas bajo bastidor.
- Un panel de control, situado en un armario eléctrico dentro de cada coche.

5.9.1.6.2 Verificación en el Protocolo

La comprobación del funcionamiento del equipo de climatización de salón a pasajeros se registra en el siguiente *check list*, verificando los sistemas de calefacción, aire acondicionado y la comprobación en el Sistema COSMOS (Pantalla donde se visualizan las averías del tren en cabina) que indiquen el funcionamiento correcto de cada carro.

COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO NORMAL				
PRUEBA	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
	M1	R	N	M2
CALEFACCIÓN	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
AIRE ACONDICIONADO	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			
VERIFICAR EN COSMOS FUNCIONAMIENTO DEL A.A.	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			

5.9.1.7 PANTÓGRAFO

5.9.1.7.1 Descripción del equipo

El pantógrafo es uno de los equipos principales del tren, ya que por medio de éste se realiza la captación de voltaje de la catenaria para canalizarla a los equipos internos del tren. El tren cuenta con dos pantógrafos en el carro R. Para su verificación es necesario realizar las siguientes comprobaciones.

5.9.1.7.2 Verificación en el Protocolo

1.- Realizar el ascenso y descenso de los pantógrafos desde cabina M1, primeramente el pantógrafo 1 en tres ocasiones, después el pantógrafo 2 en tres ocasiones y finalmente ambos pantógrafos en tres ocasiones. Repetir las pruebas desde cabina M2.

PRUEBA FUNCIONAMIENTO PANTÓGRAFOS:						
CABINA	M1			M2		
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
PANTÓGRAFO 1	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>					
PANTÓGRAFO 2	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>					
AMBOS	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>					
NOTA: Pantógrafo 1 (Anterior) Pantógrafo 2 (Posterior)						

Nota: Se le llama pantógrafo anterior al que se encuentra más cercano a la cabina donde se toman los mandos de conducción, mientras que el posterior será el segundo pantógrafo con respecto a la misma cabina.

5.9.1.8 Prueba de funcionamiento de la válvula de retención

La válvula de retención sirve para asegurar que la presión de aire mantenga la fuerza de contacto del pantógrafo con la catenaria aunque el tren se quede sin aire. Por lo que es necesario realizar la comprobación y registrar los resultados en el *check list*.

Desde cualquier cabina accionar ambos pantógrafos, provocar fuga de aire en el tren hasta dejarlo sin presión de aire, observar que los pantógrafos no descienden comprobando así el funcionamiento correcto de la válvula de retención.

PRUEBA DE LA VÁLVULA DE RETENCIÓN:	
RESULTADO	
CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA DE RETENCIÓN	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:	

5.9.1.9 COMPRESORES PRINCIPALES

5.9.1.9.1 Descripción del equipo

El grupo compresor es utilizado preferentemente para suministrar aire comprimido a vehículos ferroviarios de consumo medio de aire.

El grupo compresor está concebido para un servicio intermitente. Los límites de presión indicados por el presostato del vehículo son de 8.5 bar para la presión de conexión y de 10 bar para la presión de desconexión.

La compresión del aire se lleva a cabo en una sola etapa y casi sin pulsaciones. Durante el proceso de compresión, la lubricación, hermetización y evacuación del calor son realizadas por el aceite.

El tren tiene montados dos compresores, uno en el carro M1 y otro en el carro M2, de los cuales solamente es necesario que funcione uno en condiciones normales de operación y el otro quedará como reserva.

5.9.1.9.2 Verificación de los Compresores en el Protocolo

1.- Una vez detenido el compresor a 10 +/- 3 bar, aplicar freno de emergencia y observar que la presión de la tubería de depósito principal (TDP) no descienda más de 0.6 bar en 10 minutos. Si esto no fuera así, verificar el origen de las fugas de aire.

2.- Provocar fuga en la TDP y comprobar que cuando la presión es inferior a 8.5 ± 0.2 bar, se pone en marcha el compresor principal por M1.

3.- Cerrar fuga y comprobar que cuando la presión TDP es igual a 10 ± 0.2 bar, el compresor principal se detiene.

4.- Provocar nuevamente fuga en el TDP hasta que la presión descienda a 7.5 ± 0.2 bar. Comprobar que el compresor por M2 se pone en marcha.

5.- Comprobar que cuando la presión en el TDP es igual a 10 ± 0.2 bar, ambos compresores se detienen.

En el cuadro siguiente se registran los resultados de las pruebas mencionadas anteriormente, anotando las presiones en BAR de los compresores, y se dará como bueno su funcionamiento si los valores registrados están dentro del rango de valores establecidos en el protocolo del fabricante.

PRUEBA FUNCIONAMIENTO COMPRESORES:				
PRUEBA EN CABINA	M1		M2	
	RESULTADO	VALOR	RESULTADO	VALOR
COMPROBACIÓN DE ESTANQUEIDAD	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	Bar	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	Bar
ARRANQUE DEL COMPRESOR EN AUTOMÁTICO CON PRESIÓN MÍNIMA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	Bar	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	Bar
PARO DE AMBOS COMPRESORES	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	Bar	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>	Bar

5.9.1.10 COMPROBACIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE FRENO

5.9.1.10.1 Breve Descripción del Equipo de Freno de los Trenes

En el sistema de frenado por fricción se encuentran los siguientes tipos de freno.

5.9.1.10.2 Freno de Servicio

El freno de servicio de las unidades se obtiene a partir de dos sistemas:

Freno eléctrico de recuperación.

Freno neumático de fricción.

El freno eléctrico es el sistema prioritario con el objeto de reducir al mínimo la aplicación del freno neumático. Este sistema es regenerativo ya que recupera la energía, que es transmitida a la red de suministro por la catenaria.

El freno neumático se aplica como complemento del freno eléctrico para alcanzar el esfuerzo de freno solicitado. De esta forma, las unidades de control de freno (BCU) realizan un cálculo de esfuerzo a pedir a cada unidad de control de tracción (TCU) en función de la carga del tren y del nivel de deceleración requerido, de tal forma que el freno eléctrico sea prioritario.

Cada TCU responde a la demanda aplicando el máximo esfuerzo de freno eléctrico posible, dentro de la demanda requerida por la BCU.

Si el esfuerzo de freno eléctrico no es suficiente para cubrir toda la demanda de freno de la unidad, las BCU proceden a gestionar la aplicación del esfuerzo de freno de fricción restante necesario para completar el freno eléctrico aplicado.

5.9.1.10.3 Freno de Emergencia

A través del freno de emergencia se obtiene un frenado del tren de forma violenta y en el menor tiempo posible. El freno de emergencia es puramente neumático.

La actuación de este tipo de freno se puede producir:

Por el conductor, actuando sobre la seta EMERGENCIA (62S01), el manipulador de tracción/freno o el inversor de marcha.

Por la apertura del lazo del freno, debido a ciertas incidencias que se consideran graves.

Por los pasajeros, al activar un intercomunicador de pasajeros. Esta condición es puentada por el sistema ATP cuando el tren ha recorrido una distancia de 150 metros desde la estación.

5.9.1.10.4 Freno de Estacionamiento

Cada bogie dispone de 2 cilindros de estacionamiento, montados uno en cada uno de los ejes del mismo.

Este freno se aplica mediante muelles acumuladores, de manera que con presión en la cámara del muelle el freno de estacionamiento está liberado, mientras que con presión nula el freno de estacionamiento está aplicado.

La aplicación del freno de estacionamiento es automática cuando el inversor de marcha se coloca en la posición N, liberándose cuando se desplaza a la posición AD o AT.

5.9.1.10.5 Control de Freno

Los coches M1 y M2 incorpora una unidad de freno y antideslizamiento (μ MICEF) encargada de controlar y monitorizar el freno eléctrico, electroneumático y conjugado.

Adicionalmente, en el panel principal de freno de cada uno de los coches se encuentra la electrónica de freno distribuida (δ MICEF) que se encarga de ejecutar las órdenes recibidas de la μ MICEF.

Los equipos μ MICEF intercambian toda la información relativa al control y operación del freno con el resto de equipos del tren. Por otro lado están conectados al δ MICEF con el objeto de realizar el mando y control de todos los elementos instalados en el panel de freno, así como su monitorización.

Los dos equipos μ MICEF reciben, procesan y transmiten la misma información, sin embargo, uno de ellos actúa como master y el otro como supervisor, gestionando éste la información sólo en caso de fallo del primero.

En los coches N y R, para realizar la función de antideslizamiento se dispone de una unidad MGS2, mientras que en los coches M1 y M2 esta función la realiza el equipo μ MICEF.

5.9.1.10.6 Revisión del estado de la electrónica de freno

En la tabla siguiente se anotan los valores correctos que señalizan los equipos de freno. En este caso el código correcto es el 99. Cualquier código diferente que señalice debe ser verificado en el listado de códigos que proporciona el proveedor.

REVISIÓN DEL ESTADO DE LA ELECTRÓNICA DE FRENO:				
ESTADO DEL EQUIPO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
	M1	R	N	M2
CÓDIGO CORRECTO				
CÓDIGO INCORRECTO				
OBSERVACIONES:				

5.9.1.10.7 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL CONTROL REMOTO DE LOS BOGÍES (SIRGA DE ACCIONAMIENTO MANUAL DE LOS CILINDROS DE FRENO).

Esta verificación se realiza con el tren apagado y es importante comprobar el desbloqueo de cada cilindro de freno, ya que en alguna situación de emergencia en que sea necesario desbloquear el tren manualmente, evita que uno de los ejes se quede amarrado, lo que provocaría que al traccionar el tren se hagan planos en las ruedas, causando daños severos.

PRUEBA FUNCIONAMIENTO DE CONTROL REMOTO:									
COCHE	RESULTADO M1		RESULTADO R		RESULTADO N		RESULTADO M2		
BOGIES	1	2	1	2	1	2	1	2	
LADO IZQ.	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>								
LADO DER.	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>								
Nota: Realizar con tren apagado y observar desbloqueo del cilindro.									
OBSERVACIONES:									

5.9.1.11 MOTORES DE TRACCIÓN

5.9.1.11.1 Descripción del equipo

Los bogies de los coches M1, N y M2 disponen de dos motores asíncronos montados transversalmente y fijados elásticamente al bastidor de bogie con interposición de asientos elásticos.

Los motores son desmontables tanto desde foso (sin tener que desacoplar ni levantar las cajas), como por la parte superior (cuando el bogie está desmontado del coche correspondiente).

La transmisión del eje del motor a los ejes montados se hace mediante el acoplamiento de un reductor al eje del motor. La unión Motor-Reductor se realiza mediante sendos acoplamientos montados en los ejes del motor y reductor. Estos acoplamientos se encargan de absorber los desplazamientos relativos entre motor y reductor debidos a las carreras de la suspensión.

5.9.1.11.2 Verificación en Protocolo de Pruebas

Probar el sentido de marcha en cada motor.

En la siguiente tabla se registra el correcto sentido de cada bogie en la dirección que se tracciona el tren corroborando así que el cableado de los motores se encuentra correcto.

PRUEBA DE SENTIDO DE MARCHA MOTORES DE TRACCIÓN						
COCHE	M1		N		M2	
BOGIES	ADELANTE	ATRÁS	ADELANTE	ATRÁS	ADELANTE	ATRÁS
1	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>					
2	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>					
OBSERVACIONES:						

5.9.2 Pruebas Dinámicas a Equipos Intervenidos

Las pruebas dinámicas son aquellas que se realizan con el tren en movimiento, verificando los equipos intervenidos, traccionando el tren y comprobando su correcto funcionamiento.

En la tabla siguiente se muestra la referencia del protocolo consultado para realizar las pruebas de cada equipo.

Estas pruebas también se realizan en presencia del cliente Ferrocarriles Suburbanos.

#	ESPECIFICACIÓN	EQUIPOS INTERVENIDOS
2.1	C.B6.92.402.00	ESTANQUEIDAD
2.2	SM1-ENG-01-003	ENGANCHE AUTOMÁTICO
2.3	PPE-CB6.92.702	EQUIPO DE FRENO <u>μmicef</u> + MSG2

Tabla 24. Referencia de protocolos para pruebas dinámicas por cada equipo

5.9.2.1 ESTANQUEIDAD

Proceso a seguir

- Antes de comenzar el ensayo, asegurarse de que todas las puertas y ventanas están cerradas.
- La velocidad del tren deberá ser tal, que cada coche esté expuesto al agua en la vía de lavado. Repetir esto en dos ocasiones.
- Al terminar la prueba, inspeccionar el interior de la caja y verificar que no exista filtración de agua.

Los resultados se registran en la siguiente tabla para determinar si las pruebas de estanqueidad son satisfactorias.

CONCEPTO	RESULTADOS							
	M1		R		N		M2	
PUERTAS DE ACCESO PASAJEROS	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>						
FUELLES DE PASILLO DE INTERCOMUNICACIÓN	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>						
VENTANAS DE PASAJEROS	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>						
PUERTAS DE CABINA	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>					OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
LUCES	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>					OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
		OBSERVACIONES:						

5.9.2.2 ENGANCHES

En las unidades del Suburbano de México hay dos tipos de enganches: enganches automáticos y enganches semipermanentes, pudiendo ser éstos con amortiguador o sin amortiguador. En las uniones entre enganches semipermanentes, siempre habrá un enganche con amortiguador y el otro sin amortiguador.

5.9.2.2.1 ENGANCHES AUTOMÁTICOS

En las unidades del Suburbano de México hay dos tipos de enganches: enganches automáticos y enganches semipermanentes, pudiendo ser éstos con amortiguador o sin

amortiguador. En las uniones entre enganches semipermanentes siempre habrá un enganche con amortiguador y el otro sin amortiguador.

5.9.2.2.2 ENGANCHE SEMIPERMANENTE

El enganche semipermanente está diseñado para asegurar una conexión mecánica entre los distintos coches que forman una unidad.

Tanto el acoplamiento como el desacoplamiento de los enganches semipermanentes se llevan a cabo manualmente, y deben realizarse con ambos coches parados.

El enganche semipermanente incorpora una articulación de caucho que permite los desplazamientos relativos entre los dos coches. Este enganche permite a los coches acoplados negociar curvas tanto horizontales como verticales, además de movimientos rotacionales.

Los dos enganches semipermanentes del coche R cuentan con un amortiguador de impactos que absorbe los esfuerzos transmitidos desde la caja. El coche N cuenta con un enganche semipermanente con amortiguación y otro sin amortiguación.

La conexión eléctrica y neumática entre los coches acoplados con enganches semipermanentes no se realiza a través del enganche sino a través de mangueras eléctricas y neumáticas.

5.9.2.2.3 Verificación en Protocolo de Pruebas

- 1.- Acoplar con otro tren y verificar que sea correcto y que no se escucha pérdida de aire.
- 2.- Verificar en el IHM COSMOS que el sinóptico del tren es correcto, si no, apagar y encender el tren.
- 3.- Presionar el botón pulsador y verificar el desacoplamiento automático, en caso de no funcionar tirar de la sirga de desenganche (color rojo) y verificar el funcionamiento.
- 4.- Con el tren acoplado por M1 con otro tren, traccionar a 10 km/h y presionar la zeta de emergencia en las 4 cabinas, una a la vez, hasta realizar 4 paradas.

5.- Con el tren acoplado por M2 con otro tren traccionar a 10 km/h y presionar la zeta de emergencia en las 4 cabinas, una a la vez hasta realizar 4 paradas.

En la tabla siguiente se registran los resultados de las pruebas de acoplamiento, si la comunicación entre los trenes acoplados es correcta, y si es desplegada en la pantalla de interfaz hombre-máquina (IHM) COSMOS.

PRUEBA	RESULTADOS			
	M1		M2	
ACOPLAMIENTO	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
COMUNICACIÓN	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
HMI DEL COSMOS	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
DESACOPLAMIENTO AUTOMÁTICO	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>	OK <input type="checkbox"/>	NOK <input type="checkbox"/>
FUNCIONAMIENTO DE ZETA DE EMERGENCIA	OK <input type="checkbox"/> NOK <input type="checkbox"/>			

5.9.2.3 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN Y FRENADO DEL TREN

Para las pruebas siguientes fue necesaria la participación del Proveedor Mitsubishi y THALES para el monitoreo de sus equipos para comprobar su funcionamiento.

Estas pruebas son muy importantes, ya que por medio de un software interno de CAF, llamado Timon, se monitorea en tiempo real el estado de todos los equipos del tren por medio de variables analógicas y digitales mostrando la velocidad, presiones en cada cilindro de freno, peso de los carros, esfuerzos de tracción, entre otras muchas variables.

El monitoreo se realiza para que una vez concluidas las pruebas se descarguen los registros, y por medio de un software del proveedor de frenos Knorr-Bremse, ingresando los valores obtenidos de las pruebas, podemos conocer las desaceleraciones y las distancias de frenado del tren, las cuales si están dentro del rango establecido por el proveedor con la configuración inicial (desde las pruebas Tipo con el Tren Nuevo), se determina que el tren cumple con el protocolo de frenado correcto.

Las pruebas se deben de realizar con velocidades de 30, 60, 80, 100 y 130 km/h.

Los tipos de frenado que se realizan para estas pruebas son:

- Pruebas de Frenado de Emergencia
- Pruebas de Frenado de Servicio *Blending*
- Pruebas de Frenado Modo PWM

5.9.3.4 Fallo del freno eléctrico de un coche

- Anular el freno eléctrico del coche M1 completo.
- Comprobar que (para todas las velocidades) el equipo μ MICEF anula el freno eléctrico del coche completo.
- Comprobar las desaceleraciones y las distancias de parada:

V (KM/ HR)	HORA	VEL km/hr	KM	Resultado real PRUEBAS				Result ado	Resultados esperados CALCULO FRENO - PROTOCOLO		Resultados esperados FACTOR DE CORRECCIÓN Ø RUEDA		ENERGÍA CARGA (TON)				
				Distan cia de paro	Desaceler ación Min	Desaceler ación m/seg 2	Desaceler ación Max		Distancia de paro ± 10%	Desaceler ación m/seg 2	Distancia de paro ± 10%	Desacelera ción m/seg 2	M1	R	N	M2	
80																	
100																	

En los anexos de este informe se muestra el protocolo completo de las pruebas de funcionamiento realizadas en el Tren 01 de Ferrocarriles Suburbanos con la aceptación correspondiente del cliente, para que la Unidad se reincorpore para su explotación en servicio para el público usuario.

6. Metodología utilizada

El protocolo de pruebas finales de funcionamiento del tren para la aceptación del cliente se realizó con base en la información de los procesos ingenieriles establecidos en los diferentes Manuales Descriptivos, Diagnóstico, Mantenimiento, Planos Eléctricos de los equipos intervenidos y de cómo deben estar interconectados con todos los vagones para garantizar el correcto funcionamiento del tren como conjunto.

Los Protocolos del Departamento de Pruebas e Ingeniería de CAF España, que se utilizan en los diversos proyectos a nivel mundial, después de realizar los procesos de ingeniería del armado y ensamble de todos los carros y equipos que conforman una Unidad de Tracción, son garantía de apoyo para la fase de Pruebas de Funcionamiento de los trenes que se entregan al cliente en todos los proyectos.

Cabe señalar que cada proveedor de equipos importantes en el tren tiene su propio protocolo de pruebas para ejecutar. Por ejemplo: Proveedor Mitsubishi del equipo de tracción y motores realiza un monitoreo de sus equipos durante las pruebas, con el fin de comprobar el correcto funcionamiento de sus sistemas en cuanto a los esfuerzos de tracción y el frenado eléctrico, con la conjugación del freno neumático configurado con los equipos de freno del proveedor Knorr-Bremse.

Asimismo, el proveedor de la Protección Automática del Tren tiene sus propias metodologías para verificar sus equipos en su protocolo de pruebas de funcionamiento.

Por lo anterior, todos los protocolos de los proveedores se tomaron en cuenta para realizar el protocolo de pruebas de funcionamiento del tren, como conjunto para complementar la información que se le entrega al cliente Ferrocarriles Suburbanos para la recepción y aceptación del tren.

En los anexos de este informe se adjuntan los protocolos realizados por los proveedores durante las pruebas de entrega del tren.

7. RESULTADOS

Con base en el protocolo de pruebas desarrollado, se obtuvieron los resultados satisfactorios, los cuales se cumplieron para la conformidad y aceptación del cliente Ferrocarriles Suburbanos estando presente en todo el proceso de pruebas estáticas y dinámicas.

Para comprobar y validar los resultados obtenidos, se descargaron los registros de monitoreo del tren durante las pruebas a diferentes velocidades y se obtuvieron los valores de las distancias de frenado y las desaceleraciones realizadas por la Unidad por medio de una hoja de cálculo proporcionada y certificada por el proveedor de frenos, de los cuales comprobé que los valores obtenidos estuvieran dentro del rango permitido.

Los proveedores Mitsubishi y Thales, por su parte, realizaron el análisis correspondiente, comprobando que sus equipos funcionaron correctamente de acuerdo con sus respectivos protocolos de pruebas. La información proporcionada por los proveedores se anexa al Protocolo de Pruebas de CAF y posteriormente se le entregó al cliente para la firma de aceptación y conformidad del tren.

8- CONCLUSIONES

La experiencia laboral que he tenido dentro de la empresa CAF México ha sido de una manera muy diversa, combinando el trabajo de oficina con trabajo en campo, y esto me ha ofrecido un amplio desarrollo como profesional, formándome una mayor perspectiva dentro del ramo de la ingeniería, ya que pocos trabajos ofrecen estas dos opciones a la vez.

Las actividades que he desempeñado desde que me desenvolvía como ingeniero hasta ser ahora coordinador del área de Ingeniería en Mantenimiento, me han dado mucha experiencia en el ramo ferroviario, ya que ayudaron para que me tomen en cuenta para nuevos proyectos en la empresa CAF, obteniendo así un crecimiento laboral favorable.

Actualmente existen proyectos que sirven de evidencia del trabajo realizado por mi parte (Proyecto de Garantía de 45 Trenes para Línea 2 del Metro de México, Proyecto de Mantenimiento y Garantía de 30 Trenes en Línea 12 del Metro de México, Proyecto de Mantenimiento y Garantía de 20 Trenes para Ferrocarriles Suburbanos), además de los proyectos que en el presente estoy realizando y en futuro no muy lejano (Propuesto como Jefe de Proyecto para Mantenimiento y Garantía de 30 Trenes para Ferrocarril Interurbano México - Toluca) representarán beneficios tanto económicos como de crecimiento de la empresa misma.

Con mi inserción en esta empresa he podido desarrollar mi aprendizaje y mis aptitudes adquiridas dentro de mi formación académica en la Facultad de Ingeniería, UNAM, en la carrera de Ingeniero Eléctrico y Electrónico, brindándome los conocimientos necesarios para integrarme al sector laboral.

Debido a mi conocimiento de trenes con 12 años de experiencia, me han confiado responsabilidades de gran importancia, una de ellas fue participar en el Mantenimiento de

Revisión General de los Ferrocarriles Suburbanos, lo cual representó un gran reto para mí y lo más importante tener el reconocimiento del cliente por los resultados obtenidos.

Por último, el laborar en esta empresa me ha permitido darme cuenta de la gran importancia que tiene el sector del transporte para el público y de la responsabilidad que conlleva mantener los trenes en buenas condiciones, realizando intervenciones preventivas y correctivas de forma segura y con la supervisión adecuada, ya que en nuestras manos se encuentra la seguridad de millones de personas que transportamos diariamente en nuestros trenes.

9- BIBLIOGRAFÍA

- Manual de conducción Suburbano México SM01 – CAF
- Distribución de equipos de la Unidad Eléctrica Múltiple EMU del Tren Suburbano – CFP003-08-13-V.2.1
- Manuales de Mantenimiento a equipos montados en el Tren Suburbano México SM01 - CAF
- Wikipedia - Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México.
- Sitio oficial internet – CAF – www.caf.net
- Ficha de procesos de Ingeniería de Mantenimiento – CAFMEX – PA – FP- 8.3
- Manual de Sistema de Gestión de Calidad de CAF Suburbanos - CAFMEX-PA-MAN Ed. B Manual de Calidad
- Programa Anual de Mantenimiento 2017 - CAFMEX-SGC-PAPR7.1-F01 Ed. 2