AAN8069

TESIS
IID 2000
C37
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

" Estudio y mejora del proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso de los vagones de trenes de transporte subterráneo".

TOMO I

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA

REALIZADO POR	**Carrillo Perera, Isabel Cecilia** **Contreras García, Suyubani José**
PROFESOR GUIA	**Ing. González, Alfredo**
FECHA	**05 de Junio del 2000**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO:

" ESTUDIO Y MEJORA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO MAYOR DEL SISTEMA DE PUERTAS DE ACCESO DE LOS VAGONES DE TRENES DE TRANSPORTE SUBTERRÁNEO".

DEDICATORIA:

A nuestro Dios todo Poderoso, por estar presente en nuestras vidas, y darnos la dicha de presenciar este momento tan importante para nosotros.

A nuestros Padres, por guiarnos por el camino del bien y darnos su apoyo en logro de nuestras metas.

Isabel y Suyubani

AGRADECIMIENTOS

A la Compañía ALSTOM de Venezuela por darnos la oportunidad de vivir esta nueva experiencia en el campo profesional.

Al personal Técnico, Ingenieros y personal Administrativo, por su ayuda y apoyo en la realización de este trabajo.

A nuestro Tutor Académico y demás profesores que nos guiaron siempre para obtener el mejor resultado.

ÍNDICE GENERAL

TOMO I

Pág.

SINOPSIS vii

Capítulo I: EL PROBLEMA

1. Reseña Histórica..... 2
2. Formulación del Problema..... 4
3. Importancia..... 4
4. Delimitación..... 5
5. Limitación..... 5
6. Objetivos..... 6

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes de la Investigación..... 8
2. Bases Teóricas..... 9
   2.1. El Mantenimiento..... 9
   2.2. Descripción del Sistema de Puertas de Acceso..... 11
   2.3. Elementos que Conforman el Sistema de Puertas de Acceso..... 13
   2.4. Mantenimiento Mayor del Sistema de Puertas de Acceso..... 16
   2.5. Descripción de Actividades de la Logística en el Mantenimiento Mayor..... 17
   2.6. Seguridad Industrial..... 18
   2.7. Formación del Personal..... 18
3. Glosario de Términos Básicos..... 19

Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO

1. Definición del Tipo de Investigación..... 22
2. Población y Muestra..... 22
3. Fases de la Investigación..... 22
   3.1. Fase I: Diagnóstico de la Situación Actual..... 23
   3.2. Fase II: Analizar la Problemática..... 25
   3.3. Fase III: Propuesta de Mejora..... 25
   3.4. Fase IV: Estudio de Relación Costo/Beneficio..... 25

Capítulo IV: RESULTADOS

1. Resultados de Fuentes Secundarias: Historial de Fallas y Experticias..... 27
   1.1. Historial de Fallas..... 27
   1.2. Experticias..... 30

Pág.

2. Resultados de Fuentes Primarias: Observación Directa y Entrevistas..... 31
   2.1. Observación Directa y Simple de los Hechos..... 31
   2.2. Entrevistas..... 43

Capítulo V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Análisis de Resultados de la Data Histórica..... 46
2. Análisis de Resultados de las Observaciones Directas..... 50
3. Análisis de Resultados de Entrevistas..... 54

Capítulo VI: PROPUESTAS DE MEJORAS

1. Propuestas de Mejora para el Proceso de Mantenimiento Mayor del Sistema de Puertas de Acceso..... 56

2. Estudio de Costos de las Propuestas y Beneficios Esperados..... 58

CONCLUSIONES..... 63

RECOMENDACIONES..... 65

BIBLIOGRAFIA 69

TOMO II: ANEXOS

Anexo A: DISTRIBUCIÓN DE LOS TALLERES

Anexo A1: Distribución de Talleres de la Línea 1.
Anexo A2: Distribución de Talleres de la Línea 2.

Anexo B: FOTOGRAFÍAS

Anexo B1: Mecanismo de Puertas
Anexo B2: Motor de Puerta.
Anexo B3: Pistón de Descencerrojo.
Anexo B4: Hoja de Puerta.
Anexo B5: Platina de Electroválvulas.
Anexo B6: Electroválvula.
Anexo B7: Cajas para Transportar Electroválvulas y Motores.
Anexo B8: Hoja de Puerta en el Puesto de Limpieza.
Anexo B9: Mesa de Transferencia.
Anexo B10: Montacargas.
Anexo B11: Puesto de Trabajo en el Montaje y Reglaje del Bloque de Puertas.

Anexo B12: Almacén Temporal del Taller Neumático.

Anexo C: PROCEDIMIENTOS

Anexo C1: Procedimiento de Montaje y Desmontaje del Bloque de Puertas.
Anexo C2: Procedimiento de Intervención de Puertas de Acceso..
Anexo C3: Procedimiento de Revisión General del Motor Neumático.
Anexo C4: Procedimiento de Revisión General de Electroválvula W3D
Anexo C5: Procedimiento de Revisión General del Pistón de Descencerrojo.
Anexo C6: Procedimiento de la Gestión Logística.
Anexo C7: Procedimiento de la Logística de Operaciones.
Anexo B8: Procedimiento de la Logística de Almacenes.

Anexo D: TABLA DE DATOS

Anexo E: DIAGRAMA DE PROCESOS

Anexo F: PROPUESTAS DE MEJORA

Anexo F1: Procedimiento de Revisión General de Electroválvula W3D Mejorado.
Anexo F2: Procedimiento de Revisión General del Motor Neumático Mejorado.
Anexo F3: Procedimiento de Revisión General del Pistón de Descencerrojo Mejorado.
Anexo F4: Flujograma para Detección de Fallas.
Anexo F5: Ficha de Verificación de Fallas.

SINOPSIS

El presente trabajo comprende el estudio del proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de los vagones de los trenes del Metro de Caracas y el diagnóstico del origen de las fallas que se han presentado después de realizado el mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso. Como resultado de esta investigación se presentan propuestas de mejoras al proceso de mantenimiento, dirigidas a disminuir la incidencia de fallas en el sistema de puertas de acceso en los trenes objeto de mantenimiento mayor.

Por tratarse de un servicio público de transporte masivo, se requiere de un alto grado de confiabilidad del sistema; debido a que los trenes han llegado a más de 10 años de servicio, surge la necesidad de realizarles un mantenimiento mayor o mantenimiento de vida media a todas las unidades de trenes que prestan este servicio. Este proceso requiere de la compleja intervención de distintos componentes, siendo uno de ellos el *sistema de puertas de acceso*. El mantenimiento mayor de los trenes lo ejecuta la empresa ALSTOM de Venezuela para la C.A. Metro de Caracas.

Una vez realizado el mantenimiento mayor de los trenes, se han presentado fallas en el sistema de puertas de acceso, lo que ha traído como consecuencia la necesidad revisar el proceso de mantenimiento mayor de este sistema, con el fin de investigar los factores que originaron las fallas e implantar las medidas correctivas necesarias.

La metodología seguida para realizar la investigación del problema se desarrolló en cuatro etapas: diagnóstico de la situación actual, análisis de la problemática, propuestas de mejora y un estudio de costo/beneficio.

Una vez realizado el diagnóstico de la situación y el análisis de la información obtenida, se encontró que en el proceso de mantenimiento mayor de las puertas de acceso se presentan problemas debidos a deficiencias en los procedimientos escritos y en su aplicación, y a la falta de una guía para la detección de fallas, lo que aunado a una formación deficiente

del personal técnico, contribuyen a aumentar la frecuencia con que se presentan los problemas de funcionamiento en el sistema de puertas de acceso.

Como un aporte a la solución del problema planteado, se presentan propuestas de mejoras a los procedimientos escritos, se propone una guía para la detección de fallas y se dan recomendaciones generales y específicas dirigidas a mejorar el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1. Reseña Histórica

ALSTOM es una empresa transnacional creada en 1989 tras la fusión de dos grandes compañías líderes en las áreas de energía y transporte, cuyos orígenes se remontan a las primeras plantas de energía eléctrica y locomotoras de vapor. Desde su inicio, la empresa ha crecido y se ha expandido geográficamente en más de 60 países del mundo pertenecientes a los continentes Europeo, Americano y Asiático. En su estrategia, ALSTOM tiene como objetivos lograr el liderazgo del mercado mundial en sus áreas de competencia, siendo actualmente empresa líder en trenes de alta velocidad, unidades eléctricas múltiples, metros y sistemas de propulsión.

La empresa opera en seis grandes sectores: energía, transmisión y distribución de energía, transporte, industrial, naval y proyectos y servicios.

En el sector energía, ALSTOM suministra todo tipo de equipos para la generación de energía (salvo reactores nucleares), incluyendo los generadores para turbinas de vapor más grandes del mundo, turbinas hidroeléctricas, turbinas de gas y calderas. También realiza la ingeniería y suministra los sistemas para: plantas de limpieza a gas, sistemas completos de control de plantas de generación de energía y plantas incineradoras de basura.

En el sector de transmisión y distribución de energía, ALSTOM es uno de los líderes en el suministro de equipos y sistemas de transmisión y distribución de energía, conduciendo la energía eléctrica desde el generador hasta los clientes.

En el sector transporte, ALSTOM está capacitado para suministrar una completa gama de equipos y sistemas de transporte ferroviario. Los productos en este sector van desde los trenes de alta velocidad hasta trenes urbanos y suburbanos, locomotoras para pasajeros, trenes de flete al igual que sistemas de control y señalización para trenes, equipos ferroviarios, y sistemas completos de transporte y sus servicios asociados.

En el sector industrial, ALSTOM ofrece una gama de equipos, sistemas integrados y soluciones llave en mano para los segmentos de mayor crecimiento en el mercado industrial.

En el sector naval, las actividades de ALSTOM están especializadas en barcos para cruceros de lujo, buques-tanque para el transporte del gas licuado y en ferries de alta velocidad.

En el sector proyectos y servicios, ALSTOM ofrece soluciones para instalaciones industriales, construcciones e infraestructuras.

Recientemente en Venezuela, además de las actividades en otros sectores, la empresa está prestando sus servicios en el área de mantenimiento mayor a los trenes fabricados por esta misma empresa para C.A Metro de Caracas. La realización de este servicio se estableció mediante un convenio entre ambas partes *ALSTOM - C.A Metro de Caracas*, donde se otorga la responsabilidad del mantenimiento mayor de los trenes pertenecientes a la Línea 1 (Tramo Palo Verde – Propatria) y Línea 2 (Tramo El Silencio – Las Adjuntas – Zoológico) a la empresa ALSTOM a través de la Sub-gerencia de Operaciones, la cual está organizada como se muestra en la figura 1:

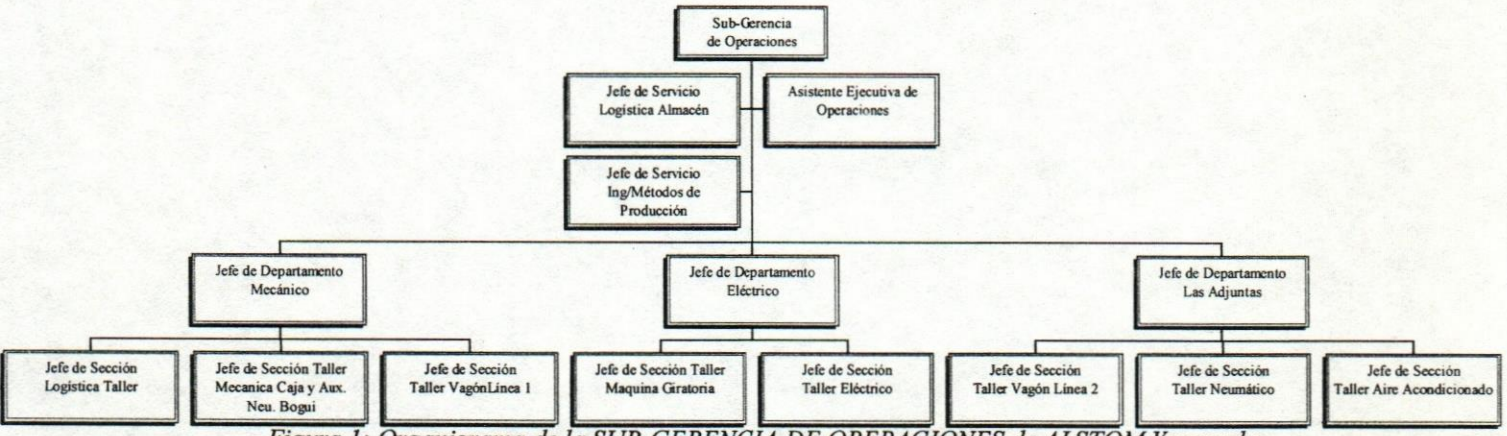


Figura 1: Organigrama de la SUB-GERENCIA DE OPERACIONES de ALSTOM Venezuela.

ALSTOM realiza sus actividades de mantenimiento mayor en los talleres de la C.A Metro de Caracas, ubicados en los patios de Propatria y Las Adjuntas. En Propatria, se encuentran los talleres de: Vagón de línea 1, Mecánica Caja, Neumática Bogui, Máquinas Giratorias, Eléctrico y los almacenes principales (anexo "A1"). En los patios de Las Adjuntas, se encuentra los talleres de: Vagón de línea 2, Neumática, Aire Acondicionado y un almacén secundario (anexo "A2").

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El servicio de mantenimiento mayor ofrecido por ALSTOM para los trenes de la C.A Metro de Caracas, consiste en la revisión de los diversos componentes que integran los trenes a objeto de prologar la su vida útil. Entre los componentes que se les aplica el mantenimiento mayor se encuentra el sistema de puertas de acceso, el cual está conformado por una compleja combinación de elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos, que en conjunto realizan la operación de apertura y cierre de las puertas, permitiendo la entrada y salida de los usuarios a los trenes de forma segura.

Desde el inicio de la prestación del servicio de mantenimiento mayor de trenes, la empresa ALSTOM ha logrado metas importantes en la puesta en servicio de trenes reparados. Sin embargo, una vez reincorporados al servicio comercial, un número significativo de los trenes ha presentado fallas en el sistema de puertas de acceso, lo que ha requerido la suspensión temporal del servicio de esas unidades. Por ello, esta empresa decidió hacer una revisión del proceso de mantenimiento mayor en el sistema de puertas de acceso a fin de detectar y analizar los posibles factores que influyen negativamente en el proceso, planteándose el siguiente problema:

Si se mejora el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso de los trenes, ¿se lograría una reducción de las paradas de los trenes causadas por fallas en el sistema de puertas de acceso?

El presente trabajo está dirigido a la investigación de los posibles problemas que afecten las operaciones del mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso, y al aporte de propuestas que permitan minimizar la incidencia de estos eventos.

3. IMPORTANCIA

La importancia de realizar el estudio de la problemática planteada, radica en tres aspectos principales:

- El hecho que los trenes del metro son un medio de transporte urbano de uso continuo y masivo, que presta un servicio social, obliga a la C.A Metro de Caracas a mantener sus

unidades operativas en perfecto estado de funcionamiento, a fin de prevenir accidentes y/o la paralización del sistema con las graves consecuencias que de ello se derivan.

- Cada vez que ocurre la parada de un tren por causa del sistema de puertas, la empresa ALSTOM incurre en costos adicionales.
- Las fallas en el sistema de puertas contribuyen a la inconformidad del cliente C.A Metro de Caracas, lo que pudiera afectar la realización de nuevos contratos en el área de mantenimiento mayor y el prestigio y confianza de la empresa en dicha área.

A fin de solventar esta problemática, surge la necesidad de hacer un estudio del proceso de mantenimiento mayor realizado al sistema de puertas de acceso, con el propósito de proponer posibles mejoras que contribuyan a la solución del problema planteado y así ofrecer un mejor servicio en dicha área.

4. DELIMITACIÓN

El presente trabajo se aboca al estudio del proceso de mantenimiento mayor de uno de los componentes de los trenes del metro: *El sistema de puertas de acceso*.

Dicho sistema se encuentra constituido por el mecanismo de apertura y cierre de puertas, platina de electroválvula y bloques de puertas, elementos que serán el objeto de este estudio. El sistema de puertas de acceso, podría estar afectado por otras partes eléctricas y neumáticas del tren, las cuales no se incluyen en la presente investigación.

5. LIMITACIÓN

Por ser la primera vez que la Empresa ALSTOM de Venezuela ofrece el servicio de mantenimiento mayor de trenes, y por tener poco tiempo de haber empezado a realizar dicho servicio, se dispone de poca data histórica acerca de las fallas que se presentan en el sistema de puertas de acceso después de realizar las operaciones de mantenimiento mayor. Por otra parte, el acceso a la información referente al problema en estudio fue limitado debido a que la C.A Metro de Caracas no se mostró abierta a suministrarla.

En cuanto a las propuestas de mejoras, es importante destacar que no se realizará la implantación de las mismas debido a que este proyecto tendrá que ser estudiado y aprobado

por la Empresa ALSTOM y por el cliente C.A Metro de Caracas. Además, la comprobación de las mejoras que se alcanzarán por las propuestas, requieren de un seguimiento durante un largo período de operaciones en un tren modelo, para poder obtener resultados medibles.

6. OBJETIVOS

En el presente Trabajo Especial de Grado se propone lograr los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Estudiar y mejorar el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso de los vagones de trenes de transporte subterráneo.

Objetivos Específicos:

- Estudiar el proceso de desmontaje, mantenimiento, verificación y montaje del sistema de puertas de acceso de un vagón.
- Estudiar los procedimientos de desmontaje, mantenimiento, verificación y montaje del sistema de puertas de acceso de un vagón.
- Identificar y analizar situaciones problemáticas señalando los factores que la componen.
- Estudiar las variables operativas que intervienen en el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso.
- Proponer procedimientos que mejoren el proceso de desmontaje, mantenimiento, verificación y montaje del sistema de puertas de acceso de un vagón.
- Definir las consideraciones necesarias referentes a la seguridad industrial en el proceso de mantenimiento del sistema de puertas de acceso.
- Desarrollar la logística del mantenimiento mayor de las puertas de acceso de los trenes.
- Realizar el estudio de costos de las propuestas de mejora, señalando los posibles beneficios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN

La empresa ALSTOM de Venezuela comenzó a ofrecer el servicio de mantenimiento mayor a los vagones del Metro de Caracas hace un año y medio, tomando como punto de partida un tren patrón, el cual tenia como objetivo la comprobación de los procedimientos de mantenimiento y ver la evolución del comportamiento de los equipos después de realizado el mantenimiento mayor. En este primer tren patrón, perteneciente a la Línea 1, se empezaron a observar fallas en los equipos, que desfavorecía los resultados esperados por la empresa. Posteriormente, también se seleccionó un tren patrón en la Línea 2, buscando el mismo objetivo que el tren patrón de la Línea 1. A partir de este momento se comenzaron a tomar acciones correctivas de manera de disminuir las fallas de los equipos, fundamentalmente en relación con los procedimientos seguidos en el mantenimiento mayor.

El sistema de puertas de acceso correspondía a uno de los componentes que afectaba en mayor medida el funcionamiento correcto del tren. Es importante señalar que la falla de una puerta contribuye a la parada de un tren que se encuentre en servicio comercial.

Debido a estos inconvenientes, la Sub-gerencia de Operaciones decidió hacer la revisión del procedimiento de desmontaje y montaje del sistema de puertas en el vagón. Este procedimiento revisado ayudaría a establecer de manera óptima las especificaciones técnicas que deben de cumplirse en el montaje de los equipos que conforman el sistema de puertas de acceso.

Pero el montaje de los equipos, no es la única variable que afecta el buen funcionamiento del sistema de puertas. Hay que tener presente que el mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso, se encuentra afectado por la intervención de los equipos neumáticos y todos los elementos que están presentes en los mismos. Por esta razón se requiere hacer una revisión completa del proceso.

2. BASES TEÓRICAS

2.1. El Mantenimiento

El mantenimiento tiene como objetivo preservar la vida útil de los equipos que posee la empresa, invertir la cantidad adecuada de dinero y obtener un alto beneficio.

La misión básica del mantenimiento es la de proporcionar la utilización óptima del equipamiento, materiales, capital y mano de obra. Esto se logra a través de lo siguiente:

- Garantizar la disponibilidad de las maquinarias, equipos e instalaciones.
- Preservar las inversiones de capital.
- Crear una contabilidad absoluta de las instalaciones y el equipamiento.
- Asegurar que el proceso opere dentro de un control estadístico.
- Reparar y restaurar la capacidad productiva que se haya deteriorado.
- Reemplazar o reconstruir la capacidad productiva agotada.

El trabajo de mantenimiento puede clasificarse principalmente de tres formas:

- *El mantenimiento preventivo* que corresponde al conjunto de acciones necesarias para conservar un equipo en buen estado, independientemente de la aparición de las fallas.
- *El mantenimiento predictivo* el cual se basa en un conjunto de técnicas utilizadas en la predicción de fallas de equipos y en el establecimiento de tiempos para reparación, reemplazo de partes o componentes, justo en el momento antes de que se produzca la falla, evitando así la parada del equipo.
- *El mantenimiento correctivo* que corresponde al conjunto de acciones necesarias para devolver un equipo a sus condiciones operativas, luego de la aparición de la falla.

Dentro del mantenimiento preventivo, se tiene una subcategoria que es el mantenimiento mayor, el cual se define como un conjunto de acciones que llevan a la intervención de las partes de un sistema realizando la revisión general de las mismas para lograr la repotenciación del equipo intervenido.

Este tipo de mantenimiento, por la magnitud de los trabajos a realizar, contempla una programación de costos implicados y del tiempo de la intervención.

Una compañía que ofrece servicio de mantenimiento mayor, puede incurrir en distintos costos a causa de deficiencias en el proceso. Estos costos son:

- *Costo de reproceso* debido a pérdidas de tiempo, materiales y horas-hombre invertidas en un equipo que ya ha sido intervenido y luego presenta fallas.
- *Costo del riesgo* de no obtener nuevos beneficios por pérdida de futuros contratos a causa de la inconformidad de los clientes.

Documentación en el mantenimiento.

En mantenimiento es muy importante que la compañía posea la documentación necesaria, que describa de alguna manera el funcionamiento de los diferentes equipos existentes dentro de la organización. En las empresas, es frecuentes que las especificaciones o manuales de los equipos y sistemas se extravíen, no se llevan registros históricos y usualmente se desconoce, incluso, lo que se debe mantener.

La documentación requerida en el servicio de mantenimiento mayor es:

- La *documentación del fabricante*: manuales, especificaciones técnicas, ayuda para la solución de fallas, etc.
- *Los procedimientos de mantenimiento*: Es una guía paso a paso de cómo realizar la actividad en cuestión, usando esquemas y planos cuando sea necesario. En el procedimiento deben indicarse además las herramientas necesarias, materiales y precauciones de seguridad.
- *Los archivos técnicos*: Estos archivos conforman toda la información que tiene que ver con la vida de los equipos.
- *Las ordenes de trabajo*: Es un formato estándar que debe poseer información tal y como es el estado del equipo intervenido y el tiempo estimado de intervención.
- *Documentos de clasificación* de los equipos e instalaciones.

Indicadores en el mantenimiento.

El comportamiento del proceso de mantenimiento puede ser evaluado mediante el uso de uno o varios de los siguientes indicadores:

- *Reportes de control:* Es una tabulación de las variables especificas que sean relevantes para el desempeño de la función de mantenimiento

- *Medición del desempeño:* Esta se hace tomando en cuenta la cantidad y la calidad del trabajo realizado.
- *Medición de la productividad:* Este es el porcentaje de horas de mano de obra que se emplean de manera directa para terminar una tarea, pero no incluye las actividades indirectas o el tiempo improductivo.
- *Revisión de discrepancias:* Esto se refiere a las discrepancias planeadas del proceso y las variables reales.
- *Análisis de tendencias:* Las gráficas de tendencia muestran el comportamiento de la tendencia de diversos índices de un periodo a otro. En el caso de una compañía que ofrece el servicio de mantenimiento, la tendencia de las fallas de los equipos intervenidos será el indicador que medirá la efectividad de los trabajos realizados.

2.2. Descripción del sistema de puertas de acceso

Los trenes de transporte subterráneo de la C.A Metro de Caracas están constituidos por varios vagones cuya cantidad depende de la línea a la cual pertenece, es decir, que si el tren es de la Línea 1 está conformado por 7 vagones, y si es de la Línea 2 está conformado por 6 vagones. A su vez, cada vagón está equipado con 8 puertas de acceso de pasajero, distribuidas en 4 por cada lado. Cada puerta tiene dos batientes idénticos de corredera que se desplazan por una guía, los cuales están accionados mecánicamente por un tornillo de conjugación. El mecanismo de soporte y accionamiento de los batientes se encuentra ubicado en el techo, hacia la parte interior del vagón. Cada batiente es desplazado gracias al motor neumático alimentado por un conjunto de dos electroválvulas, una de cierre y otra de apertura, fijadas

La apertura y cierre se realiza desde la cabina de manejo del tren en servicio, transmitiendo una señal eléctrica al conjunto de relés que comandan localmente la activación de cada una de las electroválvulas de las puertas correspondientes a uno de los lados del vagón, es decir, el accionamiento simultáneo del conjunto de puertas de cada lado del vagón.

La figura 2 muestra como están conectados los principales componentes neumáticos del sistema de puertas de acceso.

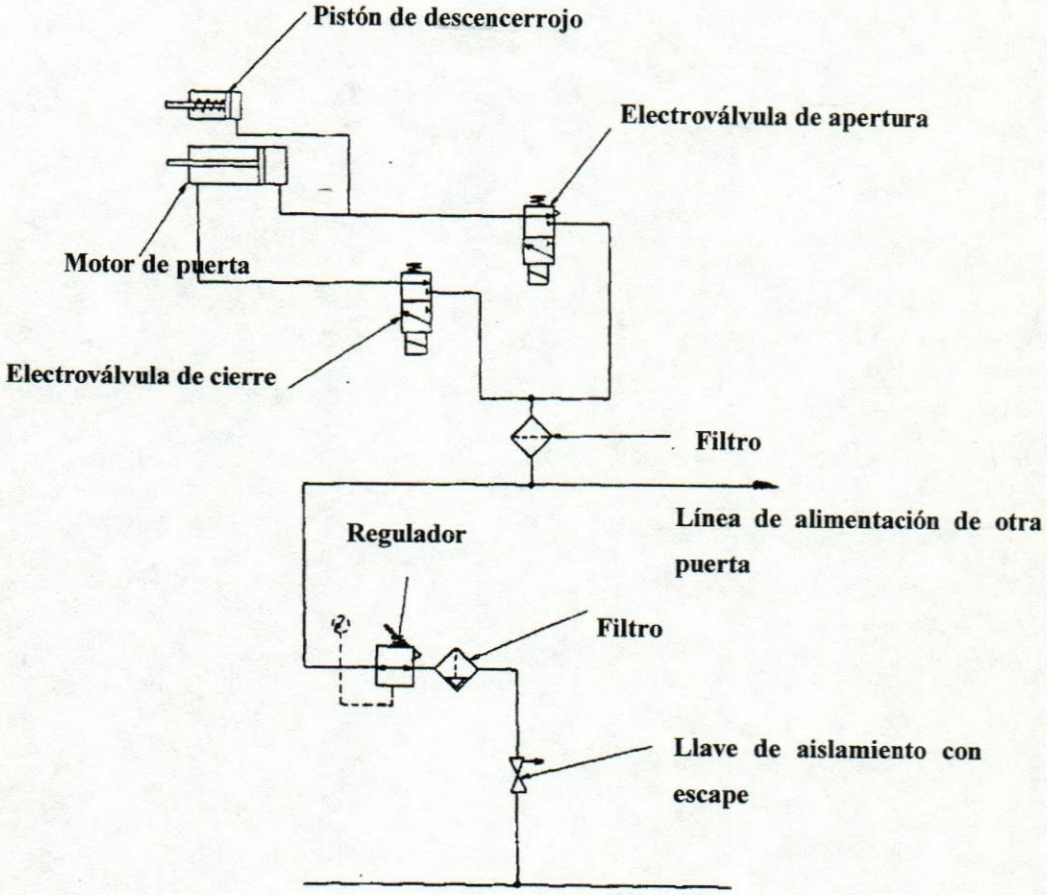


Figura 2: Conexión neumática de los principales componentes del sistema de puertas de acceso

Las fuentes de energía que alimentan el sistema de puertas son neumáticas y eléctricas. La alimentación neumática se realiza por medio de aire filtrado seco a una presión nominal de 5 bars y una presión máxima de 6 bars, con un consumo de 2 litros por ciclo a la presión nominal, en donde un ciclo completo representa la apertura y el cierre de la puerta. La

alimentación eléctrica se realiza mediante la aplicación de una tensión nominal de 72 Vcc, pudiendo esta variar de 50 V a 90 V, con un consumo máximo de 8,4 W.

El sistema de puertas puede ser maniobrado de forma manual o forma automática. En la maniobra manual, el esfuerzo halando un batiente a velocidad constante de 0,15 m/seg es de 9DN. En la maniobra automática el tiempo de apertura es de 2,5 seg a 3 seg y el tiempo de cierre es de 2 seg. a 2,5 seg.

2.3. Elementos que conforman el sistema de puertas de acceso

El sistema de puertas de acceso está constituido por: el mecanismo, los batientes, la platina de electroválvula y el sistema de aislamiento.

2.3.1. El mecanismo

El Mecanismo del sistema de puertas está conformado por el dispositivo de suspención, el dispositivo de conjugación, el dispositivo de motorización y el dispositivo de control (anexo "B1").

El *dispositivo de suspensión* se compone de una corredera en aluminio que lleva puntos de fijación sobre la carrocería. Sobre el camino de la corredera, ruedan cuatro carros de rodillo para suspender la puerta. La carrera de los carros está limitada por un tope central y dos topes extremos. Cada batiente está unido a sus dos carros de rodillo por medio de piezas de suspensión, las piezas de suspención extremas son montadas sobre excéntricas o rueda no centrada. La rotación de la excéntrica hace subir o bajar las piezas de suspensión. Esta diferencia de altura permite la regulación del paralelismo de los batientes entre ellos con respecto a la carrocería.

El *dispositivo de conjugación* consiste en una barra roscada en la cual se desplazan dos tuercas con unidades de paso contrario. Cada tuerca está unida a un carro por intermedio de una horquilla. Una tuercabola central con dispositivo de centrado y soportes de extremidad guían la barra roscada.

El *dispositivo de motorización* está comprendido de un motor neumático (anexo "B2") el cual se compone de:

- Un cilindro principal.
- Un cilindro amortiguador.
- Una caja de válvula (lado estopera).
- Una caja de válvula (lado fondo).
- Un pistón y su vástago.

El motor es del tipo neumático de doble efecto y su funcionamiento es de tal forma que la alimentación de una cara del cilindro y la purga de la otra, se efectúa simultáneamente.

La función de apertura corresponde a la salida del vástago del pistón que se realiza en dos tiempos. En el primer tiempo el aire penetra el cilindro principal a través de la válvula, el cilindro amortiguador es expulsado hacia adelante, llevando consigo el pistón y su vástago El aire aprisionado en la cámara del lado de la estopera se escapa del cilindro al abrirse la válvula. Es la fase rápida de la carrera y tiene lugar hasta que el cilindro amortiguador toma contacto con el tope.

En el segundo tiempo el aire penetra en el cilindro amortiguador a través del orificio calibrado del reductor haciendo que el pistón se desplace hacia adelante. El aire aprisionado en la cámara del lado de la estopera se escapa del cilindro por el orificio ubicado del mismo lado, es la fase lenta de la carrera. Este amortiguamiento se debe a la diferencia dimensional entre el orificio de la válvula de alimentación y el orificio calibrado del cilindro amortiguador.

La función de cierre corresponde a la entrada del vástago del pistón. Esto se efectúa según el mismo proceso de la fase de apertura pero en sentido inverso.

El *dispositivo de inmovilización* está constituido por un sistema de cerrojo unido a los carros centrales. Este mecanismo se suelta de tres formas diferentes:

- En función automática por un pistón de descencerrojo.
- En función manual por una biela.
- En función de emergencia por un sistema de mando.

El pistón de descencerrojo está constituido por: un cilindro, un pistón, un vástago y un resorte (anexo "B3"). La electroválvula de apertura alimenta neumáticamente al pistón de descencerrojo, de manera que cuando la electroválvula se acciona, sale el vástago del pistón y mueve el cerrojo destrancando la puerta, y en el momento que se da la señal de cierre, la electroválvula deja de alimentar al pistón, y el vástago se retrae por acción de un resorte.

El *dispositivo de control* se compone de 3 levas integradas al mecanismo que tienen como función activar o desactivar los contactos DLLS, DOLS y DCLS; y de dos conmutadores unidos eléctricamente al mecanismo, los cuales dependen del sistema de aislamiento y de emergencia para su mando.

2.3.2. Los batientes

Los batientes son el conjunto de hojas que constituyen la puerta (anexo "B4"). Estos batientes equipados cumplen con las siguientes funciones:

- Obstrucción: Esta función impide la entrada o salida de un pasajero del tren cuando este se encuentre en funcionamiento.
- Hermeticidad: Esta función garantiza que el interior del tren no entre en contacto directo con el medio ambiente, de manera que el aire que circule internamente en el vagón provenga únicamente del sistema de acondicionamiento de aire.
- Guiado: El guiado superior de los batientes se realiza por la unión con el mecanismo de suspensión. El guiado inferior es mediante dos guías insonoras de polietileno fijadas en el perfil inferior de los batientes. Esto garantiza un movimiento totalmente horizontal de las piezas.
- Destrancado: Cada vagón viene equipado con dos puertas que poseen un sistema de destrancado manual. El mando está situado en la parte baja y en ambas caras del batiente; se acciona con la llave triangular.

2.3.3. Platina de electroválvulas

La platina de electroválvulas (anexo "B5") es el subconjunto del sistema de puertas cuya función es la de alimentar el motor neumático durante el ciclo de apertura y cierre del sistema. Esta platina está conformada por tres elementos principales que son:

- Las *electroválvulas* conformadas por: una bobina, un cuerpo de electroválvula, una válvula de admisión, una válvula de escape, un tapón, un resorte, un disco metálico móvil y una tapa metálica. (anexo "B6").
- El *filtro* (anexo "B5").

- Las *cajas* de distribución (anexo "B5").

Las electroválvulas identificadas como OMV y CMV, aseguran la alimentación de apertura y cierre del mecanismo respectivamente. El filtrado de aire se realiza antes de las electroválvulas por el filtro de aire que protege el conjunto y la distribución se da por medio de las cajas de distribución que están interconectadas entre sí por medio de mangueras.

Al realizarse la excitación de la bobina, el disco metálico móvil se apoya sobre ella, empujando la válvula de escape. Dicha válvula cierra el orificio de comunicación entre la salida que va al motor neumático y la salida de purga, y empuja, al mismo tiempo, la válvula de admisión comprimiendo el resorte, comunicando la alimentación de la electroválvula con la alimentación del motor, dejando pasar el flujo de aire hacia el motor neumático.

En el momento de la desexcitación, el disco metálico es liberado. El resorte devuelve la válvula de admisión sobre su base, obstruyendo la entrada de aire. La válvula de escape es abierta, poniendo en comunicación el lado de salida del aire del motor con la salida de purga de la electroválvula.

2.3.4. El sistema de aislamiento

El sistema de aislamiento permite maniobrar una puerta en el caso de la presencia de una falla, o en el caso de que se desee abrir la puerta por emergencia.. Este sistema es de dos tipos:

- Un sistema de aislamiento que permite aislar una puerta averiada sin interrumpir el funcionamiento del tren.
- Un sistema de aislamiento y de emergencia que permite el accionamiento del mismo, por parte de los pasajeros, de manera de que se puede destrancar la puerta sin purgar la presión de cierre ni provocar un frenado de emergencia.

2.4. Mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso

El *mantenimiento mayor* se define como la repotenciación de los equipos de los vagones, buscando prolongar de manera significativa la vida útil de los mismos.

El vagón de un tren está conformado por distintos sistemas como: aire acondicionado, freno, tracción, puertas de acceso, etc., a los cuales se les realiza la revisión general de los equipos que los conforman, de acuerdo a lo establecido en el contrato realizado entre la C.A Metro de Caracas y ALSTOM de Venezuela. En dicho contrato se contemplan los equipos a intervenir y las partes a cambiar.

En lo referido al sistema de puertas de acceso se realizaran las siguientes operaciones:

- El desmontaje, revisión general, y montaje del bloque de puertas según el procedimiento del anexo "C1".
- La limpieza de las hojas de puerta según el procedimiento del anexo "C2".
- La revisión general del motor neumático según el procedimiento del anexo "C3".
- La revisión general de la platina de electroválvulas según el procedimiento del anexo "C4".
- La revisión general del pistón de descencerrojo según el procedimiento del anexo "C5".

2.5. Descripción de actividades de la logística en el mantenimiento mayor

Las actividades empresariales que forman parte de la logística, varían de empresa a empresa dependiendo de características como la estructura organizativa de cada una, las diferentes opiniones de los directivos acerca de cuál debe ser el alcance de la logística o la importancia de cada actividad dentro del ámbito de las operaciones de la firma. Por ello, las principales actividades de la logística en el mantenimiento mayor se presentan a continuación:

- Traslado de los diferentes equipos desde la zona de desmontaje, a los talleres en donde son intervenidos.
- Gestión de inventarios de repuestos y materiales.
- Procesamiento de pedidos de repuestos y materiales.

La logística dentro de la empresa ALSTOM, está definida tal y como se muestra en los anexos "C6", "C7" y "C8". La logística del proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso, comienza desde la recepción del tren en el taller vagón, desmontaje, intervención y montaje de equipos, hasta la puesta en servicio comercial del tren.

2.6. Seguridad Industrial

Es de gran importancia dentro de la actividad de mantenimiento, que los técnicos cumplan con la normativa de seguridad establecida por la organización, y para ello es necesario que se utilicen los diferentes implementos de seguridad, según sea la tarea a realizar. De estos implementos, los que se utilizan en el proceso de mantenimiento de las puertas son:

- *Protección para los ojos:* Anteojos de seguridad
- *Protección de la cabeza*: El casco de seguridad.
- *Protección de los oídos:* Se debe usar Tapa-oídos.
- *Protección para las manos:* Guantes de cuero (trabajo en el taller) y los guantes de plástico /zonas de lavado).
- *Protección de los pies:* Se ha de utilizar botas de cuero baqueta con protección de acero en la punta.
- *Protección de las vías respiratorias:* Deberán utilizarse en todo momento las máscaras para polvo, gases o vapores tóxicos, aerosoles y humo.
- *Protección para el cuerpo:* Se debe utilizar una bata impermeable o delantales impermeables dependiendo del puesto de lavado.

2.7. Formación del personal

La *formación técnica* de los trabajadores de mantenimiento es uno de los aspectos más importantes. Los equipos y procesos técnicos son cada vez más complejos, por lo que las empresas se ven en la obligación de otorgar recursos adicionales al área de mantenimiento, con el objeto de dar o actualizar los conocimientos y las destrezas técnicas del personal de mantenimiento.

La formación individual es una importante responsabilidad del supervisor, puesto que es básica en su función directiva para obtener resultados de los esfuerzos de otras personas; en consecuencia, todo programa de formación formal o informal, debe ser desarrollado con la

participación del supervisor y debe dotársele de los medios necesarios para que pueda llevar a cabo su importante papel.

Como soporte para realizar la formación del personal, se encuentran los *procedimientos escritos* los cuales son ampliamente utilizados como referencia en la realización de las actividades de un proceso, y además ayuda a la familiarización del personal nuevo con sus puestos de trabajo. Un procedimiento bien elaborado permite al empleado nuevo aprender sobre su trabajo. En ciertas ocasiones, los procedimientos, constituyen la guía principal de los seminarios de formación. Además, los procedimientos de trabajo ayudan a estandarizar las actividades, de manera de que sea cual sea el operario, la actividad se realice de la misma manera.

La *motivación* del personal es otro aspecto importante que debe de tomarse en cuenta, ya que con esto se logra una mejor identificación del personal con la empresa y un mejor desempeño en el trabajo a realizar.

3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ***Cambio sistemático:*** Sustitución sistemática de un equipo, parte, pieza o componente, por otro nuevo de diferentes características o propiedades, pero que permite conservar el funcionamiento global del conjunto al cual pertenece.
- ***Conmutador DIS:*** Conmutador para puerta aislada.
- ***Conmutador ES:*** Conmutador para palanca de emergencia.
- ***Contacto DCLS:*** Micro suiche para señal de puerta cerrada.
- ***Contacto DLLS:*** Micro suiche para señal de puerta trancada.
- ***Contacto DOLS:*** Micro suiche para señal de puerta abierta.
- ***Documento Calidad Resumen (DCR):*** Documento que contiene el conjunto de FTR, FCA y cualquier otro documento técnico pertinente.
- ***Electroválvula CMV:*** Electroválvula de cierre de puerta.
- ***Electroválvula OMV:*** Electroválvula de apertura de puerta.
- ***Experticia:*** prueba de funcionamiento que se realiza sobre un equipo que ha sido desmontado de un tren por presentar fallas, para determinar el origen del mal funcionamiento y las acciones correctivas a ejecutar.

- ***Ficha Calidad (FCA):*** Documento que se llena antes de la salida de un producto del taller, por una persona autorizada. Esta ficha define el estado de calidad del producto.
- ***Ficha de Entrada y Salida (FES):*** Sirve de formulario para definir el estado técnico del producto a la entrada y a la salida del proceso.
- ***Ficha de Experticia de Producto Operativo (FEPO)***: Ficha utilizada para realizar una experticia en los productos operativos que presentan una falla.
- ***Ficha de Verificación (FVE):*** Ficha de auto control que sirve de lista de chequeo de los puntos técnicos importantes a verificar durante un proceso.
- ***Ficha Técnica Resumen (FTR):*** Sirve de formulario para el envío durante la transferencia del producto y establece la garantía de aceptación entre los diferentes niveles de recepción y emisión de los productos. Intervienen en su elaboración tres secciones: taller emisor, logística y taller receptor.
- ***Mantenimiento Mayor:*** Es el tipo de mantenimiento que se realiza a los sistemas, subsistemas y equipos de un vagón, en donde las actividades se caracterizan principalmente por: desmontaje, limpieza, revisión, reparación, sustitución de partes, piezas y componentes, pruebas de funcionamiento y montaje, incorporándose mejoras y modificaciones por razones de obsolescencia y avances tecnológicos, para así garantizar la perdurabilidad de los vagones en el tiempo y permitir que alcance la vida útil estimada.
- ***N.A.C.:*** Abreviación que significa "Nada constatado".
- ***Orden de Trabajo Correctivo (OTC):*** Esta es realizada por la C.A Metro de Caracas, cuando ocurre una falla en un tren que se encuentre en servicio comercial.
- ***Relés FOK y POK:*** Relés de mando de apertura y cierre del sistema de puertas.
- ***Revisión General (RG):*** Es el tipo de mantenimiento que contempla las actividades de: desmontaje, limpieza, revisión, reparación, sustitución de partes, pruebas de funcionamiento y montaje de los diferentes equipos que conforman un vagón.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

1. DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN

La modalidad a emplear en el siguiente trabajo de investigación, es de tipo *proyecto factible*, el cual enfatiza en la elaboración de una proposición sustentada en un modelo teórico-operativo o teórico-práctico viable para resolver un problema planteado o satisfacer necesidades de una institución o grupo social. El estudio puede apoyarse en una investigación de campo o documental y no utiliza la experimentación en laboratorio.

2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objeto del estudio, está constituida por un conjunto de trenes pertenecientes a C.A Metro de Caracas, los cuales en el servicio comercial presentaron fallas en el sistema de puertas de acceso, después de haberse realizado el mantenimiento mayor. Esta población fue analizada durante el período de noviembre de 1999 a febrero de 2000, y está integrada por un conjunto de 12 trenes, de los cuales 8 pertenecen a Línea 1 (Propatria - Palo Verde) y los 4 restantes a Línea 2 (El Silencio - Zoológico y Caricuao).

El conjunto de fallas presentadas por los trenes durante el período establecido, constituyen una población finita compuesta por tan sólo 85 datos. Esto permite que se realice el análisis de todas las fallas presentadas por la población en estudio, sin la necesidad realizar un muestreo.

Es importante resaltar que la única información que posee la empresa acerca de las fallas presentadas por los trenes, es la registrada durante los meses de noviembre de 1999 hasta febrero de 2000, y es por esta razón que la población en estudio está delimitada de la forma en que se presenta.

3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación, se siguieron una serie de pasos con el propósito de alcanzar los objetivos planteados. La descripción de estas fases se realiza a continuación:

3.1. Fase I: Diagnóstico de la situación Actual

En esta primera fase se contempla la realización del levantamiento de la información, utilizándose para tal fin determinadas técnicas de recolección de datos, para así alcanzar los fines propuestos. Para la recolección de dichos datos se utilizaron tanto fuentes primarias (observación directa y entrevista), como fuentes secundarias (documentos escritos), tal y como se presenta a continuación:

a) *Revisión Bibliográfica*: en esta etapa se procedió, en primer lugar, a la revisión del Manual del Fabricante de los trenes, con el fin de conocer la terminología, funcionamiento y pautas establecidas en torno al sistema de puertas de acceso. En segundo lugar, se procedió a la búsqueda de documentos tales como procedimientos, historial de fallas, y reportes técnicos que describieran situaciones relacionadas con puertas de acceso y sus elementos.

b) *Observación Directa y Simple*: para conocer a profundidad la situación actual en las diferentes partes del proceso, se utilizó como medio de recolección de datos la observación directa y simple de los hechos. Esta observación tiene como objetivos indagar en el campo de trabajo sobre el desarrollo del proceso en general, procedimientos utilizados y actuación del personal. Todo esto se realizó con una visión imparcial, objetiva y no participativa por parte del observador, al cual le interesa la observación no como parte del contexto del problema, sino más bien como espectador del mismo.

c) *Entrevistas*: la técnica de la entrevista, se realizó con el fin de recoger información del personal que trabaja directamente en el proceso de mantenimiento mayor de puertas de acceso. El tipo de entrevista realizada es de carácter no estructurada ya que no se realizó una lista única y rigurosa de preguntas a seguir, sino que se orientó la misma con una serie de puntos a tratar que eran de interés para la investigación. El grupo de personas entrevistadas se compone de: 6 operadores de Taller Vagón y 2 operarios de Taller Neumática. Los puntos a investigar durante estas entrevistas y el formato utilizado para la recolección de esta información se presentan a continuación:

ENTREVISTA	
Persona entrevistada:	**Cargo:**
Area de trabajo:	
Entrevistado por:	**Fecha:**
PUNTOS A TRATAR	***RESPUESTAS OBTENIDAS***
1. Conocimientos sobre el proceso de mantenimiento mayor en puertas.	
2. Conocimientos en terminología e identificación de partes en el sistema de puertas.	
3. Conocimientos acerca del funcionamiento de equipos y mecanismos que componen el sistema de puertas	
4. Conocimiento de los procedimientos escritos existentes.	
5. Problemas que se presentan en la ejecución del trabajo.	
6. Seguridad industrial en el puesto de trabajo.	
7. Formación recibida para el desempeño del cargo.	
8. Opinión sobre los incentivos de la empresa para con sus trabajadores.	

Una vez recolectada la información, se hizo uso de una serie de técnicas que permitirán mostrar y analizar los resultados obtenidos, con el objeto de lograr el diagnóstico de la situación en estudio. Dentro de las técnicas utilizadas tenemos: diagramas de flujo de procesos, gráficas de tiempo, histogramas y gráficas porcentuales.

Los *diagramas de flujo de proceso*, se utilizarán con el fin de mostrar la secuencia de los pasos que se siguen a lo largo de todo el proceso. Estos permitirán dar una visión general de las etapas que suceden y como intervienen cada una de las áreas que participan en dicho proceso.

Las *gráficas de tiempo*, permitirán conocer el desarrollo en el tiempo de ciertos datos históricos a analizar tal y como son las fallas en puertas de acceso presentadas en los trenes que se encuentran en servicio comercial.

Los *histogramas* servirán para conocer la frecuencia de las ocurrencias de los hechos históricos recolectados y así poder definir cuales son de mayor o menor prioridad dentro del estudio.

Las *gráficas porcentuales*, ayudarán a entender el peso o la importancia que pueda tener una variable estudiada sobre otras. Finalmente, las *tablas* serán de utilidad para reflejar en una forma resumida resultados obtenidos cuantitativa o cualitativamente.

Todas las herramientas anteriormente descritas, ayudarán en determinar el diagnóstico de la situación, lo que dará pie para hacer las propuestas y recomendaciones necesarias.

3.2. Fase II: Analizar la problemática

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual, se procedió a identificar y analizar los componentes del proceso que presentan la mayor problemática. Para ello se utilizaron los datos obtenidos en el diagnóstico.

3.3. Fase III: Propuesta de mejora

Luego de realizar el diagnóstico de la situación y la identificación de las diferentes situaciones problemáticas y los factores que la componen, se procede a realizar la propuesta para mejorar el problema que inicialmente se ha planteado.

En esta sección, se hace uso de las diferentes teorías establecidas previamente en el marco teórico para fundamentar la propuesta de mejora del problema en estudio.

3.4. Fase IV: Estudio de Relación costo/beneficio

Una vez realizada la propuesta de mejora, se procedió a calcular cual sería el costo, ahorro y beneficio que tendría la empresa si realizara la implantación de las propuestas. Para lograr tal fin, se utilizaron datos recogidos durante el diagnóstico de la situación actual y se hizo uso de herramientas matemáticas simples para realizar los cálculos pertinentes.

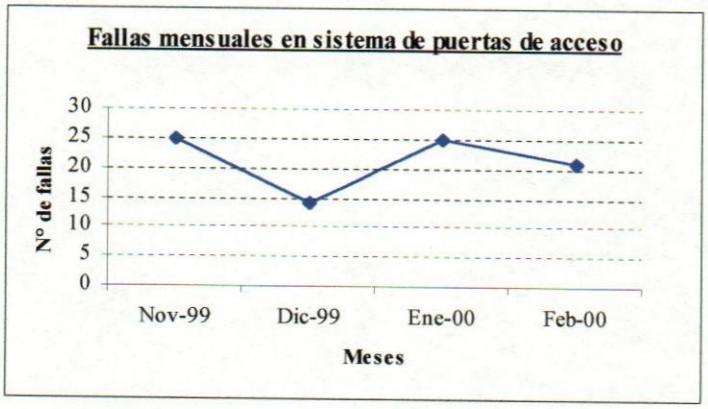
CAPÍTULO IV

RESULTADOS

1. RESULTADOS DE FUENTES SECUNDARIAS: HISTORIAL DE FALLAS Y EXPERTICIAS

1.1. Historial de fallas

Como resultado de la búsqueda de información en documentos de la empresa, se encontró el registro de las fallas en puertas de acceso (anexo "D") que han presentado los trenes a los que se les ha realizado el mantenimiento mayor y que ya han sido incorporados al servicio comercial. Del historial se deduce el comportamiento del sistema de puertas de acceso y la secuencia de aparición de fallas durante el período noviembre de 1999 a febrero de 2000, tal y como se muestra en la gráfica siguiente:



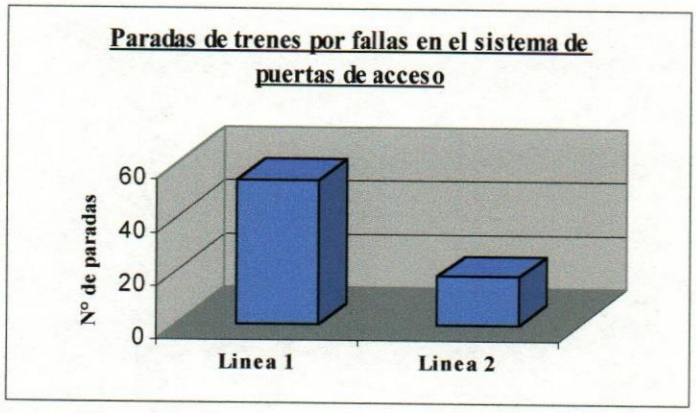
Gráfica #1

Este historial de fallas contiene la siguientes información:

- Número de OTC.
- Línea donde se presentó la falla.
- Número del tren que falló.
- Número del vagón que presentó la falla.
- Fecha en que ocurrió la falla.
- Tipo de falla presentada.
- Elemento del sistema de puertas que originó la falla.
- Descripción del problema que presentó el elemento que causo la falla.
- Acción correctiva realizada.

Luego de analizar los datos que se manejan, se encontró lo siguiente:

a) Por causa de fallas en las puertas, han salido de servicio comercial 8 de trenes de Línea 1 y 4 trenes de Línea 2. La frecuencia con la cual ha sucedido la salida de servicio comercial de dichos trenes se presenta en la siguiente gráfica:

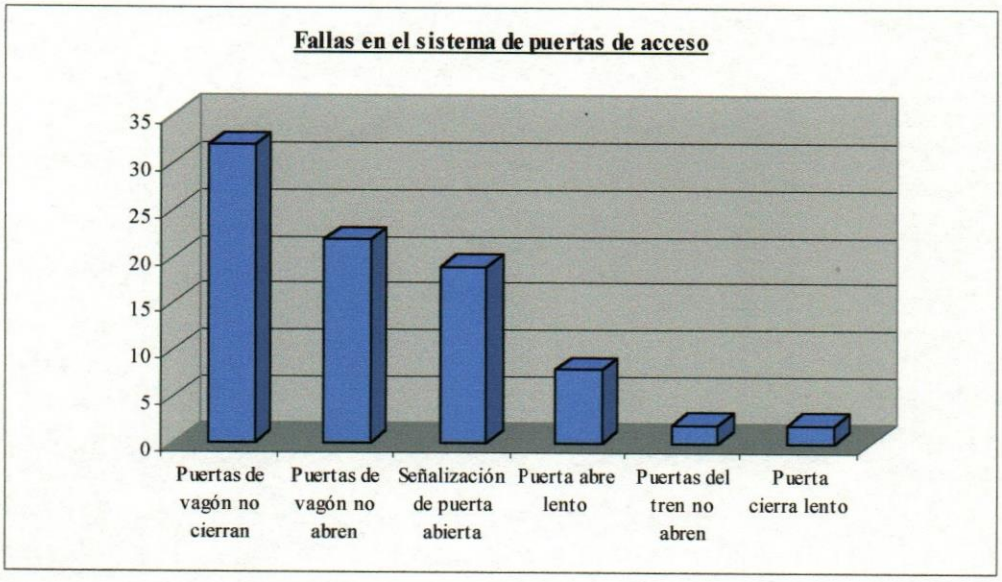


Gráfica #2

b) Las fallas presentadas en las puertas son de cinco tipos diferentes y bajo los siguientes síntomas:

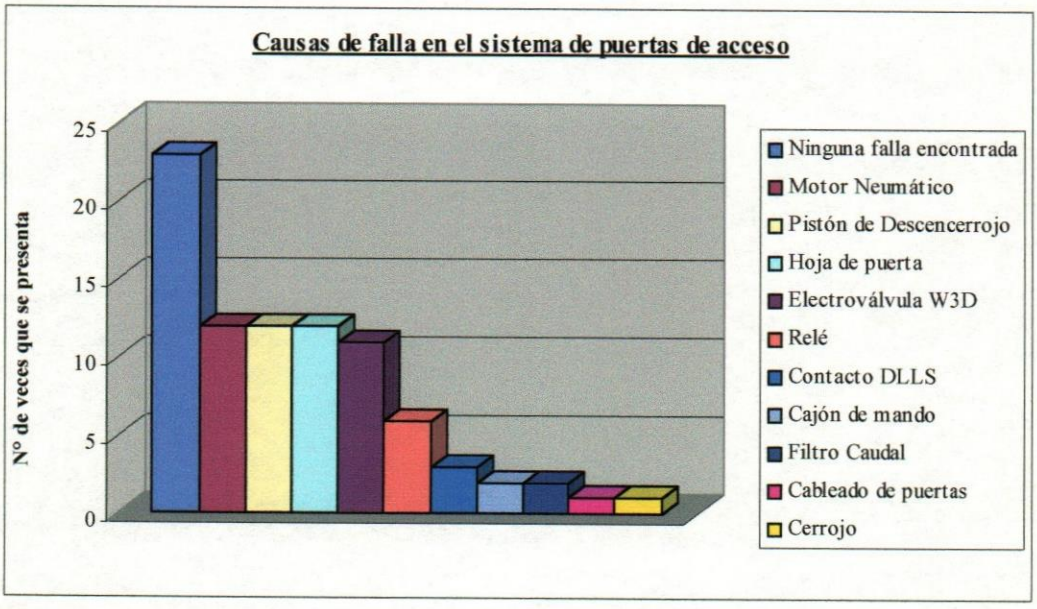
- Puertas de vagón no abren
- Puertas de vagón no cierran
- Señalización de puerta abierta
- Puerta de vagón abre lento
- Puerta de vagón cierra lento
- Puertas del tren no abren

La frecuencia de aparición de dichas fallas se presenta en la siguiente gráfica:



Gráfica #3

c) Al determinar la causa que provocó las fallas, se encontró que existen los siguientes tipos que se presentan a continuación:

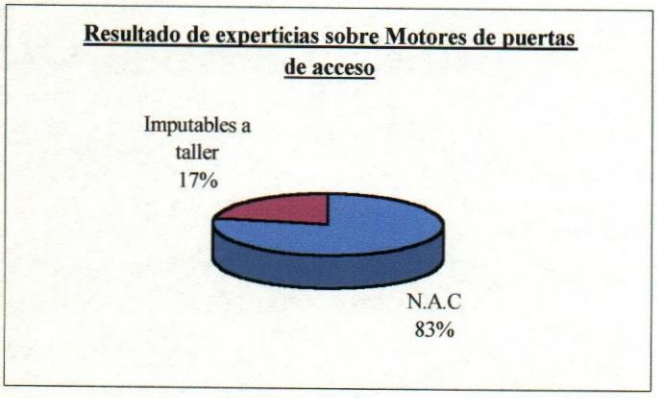


Gráfica #4

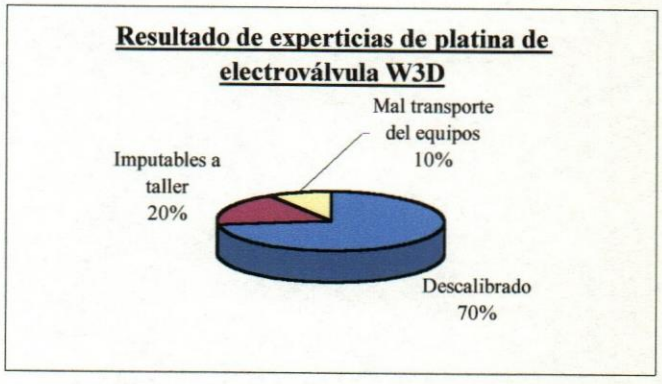
ELEMENTO CAUSANTE DE FALLA	PROBLEMA QUE PRESENTÓ EL ELEMENTO	ACCIÓN
Motor neumático (12)	Defectuoso (6)	Sustitución
	Falta de tuerca de brazo (5)	Ajuste
	Falta de tuerca de sujeción (1)	Ajuste
Detector DLLS (3)	Descalibrado	Ajuste
Pistón de descencerrojo (12)	Defectuoso (1)	Sustitución
	Descalibrado (11)	Ajuste
Cerrojo (1)	Descalibrado (1)	Ajuste
Cableado de puertas (1)	Cable suelto (1)	Ajuste
Hoja de puerta (12)	Obstáculo(7)	Eliminar obstáculo
	Desnivelada (1)	Ajuste
	Defectuoso (2)	Sustitución
	Roce (2)	Ajuste
Platina de Electroválvula W3D (11)	Descalibrado (1)	Ajuste
	Defectuosa (10)	Sustitución
Cajón de control de mando (2)	Defectuoso	Sustitución
Relé (6)	Defectuoso	Sustitución
Filtro caudal (2)	Defectuoso	Sustitución
Ninguno (23)	N.A.C	Pruebas y Verif.

1.2. Experticias

El resultado de las experticias de los motores y de las electroválvulas son los siguientes:



Gráfica #5



Gráfica #6

Los resultados imputables a taller, significan que la causa encontrada en el desperfecto de los equipos ha sido consecuencia de la ejecución de procedimientos

inadecuado en la revisión general de las partes. En el caso del motor neumático, los N.A.C significa que no se encontró desperfecto alguno en el motor al realizar las pruebas en la experticia. En el caso de las electroválvulas, mal transporte de equipos significa que la platina de electroválvula presentó daños por mal traslado de las mismas; en el caso de descalibrado, significa que la calibración de la electroválvula se encuentra fuera de los rangos establecidos por el cliente, mas no fuera de los rangos establecidos por el fabricante.

2. RESULTADOS DE FUENTES PRIMARIAS: OBSERVACIÓN DIRECTA Y ENTREVISTAS

2.1. Observación directa y simple de los hechos

Con el propósito de conocer más acerca de la situación actual de la problemática en el sistema de puertas de acceso, se realizó la observación directa y simple del proceso en general, procedimientos en los diferentes talleres, logística y seguridad.

A continuación se presenta la descripción detallada de todos los hechos observados:

2.1.1. El proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso

El proceso de mantenimiento mayor de puertas de acceso cuenta con la intervención de cuatro áreas que son: Taller Vagón, Taller Neumática, Logística y el cliente. Por otro lado, el proceso se encuentra dividido en 7 etapas:

- Recepción y desmontaje.
- Revisión general de equipos neumáticos.
- Revisión general de bloques de puertas.
- Revisión general del mecanismo.
- Montaje del sistema de puertas.
- Pruebas.
- Servicio de post-venta.

El diagrama de flujo de todo el proceso se puede observar en el anexo "E".

a) *Recepción y desmontaje*: en esta etapa se produce la recepción y desacople de todos los equipos y elementos a los cuales se le realizará el mantenimiento mayor. En el caso de las puertas de acceso, se desmontan los equipos neumáticos (motor, electroválvula, pistón de descencerrojo), los carros, los topes laterales y central, las horquillas del dispositivo de conjugación y los bloques de puertas. Luego del desmontaje de dichos elementos, se colocan los equipos neumáticos en las cajas diseñadas para el traslado de los mismos (anexo "B7"). Los motores se trasladan junto con los pistones de descencerrojo en lotes de 8 unidades, al igual que las platinas de electroválvula. Seguidamente, se realiza el traslado de los equipos a los almacenes que maneja el área de logística utilizando un montacargas (anexo "B10"); posteriormente los equipos son llevados al Taller Neumática en donde se realizará la revisión general de los mismos. En el caso de los equipos que provienen de Propatria, es necesario que los equipos neumáticos sean trasladados hasta el taller de Las Adjuntas ya que es allí en donde se encuentra el Taller Neumática; este traslado se realiza con la ayuda de la flota de camiones que posee la compañía: 2 camionetas Pick-up y 1 camión 350.

b) *Revisión General de Equipos neumáticos*: una vez que logística entrega los equipos a Taller Neumática, se le entrega a cada técnico el lote de equipos al cual se le realizará la revisión general. En el caso de motores y platinas de electrolválvula se realiza la intervención de un lote diario, mientras que los pistones de descencerrojo son intervenidos una vez a la semana y en grupo de 24 unidades. Una vez realizada la revisión general de los equipos, cada lote en su caja es trasladado a un pequeño almacén que se encuentra ubicado dentro del mismo Taller Neumático (ver anexo "B12"); en este sitio, se realiza una inspección visual de los mismos tanto por parte de la empresa como del cliente. Luego de que los lotes de los equipos han pasado por la inspección, Logística se encarga de trasladar los equipos hasta los vagones donde serán montados dichos equipos.

c) *Revisión general de bloques de puertas*: para realizar esta revisión, en primer lugar se bajan todos los bloques de puertas. Luego se toma cada bloque de puerta y se colocan sobre dos soportes para poder realizar el cambio sistemático de las guías isonoras y la limpieza de las mismas (ver anexo "B8").

Después de ejecutada la limpieza, se realiza una inspección visual de las gomas y el vidrio del bloque para determinar si existe algún daño que deba ser corregido.

d) *Revisión general del mecanismo*: una vez desmontado los equipos, los bloques de puertas y demás elementos anteriormente descritos, se procede a la limpieza del mecanismo y al cambio sistemático de los topes y escobilla. Una vez realizada la limpieza, se procede a la inspección de todos los elementos que componen el mecanismo para determinar si es necesario el cambio correctivo de alguno de ellos.

e) *Montaje del sistema*: luego de realizar la revisión general de todos los elementos que componen el sistema de puertas de acceso, se procede al montaje de los equipos neumáticos, bloques de puertas y elementos del mecanismo que han sido desmontados. Después de realizar el montaje, se ejecuta el reglaje y ajuste de los elementos del mecanismo.

f) *Pruebas*: Para ejecutar las pruebas, se traslada cada vagón con ayuda de una mesa de transferencia (ver anexo "B9") a la fosa de pruebas estáticas en donde se realizan sucesivas aperturas y cierres de las puertas para verificar que todas se estén abriendo y cerrando correctamente y en el tiempo estipulado. Esta inspección es realizada tanto por el personal de la empresa Alstom como por el personal del cliente (C.A. Metro de Caracas); si se detecta alguna falla, se avisa al personal de Taller Vagón para que corrijan las mismas.

   Seguidamente a las pruebas estáticas, se trasladan todos los vagones del tren a la zona de pruebas dinámicas en donde se acoplan todos los vagones y luego se realizan las pruebas. Estas pruebas consisten en poner en movimiento todo el tren a altas velocidades y provocar el frenado del mismo súbitamente. Cuando se realiza la parada, se deben abrir todas las puertas al mismo tiempo; En caso de presentar algún problema, se busca al personal de Taller Vagón para que corrija la falla presentada.

g) *Servicio Post-venta*: una vez entregado el tren al cliente, se da un año de garantía sobre el mismo. Esto quiere decir que todas las fallas que se presenten durante ese año deben ser corregidas por la empresa, sin generarle al cliente algún costo adicional.

   Al momento de presentarse algún problema en puertas en un tren que ya ha sido puesto en servicio comercial, se envía un técnico para que determine cual ha sido la causa de la falla que presenta la puerta. Una vez corregida la falla, el cliente verifica que las puertas

estén realmente funcionando bien y se vuelve a colocar el tren en servicio comercial. Si la corrección de la falla amerita el cambio de algún equipo neumático, el equipo dañado es enviado al Taller Neumática para realizar una experticia en el mismo y determinar cual ha sido la causa que provocó el daño en el equipo neumático.

2.1.2. Procedimientos en mantenimiento mayor de puertas de acceso

La observación realizada a los diferentes procedimientos que se ejecutan en el proceso, tuvo como principal objetivo verificar el cumplimiento de los lineamientos y pasos establecidos en los procedimientos escritos que posee la empresa. En segundo lugar, se realizó observación de diferentes factores que pudieran afectar el cumplimiento de los procedimientos tales y como son: secuencias de los pasos realizados por el operador, condiciones del puesto de trabajo, seguridad industrial, manejo de los equipos, disponibilidad y uso de materiales y herramientas.

a) *Procedimientos de desmontaje de bloques de puertas*: en la observación realizada a este procedimiento, se pudo verificar que se cumplen en términos generales, todos lo pasos establecidos en el procedimiento escrito (anexo "C1"), a excepción del desmontaje del regulador de caudal y filtro ya que existe falta de kits de cambio sistemático para el mismo. Estos pasos se cumplieron pero no siempre en el orden establecido por el documento. En la tabla que se presenta a continuación, se muestran el orden de los pasos generales observados en el desmontaje tanto en Línea 1 como en Línea 2:

Pasos de Desmontaje del Sistema de Puertas de Acceso	
Línea 1	*Línea 2*
Desmontaje de platina de electroválvula W3D	Desmontaje de platina de electroválvula W3D
Desmontaje de la platina de descencerrojamiento	Desmontaje del motor
Desmontaje de hojas de puertas	Desmontaje de la platina de descencerrojamiento
Desmontaje de carros de puertas	Desmontaje de hojas de puertas
Desmontaje del motor	Desmontaje de carros de puertas

En cuanto a las condiciones del puesto de trabajo, se pudo observar que el personal trabaja con poca luz (casi nunca utiliza lámpara) y en un espacio muy limitado, dadas

las condiciones de la ubicación de los equipos del sistema de puertas (ver anexo "B11"); además, se notó presencia de gran cantidad de polvillo metálico que se desprende a medida que se van retirando las diferentes partes del sistema de puertas. Los implementos de seguridad utilizados para la realización se limitan al caso y las botas.

Una vez desmontadas las partes, el técnico coloca los equipos neumáticos en sus respectivas cajas, mientras que los carros, horquillas y tornillería en general, quedan colocados en el piso y asientos de cada vagón. Se observó que el técnico no tiene cuidado con el manejo de los equipos neumáticos ni demás partes ya que coloca los mismos en el suelo de manera brusca.

En cuanto a la disponibilidad de las herramientas, se pudo observar que se comparten las mismas siempre entre dos técnicos, ocasionando en la mayoría de los casos retraso en el proceso.

b) *Procedimientos de RG de equipos neumáticos:* dichos procedimientos contemplan la ejecución de revisión general a tres equipos diferentes: Platina de electroválvula W3D, motor neumático y platina de descencerrojamiento. Esta revisión se realiza en el Taller Neumática y está a cargo de dos técnicos: uno de ellos se dedica sólo a la revisión de platinas de electroválvulas y el otro se dedica a la revisión de motores y pistón de descencerrojo. A continuación se hacen las observaciones pertinentes en cada uno de estos procedimientos.

- ***Procedimientos de RG de platina de electroválvula W3D***: En este procedimiento se observó lo siguiente:

Observaciones Realizadas Sobre el Procedimientos de RG de Platina de Electroválvula W3D	
Desmontaje	• Se cumplen todos los pasos del procedimiento escrito a excepción de: desmontaje del diodo, retiro de las mangueras, cuerpo del filtro y la caja de distribución de la platina de electroválvula (pasos 2.7, 2.10, 2.12, 2.13 del anexo "C4"). • Adicional a lo expuesto en el procedimiento escrito, se realizan las siguientes actividades: ✓ Separa de la tapa metálica el disco y la goma que la misma posee. ✓ Al separar el cuerpo de la electroválvula de la platina, extrae del interior de la misma el vástago de admisión, el vástago de escape y el resorte. ✓ Retira y desecha los siguientes elementos: goma del vástago de escape, goma de la tapa metálica y el filtro de aire de la platina. ✓ Enumera los tapones, caja de distribución y cuerpo de electroválvula con el fin de garantizar que después de la revisión cada platina esté compuesta por los mismos elementos.
Limpieza	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito a excepción de: El lavado de todas las piezas metálicas se realiza con dieléctrico (paso 3.1 del anexo "C4")

	• Adicional a lo expuesto en el procedimiento escrito, se observó que el técnico realiza las siguientes actividades: ✓ El lavado de la piezas lo realiza con ayuda de una brocha para eliminar cualquier residuo que contengan. ✓ Seca todas las piezas con aire comprimido. ✓ Realiza limpieza de contactos de la bobina utilizando una lima. ✓ Cambia en forma correctiva los siguientes elementos: diodos, cuerpo de electroválvula, tornillos, platina y caja de distribución, siempre y cuando dichas piezas presenten daños. • Luego de realizar la limpieza, se realiza el cambio sistemático de: goma de la tapa de metal y goma del vástago de escape.
Montaje	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito a excepción de: ✓ Conexión de los diodos (paso 4.3 del anexo "C4"). ✓ Montaje de: caja de distribución, cuerpo del filtro, conectores del cuerpo del filtro y mangueras plásticas (pasos 4.6, 4.10, 4.14, 4.15, 4.16 del anexo "C4"). ✓ No se introduce el oring en el asiento de la tapa del filtro ya que el mismo no se cambia. Tampoco se lubrica con grasa (paso 4.12 del anexo "C4"). • Adicional a los pasos que establece el procedimiento escrito, se realizan las siguientes actividades: ✓ Luego de realizar el montaje, se realiza una prueba para la verificación del funcionamiento de la platina. Esta prueba consiste en conectar al banco de pruebas cada una de las bobinas, energizar las mismas y verificar si se presentan fugas en las diferentes conexiones de la platina de electroválvula utilizando agua jabonosa. Luego comprobar si existe o no la fuga, se libera el aire para comprobar que las válvulas de escape y de admisión de cada electroválvula liberen y tranquen el paso de aire correctamente. ✓ Coloca marcas testigos en todas las uniones de la platina de electroválvula utilizando pintura de color y un delgado pincel. ✓ Coloca tapones tapa polvo en todos los orificios que quedan abiertos en la platina de electroválvula.
Pruebas	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito a excepción de: ✓ Verificación de distancia entre el borde superior de la bobina y el disco metálico (paso 5.4 del anexo "C4"). ✓ Los rangos de calibración del vástago de admisión y escape son diferentes: entre 0,35 -0,40 para vástago de escape y 0,5 y 0,55 para el vástago de admisión (pasos 5.11 y 5,15 del anexo "C4"). Dichos rangos han sido establecidos por el cliente. ✓ La tensión utilizada para las pruebas no es de 72 voltios sino de 80 voltios debido a desperfectos en el banco de pruebas. • Adicional a los pasos que establece el procedimiento escrito, se realizan las siguientes actividades: ✓ En el caso de que la calibración de los vástagos se encuentre por encima del límite superior estipulado, el técnico procede a rebajar el largo del vástago con la utilización de una lija. Se observó que para alcanzar el rango deseado de calibración, el técnico tuvo que lijar repetidas veces el vástago ya que no puede obtener la lectura deseada a la primera vez después de lijado el mismo. ✓ Luego de alcanzar la calibración deseada, el técnico coloca la tapa metálica y la ajusta con el retén. ✓ Por último, se realiza una prueba para verificar el funcionamiento y que no exista fuga en la electroválvula. Esta prueba cosiste en energizar la bobina y con agua jabonosa verificar si existe fuga en el tapón de la electroválvula. Luego, se procede a liberar el aire para comprobar que los vástagos de escape y admisión estén funcionando correctamente. • Durante la realización de las pruebas, se pudo notar cansancio físico en el personal por causa de la poca iluminación y la posición del cuerpo adoptada por el mismo. • El banco de pruebas utilizado, se comparte con un trabajador del cliente el cual tiene prioridad sobre el trabajador de la empresa en el uso del banco. Esto trajo como

	consecuencia en muchas oportunidades que se parara la producción de platinas de electroválvulas durante casi medio día. • Sólo los manómetros del banco de pruebas habían sido calibrados recientemente.
Herramientas	• Se utilizan las siguientes herramientas: Llave mixta de 14, 17 y 22 mm, llave allen de 3, 4, y 6 mm, destornillador plano, lima y pinza.
Materiales	• Los materiales utilizados son los siguientes: Dieléctrico, Locitite 569, lija 280 y 80, trapos, un marcador grueso, una brocha, un pincel, pintura para marca de testigos y tapones protectores de polvo. • Para realizar el cambio sistemático de la platina de electroválvula, se tiene un kit compuesto por: un vástago de admisión y uno de escape, un filtro de aire y una goma para la tapa metálica de la electroválvula. • Los vástagos de escape y admisión vienen sobredimensionados. De los vástagos de escape, sólo se utiliza en el cambio sistemático la goma que el mismo trae, el resto del cilindro queda de desperdicio.
Personal	• Se observó destreza y cuidado en el manejo de los equipos por parte del técnico. • Se mantiene en buenas condiciones de limpieza el banco de trabajo. • Cuando se presentó el caso de ausencia del técnico fijo del puesto, el suplente del mismo no pudo manejar correctamente el banco de pruebas, sólo pudo ejecutar el desmontaje y limpieza de las piezas.
Seguridad Industrial	• Los implementos de seguridad utilizados son: botas, casco, guantes de cuero (en taller), guantes de plásticos y máscara protectora de boca y ojos (lavado y secado de piezas).

➲ ***Procedimientos de RG del Motor Neumático***: En este procedimiento se observó lo siguiente:

Observaciones Realizadas Sobre el Procedimientos de RG del Motor Neumático	
Desmontaje	• Se cumplen todos los pasos del procedimiento escrito a excepción de: desmontaje de los conectores de puerta abierta y puerta cerrada, que no están indicados en el procedimiento escrito (anexo "C3"). • Además, en el momento de retirar la tapa de fondo del cilindro se suelen presentar dificultades para aflojarla, y en oportunidades es necesario golpear alrededor de la tapa, de manera de fracturar el sellador.
Limpieza	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito (anexo "C3"). • Adicional a lo expuesto en el procedimiento escrito, se observó que el mecánico realiza el lavado de las piezas como los conectores de alimentación del motor y las tapas del mismo lo realiza con ayuda de una brocha para eliminar cualquier residuo que contengan. • Durante la limpieza, no se verifica si existen rayas axiales en el cilindro.
Montaje	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito (anexo "C3") a excepción del montaje de los conectores de alimentación.
Pruebas	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito (anexo "C3").. • Los manómetros del banco de prueba fueron calibrados el 18 de Octubre de 1999. El cronometro digital no presenta registro de calibración. El cronometro se para automáticamente al cierre pero no a la apertura.
Herramientas	• Se utilizan las siguientes herramientas: 1 Prensa, 1 dado de 14 mm x ½", 1 llave fija 13 mm, 1 llave fija 17 mm, 1 llave fija 22 mm, 1 llave fija 24 mm, 1 dado de 17 mm x ½", 1 llave de horquilla Fauveley 75 847-451, 1 llave de trinquete Fauveley 75 847-452, 1 llave de trinquete Fauveley 75 847-456, 1 cuchara de juntas Fauveley 75 847-458, 2 conos de extensión, 1 Dado de 16 mm x ½", Juego de mordazas y 1 martillo de bola.
Materiales	• Los materiales utilizados son los siguientes: Grasa Spirel, jabón líquido, Marasol, Kit de Mantenimiento, sellador Locitite 569, trapo, esponja, brocha, cepillo de alambre.

Personal	• Se observó destreza y cuidado en el manejo de los equipos por parte del mecánico. • Se mantiene en buenas condiciones de limpieza el banco de trabajo. • Cuando se presentó el caso de ausencia del técnico fijo del puesto, el suplente del mismo no utilizaba correctamente las herramientas.
Seguridad Industrial	• Los implementos de seguridad utilizados son: botas, casco, guantes de cuero (en taller), guantes de plásticos y máscara protectora de boca y ojos (lavado y secado de piezas) y el uniforme conformado por jean y franela.

➲ ***Procedimientos de RG del Pistón de Descencerrojo***: En este procedimiento se observó lo siguiente:

Observaciones Realizadas Sobre el Procedimientos de RG del Pistón de Descencerrojo	
Desmontaje	• Se cumplen todos los pasos del procedimiento escrito a excepción del retiro del pistón de la platina guía (paso 2.5 del anexo "C5").
Limpieza	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito (anexo "C5"). • Adicional a lo expuesto en el procedimiento escrito, se observó que se realiza el lavado de las piezas como los conectores de alimentación del pistón de descencerrojo, la tapa y el pistón del mismo lo realiza con ayuda de una brocha para eliminar cualquier residuo que contengan. • Durante el lavado de la piezas no se verifica si existen rayas axiales en el cilindro. • Durante el soplado no se hace la verificación del filtro.
Montaje	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito (anexo "C5") a excepción del montaje del pistón en la platina guía.
Pruebas	• Se cumplen los pasos del procedimiento escrito. • Los manómetros del banco de prueba fueron calibrados el 18 de Octubre de 1999
Herramientas	• Se utilizan las siguientes herramientas: 1 Prensa, 1 Llave Fija 6 mm, 1 Llave Fija 7 mm, 1 Llave Fija 11 mm, 1 Llave Fija 13 mm, 1 Llave Fija 19 mm, 1 Llave Fija 24 mm, 1 Llave Fija 35 mm, 1 Destornillador Plano 3,5 x 75, 1 Martillo de Bola, Plantilla para calibrar de 13mm.
Materiales	• Los materiales utilizados son los siguientes: Grasa Spirel, jabón líquido, Marasol, Kit de Mantenimiento, sellador Locitite 569, trapo, esponja, brocha, cepillo de alambre.
Personal	• Se observó destreza y cuidado en el manejo de los equipos por parte del mecánico. • Se mantiene en buenas condiciones de limpieza el banco de trabajo.
Seguridad Industrial	• Los implementos de seguridad utilizados son: botas, casco, guantes de cuero (en taller), guantes de plásticos y máscara protectora de boca y ojos (lavado y secado de piezas) y el uniforme conformado por jean y franela.

c) *Procedimientos de RG de bloques de puertas:* este procedimiento contempla el cambio sistemático de guías isonoras y la limpieza del bloque de puerta. Se verificó que los pasos establecidos en el procedimiento escrito para el cambio de las guías y limpieza de los bloques de puertas (ver anexo "C2"), se cumplen en la realidad. En el caso de la limpieza, la mezcla utilizada para realizar la misma contiene, además de detergente, un poco de producto desengrasante. En cuanto a los implementos de seguridad utilizados, se tienen el casco, las botas de seguridad y guantes de goma.

d) *Procedimientos de RG de mecanismo:* la revisión general del mecanismo, contempla la limpieza y el control del mecanismo de suspensión y conjugación de partes. En los procedimientos observados se encontró lo que se presenta a continuación tanto como para Línea 1 como para Línea 2:

- ***Limpieza***: consiste en limpiar los siguientes elementos: tornillo sin fin, tuerca bola, riel superior, riel inferior, partes externas de los contactos DLLS, DCLS y DOLS, horquillas, carros, porta escobilla y cerrojo. Esta limpieza tiene como objetivos eliminar la grasa y polvillo que pueda existir en las diferentes partes. Los materiales utilizados para la limpieza son el desengrasante y trapos para todos los elementos a excepción de la limpieza de los contactos que se realiza sólo con trapo seco. Se observó problemas en la limpieza de la tuerca bola y el tornillo sin fin ya que no se pudo lograr quitar toda la grasa ni el sucio de dichos elementos. En cuanto a implementos de seguridad, el único utilizado son las botas.

  De los pasos establecidos en el procedimiento escrito, se pudo observar que no se cumple la limpieza del guardapolvo ni del riel superior con aspiradora debido a que este equipo de limpieza no ha sido aún adquirido por la empresa.
- ***Control del mecanismo de suspensión y conjugación***: se pudo observar que de los pasos establecidos en el procedimiento escrito, no se cumple lo siguiente: cambio sistemático de cojinetes, verificación de continuidad de los contactores, aplicación del par de apriete en los tornillos y no se realiza la anotación de las verificaciones en la ficha FVE. Con respecto a estos incumplimientos, se investigó la razón por la cual no se realizaban y se descubrió que el mecánico estaba consciente de que el procedimiento establecía esto pero alegaba que nunca antes se había realizado y que por tanto no era necesario hacerlo.

e) *Procedimiento de Montaje:* en las observaciones realizadas sobre este procedimiento, se encontró que existen incumplimientos de diferentes partes del procedimiento escrito. En primer lugar, se observó diferencia en las secuencias utilizadas para el montaje de los elementos. Ejemplos de secuencias observadas en líneas generales, tomando en cuenta los elementos más importantes dentro del sistema, se presentan a continuación:

Pasos de Montaje del Sistema de Puertas de Acceso	
Línea 1	*Línea 2*
Montaje de hojas de puertas	Montaje de hojas de puertas
Montaje de motor	Montaje de platina de electroválvula W3D
Montaje de carros.	Montaje de carros
Acoplamiento de carros con hojas de puerta	Montaje de tope central
Montaje de tope central	Montaje de horquillas.
Montaje de horquillas.	Acoplamiento de carros con hojas de puerta
Montaje de dedos contactos	Montaje de motor
Montaje de pistón de platina de descencerrojo y DLLS	Montaje del brazo del motor.
Montaje del brazo del motor.	Montaje de pistón de platina de descencerrojo y DLLS
Ajuste de tuercas	Montaje de dedos contactos
Montaje de platina de electroválvula W3D	Ajuste de tuercas

Estos ejemplos ponen de manifiesto que los pasos establecidos en el procedimiento escrito, se cumplen casi todos (incluyendo el detalle que implica cada uno de ellos) pero de forma desordenada. Los pasos que no se cumplen en la realidad y que si están planteados en el procedimiento escrito se resumen a continuación:

- No se realiza el montaje del regulador de caudal y filtro ya que el mismo no es desmontado por falta de kits de repuestos.
- En ningún tornillo se aplica el par de apriete establecido, simplemente cada técnico ajuste los mismos al torque que le parezca.
- No se coloca la pequeña cantidad de sellador Locitite 222 en ningún tornillo.
- El montaje de la hoja de puerta en los marcos del sistema, se realiza antes de montar los carros de puertas.
- No se monta la platina del enganche o cerrojo ya que el mismo no se desmonta del carro.
- No se verifica el centrado del tornillo sin fin con relación al riel (paso 3.2.7.8 del anexo "C1").

Durante la ejecución de los procedimientos, los implementos de seguridad empleados son el casco, guantes y botas. En cuanto a herramientas utilizados, se pudo observar que son todos los que establece el procedimiento escrito; el principal problema observado

respecto a este punto se encuentra en el hecho de que cada caja de herramientas debe ser compartida por dos técnicos lo que muchas veces ocasiona retraso en el trabajo.

f) *Procedimiento de Reglaje de Puertas de Acceso:* al igual que en los procedimientos de desmontaje y montaje del sistema de puertas de acceso, este procedimiento presenta secuencias diferentes según el técnico que se ecuentre realizando el mismo. Ejemplos de las diferentes secuencias tanto en Línea 1 como en Línea 2 se presentan a continuación:

PASOS DEL REGLAJE DEL SISTEMA DE PUERTAS DE ACCESO	
Línea 1	*Línea 2*
Paralelismo de puertas	Paralelismo de puertas
Calibración de la posición del tope central	Calibración de posición de topes laterales
Calibración de la posición del pistón de descencerrojo	Calibración de la posición del tope central
Calibración del contacto DCLS	Calibración de la posición del pistón de descencerrojo
Calibración del espacio entre rodillo de enganche y cerrojo	Calibración del DLLS
Calibración del DLLS	Calibración del espacio entre rodillo de enganche y cerrojo
Calibración de topes laterales	Calibración del contacto DCLS
Colocar porta escobilla y precintos de seguridad	Colocar porta escobilla y precintos de seguridad

De los pasos establecidos en el procedimiento escrito, no se cumplen los siguientes:

- No se aplica ninguno de los par de apriete establecidos para los diferentes tornillos.
- No se verifica la distancia de separación entre la escobilla y el riel.
- No se verifica presión de la tubería del sistema.
- No se utiliza agua jabonosa para determinar si existen fugas en el sistema. Dichas fugas se detectan sólo si el técnico las escucha.
- La verificación del sistema de aislamiento DIS y de emergencia ES, no se realiza sistemáticamente, a veces sí se hace y otras no.
- No se verifica el enclavamiento del contacto.
- No se calibra la longitud de forro del sistema de emergencia.
- En línea 2, no se verifica la distancia entre el eje del cerrojo y la cara de apoyo del pistón de descencerrojo. En Línea 1, se utiliza una herramienta especial para esto, sin embargo el técnico no estaba en el conocimiento que dicha herramienta servía para tal fin.

- No se utiliza la ficha de verificación, por tanto no se anota ningún resultado.

En cuanto a herramientas, sucede lo mismo que en el caso de desmontaje y montaje ya que la caja de herramientas debe ser compartida por dos técnicos a la vez. Los implementos de seguridad utilizados son el casco y las botas.

g) *Procedimiento para detección de fallas*: para detectar las causas de las fallas que presentan los trenes en post-venta, se observó carencia de procedimiento tanto escrito como práctico. El procedimiento práctico que se realiza es según la experiencia del técnico que detecta las fallas.

2.1.3. Observaciones realizadas acerca de la logística del mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso

La logística de mantenimiento mayor está regido por los procedimientos de la gestión logística y logística de las operaciones (anexos "C6" y "C7").

En el momento de trasladar los equipos neumáticos desde el Taller Vagón hasta el Taller Neumática, se observa un mal manejo de los equipos, lo que puede traer como consecuencia que el equipo se pueda dañar.

La producción estipulada por la compañía es de 2 a 3 trenes mensuales, por lo que se tiene una producción constante y es muy fácil manejar el inventario de consumibles y materiales que intervienen en el mantenimiento mayor del sistema de puertas.

El inventario de los consumibles y materiales se maneja de la siguiente manera:

- Las compras se hacen para satisfacer 3 meses de producción.
- Se tiene establecido el consumo promedio de cada consumible y material, por taller por mes.
- En el momento de hacer la requisición, se multiplica el consumo promedio mensual por tres meses y luego se le resta la cantidad existente en almacén, luego se le suma un 5 % que se hace como ajuste del consumo, en el caso de que este sea un poco mayor, pero la variabilidad del consumo es poca. Eso da la cantidad a comprar.
- En el caso de las compras internacionales, el stock de emergencia viene establecido por un mes de producción. La cantidad de Kit está establecido por el contrato y este es

traído de Francia por lotes, actualmente existe en almacén la cantidad total de kits necesarios para finalizar el contrato.

2.2. Entrevistas

En las entrevistas realizadas, se obtuvo los siguientes resultados:

Técnicos	Puntos a tratar	Respuestas
Taller Vagón y neumática	1. Conocimientos sobre el proceso de mantenimiento mayor en puertas.	Todos los técnicos entrevistados, expresaron un buen conocimiento de lo que implica todo el proceso de mantenimiento mayor.
Taller Vagón	2. Conocimientos en terminología e identificación de partes en el sistema de puertas.	Los técnicos de mayor experiencia en Taller Vagón (3), no tuvieron mayor problema en identificar diferentes partes del sistema, pero los de menor experiencia en la empresa presentaron cierta dificultad para reconocerlos.
Taller Neumática		En el Taller Neumática, el técnico de electroválvulas W3D no tuvo problemas en identificar las partes del equipo, mientras que el técnico de motores presentó cierta dificultad en nombrar las partes por ser estas de mayor complejidad.
Taller Vagón	3. Conocimientos acerca del funcionamiento de equipos y elementos que componen el sistema de puertas	Los operarios de Taller Vagón presentaron dificultad en expresar como era el funcionamiento del motor de puertas y de las electroválvulas.
Taller Neumática		Los técnicos de Taller Neumática, no tenían conocimientos claros de las demás partes que integran el sistema de puertas de acceso.
Taller Vagón y Neumática	4. Conocimiento de los procedimientos escritos existentes.	Todos los técnicos expresaron estar en conocimiento de la existencia de los procedimientos escritos. Los mismos expresaron que estos procedimientos no son buenos porque no reflejan del todo la realidad. Los dos operarios de Taller Neumática, aseguraron que el procedimiento que ellos ejecutaban había sido ideado por ellos mismos.
Taller Vagón	5. Problemas que se presentan en la ejecución del trabajo.	En Taller Vagón, los técnicos de Línea 2 (3) expresaron que el mayor problema que tenían en a ejecución del trabajo era falta de herramientas y el constante cambio de criterios por parte de los supervisores del cliente acerca de la limpieza y cambios correctivos en tornillo sin fin y rieles. En Línea 1, los operarios expresaron que su principal problema también era de falta de herramientas propias.

Taller Vagón	5. Problemas que se presentan en la ejecución del trabajo.	En Taller Vagón, los técnicos de Línea 2 (3) expresaron que el mayor problema que tenían en a ejecución del trabajo era falta de herramientas y el constante cambio de criterios por parte de los supervisores del cliente acerca de la limpieza y cambios correctivos en tornillo sin fin y rieles. En Línea 1, los operarios expresaron que su principal problema también era de falta de herramientas propias.
Taller Neumática		Para el técnico de las electroválvulas, los principales problemas son: problemas con el kit de repuesto ya que los vástagos de admisión y escape vienen sobredimensionados; esto provoca más retrasos en la calibración. Por otro lado, la problemática de que en muchas ocasiones técnicos del cliente ocupan el banco de calibración por todo el día y esto provoca retraso en la producción. El técnico de motores, expresó que su principal inconveniente se encuentra en que algunos kit vienen incompletos o con algunas gomas dañadas.
Taller Vagón y Neumática	6. Seguridad industrial en el puesto de trabajo.	Los técnicos de Taller Vagón, aseguraron que los únicos implementos importantes para su trabajo son las botas, el casco y en algunos casos los guantes de cuero. En cambio, los técnicos de Taller Neumática expresaron que los implementos de seguridad industrial como máscaras antigases, guantes, casco y botas, son de importancia para la ejecución del trabajo. Cuando se les preguntó acerca del cambio de los filtros de las máscaras antigases, los mismos respondieron que dichos filtros nunca se cambian y que por causa de esto uno de los técnicos del taller tenía problemas en los pulmones.
	7. Formación recibida para el desempeño del cargo.	Todos los técnicos expresaron que no recibieron entrenamiento formal, aprendieron a realizar el trabajo con ayuda de un técnico que perteneciera al taller.
	8. Opinión sobre los incentivos de la empresa para con sus trabajadores.	Todos los entrevistados expresaron un gran descontento respecto a este punto, ya que la empresa les ofrece bonos por aumentar la producción, y luego de que realizan el esfuerzo por aumentar la producción no reciben nada de lo prometido.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE DATA HISTÓRICA

Al revisar los resultados obtenidos en la data histórica se puede observar, en primer lugar, que el número de fallas ocurridas en puertas durante los cuatro meses de estudio no han presentado mejora significativa. Si se considera que la existencia de una falla en una puerta ocasiona la parada de un tren, se deduce que mensualmente se produce 1,5 paradas por tren lo que implica la salida del tren de servicio comercial. En consecuencia, el cliente (C.A Metro de Caracas) desmejora el servicio al usuario y deja de percibir los beneficios económicos generados por dicho tren, hecho que genera inconformidad del cliente y afecta a la empresa Alstom de Venezuela.

Las fallas en puertas de acceso que provocaron la salida de los trenes de servicio comercial, se pueden agrupar en dos tipos: una falla que implica el *no funcionamiento* de las puertas (puertas de vagón no abren o no cierran, puertas del tren no abren, y señalización de puerta abierta); y otras que están relacionadas con el *funcionamiento incorrecto* de las puertas (puertas de vagón abren o cierran lento).

De estos dos tipos de fallas, se encuentra que las que son por *no funcionamiento* de las puertas, agrupan el mayor porcentaje tal y como se muestra en la gráfica siguiente:

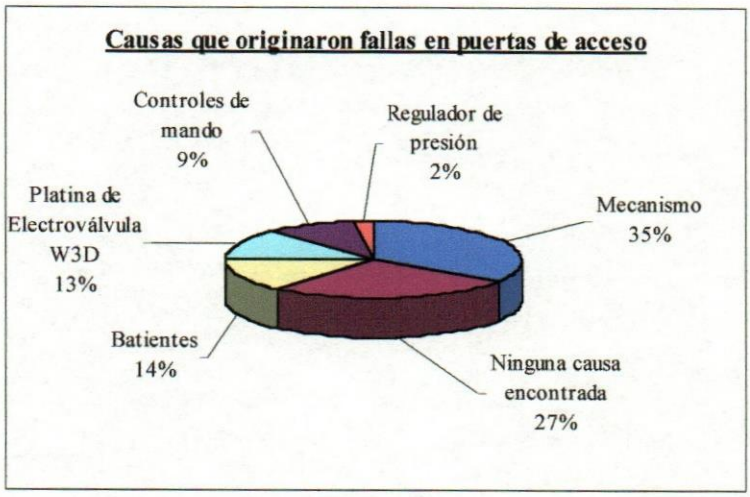
Gráfica #7

Ahora bien, si se consideran los datos en base a *los elementos causantes de las fallas*, se encuentra que dichos elementos pueden ser agrupados en diferentes subconjuntos:

- Fallas en el Mecanismo: causadas por motor, pistón de descencerrojo, detector DLLS, cableado de puertas y cerrojo.

- Fallas en platina de electroválvula.
- Fallas en bloques de puertas.
- Causas no encontradas.
- Otras (causadas por elementos externos al sistema de puertas: cajón de manto, relé y regulador de caudal y filtro).

La contribución que tienen estos subconjuntos sobre las fallas totales encontradas es el siguiente:



Gráfica #8

A través de esta gráfica, se puede observar que el 62% de las causas de las fallas tiene su origen en el sistema de puertas, 27% no se encontró la causa de la falla y finalmente el 11% es causado por elementos que se encuentran fuera del sistema de puertas de acceso y los cuales no son objeto de estudio de este trabajo.

Dentro de las causas de fallas *imputables al sistema de puertas*, se encuentra que los problemas presentados son por:

- Defectos en equipos neumáticos.
- Defectos en hojas de puertas.
- Obstáculos en riel inferior.
- Hoja desnivelada o con roce.
- Descalibración de diferentes componentes.
- Elementos faltantes o mal ajustados en el mecanismo del sistema de puertas de acceso.

De todas los problemas presentados, los tres últimos tienen su origen en el montaje y reglaje del sistema de puertas de acceso, ya que es en esta parte del proceso en donde se colocan y calibran todas las partes del sistema. Haciendo una revisión de los procedimientos de esta parte del proceso, se encontró que no se seguían de una manera sistemática los pasos que se establecen y/o se omiten alguno de ellos. Dentro de los incumplimientos observados se encuentra que no se le da el torque adecuado a los tornillos y las conexiones del sistema, debido a que no poseen las herramientas adecuadas para realizarlo (torquímetro). Si se lograra cumplir con un buen procedimiento en el montaje de puertas el porcentaje de problemas imputables a dichos procedimientos podrían ser reducido; esto representaría una disminución del 31 % dentro del total de fallas.

En cuanto a los problemas que suceden en los *bloques de puertas*, no todos son imputables al procedimiento de montaje y calibración; tal es el caso de hojas de puerta defectuosas o con obstáculos en el riel inferior, ya que estos dos problemas pueden ser ocasionados por golpes recibidos y partículas extrañas que se presentan en las líneas durante el servicio comercial.

Por otra parte, en cuanto a los 17 presuntos equipos defectuosos, se tiene que 6 de ellos son motores, 10 son electroválvulas y un pistón de descencerrojo. Si se observa los resultados obtenidos en las experticias de motores y electroválvulas, se obtiene que en el primero el 83% de las veces no se encuentra causa alguna de desperfecto, y en el segundo se encuentra que el 70% de las veces las electroválvulas estaban descalibradas. Sobre la base de estos resultados, se puede inferir que el 83% de los motores desmontados no ha sido la causa de la falla, lo que indica que de 6 motores desmontados 5 no han presentado falla alguna en el banco de pruebas. En el caso de las electroválvulas, todas las desmontadas han sido por falla de tipo no funcionamiento de las puertas, lo cual no influye en este tipo de fallas, ya que una mala calibración sólo puede ocasionar la apertura más rápida o más lenta del sistema de las puertas. Además de lo anteriormente expuesto, la descalibración ha sido calificada según los parámetros establecidos por el cliente, más no por lo establecido en el manual del fabricante; esto pone de manifiesto que las electroválvulas han operado según los parámetros normales establecidos por el fabricante y, por tanto, no han afectado el sistema de puertas de acceso.

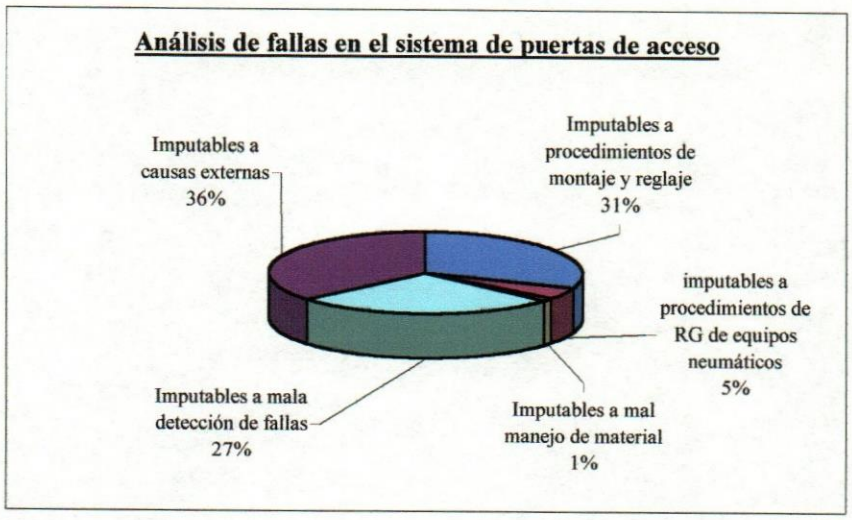
Si se toma en cuenta que el 83% de los motores han sido desmontados sin defecto (5 motores de 6) y el 70 % de las electroválvulas han sido desmontadas sin que afecten la operación del sistema (7 de 10 electroválvulas), se pude inferir que 12 de los 17 equipos desmontados, no han presentado ningún tipo de falla y, por lo tanto, se ha generado una detección equivocada de las causas de las fallas. Cada vez que se desmonta uno de estos equipos, además de sustituirlos, se procede a reajustar y verificar la calibración y partes del sistema, pudiendo suceder que durante este reajuste y verificación se logre solucionar indirectamente el problema que realmente ha ocasionado la falla.

Los 5 equipos defectuosos restantes de los 17 desmontados (1 motor, 3 electroválvulas y 1 pistón de descencerrojo), presentaron fallas que son imputables a una mala ejecución de los procedimientos de revisión general, a excepción de una electroválvula que presentó daños en una de sus partes por mal transporte. Estas causas de fallas se podrían reducir con el estricto cumplimiento de los procedimientos establecidos por el fabricante para lo cual se requiere del adiestramiento del personal.

En cuanto a "ninguna causa encontrada", de 23 sucesos, en 11 ocasiones un mismo tren salió de servicio comercial por presentar fallas en el mismo vagón y en días consecutivos a esta causa de falla no contactada. Esto nos indica que si se hubiese realizado la correcta detección de la causa que generó la falla, se hubiera evitado la suspensión innecesaria del servicio de estos trenes.

Tomando en cuenta las 12 ocasiones que los equipos neumáticos de las puertas no presentaron falla y las 11 veces en que no se detectó bien la falla, se puede inferir que el 27% (23/85) de las veces que falló un tren por problemas en las puertas, no se realizó una correcta detección de la falla.

A continuación se presenta un gráfico con los porcentajes de fallas que son imputables a procedimientos, a mala detección de fallas, a mal manejo de material y por causas externas:



Gráfica #9

De esta gráfica se deduce que un 64% de las fallas presentadas podrían mejorarse aplicando correctamente los procedimientos y dando un adecuado adiestramiento al personal.

2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES DIRECTAS

Al observar el desarrollo del proceso de mantenimiento mayor en las puertas de acceso, se pudo constatar que en dicho proceso cumple con las etapas establecidas por el procedimiento de logística de la empresa. En relación a los procedimientos realizados en cada etapa, se encontraron los problemas que se describen a continuación:

- *Procedimientos de desmontaje del sistema de puertas*: en este procedimiento se encontró que se cumplían los pasos establecidos por el procedimiento escrito pero no en la secuencia que los mismos establecen. Esto podría ocasionar que una parte del sistema no sea revisada o desmontada correctamente.
- *Procedimientos de RG de equipos neumáticos*: estos procedimientos presentan problemas en lo que se refiere a procedimientos escritos ya que: no se indican los materiales utilizados; falta información detallada de lo ejecutado; pasos innecesarios

en los procesos de desmontaje, limpieza, montaje y pruebas de los equipos y el señalamiento de herramientas que no se utilizan en la realidad.

En relación la *revisión general de la platina de electroválvulas*, se encontró que no se desmonta la caja de distribución de la platina; este hecho no se considera de mayor importancia debido a que este elemento se puede limpiar perfectamente sin necesidad de desmontarlo. Por otra parte, se encontró que todos los elementos metálicos de la platina de electroválvula son lavados con dieléctrico y no con kerosene, pero al analizar las especificaciones del dieléctrico se encontró que dicha sustancia puede ser utilizada para lavar cualquier tipo de metal y es especial para lavado de piezas que trabajen con electricidad. En lo que se refiere a calibración del equipo, no se realiza la verificación de la distancia entre el borde superior de la bobina y el disco metálico, hecho que tampoco tiene mayor relevancia dentro de la calibración debido a que esta distancia varía al momento de calibrar las válvulas de escape y admisión y no tiene ninguna influencia significativa sobre los resultados de la calibración final. Pero lo que sí se considera problemático a la hora de la calibración, es la discrepancia que existe entre los criterios establecidos por el cliente y los establecidos por el fabricante, hecho que surge de la problemática que existe con el sobredimensiomamiento del vástago de la válvula escape que trae el kit de repuestos, por lo que se procede a colocar la junta que trae el vástago nuevo, en el vástago viejo. Al producirse el accionamiento de la electroválvula durante el funcionamiento del vagón, la junta se va asentado y por tal razón aumenta el desplazamiento, afectando la calibración inicial de la electroválvula. Estos criterios afectan en gran parte al momento de realizar las experticias, ya que, tal y como se puedo observar en la data histórica, la mayoría de las veces se declara descalibrada la electroválvula según parámetros del cliente, pero no según el fabricante. Esta discrepancia ocasiona retraso en el proceso, ya que el día que se hacen experticias se emplea gran parte del tiempo en el proceso de revisión general de las electroválvulas. En lo que respecta al montaje, se encontró que se realiza una prueba de funcionamiento a la platina, hecho que no ha sido reflejado en el procedimiento escrito, pero que afecta cuando se cambia el personal técnico que realiza la revisión general de dicho equipo.

En relación a la *revisión general del motor neumático*, no se realiza la verificación de rayas axiales en el cilindro. Esto podría traer como consecuencia el funcionamiento incorrecto de los motores, ya que dichas rayas pueden ocasionar daños en las juntas del pistón del motor, e incluso hasta podrían ocasionar fugas internas importantes. Además, en esta revisión es necesario realizar algunos pasos que no están reflejados en el procedimiento escrito, como es el caso del desmontaje y montaje de los conectores de alimentación. También se observó que hay deficiencia en la especificación de las herramientas a utilizar, aún en el caso de las herramientas especiales ni se muestran gráficos para su utilización, lo que trae problemas en el momento de incorporar o adiestrar un nuevo personal técnico.

En el proceso de *revisión general del pistón de descencerrojo*, se observó que no se realiza el retiro del pistón de la platina guía; este punto no se considera de mayor relevancia para el procedimiento de revisión general del pistón ya que las juntas internas del pistón pueden ser retiradas sin necesidad de remover el pistón de la platina. Por otra parte, se observó que no se realiza la verificación adecuada de las partes del pistón de descencerrojo durante la limpieza lo que podría provocar la no detección de averías en las piezas y posteriormente defectos en el funcionamiento del mismo.

- *Procedimientos de RG de bloques de puertas*: se encontró que la realidad se corresponde con el procedimiento escrito, pero en éste no se especifica que debe colocarse desengrasante al agua jabonosa con la que se realiza la limpieza de los bloques de puertas. El desengrasante es importante agregarlo porque ayuda a retirar más fácilmente manchas de grasa que puedan tener los bloques de puertas.
- *Procedimiento de RG de mecanismo:* la limpieza realizada en esta revisión no se considera la más idónea, debido a que la limpieza del tornillo sin fin, riel superior e inferior, se realizan con dificultad por falta de herramientas adecuadas. Por otra parte, no se realiza la verificación de la continuidad de los contactores lo que no contribuye a la prevención de fallas.
- *Procedimiento de montaje:* en este procedimiento la secuencia de pasos seguida en la realidad no se corresponde con la establecida en el procedimiento escrito, lo que indica que no se emplea un patrón definido para realizar tal procedimiento. Esto

puede traer como consecuencia que se olvide colocar una pieza o ajustarla debidamente, hecho que se reflejó en la data histórica de fallas presentadas. Por otro lado, se observó la falta de herramientas apropiadas, lo que provoca retraso en el proceso y el incumplimiento de ciertas pautas establecidas en el procedimiento escrito, tales como ajuste sin el torque indicado para los tornillos del mecanismo.

Al igual que los demás procedimientos, en éste también se incumplen una serie de pasos establecidos en el procedimiento escrito debido a la falta de kit de repuestos (en el caso del regulador de caudal y filtro) además de fallas en el adiestramiento y motivación del personal técnico.

- *Procedimientos de Reglaje:* al igual que en el montaje, la secuencia de pasos en el reglaje de las puertas es diferente al establecido en los procedimientos escritos. En este caso si es importante que se cumpla la secuencia de los pasos del reglaje, debido a que, de no realizarse así, puede incurrirse en una deficiente calibración del sistema. Por otro lado, se observó que no se cumplen todos los pasos que establece el reglaje, en especial no se aplica el par de ajuste de los tornillos durante la calibración por falta de herramientas adecuadas. En la data histórica utilizada se encontró en sucesivas ocasiones que la falla presentada fue por descalibración de alguno de los elementos del sistema de puertas de acceso.

  En cuanto a herramientas, se encontró que en Línea 2 los técnicos no tienen a su disposición todas las herramientas necesarias lo que ocasiona que se omita el reglaje de alguno de los elementos.

- *Procedimiento para detección de fallas:* esta es una de las actividades más críticas debido a que no existe un procedimiento escrito ni estandarizado para la detección de fallas. La detección de fallas se viene realizando prácticamente por ensayo y error, lo que ocasiona reproceso de equipos neumáticos y la revisión innecesaria de trenes, tal y como se puede observar en el análisis de resultados de la data histórica consultada.

En relación a la seguridad industrial, se pudo observar que el personal no está completamente habituado a utilizar los implementos básicos de seguridad, en gran parte por no estar conscientes de la importancia de su uso.

Respecto a la logística de la empresa, se comprobó que la logística seguida en el proceso de mantenimiento mayor de la empresa cumple con lo establecido en el manual de logística de la empresa ALSTOM. Las deficiencias observadas en la logística, están en el manejo incorrecto de los equipos y partes del sistema, especialmente al desmontarlos y transportarlos. Esto trae como consecuencia que se produzcan daños de diferentes partes, disminuyendo así la vida útil de estas partes. En cuanto a inventario, se nota la ausencia de aplicación de modelos estadísticos para el control de los pedidos de repuestos, pero se considera que esto no afecta el proceso, ya que los kits de repuestos han sido comprados al inicio del contrato y en la actualidad todos los previstos se encuentran en existencia en los almacenes. En el caso de las compras nacionales, donde están contemplados los materiales y consumibles, la empresa no toma en cuenta el tiempo de entrega de los proveedores, ni se aplican modelos de pronósticos. Esto puede provocar que la empresa compre en exceso o en defecto, y que por lo tanto se incurra en falta de los consumibles o excedente de inventario.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENTREVISTAS

El resultado obtenido en las entrevistas realizadas, pone de manifiesto que el personal técnico tienen conocimientos de todo lo que implica el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso. En lo que respecta a procedimientos, se encontró claramente que ninguno de los entrevistados le da importancia a los mismos, al igual que sucede con todo lo que implica la parte de seguridad industrial en el puesto de trabajo. De todo esto se deduce que el personal técnico no ha recibido el adiestramiento y motivación adecuada para ejecutar las diferentes actividades dentro del proceso de mantenimiento mayor de puertas. Sin un adiestramiento y motivación idóneos, no pueden esperarse óptimos resultados en el proceso.

CAPÍTULO VI

PROPUESTAS DE MEJORA

1. PROPUESTAS DE MERJORA PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO MAYOR DEL SISTEMA DE PUERTAS DE ACCESO

Acorde con los resultados obtenidos en la investigación, se encontró que el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso se realiza sobre la base de procedimientos previamente establecidos, los cuales no se siguen rigurosamente. Se ha comprobado que en muchos casos estos procedimientos no han sido lo suficientemente explícitos, dejando su interpretación al buen juicio de sus ejecutores. Por otra parte, estos procedimientos han experimentado una serie de modificaciones a través del tiempo, las cuales no han sido revisadas ni actualizadas, encontrándose que en algunos casos no se ajustan del todo a la realidad del proceso.

Si se desea tener un proceso de mantenimiento mayor de calidad, se debe asegurar, en primera instancia, que el proceso se realice bajo condiciones controladas, las cuales se pueden lograr a través de:

- Procedimientos bien documentados, que definan la forma de realizar el mantenimiento del sistema de puertas de acceso.
- Empleo de herramientas adecuadas para la ejecución de la RG de los diferentes componentes del sistema.
- Cumplimiento y control de los parámetros establecidos en el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso.
- Establecer los criterios para la ejecución del trabajo, que deben estar expresados en la forma más clara y práctica posible.

Por lo anteriormente expuesto, las mejoras en el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso se enfocan a la mejora de los procedimientos escritos, con el objetivo de hacerlos más acordes con la realidad técnica, lo cual permite darle permanencia y continuidad al proceso, independientemente del personal que lo realice. Por otro lado, estos procedimientos servirán de apoyo para lograr una adecuada y constante capacitación del personal.

Concretamente, las mejoras que se proponen están contenidas en una revisión de los procedimientos escritos que se presentan en el anexo "F". Esto se refiere a la revisión

general de: Platina de electroválvula W3D, motor de puerta y pistón de descencerrojo, dichas mejoras se resumen a continuación:

- *Procedimiento de RG de platina de electroválvula W3D*: en lo que se refiere al desmontaje de la platina, se propone eliminar el desmontaje de la caja de distribución y se agrega la enumeración de los elementos antes de ser desmontados y el detalle del desarme de la electroválvula. En la limpieza, se agrega la limpieza de los contactos y se detallan las posibles acciones correctivas a realizar en la revisión. En el montaje, se especifica el armado y cambio sistemático en la electroválvula, y en la calibración se especifican detalles acerca del manejo del banco de pruebas y la forma como se debe realizar el ajuste para la calibración de las válvulas de escape y admisión. Por último, se agrega los pasos a seguir para realizar la prueba para la platina de electroválvula W3D (anexo "F1").
- *Procedimiento de RG del Motor de Puerta*: en este procedimiento se propone agregar el montaje y desmontaje de los conectores, el nombre de las piezas y los planos de herramientas especiales. Además, se profundiza en la explicación de la ejecución de las pruebas y se mejora el plano del motor (anexo "F2").
- *Procedimiento de RG de Pistón de Descencerrojo*: al igual que en el procedimiento de RG del motor, se mejoran los planos y la explicación de las pruebas que se realizan para el pistón de descencerrojo. Por otra parte, se elimina del procedimiento el desmontaje de la platina del pistón (anexo "F3").

Además de lo anteriormente expuesto, se proponen cambios en los siguientes aspectos:

- Herramientas: se indican las que se deben utilizar.
- Materiales y consumibles: Se indican todos los consumibles y materiales que son necesarios para realizar el procedimiento.
- Se mejora la redacción general de dichos procedimientos.

Otro aporte importante dentro de las propuestas, es el planteamiento de un flujograma y de una ficha de verificación para la detección de fallas en el sistema de puertas de acceso. Este aporte se presenta en el anexo "F4" y "F5".

2. ESTUDIO DE COSTOS DE LAS PROPUESTAS Y BENEFICIOS ESPERADOS

El tiempo promedio de intervención de un tren que estando en servicio comercial presente falla, es de 4,637 horas, siendo un técnico quien realiza la intervención. El costo de una hora-hombre es de Bs. 2.034,37. Entonces, el costo de la parada de un tren que esté en servicio comercial, para ALSTOM es de:

4,637 horas-hombre/parada×2.034,37 Bs/hora-hombre = **9.433,37 Bs/parada**

Además, si se hace el reemplazo de un equipo, se le debe realizar una experticia en el taller correspondiente, y siendo los tiempos promedio de experticia por equipo los siguientes:

- Motor neumático: 3 min/motor.
- Platina de electroválvula: 23 min/platina.
- Pistón de Descencerrojo: 2 min/pistón.

El costo de una hora-hombre de un técnico es Bs. 2.034,37. Y el costo de una hora-hombre de un supervisor de calidad es de Bs. 3.000 (en cada experticia debe estar presente un supervisor de calidad). Entonces el costo por experticia de cada equipo seria:

Costo de experticia de la Platina de electroválvula = 23min/platina× (1hora-hombre/60min) ×2.034,37 Bs/hora-hombre+23 min/platina× (1hora-hombre/60min) ×3.000 Bs/hora-hombre= **1.929,84 Bs/platina**

Costo de experticia del motor neumático = 3 min/motor× (1hora-hombre/60min) ×2.034,37 Bs/hora-hombre+ 3 min/motor× (1hora-hombre/60min) ×3.000 Bs/hora-hombre= **251,71 Bs/motor**

Costo de experticia del pistón de descencerrojo = 2min/pistón× (1hora-hombre/60min)× 2.034,37 Bs/hora-hombre+ 2 min/pistón×(1hora-hombre/60min) ×3.000 Bs/hora-hombre = **167,81 Bs/pistón**

En el caso de que un equipo deba de ser intervenido nuevamente para realizársele una revisión general, los costos unitarios son:

Platina de electroválvula: **Bs. 100.000,00**

Motor neumático: **Bs. 120.000,00**

Pistón de descencerrojo: **Bs. 80.000,00**

En los datos observados en la presentación de resultados, podemos observar que en ningún caso los equipos que son sustituidos, se les vuelve hacer una revisión general. Unicamente en el caso de las electroválvulas, se realiza la calibración de las válvulas de admisión y escape, y ese costo ya está contemplado dentro del valor de la experticia del equipo.

Luego, si observamos los costos en los que se incurren por fallas, tal vez podríamos decir que son pequeños en comparación con el costo total de intervención del equipo.

El promedio de paradas totales por mes es de **18 paradas/mes**. Y sabiendo que el costo de intervención durante la parada de un tren es de **9.433,37 Bs/parada**, tenemos que el costo promedio mensual de intervenir un tren que se pare por falla en servicio comercial es de:

18 paradas/mes×9.433,37 Bs./parada = **169.800,66 Bs./mes**

Luego el promedio de motores sustituidos por mes es de **1,5 motor/mes** y el promedio de electroválvulas sustituidas por mes es de **2,5 electroválvulas/mes**, por lo que el costo promedio mensual por experticias de equipos es de:

1,5 motor/mes×251,71 Bs./motor + 2,5 electroválvula/mes×1.929,84 Bs. = **5.202,16 Bs./mes**

Entonces, el costo total para la compañía ALSTOM de Venezuela por las fallas presentadas en el sistema de puertas de acceso al mes es:

Costo total = **175.002,82 Bs./mes**

Al realizarse una mejor detección de fallas se evitaría desmontar equipos innecesariamente, esto corresponde a un 78% de los motores desmontados y a un 73% de las platinas de electroválvulas sustituidas. Además se evitaría que después de la parada de un tren, éste vuelva a pararse por la misma causa, lo cual actualmente corresponde a un **15,2%** de las paradas. El costo que se podría reducir a causa de las mejoras propuestas, seria por la disminución de las paradas originadas por la mala detección de las fallas, lo cual seria:

1,5motor/mes×0,78×251,71 Bs./motor + 2,5 electroválvulas/mes×0,73×1.929,84 Bs. + 9.433,37 Bs./parada 0,152×18 paradas/mes = **29.626,15 Bs./mes**

Entonces el costo de las paradas a causa de la mala detección de fallas corresponde a un **16,92%** del total costo de reproceso. Además de esto, con una buena detección de fallas, la empresa podrá tener un conocimiento más exacto del origen de la falla, y de esta manera conocer cuales fallas son verdaderamente imputables al proceso de mantenimiento mayor.

Aparte del costo en que se incurre por una mala detección de la falla, también se puede contabilizar el costo por incumplimiento de los procedimientos. Si se asume que a cada falla corresponde a una parada del tren, un 36% sería imputable al incumplimiento de los procedimientos. Este costo sería:

18 paradas/mes×9.433,37 Bs./parada×0,36 = **Bs. 61.128,23/mes**

Este costo corresponde a un **34,92%** del costo total de reproceso.

Por otra parte, las perdidas para C.A. Metro de Caracas por concepto de la parada de un tren, se puede estimar de la siguiente forma: entre la Línea 1 y la Línea 2, se movilizan alrededor de 31.500.000 pasajeros al mes, con el funcionamiento de 47 trenes entre las dos líneas. Por lo tanto, el promedio de pasajeros transportados por tren en un día es de 22.340,42 pasajeros. Un día de servicio son 17 horas, lo que daría un promedio de 1.314,14 pasajeros/tren por cada hora. Si consideramos que el costo promedio del pasaje es de Bs. 300, y que el tiempo promedio de parada de un tren por falla es de 4,637 horas, el beneficio promedio que CAMC deja de percibir por la indisponibilidad de un tren es de:

Costo para CAMC = 1.828.103,87 Bs./parada

Con un promedio de 18 paradas totales por mes, tenemos que esto representa para CAMC un costo de:

Costo total por mes = 32.905.869,84 Bs./mes

El costo de la parada de un tren es más significativo para C.A. Metro de Caracas, en comparación con los costos de la compañía ALSTOM de Venezuela, por lo que cada vez que ocurre la parada de un tren, es motivo de reclamo por parte de la C.A. Metro de Caracas.

El contrato actual, para el mantenimiento mayor de los trenes es del orden de los U.S. $ 89.000.000. Por lo que, la disminución de las fallas tanto en el sistema de puertas como en los otros sistemas de un vagón, ayudarían a la obtención de nuevos contratos de este tipo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados de la investigación realizada, sobre el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso, de los trenes que han sido reparados y puestos en servicio comercial, se concluye lo siguiente:

- De los resultados obtenidos de la data histórica, se encuentra que **tipo y frecuencia de las fallas** que provocaron la salida del servicio comercial a los trenes reparados, se pueden clasificar en dos grupos: el 88% de las fallas se debe al *no funcionamiento* de las puertas (puertas de un vagón o del tren no abren o no cierran, señalización de puerta abierta); y el 12% restante corresponden al *funcionamiento incorrecto* de las mismas (puertas del vagón abren o cierran lento).
- Del análisis de las **causas de las fallas** ocurridas se deduce que: el 62% son debidas a los componentes propiamente dichos del sistema de puertas; en un 27% no fue detectado el origen de las fallas; y el 11% restante son debidas a elementos que no se consideran parte integrante del sistema de puertas.
- Del análisis de los **problemas que presentaron** las diferentes partes del sistema de puertas, se encontró que: un 27% son imputables a una mala detección de la falla; un 36% se debe a causas externas al sistema de puertas; un 36% a una mala aplicación de los procedimientos; y un 1% al mal manejo de materiales y equipos.
- Los problemas imputables a una mala detección de la falla (27%) se atribuyen, en gran parte, a la falta de un procedimiento sistemático para la detección de fallas. En consecuencia, en el presente trabajo se elaboraron dos procedimiento para solventar este problema, a saber: se proponen un **"Flujograma para Detección de Fallas"** (anexo F4), y una **"Ficha de Verificación de Fallas del Sistema de Puertas de Acceso"** (anexo F5), con cuya aplicación se logrará una disminución en el número de paradas de los trenes, y una reducción en los costos por concepto de reprocesamiento de partes. La puesta en práctica de estas propuestas se traducirá en beneficios económicos y en una mejora en el servicio de mantenimiento mayor de trenes.
- El 64% de las fallas totales encontradas son imputable a la mala aplicación de los procedimientos y/o a procedimientos que no están claros o están incompletos. Con la

aplicación de los **procedimientos mejorados** (anexos: F1, F2 y F3) propuestos en este trabajo, se puede reducir las fallas por este concepto.

- El mantenimiento mayor de las puertas de acceso también está afectado, en algunos casos, por **problemas de orden técnico**, tales como: falta de herramientas especiales, manejo inadecuado de los materiales, equipos de medición no calibrados, bancos de prueba con desperfectos, kit de repuestos no estandarizado, entre otros.

- La **logística de la empresa** está perfectamente definida y se aplica en el proceso de mantenimiento mayor del sistema de puertas de acceso. Sin embargo, en relación al control del inventario, se detectó la ausencia de un modelo de pronóstico para la adquisición de materiales consumibles.

- En el área de **seguridad industrial y medio ambiente,** se encontraron fallas debidas a la falta o a la no utilización de los dispositivos de seguridad, y en algunos casos deficientes condiciones ambientales.

- En relación al personal, se encontró la necesidad de mejorar el **adiestramiento** del personal técnico y la capacitación del personal supervisorio, lo que se traduciría en una mejora en todos los aspectos del proceso, incluyendo la motivación de los empleados y su identificación con el trabajo que realizan.

En general, las fallas encontradas en el sistema de puertas de acceso, resumidas en estas conclusiones, se pueden disminuir sensiblemente con la aplicación de las mejoras planteadas, y todo ello se traducirá en beneficios económicos y operativos para ALSTON de Venezuela y para C. A. Metro de Caracas.

2. RECOMENDACIONES

Sobre la base de los estudios realizados y las conclusiones a las que se llegó en el presente trabajo, se formulan las siguientes recomendaciones:

2.1. Recomendaciones sobre los procedimientos

a) Aplicar los procedimientos escritos existentes para el desmontaje, revisión, montaje y reglaje del sistema de puertas de acceso. En la práctica actual no se siguen rigurosamente estos procedimientos.

b) Implantar los **procedimientos mejorados** propuestos en este trabajo para la revisión general de los equipos neumáticos, a saber:

- Procedimiento de Revisión General de Electroválvula W3D (anexo "F1").
- Procedimiento de Revisión General del Motor de Puertas (anexo "F2").
- Procedimiento de Revisión General del Pistón de Descencerrojo (anexo "F3").

c) Poner en práctica el procedimiento para la detección de fallas, elaborado en el presente trabajo, **"Flujograma de Detección de Fallas"** (anexo "F4").

d) Utilizar la **"Ficha de verificación de fallas del Sistema de Puertas de Acceso"** que se presenta en el anexo "F5".

e) Unificar criterios entre las empresas sobre los procedimientos y las especificaciones a seguir en las diferentes partes del proceso.

2.2. Recomendaciones sobre herramientas, equipos y materiales

a) Mejorar y completar el inventario de herramientas, ya que en algunas áreas del proceso (desmontaje, montaje y reglaje) un número limitado de herramientas deben ser compartido por varios técnicos. Adquirir las herramientas especiales necesarias para el montaje y reglaje de algunos elementos, entre los cuales se encuentran: torquímetros, multímetros, herramienta especial de esfuerzos y de graduación de los soportes pulsadores para el montaje y reglaje de las puertas,

entre otras que se mencionan en el procedimiento de RG del desmontaje y montaje de puertas, anexo "C1".

b) Acondicionar los equipos existentes, de manera de poner a punto las funciones automáticas de los bancos de pruebas y reparar los elementos de medición que presentan problemas en su funcionamiento. Específicamente verificar los siguientes elementos:

- Reloj digital y parado automático en el banco de pruebas del motor.
- Voltímetro y amperímetro del banco de prueba de la electroválvula.

a) Adquirir equipos complementarios para mejorar las operaciones de limpieza del mecanismo, marcos y bloques de puertas del sistema de puertas de acceso, algunos de ellos indicados en los procedimientos. Tal es el caso de la aspiradora para la limpieza de los marcos y mecanismo de las puertas; y, en general, otros equipos de limpieza como pistolas neumáticas, entre otros.

b) Estandarizar los kits de repuestos de las electroválvulas ya que algunos de sus elementos no se corresponden con los tamaños de los existentes, como es el caso particular de los vástagos de las válvulas de admisión y de escape.

2.3. Recomendaciones sobre logística

a) Implementar un modelo de pronóstico para la adquisición de consumibles, de manera tal que se tomen en cuenta los tiempos de entrega de los proveedores y las cantidades necesarias durante un determinado período.

b) Mejorar las prácticas de transporte y manejo de materiales, con el fin de evitar el maltrato o daños a los elementos que forman el sistema de puertas de acceso.

2.4. Recomendaciones sobre seguridad industrial

a) Exigir al personal la utilización de los implementos de seguridad establecidos en los procedimientos escritos para cada una de las actividades que comprende el mantenimiento mayor del sistema de puerta de acceso. Se recomienda prestar

especial atención en el uso de los implementos que se tratan a continuación, los cuales no son usualmente utilizados por el personal técnico.

- Lentes de seguridad: en especial en las actividades de desmontaje, limpieza de bloques, mecanismo y marcos del sistema de puertas de acceso.
- Máscara antigases y antipolvo: en especial en las actividades de desmontaje, limpieza de bloques, mecanismo y marcos del sistema de puertas de acceso. Además se recomienda realizar el cambio de los filtros de la máscara periódicamente.
- Se recomienda la compra del delantal para usarlo en las actividades de limpieza de los bloques de puertas, platina de electroválvulas, motor y pistón de descencerrojo.

b) Mejorar las condiciones de iluminación y mobiliario en los puestos de trabajo de desmontaje, revisión, montaje y reglaje del sistema de puertas de acceso. Estos incluye los talleres de revisión de los equipos neumáticos, en especial el puesto de calibración de las electroválvulas.

BIBLIOGRAFÍA

1. BIBLIOGRAFÍA

- ALSTOM de Venezuela. **Manual de Seguridad Industrial**.1999.
- BALESTRINI, Mirian. **Como se Elabora el Proyecto de Investigación**, Venezuela, Servicio Editorial, Segunda Edición, 1998.
- BAVARESCO, Aura. **Las Técnicas de la Investigación**, Venezuela, Universidad del Zulia, Segunda Edición, 1974.
- C.A. Metro de Caracas. **Manual de Mantenimiento de Puertas de Acceso.** 1987.
- HODSON, Wiliam. **Manual del Ingeniero Industrial**, 4 Tomos, México, McGRAW-HILL, Cuarta Edición, 1998.
- JURAN, Joseph. **Manual de Control de La Calidad**, México, McGRAW-HILL, Segunda Edición, 1983.
- MORALES, Victor. **Planeamiento y Análisis de Investigaciones**, Venezuela, Ediciones Eldorado, Sexta Edición, 1992.
- ROSALER, Robert. **Manual del Ingeniero de Planta**, 4 Tomos, México, McGRAW-HILL, Segunda Edición, 1997.
- SCHMELKS, Corina. **Manual para la Presentación de Anteproyectos e Informes de Investigación**, México, Editorial HARLA, 1988.

2. DIRECCIONES EN INTERNET

- http://www.metrodecaracas.com
- http://www.alstom.com