

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo aplicado al Subsistema Tracción-Frenado de los trenes CAF en la C.A. Metro de Caracas

José Fernando, León Caballero

fercab212@gmail.com

Escuela de Industrial, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

Resumen: El presente trabajo de grado propone el diseño de un plan de mantenimiento preventivo aplicado al Subsistema Tracción-Frenado de los trenes de la Quinta Generación en la C.A Metro de Caracas. El Subsistema Tracción-Frenado, el cual tiene el mayor índice de fallas en el sistema, utiliza una fuente de energía eléctrica externa a través de 480 V que posee el tercer riel de la vía férrea, para alimentar mediante convertidores a los motores de tracción eléctricos (utilizando Corriente Alterna), que están acoplados a los ejes para producir el desplazamiento y frenado normal del tren.

Estos trenes son los únicos fabricados por la ferroviaria Construcciones y Auxiliares de Ferrocarriles (llamada CAF), los cuales cuentan con vagones remolques en conjunto con vagones motrices y un sistema de electrificación más moderno para la tracción de las unidades.

Por falta de actividades preventivas, desde el año 2009 la flota de trenes CAF se ha reducido de 48 a 25 trenes, lo cual ha suscitado la propuesta del plan de mantenimiento antes mencionado, que cubra las deficiencias y mejore las fortalezas actuales, proporcionando métodos que permitan la mejora continua del servicio.

El modelo planteado contempla un inventario técnico, así como también la estandarización de las actividades siguiendo los Procedimientos Operativos Estándar (POE) generados durante la elaboración de este trabajo. Se anexa también la programación de las rutinas de mantenimiento preventivo con el fin de generar el calendario anual de mantenimiento de los equipos seleccionados (Carta Gantt), y un estudio económico para determinar la factibilidad de la programación de mantenimiento preventivo planteada.

Los cambios propuestos en este trabajo de grado son las bases para obtener en la C.A Metro de Caracas, un sistema de mantenimiento capaz de responder ante las necesidades de los equipos y máquinas de los trenes mencionados, garantizando así su buen funcionamiento y una alta disponibilidad de los mismos.

Palabras Clave: Tracción, Mantenimiento, Preventivo, Procedimientos, Programación, Factibilidad, Disponibilidad.

Design of a preventive maintenance plan applied to the Traction-Braking Subsystem of CAF trains in the Caracas Metro

Abstract: This degree project proposes the design of a preventive maintenance plan applied to the Traction-Braking Subsystem of the Fifth-Generation trains in the C.A Metro de Caracas. The Traction-Braking Subsystem, which has the highest rate of failures in the system, uses an external power source through 480 V that has the third rail of the railway, to power converters to electric traction motors (using Alternating Current), which are coupled to the axles to produce normal train displacement and braking.

These trains are the only ones manufactured by the railway “Construcciones y Auxiliares de Ferrocarriles” (called CAF), which have trailer cars in conjunction with motor cars and a more modern electrification system for traction of the units.

Due to lack of preventive activities, since 2009 the CAF train fleet has been reduced from 48 to 25 trains, which has raised the proposal of the aforementioned maintenance plan, which covers the deficiencies and improves current strengths, providing methods that allow the continuous improvement of the service.

The proposed model includes a technical inventory, as well as the standardization of activities following the Standard Operating Procedures (SOP) generated during the preparation of this work. The schedule of preventive maintenance routines is also attached in order to generate the annual maintenance schedule of the selected equipment (Gantt Chart), and an economic study to determine the feasibility of the planned preventive maintenance schedule.

The changes proposed in this grade work are the basis for obtaining a maintenance system capable of responding to the needs of the equipment and machines at the C.A Metro de Caracas, thus guaranteeing its smooth operation and high availability.

Keywords: Traction, Maintenance, Preventive, Procedures, Programming, Feasibility, Availability.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es reconocido como un elemento fundamental que contribuye junto con las otras funciones empresariales, al logro y a la superación de los objetivos de la empresa y ha emergido como una sofisticada disciplina que combina técnica de gestión, organización y planeación.

Actualmente, las empresas desean conservar sus activos con eficiencia y eficacia, para que sean operados y mantenidos de manera satisfactoria en cuanto a calidad, cantidad y confiabilidad del servicio durante un período de tiempo determinado.

Mantenimiento es un concepto que implica conservar el equipo en los niveles específico para su buen funcionamiento y tiene como prioridad el prevenir fallas reduciendo los riesgos de paradas imprevistas, contribuyendo así a la optimización de los recursos disminuyendo los costos.

Para la C.A Metro de Caracas, el concepto de mantenimiento puede ser aplicado sin ningún inconveniente, ya que necesita diseñar un sistema de mantenimiento para así conservar el servicio en condiciones óptimas. En la actualidad, la empresa no posee una planificación de mantenimiento estructurado y documentado, sino se basa en trabajos según las necesidades diarias, lo cual dificulta el control de los costos y el registro de información necesario para el mantenimiento de los equipos y máquinas, en especial del Subsistema Tracción-Frenado, el cual es el que presenta más fallas en el servicio ferroviario. Por lo tanto, se realizará el Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo con el propósito de asegurar el buen funcionamiento de los equipos y así garantizar la calidad del servicio.

Es importante destacar que la implementación del plan de mantenimiento propuesto busca la correcta

operatividad de los equipos del Subsistema mencionado mediante el estudio de la criticidad, para así mejorar la calidad ofrecida y mejorar el servicio de transporte.

II. OBJETIVOS

A. *Objetivo General*

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicado al Subsistema Tracción-Frenado de los trenes CAF en la C.A. Metro de Caracas.

B. *Objetivos Específicos*

- Estudiar el funcionamiento del Subsistema Tracción-Frenado y su interrelación con los demás subsistemas que componen al tren CAF.
- Analizar las fallas reportadas del Subsistema Tracción-Frenado.
- Establecer la cantidad de herramientas y materiales requeridos, así como el personal necesario para realizar las actividades de mantenimiento.
- Desarrollar la planificación de las actividades de mantenimiento.
- Elaborar los procedimientos de las actividades de mantenimiento.
- Valorar la relación Costo-Beneficio del Plan de Mantenimiento Preventivo.

III. MÉTODO

El siguiente apartado desarrolla el análisis y la valoración crítica de los métodos usados, donde explica los procedimientos y técnicas consideradas

como importantes para la recolección y análisis de la información requerida por los objetivos del estudio. “La metodología del proyecto incluye el tipo de investigación o tipos de investigación, la técnica y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “como” se realizará el estudio para responder el problema planteado” [1]

A. Nivel de la Investigación

Existen varios tipos de nivel de investigación entre los cuales se encuentra el tipo exploratorio, descriptivo o explicativo. El nivel de investigación es el grado de profundidad con que ataca el proyecto. La investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o suceso con establecer su estructura o comportamiento”. Este trabajo de grado se considera un nivel de investigación de tipo descriptiva, debido que se caracteriza el mantenimiento actual y el mantenimiento propuesto a detalle, proporcionando todos los aspectos importantes de sus sistemas y procedimientos.

B. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es la estrategia que se utilizara para responder al planteamiento del problema y objetivos donde el presente trabajo de grado se sitúa en un tipo de investigación de campo, la cual “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos” [2]. El presente proyecto de un diseño de mantenimiento preventivo se realizó dentro de las instalaciones del patio de mantenimiento (estación terminal Propatria) de la empresa C.A. Metro de Caracas.

El tipo de investigación se puede clasificar en experimental y no experimental. “En el diseño no experimental se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen” [3]. En el presente trabajo de grado se analiza una situación existente, para posteriormente mejorar el escenario actual de la empresa mediante la propuesta de un diseño de mantenimiento preventivo.

C. Población y Muestra

Para el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se recolectaron los datos e información necesaria de toda la población del personal de mantenimiento, dado que tienen los conocimientos necesarios para llevar a cabo el plan propuesto. Debido a que se trabajó con la totalidad del personal de mantenimiento no fue necesario realizar ningún tipo de muestreo para la recolección de información. En la sección de anexos A.3 se muestra una tabla con la descripción del personal que formo parte de la población en este trabajo de grado.

Con respecto a las máquinas y equipos existentes en la empresa, solo se tomó en consideración a las

unidades que presentaran una criticidad alta o muy alta, con un resultado de 1125 unidades sobre una población de 1275 unidades.

D. Métodos usados para la recolección de la información

Para obtener información existen distintas formas o maneras entre las cuales se encuentra el método empírico, estadístico y teórico.

D.1 Métodos empíricos

“Los métodos empíricos permiten la obtención y elaboración de los datos empíricos y el conocimiento de los hechos fundamentales que caracterizan a los fenómenos” [4].

Para el desarrollo de este proyecto se llevaron a cabo distintos métodos empíricos, entre ellos se encuentra la observación directa, empleada para la obtención de información de la situación actual de la empresa, procedimientos de mantenimiento, actualización de inventario de máquinas y equipos. Se hizo uso de encuestas con la finalidad de resaltar algunos aspectos importantes de la empresa. Por último, se realizó entrevistas no estructuradas al personal de mantenimiento, debido a la falta de documentación e información que padece el departamento para así poder recopilar las rutinas y los procedimientos de mantenimiento.

D.2 Métodos estadísticos

“Los métodos estadísticos cumplen una función relevante, ya que contribuyen a determinar la muestra de sujetos a estudiar, tabular los datos empíricos obtenidos y establecer las generalizaciones apropiadas a partir de ellos”

Para el presente trabajo de grado se hizo uso de la estadística descriptiva, para así lograr establecer los distintos niveles de criticidad de las máquinas y equipos de la empresa mediante una distribución normal.

D.3 Métodos estadísticos

Los métodos teóricos crean las condiciones para ir más allá de las características fenoménicas y superficiales de la realidad, explicar los hechos y profundizar en las relaciones esenciales y cualidades fundamentales de los procesos no observables directamente” [5].

En el presente trabajo de grado se aplica como método teórico el “análisis y síntesis” de todo lo que conlleva la gestión de mantenimiento actual, junto con el plan propuesto a las máquinas y equipos de la empresa.

E. Fases de la investigación

Para el desarrollo de este trabajo de grado se listan las distintas etapas de la investigación:

1. Levantamiento y análisis de la situación actual de mantenimiento, mediante el empleo de la Norma 2500-93 y las diez (10) mejores prácticas de la gestión del mantenimiento.
2. Caracterización de los equipos
3. Diseño de formatos de control
4. Programación del mantenimiento preventivo
5. Diseño de indicadores de gestión
6. Estudio de costos y factibilidad económica

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos con la realización de este trabajo se presentan en el resumen presentado a continuación:

A. Norma COVENIN 2500-93

Mediante su aplicación, las tres áreas con mayor criticidad en el departamento fueron las siguientes: 1) Mantenimiento por avería (45%). 2) Mantenimiento Preventivo (50%). 3) Mantenimiento Programado (50%). Asimismo, la empresa obtuvo una efectividad global del 58%.

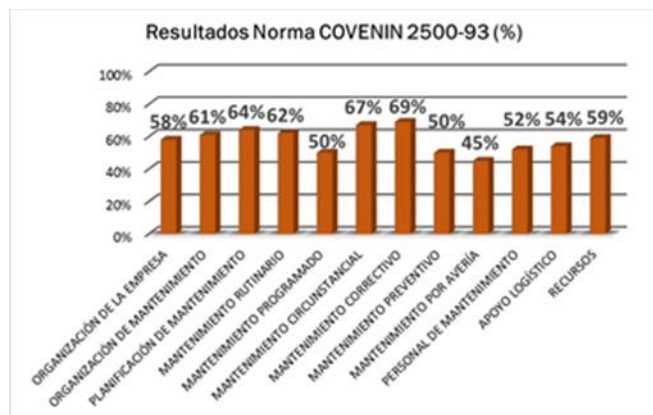


Figura 1. Resultados Norma COVENIN 2500-93

B. 10 mejores prácticas de mantenimiento

A través de su aplicación en forma de encuesta, las tres prácticas que resultaron con el puntaje más bajo fueron las siguientes: 1) Planificación y Programación Proactiva (promedio de 3,00). 2) Mejoramiento Continuo (promedio de 3,13). 3) Apoyo y Visión Gerencial (promedio de 3,27).



Figura 2. Diagrama de Malla de las 10 mejores prácticas de mantenimiento

C. Inventario de equipos y máquinas

Fue actualizado el inventario dentro de las instalaciones del patio de mantenimiento de la empresa, determinando un número de 1275 equipos pertenecientes a 25 trenes CAF en el Patio de Mantenimiento de la estación Propatria.

D. Análisis de criticidad

Se determinaron que 1125 máquinas y equipos son consideradas importantes para mantener operativo los servicios de la empresa, siendo seleccionados: 600 Motores de Tracción (criticidad muy alta), 150 Resistencias de Freno (criticidad alta), 150 Seccionador Principal (criticidad alta), 75 Convertidores Auxiliares (criticidad alta) y 150 Disyuntores (criticidad alta).

E. Procedimientos de Operación Estándar (POE)

Se elaboraron documentos con un nivel de detalle que facilita el entendimiento y adquisición de conocimientos respecto a los equipos y máquinas. Cada procedimiento de realización de actividades de mantenimiento es único para cada equipo, donde se consideraron las recomendaciones del fabricante (CAF) junto con la pericia de los técnicos de mantenimiento.

 PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	
Nombre del equipo o máquina	
Código del equipo o máquina	
Rutina	
Código de la actividad	
Tiempo estimado de realización de la actividad	
Número de técnicos necesarios	
Horas hombre empleadas	
Materiales utilizados (Nombre, Modelo, Serial)	
Herramientas utilizadas (Nombre, Modelo, Serial)	
Repuestos utilizados (Nombre, Modelo, Serial)	
Número de Procedimiento	Descripción del Procedimiento
1	
2	
3	
4	
5	

Figura 3. Formato del Procedimiento Operativo Estándar (POE) propuesto

F. Rutinas de mantenimiento preventivo

Se codificaron y estandarizaron 28 rutinas de mantenimiento distribuidas entre 1125 equipos y máquinas pertenecientes al grupo de unidades de Energía Eléctrica y Propulsión Eléctrica, ambas del Subsistema Tracción-Frenado.

G. Mano de obra requerida

La fuerza laboral requerida (según los cálculos realizados) para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo propuesto es de ocho (8) hombres mientras que la empresa cuenta con tres (3) técnicos.

H. Estimación del costo anual

La estimación del costo de herramientas, materiales, repuestos y mano de obra necesaria para implementar el plan de mantenimiento preventivo propuesto generó como resultado un total de 2.480.971,88 \$ Dicom por año.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al realizar el compilado de la información obtenido en los resultados, se determinó que en el apartado de factibilidad económica el plan de mantenimiento es completamente aplicable, resultando un plan menos costoso que el actual y económicamente factible en un periodo de 3 años a partir del presente año, con un ahorro de 11.609,12 \$ Dicom.

Asimismo, la fuerza laboral de la empresa debe aumentarse con la contratación de cinco (5) nuevos

técnicos para cubrir la demanda de ocho (8) técnicos calculada en el plan de mantenimiento diseñado.

Los otros resultados obtenidos confirman la falta de planificación del mantenimiento preventivo y correctivo, así como de procedimientos para documentar las rutinas aplicadas y un presupuesto bajo asignado para las actividades antes mencionadas.

VI. CONCLUSIÓN

Al encontrar las deficiencias de la actual gestión de la Gerencia de Mantenimiento de Trenes, sumado a la importancia del servicio ferroviario para la ciudad de Caracas, la implementación de este plan de mantenimiento preventivo propuesto debe ser de carácter inmediato, para así mantener el sistema metro operativo y mejorar la calidad del servicio prestado.

De igual forma, se recomienda supervisar el desempeño de la Gerencia de Mantenimiento de Trenes, mediante los métodos y procedimientos presentados en el presente trabajo de grado, así como establecer la ejecución de planes que afiancen el sentido de pertenencia y compromiso de cada trabajador de la C.A Metro de Caracas, a través de seminarios de integración laboral, cursos de formación técnica especializada, donde se discutan objetivos y planes futuros del departamento así como primas de desempeño que disminuyan las renunciaciones del personal y aumenten su motivación al logro.

VII. REFERENCIAS

- [1] Arias, Fidias G. El proyecto de investigación. Editorial Episteme. Caracas (1999). Tercera edición. Pág. 19.
- [2] Id.2.
- [3] Hernández M, Edelsys. Metodología de la investigación. Escuela Nacional de Salud Pública (2006). Pág. 31
- [4] Id.3.
- [5] Hernández M, Edelsys. Metodología de la investigación. Escuela Nacional de Salud Pública (2006). Pág. 34