

**MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)
PARA EL SISTEMA NEUMÁTICOS DE FRENOS DEL VEHÍCULO
INTERNACIONAL 4300 DE LA EMPRESA GASEOSAS POSADA TOBÓN
POSTOBÓN S.A.**

**CARLOS ALONSO CLAVIJO OVALLE
JULIÁN DAVID MARTÍNEZ VARGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BARRANQUILLA
2019.**

**MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)
PARA EL SISTEMA NEUMÁTICOS DE FRENOS DEL VEHÍCULO
INTERNACIONAL 4300 DE LA EMPRESA GASEOSAS POSADA TOBÓN
POSTOBÓN S.A.**

**CARLOS ALONSO CLAVIJO OVALLE
JULIÁN DAVID MARTÍNEZ VARGAS**

**Monografía de Grado Presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.**

**Director
MIGUEL ANGEL TORRES MARTINEZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BARRANQUILLA
2019.**

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios y a nuestro señor Jesucristo, luego a todos nuestros familiares por el apoyo brindado durante toda la duración de la especialización, para lograr obtener uno de los más importantes objetivos en la nuestra vida profesional.

Un agradecimiento especial a todos los profesores de la Universidad Industrial de Santander UIS de la Especialización en Gerencia en Mantenimiento, por su interés en transmitirnos sus conocimientos, hacernos poseedores de tan valioso aprendizaje y hacernos profesionales cada vez más comprometidos con el desarrollo de nuestro país.

A todo el personal de la empresa Gaseosa Posada Tobón - Postobón en especial al personal técnico del área de taller vehículos de Postobón seccional Malambo.

A nuestro Director de la monografía Miguel Ángel Torres, por su apoyo, paciencia y dedicación para sacar este proyecto adelante.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. MARCO CONTEXTUAL.....	16
1.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA GASEOSA POSADA TOBON POSTOBÓN S.A.....	16
1.1.1 Valores Postobón.....	17
1.1.2. Misión y Visión.....	18
1.1.3. Organigrama Postobón Malambo	19
1.1.4 Distribución y ventas.....	20
1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL AREA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION.....	20
1.3 PRACTICAS DE MANTENIMIENTO.....	21
1.3.1 Mantenimiento Preventivo.....	21
1.3.2 Mantenimiento correctivo.....	21
1.3.3 Mantenimiento predictivo.....	22
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.5 OBJETIVOS.....	24
1.5.1 Objetivo general:.....	24
1.5.2 Objetivos específicos:	24
1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO.....	24
2. MARCO TEORICO.....	26
2.1 HISTORIA DEL RCM.....	26
2.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	30
2.2.1 Fallas funcionales	30

2.2.2 Efecto de falla.	31
2.2.3 Consecuencia de la falla	32
2.2.4 Tareas proactivas.....	33
2.2.4.1 Tareas preventivas.....	33
2.4.4.2 Tareas predictivas.....	34
2.4.5 Diagrama de Decisión del RCM.	34
2.4.5.1 Hoja de decisión.....	35
 3. MARCO CONCEPTUAL.	 37
3.1 DEFINICIÓN DE FRENOS.	38
3.1.1 Tipo de sistemas de frenos.	38
3.1.1.1 Sistema de freno mecánico.....	38
3.1.1.2 Sistema de freno hidráulico.....	39
3.1.1.3 Sistema de freno Neumático	41
3.1.1.4 Componentes del circuito del Freno neumático.	43
3.1.1.5 Generalidades del sistema de freno neumático.	51
 4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.	 55
4.1 AUDITORIA DEL DEPARTAMENTO DE MTTO VEHICULOS.	55
4.2 DEFINICIÓN DE FRONTERAS.	57
4.2.1 Taxonomía del sistema de frenos neumáticos.....	58
4.3 CONTEXTO OPERACIONAL	59
4.3.1 Condiciones Operacionales	59
4.3.2 Condiciones ambientales	60
4.4. DEFINICION DE FUNCIONES.	61
4.5 FALLAS FUNCIONALES.	62
4.5.1. Falla	62
4.5.2. Tipos De Fallas.	62
4.6 MODO Y EFECTOS DE FALLA.....	63
4.7 ANALISIS DE CRITICIDAD.	64

4.8 DESCRIPCION DE LAS TAREAS.	67
5. DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE DECISIÓN	72
6. CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFIA.	75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Condiciones operacionales vehículos Inter 4300.....	60
Tabla 2. Condiciones climatológicas de Barranquilla.....	61
Tabla 3. Factores de consecuencia y frecuencia.....	64
Tabla 4. Matriz de criticidad.....	65
Tabla 5. Cálculo de criticidad equipos.....	66
Tabla 6. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC).	67
Tabla 7. Plan mantenimiento sistema frenos internacional 4300	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de Postobón S.A.	16
Figura 2. Visión y Misión.....	18
Figura 3. Estrategia corporativa.....	19
Figura 4. Estructura Postobón.	19
Figura 5. Camión internacional 4300 Postobón	23
Figura 6. Representación grupo revisión RCM	28
Figura 7. Diagrama de decisión.	36
Figura 8. Clasificación de los sistemas de frenos	37
Figura 9. Sistema de freno mecánico	38
Figura 10. Sistema de freno hidráulico	39
Figura 11. Booster de vacío o servofreno	41
Figura 12. Esquema Frenos neumáticos marca WABCO.....	42
Figura 13. Esquema sistema de freno neumático.....	43
Figura 14. Compresor de Aire.....	44
Figura 15. Filtro Secador de Aire.	44
Figura 16. Válvula Protectora de 4 circuitos.	45
Figura 17. Válvula Pedalera.....	46
Figura 18. Válvula Relé	46
Figura 19. Válvula Solenoide	47
Figura 20. Cilindro Membrana	47
Figura 21. Cilindro Tristop.....	48
Figura 22. Válvula Freno Estacionamiento	49
Figura 23. Válvula Distribuidora.....	49
Figura 24. Válvula Sensible a la Carga Mecánica	50
Figura 25. Válvula Sensible a la Carga Neumática.....	50
Figura 26. Servo Embrague.....	51

Figura 27. Dispositivo EBS	53
Figura 28. Porcentaje de varados Por Sistema 2017 Flota Postobón Malambo	56
Figura 29. Porcentaje de eventos.	56
Figura 30. Equipo RCM Postobón Malambo.....	57
Figura 31. Taxonomía flota Postobón Malambo - Atlántico.	58
Figura 32. Taxonomía sistema neumático frenos.	58
Figura 33. Resultados análisis de criticidad.....	66

RESUMEN

TITULO:

MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL SISTEMA NEUMÁTICOS DE FRENOS DEL VEHÍCULO INTERNACIONAL 4300 DE LA EMPRESA GASEOSAS POSADA TOBÓN POSTOBÓN S.A.*

AUTORES:

CARLOS ALONSO CLAVIJO OVALLE**

JULIÁN DAVID MARTÍNEZ VARGAS**

PALABRAS CLAVE:

FRENOS NEUMATICOS, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, POSTOBON, VEHICULO INTERNACIONAL 4300, RCM.

CONTENIDO:

Esta monografía muestra el desarrollo de un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) reliability centered para el sistema neumáticos de frenos del vehículo internacional 4300 de la empresa gaseosas posada tobón postobón s.a, para aumentar los indicadores de disponibilidad y de rechazo del producto.

Para esto se realizó un estudio de la situación actual de los vehículos, información técnica, los históricos de fallas, las tareas de mantenimientos asociadas al sistema de freno neumático que se realizan actualmente en los vehículos, conocimiento de los conductores que operan los vehículos, técnicos de mantenimiento, entrevistas a los supervisores de mantenimiento del área , planeadores y programadores.

En el análisis de datos y entrevistas se pudo constatar acerca de los mantenimientos que se realizan son solo de lubricación y limpieza, que las fallas más comunes son en el sistema de encendido, llantas, frenos, filtración de combustible, dirección, embrague, fugas de fluidos, accidentes vehiculares (colisión) entre otros, los cuales ocasionan gastos adicionales como servicio técnico en sitio y traslado de grúa, además de presentar retrasos en los tiempos de entrega de los productos afectando directamente los indicadores de disponibilidad y rechazo de producto. Se establece que este tipo de fallas se pueden corregir realizando actividades de mantenimiento preventivo.

Durante la realización del RCM las discusiones realizadas en las reuniones siempre se sustentaron como referencia al catálogo del equipo y manual de partes.

Luego se completó el análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC), se desarrolló el diagrama de decisión para analizar las consecuencias de los modos de fallo y asignar tareas proactivas que permitan evitar estados de fallas en el equipo e integrar estas tareas en un plan de mantenimiento.

*Monografía de grado

**Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Miguel Angel Torres Martinez, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE:

RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE MODEL (RCM) FOR THE BRAKE TIRE SYSTEM OF THE INTERNATIONAL VEHICLE 4300 FROM THE GASEOSAS POSADA TOBÓN POSTOBÓN S.A.

AUTHORS:

CARLOS ALONSO CLAVIJO OVALLE
JULIÁN DAVID MARTÍNEZ VARGAS

KEYWORDS:

PNEUMATIC BRAKES, MAINTENANCE CENTERED IN RELIABILITY, POSTOBON, INTERNATIONAL VEHICLE 4300, RCM.

CONTENTS:

This monograph shows the development of a reliability-centered maintenance model (RCM) focused on the reliability for the control system of the international vehicle 4300 of the company soda postobón s.a, to increase the indicators of availability and the rejection of the product.

To this end, a study was made of the current situation of the vehicles, the technical information, the fault history, the maintenance tasks, the brake system, and the vehicle, the knowledge of the drivers, the operation, the vehicles, and the technicians. Maintenance, interviews with area maintenance supervisors, planners and programmers.

In the analysis of the data and the interviews it was possible to verify about the maintenance carried out only the lubricant and the cleaning, the most common faults in the ignition system, tires, brakes, fuel fuel, steering, clutch, leaks fluids, vehicle accidents (collision) among others, the occasion of the expenses of the technical service on the site and the transfer of the crane, in addition to presenting delays in the delivery times of the products directly affecting the indicators of availability and rejection of the product . It is established that this type of failures.

During the realization of the RCM, the meetings are held in the meetings, it is always supported as reference to the equipment catalog and parts manual.

After the analysis of the failure, effect and criticism mode (FMECA or AMFEC) was completed, the decision diagram was followed to analyze the consequences of failure modes and tasks. Tasks in a maintenance plan.

*Monograph

**Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.

Director: Miguel Ángel Torres Martínez.

INTRODUCCIÓN.

La cadena productiva de la empresa Gaseosa Posada Tobón – Postobón, depende en su mayoría de la distribución de los productos a los clientes finales, por tal motivo, es ahí cuando el mantenimiento a los activos toma fuerza para poder liderar y apalancar procesos de mejora de los vehículos, logrando funcionamiento constante y confiable, mejorando así las líneas de distribución.

Debido a las nuevas innovaciones tecnológicas que están presentes en el mercado, se hace imperativo poder dinamizar y hacer frente a la globalización reiterando importante la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los vehículos de la flota de distribución de la empresa.

Cualquier avería que se presente en estos vehículos afectará directamente el indicador de satisfacción de los clientes, indicadores de cumplimiento y entrega, además los ingresos de los accionistas; debido a estas afectaciones es importante implementar un modelo de mantenimiento basado en confiabilidad que sea específico para garantizar la confiabilidad de los vehículos.

Mantenimiento centrado en confiabilidad es una de las mejores estrategias para desarrollar planes de mantenimiento de cualquier componente o equipo, lo cual define cual es la mejor estrategia para implementar teniendo en cuenta reducir costos de mantenimiento, mejorar la disponibilidad y confiabilidad con las mejores prácticas de mantenimiento de clase mundial.

Con el proceso de la monografía es el inicio para desarrollar un modelo de mantenimiento aplicando la metodología de RCM a los vehículos Internacional 4300 de la empresa Postobón y mejorar en la organización de las tareas de mantenimiento, las frecuencias de ejecución de las tareas, la documentación de los formatos de mantenimiento y costos de las tareas.

1. MARCO CONTEXTUAL.

1.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA GASEOSA POSADA TOBON POSTOBÓN S.A.

Postobón es una compañía que ha dejado huella en Colombia gracias a su innovación, visión de negocios, capacidad de adaptación y transformación, condiciones que le permiten mantener el liderazgo con compromiso, sostenibilidad y con el desarrollo del país.

La compañía cuenta con la mayor participación de mercado en la industria de las bebidas no alcohólicas en Colombia y es la empresa con capital 100% colombiano más grande en ingresos en este sector.

La empresa está ubicada al norte del departamento del Atlántico, en el municipio de Malambo, exactamente en el Km 3.5 vía oriental con Av. Olivares. Ver figura 1.

Figura 1. Ubicación geográfica de Postobón S.A.



Fuente: GOOGLE. Búsqueda en Google Maps. [En línea]. [Recuperado el: 20 de Marzo del 2018].
Disponible en: <https://www.google.com.co/maps/place/Postobon+Malambo>

Cuenta con 113 años de historia en los cuales ha sido pionera en el desarrollo de la mayoría de categorías de bebidas existentes en el mercado colombiano. La compañía cuenta con 66 sedes entre plantas de producción y centros de distribución, los cuales le permiten llegar al 90% del territorio nacional. Su talento humano asciende a cerca de 12.000 personas.

Las fortalezas en ventas y distribución hacen que las bebidas de Postobón se encuentren fácilmente en las tiendas, supermercados, grandes superficies y restaurantes y los hogares colombianos. De igual forma, se pueden adquirir en los Estados Unidos, Reino Unido, Aruba, España, Curazao, Panamá e Italia.

La compañía pertenece a la Organización Ardila Lülle, una de las principales organizaciones industriales de América Latina.

1.1.1 Valores Postobón. Postobón complementa su estrategia corporativa basándose en valores que generen identidad, que formen parte de la cultura de la organización; valores que definan la forma de actuar e interactuar de sus empleados y los diferencie de los demás, en síntesis, que estén en el ADN de sus empleados y todos sus colaboradores, estos valores son los siguientes:

- Vivimos para ser ejemplo de integridad: honestidad, respeto por las leyes y las normas, legitimidad, transparencia y coherencia.
- Vivimos para dejar huella: pasión compromiso y trascendencia, dejando huella por medio de la transformación de nuestra labor.
- Vivimos en equipo para un mismo reto: trabajando de forma cooperativa, generando sinergias y compartiendo retos.
- Vivimos por el respeto a nuestra gente: respeto a la dignidad y la integridad física, respeto a los acuerdos con el consumidor y la sociedad, respeto por la diferencia, inclusión y buen trato.

1.1.2. Misión y Visión. La misión y visión de Postobón según el direccionamiento estratégico de la compañía se encuentran en una MEGA que es una meta poderosa y retadora: “Para el 2024 cuadruplicar sus ingresos” el logro de la MEGA se fundamenta en el pentágono estratégico:

Figura 2. Visión y Misión.



Fuente: POSTOBON. La historia. [En línea]. [Recuperado el: 28 de Marzo del 2018]. Disponible en: <http://www.postobon.com/la-compania/la-historia>

El despliegue estratégico se da comunicando la MEGA, los focos estratégicos y el tema dominante, adicionalmente definiendo unos objetivos estratégicos corporativos:

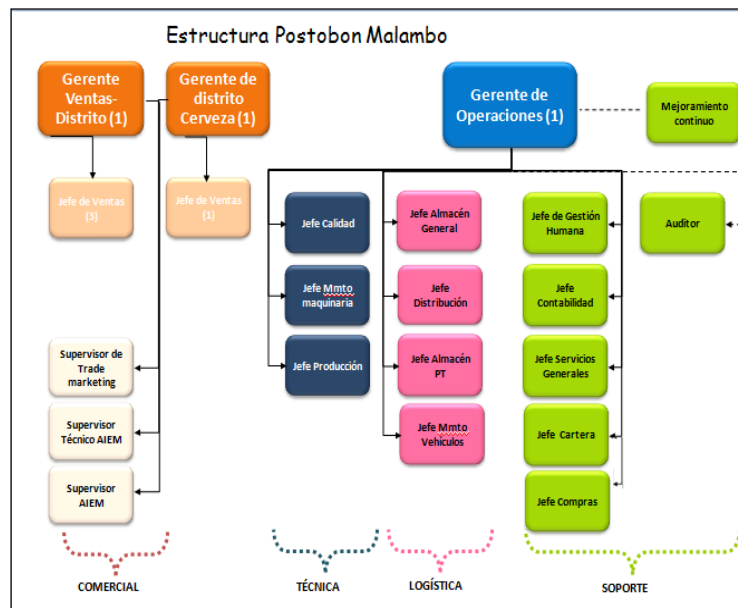
Figura 3. Estrategia corporativa



Fuente: POSTOBON La historia. [En línea]. [Recuperado el: 28 de Marzo del 2018]. Disponible en: <http://www.postobon.com/la-compania/la-historia>

1.1.3. Organigrama Postobón Malambo

Figura 4. Estructura Postobón.



Fuente: POSTOBON La historia. [En línea]. [Recuperado el: 28 de Marzo del 2018]. Disponible en: <http://www.postobon.com/la-compania/la-historia>

1.1.4 Distribución y ventas. Nuestra historia cuenta que arrancamos con una distribución a pie, a lomo de mula y en carruajes de madera, pero en los años 50 del siglo pasado, la compañía comenzó a formar una flota de camiones y vehículos para distribución, la cual hoy en día es considerada como una de las modernas y eficaces de Latinoamérica. Hoy, las carreteras colombianas, las calles de las ciudades, los caminos veredales, las vías secundarias y terciarias ven pasar la marca Postobón estampada en vehículos encargados de llevar productos de calidad a miles de personas que, literalmente, los esperan. Este esquema de distribución representa una de nuestras mayores fortalezas y por supuesto, una oportunidad única de innovación y de negocios a futuro. La distribución de productos a todo el país. A esto le hemos dedicado tiempo y esfuerzo para conocer a fondo las necesidades y dinámicas de los canales y consumidores porque siempre queremos llegar primero, encontrar los mejores espacios, ser los más atractivos. La preventa también ha sido una de las innovaciones más grades de la compañía. Este esquema de ventas fortaleció nuestra relación con los clientes gracias a un excelente equipo de trabajo que atiende con antelación sus necesidades. Hoy, nuestros representantes salen a las calles, coordinan las ventas y distribuyen nuestros productos por todo el país, constituyendo así una de las fuerzas de venta más grandes de Colombia.

1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL AREA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION.

Actualmente está conformado por un coordinador regional, un ingeniero de mantenimiento, 2 supervisores de turno, un auxiliar de mantenimiento, 4 técnicos automotrices, 2 técnicos eléctricos automotrices, 3 técnicos de montacargas, 1 lubricador, 1 técnico de cuarto de batería, 2 supernumerarios.

1.3 PRACTICAS DE MANTENIMIENTO.

Se basa principalmente en las horas de trabajos de los equipos “horómetros” y en base a esas horas de funcionamiento se planean los mantenimientos ya establecidos en el software de mantenimiento CMMS (computerized maintenance management system) y se programan para la programación mensual de todos los equipos de la flota, cabe resaltar que los horómetros son tomados diariamente por el auxiliar de mantenimiento y son almacenados en el CMMS – SAP. Los hallazgos encontrados en los mantenimientos se realizan de forma inmediata debido a que los repuestos de los vehículos son de muy fácil consecución generando así una orden de trabajo tipo correctiva.

1.3.1 Mantenimiento Preventivo. Actualmente se tienen establecidas frecuencias de mantenimiento por horómetros, distribuidas en mantenimientos M1 que aduce a un mantenimiento de 250 horas, M2 mantenimiento de 500 horas, M3 mantenimiento de 750 horas, M4 de 1000 horas y el M5 que es mantenimiento mayor; todas las frecuencias están apoyadas por los fabricantes de los equipos.

1.3.2 Mantenimiento correctivo. Las fallas que se puedan presentar en los equipos que se encuentran realizando la distribución de los productos, son apoyas por personal técnico que se encuentra en turno. El proceso para la autorización del trabajo es el siguiente:

- Conductor informa de la novedad de la falla.
- Se realiza orden de trabajo y se autoriza la ejecución.
- Se asigna al técnico y se desplaza al sitio.
- Al corregir la condición encontrada se realiza el cierre de la orden diligenciando la falla presenta.

1.3.3 Mantenimiento predictivo. Actualmente se tiene establecida rutinas de lubricación cada 30 días en los 47 puntos de engrase que cuenta el vehículo, y también se encuentra establecido rutinas de toma de muestras y análisis de aceite, se realiza bajo convenio con la empresa Mobil (lubricantes) y refrigerante cada 200 horas, se realiza cambios de aceite bajo la muestra o cada 1000 horas. Otra de las técnicas que se encuentra implementada en los equipos es la prueba Blow by consiste en la medición de gases que salen del cárter el cual determina si el motor está consumiendo aceite de manera irregular, y es realizada por la empresa Navitrans.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La Flota vehicular de la empresa Gaseosa Posada Tabón - Postobón seccional Malambo Atlántico cuenta con una venta diaria de más de 60.000 cajas de producto terminado, para la distribución cuenta con una flota de 120 vehículo los cuales se distribuyen según la marca, 68 vehículos internacional 4300, 37 vehículos Kodiak, 15 vehículos Npr. Estos vehículos son los encargados de distribuir los productos empacados y sellados entre ellos están gaseosas, aguas, jugos, hidratantes, energizante y té, contando con un portafolio de más de 35 marcas y 250 referencias.

Para poder cumplir con la entrega diaria se debe tener una disponibilidad mínima del 95% del total de la flota vehicular y el 5% restante de la flota vehicular es para mantenimiento programado.

Actualmente las Fallas que se presentan en la flota vehicular de la empresa Gaseosa Posada Tabón - Postobón seccional Malambo – Atlántico son diversas entre ellas tenemos: fallas en el sistema de encendido, llantas, frenos, filtración de combustible, dirección, embrague, fugas de fluidos, accidentes vehiculares (colisión) entre otros, los cuales ocasionan gastos adicionales como servicio técnico en sitio y traslado de grúa, además de presentar retrasos en los tiempos de entrega de los productos afectando directamente los indicadores de

disponibilidad y rechazo de producto. Sumado a esto en el año 2017 se han presentado 35 fallas en los vehículos internacional 4300 ver figura 5. específicamente en el sistema neumático de frenos el cual impacta el indicador de la disponibilidad que en la actualidad se encuentra en un 91,67%, además el indicador de rechazos de producto se ve afectado por los retrasos en las entregas de los productos debido a las fallas en ruta, actualmente del 2.1% del total de los rechazos de la planta del año 2017, el 0,13% corresponde a retrasos en ruta debido a las averías de los camiones, y el 1.97% restante corresponde a inconvenientes con los clientes y productos.

Figura 5. Camión internacional 4300 Postobón



Fuente: POSTOBON Sala de prensa. [En línea]. [Recuperado el: 28 de Marzo del 2018].
Disponible en: <https://www.postobon.com/sala-prensa/multimedia/planta-postobon-yumbo>

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 Objetivo general:

Proponer un Modelo de Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema neumático de frenos vehículo internacional 4300.

1.5.2 Objetivos específicos:

- Identificar los componentes del sistema neumático de frenos del vehículo internacional 4300 catalogándolos en críticos y no críticos.
- Describir las funciones de los componentes del sistema neumático de frenos y las formas de cómo pueden fallar.
- Realizar un análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC) del sistema neumático de frenos utilizando datos de diseño del fabricante, confiabilidad y de operación soportado en los registros históricos de las fallas.
- Crear un plan de mantenimiento utilizando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema de frenos neumático de los vehículos internacional 4300.

1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO.

El impacto en los indicadores es el principal motivo para establecer estrategias que aumente la disponibilidad de la flota vehicular y disminuya el rechazo de producto.

Analizando el histórico de falla del año 2017 se identifica que 35 vehículos internacional 4300 han tenido fallas relacionadas con uno de sus componentes en el sistema neumático de frenos sin tener consecuencias fatales, al realizar la verificación en el software de mantenimiento CMMS (computerized maintenance

management system), la estrategia de mantenimiento asociada al sistema neumático de los frenos de los vehículos se identifica que las tareas están enfocadas a limpieza y lubricación.

Para lo que va corrido del año en la empresa Postobón S.A presenta retrasos en las entregas debido a las paradas no programadas y sobre costos por reparaciones de emergencia, lo cual afecta directamente los indicadores de disponibilidad y rechazos.

Por el anterior se propone un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para identificar los modos de falla, efectos y criticidad, para eliminar o mitigar las consecuencias de este componente que afectan la confiabilidad de este sistema neumático de frenos y establecer una estrategia de mantenimiento que garantice la confiabilidad y aumente la disponibilidad de los vehículos internacional 4300, además enfocado y aplicado correctamente se logrará mejoras en la efectividad del mantenimiento teniendo relevancia en el desempeño de los vehículos.

2. MARCO TEORICO.

2.1 HISTORIA DEL RCM.

Durante los últimos 20 años, el mantenimiento en la industria ha cambiado, a diferencia de cualquier otra disciplina gerencial, estos cambios se deben principalmente al aumento en número y variedad de los activos físicos (planta, equipamiento, edificaciones) que deben ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento, y una óptica cambiante en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades.

Los gerentes en todo el mundo están buscando un nuevo acercamiento al mantenimiento. Quieren evitar arranques fallidos y callejones sin salidas que siempre acompañan a los grandes cambios, para poder lograr esto se profundizó en una filosofía diferente del mantenimiento llamada mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM, esta filosofía genera una relación entre los activos físicos existentes, quienes lo usan y las personas que los mantienen.¹

Desde el punto de vista técnico hay dos elementos que considerar en la gestión de cualquier elemento físico, donde primero deben mantenerse y de vez en cuando puede que haga falta modificarlos.

“Algunos diccionarios definen mantener como la causa para continuar o para mantener en un estado existente, ambas definiciones ponen de manifiesto que el mantenimiento significa la preservación de algo, pero cuando tenemos que tomar decisión de algo nos preguntamos ¿qué es lo que deseamos que continúe? ¿Cuál es el estado existente que deseamos preservar?”.²

El RCM fue desarrollado a fines de los sesenta por la industria aeronáutica, la cual se vio en la necesidad de ver mejor el mantenimiento según se estaba desarrollando entonces (mantenimiento preventivo, mayormente desarrollado por recomendación hechas por el fabricante de partes). Esta forma de mantenimiento

¹ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. 2004

² SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV. Introduction A Reliability-Centred Maintenance [Anónimo]. Aladon Ltda .1998 pag.1-7

imposibilitaría una eficaz operación del Boeing 747, obligando a estar mucho tiempo en tierra para realizar mantenimiento preventivo.

Los resultados fueron sorprendentes y en muy poco tiempo era la herramienta estándar de las fuerzas militares norteamericanas y de la industria nuclear. Los otros sectores fueron tentados en los años ochenta (petróleo, energía y minería), con resultados muy buenos en unos casos y decepcionantes en otros.

Según Bunny Snellock el RCM es el mantenimiento que debes hacer para que las instalaciones hagan lo que la empresa desea que hagan, en otras palabras es la alineación del mantenimiento con la misión de la empresa.

Toda aproximación del RCM se basa en responder de una manera sistemática y estructurada las siguientes preguntas:

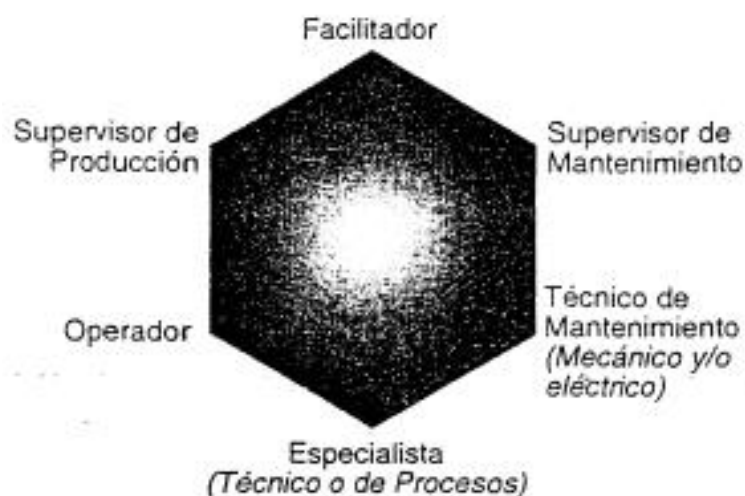
1. ¿Cuáles son las funciones y sus estándares de operación de cada sistema, tomando en cuenta el contexto operacional?
2. ¿Respecto a sus funciones como falla cada equipo?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué pasa cuando ocurre una falla?
5. ¿Cuál es el impacto real de cada falla?
6. ¿Cómo se puede prevenir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no es posible prevenir una falla funcional?³

Se ha visto como el proceso del RCM incorpora 7 preguntas básicas. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar todas las preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las respuestas pueden proporcionarlas el personal operativo o el de producción, esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado los

³ DURAN, Jose Reverse RCM, The Woodhouse Partnership Limited, 1999 pag.1-5

efectos de las fallas y la consecuencia de los mismos. Por esta razón se sugiere que un grupo de revisión RCM debería incluir personal indicado como son: un facilitador, por lo menos una persona del área de supervisión de mantenimiento, un técnico de mantenimiento, un supervisor de producción y una persona de operaciones, ver Figura 6. La antigüedad de los miembros del grupo no es importante, lo importante es tener un amplio conocimiento de los equipos que se están analizando.⁴

Figura 6. Representación grupo revisión RCM



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad II. Asheville, North Carolina: Edición en Español. Aladon, 2004. p.17.

La implementación del RCM debe llevar a equipos más seguros y confiables, reducciones de costos (directos e indirectos), mejora en la calidad del producto, y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente. El RCM también está asociado a beneficios humanos, como mejora en la relación entre

⁴ SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV. Introduction A Reliability-Centred Maintenance [Anónimo]. Aladon Ltda .1998 pag.1-7

distintas áreas de la empresa, fundamentalmente un mejor entendimiento entre mantenimiento y operaciones.⁵

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos. El RCM asegura que un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga en el tiempo.

La filosofía del RCM se fundamenta en:

- Evaluación de los componentes de los equipos, su estado y su función.
- Identificación de los componentes críticos.
- Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.
- Chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos mediante permanente revisión y análisis. ⁶

La confiabilidad operativa tiene como propósito fundamental buscar el origen de los fallos de los equipos, trabajando sobre las causas y no sobre los efectos (síntomas). Tiene la particularidad de ser una metodología proactiva, es decir que se adelanta a los fallos, sin embargo, es también totalmente aplicable a situaciones reactivas o cuando la falla ya ocurrió.

Existen diversos beneficios importantes que se obtienen con la Confiabilidad Operativa, entre los que destacan, además de aumentar la disponibilidad de los activos de forma sustancial, lo cual no es nada trivial, la posibilidad de bajar costos financieros de la empresa de forma significativa, y esta es una de las mejores alternativas que poseen las organizaciones para aumentar su competitividad y uno de los requisitos del Mantenimiento de Clase Mundial.

⁵ FIBERTEL Juan. RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2007.

⁶ JONES, Richard. Risk Based Management: A reliability – Centered Approach. Houston, Gulf Professional Publishing, 1995.

Lo anterior se logra disminuyendo gastos innecesarios relativos al mantenimiento, al evitar fallas, haciendo que los equipos cumplan con su función, mediante análisis y cálculos para disponer solo de reparaciones necesarias en planta. Por lo general, las organizaciones que no aplican RCM, tienen una elevada cantidad de reparaciones que no se necesitan, lo que aumenta los costos y las que son verdaderamente necesarias no se tienen, lo que disminuye la disponibilidad técnica.

Finalmente el personal que trabaja con esta Metodología se vuelve experto en el funcionamiento de los equipos analizados, además de profesionalizar al departamento de mantenimiento, al proponer nuevas soluciones para evitar los fallos, al ser el RCM un proceso de mejora continua basado en hechos y evaluando riesgos proporciona una política de mantenimiento sólida.⁷

2.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

Para el desarrollo de este trabajo es fundamental tener presente los conceptos que se utilizan para el RCM como son: fallas funcionales, funciones, fallas funcionales, modos de falla, efecto de falla y consecuencias de la falla.

2.2.1 Fallas funcionales.⁸ Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas del funcionamiento asociadas al activo. El único hecho de que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por el comprador es alguna clase de falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de una falla. Sin embargo antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla necesitamos identificar que fallas pueden ocurrir. El proceso de RCM los determina de dos maneras:

⁷ MEDINA, Jorge. ¿Para qué sirve el RCM? ¿Qué beneficios ofrece? 2015.

⁸ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Ed en español. Carolina del Norte: Aladon, 2000. p. 8.

- Identificar las circunstancias que llevaron a la falla.
- Que eventos pueden causar de que el activo falle.

En el mundo del RCM los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

2.2.2 Modos de Falla. Un modo de fallo está definido como todos los hechos posibles que puedan haber causado cada estado de falla.⁹

Los modos de falla razonablemente posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto operacional, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

La mayoría de las listas tradicionales de modos de fallas incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debería incluir fallas causadas por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento), errores de diseño, también es importante identificar las causas de cada falla con suficiente detalle de asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentando tratar síntomas en lugar de causas reales, de igual modo es importante asegurarse de no malgastar el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiado en los detalles.

2.2.2 Efecto de falla. El cuarto paso en el proceso en el RCM tiene que ver con realizar un listado de los efectos de falla que describen lo que ocurre con cada modo de falla.¹⁰

⁹ Ibíd., p. 9.

¹⁰ Ibíd., p. 10.

Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla como son:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si la hay).
- Que daños físicos (si la hay) han sido causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla trae asombrosas y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el rendimiento y la seguridad, así como también eliminar el desperdicio.

2.2.3 Consecuencia de la falla. Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente muestre entre tres mil y diez mil posibles modos de fallas. Cada una de ellas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones, también pueden afectar a la calidad el producto, el servicio, la seguridad o el medio ambiente.

Todas para ser reparadas dependen del tiempo y el dinero.¹¹

Son todas estas consecuencias las que más influyen el intento de prevenir cada falla. Si una falla tiene serias consecuencias, se debe realizar un esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado si no tiene consecuencias o son leves quizás se debe definir no realizar mantenimiento de rutina, que una actividad de limpieza e inspección y lubricación básica.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas porque sí, sino evitar o reducir las consecuencias de fallas. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en 4 grupos de la siguiente manera:

¹¹ Ibíd., p. 11.

- **Consecuencia de Falla oculta:** Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencia seria y hasta catastrófica (la mayoría están asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente).
- **Consecuencia ambientales y para la seguridad:** Una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencia ambiental si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- **Consecuencias Operaciones:** Una falla tiene consecuencias operacionales cuando afecta a la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación).

2.2.4 Tareas proactivas. Estas tareas son aquellas que se realizan antes que ocurra una falla, para prevenir que el activo llegue a estado de falla. Abarca lo que se conoce como mantenimiento predictivo y preventivo.

El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis de la idea de que toda falla es negativa y debe ser prevenida, de esta manera focaliza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tiene el mayor efecto sobre el desempeño.

2.2.4.1 Tareas preventivas. La primera generación de mantenimiento tuvo el paradigma de que el principal motivo de las fallas ocurridas en un activo estaba asociadas a la edad, al envejecimiento del activo.

Cuando se habla de que la falla está asociada a edad se está diciendo que la falla puede ser causada por fatiga, oxidación, corrosión, evaporación o desgaste.

Para reducir la incidencia de estos modos de falla existen las tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica.

Las tareas de reacondicionamiento cíclico consisten en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición o estado.¹²

Las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento.¹³

2.4.4.2 Tareas predictivas. Las tareas predictivas o tareas a condición consisten en chequear si hay fallas potenciales, para que se pueda actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional.

Para chequear si hay fallas potenciales, existen cuatro categorías de técnicas a condición:

- Técnicas de monitoreo de condición.
- Técnicas basadas en variaciones en la calidad del producto.
- Técnicas de monitoreo de los efectos primarios.
- Técnicas de inspección basadas en los sentidos humanos.

2.4.5 Diagrama de Decisión del RCM.

El diagrama de decisión es la herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM. A partir del árbol lógico de decisión se obtienen las respuestas a las preguntas, ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla? ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? Las respuestas a las preguntas del diagrama de decisión se consignan en la hoja de decisión.

¹² Ibid., p. 133.

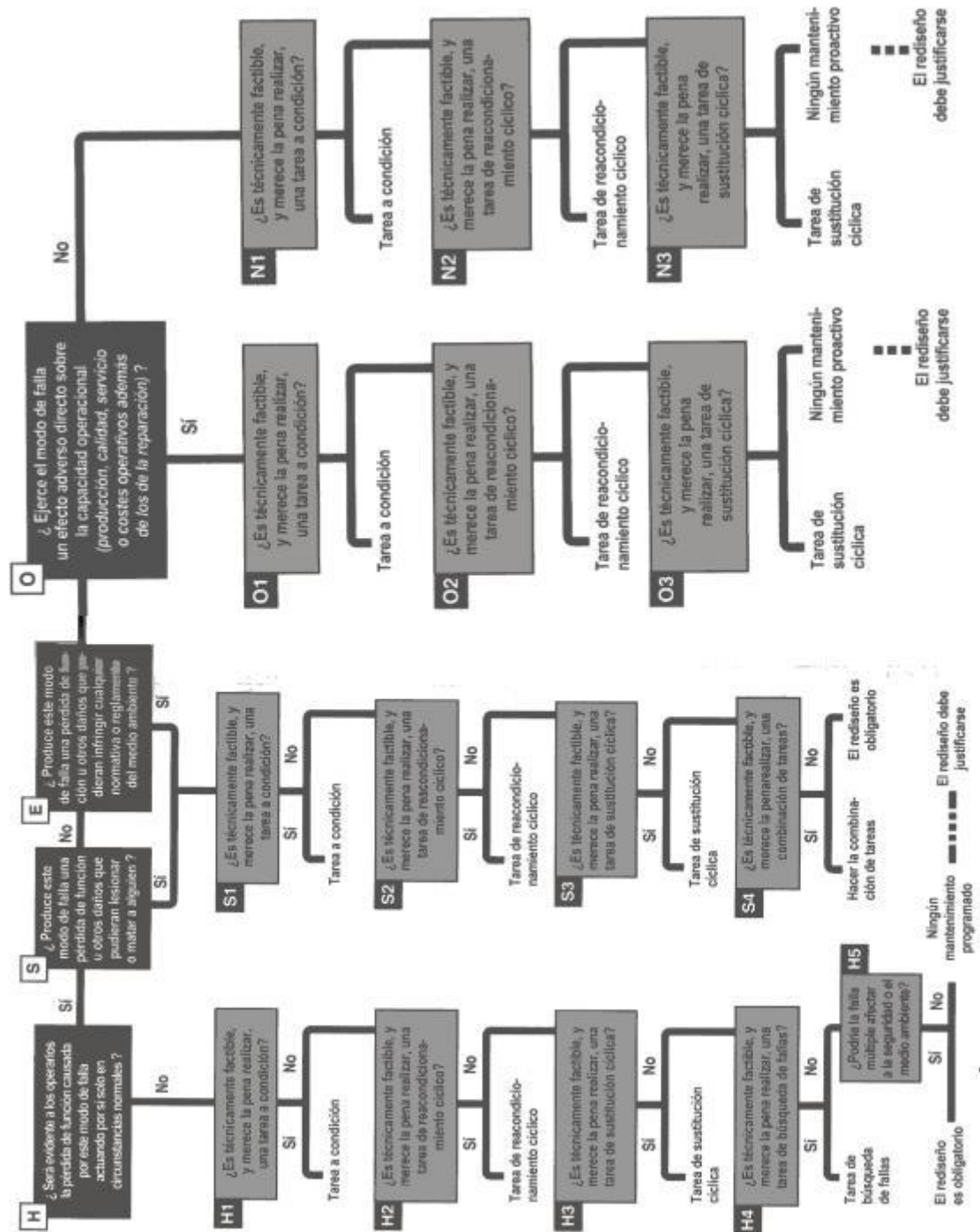
¹³ Ibid., p. 134.

2.4.5.1 Hoja de decisión.

En la hoja de decisión se registra:

- Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.
- Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma una decisión deliberada de dejar que ocurran las fallas. Ver figura 7.

Figura 7. Diagrama de decisión.



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad II. Asheville, North Carolina: Edición en Español. Aladon, 2004. p. 204-205.

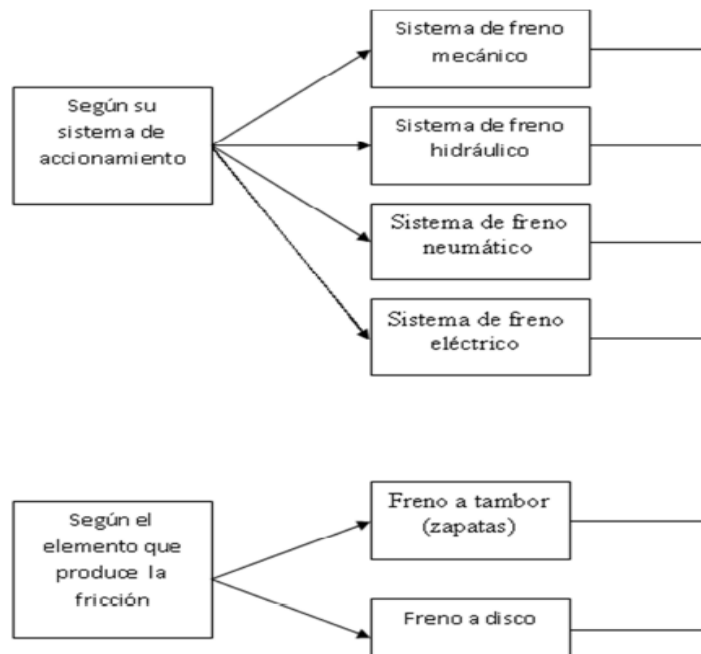
3. MARCO CONCEPTUAL.

Desde la aparición del automóvil, los fabricantes se han preocupado por aumentar la seguridad de los mismos, tomando al sistema de frenos como el factor más importante.

Los primeros sistemas eran ineficientes, puesto que producían desgaste de los materiales que los componía. Luego fueron evolucionando tanto sus componentes como en su forma de accionamiento (mecánico, hidráulico, neumático entre otros) Ver figura 8, haciéndolos más rápidos, efectivos y obteniendo seguridad.

Debido a la variedad de sistemas de frenado, podemos dividir al sistema de frenos de la siguiente manera.

Figura 8. Clasificación de los sistemas de frenos



Fuente: VELASTEGUÍ CARRILLO, Andrés Josué. Los Materiales de Fricción y su Influencia en la Eficiencia de Frenado. Tesis de Licenciatura en Electromecánica. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Colegio de ciencias e Ingeniería, 2015, 15p.

3.1 DEFINICIÓN DE FRENOS.

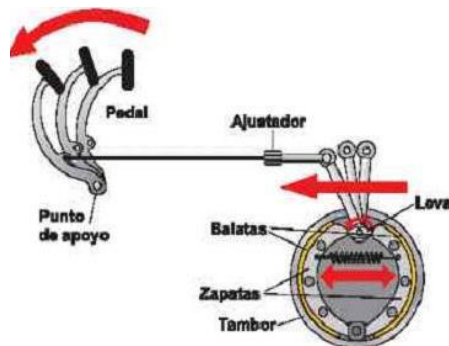
Es el conjunto de elementos que intervienen en el frenado y que tienen por función disminuir o anular la velocidad de un vehículo, estabilizar la velocidad según el requerimiento y/o mantener el vehículo inmóvil.

Todo sistema de frenado funciona por medio de la aplicación de un esfuerzo ejercido a expensas de una fuente de energía ya sea: mecánica, neumática, hidráulica entre otras, el dispositivo de frenos se compone de un mando, de una transmisión y del freno como dispositivo.

3.1.1 Tipo de sistemas de frenos.

3.1.1.1 Sistema de freno mecánico. En el sistema de freno mecánico, la fuerza aplicada al pedal se transmite a las zapatas de frenos de las diversas ruedas por medio de varillas o cables, así la leva logra accionarse abriendo las zapatas que a su vez entran en contacto con la superficie interna del tambor disminuyendo la velocidad del vehículo. Está compuesto por las zapatas, resortes, pernos, leva, tambor entre otros. Las zapatas de freno están articuladas en un extremo y el otro es accionado por una leva que abre las bandas produciendo el contacto entre el recubrimiento de la zapata y la banda, la cual produce una fuerza de rozamiento que es capaz de detener el vehículo, como lo muestra la Figura 9.

Figura 9. Sistema de freno mecánico



Fuente: El plagio: más allá del copiar y pegar, un asunto de profundas repercusiones legales. [en línea]. [Recuperado el: 22 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://hola-mecanicaautomotriz.blogspot.com/2012/01/sistema-de-frenos.html>

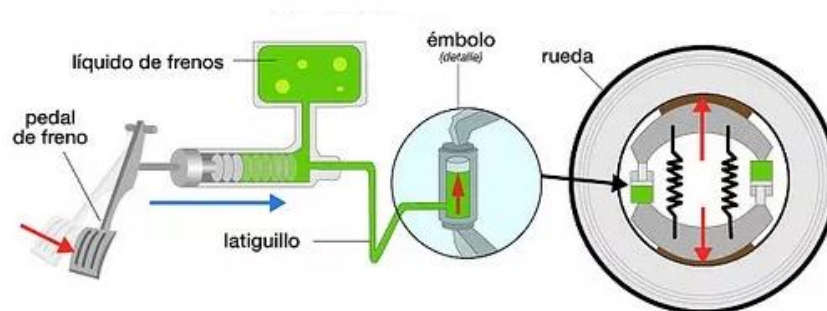
Antiguamente el sistema de frenos mecánico era muy seguro, pero debido a que los vehículos actuales desarrollan velocidades mayores y principalmente la dificultad de mantener un frenado uniforme en todas las ruedas, fue necesario el diseño de nuevos sistemas entre ellos el freno hidráulico y neumático.

3.1.1.2 Sistema de freno hidráulico. La base principal del funcionamiento del sistema de frenos hidráulico es la aplicación de una fuerza a través de un fluido, ejercida por el conductor del vehículo sobre el pedal, transmitiéndola al sistema de frenos para detener las ruedas del vehículo con el mínimo esfuerzo posible.

El primer amplificador que se encuentra es el pedal y dependiendo de su mayor o menor longitud amplifica la fuerza.

El segundo elemento amplificador es el servofreno, lo cual el motor crea una diferencia de presiones, vacío en un lado y presión atmosférica al otro; el conductor al accionar el freno del vehículo el sistema hidráulico reduce el esfuerzo al realizar el frenado. Entre mayor sea el diámetro mayor será la amplificación. Como tercera ayuda está el sistema hidráulico comprendido entre el cilindro maestro (bomba) y los cilindros receptores (de rueda), a mayor diferencia entre las áreas de los pistones del cilindro maestro y de los pistones del cilindro de rueda, mayor amplificación se obtendrá. Ver figura 10.

Figura 10. Sistema de freno hidráulico



Fuente: ARLECO PRODUCCIONES. ¿Qué son los frenos hidráulicos? ¿Cómo funcionan? [En línea]. [Recuperado el: 22 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.blogicars.com/2013/06/%C2%BFque-son-los-frenos-hidraulicos/>

Entre más grande sea el diámetro de los cilindros en las ruedas y más pequeño el de la bomba, la amplificación de la fuerza de frenado es mayor. Al llegar al final del sistema encontramos que las zapatas son otro amplificador que actúan como una palanca mecánica y su efecto es directamente proporcional a la longitud, entre el punto de apoyo (anclaje) y el punto en que se aplica la fuerza (del pistón). El elemento que se encuentra en movimiento es la campana en conjunto con la rueda y sobre aquella actuarán las zapatas para detener el movimiento (Freno de tambor). A mayor diámetro de campana mayor potencia. En el freno de disco, el elemento que gira es el rotor (Disco) y contra él se apoyarán las pastillas para inmovilizarlo.¹⁴

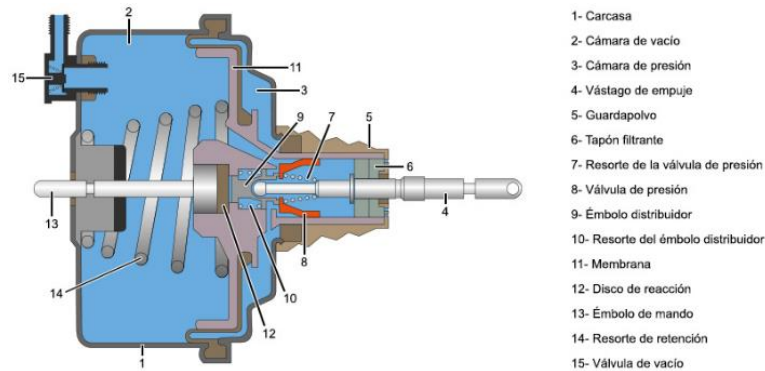
El servofreno es el elemento que ayuda al conductor en la acción de frenado. Su función es incrementar la fuerza que ejerce el conductor sobre el pedal de freno, mejorando considerablemente la frenada. Ver figura 11. En los automóviles se utilizan principalmente dos tipos de servofrenos:

- a) Mastervac: Se instala entre el pedal de freno y la bomba, se coloca teniendo en cuenta la situación del pedal de freno.
- b) Hidrovac: Se instala entre la bomba de frenos y los cilindros receptores se coloca en cualquier sitio (alrededor del motor).

Si en algún momento el servofreno sufre alguna avería, los frenos deben seguir funcionando y son accionados únicamente por la fuerza del conductor sobre el pedal.

¹⁴ HIDALGO BATISTA, Alexbier. Sistema de freno hidráulico. [En línea] (Recuperado el 21 de agosto 2018) Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-hidraulicos/sistema-frenos-hidraulicos.shtml>

Figura 11. Booster de vacío o servofreno



Fuente: ARLECO PRODUCCIONES. ¿Qué son los frenos hidráulicos? ¿Cómo funcionan? [En línea]. [Recuperado el: 22 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.blogicars.com/2013/06/%C2%BFque-son-los-frenos-hidraulicos/>

3.1.1.3 Sistema de freno Neumático.¹⁵ Es un sistema versátil y seguro, de fácil adaptación a vehículos de diversa capacidad. Su funcionamiento se basa en la energía potencial del aire comprimido y a los elementos que componen el sistema, que multiplican las fuerzas para un frenado potente. Dentro de los principales componentes del sistema están el compresor y las diversas válvulas que controlan, distribuyen, direccionan y regulan el paso de aire, que hacen que se muevan los actuadores mecánicos que transmiten la energía a los elementos de fricción para producir el bloqueo o frenado de las ruedas. Los equipos originales de freno neumático más conocidos son las marcas BENDIX, KNORR BREMSE y WABCO.¹⁶ En la figura 12, se muestra el esquema de los componentes del sistema de freno neumático de la marca WABCO.

¹⁵ RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea] (Recuperado el 21 de agosto 2018). Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNNoticias1.html>

¹⁶ MASAN PARTS. Sistema de freno neumático. [En línea] (Recuperado el 21 de agosto 2018). Disponible en: https://kipdf.com/sistema-de-frenos-neumaticos_5ab749e51723dd439c970fb7.html

Figura 12. Esquema Frenos neumáticos marca WABCO.



Fuente: ALIBABA. VIT marca WABCO camión y remolque neumáticos de sistema de freno de válvula de freno de aire. [En línea]. [Recuperado el: 22 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/vit-brand-wabco-truck-and-trailer-pneumatics-brake-system-air-brake-valve-60421413003.html>

Su funcionamiento es: al accionar el pedal el aire es empujado por el compresor (1) al depósitos de aire (6) que está protegido de sobre presurización por la Válvula de protección de cuatro vías (5). El regulador de presión (2) controla la presión en el reservorio gobernando el compresor. El aire está disponible desde los depósitos de aire hasta la válvula de freno de servicio (9).

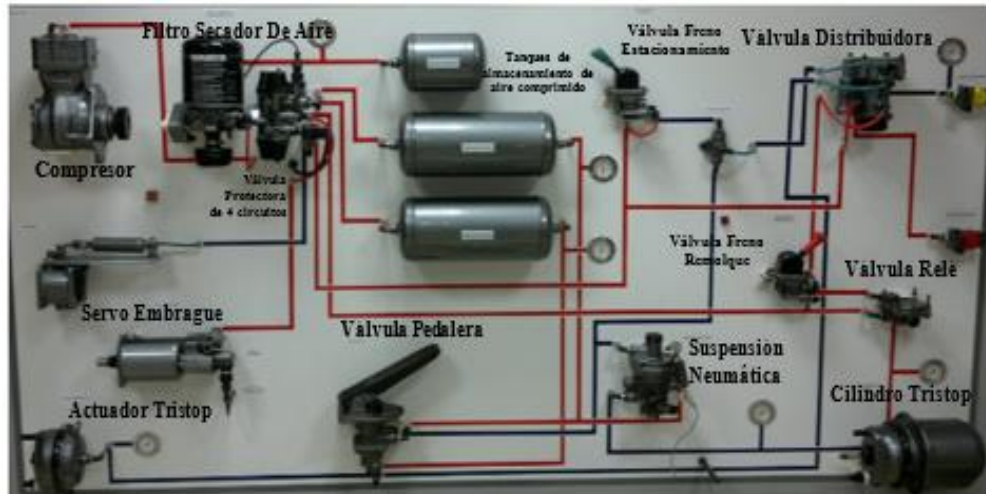
El conductor al accionar el pedal la válvula de freno de servicio (9) permite el paso de aire por las mangueras o ductos de los frenos delanteras (10) y en las cámaras de los frenos traseras (12). En la cámara de freno las varillas de empuje mueven los tensores los cuales accionan las cámaras forzando a las zapatas de freno hacer contacto con el tambor así logrando detener el vehículo.¹⁷

¹⁷ VELASTEGUI CARRILLO, Andrés Josué. Los Materiales de Fricción y su Influencia en la Eficiencia de Frenado. Tesis de grado Licenciatura en Electromecánica y Administración Automotriz. Quito: Universidad Francisco de Quito. Colegio Ciencias e ingeniería 2015. 22-25 p

3.1.1.4 Componentes del circuito del Freno neumático.

A continuación se realiza despiece del sistema del freno neumático. Ver figura 13.

Figura 13. Esquema sistema de freno neumático



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Compresor de Aire:** Se encarga de producir el aire comprimido y distribuirlo transformado en energía. 10 litros de aire atmosférico se transforman en 1 litro de energía. Los compresores varían de acuerdo con la capacidad volumétrica de generación de aire comprimido y está sujeto a las especificaciones de cada fabricante de vehículos. El compresor es movido por el motor del vehículo que aspira el aire, lo comprime y lo envía a uno o dos depósitos, donde queda almacenado a presión para luego ser distribuido al sistema.¹⁸. Ver figura 14.

¹⁸ RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea] (Recuperado el 21 de agosto 2018). Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

Figura 14. Compresor de Aire



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Filtro Secador de Aire:** El propósito del filtro secador es retener partículas de agua para que no entre al sistema de freno neumático, garantizando la vida útil del resto de componentes como válvulas. Durante el primer año de funcionamiento del vehículo el compresor no genera aceite por ser nuevo y los fabricantes de las marcas suelen colocar un filtro secador de color negro (convencional) que sólo retiene partículas de agua. Sin embargo, como recomienda el fabricante WABCO a partir del segundo año se debe cambiar el filtro negro por el filtro de color gris, cuya composición en su funcionamiento retiene agua y aceite. Ver figura 15.

Figura 15. Filtro Secador de Aire.



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Válvula Protectora de 4 circuitos:** Es la más importante de todas, su función es la de proteger el circuito de freno en caso de fallas. Es capaz de distribuir diferentes cantidades de presión a los 4 circuitos. Ver figura 16.

Cada salida debe ser regulada según la especificación del fabricante por lo tanto su regulación debe ser única y obligatoriamente en el banco de pruebas, ya que si no se lo hace de esta manera los tanques reservorios no se cargan correctamente y es peligroso porque el vehículo puede quedarse sin presión de frenado.

Figura 16. Válvula Protectora de 4 circuitos.



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Válvula Pedalera:** La función principal es modular la presión del sistema de freno de servicio a través de dos circuitos independientes (primario y secundario). Es decir que dicha válvula corresponde al pedal que acciona el conductor del vehículo de manera gradual según la necesidad de frenado en su ruta. Ver figura 17.

Figura 17. Válvula Pedalera.



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Válvula Relé:** Su función es presurizar y despresurizar rápidamente los cilindros de frenos neumáticos del vehículo. Ver figura 18.

Figura 18. Válvula Relé



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Válvula Solenoide:** Su función es de presurizar una línea de aire cuando una corriente eléctrica es aplicada a la válvula solenoide. Este tipo de válvulas, usualmente se encuentran dentro del circuito para el servicio de accesorios del vehículo. Ver figura 19.

Figura 19. Válvula Solenoide



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Cilindro Membrana:** Su función es accionar las zapatas de freno del vehículo a través de ajustador de matraca. Existen dos posiciones:
 - 1) Accionado de freno servicio entra aire a la cámara presiona el diafragma y a su vez el resorte para activar las zapatas que frenan el vehículo.
 - 2) Desactivación de freno de servicio libera el aire comprimido y a su vez libera las zapatas que frenan el vehículo. Ver figura 20.

Figura 20. Cilindro Membrana



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Cilindro Tristop:** Otra variedad de cilindro es el Tristop o pulmón cuya función es accionar las zapatas de freno trasero del vehículo a través de ajustador de matraca. (Freno de servicio y freno de emergencia). El resorte contenido en el cilindro posee una presión de 1500 kilogramos de fuerza. Ver figura 21.

Figura 21. Cilindro Tristop



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Válvula Freno Estacionamiento:** Controla gradualmente el freno de emergencia y de estacionamiento del vehículo. En caso de fallar la línea principal de frenado en uno de sus componentes los fabricantes de vehículos han contemplado como seguridad el freno de emergencia. Ver figura 22.

Figura 22. Válvula Freno Estacionamiento



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Válvula Distribuidora:** Su función es controlar el freno de servicio y emergencia del semi-remolque. Ver figura 23.

Figura 23. Válvula Distribuidora



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Válvula Sensible a la Carga:** Esta válvula permite controlar la presión en cámaras de freno de servicio (posterior) en función de la carga del vehículo.
- **Suspensión Mecánica:**

Figura 24. Válvula Sensible a la Carga Mecánica



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Suspensión Neumática**

Figura 25. Válvula Sensible a la Carga Neumática



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

- **Servo Embrague:** Su función principal es reducir el esfuerzo del pedal de embrague y transmitir un accionamiento fácil y preciso. Tiene 2 posiciones: desacoplamiento y acoplamiento al embrague. Su funcionamiento es hidráulico y neumático. Ver figura 26.

Figura 26. Servo Embrague



Fuente: RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea]. [Recuperado el 21 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

3.1.1.5 Generalidades del sistema de freno neumático.

- **Suministro de aire:** El compresor del vehículo toma aire filtrado, ya sea de la presión atmosférica (o de una presión incrementada, en algunos casos del turbo cargador del motor) y lo comprime. El aire comprimido es entregado al secador de aire donde se quita el agua y una pequeña cantidad de aceite. El aire luego viaja a los tanques de aire el cual es entregado a los tanques del sistema del freno trasero y delantero respectivamente, como también a los tanques que se encuentran en el remolque en caso de que exista. Para cada sistema, el aire presuriza el tanque y las mangueras de aire todo el recorrido hasta la próxima válvula de control, donde la presión de aire permanece lista para ser usada. Un vehículo puede usar aire comprimido para varias cosas. Algunos ejemplos son: suministra fuerza para frenar; entrega de aire a un componente particular, etc.
- **Frenado normal:** Cuando el conductor aplica el pedal del freno, un émbolo de empuje que está dentro de la válvula del freno de pedal se mueve, abriendo canales dentro de la válvula que permite a la presión del aire esperar ahí para que pase y sea entregada a los frenos de sistema delantero y trasero. La presión se aumenta rápidamente en las cámaras del freno y aplica fuerza a la varilla de empuje, transfiriendo la fuerza al freno de aire de disco o campana.

Fuerzas de rozamiento disminuyen la velocidad de las ruedas y el vehículo comienza a parar. Cuando los frenos se sueltan, el aire en las cámaras del freno se libera rápidamente y permite al conductor conducir el vehículo.

- **Estacionamiento del vehículo:** Los vehículos son estacionados usando resortes potentes, los cuales hacen parte del ensamblaje del freno de resorte, para engranar los frenos y detener el vehículo. Cuando el conductor se prepara para mover el vehículo y suelta los frenos de estacionamiento, la fuerza del resorte es contraria a la de la presión de aire. Las características de la válvula anti-compoundaje están diseñadas para ayudar a prevenir la aplicación junta, tanto del freno de servicio como del de resorte.
- **Frenada de emergencia:** En situaciones de emergencia, donde la presión del sistema se reduce o se pierde, las reglas del gobierno exigen que los vehículos tengan ciertas normas para las distancias de paradas especificadas. Por ejemplo, algunos diseños de sistemas para camiones de carga usan aplicaciones de freno de estacionamiento modulada para hacer que el vehículo se detenga.¹⁹

3.1.1.6 Sistema de frenos electrónicos: Su función principal es transformar la presión del pie sobre el freno a una señal electrónica que va a un aparato informático situado del asiento del pasajero. Este ordenador envía una señal electrónica a unas válvulas y cilindros que activan los frenos de disco del camión y del remolque respectivamente. Ver figura 27.

El sistema de frenada electrónica (EBS) ayuda a los conductores a conseguir una frenada equilibrada, estable e inmediata aumentando la seguridad.

¹⁹ BENDIX. Manual de frenos de aire. [En línea] (Recuperado el 30 de agosto 2018) Disponible en: <https://www.bendixvrc.com/itemDisplay.asp?documentID=5773>

Lo más interesante del sistema EBS es que la mayor parte de su avanzada tecnología en forma de sensores y sistemas informáticos, permanecen invisibles para los conductores, sus usuarios más importantes. Como afirma Sten Lundgren, Senior “No tienes que ser un ingeniero para conducir un camión”

Technical Manager de frenos en Scania. “Frenar un camión tiene que ser algo fácil y sencillo como un coche. Los conductores tienen que prestar atención sólo a la carretera y no a los frenos”

Figura 27. Dispositivo EBS



Fuente: SCANIA HISPANIA. Una frenada más suave y segura gracias al Scania EBS [En línea]. [Recuperado el 22 de agosto 2018] Disponible en: <https://newsroom.scania.com/es/2010/03/12/una-frenada-mas-suave-y-segura-gracias-al-scania-ebs/>

El resultado es una frenada inmediata, estable y equilibrada que es superior a la mayor parte de las frenadas neumáticas. No obstante, y por motivos de seguridad, todos los camiones y autobuses están equipados con un sistema de frenado neumático de seguridad complementario integrado en el sistema EBS.

El sistema EBS para camiones fue integrado presentado por Scania en 1996 y desde entonces se han añadido nuevas funcionalidades.

Lo ideal es que todas las ruedas circulen a la misma velocidad. Cuando no sucede así como por ejemplo, en carreteras heladas, el sistema ESP que es una opción

del EBS, se pondrá en funcionamiento e intentará corregir la situación frenando las ruedas en el sentido contrario del de deslizamiento.

El sistema EBS incluye un gran número de dispositivos que incluyen los frenos antibloqueo (ABS), asistencia para la frenada de emergencia, control de tracción, ayuda de arranque en pendiente, aviso de temperatura de los frenos y control del nivel de desgaste de los frenos. El sistema de gestión de los frenos controla la velocidad de giro de las ruedas y lo corrige cuando se produce una desviación. El objetivo es que sea lo más bajo posible y utilizar al máximo el Retarde. “El EBS no sustituye el trabajo del conductor simplemente ayuda a incrementar la seguridad del camión” indica Sten Lundgren.²⁰

El EBS puede mejorar el rendimiento del sistema de freno de aire, proporcionando:

- **Balance:** en condiciones normales las presiones pueden ser balanceadas para proveer un mejor desgaste de las zapatas .
- **Proporción:** al aplicar un frenazo fuerte, el sistema entra en un modo de proporcionalidad, aplicando fuerza al frenado con respecto a la carga sometida y la velocidad de rotación de las ruedas.
- **Antibloqueo:** el EBS al controlar la presión en las cámaras de freno en todo momento y en cualquier condición, al contrario del ABS que solo funciona sobre ciertas condiciones y factores de freno (Bennett, Modern Diesel Technology: Brakes, Suspension & Steering Systems, 2007)

²⁰ SCANIA HISPANIA. Una frenada más suave y segura gracias al Scania EBS [En línea][Recuperado el 22 de agosto 2018] Disponible en: <https://newsroom.scania.com/es/2010/03/12/una-frenada-mas-suave-y-segura-gracias-al-scania-ebs/>

4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

Como principio se obtiene información del sistema de frenos neumático de los vehículos internacionales 4300 mediante manuales de partes y operación, esto con el fin de conocer las condiciones de operación del sistema de frenos, con lo anterior se plantea realizar un modelo de un mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) implementando la metodología de análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC)

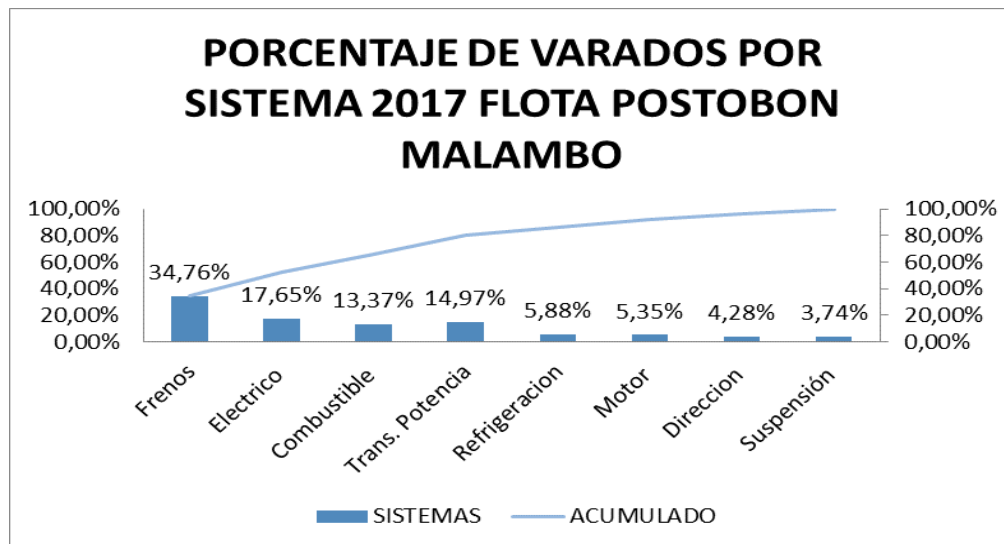
Se establece los límites del sistema neumático de frenos de los vehículos, organizando cada sub sistema con sus entradas y salidas para de esta forma determinar la criticidad de los componentes.

Como último paso, se establece los modos de falla y efectos, se plantean las tareas que se deben ejecutar y la frecuencia en las que se deben realizar dichas tareas, esto con base a los datos obtenidos del histórico de fallas los vehículos de la planta Postobón Malambo - Atlántico , con el fin de evitar que los componentes fallen.

4.1 AUDITORIA DEL DEPARTAMENTO DE MTTO VEHICULOS.

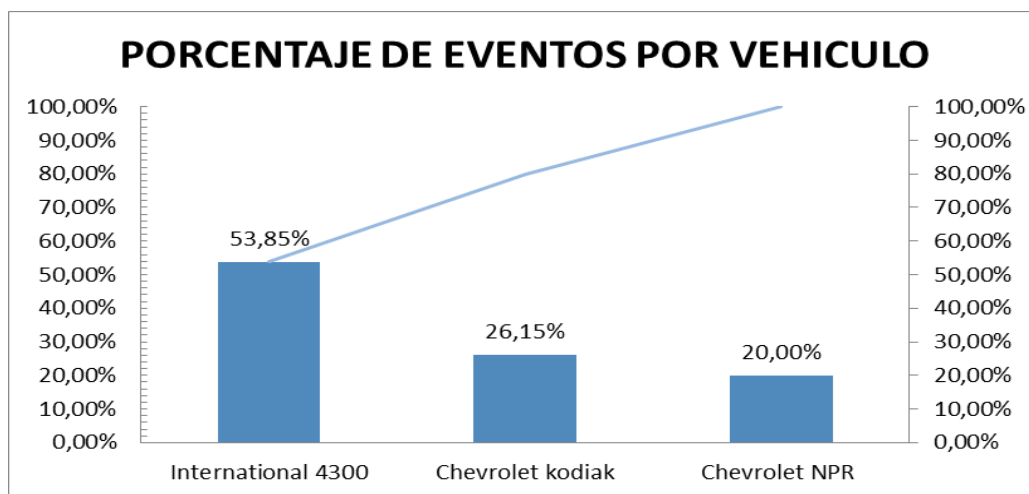
En la actualidad los vehículos de Postobón Malambo - Atlántico no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad, luego de realizar un seguimiento durante el año 2017, se identifica que el sistema neumático de frenos participó con un 34,76% de eventos en ruta, como consecuencia dejo fuera de servicio el vehículo en ruta. Ver figura 28.

Figura 28. Porcentaje de varados Por Sistema 2017 Flota Postobón Malambo



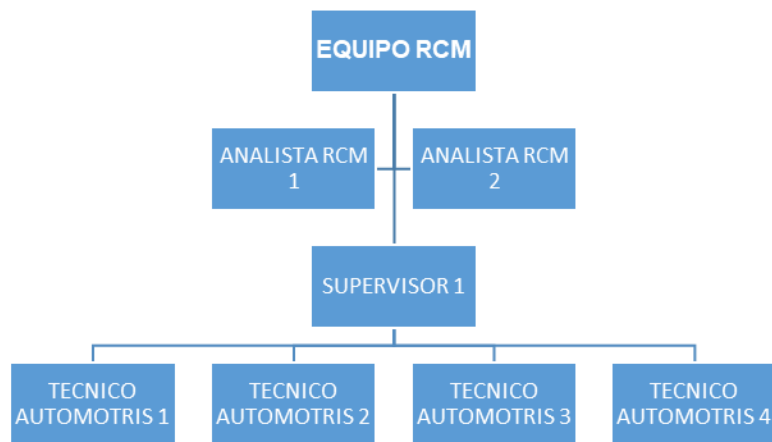
Con base en lo anterior el sistema frenos era el de mayor oportunidad de mejora, se procede a identificar qué tipo de vehículo de la flota de Postobón Malambo - Atlántico ha generado el mayor número de paradas en ruta. Ver figura 29.

Figura 29. Porcentaje de eventos.



Con base a los resultados mostrados en las gráficas anteriores se procede a realizar el diseño de un mantenimiento centrado en confiabilidad utilizando la herramienta de análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC). Para la ejecución de la metodología se estableció el siguiente equipo de trabajo conformado por integrantes del área de mantenimiento de la flota de vehículos de la compañía Postobón Malambo - Atlántico. Ver figura 30.

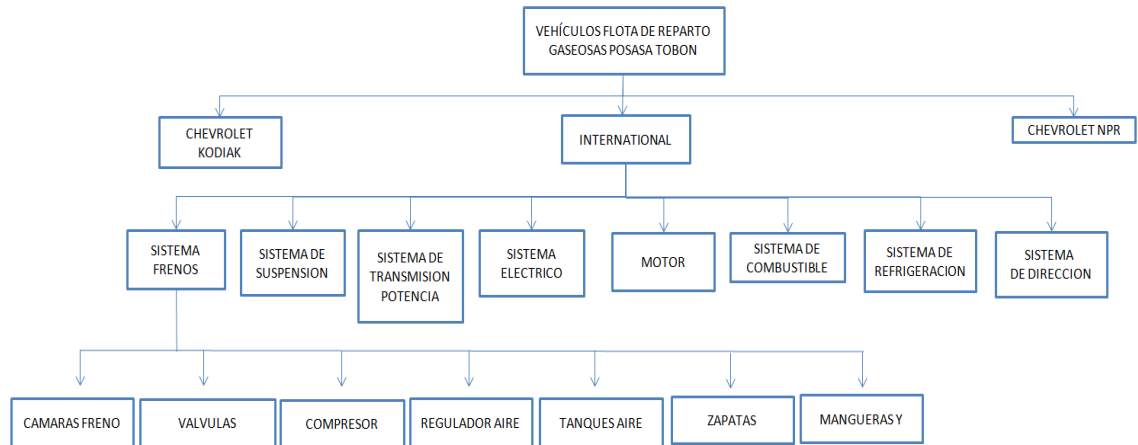
Figura 30. Equipo RCM Postobón Malambo.



4.2 DEFINICIÓN DE FRONTERAS.

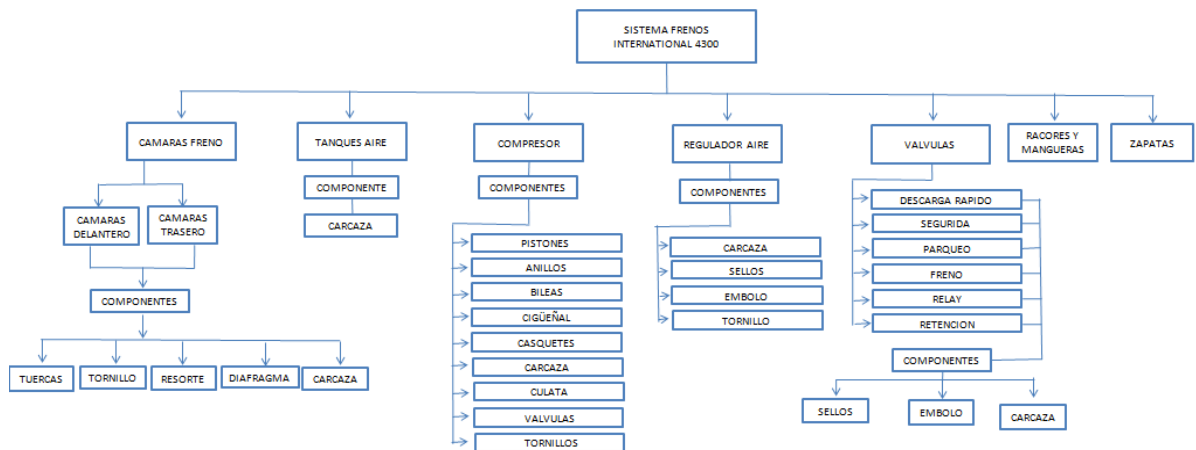
Teniendo como base los datos anteriores se selecciona los vehículos de la línea International 4300, En la figura se establece la taxonomía de los vehículos que componen la flota de reparto. Ver figura 31.

Figura 31. Taxonomía flota Postobón Malambo - Atlántico.



4.2.1 Taxonomía del sistema de frenos neumáticos: Los elementos descritos en la siguiente figura serán materia de estudio en la monografía. Ver figura 32.

Figura 32. Taxonomía sistema neumático frenos.



4.3 CONTEXTO OPERACIONAL

Los vehículos utilizados para la distribución secundaria de Postobón Malambo - Atlántico son empleados para transportar y realizar la entrega del producto terminado a los diferentes clientes en la ciudad de Barranquilla y poblaciones cercanas.

Se garantiza que el producto sea entregado en óptimas condiciones cumpliendo con todas las normas de calidad e inocuidad, por tal razón los vehículos son sometidos a rigurosas campañas de lavado y fumigación contra todo tipo de plagas, adicionalmente los vehículos son inspeccionados diariamente de forma visual.

Se sustentó en la meta estratégica grande y ambiciosa (MEGA) de la compañía, se debe garantizar la presencia de los productos de Postobón en todos los rincones del país, por lo tanto Postobón Malambo - Atlántico realiza esta labor para todo el departamento del atlántico, lo cual obliga a la compañía a tener una flota de reparto impecable, para que la entrega del producto sea a tiempo, cabe resaltar que los vehículos son expuestos a diferentes condiciones como terrenos sin pavimentar, de difícil acceso, con paso restringido que lleva a los vehículos a ser forzados al uso inadecuado.

4.3.1 Condiciones Operacionales. Se realiza en base al uso de los vehículos dentro de la compañía teniendo en cuenta horas de funcionamiento, terrenos, capacidad, número de tripulación, kilómetros recorridos, consumo promedio de combustible etc. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones operacionales vehículos Inter 4300.

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
Capacidad de carga	10	Toneladas
Velocidad máxima (Ciudad)	60	Kilómetros/Hora
Número de tripulación	3	Personas
Cantidad promedio clientes	50	Clientes
Kilómetros recorridos	100	Kilómetros/Día
Horas Motor	4	Horas/Día
Cantidad Vehículos Postobón Malambo - Atlántico	120	Vehículos de reparto
Consumo promedio combustible	9	Kilómetros/Galón

Fuente: RAMON HERRERA, Omar soto. Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para el sistema electico de un vehículo internacional 4300. Monografía de grado especialización gerencia en mantenimiento. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería 2017.

4.3.2 Condiciones ambientales. El objeto de estudio como se ha mencionado se centrara en el área metropolitana de la ciudad de barranquilla, tomando como estudio los vehículos ubicados en la planta de Postobón ubicada en Malambo – Atlántico, los cuales están expuestos a condiciones climáticas diferentes desde días soleados y calurosos a épocas de lluvia intensa y alta humedad. Ver Tabla 2.

El área metropolitana al estar rodeada por el mar caribe, los vehículos presentan índices de corrosión considerables los cuales afectan la estructura del equipo.

Tabla 2. Condiciones climatológicas de Barranquilla.

CONDICION	UNIDAD
Altitud	30 m.s.n.m
Temperatura Promedio Anual	27,4 °C
Temperatura Máxima promedio Anual	32,3 °C
Temperatura Mínima promedio Anual	24 °C
Precipitación promedio Anual	821 mm
Porcentaje de Humedad	80%
Presión Atmosférica	757 mmHg
Brillo Solar	213

Fuente: RAMON HERRERA, Omar soto. Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para el sistema electico de un vehículo internacional 4300. Monografía de grado especialización gerencia en mantenimiento. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería 2017.

4.4. DEFINICION DE FUNCIONES.

Existen dos tipos de funciones: las funciones específicas, que están relacionadas con una especificación del ítem objeto de estudio (planta, área, sistema, subsistema o equipo) y las funciones generales, una serie de funciones que en general los ítems deben cumplir relación con la seguridad, el aspecto visual, etc. y que normalmente no están basadas en una especificación.

Para poder definir las funciones generales, previamente hay que analizar las especificaciones o estándares que debe cumplir el ítem analizado, ya sea un equipo, y subsistema, un sistema, un área o la planta en su conjunto. Estas especificaciones pueden encontrarse normalmente en los manuales de los equipos de fabricante, en las pruebas de aceptación, en los proyectos de ingeniería o son valores de referencia de operación. En ocasiones no se dispone de documentación detallada, por lo que hay que recurrir bien a buscar dicha información por otras vías, a estimarlas o incluso a saltarse este paso. Hay que

recordar que las especificaciones se requieren para detallar las funciones, pero si es posible detallarlas con mayor o menor precisión sin necesidad de indicar las especificaciones es una buena solución saltarse este ítem en algunos o en todos los ítems a analizar. Esta solución quitará precisión y rigor al estudio, pero en cambio hará ganar tiempo y evitará quedarse estancado justo al principio del proceso, cuando se requiere algo más de velocidad.

Las especificaciones son en general de cuatro tipos: relacionadas con suministros que el ítem requiere, relacionadas con condiciones de funcionamiento, con operaciones internas que el ítem realiza o con los productos o “salidas” del ítem analizado.

Las funciones derivan de las especificaciones. Para cada especificación hay asociada una y solo una función. Si en algún caso aparente haber dos funciones asociadas a una especificación, en realidad se trata de dos especificaciones diferentes de las que derivan dichas funciones, y habrá que detallar ambas.²¹

4.5 FALLAS FUNCIONALES.

Para determinar las fallas funcionales, se tiene en cuenta la taxonomía del sistema neumático de frenos, a continuación se presentaran las condiciones que deben cumplir dichas fallas.

4.5.1. Falla: Es la incapacidad del activo de cumplir con su función, cualquier función. Son todos los estados indeseables del sistema o equipo.

4.5.2. Tipos De Fallas.

- **Falla potencial:** Es un evento donde se detecta una pequeña degradación (medible) pero cumple con la función, es decir aun no afecta el

²¹ RCM3. Especificaciones y funciones. [En línea][Recuperado el 1 de febrero 2019] Disponible en: <http://rcm3.org/especificaciones-y-funciones>

requerimiento. Estos tipos de falla normalmente pasan desapercibidos por el personal técnico y operarios, aquí juegan un rol muy importante los Mantenimientos Predictivos.

- **Falla funcional:** Deja de cumplir con la función, sin embargo no necesariamente significa que el activo deja de funcionar. Aquí es muy importante definir los requerimientos de desempeño. Son resultado de la incapacidad de los equipos para dar su nivel de desempeño esperado. Son un síntoma o evento observable por el personal de operación y mantenimiento.²²

4.6 MODO Y EFECTOS DE FALLA.

Para determinar los modos y efectos de falla se tienen en consideración lo siguiente.

- **Modo de falla:** Se define como la manera en que una parte o ensamble puede potencialmente fallar en cumplir con los requerimientos de liberación de ingeniería o con requerimiento específicos del proceso. Se hace una lista de cada modo de falla potencial para la operación en particular; para identificar todos los posibles modos de falla, es necesario considerar que estos pueden caer dentro de una de cinco categorías: Falla total, falla parcial, falla intermitente, falla gradual, sobre funcionamiento.
- **Efectos de falla:** Se identifica las consecuencias potenciales del modo de falla; ésta actividad debe de realizarse a través de la tormenta de ideas y una vez identificadas estas consecuencias, deben introducirse en el modelo como efectos.²³

²² JORGE MEDINA. Confiabilidad RCM – Blog especializado en la confiabilidad operativa y su implementación en México [En línea][Recuperado el 1 de febrero 2019] Disponible en: <https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2016/08/21/paso-2-fallos-funcionales/>

²³ ARMANDO HIDALGO. Manual AMEF Análisis de modo y efecto de fallas potenciales[En línea][recuperado el 1 febrero 2019] Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/manual-amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-fallas-potenciales/>

4.7 ANALISIS DE CRITICIDAD.

Para determinar la criticidad de los componente del sistema neumático de frenos, se realizó una calificación de riesgo utilizando como variables la consecuencia y frecuencia de ocurrencia, Ver Tabla 3, para los diferentes componentes en los entornos de riesgo (Ambiental, Humano, Económico e Imagen). A continuación en la tabla 3, se puede observar los factores de consecuencia y frecuencia:

Tabla 3. Factores de consecuencia y frecuencia.

Consecuencia ambiental (CA)	Ponderación
Efectos irreversible	5
Efectos reversibles en menos de 2 años	4
Efectos reversibles en 6 meses	3
Efectos controlados	2
No afecta el medio ambiente	1
Consecuencia Humana(CH)	Ponderación
De uno a más muertos	5
Accidente con Incapacidad permanente	4
Accidente con incapacidad temporal	3
Accidente leve sin incapacidad	2
Ninguna	1
Consecuencia Económico(CE)	Ponderación
Gastos mayores a 100 M	5
Gastos de 10 a 100 M	4
Gastos de 1 a 10 M	3
Gastos de 0,5 a 1 M	2
Gastos menores a 0,5 M	1
Consecuencia Imagen(CI)	Ponderación
Internacional	5
Nacional	4
Regional	3
local	2
Ninguna	1
Factor de Frecuencia (FF)	Ponderación
De 6 a más eventos en el año	5
De 4 a 5 eventos en el año	4
De 2 a 3 eventos en el año	3
1 evento en el año	2
Ninguno	1

El cálculo de la criticidad se realiza a partir de los factores de frecuencia y consecuencia estipulados en la tabla 3, este procedimiento consiste en el producto entre la frecuencia y la ponderación de las consecuencias, según la cantidad de fallos presentados en los equipos y su posterior relación dentro de la matriz de criticidad (tabla 4). Es importante mencionar que la cantidad de fallos tomados para este análisis está sujeta a los equipos que presentaron fallos relevantes. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Matriz de criticidad.

FRECUENCIA	5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
	3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
	2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONSECUENCIA																					

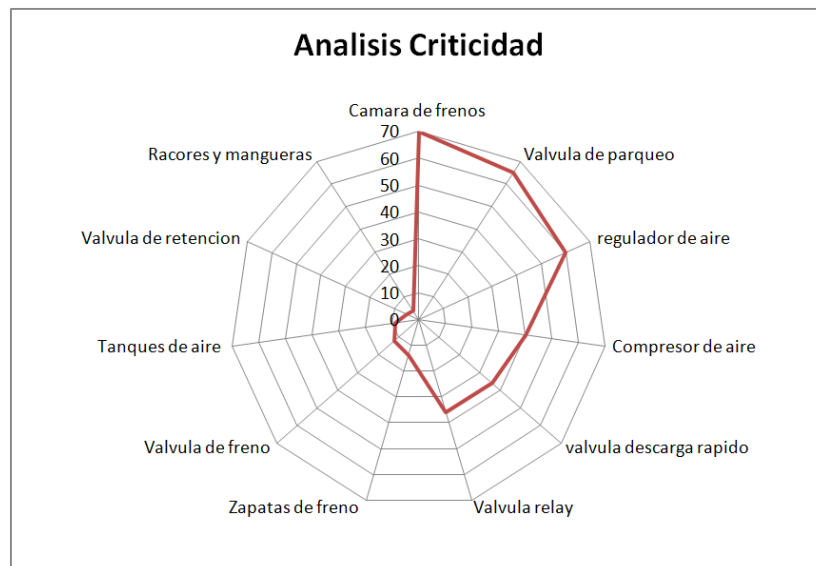
La criticidad de los equipos con fallos de mayor relevancia se relaciona en la tabla 5, en donde la ponderación de los factores de consecuencia está dada por la sumatoria de los valores asignados de acuerdo con la calificación de cada uno de los fallos según los factores especificados relacionados en la tabla 5 como CO. Posteriormente la criticidad se obtiene al multiplicar este valor encontrado con la frecuencia de las fallas (FF). Al relacionar este valor con la matriz presentada en la tabla 4, se obtiene el valor numérico de criticidad. Ver Tabla 5. Esta ponderación también ubica los equipos dentro de un rango de colores y valores según se especifica a continuación:

Tabla 5. Cálculo de criticidad equipos.

Componente	FF	CA	CH	CE	CI	CO	CRITICIDAD
Camara de frenos	5	2	4	4	4	14	70
Tanques de aire	1	2	2	3	2	9	9
Compresor de aire	4	2	2	3	3	10	40
regulador de aire	5	2	3	3	4	12	60
valvula descarga rapido	3	2	3	3	4	12	36
Valvula de parqueo	5	2	4	3	4	13	65
Valvula de freno	1	2	3	3	4	12	12
Valvula relay	3	2	3	3	4	12	36
Valvula de retencion	1	2	1	1	1	5	5
Racores y mangueras	1	1	1	1	1	4	4
Zapatas de freno	1	2	4	4	4	14	14

Como lo indica la tabla 5, los elementos de mayor criticidad dentro del sistema neumático de frenos son las cámaras de frenos por su afectación en la seguridad, cantidad de fallos presentados y costos de reparación. Las estrategias de mantenimiento a efectuar para estos elementos se relacionan más adelante en las recomendaciones de mantenimiento.

Figura 33. Resultados análisis de criticidad



4.8 DESCRIPCION DE LAS TAREAS.

A continuación, se presentara el análisis de mantenimiento basado en confiabilidad

Tabla 6. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC).



ANÁLISIS DE RCM

GASEOSA POSADA TOBON - POSTOBON



HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION RCM II

SISTEMA : REPARTO SECUNDARIO

SUB SISTEMA : CAMION INTERNACION 4300

REVISADO POR:

Elemento de estudio	Descripción del elemento de estudio	Cód.	Función	Cód.	Descripción de la Función	Cód. M.	Modo de Falla	Descripción Efectos	FA LL A	Fact or de fren	R. Ambie nt	R. Hum an	R. Econ ó	R. Image n	Critici da	Valor económico o del riesgo	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (hr)	RECURSOS	Cod. Tar
Camara de freno	Camara de accionamiento por aire comprimido, con diafragma de caucho, resoste y un embolo roscado.	1	1.1. accionar el mecanismo de zapatas del vehiculo	1.1.1	No accionar el mecanismo de zapatas del vehiculo	1.1.1.1	fugas de aire por el diafragma.	Dado que no es accionado el mecanismo de zapatas el vehiculo este no puede ser detenido de tal forma que puede ocasionar un accidente	SI	5	2	4	4	4	70	\$300,000	tarea bajo condicion	Encender el vehiculo esperar que el sistema cargue 120 libras y luego revisar si hay presencia de fugas cambiar si es necesario	250	Tecnico mecanico	H1
Regulador de aire	Gobernador de aire con carcasa de aluminio y graduador de presion manual	2	2.1 regular la presion del tanque principal de 100 a 120 psi	2.1.1	la presion del tanque principal es menor a 100 psi	2.1.1.1	sellos del gobernador desgastados	El aire que es enviado por el compresor no llega a los tanques debido a que este se fuga por los sellos del gobernador.	SI	5	2	3	3	4	60	\$100,000	tarea bajo condicion	Drenar el aire de los tanques, luego encender el vehiculo y verificar si la presion del sistema se esta elevando cambiar si es necesario	250	Tecnico mecanico	H3
Valvula de parqueo	Valvula de accionamiento manual con carcasa de aluminio y sellos en silicona	3	3.1. cortar el suministro de aire que llega a las camaras	3.1.1	no puede cortar el suministro de aire que llega a las camaras	3.1.1.1	sellos internos de la valvula desgastados	La valvula no se puede eliminar el suministro de aire dado que los sellos dejan fugas el aire excesivamente permitiendo que el vehiculo se mantenga libre.	NO	5	2	4	3	4	65	\$200,000	Reacondicionamiento	Desconectar las lineas de aire, luego desmontar la valvula y realizar el cambio de sellos	1,000	Tecnico mecanico	H4
Valvula de parqueo	Valvula de accionamiento manual con carcasa de aluminio y sellos en silicona	3	3.2 permitir el suministro de aire de los tanques a las camaras de freno	3.2.1	no permitir el suministro de aire de los tanques a las camaras de freno	3.2.1.2	resorte interno fracturado	la valvula no puede permitir el suministro de aire dado que los conductos no quedan totalmente liberados y el vehiculo queda bloqueado	NO	5	2	4	3	4	65	\$200,000	Reacondicionamiento	Desconectar las lineas de aire, luego desmontar la valvula de parqueo y realizar el cambio de sellos	1,000	Tecnico mecanico	H4
Valvula relay	valvula de carcasa en aluminio en forma cuadrada con sellos internos en caucho siliconado	4	4.1. repartir equitativamente el aire comprimido a las camaras traseras	4.1.1	no puede repartir equitativamente el aire comprimido a las camaras traseras	4.1.1.1	sellos internos de la valvula desgastados	al momento de recibir la señal de frenado la valvula realiza una reparticion de frenado desproporcionada a ocasionando que el frenado no sea eficaz	SI	3	2	3	3	4	36	\$600,000	Reacondicionamiento	Desconectar las lineas de aire, luego desmontar la valvula relay realizar el cambio de sellos	1,000	Tecnico mecanico	H4

							ANALISIS DE RCM															
							GASEOSA POSADA TOBON - POSTOBON															
HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION RCM II							SISTEMA : REPARTO SECUNDARIO										REVISADO POR:					
							SUB SISTEMA : CAMION INTERNACION 4300															
Elemento de estudio	Descripción del elemento de estudio	Cód.	Función	Cód.	Descripción de la Función	Cód. MC	Modo de Falla	Descripción Efectos	FA LL A	Fact or de fre en	R. Ambie nt	R. Huma nt	R. Econ ói	R. Image n	Critici da	Valor económico o del riesgo	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (hr)	RECURSOS	Cod. Tarr	
Valvula relay	valvula de carcasa en aluminio en forma cuadrada con sellos internos en caucho siliconado	4	4.1.repartir equitativamente el aire comprimido a las camaras traseras	4.1.1	no puede repartir equitativamente el aire comprimido a las camaras traseras	4.1.1.2	exceso de material particulado en la parte interna de la carcasa	al momento de recibir la señal de frenado la valvula no realiza una repartición de frenado ocasionando que las ruedas traseras no se detengan.	NO	3	2	3	3	4	36	\$600,000	Reacondicionamiento	Desconectar las líneas de aire, luego desmontar la valvula relay destapar por la parte superior para realizar limpieza	500	Tecnico mecanico	H2	
Compresor de aire	Compresor de dos piezas fabricadas en fundicion, que costa de pistones, cigüeñal y valvulas con un peso promedio de 53 kg	5	5.1.entregar un flujo de 13,2 pies cubico por minuto a 1,250 RPM	5.1.1	No entrega un flujo de 13,2 pie cubico por minuto a 1,250 RPM	5.1.1.1	Rpm del motor inferior a 1,250 rpm	el vehiculo cuando se encuentre en relenti no podra cargar lo suficiente para mantener la presion en los tanques por lo cual el vehiculo se mantendra bloqueado	NO	4	2	2	3	3	40	\$3,000,000	monitoreo	Desconectar la manguera de salida de aire del compresor y conectar el equipo Estech AN100 CFM/CMH para verificar el flujo de aire	500	Tecnico mecanico	H2	
Compresor de aire	Compresor de dos piezas fabricadas en fundicion, que costa de pistones, cigüeñal y valvulas con un peso promedio de 53 kg	5	5.1.entregar un flujo de 13,2 pie cubico por minuto a 1,250 RPM	5.1.1	No entrega un flujo de 13,2 pie cubico por minuto a 1,250 RPM	5.1.1.2	se entrega menos de 13,2 pies cubico por minuto debido al Desgaste interno de los anillos	el vehiculo cuando se encuentre en relenti no podra cargar lo suficiente para mantener la presion en los tanques por lo cual el vehiculo se mantendra bloqueado parcialmente, adicionalmente el compresor empezara a dejar pasar aceite a los componentes secundarios del sistema lo cual	NO	4	2	2	3	3	40	\$3,000,000	Reacondicionamiento	Desmontar el compresor de aire para realizar overhaul	2,000	Tecnico mecanico	H5	
Compresor de aire	Compresor de dos piezas fabricadas en fundicion, que costa de pistones, cigüeñal y valvulas con un peso promedio de 53 kg	5	5.1.entregar un flujo de 13,2 pie cubico por minuto a 1,250 RPM	5.1.1	No entrega un flujo de 13,2 pie cubico por minuto a 1,250 RPM	5.1.1.3	no se entrega los 13,2 pies cubico por minuto debido a que las valvulas estan averiadas	el vehiculo no cargara el tanque principal por lo tanto el vehiculo se mantendra inmovilizado dado que las zapataz estaran accionadas	NO	4	2	2	3	3	40	\$3,000,000	Reacondicionamiento	Desmontar culata compresor aire para cambiar empaquetadura culata	1,000	Tecnico mecanico	H4	

						ANALISIS DE RCM															
						GASEOSA POSADA TOBON - POSTOBON															
HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION RCM II						SISTEMA : REPARTO SECUNDARIO										REVISADO POR:					
						SUB SISTEMA : CAMION INTERNACION 4300															
Elemento de estudio	Descripción del elemento de estudio	Cód	Función	Cód.	Descripción Falla Función	Cód. M	Modo de Falla	Descripción Efectos	FA LL A	Fact or de fre en	R. Ambie nt	R. Huma n	R. Econ ói	R. Image n	Critici da*	Valor económico o del riesgo	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (hr)	RECURSOS	Cod. Tarea
Valvula de desgargue rapido	valvula de carcasa de aluminio con sellos de caucho siliconado	6	6.1expulsar el aire comprimido que tienen las camaras de freno	6.1.1	no expulsar el aire comprimido que tienen las camaras de freno	6.1.1.1	Diafragma ostruido por partículas	el vehiculo al momento de frenar las no podran regresar a su posicion normal por lo cual el vehiculo demorar el frenado mas de lo habitual generando inestabilidad al momento de maniobrar el vehiculo	NO	3	2	3	3	4	36	\$450,000	tarea bajo condicion	Accionar el pedal del freno y verificar que si esta saliendo por la valvula de descargue rapido. cambiar si es necesario	500	Tecnico mecanico	H2
valvulas de retencion	valvula en forma cilindrica de carcasa en bronce	7	7.1.no permitir la salida de aire de los tanques	7.1.1	permitir la salida de aire de los tanques	7.1.1.1	Sello interno	al vehiculo le tomara mas tiempo cargar el sistema dado que el aire retornara al compresor	SI	1	2	1	1	1	5	\$100,000	tarea bajo condicion	Verificar fugas de aire en la valvula de retencion cambiar si es necesario	250	Tecnico mecanico	H1
Tanques de aire	tanque en lamina de hierro	8	8.1.contener en aire comprimido	8.1.1	no contine el aire comprimido	8.1.1.1	fractura en la lamina del tanque por corrosion	el vehiculo al momento de estar estacionado perdiera por completo el aire del sistema dejando el vehiculo inmovilizado por otra parte al momento de encender el vehiculo tocara elevar las rpm para cargar el sistema rapido y de esta forma cargar el sistema	NO	1	2	2	3	2	9	\$2,000,000	tarea bajo condicion	verificar estado fisico y fugas de los tanques de aire, cambiar si es necesario	250	Tecnico mecanico	H1

						ANALISIS DE RCM															
						GASEOSA POSADA TOBON - POSTOBON															
HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION RCM II						SISTEMA : REPARTO SECUNDARIO										REVISADO POR:					
						SUB SISTEMA : CAMION INTERNACION 4300															
Elemento de estudio	Descripción del elemento de estudio	Cód.	Función	Cód.	Descripción Falla Función	Cód. M	Modo de Falla	Descripción Efectos	FA LL	Fact or de fre en	R. Ambie nt	R. Huma n	R. Econ ói	R. Image n	Critici da	Valor económico o del riesgo	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (hr)	RECURSOS	Cod. Tarea
Valvula principal de freno	valvula de doble accion con carcasa de aluminio , embolo y sellos de caucho siliconado	9	9.1 enviar la señal de frenado a las camaras delanteras y traseras	9.1.1	no enviar la señal de frenado a las camaras delanteras y traseras	9.1.1.1	El embolo queda pegado con las paredes de la carcasa interna debido al desgaste del sello	al momento de accionar la valvula la señal de frenado no es equitativa lo cual dificulta el frenado al momento de conducir	NO	1	2	3	3	4	12	\$300,000	Reacondicionamiento	Desmontar valvula principal de freno y cambiar empaquetadura	1,000	Tecnico mecanico	H4
Mangueras	mangueras de material tubing	10	10.1 conducir el aire por todo el vehiculo	10.1.1	conducir el aire por todo el vehiculo	10.1.1.1	permitir fugas de aire por alguna grieta	dado que se tiene una fuga al vehiculo le tomara mas tiempo cargar el siste y al momento de estar en reposo el sistema perdera presion	NO	1	1	1	1	1	4	\$500,000	Inspeccion	Cargar el sistema con 120 psi luego esperar 10 min y verificar si la presion se mantiene de no ser asi verificar fugas en la líneas de aire y racores	250	Tecnico mecanico	H1
Racores	Racores de acople rapido en material plastico	11	11.1 Realizar la conexión del sistema neumático de frenos	11.1.1	no realiza la conexión del sistema neumático de frenos	11.1.1.1	permitir fugas de aire entre las mangueras y los componentes del sistema	dado que se tiene una fuga al vehiculo le tomara mas tiempo cargar el siste y al momento de estar en reposo el sistema perdera presion	NO	1	1	1	1	1	4	\$250,000	Inspeccion	Cargar el sistema con 120 psi luego esperar uno 10 min y verificar si la presion se mantiene de no ser asi verificar fugas en la líneas de aire	250	Tecnico mecanico	H1
Zapatas	Zapatas con banda en fibra de vidrio ref: 4707 b	12	12.1 hacer presion contra el tambor generando fricción para detener el vehiculo	12.1.1	no hacer presion contra el tambor generando fricción para detener el vehiculo	12.1.1.1	el contacto de las zapatas con la campana es irregular	fuerza de frenado baja lo cual permite que el vehiculo estienda el tiempo de frenado	NO	1	2	4	4	4	14	\$250,000	tarea bajo condicion	Desmontar llana y campan para realizar el cambio de resortes y zapatas	2,000	Tecnico mecanico	H5
Zapatas	Zapatas con banda en fibra de vidrio ref: 4707 b	12	12.1 hacer presion contra el tambor generando fricción para detener el vehiculo	12.1.1	no hacer presion contra el tambor generando fricción para detener el vehiculo	12.1.1.2	el contacto de las zapatas con la campana es nulo	Al momento de frenar el vehiculo no se detiene pudiendo ocasionar un accidente	NO	1	2	4	4	4	14	\$1,000,000	tarea bajo condicion	Desmontar llana y campan para realizar el limpieza y verificar estado de la zapatas	1,000	Tecnico mecanico	H4

						ANALISIS DE RCM															
						GASEOSA POSADA TOBON - POSTOBON															
HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION RCM II						SISTEMA : REPARTO SECUNDARIO										REVISADO POR:					
						SUB SISTEMA : CAMION INTERNACION 4300															
Elemento de estudio	Descripción del elemento de estudio	Cód.	Función	Cód.	Descripción en Falla Función	Cód. M	Modo de Falla	Descripción Efectos	FA LL A	Fact or de fre cu en	R. Ambie nt	R. Huma no	R. Econ ói	R. Image n	Critici da	Valor económico o del riesgo	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (hr)	RECURSOS	Cod. Tarea
Zapatas	Zapatas con banda en fibra de vidrio ref: 4707 b	12	12.1 hacer presión contra el tambor generando fricción para detener el vehículo	12.1	no hacer presión contra el tambor generando fricción para detener el vehículo	12.1.1.3	La presión de las zapatas con el tambor es constante	el vehículo se encuentra inmovilizado	SI	1	2	4	4	4	14	\$500,000	tarea bajo condición	Desmontar llana y campan para realizar el limpieza y verificar estado de la zapatas	1,000	Tecnico mecanico	H4

5. DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE DECISIÓN

Luego de realizar el análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC), de los componentes que conforman sistema neumático de frenos de los vehículos objeto de estudio se plantea un el plan de mantenimiento según las tareas y frecuencias propuestas por el equipo. En la tabla 7 presentamos el plan de mantenimiento.

Tabla 7. Plan mantenimiento sistema frenos internacional 4300

PLAN MANTENIMIENTO SISTEMA FRENOS INTERNATIONAL 4300 POSTOBON MALAMBO						
CODIGO TAREA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	FRECUENCIA - HORAS				
		250	500	750	1000	2000
M1	Encender el vehiculo esperar que el sistema cargue 120 libras y luego revisar si hay presencia de fugas las camaras de freno . cambiar si es necesario	X				
M1	Drenar el aire de los tanques, luego encender el vehiculo y verificar si la presion del sistema se esta elevando cambiar gobernador aire si es necesario	X				
M4	Desconectar las lineas de aire, luego desmontar la valvula de parqueo y realizar el cambio de sellos				X	
M4	Desconectar las lineas de aire, luego desmontar la valvula relay realizar el cambio de sellos				X	
M2	Desconectar las lineas de aire, luego desmontar la valvula relay destapar por la parte superior para realizar limpieza interna		X			
M2	Desconectar la manguera de salida de aire del compresor y conectar el equipo Extech AN100 CFM/CMM para verificar el flujo de aire		X			
M5	Desmontar el compresor de aire para realizar ovehaul					X
M4	Desmontar culata compresor aire para cambiar empaquetadura culata				X	
M2	Accionar el pedal del freno y verificar que si esta saliendo por la valvula de descargue rapido. cambiar si es necesario		X			
M1	Verificar fugas de aire en la valvula de retencion, cambiar si es necesario	X				
M1	verificar estado fisico y fugas de los tanques de aire, cambiar si es necesario	X				
M4	Desmontar valvula principal de freno y cambiar empaquetadura				X	
M1	Cargar el sistema con 120 psi luego esperar 10 min y verificar si la presion se mantiene de no ser asi verificar fugas en la lineas de aire y racores	X				
M5	Desmontar zapatas y resortes para realizar cambio					X
M4	Realizar limpieza de zapatas y campana				X	

6. CONCLUSIONES

Como resultado de la metodología, se despliega el desarrollo de un plan de mantenimiento para el sistema neumático de frenos de los vehículos internacional 4300 donde se muestran la descripción de tareas y responsables de la misma, con la finalidad de mitigar o en su defecto eliminar las fallas en ruta.

Para el desarrollo de la metodología RCM se integraron personas pertenecientes al área de taller vehículos de Postobón Malambo - Atlántico dado que son los principales involucrados con la finalidad de facilitar el avance de la implementación de la metodología.

La implementación de la metodología RCM se desarrolló con equipo técnico automotriz especialista en frenos neumáticos, debido a la necesidad que presentaba el sistema para los vehículos, dado lo anterior es bueno resaltar que se deja una oportunidad de mejora para la implementación de esta metodología en los demás vehículos Kodiak y Npr.

Se estableció nivel de criticidad para cada uno de los elementos que conforman el sistema de frenos (compresor, cámaras de freno, zapatas, racores etc...)

A través del mantenimiento centrado en confiabilidad, se opta por hacer monitoreo con el instrumento de medición Extech AN100 CFM/CMM, con el cual se puede implementar la curva PF y con base a ella establecer nuevas estrategias de mantenimiento, por otra parte en los primeros tres meses de seguimiento del año 2018 se identificó un comportamiento muy similar en el rendimiento del sistema de compresión del vehículo registrado de forma manual en el periodo 2017.

En el encuentro nacional de Logística y Distribución de Postobón, se presentará a la división nacional de mantenimiento los avances obtenidos en el seguimiento al comportamiento de los elementos del sistema neumático de frenos, luego se presentará el plan de mantenimiento obtenido a través de un análisis basado en la confiabilidad de los elementos y se realizará una descripción de la metodología de análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA o AMFEC).

BIBLIOGRAFIA.

ARMANDO HIDALGO. Manual AMEF Análisis de modo y efecto de fallas potenciales [En línea][recuperado el 1 febrero 2019] Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/manual-amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-fallas-potenciales/>

BENDIX. Manual de frenos de aire. [En línea] (Recuperado el 30 de agosto 2018) Disponible en: <https://www.bendixvrc.com/itemDisplay.asp?documentID=5773>

DURAN, Jose Reverse RCM, the Woodhouse Partnership Limited, 1999 pag.1-5

FIBERTEL Juan. RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2007.

HIDALGO BATISTA, Alexbier. Sistema de freno hidráulico. [En línea] (Recuperado el 21 de agosto 2018) Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-hidraulicos/sistema-frenos-hidraulicos.shtml>

JONES, Richard. Risk Based Management: A reliability – Centered Approach. Houston, Gulf Professional Publishing, 1995.

JORGE MEDINA. Confiabilidad RCM – Blog especializado en la confiabilidad operativa y su implementación en México [En línea][Recuperado el 1 de febrero 2019] Disponible en: <https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2016/08/21/paso-2-fallos-funcionales/>

MASAN PARTS. Sistema de freno neumático. [En línea] (Recuperado el 21 de agosto 2018). Disponible en: https://kipdf.com/sistema-de-frenos-neumaticos_5ab749e51723dd439c970fb7.html

MEDINA, Jorge. ¿Para qué sirve el RCM? ¿Qué beneficios ofrece? 2015.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Ed en español. Carolina del Norte: Aladon, 2000. p. 8-11.

POSTOBON. La historia. [En línea]. [Recuperado el: 28 de Marzo del 2018]. Disponible en: <http://www.postobon.com/la-compania/la-historia>

RAMON HERRERA, Omar Soto. Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para el Sistema eléctrico de un vehículo internacional 4300. Monografía de grado especialización gerencia en mantenimiento. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería 2017.

RCM3. Especificaciones y funciones. [En línea][Recuperado el 1 de febrero 2019] Disponible en: <http://rcm3.org/especificaciones-y-funciones>

RODAS, José. Conociendo la vida del Sistema de Freno Neumático [En línea] (Recuperado el 21 de agosto 2018). Disponible en: <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>

SCANIA HISPANIA. Una frenada más suave y segura gracias al Scania EBS [En línea]. [Recuperado el 22 de agosto 2018] Disponible en: <https://newsroom.scania.com/es/2010/03/12/una-frenada-mas-suave-y-segura-gracias-al-scania-ebs/>

SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV. Introduction A Reliability-Centred Maintenance [Anónimo]. Aladon Ltda .1998 pag.1-7

VELASTEGUI CARRILLO, Andrés Josué. Los Materiales de Fricción y su Influencia en la Eficiencia de Frenado. Tesis de grado Licenciatura en Electromecánica y Administración Automotriz. Quito: Universidad Francisco de Quito. Colegio Ciencias e ingeniería 2015. 22-25 p