

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FALLAS EN EL SISTEMA DE FRENADO
DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR
(DEPARTAMENTO DEL CESAR-COLOMBIA)**

**RAFAEL EDUARDO OCHOA ARRIETA
OSCAR JOSE NAVARRO TERRAZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FALLAS EN EL SISTEMA DE FRENADO DE
VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR (DEPARTAMENTO
DEL CESAR-COLOMBIA)**

**RAFAEL EDUARDO OCHOA ARRIETA
OSCAR JOSÉ NAVARRO TERRAZA**

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

**Director
LUIS ALBERTO MORA GUTIÉRREZ
Ph.D futuristic maintenance**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Somos hechos a semejanza del Padre celestial, por tanto, todas las metas alcanzadas son gracias a su voluntad y agradecemos a Él por brindarnos la oportunidad de dar un gran paso en la gestación de nuestro proyecto de vida y en el recorrido profesional que estamos gestando día a día.

Agradecer a nuestras familias por el constante apoyo brindado en estos meses, siendo nuestros bastones de soporte para desfallecer en las ganas de superarnos académicamente. Agradecer a nuestro tutor, el Ingeniero Luis Alberto Mora, quien con su direccionamiento y conocimiento ha contribuido en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1.OBJETIVO GENERAL Y ESPCIFICOS	18
1.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2.CONTEXTUALIZACIÓN	19
2.1. SINIESTRALIDAD.....	19
2.2. Mantenimiento del Sistema de Frenado.....	20
3.MARCO TEORICO	22
3.1. Mantenimiento.....	22
3.2. Tipos de Mantenimiento	23
3.2.1. Mantenimiento correctivo	23
3.2.2. Mantenimiento preventivo.....	23
3.2.3. Mantenimiento predictivo.....	23
3.2.4. Mantenimiento Basado en el Tiempo (MBT)	24
3.2.5. Mantenimiento Basado en la Condición (MBC)	24
3.3. Análisis de falla	25
3.3.1. Análisis de fallas en sistemas.....	25
3.3.2. Principios Generales del RCA	26
3.3.3. Clasificación del análisis de falla	26
3.3.4. Aplicaciones del RCA	27
3.3.5. Proceso general para realizar un análisis de causa raíz de falla.....	27

3.3.5.1. Fase 1. Registro de incidentes.	28
3.3.5.2. Fase 2. Análisis del problema.....	29
3.3.5.3. Fase 3. Análisis de causa raíz.....	30
3.3.5.4. Fase 4. Desarrollo de la solución.	31
3.3.6. Métodos y herramientas de análisis de causa raíz.....	31
3.3.6.1. Paso de la escalera – 5 porqué.....	32
3.3.6.2. Diagrama causa – efecto.....	32
3.3.6.3. Análisis del árbol de fallas – FTA.	33
3.3.6.4. Árbol real actual de falla – CRT.....	33
3.3.6.5. Análisis KEPNER – TREGOE.	33
3.3.6.6. Inferencia Bayesiana.	34
3.3.6.7. Análisis de Barreras.	34
3.3.6.8. Análisis del cambio.....	34
3.3.6.9. Diagrama de Pareto.	34
3.4. Sistema de frenos automotriz	35
3.4.1. Componentes del sistema de frenado:.....	37
3.4.2. Funcionamiento del sistema de frenado.....	38
3.4.3. Tipos de sistemas de frenado.....	39
3.4.3.1. Sistema de Freno de Disco:	39
3.4.3.2. Sistema de Freno de Tambor.....	41
3.4.3.3. Sistema de frenos ABS.....	42
3.5. Síntomas de fallas en sistemas de frenado	44
3.6. Análisis de causas de fallas en los sistemas de frenado	45
3.6.1. Causas mecánicas	45
3.6.2. Causas Hidráulicas.....	48
3.6.3. Causas Térmicas.....	49
3.7. Normatividad (NTC 5375)	51
3.7.1. Inspección sensorial	51
3.7.2. Condiciones por medir (Frenómetro).....	53

3.7.2.1. Eficacia de Frenado (Medida por el frenómetro).....	55
3.7.2.2. Desequilibrio por eje (Medida por el frenómetro).....	55
3.8. Equipo de Medición – Frenómetro	56
3.9. Hoja de resultados FUR.....	58
4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	60
5. CONFORMACIÓN DE EQUIPO DE TRABAJO.....	62
6. RECOLECCIÓN DE DATOS	65
6.1. Análisis estadístico de los resultados.....	70
6.1.1. (Eficacia total – Eficacia freno auxiliar) Vs. Servicio	70
6.1.2. Eficacia total de frenado Vs Modelo (año).....	73
6.3.4. Eficacia Auxiliar Vs Eficacia total (año de modelo).....	75
6.3.5. Desequilibrio en los ejes.....	77
7. ANÁLISIS DE POSIBLES CAUSA – FALLAS.....	79
8. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN – TAREAS DE MANTENIMIENTO	81
8.1. Tareas de mantenimiento de primera mano (Usuarios y talleres).....	81
8.2. Normas para frenar correctamente el vehículo	82
9. CONCLUSIONES	83
10. BIBLIOGRAFÍA	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Siniestro por deficiencia en frenado.	20
Figura 2. Esquema de un sistema de frenado.	36
Figura 3. Descripción de las partes de un sistema de frenado.	37
Figura 4. Partes del freno auxiliar. (Freno de mano).	38
Figura 5. Funcionamiento de un sistema de frenado por tambor.	39
Figura 6. Partes del sistema de frenado de discos y sus partes.....	40
Figura 7. Partes del sistema de freno de bandas (Bandas).....	40
Figura 8. Funcionamiento del sistema de frenado de tambor (hidráulico).	42
Figura 9. Sistema de frenado ABS.	44
Figura 10. Bandas desgastadas por fricción.....	45
Figura 11. Recalentamiento de los discos de frenado.....	49
Figura 12. Frenómetro de rodillos.....	57
Figura 13. Posicionamiento del vehículo dentro del frenómetro para la prueba.	58
Figura 14. FUR (formato único de resultado).	58
Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).....	58
Figura 15. Datos del sistema de frenado (extraído del FUR).....	59
Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).....	59
Figura 16. Diagrama del proceso general de RCA – Análisis de falla, causa Raíz, Aníbal Serna.	61
Figura 17. Fotografía del proceso de inspección de un vehículo.....	62
Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).....	62
Figura 18. Interfaz gráfica de las pruebas realizadas, donde se obtienen los resultados, (para el eje delantero).	69
Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).....	69
Figura 19. Resultados de una prueba completa realizada en el frenómetro.....	70
Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).....	70
Figura 20. (Eficacia total – Eficacia freno auxiliar) VS Servicio.	711
Figura 21. Eficacia total de frenado Vs Modelo (año).....	754
Figura 22. Gráfico de Eficiencia total Vs Eficacia auxiliar (año modelo).....	776

Figura 23. Desequilibrio en los ejes.....787

Figura 24. Diagrama de Ishikawa (sistema de frenado).79

Figura 25. Certificado de calibración del frenómetro.91

Figura 26. Ficha técnica del frenómetro.93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Equipo de trabajo.	65
Tabla 2. Datos de vehículos – Eficacia total y auxiliar.....	67
Tabla 3. Datos del vehículo – Desequilibrio por ejes.....	69
Tabla 4. Tablas de siniestralidad de Fasecolda.	95

LISTA DE ANEXOS

1. Anexo A. Fragmento de norma ntc5375 (sistema de frenado).....	85
2. Anexo B. Certificado de calibración del frenometro.	91
3. Anexo C. Ficha tecnica del frenometro.	92
4. Anexo D. Datos esadisiticos de siniestralidad según fasecolda – por aseguradoras.	93
5. Anexo C. Acuerdo de confidencialidad cda.....	94
6. Anexo D. Volantes tecnicos.	95

GLOSARIO

ABS: (*Antilock Brake System*) sistema antibloqueo de ruedas.

AMFE: análisis modal de fallos y efectos.

BOOSTER: auxiliar de frenado, es un depósito de vacío que sirve para ayudar a multiplicar la fuerza que se aplica con el pie sobre el pedal del freno en un vehículo.

CALIPERS: o mordazas de freno, es el soporte de las pastillas y los pistones de freno.

CDA: (Centro de Diagnóstico Automotor), en estos centros se realiza la revisión técnico mecánica y de gases.

CESVI: Centro de Experimentación y Seguridad Vial.

CRT: (*Current Reality Tree*), Análisis del Árbol de Falla.

FUR: Formato único de Resultados.

MBC: Mantenimiento Basado en Condición.

MBT: Mantenimiento Basado en el Tiempo

NTC5375: Norma Técnica Colombiana, Requisitos que deben cumplir los vehículos automotores en la revisión técnico mecánica y de gases en los centros de diagnósticos.

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FALLAS EN EL SISTEMA DE FRENADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR (DEPARTAMENTO DEL CESAR-COLOMBIA).¹

AUTOR: RAFAEL EDUARDO OCHOA ARRIETA

OSCAR JOSE NAVARRO TERRAZA²

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, ANÁLISIS DE FALLA, SINIESTRO, SISTEMA DE FRENADO, NTC 5375, FRENO METRO.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

En el presente trabajo se desarrolla un modelo basado en redes neuronales artificiales para diagnosticar fallas en los componentes de las bombas del sistema de enfriamiento dada su importancia dentro de la planta de producción de vidrio plano, utilizando como información de entrada a la red valores medidos tanto en el motor como en la bomba, mediante la técnica predictiva de análisis de vibraciones mecánicas.

Se desarrollan dos modelos uno basado en el perceptrón y el otro en la red feedforward; posterior a esto se comparan y aunque los resultados con ambas redes son satisfactorios se valida patrones con la red neuronal feedforward por tener un mejor comportamiento durante las fase de desarrollo y presentar menos errores en comparación con la otra red, llegando a demostrar la efectividad de las redes neuronales en el diagnóstico de fallos y la importancia que tiene el uso de este tipo de metodologías para mejorar a confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos, por ende los resultados en los indicadores de las áreas de mantenimiento, confirmando que las redes neuronales artificiales son un poderosa herramienta en el seguimiento, diagnóstico e inclusive la predicción de fallos en equipos, abriendo una gran puerta al uso de técnicas modernas en la planeación estratégica de las áreas de mantenimiento, con el fin de atender con criterios de alta ingeniería las nuevas tecnologías instaladas en los diferentes procesos productivos.

¹ Trabajo de grado.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Maestría en Gerencia de Mantenimiento. Director: Luis Alberto Mora, . Ph.D futuristic maintenance.

SUMMARY

TITLE: STATISTICAL ANALYSIS OF FAILURES IN THE BRAKING SYSTEM OF LIGHT VEHICLES IN THE CITY OF VALLEDUPAR (DEPARTMENT OF CESAR-COLOMBIA).³

AUTHOR: RAFAEL EDUARDO OCHOA ARRIETA
OSCAR JOSE NAVARRO TERRAZA⁴

KEYWORDS: MAINTENANCE, FAULT ANALYSIS, LOSS, BRAKING SYSTEM, NTC 5375, BRAKE METER.

DESCRIPTION OR CONTENTS:

In the city of Valledupar the rate of accidents is high, therefore, it is important to mitigate the causes of these incidents, therefore, it is of vital importance the maintainability of each of the systems of the automobile architecture. The braking system has been a focus of studies for many years since it deposits a high percentage of the safety of the vehicle and its occupants; The failures that occur in it end up being catastrophic for both the crew and the same motor vehicle.

The mechanical technical review performs the evaluation of this system, so it becomes the focus of our analysis of the possible failures that the brake system may present. By means of this review (NTC 5375) with the use of specialized equipment (brake), a quantitative valuation will be carried out, which shall yield data of braking efficiency, imbalance in axle braking and the state of the auxiliary brake of the vehicle, with these Results A statistical analysis is carried out in order to determine which faults are more recurrent, which parts suffer more frequently and the reason for these failures.

With the identification of the faults, an analysis of possible causes is performed (Ishikawa diagram), which with the help of the CDA technical staff, will lead to the accurate solution of each identified fault. Following this, a hierarchy is made of the possible failures, according to models, brands and services provided by the automotive and proceed to the exploration of procedures that can be directed to workshops, owners of vehicles, concessionaires and CDA's, So that by means of the disclosure of the tasks of maintenance (basic) to realise and of the awareness to maintain in good condition the braking system, to be able to contribute to the reduction of the rate of sinister in the city and thus establishing a simple methodology of Apply for other systems such as gases, suspension and signaling that contribute in other aspects such as the environment.planning of the maintenance areas, in order to meet with high engineering criteria the new technologies installed in the different production processes.

³ Work of degree.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Mastery in Maintenance Management. Director: Luis Alberto Mora, . Ph.D futuristic maintenance.

INTRODUCCIÓN

La seguridad vial aborda diferentes pilares que afectan directamente la integridad física de los conductores y del parque automotor, uno de esos pilares más determinantes en la siniestralidad, es el estado del vehículo a la hora de prevenir un accidente y todas las fallas mecánicas que este pueda presentar a raíz de un mal mantenimiento. El estado controla la circulación de los vehículos por medio de la revisión técnico-mecánica, la cual evalúa de manera general el estado de los automotores y certifican su circulación en el territorio nacional.

Valledupar es una de las ciudades con la tasa de siniestralidad más alta del país según FASECOLDA, con siniestros aparatosos que en la mayoría de las veces cobra con la vida de los conductores, y una de las formas más efectivas de mitigar estos accidentes, es con el buen estado del vehículo y esto dependen de un mantenimiento periódico general.

En este proyecto se identificarán y analizarán las fallas, por medio de una metodología de mantenimiento llamada ANÁLISIS DE FALLA, que se puedan presentar en uno de los sistemas más importantes que componen a un vehículo y es el sistema de frenado, el análisis que se llevará a cabo, va referido a las diferentes fallas que el vehículo pueda presentar en los frenos, las causas de estas y las consecuencias que pueden afectar tanto al vehículo como al conductor de automotores livianos que circulan en el municipio de Valledupar.

Como resultado de este análisis se busca brindar una solución dirigida a los conductores, talleres de mantenimiento y CDA de la ciudad para que se logre acentuar un hábito de mantenimiento del sistema de frenado y de los demás sistemas.

1. OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS

1.1.OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis estadístico de fallas en el sistema de frenado de vehículos livianos en la ciudad de Valledupar (Departamento del Cesar-Colombia).

1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer prioridades de mantenimientos a partir de los resultados analíticos de fallas producto de la revisión técnico mecánica en un periodo de 1 año en la ciudad de Valledupar.
- Clasificación de los diferentes tipos de fallas evidenciados para la posterior jerarquización y establecer tareas de mantenimientos.
- Desarrollar manuales de primera línea para el mantenimiento automotriz dirigidos a propietarios, talleres, concesionarios y a CDA's de la ciudad de Valledupar, tratando de optimizar dichos procesos de mantenimiento
- Presentar un plan estratégico de mantenimiento que permita el análisis de nuevas variables derivadas de las revisiones vehiculares que se realizan en los CDA's

2. CONTEXTUALIZACIÓN

En la actualidad la circulación de automotores a nivel mundial se encuentra regida por diferentes normas y parámetros que aprueban o no la movilidad de ellos. En Colombia, se estableció una norma (NTC 5375) la cual está sustentada en un certificado de movilidad (Certificado de Revisión técnico mecánica), y en ella se establecen los requisitos de revisión general de los automotores: parte exterior, carrocería y chasis; sistema de frenos; sistema de suspensión; revisión interior; luces y señalización; y emisiones contaminantes.

Uno de los objetivos de la realización de la revisión técnico mecánica es la reducción de la alta tasa de siniestros en el país, promoviendo en los propietarios de vehículos y motocicletas la realización de chequeos y mantenimientos preventivos.

2.1. SINIESTRALIDAD

En la zona norte del país se presenta una de las tasas más altas de siniestralidad, en los que se registran en su mayoría golpes de tipo fuerte y medio (escala de daños según CESVI). Según diferentes análisis estadísticos adelantados por el área técnica de algunas aseguradoras, se establecieron las principales causas de estos accidentes: La impericia del conductor, el exceso de velocidad, consumir alcohol antes y durante el ejercicio de la conducción, el exceso de confianza en el auto o en sí mismo, no mantener la distancia suficiente entre vehículos, fallas mecánicas, no respetar las señales de tránsito, distracciones, fatiga, sueño, adelantamientos indebidos, malas condiciones de la vía, maniobras peligrosas como arrancar sin precaución, ignorar los puntos ciegos, reversa imprudente, frenar en forma brusca, cambiar el carril sin anunciar, pasarse los semáforos en rojo, entre otros.

Al nombrar las diferentes causas de siniestros, se puede deducir la importancia del buen funcionamiento del vehículo para poder reducir la opción de chocar. Uno de

los pilares más importantes en el trabajo de la reducción de estos causales, es el buen estado del automotor y en especial del sistema de frenado, que se convierte en un mecanismo de acción preventiva de primera mano que usa el conductor ya sea para evitar o reducir un impacto.

Figura 1. Siniestro por deficiencia en frenado. Fuente: PERITOS DE ACCIDENTES.

Encontrar en la dirección web: <https://www.peritosdeaccidentes.com/wp-content/uploads/2015/11/colision-por-alcance.png>. Fecha: 04 de mayo del 2017.



2.2. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE FRENADO

De esta forma, para poder evaluar el estado del sistema de frenado de los automóviles existen varios procedimientos reglamentados como son la revisión técnico mecánica o revisiones de asegurabilidad, estas se realizan con el uso de un frenómetro que mide de forma cuantitativa el estado del sistema de frenos y así poder obtener una calificación cualitativa y cuantitativa.

El sistema de frenos en muchas ocasiones no es debidamente atendido o está sometido a reparaciones inescrupulosas, cuando se trata del mecanismo prioritario y fundamental para la seguridad del automóvil y todas las personas y terceros que lo rodean. La poca cultura entorno al mantenimiento, han convertido a la zona norte del país, en especial a Valledupar, en un foco de siniestralidad por causas

asociadas a fallas mecánicas, por lo que se busca con este proyecto inicialmente es evaluar las fallas que se presentan en el sistema de frenado en automóviles, establecer las causas raíces de estas fallas, lo que se puede producir a largo plazo el no atenderlas de la debida manera y a tiempo, y que todo esto concluya con un análisis certero que ayude a la reducción de este tipo de fallas por medio del mantenimiento programado y preventivo; todo esto dirigido a los conductores, talleres y técnicos de reparación de la ciudad de Valledupar, los cuales se convierten en factor ejecutante y receptores de estas labores de mantenimiento.

3. MARCO TEORICO

Para tener claro cada uno de los temas a tratar y poder así entender el porqué de la metodología a realizar se procede a contextualizar y a definir todo lo referente al proyecto por medio de un marco teórico amplio y conciso en definiciones, partiendo desde el análisis de falla, el sistema de frenado, las fallas comunes en el sistema de frenado y la contextualización normativa.

3.1.MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación, se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa. Los esfuerzos realizados en el área de mantenimiento consisten en reducir al mínimo el efecto de las averías de los equipos y de las instalaciones, y proporcionar información relacionada con la experiencia y conocimiento a los departamentos relacionados con el proceso productivo, a fin de reducir el trabajo de mantenimiento, el tiempo improductivo y sus costos. El mantenimiento catalogado como uno de los sistemas que intervienen en las organizaciones tiene como función clave coadyuvar en el alcance de los objetivos y el logro de las metas estipuladas en las organizaciones, todo esto como base para lograr que las compañías sean competitivas y ofrecer una entrega oportuna de los productos sin dejar de un lado la calidad de los mismos, dentro de los objetivos empresariales que interviene el departamento de mantenimiento esta la reducción de costos, minimizar el tiempo muerto de los equipos, mejorar la calidad, incrementar la productividad y suministrar al personal de planta equipos confiables para la operación, además de que sean seguros y bien configurados garantizando la entrega oportuna de las ordenes. En los indicadores de costos el mantenimiento

juega un papel importante ya que debe minimizar el costo del ciclo de vida de los equipos y alcanzar la tasa de rendimiento sobre la inversión fijada.

3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

3.2.1. Mantenimiento correctivo

Es aquel mantenimiento que se realiza cuando se presenta la falla del equipo; no requiere programación, debido a su naturaleza fortuita. Esta clase de mantenimiento afecta a las líneas de producción, ocasionando que no sea del todo práctico. Requiere personal altamente entrenado, repuestos y subconjuntos disponibles, equipos y herramientas necesarios a pie de máquina para no demorar la reparación. Se aplica cuando la falla del equipo no afecta la seguridad, el medio ambiente, ni los costos de producción (los costos de producción incluyen descartes, producción perdida, pérdida de oportunidades, etc.) salvo los propios de la reparación. Como, por ejemplo, se puede citar el cambio de luminarias cuando estas se queman.

3.2.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento tiene lugar antes que ocurra la falla mediante inspección sistemática. El personal encargado determina el momento en que se puede presentar la falla y realiza la intervención. Requiere una programación previa por lo que no afecta la producción de la empresa.

3.2.3. Mantenimiento predictivo

Al igual que el mantenimiento preventivo, este tipo de mantenimiento se adelanta a la falla del sistema, pero con la diferencia que lo hace bajo la medición de diversos parámetros. Requiere de personal altamente calificado, y de herramientas específicas para poder realizar las mediciones, lo que implica una alta inversión.

3.2.4. Mantenimiento Basado en el Tiempo (MBT)

Es el mantenimiento que se realiza con frecuencias preestablecidas y durante dichos intervalos, no se efectúa ningún otro tipo de mantenimiento a los equipos. Al ponerlo en práctica, generalmente se sacrifica un valor residual en beneficio de la fiabilidad del sistema y de la oportunidad de aplicación. La intensidad con la que se aplique mejora la confiabilidad, pero aumenta notoriamente los costos. Para lograr un buen MBT, se debe disponer de estadísticas de averías del tiempo que sumadas a las recomendaciones del proveedor permitan determinar el periodo de recambio y/o reparación; un buen sistema de programación y manejo de la información, y una adecuada política de subconjuntos. Los equipos a nivel de subconjuntos, no siempre son evaluables con precisión. Algunos parámetros claves pueden sufrir un deterioro gradual, sin que el mismo pueda medirse con la tecnología existente.

3.2.5. Mantenimiento Basado en la Condición (MBC)

Es el mantenimiento llevado a cabo en respuesta a un deterioro significativo de una máquina indicado a través de un cambio de parámetros en el monitoreo de condición de la máquina. No se efectúa ningún mantenimiento mientras la condición no cambie. El estudio de los patrones de deterioro de equipos modernos y complejos muestra que son pocos los equipos a los cuales se les pueda aplicar MBC. Por otra parte, la necesidad de bajar costos, el desarrollo de técnicas y equipos capaces de predecir con gran seguridad el fin de vida útil de un componente, llevó a considerar al mantenimiento basado en la condición como una herramienta de gran utilidad en la gestión del mantenimiento.

3.3. ANÁLISIS DE FALLA

El análisis de falla presenta como principal objetivo, determinar el tipo de daño y el mecanismo de cómo actúa ese daño para producir la falla, pero su finalidad es buscar cómo prevenir o eliminar la causa que lo genera y evitar así que se siga repitiendo y se convierta en una falla crónica. Dependiendo del riesgo asociado, el análisis de falla debe ir acompañado de un Análisis de Causa Raíz de Falla – RCA (Root Cause Analysis). La hipótesis es que eliminada la causa raíz de la falla, se eliminará la falla.

Se puede definir el análisis de falla como el procedimiento sistemático de recolección y análisis de datos y hechos para encontrar el ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿cómo? y ¿por qué? de un componente estructural o sistema en estado de falla, con el fin de evitar su recurrencia en el tiempo y prevenir fallas en componentes y sistemas similares. En el análisis de falla, se utiliza el método de evaluación de la evidencia con métodos científicos, herramientas e instrumentos de análisis, revisión de históricos, registros y reportes de eventos e incidentes en la línea de tiempo.

Cuando ocurre una falla, ésta se percibe a través de ciertas manifestaciones o síntomas, no así la causa de falla. Esto lleva en muchas oportunidades a actuar sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que la falla vuelve a repetirse una y otra vez. A mayor complejidad del sistema, habrá mayor dificultad en localizar el origen o raíz de la falla. Identificar la causa raíz es fundamental, pero sólo de por sí, no resuelve el problema, para ello habrá que estudiar distintas acciones correctivas. El Análisis de Causa Raíz es una herramienta utilizada para identificar causa de falla, de manera de evitar sus consecuencias.

3.3.1. Análisis de fallas en sistemas

Evaluación interdisciplinaria de todas las partes que intervienen en un proceso. Todas las partes están interconectadas, cada acción sobre alguna de las partes

afecta las demás. Los sistemas complejos se pueden subdividir en componentes simples y para el resultado, se unen los análisis y las síntesis de cada uno.

3.3.2. Principios Generales del RCA

- Con el objetivo de mejoramiento continuo, es más efectivo determinar la causa raíz del problema que tratar los síntomas visibles del mismo.
- El Análisis de Causa Raíz, está basado en hechos y datos. Debe ser sistemático, con hipótesis y conclusiones evidentes y documentadas.
- Las causas y la solución de los problemas rara vez son obvias.
- Usualmente, pueden existir más de una causa raíz para un problema dado.
- El análisis de causa raíz es confiable y eficaz, cuando existe una relación inequívoca entre la causa y la definición del problema.
- El análisis de causa raíz es una metodología proactiva, utilizada para mitigar el riesgo.

3.3.3. Clasificación del análisis de falla

El Análisis de Causa Raíz de Falla – RCA, se concibió como una metodología eficiente de toma de decisiones para solución de problemas causados por fallas, generalmente en equipos y componentes críticos. Es un proceso estructurado, consciente, enfocado y analítico que permite identificar las causas responsables de las fallas. Es un método pro-activo, capaz de prevenir la ocurrencia de fallas y podría considerarse como una herramienta de mejora continua. Dependiendo del campo de acción donde se origine el RCA, se ha clasificado en 5 tipos:

- RCA – HSE, adaptado para la investigación de incidentes – accidentes, que afectan la salud, la seguridad de las personas y al medio ambiente.

- RCA – Manufactura, direccionado hacia el análisis estadístico del control y aseguramiento de la calidad de productos en la industria.
- RCA – Proceso, dedicado al análisis del riesgo, a la seguridad del proceso y las consecuencias de las fallas por procesos fuera de control.
- RCA – Ingeniería y Mantenimiento, enfocado a la solución de problemas y fallas de equipos y componentes mecánicos.
- RCA – Administrativo y Financiero, dedicado al análisis del cambio en los sistemas administrativos y financieros de las empresas.

3.3.4. Aplicaciones del RCA

Existen innumerables aplicaciones del Análisis de Causa Raíz de Falla. Frecuentemente se aplica en:

- Reducción de fallas crónicas, repetitivas.
- Fallas esporádicas que ocurren una vez, pero con alto costo (consecuencia)
- Reducción de costos de mantenimiento
- Eliminación de cuellos de botella operacionales
- Mejora de la calidad de los productos
- Reducción del consumo de energía, etc...

3.3.5. Proceso general para realizar un análisis de causa raíz de falla

Todo análisis de causa raíz de falla se enfoca en 4 fases operativas:

- Registro de Incidentes.
- Análisis de Problemas.
- Análisis de Posibles Causa Raíz.
- Desarrollo de una Solución.

3.3.5.1. Fase 1. Registro de incidentes.

En esta Fase, se describen y se analizan los reportes de incidentes, se cuantifican los riesgos materializados, se clasifica el nivel y la magnitud de la investigación o alcance del RCA y se conforma el equipo de trabajo, con asignación de roles, responsabilidades, con total apoyo gerencial.

- **Reporte de Incidentes:** Todo incidente debe ser reportado. En las empresas, el reporte inicial está a cargo del área de HSE, quienes utilizan formatos específicos para detallar lo ocurrido, con los datos que lo describen (¿Qué pasó?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Por qué?) y la matriz de riesgo para valorar el impacto del mismo.
- **Valoración y clasificación del incidente:** Para la valoración del riesgo materializado se utiliza una matriz, donde se describe la frecuencia de falla y la consecuencia. Dependiendo de la consecuencia, se define el equipo investigador que conducirá el taller de RCA y el nivel de investigación.
- **Conformación del Equipo de Trabajo:** La integración de un equipo de trabajo interdisciplinario es fundamental para el éxito de un Taller de RCA. El nombramiento de los integrantes debe obedecer a una directriz gerencial, con respaldo administrativo y representatividad de los intereses corporativos.
- **Inducción – entrenamiento:** Es necesario realizar una inducción sobre la metodología a utilizar, sobre los objetivos y el alcance del RCA, para todos los participantes, con el propósito de unificar criterios de evaluación y garantizar la

consistencia y calidad de los resultados del taller. La inducción deberá ser orientada por el facilitador.

- **Recolección de Datos:** Es muy importante iniciar con la recolección de datos inmediatamente después de ocurrido el incidente, para evitar la pérdida de evidencia. La información debe contener las condiciones antes, durante y después del evento; personal involucrado con descripción de la función que realizaban; parámetros operacionales y condiciones ambientales; muestras físicas y registros fotográficos, diagramas, esquemas y planos de los componentes que fallaron. Esta recolección de evidencias debe realizarse a pesar de la presión de operaciones por restaurar las condiciones y colocar los equipos en servicio.

3.3.5.2. Fase 2. Análisis del problema.

Los problemas complejos se suelen dividir en partes más comprensibles o subsistemas. El Análisis Sistémico, el Análisis de Negocios, la Ingeniería de Manufactura y la Arquitectura de Empresas son ejemplo de estas metodologías. Lo importante en esta etapa es definir claramente ¿cuál es el problema? Se redacta una frase que define el escenario de falla, la frecuencia comparativa de falla y la consecuencia.

- **Identificación del problema:** La metodología más utilizada para identificar el problema es la lluvia de ideas, agrupando los hallazgos del análisis de la información y relacionándolos con uno de los siguientes elementos:
 - Materiales y equipos
 - Procedimientos
 - Error humano
 - Diseño e ingeniería
 - Especificaciones y suministros
 - Entrenamiento y competencias

- Administración
 - Causas externas – Daños por terceros
 - Fuerzas naturales
- **Definición del Problema:** Para definir el problema es necesario identificarlo, determinar la importancia del incidente con la cuantificación de la consecuencia, determinar si es un problema recurrente o poco común, si está relacionado con una tendencia detectada en el sistema de alarmas, con una cultura de la seguridad o con la deficiencia de un sistema de control.
 - **Herramientas para analizar el problema:** Las principales herramientas para identificar y definir un problema son: Cronología de eventos, Modelos de cambio, Asociación de eventos.

3.3.5.3. Fase 3. Análisis de causa raíz.

En esta fase, se identifican todas las causas posibles (acciones o condiciones) anteriores que pudieron generar el problema, se plantean las hipótesis y se construyen los diagramas causa – efecto. Existen hipótesis que pueden ser probadas y que están relacionadas con el hecho, se convierten en posible causa raíz. En las comprobaciones, surgen nuevos hechos o hipótesis que requieren ser probadas con apoyo de análisis especializado, se convierten en causas probables y también, se dan hipótesis que no pueden ser probadas y que no están relacionadas con el problema, estas no son causa del problema y se descartan.

- **Análisis de causas posibles** Existen diferentes métodos para el análisis de causa raíz: Análisis Programático, Análisis de Barreras, Análisis del Cambio, Árbol de Lógica – CRT (Current Reality Tree), Análisis del Árbol de Falla, Resolución de Problemas, Análisis Estadístico o Deducción Bayesiana, Análisis MORT, Evaluación de Desempeño Humano, Espina de Pescado, Análisis de Causa-Efecto, Modo de Falla y Análisis de Efectos – FMEA, 5

Porqués?, Análisis de Problemas Kepner-Tregoe, Diagrama de Ishikawa y Análisis del Pareto.

- **Validación de Hipótesis** Identificar las razones por las cuales una acción o condición existe, cuál es el fenómeno que genera la causa y cuál es el efecto. Si se elimina la causa con una acción correctiva apropiada y se eliminan o mitigan los efectos recurrentes, la hipótesis es demostrable y válida y se convierte en una causa posible.
- **Verificación de Causas** Resumir los hallazgos, listar las causas probadas y las acciones correctivas, clasificadas por categorías o elementos principales, ayuda a seleccionar la causa más directa o la Causa Raíz, aquella cuya acción preventiva elimina el efecto y la recurrencia. La selección de la causa raíz debe ser enfocada y sistemática, debe explicar el ¿Cómo? y el ¿Por qué? de la ocurrencia de la falla. Es importante describir la acción correctiva seleccionada para prevenir la recurrencia, incluyendo las razones por las cuales fue seleccionada y como ella puede prevenir la falla.

3.3.5.4. Fase 4. Desarrollo de la solución.

La implementación y ejecución efectiva de acciones correctivas para cada causa probada, reduce la probabilidad de ocurrencia de la falla e incrementa la confiabilidad y seguridad del sistema analizado. El objetivo es seleccionar una alternativa de solución balanceada, que elimine la causa raíz del problema sin crear uno nuevo y mayor.

3.3.6. Métodos y herramientas de análisis de causa raíz

Los métodos y las herramientas de Análisis de Causa Raíz son aplicables a casos específicos, se seleccionan dependiendo del alcance y de la consecuencia del incidente o falla. Las herramientas tienen un uso limitado, los métodos involucran

varias etapas y son de uso más generalizado. Para comparar los métodos y las herramientas, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Que definan claramente el problema y su importancia al propietario
- Que describan las causas conocidas y la relación con las que pueden causar el problema
- Que establezcan la relación entre la causa raíz y el efecto o problema
- Que presenten de forma simple y enfocada la evidencia y el soporte de las causas identificadas
- Que expliquen, sin ambigüedad cómo la solución puede prevenir el problema recurrente.
- Que el reporte sea conciso, fácil de entender y de análisis lógico.

3.3.6.1. Paso de la escalera – 5 porqué.

Es un método simple de pregunta – respuesta, usado para explorar la relación entre causa – efecto, para encontrar la causa raíz y solucionar problemas. El método fue desarrollado por Sakichi Toyoda y fue utilizado por la Toyota Motor Corporation durante la evolución de su proceso de manufactura, como parte de la inducción de sus trabajadores y como elemento en la solución de problemas en el sistema de producción de vehículos. Actualmente se utiliza en programas de Mejoramiento Continuo, Mantenimiento Productivo y Seis Sigma.

3.3.6.2. Diagrama causa – efecto.

Método utilizado para el análisis de problemas complejos, se identifican una secuencia de eventos alineados con el tiempo y con las condiciones que los causan. Los eventos y condiciones evidentes se identifican con líneas sólidas en un diagrama de árbol, sin describir las evidencias; los eventos y condiciones asociadas, se muestran con líneas punteadas. Con el ensamble completo, la pregunta frecuente es si el incidente cambia si las condiciones cambian, es decir si existe la relación causa – efecto.

3.3.6.3. *Análisis del árbol de fallas – FTA.*

Es un método cuantitativo del diagrama causa – efecto utilizado para identificar fallas en un sistema, a partir del análisis de subsistemas. Su uso es generalizado en proyectos de ingeniería, biología y diseño, requiere de datos específicos como “velocidad de daño”, “frecuencia de fallas”, “Tiempo Medio entre Fallas”. La relación de causa – efecto, está relacionada con la interacción de las variables.

3.3.6.4. *Árbol real actual de falla – CRT.*

Método desarrollado por Eliahu M. Goldratt en su *Teoría de Restricciones*, la cual guía al facilitador en la identificación de causas raíz utilizando el análisis de causa-efecto cuyos elementos están unidos por reglas lógicas (categorías de reserva legítima). El CRT inicia con una lista de cosas o eventos indeseables a nuestro alrededor y promueve el hallazgo de una o más causas raíz que lo generan. Este método es poderoso para la solución de problemas complejos en organizaciones, donde no es obvia la relación entre lo observado y las cosas o eventos indeseables y donde se requiere profundizar en la causa raíz, que puede ser común a varios problemas a la vez.

3.3.6.5. *Análisis KEPNER – TREGOE.*

Método desarrollado en 1958 por el Dr. Charles Kepner y el Dr. Benjamín Tregoe, Kepner- Tregoe Inc., organización dedicada a la consultoría sobre solución de problemas, toma de decisiones y metodología de ejecución de proyectos, denominado también como “Proceso KT”. Es un sistema estructurado para maximizar el pensamiento crítico de los involucrados en un problema específico, con el objeto de tomar una decisión o encontrar una oportunidad.

3.3.6.6. Inferencia Bayesiana.

Es un método de deducción estadística con la cual las evidencias u observaciones se utilizan para inferir que la probabilidad de ocurrencia o la hipótesis nueva puede ser prevista y cierta. El método está basado en el "Teorema de inferencia del Reverendo Thomas Bayes.

3.3.6.7. Análisis de Barreras.

Herramienta utilizada en la solución de problemas en procesos industriales. Está basado en el seguimiento de los dispositivos de protección, enfocándose en los cortes o barreras del flujo y en Cómo y Porqué no actúan antes de que se produzca un incidente. Un ejemplo es la máquina de afeitar cuya cuchilla se encuentra en una carcasa protectora, si la carcasa falla, la cuchilla puede ocasionar un incidente. La causa de la falla de la carcasa, se convierte en una causa raíz directa del problema.

3.3.6.8. Análisis del cambio.

Herramienta de investigación utilizada para el análisis de problemas o accidentes. Está basada en la comparación de situaciones antes y después del evento, con el objeto de identificar los cambios o diferencias que puedan explicar el incidente ocurrido y las consecuencias. El resultado del cambio es la causa que origina el problema, generalmente está asociada al tiempo. Esta herramienta proporciona causas específicas que no son necesariamente causas raíz del problema.

3.3.6.9. Diagrama de Pareto.

Herramienta de aproximación estadística a la solución del problema, utiliza bases de datos de problemas identificados, con las causas que los han generado, en un determinado proceso o negocio. El principio de Pareto se conoce como la regla del 80-20, el cual dice que el 80% de los problemas son generados por el 20% de las

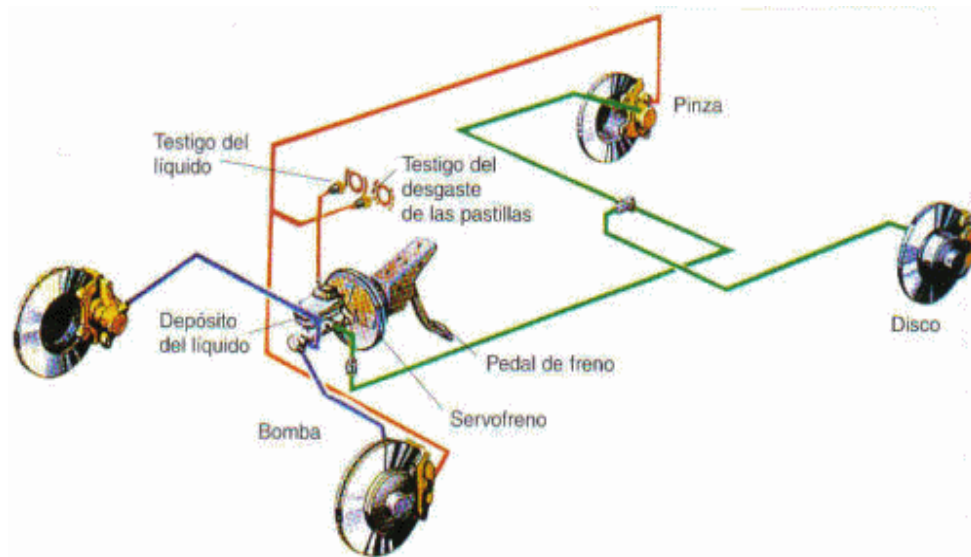
causas. Se entiende como la relación directa del problema con las causas más comunes. No es precisamente un método para resolver problemas, se utiliza para determinar dónde iniciar el análisis, para priorizar las acciones más efectivas.

3.4. SISTEMA DE FRENOS AUTOMOTRIZ

En cualquier máquina que utilice energía cinética para ejecutar alguna función, se requiere contar con un sistema de frenos adecuado al tipo de maquinaria y a los riesgos que pudiese significar permitir que el movimiento continúe. No basta con detener la marcha de un motor para detener el movimiento, un sistema de frenos contrarresta la inercia (tendencia de los cuerpos a mantener el estado de movimiento o reposo) del objeto en movimiento. Un auto es un móvil que se desplaza bajo control del conductor, es acelerado con la fuerza (torque) y potencia del motor y desacelerado con la resistencia del mismo, pero sobre todo con la aplicación de los frenos, el sistema primordial de seguridad. Un automóvil pesa entre unos 800 y 2500 Kg. según su tamaño y equipamientos, estando en marcha no se puede parar inmediatamente cuando el motor se desconecta del tren de fuerza, debido a la inercia, la cual varía con la velocidad y para controlarla, disminuirla o anularla, se utilizan los frenos instalados en cada una de las cuatro ruedas.

Los frenos trabajan por rozamiento entre una parte móvil solidaria a (fijado a) las ruedas y otra parte fija solidaria a la estructura del auto. Al aplicarse los frenos, la parte fija se aprieta a la parte móvil y por fricción se consigue desacelerar el auto. Esta fricción emite calor y absorbe la energía de la inercia (a 120 Km/h un auto de 1.200 Kg aplica una potencia de frenado de más de 200 HP, lo que disipará calor hasta en una temperatura de 800°C). Para que los frenos sean más eficaces, las superficies en rozamiento deben ser muy planas para lograr un máximo contacto.

Figura 2. Esquema de un sistema de frenado. Fuente: MECÁNICA AUTOMOTRIZ. Encontrar en la dirección web: <http://3.bp.blogspot.com/-ri5WhXCvtT0/TyWQp38ZDsI/AAAAAAAAAIU/m3ErX-jEIV/s1600/frenos.gif>. 04 de mayo del 2017.



La Función del sistema de frenado consiste en **transformar la energía del movimiento en energía térmica**. La energía térmica generada en los elementos frenantes, los cuales entran en fricción, es transmitida a la atmósfera. Los elementos frenantes del sistema están compuestos por una parte móvil adherida a las ruedas, (los tambores y discos) y una parte fija adherida a la estructura del vehículo (las zapatas y pastillas), es decir, mediante la resistencia al movimiento relativo entre dos superficies en contacto.

El objetivo del sistema de frenado, es crear una fuerza regulada para reducir la velocidad, detener o estacionar un vehículo en movimiento.

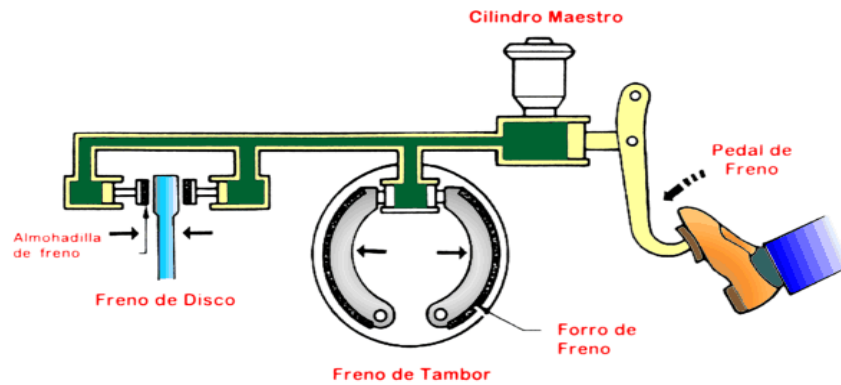
3.4.2. Funcionamiento del sistema de frenado.

El pedal de accionamiento de los frenos y los dispositivos de frenado están conectados por un circuito hidráulico. Éste último se encarga de **impulsar un gran cilindro cuya presión acumulada se transmite a la pastilla** o a la zapata de freno; las cuales, hacen presión contra el disco o contra el tambor; reduciendo así la velocidad del vehículo. Como agente hidráulico es utilizado un líquido viscoso denominado, líquido de frenos.

Figura 4. Partes del freno auxiliar. (Freno de mano). Fuente: JIMENEZ, Javier, encontrar en la dirección web: http://1.bp.blogspot.com/-vhlRm2tRxKQ/VT_N3MoL4VI/AAAAAAAAAJs/10zQaHaevNg/s1600/ope_trinquete04.gif. 04 de mayo del 2017.



Figura 5. *Funcionamiento de un sistema de frenado por tambor.* Fuente: RIQUELME, Santiago, encontrar en la dirección web: <https://k40.kn3.net/2D9605D13.gif>. 04 de mayo del 2017.

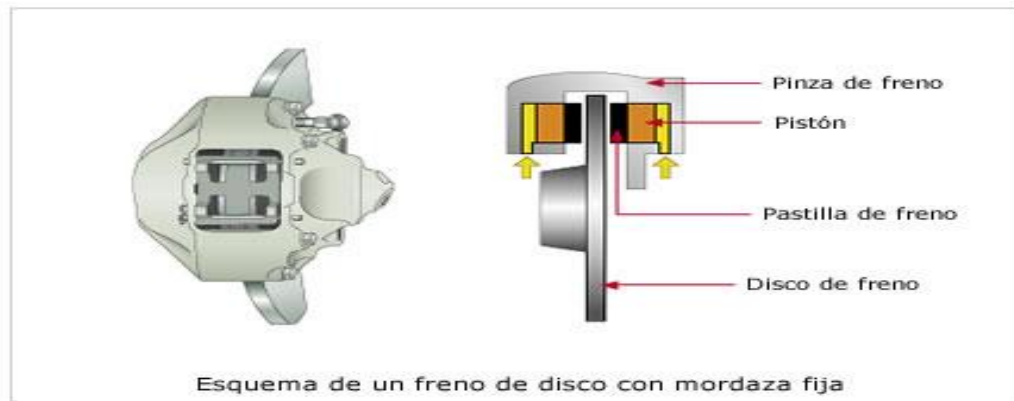


3.4.3. Tipos de sistemas de frenado.

3.4.3.1. Sistema de Freno de Disco:

Este sistema de frenado está compuesto por dos cilindros que contienen los pistones. Entre los pistones va el disco de freno que se une a la rueda, por medio del disco de sujeción, todo ello montado sobre el semieje. Las pastillas de freno, se intercalan entre los pistones y el disco de freno.

Figura 6. Partes del sistema de frenado de discos y sus partes. Fuente: AFICIONADOS A LA MECÁNICA, encontrar en la dirección web: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-frenos/mordaza-flotante.jpg>. 04 de mayo del 2017.



Cuando se pisa el pedal de freno se activa una bomba hidráulica que conduce el líquido de frenos hacia las pinzas de freno. La presión del líquido de frenos hace que los pistones empujen las pastillas. Las pastillas hacen fricción contra el disco de freno, donde la energía cinética se convierte en calor disipado, y así el conjunto del vehículo decelera progresivamente. Con el paso del tiempo, según el tipo de coche y la forma de conducir, los frenos se irán desgastando.

La tendencia actual es colocar en los vehículos frenos de tambor en la parte trasera y de disco en la parte delantera, aunque hay vehículos que van dotados de frenos de disco en las cuatro ruedas.

❖ **Ventajas Sistema Freno de Disco.**

- Buena refrigeración, disminuyendo la probabilidad de recalentarse.
- Liberación de agua y humedad debido al propio giro de la rueda.
- Menos holgura en el pedal de freno, por estar las pastillas muy próximas al disco.
- Sistema más sencillo de mantenimiento.
- Mayor dificultad para que aparezca el fading, por estar más refrigerado.
- Alta precisión en el control la de frenada.

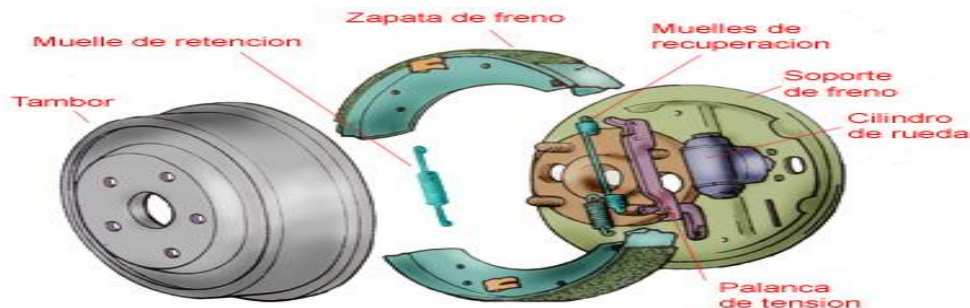
3.4.3.2. Sistema de Freno de Tambor.

Este tipo de sistema de frenado está compuesto por las siguientes partes:

- Bombín.
- Muelle inferior unión zapatas.
- Retención dentada.
- Guarnición frenante.
- Plato porta zapatas.
- Muelle superior zapatas.
- Travesaño mando zapatas
- Tambor
- Zapata

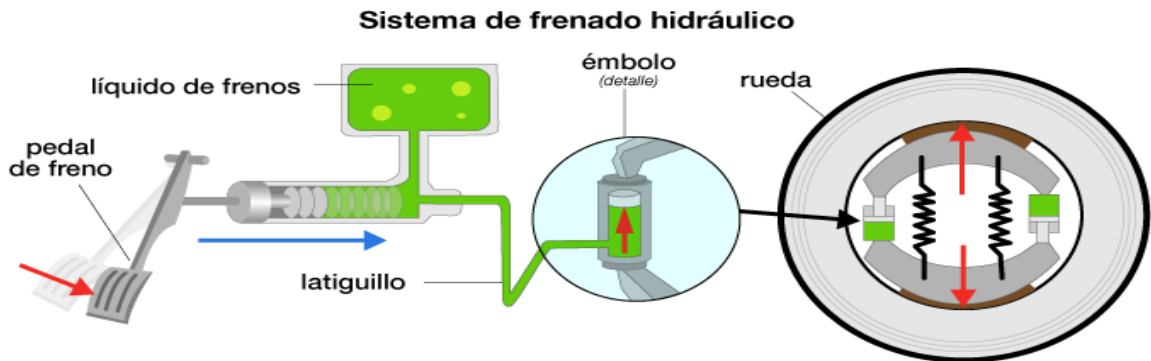
Figura 7. Partes del sistema de freno de bandas (Bandas). Fuente: THE AUTOMOBILE NEEDS, encontrar en la dirección web:

<https://automobileneeds.files.wordpress.com/2013/04/frenotambor.jpg>. 04 de mayo del 2017.



Al pisar el pedal de freno, el cilindro hidráulico se llena de líquido de frenos. Como consecuencia, las zapatas de freno se separan y **entran en contacto con el tambor de freno**, frenando de esta forma las ruedas. Los muelles se encargan de mantener el conjunto de zapatas perfectamente posicionadas. Después de la frenada, las zapatas recuperan su posición inicial por el resorte y bajo esta acción los pistones vuelven a su posición inicial, desalojando el líquido.

Figura 8. Funcionamiento del sistema de frenado de tambor (hidráulico). Fuente: RIQUELME, Santiago, encontrar en la dirección web: <https://k38.kn3.net/8FF0A2983.png>. 04 de mayo del 2017.



❖ **Ventajas:**

La fuerza centrífuga, generada por el giro de la rueda, obliga a las zapatas a pegarse contra la pared del cilindro generando una fuerza adicional.

❖ **Desventajas:**

Pobre o ausente capacidad de disipación de agua y/ o humedad remanente lo que provoca una disminución de su eficacia y la disipación del calor es mucho más pobre que en un sistema de freno de disco.

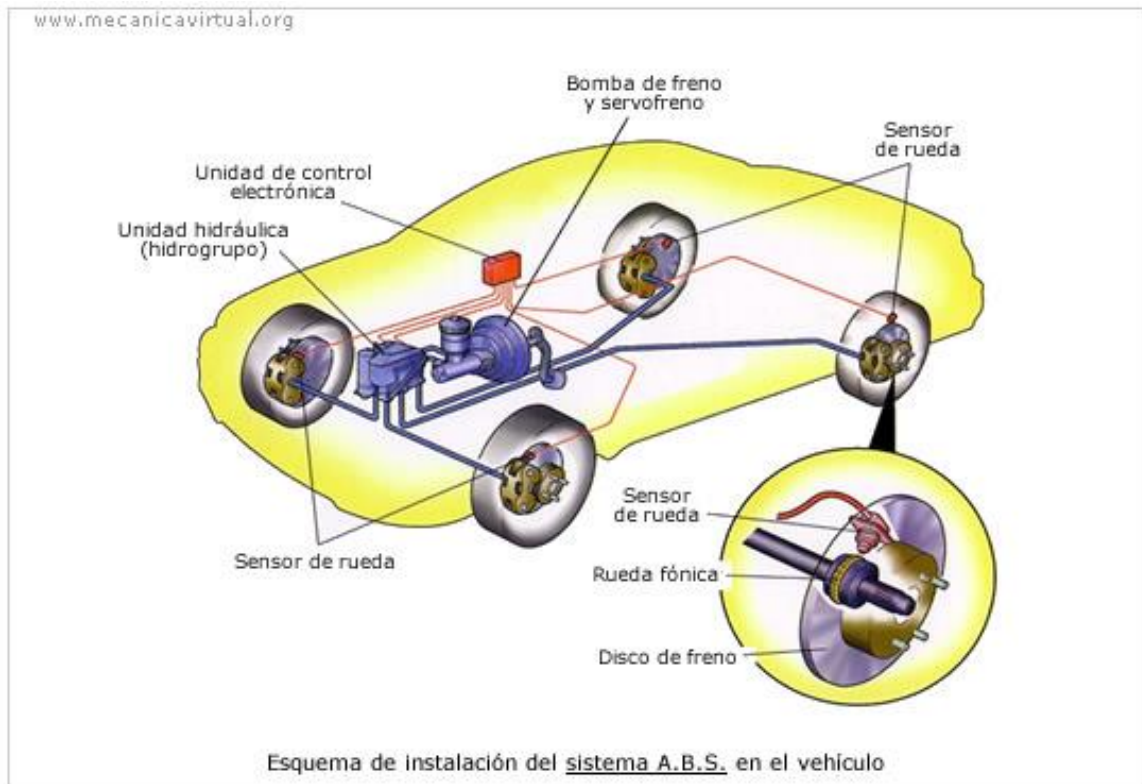
3.4.3.3. Sistema de frenos ABS.

El ABS (Anti-Lock Brake System), es un sistema con el fin de prevenir el bloqueo de las ruedas, mientras el vehículo se mueva con una velocidad superior a 7 Km. Este sistema controla electrónicamente la presión hidráulica o neumática en el cilindro de caliper en el de rueda y/o en la cámara de aire de un freno tradicional. El ABS actúa solamente cuando hay riesgo de bloqueo de las ruedas, es decir cuando se aplica fuerza excesiva sobre el pedal del freno (frenada de pánico), se frena sobre piso húmedo, con aceite, con arenilla o cuando se aplica el freno al tomar una curva. Realmente son pocas las ocasiones en que el sistema ABS entra a funcionar, si la conducción y frenado de un vehículo se hace en forma normal.

El sistema de frenado ABS está compuesto por las siguientes partes:

1. Unidad hidráulica, la cual está compuesta por: Cilindro Maestros en algunos casos Servofreno hidráulico, y un bloque de electroválvulas encargadas de la regulación de presión hacia los cilindros de frenos, cuando entra a actuar el ABS.
2. Un calculador electrónico (panela), encargado de recibir las señales de las ruedas y avisar al bloque de electroválvulas cuando se debe actuar, a la vez que monitorea el sistema cada vez que se abre el interruptor de encendido, para constatar que está funcionando en forma correcta o alertar si se detecta alguna falla, mediante una señal luminosa en el tablero. El calculador electrónico esta generalmente ubicado detrás del asiento trasero o en el baúl.
3. Sensores o captadores de velocidad, son cables que van desde las ruedas y/o del diferencial de la transmisión hasta el calculador electrónico, encargados de llevar la información al calculador sobre la velocidad de las ruedas, mediante señales de corriente variable.

Figura 9. Sistema de frenado ABS. Fuente: AFICIONADOS A LA MECÁNICA, encontrar en la Dirección web: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-frenos/abs-coche.jpg>. 04 de mayo del 2017.



3.5. SÍNTOMAS DE FALLAS EN SISTEMAS DE FRENADO

A continuación, se definen, no las fallas del sistema de frenado, si no los síntomas o indicadores de una falla latente en el sistema de frenado de un automóvil. Consideramos importante enumerar estos síntomas, ya que, en la realidad, esto es lo que percibe el usuario del sistema. Los síntomas más comunes son:

1. El Recorrido del pedal es lento y hasta el piso.
2. Al aplicar los frenos, el automóvil presenta un deslizamiento lateral.
3. En el recorrido del pedal se Sienten como pulsaciones en el pedal.

4. El pedal se va al piso y el vehículo no se detiene.
5. El nivel de fluido baja en el depósito, pero no hay señales de fuga o goteo externo.
6. Los frenos se pegan en una o varias ruedas.
7. Las zapatas o balatas hacen click.
8. Al aplicar los frenos se escucha un sonido de raspado metálico.
9. El pedal de freno está demasiado duro y tienes que aplicar fuerza para detener el auto.
10. Al presionar el pedal lo sientes esponjoso.
11. Recorrido excesivo del pedal de freno, pero si frena.
12. Recorrido excesivo del pedal de freno y no se detiene el vehículo.
13. Escuchas un ruido molesto, pero frena.

3.6. ANÁLISIS DE CAUSAS DE FALLAS EN LOS SISTEMAS DE FRENADO

3.6.1. Causas mecánicas

Figura 10. *Bandas desgastadas por fricción. Fuente: CUIDADO DE AUTOS., encontrar en la dirección web: <http://2.bp.blogspot.com/-DISijRnxOg4/TrU6jpMs4YI/AAAAAAAAAIA/mkKsl5Zj3mQ/s1600/fototootoot.jpg> . 04 de mayo del 2017.*



- **Piezas de extensión o retracción del pedal defectuosas.** El punto de apoyo del pedal en chasis, resortes, pistones...etc. pueden convertirse en una causa de una falla mecánica. Estos componentes que intervienen en el funcionamiento del pedal deben de incluirse en el plan de mantenimiento del sistema de frenado.
- **Pastilla o Bandas Sucias, Cristalizadas o defectuosas.** La fuerza de fricción que origina la desaceleración o parada de un automóvil, se origina debido al contacto que hace la capa a asbesto de la pastilla o zapata con la superficie de la parte rotatoria del cuerpo frenante (Disco o Tambor). Dependiendo del estado del asbesto, así la será eficiencia de las pastillas o zapatas, por esta razón estos elementos deben de estar libre de sustancias que reduzcan su coeficiente de fricción (Grasas, Aceite o Líquido de frenos), otro aspecto a tener en cuenta en la inspección es que no presente cristalización lo cual también reduce su nivel de fricción. Las pastillas o zapatas al ser instaladas deben quedar ajustadas evitando de esta manera reducir los niveles de vibración y daño de la misma.
- **Tambores o Discos defectuosos.** Un tambor o disco defectuoso en un automóvil, en primera medida origina un daño a la parte que hace contacto con él en el momento del frenado. De igual forma genera vibraciones en el pedal e incremento de la temperatura en el sistema, originando en el corto o mediano plazo, dependiendo del nivel de daño, la pérdida de los frenos del automóvil.
- **Desgaste irregular de partes frenantes.** Unas pastillas o zapatas en buen estado e instaladas correctamente, al entrar en contacto con el disco o tambor, según sea el caso, lo debe hacer de manera total y al mismo tiempo, esto con el fin de evitar que el desgaste se realice de manera no uniforme en las superficies que entran en contacto. Un desgaste irregular de las partes frenantes puede ocasionar deslizamientos del automóvil al momento de aplicar los frenos, ya que el cuerpo frenante que presenta el desgaste irregular

generara menos fuerza de frenado que los otros cuerpos frenantes, sin desgastes irregular, de las demás ruedas.

- **Holguras Disco – Tambor Vs. Pastillas – Bandas descalibradas.** El espacio o holgura comprendido entre el disco y la pastilla de freno o la zapata y el tambor debe ser revisado, y calibrado si es el caso. Una descalibracion de esta holgura puede originar la falla conocida como “rueda caliente”, en la cual la pastilla o zapata hace contacto permanente con el disco o tambor originado el calentamiento del sistema.
- **Obstrucción física delas partes mecánicas del sistema de frenado.** Las partes móviles del sistema de frenado pueden verse frenadas, por objetos o pedazos de materiales, que se han desprendido interfiriendo con el buen funcionamiento de estas partes.
- **Rodamiento de las ruedas, desgastados.** El sistema de frenado consta de una parte rodante, la cual se encuentra adherida a la rueda del automóvil mediante el eje. Si el rodamiento de la rueda presenta desgaste, incrementa el nivel de vibración en el pedal al momento de aplicar los frenos.
- **Presión de aire en los neumáticos.** La baja presión de aire en los neumáticos puede ocasionar deslizamiento del automóvil al momento de frenar. El bajo nivel de aire en el neumático origina mayor coeficiente de fricción entre la rueda y la superficie del suelo, lo cual desequilibra la respuesta de frenado de la rueda con bajo nivel de aire, en relación con las otras ruedas con nivel de aire normal.

3.6.2. Causas Hidráulicas

- **Líquido de freno Inadecuado, mal estado o Insuficiente.** El líquido de freno, por su condición de líquido, la cual le concede un factor de “0” compresibilidad, es el medio mediante el cual se transmite la fuerza efectuada en el pedal hasta los cuerpos frenantes de cada rueda. El nivel del líquido de freno debe ser el adecuado de tal manera que sea suficiente para el llenado total de las mangueras, tuberías y bombas del sistema, transmitiendo de una manera más eficiente la fuerza de frenado. Como todo compuesto el líquido de freno ha sido diseñado con ciertas características que le permite ser usado como agente transmisor de fuerza. Dentro de estas características se resalta el “punto de ebullición”, ya que, si se selecciona un líquido de freno inadecuado para el medio, con bajo punto de ebullición, y el sistema de frenado llega a alcanzar temperaturas superiores al punto de ebullición del líquido, este tendrá un deterioro en sus cualidades, como compresibilidad (Generación de burbujas), perdiendo su eficacia en la acción de frenado.
- **Bombas en mal estado.** Una bomba en mal estado anula el sistema de freno ya que es esta la responsable de transformar la fuerza ejercida en el pedal en fuerza hidráulica.
- **Fugas en el sistema.** Una fuga del líquido de freno implica la pérdida gradual o total para transmitir la fuerza ejercida en el pedal hasta el cuerpo frenante.
- **Desequilibrio en distribución de fuerza hidráulica.** En un sistema “ideal” de frenado, la fuerza hidráulica debería llegar igual a las 4 ruedas, siempre que estas se desplazaran bajo las mismas condiciones, es decir peso, velocidad y coeficiente de fricción. En la vida real estas variables en cada una de las ruedas a frenar no están equilibradas, razón por la cual algunos automóviles

cuentan con el sistema ABS, el cual busca compensar los desequilibrios en las fuerzas de frenado los cuales originan deslizamientos laterales del automóvil.

- **Aire en el sistema.** En la transmisión de la fuerza desde los pedales hasta el pistón que empuja la pastilla hacia la superficie del disco o tambor, se utiliza un líquido llamado “Líquido de frenos”, este compuesto por su condición de líquido no admite nivel de compresión alguna, es decir los líquidos tienen “Compresibilidad” igual a cero, caso contrario al de los gases, que, por su estructura molecular, pueden Comprimirse. Basados en lo anterior se deduce que el sistema de frenado no puede tener aire en sus tuberías, mangueras y pistones, en el evento que llegasen a tener aire, este aire al comprimirse amortiguaría la fuerza ejercida desde los pedales originado un retardo en la acción de frenado o anulándola en el peor de los casos.

3.6.3. Causas Térmicas

Figura 11. Recalentamiento de los discos de frenado. Fuente: PULLE, encontrar en la dirección web: http://www.puller.su/uploads/files/images/katalog/torm_kolodki/tormozk_14.jpg. 04 de mayo del 2017.



Se pueden considerar de las causas más importantes, debido a que un aumento de la temperatura fuera de los límites permitidos en el sistema de frenado, puede ocasionar daños a cada uno de los componentes del mismo, como son:

- Fatiga en los materiales.
- Ebullición del líquido de freno.
- Generación de vapores lubricantes.
- Variación en coeficientes de fricción del asbesto.
- Deformación de partes.

A continuación, enumeramos las 3 maneras más comunes por las cuales se puede incrementar la temperatura en el sistema de frenado.

1. **Frenadas sucesivas en lapso de tiempo corto.** El uso inadecuado del sistema de frenado puede originar un incremento perjudicial en la temperatura del sistema de frenado, este mal uso se puede ver reflejado al avanzar a altas velocidades en vías o locaciones con alto tráfico, lo cual obliga a realizar frenadas repentinas a velocidades altas elevando la temperatura en zapatas y pastillas y esta a su vez transmitiéndola al líquido de frenos. Otro uso inadecuado se puede presentar en el descenso prolongando de pendientes pronunciadas en las cuales solo se hace uso del sistema de frenado y no se utiliza el freno de motor.
2. **Fricción de partes metálicas.** La fricción entre 2 metales es un generador de calor, debido a esta razón se debe revisar con cierta frecuencia el recubrimiento de asbestos de las zapatas y pastillas, con el fin de no llegar al punto de entrar en fricción metal con metal, lo cual además de subir drásticamente la temperatura anularía básicamente la fricción en el frenado.
3. **Nivel de Vibración.** Donde existe vibración, se genera un incremento de la temperatura. Por esta razón se hace necesario estar pendiente de los sistemas de rodamiento de las ruedas los cuales en el evento de presentar alguno deterioro pueden transmitir la vibración al cuerpo frenante.

3.7. NORMATIVIDAD (NTC 5375)

En la actualidad la circulación de automotores a nivel mundial se encuentra regida por diferentes normas y parámetros que aprueban o no la movilidad de ellos. En Colombia, se estableció una norma (NTC 5375) la cual está sustentada en un certificado de movilidad (Certificado de Revisión técnico mecánica), y en ella se establecen los requisitos de revisión general de los automotores: parte exterior, carrocería y chasis; sistema de frenos; sistema de suspensión; revisión interior; luces y señalización; y emisiones contaminantes.

Dicha norma establece cómo identificar las fallas en el sistema de frenos y así poder verificar el estado mecánico de dicho sistema, por medio de inspecciones sensoriales y cálculos de variables por medio de un equipo de medición (Frenómetro).

3.7.1. Inspección sensorial

Mediante inspección sensorial se debe verificar el estado de las partes del sistema de frenado según el tipo de freno que posea, la norma dispone de la siguiente forma con los ítems por partes a revisar.

1. Pedal

- Carrera o movimiento de los dispositivos de accionamiento del sistema de frenos sean excesivos o insuficientes.
- Retorno inadecuado del pedal.
- Desajuste o desgaste de la superficie antideslizante del pedal.

2. Guayas (freno de mano)

- Mandos, fundas, cables, guayas o varillas deterioradas, con riesgo de desprendimiento o interferencia con otros elementos.

- Inexistencia o inoperancia de freno de estacionamiento.

3. Bomba de vacío (Booster) o compresor y anclajes.

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de un circuito neumático para el sistema de frenado.

- Bomba de vacío deteriorada o con riesgo de desprendimiento.
- Compresor deteriorado o con riesgo de desprendimiento.
- Presión o vacío insuficiente para permitir al menos dos frenadas a fondo consecutivas, una vez que se pone en marcha el dispositivo de aviso.
- Pérdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o pérdida de aire audibles cuando no se está aplicando el freno.
- Inexistencia de un dispositivo capaz de indicar los límites de la presión o vacío de funcionamiento.

4. Válvula de regulación del freno de estacionamiento (parqueo o de mano).

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de un circuito neumático para el sistema de frenado.

- Mal estado del mando que opera el sistema de frenado de estacionamiento (parqueo o mano).
- Presencia de fugas de aire al tener accionado el freno neumático.

5. Válvulas de frenado.

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de circuito neumático para el sistema de frenado.

- Montaje con riesgo de desprendimiento.

- Descarga visible de fluido hidráulico en los frenos mixtos.
- Goteo continuo de aceite del compresor.

6. Tanques o depósitos de presión.

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de un circuito neumático para el sistema de frenado.

- Tanques o depósitos de presión excesivamente corroídos, con pérdidas o con riesgo de desprendimiento.
- Dispositivo de purga inoperante (si no es automático).

7. Tubos y mangueras de frenos

- Pérdidas de líquido en los tubos, mangueras o en las conexiones.
- Tubos o mangueras deterioradas, dañadas, deformadas o excesivamente corroídos o con riesgo de desprendimiento.

8. Cilindros del sistema de frenado

- Cilindros con fugas visibles o con riesgo de desprendimiento (falta de tornillos).

3.7.2. Condiciones por medir (Frenómetro).

Esta inspección se debe realizar por medio de un frenómetro o dispositivo similar que cumpla la misma función. Se debe verificar en el mismo cada uno de los ejes del vehículo, comprobando:

- El frenado de las ruedas.
- La progresión no gradual del frenado (agarre).
- El retraso anormal en el funcionamiento de los frenos en cualquiera de las ruedas.

- La existencia de fuerzas de frenado en ausencia de acción sobre el mando del freno.
- La eficacia

Al utilizar el frenómetro para la realización de esta inspección deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Una incorrecta presión de los neumáticos puede dar lugar a lecturas erróneas, haciéndose necesaria una correcta presión de los mismos. Así mismo la banda de rodadura debe presentar un labrado suficiente.
- En algunos vehículos dotados con sistemas antibloqueo se puede encender el testigo de avería del sistema al entrar en funcionamiento los rodillos del frenómetro. Para corregir este problema una vez que el vehículo haya salido del frenómetro, se parará el motor y se efectuará una nueva puesta en marcha del motor con lo cual el testigo se apagará tras el chequeo del sistema. En algunos casos habrá que realizar un pequeño recorrido para que este se apague.
- En los vehículos dotados de sistemas de control de tracción para efectuar la prueba en el frenómetro será necesario parar el motor y con la llave de contacto en la posición stop, proceder normalmente. Si el vehículo posee un dispositivo que deje fuera de servicio el sistema, se procederá a su desconexión antes de posicionarlo en el frenómetro.
- Los vehículos con sistema de tracción integral mecánico, que pueden ser desacoplados manualmente, tendrán que ser inspeccionados teniendo en cuenta las características que presenta dicho sistema. En términos generales, el proceso de pruebas es más largo que en un vehículo normal pues tienen que efectuarse cuatro frenadas para poder evaluar correctamente el sistema de frenos.

- En el caso de vehículos con dobles o triples ejes de tracción no desacoplables, o en aquellos que por geometría no sea posible su comprobación mediante frenómetro, solo se comprobará la eficacia de frenado mediante un decelerómetro en prueba en pista u otros dispositivos que cumplan la misma función.

3.7.2.1. Eficacia de Frenado (Medida por el frenómetro).

Se entiende por eficacia (E) la relación en porcentaje de la suma de las fuerzas de frenado respecto el peso total del vehículo desocupado, en el momento de la prueba. Se deducirá por la fórmula:

$$E = 100 \left(\frac{F}{P} \right)$$

En donde

E = valor de la eficacia en porcentaje [%].

F = suma de todas las fuerzas de frenado, en Newton [N].

P = masa total vacío [kg] * gravedad [9.81 m/s²].

3.7.2.2. Desequilibrio por eje (Medida por el frenómetro).

Se entiende por *desequilibrio* (D) la diferencia de esfuerzos de frenado entre las ruedas de un mismo eje. La medida del desequilibrio se efectuará, por consiguiente, por cada eje, y se hallará como porcentaje de la rueda que frena menos respecto a la que frene más. Se tomará, para cada rueda, como esfuerzo de frenado, el valor máximo que indique el frenómetro.

$$D = \left(\frac{F_{max} - F_{min}}{F_{max}} \right)$$

En donde

Fmax = valor máximo registrado entre las dos ruedas del mismo eje.

Fmin = valor mínimo registrado entre les dos ruedes del mismo eje.

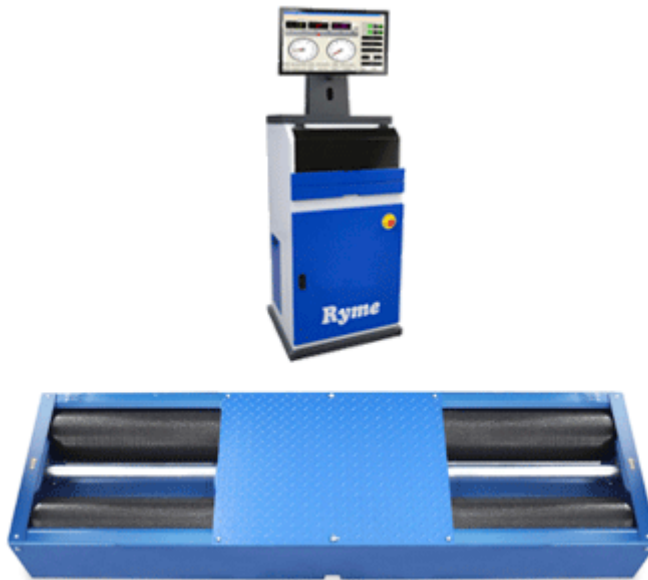
Por tanto, de se debe tener en cuenta que la descripción de la falla encontrada por el frenómetro se interpreta por medio del informe arrojado por cada vehículo inspeccionado. Estos parámetros según la norma tienen los siguientes rangos de falla:

- Desequilibrio de las fuerzas de frenado entre las ruedas de un mismo eje, en cualquiera de sus ejes, superior el 30 %.
- Desequilibrio de las fuerzas de frenado entre les ruedes de un mismo eje, en cualquiera de sus ejes, entre el 20 % y 30 %.
- Freno de estacionamiento (de parqueo de mano) con una eficacia inferior el 18 %.

3.8. EQUIPO DE MEDICIÓN – FRENÓMETRO

También llamado Desacelerómetro, puede ser para vehículos livianos de hasta 2.500 kg por eje o para pesados de hasta 15.000 kg por eje, el frenómetro mide las fuerzas de frenado, asimetría por eje, eficiencias parciales y totales, desaceleración y freno de mano; no requiere de maniobra especial para medir movilización o irregularidad periódica, monitorea la posición de las ruedas, su velocidad y deslizamiento. Puede ajustarse el punto de corte con precisión del 1%.

Figura 12. Frenómetro de rodillos. Fuente: RYME, encontrar en la dirección web: http://www.ryme.com/images/frenometro_FRL-hd.gif. 04 de mayo del 2017.



El modelo de livianos viene equipado con motores de 5HP y el de pesados de 15 HP, los rodillos son ranurados de acero. El modelo para vehículos pesados puede llevar balanza automática incorporada, mientras que en una línea de livianos en general se usa el medidor de suspensión para tomar el peso de cada rueda.

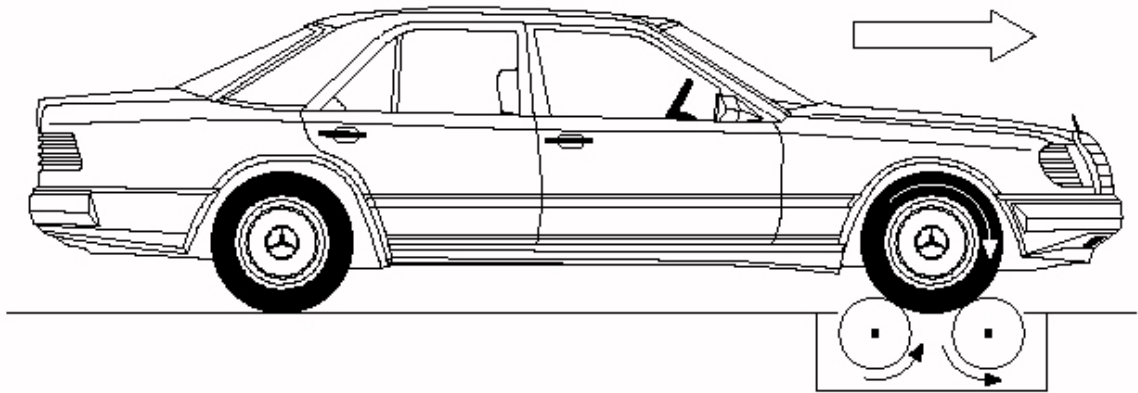
Para el desarrollo del proyecto se utilizó un frenómetro de fabricación italiana con la siguiente referencia: VAMAG INSPECTOR M/RBT 3500, el cual presenta las siguientes características (Ver anexos):

- Método de Rodillos
- Eficacia medida del 0 al 100%
- Balance de lado a lado por eje
- Capacidad de carga 2500 Kg
- Precisión de medida de fuerza de frenado menor al 1%
- Fondo de escala de fuerza de frenado 10.000 N
- Coeficiente de fricción menor al 1%
- Velocidad típica de prueba, mínima de 5 Km/H

- Pruebas de vehículos 4WD: si
- Sistema de bloqueos de rodillos automáticos
- Resolución de lectura, 1N

Figura 13. Posicionamiento del vehículo dentro del frenómetro para la prueba.

Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).




3.9. HOJA DE RESULTADOS FUR

El frenómetro como equipo de trabajo, arroja unos resultados cuantitativos de dicha revisión del sistema, estos valores se evidencian en una hoja llamada FUR (Formato Único de Resultados), este formato aparte del resultado de lo analizado en el sistema de frenos, también lleva consigo lo derivado a la revisión de todos los sistemas evaluados por la revisión técnico mecánica, y en él se puede establecer si el vehículo inspeccionado aprueba o no la revisión.

Figura 14. FUR (formato único de resultado). Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).

FORMATO UNIFORME DE RESULTADOS DE LA REVISIÓN TECNICO MECANICA Y DE EMISIONES CONTAMINANTES



REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE TRANSPORTE

CDA MOTO CESAR S.A.S.
CALLE 22 # 17-26 / TEL 5702821
VALLEDUPAR NIT: 900352010-9

A. INFORMACIÓN GENERAL

1. FECHA		2. DATOS DEL PROPIETARIO O TENEOR DEL VEHICULO			
Fecha de prueba 18/02/2016	Nombre o razón social ARIAS A. JOSE	Documento de Identidad CC. (X) NI. () CE. ()		No. 7571948	
Dirección CARRERA 12 N 36 - 140		Teléfono 3103660342	Ciudad VALLEDUPAR		Departamento CESAR

3. DATOS DEL VEHICULO

Placa UWR537	País COLOMBIA	Servicio PARTICULAR	Categoría AUTOMOVIL	Marca HYUNDAI	Línea ATOS PRIME GL
Modelo 2009	No de Licencia de tránsito 10004100340	Fecha emitida 24/11/2008	Color AMARILLO	Combustible GASOLINA	VIN o Chasis MALA51G93M296879
No de Motor G4HC6M450622	Tipo Motor 4t	Cilindrada 999	Kilometraje 64938	Número de sillas 5	Vidrios polarizados SI() NO(X) SI() NO(X)

B. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN MECANIZADA REALIZADA DE ACUERDO CON LOS METODOS DEFINIDOS EN LA NTC 5375
Nota: Todo valor medido seguido del signo * significa un defecto encontrado.

4. Emisiones Audibles

Valor	Unidad	5. Intensidad e inclinación de las luces bajas				6. Suma de la intensidad de todas las luces				
Ruido Escape 74,7	dBA	Baja Derecha 3,2	Intensidad 2,90	Unidad Klux	Inclinación 2,6	Rango (2,5 - 3,5)	Unidad %	Intensidad 59	Máximo 228,00	Unidad Klux
		Baja Izquierda 3,6	Intensidad 2,90	Unidad Klux	Inclinación 2,6	Rango (2,5 - 3,4)	Unidad %			

7. Suspensión (SI aplica)

Delantera Izquierda	Valor	Delantera Derecha	Valor	Trasera Izquierda	Valor	Trasera Derecha	Valor	Mínimo	Unidad
	61		71		61		64	40,00	%

8. Frenos

Eficacia Total	Mínimo	Unidad	Fuerza			Peso			Desajustes	Máximo	Unidad			
			Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad						
80	50,00	%	Eje 1 Izquierdo	2316	3640	N	Eje 1 Derecho	2533	3358	N	8	(20,00 - 30,00)	%	
			Eje 2 Izquierdo	2367	2574	N	Eje 2 Derecho	2525	2577	N	6	(20,00 - 30,00)	%	
Eficacia Auxiliar	Mínimo	Unidad	Eje 3 Izquierdo			Eje 3 Derecho			Eje 4 Izquierdo			Eje 4 Derecho		
			Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad
			41	18,00	%	N	N	N	N	N	N	N	N	(20,00 - 30,00)
			Eje 5 Izquierdo			Eje 5 Derecho			Eje 6 Izquierdo			Eje 6 Derecho		
			N	N	N	N	N	N	N	N	N	(20,00 - 30,00)	%	

9. Desviación lateral

Eje 1	10	Eje 2	-5	Eje 3		Eje 4		Eje 5		Máximo	(-10,00 10,00)	Unidad	mm/m
-------	----	-------	----	-------	--	-------	--	-------	--	--------	----------------	--------	------

10. Dispositivos de Cobro (Si aplica)

Referencia comercial de la llanta	Error en distancia	%	Error en tiempo	%	Máximo	Unidad

11. Emisión de Gases

11.1 Vehículos que usan OTTO																				
Temp	Rpm	Monóxido de Carbono (CO)			Dióxido de Carbono (CO2)			Óxigeno (O2)			Hidrocarburo (como hexano) (HC)			Óxido Nitroso (NO)						
		Valor	Norma	Unidad	Valor	Norma	Unidad	Valor	Norma	Unidad	Valor	Norma	Unidad	Valor	Norma	Unidad				
45,0	580	Ralentí	0,62	<= 1,00	%	Ralentí	14,6	7,00	%	Ralentí	0,35	5,00	%	Ralentí	150	<= 200	ppm	Ralentí		%
		Cruceo	0,14	<= 1,00	%	Cruceo	14,3	7,00	%	Cruceo	0,62	5,00	%	Cruceo	150	<= 200	ppm	Cruceo		%

11.2 Vehículos a Diesel (OPCIONAL)

Temp	Rpm	Ciclo 1	Unidad	Ciclo 2	Unidad	Ciclo 3	Unidad	Ciclo 4	Unidad	Resultado	Valor	Norma	Unidad
			%		%		%		%				%

C. DEFECTOS ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN MECANIZADA DE ACUERDO CON LOS CRITERIOS DEFINIDOS EN LA NTC 5375

Codigo	Descripción	Grupo	Tipo de defecto
			A B
Total:			

De este formato, tomaremos los datos referentes al sistema de frenos. Es importante aclarar que se debe mantener la confidencialidad de la placa y el propietario y solo tener en cuenta los valores que se necesitan (solicitud directa del CDA Moto Cesar S.A.S.) por lo que se firma esta solicitud (Ver Anexos)

Figura 15. Datos del sistema de frenado (extraído del FUR). Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).

Eficacia Total	Mínimo	Unidad	Fuerza			Peso			Desajustes	Máximo	Unidad			
			Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad						
80	50,00	%	Eje 1 Izquierdo	2316	3640	N	Eje 1 Derecho	2533	3358	N	8	(20,00 - 30,00)	%	
			Eje 2 Izquierdo	2367	2574	N	Eje 2 Derecho	2525	2577	N	6	(20,00 - 30,00)	%	
Eficacia Auxiliar	Mínimo	Unidad	Eje 3 Izquierdo			Eje 3 Derecho			Eje 4 Izquierdo			Eje 4 Derecho		
			Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad
			41	18,00	%	N	N	N	N	N	N	N	N	(20,00 - 30,00)
			Eje 5 Izquierdo			Eje 5 Derecho			Eje 6 Izquierdo			Eje 6 Derecho		
			N	N	N	N	N	N	N	N	N	(20,00 - 30,00)	%	

4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Según lo plasmado en el plan de proyectos La metodología de trabajo a ejecutar, está dividida en varias fases:

1. Se iniciará con una tabulación de datos, los cuales son arrojados por el frenómetro del centro de diagnóstico Moto cesar, de un lote de pruebas seleccionadas aleatoriamente, de automóviles durante el año en curso.
2. Al tener todos estos datos seccionados por tipos de vehículo, marca, línea, y datos cuantitativos que se obtienen de la máquina, se procede a clasificar en aprobados y rechazados para así poder identificar los vehículos que se encuentran en estado de falla en el sistema de frenado.
3. Según los datos obtenidos y el análisis realizado por el equipo técnico del CDA, se les brindará estos vehículos rechazados por fallas en el sistema de frenos, ciertas recomendaciones (mantenimiento) para así poder aprobar y salir del estado de falla.
4. Al tener identificados los vehículos en falla, cuando retornen se les realizará una encuesta, donde se le indague al conductor o propietarios que tipo de mantenimiento recibió en su taller de confianza, establecer si aprobó luego de esto y tomar los datos posteriores, esto es para así clasificar los tipos de fallas de forma jerárquica. En esta parte se aplica una técnica de RCA conocida como espina de pescado, para poder relacionar por medio de preguntas y respuestas para la identificación de las causas de las fallas.

5. Teniendo así todos los datos necesarios, se procede a realizar un análisis de falla de forma estadística, estableciendo tendencias de ocurrencia y jerarquización de datos, y así poder llegar a conclusiones que ayuden a mejorar al parque automotor de vehículos livianos de la ciudad de Valledupar en el sistema de frenado, lo que conlleva una reducción de la tasa de siniestralidad en la zona por causa de esta falla mecánica y contribuir a la seguridad vial.

Figura 16. Análisis de falla, causa. Diagrama del proceso general de RCA Fuente: SERNA, Aníbal José, presentación de análisis de falla, 2015 Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.



5. CONFORMACIÓN DE EQUIPO DE TRABAJO

Para la realización de la metodología se estructuró un equipo de trabajo conformado por dos (2) técnicos, el ingeniero DT del CDA Moto Cesar S.A.S. y los ingenieros Rafael Ochoa y Oscar Navarro.

Figura 17. *Fotografía del proceso de inspección de un vehículo. Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).*





ROL	PERFIL	RESPONSABILIDAD
Facilitador – Técnico en pista (Librado Díaz)	<ul style="list-style-type: none"> • Técnico en motores de combustión a gasolina, Diésel y a gas del SENA. • Técnico en revisiones tecnomecánicas del SENA. 	Realización de las pruebas de revisión del sistema de frenos de manera sensorial y cuantitativa usando el frenometro.
Facilitador – Técnico en pista (Michel Morales)	<ul style="list-style-type: none"> • Técnico en motores de combustión a gasolina, Diésel y a gas del SENA. • Técnico en revisiones tecnomecánicas del SENA. 	Realización de las pruebas de revisión del sistema de frenos de manera sensorial y cuantitativa usando el frenometro.
DT (Ingeniero de pista) – Jorge Gómez	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Mecánico (carreras afines) con conocimiento en 	Toma y almacenamiento de

	<p>el área automotriz.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnico en revisiones tecnomecánicas del SENA. 	<p>datos arrojados por la inspección.</p> <p>Interpretación de los datos obtenidos para así explicar el porqué del aprobado o no al usuario propietario del vehículo.</p> <p>Brindar pautas de mantenimiento al propietario, según los resultados obtenidos.</p>
<p>Profesional del proyecto (Ingeniero Oscar Navarro)</p>	<p>Aspirante al título de especialista en gerencia de mantenimiento</p> <p>Ingeniero electrónico (carreras afines)</p>	<p>Tabulación, interpretación de datos, identificación de fallas, análisis de las fallas encontradas y búsqueda de soluciones.</p>
<p>Profesional del proyecto (Rafael Ochoa)</p>	<p>Aspirante al título de especialista en gerencia de mantenimiento</p> <p>Ingeniero Mecánico (carreras afines)</p>	<p>Tabulación, interpretación de datos, identificación de fallas, análisis de las fallas encontradas y búsqueda de</p>

		soluciones.
--	--	-------------

Tabla 1. Equipo de trabajo.

6. RECOLECCIÓN DE DATOS

Esta recolección de datos se realiza bajo las condiciones estipuladas por la norma NTC 5375; se seleccionaron al azar 100 pruebas a diferentes tipos de vehículos (livianos), realizadas en el CDA Moto Cesar S.A.S. durante un periodo de dos meses, esta muestra nos marca una tendencia en las fallas evidenciadas en el sistema de frenado.

Servicio	Clase	Marca	Linéa	Modelo	Eficacia Total	Eficacia Auxiliar
PARTICULAR	CAMPERO	FORD	BRONCO	1980	90%	15%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPRINT	1988	53%	23%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	RENAULT	R9	1989	67%	25%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323 HB	1990	73%	18%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626L	1991	49%	22%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626L	1991	54%	3%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323 HB	1993	61%	4%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323B	1993	61%	4%
PARTICULAR	CAMPERO	NISSAN	PATROL	1993	61%	26%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323B	1993	66%	12%
PARTICULAR	CAMPERO	FORD	CUSTOM	1994	64%	22%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323HB	1995	51%	13%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323HB	1995	63%	14%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323 SEDAN	1995	65%	24%
PARTICULAR	CAMPERO	CHEVROLET	RODEO	1995	67%	26%

PARTICULAR	AUTOMOVIL	NISSAN	SENTRA	1996	60%	18%
PARTICULAR	PICK UP	CHEVROLET	LUV	1996	73%	35%
PARTICULAR	CAMPERO	MITSUBISHI	L40	1997	66%	27%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	ESTEEM	1998	53%	15%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	HYUNDAI	ACCENT	1998	73%	15%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPRINT	2000	54%	31%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2000	58%	14%
PARTICULAR	CAMPERO	JEEP	CHEROKEE	2000	60%	18%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPRINT	2000	63%	31%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2000	71%	27%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626L	2001	63%	21%
PUBLICO	CAMPERO	CHEVROLET	LUV	2001	66%	29%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2002	54%	3%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	RENAULT	MEGANE	2002	76%	27%
PARTICULAR	CAMPERO	KIA	SPORTAGE	2003	50%	18%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	CORSA	2003	58%	20%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626 NEW	2003	66%	6%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNDAI	ACCENT	2003	58%	11%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	FORD	LASER	2004	65%	27%
PUBLICO	PICK UP	NISSAN	FRONTIER	2005	80%	33%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	OPTRA	2006	54%	1%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	3.	2006	62%	12%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	AVEO	2006	65%	34%
PARTICULAR	PICK UP	MAZDA	BT 50	2006	73%	35%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	3.	2006	73%	28%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2006	80%	41%
PUBLICO	CAMPERO	CHEVROLET	LUV	2006	77%	35%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	RENAULT	SYMBOL	2007	51%	22%
PARTICULAR	PICK UP	CHEVROLET	DMAX	2007	55%	12%
PARTICULAR	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2007	57%	3%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	HYUNDAI	GETZ	2007	62%	20%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	AVEO	2007	63%	14%
PARTICULAR	CAMPERO	CHEVROLET	VITARA	2007	84%	4%
PARTICULAR	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2008	63%	18%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	6.	2008	68%	13%
PARTICULAR	CAMPERO	FORD	ECOSPORT	2008	80%	33%
PUBLICO	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2008	49%	16%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	AVEO L	2009	54%	10%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	HYUNADI	I10	2009	60%	23%
PUBLICO	AUTOMOVIL	KIA	RIO	2009	66%	20%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	ATOS	2009	70%	30%
PARTICULAR	CAMPERO	HYUNADI	TUCSON	2010	56%	25%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	ATOS	2010	59%	30%

PUBLICO	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2010	60%	26%
PARTICULAR	CAMPERO	TOYOTA	FORTUNER	2011	55%	19%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2011	57%	26%
PARTICULAR	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2011	58%	21%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	3.	2011	84%	22%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	ATOS	2012	57%	20%
PUBLICO	CAMPERO	KIA	CARNIVAL	2013	77%	35%
PUBLICO	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2014	57%	17%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	I10	2014	73%	28%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNDAI	I10	2014	73%	19%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	I10	2014	76%	23%
PUBLICO	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2014	81%	33%

Tabla 2. Datos de vehículos – Eficacia total y auxiliar.

Nota: Elaborada a partir de los datos recolectados en la investigación.

En la tabla 2 evidenciamos las características claras de los vehículos inspeccionados (Tipo de vehículo, línea, marca, servicio, año modelo) y en las últimas dos columnas se tienen los datos calculados de la EFICACIA DEL FRENADO TOTAL y EFICACIA DEL FRENO AUXILIAR.

Servicio	Clase	Marca	Línea	Modelo	Desequilibrio eje 1	Desequilibrio eje 2
PARTICULAR	CAMPERO	FORD	BRONCO	1980	1%	5%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPRINT	1988	0%	20%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	RENAULT	R9	1989	21%	28%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323 HB	1990	1%	2%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626L	1991	6%	3%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626L	1991	3%	23%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323 HB	1993	6%	27%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323B	1993	6%	27%
PARTICULAR	CAMPERO	NISSAN	PATROL	1993	4%	22%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323B	1993	8%	16%
PARTICULAR	CAMPERO	FORD	CUSTOM	1994	12%	11%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323HB	1995	9%	89%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323HB	1995	7%	2%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	323 SEDAN	1995	1%	7%
PARTICULAR	CAMPERO	CHEVROLET	RODEO	1995	13%	17%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	NISSAN	SENTRA	1996	6%	24%
PARTICULAR	PICK UP	CHEVROLET	LUV	1996	3%	5%
PARTICULAR	CAMPERO	NISSAN	L40	1997	13%	17%

PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	ESTEEM	1998	23%	24%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	HYUNDAI	ACCENT	1998	7%	36%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPRINT	2000	6%	76%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2000	4%	30%
PARTICULAR	CAMPERO	JEEP	CHEROKEE	2000	5%	24%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPRINT	2000	0%	2%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2000	4%	9%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626L	2001	8%	14%
PUBLICICO	CAMPERO	CHEVROLET	LUV	2001	1%	7%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2002	3%	23%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	RENAULT	MEGANE	2002	2%	11%
PARTICULAR	CAMPERO	KIA	SPORTAGE	2003	3%	5%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	CORSA	2003	6%	21%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	626 NEW	2003	28%	19%
PUBLICICO	AUTOMOVIL	HYUNDAI	ACCENT	2003	15%	14%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	FORD	LASER	2004	3%	15%
PUBLICICO	PICK UP	NISSAN	FRONTIER	2005	16%	3%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	OPTRA	2006	7%	9%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	3.	2006	2%	0%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	AVEO	2006	16%	6%
PARTICULAR	PICK UP	MAZDA	BT 50	2006	3%	5%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	3.	2006	1%	14%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	ALLEGRO	2006	8%	6%
PUBLICICO	CAMPERO	CHEVROLET	LUV	2006	2%	5%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	RENAULT	SYMBOL	2007	22%	7%
PARTICULAR	PICK UP	CHEVROLET	DMAX	2007	9%	18%
PARTICULAR	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2007	13%	20%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	HYUNDAI	GETZ	2007	18%	13%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	AVEO	2007	7%	2%
PARTICULAR	CAMPERO	CHEVROLET	VITARA	2007	1%	41%
PARTICULAR	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2008	3%	4%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	6.	2008	3%	13%
PARTICULAR	CAMPERO	FORD	ECOSPORT	2008	16%	3%
PUBLICICO	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2008	54%	42%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	AVEO L	2009	3%	21%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	HYUNADI	I10	2009	4%	10%
PUBLICICO	AUTOMOVIL	KIA	RIO	2009	0%	6%
PUBLICICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	ATOS	2009	10%	10%
PARTICULAR	CAMPERO	HYUNADI	TUCSON	2010	10%	5%
PUBLICICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	ATOS	2010	13%	6%
PUBLICICO	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2010	3%	4%
PARTICULAR	CAMPERO	TOYOTA	FORTUNER	2011	5%	17%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2011	10%	39%
PARTICULAR	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2011	0%	18%
PARTICULAR	AUTOMOVIL	MAZDA	3.	2011	2%	4%
PUBLICICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	ATOS	2012	19%	3%
PUBLICICO	CAMPERO	KIA	CARNIVAL	2013	2%	5%

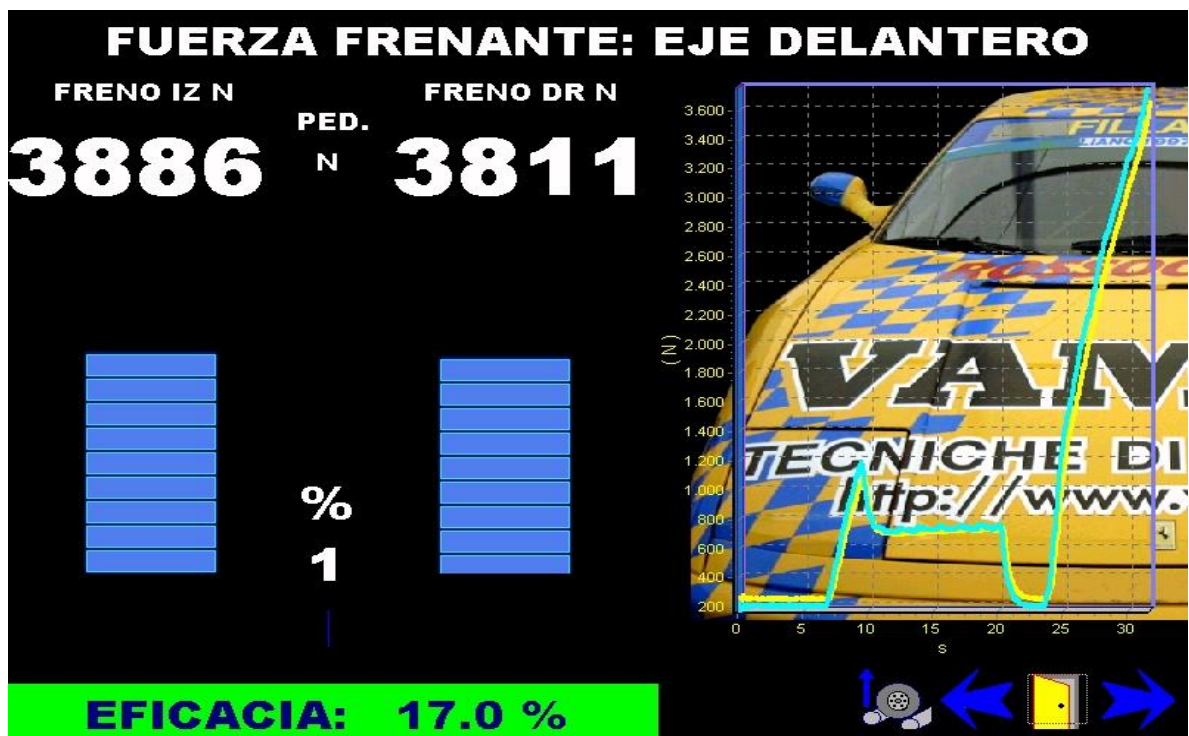
PUBLICO	AUTOMOVIL	CHEVROLET	SPARK	2014	14%	9%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	I10	2014	25%	54%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNDAI	I10	2014	2%	11%
PUBLICO	AUTOMOVIL	HYUNADI	I10	2014	0%	48%
PUBLICO	PICK UP	TOYOTA	HILUX	2014	14%	6%

Tabla 3. Datos del vehículo – Desequilibrio por ejes.

Nota: Elaborada a partir de los datos recolectados en la investigación.

En la anterior tabla, tabla 3, vemos en las últimas dos columnas los resultados obtenidos del DESEQUILIBRIO DEL EJE 1 y el DESEQUILIBRIO DEL EJE 2.

Figura 18. Interfaz gráfica de las pruebas realizadas, donde se obtienen los resultados, (para el eje delantero). Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).



6.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

La toma de datos brinda la opción de realizar un adecuado trabajo estadístico que nos direccionará hacia un correcto análisis de las fallas que se están presentando en los vehículos, según el tipo de freno, Servicio que presta el vehículo, tipo de carrocería o año modelo de fabricación.

Figura 19. Resultados de una prueba completa realizada en el frenómetro. Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).



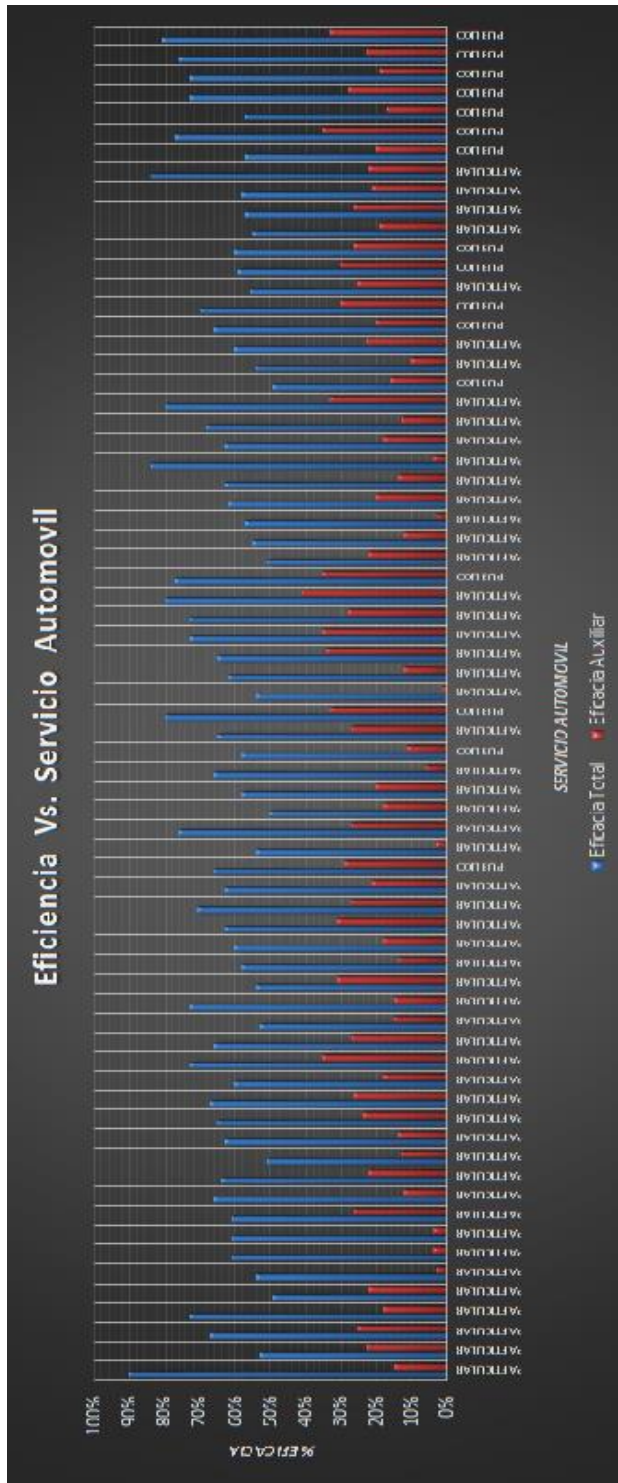
6.1.1. (Eficacia total – Eficacia freno auxiliar) Vs. Servicio

La eficacia total del frenado, no traduce el estado total del sistema obviando los desequilibrios, pero manifiesta la capacidad de respuesta que tendría el auto a un evento donde el frenado sea el principal sistema de protección tanto para el

automotor como para el usuario. En este caso se considera importante clasificarlo según el servicio que preste dado que los vehículos de servicio público deben estar en óptimas condiciones para su funcionamiento y su constante uso conlleva a que el desgaste de las partes del sistema de frenado tenga menor tiempo de vida útil, esto trae consigo la realización de un mantenimiento con mayor frecuencia que el del servicio particular.

Figura 20. (Eficacia total – Eficacia freno auxiliar) VS Servicio.

Nota: Elaborada a partir de los datos recolectados en la investigación.



De los resultados obtenidos en la anterior gráfica analizamos analizar lo siguiente:

- Los vehículos de servicios públicos inspeccionados (16) arroja un promedio del 67% en la eficacia total del frenado, pero este valor tiende a ser un poco alto

por las pickups que se inspeccionaron, dado que el de los vehículos AUTOMOVIL es del 60%, lo que tiende a ser un valor no muy bueno, aunque sea mayor al 50% por el servicio que estos prestan.

- En los vehículos particulares el promedio de eficacia total es del 63%, un valor que tiende a estar bajo aun estando por encima del 50%.
- La eficacia del freno de mano es un problema recurrente que se evidencia en este análisis, dado que más del 30% de los vehículos inspeccionados entre particulares y públicos, presentan fallas en esta parte del sistema (estado de falla) y en algunos casos se evidencia que es anulado este sistema de frenado.

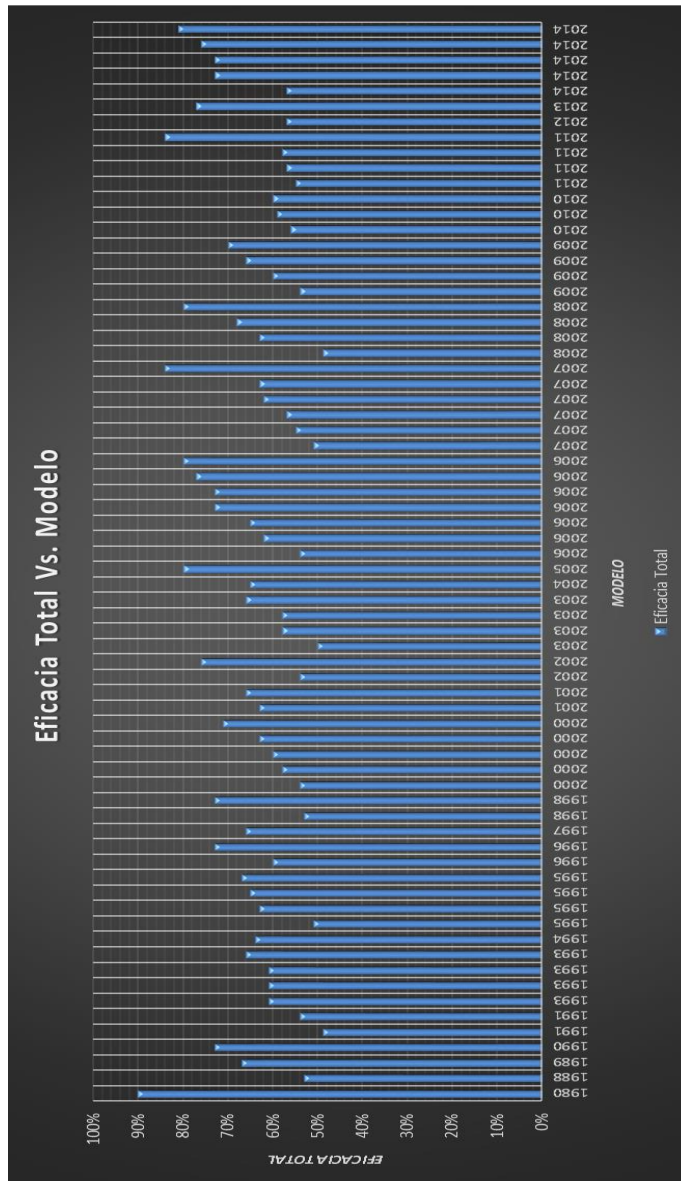
6.1.2. Eficacia total de frenado Vs Modelo (año)

En la muestra tomada, las pruebas de modelos comprendidos entre los años 1980 y 2014, se obtuvo el siguiente resultado al comparar la eficacia contra el modelo de automóvil:

- El 29% de los vehículos procesados, correspondiente a 20 vehículos, presentaron una eficacia en el frenado mayor e igual al 70%. De estos 20 vehículos, 7 eran de modelo igual o inferior al 2005 y 13 de modelos igual o superior al 2006.
- El 37% de los vehículos procesados, correspondiente a 26 vehículos, presentaron una eficiencia menor de 70% y mayor e igual a 60%. De estos 26 vehículos 17 eran de modelo igual o inferior al 2005 y 9 de modelo igual o mayor al 2006.
- El 31% de los vehículos procesados, correspondiente a 22 vehículos, presentaron una eficiencia menor 60% y mayor e igual de 50%. De estos 22 vehículos 10 eran de modelo igual e inferior al 2005 y 12 de modelo igual o superior al 2006

- El 3% de los vehículos procesados, Correspondiente a 2 vehículos, presentaron una eficiencia inferior al 50%. 1 vehículo era de modelo igual o inferior al 2005 y 1 de modelo igual o superior al 2006.
- Promedio de eficiencia total 64%.
- Eficiencia más alta vehículo modelo 1980.

Figura 21. Eficacia total de frenado Vs Modelo (año). Nota: Elaborada a partir de los datos recolectados en la investigación.

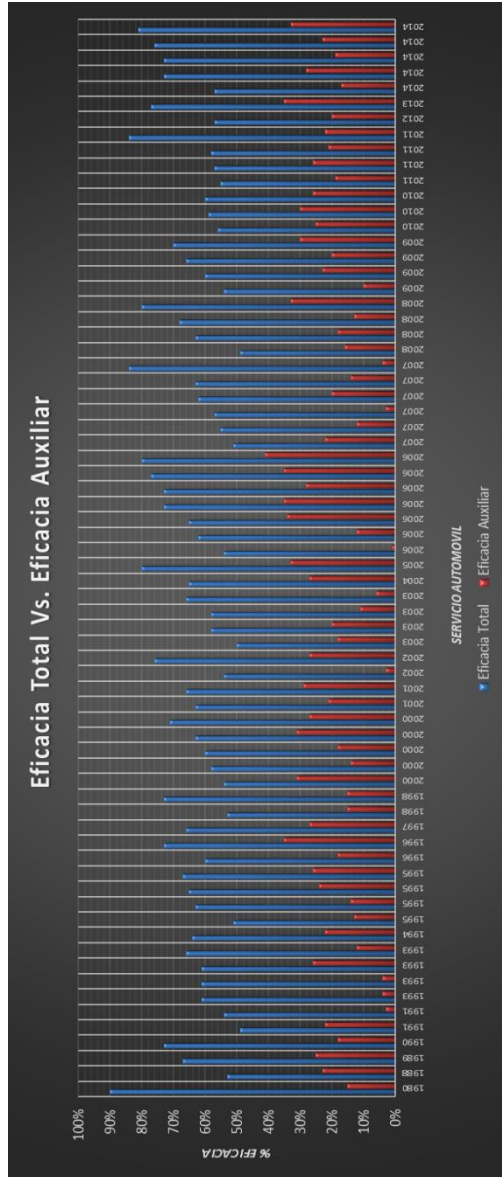


6.3.4. Eficacia Auxiliar Vs Eficacia total (año de modelo)

- 11 vehículos de los vehículos inspeccionados, los cuales representan el 11%, tuvieron un resultado de eficiencia auxiliar menor al 10%.

- 32 vehículos de los vehículos inspeccionados, los cuales representan el 32%, tuvieron un resultado de eficiencia auxiliar mayor igual al 10% y menor al 20%.
- 39 vehículos de los vehículos inspeccionados, los cuales representan el 39%, tuvieron un resultado de eficiencia auxiliar mayor igual al 20% y menor al 30%.
- 17 vehículos de los vehículos inspeccionados, los cuales representan el 17%, tuvieron un resultado de eficiencia auxiliar mayor igual al 30% y menor al 40%.
- 1 vehículos de los vehículos inspeccionados, los cuales representan el 1%(Aprox.), tuvo un resultado de eficiencia auxiliar mayor igual al 40%.
- Promedio de eficiencia auxiliar 21%.

Figura 22. Gráfico de Eficiencia total Vs Eficacia auxiliar (año modelo).



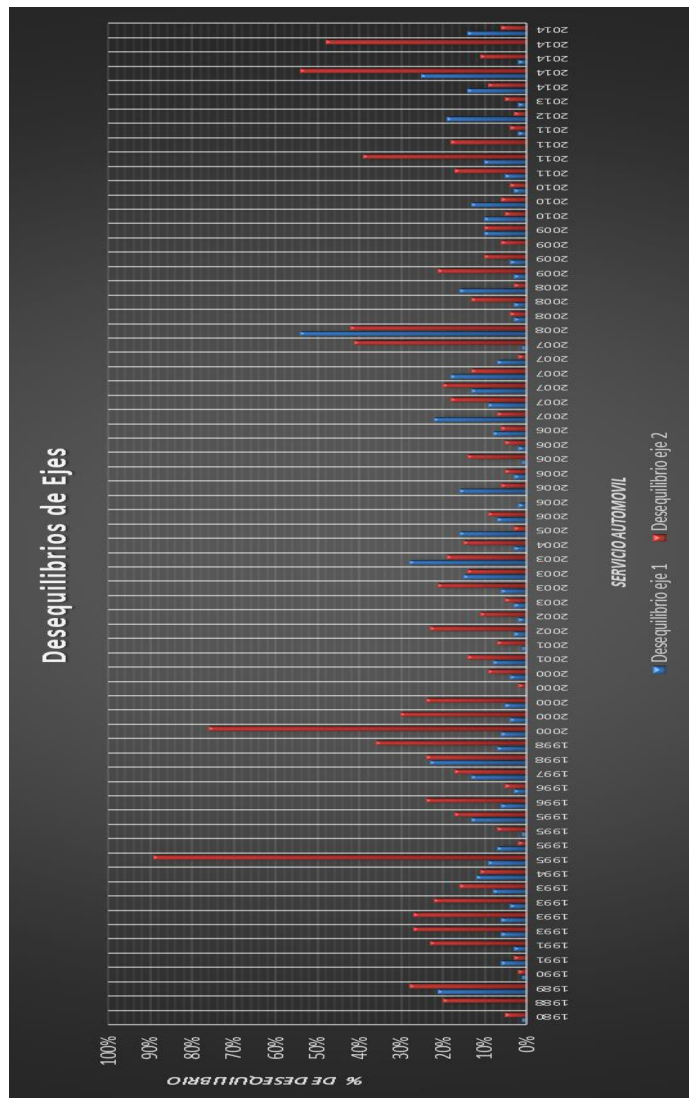
6.3.5. Desequilibrio en los ejes.

De la representación gráfica del desequilibrio de los ejes, se concluye lo siguiente:

- Mayor desequilibrio en eje trasero que en el delantero.
- Promedio de desequilibrio del eje delantero 8%.
- Promedio de desequilibrio eje trasero 17%.

Figura 23. Desequilibrio en los ejes.

Nota: Elaborada a partir de los datos recolectados en la investigación.

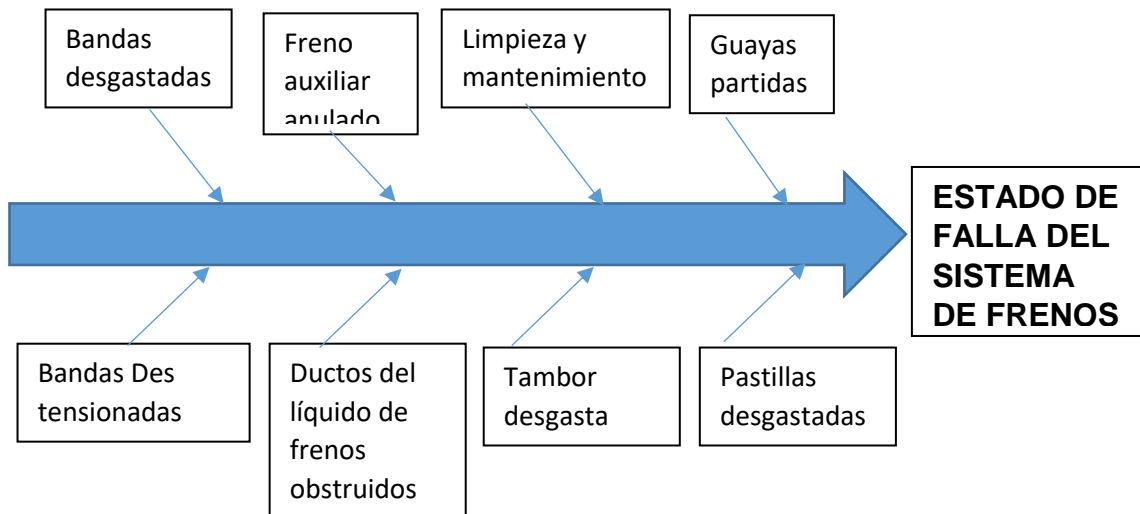


7. ANÁLISIS DE POSIBLES CAUSA – FALLAS

Al evidenciar claramente una tendencia de fallas del sistema de frenado, aparece la necesidad de plantear las posibles causas de dichas fallas. Se dialoga con el Jefe Técnico y con los técnicos en pista, para que con su conocimiento en mecánica automotriz se pueda realizar un bosquejo amplio y confiable de las fallas que están afectando en su mayoría al sistema de frenado en la parte trasera, donde se logró enmarcar la mayor cantidad de fallas y de alertas.

Figura 24. Diagrama de Ishikawa (sistema de frenado).

Nota: Elaborada a partir de los datos recolectados en la investigación.



8. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN – TAREAS DE MANTENIMIENTO

Luego de identificar una serie de causas (falencias) que ocasionan las fallas en el sistema de frenado o que este se encuentre próximo a la falla (modo de falla), se procede a brindar la solución a las causas, para así prevenir las fallas en el sistema. Estas soluciones deben ser dirigidas tanto al propietario o usuario del vehículo como a los talleres y concesionarios que prestan el servicio de mantenimiento, dado que, realizando una labor en equipo, se lograría obtener un resultado positivo en la disminución de las fallas en el sistema y aportar de manera considerable en la reducción de la tasa de siniestralidad en la zona norte del país.

Como solución a este problema se planteó la realización de un folleto (Ver Anexos) con una guía pedagógica de mantenimiento para el usuario y para talleres, explicando la importancia del sistema de frenado, las consecuencias de no realizar un correcto mantenimiento y como realizar el mantenimiento ha dicho sistema

8.1. TAREAS DE MANTENIMIENTO DE PRIMERA MANO (USUARIOS Y TALLERES)

- Revisar nivel del líquido una vez al mes.
- Revisar espesor de pastillas cada tres meses o 6.500 Kms.
- Cambiar las pastillas cuando queda 1.5 mms del material antes de llegar al respaldo metálico o a remaches. (Ver Boletín No. 009).
- Cambiar totalmente el líquido cada 5 meses.
- Revise las bandas cada 6 meses o 10.000 Kms.
- Cambie las bandas cuando quede 1.5 mm de material antes de llegar a los remaches o a la zapata.

- Cambio de líquido sistema frenos. - El líquido para frenos debe cambiarse totalmente cada 5 meses o 10.000 Km,
- Revise todo el sistema una vez al año.
- Cada cuatro años cambie las zapatas (zunchos).
- Cada 6 años reemplace: Servofreno, mordazas y platos.

8.2. NORMAS PARA FRENAR CORRECTAMENTE EL VEHÍCULO

- Prevea con tiempo la frenada para hacerla más cómoda a la vez que no exige innecesariamente el sistema.
- Cuando necesite frenar rápidamente aplique el pedal con fuerza media, al sentir que las ruedas se bloquean (chirrean) disminuya ligeramente la presión para permitir que las ruedas continúen tirando y vuelva a repetir el ciclo hasta la detención total.
- Cuando el automotor está equipado con ABS, sistema antibloqueo computarizado, este se encarga de realizar el proceso, aunque el conductor aplique su máxima fuerza (frenada de pánico).
- Al aplicar los frenos a velocidad media o alta, accione el pedal del embrague, solamente cuando el vehículo este casi deteniéndose para evitar que se apague, de esta forma la caja de velocidades y motor ayuda en la detención del automotor.
- Observe por el retrovisor que el vehículo que viene detrás alcance a maniobrar sin causar accidentes.

9. CONCLUSIONES

Con la realización del análisis a las fallas evidenciadas en el sistema de frenado en los vehículos inspeccionados en la ciudad de Valledupar, se logró establecer prioridades de mantenimiento para disminuir las falencias detectadas, y contribuir en la aprobación de la mayor cantidad de vehículo en la revisión técnico mecánica abordando las causas raíces de las fallas.

Con la identificación de las fallas en el sistema de frenado y visualización de la tendencia por medio del análisis estadístico se logró clasificar los diferentes tipos de fallas evidenciados para la posterior jerarquización y analizar más detenidamente las partes comprometidas en la mayor cantidad de fallas detectadas.

Se Desarrollaron manuales de primera línea, direccionados a la concientización de la realización del mantenimiento en el sistema de frenado, con pautas básicas y pedagógicas que buscan ampliar el conocimiento sobre el sistema de frenado. Estos manuales o folletos van dirigidos a propietarios, talleres, concesionarios y a CDA's de la ciudad de Valledupar, esto con el fin de agrupar todos los factores causales de fallar y poder contribuir a la reducción de la siniestralidad en la ciudad.

La metodología que fue empleada para el análisis de las fallas en el sistema de frenado puede ser usada para el análisis de otros sistemas que se evalúan en la revisión técnico mecánica (gases, suspensión, luces y señalización) partiendo desde el análisis estadístico hasta la identificación de las fallas comunes, para así poder generar información que concienticen al usuario para mantener el automotor en óptimas condiciones.

El marcado desconocimiento de la mayoría de los propietarios de los vehículos, en temas referente a los sistemas que componen su vehículo (arquitectura del automóvil), al mantenimiento del automotor (tiempos en los que se deben realizar)

y el estado actual de su carro, hacen que estos valores encontrados en la ocurrencia de las fallas sean altos, por lo que se puede concluir que el problema pasa a ser de carácter informativos y por tanto se consideran estos folletos como parte fundamental en la solución de futuras fallas.

10. BIBLIOGRAFÍA

BORRAS PINILLA, Carlos Pinilla, Mantenimiento preventivo, 2015. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

FRENOS EBS-LINEA FH, EBS, generación 3 y frenos de discos, septiembre 2006.

FUENTES DÍAZ, David, Introducción a los Sistemas de Información, año 2014, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

MECANICA DE FRENOS, Mecánica automotriz a gasolina, edición 1 Guatemala, enero de 2001.

Método de análisis de falla, (2012), Presentación de MasCalidad.org, disponible en la página WEB www.mascalidad.org.

OLIVIA, K., et. al., Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado Zulia, Revista Venezolana de Gerencia 49 (2010), 125-140.

PRINCIPIOS DE FRENOS HIDRÁULICOS, encontrar en línea, (<http://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-hidraulicos/sistema-frenos-hidraulicos.shtml>).

Revisión Técnico-mecánica y de emisiones de contaminantes en vehículos automotores, Norma Técnica Colombiana NTC 5375, 2015.

SERNA, Aníbal José, Integridad mecánica y confiabilidad operacional, 2015. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

SERNA, Aníbal José, Presentación de Análisis de falla, 2015. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

SERNA, Aníbal José, Presentación de Análisis de causa raíz de la falla, 2015. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

SURA, Accidentes de tránsito en Colombia: calles peligrosas año 2014, encontrar en línea (<http://www.sura.com/blogs/autos/accidentes-transito-colombia.aspx>).

ANEXOS.

1. ANEXO A. FRAGMENTO DE NORMA NTC5375 (SISTEMA DE FRENADO)

6.7 SISTEMA DE FRENOS

6.7.1 Pedal

Mediante inspección sensorial con el vehículo encendido se debe detectar:

Descripción del defecto	A	B
Carrera o movimiento de los dispositivos de accionamiento del sistema de frenos sean excesivos o insuficientes	X	
Retorno inadecuado del pedal	X	
Desajuste o desgaste de la superficie antideslizante del pedal	X	

6.7.2 Guayas

Para el freno de estacionamiento mediante inspección sensorial se debe detectar:

Descripción del defecto	A	B
Mandos, fundas, cables, guayas o varillas deterioradas, con riesgo de desprendimiento o interferencia con otros elementos.		X
Inexistencia o inoperancia de freno de estacionamiento.	X	

6.7.3 Bomba de vacío (Booster) o compresor y anclajes

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de un circuito neumático para el sistema de frenado. Mediante una inspección sensorial se debe comprobar:

Descripción del defecto	A	B
Bomba de vacío deteriorada o con riesgo de desprendimiento.		X
Compresor deteriorado o con riesgo de desprendimiento.	X	
Presión o vacío insuficiente para permitir al menos dos frenadas a fondo, consecutivas, una vez que se pone en marcha el dispositivo de aviso.	X	
Pérdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o pérdida de aire audibles cuando no se está aplicando el freno.	X	
Inexistencia de un dispositivo capaz de indicar los límites de la presión o vacío de funcionamiento.	X	

6.7.4 Válvula de regulación del freno de estacionamiento (parqueo o de mano)

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de un circuito neumático para el sistema de frenado. Mediante inspección sensorial se debe detectar:

Descripción del defecto	A	B
Mal estado del mando que opera el sistema de frenado de estacionamiento (parqueo o mano).	X	
Presencia de fugas de aire al tener accionado el freno neumático	X	

6.7.5 Válvulas de frenado

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de circuito neumático para el sistema de frenado. Mediante inspección sensorial, se debe detectar:

Descripción del defecto	A	B
Montaje con riesgo de desprendimiento.	X	
Goteo continuo de aceite del compresor.	X	
Descarga visible de fluido hidráulico en los frenos mixtos.	X	

6.7.6 Tanques o depósitos de presión

Esta revisión se debe realizar a los vehículos que dispongan de un circuito neumático para el sistema de frenado. Mediante inspección sensorial, se debe comprobar:

Descripción del defecto	A	B
Tanques o depósitos de presión excesivamente corroídos, con pérdidas o con riesgo de desprendimiento.	X	
Dispositivo de purga inoperante (si no es automático)	X	

6.7.7 Acoplamiento de los frenos de la unidad tractora

Mediante inspección sensorial, se debe comprobar:

Descripción del defecto	A	B
Válvulas de aislamiento o de cierre automáticas deterioradas o con pérdida de aire excesiva y audible.	X	

6.7.8 Servofreno (Booster). Cilindro de mando (sistemas hidráulicos)

Mediante inspección sensorial, se debe detectar:

Descripción del defecto	A	B
Servofreno deteriorado o con fugas.	X	
Cilindro de mando (bomba de freno) deteriorado, con pérdidas o con riesgo de desprendimiento.	X	
Cantidad de líquido de frenos por fuere de los niveles indicados.		X
Ausencia de la tapa del depósito de líquido de frenos.	X	

6.7.9 Tubos y mangueras de frenos

Mediante inspección sensorial, se debe detectar:

Descripción del defecto	A	B
Pérdidas de líquido en los tubos, mangueras o en las conexiones.	X	

Tubos o mangueras deterioradas, dañadas, deformadas o excesivamente corroídas o con riesgo de desprendimiento.	X	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--

6.7.10 Cilindros del sistema de frenado

Mediante inspección sensorial, se debe detectar:

Descripción del defecto	A	B
Cilindros con fugas visibles o con riesgo de desprendimiento (falta de tornillos).	X	

6.7.11 Válvula que permite o limite el frenado y válvula sensora o compensadora de carga o la que haga sus veces

En caso de estar equipado con este dispositivo mediante inspección sensorial, se debe detectar

Descripción del defecto	A	B
Válvula con fugas visibles o con riesgo de desprendimiento	X	

6.7.12 Condiciones por medir

Esta inspección se debe realizar por medio de un frenometro o dispositivo similar que cumpla la misma función. Se debe verificar en el mismo cada uno de los ejes del vehículo, comprobando:

- El frenado de las ruedas.
- La progresión no gradual del frenado (agarre).
- El retraso anormal en el funcionamiento de los frenos en cualquiera de las ruedas.
- La existencia de fuerzas de frenado en ausencia de acción sobre el mando del freno.
- La eficacia

Al utilizar el frenometro para la realización de esta inspección deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Una incorrecta presión de los neumáticos puede dar lugar a lecturas erróneas, por lo que es necesaria una correcta presión de los mismos. Así mismo la banda de rodadura debe presentar un labrado suficiente.
- En algunos vehículos dotados con sistemas antibloqueo se puede encender el testigo de avería del sistema al entrar en funcionamiento los rodillos del freno metro. Para corregir este problema una vez que el vehículo haya salido del frenometro, se parara el motor y se efectuara una nueva puesta en marcha del motor con lo cual el testigo se apagara tras el chequeo del sistema. En algunos casos habrá que realizar un pequeño recorrido para que este se apague.
- En los vehículos dotados de sistemas de control de tracción para efectuar la prueba en el frenometro será necesario parar el motor y con la llave de contacto en la posición stop, proceder normalmente. Si el vehículo posee un dispositivo que deje fuera de servicio el sistema, se procederá a su desconexión antes de posicionarlo en el frenometro
- Los vehículos con sistema de tracción integral mecánico, que n pueden ser desacoplados manualmente, tendrán que ser inspeccionados teniendo en cuenta las características que presenta dicho sistema. Por lo general el proceso de pruebas es más largo que en un vehículo normal pues tienen que efectuarse cuatro frenadas para poder evaluar correctamente el sistema de frenos.

En el caso de vehículos con dobles o triples ejes de tracción no desacoplables, o en aquellos que por geometría no sea posible su comprobación mediante frenometro, solo se comprobara la eficacia de frenado mediante un decelerómetro en prueba en pista u otros dispositivos que cumplan la misma función.

6.7.12.1 Eficiencia

Se entiende por eficiencia (E) la relación en porcentaje de la suma de las fuerzas de frenado respecto el peso total, vació, en el momento de la prueba. Se deducirá por la fórmula:

$$E = 100 \left(\frac{F}{P} \right)$$

En donde

E = valor de la eficiencia en porcentaje [%].

F = suma de todas las fuerzas de frenado, en Newton [N].

P = masa total vacío [kg] * gravedad [9.81 m/s²].

6.7.12.2 Desequilibrio por eje

Se entiende por *desequilibrio* (D) la diferencia de esfuerzos de frenado entre las ruedas de un mismo eje. La medida del desequilibrio se efectuará, por consiguiente, por cada eje, y se hallará como porcentaje de la rueda que frena menos respecto a la que frene más. Se tomará, para cada rueda, como esfuerzo de frenado, el valor máximo que indique el frenometro.

$$D = \left(\frac{F_{max} - F_{min}}{F_{max}} \right)$$

en donde

Fmax = valor máximo registrado entre las dos ruedas del mismo eje.

Fmin = valor mínimo registrado entre las dos ruedas del mismo eje.


Descripción del defecto	A	B
Desequilibrio de las fuerzas de frenado entre las ruedas de un mismo eje, en cualquiera de sus ejes, superior el 30 %.	X	
Desequilibrio de las fuerzas de frenado entre las ruedas de un mismo eje, en cualquiera de sus ejes, entre el 20 % y 30 %.		X
Eficacia de frenado inferior el 50 %.	X	
Freno de estacionamiento (de parqueo de mano) con una eficacia inferior el 18 %.		X

2. ANEXOB. CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL FRENOMETRO.

Figura 25. Certificado de calibración del frenometro.

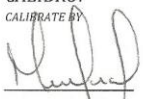
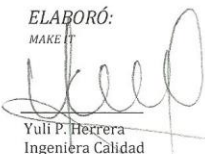

Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).

Código: FO-01

 **AUTOTEST E.U.** CERTIFICADO DE CALIBRACION
Certificate Of Calibration

Certificado No. AUT-2012-105
(Certificate No.)

SOLICITANTE CUSTOMER	CDA MOTOCESAR S.A.S
DIRECCIÓN ADDRESS	CALLE 22 N° 17 – 26
EQUIPO MACHINE	BANCO DE FRENOS
FABRICANTE MANUFACTURER	VAMAG
MÓDELO MODEL	RBT3500
CODIGO INTERNO INTERNAL CODE	NA
SERIAL	11116760
RANGO DE MEDICIÓN MEASUREMENT RANGE	0-6000 N
FECHA DE RECEPCIÓN DATE ORDER RECEIVED	14/04/2012
FECHA DE CALIBRACIÓN CALIBRATION DATE	14/04/2012
FECHA DE EMISIÓN DATE OF ISSUE	16/04/2012
NÚMERO DE PÁGINAS NUMBER OF PAGES	7


CALIBRÓ: CALIBRATE BY	ELABORÓ: MAKE IT	REVISÓ: CHECK IT
 Mikeson García Ingeniero Laboratorio	 Yuli P. Herrera Ingeniera Calidad	 Mariano Paonessa Director Técnico

Este certificado no atribuye al equipo otras características que las mostradas por los datos aquí contenidos, los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectúan las mediciones y poseen trazabilidad a patrones bien sean nacionales o extranjeros de institutos de metrología o empresas reconocidas. AUTOTEST E.U. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente autorización por escrito de AUTOTEST E.U.

This certificate does not attribute to the instrument other characteristics than the showed in the present data, the results are referred to the conditions and moment in which the measurements are taken and have traceability to national standards or foreign of metrological institutes or recognized companies. AUTOTEST E.U. assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments. This certificate must not be partially reproduced, except whit the prior written authorization of AUTOTEST E.U.

Pie del Cerro, calle 30 N° 13-18/ Tel 6563140 – Cartagena D.T.y.C.-Colombia
www.autotesteu.com – info@autotesteu.com

V. 1. R. 01/03/2009
Página 1 de 7



3. ANEXO C. FICHA TECNICA DEL FRENOMETRO.

Figura 26. Ficha técnica del frenómetro.

Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).

RBT3500
BROCHURE

ROLLER BRAKE TESTER
RBT 3500 MODEL FOR
CARS AND LIGHT
LORRIES





more photos

RBT 3500 test bench has been designed to serve as an Instrument for the measurement of brake parameters on cars and lorries up to overall 3500 Kg maximum weight

DETECTOR DATA

- Braking force for each wheel and total braking force (N)
- Static weight for each wheel, each axle and total static weight (N)
- Dynamic weight for each wheel, each axle and total dynamic weight (N)
- Dynamic braking efficiency (%)
- Slipping threshold (%)
- Ovalization (%)
- Wheels adherence (%)
- Friction force (N)
- Rolling resistance (N)
- Braking unbalanced (%)

TECHNICAL DATA

Maximum braking force measurable:	10.000 N
Maximum weight force measurable:	10.000 N
Speed test:	5 Km/h
Integrated weight measurement system	RBT3500 W Model
Roller diameter:	200 mm
Roller covering:	Corundom
Useful track:	from 800 to 2200 mm
Motor power:	2 x 4 kW
Power supply:	380 Vac

DIMENSIONAL FEATURES

L x H x W: 720 x 255 x 2440 mm
Weight: ~350 Kg

L x H x W: 720 x 265 x 2440 mm (versione con sistema di pesatura a bordo)
Weight: ~360 Kg

MINIMUM HARDWARE REQUIREMENTS

Processore Intel Pentium/AMD 1300MHz
Ram 256Mb
Scheda video Svga 1024x768
Hard Disk 10Gb
CD-Rom
Uscita seriale RS232
Sistema operativo Windows XP/98/ME

VAMAG
TECNICHE DI COLLAUDO

30 ANNI
TECNICHE DI COLLAUDO
VAMAG
1981 - 2011

Integrated Test lines

SEARCH
search GO

CHOOSE THE LANGUAGE
english

HOME PAGE
COMPANY
CONTACTS
HOW TO REACH US

RESERVED AREA
request password to login into reserved area.

NEWS NOVITÀ

CATALOGUE

WHEEL ALIGNMENT
POWER TESTER
BRAKE TESTER
SUSPENSION TESTER
SIDE SLIP TESTER
SPEED TESTER

**HEADQUARTERS
OFFICE AND WAREHOUSE**
Via G. Pascoli, 15
21012 Cassiano Magnago
Va - Italy
Phone. +39.0331.205963
fax +39.0331.200485
info@vamag.com

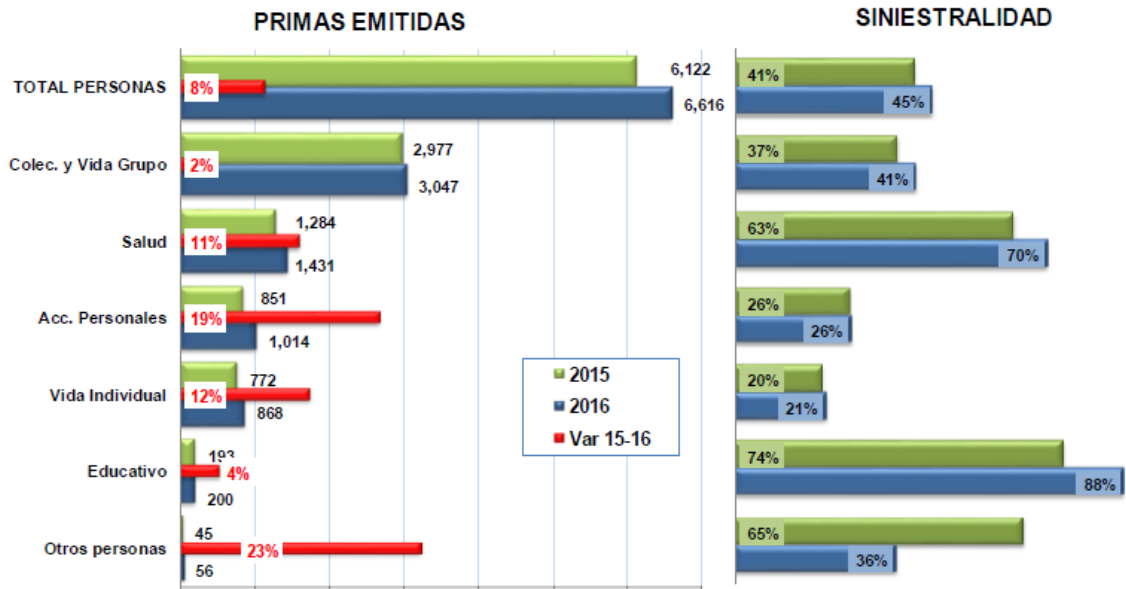
ACCREDITED
MOODY
INTERNATIONAL
Organizzazione con Standard di Qualità per la Qualità del Prodotto
ISO 9001:2008

VAMAG srl
Via G. Pascoli, 15
21012 Cassiano Magnago
Va - Italy
Tel. +39.0331.205963
fax +39.0331.200485

Company* CDA MOTOCESAR S.A.S.
Name and Surname * LEONEL GÓMEZ
Category Interest:
 Distributor
 End User
City / District* VALLEDUPAR
Nation * COLOMBIA
Phone / Mobile* 3004013031
E-mail * LeoGomez87@Hotmail.com
Interested in *
LEARN ABOUT THIS MACHINE - HOW IT'S WORKS?
CATALOG OF PARTS

INFORMATION REQUEST

4. ANEXO D. DATOS ESADISITICOS DE SINIESTRALIDAD SEGÚN FASECOLDA – POR ASEGURADORAS.



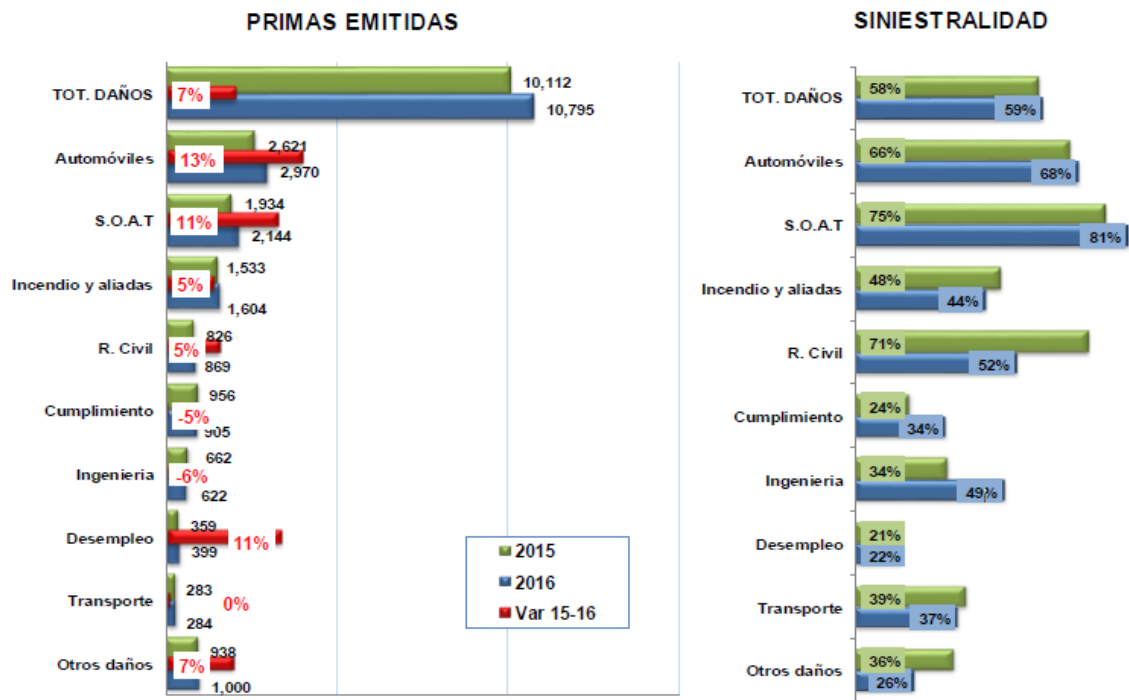


Tabla 4. Tablas de siniestralidad de Fasecolda.

Fuente: CDA Motocesar S.A.S. Departamento Técnico (2017).

5. ANEXO E. ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD CDA

COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

El señor RAFAEL EDUARDO OCHOA ARRIETA identificado con cédula 1.065.623.182 de Valledupar, en calidad de estudiante de la especialización GERENCIA EN MANTENIMIENTO se compromete a garantizar la confidencialidad de los documentos suministrados por el C.D.A. MOTOCESAR S.A.S. (información técnica), y cumplir con los requisitos solicitados por el C.D.A. (No se debe publicar información suministrada sin previo aviso, y no deberá ceder la información suministrada a terceros).

En constancia de lo anterior, se firma a los 19 días del mes de Octubre del 2016.

Nombre y Firma

C.C.

6. ANEXO F. VOLANTES TECNICOS.

TU Y EL SISTEMA DE FRENOS DE TU AUTOMOVIL

¿Reduces gradualmente la velocidad de tu automóvil antes de detenerte?

¿Generalmente en zonas urbanas conduces velocidades inferiores a 60 Km por hora?

¿En vías NO preferenciales, después de una parada, arrancas tu automóvil acelerándolo de manera lenta y gradual?

¿En carreteras al momento de hacer el descenso de una pendiente pronunciada y Prolongada, bajas el cambio con el fin de reducir velocidad (Freno de motor)?

Si todas o la mayoría tus respuestas fueron **NO**, estás haciendo un mal uso de tu sistema de frenos.

Un uso abusivo de los frenos de tu automóvil incrementa la temperatura del sistema de frenado ocasionando un deterioro acelerado de cada uno de los componentes.

Las altas temperaturas en el sistema de frenado originan la deformación, cristalización, bajo coeficiente de fricción y deterioro prematuro de las pastilla, zapatas, tambores y disco de frenos. De igual forma las altas temperaturas pueden llevar el líquido de freno al punto de ebullición lo cual hace que este se deteriore, es decir pierdas sus características.

Los vapores generados por las altas temperaturas pueden actuar como lubricantes en las partes frenantes e incluso generar burbujas de aire en el circuito hidráulico.

Todo lo anteriormente expuesto se ve reflejado en la eficiencia de frenado, un frenado eficiente puede salvar tu vida, la de tus seres queridos y terceros.

El mantenimiento del sistema de frenado no obedece a un lapso de tiempo sino también a la calidad de uso que hagamos de este.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS

En condiciones normales de uso, el mantenimiento al sistema de frenado debe efectuarse:

Por recorrido: cada 10.000 Kilómetros.
Por tiempo : cada 5 meses.

Un correcto mantenimiento preventivo deberá incluir:

1. Revisión de estado de pastillas ò zapatas.

Desgaste del asbesto.
Cristalización del asbesto.
Deformaciones.
Ajuste en el montaje.
Calibración de holgura entre pastillas y discos ò zapatas y tambor.

2. Estado de discos y tambores.

Desgaste.
Deformaciones.
Alineamiento.

3. Estado de rodamiento de las ruedas.

4. Estado del sistema hidráulico.

Fugas en racores, mangueras y tuberías.
Mangueras y tuberías obstruidas.
Mangueras y tuberías en mal estado.
Bomba y sus componentes en mal estado.
Líquido de frenos adecuado.
Líquido de freno en mal estado.

5. Estado del pedal.

Fijado del pedal desajustado.
Retractores ò extensores en mal estado.

CAMBIO DE COMPONENTES DE SISTEMA DE FRENOS

Teniendo en cuenta que del sistema de frenos depende la vida de peatones, pasajeros y conductores, es conveniente siempre pensar en, las recomendaciones que damos a continuación son basadas en la duración de cada elemento bajo condiciones normales de trabajo.

- Revisar nivel del líquido una vez al mes.
- Revisar espesor de pastillas cada tres meses o 6.500 Kms.
- Cambiar las pastillas cuando queda 1.5 mms del material antes de llegar al respaldo metálico o a remaches. (Ver Boletín No. 009).
- Cambiar totalmente el líquido cada 5 meses.
- Revise las bandas cada 6 meses o 10.000 Kms.
- Cambie las bandas cuando quede 1.5 mm de material antes de llegar a los remaches o a la zapata.
- Revise todo el sistema una vez al año.
- Cada 60.000 Kms o cada tres años reemplace.
- Bomba, corrector, cilindros de rueda y flexibles.
- Cada cuatro años cambie las zapatas (zunchos).
- Cada 6 años reemplace: Servofreno, mordazas y platos.