



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

MEJORA DEL SISTEMA DE FRENADO EN UN TRACTOR MARCA MASSEY

FERGUSON MODELO 375

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: FRANKLIN DAVID PARRA PARRA

CARLOS MEDARDO RIERA ARCE

TUTOR: ING. JUAN PABLO SINCHI RIVAS, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Franklin David Parra Parra con documento de identificación N° 0104839527 y Carlos Medardo Riera Arce con documento de identificación N° 0106985880; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 15 de febrero del 2023

Atentamente,



Franklin David Parra Parra

0104839527



Carlos Medardo Riera Arce

0106985880

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Franklin David Parra Parra con documento de identificación N° 0104839527 y Carlos Medardo Riera Arce con documento de identificación N° 0106985880, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Mejora del sistema de frenado en un tractor marca Massey Ferguson modelo 375”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de febrero del 2023

Atentamente,



Franklin David Parra Parra

0104839527



Carlos Medardo Riera Arce

0106985880

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Pablo Sinchi Rivas con documento de identificación N° 0104168794, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MEJORA DEL SISTEMA DE FRENADO EN UN TRACTOR MARCA MASSEY FERGUSON MODELO 375, realizado por Franklin David Parra Parra con documento de identificación N° 0104839527 y por Carlos Medardo Riera Arce con documento de identificación N° 0106985880, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Juan Pablo Sinchi Rivas, MSc.

0104168794

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a la memoria de mi madre Martha, quien mientras estuvo junto a nosotros fue el ser que incondicionalmente nos apoyó y gracias a sus consejos nos supo inculcar buenos valores para que seamos personas de bien para la sociedad. A mi familia y hermanos que estuvieron junto a mí en los buenos, pero sobre todos los malos momentos y en especial a mi hermano Romel que me prestó la ayuda necesaria para la realización de este trabajo de titulación.

Franklin Parra

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mí por todo el tiempo, dedicación, esfuerzo, sacrificios que hice durante este camino, desde un inicio mi visión fue clara y me enfoqué cada día en llegar a la meta, no fue nada fácil por todas las circunstancias en las que me vi inmerso, pero, hoy estoy aquí y todo es una realidad.

Carlos Riera

AGRADECIMIENTO

Quiero en primer lugar agradecer a Dios por prestarme salud y vida, y permitirme cumplir esta meta profesional.

Existen muchas personas a las que me gustaría agradecer y no me es posible nombrar a todos, pero en especial. A mis padres que me enseñaron el significado de ser una persona de bien, a mi hermano Romel por apoyarme en mis momentos de vida estudiantil y después de esta, a mis hermanos José, Carolina y Darwin por presionarme para retomar mis estudios. A Rocío, María, Geovanny, Oliver y Briana quienes me han dado su cariño todos estos años y me han permitido ver de una manera distinta el mundo. A mi amigo Santiago que me brindo sus consejos y ánimo en esta etapa de mi vida.

Le agradezco al Ing. Juan Pablo Sinchi por guiarnos de la mejor manera durante el desarrollo de este proyecto. Al personal de la UPS que me ayudó directa o indirectamente en esta última etapa dentro de la institución.

Franklin Parra

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres por su apoyo moral, al Ing. Xavier Mosquera, ya que de una u otra manera siempre me brindó su apoyo de forma desinteresada cuando lo necesité. También agradezco a una persona en especial, a Eugenia que está presente en cada uno de mis días, quien con su amor y cariño me ha dado su apoyo incondicional, contribuyendo así al logro de esta meta.

Carlos Riera

RESUMEN

Para llevar a cabo este proyecto, se desarrolla el estudio del sistema de frenado del vehículo tractor Massey Ferguson, con el objetivo de conocer la funcionalidad y los elementos que intervienen en el sistema para su correcto funcionamiento. Además, es necesario conocer el uso y la correcta manipulación de los sistemas de adquisición de datos (DAQ) DeweSoft, ya que estos proporcionan datos técnicos e información sobre la eficacia del sistema de frenado.

Una vez que se dispone de la información necesaria, se recopila los datos de estudio correspondientes a los elementos principales, mediante el uso de fichas de diagnóstico vehicular a través de la inspección física y visual, para determinar el nivel de funcionalidad a través de una escala, brindando los datos necesarios para llevar a cabo la reparación o el mantenimiento.

En el sistema de frenado se realiza la comprobación de las presiones, material de fricción en los discos, el funcionamiento de las bombas, el estado de las cañerías y finalmente la distancia y el tiempo de frenado.

Una vez completada la adquisición de datos, se lleva a cabo el análisis de la eficacia del sistema de frenado original mediante el software especializado de adquisición de datos (DAQ) DeweSoft®, disponible en los laboratorios de Ingeniería Automotriz, los cuales sirven para realizar las medidas correctivas y la retroalimentación, de esta manera, se puede mejorar el sistema de frenado interpretando el análisis experimental obtenido según los datos calculados.

Palabras claves: DeweSoft, Fichas de diagnóstico, Mantenimiento, Reparación.

ABSTRACT

To carry out this project, a study of the braking system of the Massey Ferguson tractor vehicle is developed, in order to know the functionality and the elements involved in the system for its correct operation. In addition, it is necessary to know the use and correct handling of the DeweSoft data acquisition systems (DAQ), since they provide technical data and information on the efficiency of the braking system.

Once the necessary information is available, the study data corresponding to the main elements is collected, using vehicle diagnostic cards through physical and visual inspection, to determine the level of functionality through a scale, providing the necessary data to carry out the repair or maintenance.

In the braking system, the pressures, friction material in the discs, the operation of the pumps, the condition of the pipes and finally the braking distance and time are checked.

Once the data acquisition is completed, the efficiency analysis of the original braking system is carried out by means of the specialized data acquisition software (DAQ) DeweSoft®, available in the Automotive Engineering laboratories, which are used to perform corrective measures and feedback, in this way, the braking system can be improved by interpreting the experimental analysis obtained according to the calculated data.

Keywords: DeweSoft, Diagnostic sheets, Maintenance, Repair.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII
ÍNDICE DE FÓRMULAS.....	XIX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA.....	2
2.1. Descripción del problema.....	2
2.2. Antecedentes.....	2
2.3. Importancia y alcances.....	3

2.4. Delimitación	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
4.1. Tractores.....	5
4.2. Mantenimiento	6
4.2.1. Tipos de mantenimiento.....	6
4.3. Sistema de frenos	7
4.3.1. Frenos de discos inmersos en aceite.	9
4.3.2. Tipos de frenos húmedos inmersos en aceite.....	10
4.3.3. Composición del sistema de frenos inmersos en aceite.....	11
4.3.4. Funcionamiento del sistema de frenos tangenciales.	15
4.4. Software de adquisición de datos DEWEsoft ®	19
4.4.1. Prueba de frenos.....	20
4.4.2. Características principales del software Dewesoft.	21
4.4.3. Compatibilidad del Software.	21

4.4.4. Aplicaciones del software.....	21
4.4.5. Flujo de trabajo para pruebas automatizadas.....	21
4.5. Cálculo de prueba de frenos mediante el Dewesoft.....	22
4.6. Distancia de frenado.....	23
4.7. MFDD.....	23
5. CAPÍTULO II: EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS.....	25
5.1. Pruebas de funcionamiento.....	25
5.2. Afecciones.....	26
5.3. Reparaciones y Mantenimiento.....	26
5.4. Evaluaciones.....	27
5.4.1. Cilindro maestro.....	28
5.4.2. Cañerías.....	32
5.4.3. Actuadores.....	35
5.4.4. Freno de estacionamiento.....	41
5.4.5. Conjunto de frenado.....	44
5.4.6. Pedales.....	51
6. CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	56

6.1. Número de pruebas.....	56
6.2. Selección de Ruta	57
6.3. Cálculos.....	58
7. MARCO METODOLÓGICO.....	65
8. RESULTADOS.....	66
9. CONCLUSIONES	71
10. RECOMENDACIONES.....	72
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
12. ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación del Agronómico Salesiano</i>	3
Figura 2 <i>Tractor Massey Ferguson 375</i>	5
Figura 3 <i>Función de frenos</i>	8
Figura 4 <i>Discos de frenos húmedos</i>	9
Figura 5 <i>Cilindros maestros</i>	11
Figura 6 <i>Cañerías y racores</i>	12
Figura 7 <i>Actuador</i>	12
Figura 8 <i>Freno de estacionamiento</i>	13
Figura 9 <i>Discos de fricción, acero y unidad expansora</i>	14
Figura 10 <i>Pedales de freno</i>	14
Figura 11 <i>Sistema de frenos tangenciales Massey Ferguson 375</i>	15
Figura 12 <i>Elementos del sistema de frenos</i>	16
Figura 13 <i>Unidad extensora y cilindro maestro</i>	17
Figura 14 <i>Conjunto de discos giratorios y accionadores</i>	17
Figura 15 <i>Freno de estacionamiento</i>	18
Figura 16 <i>Logo Software Dewesoft</i>	19
Figura 17 <i>Pantalla pruebas Dewesoft</i>	20
Figura 18 <i>Logo prueba de freno dewesoft</i>	21
Figura 19 <i>Distancia de frenado</i>	23
Figura 20 <i>Desmontaje del depósito</i>	28
Figura 21 <i>Varilla de empuje</i>	29
Figura 22 <i>Émbolo</i>	29

Figura 23 <i>Despiece del émbolo</i>	29
Figura 24 <i>Desarmado cilindro maestro</i>	30
Figura 25 <i>Cilindros dañados</i>	31
Figura 26 <i>Cilindros nuevos</i>	31
Figura 27 <i>Racores</i>	32
Figura 28 <i>Cañerías desmontadas</i>	32
Figura 29 <i>Verificación del estado de las uniones</i>	33
Figura 30 <i>Comprobaciones</i>	33
Figura 31 <i>Reparación de cañerías</i>	34
Figura 32 <i>Comprobación de cañerías</i>	34
Figura 33 <i>Montaje de cañerías</i>	35
Figura 34 <i>Vaciado del fluido hidráulico de la caja de transmisión</i>	36
Figura 35 <i>Desarmado de elementos del actuador</i>	36
Figura 36 <i>Alojamiento de pernos sobre la carcasa</i>	37
Figura 37 <i>Bombín cilindro hidráulico</i>	37
Figura 38 <i>Desmontaje de actuadores</i>	38
Figura 39 <i>Comprobaciones de retenes</i>	39
Figura 40 <i>Par de apriete</i>	39
Figura 41 <i>Comprobaciones del actuador</i>	40
Figura 42 <i>Armado del actuador</i>	41
Figura 43 <i>Anclaje del actuador del freno de estacionamiento</i>	41
Figura 44 <i>Pernos en la palanca</i>	42
Figura 45 <i>Desmontaje de la palanca</i>	42

Figura 46 <i>Cables desmontados</i>	43
Figura 47 <i>Freno de estacionamiento nuevo</i>	44
Figura 48 <i>Cable de mando nuevo</i>	44
Figura 49 <i>Embancado del vehículo</i>	45
Figura 50 <i>Retirar tuercas de las ruedas</i>	46
Figura 51 <i>Desmontar las barras de tiro</i>	46
Figura 52 <i>Embancado</i>	47
Figura 53 <i>Proceso de elevar el tractor</i>	47
Figura 54 <i>Retirar carcasa del soporte</i>	48
Figura 55 <i>Desarmado del conjunto de freno</i>	48
Figura 56 <i>Comprobación en los discos de fricción y acero</i>	49
Figura 57 <i>Desconexión de calibradores y varillas de empuje</i>	51
Figura 58 <i>Interruptor de freno</i>	52
Figura 59 <i>Comprobaciones pedales</i>	53
Figura 60 <i>Pedales realizado el mantenimiento</i>	53
Figura 61 <i>Proceso de armado</i>	54
Figura 62 <i>Proceso de purgado</i>	55
Figura 63 <i>Lugar de las pruebas</i>	58
Figura 64 <i>Tabla de velocidades</i>	60
Figura 65 <i>Resultados antes de la mejora</i>	70
Figura 66 <i>Resultados después de la mejora</i>	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Especificaciones técnicas del manual Massey Ferguson.</i>	27
Tabla 2 <i>Disposición de los discos</i>	51
Tabla 3 <i>Nivel de confianza</i>	57
Tabla 4 <i>Valor de precisión d</i>	57
Tabla 5 <i>Cálculos al 1% de eficiencia</i>	63
Tabla 6 <i>Resultados al 75% de eficiencia</i>	64
Tabla 7 <i>Valores sin mejora</i>	66
Tabla 8 <i>Resultados de la mejora</i>	68

ÍNDICE DE FÓRMULAS

<i>distancia de frenado (1)</i>	23
<i>deceleración media totalmente desarrollada (2)</i>	24
<i>numero de pruebas (3)</i>	56
<i>eficacia de frenado (4)</i>	58
<i>distancia de frenado (5)</i>	59
<i>deceleracion (6)</i>	59
<i>tiempo de frenado (7)</i>	59
<i>media aritmetica (8)</i>	60
<i>distancia maxima (9)</i>	60
<i>deceleracion maxima (10)</i>	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Ficha de diagnóstico general.	75
Anexo B. Ficha de diagnóstico del sistema de frenos.	76
Anexo C. Ficha de diagnóstico del cilindro maestro.	77
Anexo D. Ficha de diagnóstico de las cañerías.	78
Anexo E. Ficha de diagnóstico de los actuadores.	79
Anexo F. Ficha de diagnóstico del freno de estacionamiento	80
Anexo G. Ficha de diagnóstico del conjunto de frenado.	81
Anexo H. Ficha de diagnóstico de los pedales.	82

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere al análisis dentro del sistema de frenos para posteriormente realizar la mejora del sistema de frenos que posee el vehículo de estudio, el cual está constituido por un sistema de frenos de disco inmersos en aceite por palier en las ruedas posteriores, esta mejora se dará mediante el análisis a través de unas hojas de observación y diagnóstico las que calificarán mediante una tabla el funcionamiento del sistema de frenos, para después con los resultados del diagnóstico se proceda a realizar el mantenimiento correctivo y posteriormente con el uso de un software que permite comprobar los datos de las pruebas de campo y de esta manera se puede llevar a cabo la mejora del sistema de frenos.

Como punto de partida se realizará el estado del arte sobre el sistema de frenos, conociendo así el tipo de frenos y su uso, así como también las ventajas y desventajas que presenta cada uno de los sistemas de frenos, para conocer el sistema que tiene implementado este vehículo tipo tractor.

Para ello se generará los datos en las tablas mediante las hojas de diagnóstico y las pruebas de frenado cuando el vehículo no ha sido realizado el mantenimiento respectivo, anotando así los resultados en las tablas para posteriormente comparar con los datos sacados a través del programa, lo que generará las mejoras para obtener nuevos datos de frenado y poder comparar con los primeros datos registrados en la tabla para finalmente dar la comparativa entre la original y la mejora del frenado para una apreciación de la eficacia obtenida.

2. PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

El Instituto Agronómico Salesiano cuenta con un vehículo agrícola tipo tractor marca Massey Ferguson modelo 375, el mismo que en su estado actual no cuenta con los requisitos mínimos de seguridad en el sistema de freno, mostrándose ineficiente en las labores, datos que serán corroborados mediante el uso de un sistema de adquisición de datos DEWEsoft.

Actualmente, el tractor agrícola se encuentra en un paro total, y tomando en cuenta que la maquinaria a intervenir es de vital importancia para realizar los trabajos dentro del Instituto Agronómico Salesiano, se pretende dar la solución a este problema y permitir el correcto funcionamiento de la máquina para su uso dentro de la institución, precautelando la integridad de los operarios, al mismo tiempo que se busca la eficiencia de las labores y los tiempos estimados de mantenimiento en los sistemas por el operador (Garcia Murillo, 1987).

2.2. Antecedentes

En este vehículo se ha podido evidenciar la falta de mantenimientos dentro del sistema de frenos, lo que ha conllevado a obtener un desgaste excesivo de sus componentes principales, así como también se ha observado el desgaste acelerado en elementos que el tiempo de vida útil de cada uno era aún más prolongado. Al tener este problema principal en estos elementos, el vehículo tipo tractor ha permanecido estacionado sin estar en un constante movimiento, por lo cual se ha evidenciado la oxidación de los elementos que realizan la fricción de frenado, los cuales impiden que el funcionamiento sea adecuado. El objetivo de este proyecto es realizar la reparación y mantenimiento dentro del sistema, para luego proceder a realizar la mejora a través de resultados del uso de un software, en el cual se pueda evidenciar los defectos que presenta como tal el sistema de frenos en cuánto a su funcionamiento.

2.3. Importancia y alcances

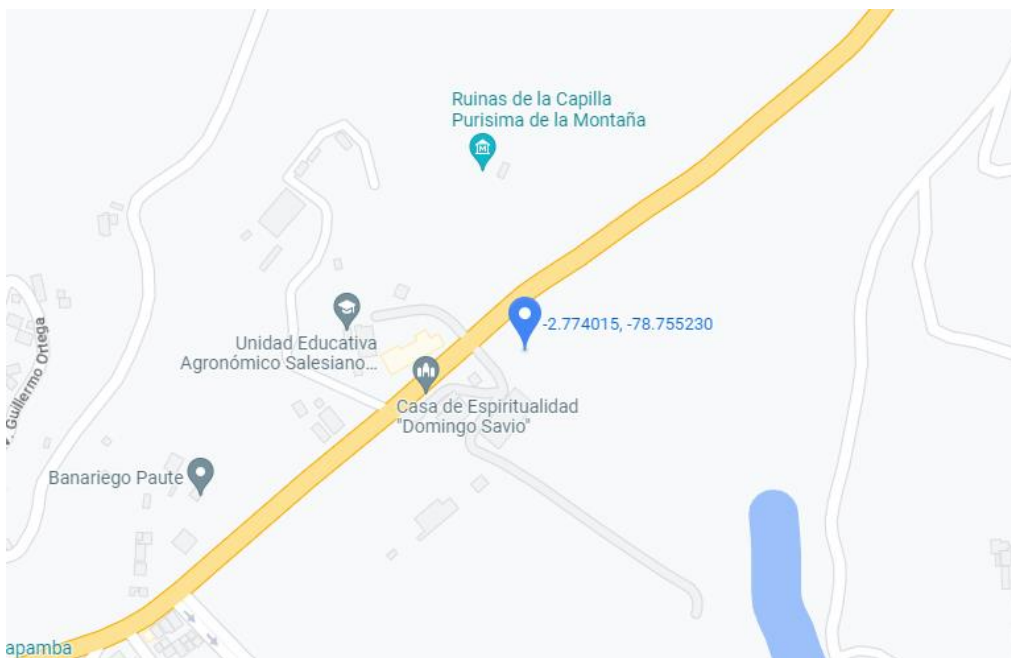
Hoy en día el uso de herramientas tecnológicas permite mejorar la eficiencia de los sistemas de seguridad activa dentro de un vehículo, el cual es de vital importancia para precautelar la seguridad de los usuarios dentro del automóvil, es por ello por lo que el siguiente proyecto tiene como propósito potenciar el funcionamiento adecuado en el sistema de frenos del vehículo tipo tractor.

2.4. Delimitación

Este proyecto beneficiara a la comunidad y al Instituto Agronómico Salesiano en la ciudad de Paute, así como también a las demás personas que disponen de vehículos tipo tractor agrícola que deseen una guía para realizar una mejora en un sistema de frenado y un mantenimiento preventivo.

Figura 1

Ubicación del Agronómico Salesiano



Fuente: Google Maps

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Mejorar el sistema de frenado en un tractor Massey Ferguson 375 de un sistema de frenos a disco mediante el uso del software DEWEsoft ® a través del resultado de las pruebas y las reparaciones realizadas en el mismo.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte para definir los fundamentos teóricos y conceptos que se aplicaran en la presente investigación.
- Evaluar el estado actual del sistema de frenos mediante pruebas de funcionamiento y fichas de observación para realizar las reparaciones y mantenimiento dentro del sistema.
- Realizar la evaluación de los resultados obtenidos mediante el análisis de los datos para concluir con la mejora respectiva dentro del sistema de frenos del tractor.

4. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. Tractores

El tractor es una máquina dotada de un motor para su desplazamiento, puede ser utilizada para tirar de equipos móviles como los arados, rastras, o para accionar mecanismos de máquinas estacionarias como las bombas, molinos, elevadores de grados y de máquinas móviles como embaladoras de heno, segadoras, chapeadoras. De 1941 a 1949 se usan sistemas hidráulicos para el levante de tres puntos, en la dirección hidráulica y en los frenos, posteriormente se siguió mejorando a los tractores agrícolas dotándolos de cabinas más confortables y con medios aislantes para aminorar el ruido. Los sistemas hidráulicos, los eléctricos y las transmisiones de potencia se han mejorado, hasta llegar al tractor de nuestros días, cada vez más eficiente y fácil de operar. (Garcia Murillo, 1987).

Figura 2

Tractor Massey Ferguson 375



Fuente: Autores

El sistema de frenos es más conocido como un mecanismo de absorción de energía, este mecanismo al ser el más importante dentro del vehículo debe brindar la seguridad y protección a

los usuarios. Los frenos dentro del vehículo son los encargados de disminuir la velocidad de manera progresiva hasta detenerlo en caso de ser necesario, esta acción debe efectuarse de forma eficaz y sin perder la estabilidad durante este proceso. (Díaz, 2008, p. 169). Este proceso se basa en la ley de conservación de la energía, ya que el sistema de frenos convierte la energía cinética producida por la velocidad en energía térmica, a causa de la fricción existente entre las balatas y el disco o tambor de freno. La fricción que presenta un material es determinada por el coeficiente de fricción, su designación es la letra griega μ (miu), en donde su valor es cero cuando no existe la fricción entre las superficies de contacto y el valor de uno cuando la fricción es máxima entre las superficies que se encuentran en contacto. (Ashburner y Sims, 1984). La disipación de calor en los diferentes tipos de frenos existentes será una característica que influya en la capacidad de frenado, por lo que son directamente proporcionales. (Garrido, 2018, p. 17).

4.2. Mantenimiento

Mantenimiento es el conjunto de actividades que se realizan en las máquinas y equipos, con el propósito de prevenir, advertir o corregir defectos que puedan llegar a ocasionar daños irreparables, con la finalidad de mantener y conservar el funcionamiento óptimo de estos, asegurando las condiciones seguras, económicas y eficientes. (Arias-Paz, 2000). Es importante considerar tres factores importantes en el buen desempeño de una máquina; los costos por paradas del equipo para reparaciones, tiempo de la intervención y costos de la intervención. (Montoya García, 2017).

4.2.1. Tipos de mantenimiento

➤ Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento previene un fallo o defecto de la máquina para un paro inesperado en la producción o funcionamiento del sistema, siendo este un aliado estratégico en la

calidad del trabajo, al realizar el mantenimiento se genera un desarmado parcial o total del equipo, permitiendo generar una inspección, reparación, lubricación, limpieza, cambio de piezas, entre otras actividades. Diferenciándose, además por el tiempo empleado en el mantenimiento, este tiende a ser más corto, por ende, se ve reflejado en el menor costo de mantenimiento. (Montoya García, 2017). Sin embargo, este debe estar acompañado del mantenimiento predictivo para encontrar un valor óptimo respecto al tiempo empleado.

➤ **Mantenimiento correctivo**

Su objetivo es reparar el estado de funcionamiento de un sistema o una máquina cuando este ha tenido un daño irreparable, realizándolo apenas el daño ha sido identificado en el equipo, siendo así como el mantenimiento resulta con gastos más elevados, puesto que se generan paros imprevistos dentro del funcionamiento y el mismo no es de conocimiento previo, por lo que no hay una definición concreta del costo de mantenimiento y repuestos a usar. (Arnal Atares y Laguna Blanca, 1997).

➤ **Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento tiene el propósito de detectar posibles fallas en los equipos cuando las mismas están por iniciar con la finalidad de postergar o evitar fallos más grandes dentro del funcionamiento, lo que conlleva a evitar los paros de emergencia y a su vez los tiempos muertos. (Montoya García, 2017). Para que este tipo de mantenimiento sea exitoso, se necesita un seguimiento constante y organizado, generando un análisis para conocer los valores de eficiencia de una máquina y llevando a cabo el seguimiento respectivo con el objetivo de conocer su vida útil, reduciendo los costos del mantenimiento y asegurando la disponibilidad de las piezas que pudiesen llegar a fallar. (Murillo Garcia, 1987).

4.3. Sistema de frenos

La función principal del sistema de frenos es detener el giro de la llanta para así lograr detener al vehículo en movimiento, a través de un sistema ya sea mecánico o hidráulico, para ejercer esta función es necesario accionar el pedal de freno para transmitir la potencia requerida para el frenado. La capacidad de un freno depende de la fuerza ejercida entre las superficies de contacto. (Molina, 2010).

Conforme a lo que especifica la Directiva 76/432/CEE, modificada por las Directivas 82/890/CEE, 96/63/CEE y 97/54/CE, el dispositivo de frenado se entiende como el conjunto de elementos que tienen como función reducir o anular progresivamente la velocidad de un tractor en marcha, o mantenerlo inmóvil si se encuentra ya detenido. (Alvarado Chaves, 2004). Además, exige que los frenos de los tractores tengan una acción controlada, lo que quiere decir que, durante su funcionamiento normal, el conductor puede en todo momento aumentar o disminuir la fuerza de frenado desde el pedal de frenos actuando sobre los cilindros, y la fuerza de frenado se ejecutará en el mismo sentido, es por ello posible efectuar fácilmente el ajuste preciso de la fuerza de frenado en los actuadores. (Molina, 2010). Massey confía en sus sistemas de discos, uno por palier inmersos en aceite. El pedal tiene actuación hidráulica, en algunos casos se dispone de la opción de asistencia para el remolque, el cual depende de la serie del tractor. (Arnal Atares y Laguna Blanca, 1997).

Figura 3

Función de frenos



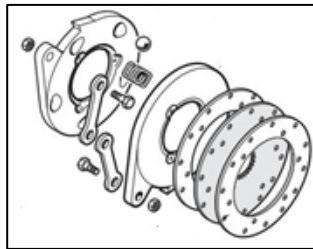
Nota: Adaptado de *système de freinage intelligent*, por Sébastien Duquef, 2018, https://cdn4.regie-agricole.com/ulf/CMS_Content/1/articles/139957/Freinage-intelligent.jpg

4.3.1. Frenos de discos inmersos en aceite.

Este tipo de sistemas de frenos brindan un mayor porcentaje de eficiencia en el frenado, desencadenando un menor desgaste en el sistema de frenos reduciendo el periodo de mantenimiento y prolongando a la vida útil del mismo. Al ser un sistema más eficiente comparados a otros sistemas se encuentran en vehículos de maquinaria pesada como cargadoras, tractores, etc.

Figura 4

Discos de frenos húmedos



Nota. Adaptado de *TL1106* (p. 8B-19), por Massey Ferguson Limited, 1996, *300 Series Tractor Workshop Manual*.

➤ Ventajas

En el momento que este tipo de frenos entra en funcionamiento, brinda el mayor porcentaje de eficiencia en el frenado ya que su superficie de frenado tiene el contacto en todo el tiempo que el sistema esta activado. Al estar inmersos en aceite antes y durante su funcionamiento, se minimiza de manera notable su desgaste por fricción ya que se genera una película mediante el aceite hidráulico y las superficies en contacto.

- Su mantenimiento es casi nulo debido a que el desgaste que posee este sistema de frenos por ser húmedo, reduciendo así la fricción y por consiguiente su desgaste.
- Sistema totalmente versátil, permitiendo así circuitos de mando con frenado independiente, es decir usa una bomba de freno para cada disco.
- Se puede reducir el radio de giro a través de la versatilidad mediante el uso

individual de las bombas.

- Este sistema de frenos es más fiable para vehículos como cargadoras, tractores, equipo de maquinaria pesada.
- Su diseño es hermético, lo cual aísla a factores externos como el agua, polvo y suciedad por ende su diseño esta dado para operar en ambientes sucios.

➤ **Usos**

El sistema de frenos debido a su configuración puede ser usado también como freno o embrague, de aquí la diferencia se da a través de cual lado está fijado para su uso, puede ser para un bastidor estacionario o a un eje giratorio, donde puede adicionalmente haber más elementos para controlar el giro de los discos, en este caso el sistema de frenos húmedos está fijado a un eje giratorio dentado.

4.3.2. Tipos de frenos húmedos inmersos en aceite.

Existen dos tipos de frenos con respecto a los frenos húmedos inmersos en aceite, su diferencia se basa en el funcionamiento de los actuadores y los discos de fricción, uno está dado por discos concéntricos y otro por discos tangenciales.

- Discos concéntricos

El funcionamiento radica en el uso de un cilindro esclavo el cual está montado sobre la varilla de empuje, la misma que transmite la fuerza de frenado sobre las orejetas de la unidad expansora haciendo que la misma se unan entren si con los discos.

- Discos tangenciales

La labor para este tipo de freno está dada de manera similar al anterior, contiene los mismos elementos, a diferencia de que el actuador hace funcionar un cilindro esclavo hidráulico el cual está montado dentro de la carcasa y el eje, haciendo que la función principal y actuante se da sobre

las orejetas de la unidad expansora empujándoles hacia abajo mediante las bolas de acero aplicando la fuerza sobre los discos de fricción y la carcasa.

4.3.3. Composición del sistema de frenos inmersos en aceite

➤ Cilindro maestro

El cilindro maestro es el componente encargado de enviar el líquido de freno de tipo aceite mineral, en la Figura 5 se puede apreciar que está comandado por dos cilindros, uno hacia cada rueda, es decir dos en total en el sistema en general.

Figura 5

Cilindros maestros



Fuente: Autores

➤ Cañerías

Son las encargadas de llevar el líquido de freno a la presión ejercida por la bomba a través del pedal hacia los actuadores, se componen de varias cañerías y racores para cada cilindro maestro y actuadores.

Figura 6

Cañerías y racores



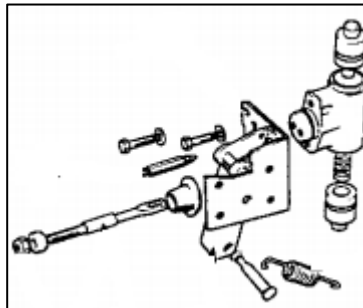
Fuente: Autores

➤ Actuadores

Los actuadores están compuestos por varios elementos en conjunto, los mismos realizan el proceso adecuado para que el frenado se lleve a cabo de manera correcta, se dispone de un resorte de retorno, un purgador, retenedores, cañería del líquido de freno, dos cilindros esclavos hidráulicos y sus respectivos émbolos, elementos para el freno de estacionamiento, varilla de operación y ajuste con su respectiva tuerca de bloqueo.

Figura 7

Actuador



Nota. Adaptado de TL1105 (p. 8B-17), por Massey Ferguson Limited, 1996, 300 Series Tractor Workshop Manual.

➤ Freno de estacionamiento

Este sistema es el que brinda el aseguramiento a las ruedas a través de un cable para cada llanta, estos están conectados mediante un pasador hacia la palanca de freno y en el extremo hacia un punto de anclaje y un muelle de retorno, el cual conecta a los actuadores.

Figura 8

Freno de estacionamiento



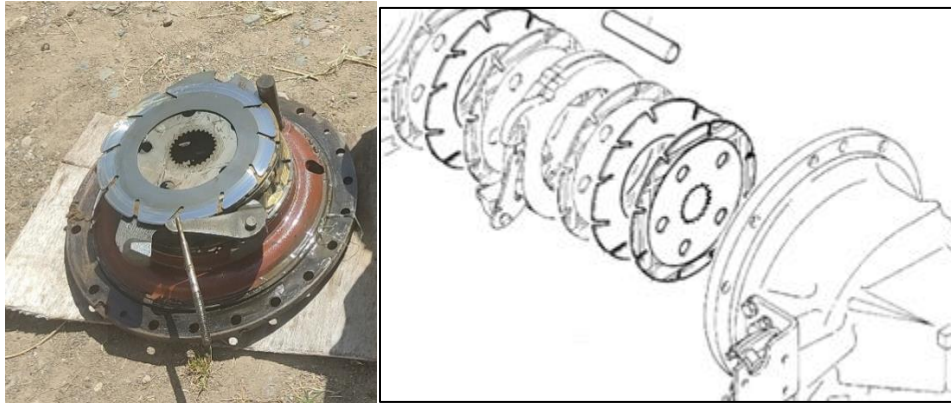
Fuente: Autores

➤ Conjunto de frenado

Este conjunto es el principal para que el desarrollo del sistema de frenos actúe acorde a lo que el operario comande, está compuesto de cuatro discos de fricción de bronce sinterizado, dos de acero y un disco expansor, en su unidad expansora se alojan muelles de tensión y dos bolas de acero, dos cilindros esclavos hidráulicos y una varilla de empuje pertenecientes al actuador.

Figura 9

Discos de fricción, acero y unidad expansora



Fuente: Autores

➤ Pedales

Estos están alojados debajo del tablero de instrumentos, se componen de dos, uno por cada lado, también pueden funcionar de manera conjunta mediante una clavija, están comandados a través de las varillas de empuje de los cilindros maestros conectados con el calibrador mediante un pasador asegurados por un clip y dos muelles de retorno, estos a su vez hacen funcionar a un interruptor de freno. Su movimiento se da a través de un eje los cuales están asegurados mediante un clip y una goma de caucho.

Figura 10

Pedales de freno



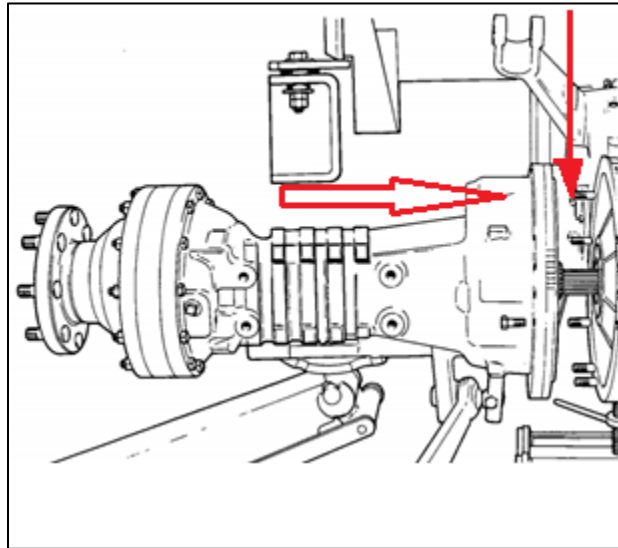
Fuente: Autores

4.3.4. *Funcionamiento del sistema de frenos tangenciales.*

El presente proyecto técnico que vamos a desarrollar se basa en la mejora del sistema de frenos que posee el tractor, en cuanto a su funcionamiento el sistema está equipado con frenos multidisco refrigerados por aceite, con discos tangenciales, los cuales están instalados entre la caja del eje y las placas de soporte del diferencial adyacentes a la caja central tal como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Sistema de frenos tangenciales Massey Ferguson 375



Nota. Adaptado de *TL1106* (p. 8B-19), por Massey Ferguson Limited, 1996, *300 Series Tractor Workshop Manual*.

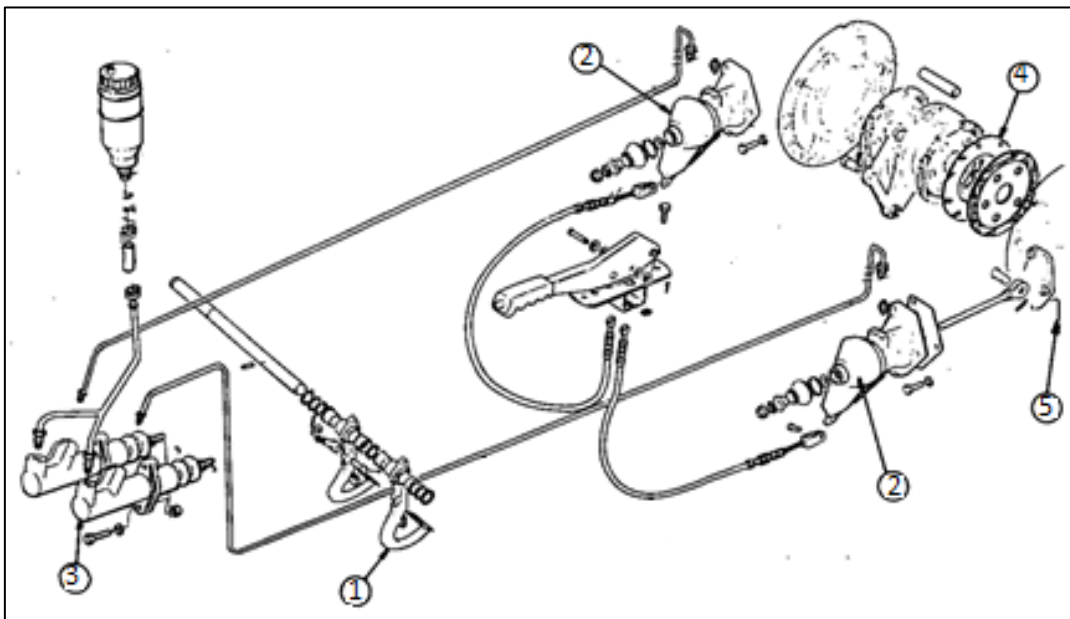
Se muestra en la Figura 12 las partes que conforman el sistema de frenado, los frenos se accionan mediante dos cilindros maestros hidráulicos independientes (3), situados bajo el panel de instrumentos, estos a su vez presionan los cilindros esclavos montados en las carcasas de las trompetas (2). Para el uso de este sistema dentro del funcionamiento tenemos dos pedales (1), los cuales pueden funcionar de manera independiente, estos pueden facilitar el giro en el tractor.

Dentro de su normal funcionamiento los frenos se utilizan conjuntamente accionando un

seguro que une los dos pedales. Al pisar el pedal de freno (1), en los cilindros maestros (3) se ejerce una presión hidráulica que acciona los cilindros esclavos (2), estos a su vez están conectados a un conjunto de accionamiento en contacto con dos discos centrales de fricción giratorios (4), que se acoplan a cada eje, los cuales, a su vez, entran en contacto con las caras de fricción fijas previstas en la carcasa del eje y en la placa portadora del diferencial instalado entre la carcasa central y la del eje (5).

Figura 12

Elementos del sistema de frenos



Nota. Adaptado de TL398 (p. 8B-04), por Massey Ferguson Limited, 1996, *300 Series Tractor Workshop Manual*.

El mecanismo de cada freno consiste en dos discos de accionamiento de hierro fundido (Figura 13), mantenidos juntos por resortes de tensión (1) y separados por bolas de acero situadas en rampas inclinadas (2). La presión ejercida sobre el pedal de freno acciona un cilindro esclavo hidráulico (3), que empuja la orejeta de accionamiento (4), de la unidad expansora, la misma trata de girar un disco de accionamiento con respecto al otro, aumentando la distancia entre cada uno de

los dos discos de acero, a su vez las bolas de acero suben por sus canales inclinados y alejan así los discos de accionamiento.

Figura 13

Unidad extensora y cilindro maestro

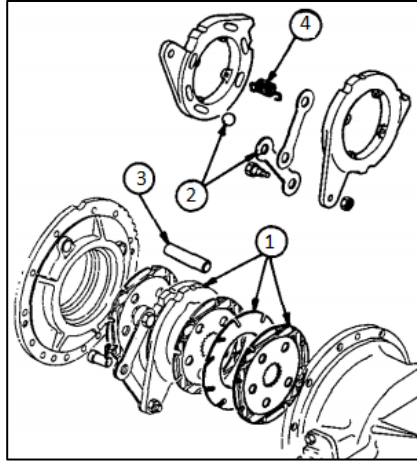


Fuente: Autores

Éstos entran en contacto con los discos giratorios de fricción (1) Figura 14, que están unidos al eje que se frena. El conjunto actuador se moverá ligeramente en la dirección de rotación hasta que la oreja de par (2), de uno de los discos actuadores entre en contacto con un eje de la carcasa (3). El otro disco actuador tiende a girar más, aumentando el desplazamiento angular entre los discos, ayudando a la acción de frenado. Cuando se suelta el pedal de freno, los muelles de tensión (4), hacen que los discos vuelvan a su posición normal.

Figura 14

Conjunto de discos giratorios y accionadores

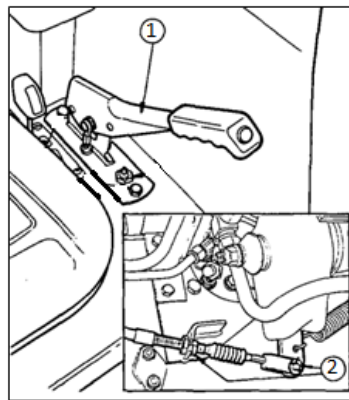


Nota. Adaptado de *Brakes* (p. 8B-07), por Massey Ferguson Limited, 1996, *300 Series Tractor Workshop Manual*.

Se dispone de un freno de estacionamiento (1) Figura 15, que acciona los dos frenos a la vez, independientemente de los frenos de pie, mecánicamente a través de un mando de cable (2).

Figura 15

Freno de estacionamiento



Nota. Adaptado de *TL402* (p. 8B-08), por Massey Ferguson Limited, 1996, *300 Series Tractor Workshop Manual*.

Este sistema elimina la necesidad de un mecanismo de frenado del remolque mecánico o hidráulico por separado y permite que el tractor y el remolque se frenen de forma segura como una sola unidad.

4.4. Software de adquisición de datos DEWEsoft ®

DEWEsoft ® es un sistema de adquisición de datos (DAQ), que nos permite el análisis de diversos sistemas y aplicaciones dentro del campo automotriz.

Una de las bondades que nos presenta esta herramienta es la prueba del sistema de frenos en vehículos. Es por ello por lo que al tener este programa con estas ventajas y al ser exitoso, puede configurarse para realizar las pruebas de frenos con resultados exactos, los mismos nos sirven para diferentes campos y lo mejor del mismo, cumple con las normas internacionales, lo que le hace también más triunfante y creíble.

Figura 16

Logo Software Dewesoft



Fuente: software Dewesoft

El sistema de prueba de frenos Dewesoft cubre una diversidad de necesidades de ensayos de frenado para evidenciar y comparar los frenos de vehículos y los sistemas incorporados con ABS. Debido a la alta flexibilidad del sistema de adquisición de datos y registro de datos, el sistema de prueba de frenos también puede configurarse para probar la comodidad de frenado, eficiencias,

y otros factores más.

Para el sistema de prueba de frenos, es esencial que las mediciones de la distancia de frenado tengan la mayor precisión posible. Esto es posible gracias al uso de un sistema incorporado con GPS / GLONASS (Sistema global de navegación por satélite) basado en 100 Hz el cual indica un parámetro clave, siendo el que defina la diferencia entre tener un accidente o no, también incorpora un sistema de medición inercial con la finalidad de lograr la mayor precisión posible en los datos, lo que le hace al programa incluso más eficiente en cuanto a otros.

Figura 17 Pantalla pruebas Dewesoft

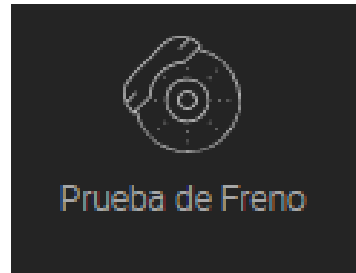


Fuente: Software Dewesoft

4.4.1. Prueba de frenos

El sistema de prueba de frenos Dewesoft tiene un análisis incorporado para pruebas de frenos estándar, como son las ECE13H, FMVSS 135, pruebas de ABS, comodidad de frenado y la posibilidad de agregar estándares de prueba adicionales. Este sistema ofrece pruebas de frenos de acuerdo con varios estándares internacionales mencionados anteriormente, cumpliendo las normas internacionales ECE, ISO, FMSSV y SAE, lo cual hace que el programa sea de uso muy práctico y exitoso.

Figura 18 Logo prueba de freno dewesoft



Fuente: software Dewesoft

4.4.2. Características principales del software Dewesoft.

Una de las principales características del software que realiza el análisis, son los resultados que proporciona en tiempo real durante la ejecución de las pruebas, los cuales son visualizados y a su vez verificados en el tiempo real, estos mismos proporciona al operador la guía necesaria para automatizar el procedimiento de prueba en el software en el mismo instante.

4.4.3. Compatibilidad del Software.

Si bien es cierto al poseer una compatibilidad con las normas ECE, ISO, FMSSV y SAE, por medio del software podemos programar mediante su estandarización adaptando a las necesidades que el operario desee configurar, haciendo que el uso del programa sea muy ventajoso para realizar las distintas pruebas de frenado.

4.4.4. Aplicaciones del software.

Las aplicaciones varían según lo que el operador desee en el software, como ejemplo se tiene el análisis incluido en la prueba de frenos estándar y la prueba que presenta el sistema ABS, también se puede obtener mediante la combinación de sensores con el pedal de freno la temperatura de los mismo, proporcionando datos significativos para el operador acorde al uso que el mismo desee obtener y configurar.

4.4.5. Flujo de trabajo para pruebas automatizadas.

El módulo de prueba de frenos contiene una secuencia de prueba predefinida para realizar

una maniobra de prueba de frenos automatizada conforme a la norma ECE13H. El usuario puede personalizar aún más esta secuencia según las necesidades del conductor y/o del ingeniero de pruebas para una acción más directa durante la maniobra de prueba.

El secuenciador es una herramienta de software de Dewesoft X que permite definir el flujo de trabajo y automatizar el proceso de prueba paso a paso para ingenieros y operadores de pruebas.

4.5. Cálculo de prueba de frenos mediante el Dewesoft

Para el cálculo de las pruebas de frenos se puede usar el cálculo incorporado provisto por el módulo o a su vez usar los extensos módulos matemáticos de Dewesoft X para definir sus propios cálculos personalizados, los cuales son introducidos de forma manual dentro del programa acorde a como el operario desee los resultados.

Los parámetros calculados mediante el programa son:

- velocidad de inicio del frenado
- tiempo de parada
- desaceleración del freno sobre la medición completa
- distancia de freno corregida y factor MFDD (desaceleración media completamente desarrollada) de acuerdo con el estándar internacional
- derivación de la aceleración utilizada para verificar la comodidad del pasajero.

Los cálculos se realizan inmediatamente de manera automática después de finalizar la prueba de freno. El conductor tiene acceso instantáneo y retroalimentación visual a los parámetros de prueba del freno. El rendimiento se obtiene a través de la medición de la distancia de frenado la misma que se obtiene con relación a la velocidad inicial del vehículo, la cual va midiendo la deceleración media desarrollada durante el ensayo.

4.6. Distancia de frenado.

La distancia de frenado del vehículo es la distancia recorrida por el vehículo desde el momento en el que el conductor acciona el pedal de freno, es decir con la velocidad inicial que en ese momento que el vehículo alcance, hasta que el mismo se detiene en su totalidad dando, así como resultado la velocidad final de cero.

	$d = \frac{V^2}{254 * e}$	(1)
--	---------------------------	-------

Donde:

d = distancia de frenado en m

V = velocidad en km/h

e = % de eficacia de los frenos

Figura 19

Distancia de frenado



Nota: Adaptado de *Lo que cuesta frenar por tipo de vehículo*, por Dirección General de Tráfico, 2018,

<https://revista.dgt.es/Galerias/multimedia/infografia/2018/04ABRIL/distancia-de-frenado-detalle.jpg>

4.7. MFDD

La deceleración media totalmente desarrollada (dm) se calculará como la deceleración

promediada con respecto a el intervalo V_b a V_e , de acuerdo con la siguiente ecuación:

	$MFDD \quad dm = \frac{Vb^2 - Ve^2}{25.92 (Se - Sb)} m/s^2$	(2)
--	---	-----

Donde:

V_o = Velocidad inicial del vehiculo en Km/h,

V_b = Velocidad del vehiculo a 0.8 V_o en Km/h,

V_e = Velocidad del vehiculo a 0.1 V_o en Km/h,

S_b = Velocidad recorrida entre V_o y V_b en metros,

S_e = Velocidad recorrida entre V_o y V_e en metros.

5. CAPÍTULO II: EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

Las tareas de evaluación son aquellas que se ejecutan al poner en marcha el vehículo en carretera con la finalidad de comprobar el funcionamiento del sistema de frenos del vehículo.

Estas pruebas son de gran utilidad para comprobar el correcto frenado del vehículo, el funcionamiento de cada uno de sus elementos, así como también conocer las distancias de frenado a distintas velocidades de prueba, esto con el fin de determinar con certeza las afecciones que tiene el sistema mediante el uso del sistema de freno y posteriormente llevar a cabo la reparación de estos.

5.1. Pruebas de funcionamiento

Para la ejecución de las pruebas de funcionamiento del sistema de frenos del tractor, se utilizará fichas de observación que nos permite identificar de manera clara y ordenada el estado de cada uno de los componentes del sistema de frenos con el propósito de definir cuáles serán las tareas de mantenimiento que serán efectuadas.

El formato de las fichas de observación será presentada mediante una hoja de Excel, visualizar Anexo A, la misma permite registrar de manera ordenada cada uno de los elementos que componen el sistema, a su vez esta misma indica la escala con un porcentaje de 90-100% para dar a conocer el estado general del sistema como bueno, una escala de 60-89% como estado regular y -59% evidencia el daño irreparable, así como el estado de funcionamiento de cada componente dentro del sistema e indicar cada una de las observaciones que han sido analizadas en esta prueba visual, las cuales ayudan a tener una idea más clara dentro del concepto para su mantenimiento, facilitando así el trabajo de mantenimiento, reparación y mejora en cada uno de los componentes.

5.2. Afecciones

Para determinar las afecciones que tiene el sistema de frenos dentro del vehículo se procede a realizar las inspecciones visuales y de funcionamiento y llenar la tabla que se realizó en el Excel, las cuales establecen un porcentaje mediante un sistema de puntos que sumados dan el total del estado general del sistema. Este porcentaje brindará la información adecuada para llevar a cabo las tareas de reparación y mantenimiento.

Estas observaciones se realizan a cada uno de los elementos que componen el sistema de frenos e indicar el estado tanto físico, como su estado de funcionalidad, posterior a ello poder interpretar cada una de las tablas y proceder a realizar los cambios de los elementos dañados y su respectivo mantenimiento.

Sírvase ver el Anexo B, en donde se muestran las tablas con los resultados de las pruebas, así como también las observaciones necesarias que se ha dado a cada uno de los elementos con el diagnóstico realizado en el sistema general.

Luego de haber realizado las pruebas de funcionamiento del sistema de frenos del tractor, concluimos que se debe realizar un mantenimiento correctivo general del sistema y su reparación, ya que las condiciones dadas a través de los resultados de las pruebas mediante la tabla arrojan el 40% de funcionalidad del sistema, lo que se interpreta como una ineficiencia total del mismo siendo muy escaso para brindar el funcionamiento y no cumple con los requisitos mínimos de seguridad para el uso del tractor Massey Ferguson 375, así como la debida seguridad que se debe brindar para el operario.

5.3. Reparaciones y Mantenimiento.

Para la ejecución de las tareas de mantenimiento y reparación, se cuenta con información técnica y tener en consideración el manual del taller proporcionado por el fabricante del tractor, el

cual va a ser la guía para la respectiva mejora del sistema a trabajar. Para ello se revisa cuáles son los parámetros de mantenimiento necesarios para tener en cuenta en la reparación y así evitar daños a futuro en algún otro sistema o aún peor, deteriorar más algún elemento del sistema a trabajar.

Tabla 1

Especificaciones técnicas del manual Massey Ferguson.

Especificaciones técnicas Massey Ferguson 375	Sistema de frenos Multidisco inmersos en aceite
Discos de freno	4 de fricción, 3 de acero. Por cada lado.
Diámetro	222 mm
Material de revestimiento	Bronce sinterizado
Profundidad de la ranura	0.3 mm
Operación del freno	Hidráulico independiente
Freno de estacionamiento	Operado por cable, cada lado independiente
Cilindro maestro	Tipo CV
Cantidad	2. Uno por cada lado
Diámetro de pistón	17.8 mm
Empuje de varilla	1 mm
Movimiento de pedal	5-10 mm
Tipo de cilindro esclavo	Hidro mecánico
Cantidad	1 por lado de dos pistones.
Recomendación grados de aceite	
Líquido de frenos	A base de minerales
Color	Verde
Temperatura ambiente	-40°C a 60°C

Fuente: (Massey Ferguson Limited, 1996)

5.4. Evaluaciones

Para evaluar cada uno de los elementos correspondientes al sistema de frenos, se realiza las fichas de observación para cada elemento con su respectiva escala, la cual indica si el sistema necesita de una reparación o realizar el mantenimiento, a su vez cuenta detalladamente cual es el daño en la parte observaciones. A continuación, se detallan cada uno de los elementos que conforman el sistema y su respectivo proceso de desarmado, reparado, comprobaciones y proceso de armado.

5.4.1. Cilindro maestro

➤ Proceso de desarmado

Para el proceso de desarmado se debe de retirar primeramente los plásticos protectores que cubren toda la parte del lugar de trabajo, así mismo también se debe de levantar el capó del tractor.

1. Retirar las cañerías que conectan a cada una de las bombas y el depósito del líquido de freno.

Figura 20

Desmontaje del depósito



Fuente: Autores

2. Desconectar los calibradores que están sujetos a la varilla de empuje y los pernos de sujeción.
3. Desmontar del vehículo los dos cilindros y retirar el cubre polvo que está sujeto a la bomba y parte de la varilla de empuje mediante la extracción del seguro.

Figura 21

Varilla de empuje



Fuente: Autores

4. Sacar el conjunto del émbolo con su respectivo muelle y retenedor.

Figura 22

Émbolo



Fuente: Autores

5. Quitar el muelle realizando una leve presión en el mismo a través del vástago de la válvula.

Figura 23

Despiece del émbolo

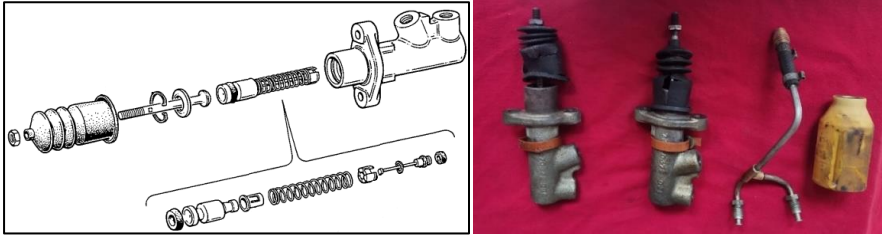


Fuente: Autores

6. Extraer el retenedor del émbolo.
7. Realizar la limpieza de los alrededores de los componentes para el proceso de armado.

Figura 24

Desarmado cilindro maestro



Fuente: Autores

➤ **Comprobaciones**

1. Comprobar las paredes del cilindro.
2. Verificar el estado de los sellos del embolo.
3. Analizar el accionamiento de la bomba.

➤ **Reparación**

Mediante el proceso de desarmado se evidencia la magnitud de los daños en cada una de las bombas y sus respectivos elementos como se evidencia en el Anexo C, mediante la escala el resultado arroja un 31%, el cual muestra que no cuenta con la garantía suficiente para realizar un mantenimiento, evidenciando los daños irreparables, por lo tanto se realiza la restitución de los cilindros maestros, y el depósito del líquido de frenos, obteniendo así el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos a actuar.

Figura 25

Cilindros dañados



Fuente: Autores

➤ **Proceso de armado**

Para llevar a cabo este proceso, se debe de tomar en cuenta que las bombas se encuentren lubricadas de esta manera se puede prevenir el daño en sus componentes. Además, tener en cuenta que la superficie a intervenir debe estar totalmente limpia para evitar el ingreso de partículas de polvo y suciedad en cada una de las bombas.

Se realiza el proceso de manera invertida al desarmado.

Figura 26

Cilindros nuevos



Fuente: Autores

5.4.2. Cañerías

➤ **Proceso desarmado**

1. Aflojar cada uno de los racores que están presentes en los actuadores, cilindros maestros y el depósito del líquido de frenos.

Figura 27

Racores



Fuente: Autores

2. Retirar cada una de las cañerías que están unidas a los dispositivos para su debido funcionamiento.
3. Desmontar las uniones.

Figura 28

Cañerías desmontadas



Fuente: Autores

➤ **Comprobaciones**

1. Comprobar que el paso del líquido de frenos no esté obstaculizado por suciedad u otros elementos.

2. Revisar que los racores juntamente con las cañerías no presenten fugas de líquido de freno al momento de estar montadas en el sistema.

Figura 29

Verificación del estado de las uniones



Fuente: Autores

3. Verificar que las cañerías no presenten fisuras y estén deterioradas.

Figura 30

Comprobaciones



Fuente: Autores

4. Evidenciar que las cañerías no presenten dobleces que obstaculicen el paso normal de líquido de freno.

Figura 31

Reparación de cañerías



Fuente: Autores

➤ **Reparación**

Al desmontar cada uno de los elementos presentes se obtiene un valor del 60% mediante la escala de evaluación, Anexo D, lo que representa un mantenimiento preventivo.

1. Cambiar racores que se encuentran en mal estado.
2. Cambiar la parte de la cañería situada en la base del depósito del líquido de frenos.
3. Realizar la limpieza en cada cañería.

Figura 32

Comprobación de cañerías



Fuente: Autores

➤ **Proceso de armado**

Colocar un poco de líquido de frenos en cada uno de los racores para permitir acoplar de manera eficaz y libre de suciedad a los elementos a actuar y continuar de manera invertida el proceso de desarmado.

Figura 33

Montaje de cañerías



Fuente: Autores

5.4.3. Actuadores

➤ **Proceso desarmado**

1. Para llevar a cabo el proceso de desarmado de los elementos del actuador primeramente se procede a retirar el líquido hidráulico de la transmisión, ya que el sistema de frenos funciona con el hidráulico del vehículo.

Figura 34

Vaciado del fluido hidráulico de la caja de transmisión



Fuente: Autores

2. Desconectar el muelle de retorno, el purgador, la cañería de cada lado y la tuerca de bloqueo.

Figura 35

Desarmado de elementos del actuador



Fuente: Autores

3. Aflojar los tres pernos de sujeción a la carcasa.

Figura 36

Alojamiento de pernos sobre la carcasa



Fuente: Autores

4. Retirar los sellos de goma y posteriormente los cilindros esclavos hidráulicos.
5. Extraer la varilla de empuje.
6. Sacar el émbolo del cilindro esclavo y su retenedor mediante los seguros alojados en el extremo.

Figura 37

Bombín cilindro hidráulico



Fuente: Autores

7. Empujar los muelles alojados en el interior hacia el extremo del cilindro esclavo.

Figura 38

Desmontaje de actuadores



Fuente: Autores

➤ **Comprobaciones**

- Comprobar las paredes de los cilindros hidráulicos para ver si presentan rayaduras, fisuras, o si el retenedor está soplado.
- Revisar si presenta fugas de hidráulico en los anillos de retención y sus respectivas tuercas de bloqueo.

➤ **Consideraciones por tomar en cuenta.**

- Acorde al manual es recomendable cambiar las tuercas de bloqueo después de cada mantenimiento.
- Realizar la limpieza con alcohol metilado y usar aire comprimido, así se evita dañar los componentes que tienen los elementos.

Figura 39

Comprobaciones de retenes

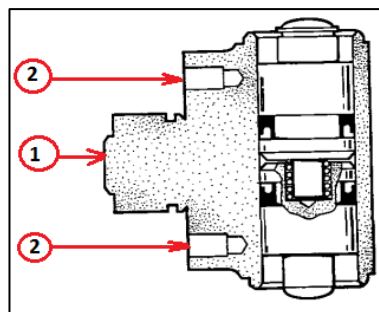


Fuente: Autores

- Realizar la purga del sistema si se encuentra ineficiencia en su desempeño, o después de cada mantenimiento.
- Ajustar el freno de servicio y de estacionamiento después de cada mantenimiento.
- El par de apriete para la purga es de 19 Nm. (1), Figura 40.
- El par de apriete 23-29 Nm, (2), Fig. 39, se da en los pernos de sujeción del actuador, esto con el fin de evitar daños sobre el cilindro esclavo.

Figura 40

Par de apriete



Nota. Adaptado de TL1187 (p. 8B-18), por Massey Ferguson Limited, 1996, *300 Series Tractor Workshop Manual*.

➤ **Reparación**

Al realizar la evaluación de los componentes del actuador, se obtiene el 65% con respecto a la escala de evaluación, Anexo E, de modo que indica realizar el mantenimiento preventivo en sus elementos, por lo que se realiza la compra de las tuercas de bloqueo, y los sellos de goma externos correspondientes a los cilindros hidráulicos, para realizar el cambio posterior al mantenimiento, el mismo que está estipulado en el manual.

Figura 41

Comprobaciones del actuador



Fuente: Autores

➤ **Proceso de armado**

Para realizar el proceso de armado en estos elementos como primer paso se realiza la lubricación de cada una de las partes con líquido de freno de tipo aceite mineral nuevo.

Por otra parte, se realiza la lubricación en los retenedores de los émbolos del cilindro hidráulico.

Finalmente se revisa las paredes del cilindro y los retenedores. Se invierte los pasos de desarmado.

Figura 42

Armado del actuador



Fuente: Autores

5.4.4. Freno de estacionamiento

➤ Proceso desarmado

1. Retirar los muelles de retorno los cuales están anclados al actuador.
2. Quitar los dispositivos de anclaje que están juntamente con el actuador.

Figura 43

Anclaje del actuador del freno de estacionamiento



Fuente: Autores

3. Aflojar las tuercas de calibración y los pernos sujetos a la palanca.

Figura 44

Pernos en la palanca



Fuente: Autores

4. Desmontar la palanca del freno que está sujeto mediante los pernos y un pasador.

Figura 45

Desmontaje de la palanca



Fuente: Autores

5. Sacar los dos cables del freno.

Figura 46

Cables desmontados



Fuente: Autores

➤ **Comprobaciones**

1. Comprobar que la funda del cable no presente desgaste, roturas o rigidez.
2. Verificar que, al momento de realizar el frenado, mediante el pasador el freno debe de repartirse a las dos llantas del vehículo, funcionando de manera conjunta los dos cables.
3. Observar que la palanca de freno no tenga obstaculizaciones o se trabe al momento de realizar el trabajo.

➤ **Reparación**

Al visualizar cada uno de los elementos que componen el sistema de frenos de estacionamiento, tenemos el resultado de la evaluación del 30%, Anexo F, mediante estos resultados se comprueba que los elementos necesitan ser sustituidos debido a que no garantizan el mantenimiento correspondiente, su daño es irreparable.

Figura 47

Freno de estacionamiento nuevo



Fuente: Autores

➤ **Proceso de armado**

Para el proceso de armado se realiza el montaje de los cables nuevos y posterior a ello el trabajo inverso al desarmado, verificando que se efectuó las condiciones de la comprobación, la calibración y correcto funcionamiento.

Figura 48

Cable de mando nuevo



Fuente: Autores

5.4.5. Conjunto de frenado

➤ **Proceso de desarmado**

Consideraciones:

- Las herramientas para trabajar deben ser las correctas.

- Manual de taller del vehículo tipo tractor.
- Especificaciones técnicas que se muestran en la tabla 1.

Este proceso se realiza de manera muy cuidadosa, si no se toman las precauciones correctas para el proceso de desmontaje, puede desencadenar fallos en algunos elementos externos al sistema de frenos y en las piezas del mismo sistema.

1. Sacar todos los componentes del vehículo correspondiente al sistema de frenos.
2. Embancar el vehículo mediante una grúa, haciendo uso la carcasa del diferencial.

Figura 49

Embancado del vehículo



Fuente: Autores

3. Realizar la extracción de los pernos de sujeción de las ruedas sobre los ejes de transmisión.

Figura 50

Retirar tuercas de las ruedas



Fuente: Autores

4. Retirar los seguros de los acoples de la barra de tiro y desmontar.

Figura 51

Desmontar las barras de tiro



Fuente: Autores

5. Colocar desoxidante sobre los pernos de sujeción de los palieres de la transmisión y extraer los ejes.
6. Elevar a través de la grúa haciendo uso del palier y desmontar el mecanismo

en donde se aloja el conjunto de discos de frenos.

Figura 52

Embancado



Fuente: Autores

7. Levantar la parte inferior del palier y evitar el daño sobre los sellos de los pernos del palier al diferencial.

Figura 53

Proceso de elevar el tractor



Fuente: Autores

8. Aflojar las tuercas y los pernos de sujeción del palier y sacar.
9. Extraer los pernos de sujeción de la carcasa de soporte mediante el uso de un desarmador de impacto.

Figura 54

Retirar carcasa del soporte

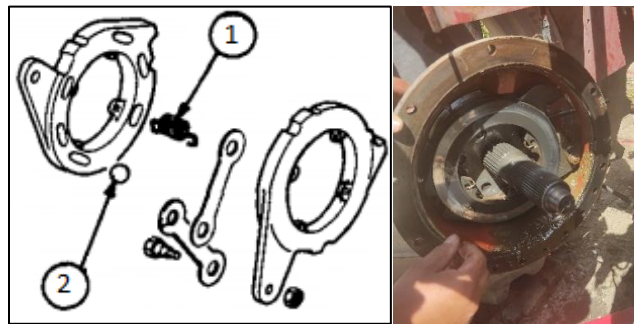


Fuente: Autores

10. Separar la varilla de empuje que conecta a la unidad expansora.
11. Sacar de manera ordenada e invertida los discos de frenos con su unidad expansora.
12. Finalmente extraer los elementos de la unidad expansora, se retira el muelle de tensión (1) y las bolas de acero (2) Figura 55.

Figura 55

Desarmado del conjunto de freno



Fuente: (Massey Ferguson Limited, 1996)

➤ **Comprobaciones**

1. Para los discos de fricción se tiene la comprobación de profundidad correspondiente a 0.3mm como la medida mínima de las ranuras, si sobrepasa esta medida se debe

de realizar el cambio de los discos.

2. En cuanto a los discos de acero, se verifica que el desgaste no sobrepase los 0.13mm, si el rango es mayor se debe cambiar los discos tanto de acero como los de fricción. Si el rango es menor solo se debe de reajustar las placas.
3. Revisar si existe la presencia del sobrecalentamiento en cada uno de los discos.
4. Verificar que la unidad expansora esté libre de sobrecalentamiento, es decir la presencia del color violeta o rojo.
5. Realizar la limpieza tanto de la carcasa como de cada una de las placas para el posterior proceso de montaje.
6. Retirar restos de rebabas, o elementos que puedan rallar las superficies de fricción.
7. Para el proceso de armado tener en cuenta las especificaciones de la Tabla 2 para la disposición de los discos.

Figura 56

Comprobación en los discos de fricción y acero



Fuente: Autores

➤ **Reparación**

Al revisar los elementos, se obtiene dentro de la escala el 88%, Anexo G, lo que indica el

mantenimiento preventivo en los discos de fricción, los discos de acero y la unidad expansora.

➤ **Proceso de armado**

1. Verificar que la limpieza se haya realizado de manera profunda.
2. Tener en consideración la disposición de cada uno de los discos mostrados en la Tabla 2.
3. Antes del proceso se debe de lubricar cada una de las placas de fricción, acero y unidad expansora antes de colocar el aceite hidráulico, para evitar dañar sobre las superficies de fricción.
4. Colocar el sello nuevo entre el actuador y la carcasa del diferencial.
5. Para iniciar el montaje, untar de vaselina la varilla de empuje del actuador hacia la unidad expansora para asegurar que el sello de goma asiente correctamente sobre la orejeta del expansor.
6. Realizar el proceso inverso al desarmado teniendo en cuenta las observaciones dadas anteriormente.
7. Realizar el apriete de los pernos de la carcasa a 74Nm y después las tuercas de la rueda a 270Nm.

Tabla 2

Disposición de los discos

Disposición	Serie MF 375 - 4 discos de fricción
1	Disco de fricción
2	Disco de acero
3	Disco de fricción
4	Unidad expansora
5	Disco de fricción
6	Disco de acero
7	Disco de fricción
8	Plato carcasa

Fuente: Autores

5.4.6. Pedales

➤ Proceso desarmado

1. Sacar los paneles de plástico de los instrumentos.
2. Retirar los muelles de retorno, los calibradores y varillas de empuje del cilindro maestro.

Figura 57

Desconexión de calibradores y varillas de empuje



Fuente: Autores

3. Desconectar el interruptor de freno.

Figura 58

Interruptor de freno



Fuente: Autores

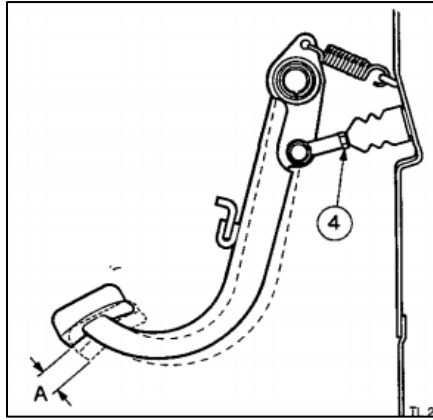
4. Extraer los seguros de los ejes, las gomas y la clavija que sujeta los dos pedales.
5. Desmontar los ejes y consigo los dos pedales.

➤ **Comprobaciones**

1. Verificar el estado de las gomas.
2. Comprobar la varilla de empuje juntamente con el calibrador y su respectivo pedal.
3. Lubricar el eje de los pedales con grasa.
4. Evidenciar durante el frenado que los dos pedales deben estar nivelados, inclusive la clavija debe ingresar en el otro pedal sin esfuerzo alguno.
5. Chequear mediante un gauge el recorrido de la varilla de empuje con respecto al cilindro maestro debe tener el espacio libre de 1mm (4) Figura 59.
6. Tener en consideración que el recorrido del pedal “A” debe de ser de 5mm Figura 59.

Figura 59

Comprobaciones pedales



Nota. Adaptado de TL208 (p. 8B-13), por Massey Ferguson Limited, 1996, *300 Series Tractor Workshop Manual*.

➤ Reparación

Mediante el desmontaje y la evaluación de cada componente se obtiene el 81% en la escala, lo que conlleva a un ajuste y mantenimiento de cada pedal y sus ejes, como se puede ver en el Anexo H.

Se realiza el cambio de los seguros que se encuentran en mal estado y de los que están incompletos en los pivotes.

Figura 60

Pedales realizado el mantenimiento



Fuente: Autores

➤ **Proceso de armado**

Una vez realizadas las comprobaciones y su respectivo mantenimiento, se procede a montar los pedales de forma contraria a como se realizó el proceso de desarmado. Se verifica que, al momento de realizar el funcionamiento, este se dé de manera correcta y funcional.

Figura 61

Proceso de armado



Fuente: Autores

5.5. Proceso de purgado del sistema

Para realizar el purgado del sistema se procede a realizar las siguientes actividades:

1. Verificar que todos los elementos correspondientes al sistema general de frenado este colocados correctamente.
2. Revisar racores y uniones de cañerías.
3. Conectar el dispositivo para almacenar el líquido para la purga.
4. Colocar el líquido de freno de tipo aceite mineral en el depósito.
5. Bombear el pedal de freno de cuatro a cinco veces.

6. Mantener pulsado el pedal de freno.
7. Abrir la purga.
8. Repetir el proceso desde el punto cuatro.
9. Finalmente apretar los purgadores al par de apriete indicado.
10. Verificar el frenado en cada llanta.

Figura 62

Proceso de purgado



Fuente: Autores

Después de realizar cada uno de los procesos correspondientes para la reparación del sistema de frenos, a continuación, se realizan la evaluación de resultados.

6. CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para realizar la evaluación de los resultados es importante tener en cuenta varios aspectos, las mismas influirán directamente al realizar cada una de las pruebas para demostrar la mejora y la eficacia del sistema de frenos.

6.1. Número de pruebas

Primeramente, se debe establecer parámetros los cuales ayudan a conocer el número de pruebas necesarias para que la presente investigación sea totalmente respaldada y confiable. Para ello se hará uso de la siguiente fórmula.

	$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2}$	(3)
--	-------------------------------	-----

Donde

$Z =$ nivel de confianza

$p =$ probabilidad de éxito o proporción esperada

$q =$ probabilidad de fracaso

$d =$ precisión

Debido a que no se tiene una muestra del tamaño total de la población, se considera que el nivel de confianza para este proyecto técnico es del 90% y el 10% en cuanto a la probabilidad de éxito.

A través de estos parámetros anteriormente dados, mediante la Tabla 3 podemos conocer que el valor de Z es de 1.645.

Tabla 3*Nivel de confianza*

% Error	Nivel de confianza	Valor de Z calculado
1	99%	2.58
5	95%	1.96
10	90%	1.645

Fuente: Autores

Para obtener del valor de precisión que en este caso es del 10%, se visualiza así mismo en la Tabla 4 siguiente en base al nivel de seguridad, en este caso de investigación hemos escogido el 90%.

Tabla 4*Valor de precisión d.*

%	Valor d
99	0.001
95	0.05
90	0.1

Fuente: Autores

$$Z = 1.645$$

$$p = 0.1$$

$$q = 1 - p = 1 - 0.1 = 0.9$$

$$d = 10\%$$

$$n = \frac{1.645^2 * 0.1 * 0.9}{0.1^2} = 24.354$$

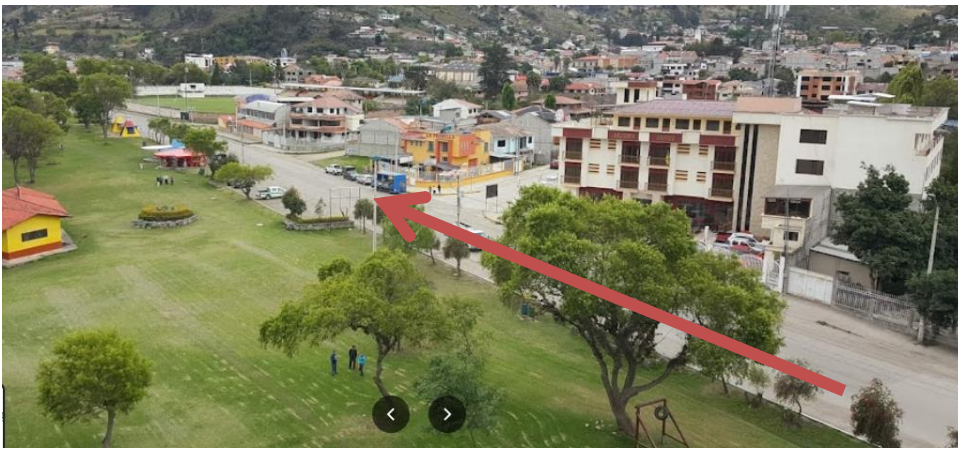
Acorde al resultado dado a través de la seguridad del 90% que hemos propuesto para esta investigación tenemos un total de 24 el número de pruebas que debemos realizar para que la información sea confiable y segura.

6.2. Selección de Ruta

Seguidamente al realizar el cálculo para el número de pruebas procedemos con el estudio

de la ruta en la cual el vehículo tipo tractor va a transitar. Para ello se ha tomado un tramo de la vía alterna situada en la ciudad de Paute en donde actualmente se encuentra el tractor, siendo este un lugar en donde el tramo posee una pendiente nula, lo cual no interferirá con las pruebas a realizar al tractor dentro del sistema de frenos y de esta manera poder analizar la eficiencia del sistema, las mismas que serán realizadas a diferentes velocidades, analizando así las distancias y tiempos de frenado.

Figura 63 *Lugar de las pruebas*



Fuente: Google Maps

Al conocer finalmente el lugar para realizar las pruebas y el total de estas, se procede a realizar las pruebas mediante el uso del software Dewesoft, en el cual vamos a introducir los datos para que el mismo pueda calcular cada uno de los parámetros a necesitar, el mismo se configura de manera manual dependiendo de los parámetros que se necesite, arrojando así los resultados en tiempo real al estar conectados mediante sensores al vehículo tipo tractor.

6.3. Cálculos

Eficacia de frenada

	$e = \frac{\alpha}{g} * 100$	(4)
--	------------------------------	-----

e = % de eficacia de los frenos

$\alpha = \text{deceleración en } m/s^2$

$g = \text{gravedad } m/s^2$

Distancia de frenado

	$d = \frac{V^2}{254 * e}$	(5)
--	---------------------------	-----

$d = \text{distancia de frenada}$

$V = \text{velocidad en } km/h$

$e = \% \text{ de eficacia de los frenos}$

Deceleración

	$\alpha = \frac{V_0^2 - V^2}{2 * d}$	(6)
--	--------------------------------------	-----

$\alpha = \text{deceleración en } m/s^2$

$d = \text{distancia de frenada en } m$

$V_0 = \text{velocidad inicial en } m/s$

$V = \text{velocidad final en } m/s$

Tiempo de frenada

	$t = \frac{V_0 - V}{\alpha}$	(7)
--	------------------------------	-----

$t = \text{tiempo de frenada en } s$

$\alpha = \text{deceleración en } m/s^2$

$V_0 = \text{velocidad inicial en } m/s$

$V = \text{velocidad final en } m/s$

Media aritmética

	$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$	(8)
--	--	-----

Donde

\bar{x} = Media aritmética

N = numero de valores

x_i =valores del conjunto de datos

Según (76/432/CEE, 2023), la distancia máxima de frenado con el tractor dotado de su peso máximo autorizado y las ruedas del eje frenado con los neumáticos de mayores dimensiones admitidos, debía ser:

	$S_{max} < 0.15V + \frac{V^2}{116}$	(9)
--	-------------------------------------	-----

Donde V es la velocidad máxima admitida de construcción que para nuestro caso es de 23 km/h según (Massey Ferguson Limited, 1996) Figura 64.

Figura 64

Tabla de velocidades



Fuente: Autores

$$S_{max} < 0.15 * 23 \text{ km/h} + \frac{(23 \text{ km/h})^2}{116} = 8.01 \text{ m}$$

En lo que se refiere al valor de deceleración máxima, se calcula por la siguiente ecuación

	$d \left(\frac{m}{s^2} \right) = \frac{0.5V^2}{S_{max}}$	(10)
--	---	-------

$$d \left(\frac{m}{s^2} \right) = 0.5 * \frac{\left(23 \text{ km/h} * \frac{1000m}{3600s} \right)^2}{8.01 \text{ m}} = 2.54 \text{ m/s}^2$$

Eficiencia de frenado según los datos del constructor

$$e = \frac{2.54 \text{ m/s}^2}{9.81 \text{ m/s}^2} * 100 = 25.89 \%$$

La normativa (Union Europea, 2013) establece que las pruebas de eficiencia de frenado no deben ser inferior al 75% de la prescrita y al 60% de la obtenida en el ensayo tipo 0.

$$\frac{100}{25.89} = \frac{x}{22.94}$$

$$x = \frac{22.94 * 100}{25.89} = 88.60\%$$

Para los cálculos se tomaron valores de velocidades de 20, 15, 10, 5 km/h. Pasamos las velocidades de km/h a m/s, teniendo así los siguientes datos:

$$20 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 5.55 \text{ m/s}$$

$$15 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 4.16 \text{ m/s}$$

$$10 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2.77 \text{ m/s}$$

$$5 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1.38 \text{ m/s}$$

Debido a que el sistema en general no cuenta con el respectivo proceso de funcionamiento se toma el valor de 1% con respecto a la eficiencia, por lo tanto, los valores para calcular las distancias de frenado, deceleración y tiempo de frenado a una velocidad de 20 km/h, 15km/h, 10 km/h y 5km/h son:

Distancia de frenado al 1%.

$$d = \frac{(20 \text{ km/h})^2}{254 * 1\%} = 157.48 \text{ m}$$

$$d = \frac{(15 \text{ km/h})^2}{254 * 1\%} = 88.58 \text{ m}$$

$$d = \frac{(10 \text{ km/h})^2}{254 * 1\%} = 39.37 \text{ m}$$

$$d = \frac{(5 \text{ km/h})^2}{254 * 1\%} = 9.84 \text{ m}$$

Deceleración al 1%.

$$\alpha = \frac{(5.55 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 157.48 \text{ m}} = 0.0977 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{(4.16 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 88.58 \text{ m}} = 0.0976 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{(2.77 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 39.37 \text{ m}} = 0.0974 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{(1.38 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 9.84 \text{ m}} = 0.0967 \text{ m/s}^2$$

Tiempo de frenado al 1%.

$$t = \frac{5.55 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{0.0977 \text{ m/s}^2} = 56.80 \text{ s}$$

$$t = \frac{4.16 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{0.0976 \text{ m/s}^2} = 42.62 \text{ s}$$

$$t = \frac{2.77 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{0.0974 \text{ m/s}^2} = 28.43 \text{ s}$$

$$t = \frac{1.38 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{0.0967 \text{ m/s}^2} = 14.27 \text{ s}$$

Tabla 5 Cálculos al 1% de eficiencia

velocidad (km/h)	distancia de frenado (m)	deceleración (m/s ²)	tiempo de frenado (s)
20	157,48	0,0977	56,80
15	88,58	0,0976	42,62
10	39,37	0,0974	28,43
5	9,84	0,0967	14,27

Fuente: Autores

Después de realizar el proceso de reparación y mantenimiento general del sistema de frenos, según lo exigido por la normativa (76/432/CEE, 2023), toma como referencia el mínimo de eficiencia prescrita del 75% para realizar los cálculos, consecuentemente se tiene los siguientes resultados:

Distancia de frenado con el 75%.

$$d = \frac{(20 \text{ km/h})^2}{254 * 75\%} = 2.099 \text{ m}$$

$$d = \frac{(15 \text{ km/h})^2}{254 * 75\%} = 1.181 \text{ m}$$

$$d = \frac{(10 \text{ km/h})^2}{254 * 75\%} = 0.524 \text{ m}$$

$$d = \frac{(5 \text{ km/h})^2}{254 * 75\%} = 0.131 \text{ m}$$

Deceleración al 75%.

$$\alpha = \frac{(5.55 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 2.099 \text{ m}} = 7.337 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{(4.16 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 1.181 \text{ m}} = 7.326 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{(2.77 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 0.524 \text{ m}} = 7.321 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{(1.38 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 * 0.131 \text{ m}} = 7.268 \text{ m/s}^2$$

Tiempo de frenado con el 75%.

$$t = \frac{5.55 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{7.337 \text{ m/s}^2} = 0.756 \text{ s}$$

$$t = \frac{4.16 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{7.326 \text{ m/s}^2} = 0.567 \text{ s}$$

$$t = \frac{2.77 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{7.321 \text{ m/s}^2} = 0.378 \text{ s}$$

$$t = \frac{1.38 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{7.268 \text{ m/s}^2} = 0.189 \text{ s}$$

Tabla 6 Resultados al 75% de eficiencia

velocidad (km/h)	distancia de frenado (m)	deceleración (m/s ²)	tiempo de frenado (s)
20	2,099	7,337	0,756
15	1,181	7,326	0,567
10	0,524	7,321	0,378
5	0,131	7,268	0,189

Fuente: Autores

7. MARCO METODOLÓGICO

Para desarrollar el presente proyecto se inicia a recopilar los datos necesarios mediante el uso del método científico, donde se establece el procedimiento para conocer la eficacia de un sistema de frenado en un automóvil, con esto es posible reconocer y calcular las fuerzas que intervienen al momento de realizar el frenado. Mediante el método experimental se efectuaron las pruebas en el sistema de frenos del sistema original, esto con el fin de posibilitar una comparación de los datos luego de ejecutar las mejoras planteadas en el proyecto. Los datos que se obtienen a partir de aquí son indispensables, pues de eso depende los cálculos y resultados que se obtengan en el software DAQ en el momento que se ejecutan las pruebas de carretera del sistema. Con el uso del software Dewesoft, usamos el método deductivo para identificar los resultados de las pruebas de eficiencia del sistema de frenado del vehículo antes de su respectivo proceso de reparación. Con el método analítico ejecutamos las reparaciones pertinentes y las mejoras del sistema de frenado para realizar nuevamente las pruebas de carretera y con el uso del software Dewesoft realizar un análisis y comparación de los datos obtenidos inicialmente.

8. RESULTADOS

Una vez concluida la mejora del sistema de frenos se puede llegar a mostrar los resultados que se han dado a través de todas las pruebas que se han realizado

8.1. Datos de distancia y tiempo sin mejora

Tabla 7

Valores sin mejora

# de prueba	velocidad 5 km/h		velocidad 10 km/h		velocidad 15 km/h		velocidad 20 km/h	
	distancia	tiempo	distancia	tiempo	distancia	tiempo	distancia	tiempo
1	10,35	4,60	10,80	7,30	12,80	9,10	19,00	10,27
2	9,15	4,44	9,50	6,48	13,40	9,60	19,45	10,84
3	8,55	3,80	11,05	8,20	15,20	9,52	22,65	10,80
4	9,25	4,70	11,35	7,30	13,60	10,65	17,00	10,65
5	8,60	4,20	9,95	7,10	14,05	8,15	18,55	10,90
6	8,75	4,28	10,15	8,59	13,10	9,10	18,80	10,70
7	9,10	4,34	10,45	7,50	14,65	9,35	19,24	10,69
8	9,50	3,95	12,50	8,90	15,60	9,42	21,50	10,88
9	10,25	4,55	10,55	7,35	14,20	9,15	18,10	10,20
10	8,75	3,90	9,85	6,65	13,60	9,23	21,50	11,20
11	8,55	3,86	12,00	9,15	15,10	9,85	20,60	10,60
12	10,20	4,35	11,45	9,84	14,30	10,20	19,20	11,50
13	10,10	4,15	11,20	9,15	15,60	10,10	18,30	9,86
14	9,25	3,96	10,55	7,85	14,30	9,54	22,10	10,50
15	10,40	4,42	12,35	8,15	16,50	10,30	19,45	10,02
16	9,80	3,78	12,75	8,95	15,20	9,32	20,50	10,45
17	8,90	3,85	10,20	9,00	14,20	8,92	19,15	10,36
18	10,20	4,42	11,95	9,75	16,20	10,56	21,50	10,63
19	10,40	4,65	9,80	6,35	15,30	10,12	20,80	10,78
20	9,50	4,15	12,10	9,14	15,90	9,32	20,40	9,65
21	9,90	4,28	10,55	8,50	16,40	9,45	21,60	10,05
22	8,90	3,95	11,20	8,34	14,20	9,65	22,30	10,85
23	9,40	4,25	10,70	6,95	13,50	9,86	20,20	10,20
24	9,30	4,26	11,55	8,75	14,70	9,72	19,60	10,46
\bar{x}	9,46	4,21	11,02	8,13	14,65	9,59	20,06	10,54

Fuente: Autores

$$20 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 5.55 \text{ m/s}$$

$$15 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 4.17 \text{ m/s}$$

$$10 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2.77 \text{ m/s}$$

$$5 \text{ km/h} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1.39 \text{ m/s}$$

$$\alpha_{20 \text{ km/h}} = \frac{(5.55 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 20.06 \text{ m}} = 0.767 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha_{15 \text{ km/h}} = \frac{(4.17 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 14.65 \text{ m}} = 0.593 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha_{10 \text{ km/h}} = \frac{(2.77 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 11.02 \text{ m}} = 0.348 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha_{5 \text{ km/h}} = \frac{(1.39 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 9.46 \text{ m}} = 0.102 \text{ m/s}^2$$

Tomando en cuenta esto, el valor medio de la deceleración queda:

$$\alpha = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (0.767 + 0.593 + 0.348 + 0.102) = 0.452 \text{ m/s}^2$$

$$e = \frac{0.452 \text{ m/s}^2}{9.81 \text{ m/s}^2} * 100 = 4.6 \%$$

Tomando el valor de construcción, obtenemos

$$\frac{100}{25.89} = \frac{x}{4.6}$$

$$x = \frac{4.6 * 100}{25.89} = 17.76\%$$

Como podemos observar, el valor de la eficiencia del sistema es un 17.76% de la establecida por el fabricante, los valores de la media aritmética de la distancia y tiempo de frenado

se muestran en la

Figura 65.

8.2. Datos de tiempo y distancia luego de la mejora

Tabla 8

Resultados de la mejora

# de prueba	velocidad 5 km/h		velocidad 10 km/h		velocidad 15 km/h		velocidad 20 km/h	
	distancia	tiempo	distancia	tiempo	distancia	tiempo	distancia	tiempo
1	0,385	0,58	1,464	1,13	2,736	1,54	7,244	2,53
2	0,531	0,67	1,538	1,14	4,421	1,97	6,441	2,31
3	0,519	0,68	2,000	1,33	3,627	1,76	5,582	2,18
4	0,473	0,64	1,822	1,26	3,704	1,73	6,397	2,37
5	0,420	0,59	2,025	1,30	4,184	1,86	5,906	2,29
6	0,406	0,60	1,559	1,17	3,269	1,66	6,494	2,44
7	0,423	0,60	2,076	1,35	4,367	1,95	6,482	2,37
8	0,377	0,58	1,931	1,29	4,169	1,90	5,778	2,21
9	0,465	0,62	1,698	1,19	3,591	1,77	6,150	2,26
10	0,536	0,68	1,531	1,12	4,289	1,89	7,551	2,54
11	0,392	0,59	1,255	1,03	4,013	1,88	7,711	2,61
12	0,480	0,65	1,818	1,25	4,115	1,86	5,655	2,24
13	0,389	0,60	1,787	1,25	3,163	1,70	6,906	2,51
14	0,401	0,59	1,507	1,14	3,135	1,65	7,156	2,49
15	0,361	0,55	1,395	1,10	4,237	1,90	7,301	2,46
16	0,433	0,60	1,746	1,21	3,183	1,63	7,704	2,54
17	0,461	0,63	1,559	1,17	4,653	1,99	7,410	2,52
18	0,534	0,66	1,864	1,25	3,979	1,87	6,943	2,46
19	0,405	0,59	1,606	1,19	3,111	1,66	7,156	2,49
20	0,519	0,67	1,531	1,12	3,911	1,89	6,018	2,29
21	0,406	0,57	1,742	1,22	3,910	1,84	7,531	2,51
22	0,482	0,63	1,791	1,22	2,848	1,55	6,905	2,46
23	0,438	0,61	1,495	1,15	3,503	1,72	7,316	2,48
24	0,396	0,58	1,818	1,25	4,012	1,85	5,889	2,24
\bar{x}	0,44	0,61	1,69	1,20	3,76	1,79	6,73	2,41

Fuente: Autores

Para realizar el cálculo de la eficiencia de frenado (8) que tiene el vehículo en base a los datos reales tomados en las pruebas de campo, procedemos a calcular el valor de la deceleración media de los mismos. Para esto utilizamos la ecuación (9)

$$\alpha_{20 \text{ km/h}} = \frac{(5.55 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 6.73 \text{ m}} = 2.28 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha_{15 \text{ km/h}} = \frac{(4.17 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 3.76 \text{ m}} = 2.31 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha_{10 \text{ km/h}} = \frac{(2.77 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 1.69 \text{ m}} = 2.27 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha_{5 \text{ km/h}} = \frac{(1.39 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 * 0.4 \text{ m}} = 2.41 \text{ m/s}^2$$

Tomando en cuenta esto, el valor medio de la deceleración queda:

$$\alpha = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (2.28 + 2.31 + 2.27 + 2.41) = 2.31 \text{ m/s}^2$$

$$e = \frac{2.31 \text{ m/s}^2}{9.81 \text{ m/s}^2} * 100 = 23.54 \%$$

Tomando el valor de construcción, obtenemos

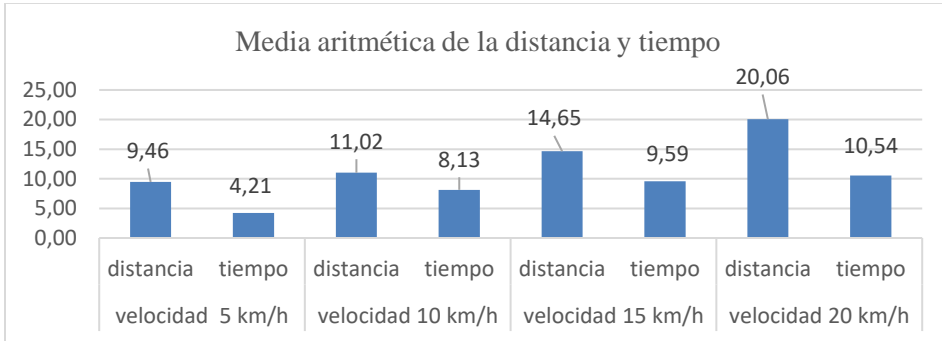
$$\frac{100}{25.89} = \frac{x}{23.54}$$

$$x = \frac{23.54 * 100}{25.89} = 90.9\%$$

La eficiencia actual del vehículo luego de haber realizado la mejora del sistema se sitúa en un 90.9% de la recomendada por el fabricante de la maquinaria.

Figura 65

Resultados antes de la mejora

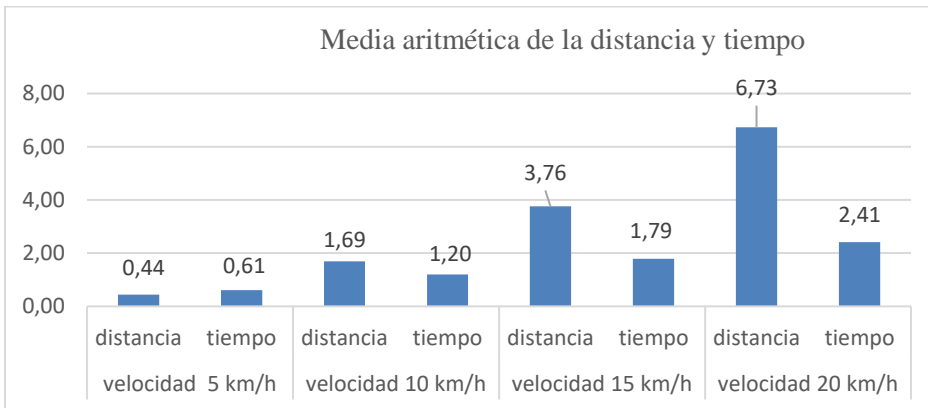


Nota. Se representa en el grafico el valor de la media aritmética de los valores de distancia y tiempo de frenado para los distintos valores de velocidad. Fuente: Autores

Se muestra en la Figura 66 el valor de la media aritmética del tiempo y la distancia de frenado después de realizada la mejora al sistema de frenos.

Figura 66

Resultados después de la mejora



Nota. Se representa en el grafico el valor de la media aritmética de los valores de distancia y tiempo de frenado para los distintos valores de velocidad. Fuente: Autores

9. CONCLUSIONES

A través de la revisión del estado del arte, se logró determinar los conceptos necesarios para el desarrollo del presente proyecto, los mismos fueron usados para calcular los datos necesarios para el progreso de los demás objetivos propuestos al inicio de este documento.

Para conocer la eficacia que presentaba el vehículo tipo tractor antes de la mejora, se realizó la recolección de datos mediante pruebas de carreteras referentes a la distancia y tiempo de frenado en cierto tramo en específico, con ello se logró identificar dichos valores para posteriormente ser comparados con los datos respectivos a la mejora.

Al hacer uso de herramientas modernas se debe tener especial atención tanto en la correcta manipulación, así como en la introducción de los parámetros que intervienen durante la ejecución de las pruebas de carretera, ya que son equipos altamente confiables que nos permiten conocer en tiempo real los resultados de las distancias y tiempos de frenado, por lo que es necesario un entrenamiento en el uso de los instrumentos.

Para los resultados que se obtiene mediante el uso del software sean precisos, se debe tener en cuenta las condiciones que intervienen durante la ejecución, sean semejantes durante la toma de los datos, tanto antes como después de realizada la mejora del sistema, es por ello por lo que se considera realizar un número considerable de pruebas que avalen el máximo nivel de confianza a fin de garantizar la calidad de la información que se obtienen a partir de estas con el mínimo error.

Luego de realizadas las pruebas en carretera, se logró determinar que la mejora del sistema es percibida directamente por el operador de la maquinaria agrícola al momento de movilizar el tractor, demostrado mediante los cálculos y las pruebas antes realizadas, es por esto por lo que se deben realizar los mantenimientos necesarios a fin de alargar la vida útil de la maquinaria y permitir que esta tenga una alta fiabilidad y genere seguridad durante su uso.

10. RECOMENDACIONES

Es necesario seguir el plan de mantenimiento que se ha elaborado para el tractor con el fin de alargar al máximo la vida útil de la maquinaria y evitar un nuevo paro total que a su vez resulta en pérdidas de tiempo y dinero al tener que importar los repuestos para el recambio del sistema de frenado.

Se debe incentivar en mayor medida el uso de sistemas de adquisición de datos DAQ DeweSoft para el análisis de estos con la finalidad de mejorar y optimizar el funcionamiento de los distintos sistemas que está compuesto el automóvil, en nuestro caso en particular el sistema de frenado.

Para la realización de las pruebas de frenado, es muy importante tomar en consideración los aspectos medioambientales ya que pueden provocar alteraciones en los resultados debido principalmente al cambio de la adherencia en terreno húmedo provocando un posible deslizamiento del neumático sobre la calzada, así también como a demás factores como la presión de inflado de los neumáticos y en parte también a la pendiente que pueda tener la carretera designada a las pruebas.

Se recomienda hacer uso con mayor frecuencia del Software DeweSoft, tanto en los talleres de la Universidad Politécnica Salesiana, como también en los talleres autorizados para mantenimientos o concesionarios, con el propósito de dar y garantizar la seguridad a cada uno de los conductores, lo cual mejoraría drásticamente en la reducción de accidentes y por ende las muertes en carretera.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 76/432/CEE. (15 de 01 de 2023). <https://eur-lex.europa.eu>. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:01976L0432-19971030>
- Alvarado Chaves, A. (2004). *Maquinaria y Mecanizacion Agricola*. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Arias-Paz, M. (2000). *Manual de automoviles*. Dossat.
- Arnal Atares, P., & Laguna Blanca, A. (1997). *Tractores y Motores Agrícolas*. Mundi-Prensa.
- Ashburner, J. E., & Sims, B. G. (1984). *Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza*. San Jose, Costa Rica.
- Cabrero Sopena, R., Catalán Morrogón, H., & González Gromberg, S. (2010). Maquinaria. En *Agricultura* (págs. 300-305).
- Díaz. (2008). Frenos en los tractores. En Díaz, *Frenos en los tractores* (pág. 169).
- Garcia Murillo, N. (1987). *Tractores y maquinarias agrícolas*. Costa Rica.
- Garrido. (2018). En Garrido.
- Herrandina, P. (1993). *Mecanizacion Agricola*. Herrandina.
- Hunt, D. (1991). *Maquinaria Agricola*. Mexico: Limusa.
- Karl-Heinz, D. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Reverte.
- Liljedahl, J. B. (1991). *Tractores y sus unidades de potencia*. México : Limusa.
- Massey Ferguson Limited. (1996). *300 Series Tractor Workshop Manual* (Octava ed.). Banner Lane, United Kingdom.
- Molina, F. D. (2010). Motores y máquinas agrícolas. En F. D. Molina, *Motores y máquinas agrícolas*. Almeria.
- Montoya García, S. (2017). *Tesis de grado*.

- Murillo Garcia, N. (1987). *Tractores y Maquinaria Agrícola*. San Jose, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- N., D. (2008). Sistema de transmisión y frenado. En D. N., *Sistema de transmisión y frenado* (pág. 169). Gradomedio: MacMillan.
- Orthwein, W. C. (2004). *Clutches and Brakes: Designs and Selection*. Marcel Dekker, Inc.
- Ortiz Cañavate, J. (2003). *Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación*. Mundi-Prensa.
- Union Europea. (2 de 3 de 2013). REGLAMENTO UE nº 167/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONCEJO de 5 de Febrero del 2013. En A. E. Estado, *Diario Oficial de la Union Europea*. Retrieved 10 de 1 de 2023, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0167&from=IT>

Anexo C. Ficha de diagnóstico del cilindro maestro.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA																
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ																
FICHA DE DIAGNOSTICO ELEMENTOS FRENADO																
D A T O S																
Vehículo Propiedad de:		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA				Fecha:		1-2 Octubre - 2022		Lugar:		PAUTE				
Placas:		NN		Año:		1987		Horas de trabajo:		5000H		No. Chasis:		5006		
Marca:		MASSEY FERGUSO		Color:		ROJO		Combustible:		Diésel		No. Motor:		R07440		
Modelo:		375 2		Clase:		AGRICOLAS										
REVISIÓN POR ELEMENTOS																
DESCRIPCIÓN	ESTADO			PUNTOS		Observaciones	OBSERVACIONES									
	B	R	M	Max.	Real											
CILINDRO MAESTRO				100	31		OBSERVACIONES									
Bomba izquierda		X		10	4	Mal funcionamiento										
Émbolo	X			10	6											
Retenedor			X	10	1	Fuga										
Muelle		X		5	3											
Varilla de empuje	X			5	3											
Cubre polvo			X	5	1	Roto										
Bomba derecha			X	10	1	No funciona										
Émbolo		X		10	4											
Retenedor			X	10	1	Roto										
Muelle			X	5	2	Sin fuerza de empuje										
Varilla de empuje			X	5	2	Roscas dañadas										
Cubre polvo			X	5	1	Roto										
Depósito líquido freno			X	5	1	No contiene, Fuga.										
Líquido de frenos			X	5	1	No tiene										
TOTAL				31												
ESTADO GENERAL																
BUENO		REGULAR		MALO		X										
90-100%		60 - 89 %		< 59 %												
				31												

Anexo E. Ficha de diagnóstico de los actuadores.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA																
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ																
FICHA DE DIAGNOSTICO ELEMENTOS FRENADO																
D A T O S																
Vehículo Propiedad de:		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA				Fecha:		1-2 Octubre - 2022		Lugar:		PAUTE				
Placas:		NN		Año:		1987		Horas de trabajo:		5000H		No. Chasis:		5006		
Marca:		MASSEY FERGUSO		Color:		ROJO		Combustible:		Diésel		No. Motor:		R07440		
Modelo:		375 2		Clase:		AGRICOLAS										
REVISIÓN POR ELEMENTOS																
DESCRIPCIÓN	ESTADO			PUNTOS		Observaciones	OBSERVACIONES									
	B	R	M	Max.	Real											
Actuadores				100	65		OBSERVACIONES									
Actuador izquierdo		X		10	6											
Resorte de retorno		X		5	4											
Purgador		X		5	4											
Retenedor			X	5	1	Rotos										
Cilindro esclavo hidráulico		X		5	4											
Varilla de operación	X			5	5											
Tuerca de bloqueo		X		5	4											
Sellos de caucho			X	5	1	Cambiar										
Actuador derecho		X		10	7											
Resorte de retorno		X		5	4											
Purgador		X		5	4											
Retenedor			X	5	1	Rotos										
Cilindro esclavo hidráulico		X		5	4											
Varilla de operación	X			5	4											
Tuerca de bloqueo		X		5	3											
Sellos de caucho			X	5	1	Cambiar										
Émbolos (4, 2 por lado)		X		10	8	Retenedores										
TOTAL				65												
ESTADO GENERAL																
BUENO		REGULAR		MALO												
90-100%		60 - 89 %		< 59 %												
		63														

Anexo F. Ficha de diagnóstico del freno de estacionamiento

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA																								
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ																								
FICHA DE DIAGNOSTICO ELEMENTOS FRENADO																								
D A T O S																								
Vehículo Propiedad de:		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA				Fecha:		1-2 Octubre - 2022		Lugar:		PAUTE												
Placas:		NN		Año:		1987		Horas de trabajo:		5000H		No. Chasis:		5006										
Marca:		MASSEY FERGUSO		Color:		ROJO		Combustible:		Diésel		No. Motor:		R07440										
Modelo:		375 2		Clase:		AGRICOLAS																		
REVISIÓN POR ELEMENTOS																								
DESCRIPCIÓN	ESTADO			PUNTOS		Observaciones	OBSERVACIONES																	
	B	R	M	Max.	Real																			
Freno de servicio			X	100	30		<p style="text-align: center;">Mantenimiento en la palanca y pasadores.</p> <p style="text-align: center;">Cambio total del sistema.</p>																	
Cable izquierdo			X	10	1	Rotos																		
Guarda polvos			X	10	1	No tiene																		
Retenedor		X		5	4																			
Tuercas calibración			X	5	1	No tiene																		
Dispositivo de anclaje		X		5	3	Incompleto																		
Calibrador			X	10	1	No tiene																		
Cable derecho			X	10	1	No tiene																		
Guarda polvos			X	10	1	No tiene																		
Retenedor		X		5	3																			
Tuercas calibración			X	5	2	No tiene																		
Dispositivo de anclaje			X	5	1	No tiene																		
Calibrador			X	10	3	No tiene																		
Palanca	X			10	8																			
TOTAL				30																				
ESTADO GENERAL																								
BUENO		REGULAR		MALO		X																		
90-100%		60 - 89 %		< 59 %																				
				30																				

