

**Universidad Internacional del Ecuador**

**Escuela de Ingeniería Automotriz**



**Tema:**

**Evaluación de la Falla del Distribuidor Hidráulico de la Transmisión ZF  
ECOMAT 4 en la Flota de Buses del Consorcio METROQUIL**

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica  
Automotriz**

**Andrés Alejandro López Mizhquero**

**Director:**

**Ing. Fernando Gómez Berrezueta, Msc.**

**Guayaquil-Ecuador**

**Diciembre, 2021**

**Universidad Internacional del Ecuador****Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado****Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.****CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Evaluación de la Falla del Distribuidor Hidráulico de la Transmisión ZF ECOMAT 4 en la Flota de Buses del Consorcio METROQUIL”, realizado por el estudiante: Andrés Alejandro López Mizhquero, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por La Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza al señor Andrés Alejandro López Mizhquero, que lo entregue a biblioteca de la ESCUELA, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, diciembre 2021

---

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

**Universidad Internacional del Ecuador****Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado y Acuerdo de Confidencialidad**

Yo, Andrés Alejandro López Mizhquero, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Andrés Alejandro López Mizhquero

C.I: 0955741277

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres , Luis Alfonso López Tapia y Zoila Transito Mizhquero Cárdenas, por siempre darme su apoyo incondicional, mis pilares, quienes han estado ahí para mi cuando más lo he necesitado, gracias por creer en mi por hacerme saber que en todo este camino no estuve solo , gracias mi esposa Dennisse Calero por siempre estar pendiente de lo que necesito, por las desveladas ayudándome a estudiar, por impulsarme a ser mejor y sentirse orgullosa de mí, a mi hija Mía Alejandra López Calero que me impulsa a ser mejor cada día, gracias por ser la alegría de mi vida, y así podría seguir enumerando a cada persona estuvo conmigo en cada paso, gracias por acompañarme en este largo camino que no ha sido fácil pero lo logre y por estar en todo este trayecto para culminar mi carrera universitaria.

## **Agradecimiento**

Para poder realizar esta tesis de la mejor manera posible fue necesario del apoyo de muchas personas a las cuales quiero agradecer , en primer lugar a mis padres Luis López y Zoila Mizhquero quienes han sido un apoyo moral y económico para lograr este fin, a mi Asesor de tesis por guiarme y brindarme su apoyo, a mi tío Manuel Mizhquero que es una de las personas que más admiro por su inteligencia y a quien agradezco por haber compartido sus conocimientos conmigo para este proyecto convirtiéndose en parte fundamental para esta tesis, a mi hermana por guiarme y corregirme en el proceso de estructuración de la tesis para llevar a cabo la culminación de mi proyecto.

## Índice de Contenido

Certificado .....	ii
Certificado y Acuerdo de Confidencialidad .....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de Contenido .....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de tablas.....	xv
Resumen.....	1
Abstract.....	3
<b>1 Antecedentes.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Definición del Problema .....</b>	<b>5</b>
1.1.1 Objetivo General.....	6
1.1.2 Objetivos Específicos .....	6
1.2 Alcance .....	6
<b>1.3 Justificación e Importancia de la Investigación .....</b>	<b>6</b>
1.3.1 Justificación Teórica.....	6
1.3.2 Justificación Metodológica.....	7
1.3.3 Justificación Práctica.....	7
1.4 Marco Metodológico .....	7
1.4.1 Método de Investigación.....	7
1.5 Ubicación Geográfica.....	8
1.6 Hipótesis.....	8
1.6.1 Variables de Hipótesis .....	8
<b>2 Marco Conceptual de la Investigación.....</b>	<b>9</b>
2.1 Historia de la Marca ZF .....	9
2.2 La Empresa ZF.....	11

2.2.1	Valores .....	11
2.3	Productos que Fabrican.....	11
2.3.1	Automóviles y Vehículos Ligeros.....	11
2.3.2	Camiones y Colectivos .....	12
2.3.3	Máquinas de Trabajo .....	12
2.3.4	Sistema de Propulsión Marina.....	13
2.3.5	Vehículos Sobre Rieles.....	13
2.4	Funcionamiento de la Caja Automática.....	13
2.5	Modelos de Cajas Automáticas ZF .....	14
2.6	ZF Ecomat.....	15
2.6.1	Aplicación .....	15
2.6.2	Mantenimiento .....	16
2.7	ZF Ecomat 2.....	16
2.8	ZF Ecomat 4.....	16
2.9	Clasificación de Componentes .....	17
2.9.1	Convertidor de Par .....	17
2.9.2	Cuerpo de Válvula .....	19
2.9.3	Embragues de Discos .....	20
2.9.4	Embrague de Puenteo.....	20
2.9.5	Retardador.....	21
2.10	Sistema Hidráulico .....	24
2.10.1	Mando Hidráulico.....	25
2.10.2	Mando Electro – Hidráulico .....	25
2.11	Test de Verificaciones de Presiones .....	26
2.11.1	Plano Hidráulico 1 .....	27
2.11.2	Plano Hidráulico 2 – Conectado .....	29
2.12	Funcionamiento de los Cambios .....	30

<b>3</b>	<b>Evaluación de los Componentes de la Transmisión ZF ECOMAT 4 de la Flota de Buses del Consorcio Metroquil.....</b>	<b>34</b>
3.1	Enfoque .....	34
3.2	Modalidad Básica de la Investigación .....	34
3.2.1	De Campo .....	34
3.2.2	Bibliográfico .....	34
3.3	Recolección de la Información .....	34
3.4	Universo, Población y Muestra .....	35
3.5	Encuesta .....	35
3.6	Tabulación .....	35
3.7	Encuestas Realizadas a Choferes de la Metroquil .....	36
3.8	Análisis General de las Encuestas Realizadas .....	41
3.9	Antecedentes del Problema .....	42
3.10	Reclamación Frecuente del Mecánico Experimentado o Usuarios.....	42
3.10.1	Síntomas que Emite la Maquinaria.....	42
3.11	Inspecciones Técnicas Realizadas por Problemas Reportados.....	43
3.11.1	Proceso de Diagnostico .....	43
3.11.2	Desmontaje del Convertidor de Par W360.....	44
3.11.3	Caja de Cambio Desmontada .....	45
3.11.4	Desmontaje de la Tapa de Cierre de la Caja.....	46
3.11.5	Desmontaje del Cártter de Aceite .....	46
3.11.6	Desmontaje de Cuerpo de Válvula Unidas de Control Hidráulico .....	47
3.11.7	Despiece de Componente de la Unidad de Control.....	48
3.11.8	Desmontaje de la Tapa Trasera de la Caja de Cambios Automático .....	49
3.11.9	Desmontaje de la Unidad de Control (Distribuidor de Aceite y Carcasa del Embrague A y B) .....	52
3.11.10	Carcasa de Embrague A Y B .....	53

<b>4</b>	<b>Análisis de Fallas, Causa de los Componente Afectado y Posible Soluciones.....</b>	<b>55</b>
4.1	Antecedente.....	55
4.2	Observaciones de los Componentes Afectados .....	55
4.2.1	Funcionamiento del Sistema del Retardador de la Caja de Cambio Automática .....	55
4.2.2	Componente Desgastado al Momento del Desarme de la Caja de Cambio .....	56
4.3	Pruebas de Presiones y Mediciones .....	57
4.3.1	Medición del Asentamiento .....	57
4.3.2	Prueba de Presión de los Émbolos en el Embrague A/B .....	57
4.4	Revisión de la Carcasa del Embrague A/B Verificación .....	59
4.4.1	Mediciones con Láminas de Calibraciones.....	60
4.5	Disco de Embrague Degastado B .....	61
4.6	Verificación de Discos de la Caja Automática ZF.....	62
4.7	Resultado de los Análisis de la Falla de la Transmisión de los Componentes Afectados .....	63
4.8	Costo de Componente Afectados .....	64
4.9	Propuestas.....	65
4.9.1	Primera Propuesta:.....	65
4.9.2	Segunda Propuesta.....	65
4.10	Diseño del Disco de Embrague que se va Instalar.....	67
4.11	Montajes de los Discos .....	68
4.12	Medición de Holgura.....	69
4.13	Prueba de Presión .....	69
4.14	Reparación o Solución sobre el Asentamiento del Plato del Retardador .....	69
4.15	Armado del Distribuidor Hidráulico o Unidad Control.....	70
4.16	Proceso Final y Operativo .....	71
<b>5</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>73</b>

<b>5.1</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>73</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>74</b>
<b>5.3</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>75</b>
<b>5.4</b>	<b>Anexo 1.....</b>	<b>77</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Ubicación de la Empresa.....	8
<b>Figura 2</b> Caja de Cambio Automática.....	14
<b>Figura 3</b> ZF ECOMAT .....	15
<b>Figura 4</b> Convertidor de Par.....	18
<b>Figura 5</b> Cajas de Válvulas .....	19
<b>Figura 6</b> Embragues de Discos .....	20
<b>Figura 7</b> Retardador .....	21
<b>Figura 8</b> Funcionamiento del Retardador .....	22
<b>Figura 9</b> Diagrama de Operación del Retardador .....	23
<b>Figura 10</b> Control de la Temperatura.....	24
<b>Figura 11</b> Circuito Hidráulico de la Caja Cambio .....	24
<b>Figura 12</b> Mando Hidráulico.....	25
<b>Figura 13</b> Mando Electro- Hidráulico.....	26
<b>Figura 14</b> Test de Verificaciones de Presiones .....	26
<b>Figura 15</b> Plano Hidráulico 1 .....	28
<b>Figura 16</b> Plano Hidráulico 2.....	30
<b>Figura 17</b> 1ª Marcha.....	31
<b>Figura 18</b> 2ª Marcha.....	31
<b>Figura 19</b> 3ª Marcha.....	32
<b>Figura 20</b> 4ª Marcha.....	32
<b>Figura 21</b> 5ª Marcha.....	33
<b>Figura 22</b> Marcha Atrás .....	33
<b>Figura 23:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 1 a Choferes de la Metroquil .....	36
<b>Figura 24:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 2 a Choferes de la Metroquil .....	36

<b>Figura 25:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 3 a Choferes de la Metroquil .....	37
<b>Figura 26:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 4 a Choferes de la Metroquil .....	38
<b>Figura 27:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 5 a Choferes de la Metroquil .....	38
<b>Figura 28:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 6 a Choferes de la Metroquil .....	39
<b>Figura 29:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 1 a Mecánicos Experimentados.....	39
<b>Figura 30:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 2 a Mecánicos Experimentados .....	40
<b>Figura 31:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 3 a Mecánicos Experimentados.....	40
<b>Figura 32:</b> Resultados de la Encuesta, Pregunta 4 a Mecánicos Experimentados.....	41
<b>Figura 33</b> Esquema del Convertidor de Par .....	44
<b>Figura 34</b> Convertidor de Par.....	45
<b>Figura 35</b> Desarmado del Convertidor de Par .....	45
<b>Figura 36</b> Caja de Cambio Automática ZF .....	46
<b>Figura 37</b> Tapa Delantera de la Caja Automática ZF .....	46
<b>Figura 38</b> Carter de Aceite de la Caja de Cambio Automática ZF.....	47
<b>Figura 39</b> Despiece del Control Hidráulico de la Caja de Cambios .....	47
<b>Figura 40</b> Bloque de Válvulas de Control .....	48
<b>Figura 41</b> ZDR Solenoide de la Válvula Moduladora .....	48
<b>Figura 42</b> Despiece de los Bloques.....	49
<b>Figura 43</b> Bloques del Mando Electro Hidráulico .....	49
<b>Figura 44</b> Tapa Trasera de la Caja Cambio Automático .....	49
<b>Figura 45</b> Desarme de la Caja de Engranajes Planetarios, Freno F y G.....	50
<b>Figura 46</b> Desarmado de Engranajes Planetarios 3/4 .....	50
<b>Figura 47</b> Paquete de Disco de Embragues E y F.....	51
<b>Figura 48</b> Paquete de Disco de Embrague E.....	51
<b>Figura 49</b> Árbol Principal .....	51

<b>Figura 50</b> Desarme del Árbol Principal .....	52
<b>Figura 51</b> Desmontaje del Distribuidor Hidráulico .....	52
<b>Figura 52</b> Separación del Conjunto del Distribuidor Hidráulico .....	53
<b>Figura 53</b> Conjunto del Distribuidor de Aceite .....	53
<b>Figura 54</b> Rotor del Retardador .....	53
<b>Figura 55</b> Plato del Retardador .....	54
<b>Figura 56</b> Diagrama de Operación del Retardador .....	56
<b>Figura 57</b> Plato del Retardador de la Caja .....	57
<b>Figura 58</b> Medición del Asentamiento del Plato Retardador.....	57
<b>Figura 59</b> Herramienta de Prueba de Presión .....	58
<b>Figura 60</b> Prueba de Presión .....	58
<b>Figura 61</b> Carcasa del Embrague .....	59
<b>Figura 62</b> Conjunto de Disco de Embrague.....	59
<b>Figura 63</b> Medición de la Galga de Pie de Rey .....	60
<b>Figura 64</b> Carcasa de Embrague .....	60
<b>Figura 65</b> Medición de Holgura de los Paquetes de Disco B .....	60
<b>Figura 66</b> Disco de Embrague B Desgastado .....	61
<b>Figura 67</b> Borde Desgastado de la Carcasa del Porta Embrague.....	67
<b>Figura 68</b> Embrague 2.1 mm Espesor.....	67
<b>Figura 69</b> Montaje de Discos de Embrague.....	67
<b>Figura 70</b> Disco de Embrague de Acero 2.1 mm.....	68
<b>Figura 71</b> Carcasa del Porta Embrague.....	68
<b>Figura 72</b> Instalación del Disco de 2.1mm de Espesor.....	68
<b>Figura 73</b> Medición de Holgura.....	69
<b>Figura 74</b> Prueba de Presión .....	69

<b>Figura 75</b> Diseño Técnico de la Carcasa de Porta Embrague.....	70
<b>Figura 76</b> Conjunto Completo del Distribuidor Hidráulico o Unidad de Control .....	70
<b>Figura 77</b> Verificación de Código de Falla.....	71
<b>Figura 78</b> Bus del Consorcio Metroquil # 101, Unidad Operativa - Prueba de Ruta .....	71

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Novedades y Ventajas de la Caja de Cambio ZF Ecomat 2 .....	16
<b>Tabla 2</b> Modelos de la Caja de Cambio ZF Ecomat 4 .....	17
<b>Tabla 3</b> Búsqueda de Averías HP 500/HP 590/HP 600 .....	43
<b>Tabla 4</b> Búsqueda de Averías HP 500/HP 590/HP 600 .....	44
<b>Tabla 5</b> Componentes del Bloque de Válvulas de Control .....	48
<b>Tabla 6</b> Número de Disco .....	61
<b>Tabla 7</b> Tolerancias de Desgaste.....	62
<b>Tabla 8</b> Lista de Costos.....	64

## Resumen

El presente proyecto de investigación que se lleva a cabo por el problema constante que se origina en el distribuidor hidráulico en la Caja de Cambio Automático ZF Ecomat 4, que genera inconsistencias en el funcionamiento normal de los buses, causando pérdidas monetarias y mala reputación a la marca. Por esta razón, el tema propuesto es; Evaluación de la falla del Distribuidor Hidráulico de la Transmisión ZF ECOMAT 4 de la flota de buses del Consorcio Metroquil.

Se recopila la información a través del uso de herramientas estadísticas, que nos permiten un mayor margen de información sobre la falla que se evidencia en la transmisión automática ZF Ecomat 4. El objetivo principal de la investigación es evaluar y determinar por medio de un proceso ordenado y lógico mediante métodos técnicos y científicos, la posible solución a la falla recurrente que presentan estas transmisiones.

Se realiza los procesos de desarme siguiendo las respectivas instrucciones del manual de reparaciones de ZF para encontrar una respuesta inmediata a los problemas suscitados en las unidades de la Metrovía donde se procede a realizar pruebas de presiones y mediciones, cuyo resultado indicó una baja presión causado por el distribuidor hidráulico donde se asienta el plato retardador de la caja automática, pudiendo también evidenciar un desgaste interno de la carcasa del portaembrague. Debido a los inconvenientes de importación de la pieza y el costo se tuvo que buscar una solución rápida y factible, la cual fue implantar un disco de embrague en la sección afectada para poder rellenar el desgaste excesivo del área y rellenar con aluminio donde asienta el plato retardador siguiendo las indicaciones de fábrica. Se arma todo el componente y la transmisión completa en sí en su totalidad. A continuación, se conecta la computadora para verificar los códigos y presenciar el estado y las funciones de la caja de automática dando un resultado positivo a este proyecto.

El proyecto nos permite poner en práctica los conocimientos adquiridos en la profesión de ingeniería automotriz para brindar sugerencias de solución a través del diagnóstico obtenido, con esta solución los gerentes de marca y representantes en Ecuador pueden tomar la mejor decisión para la solución con el afán de mantener la operatividad, mejorar la productividad y competitividad de su flota de buses. Tras el correspondiente análisis e interpretación de los resultados de la investigación, este informe plantea una serie de conclusiones y sugerencias con bases técnicas al momento de hacer pruebas y mediciones encaminadas a dar solución a los problemas que suceden en las transmisiones automáticas ZF ECOMAT 4.

**Palabras claves:** Caja Automática ZF, Fallas mecánicas, Distribuidor hidráulico, Consorcio Metroquil, Diagnóstico.

## **Abstract**

The present research project is carried out due to the constant problem that originates in the hydraulic distributor from the ZF Ecomat 4 Automatic Gearbox, which generates inconsistencies in the normal operation of the buses, causing monetary losses and bad reputation to the brand. For this reason, the proposed topic is the evaluation of the failure in the ZF ECOMAT 4 Transmission Hydraulic Distributor in the Metroquil Consortium bus fleet.

Information was collected through the use of statistical tools, which allowed a greater margin of information on the failure that is evidenced in the ZF Ecomat 4 automatic transmission. The main objective of the investigation is to evaluate and determine through an orderly and logical process and using technical and scientific methods, the possible solution to the recurrent failure that these transmissions present.

The disassembling processes were carried out following the respective instructions in the ZF repair manual to find an immediate response to the problems raised in the Metrovia units where pressure tests and measurements were performed, whose results indicated low pressure in the hydraulic distributor where the defying plate of the automatic transmission sits and also showing internal wear of the clutch carrier casing. Due to the inconvenience created by import and cost, a quick and feasible solution had to be found, which was to implant a clutch disc in the affected section to be able to fill the excessive wear of the area and fill with aluminum where the retarder plate sits following factory directions. The entire component and the complete transmission itself were assembled in its entirety. Next, the computer was connected to verify the codes and witness the status and functions of the automatic box, giving a positive result to this project.

The project allowed putting into practice the knowledge acquired in the automotive engineering profession to provide solution suggestions through the diagnosis obtained, with this solution brand managers and representatives in Ecuador can make the best decision, aiming

on maintaining operability, improving the productivity and competitiveness of its fleet of buses. After the corresponding analysis and interpretation of the research results, this report raises a series of conclusions and suggestions with technical bases when making tests and measurements aimed at solving the problems that occur in ZF ECOMAT 4 automatic transmissions.

**Key words:** ZF automatic gearbox, Mechanical failures, Hydraulic distributor, Metroquil Consortium, Diagnosis

## Capítulo I

### 1 Antecedentes

#### 1.1 Definición del Problema

Consortio Metroquil es una empresa de derecho público con el objetivo de impulsar permanentemente, así como administrar y regular en forma coordinada el Sistema Integrado de Transporte Urbano Masivo de Guayaquil “ Sistema METROVIA” conformado por las rutas, terminales, paradas, infraestructura y equipos incorporados al referido Sistema buscando eficiencia, calidad y mejoramiento continuo del servicio, es por ello que es necesario mantener una flota operativa al 100% porque de ella depende el funcionamiento de la empresa, los ingresos que este genera y brindar un excelente servicio a los usuarios (Metrovía, s.f.).

El Consorcio Metroquil cuenta con un aproximado de 85 buses Scania, que se encuentra dividida en 40 buses con transmisión automática ZF Ecomat 2, 25 buses con transmisión automática de nueva generación Ecolife y 20 buses con transmisión ZF Ecomat 4, siendo estos buses; que durante un periodo de un año comenzaron a presentar síntomas de alta temperatura y resbalamiento de la caja provocando una parálisis en las unidades (Metrovía, s.f.).

Debido a este problema repetitivo que presentan estas transmisiones automáticas ZF Ecomat 4 de la flota de buses del Consorcio Metroquil se da inicio a un estudio de investigación técnica con el fin de detectar la causa que lo origina para así encontrar una factible solución y a su vez una posible mejora que ayude a mantener la operatividad de estos buses, dando paso al tema de “Evaluación de la falla del Distribuidor Hidráulico de la Transmisión ZF ECOMAT 4 de la flota de buses del Consorcio Metroquil”.

## **1.1 Objetivos de la Investigación**

### **1.1.1 Objetivo General**

Evaluar la Falla del Distribuidor Hidráulico de la Transmisión ZF Ecomat 4 de la Flota de Buses del Consorcio Metroquil.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los parámetros de funcionamiento por medio del programa Tesmat Pro.
- Realizar pruebas de evaluación de los componentes de la transmisión ZF Ecomat 4.
- Proponer una posible solución técnica a la avería del distribuidor hidráulico de la transmisión ZF Ecomat 4.

## **1.2 Alcance**

El alcance de este proyecto de investigación técnica sobre la falla que se origina en el distribuidor hidráulico de la transmisión ZF Ecomat 4, es determinar y demostrar con bases técnicas y metodológicas los problemas mecánicos que se producen en la flota de buses del Consorcio Metroquil.

## **1.3 Justificación e Importancia de la Investigación**

Definidos los objetivos de la investigación, se responde a la pregunta de por qué se investiga esta interrogante. Se puede dar una respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

### **1.3.1 Justificación Teórica**

Debido a la gran demanda de usuarios de la Metrovía, es necesario que el Consorcio Metroquil garantice la operatividad y el buen manejo de sus buses articulados para brindar un buen funcionamiento, así de esta manera optimizar su servicio a los usuarios. Este trabajo se realiza con el propósito de proveer una posible solución a la falla que se genera en los buses con transmisión automática ZF Ecomat 4, por lo que su fundamentación teórica se basa en la exploración de temas relacionados con las transmisiones automáticas, apoyándose de teorías

existentes que puedan emplearse en el desarrollo del estudio técnico, con la finalidad de tomar medidas que ayuden a prevenir la incidencia de la falla y las acciones correctivas que se llevan a cabo durante todo el año.

### ***1.3.2 Justificación Metodológica***

Para la realización y aplicación del proceso de investigación previamente mencionado, se va a llevar a cabo indagaciones teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios, por medio de un proceso ordenado y lógico mediante métodos técnicos y científicos, acerca de la falla recurrente que se presentan en estas transmisiones automáticas ZF Ecomat 4 de la flota de buses del Consorcio Metroquil. Además, nos permitirá no solo encontrar una solución a mediano y largo plazo, sino proyectar excelentes estrategias para un correcto funcionamiento de su flota de buses.

### ***1.3.3 Justificación Práctica***

Mediante la elaboración del respectivo estudio técnico se va a lograr a conocer la utilidad que tiene la resolución del problema presente, generando beneficios a ambas partes tanto al Consorcio Metroquil como a los usuarios que utilizan este servicio para movilizarse a diario de un punto a otro, ya que de esta manera se elimina el tiempo de parada de los buses en el terminal y al mismo tiempo se alcanza una mayor productividad e impulso al desarrollo del Sistema Integrado de Transporte Urbano Masivo de Guayaquil.

## **1.4 Marco Metodológico**

### ***1.4.1 Método de Investigación***

Se inicia con la recolección y análisis del estado de arte del caso de estudio, seleccionando fuentes confiables, tales como, revistas científicas, libros, documentales y sitios web con información relevante, concisa y segura. Se aplicó un método inductivo-deductivo, un método explicativo y un método experimental que nos permitió obtener valores teóricos, leyes y principios que la investigación presentada necesita para determinar la falla recurrente

que sucede en la caja de cambio automático ZF Ecomat 4 de la flota de buses del Consorcio Metroquil. Para así demostrar y elaborar una posible solución de forma correcta y comprobada, para su validez acorde a los fines pertinentes.

## 1.5 Ubicación Geográfica

El presente trabajo se desarrolla en la empresa consorcio Metroquil - Laboratorio de caja automática ZF.

### Figura 1

*Ubicación de la Empresa*



Fuente: Adaptado de Estación Metroquil Guasmo Sur, de Google Maps, s.f. (<https://goo.gl/maps/b9aanCrtwhPvsw4B6>).

## 1.6 Hipótesis

Es viable la propuesta de ‘Evaluación de la falla del Distribuidor Hidráulico de la Transmisión ZF Ecomat 4 de la flota de buses del Consorcio Metroquil, para diagnosticar y obtener la posible solución a la falla recurrente que se presenta en estas transmisiones automáticas’.

### 1.6.1 Variables de Hipótesis

- **Variables Independientes.**

Determinación de la falla recurrente que ocurre distribuidor hidráulico de la transmisión ZF Ecomat 4 de la flota de buses del Consorcio Metroquil.

- **Variables Dependientes.**

Flota de buses y Falla de la transmisión ZF Ecomat 4

## Capítulo II

### 2 Marco Conceptual de la Investigación

#### 2.1 Historia de la Marca ZF

El conde Soden un día reveló que el ingeniero suizo Max Maag había logrado fabricar engranajes matemáticamente precisos que podrían reducir potencialmente el ruido de la transmisión y aumentar la seguridad. El 20 de agosto de 1915, durante la fundación de ZF obtuvieron la licencia exclusiva para la distribución de engranajes y transmisiones que les permitió incursionar en la tecnología de producción más avanzada para engranajes dentados rectos y helicoidales. Con esto, ZF tenía una importante propuesta de venta única y en prospectiva resultaría rentable. En 1921 fue posible fabricar engranajes que eran silenciosos, pero poco después de ser instalados en una transmisión se volvieron imprecisos, por lo que se perdió la ventaja del silencio. A partir de 1925, los ingenieros de ZF aplicaron un nuevo enfoque en la fabricación de transmisiones silenciosas instalando engranajes de dientes helicoidales y continuó hasta junio de 1929. La 2da, 3ra y 4ta velocidad de la G25 o "transmisión de engranajes de bajo ruido "La unidad se diseñó con engranajes helicoidales, mientras que los engranajes 1º y retroceso todavía poseían el engranaje recto tradicional. En 1958 surgió la primera transmisión de automóvil de pasajeros completamente automatizada de ZF. Sin embargo, una transmisión con una relación de transmisión tan desigual era menos impráctica para el tráfico urbano y, en particular, para los motores de menor rendimiento por lo que primeras transmisiones automáticas de turismos ZF salieron de la línea de montaje en 1965. Después en 1980 la transmisión Ecosplit para camiones pesados demostró ser uno de los productos más duraderos de la cartera de ZF (ZF, s.f.).

ZF entró en un territorio tecnológico con el primer camión de transmisión completamente automatizado. La unidad de control electrónico aseguró por primera vez que, independientemente del conductor, siempre se utilizara la marcha óptima para cada situación

operativa. En 2006, ZF presentó la nueva transmisión de autobús EcoLife, que representaba un mayor desarrollo de la exitosa transmisión Ecosplit. La transmisión automática de 6 velocidades poseía un sistema de enfriamiento de dos partes: se separaron los intercambiadores de calor de la transmisión y del retardador, lo que permitió no solo una temperatura del aceite más baja durante el funcionamiento normal, sino que también permitió un aumento en el rendimiento del freno del retardador en hasta 40 por ciento. Con la segunda generación, ZF logró refutar las afirmaciones de que las transmisiones automáticas con convertidores de par hidrodinámicos consumían más combustible y eran menos dinámicas. Ya en 2007, ZF había presentado una transmisión automática de 8 velocidades que incluye una versión híbrida que presentaba un ahorro de combustible del 6% en comparación con la unidad de 6 velocidades. El rápido lanzamiento en el mercado del 8HP no se vio influenciado. Sin embargo, dado que los fabricantes necesitaban la nueva generación de transmisiones para optimizar el consumo de combustible en sus vehículos. Desde entonces, la transmisión automática de turismos de 8 CV ha prosperado hasta convertirse en uno de los productos de mayor éxito en la historia de ZF. Para poder ofrecer un producto apropiado aquí también, los ingenieros trabajaron en la primera transmisión automática de 9 velocidades del mundo. Estaba pensado para una instalación frontal transversal y, por tanto, a diferencia de la gama de modelos de 8 CV, también era adecuado para vehículos compactos.

Después de que comenzara la producción de la transmisión de doble embrague ZF 7DT en 2008, ZF continuó el desarrollo de la unidad hasta que se convirtió en la primera transmisión manual de 7 velocidades del mundo en 2012. Usar la base tecnológica 7DT supuso un desafío técnico: las marchas para las velocidades fueron no en la secuencia convencional en ambos ejes de entrada de la transmisión (ZF, s.f.).

## 2.2 La Empresa ZF

Es líder mundial en tecnología de transmisión y chasis, es decir, es uno de los mayores proveedores de la industria automotriz a nivel mundial con tecnología de seguridad activa y pasiva. Dispone con una plantilla mundial de 146.000 trabajadores de aproximadamente 230 instalaciones en unos 40 países. En 2017 alcanzó unas ventas de 36.200 millones de euros. La empresa permite que los vehículos vean, piensen y actúen. Busca invertir anualmente más del 6% de sus ventas en investigación y desarrollo; principalmente en el desarrollo de transmisiones eléctricas y eficientes, así como en intentar lograr un mundo sin accidentes. Con su amplia cartera de productos promueve la movilidad y los servicios en automóviles, camiones y sectores de tecnología industrial (TRW, s.f.).

### 2.2.1 Valores

- **Innovación:** un equipo innovador, dinámico y centrado plenamente en nuestros servicios y actualizaciones. Creando soluciones sencillas y diseños de productos que sean fáciles y seguros.
- **Ritmo y Digitalización:** La rapidez con que cambian y se digitalizan las ventas de nuestros productos y servicios, brindaran un potencial crecimiento de una gran cantidad de áreas.
- **Colaboración Fiable:** El profundo conocimiento de sus necesidades nos sitúa en la posición perfecta para crear las piezas, los kits de instalación, los servicios y la tecnología adecuados.

## 2.3 Productos que Fabrican

### 2.3.1 Automóviles y Vehículos Ligeros

ZF Aftermarket suministra un portafolio de tecnología de transmisión y chasis para automóviles y vehículos comerciales livianos, para cubrir todas necesidades requeridas.

- Transmisiones

- Embragues
- Amortiguadores
- Componentes de dirección y chasis
- Sistema de dirección
- Frenos
- Aceite y kits de cambio de aceite
- Deporte motorizado

### **2.3.2 *Camiones y Colectivos***

ZF Aftermarket ofrece soluciones de accionamiento de su vehículo pesado: ya sean unidades nuevas o reacondicionadas, embragues, componentes, repuestos genuinos para transmisiones o kits de reparación.

- Transmisiones
- Sistema de dirección
- Ejes
- Embragues
- Amortiguadores
- Componentes de dirección y chasis
- Frenos
- Aceites
- ZF Testman

### **2.3.3 *Máquinas de Trabajo***

ZF Aftermarket ofrece una extensa gama de soluciones de accionamiento y productos para maquinaria agrícola y de construcción, así como para el manejo de materiales. Incluye sistemas de ejes, junto con embragues y amortiguadores.

### **2.3.4 Sistema de Propulsión Marina**

ZF Aftermarket ofrece soluciones y productos relacionadas con la tecnología marina, especialmente sistemas de propulsión y transmisiones marinas. Así como repuestos para embarcaciones, mantenimiento y reparación de su barco.

### **2.3.5 Vehículos Sobre Rieles**

ZF Aftermarket suministra servicios, tales como: revisión preventiva, mantenimiento, reparación, así como conversión y reequipamiento de tecnología de transmisión y chasis en vehículos sobre rieles, con calidad de equipo original. Independientemente de tecnología de transmisión o de chasis o amortiguadores para ferrocarriles.

## **2.4 Funcionamiento de la Caja Automática**

El movimiento producido por el motor se transmite en la caja por medio del convertidor de par, y está formado, fundamentalmente por dos turbinas localizadas en un compartimiento hermético lleno ATF, que es el medio que transmite la potencia. Las distintas relaciones están a cargo de un cuerpo de válvulas, que regula y distribuye la presión a los distintos embragues y frenos para el cambio automático de marcha. El convertidor de par, al momento del arranque reduce las RPM del motor a la entrada de la transmisión, ganando por motor, para posteriormente igualar con la velocidad del vehículo, hasta que el par motor y el del primario se igualan cuando la velocidad es la misma (Chérrez & Berbeo, 2014, pág. 11).

**Figura 2**

*Caja de Cambio Automática*



Fuente: Adaptado de ¿Cuántos tipos de transmisión automática hay?, de Equipo Memo Lira, 2020 (<https://memolira.com/analisis/cuantos-tipos-de-transmision-automatica-hay/>).

## **2.5 Modelos de Cajas Automáticas ZF**

Los distintos conceptos de vehículos y los nuevos motores de bajo consumo y alto rendimiento brindan soluciones de transmisión apropiadas. También suministra la caja de cambios automática de 6 velocidades, 8 velocidades, de doble embrague y 7 velocidades. Tiene una rápida aceleración porque realizan el cambio de marcha con una interrupción mínima de la fuerza de tracción, conducción rentable porque operan en el rango de velocidad con un menor consumo y son seguras y confortables, porque reducen considerablemente el estrés y las tensiones del tráfico por carretera (España, s.f.).

- Intarder
- Ecolife
- Ecomat
- Traxon
- Astronic
- Astronic lite
- Tc Tronic
- Ecomid
- Ecosplit

## 2.6 ZF Ecomat

Es el primero de la gama de cajas de cambio automáticas que posee ZF y que empezó hace más de 30 años. Su funcionamiento automático y de confort se realiza por la combinación entre un sistema de gobierno electrónico y un sistema de accionamiento de fuerza hidráulico. Tiene las siguientes características (AUTOSUR, s.f.):

- Menor consumo y una baja emisión de ruido y humos al medio ambiente.
- Tiene un gran portafolio de modelos para cubrir una amplia variedad de cargas útiles al vehículo.
- Larga vida útil.
- Gran confort en los cambios. Proporciona la velocidad adecuada por el que discurra su vehículo cambiando de velocidad en los regímenes adecuados con base en su programación interna y a los modos de conducción.

**Figura 3**

*ZF ECOMAT*



Fuente: Adaptado de ZF ECOMAT, de AUTOSUR de levante, s.f.

(<https://autosurdelevante.com/producto/zf-ecomat/>).

### 2.6.1 Aplicación

Transporte de pasajeros en autobuses urbanos, transporte de mercancías en camiones de la basura, transporte de soldados en aplicaciones de Defensa y otras aplicaciones de Obra Pública como son grúas, etc (AUTOSUR, s.f.).

### 2.6.2 *Mantenimiento*

Se debe realizar un mantenimiento y una lubricación correcta, para mantener la vida útil de todos los componentes interiores (AUTOSUR, s.f.).

- Cambio de aceite y filtro a caja de cambios.
- Proteger todo el sistema electrónico de caja de cambios, como la centralita y la instalación eléctrica de las humedades.
- Realizar controles periódicos de nivel de aceite
- Compruebe los elementos que proporcionan señales de entrada a la caja de cambios.

### 2.7 **ZF Ecomat 2**

La serie de se introdujo en 2001. Son esencialmente una versión mejorada de la serie ZF Ecomat . Cada modelo de la serie Ecomat 2 está disponible con retardador y capacidad para entrar en punto muerto poco tiempo después de que el vehículo se haya detenido por completo. Se ofreció en variantes de cuatro, cinco o seis velocidades, pero alrededor de 2006, las versiones de cuatro velocidades se descontinuaron (CPTDB, 2010).

#### **Tabla 1**

*Novedades y Ventajas de la Caja de Cambio ZF Ecomat 2*

<b>Novedades</b>	<b>Ventajas</b>
Nuevas unidades control EST 46 C / 47 C	Cajas de cambios iguales en su instalación
Nuevo control del retardador	Una versión de retardador
Caja de cambios modificada	Diferentes programas de cambios de marchas basado en la práctica
Sistema de periféricos más simples	Fácil de adaptar a las necesidades del cliente

### 2.8 **ZF Ecomat 4**

Se introdujo en 2006. Son una versión mejorada de la serie ZF Ecomat 2 que utiliza diferentes componentes. Todos los modelos de la serie Ecomat 4 están disponibles con

retardador y capacidad para entrar en punto muerto poco tiempo después de que el vehículo se haya detenido por completo (CPTDB, ZF Ecomat 4, 2010).

**Tabla 2**

*Modelos de la Caja de Cambio ZF Ecomat 4*

<b>Tipo (5 o 6 velocidades)</b>	<b>Max. par de entrada</b>	<b>Max. velocidad de entrada</b>	<b>Masa con retardador</b>
HP504C	1100 Nm	2800	355 kilogramos
HP594C	1250 Nm	2800	357 kilogramos
HP604C	1750 nanómetro	2650	368 kilogramos

## **2.9 Clasificación de Componentes**

Para comprender el funcionamiento de los diferentes tipos de transmisiones con las que se pueden equipar nuestros vehículos, es necesario comprender los diferentes elementos que componen el sistema:

### **2.9.1 Convertidor de Par**

El convertidor de par está ubicado en la parte delantera de la caja de planetarios. Consiste de la bomba, la turbina y el miembro de reacción, así como del aceite necesario para la transmisión del par de giro. La transmisión del par de giro desde el volante del motor al convertidor se logra por medio de un acoplamiento o unión formado por las membranas. (Autofácil, 2020).

#### **2.9.1.1 Funcionamiento**

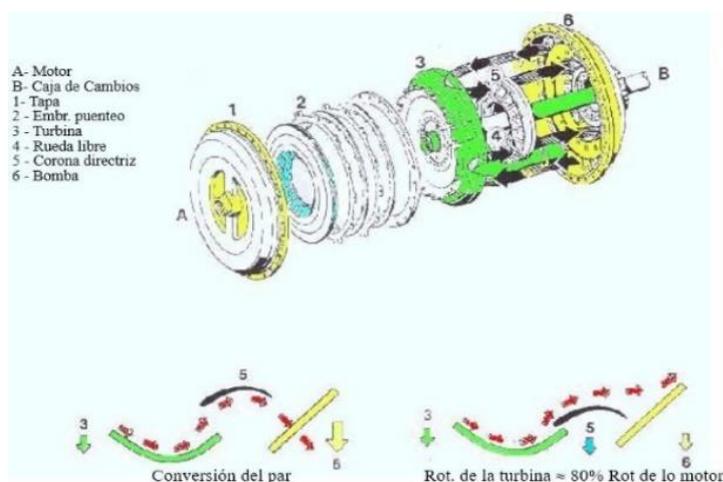
Por medio de la bomba accionada directamente por el motor obligamos al aceite a moverse circularmente. Este chorro de aceite choca contra la turbina siendo desviado en su dirección. El miembro de reacción o corona directriz situada a continuación de la turbina tiene la misión de desviar una vez más el aceite procedente de la turbina y dirigirlo a la bomba con

la dirección de entrada favorable. A través de esta desviación el miembro de reacción recibe un par de giro aumentándose de esta forma el par de la turbina. La relación entre par de la turbina y el par de la bomba es denominada conversión. Esta es tanto más grande cuanto mayor sea la diferencia entre el número de revoluciones de la bomba y de la turbina. La conversión máxima se logra, por tanto, cuando la turbina esté detenida. Conforme aumenta el número de revoluciones de la turbina disminuye la conversión. La adaptación del número de revoluciones de salida a un par de salida determinado y exigido se efectúa en manera continua y automática. El par de la corona directriz es siempre igual a la diferencia entre el par de la turbina y el de la bomba. Si el régimen de la turbina alcanza aprox. 80% del régimen de la bomba, la conversión es igual a 1, es decir el par de la turbina es igual al par de la bomba.

El convertidor trabaja a partir de este momento solo como un embrague hidráulico. En este estado, la corona directriz que está unida por medio de una rueda libre, se separa de la misma y gira libremente en la corriente. Por el contrario, en el estado de multiplicación de par, se apoya por medio de la rueda libre contra la carcasa, es decir que está detenida (Plaza, s.f.).

#### Figura 4

##### Convertidor de Par



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f. (<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

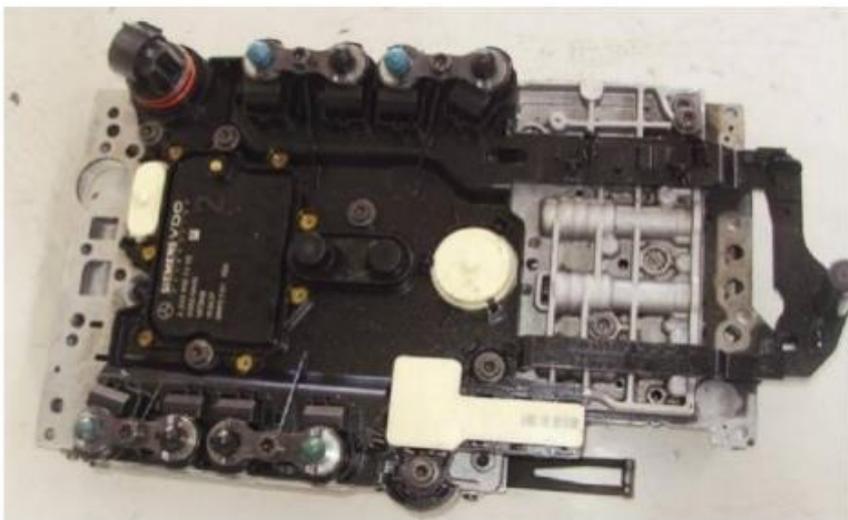
### 2.9.2 *Cuerpo de Válvula*

Se encuentra en la parte inferior de la caja de cambios, en el cárter de aceite junto al filtro, es el mecanismo que gestiona el control hidráulico de la caja de cambios. Formado de un cuerpo de aluminio fundido con canalizaciones hidráulicas que unen diferentes electroválvulas. El conjunto permite anclar las electroválvulas y la válvula de accionamiento manual. Los distintos elementos que dispone dependen del tipo y del diseño de caja de cambios automática. Consta principalmente de (Ferri, 2013, pág. 70):

- Válvula reguladora de presión
- Válvulas de cambio con solenoide y muelle
- Válvulas de accionamiento manual sincronizadas con la palanca selectora
- Válvula del embrague del convertidor

#### **Figura 5**

*Cajas de Válvulas*



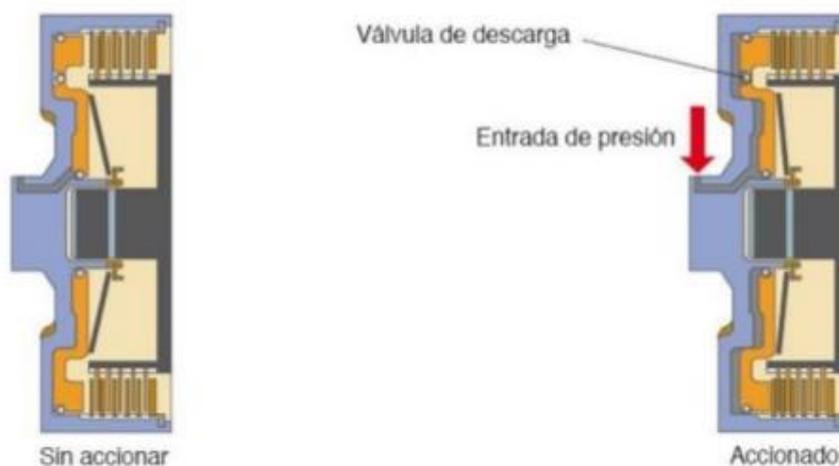
Fuente: Adaptado de Ud4 Sistemas de Transmisión y Frenado, de José Crisol Martínez, 2013(<https://es.slideshare.net/JoseCrisolMartinez/ud4-sistemas-de-transmision-y-frenado>).

### 2.9.3 Embragues de Discos

Son elementos de mando que permiten la unión entre dos elementos cuando son accionados. Su constitución es similar a los frenos de discos. En los embragues el aceite accede al émbolo de mando por las ranuras. Estos canales se encuentran sellados por juntas. Los embragues se emplean para transmitir el par entre trenes o dos elementos del mismo tren (Ferrer & Domínguez, 2008, pág. 118).

**Figura 6**

*Embragues de Discos*



Fuente: Adaptado de Ud4 Sistemas de Transmisión y Frenado, de José Crisol Martínez, 2013

(<https://es.slideshare.net/JoseCrisolMartinez/ud4-sistemas-de-transmision-y-frenado>).

### 2.9.4 Embrague de Puenteo

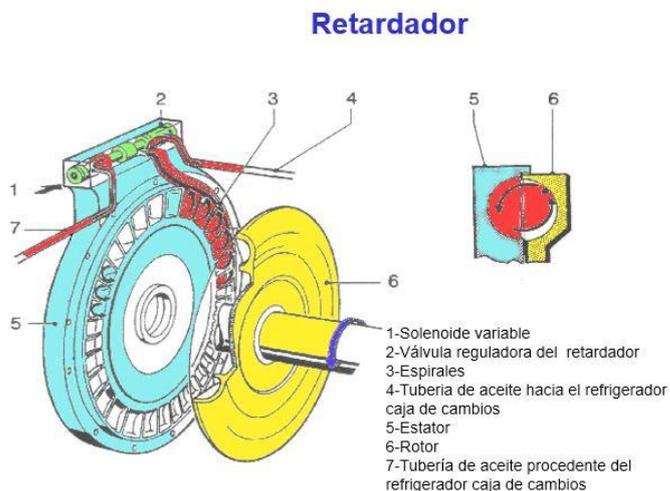
El embrague de puenteo del convertidor se cierra lo más pronto posible para conseguir una buena economía. Cuando el embrague de puenteo del convertidor está cerrado, el patinamiento entre bomba y turbina, por tanto, la pérdida en el convertidor es igual a cero. El fino escalonamiento y una óptima adaptación de las marchas de las cajas de cambios de 4, 5 y 6 marchas mecánicas, hace posible que el puenteo del convertidor se efectúe muy pronto, de tal forma que aprovechamos casi desde el inicio las ventajas de una transmisión mecánica de la potencia, es decir un alto rendimiento y poca pérdida de potencia.

### 2.9.5 Retardador

Es un freno para servicio continuo de flujo único e hidrodinámico, el cual se encuentra situado entre el convertidor y la caja de cambios. Por tanto, sus esfuerzos de frenado dependen directamente de la marcha conectada, de tal forma que incluso en la zona de velocidades reducidas se dispone de todo el esfuerzo de frenado. Se compone principalmente de los siguientes componentes: un rotor, un estator, ambos tienen la forma de ruedas con álabes, y por último de un solenoide variable necesario para su control. La demás el retardador-ZF, dispone de una característica especial consistente en una rejilla desplazable situada en el estator. De esta forma, las pérdidas, con el retardador desconectado, se reducen a menos de una cuarta parte del valor que se produce si el estator no estuviese dividido. El rotor está unido al eje entrada de la caja de cambios y por tanto cuando está conectada una marcha, también con el eje motriz del vehículo (automotriz, 2020).

**Figura 7**

*Retardador*



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

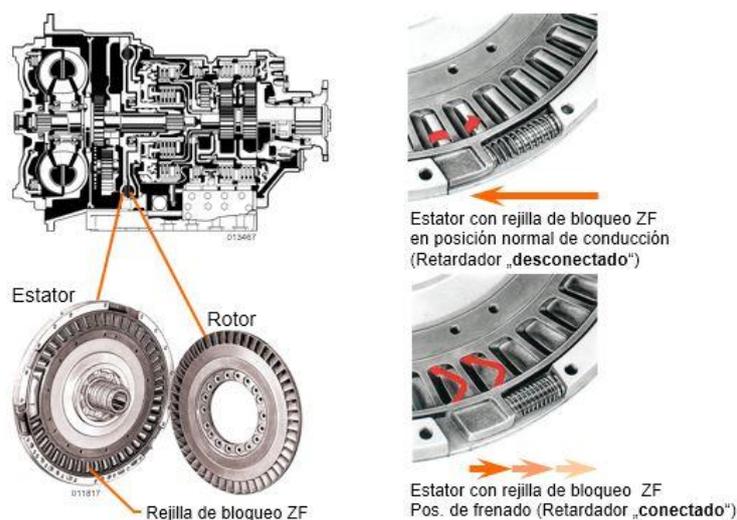
(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

### 2.9.5.1 Funcionamiento

Durante el proceso de frenado, iniciado por medio de una válvula de accionamiento manual o por el pie, el solenoide variable del retardador recibe mando de la central, liberando esta la entrada de aceite al circuito del retardador. Debido al giro del motor accionado por el vehículo a través del eje, transmisión cardan, caja de cambios y embrague conectado el aceite en el interior del retardador recibe una aceleración centrífuga que le hace ponerse en movimiento. El flujo de aceite es trasladado por el rotor hacia los álabes del estator que está fijo, donde es desviado y retenido o frenado. Debido a la desviación del chorro de aceite en el estator, también se frena el movimiento de giro del rotor, por tanto, la velocidad del vehículo. La fricción que se produce en el aceite se transforma en calor, que es trasladado a su vez, en caso de motores refrigerados por agua, al agua de refrigeración por medio de un intercambiador de calor, y si trata de motores refrigerados por aire, al aire de refrigeración.

**Figura 8**

*Funcionamiento del Retardador*



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

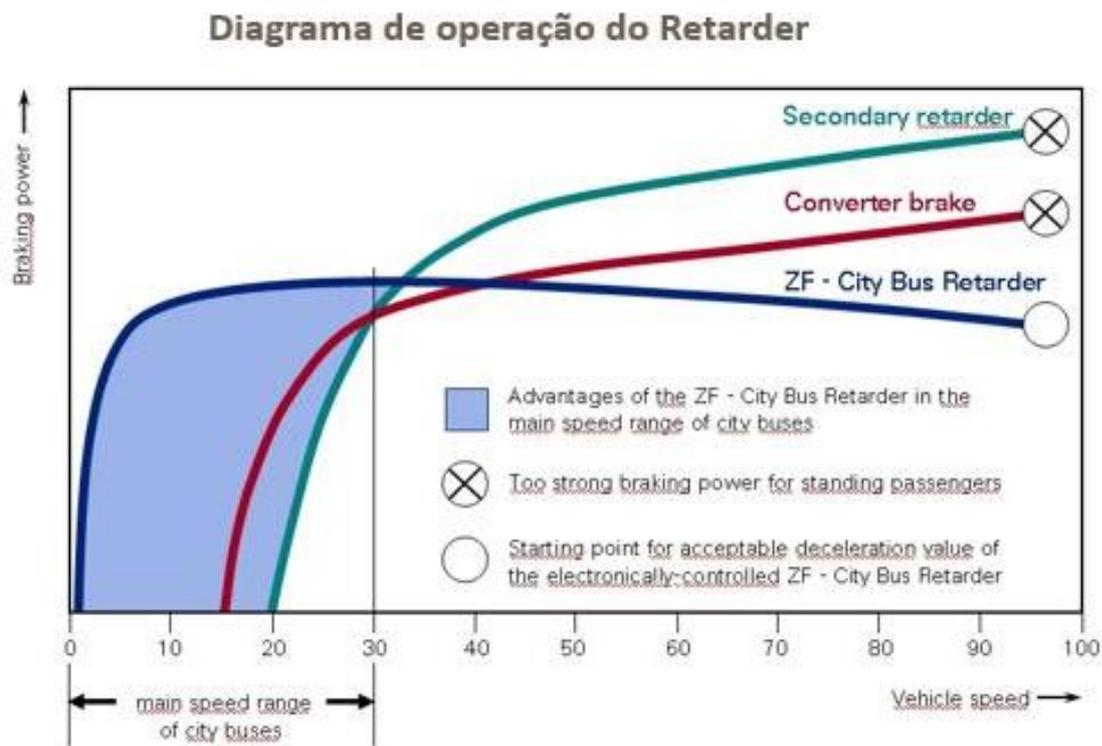
(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

### 2.9.5.2 Diagrama de Operación del Retardador

Se determina los niveles de eficiencia del retardador.

**Figura 9**

*Diagrama de Operación del Retardador*



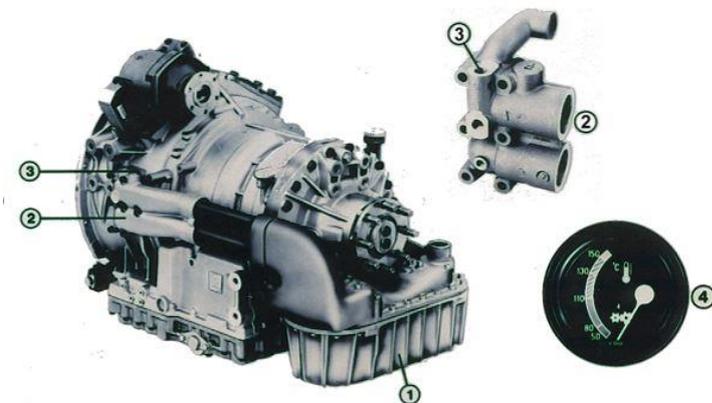
Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

### 2.9.5.3 Control de la Temperatura

Las cajas Ecomat tienen opcionalmente:

- (1) El radiador directamente acoplado o el radiador montado a distancia.
- (2) Para la aplicación de radiadores no originales ZF, existe un acople apropiado.
- (3) Para el control de la temperatura hay una conexión para un sensor.
- (4) Hay un aparato indicador para la temperatura con lámpara de aviso.

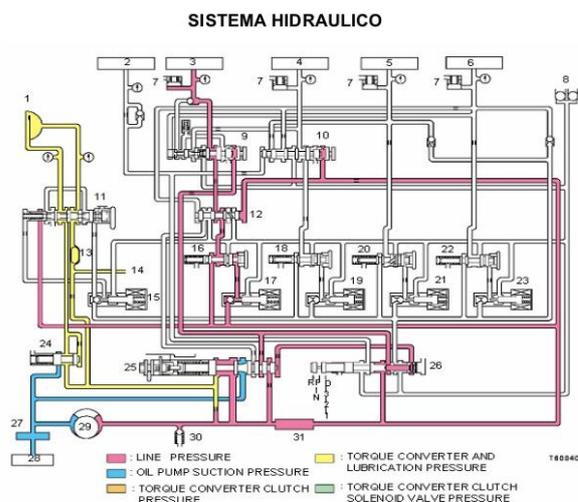
**Figura 10***Control de la Temperatura*

Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

## 2.10 Sistema Hidráulico

Dispone de todos los elementos de un circuito (bomba de presión, electroválvulas, válvulas limitadoras de presión, cilindros actuadores, etc.) y realiza dos funciones: lubrica todas las partes móviles de la caja y manda el caudal de aceite que necesita el convertidor de par (Ferrer & Domínguez, 2008, pág. 107).

**Figura 11***Circuito Hidráulico de la Caja Cambio*

Fuente: Adaptado de Sistema de transmisión automática L-D60E, de Instituto Santa Teresa de los

Andes, 2012 ([https://es.slideshare.net/Luis\\_Reveco/caja-automatica-1d](https://es.slideshare.net/Luis_Reveco/caja-automatica-1d)).

### 2.10.1 Mando Hidráulico

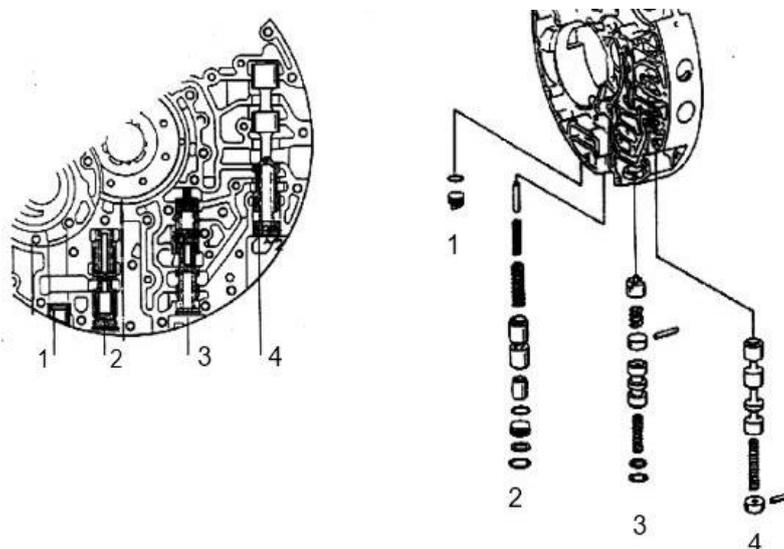
Inicia, detiene o cambia la dirección del flujo en un circuito hidráulico.

Se compone de:

- (1) Tubo de Succión
- (2) Válvula principal de presión
- (3) Válvula de presión de lubricación /Contrapresión del convertidor
- (4) Válvula conmutadora del radiador

**Figura 12**

*Mando Hidráulico*

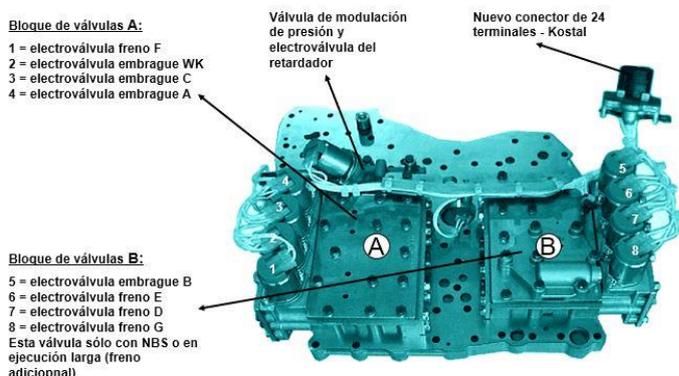


Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

### 2.10.2 Mando Electro – Hidráulico

Generalmente, no se alimentan con electricidad de sus propias fuentes de voltaje, sino a través de conductores desde otro suministro principal, vía una unidad de la alimentación eléctrica, llamada también Fuente de alimentación.

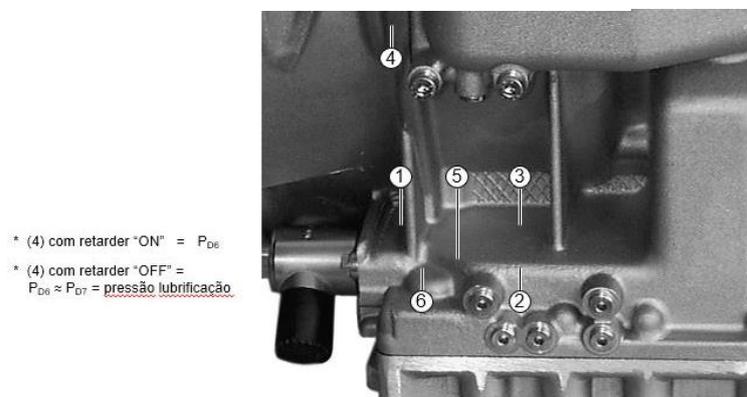
**Figura 13***Mando Electro- Hidráulico*

Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

**2.11 Test de Verificaciones de Presiones**

- (1) presión principal
- (2) presión de modulación
- (3) presión antes del convertidor de par
- (4) presión después del intercambiador de calor
- (5) presión del retardador
- (6) Control de presión Retardador

**Figura 14***Test de Verificaciones de Presiones*

Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

### **2.11.1 Plano Hidráulico 1**

#### **2.11.1.1 Posición Desconectada**

- Bomba (14) y filtro (13).
- La bomba aspira aceite del cárter de aceite a través del filtro, solo cuando el motor está en marcha la Válvula de presión principal (12) ajusta la presión necesaria en el sistema, dependiendo de WK abierto y WK cerrado.
- La válvula de seguridad del convertidor (3) limita la presión D2 en dirección al convertidor a un valor determinada y la presión procedente del convertidor llega a la válvula de contrapresión del convertidor (16).
- Allí la presión interior del convertidor A8 se ajusta a un determinado valor.
- La presión A8 es conducida a la unidad de válvula del WK (8). Válvula de presión de engrase.
- La presión D4 después de válvula de contrapresión del convertidor es conducida a la válvula de presión de engrase (15) a través de la válvula conmutadora del refrigerador y pasando por el intercambiador de calor.
- En la válvula de presión de engrase se reduce a un valor determinado. La presión D7 es conducida desde allí hasta la caja de cambios (7).

#### **2.11.1.2 Funcionamiento Normal**

- De acuerdo con el estado de carga del motor, en esta válvula proporcional se produce la presión D1 que es conducida a la válvula reguladora de presión (9.2)
- Unidad de válvula (9)
- Una vez conectados la electroválvula (9.1) y la válvula de desconexión (9.3), en la válvula reguladora de presión de mando por medio de la presión principal P. El valor de la presión durante el proceso está determinado por el muelle y por la presión de

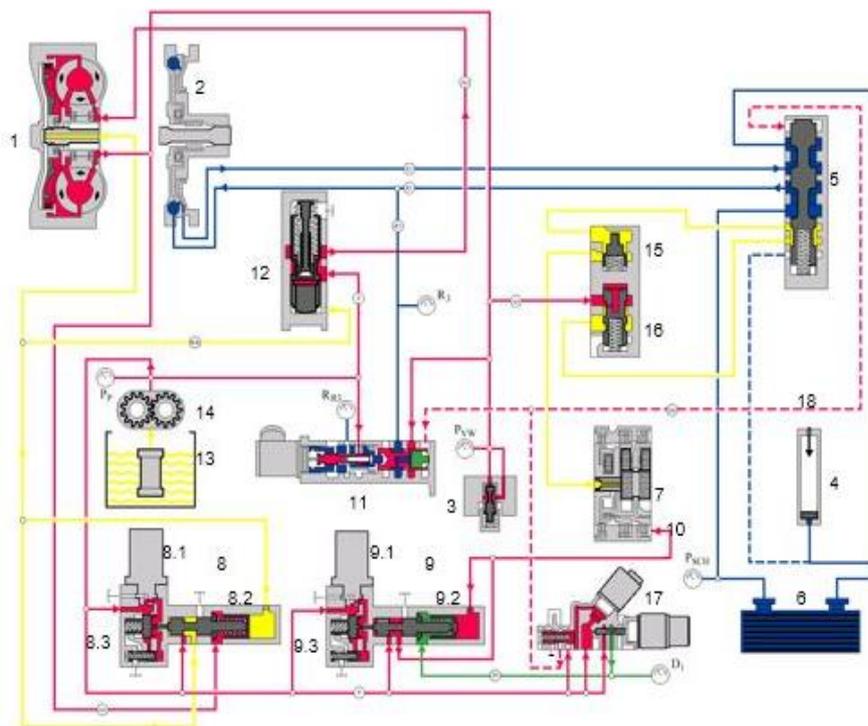


### **2.11.2 Plano Hidráulico 2 – Conectado**

- Válvula de presión de engrase **(15)**
- El solenoide variable acciona la válvula reguladora del retardador **(11)**. A través de la tubería de mando D8 se evacua de aire el espacio del émbolo de la válvula conmutadora del refrigerador **(5)**, la fuerza del muelle cambia de posición a la válvula. La presión D4 después de la válvula de contrapresión del convertidor **16**, es conducida como presión D7 a través de la válvula conmutadora del refrigerador hacia la válvula de presión de engrase **(15)** y desde aquí hacia la caja de cambios **(7)**.
- Válvula reguladora del retardador **(11)**.
- La presión D2 actúa sobre la válvula. Dependiendo de la posición del solenoide variable, se regula la presión R3. El valor de la presión R3 determina la efectividad del retardador.
- La presión R3 llega al intercambiador de calor a través de la válvula conmutadora del refrigerador y a continuación llega al retardador.
- Acumulador de presión **(4)**.
- Para disminuir el tiempo de respuesta del retardador, el circuito del retardador es alimentado con el aceite del acumulador, por medio de la presión de aire **(18)**.
- Válvula de modulación de presión **(17)**.

**Figura 16***Plano Hidráulico 2*

## Plano hidráulico 2 Posición conectado



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

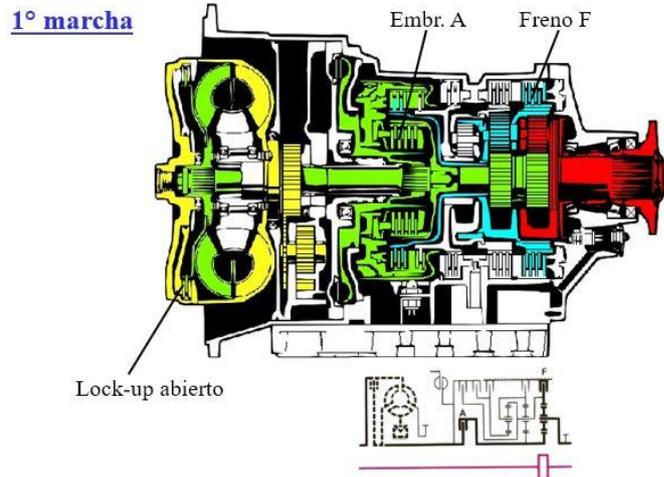
### 2.12 Funcionamiento de los Cambios

El patrón de cambio de marchas es sencillo, cuando elegimos diferentes relaciones de transmisión, aunque el eje del motor gira a la misma velocidad, las ruedas motoras lo hagan a distancia. Así permitiendo desarrollar una gran fuerza a velocidades reducidas (arranque, 1ª), a diferencia de la situación en la que no se utiliza una gran fuerza motriz, se selecciona una marcha que permita avanzar a gran velocidad, aunque no se desarrollen fuerzas importantes (4ª, 5ª), porque se puede considerar que la potencia proporcionada por el motor permanece aproximadamente constante e igual al producto del par por la velocidad de giro (Cienciasfera, s.f.).

- **Primera Marcha**

**Figura 17**

*1ª Marcha*



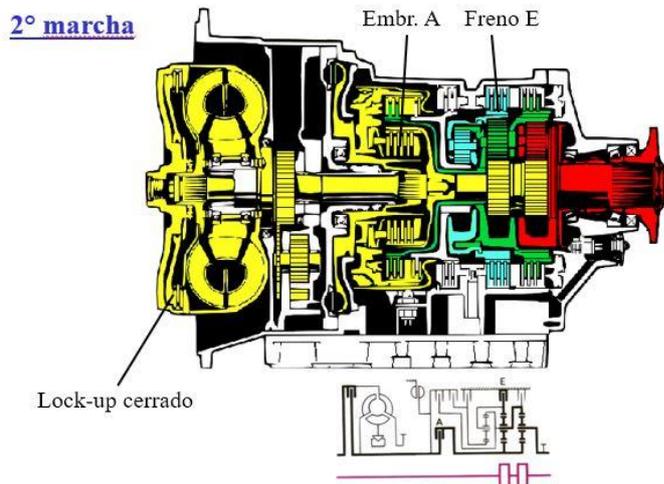
Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

- **Segunda Marcha**

**Figura 18**

*2ª Marcha*



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

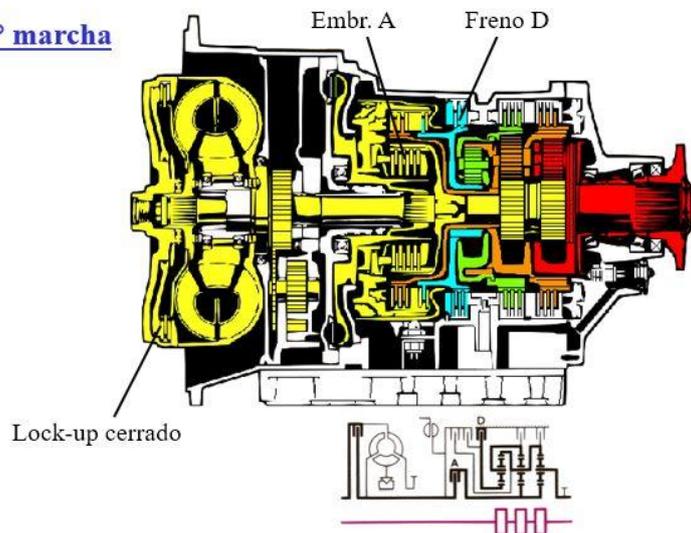
(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

- Tercera Marcha

**Figura 19**

*3ª Marcha*

**3º marcha**



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

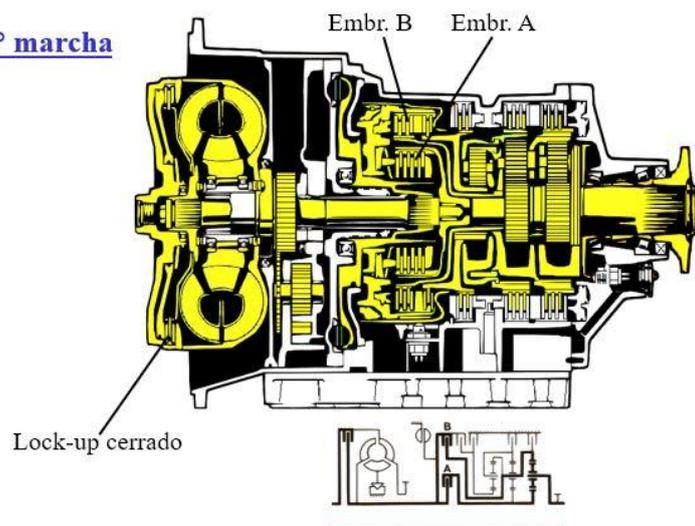
(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

- Cuarta Marcha

**Figura 20**

*4ª Marcha*

**4º marcha**



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

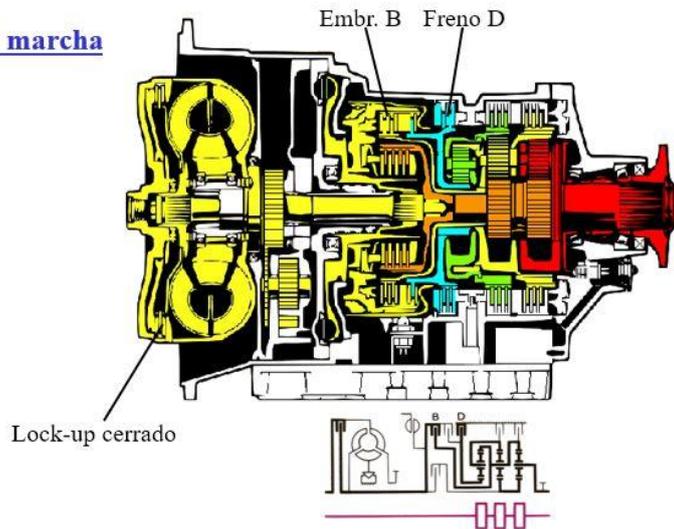
(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

- **Quinta Marcha**

**Figura 21**

*5ª Marcha*

5º marcha



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

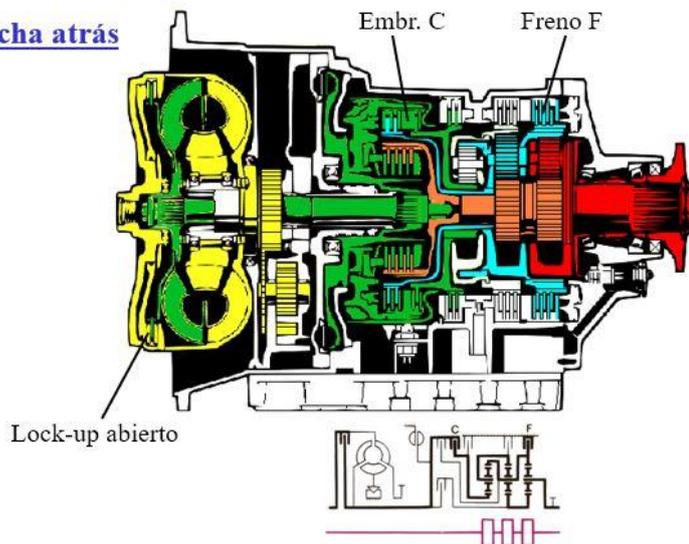
(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

- **Marcha Atrás**

**Figura 22**

*Marcha Atrás*

Marcha atrás



Fuente: Adaptado de Caja de cambios Automática ZF, de capacitación técnica, S.f.

(<https://aftermarket.zf.com/us/es/capacitacion/capacitaciones-tecnicas-en-todo-el-pais/>).

## Capítulo III

### 3 Evaluación de los Componentes de la Transmisión ZF ECOMAT 4 de la Flota de Buses del Consorcio Metroquil.

#### 3.1 Enfoque

En el presente proyecto de investigación se realiza estudios y análisis cuantitativos; cualitativos puesto que se considerarán todas las características que tengan relación con la falla recurrente que se presenta en las transmisiones automáticas ZF Ecomat 4 y se dará valores a criterios de evaluación para ponderar, demostrar y elaborar una posible solución de forma precisa y comprobada.

#### 3.2 Modalidad Básica de la Investigación

La investigación se enfocó en las siguientes modalidades:

##### 3.2.1 *De Campo*

Se utiliza esta modalidad de campo para obtener información sobre la caja cambios automática en general y de esta manera determinar el estado de los problemas que presentan las transmisiones automáticas y sus componentes.

##### 3.2.2 *Bibliográfico*

Se obtiene información recopilada de tesis, catálogos, libros, páginas web, revistas, etc. Sobre Ingeniería Mecánica automotriz y mantenimiento, que nos permitirá ampliar los conocimientos sobre el tema de investigación y nos brindará las herramientas necesarias para la correcta elaboración de la tesis.

#### 3.3 Recolección de la Información

La recolección de información se elabora con una investigación de campo, es decir, con los propietarios de las flotas de buses del consorcio Metroquil, choferes de la Metrovía y a los mecánicos experimentados.

### **3.4 Universo, Población y Muestra**

El universo que se analiza son a las personas dueñas de las flotas de buses, choferes y mecánicos experimentados del consorcio Metroquil en la ciudad de Guayaquil, donde la población que se eligió fueron a los choferes que conducen los buses con transmisiones automáticas ZF Ecomat 4 y técnicos que han realizado las inspecciones técnicas pertinentes por los malestares vividos en la transmisión, específicamente fallas recurrente en el distribuidor hidráulico, para la cual la muestra se toma para esta investigación es a partir de 15 personas; 10 choferes y 5 mecánicos experimentados. No se ha considerado obtener una muestra porque la cantidad de personas encuestadas es relativamente pequeña, por lo tanto, no se aplicó el cálculo para obtener dicha muestra.

### **3.5 Encuesta**

Para la recolección de los datos e información referente a este tema de investigación, se dividió en 2 secciones; 10 preguntas dirigidas a los choferes de la Metrovía y 5 preguntas dirigidas a mecánicos experimentados y certificados por el fabricante, que darán su opinión referente a los inconvenientes producidos por este modo se escogieron a 15 personas divididas en choferes y mecánicos de las cuales 10 son choferes que reportaron los problemas en las unidades y 5 son los técnicos certificados en transmisiones automáticas ZF. Con el propósito de averiguar la percepción que tiene los choferes y mecánicos experimentados, para así realizar un correcto análisis de los problemas vividos. A continuación, se presenta el modelo de la encuesta que va a utilizar.

### **3.6 Tabulación**

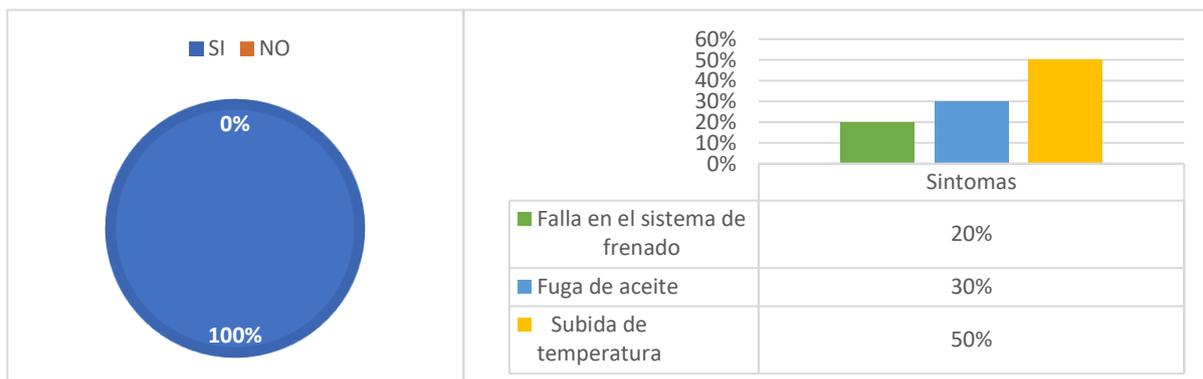
Dentro de las técnicas empleadas para la tabulación de los datos, se utiliza un gráfico que nos permite observar los datos obtenidos en las encuestas realizadas a los choferes de la Metrovía y a los mecánicos experimentados, se obtuvo los siguientes resultados.

### 3.7 Encuestas Realizadas a Choferes de la Metroquil

1. ¿Ha sentido que, durante su recorrido al momento de frenar la unidad su frenado no es eficiente?

Figura 23

Resultados de la Encuesta, Pregunta 1 a Choferes de la Metroquil

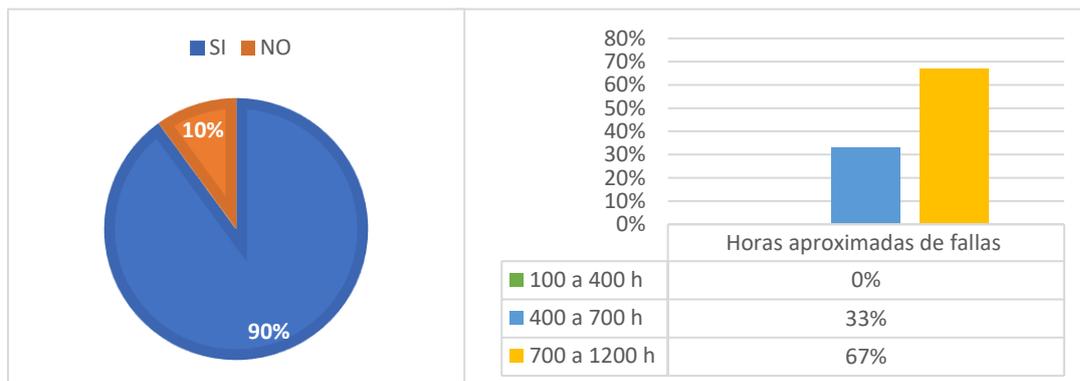


**Análisis e Interpretación:** El 100% de los choferes encuestados expresaron que si han experimentados inconvenientes durante su recorrido al momento de frenar su unidad. Si bien es cierto que el 100% de los encuestados han presentado este problema, pero su sintomatología es diferente en cada caso, según el gráfico se puede apreciar que un 50% presenta subida de temperatura, un 30% fugas de aceite, un 20% falla en el sistema de frenado.

2. ¿Ha presentado inconvenientes en la eficiencia del frenado durante largos periodos de trabajo?

Figura 24

Resultados de la Encuesta, Pregunta 2 a Choferes de la Metroquil

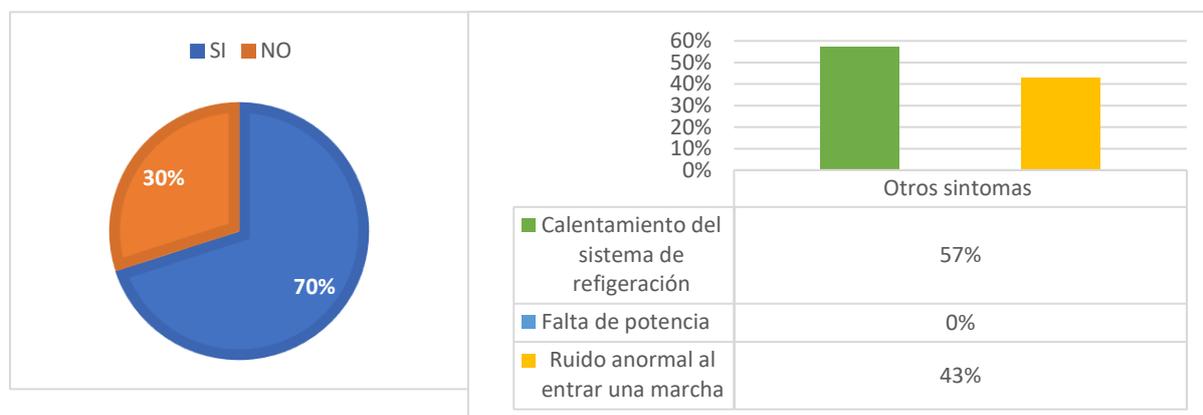


**Análisis e Interpretación:** La mayor parte de los choferes encuestados, el 90% afirman que han presentado estos problemas de eficiencia de frenado en sus unidades durante largos periodos de trabajo. Donde podemos observar que el 33% de choferes encuestados manifestaron que los inconvenientes inician desde las 400 a 700 horas de trabajo y el otro 67% que inician desde las 700 a 1200 horas de trabajo. Sin embargo, ninguno manifestó que presento problemas en sus unidades en jornadas de trabajo menores a 400 horas.

### 3. ¿En su recorrido habitual en su unidad ha experimentado otro tipo de síntomas?

**Figura 25**

*Resultados de la Encuesta, Pregunta 3 a Choferes de la Metroquil*

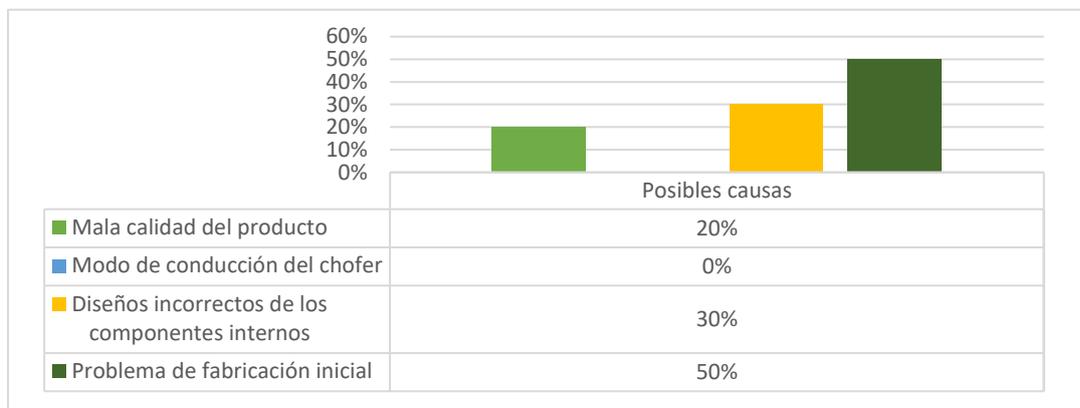


**Análisis e Interpretación:** El 70% de los choferes encuestados expresan que si han experimentado otros tipos de síntomas diferentes a lo ya citado anteriormente. Los niveles de los síntomas se encuentran ordenadas de mayor a menor donde el 57% y el 43% afirma que han sufrido estos inconvenientes en sus unidades tales como el calentamiento del sistema de refrigeración o ruidos anormales al poner la marcha. Mientras podemos observar que ninguno de los choferes encuestados manifiesta que estos problemas sean por la falta de potencia en sus unidades.

### 4. ¿Por qué piensa usted que se generan fallas continuas en la caja de cambio automático?

**Figura 26**

Resultados de la Encuesta, Pregunta 4 a Choferes de la Metroquil

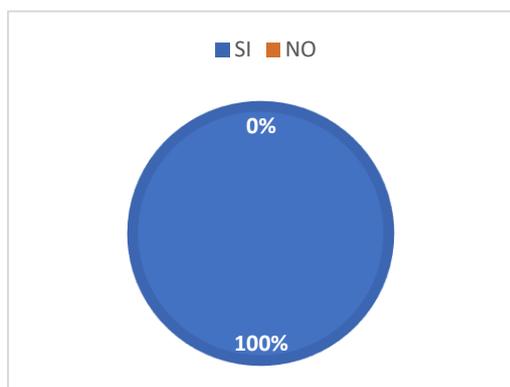


**Análisis e Interpretación:** Entre el 30% al 50% de los choferes encuestados creen que las fallas se originan por problemas de fabricación inicial y diseños incorrectos de los componentes internos de la caja de cambio automático, solo un 20% cree que los inconvenientes se originan por una mala calidad del producto.

**5. ¿Usted ha experimentado en otras unidades los mismos problemas?**

**Figura 27**

Resultados de la Encuesta, Pregunta 5 a Choferes de la Metroquil

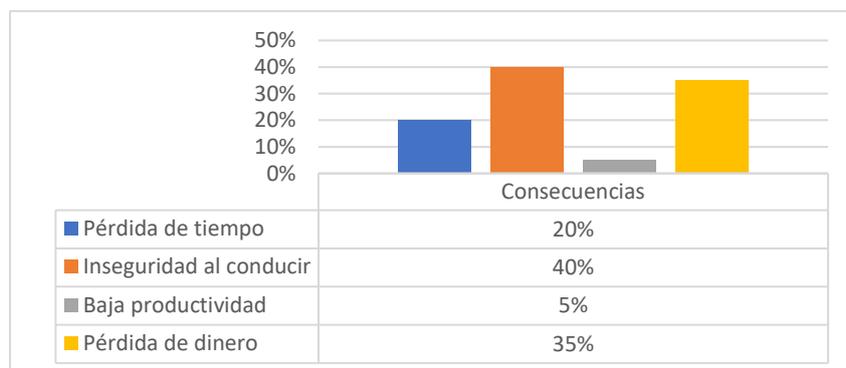


**Análisis e Interpretación:** Según los resultados analizados el 100% de los choferes encuestados han experimentado dificultades similares en otras unidades con las mismas especificaciones técnicas.

**6. ¿En qué le perjudica a usted directamente los problemas que se presenta a menudo en la caja de cambio automático?**

**Figura 28**

Resultados de la Encuesta, Pregunta 6 a Choferes de la Metroquil



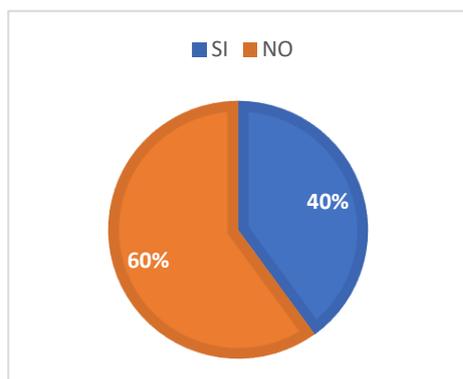
**Análisis e Interpretación:** Según el gráfico se puede apreciar que la mayoría de los choferes encuestados se sienten descontentos por las averías prematuras que se originan en sus unidades, ya que esto origina inseguridad al conducir y pérdida de dinero. Mientras que el resto de los encuestados piensan que genera baja productividad y pérdida de tiempo.

### Encuestas Realizadas a Mecánicos Experimentados

#### 1. ¿Cree usted, que los problemas se generan por la mala operación o conducción del operador?

**Figura 29**

Resultados de la Encuesta, Pregunta 1 a Mecánicos Experimentados

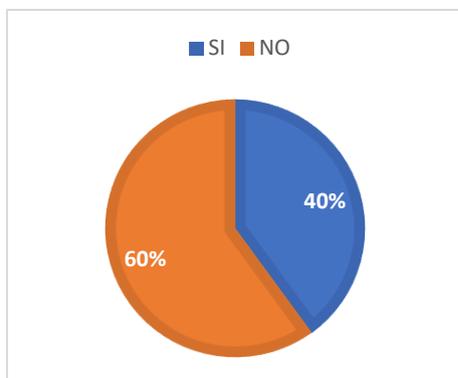


**Análisis e Interpretación:** Según el gráfico se puede apreciar que el 60% de los mecánicos experimentados encuestados expresaron que los problemas no se producen por la mala operación o conducción del operador. Seguido por un 40% que opinan que de alguna manera la mala manipulación del operador origina este tipo de inconvenientes.

## 2. ¿Cree usted que las fallas se originan por falta de mantenimiento preventivo?

**Figura 30**

*Resultados de la Encuesta, Pregunta 2 a Mecánicos Experimentados*

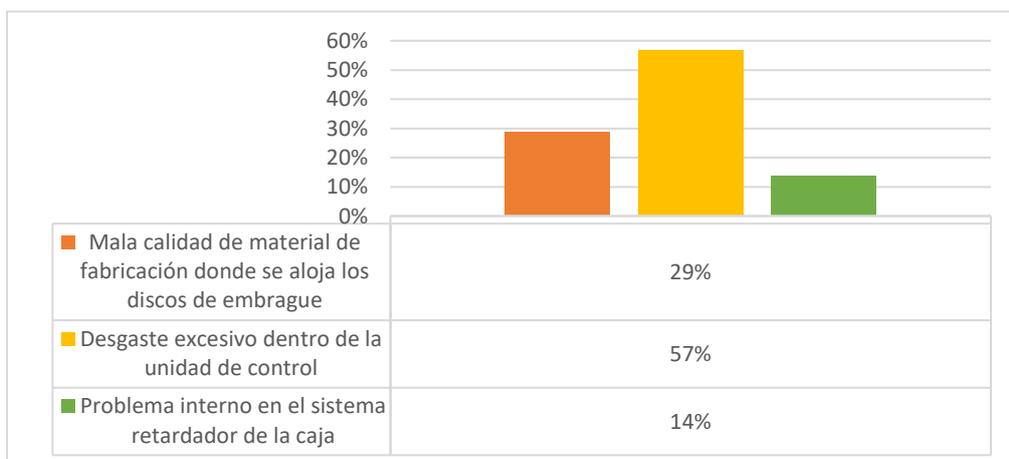


**Análisis e Interpretación:** Según los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los mecánicos experimentados el 60% exponen que los problemas no se desarrollan por la falta de mantenimiento preventivo, ya que, aunque se haya desarrollado un adecuado mantenimiento de todas formas tienden a generar estos tipos de inconvenientes. En cambio, el 40% opina lo contrario, que un correcto mantenimiento evitaría el origen de las fallas.

## 3. Técnicamente y según su experiencia. ¿Por qué cree usted que se generan consecutivamente este tipo de fallas en el sistema de transmisión automática?

**Figura 31**

*Resultados de la Encuesta, Pregunta 3 a Mecánicos Experimentados*

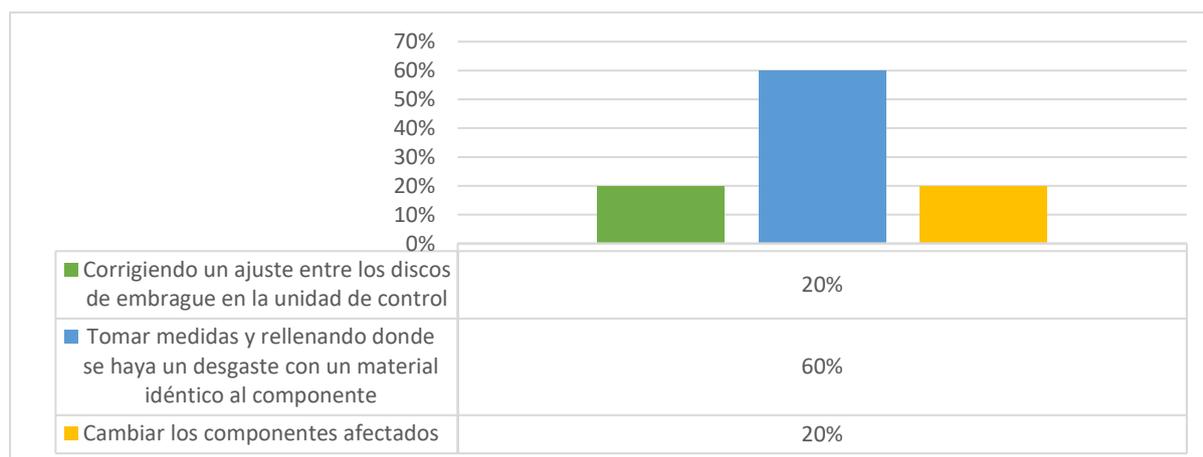


**Análisis e Interpretación:** El resultado obtenido de esta pregunta se determinó que un 57% de los encuestados, consideran que los problemas se originan por un desgaste excesivo dentro de la unidad de control, mientras que el 29% afirman con seguridad que los problemas se producen por una mala calidad del material de fabricación donde se aloja los discos de embrague y solo un 14% manifiestan que los inconvenientes se dan por un problema interno en el sistema del retardador de la caja.

**4. ¿Realizando las siguientes modificaciones, consideraría usted que solucionarían los problemas que consecutivamente se originan en la transmisión automática?**

**Figura 32**

*Resultados de la Encuesta, Pregunta 4 a Mecánicos Experimentados*



**Análisis e Interpretación:** Con el análisis de los resultados se puede observar una respuesta predominante del 60% de los encuestados prefieren tomar medidas y rellenar donde se encuentre un desgaste con un material idéntico al componente, mientras que hay un empate del 20% entre corregir el ajuste entre los discos de embrague en la unidad de control y reemplazar los componentes afectados.

### 3.8 Análisis General de las Encuestas Realizadas

Luego del proceso de elaboración de encuestas a los choferes de la Metrovía y mecánicos experimentados que se analizó, nos permitió evidenciar que tanto choferes como mecánicos tuvieron frecuentes problemas con sus unidades en largos periodos de trabajo,

presentando fallas frecuentes en el sistema de transmisión automática, afectando de forma directa en el desarrollo habitual de sus actividades, generando inseguridad y grandes pérdidas monetarias. La mayoría de los técnicos encuestados afirman que este tipo de inconvenientes se encuentran relacionados con la fabricación inicial y los diseños incorrectos de los componentes internos de las cajas de cambio automático, siendo el motivo por el cual se originan estas averías de forma recurrente.

### **3.9 Antecedentes del Problema**

Mediante el empleo de las herramientas de investigación, como las encuestas realizadas a choferes de la Metrovía y a mecánicos experimentados, se determinó que la mayoría de los usuarios reportaban inconsistencias en sus unidades durante largos periodos de trabajo, del cual, al realizar la asistencia técnica en los buses del Consorcio Metroquil con caja automática ZF ECOMAT 4, se evidenció problemas en la zona interior de la caja automática. Dada la problemática planteada los expertos efectuaron la respectiva inspección técnica de forma interna en la zona afectada dando como resultado, que el Distribuidor Hidráulico o unidad de control hidráulico muestra fallas mecánicas de forma prematura, provocando que los usuarios de estos buses experimenten inseguridad al conducir, baja productividad y pérdidas económicas.

### **3.10 Reclamación Frecuente del Mecánico Experimentado o Usuarios**

Al momento de frenar, su frenado no era eficiente, subidas de temperatura y ruidos extraños producidos en la transmisión parecidos al intentar meter una marcha sin éxito.

#### ***3.10.1 Síntomas que Emite la Maquinaria***

- Frenado deficiente
- Subida de la temperatura
- Sonidos extraños en la transmisión
- Resbalamiento del embrague

### 3.11 Inspecciones Técnicas Realizadas por Problemas Reportados

A continuación, se presenta el desarrollo de la inspección técnica realizada de forma correcta y eficaz en las unidades del Consorcio Metroquil con transmisión ZF Ecomat 4, por los problemas reportados por los distintos choferes. Se realiza un examen técnico de forma interna de los componentes que conforman el sistema automático, donde encontramos lo siguiente:

#### 3.11.1 Proceso de Diagnóstico

La unidad en estudio llega a la terminal donde se procede a identificar las averías por medio del programa ZF Tesmat Pro que permite el diagnóstico de errores con gráficos claros para una interpretación de datos sencilla, para así implementar medidas de reparación de forma rápida y eficiente. El programa arrojó 2 códigos de falla: resbalamiento de embrague y señal de retarde defectuoso.

**Tabla 3**

*Búsqueda de Averías HP 500/HP 590/HP 600*

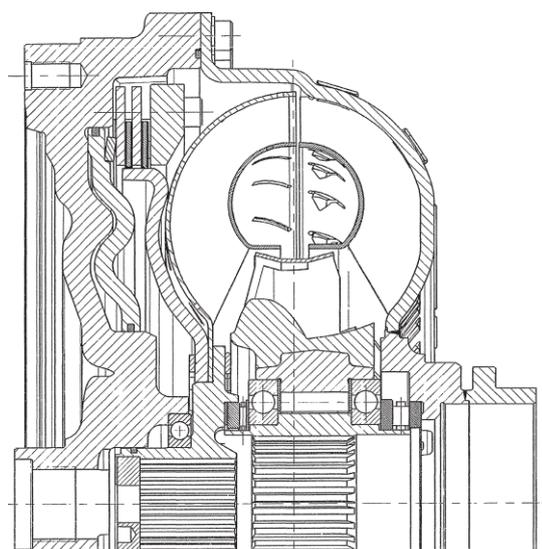
<b>Código</b>	<b>Clase de Fallo</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Indicación de Comprobación</b>	<b>Solución</b>
<b>FF</b>	Efecto de frenado del retardador insuficiente	Nivel de aceite demasiado bajo	Comprobar nivel de aceite según instrucciones	Corregir nivel de aceite
<b>FF</b>	Efecto de frenado del retardador insuficiente	Aceite con espuma	Comprobar el aceite	Comprobar válvula reguladora del retardador y el acumulador y si es preciso reparar

**Tabla 4***Búsqueda de Averías HP 500/HP 590/HP 600*

<b>Código</b>	<b>Clase de Fallo</b>	<b>Posible Causa</b>	<b>Indicación de Comprobación</b>	<b>Solución</b>
<b>11</b>	Resbalamiento caja cambios	Programa del cerebro electrónico defectuoso	Comprobar funcionamiento con PR87	Sustituir cerebro electrónico

**3.11.2 Desmontaje del Convertidor de Par W360**

Al convertidor de par lo encontramos ubicado en la parte delantera de la caja de planetarios. Durante su proceso de desarmado interno podremos apreciar con mayor medida cada uno de los elementos que lo conforman, tales como la bomba, la turbina y la corona directriz, así como la cantidad de aceite adecuada para la transmisión del par de giro. La transmisión del par de giro desde el volante del motor, al convertidor se efectúa por medio de un acoplamiento o unión formado por las membranas.

**Figura 33***Esquema del Convertidor de Par*

Fuente: Manual de reparación ZF- Ecomat 4

**Figura 34**

*Convertidor de Par*

**Figura 35**

*Desarmado del Convertidor de Par*



### ***3.11.3 Caja de Cambio Desmontada***

Se separa de la caja de cambios del conjunto del motor, para ello debemos de retirar los correspondientes tornillos que la fijan, ubicados en el contorno de unión con el motor. La transmisión queda montada sobre el caballete de montaje y retirada, como se muestra en la figura 36 para su debido proceso de desarmado donde se verifica el estado de cada uno de los componentes.

**Figura 36***Caja de Cambio Automática ZF***3.11.4 Desmontaje de la Tapa de Cierre de la Caja**

Se retira la arandela que se encuentra en lo alto del árbol de la turbina, donde se realiza el desmontaje de la tapa de cierre de la caja con sus respectivas herramientas de desmontaje y montaje.

**Figura 37***Tapa Delantera de la Caja Automática ZF***3.11.5 Desmontaje del Cárter de Aceite**

Desmante los tornillos que sujetan el cárter de aceite de la caja de cambio automático. Se puede observar un cárter de aceite hidráulico donde se deposita el aceite de la caja automática y se encuentra también un filtro de partículas de suciedad. Al momento de su desmontaje verificaremos si sus componentes están desgastadas o en mal estado.

**Figura 38**

*Carter de Aceite de la Caja de Cambio Automática ZF*

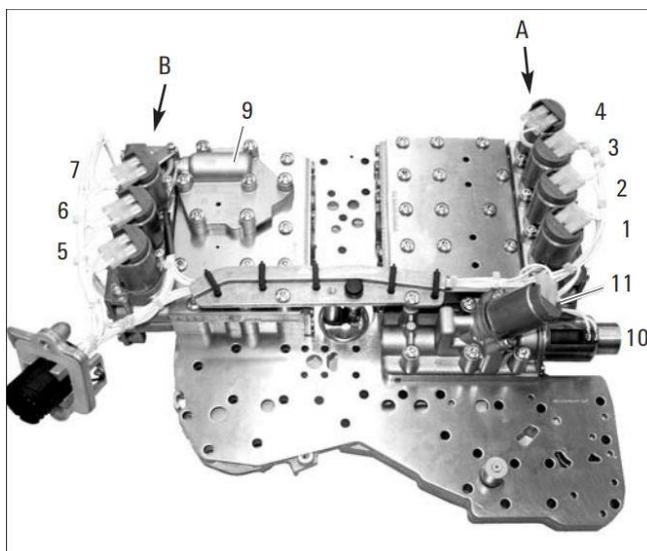


### **3.11.6 Desmontaje de Cuerpo de Válvula Unidas de Control Hidráulico**

Los orificios limitan y restringen la velocidad de un fluido, mientras que las válvulas pueden accionar el paso del flujo y detenerlo, así como controlar su velocidad y dirección. Los orificios son muy simples, en cambio, las válvulas pueden ser mucho más complicadas. Un orificio es una abertura fija y sola, que es simplemente un paso de un circuito o un dispositivo hidráulico que se ha hecho más pequeño para aminorar o restringir el flujo del fluido en el tamaño de la restricción y se calcula de modo que provoque caída de presión. Se procede al despiece del componente hidráulico previamente explicado su funcionamiento.

**Figura 39**

*Despiece del Control Hidráulico de la Caja de Cambios*



**Tabla 5**

Componentes del Bloque de Válvulas de Control

Bloque de válvulas A	Bloque de válvulas B	Otros
1 = electroválvula "A"	5 = electroválvula "B"	9 = bloque de válvulas "F2"
2 = electroválvula "C"	6 = electroválvula "E"	10 = válvula moduladora de presión
3 = electroválvula "WK"	7 = electroválvula "D"	11 = electroválvula del retardador
4 = electroválvula "F"		

**Figura 40***Bloque de Válvulas de Control***3.11.7 Despiece de Componente de la Unidad de Control**

- Retirar todos los conectores de las electroválvulas.

**Figura 41***ZDR Solenoide de la Válvula Moduladora*

- Desmonte los solenoides y émbolos de la válvula moduladora.

**Figura 42**

*Despiece de los Bloques*



- Identificar la posición de montaje de los émbolos y muelles de presión. Se desarma los muelles y émbolos de los bloques A y B.

**Figura 43**

*Bloques del Mando Electro Hidráulico*



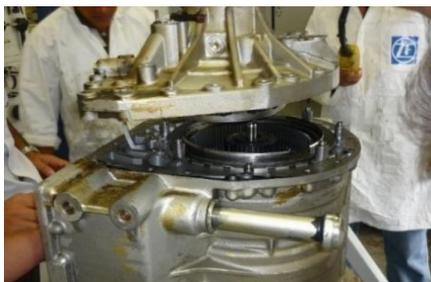
### **3.11.8 Desmontaje de la Tapa Trasera de la Caja de Cambios Automático**

A continuación, se realiza el desmontaje de la tapa trasera de la caja automática y el desarme de los componentes internos posteriores para su previa verificación.

- Se retira la tapa del transmisor de velocidad del árbol de salida y se procede a desconectar los cables del transmisor.

**Figura 44**

*Tapa Trasera de la Caja Cambio Automático*



- Extraer el piñón del engranaje planetario conjunto con los cojinetes de agujas y las arandelas distanciadoras que están en lo alto del piñón central.
- Después se retira el piñón central de los engranajes planetarios 2 y 3, conjunto con las arandelas distanciadoras en lo alto del piñón central y las arandelas de presión debajo del mismo.

**Figura 45**

*Desarme de la Caja de Engranajes Planetarios, Freno F y G*



- Extraer el muelle de plato y el soporte.
- Extraer los muelles de presión con los pasadores y los tubos guía.
- Retirar el plato porta satélite 2.

**Figura 46**

*Desarmado de Engranajes Planetarios  $\frac{3}{4}$*



- Retirar el paquete de disco F.

**Figura 47**

*Paquete de Disco de Embragues E y F*



- Retirar el disco de presión entre los paquetes de disco E y F.
- Retirar el plato porta satélite con el alicate acodado para anillo de fijación.
- Retirar el paquete de disco E.

**Figura 48**

*Paquete de Disco de Embrague E*



- Desmontar el árbol principal junto con el portadiscos del embrague A.

**Figura 49**

*Árbol Principal*



- Desmontar el árbol de cojinete de agujas y la arandel de presión de la parte inferior del árbol principal
- Luego soplamos con aire comprimido por el conducto para sacar el émbolo E.

**Figura 50**

*Desarme del Árbol Principal*

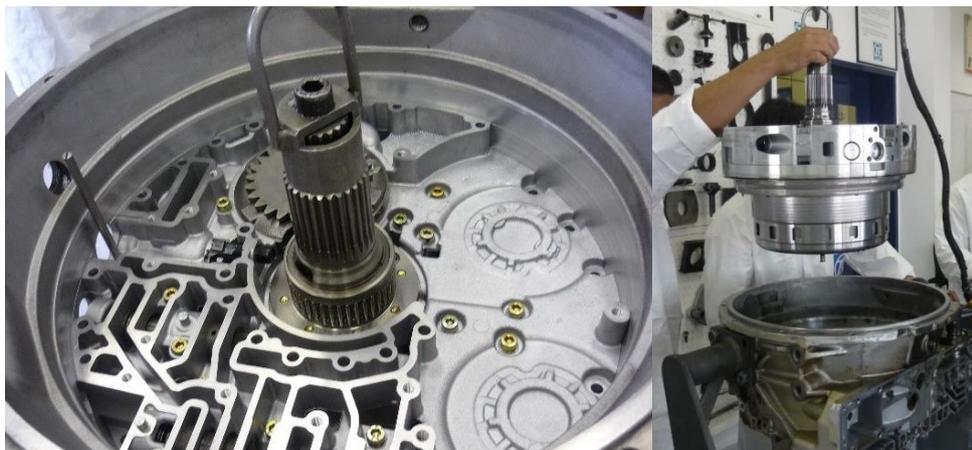


### **3.11.9 Desmontaje de la Unidad de Control (Distribuidor de Aceite y Carcasa del Embrague A y B)**

- Dar vuelta a la caja y proceder al desmontaje del distribuidor de aceite con la carcasa de los embragues A y B.

**Figura 51**

*Desmontaje del Distribuidor Hidráulico*



- Se separa el distribuidor de aceite y el casquillo del guía del embrague.
- Se separa el distribuidor de aceite de la porta embrague A y B.

**Figura 52***Separación del Conjunto del Distribuidor Hidráulico*

- El distribuidor queda separado para realizar el proceso desarmado para así verificar si hay pieza afectada.

**Figura 53***Conjunto del Distribuidor de Aceite*

### 3.11.10 Carcasa de Embrague A Y B

- Retirar los tornillos del rotor del retardador y luego extraer el rotor.

**Figura 54***Rotor del Retardador*

- Quitar el escudo obturador y la junta.

**Figura 55**

*Plato del Retardador*



- Después de realizar un minucioso resumen del proceso de desarmado de la caja de cambio automática, se verificó el estado de cada de los componentes al momento de su desmontaje, dando como resultado que todos están en su desgaste normal o parámetros normales de cada pieza. Pero a la vez hubo un indicativo que la causa de la falla principal que está generando los códigos de falla está sucediendo en la unidad de control o más conocido como el distribuidor de aceite que viene en conjunto con la porta embrague donde también hace la función de retardado de la caja. En el siguiente capítulo se demostrará con mayor detalle el desarme de este conjunto.

## Capítulo IV

### 4 Análisis de Fallas, Causa de los Componentes Afectado y Posible Soluciones

En esta sección se busca determinar cuál o cuáles son las causas que están generando la falla por consiguiente se tendrá que realizar pruebas y mediciones con el motivo de determinar la causa de dichos problemas en estas cajas automáticas, se llevará a cabo las verificaciones de los componentes afectados y el análisis respectivo tomando como base los datos técnicos de los fabricantes.

#### 4.1 Antecedente

El operador reporta una deficiencia de frenado del retardador y resbalamiento del embrague al entrar un cambio de marcha.

- **Primer Paso:** Se realiza una verificación real con el conductor para monitorear el actuar del retardador de la caja automática.
- **Segundo Paso:** Con el precedente resultado se toma la decisión de realizar un desmontaje completo a la caja de cambio automática y analizar cuál es la causa principal que ocasiona esta falla recurrente.
- **Tercer paso:** Con la caja previamente desarmada se apreció con mayor detalle los componentes desgastados que estaban ubicados dentro del distribuidor hidráulico, donde se presume que es la causante de los problemas que presenta la unidad.

#### 4.2 Observaciones de los Componentes Afectados

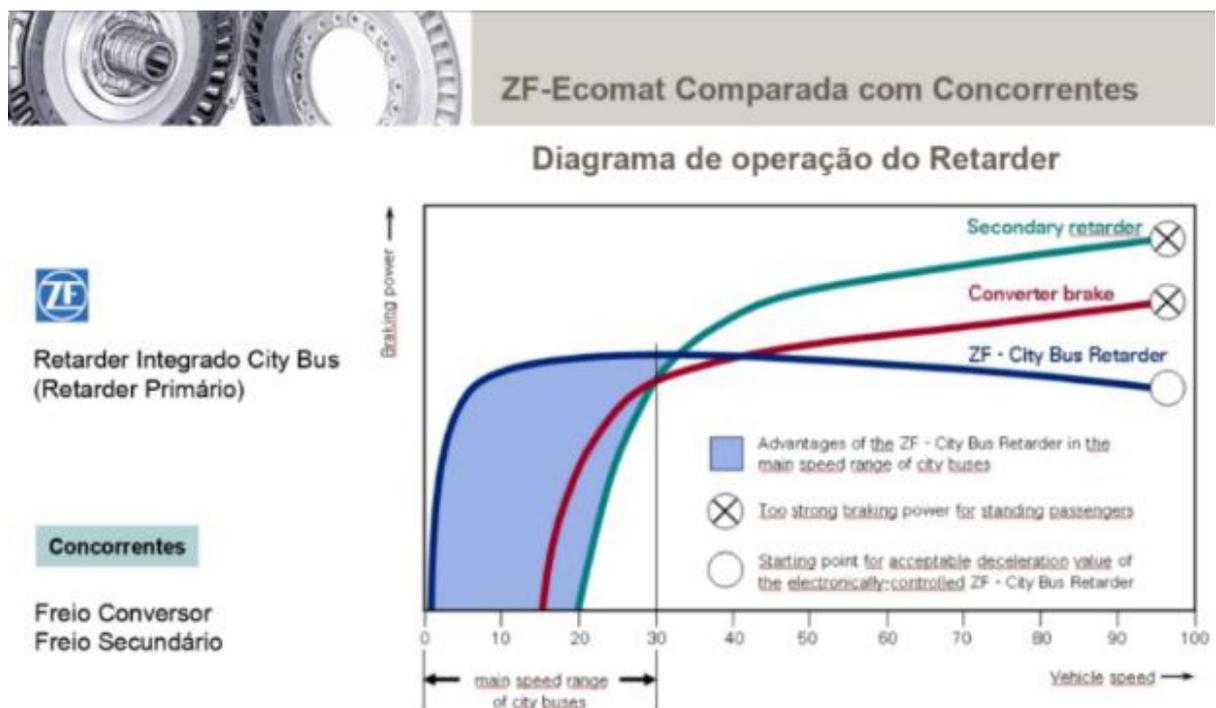
##### 4.2.1 *Funcionamiento del Sistema del Retardador de la Caja de Cambio Automática*

Durante el proceso de frenado que es iniciado por medio de una válvula de accionamiento manual o por el pie. El solenoide variable del retardador obtiene el mando de la central, liberando la entrada de aceite al circuito del retardador debido al giro del motor accionado por el vehículo a través de los ejes, la transmisión cardán, la caja de cambio y el embrague que está conectado al aceite en el interior del retardador que recibe una aceleración

centrifugar que le permite ponerse en movimiento. El flujo de aceite es transportado por el rotor hacia los álabes del estator que se encuentra fijo donde es derivado, retenido o frenado debido a la desviación del chorro de aceite en el estator, además que frena el movimiento de giro del rotor, por lo tanto, la velocidad del vehículo. La fricción produce una elevación de la temperatura del aceite que llega hasta los 120°C y que es enfriado, en caso de motores refrigerados por agua, a través de un intercambiador de calor por donde circula la misma agua del radiador y si trata de motores refrigerados por aire, se vale de la circulación del aire que lo rodea para disipar el calor.

**Figura 56**

*Diagrama de Operación del Retardador*



Fuente: Manual de reparación ZF- Ecomat 4

#### 4.2.2 *Componente Desgastado al Momento del Desarme de la Caja de Cambio*

Al momento de realizar el desarme del conjunto del distribuidor hidráulico con el porta embrague se puede apreciar un desgaste anormal del asentamiento del plato del retardador de la caja como se observa en la Figura 57.

**Figura 57**

*Plato del Retardador de la Caja*



### **4.3 Pruebas de Presiones y Mediciones**

#### **4.3.1 Medición del Asentamiento**

Acto seguido se procederá a medir la superficie donde se asienta el plato del retardador. Con los resultados obtenidos con esta medición se pudo comprobar que tenía un desgaste anormal, como se identifica en la Figura 58.

**Figura 58**

*Medición del Asentamiento del Plato Retardador*



#### **4.3.2 Prueba de Presión de los Émbolos en el Embrague A/B**

Se monta el manguito de alimentación en el casquillo de guía del embrague.

**Figura 59**

*Herramienta de Prueba de Presión*



Se procede a conectar el equipo de aire comprimido para después ajustar la presión a  $250 + 50$  kpa a fin de exponer sucesivamente cada émbolo por separado a una presión máxima de 300 kpa y luego se corta el suministro de aire comprimido durante 10 segundos, como punto relevante la presión no debe caer por debajo de 140 kpa. Se probó las tres conexiones y se verificó la presión donde se pudo constatar que existía un exceso de presión, por consiguiente, se procedió a desmontar la carcasa del embrague y revisar el defecto, como se muestra en la Figura 60.

**Figura 60**

*Prueba de Presión*



#### 4.4 Revisión de la Carcasa del Embrague A/B Verificación

A continuación, se efectúa el desmontaje de este conjunto donde se verifica y se toma las medidas pertinentes de acuerdo con el manual de reparación de la caja automática ZF Ecomat 4. Luego se dará la vuelta a la carcasa del embrague para colocarla encima del dispositivo tensor y empujar el anillo de la unidad de transmisión contra la carcasa del embrague donde se extrae los tornillos.

**Figura 61**

*Carcasa del Embrague*



- Se afloja el dispositivo tensor para retirar el anillo de la unidad de transmisión.

**Figura 62**

*Conjunto de Disco de Embrague*



- Se retira los resortes con los dos pasadores de seguridad diametralmente opuestos, además se extrae el disco de presión junto con el paquete de disco B. luego se procede a verificar los paquetes de disco de embrague B que salieron desgastado.

#### 4.4.1 Mediciones con Láminas de Calibraciones

Al momento de realizar el desmontaje del porta embrague, se realiza mediciones con la herramienta comparador de láminas con la que se midió la holgura que dio como resultado una holgura excesiva, que por método técnico sería el causante del problema que se produce en estas cajas automáticas debido a la baja presión del sistema provocando un calentamiento y falla en el circuito hidráulico de la caja, ocasionando inconvenientes en el frenado del mismo retardador.

**Figura 63**

*Medición de la Galga de Pie de Rey*



**Figura 64**

*Carcasa de Embrague*



**Figura 65**

*Medición de Holgura de los Paquetes de Disco B*



#### 4.5 Disco de Embrague Desgastado B

Las causas principales de daños en el disco por desgaste son por demasiado calor y polvo. En caso de que el fluido de una transmisión y el de su sistema de enfriamiento se cambiaran invariablemente de acuerdo con las especificaciones del fabricante, no se debe esperar a tener un desgaste apreciable antes de 160.000 km de condición promedio con pocas excepciones, desde luego, no es este el caso, se puede encontrar discos y placas quemados o gastados, así como deformados en formas de cono, que en todos los casos se debe cambiar. Procederemos al análisis de desgaste del disco según su tolerancia.

#### Figura 66

*Disco de Embrague B Desgastado*



#### Tabla 6

*Número de Discos*

<b>Componente</b>	<b>Acero</b>	<b>Forrados</b>
Embrague A	7	7
Embrague B	5	4
Freno D	5	3
Freno E	7	6
Freno F	8	7
Freno G	10	7
Embrague Lock Up H	2	2

**Tabla 7***Tolerancias de Desgaste*

<b>Denominación</b>	<b>Tolerancia</b>	
<b>Lados de entalladuras</b>	Caja de transmisiones:	0.15 mm
	Discos:	0.20 mm
<b>Discos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocidas o deformación máxima</li> <li>• Los discos con huellas de quemadura</li> <li>• Defectuosa deben ser reemplazados por discos nuevos.</li> </ul>	
	<b>Dimensiones</b>	Embrague A:
	Embrague B:	1.6 a 2.1 mm
<b>Frenos</b>	Freno D:	1.6 a 2.1 mm
	Freno E:	2.5 a 3.0 mm
	Freno F:	3.2 a 3.7 mm
	Freno G:	2.8 a 3.3 mm
	Embrague Lock Up H:	0.8 a 1.2 mm

**4.6 Verificación de Discos de la Caja Automática ZF**

Se comprueba la planeidad de los discos en una mesa plana.

- **Datos técnicos:**

- a) Reemplazar los discos torcidos, cóncavos o pocos planos si la desviación es mayor de 0,3 MM.
- b) Cambiar los discos de acero con huella de quemadura o los discos forrados que presenten daños en estas últimas.

- c) Reemplazar también los discos con dientes dañados o gastados.
- d) El máximo desgaste admisible es de 0,2 MM en cada flanco de dientes.

#### **4.7 Resultado de los Análisis de la Falla de la Transmisión de los Componentes**

##### **Afectados**

El proceso de desarmado de la caja automática Zf Ecomat 4 nos permite identificar la falla donde se pudo observar el desgaste en ciertos componentes que se encuentran ubicados dentro de un sistema que trabaja con presiones hidráulicas para su correcto funcionamiento.

El distribuidor hidráulico de la caja automática es un componente que trabaja en conjunto con el porta embrague, por consiguiente se observa un desgaste superficial en toda la circunferencia donde asienta el plato del retardador de la caja, por lo tanto, se produjo un proceso de prueba de presiones que el manual de reparación indica realizar para poder tener en cuenta que las presiones y el sistema hidráulico de la caja no tenga ninguna fuga al momento de armar el conjunto del distribuidor hidráulico con el porta embrague. Se determina por medio de la prueba de presión de aire en el sistema del porta embrague que había una baja presión dentro de dicho sistema, cuyo resultado dio negativo por lo que se procede a realizar el desmontaje de este conjunto para después verificar los paquetes de discos que trabajan en este conjunto, donde se pudo observar un desgaste y calentamiento en cierto disco. Luego se procede a tomar la medida de holgura donde trabajan los discos de embrague que dio como resultado que un paquete de disco de embrague de la sección B arrojó una medida de bastante holgura.

Se verifica, se observa y se analiza el problema que nos permitió determinar que el desgaste que tenía este conjunto de disco sería interno de la carcasa del porta embrague. Entonces en conclusión sobre el análisis de la falla nos indica que se produjo un problema de baja presión en el circuito hidráulico donde los componentes afectados eran del conjunto del distribuidor hidráulico, donde el desgaste se obtuvo en el asentamiento de los paquetes de disco B donde la holgura fue excesiva y la causante de falta de presión debido al desgaste del asentamiento del

plato del retardador donde se produce una presión baja y un esfuerzo de la caja de presiones que son muy importante para un sistema hidráulico de una caja automática.

#### 4.8 Costo de Componente Afectados

El componente afectado es el porta embrague que hace conjunto con el distribuidor hidráulico donde se pudo detectar que el desgaste es interno y externo, por consiguiente se procede a realizar una lista de costos para el mantenimiento y sustitución de la pieza afectada.

**Tabla 8**

*Lista de Costos*

<b>Pieza importada</b>		<b>Pieza artesanal</b>	
Porta embrague completo	\$ 4000	Pieza reparada artesanalmente	\$ 200
Mano de obra de reparación	\$ 1500	Discos afectados	\$ 200
Suministro y aceite	\$ 500	Mano de obra	\$ 1500
		Suministro y aceite	\$ 500
<b>Subtotal</b>	<b>\$ 6000</b>	<b>Subtotal</b>	<b>\$ 2400</b>

Como se puede apreciar en el cuadro de los costos el valor del porta embrague es muy elevado, ya que no se trata de una sola unidad sino una flota de 20 unidades que poco a poco empezaron con los mismos síntomas generando la falla recurrente en la caja de cambio automática lo cual representa perdidas para la empresa, ya que la importación del repuesto consume demasiado tiempo y dinero. Se tuvo que encontrar una posible solución para que las unidades afectadas queden operativas, ya que el problema se lo identifico solo en conjunto del distribuidor hidráulico que trabaja conjunto al porta embrague.

## **4.9 Propuestas**

### **4.9.1 Primera Propuesta:**

A bases de datos técnicos y experiencia sobre el tema de las cajas automáticas se tomó una posible solución para que no se haga la sustitución del componente afectado con uno de importación, ya que tardan en llegar al país aparte de ser muy costosos. Se observó dos parámetros: exceso de holgura y desgaste donde asienta el plato retardador. En ese caso el porta embrague mostraba un desgaste interno en el área donde está situado el paquete de disco B, entonces se tuvo la idea de implementar un disco de embrague que complemente o selle ese espacio de holgura excesiva que contiene esa área al momento de medir de forma artesanal. Se tuvo que buscar un disco de embrague a medida para que haya la holgura correspondiente, pero teniendo en cuenta que no se puede dejar la holgura mínima porque se quema los discos y tampoco se puede dejar demasiada holgura porque comienza a golpear y daña los dientes del disco 2.1, 2.2, 2.3 hasta 2.6.

- **Costo de Componente Afectados**

El componente afectado es el porta embrague que hace conjunto con el distribuidor hidráulico donde se pudo detectar que el desgaste es interno y externo, por consiguiente se procede a realizar una lista de costos para el mantenimiento y sustitución de la pieza afectada.

### **4.9.2 Segunda Propuesta**

#### **Reparación o Solución sobre el Asentamiento del Plato del Retardador:**

Llevar a cabo un trabajo de relleno donde se encuentra el desgaste de la pieza para proceder a su respetiva reutilización como nos indica la fábrica que sería una opción dada por el boletín del fabricante las cuales podemos observar sus respetivos objetivos.

- **Objetivos Generales:**

- a) **Precios más competitivos en el mercado para reparaciones:**

El principal problema en el mercado es la existencia de talleres de reparación independientes los cuales trabajan con piezas propias, representando así una amenaza a nuestro negocio de reparaciones en nuestro departamento de servicio al cliente; ya que. Nuestra meta es la de ganar gran parte de este segmento del mercado.

- b) **Reducción en los costos de garantías y tratos deferentes:**

Se han ido incrementando por medio de una mentalidad de intercambio y de altas tarifas de aduana en las importaciones, a través del retoque de piezas costosas se puede lograr una solución efectiva.

- c) **Disminución de material valioso en la chatarra**

Según investigaciones realizadas por nuestro equipo de trabajo se ha pronosticado un incremento de 100 toneladas de chatarra por año. Nuestro propósito es reducir significativamente el número de toneladas por año.

- d) **Mejoramiento en la comunicación**

El departamento de servicio al cliente de ZF ha estado trabajando arduamente en la realización y desarrollo del retoque de piezas, pero comunicarlo de una manera más efectiva, se ha desarrollado un manual reparación en donde se especifica los límites de desgaste, facilitando el diálogo interno en la organización de la empresa.

- e) **Nuevo concepto de venta**

A través de la oferta de repuestos que exigen retoque se puede obtener una ganancia igual o mayor. Así como también se disminuye la venta de repuestos, logrando una mayor efectividad en nuestra área del servicio al cliente.

**Figura 67***Borde Desgastado de la Carcasa del Porta Embrague*

Fuente: Manual de reparación ZF- Ecomat 4

**4.10 Diseño del Disco de Embrague que se va a Instalar**

- Orden de los discos y colocación del disco 2.1 mm para montaje de la pieza.

**Figura 68***Embrague 2.1 mm Espesor***Figura 69***Montaje de Discos de Embrague*

- Con la colocación del disco embrague se va a compensar la fuga o la excesiva holgura que da como medida al momento de montar los discos de embrague.

**Figura 70**

*Disco de Embrague de Acero 2.1 mm*



#### **4.11 Montajes de los Discos**

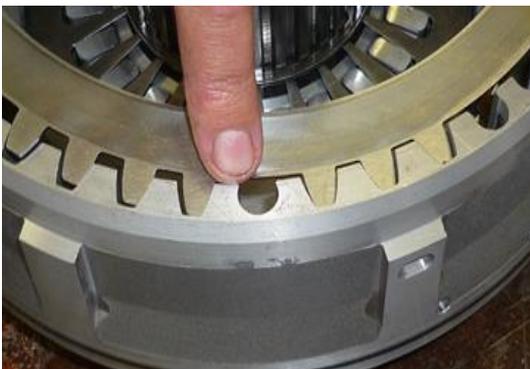
**Figura 71**

*Carcasa del Porta Embrague*



**Figura 72**

*Instalación del Disco de 2.1mm de Espesor*



#### 4.12 Medición de Holgura

Se tomó la medida de la holgura ya instalada el disco de 2.1mm. La medida de la holgura fue de 1.9 mm, Holgura en el manual indica que debe ser 1.6 a 2.1.

#### Figura 73

*Medición de Holgura*



#### 4.13 Prueba de Presión

Se efectúa una prueba de presión con las medidas que indica el manual de reparación ZF Ecomat 4, donde la presión no cayó más de los 200 kpa, presentando presiones que están en el funcionamiento normal del porta embrague.

#### Figura 74

*Prueba de Presión*



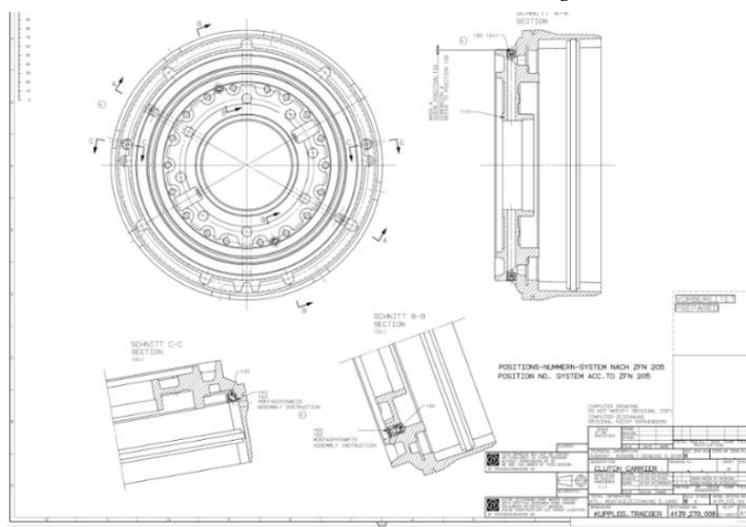
#### 4.14 Reparación o Solución sobre el Asentamiento del Plato del Retardador

A través de las distintas pruebas técnicas realizadas se conoció el desgaste que poseía el porta embrague en su asentamiento donde se pudo apreciar con mayor detalle al momento del desmontaje del sistema de retardador. Se lleva a cabo una minuciosa investigación de determinadas ideas y procedimientos por medio de un manual de reparaciones previamente

avaladas por la fábrica, asimismo se verificó cada una de las conclusiones emitidas a partir de los resultados obtenidos. El principal propósito de la producción de este manual de reparaciones de piezas ECOMAT, es el de dar a conocer cómo piezas costosas, pueden ser reparadas de una manera sencilla permitiendo la reutilización de las mismas. A la vez el departamento de servicio al cliente de ZF obtiene una ventaja competitiva con respecto a los talleres de reparación disminuyendo notablemente los costos.

### Figura 75

#### *Diseño Técnico de la Carcasa de Porta Embrague*



Fuente: Manual de reparación ZF- Ecomat 4

### 4.15 Armado del Distribuidor Hidráulico o Unidad Control

Se procede al montaje de todos los componentes de la caja automática ZF Ecomat 4 poder dar funcionamiento con el vehículo prendido.

### Figura 76

#### *Conjunto Completo del Distribuidor Hidráulico o Unidad de Control*

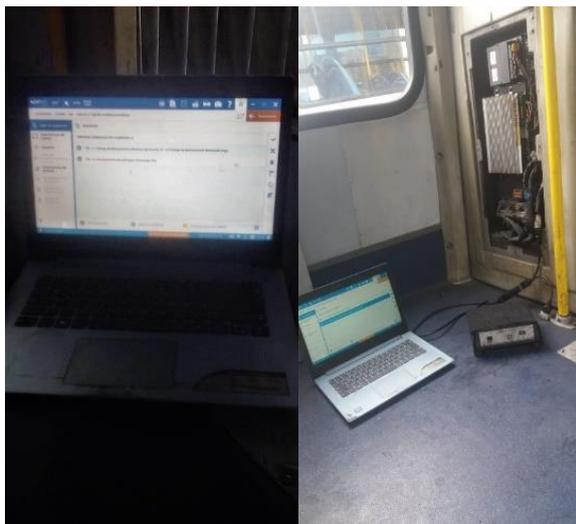


#### 4.16 Proceso Final y Operativo

Después del desmontaje y montaje de la caja de transmisión automática se procede a realizar las verificaciones de los códigos por medio de la utilización de una computadora y el temaprop de ZF para comprobar, si todo está en los parámetros normales.

##### Figura 77

*Verificación de Código de Falla*



Se procede a realizar una prueba de ruta para comprobar si todo está funcionando de forma correcta y que no esté generando alguna falla. La unidad quedó operativa para su futuro recorrido en la ciudad de guayaquil.

##### Figura 78

*Bus del Consorcio Metroquil # 101, Unidad Operativa - Prueba de Ruta*



Al momento de realizar el proceso de reutilización de la pieza afectada previamente mencionada para su respectivo funcionamiento en la caja automática se debe llevar a cabo los siguientes pasos:

- Revisión del plato donde se asienta el retardador de la caja automática, se tomará las medidas respectivas para verificar el desgaste de la carcasa del portaembrague.
- Conectar el equipo de aire comprimido y ajustar la presión a 250 +50 kpa, luego cortar durante 10 segundos el suministro de aire donde se debe tener en cuenta que la presión no debe caer por debajo de 140 kpa.
- Al momento del desarme del portaembrague se debe realizar la revisión de los discos de embrague, revisión de tolerancia de desgaste, conicidad y huellas de quemadura.

Con los datos obtenidos de todas las pruebas realizadas y mediciones de la pieza donde si el resultado es negativo se llevará a cabo la reutilización de dicha pieza con los siguientes requerimientos a seguir:

Según los procedimientos de reparación del manual se procede a desaparecer el desgaste excesivo donde se asienta la sección b de los discos de embrague, utilizando o introduciendo un disco más al paquete de disco de embrague b. Se procede a realizar la toma de medidas y pruebas de desgaste para la utilización del disco donde se utilizó un disco de 2.1mm. Continuamos con el armado del portaembrague para luego realizar la prueba del aire comprimido y las presiones según los ajustes que se especifique en el manual del fabricante.

Después se rellena de aluminio el desgaste donde asienta el plato de retardador para luego recoger las medidas y verificar el asentamiento del plato retardador, luego se arma todo conjunto del distribuidor hidráulico y la caja automática. Por último, se da el arranque a la unidad y se verifica los códigos de falla.

## 5 Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

A través del análisis y encuestas realizadas a los choferes y mecánicos experimentados de la compañía se obtuvo como resultado las diferentes averías de forma prematura en la caja automática ZF Ecomat 4, el cual afecta de forma directa al transporte urbano.

Por medio del análisis de falla realizado en el conjunto del distribuidor hidráulico, se determina la existencia de fallas dentro del porta embrague, por ende, se generan inconvenientes de forma común y consecutiva en el sistema de frenado del retardador y el patinaje entre las marchas, donde se procede hacer una verificación de los componentes afectados mediante la realización de pruebas y mediciones de las cuales arrojaron valores negativos.

Se propone a realizar un árbol de falla para poder dar una mejora o solución ante el problema que presentaba el portaembrague de la caja automática verificando por medio de mediciones y pruebas de presiones para buscar una respuesta ante lo sucedido en este sistema que trabaja con presiones hidráulicas.

Se procede a realizar las propuestas ya mencionadas, el cual expone una serie de ventajas donde son viables para la implementación de soluciones a los problemas que actualmente se originan de forma rápida y eficaz, con el objetivo principal de evitar la pérdida de tiempo, dinero y productividad.

Al finalizar podemos destacar que hemos cumplido con los objetivos generales y específicos inicialmente propuestos, mediante el cual se realiza un importante aporte al sector de la mecánica automotriz del Ecuador.

## **5.2 Recomendaciones**

Al momento de reutilizar los componentes del portaembrague se debe tener en cuenta la realización de pruebas y mediciones.

Verificar periódicamente el sistema enfriamiento de motor y reemplazar el aceite a 120 000 km con el aceite original recomendado por fabricante y recoger muestra de aceite para su respectivo análisis.

Se recomienda continuar con el estudio técnico, aplicando los conocimientos y técnicas aprendidos en los diferentes sistemas de caja automática ZF Ecomat.

## Bibliografía

Autofácil. (15 de 07 de 2020). *Convertidor de par: como funciona y que partes lo componen.*

<https://www.autofacil.es/tecnica/convertidor-de-par-como-funciona/179135.html>

Automotriz, I. y. (20 de 01 de 2020). *Tracto Camiones.*

<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-retardador-magnetico-o-retarder-en-vehiculos-pesados/>

AUTOSUR. (s.f.). *Cajas de cambio . ZF ECOMAT:*

<https://autosurdelevante.com/producto/zf-ecomat/>

Chérrez, F., & Berbeo, L. (2014). Implementación de un banco didactico de un sistema de transmisión automática de suzuki forza modelos 1 y 2 para la escuela de ingeniería automotriz. *Tesis de ingeniería.* Facultad de Mecánica Escuela de Ingeniería Automotriz, Riobamba.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3364/1/65T00121.pdf>

Cienciasfera. (s.f.). *Caja de cambios .*

[https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema21/32\\_caja\\_de\\_cam-bios.html](https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema21/32_caja_de_cam-bios.html)

CPTDB, w. (24 de 10 de 2010). *ZF Ecomat 2.* [https://cptdb.ca/wiki/index.php/ZF\\_Ecomat\\_2](https://cptdb.ca/wiki/index.php/ZF_Ecomat_2)

CPTDB, w. (26 de 01 de 2010). *ZF Ecomat 4.* [https://cptdb.ca/wiki/index.php/ZF\\_Ecomat\\_4](https://cptdb.ca/wiki/index.php/ZF_Ecomat_4)

España, Z. S. (s.f.). *Feria virtual . Automoción:*

<https://www.interempresas.net/Automocion/FeriaVirtual/Producto-Transmisiones-automaticas-de-distintas-velocidades-90689.html>

Ferrer, J., & Domínguez, J. (2008). *Sistemas de transmisión y frenado.* Editex.

Ferri, S. (2013). Proyecto de evaluación experimental entre un vehículo de transmisión manual y uno de transmisión automática para determinar los beneficios de cada uno según la topografía y las condiciones de manejo en la ciudad de Quito. *Título de Ingeniero Automotriz*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.  
[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4787/1/51096\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4787/1/51096_1.pdf)

Metrovía. (s.f.). *Operadores*. <https://metrovia.atm.gob.ec/metrovia/operadores>

Metrovía. (s.f.). *Qué es la metrovía?* <https://metrovia.atm.gob.ec/metrovia/fundacionmetrovia>

Plaza, D. (s.f.). *Motor.es*. Qué es el convertidor de par?: <https://www.motor.es/ques/convertidor-de-par>

TRW. (s.f.). *Sobre TRW*. <https://www.trwaftermarket.com/es/sobre-trw/>

ZF. (s.f.). La historia de ZF:

[https://www.zf.com/mobile/en/company/heritage\\_zf/heritage.html](https://www.zf.com/mobile/en/company/heritage_zf/heritage.html)

**Anexo 1**

Guayaquil 9 de febrero, 2021

SR,

Ing. Rafael Zambrano Mantuano

Jefe de taller

Consortio Metroquil

Ciudad. –

De mis consideraciones;

Yo Andrés Alejandro López Mizhquero con C.I.0955741277 me dirijo a usted para solicitarle me conceda el aval institucional de la entidad que usted colabora a fin de poder realizar el trabajo previo a la titulación de la escuela mecánica automotriz de la facultad de ingeniería en mecánica automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) cuyo proyecto investigativo se titula Tesis “Evaluación de la falla del distribuidor hidráulico de la transmisión ZF ECOMAT4 en la flota de buses del consorcio METROQUIL”. Este pedido lo realizo pues considero que sería un gran aporte a la compañía.



Andrés Alejandro López Mizhquero

C.I:0955741277





Consortio Metroquil  
AV .Raúl Clemente Huerta-Estación Guasmo sur  
Teléfono: 6005590 – 6005591 - 6005592  
DESARROLLO HUMANO

## CERTIFICADO DE AUTORIZACIÓN

Guayaquil, 09 de febrero del 2021

SR.

Andrés Alejandro López Mizhquero

Estudiante de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), Extensión Guayaquil

Ciudad. -

De mi consideración:

Por el medio de la presente nos permitimos a conceder que proceda a realizar el proyecto de investigación denominado Evaluación de la Falla del Distribuidor Hidráulico de la transmisión ZF ECOMAT 4 en la flota de buses del consorcio METROQUIL mismo que le servirá para la obtención del título de ingeniero en Mecánica Automotriz y demás tramites correspondiente a su proyecto de investigación científica.

Sus funciones a realizar:

El Sr. Andrés López, durante el tiempo de su permanencia, tiene que demostrar puntualidad, honestidad y responsabilidad en los estudios realizados.

Atentamente:

Ing. Manuel Mizhquero Cárdenas

**Jefe de laboratorio de caja automática**

CONSORCIO  
MetroQuil Rafael Zambrano Mantuano

**Jefe de taller**



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**  
**ENCUESTA DIRIGIDA A CHOFERES DE LA METROVIA**

Solicito de manera cordial su colaboración para responder la siguiente encuesta. Su opinión nos ayudará a la elaboración de este trabajo de investigación técnica, que está enfocado en **EVALUACIÓN DE LA FALLA DEL DISTRIBUIDOR HIDRÁULICO DE LA TRANSMISIÓN ZF ECOMAT 4 DE LA FLOTA DE BUSES DEL CONSORCIO METROQUIL.**

La información recopilada es confidencial y de absoluta reserva, únicamente para uso de la investigación. Por tanto, sírvase prescindir de identificación alguna.

**1. ¿Ha sentido que, durante su recorrido al momento de frenar la unidad su frenado no es eficiente?**

SI                       NO

- **Si su respuesta es sí:**

Falla en el sistema de frenado   

Fuga de aceite   

Subida de temperatura   

**2. ¿Ha presentado inconvenientes en la eficiencia del frenado durante largos periodos de trabajo?**

SI                       NO

┆ Si su respuesta es sí:

100 a 400 h

400 a 700 h

700 a 1200 h k

3. ¿En su recorrido habitual en su unidad ha experimentado otro tipo de síntomas?

SI

NO

- Si su respuesta es sí:

Calentamiento del sistema de refrigeración

Falta de potencia

Ruido anormal al entrar una marcha

4. ¿Por qué piensa usted que se generan fallas continuas en la caja de cambio automático?

Mala calidad del producto

Modo de conducción del chofer

Diseños incorrectos de los componentes internos

Problema de fabricación inicial

5. ¿Usted ha experimentado en otras unidades los mismos problemas?

SI

NO

6. ¿En qué le perjudica a usted directamente los problemas que se presenta a menudo en la caja de cambio automático?

• Puede marcar más de una opción.

Pérdida de tiempo

Inseguridad al conducir

Baja productividad

Pérdida de dinero



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**  
**ENCUESTA DIRIGIDA A MECÁNICOS EXPERIMENTADOS**

Solicito de manera cordial su colaboración para responder la siguiente encuesta. Su opinión nos ayudará a la elaboración de este trabajo de investigación técnica, que está enfocado en **EVALUACIÓN DE LA FALLA DEL DISTRIBUIDOR HIDRÁULICO DE LA TRANSMISIÓN ZF ECOMAT 4 DE LA FLOTA DE BUSES DEL CONSORCIO METROQUIL.**

La información recopilada es confidencial y de absoluta reserva, únicamente para uso de la investigación. Por tanto, sírvase prescindir de identificación alguna.

**1. ¿Cree usted, que los problemas se generan por la mala operación o conducción del operador?**

SI                       NO

**2. ¿Cree usted que las fallas se originan por falta de mantenimiento preventivo?**

SI                       NO

**3. Técnicamente y según su experiencia. ¿Porque cree usted que se generan consecutivamente este tipo de fallas en el sistema de trasmisión automática?**

- Puede marcar más de una opción.

Mala calidad de material de fabricación donde se aloja los discos de embrague

Desgaste excesivo dentro de la unidad de control

Problema interno en el sistema retardador de la caja

---

4. **¿Realizando las siguientes modificaciones, consideraría usted que solucionarían los problemas que consecutivamente se originan en la transmisión automática?**

- Puede marcar más de una opción.

Corrigiendo un ajuste entre los discos de embrague en la unidad de control

Tomar medidas y rellenando donde se haya un desgaste con un material idéntico al componente

Cambiar los componentes afectados

**Gracias por su colaboración**