



## **ING. AUTOMOTRIZ**

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención  
del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

**AUTORES:**

Esteban Mateo Lucero Unda  
Steven Fernando Morejón Quito

**TUTOR:**

Ing. Denny Javier Guanuche Larco

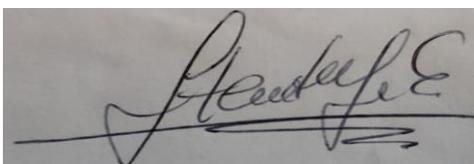
**Análisis de variación de temperatura en transmisiones EATON FULLER 16918B en tracto camiones  
Internacional 9200 mediante muestreo de aceite y su influencia en el desgaste prematuro de la transmisión.**



## CERTIFICACIÓN

Nosotros, **Steven Fernando Morejón Quito** y **Esteban Mateo Lucero Unda** declaramos que somos autores de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal nuestro. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que se publique y divulga en internet, según lo establecido en la ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



---

STEVEN FERNANDO MOREJON QUITO  
CI. 1803760733



---

ESTEBAN MATEO LUCERO UNDA  
CI. 1726612763

Yo, Ing. Denny Javier Guanuche Larco certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.



---

ING. DENNY GUANUCHE  
CI.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a Dios y a mi familia por ser el apoyo principal para poder cumplir esta meta

Dicho trabajo de titulación va dedicado a mi familia y a mi abuelita que desde el cielo guía mi camino para ser la persona que soy en el día a día, a mis padres por apoyarme siempre y nunca dejarme desmayar en todo este proceso, gracias por enseñarme a ser una persona humilde y honrada y por todos los valores que aportaron a mi vida.

Dedicado a mis hermanos por brindarme las fuerzas y las enseñanzas necesarias para poder culminar con éxito esta hermosa etapa de mi vida.

En fin, dedicado a todos los que pusieron un granito de arena para poder culminar con éxito esta etapa.

Esteban Mateo Lucero Unda

## **DEDICATORIA**

Este trabajo final, se lo dedico a mis padres quienes fueron un pilar fundamental en mi formación académica y moral, ha sido un camino largo y complicado en estos últimos años, pero siempre he visto que con la compañía adecuada todo se puede. Espero que mis padres se sientan orgullosos de la persona que formaron y que de aquí en adelante todos mis logros se los dedico a ellos (Agustín Morejón y Rosa Quito). Algún día espero ser un punto de referencia para mí sobrina que aún está pequeña pero que día con día ella me enseña que los niños también nos dan lecciones de Vida.

Steven Fernando Morejón Quito

## **AGRADECIMIENTO**

Cada día debemos dar gracias a dios por un día más de vida, hoy le quiero dar las gracias a dios por permitiré cumplir una meta más en mi vida, que la soñé algunos años atrás.

Doy gracias a dios y a mis padres Edwin y Jimena por ser mi apoyo y mi guía incondicional dentro de esta hermosa etapa de mi vida, por haberme brindado todas las herramientas necesarias para poder ser quien soy hoy en día, a mis hermanos, Rodrigo y Sarita por ser el principal apoyo y no dejarme desmayar en ninguna circunstancia de esta etapa universitaria

Agradezco también a todos mis amigos por ser un pilar fundamental dentro de las aulas y por todo el aporte y soporte que me brindaron

Agradezco a mi segundo hogar, la UIDE en especial a la facultad de ingeniería automotriz por haberme brindado todo el conocimiento que ha sido de valioso aporte en mi vida profesional y como persona y a todos los docentes que aportaron con un granito de arena para formar la persona que soy hoy en día.

Finalmente agradezco a todas las personas que fueron parte de esta meta porque sin ustedes no lo hubiese logrado.

Esteban Mateo Lucero Unda

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mis padres y a mi familia por todo el apoyo moral y financiero que pude haber recibido en todo este tiempo. Está va por ti Rosita...

Steven Fernando Morejón Quito

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	8
1. Introducción.....	9
2. Marco teórico.....	10
2.1 Principios de la Termodinámica y Ley “cero”.....	10
2.2 Termometría y Cámara Termográfica.....	10
2.3 Transmisión Mecánica.....	10
2.4 Tribología.....	11
2.5 Aceite lubricante de caja manual.....	11
2.6 Tipos de análisis de aceite lubricante.....	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1 Materiales.....	12
3.1.1 Transmisión manual EATON FULLER.....	12
3.1.2 Prueba de aceite lubricante.....	14
3.1.3 Equipos.....	14
3.2 Metodología.....	15
3.2.1 Desmontaje e inspección de la caja de cambios.....	16
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	16
5. CONCLUSIONES.....	22
6. REFERENCIAS.....	23
7. ANEXOS.....	24
Anexos introducción.....	24
ANEXOS INTRODUCCIÓN.....	26
<b>Anexo 1.</b> Mera, C. Evacuación de riesgos mecánicos por método fine en reparación de vehículos automotores. Guayaquil, 2017. ....	26
<b>Anexo 2</b> Bolaños-Moreno, J., Pinto-Ayala, S., & Álvares-Jaramillo, E. (2022). Ventajas y desventajas del uso de fluidos para transmisiones automáticas y transmisiones manuales. 07(10). ....	27
ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	29
<b>Anexo 3</b> Moran, M., Shapiro, H., Boettner, D., & Bailey, M. (2018). Fundamentals of engineering thermodynamics. Ohio: Wiley.....	29
<b>Anexo 4</b> De Prada, F. (2022). La cámara termográfica: una seductora herramienta didáctica. 118(3). ....	31
<b>Anexo 5</b> Lescano, J., & Medina, J. (2017). Estudio de los materiales de una transmisión automática F4A51 del Hiunday santa fe modelo 2003 para la fabricación nacional. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.....	34
<b>Anexo 6</b> Castillo, W., & Toapanta, O. (2019). Principios de tribología aplicados a a ingeniería mecánica. Alicante: Área de innovación y desarrollo, S.L. ....	36
ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
Anexo 7 Eaton Fuller. (2006). Illustrated Parts List RTLO-16918B. Eaton Fuller.....	38
Anexo 8 Instituto Ecuatoriano de normalización. NTE INEN 2028:2011. 2011. Quito.....	49

<b>Anexo 9</b> Eaton Fuller. (2007). Guía diagnóstico de fallas transmisiones fuller de carga pesada. Eaton Corporation .....	57
<b>ANEXOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	59
<b>Anexo 10</b> Resultados prueba de aceites LACBAL .....	59
<b>Anexo 11</b> Eaton Fuller. (2007). Guía diagnóstico de fallas transmisiones fuller de carga pesada. Eaton Corporation.....	61
<b>Anexo 12</b> Imágenes de inspección visual componentes caja de velocidades EATON FULLER 16918B de tractocamiones un una empresa. ....	69
<b>Anexo 13</b> Imágenes termograficas caja de velocidades EATON FULLER 16918B de tractocamiones un una empresa.....	95

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> .....	13
<i>Imagen de los árboles primario, intermedio y de reversa de la caja de velocidades EATON FULLER 16918B.</i> .....	13
<b>Figura 2</b> .....	14
<i>Cámara termográfica profesional UNI-T UTi89 PRO</i> .....	14
<b>Figura 3</b> .....	15
<i>Escáner Automotriz para transporte pesado Vident iEASY320 HD (Heavy Dutty)</i> .....	15
<b>Figura 5</b> .....	17
<i>Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de arranque</i> .....	17
<b>Figura 6</b> .....	17
<i>Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de trabajo</i> .....	17
<b>Figura 7</b> .....	18
<i>Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de sobrecalentamiento.</i> .....	18
<b>Figura 8</b> .....	18
<i>Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de sobrecalentamiento.</i> .....	18
<b>Figura 9</b> .....	19
<i>Cuarta imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B etapa de sobrecalentamiento</i> .....	19
<b>Figura 10</b> .....	19
<i>Última imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa sobrecalentamiento</i> .....	19

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> ....	13
<i>Especificaciones caja Eaton Fuller 16918B.</i> .....	13
<b>Tabla 2.</b> ....	15
<i>Ficha técnica escáner Vident Easy 320HD.</i> .....	15
<b>Tabla 3.</b> ....	20
<i>Temperaturas medidas en diferentes etapas</i> .....	20
<b>Tabla 4.</b> ....	21
<i>Resultados prueba 1 de lubricante</i> .....	21
<b>Tabla 5.</b> ....	21
<i>Resultados prueba 2 de lubricante</i> .....	21

# ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA EN TRANSMISIONES EATON FULLER 16918B EN TRACTO CAMIONES INTERNACIONAL 9200 MEDIANTE MUESTREO DE ACEITE Y SU INFLUENCIA EN EL DESGASTE PREMATURO DE LA TRANSMISIÓN.

Ing. Denny Guanuche<sup>1</sup>, Steven Morejon<sup>2</sup>Mateo Lucero<sup>3</sup>

deguanuchela@uide.edu.ec

<sup>2</sup> *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, CORREO ELECTRONICO @internacional.edu.ec, Quito - Ecuador*

## RESUMEN

**Introducción:** Uno de los factores de mayor importancia para prolongar el tiempo de vida útil de las transmisiones es la **temperatura** ideal de funcionamiento del aceite lubricante, debido a que de esta manera se minimiza el desgaste por roce de las piezas en contacto. Se registraron problemas en las transmisiones EATON FULLER 16918B de tracto camiones, identificando como causa principal el sobrecalentamiento y desgaste mecánico. **Metodología:** Se implementó el método deductivo, haciendo un análisis de imágenes térmicas, así como también se analizó la disminución de la viscosidad del aceite, de esta manera se evaluó el cumplimiento del lubricante con los estándares establecidos por la empresa Internacional. Finalmente, se analizó la relación entre el sobrecalentamiento y el desgaste mecánico de los componentes internos. **Resultados:** Se presentó un aumento constante de la temperatura en la zona de contacto de los piñones del árbol primario e intermedio, sobrepasando la temperatura de funcionamiento, lo cual fue corroborado con la prueba de viscosidad del lubricante y la inspección visual. **Conclusión:** Los análisis realizados y la inspección visual apuntan a que existe desgaste por rozamiento, estos resultados y la guía de detección de fallas del fabricante indican que la causa del sobrecalentamiento se debe a vibración torsional proveniente de la línea motriz, la cual no es alineada según el ángulo recomendado (12°).

**Palabras clave:** Transmisión manual, caja de velocidades, lubricante, desgaste por fricción.

## ABSTRACT

**Introduction:** One of the most important factors to prolong the useful life of transmissions is the ideal operating temperature of the lubricating oil, because in this way the wear due to friction of the parts in contact is minimized. Problems were recorded in EATON FULLER 16918B transmissions for truck tractors, identifying overheating and mechanical wear as the main cause. **Methodology:** The deductive method was implemented, making an analysis of thermal images, as well as the decrease in the viscosity of the oil, in this way the compliance of the lubricant with the standards established by the International Company was evaluated. Finally, the relationship between overheating and mechanical wear of internal components was analyzed. **Results:** There was a constant increase in temperature in the contact zone of the primary and intermediate shaft pinions, exceeding the operating temperature, which was corroborated with the lubricant viscosity test and visual inspection. **Conclusion:** The analyzes carried out and the visual inspection indicate that there is wear due to friction, these results and the manufacturer's fault detection guide indicate that the cause of overheating is due to

torsional vibration from the drive line, which is not aligned according to the recommended angle (12°).

**Keywords:** Manual transmission, gearbox, lubricant, friction wear.

## 1. Introducción

La transmisión mecánica es el elemento que transmite la potencia del motor a las llantas del vehículo mediante una serie de engranes que multiplican y desmultiplican el torque y la velocidad de giro que permite al conductor utilizar las diferentes relaciones de cambio de acuerdo con las necesidades de desplazamiento del vehículo por medio de la palanca de cambios y el mecanismo del embrague (Eaton Fuller, 2007).

La caja de cambios en vehículos de trabajo y transporte pesado es indispensable, permite gestionar adecuadamente el torque del motor a través de sus diferentes relaciones de transmisión y el diseño de la caja que contempla los diferentes engranes empleados, sincronizadores y ejes que trabajan en conjunto para transmitir el movimiento del motor hacia las ruedas. Estos elementos requieren de constante lubricación para reducir en gran medida los efectos mecánicos de fricción, sobrecalentamiento y abrasión, los cuales reducen notoriamente la eficiencia del trabajo de la caja de cambios a la vez que limitan la vida útil de este elemento (Eaton Fuller, 2007).

La importancia que tiene el aceite en los mecanismos de transmisión es tal que los fabricantes evalúan el desempeño de los lubricantes en sus cajas de cambios para avalar que el trabajo realizado por estos aceites sea el ideal manteniendo una temperatura adecuada, a su vez que reduzca el desgaste de las piezas en rozamiento y contacto sin restringir el movimiento de los elementos internos de la transmisión manual (Moran, Shapiro, Boettner, & Bailey, 2018).

En la empresa Austral se registraron problemas en las transmisiones del tracto camiones Internacional 9200, siendo el motivo principal el sobrecalentamiento, funcionamiento restringido y desgaste prematuro de las cajas de cambios.

En el presente trabajo de investigación se analizó el sobrecalentamiento y desgaste mecánico en la transmisión EATON FULLER 16918B del tracto camiones, con la finalidad de establecer las posibles causas del desgaste prematuro, para esto en dicha transmisión se aplicaron dos tipos de pruebas.

En primer lugar, se realizó un análisis térmico de la variación de la temperatura en tres etapas de operación (arranque, temperatura de trabajo y sobrecalentamiento). El segundo análisis consistió en la evaluación de la cantidad de material metálico desprendido debido a la fricción mecánica, de esta manera se evaluó el cumplimiento del lubricante con los estándares establecidos por la empresa International. Finalmente se analizó la relación entre el sobrecalentamiento y el desgaste mecánico de los componentes internos, a través de un análisis que correlaciona las propiedades del lubricante con la temperatura de la transmisión.

Actualmente este tipo de transmisión se la puede encontrar en marcas como Kenworth, International, Freightliner, entre otras, por lo cual esta investigación servirá

como referente para los propietarios de las unidades que presenten un sobrecalentamiento en las transmisiones EATON FULLER 16918B.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Principios de la Termodinámica y Ley “cero”**

La termodinámica es la ciencia que estudia los cambios físicos de temperatura, presión y volumen en los sistemas a nivel macroscópico. Esta ciencia está apoyada en cuatro principios que definen las magnitudes físicas de temperatura, energía, entalpia y entropía.

La ley cero enuncia el concepto de equilibrio térmico, en el cual se establece que si dos cuerpos están en equilibrio térmico con un tercero, todos ellos están en equilibrio térmico entre sí (Lescano & Medina, 2017).

### **2.2 Termometría y Cámara Termográfica**

Para medir la temperatura de cuerpos o sistemas físicos se recurre a la termometría, la cual es una ciencia que se centra en los cambios de propiedades (óptica, eléctrica, mecánica, entre otras), en función de la temperatura haciendo uso de instrumentos que traducen dichos cambios de propiedades en el nivel de temperatura del cuerpo o sistema estudiado (De Prada, 2022).

La cámara termográfica es un instrumento óptico que detecta la variación de la intensidad de un rayo infrarrojo emitido cuando este se refleja sobre un cuerpo caliente, a través de un sensor especial es capaz de convertir la respuesta de la intensidad del rayo infrarrojo en una imagen electrónica que muestra la temperatura aparente de la superficie del objeto medido. A cada valor de temperatura se le asigna un color diferente, dando la matriz de colores resultantes en una imagen (Bolaños-Moreno, Pinto-Ayala, & Álvarez-Jaramillo, 2022).

### **2.3 Transmisión Mecánica**

Es el conjunto de elementos encargados de transmitir el par motor suficiente para poner en movimiento a las ruedas motrices y mantener la marcha para así vencer la resistencia al avance (Eaton Fuller, 2006).

El mecanismo de transmisión está compuesto por embrague, caja de cambios, árbol de transmisión, diferencial, ejes motrices, entre otros, siendo el más importante la caja de cambios, este elemento proporciona las diferentes relaciones de transmisión que permite manejar la relación existente entre par motor, velocidad de giro y potencia (Eaton Fuller, 2007).

La caja está constituida por una serie de engranajes que están dispuestos en diferentes ejes o árboles de transmisión, descritos a continuación.

Árbol primario, es el encargado de recibir el movimiento del motor y tiene piñones conductores que permiten girar en el mismo sentido que el del motor.

Árbol intermedio u opuesto, es el que gira inversamente al movimiento del árbol primario, consta de varios piñones que pueden o no estar girando solidariamente de acuerdo con la marcha seleccionada.

Árbol secundario, consta de varios ejes que están montados sobre el mismo eje que de igual manera pueden girar solidarios o engranados de acuerdo con la marcha seleccionada, este eje secundario es el eje de salida de la caja el que transmite la multiplicación o desmultiplicación del par motor.

Árbol de reversa, es un eje que lleva un único piñón que se interpone entre los árboles intermediarios y secundarios para invertir el giro del árbol secundario haciendo que este gire en sentido contrario al que debería convirtiendo la marcha en reversa, al contar con un único piñón solo existe una marcha de reversa (Al-Shemmeri, 2010).

## **2.4 Tribología**

Es la parte de la física que estudia la lubricación de piezas que están en fricción o desgaste que ocurre durante el contacto de superficies solitas que se encuentran en movimiento (Al-Shemmeri, 2010).

El objetivo de la tribología es reducir la fricción y el desgaste producida entre dos piezas móviles, conservar y reducir las pérdidas de energía, lograr movimientos más rápidos y precisos en los mecanismos que se encuentran lubricados. Esta ciencia tiene su mayor enfoque en los lubricantes que se comercializan en la actualidad, como lubricantes semisólidos (grasas), lubricantes gaseosos (gases) y lubricantes líquidos (aceites) (Popov, 2020).

## **2.5 Aceite lubricante de caja manual**

El lubricante presente en las cajas de cambios tiene como propósito impedir el contacto directo entre dos piezas móviles formando una fina capa entre los ejes dentados o piñones facilitando el movimiento y reduciendo el desgaste. Otra función importante del aceite lubricante es extraer la temperatura generada por la fricción o el trabajo de piezas móviles hacia el exterior, manteniendo una temperatura adecuada de funcionamiento (Bolaños-Moreno, Pinto-Ayala, & Álvares-Jaramillo, 2022).

El lubricante está compuesto por una base de parafinas y naftalinas que pueden ser de origen mineral o sintético y un conjunto de aditivos que le otorgan las propiedades ideales para el trabajo que va a realizar.

Los lubricantes son clasificados en función a sus propiedades por dos entidades la API (American Petroleum Institute) y la SAE (Society of Automotive Engineers) estos entes reguladores hacen énfasis en las tolerancias que debe satisfacer el lubricante a diferentes temperaturas de trabajo, además de verificar que lo declarado en la fórmula del aceite es verídico (Vásques, 2020).

## **2.6 Tipos de análisis de aceite lubricante**

El análisis del aceite tiene como objetivo estudiar la composición del lubricante, su contaminación y medir el desgaste metálico de las piezas móviles que se encuentran en rozamiento.

Existen 4 tipos de análisis de aceite: Físicoquímico, de contaminación, espectrometría, ferrografía.

Cada uno enfocado a diferentes aspectos de interés que se pueden analizar, para este estudio se dará importancia a los análisis de contaminación y ferrografía que permiten identificar la presencia de sustancias que determinan el grado de desgaste de una maquina o mecanismo y presencia de sustancias o cuerpos ajenos a los esperados en sistemas mecánicos (Vásques, 2020).

## **3. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 Materiales**

#### **3.1.1 Transmisión manual EATON FULLER**

El presente trabajo de investigación se centra en analizar las causas de sobrecalentamiento de la transmisión EATON FULLER. Los principales elementos de la caja son los siguientes:

**Engranajes:** La transmisión EATON FULLER está constituida en su mayor parte por engranes rectos en sus árboles primario, intermedio y reversa, ya que son eficientes para la transmisión de torque. El árbol secundario cuenta con engranes helicoidales, constituyen uno de los mejores medios disponibles para transmitir este movimiento sin demasiada pérdida de potencia y para la disminución de ruido.

**Sincronizados:** Dispuestos en el árbol primario e intermedio, su función es igualar las velocidades de giros entre los ejes de entrada y de salida para facilitar el cambio de marchas.

**Árboles o ejes:** Actúan como soporte de los engranajes en cuatro árboles: Primario, intermedio, reversa y secundario.

**Rodamientos:** Están dispuestos para dar soporte a los árboles, se apoyan en las bancadas.

Bomba de aceite: En la transmisión EATON FULLER 16918B es un dispositivo importante, ya que se encarga de distribuir el aceite hacia los diferentes puntos de rozamiento, como bancadas de ejes, engranajes y sistemas hidráulicos internos de la transmisión.

Filtro de aceite y radiador: La transmisión EATON FULLER 16918B posee una sección en el sistema de lubricación provisto de filtro de aceite y el radiador para el enfriamiento del aceite (Eaton Fuller, 2006). En la figura 1 se muestra una imagen de esta transmisión y en la tabla 1 las especificaciones generales.

**Figura 1.**

*Imagen de los árboles primario, intermedio y de reversa de la caja de velocidades EATON FULLER 16918B.*



Fuente. <https://www.imporsaldos.com/producto/caja-eaton-fuller-16918/>

**Tabla 1.**

*Especificaciones caja Eaton Fuller 16918B.*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Número de velocidades delantera	18
Número de velocidades reversa	4
Peso	324,77 kg
Longitud	840,74 mm
Torque máximo	3050 Nm
Capacidad de aceite	13.3 l
Bomba de aceite	Integrada de piñón
Radio de transmisión entre marcas	19.7:1
Viscosidad de aceite	75w90
Aceite recomendado	Eaton SB-386

*Fuente.* Illustrated Parts List RTLO-16918B EATON FULEER, 2006

### 3.1.2 Prueba de aceite lubricante

La prueba de aceite lubricante es una de las más utilizadas en este tipo de estudio, ya que permite evaluar la viscosidad y materiales producto del desgaste (Vásques, 2020). Al finalizar la prueba se tomaron dos muestras de aceite, tomando en cuenta las INEN 2028:2011, las cuales se enviaron al laboratorio de combustibles, biocombustibles y aceites lubricantes de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador (LACBAL) para realizar una evaluación del aceite que permita determinar y valorar las características del aceite empleado, su nivel de contaminación, número de bases totales y la cantidad de material desprendido por desgaste (Vásques, 2020).

El análisis de aceite aplica la normativa INEN 2028:2011 (productos derivados del petróleo) (Escuela Politecnica Nacional, 2020). Aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor, para determinar si la viscosidad, tendencia a espumar, punto de ebullición, componentes y número de bases de la muestra del aceite es el adecuado de acuerdo con los requerimientos de la transmisión EATON FULLER 16718B.

### 3.1.3 Equipos

El correcto funcionamiento de la transmisión depende en gran medida de la temperatura del aceite lubricante, por esta razón se utilizó las imágenes obtenidas con cámara termográfica, se utilizaron las imágenes obtenidas cada 10 minutos ya que en estas se apreciaron cambios significativos en el patrón de distribución de temperaturas. La inspección de temperatura se realizó utilizando la cámara termográfica profesional UNI-T UTi89 PRO, la cual permite obtener las imágenes térmicas de la transmisión durante la prueba. Con esta cámara es posible obtener imágenes con un rango de temperatura que va desde los  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta los  $400^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 2.**

*Cámara termográfica profesional UNI-T UTi89 PRO*



*Fuente.* <https://m.es.aliexpress.com/item/1005003505378643.html>, 2023.

Se utilizó el escáner marca Vident Easy320 HD, cuyas especificaciones se muestran en la tabla 2  
**Tabla 2.**

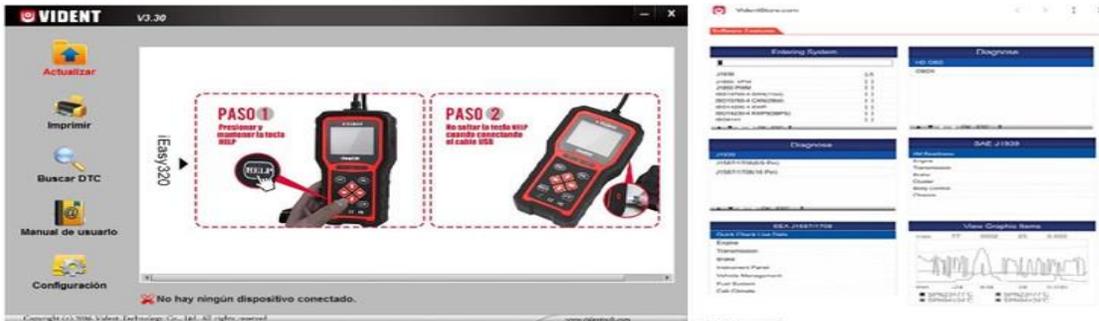
*Ficha técnica escáner Vident Easy 320HD.*

Pantalla: Pantalla TFT a color de 2,8"
Temperatura de trabajo: de 0 a 60°C (de 32 a 140°F)
Temperatura de almacenamiento: de -20 a 70°C (de -4 a 158°F)
Adaptador: alimentación del vehículo de 8-18V
Protocolos admitidos: J1850-PWM, J1850-VPW, ISO9141, KWP2000 (ISO 14230) y CAN (Control Area Network ISO 11898)
Dimensiones: 190 x 100 x 35 mm
Peso: 0.5 kg

*Fuente.* Manual de usuario Vident Easy 320HD, 2017

**Figura 3.**

*Escáner Automotriz para transporte pesado Vident iEASY320 HD (Heavy Duty).*



*Fuente.* <https://www.videntstore.com/upload/pro/19120315754233385452.pdf>, 2023.

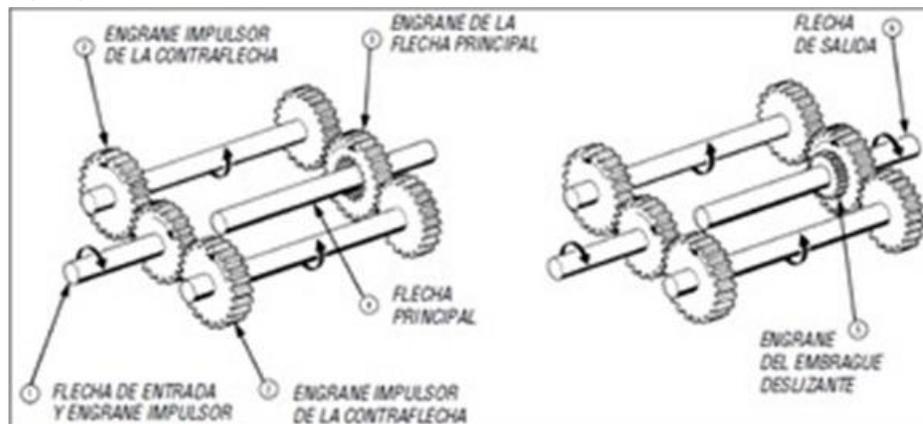
### 3.2 Metodología

Para determinar la causa del sobrecalentamiento y fallos en las transmisiones de los camiones International 9200 se utilizó un método deductivo que pretende hallar la causa específica que genera este fenómeno, teniendo en cuenta como causa más probable el aumento del roce mecánico entre los componentes internos de la caja de cambios (Escuela Politécnica Nacional, 2020).

En primera instancia se analizó el flujo de potencia en la caja para determinar el trabajo interno de todos los elementos, esto permite hallar los elementos con mayor estrés mecánico y de mayor fricción (Eaton Fuller, 2006). Utilizando una cámara térmica se procede a identificar los elementos y acoplamientos que trabajan a temperaturas anómalas fuera de los rangos indicados por el fabricante (Eaton Fuller, 2007). Las imágenes se obtuvieron cada 10 minutos de funcionamiento.

**Figura 4.**

Equema del análisis de flujo de potencia en la caja de cambios EATON FULLER 16718B



Fuente.EATON FULLER, 2007.

### 3.2.1 Desmontaje e inspección de la caja de cambios

Una vez identificadas las zonas que presentan desperfectos se desmonta la caja de cambios y se procede a revisar el estado físico de las piezas que reflejaban discrepancia. La inspección visual es la primera técnica empleada para determinar deterioro acelerado en los elementos internos, al culminar esta primera revisión se procede a distinguir los elementos de mayor desgaste, para evaluar las posibles razones del acortamiento de la vida útil.

En primer lugar, se procedió a retirar los elementos de sujeción de la caja a los árboles que transmiten la potencia hacia las ruedas, posteriormente se aseguró la caja a una pequeña grúa hidráulica que permitió asegurar la caja para retirar los anclajes de la misma, así como los demás elementos de control, y monitoreo. Una vez liberada, se traslada la caja hasta el mesón de trabajo donde se procedió a retirar las diferentes superficies atornilladas, con el fin de retirar los diferentes elementos, tales como retenes, bancadas, entre otros para de esta manera retirar los ejes primarios, intermedio, retroceso y secundario para la respectiva inspección visual.

Por último, después de analizar los elementos comprometidos, el fluido de transmisión y los resultados de este respecto a las especificaciones del fabricante, se procede a dar un diagnóstico del problema de la caja EATON en función de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas. Se enviaron dos muestras de aceite (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMAIZACION, 2011).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

El primer indicador ubicado se obtiene a través del uso del escáner automotriz Vident Easy 320HD, el análisis de los módulos del camión International 9200 indica un DTC (ENG3370) con descripción de limitación de potencia y torque por sobrecalentamiento en el tren motriz, éste es un dispositivo de protección que se activa

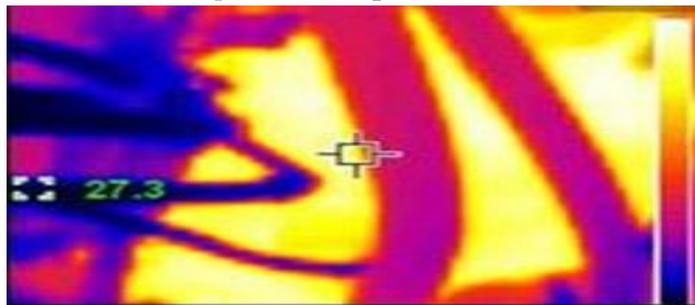
con la finalidad de evitar daños catastróficos en el motor y caja, esta alarma limita el funcionamiento del cabezal por lo que únicamente se desactiva cuando el vehículo para de trabajar y las condiciones de funcionamiento vuelven a un estado “adecuado” de funcionamiento.

La serie de imágenes obtenidas con la cámara infrarroja muestra un progresivo aumento de la temperatura. Estas imágenes se clasifican según el patrón de distribución de temperaturas observado. A continuación, se presentan unas imágenes de muestra según el patrón de distribución de temperatura.

En primer lugar, durante la primera etapa de operación (arranque), se obtuvo la primera imagen mostrada en la figura 3.

### **Figura 5**

*Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de arranque*



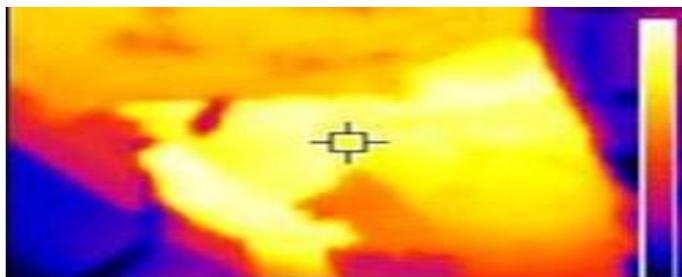
*Fuente. Autores*

Las imágenes de la etapa de arranque presentan un patrón similar de distribución de temperatura, el cual varía progresivamente, observándose zonas de baja temperatura en la zona correspondiente al árbol de reversa, mientras que en la zona de contacto y bancadas del árbol primario e intermedio ya se pueden observar temperaturas de más de 100 °C. Esta área de alta temperatura se extiende hasta la zona inferior derecha de la imagen, la cual corresponde a la sección de la caja donde se encuentra la toma de aceite de la bomba.

En la etapa de trabajo se obtienen imágenes similares a la mostrada en la figura 4, en la cual se puede observar un cambio significativo en el patrón de distribución de temperaturas, ya que el área de alta temperaturas se amplía en la zona del eje secundario llegando incluso hasta la zona superior del eje de reversa. Por otra parte sigue observando alta temperatura en la zona de contacto del árbol primario con el intermedio y en el área de toma de aceite de la bomba.

### **Figura 6**

*Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de trabajo*



*Fuente. Autores*

La figura 5 se mantiene un patrón de distribución de temperatura, como se puede observar estas ya corresponden a la etapa de sobrecalentamiento, en el cual el área de alta temperatura se concentra a todo lo largo del árbol primario, así como en el área de contacto del árbol primario con el intermedio. En este grupo de imágenes se pudieron obtener áreas con temperaturas desde los 137 °C hasta los 150 °C.

**Figura 7**

*Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de sobrecalentamiento.*



*Fuente. Autores*

En la figura 6 se observó que el área de alta temperatura disminuye, sin embargo, la zona de mayor temperatura que corresponde al área de contacto de los engranajes del primario y el intermedio sigue en aumento.

**Figura 8**

*Imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa de sobrecalentamiento.*

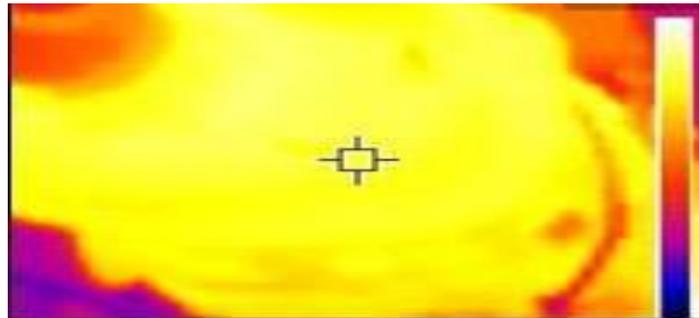


*Fuente. Autores*

A partir de la figura 7 el área de alta temperatura aumenta nuevamente, se puede observar que la temperatura sigue aumentando constantemente.

**Figura 9**

*Cuarta imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B etapa de sobrecalentamiento.*

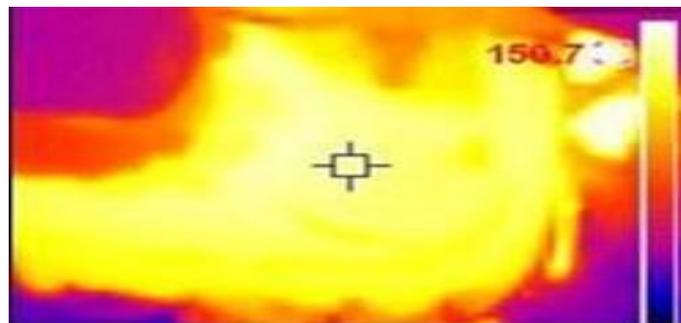


*Fuente. Autores*

La figura 8 es la última obtenida, la mayor temperatura reportada por la cámara térmica fue 159.7 ° C, se puede observar que el área de mayor temperatura sigue ubicandose en la zona de contacto de el árbol primario con el intermedio (ver figura 1). En esta etapa de la prueba se activó el sistema automático de protección de la transmisión.

**Figura 10**

*Última imagen termográfica de la caja EATON FULLER 16918 B en etapa sobrecalentamiento*



*Fuente. Autores*

Las imágenes térmicas obtenidas muestran que las piezas que trabaja a temperaturas fuera del rango normal de funcionamiento son los piñones del árbol primario y el intermedio, ya que en esta zona es donde se presenta la zona de mayor temperatura, por la ley cero de la termodinámica se determina que es en esta zona donde se genera la alta temperatura que luego por diferentes mecanismos de transferencia de calor y por la

circulación del aceite hace que la temperatura se eleve en otras zonas de la transmisión. En la tabla 3 se presenta un resumen de temperaturas medidas en cada etapa de la prueba.

**Tabla 3.**

*Temperaturas medidas en diferentes etapas*

	Etapas de medida de temperatura		
	Arranque	Temperatura de trabajo	Sobrecalentamiento
Temperatura medida (°C)	27,3	86,2	137,7
	27,5	87,6	139,1
		95,3	140,4
			141,5
			141,6
			143,7
			144,8
			146,2
			147,4
			148,9
		150,7	

*Fuente. Autores*

Basado en esto se inspeccionaron los engranajes ubicados en esta zona de alta temperatura. Al inspeccionar los engranajes del árbol primario e intermedio se puede observar que se presenta desgaste por rozamiento tanto en los engranajes como en las estrías, la causa probable de este modo de falla de esta transmisión es el desajuste por vibraciones de algunos componentes, tales como la desalineación de la línea motriz (Eaton Fuller, 2007).

El fabricante de la caja EATON FULLER 16718B recomienda que la temperatura de funcionamiento no debe superar los 120 °C, si esta temperatura se excede durante un tiempo prolongado el aceite se descompone, y se acorta la vida útil de la transmisión (Eaton Fuller, 2006). De igual manera el fabricante ha determinado que la temperatura normal de funcionamiento de esta transmisión debe estar alrededor de los 40 ° C por encima de la temperatura ambiente, si esta sobrepasa este índice de temperatura puede deberse a un ángulo de funcionamiento diferente a 12 ° (Eaton Fuller, 2007):

En base a la inspección visual llevada a cabo en el presente trabajo y tomando en cuenta las causas del calentamiento excesivo de las transmisiones EATON FULLER enlistadas por el fabricante, se puede decir que los tractocamiones tienen un ángulo de

funcionamiento mayor a 12 ° de inclinación, lo cual está produciendo vibraciones en los árboles de la caja de velocidades, lo cual a su vez hace que se produzca un roce excesivo entre los engranajes y a su vez un calentamiento por encima de lo normal (Eaton Fuller, 2007).

Por otra parte, las dos pruebas del lubricante tomado de la transmisión en estudio y enviado al Lacbal (Escuela Politécnica Nacional), se enviaron 120 ml de cada muestra en envase plástico, bajo los códigos 1233-01 y 1233-02 respectivamente. Los resultados mostraron que la viscosidad cinemática a temperatura normal de operación disminuye drásticamente, como se resume en las tablas 4 y 5. La muestra de la tabla 4 fue tomada a los 150.000 Km del último cambio de lubricante y la muestra de la tabla 5 a los 160.000 Km.

**Tabla 4.**

*Resultados prueba 1 de lubricante*

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor obtenido</b>
Viscosidad cinemática (40°C)	ASTM-D445	mm <sup>2</sup> /s	151.02
Viscosidad cinemática (100°C)	ASTM-D445	mm <sup>2</sup> /s	15.24
Índice de viscosidad	ASTM-D2240	----	102

*Fuente.* Lacbal, informe 1233-01, 2023

**Tabla 5.**

*Resultados prueba 2 de lubricante*

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor obtenido</b>
Viscosidad cinemática (40°C)	ASTM-D445	mm <sup>2</sup> /s	142.83
Viscosidad cinemática (100°C)	ASTM-D445	mm <sup>2</sup> /s	13.91
Índice de viscosidad	ASTM-D2240	----	93

*Fuente.* Lacbal, informe 1233-02, 2023

Esta disminución sustancial de la viscosidad del aceite contribuye en gran medida al desgaste de los piñones y de las estrías de los árboles primario e intermedio (Eaton Fuller, 2007).

Finalmente, en la inspección visual se pudo apreciar el desgaste superficial de los piñones, así como también se observó la presencia de partículas metálicas en el cárter de la caja de cambios, que muy probablemente corresponde al desgaste de los piñones, ya que no se identifica ninguna otra fuente de generación de dichas partículas.

## **5. CONCLUSIONES**

1) El índice de viscosidad es un parámetro de medición que permite conocer la adecuada lubricación de acuerdo a los requerimientos que se tenga, cuando se presentan cambios drásticos de temperatura. Al analizar las diferentes etapas mediante los equipos de medición se determinaron los cambios de temperatura que la transmisión EATON FULLER 16718B estaba siendo sometida, por lo cual en la fase final se pudo evidenciar un sobrecalentamiento que estaba por fuera de los rangos establecidos por el fabricante y el cual es causado por una variación en el índice de viscosidad según los datos obtenidos mediante el muestreo de aceite en el análisis 1 y 2. Esto se traduce en un aumento de la fricción mecánica y desgaste debido a la pérdida de la película lubricante entre los piñones.

2) De igual manera, el análisis de aceite realizado en LACBAL muestra la disminución de los valores de viscosidad cinemática del lubricante entre las muestras 1 y 2, lo cual también se genera debido a las altas temperaturas que se generan en la caja de cambios. Por otra parte, en la inspección visual realizada se observó desgaste superficial en los piñones del primario e intermedio, lo cual coincide con el material metálico que se pudo observar en el aceite lubricante extraído de la caja, debido a que no se identificó ninguna otra fuente de generación de dichas partículas se infiere que corresponden al material desprendido de los piñones.

3) Con la finalización de este proyecto investigativo se determinó que la causa principal por la que las transmisiones EATON FULLER 16718B sufren sobre calentamiento es por la mala utilización de aceites lubricantes que no corresponden con los estándares establecidos por el fabricante, de igual manera los resultados obtenidos en el presente trabajo vienen a resaltar la importancia que tiene el correcto manejo de estas transmisiones y saber los rangos correctos de operación por parte de los operarios para así evitar sufrir recalentamientos.

De igual manera es muy importante el seguimiento de las normas de ensamblaje de las piezas de las transmisiones manuales que se recomiendan por parte de los fabricantes, dado que los tracto camiones son maquinarias sometidas a grandes esfuerzos.

## 6. REFERENCIAS

- Al-Shemmeri, T. (2010). *Engineering Thermodynamics*. Recuperado el 21 de Marzo de 2023, de [www.bookboon.com](http://www.bookboon.com)
- Bolaños-Moreno, J., Pinto-Ayala, S., & Álvares-Jaramillo, E. (2022). Ventajas y desventajas del uso de fluidos para transmisiones automáticas y transmisiones manuales. *07(10)*.
- Castillo, W., & Toapanta, O. (2019). *Principios de tribología aplicados a a ingeniería mecánica*. Alicante: Área de innovación y desarrollo, S.L.
- De Prada, F. (2022). La cámara termográfica: una seductora herramienta didáctica. *Anales de a química de la RSEQ, 118(3)*.
- Eaton Fuller. (2006). *Illustrated Parts List RTLO-16918B*. Eaton Fuller.
- Eaton Fuller. (2007). *Guía diagnostico de fallas transmisiones fuller de carga pesada*. Eaton Corporation .
- Escuela Politecnica Nacional. (17 de Noviembre de 2020). [https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceites\\_de\\_engranjes.pdf](https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceites_de_engranjes.pdf). Recuperado el 23 de Mayo de 2023, de [https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceites\\_de\\_engranjes.pdf](https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceites_de_engranjes.pdf)
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMAIZACION. (2011). *Productos derivados de petroeo, aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor. requisitos*. Quito.
- Lescano, J., & Medina, J. (2017). *Estudio de los materiales de una transmisión autmática F4A51 del Hiunday santa fe modelo 2003 para la fabricación nacional*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Mera, C. (2017). *Evaluación de riesgos mecánicos por método fine en reparación de reparación de vehículos automotores*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Moran, M., Shapiro, H., Boettner, D., & Bailey, M. (2018). *Fundamentals of engineering thermodynamics*. Ohio: Wiley.
- Popov, V. (2020). *Principios y aplicaciones de la mecánica de contacto en tribología, fricción y adherencia*. Alicante: Publicaciones Universidad de Alicante.

Rodriguez, A., & Pérez, A. (2017). *Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento*. Bogotá: Universidad EAN.

Vásques, A. (2020). *Análisis Físico-Químico de las propiedades mecánicas de aceites lubricantes GL4-GL5 en metales de transmisión duros y blandos*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.

## 7. ANEXOS

### Anexos introducción

#### Objetivo general

El objetivo general de la presente investigación es la determinación de la causa del sobrecalentamiento y desgaste de piezas mecánicas en la transmisión EATON FULLER 16918B empleada por tractocamiones en una empresa de transporte del Ecuador.

#### Objetivos específicos

- 1) Realizar un análisis térmico de la variación de la temperatura en tres etapas de operación (arranque, temperatura ideal de trabajo y sobrecalentamiento).
- 2) Evaluar el lubricante con los estándares establecidos por la empresa fabricante de los tractocamiones.
- 3) Analizar la relación entre el sobrecalentamiento y el desgaste mecánico de los componentes internos, a través de un análisis que correlaciona las propiedades del lubricante con la temperatura de la transmisión.

#### Pregunta de investigación

¿Cuál es la causa del sobrecalentamiento de la transmisión manual EATON FULLER 16918B en tractocamiones de una empresa de transporte en Ecuador?

## Fundamentación del problema (importancia y justificación)

La importancia que tiene el aceite en los mecanismos de transmisión es tal que los fabricantes evalúan el desempeño de los lubricantes en sus cajas de cambios para avalar que el trabajo realizado por estos aceites sea el ideal manteniendo una temperatura adecuada.

En la una empresa de transporte del Ecuador se registraron problemas en las transmisiones de los tractos camiones Internacional 9200, siendo el motivo principal el sobrecalentamiento, funcionamiento restringido y desgaste prematuro de las cajas de cambios.

## Problemática

El Ecuador es un país que tiene diferentes elevaciones, Quito la capital Del Ecuador se encuentra a 2.850 msnm es por este motivo que los vehículos que llegan al país sufren en sus diferentes partes mecánicas ( Motor y Caja de cambios), Todos sabemos que a mayor altitud, hay menos densidad de oxígeno en el aire, es por este motivo que cada 1000 metros de altitud sobre el nivel del mar el automóvil pierde entre 10 y 15 CV de potencia, debido a que el aire en altura tiene menor presión atmosférica y menor concentración de oxígeno, y por lo tanto la combustión que se produce en el motor genera menos energía y esto esta asociado que los motores se exigen de tal manera que sus RPM son muy altas y los motores y las cajas de cambios sufran por excesos de temperatura.

Otros de los factores es la mala manipulación del ser humano, en este caso los conductores no conocen el funcionamiento de los motores y cajas, es por este motivo que también sufren sus partes mecánicas que vienen asociadas a un calentamiento excesivo.

## ANEXOS INTRODUCCIÓN

**Anexo 1.** Mera, C. Evacuación de riesgos mecánicos por método fine en reparación de vehículos automotores. Guayaquil, 2017.

Introducción 10

como en el año 1898, se sustituyó el eje impulsor de la cadena de transmisión y se incluyó un eje diferencial en las ruedas traseras para conseguir un mejor torque" (Paredes Ivan, 2015).

Pero no se consiguió un pleno desarrollo sino hasta el año 1980, cuando se crearon transmisiones manuales de 5 marchas, las cuales se emplean en autos de alta gama. Adicionalmente se emplearon transmisiones de 6 velocidades en motores a diésel.

### Las transmisiones manuales

De lo consultado se puede indicar que:

"las transmisiones manuales, son un tipo de transmisiones mecánicas. Actualmente, estas son las más utilizadas en la mayoría de vehículos de turismo y vehículos de serie; debido a su bajo coste y su sencillez." (Paredes Ivan, 2015).

Las transmisiones manuales como se indica se accionan de forma manual mediante el movimiento de una palanca, la misma que se encuentra en el interior del vehículo, que puede ser manipulada por quien lo conduce, y será quién realice los cambios de uno a uno, sea de forma ascendente o descendente.

### Componentes en la transmisión manual

"Las transmisiones manuales, tienen los mismos componentes de una transmisión mecánica, está básicamente está constituida de: "3 o 2 árboles (árbol de entrada, intermedio y de salida). Además, cuenta con un conjunto de piñones de acero al

**Anexo 2** Bolaños-Moreno, J., Pinto-Ayala, S., & Álvarez-Jaramillo, E. (2022). Ventajas y desventajas del uso de fluidos para transmisiones automáticas y transmisiones manuales. 07(10).

En referencia a estas transmisiones Espinoza (2021) señala que estas transmisiones manuales son el mecanismo en que las ruedas obtienen el par motor (torque) apto para la puesta en marcha del vehículo desde que se encuentra parado hasta que se pone en marcha, venciendo las resistencias al avance.

Por otro lado, Vargas et al. (2020) Mencionan que las transmisiones manuales son aquellas que usan un embrague que es manipulado por el conductor del vehículo, el cual se activa y desactiva a través de un pedal, por el cual se regula la transferencia de par del motor hacia la transmisión y una palanca de cambios que es operada manualmente.

Fuente: (Rodríguez J., 2018)



Figura 7: Transmisión o caja manual

Para que los sistemas de transmisiones funcionen en óptimas condiciones y se pueda preservar su estado es necesario que todas las piezas que lo conforman se encuentren lubricadas, además de que la protejan de todos los factores a los que se puedan ver expuesta tales como la oxidación, corrosión, entre otras.

Un lubricante según lo señala Araujo y Llerena (2022) es una mezcla compuesta por un aceite base, esta base es el petróleo, además contiene otros componentes como aditivos con poder

anticorrosivo, antioxidante y espesantes, los cuales mejoran el rendimiento de la viscosidad y preservan al lubricante de los diferentes cambios químicos, como la oxidación del aceite. Asimismo, Pantoja (2021), asegura que los aceites lubricantes tanto los que se usan para el motor como los usados en transmisiones y sistema de dirección, tiene como función ayudar a que las piezas se mantengan en buen estado durante el funcionamiento. Además menciona que estos se derivan del petróleo, mezclados con otros tipos de hidrocarburos los cuales se usan para minimizar la fricción entre las piezas y el aumento de aditivos mejoraran las propiedades de los lubricantes: su rendimiento, vida útil y eficiencia. A continuación se muestra la composición de los aceites y lubricantes.

Figura 8: Composición media de los aceites lubricantes base y aceites sintéticos

COMPOSICION MEDIA DE ACEITES BASE		
TIPO DE SUSTANCIA	HIDROCARBURO	COMPOSICION
Parafinas	Alcanos	45.76%
Naftenos	Ciclo de alcanos	13-45%
Aromáticos	Aromáticos	10-30%

Fuente: (Pantoja, 2021)

Por otro lado, Cárdenas (2021) describe las propiedades de los lubricantes, las cuales son las mostradas en la tabla 3:

Figura 9: Principales propiedades de los lubricantes

Viscosidad	Es la resistencia de las moléculas de un fluido a ser desplazadas. Cuanto más viscoso es un líquido o un gas mayor dificultad presenta a la hora de fluir
Índice de viscosidad	Mide el comportamiento de la viscosidad en función de la temperatura, generalmente se usa un aceite multigrado, para arranque en bajas temperaturas y funcionamiento en altas.
Untuosidad	Es la propiedad que tienen los aceites de adherirse fuertemente a las piezas que lubrican
Punto de inflamación	Es la temperatura a la que un aceite desprende vapores inflamables al entrar en contacto con una llama

## ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

**Anexo 3** Moran, M., Shapiro, H., Boettner, D., & Bailey, M. (2018). Fundamentals of engineering thermodynamics. Ohio: Wiley.

26 CHAPTER 1 Getting Started

understanding of equality of temperature by using the fact that when the temperature of an object changes, other properties also change.

To illustrate this, consider two copper blocks, and suppose that our senses tell us that one is warmer than the other. If the blocks were brought into contact and isolated from their surroundings, they would interact in a way that can be described as a **thermal (heat) interaction**. During this interaction, it would be observed that the volume of the warmer block decreases somewhat with time, while the volume of the colder block increases with time. Eventually, no further changes in volume would be observed, and the blocks would feel equally warm. Similarly, we would be able to observe that the electrical resistance of the warmer block decreases with time and that of the colder block increases with time; eventually the electrical resistances would become constant also. When all changes in such observable properties cease, the interaction is at an end. The two blocks are then in **thermal equilibrium**. Considerations such as these lead us to infer that the blocks have a physical property that determines whether they will be in thermal equilibrium. This property is called **temperature**, and we postulate that when the two blocks are in thermal equilibrium, their temperatures are equal.

It is a matter of experience that when two objects are in thermal equilibrium with a third object, they are in thermal equilibrium with one another. This statement, which is sometimes called the **zeroth law of thermodynamics**, is tacitly assumed in every measurement of temperature. If we want to know if two objects are at the same temperature, it is not necessary to bring them into contact and see whether their observable properties change with time, as described previously. It is necessary only to see if they are individually in thermal equilibrium with a third object. The third object is usually a **thermometer**.

**1.1.1 Thermometers**

Any object with at least one measurable property that changes as its temperature changes can be used as a thermometer. Such a property is called a **thermometric property**. The particular substance that exhibits changes in the thermometric property is known as a **thermometric substance**.

A familiar device for temperature measurement is the liquid-in-glass thermometer pictured in Fig. 1.13a, which consists of a glass capillary tube connected to a bulb filled with a liquid such as alcohol and sealed at the other end. The space above the liquid is occupied by the vapor of the liquid or an inert gas. As temperature increases, the liquid expands in volume and rises in the capillary. The length  $L$  of the liquid in the capillary depends on the temperature. Accordingly, the liquid is the thermometric substance and  $L$  is the thermometric property. Although this type of thermometer is commonly used for ordinary temperature measurements, it is not well suited for applications where extreme accuracy is required.

**thermometric property**

**FIG. 1.13** Thermometers. (a) Liquid-in-glass. (b) Electrical resistance. (c) Infrared-sensing ear thermometer.

More accurate sensors known as *thermocouples* are based on the principle that when two dissimilar metals are joined, an electromotive force (emf) that is primarily a function of temperature will exist in a circuit. In certain thermocouples, one thermocouple wire is platinum of a specified purity and the other is an alloy of platinum and rhodium. Thermocouples also utilize copper and constantan (an alloy of copper and nickel), iron and constantan, as well as several other pairs of materials. Electrical-resistance sensors are another important class of temperature measurement devices. These sensors are based on the fact that the electrical resistance of various materials changes in a predictable manner with temperature. The materials used for this purpose are normally conductors (such as platinum, nickel, or copper) or semiconductors. Devices using conductors are known as *resistance temperature detectors*. Semiconductor types are called *thermistors*. A battery-powered electrical-resistance thermometer commonly used today is shown in Fig. 1.13b.

A variety of instruments measure temperature by sensing radiation, such as the ear thermometer shown in Fig. 1.13c. They are known by terms such as *radiation thermometers* and *optical pyrometers*. This type of thermometer differs from those previously considered because it is not required to come in contact with an object to determine its temperature, an advantage when dealing with moving objects or objects at extremely high temperatures.

### 1.7.2 Kelvin and Rankine Temperature Scales

Empirical means of measuring temperature such as considered in Sec. 1.7.1 have inherent limitations.

#### FOR EXAMPLE

The tendency of the liquid in a liquid-in-glass thermometer to freeze at low temperatures imposes a lower limit on the range of temperatures that can be measured. At high temperatures liquids vaporize and, therefore, these temperatures also cannot be determined by a liquid-in-glass thermometer. Accordingly, several different thermometers might be required to cover a wide temperature interval.

In view of the limitations of empirical means for measuring temperature, it is desirable to have a procedure for assigning temperature values that do not depend on the properties of any particular substance or class of substances. Such a scale is called a *thermodynamic temperature scale*. The Kelvin scale is an absolute thermodynamic temperature scale that provides a continuous definition of temperature, valid over all ranges of temperature. The unit of temperature on the Kelvin scale is the kelvin (K). The kelvin is the SI base unit for temperature. The lowest possible value of temperature on an absolute thermodynamic temperature scale is zero.

To develop the Kelvin scale, it is necessary to use the conservation of energy principle and the second law of thermodynamics; therefore, further discussion is deferred to Sec. 5.8 after these principles have been introduced. We note here, however, that the Kelvin scale has a zero of 0 K, and lower temperatures than this are not defined.

By definition, the Rankine scale, the unit of which is the degree rankine (°R), is proportional to the Kelvin temperature according to

$$T(^{\circ}\text{R}) = 1.8T(\text{K}) \quad (1.16)$$

As evidenced by Fig. 1.16, the Rankine scale is also an absolute thermodynamic scale with an absolute zero that coincides with the absolute zero of the Kelvin scale. In thermodynamic relationships, temperature is always in terms of the Kelvin or Rankine scale unless specifically stated otherwise. Still, the Celsius and Fahrenheit scales considered next are commonly encountered.

### 1.7.3 Celsius and Fahrenheit Scales

The relationship of the Kelvin, Rankine, Celsius, and Fahrenheit scales is shown in Fig. 1.14 together with values for temperature at three fixed points: the triple point, ice point, and steam point.

Kelvin scale

Rankine scale

193

HERNÁNDO L. DE PRADA HERRERA ADRIANA

---

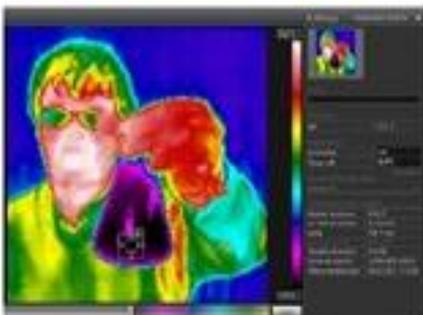
La reducción del coste de esta tecnología hace que algunos modelos de smartphones ya la incorporen. Lo que la hace cada vez más accesible y permite al docente, de los departamentos de Física y Química, su incorporación a la programación didáctica de ESO y bachillerato. Este tipo de cámaras pueden ser aprovechadas tanto para realizar demostraciones en el aula y prácticas de laboratorio, como para desarrollar proyectos de investigación.<sup>73</sup>

El modelo de cámara utilizado (Flir i7) es uno de los más sencillos y económicos, con un rango de -20 °C a 250 °C, precisión de  $\pm 2$  °C, sensibilidad térmica de 0,1 °C y una calidad de imagen de 140x140 píxeles. Dado que cada píxel corresponde a un valor térmico, cada imagen equivale a 19.600 termómetros midiendo la temperatura de un cuerpo a la vez. Si bien, la precisión de las cámaras térmicas es inferior a la de los termómetros de varilla, su mayor sensibilidad permite detectar y apreciar cambios de temperatura con mayor exactitud.

tronegativo y de pequeño tamaño de otra molécula, como el flúor, el oxígeno o el nitrógeno. Aunque no son uniones tan fuertes como el enlace covalente, son responsables de los altos valores de algunas propiedades físico-químicas que presenta el agua, y que pueden analizarse termográficamente.

Si inflamos un globo de latex y lo ponemos bajo la llama de un mechero Bunsen. La temperatura ascenderá rápidamente hasta que el polímero (isoprena) se descomponga y el globo explote. Sin embargo, si llenamos el globo de agua y lo situamos bajo la llama, se observa que no explota (Figura 3a). Este efecto se explica por el alto calor específico del agua ( $4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) y el elevado calor latente de vaporización ( $2260\cdot 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), que absorbe todo el calor generado en la combustión y hace que la temperatura no supere el punto de ebullición del agua (100 °C, a 1 atm), por lo que el polímero del globo a esta temperatura no se ve alterado. A diferencia de lo que sucede con el globo lleno de aire; mezcla que presenta un calor específico ( $1012 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), unas cuatro veces menor que el del agua.

La alta capacidad que presenta el agua de absorber calor, se puede visualizar en la imagen térmica de la figura 3b, en la que se comprueba que el agua contenida en el globo no supera la temperatura de ebullición, algo inferior a 100 °C por no estar a nivel del mar, no alcanzando la temperatura de ignición del plástico.



**Figura 2.** Captura del software para el procesamiento y tratamiento de la imagen térmica a imagen.

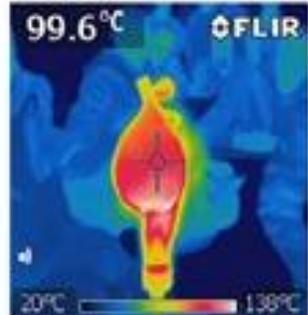
Entre los principales objetivos que se pretenden con esta nueva herramienta didáctica, se encuentran:

- 1) Visualizar fenómenos relacionados con la química en los que hay transferencia de energía térmica, invisibles a simple vista, para mejorar su comprensión.
- 2) Mejorar la calidad de enseñanza y propiciar el desarrollo de proyectos de investigación.
- 3) Alentar el deseo de aprendizaje y estimular la indagación.

A continuación se muestran algunos procesos susceptibles de ser visibles y analizados con la cámara termográfica.

**Experiencia 1. Efecto puente de hidrógeno**

El puente de hidrógeno es una unión de tipo intermolecular, formado por fuerzas atractivas entre el hidrógeno de una molécula (carga parcial positiva) y un átomo muy elec-



**Figura 3a.** Imagen estática y térmica del calentamiento de un globo lleno de agua mediante un mechero Bunsen.

An. Quím., 118 (3), 2022, 192-198

www.analesdequimica.es

© 2022 Real Sociedad Española de Química

### Experiencia 2. Cambios de estado: vaporización

Los efectos producidos en los cambios de estado es el resultado de la variación de energía térmica que se produce en su entorno y que se cuantifica mediante el calor latente. En el caso de las sustancias covalentes, depende de las fuerzas entre las moléculas: cuanto más intensas sean, mayor será la energía necesaria para vencer las fuerzas atractivas intermoleculares y mayor será el calor latente.

Para visualizar y analizar la vaporización, basta con mojar con agua y etanol sendos trozos de papel [Fig. 4a] y enfocar la cámara térmica. En breves segundos, en la imagen se aprecia un contraste en el papel humedecido con respecto a la temperatura ambiente, indicando una variación en la temperatura. En el caso del agua, disminuye de 33 °C a 27 °C. Este descenso es consecuencia de la evaporación del agua, que absorbe calor del entorno y enfría el papel. Sin embargo, en el papel mojado en etanol se aprecia un mayor descenso de la temperatura, hasta 19 °C [Fig. 4b]. ¿Cómo se explica? El agua tendría que absorber más calor teniendo en cuenta que calor latente de vaporización del agua (2257 kJ/kg<sup>1</sup>) es mayor que el del etanol (854 kJ/kg<sup>1</sup>)

El etanol, aunque absorba menos energía térmica al evaporarse que el agua, al ser más volátil lo hace mucho más rápidamente. Pero el calor total absorbido durante la evaporación del agua es mayor que el absorbido por la misma masa de etanol. Esto se puede comprobar al cabo de unos minutos, cuando el alcohol etílico se ha evaporado totalmente pero el agua sigue absorbiendo calor del entorno para cambiar de estado.<sup>[1]</sup>

### Experiencia 3. Capilaridad y condensación

Los procesos físico-químicos a menudo no se presentan de forma aislada. Como sucede al mojar un material poroso con agua. Para analizar el proceso se sujeta una tira de papel de filtro, enrollado sobre sí misma, a una pizca con soporte universal, y se sumerge en un vaso con agua [Fig. 5a].

© 2022 Real Sociedad Española de Química



Figura 4. Imagen estática (a) y térmica (b) comparativa ante la evaporación del agua y el etanol.



Figura 5. Imagen estática (a) y térmica (b) del proceso de la capilaridad de una tira de papel sumergida en agua: evaporación total y condensación del agua (esta última y roja).

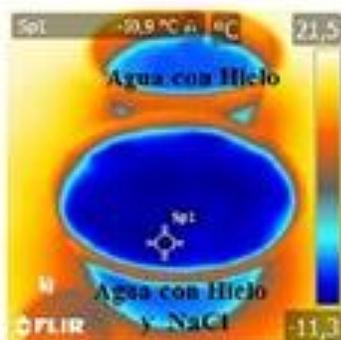


Figura 7. Imagen estática (a) y térmica (b) de la disolución de un sólido soluble (sales de sodio) en agua con hielo.

la mezcla. Los procesos de disolución de un soluto sólido en un disolvente líquido, como el agua, van acompañados de una variación de energía que se denomina entalpía o calor de disolución. Este valor depende fundamentalmente del balance energético entre dos magnitudes: la energía necesaria para separar un mol de sal y pasarlo a sus iones en estado gaseoso (energía reticular) y el cambio de entalpía asociado al proceso de solvatación (hidratación) de los iones.

$$\Delta H_{\text{disolución}} = \text{Energía reticular} + \Delta H_{\text{solvatación}}$$

En algunos casos es fácil apreciar el cambio energético, como ocurre en la disolución de urea en agua ( $\Delta H_{\text{disolución}} = 14 \text{ kJ/mol}$ ). En otros, como en la disolución de cloruro de sodio en agua, el balance energético es muy pequeño:

$$\Delta H_{\text{disolución}} = 768 \text{ kJ/mol} - 764 \text{ kJ/mol} = 4 \text{ kJ/mol}$$

Gracias a la termografía infrarroja, el pequeño enfriamiento puede detectarse y visualizarse termográficamente de forma clara.<sup>[2]</sup> Para ello, se disuelve un par de cucharadas

de cloruro de sodio en un vaso con 100 ml de agua: la temperatura desciende desde 23,4 °C (temperatura inicial) hasta 22,3 °C, según el proceso:



El efecto térmico contrario se produce cuando se disuelve en agua una sal como el cloruro de calcio. En este caso se aprecia un aumento de la temperatura hasta los 25 °C, debido a que la energía de hidratación es mayor que la que mantiene unido a la red iónica (Fig. 8), conforme a la ecuación:

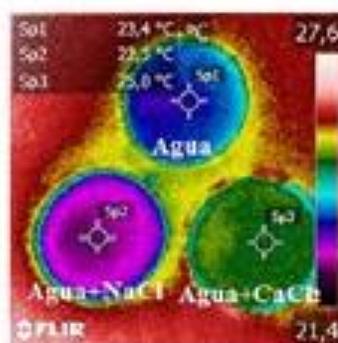


Figura 8. Comparativa térmica de disolventes disolutores.

### Experiencia 7. Hielo de dilución

Asociado al proceso de dilución hay una transferencia de energía térmica, que depende de la concentración original de la disolución y de la cantidad de disolvente añadido. A medida que se añade más disolvente, el calor se aproxima a un límite, denominado valor de la disolución infinitamente diluida.

En el caso de la mezcla de etanol y agua, el proceso es exotérmico debido a la formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de etanol, que provoca un desprendimiento de energía calorífica.<sup>[3]</sup> En la imagen térmica de la figura 9b, se observa el aumento de temperatura ( $\approx 5 \text{ °C}$ ) producido al mezclar volúmenes iguales de etanol y agua respecto a un vaso de control con solo agua (Fig. 9a).

La dilución de etanol en agua se representa por la ecuación:



Es interesante realizar una comparativa entre el calor desprendido al añadir unas gotas de diferentes ácidos sobre el agua. En el caso del ácido sulfúrico concentrado, se libera tanto calor que el agua puede hervir violentamente y provocar quemaduras. Por ello la forma recomendada es añadir el ácido gota a gota sobre el agua, agitando para disipar el calor desprendido.

**Anexo 5** Lescano, J., & Medina, J. (2017). Estudio de los materiales de una transmisión automática F4A51 del Hiunday santa fe modelo 2003 para la fabricación nacional. Quito: Universidad Internacional del Ecuador

sin que se produzcan tirones que puedan producir roturas en algunos elementos del sistema de transmisión. Se encuentra situado entre el volante de inercia (volante motor) y la caja de velocidades. (Anónimo, 2007)

Dentro de la gran variedad de embragues existentes, cabe destacar los siguientes tipos de embragues:

- Embragues de fricción.
- Embragues hidráulicos.
- Embragues electromagnéticos.
- Embrague de fricción mono disco de muelles
- Embrague de disco

### 2.3.2. Caja de cambios

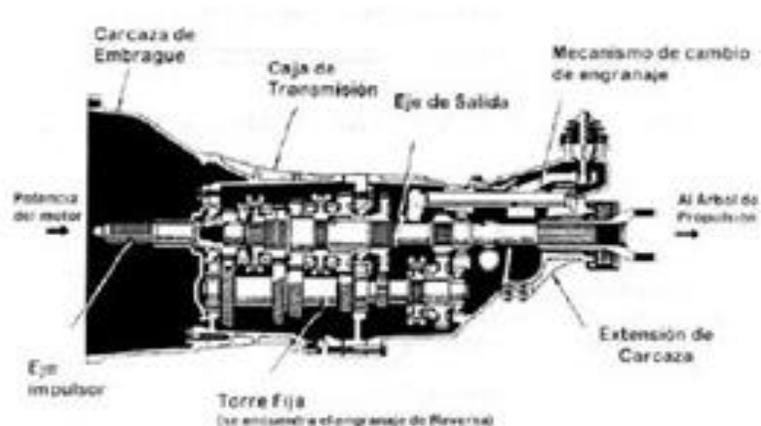


Gráfico 5. Caja de cambios manual

Fuente: "Manual del automóvil" Arias Paz

Es la encargada de aumentar, mantener o disminuir la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas, en función de las necesidades, con la finalidad de aprovechar al máximo la potencia del motor. (ARLAZ PAZ, 2004)

La misión de la caja de cambios es convertir el par motor. Es, pues, un convertidor o transformador de par. Un vehículo avanza cuando vence una serie de fuerzas que se oponen a su movimiento, y que constituyen el par resistente. El par motor y el resistente son opuestos. La función de la caja de cambios consiste en variar el par motor entre el motor y las ruedas, según la importancia del par resistente, con la particularidad de poder intervenir en todo momento y conseguir el desplazamiento del vehículo en las mejores condiciones. (ARLAZ PAZ, 2004)

La caja de cambios es el elemento que nos permite modificar el par de motor que se transmite desde el motor hacia las ruedas por lo cual nos ayuda en el momento que el conductor requiera mayor torque para seguir en el camino según se requiera, por tanto, este elemento es sobre el cual realizará la investigación.

#### 2.3.2.1. Cajas de cambios manuales

Son las utilizadas en la mayoría de los automóviles de serie, por su sencillez y economía. Es accionado manualmente mediante una palanca de cambio. Podemos considerar tres partes fundamentales en su constitución: (HERMÓGENES, 2003)

*Caja o cárter:* donde van montadas las combinaciones de ejes y engranajes. Lleva aceite altamente viscoso.

*Tran de engranajes:* conjunto de ejes y piñones para la transmisión del movimiento.

*Mando del cambio:* mecanismo que sirve para seleccionar la marcha adecuada.

**Anexo 6** Castillo, W., & Toapanta, O. (2019). Principios de tribología aplicados a a ingeniería mecánica. Alicante: Área de innovación y desarrollo, S.L.

## **CAPÍTULO I: LA TRIBOLOGÍA, CIENCIA Y TÉCNICA DE LAS SUPERFICIES EN CONTACTO Y CON MOVIMIENTO RELATIVO**

### **1.1. Introducción**

El término Tribología se utilizó por primera vez en Inglaterra en un informe confeccionado por P.Jost en el año 1966 este neologismo proviene de las palabras griegas "tribos", que significa fricción, y "logos", que significa estudio; utilizándose para designar la ciencia de las superficies friccionantes, o sea, de las superficies en contacto con movimiento relativo entre ellas.

La Tribología abarca los procesos de fricción, desgaste y lubricación de los cuerpos en contacto, fenómenos que en la práctica de ingeniería se analizaban por separado, la unión de estas ramas en una sola disciplina científico-técnica ha contribuido considerablemente en los últimos tiempos al desarrollo de los sistemas mecánicos. La proyección, construcción y explotación de máquinas y equipos sin tener en cuenta esta interacción disciplinaria lleva a la obtención de sistemas mecánicos caracterizados por:

- considerables pérdidas de energía,
- grandes periodos de tiempo improductivos,
- alto consumo de materiales y piezas de repuesto,
- costosos trabajos de reparación y mantenimiento.

Lo anterior trae como resultado máquinas y equipos de baja eficiencia, productividad, durabilidad y fiabilidad.

Varios son los hechos que se pueden considerar como históricos en el desarrollo de la tribología y tiene sus inicios en el Mesozoico con la formación de petróleos. En el Neolítico en Mesopotamia, Egipto, y Asiria se han encontrado encajes en piedra para ejes de puertas, ruedas de alfareros en madera y piedra, así como cojinetes de ruedas y rodillos lubricados. En la Edad de Bronce aparece el uso de betunes y aceites minerales filtrados. En la Edad de Hierro surgen los primeros cojinetes de bolas. En la Edad Media, en Grecia, Roma, la utilización de piedras antidesgaste insertadas en elementos de madera, de aceites vegetales y grasas de origen animal.

En la época del Renacimiento se realizan los primeros estudios por el eminente científico Leonardo de Vinci sobre fricción, desgaste y cojinetes. Con la Revolución Industrial se formulan las leyes sobre la fricción de Amontons, Coulomb y Leslie, aparece el Babbit y se reportan los estudios realizados por Petrov, Tower, Reynolds y Kingsbury. Con la primera Guerra Mundial se constituye la ASME y aparece lo que se conoce como la lubricación de Hardy. Durante la segunda Guerra Mundial se desarrollan las teorías de la lubricación y se constituye la Sociedad Americana de Ingenieros de Lubricación (ASLE) (1944). En 1955 se crea la división de lubricación de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) y el grupo de desgaste dentro del IMEL. En el 1966 el reporte JOST sobre tribología, considerándose esta fecha como el nacimiento de la tribología como ciencia. En el año 1973 se desarrolla el primer congreso Europeo de tribología y en 1998 el Primer Congreso Mundial de Tribología en Inglaterra.

### 1.2. Ramas de la tribología

Considerando el desarrollo que ha alcanzado la Tribología en la actualidad se establecen cuatro ramas principales, las cuales a su vez se dividen en otras.

#### **TRIBOCIENCIAS:**

Rama de la tribología que se encarga del estudio y la realización de investigaciones fundamentales sobre los procesos que tienen lugar en las superficies en contacto y con movimiento relativo.

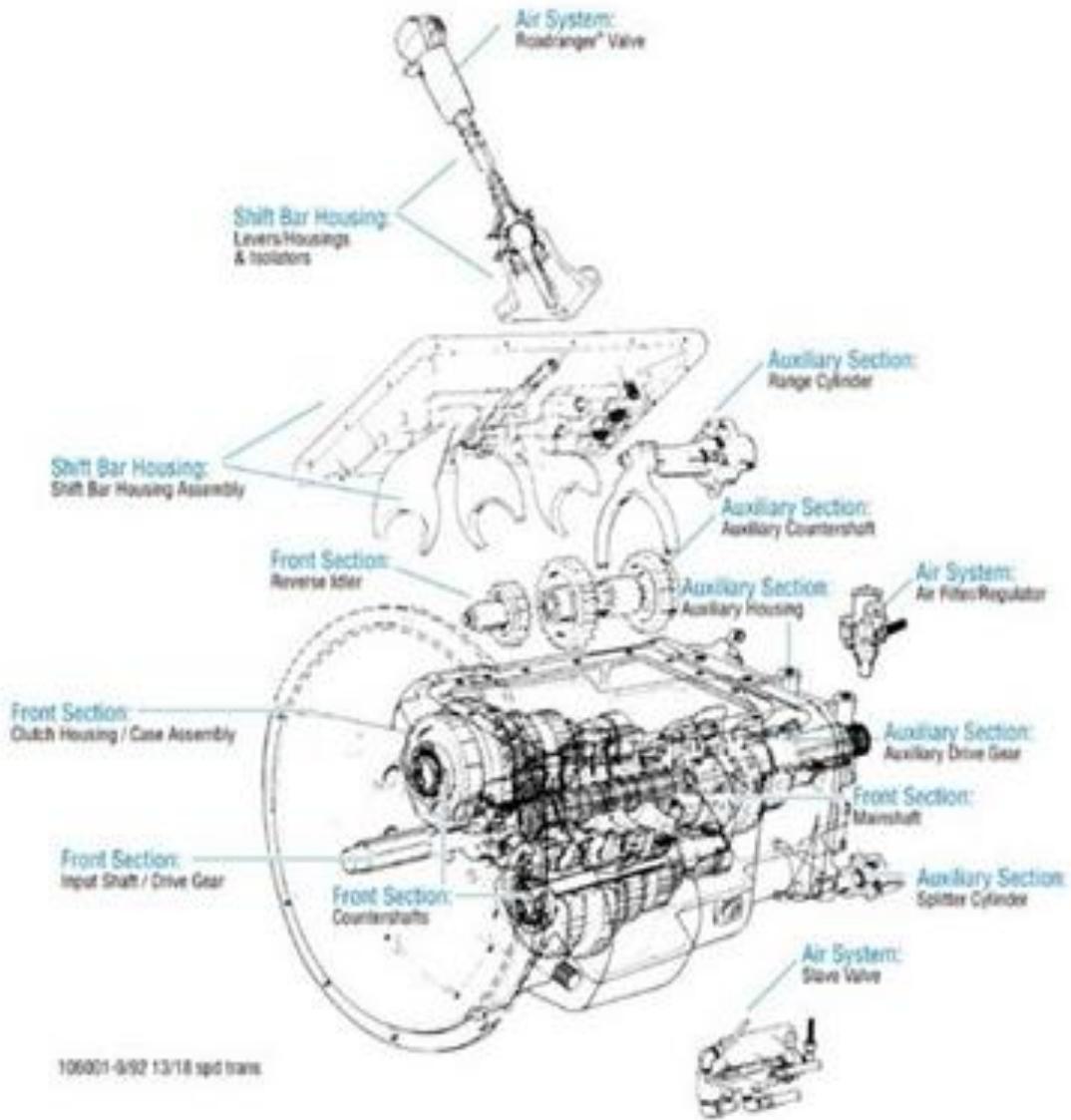
Desde el punto de vista científico la tribología estudia los procesos físicos, químicos, mecánicos, biológicos, térmicos, etc. que surgen en las superficies de rozamiento dando lugar a:

- **La Tribofísica** – Estudia los aspectos físicos que tienen lugar durante la interacción de las superficies en contacto y con movimiento relativo.
- **La Triboquímica** – Estudia la interacción de las superficies de contacto con medios químicamente activos. Ella estudia los problemas relacionados con los fenómenos corrosivos que ocurren durante la fricción, los fundamentos químicos de la transferencia selectiva y de la acción sobre la superficie de medios químicamente activos que se desprenden durante la fricción como resultado de la descomposición de los polímeros y los lubricantes.
- **La Tribomecánica** – Estudia la mecánica de la interacción de las superficies de contacto durante la fricción. Esta analiza las leyes de conservación de la

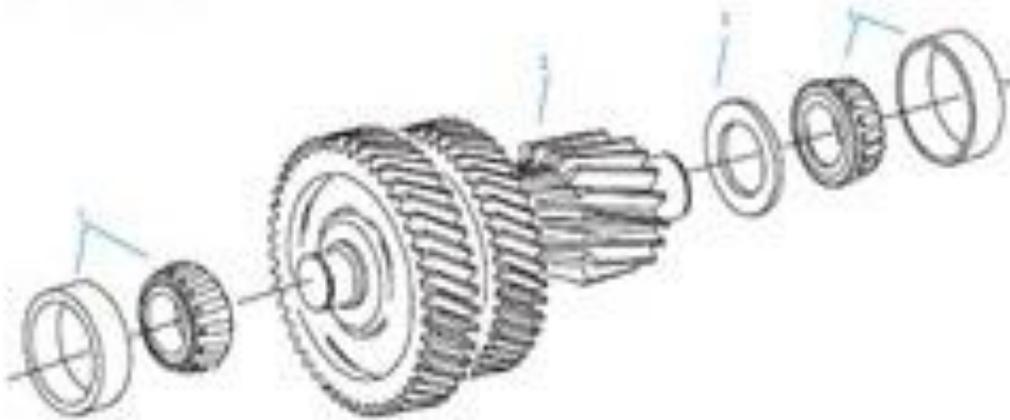
## ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS

Anexo 7 Eaton Fuller. (2006). Illustrated Parts List RTLO-16918B. Eaton Fuller.





1244-001 CD Helix

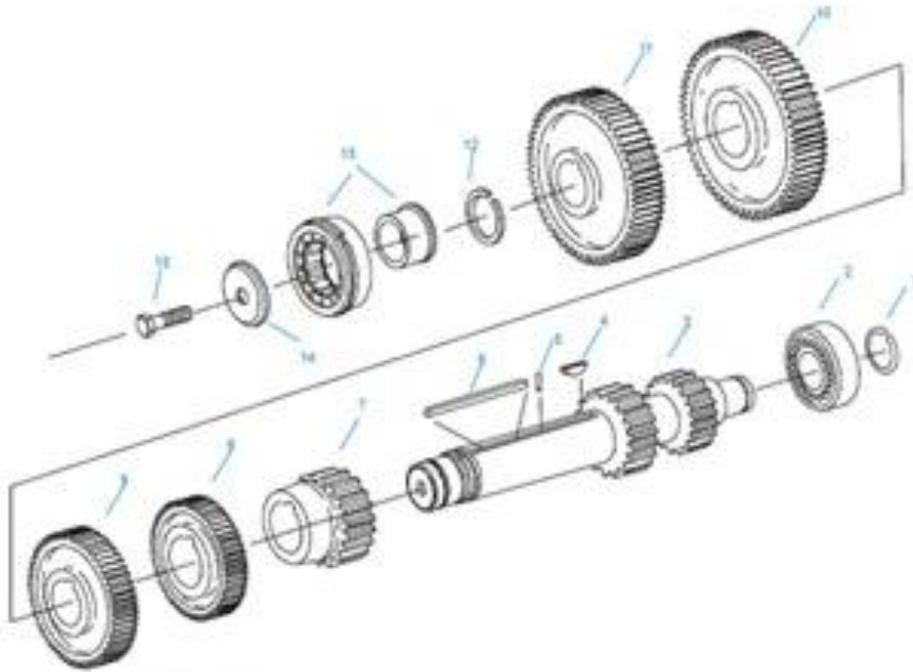


1244-001 CD Helix

**COUNTERSHAFT & BRGS(AUX)**

Qty	Current Part	Description	Explosion Part	Qty	Notes	Subparts When Installed
1	40000	SEALING		1		
1	6-020	COUNTERSHAFT BORE	40070, 40070, A-	2		
		BT	4007 A - 9602 A - 9602			
1	40000	SEALING	40007	1		

Draw: COUNTERSHAFT ASSY

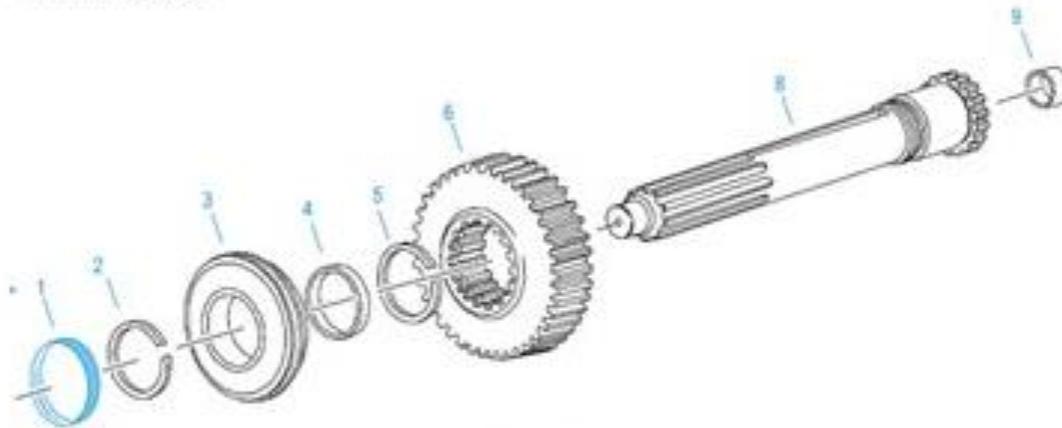


10064-10-95 CS/RT

**COUNTERSHAFT ASSY**

Item	Current Part	Description	Replaced Part	Qty	Notes	Ent. Assys Where Needed
1	4302082	SNAP RING		1		
2	4302712	BEARING		1		
3	E-2047	CNTRSHFT W/REV & LO	4302852	1		
4	N-6-E	KEY		1		
5	42511	ROLL PIN		1		
6	4304340	KEY	19973	1		
7	21025	1ST GEAR-CNTRSHFT	19929, 4300240	1		
8	21204	2ND GEAR-CNTRSHFT	19925	1		
9	4305666	OD GEAR-CNTRSHFT	4304508, 4304315	1		
10	13953	PTO GEAR - LOWER		1		
11	30840	PTO GEAR - UPPER	19932	1		
12	4304090	DRIVE GEAR-CNTRSHFT		1		
13	19198	SNAP RING		1		
14	4304588	BEARING	4302877, 4304588	1		
15	4304605	RETAINER	19548	1		
16	X-7-1005	CAPSCREW		2	5/8"-18X1-3/4"	

Image INPUT SHAFT & DRIVE GEAR



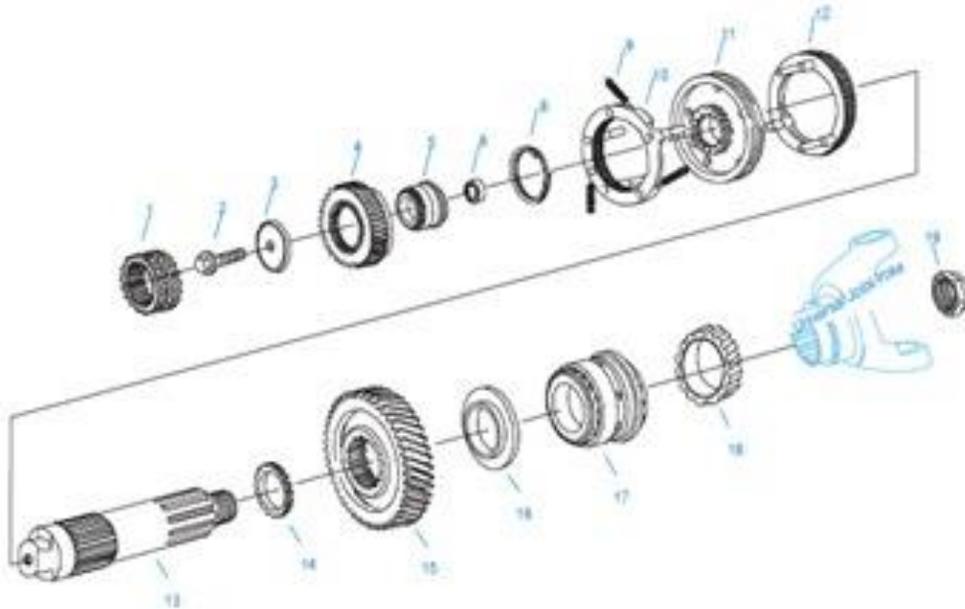
10370-182 IS

\* For Shipping Only Do Not Replace

**INPUT SHAFT & DRIVE GEAR**

Item	Current Part	Description	Replaced Part	Qty	Notes	Kit Asy Where Needed
1	21156	SHIPPING SEAL		1	NOT SOLD FOR SERVICE	
2	16880	SNAP RING		1		
3	81504	BEARING		1		
4	16463	SPACER		1		
5	14750	SNAP RING		1		
6	4304100	MAIN DRIVE GEAR	4903891, 4394014	1		
7	5-1809	INPUT SHAFT	20535, 21586, 4382461	1	2" PULL - USE W/FBC 20530	
8	5-1660	INPUT SHAFT	20536, 21587	1	2" PUSH - USE W/FBC 20549	
9	16586	BEARING		1		

Group MAINSHAFT & SYNCHRO(AUX)

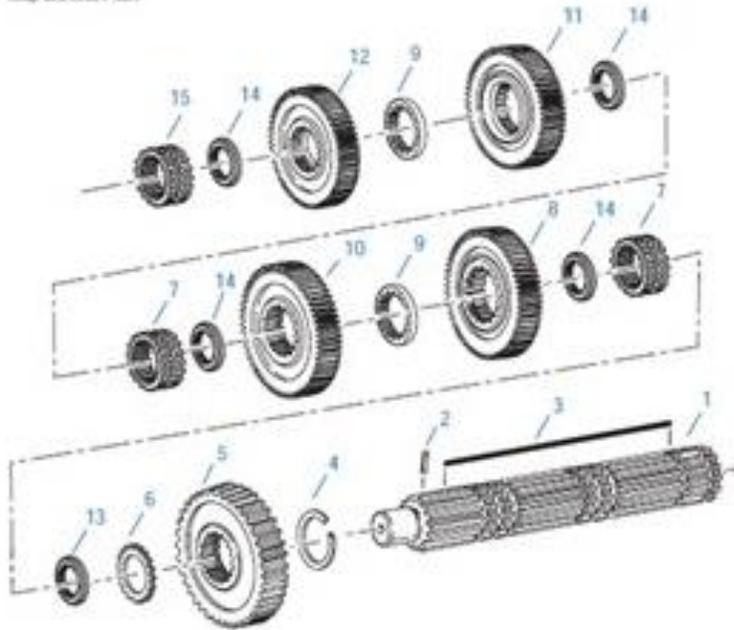


10438-12-97 Aux MS

**MAINSHAFT & SYNCHRO(AUX)**

Item	Current Part	Description	Replaced Part	Qty	Notes	Kits Apply Where Needed
1	430097	SLIDING CLUTCH		1		
2	X-7-1007	SCREW		1	5/8"-18X1-3/4"	
3	4301843	RETAINER		1		
4	4301422	SPLITTER GEAR	4301421 4301423	1		
5	4300902	TAPERED ROLLER BRG		1		
6	4301844	BEARING SLEEVE		1		
8	4301424	SNAP RING		1		
9	14897	SPRING		1		
10	A-7331	SYNCHRONIZER ASSY	4304396 4304397 A - 3817	1	HI RANGE	
11	4301840	SLIDING CLUTCH	4301838	1		
12	A-7254	SYNCHRONIZER ASSEMBLY	A - 4817 A - 5878	1	LO RANGE	
13	4301705	MAINSHAFT		1		
14	4301842	WASHER		1		
15	4301795	REDUCTION GEAR	4301794	1		
16	4300912	SPACER		1		
17	5150103	BEARING		1		
18	30091	ROTOR		1		
19	4301721	NUT		1		

Imp MAINSHAFT ASSY

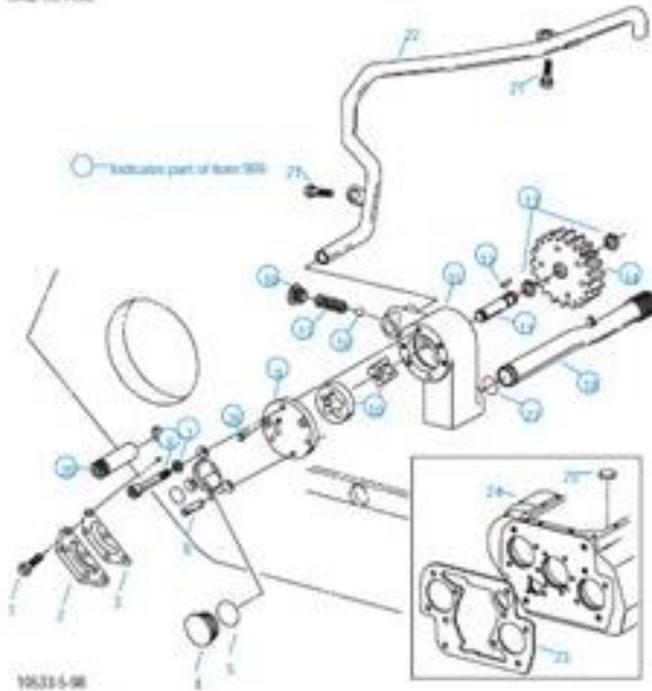


101138-10-06

### MAINSHAFT ASSY

Item	Current Part	Description	Replaced Part	Qty	Notes	Fits Assy Where Needed
1	1-1582	MAINSHAFT ASSY	4302400, 4302402, 5-2118	1		
2	42194	ROLL PIN		1		
3	4304425	3-SIDED KEY	4300120	1		
4	14750	SNAP RING		1		
5	18756	REVERSE GEAR-MAINSHAFT	22408	1		
6	4302047	SPACER		1		
7	14018	SLIDING CLUTCH		2		
8	4303406	LO GEAR-MAINSHAFT	4303407	1		
9	4303603	WASHER	4303397	2		
10	4303420	1ST GEAR-MAINSHAFT	4303408	1		
11	4302394	2ND GEAR-MAINSHAFT	4302395	1		
12	4304104	OD GEAR-MAINSHAFT	4302664, 4303666, 4304316	1		
13	4300382	WASHER 349-WHITE		1		
14	4302398	WASHER		4		
15	4304107	SLIDING CLUTCH	22028	1		

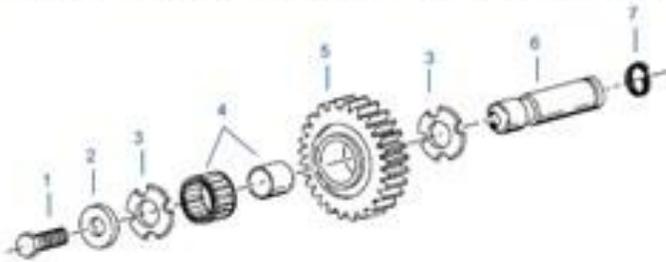
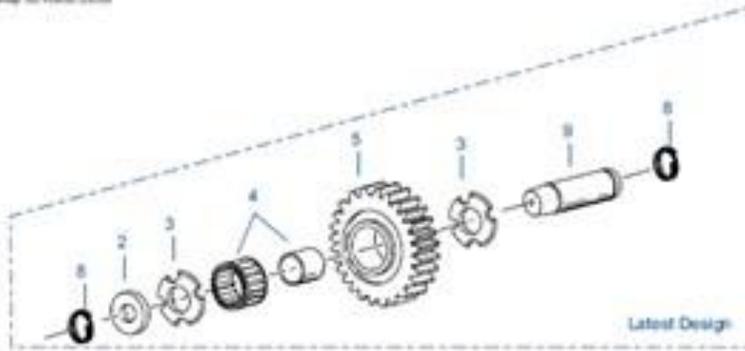
Draw OIL PUMP



**OIL PUMP**

Item	Current Part	Description	Replaced Part	Qty	Notes	Kit/ Assy Where Needed
1	X-3C-409	CAPSCREW		1	1/4" X 2X 5/8"	
2	E-2402	COVER & SCREW KIT	20513, 4300710	1		
3	20514	GASKET		1		
4	20823	PLUG		1		
5	14785	O-RING		1		
6	X-3-448	SCREW	X 3-445	3	1/4" X 2X 1-1/4"	
7	20824	WASHER		1		
8	20825	DOWEL PIN		1		
9	4303773	RETAINER		1		
10	E-1367	OIL PUMP KIT	4301820, 4301848 4301776, 4304129 4304572 A - 6963 A - 7173	1		
11	E-1367	OIL PUMP KIT	4301820, 4301848 4301776, 4304129 4304572 A - 6963 A - 7173	1		
12	20509	KEY		1		
13	14853	SNAP RING		2		
14	4303774	PUMP DRIVE GEAR	4304880	1		
15	E-1367	OIL PUMP KIT	4301820, 4301848 4301776, 4304129 4304572 A - 6963 A - 7173	1		
16	X-14-700	STEEL BALL		1	3/16"	
17	4303775	SPRING		1		
18	4303783	SUCTION TUBE	4304628	1	O-RING EXCLUDED ON SUCTION TUBE	
19	E-1367	OIL PUMP KIT	4301820, 4301848 4301776, 4304129	1		

Group REVERSE IDLER



11342-3-97 (R)

**REVERSE IDLER**

Item	Current Part	Description	Replaced Part	Qty.	Notes	Ent. Assy's Where Needed
1	X-7-1008	CAPSCREW		1	5/8" (EXT) 1/4"	
2	14281	WASHER		1		
3	4102982	WASHER	14282	1		
4	14287	BEARING	4305020	1		
5	18757	REVERSE IDLER GEAR	22408	1		
6	K-3208	IDLER SHAFT REPL. KIT	18405 4102983 4305113	1		
7	4103358	RETAINING RING		2		
8	4103358	RETAINING RING		4		
9	4105113	IDLER SHAFT		1		



Copyright Eaton and Dana Corporation, 2002. EATON AND DANA CORPORATION hereby grants its customers, vendors, or distributors permission to freely copy, reproduce and/or distribute this document in printed format. THIS INFORMATION IS NOT INTENDED FOR SALE OR RE-SALE, AND THIS NOTICE MUST REMAIN ON ALL COPIES.



Advertiser or  
**AUTOMOTIVE  
SERVICE  
EXCELLENCE**

## Roadranger

MAKE TIME ON THE ROAD

The Roadranger® System is an unbeatable combination of the best products from Eaton and Dana – partnering to provide you the most advanced, most trouble-free drivetrain in the industry. And it's backed by the Roadrangers – the most experienced, most expert, most accessible drivetrain consultants in the business.

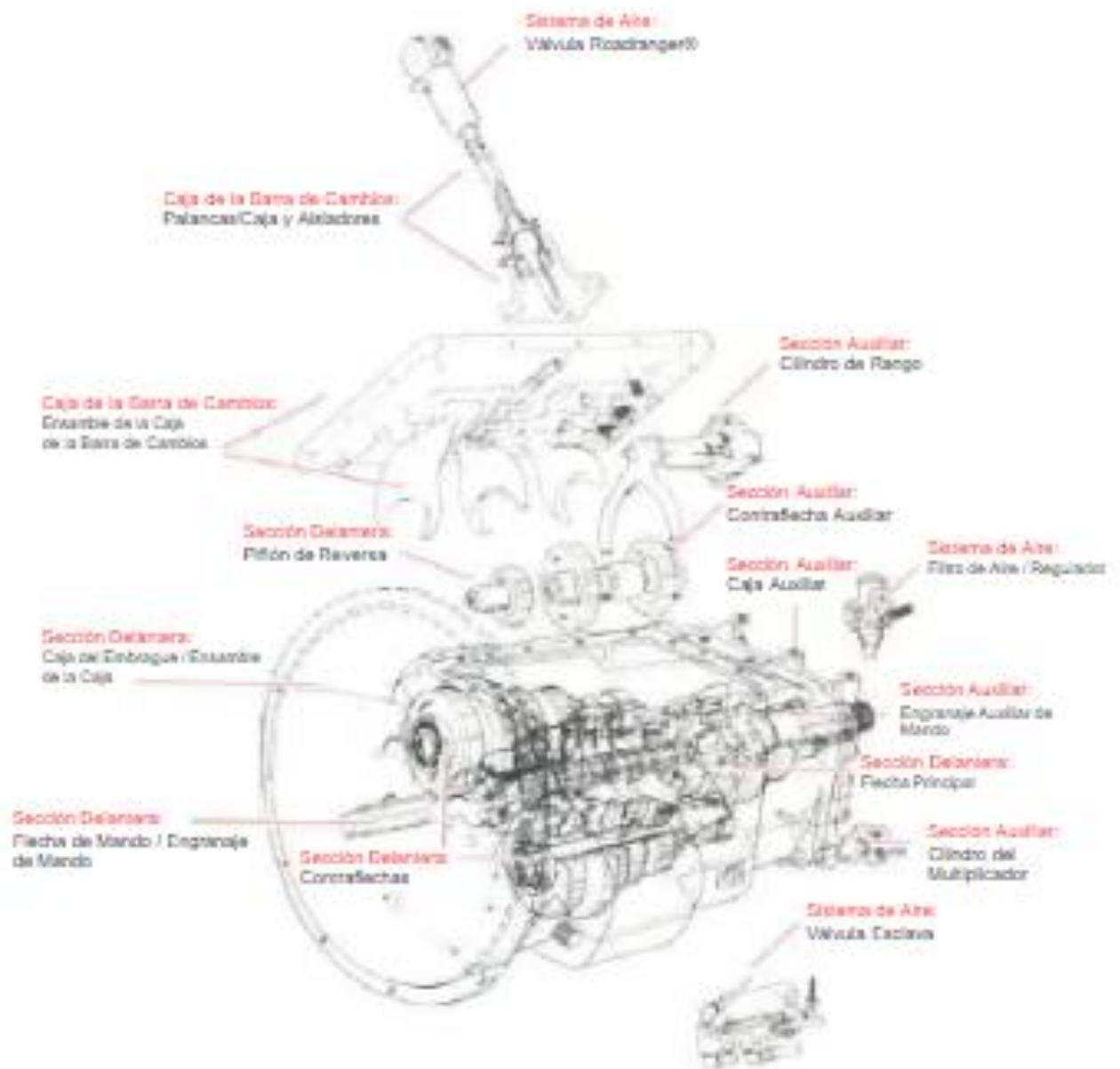
For spec'ing or service assistance, call 1-800-825-HELP (4357) 24 hours a day, 7 days a week, (Mexico: 001-800-825-HELP (4357)) for more time on the road. Or visit our web site at [www.roadranger.com](http://www.roadranger.com).



**EATON**

One Great Drivetrain from Two Great Companies

87LO-101188  
804  
Printed in the USA





## INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2028:2011**  
**Segunda revisión**

---

### **PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. ACEITES LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES MANUALES Y DIFERENCIALES DE EQUIPO AUTOMOTOR. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

PETROLEUM DERIVATED PRODUCTS. LUBRICANT OILS FOR MANUAL TRANSMISSIONS AND DIFFERENTIALS  
AUTOMOTIVE EQUIPMENT. REQUIREMENTS.

Second Edition

---

DESCRIPTORES: Derivados del petróleo, aceites lubricantes, transmisiones, requisitos.  
PE: 02.02-435  
CUI: 621.892.621  
CIIU: 3530  
ICS: 75.100

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. ACEITES LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES MANUALES Y DIFERENCIALES DE EQUIPO AUTOMOTOR. REQUISITOS.	NTE INEN 2020:2011 Segunda revisión 2011-07
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a los aceites lubricantes utilizados en transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor, bajo las condiciones de las categorías API GL-4, GL-5, GL-6, MT-1 y posteriores.</p> <p>2.2 Esta norma no se aplica a los aceites lubricantes para engranajes de transmisiones automáticas de equipo automotor.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 Aceites básicos minerales. Producto derivado directo de la refinación del petróleo usado en la producción de lubricantes.</p> <p>3.1.2 Aceites básicos sintéticos. Aquellos obtenidos por procedimientos petroquímicos.</p> <p>3.1.3 Aceites básicos semisintéticos. Son productos obtenidos de la mezcla de aceites básicos minerales con aceites básicos sintéticos.</p> <p>3.1.4 Aceite monógrado. Aquel que tiene un solo grado de viscosidad SAE.</p> <p>3.1.5 Aceite multigrado. Aquel que tiene dos grados de viscosidad SAE.</p> <p>3.1.6 Aditivos. Compuesto que se agrega a los aceites básicos con el fin de impartir nuevas propiedades o reforzar algunas ya existentes.</p> <p>3.1.7 API. Siglas en el idioma inglés del Instituto Americano del Petróleo, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece la clasificación y nomenclatura de los aceites lubricantes, según el nivel de desempeño.</p> <p>3.1.8 ASTM. Siglas en el idioma inglés de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece estándares de calidad y métodos de ensayo de laboratorio.</p> <p>3.1.9 Clasificación API. Orden sistemático de las categorías de acuerdo con los diferentes niveles de desempeño en ensayos patrón para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor.</p> <p>3.1.10 Categoría API. Designación tal como GL-4, GL-5, GL-6, MT-1 o superiores, que definen un nivel de desempeño del lubricante, conforme la clasificación API.</p> <p>3.1.11 SAE. Siglas en el idioma inglés de la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece la clasificación de los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

**3.1.12 Transmisión mecánica.** Elemento que comunica movimiento de un mecanismo a otro. Las transmisiones usadas en automotores son combinaciones de ruedas dentadas y engranadas entre sí, que transmiten movimiento desde el motor hasta las ruedas u orugas de un vehículo.

**3.1.13 Transmisión manual,** llamada también caja de cambios. Mecanismo que comunica el movimiento del motor, se encuentra localizado a la salida de éste. Consta generalmente de los árboles primario y secundario, en cada uno de los cuales va montada una serie de engranajes con la finalidad de mantener el motor dentro de un régimen de funcionamiento, variando la velocidad del vehículo o cambiando el sentido de giro. Estos cambios se efectúan mediante una palanca accionada manualmente a voluntad.

**3.1.14 Diferencial.** Mecanismo conformado por engranajes que reducen ampliamente el movimiento modificando el par de potencia; además permiten velocidades en el sentido axial, con lo cual el vehículo puede girar equilibradamente. Se incluyen los diferenciales con mecanismos de auto bloqueo y deslizamiento limitado.

**3.1.15 Lote.** Es la cantidad específica de producción de aceite lubricante, que cuenta con características uniformes, que se somete a inspección como una unidad.

**3.1.16 Muestra.** Es una cantidad representativa de aceite lubricante, extraída de un lote, a la que se le realiza los análisis de laboratorio, cuyos resultados permitirán evaluar una o más características de calidad de ese lote. Esto servirá para tomar decisiones sobre dicho lote o sobre el proceso que lo produjo.

#### 4. CLASIFICACIÓN

**4.1** Los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales del equipo automotor se clasifican de la siguiente manera:

**4.1.1** Según el grado SAE de viscosidad en: 70W, 75W, 80W, 85W, 90, 95, 100, 110, 140, 190, 250 (ver nota 1).

**4.1.2** Según las condiciones de servicio en API: GL-4, GL-5, GL-6, MT-1 y posteriores.

**4.1.2.1 API GL-4.** Designa el tipo de características de servicio en las transmisiones manuales y diferenciales con engranajes hipoidales en vehículos para transporte de pasajeros y otros equipos similares que trabajen en condiciones de alta velocidad-bajo torque y baja velocidad-alto torque. Los lubricantes apropiados para este servicio son los que contienen aditivos de moderada actividad; aditivos de extrema presión y aditivos que proporcionen protección contra el desgaste y soldaduras por impacto. Para que un lubricante de engranaje califique como GL-4 debe cumplir los ensayos de la especificación MIL-L-2105 (ver nota 2).

**4.1.2.2 API GL-5** Designa el tipo de características de servicio en transmisiones manuales y diferenciales con engranajes hipoidales, incluidos los diferenciales con mecanismos de autobloqueo, deslizamiento limitado en vehículos de pasajeros y otro equipo similar que opere en condiciones de alta velocidad-bajo torque y baja velocidad-alto torque. Los lubricantes apropiados para este tipo de servicio son aquellos que contienen aditivos de alta actividad y extrema presión, además de aditivos que proporcionan protección contra el rayado. Para que un lubricante de engranaje califique como GL-5, debe cumplir los ensayos de la especificación MIL-L-2105 D (ver nota 3).

**NOTA 1.** Corresponde a:

- a) Los números seguidos de la letra 'W' están basados en la medida de baja temperatura predeterminada y que aceptan una viscosidad absoluta de 150 000 mPa's como máximo y en valores mínimos de viscosidad cinemática a 100°C.
- b) Los números sin la letra 'W' están basados en la medida de la viscosidad cinemática a 100°C.

**NOTA 2.** La especificación MIL-L-2105, comprende varios ensayos relacionados con aceites para engranajes de tipo automotor y está orientada principalmente para vehículos que desarrollan trabajo liviano y moderado.

**NOTA 3.** La especificación MIL-L-2105 D comprende varios ensayos relacionados con aceite para engranajes automotores que efectúan trabajos, desde livianos hasta pesados.

**4.1.2.3 API GL-6.** Designa el tipo de características de servicio en transmisiones manuales y diferenciales con engranajes diseñados para una muy alta compensación de los piñones. Tales diseños suelen requerir protección extra a los engranajes que no proveen el aceite API GL-5.

**4.1.2.4 API MT-1.** Designa el tipo de características de servicio en transmisiones manuales no sincrónicas usadas en buses y camiones de servicio pesado. Los lubricantes que cumplen los requerimientos para este servicio, poseen alta estabilidad térmica, proporcionan mejor protección contra el desgaste de los componentes y deterioro de los sellos.

## 5. DISPOSICIONES GENERALES

**5.1** Los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor deben estar libres de materiales en suspensión, sedimentos, agua y cualquier otra impureza extraña.

**5.2** Los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor deben ser fabricados con bases lubricantes que cumplan lo establecido en la NTE INEN 2029.

**5.3** El nivel mínimo de calidad del lubricante para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor, que se comercializará en el Ecuador, será el API GL-4.

## 6. REQUISITOS

### 6.1 Requisitos específicos

#### 6.1.1 Requisitos fisicoquímicos

**6.1.1.1 Viscosidad.** Los valores de la viscosidad deben ajustarse a los valores de la tabla 1, cuando se sometan a los ensayos indicados en el numeral 8.1.

**TABLA 1.** Requisitos de viscosidad de los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales de equipo automotor (SAE J 306-2005)

Clasificación por grado de viscosidad	Viscosidad a 100°C (mm <sup>2</sup> /s)		Temperatura máxima para una viscosidad 150 000 mPa/s
	Min.	Máx.	
70W	4,1	No se requiere	- 55°C
75W	4,1	No se requiere	- 40°C
80W	7,0	No se requiere	- 26°C
85W	11,0	No se requiere	- 12°C
80	7,0	< 11,0	no se requiere
85	11,0	< 13,5	no se requiere
90	13,5	< 18,5	no se requiere
110	18,5	< 24,0	no se requiere
140	24,0	< 32,5	no se requiere
190	32,5	< 41,0	no se requiere
250	41,0		no se requiere

**6.1.1.2 Índices de viscosidad.** Los índices de viscosidad deben ajustarse a los valores de la tabla 2, según su clasificación de servicio, cuando se sometan al ensayo indicado en el numeral 8.2.

**TABLA 2. Requisitos de índice de viscosidad de los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales del equipo automotor**

Clasificación por condiciones de servicio	Índice de viscosidad (mínimo)	
	Grado de viscosidad 70W, 75W, 80W y 85W	Grado de viscosidad 80, 85, 90, 110, 140 y 250
GL - 4	90	85
GL - 5	90	85
GL - 6	90	85
MT - 1	90	85

6.1.1.3 **Espuma.** Los aceites comprendidos en esta norma deben presentar el comportamiento indicado en la tabla 3, cuando se sometan al ensayo indicado en el numeral 6.3.

**TABLA 3. Requisitos de espuma de los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales del equipo automotor**

Temperatura	Tendencia de la espuma después de 5 min del período de soplado en cm <sup>3</sup> , máx.	Estabilidad de la espuma después de 10 min de período de reposo en cm <sup>3</sup> , máx.
Secuencia I a 24 ± 0,5°C	20	0
Secuencia II a 93 ± 0,5°C	50	0
Secuencia III a 24 ± 0,5°C	20	0

6.1.1.4 **Punto de escurrimiento.** Los valores del punto de escurrimiento deben corresponder a un valor máximo de -16°C para los aceites designados con números y la letra "W", y a un valor máximo de -3°C para los aceites designados con números sin la letra "W", cuando se sometan al ensayo indicado en el numeral 6.4.

6.1.1.5 **Punto de infameación.** Los aceites lubricantes comprendidos en esta norma, deben reportar el valor obtenido del ensayo indicado en el numeral 6.5.

6.1.1.6 **Corrosión sobre la lámina de cobre.** Los aceites lubricantes comprendidos en esta norma, deben tener una clasificación máxima de 2a, a 121°C ± 1°C durante 3 h, cuando se sometan al ensayo indicado en el numeral 6.6.

6.1.1.7 **Presencia de aditivo.** El contenido de elementos de la tabla 4 deben reportarse de acuerdo a los ensayos del numeral 6.7. El aceite lubricante debe contener al menos uno de los elementos señalados en la tabla 4.

(Continúa)

**TABLA 4. Elementos de aditivación de los aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales del equipo automotor**

Azufre
Fósforo
Nitrógeno
Boro
Zinc
Potasio
Cromo
Componentes órgano metálicos

**6.1.1.8 Contenido de agua.** Los aceites lubricantes comprendidos en esta norma deben estar exentos de agua, cuando se sometan al ensayo indicado en el numeral 5.8.

**6.1.1.9 Materiales en suspensión.** Los aceites lubricantes comprendidos en esta norma, no deben contener sedimentos, cuando se sometan al ensayo indicado en el numeral 5.9.

## 6.2 Requisitos complementarios

**6.2.1** El transporte, almacenamiento y manejo de aceites lubricantes de transmisiones manuales y diferenciales automotrices debe realizarse de conformidad con lo establecido por las autoridades de control.

**6.2.2** La comercialización se realizará en m<sup>3</sup>, sus múltiplos y submúltiplos (litros), de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

## 7. INSPECCIÓN

### 7.1 Muestreo

**7.1.1** El lote debe conformarse por unidades de una misma clasificación.

**7.1.1.1** Para verificar la conformidad del lote con los requisitos establecidos en esta norma, debe tomarse aleatoriamente dos muestras de un litro cada una y debe someterse a los ensayos indicados en el numeral 6.

**7.1.1.2** El recipiente para la toma de muestras debe ser nuevo, limpio, seco y de cierre hermético, además debe ser de un material adecuado que no afecte las características del producto.

**7.1.1.3** Las muestras extraídas deben almacenarse como muestra testigo por un periodo de seis meses, la que debe ser requerida por la entidad competente.

**7.1.2** Identificación de las muestras:

**7.1.2.1** Las muestras se identificarán de la siguiente manera:

- a) Número de la muestra.
- b) Nombre del producto.
- c) Identificación del lote.
- d) Lugar, fecha y hora en que se toma la muestra.
- e) Nombre y firma del muestreador.

### 7.2 Aceptación o rechazo

**7.2.1** Con la muestra obtenida se determinarán los requisitos del producto, establecidos en el numeral 6 de esta norma.

(Continúa)

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más requisitos del numeral 6 de esta norma, se evaluará la muestra número 2.

7.2.3 Si la muestra número 2 no cumpliera con alguno o algunos de los requisitos establecidos en esta norma, se rechazará el lote correspondiente.

## 8. ENSAYOS

8.1 Determinación de la viscosidad. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en las Normas ASTM D 445 y ASTM D 2963, según corresponda.

8.2 Determinación del índice de viscosidad. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM D 2270.

8.3 Ensayo de espuma. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM D 892.

8.4 Determinación del punto de escurrimiento. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM D 97.

8.5 Determinación del punto de inflamación. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM D 92.

8.6 Ensayo de corrosión sobre la lámina de cobre. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM D 130.

8.7 Determinación del contenido de aditivo. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en las normas ASTM D 4951, ASTM D 4047, ASTM D 1091 según corresponda.

8.8 Determinación del contenido de agua. Efectuar el ensayo mediante el método de crepitación como se indica a continuación:

8.8.1 Crepitación. Es el método de laboratorio utilizado para determinar la presencia de agua en un fluido de mayor punto de ebullición que el agua, consiste en dejar caer una gota sobre una plancha metálica a 200 °C y escuchar si se produce chisporroteo, lo cual es indicativo de la presencia de agua contaminante.

8.9 Determinación de los materiales en suspensión. Efectuar el ensayo de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM D 2273.

## 9. ENVASADO

9.1 Los aceites para transmisiones manuales y diferenciales debe envasarse en recipientes de un material tal, que no vaya en detrimento de su calidad o modifique sus propiedades durante el transporte y almacenamiento.

## 10. ETIQUETADO

10.1 Cada envase debe presentar un rótulo perfectamente legible que incluya la siguiente información:

10.1.1 Nombre o denominación del producto.

10.1.2 Marca comercial del producto.

10.1.3 Número de lote del producto.

10.1.4 Contenido neto en unidades del SI.

10.1.5 Nombre o razón social y dirección completa de la empresa productora o comercializadora.

(Continúa)

10.1.6 País de fabricación del producto.

10.1.7 Grado de viscosidad SAE

10.1.8 Clasificación del servicio API, destacada en el cuerpo del envase

10.1.9 Aceite reciclado (ver nota 4).

10.1.10 Advertencia del riesgo por contacto prolongado del aceite lubricante con la piel

10.1.11 Advertencia del riesgo para el ambiente por la inadecuada disposición del aceite lubricante usado.

10.1.12 Aplicaciones del producto, destacando el uso para transmisiones manuales y diferenciales.

10.1.13 Fecha máxima de uso

10.1.14 Condiciones de conservación

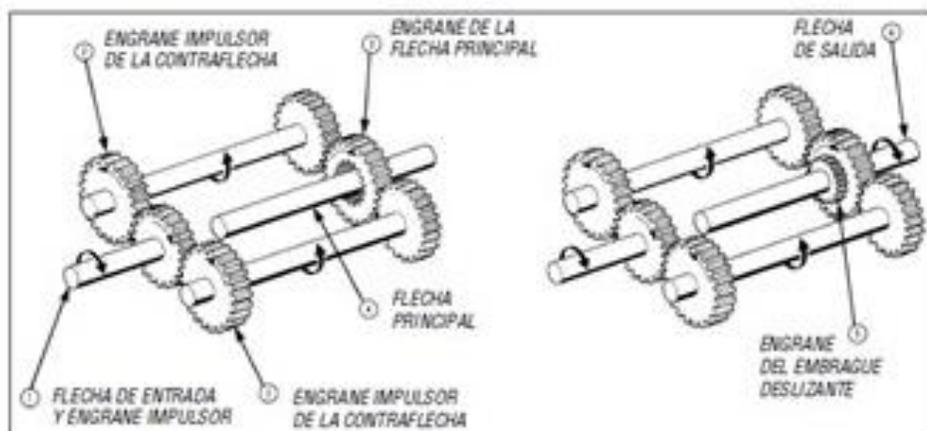
10.1.15 La información debe estar en español, sin perjuicio a que se pueda presentar en otros idiomas adicionales, de preferencia en inglés.

NOTA 4. Si el aceite es obtenido de un proceso de reciclado, esto debe constar en la información del rotulado.

(Continúa)



## Función de la transmisión



Un diagrama simplificado del flujo de potencia a través de una transmisión de contraeje gemelas Fuller ayuda a mostrar cómo se cambian el torque y la velocidad y cómo se divide el torque entre las dos contraejes.

El engrane impulsor y la flecha de entrada (1) están en acoplamiento constante con ambos engranes impulsores de la contraeje (2); cuando la flecha de entrada gira, los engranes de la contraeje están en acoplamiento constante con los engranes de la flecha principal "fotante". Los engranes de la flecha principal se encuentran simplemente a la deriva sobre la flecha principal (4). El engrane del embrague deslizante (5), que encaja hacia la flecha principal, está acoplado en los dientes internos de agarre del engrane de la flecha principal. La flecha principal ahora gira en la relación de engrane seleccionada.

Las transmisiones de las contraeje gemelas Fuller Roadranger® generalmente consisten en una sección delantera de cinco velocidades y una sección auxiliar de dos o tres velocidades, ambas en una carcasa.

# ANEXOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Anexo 10 Resultados prueba de aceites LACBAL




INFORME 55-I-LACBAL-2023-1233

---

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Nombre:	MOMIÓN GUSTO STEVEN FERNANDO	Estado:	DISEÑO
Dirección:	GUAYACÁN	Número de muestra(s):	2
Correo electrónico:	KOTIVENC@ECPNALL.COM		

---

INFORMACIÓN GENERAL

Realizado por:	Mg. Inés Alicia	N° de protocolo:	00-71203-2023	Recepción de muestra(s):	2023-05-17
Tipo de cliente:	Interio	N° de factura:	001-001-817723	Fecha de entrega:	2023-05-17
Transporte:	na	Entrega de informe:	2023-05-24		

---

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	TIPO ENVASE	CAPACIDAD
---	---	1203-01	Aceite Lubricante	Plástico	120 ml
---	---	1203-02	Aceite Lubricante	Plástico	120 ml

---

CONDICIONES AMBIENTALES:

TEMPERATURA [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	PRESIÓN [MPa]
18,0 ± 22,0	52,0 ± 70	1,014 ± 75,2

---

NOTAS ACLARATORIAS

1. Todos los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no todos están acreditados.
2. Los métodos que comienzan con "A" son aquellos métodos acreditados. [Acreditación N° 001-001-21-001](#)
3. Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems solicitados.
4. Queda prohibida la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del LACBAL.
5. Cuando sea posible, se realizan los ensayos con el control de aceptación y rechazo de las muestras de origen de ensayo previa aceptación del cliente, la comparación respectiva con la normativa vigente NPS/IMPN.
6. El proveedor es responsable por el cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por el tipo de muestra, los resultados son únicamente de la muestra entregada por el cliente.
7. El laboratorio no cuenta con otros tratamientos, por lo que todos los análisis son realizados en las instalaciones de LACBAL.
8. En caso de que el laboratorio sea el responsable del transporte de la muestra (conforme escrito) LACBAL, se realizará de acuerdo a los protocolos establecidos para transportar en la forma ASTM D3827-20.
9. El LACBAL no se responsabiliza por los datos obtenidos en muestras que no se encuentran dentro de las especificaciones técnicas presentadas en el protocolo, los análisis ejecutados serán responsabilidad del cliente, todo así que éste presente desde en las condiciones de ingreso de la muestra siempre existió la constancia para el registro de la ejecución del ensayo.

Laborio de Guayacán #11-263 Edificio N° 4 P 17 (Laborio: Edificio N° 4, Guayacán)  
020794-880 Fax: 48254035/481371 <https://lactal.epn.edu.ec/>

Edificio/Fecha: 06/0013-EP-21  
IMPY 803

TABLA DE RESULTADOS:

Aceite Lubricante			
Ensayo	Norma método	Unidades	Valor obtenido
			1233-01
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	142,83
Viscosidad cinemática a 100°C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	13,91
Índice de viscosidad	ASTM D2270	---	93

Aceite Lubricante			
Ensayo	Norma método	Unidades	Valor obtenido
			1233-02
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	151,02
Viscosidad cinemática a 100°C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	15,24
Índice de viscosidad	ASTM D2270	---	102

## Anexo 11 Eaton Fuller. (2007). Guía diagnóstico de fallas transmisiones fuller de carga pesada. Eaton Corporation

### Quejas comunes de la transmisión

1. Atascamiento de las estrías del engrane del embrague deslizante en la flecha principal como resultado de una chaveta de flecha principal torcida, un yugo de cambios doblado o una chaveta de flecha principal combada.
2. Atascamiento de las barras de yugo en la carcasa de la barra, como resultado de una carcasa fisurada, un tornillo de fijación de bloque de cambios con torque en exceso, una barra de yugos vendida, o áreas hinchadas en la barra de yugos.

Si la palanca de velocidades se pone dura sólo en la primera marcha o en reversa, puede ocurrir que el movimiento del tope del émbolo del bloque de cambios esté restringido. Esto puede ocurrir debido a la existencia de rebabas en el émbolo, o por el ajuste excesivo del tapón de resorte del émbolo. Con el émbolo bloqueado en la posición de presionado, el tapón debe ajustarse hasta que toque fondo contra el resorte, y luego deslizarse hacia afuera dando 1/4 a 1/2 vuelta.

No se deben confundir los golpes de los engranes con una palanca de velocidades dura. Los golpes de los engranes se producen cuando se intenta engranar el engrane del embrague antes de que haya logrado la sincronización con el engrane de la flecha principal. (Consulte la sección "Golpes").

### Calor

La temperatura de funcionamiento de la transmisión nunca debe ser superior a 250 °F (120 °C) por un período prolongado de tiempo. Si lo hace, el aceite se descompondrá y se acortará la vida útil de la transmisión.

Debido a la fricción de las piezas móviles, las transmisiones producirán una cierta cantidad de calor. En la mayoría de los casos, la temperatura de funcionamiento normal es de aproximadamente 100 °F (40 °C) por encima de la temperatura ambiente. El calor se disipa a través de la caja de transmisión. Cuando existen condiciones que evitan la correcta disipación del calor, se produce el sobrecalentamiento.

Antes de buscar las posibles causas del sobrecalentamiento, se debe revisar el indicador de temperatura de aceite y la unidad de envío para asegurarse de que funcionen correctamente.

### Causas del sobrecalentamiento (Consulte también "Lubricación")

1. Lubricación incorrecta Nivel de aceite muy bajo o muy alto, tipo incorrecto de aceite o ángulo de funcionamiento de más de 12 grados.
2. Funcionar constantemente a 20 MPH.
3. RPM altas del motor.
4. Flujo de aire restringido alrededor de la transmisión debido a que la transmisión se encuentra "encerrada" entre los rieles del bastidor, la tapa del maletero, el tanque de combustible, los soportes de montaje y el gran conjunto de la defensa delantera.
5. Sistema de escape demasiado próximo a la transmisión
6. Temperatura ambiental alta.
7. Funcionamiento a alta potencia o con sobremarcha.
8. Desplazamiento en bajada con el embrague presionado.

En algunos casos, se puede utilizar un juego de enfriadores de aceite externos para corregir los problemas de sobrecalentamiento.

### El uso de enfriadores de aceite de la transmisión: Se recomienda

- Para motores con 350 H.P. o más con transmisiones con sobremarcha

### Se requiere

- Para motores de 399 H.P. y más con transmisiones con sobremarcha y peso bruto combinado (GCW) superior a 90,000 libras.
- Para motores de 399 H.P. y más y torque de 1400 lb-pie o superior
- Para motores con 450 H.P. de fuerza o más

### Ruido

Siempre habrá un cierto nivel de ruido debido al funcionamiento normal de la transmisión. Sin embargo, el ruido excesivo o inusual, como los gemidos, gruñidos o chirridos, indica que existe algún tipo de problema.

La transmisión en sí misma puede ser la causa del ruido excesivo o inusual. El ruido también se puede originar en cualquier otra parte del vehículo, pero puede ser captado y amplificado por la transmisión.

### ENGRANES Y FLECHAS

#### Choques



Dientes de agarre curvados

Los engranes golpeados y curvados durante la alternación son abusos frecuentes a los que se someten las transmisiones no sincronizadas. Un leve curvado provocará muy poco daño. Al daño verdadero lo produce el cambio de golpe duro causado por los engranes acoplados, los cuales se encuentran lejos de la sincronización. Esto puede romper partes de metal de los extremos de los dientes de agarre.

Los engranes golpeados tienen su origen en una de tres causas:

1. **Cambio de marcha incorrecto:** esto se aplica a los conductores que no conocen el patrón de cambio o no aprendieron la extensión de RPM entre los cambios.
2. **Embrague:** el golpe cuando se enciende en primera o reversa puede ser causado por el despeje insuficiente del embrague o un embrague de arrastre que no se suelta correctamente. Esto hace que los engranes de la flecha principal y de las contraflechas de transmisión continúen rotando mientras se deja de presionar el pedal del embrague. El golpe ocurre cuando el embrague desliza que no rota es forzado a acoplarse con un engrane giratorio de la flecha principal. El agarre doble durante los cambios de la palanca también reduce el curvado y golpe.

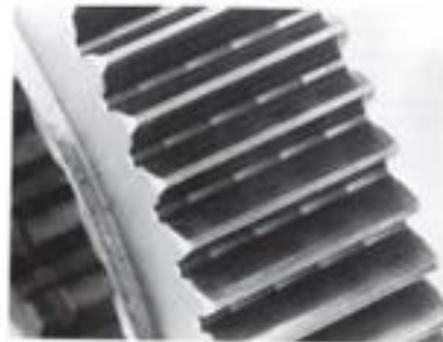
3. **Fuerza interna:** los engranes de las flechas principales y contraflechas generalmente llevan de 3 a 5 segundos para dejar de rotar después de que el embrague haya sido desacoplado. Intentar acoplar el engrane de un embrague con el engrane de una flecha principal antes de que el engrane de la flecha principal se detenga ocasionará un golpe. Si la transmisión no está equipada con un freno de embrague o freno de contraflecha, se debe pausar unos segundos después de dejar de presionar el pedal del embrague antes de intentar un acoplamiento inicial de la transmisión.

#### Fallas del engrane

Todos los dientes del engrane se desgastan debido a la acción deslizando que ocurre cuando se acoplan los dientes de acoplamiento. El desgaste normal es un desgaste lento y constante de la superficie del diente. La vida útil del engrane de la transmisión se puede acortar por diferentes condiciones adversas. Estas condiciones y las fallas resultantes se analizan en el manual de Fuller titulado "Understanding Spur Gear Life" (Comprensión de la vida útil del engranaje) (formulario núm. 186).

#### Marcas de fabricación

A menudo, los engranes se reemplazan o se cree que son defectuosos debido a las marcas que quedan en ellos debido a los procesos de fabricación. Estas imperfecciones, sin embargo, no contribuyen a la falla del engrane y no debe reemplazarse el engrane debido a estas marcas.



## ANGULARIDAD DE LA LÍNEA MOTRIZ

### Vibración torsional

#### Verificación de los ángulos de funcionamiento de la junta en U de la línea motriz

La acción de una línea motriz con una junta universal en alguno de los extremos funcionando a través de un ángulo produce un movimiento peculiar. La línea motriz acelerará y desacelerará dos veces por cada revolución. Si los ángulos de funcionamiento en cualquiera de los extremos de la flecha son desiguales, se produce una vibración torsional. La vibración torsional tenderá a desaparecer si los ángulos de funcionamiento de ambas juntas son iguales.

#### Tipos de ruido

El ruido o la vibración que se producen sólo a determinadas velocidades del vehículo y disminuyen cuando la velocidad aumenta es el resultado de la existencia de ángulos de funcionamiento desiguales en las juntas de la línea motriz.

El ruido y la vibración persistentes durante todo el rango de velocidad y que varían en intensidad con el cambio de velocidades podría ser el resultado de la existencia de líneas motrices desbalanceadas, discos o tambores de freno desbalanceados o líneas motrices con juntas universales desfasadas.

#### Controles preliminares

Antes de medir los ángulos, controle lo siguiente:

1. Controle la brida secundaria o la tuerca del yugo para determinar si está floja y aplique el torque especificado, si fuera necesario.



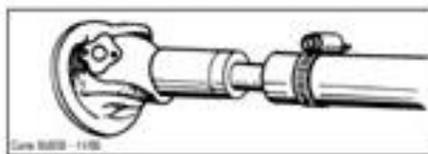
Cara 3028-1100

2. Las juntas de deslizamiento de la línea motriz cuyas flechas u otras marcas no están apuntándose unas con otras producirán un desfase en las juntas universales de la línea motriz. En otras palabras, la junta universal de la transmisión puede girarse una estría o más hacia la derecha o la izquierda de la posición de alineación con la junta universal en el extremo opuesto de la línea motriz.

**Nota:** Algunas líneas motrices diseñadas por computadora se fabrican intencionalmente con juntas en U desfasadas. Consulte las especificaciones del fabricante para lograr un ajuste adecuado. Además, controle de cerca para asegurarse de que no se haya producido ninguna torcedura en la tubería, que haga que estas dos juntas se desfasen.

Asegúrese de que la junta de deslizamiento funcione libremente y que no esté limitada ni agarrotada. Las juntas de deslizamiento deben absorber los movimientos de la carcasa del eje.

3. Las líneas motrices desbalanceadas pueden hacer que se produzca vibración durante todo el rango de velocidad del vehículo y que varíe en intensidad con el cambio de velocidad. La línea motriz puede tener una falla de balanceo o concentricidad. Se puede hacer una verificación rápida de campo para determinar el balanceo de la línea motriz asegurando una pequeña pieza de metal o de peso similar con una abrazadera de manguera en la parte frontal del tubo donde está soldada la flecha de la estría. Pruebe el vehículo en carretera y continúe moviendo el peso alrededor del tubo hasta encontrar el punto de equilibrio y que desaparezca o se minimice la vibración.



Cara 3028-1100

Las líneas motrices se balancean dinámicamente a su velocidad rotacional pretendida y no a velocidades infinitas. Por lo tanto, se puede esperar vibración cuando se excede esta velocidad rotacional.

Controle la concentricidad de la línea motriz realizando el montaje en el punto del torno y por medio de la indicación de cuadrante. Consulte las especificaciones del fabricante para conocer la tolerancia de descentramiento.

4. Los soportes del motor que están desgastados, rotos o sueltos y los cojines de montaje desgastados o deteriorados deben corregirse para restaurar la suspensión del motor a su tolerancia de vibración original.

No se recomienda el uso de aceite para engranes para propósitos múltiples o aceite para engranes EP suave, pero si se utilizan estos aceites de engrane, asegúrese de cumplir con las siguientes limitaciones:

No utilice aceite para engranes para propósitos múltiples o aceite de engrane EP suave cuando las temperaturas de funcionamiento se encuentran por encima de los 230 °F (110 °C). Muchos de estos aceites de engrane, en particular el 85W140, dejan de funcionar a más de 230 °F y cubren sellos, rodamientos y engranes con sedimentos que pueden causar fallas prematuras. Si se observan estos sedimentos (especialmente una capa sobre las áreas de sello que causan la fuga de aceite), cambie al aceite de transmisión Eaton Roadranger CD50, aceite para motor para servicio pesado o aceite de engrane mineral para asegurar una vida útil máxima del componente y para mantener su garantía con Eaton. (También vea "Temperaturas de funcionamiento").

No se recomienda el uso de aditivos ni modificadores de fricción en las transmisiones Eaton Fuller.



**Nivel correcto de aceite**

Asegúrese de que el aceite esté nivelado con la abertura del orificio de llenado. Debido a que puede alcanzar el aceite al introducir los dedos por la abertura no indica que sea el nivel correcto de aceite. Una pulgada en el nivel de aceite equivale aproximadamente a un galón de aceite.

**Aceite drenado**

Drene la transmisión mientras el aceite esté caliente. Para drenar el aceite retire el tapón de drenado en el fondo de la carcasa. Limpie el tapón de drenado antes de volver a instalarlo.

**Recarga**

Limpie la carcasa alrededor del tapón de llenado y retire el tapón del costado de la carcasa. Llene la transmisión hasta el nivel de la abertura de llenado. Si la transmisión cuenta con dos aberturas de llenado, llene hasta el nivel de ambas aberturas.

La cantidad exacta de aceite dependerá del modelo y de la inclinación de la transmisión. No llene demasiado; esto causará que se fuerce al aceite a salir de la transmisión.

Al añadir aceite, no se deben mezclar diferentes tipos y marcas de aceites debido a una posible incompatibilidad.

**Temperaturas de funcionamiento:**  
con aceite mineral y aceite para motores para servicio pesado del aceite de transmisión de Eaton® Roadranger® CD50

La transmisión no se debe operar de manera consistente en temperaturas superiores a 250 °F (120 °C). Sin embargo, las temperaturas intermitentes de funcionamiento a 300 °F (149 °C) no dañarán la transmisión. Las temperaturas de operación superiores a 250 °F aumentan la tasa de oxidación del lubricante y acortan su vida útil. Cuando la temperatura de operación promedio es superior a 250 °F; la transmisión puede requerir cambios de aceite más frecuentes o enfriamiento externo.

Cualquier combinación de las siguientes condiciones puede originar temperaturas de funcionamiento superiores a 250 °F: (1) operar de manera consistente a velocidades bajas, (2) temperaturas ambientales altas, (3) flujo de aire restringido alrededor de la transmisión, (4) sistema de escape demasiado próximo a la transmisión, (5) operación en sobremarcha, alta potencia.

Existen enfriadores de aceite externos que reducen las temperaturas de funcionamiento cuando existe cualquiera de las condiciones anteriores.

Enfriadores de aceite de la transmisión

**Recomendadas:**

- Para motores con 350 caballos de fuerza o más con transmisiones de sobremarcha

**Requerido**

- Para motores de 399 caballos de fuerza y superiores y con transmisiones de sobremarcha y GCW superior a 90,000 libras.
- Para motores de 399 caballos de fuerza y superiores y torque de 1400 lb-pie o superior.
- Para motores con 450 caballos o más

**- Con aceite de engrane para propósitos múltiples o EP**

No se recomienda el aceite para engranes para propósitos múltiples o el aceite para engranes EP suave cuando las temperaturas de funcionamiento del lubricante superan los 230 °F (110 °C). Además, no se recomiendan los enfriadores del aceite de transmisión con estos aceites de engrane ya que los materiales del enfriador de aceite pueden ser invadidos por estos aceites de engrane. El límite más bajo de temperatura y la restricción del enfriador de aceite con estos aceites de engrane generalmente limitan su éxito en aplicaciones más suaves.

## Lubricación

### Niveles correctos de lubricación según los ángulos de instalación de la transmisión

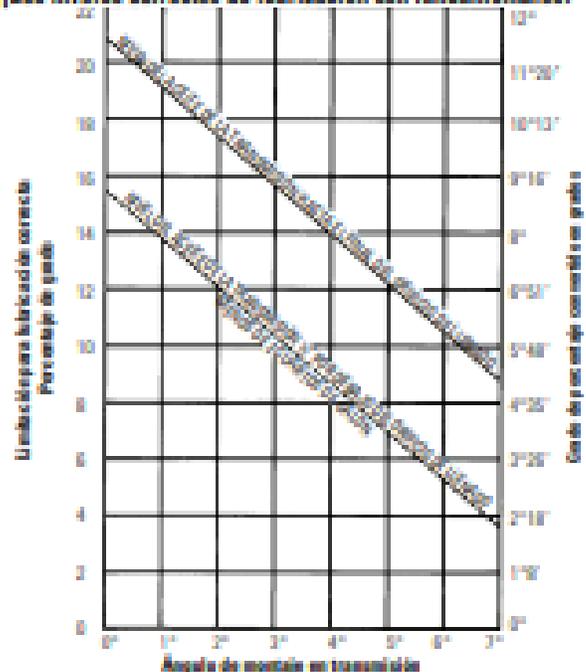
Si la transmisión opera en un ángulo mayor a 12 grados, se puede producir una lubricación incorrecta. El ángulo operativo es el ángulo de montaje de la transmisión en el chasis más el porcentaje de inclinación (expresada en grados).

La tabla a continuación muestra el porcentaje seguro de actualización sobre el cual se puede utilizar la transmisión con diferentes ángulos de montaje en el chasis. Por ejemplo: si el ángulo de montaje de la transmisión es de 4 grados, 8 grados de inclinación (o una inclinación de 14 por ciento) es igual al límite de 12 grados. Si el ángulo de montaje es de 0 grados, la transmisión puede operar sobre una inclinación de 12 grados (21 por ciento).

En caso de que la transmisión deba operar en ángulos mayores a 12 grados durante un periodo prolongado de tiempo, deberá ser equipada con una bomba de aceite o juego enfriador para garantizar su correcta lubricación.

Observe en la tabla el efecto que pueden tener los bajos niveles de aceite en los ángulos operativos seguros. Al permitir que el nivel de aceite baje a 1/4 pulg. debajo del orificio del tapón de llenado reduce el grado del nivel aproximadamente 3 grados (5.5 por ciento).

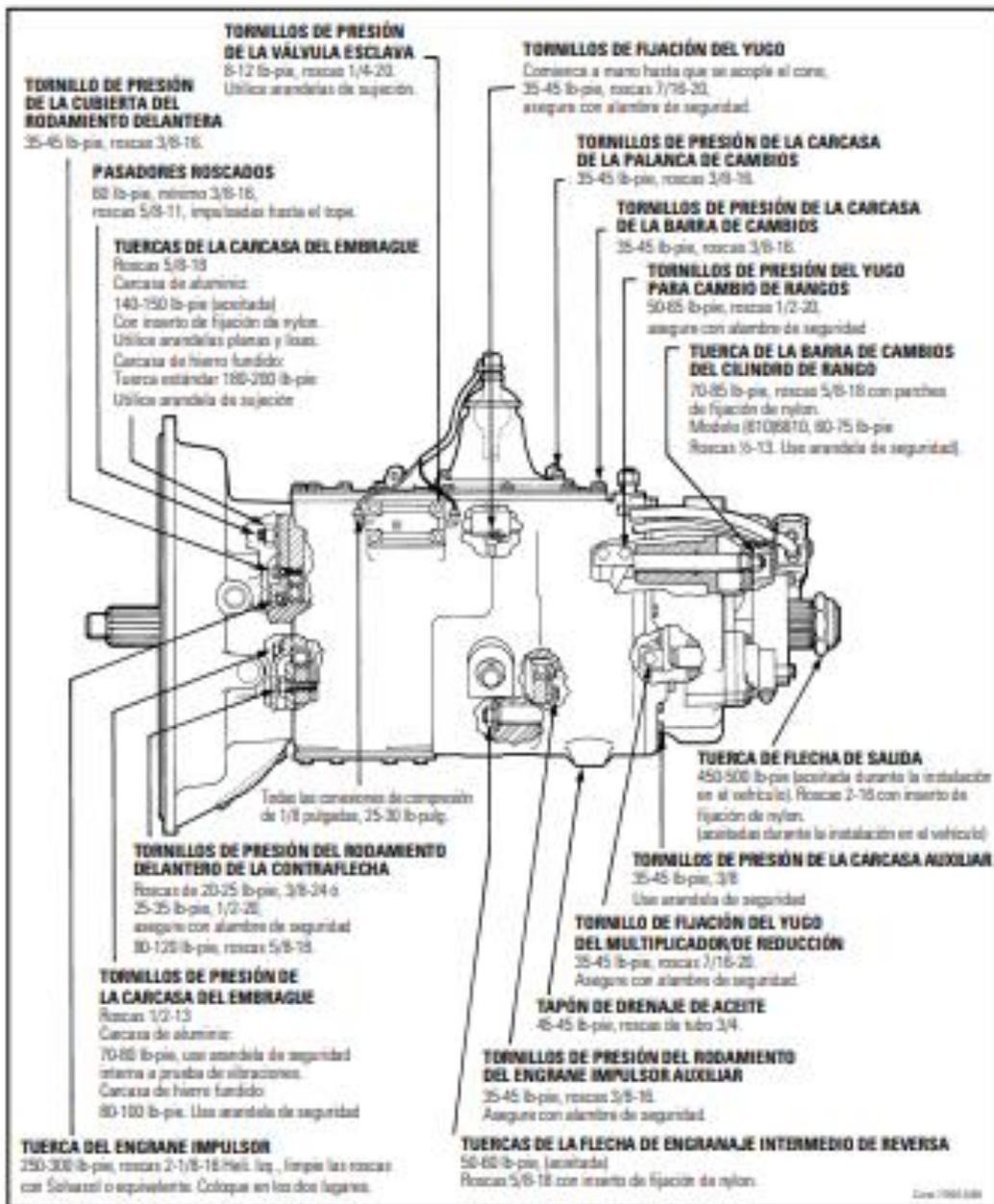
### ¡Los niveles correctos de lubricación son fundamentales!



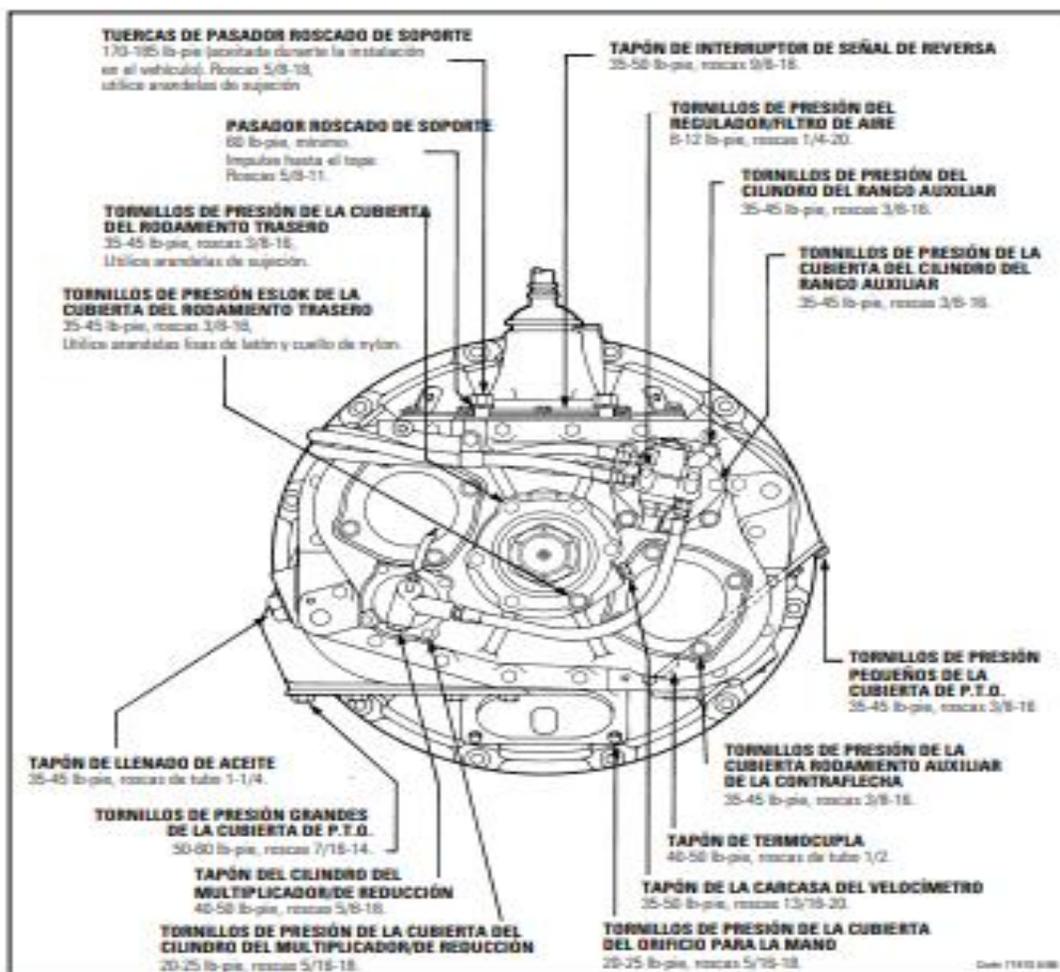
La línea punteada que muestra "Menos de dos cuartos de galón" es únicamente a modo de referencia. No se recomienda.

## Recomendaciones de torque

### RECOMENDACIONES DE TORQUE



## Recomendaciones de torque



### INSTRUCCIONES PARA SELLAR ROSCAS

- **Tornillos de presión:** aplique Loctite 242
- **Tuerca del engrane impulsor, pasadores de la carcasa de embrague y pasadores de soporte:** aplique sellador de roscas (Pieza Fuller N.º 71204)
- **Roscas cónicas (roscas de tubo) y conexiones de conducto de aire:** aplique sellador hidráulico (Pieza Fuller N.º 71205)

## Guía para el localizador de fallas

### GUÍA PARA EL LOCALIZADOR DE FALLAS

A continuación se encuentra una guía básica de procedimientos para las transmisiones de diagnóstico de fallas:

1. Inspección preliminar
  - a. Observación personal: busque señales de mal uso como bases, conexiones o soportes rotos; verifique los conductos de aire.
  - b. Realice preguntas al dueño u operador: reúna información sobre las condiciones de funcionamiento y el uso del vehículo, sobre antecedentes de problemas y sobre las características de la conexión, si estuviera afectada.
  - c. Reúna antecedentes de la unidad: inclusive los procedimientos de lubricación y mantenimiento, fallas pasadas y millaje u horas de uso.
2. Transmisión de desarmado.
  - a. Guarde una muestra de aceite por las impurezas, controle de ser necesario.
  - b. Durante el desarmado, controle que no queden partes mal instaladas, que no falten partes y que no haya partes que no sean auténticas.
  - c. Limpie y examine cada parte atentamente.
3. Determine el Tipo de falla.
4. Determine y corrija la Causa de la falla.

#### Para utilizar la Tabla de la guía

La Tabla de la Guía para el localizador de fallas se utiliza para localizar y corregir los problemas de transmisión.

Para utilizar la guía, 1) Localice el problema de transmisión en la columna izquierda; 2) Siga la línea horizontalmente a través de la página hasta llegar a un rectángulo con un número; 3) Siga la columna de manera vertical para encontrar una posible causa. El número en la intersección de las líneas verticales y horizontales le indica qué correcciones utilizar; 4) A continuación se detallan las posibles correcciones. Pueden existir más de una posible causa y posible corrección para cada problema.

#### POSIBLES CORRECCIONES

1. Informe al conductor sobre las técnicas de conducción adecuadas.
2. Reemplace las partes (después de intentar otras de las posibles correcciones mencionadas).
3. Afloje el tornillo de fijación y vuelva a ajustarlo en la fuerza de torsión adecuada.
4. Busque el daño resultante.
5. Aflice con papel de lija.
6. Restablezca en las especificaciones correspondientes.
7. Instale las partes que faltan.
8. Verifique las mangueras o conductos de aire.
9. Apriete la parte.
10. Corrija la restricción.
11. Examine nuevamente la sincronización.
12. Limpie la parte.
13. Aplique una placa delgada de silicona.
14. Aplique sellador.

**Guía para el localizador de fallas**

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE									
	CAUSAS DEL MOTOR (1997-1998)	MANUAL PARA ENGRANES	FAULTS DEL MOTOR DE ESTEREO	ENGRANES EN LA SECCIÓN DELANTERA	FAULTS EN LA SECCIÓN DELANTERA DE LA SECCIÓN DELANTERA	FAULTS EN LA SECCIÓN DELANTERA DE LA SECCIÓN DELANTERA	FAULTS EN LA SECCIÓN DELANTERA DE LA SECCIÓN DELANTERA	FAULTS EN LA SECCIÓN DELANTERA DE LA SECCIÓN DELANTERA	FAULTS EN LA SECCIÓN DELANTERA DE LA SECCIÓN DELANTERA	FAULTS EN LA SECCIÓN DELANTERA DE LA SECCIÓN DELANTERA
SE DESLIZA (MULTIPLICADOR)	1									
SE DESLIZA (RANGO)										
SE DESLIZA O SALTA (SECCIÓN DELANTERA)	2	1, 2								
CAMBIO LENTO (MULTIPLICADOR)										
CAMBIO LENTO O SIN CAMBIO (RANGO)										
CAMBIO FUERTE O SIN CAMBIO (SECCIÓN DELANTERA)	1, 2	2								
PUDE CAMBIAR LA SECCIÓN DELANTERA EN 2 ENGRANES A LA VEZ										
FALLO EN ACOPLAMIENTO INICIAL DE LA PALANCA	2									
LA PALANCA SE TRABAJA ARriba O SE TRABAJA EN UNA VELOCIDAD										
RUIDO										
TRINQUETE DEL ENGRANE EN PALENTI										
VIBRACIÓN										
ARANDELA DE LA FLECHA PRINCIPAL QUEMADA										
ENTRADA DE LA FLECHA DE ENTRADA DE LA SECCIÓN DELANTERA O FLECHA DE ENTRADA DAÑADA										
CARACA DEL EMBRAGUE AGRIETADA										
CARACA AUXILIAR DAÑADA										
SINCRONIZADOR QUEMADO									2	
SINCRONIZADOR DAÑADO										
CALOR										
FLECHA PRINCIPAL TORCIDA										
JUOGO DE IMPULSOR DAÑADO										
RODAMIENTO QUEMADO										
FUGA DE ACEITE								10		
RELACIÓN DE ENGRANE SUPERPUESTA										

Guía para el localizador de fallas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100

Guía para el localizador de fallas

## Tabla de conversión

### TABLA DE CONVERSIÓN

#### Equivalentes decimales

1/64	015625	17/64	265625	33/64	515625	49/64	765625
1/32	03125	1/8	125	17/32	52125	25/32	78125
3/64	046875	15/64	234375	35/64	546875	51/64	796875
1/16	0625	3/16	1875	9/16	5625	13/16	8125
5/64	078125	21/64	328125	27/64	421875	43/64	668125
3/32	09375	11/32	34375	19/32	59375	27/32	84375
7/64	109375	23/64	360375	29/64	453125	45/64	698125
1/8	125	3/8	375	5/8	625	7/8	875
9/64	140625	25/64	390625	41/64	640625	47/64	890625
5/32	15625	13/32	40625	21/32	65625	29/32	90625
11/64	171875	27/64	421875	43/64	671875	49/64	921875
3/16	1875	7/16	4375	15/16	6875	15/16	9375
13/64	203125	29/64	453125	45/64	703125	51/64	953125
7/32	21875	15/32	46875	23/32	71875	31/32	96875
15/64	234375	31/64	484375	47/64	734375	53/64	984375
1/4	25	1/2	125	3/4	187.5	1	250

#### Conversiones métricas

- 1 milla = 1,609 kilómetros (km)
- 1 pulgada = 25.4 milímetros (mm)
- 1 libra = 0.453 kilogramos (kg)
- 1 pintas = 0.473 litros (l)
- 1 libra - ft = 1.356 Newton/Metros (N.m)

#### Equivalentes métricos

MM	Pulg.	MM	Pulg.	MM	Pulg.	MM	Pulg.	MM	Pulg.	MM	Pulg.	MM	Pulg.
1	0039	21	8268	41	1.6142	61	2.4016	81	3.1890	101	3.9764	121	4.7638
2	0078	22	8632	42	1.6535	62	2.4409	82	3.2283	102	4.0167	122	4.8053
3	0118	23	8996	43	1.6924	63	2.4720	83	3.2697	103	4.0596	123	4.8469
4	0157	24	9360	44	1.7313	64	2.5031	84	3.3111	104	4.1020	124	4.8885
5	0197	25	9724	45	1.7702	65	2.5342	85	3.3525	105	4.1444	125	4.9301
6	0236	26	10088	46	1.8091	66	2.5653	86	3.3939	106	4.1868	126	4.9717
7	0276	27	10452	47	1.8480	67	2.5964	87	3.4353	107	4.2292	127	5.0133
8	0315	28	10816	48	1.8869	68	2.6275	88	3.4767	108	4.2716	128	5.0549
9	0355	29	11180	49	1.9258	69	2.6586	89	3.5181	109	4.3140	129	5.0965
10	0394	30	11544	50	1.9647	70	2.6897	90	3.5595	110	4.3564	130	5.1381
11	0434	31	11908	51	2.0036	71	2.7208	91	3.6009	111	4.3988	131	5.1797
12	0473	32	12272	52	2.0425	72	2.7519	92	3.6423	112	4.4412	132	5.2213
13	0513	33	12636	53	2.0814	73	2.7830	93	3.6837	113	4.4836	133	5.2629
14	0552	34	13000	54	2.1203	74	2.8141	94	3.7251	114	4.5260	134	5.3045
15	0592	35	13364	55	2.1592	75	2.8452	95	3.7665	115	4.5684	135	5.3461
16	0631	36	13728	56	2.1981	76	2.8763	96	3.8079	116	4.6108	136	5.3877
17	0671	37	14092	57	2.2370	77	2.9074	97	3.8493	117	4.6532	137	5.4293
18	0710	38	14456	58	2.2759	78	2.9385	98	3.8907	118	4.6956	138	5.4709
19	0750	39	14820	59	2.3148	79	2.9696	99	3.9321	119	4.7380	139	5.5125
20	0789	40	15184	60	2.3537	80	2.9997	100	3.9735	120	4.7804	140	5.5541

## Tabla de conversión

### Factores de conversión métrica

Conversiones aproximadas a mediciones métricas				
Símbolo	Equivalencia	Multiplicado por	Para encontrar	Símbolo
<b>LONGITUD</b>				
pie	pies	0.3	centímetros	cm
pie	pies	30	centímetros	cm
yd	yardas	0.9	metros	m
mi	millas	1.6	kilómetros	km
<b>ÁREA</b>				
pie <sup>2</sup>	pies cuadrados	0.1	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
pie <sup>2</sup>	pies cuadrados	0.09	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
yd <sup>2</sup>	yardas cuadradas	0.8	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
mi <sup>2</sup>	millas cuadradas	2.6	kilómetros cuadrados	km <sup>2</sup>
acres	acres	0.4	hectáreas	ha
<b>MASA (peso)</b>				
oz	onzas	28	gramos	g
lb	libras	450	kilogramos	kg
lb	libras avoirdupois (453.6 g)	0.45	kilogramos	kg
<b>VOLUMEN</b>				
gal	galones	3.8	litros	l
gal	galones	3.8	litros	l
qt	cuartos de galón	0.95	litros	l
qt	cuartos de galón	0.95	litros	l
pt	ptas	0.47	litros	l
pt	ptas	0.47	litros	l
gal	galones	3.8	litros	l
gal	galones	3.8	litros	l
yd <sup>3</sup>	yardas cúbicas	0.76	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
<b>TEMPERATURA (escala)</b>				
°F	Temperatura Fahrenheit	5/9	Temperatura Celsius	°C
°C	Temperatura Celsius	9/5	Temperatura Fahrenheit	°F

Conversiones aproximadas a mediciones métricas				
Símbolo	Equivalencia	Multiplicado por	Para encontrar	Símbolo
<b>LONGITUD</b>				
cm	centímetros	0.03	pies	pie
cm	centímetros	0.3	pies	pie
m	metros	3.3	yardas	yd
m	metros	1.1	yardas	yd
km	kilómetros	0.6	millas	mi
<b>ÁREA</b>				
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	1.1	pies cuadrados	pie <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	1.2	yardas cuadradas	yd <sup>2</sup>
km <sup>2</sup>	kilómetros cuadrados	0.4	millas cuadradas	mi <sup>2</sup>
ha	hectáreas (10,000 m <sup>2</sup> )	2.5	acres	acres
<b>MASA (peso)</b>				
g	gramos	0.035	onzas	oz
kg	kilogramos	2.2	libras	lb
kg	kilogramos (1,000 g)	2.2	libras	lb
<b>VOLUMEN</b>				
ml	mililitros	0.03	onzas líquidas	fl oz
l	litros	1.1	galones	gal
l	litros	1.06	cuartos de galón	qt
l	litros	0.88	galones	gal
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	35	ft cúbicos	ft <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	3.5	yardas cúbicas	yd <sup>3</sup>
<b>TEMPERATURA (escala)</b>				
°C	Temperatura Celsius	9/5	Temperatura Fahrenheit	°F
°F	Temperatura Fahrenheit	5/9	Temperatura Celsius	°C



**Anexo 12** Imágenes de inspección visual componentes caja de velocidades EATON FULLER 16918B de tractocamiones en una empresa.

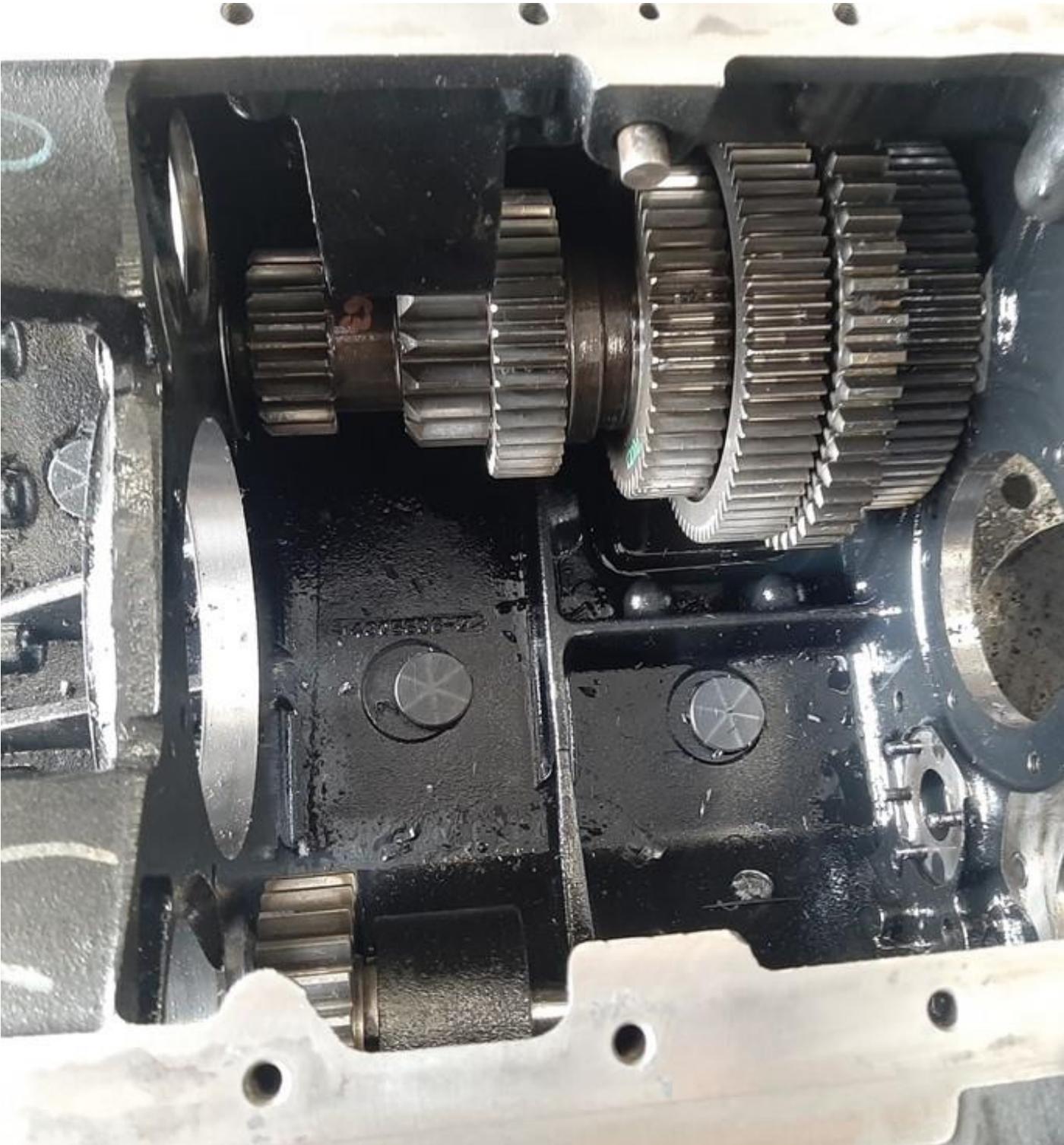


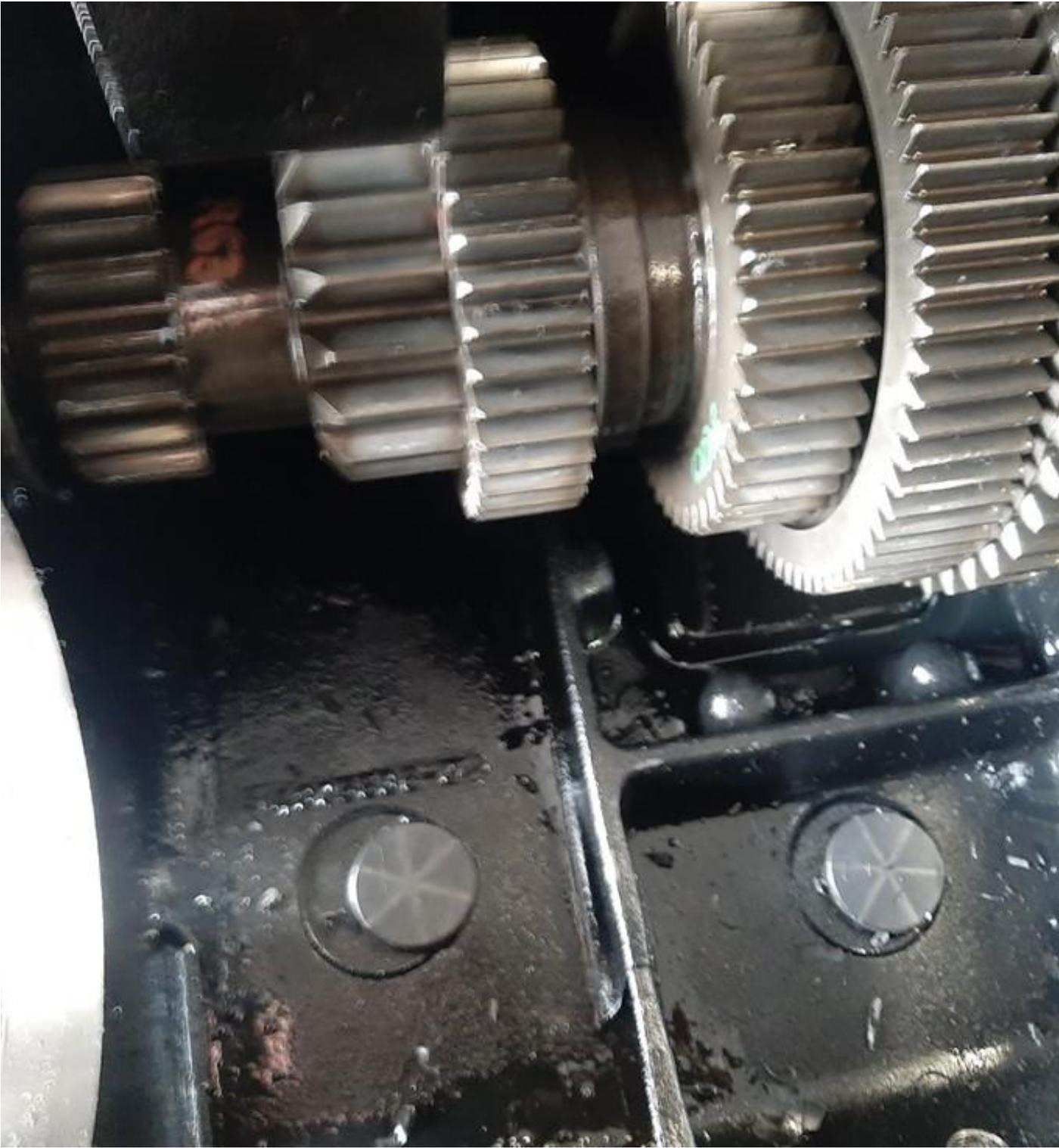


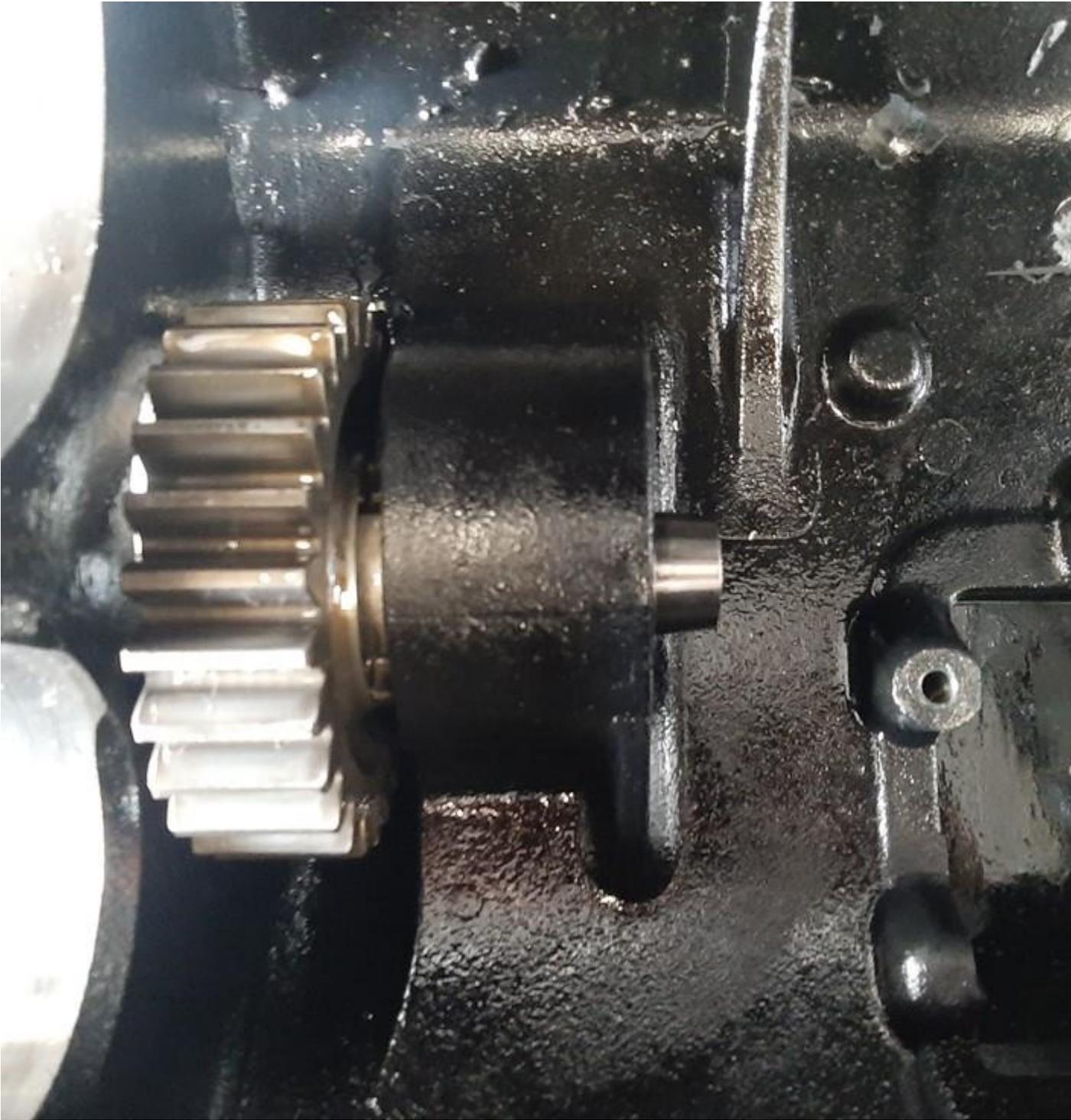




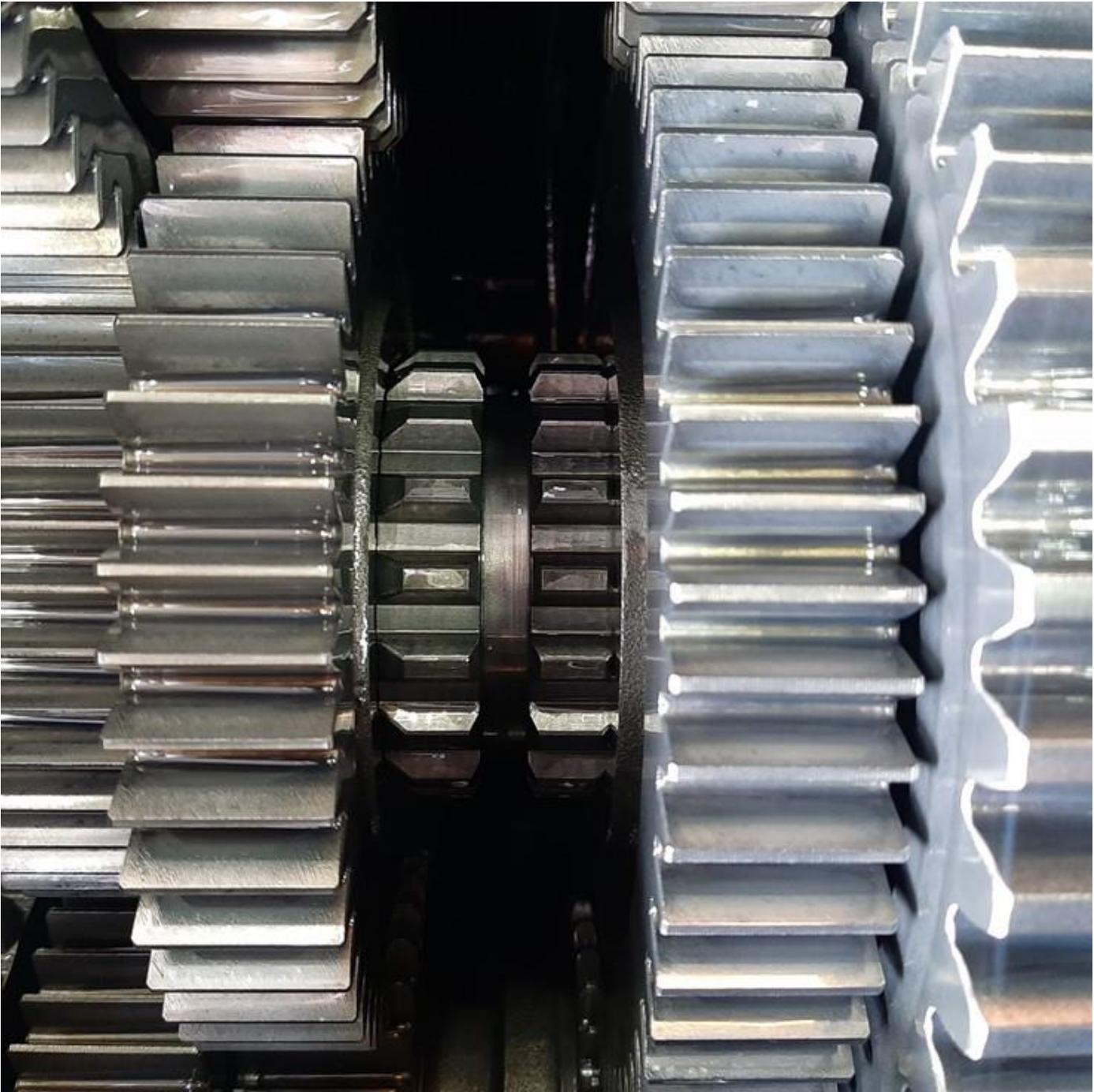


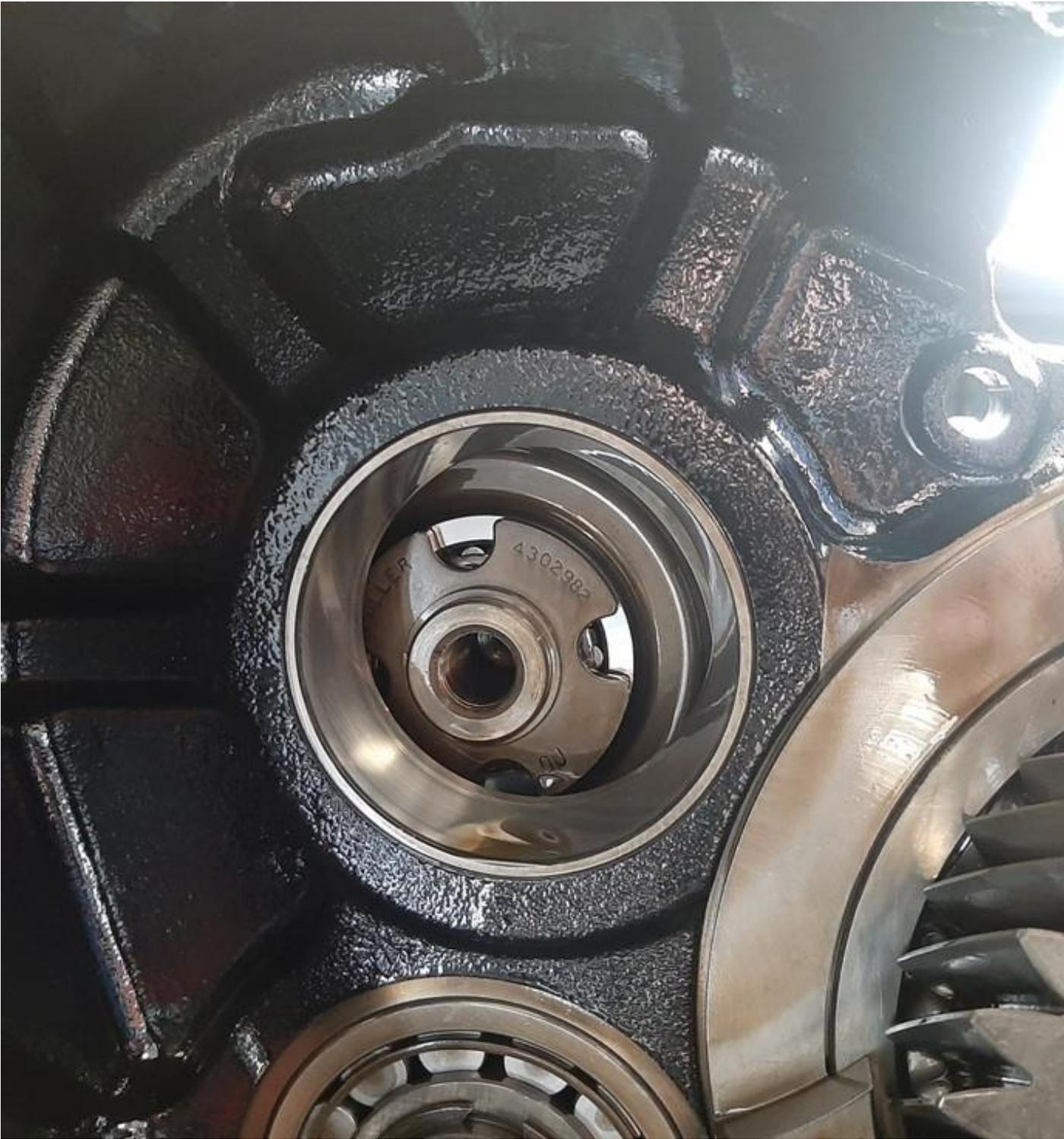






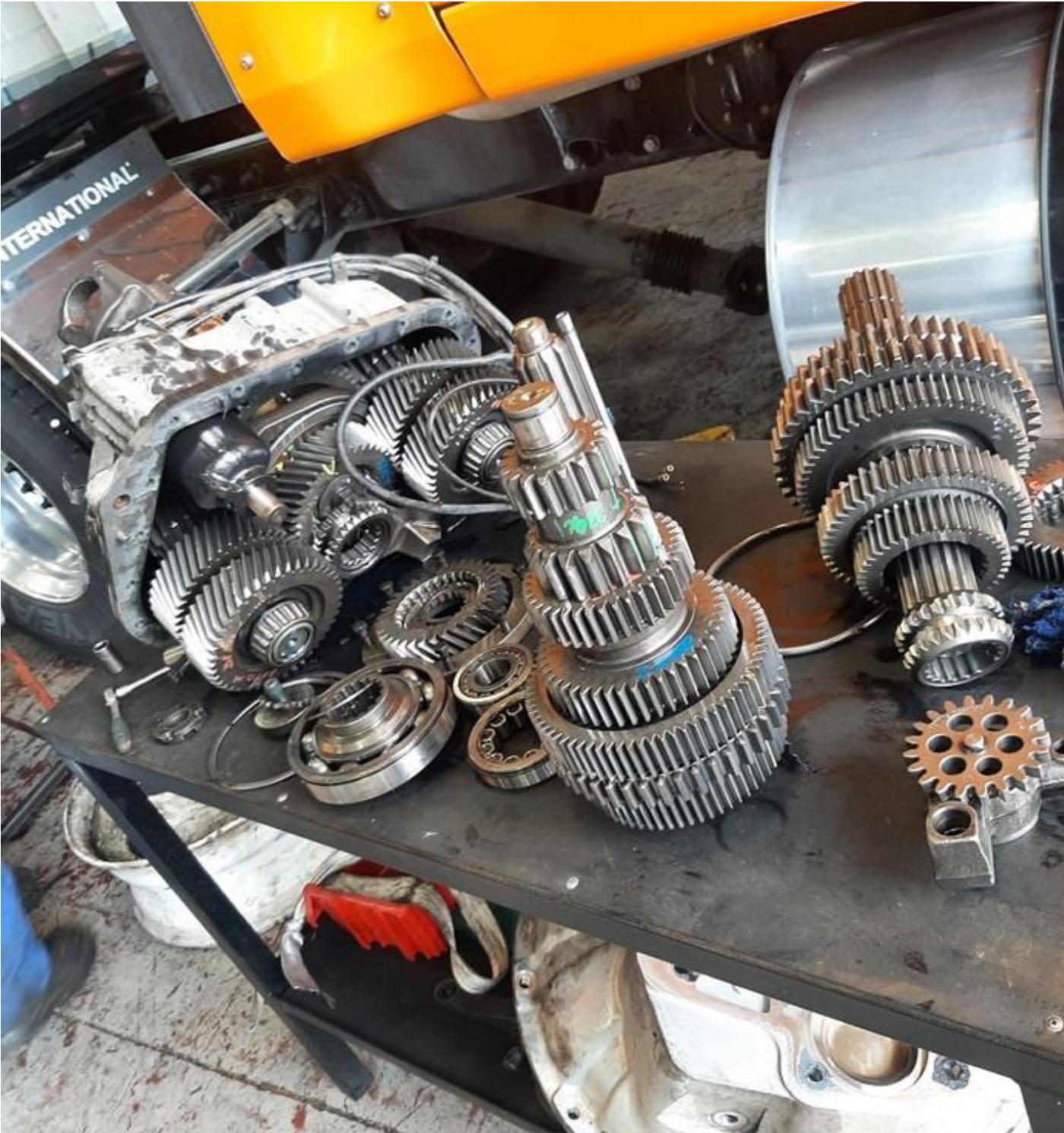




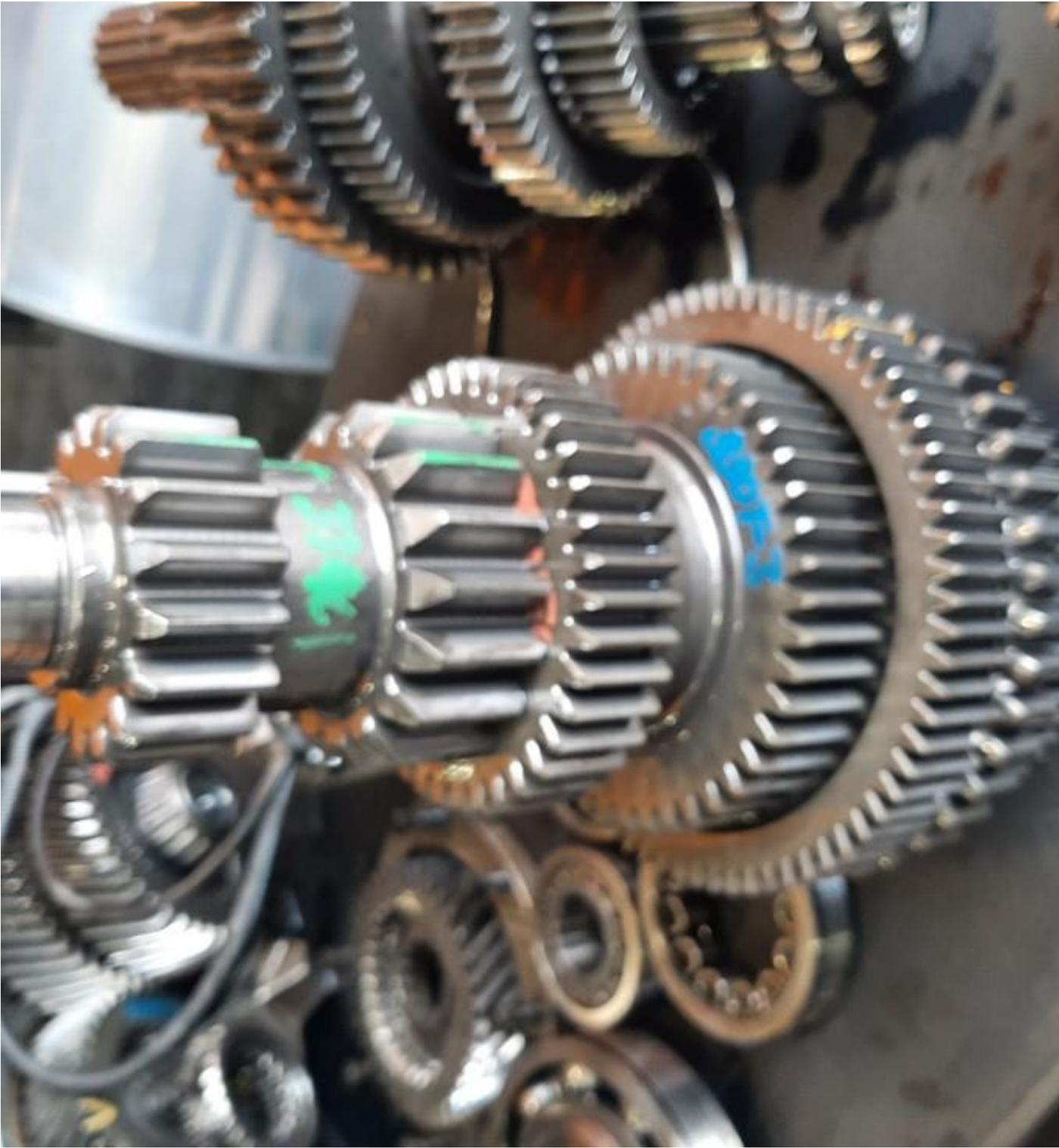


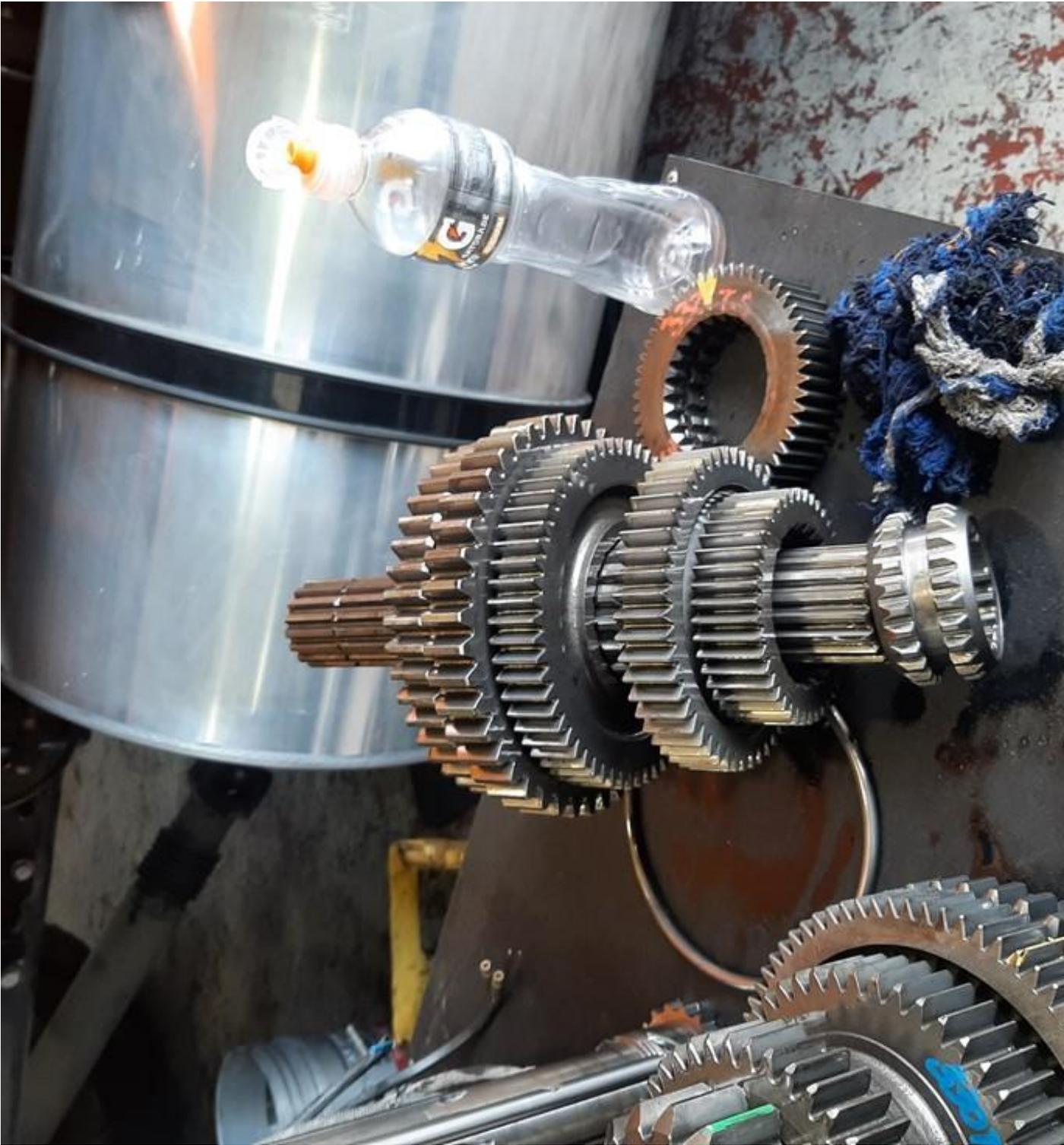


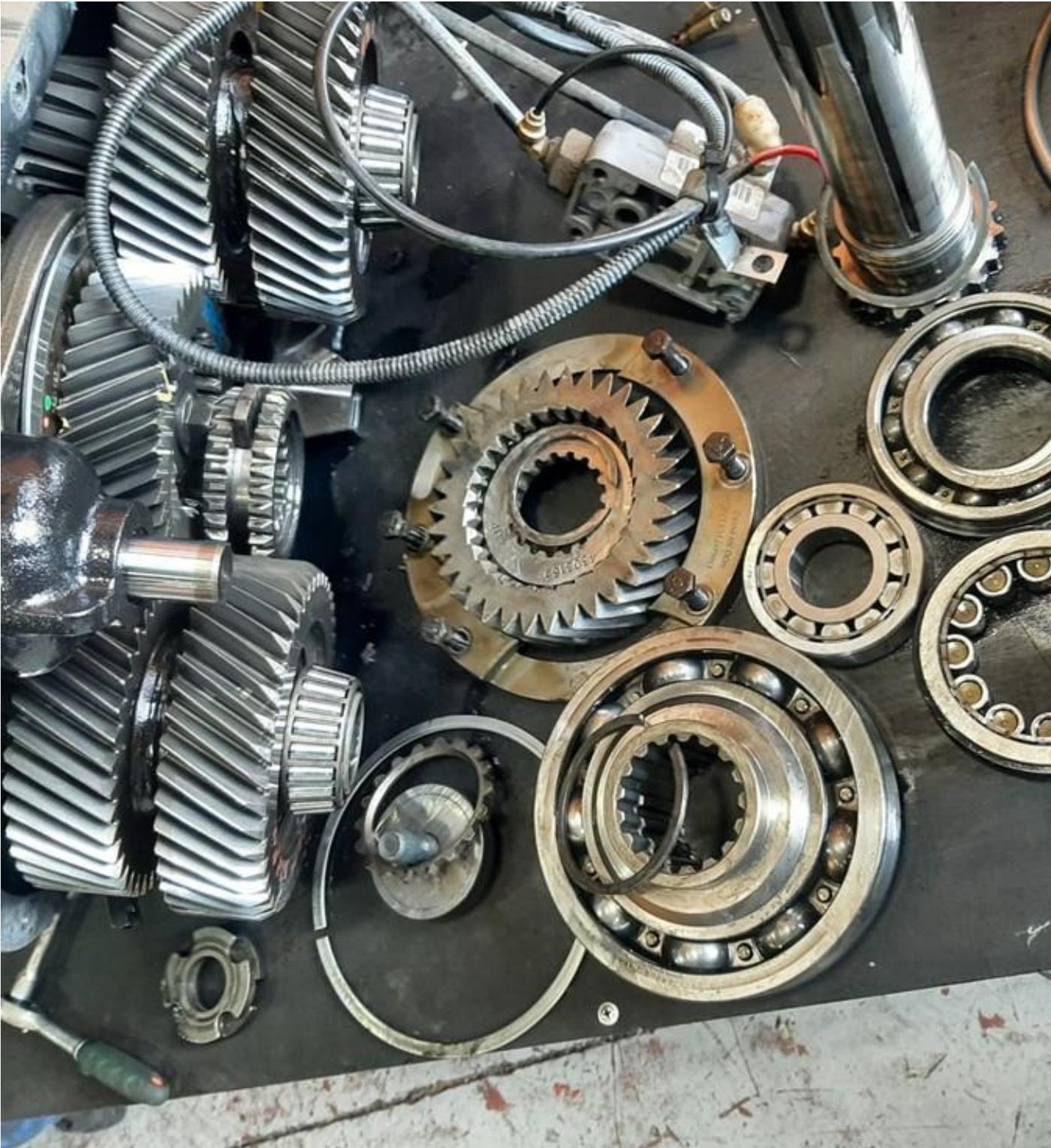


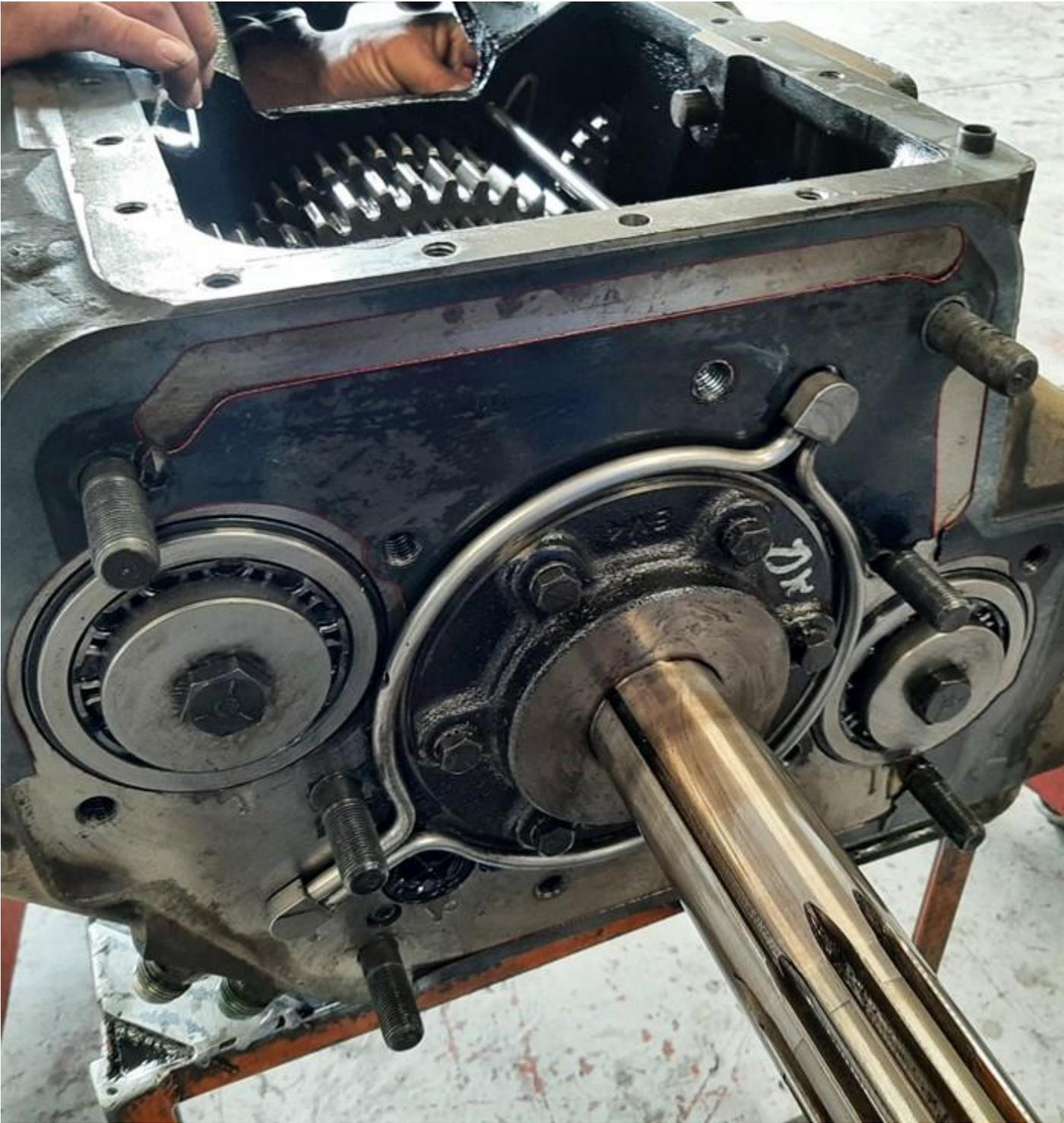


















**Anexo 13** Imágenes termográfica caja de velocidades EATON FULLER 16918B de tractocamiones un una empresa.

