



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Rectificación de componentes del motor Toyota 2TR, que han sufrido desgaste y deformaciones**

Guallichico Guaylla, Maicol Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Trabado de integración curricular, previo a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Ramos Jinez, Alex Javier

12 de agosto de 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de contenido



Plagiarism report

monografia Guallichico.pdf

## Scan details

Scan time: August 17th, 2023 at 13:16 UTC

Total Pages: 39

Total Words: 9331

## Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	3.5% 333
Minor Changes	0.3% 31
Paraphrased	3.1% 293
Omitted Words	0% 0

## AI Content Detection

Text coverage: N/A

AI text: 0%

Human text: 100%

## Plagiarism Results: (38)

## Motores

1.1%

<https://inscopi.edu.ec/libros/libros/9788442001172/9430-1420...>

Editex

TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE VEHICULOS TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE VEHICULOS Santiago Saru 788497 713386 9 ISBN 978-

## T-ESPE-057788.pdf

1%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14730/1/f...>

alex verdugo cabrera

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA TRABAJO DE TITULACION. PREVIO A LA...

## Motor de combustión INTERNA | Tipos, partes y co...

1%

<https://comofunciona.colurv-motor-de-combustion-interna/>

[Ir al contenido ComoFunciona ...](#)

Ing. Ramos Jinez, Alex Javier

C.I. 1804326625



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular, "**Rectificación de componentes del motor Toyota 2TR, que han sufrido desgaste y deformaciones**" fue realizado por el señor **Guallichico Guaylla, Maicol Alexander** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud por lo cual me permito acreditar razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de agosto de 2023



Ing. Ramos Jínez, Alex Javier

C.C: 1804326625



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

### Responsabilidad de autoría

Yo, **Guallichico Guaylla, Maicol Alexander**, con cédula de ciudadanía N° 172762125-0; declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular **“Rectificación de componentes del motor Toyota 2TR, que han sufrido desgaste y deformaciones”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 22 de agosto de 2023

**Guallichico Guaylla, Maicol Alexander**

**C.I. 1727621250**



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

### Autorización de publicación

Yo, **Guallichico Guaylla, Maicol Alexander**, con número de cedula de ciudadanía N° **172162125-0** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "**Rectificación de componentes del motor Toyota 2TR, que han sufrido desgaste y deformaciones**", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 22 de agosto de 2023

**Guallichico Guaylla, Maicol Alexander**

**C.I. 1727621250**

## **Dedicatoria**

El siguiente trabajo dedico a toda mi familia, a mi querido padre Guallichico Jose mi compañero mi ejemplo a seguir, y especialmente a mi querida madre Guaylla Gloria quienes son la luz que iluminan mi camino, los que me apoyaron incondicionalmente en mi vida universitaria sabiendo ser padres buenos y ejemplares y los que me educaron para ser un hombre que sirva a la sociedad.

Especialmente dedico este trabajo a mis hermanos Kevin, Nataly y Mateo, mis cuñados, Eimy y Miguel. A mis sobrinos Genesis y Liam que son mi motivo de lucha para poder prosperar y triunfar en esta vida y por toda la eternidad.

A mi novia Karla Quinatoa, quien estuvo conmigo a pesar de todo y me supo apoyar en las buena y en las malas. Mi compañera de locuras, de aventuras. Mi historia más bonita que el destino pudo escribir en mi vida.

***Guallichico Guaylla, Maicol Alexander***

## **Agradecimiento**

Agradezco infinitamente a Dios por la sabiduría y coraje que me ha brindado hasta ahora para mantenerme firme y lograr todas mis metas que me he planteado para mi vida y la de mi familia.

A mis padres, les doy gracias por tenerlos con vida por ser mi motivación diaria, mi ejemplo a seguir y por el apoyo incondicional tanto económico, psicológico y moral que me han brindado toda una vida.

A mi novia, doy gracias a Dios por haberme puesto a una mujer tan maravillosa en mi vida. Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas.

Agradezco mucho a la vida por darme a los mejores amigos Pamela, Nicole, Katherine, Nayely, Karolina, Nayelly, Jhon, Estefany, Emily, Jefferson, Erick quienes me apoyaron tanto a pesar de todo. A mis dos grandes mejores amigos y mi gran apoyo en la Universidad Brayan y Danny.

Mi total gratitud con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga por haberme permitido formar parte de su prestigiosa institución, mi especial agradecimiento con todos los ingenieros que formaron parte de mi preparación académica.

De manera especial agradezco a mí tutor de tesis el Ingeniero Alex Ramos por ser un gran mentor, amigo y por todos sus consejos para que este proyecto de tesis se haga una realidad, mi infinita gratitud.

***Guallichico Guaylla, Maicol Alexander***

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenido.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>11</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>12</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>13</b>
<b>capítulo I Planteamiento del problema.....</b>	<b>14</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>14</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>14</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>16</b>
<b>Objetivo General .....</b>	<b>16</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo II Marco teórico .....</b>	<b>18</b>
<b>El motor de combustión interna.....</b>	<b>18</b>
<b>Características principales.....</b>	<b>19</b>
<b>Elementos fijos del motor. ....</b>	<b>20</b>

Elementos móviles del motor .....	21
<b>Motor de combustión interna a gasolina .....</b>	<b>24</b>
Admisión. ....	24
Compresión.....	25
Explosión y expansión. ....	25
Escape.....	25
<b>Motor Toyota 2TR .....</b>	<b>25</b>
<b>Camioneta Toyota Hilux 2.7 .....</b>	<b>26</b>
<b>Problemas comunes en motores a gasolina .....</b>	<b>28</b>
<b>Reparación de un motor a gasolina .....</b>	<b>30</b>
<b>Rectificación de motores .....</b>	<b>32</b>
Rectificación de componentes que han sufrido desgastes.....	33
<b>Capítulo III Desarrollo del tema.....</b>	<b>35</b>
Desmontaje del motor.....	35
Desarmado del motor.....	37
Herramientas y preparación.....	37
Desconexión de componentes .....	38
Retiro de partes exteriores.....	38
Remoción del motor .....	39
Desmontaje interno .....	40
Reparación del motor.....	41
Rectificación de culata .....	41
Rectificación de asientos de válvulas .....	42
Rectificación de cilindros.....	43
Rectificación de cigüeñal .....	44
Elementos sustituidos .....	45

<b>Armado del motor.....</b>	<b>46</b>
<b>Herramientas y materiales necesarios .....</b>	<b>47</b>
<b>Limpieza y preparación .....</b>	<b>47</b>
<b>Verificación de las piezas.....</b>	<b>47</b>
<b>Reemplazo de piezas desgastadas.....</b>	<b>48</b>
<b>Montaje del pistón y la biela.....</b>	<b>48</b>
<b>Cigüeñal y árbol de levas .....</b>	<b>48</b>
<b>Montaje de la culata .....</b>	<b>48</b>
<b>Sistema de distribución.....</b>	<b>48</b>
<b>Sistema de lubricación y refrigeración .....</b>	<b>48</b>
<b>Componentes externos .....</b>	<b>49</b>
<b>Fluidos y filtros .....</b>	<b>49</b>
<b>Sistema de combustible .....</b>	<b>49</b>
<b>Capítulo IV Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>50</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>50</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>52</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Motor de combustión interna.</i> .....	19
<b>Figura 2</b> <i>Elementos fijos del motor.</i> .....	22
<b>Figura 3</b> <i>Elementos móviles del motor.</i> .....	24
<b>Figura 4</b> <i>Motor Toyota 2TR.</i> .....	27
<b>Figura 5</b> <i>Camioneta Toyota Hilux 2.7.</i> .....	28
<b>Figura 6</b> <i>Motor Toyota 2TR desmontado.</i> .....	36
<b>Figura 7</b> <i>Herramientas y preparación.</i> .....	37
<b>Figura 8</b> <i>Desconexión de componentes.</i> .....	38
<b>Figura 9</b> <i>Retiro de partes exteriores.</i> .....	39
<b>Figura 10</b> <i>Remoción del motor.</i> .....	40
<b>Figura 11</b> <i>Desmontaje interno.</i> .....	41
<b>Figura 12</b> <i>Rectificación de culata.</i> .....	42
<b>Figura 13</b> <i>Rectificación de asientos de válvula.</i> .....	43
<b>Figura 14</b> <i>Rectificación de cilindros.</i> .....	44
<b>Figura 15</b> <i>Rectificación de cigüeñal.</i> .....	45
<b>Figura 16</b> <i>Elementos sustituidos.</i> .....	46

## Resumen

El presente proyecto detalla el trabajo realizado para la rectificación de componentes del motor Toyota 2TR, que han sufrido desgaste y deformaciones, además, la factibilidad de la reparación de un motor de combustión interna cuando éste ya ha cumplido su vida útil. La rectificación del motor es una medida técnica muy utilizada en nuestro país, ya que permite restaurar la vida útil del motor, que debido al mayor tiempo de funcionamiento y al desgaste, deja de estar en condiciones óptimas y puede resultar frustrante. usuarios de vehículos. En Ecuador, este recurso es muy demandado por los propietarios de vehículos, ya que es un procedimiento relativamente económico y, si se realiza de manera efectiva, puede restaurar por completo la vida útil del motor, que definitivamente se perderá en otros países. Mediante la rectificación de componentes que han sufrido desgastes y deformaciones en el motor Toyota 2TR, se han restaurado sus parámetros de funcionamiento y rendimiento, viéndose reflejado en el desempeño general de la camioneta Toyota Hilux, además, de este modo se ha contribuido y beneficiado al cuidado ambiental y los gastos de mantenimiento por parte del propietario. Este trabajo sirve como fuente de información para estudiantes de la carrera en distintas asignaturas relacionadas al tema de rectificación de motores.

*Palabras clave:* Motor TOYOTA 2TR, reparación de motor, rectificación, desgaste, deformaciones.

## Abstract

This project details the work carried out for the rectification of Toyota 2TR engine components, which have suffered wear and deformations, as well as the feasibility of repairing an internal combustion engine when it has already fulfilled its useful life. Engine rectification is a technical measure widely used in our country, since it allows restoring the useful life of the engine, which due to the increased operating time and wear, is no longer in optimal conditions and can be frustrating. vehicle users. In Ecuador, this resource is highly demanded by vehicle owners, since it is a relatively inexpensive procedure and, if performed effectively, it can completely restore the useful life of the engine, which will definitely be lost in other countries. By rectifying components that have suffered wear and deformation in the Toyota 2TR engine, its operating parameters and performance have been restored, which is reflected in the overall performance of the Toyota Hilux pickup truck, thus contributing to and benefiting environmental care and maintenance costs on the part of the owner. This work serves as a source of information for students of the career in different subjects related to the topic of engine rectification.

*Keywords:* TOYOTA 2TR engine, engine repair, rectification, wear, deformations.

## Capítulo I

### Planteamiento del problema

#### Antecedentes

La rectificación consiste en el mecanizado de las piezas, hasta igualar las superficies de contacto y darles un acabado que disminuya el rozamiento y favorezca la lubricación de las piezas involucradas. Esto significa que se trabaja sobre los componentes del motor a fin de devolverles su estado inicial.

El motor en sus partes está sujeto a desgaste y deformación. La fricción constante, junto con las altas temperaturas y presiones, hace que el motor pierda su rendimiento original. Las zonas más sensibles son aquellas en las que convergen parámetros como el rozamiento, la temperatura y la presión, es decir, pistón y cilindro, accionamiento del cigüeñal.

El proceso de rectificación de motores en la mayoría talleres especializados se realiza sin tener en cuenta los estándares de inspección de calidad, el proceso mecánico previo a la calibración del motor y el proceso mecánico posterior a la puesta a punto del motor. También sucede que, en la mayoría de estos talleres especializados, no tenían instrucciones básicas para desmontar, reparar y volver a montar el motor por sí mismo, haciendo su trabajo de forma caótica y sin planificación.

#### Planteamiento del problema

El motor Toyota 2TR, es un motor de combustión interna a gasolina, el cual forma parte de la camioneta Toyota Hilux 2.7, cuya cilindrada es de 2700 centímetros cúbicos, dispone de 4 cilindros en línea. Además, el año de fabricación es 2011, teniendo ya un tiempo considerable de vida útil para que presente fallas relacionadas a la reparación íntegra del mismo.

Los componentes del motor están sujetas a desgaste y deformación debido al rozamiento entre las piezas ya que estas están sometidas a altas temperaturas. Con el tiempo, este desgaste se vuelve más notorio ya que el desgaste del motor siempre se sentirá durante un período de tiempo.

Para eliminar este desgaste y deformación, se lleva a cabo el proceso de rectificación. Este método consiste en el mecanizado de las piezas hasta que las superficies de contacto sean suaves y darles un acabado que reduzca la fricción y mejore la lubricación de las piezas involucradas. Esto significa que se está trabajando en las piezas del motor para restaurarlas a su estado original.

El rectificado se realiza en piezas como el block del motor, cigüeñal, árbol de levas, etc. También se rectifican las piezas metálicas que necesitan ajuste superficial, como culatas, bloques de cilindros, etc.

### **Justificación**

El desarrollo del presente proyecto tiene el propósito de alargar la vida útil del motor y así evitar elevados costos. La rectificación es un proceso muy seguro y presenta menor costo tanto en mano de obra como en la adquisición de repuestos, los repuestos a cambiar son retenedores, empaques, pistones, y en general, dependiendo los componentes que hayan sufrido desgastes y/o deformaciones que no puedan ser reparadas.

Los motores están expuestos a condiciones adversas, como sobrecalentamiento, falta de lubricación o incluso contaminantes en el aceite. Estos factores pueden causar daños en las superficies de las piezas internas, como grietas en los cilindros, ralladuras en los pistones o deformaciones en los cojinetes. Rectificar el motor ayuda a eliminar o reparar estos daños, restaurando la integridad estructural de las piezas.

El costo de la reparación del motor depende de varios factores, como el modelo del vehículo, el estado de las piezas, el tipo de trabajo requerido y más. En general, el costo de volver a restaurar un motor puede oscilar entre unos pocos cientos y varios miles de dólares, según la cantidad de trabajo que se realice. Por lo tanto, es recomendable consultar a un mecánico o taller experto para obtener una cotización precisa y así decidir si es necesaria una reparación.

Además, con el desarrollo de este proyecto se puede esclarecer los rangos de variación y corrección de emisiones de gases que se obtiene al reparar un motor. El análisis nos ayudará a determinar la factibilidad de la reparación y brindar información sobre recomendaciones para reparaciones de motores de acuerdo a síntomas del motor y mediciones de gases.

## **Objetivos**

### Objetivo General

- Rectificar los componentes del motor Toyota 2TR, que han sufrido desgaste y deformaciones.

### Objetivos Específicos

- Desarmar el motor de combustión interna a gasolina.
- Rectificar superficies planas y cilindros del motor Toyota 2TR.
- Rectificar el cigüeñal y componentes adicionales del motor Toyota 2TR.
- Armar el motor y montarlo en la carrocería correspondiente.

## **Alcance**

Una reparación exitosa del motor asegura que el vehículo vuelva a funcionar correctamente y pueda ser utilizado de manera segura y eficiente. Esto evita la necesidad de

comprar un vehículo nuevo, lo que puede ser mucho más costoso. Si se realizan reparaciones adecuadas en lugar de desechar vehículos con problemas de motor, se puede reducir el impacto ambiental asociado con la fabricación y desecho de vehículos nuevos. La reutilización y el mantenimiento de vehículos existentes contribuyen a una menor generación de residuos y consumo de recursos.

Con la reparación de los componentes del motor de combustión interna, los beneficiados son varios, en este caso en particular, el propietario del vehículo es el principal y directo beneficiado ya que, de este modo, la camioneta tendrá un mejor rendimiento en general, debido a la reducción en el consumo de combustible, mayor potencia y torque en el motor, respecto al estado actual. Además, las emisiones de gases contaminantes se reducen y de este modo contribuimos con el cuidado del medio ambiente; finalmente, los estudiantes y docentes de la carrera podrán utilizar la información de esta monografía como guía para ciertas asignaturas relacionadas a este proyecto de integración curricular.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### **El motor de combustión interna.**

Un motor de combustión interna es una máquina térmica que convierte la energía química contenida en un combustible en energía mecánica a través de un proceso de combustión dentro de una cámara cerrada llamada cilindro. La energía liberada durante la combustión se convierte en trabajo mecánico, que se utiliza para impulsar un eje o un pistón y realizar un trabajo útil, como el movimiento de un vehículo, la generación de electricidad, entre otros. El funcionamiento teórico de un motor de combustión interna se basa en la Ley de conservación de la energía, que establece que la energía no puede crearse ni destruirse, solo se transforma de una forma a otra. Además, se rige por los principios de la termodinámica, que describe cómo la energía térmica se convierte en trabajo mecánico y viceversa (Barros Bermeo & Morán Castro, 2014).

El ciclo termodinámico se basa en el ciclo Otto para motores de gasolina y el ciclo Diesel para motores diésel, que son procesos teóricos que describen la secuencia de eventos dentro del motor. Es importante mencionar que, aunque los motores de combustión interna han sido fundamentales en el desarrollo de la industria y el transporte durante muchos años, en la búsqueda de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética, se ha impulsado la investigación y el desarrollo de tecnologías de propulsión más limpias, como los vehículos eléctricos y las celdas de combustible (Barros Bermeo & Morán Castro, 2014).

**Figura 1**

*Motor de combustión interna.*



*Nota.* El gráfico muestra un motor de combustión interna, que forma parte de un vehículo.

***Características principales.***

- **Combustión interna:** Como su nombre lo indica, la combustión ocurre dentro de la cámara del cilindro del motor, lo que permite aprovechar la expansión de los gases resultantes para producir trabajo mecánico.
- **Ciclo termodinámico:** El motor de combustión interna sigue un ciclo termodinámico que consta de cuatro etapas principales: admisión, compresión, combustión/expansión y escape. Este ciclo se repite en cada ciclo de funcionamiento del motor.
- **Tipos:** Hay dos tipos principales de motores de combustión interna: motores de ciclo Otto (motores de gasolina) y motores de ciclo Diesel (motores diésel). Ambos difieren en su ciclo de trabajo y características de combustión.
- **Amplia aplicación:** Los motores de combustión interna se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde automóviles, motocicletas y aviones hasta generadores de electricidad y maquinaria industrial.

- Eficiencia y emisiones: Los avances tecnológicos han mejorado la eficiencia de los motores de combustión interna, reducen el consumo de combustible y las emisiones contaminantes (Quimbita Taípe, 2016).

### ***Elementos fijos del motor.***

Los motores de combustión interna son máquinas que convierten la energía química almacenada en combustibles en energía mecánica, que se utiliza para propulsar vehículos, generar electricidad y realizar otras tareas. Los elementos fijos de un motor de combustión interna son aquellos componentes que no se mueven durante el funcionamiento del motor y que proporcionan el soporte y las funciones esenciales para el correcto funcionamiento del mismo. A continuación, se citan los elementos fijos más importantes en un motor de combustión interna (Chávez et al., 2021).

*Bloque del motor.* Es la estructura principal del motor, generalmente fabricado en hierro fundido o aleaciones de aluminio. En él se alojan y se sujetan todos los demás componentes del motor, como los cilindros, pistones y cojinetes.

*Culata.* Es una pieza que cierra la parte superior del bloque del motor y contiene las cámaras de combustión y las válvulas. La culata proporciona un sello hermético para la cámara de combustión y permite la entrada y salida de aire y combustible, así como el escape de los gases de combustión.

*Cárter.* Es la parte inferior del bloque del motor y contiene el aceite lubricante. Además de proporcionar un espacio para el aceite, el cárter también protege el cigüeñal y otros componentes conectados.

Colector de admisión: Es una tubería que lleva la mezcla de aire y combustible desde el filtro de aire hasta las cámaras de combustión en la culata. Puede ser de aluminio, plástico o materiales compuestos.

Colector de escape: Es una tubería que conduce los gases de escape desde las cámaras de combustión hasta el sistema de escape del vehículo. Al igual que el colector de admisión, puede estar hecho de varios materiales.

Bloque de cilindros: Si el motor es de cilindros múltiples, este elemento se encuentra en el bloque del motor y aloja los cilindros individuales donde ocurre la combustión.

Camisas de cilindro: Son revestimientos metálicos en el interior de los cilindros, diseñados para resistir el desgaste y proporcionar un sello adecuado para los pistones.

Estos son algunos de los elementos fijos clave en un motor de combustión interna. Es importante tener en cuenta que existen diferentes configuraciones y diseños de motores, por lo que algunos componentes pueden variar o tener distintos nombres según el tipo de motor (Chávez et al., 2021).

### ***Elementos móviles del motor.***

Los elementos móviles del motor de combustión interna son aquellos componentes que están diseñados para moverse y llevar a cabo diversas funciones dentro del motor. Estos elementos son fundamentales para el funcionamiento del motor y pueden variar dependiendo del tipo de motor de combustión interna (como motores de gasolina o diésel) y su diseño específico (Defaz et al., 2023).

## Figura 2

*Elementos fijos del motor.*



*Nota.* El gráfico muestra el desmontaje de un motor de combustión interna de un vehículo, en el cual se visualiza los elementos fijos de dicho motor Tomado de: (Chávez et al., 2021).

A continuación, se citan algunos de los principales elementos móviles del motor de combustión interna:

*Pistón:* El pistón es un componente cilíndrico que se mueve arriba y abajo dentro del cilindro del motor. Su movimiento se produce debido a la expansión de los gases generados durante la combustión del combustible. El pistón transfiere la fuerza de la combustión a través de la biela hacia el cigüeñal para convertir el movimiento lineal en movimiento de rotación.

*Biela:* La biela es una barra que conecta el pistón al cigüeñal. Transforma el movimiento lineal del pistón en movimiento de rotación del cigüeñal. La biela juega un papel crucial en la transferencia de energía desde el pistón al cigüeñal para impulsar el giro del eje principal del motor (Barros Bermeo & Morán Castro, 2014).

Cigüeñal: El cigüeñal es un eje giratorio ubicado en la parte inferior del motor. Convierte el movimiento lineal recíproco de los pistones en un movimiento circular continuo. La fuerza rotacional generada por el cigüeñal se transmite luego al sistema de transmisión para proporcionar la potencia de conducción.

Válvulas: Las válvulas son compuertas que se abren y cierran para permitir la entrada de mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión (válvula de admisión) y para expulsar los gases de escape (válvula de escape). El movimiento de apertura y cierre de las válvulas está sincronizado con la posición del pistón y controlado por el árbol de levas.

Árbol de levas: El árbol de levas es un eje que tiene lóbulos excéntricos diseñados para abrir y cerrar las válvulas en el momento adecuado. Está conectado al cigüeñal y gira a la mitad de la velocidad del mismo. El perfil de los lóbulos determina el tiempo y la duración de la apertura de las válvulas.

Segmentos del pistón (anillos): Los segmentos son anillos metálicos que se montan en la ranura del pistón. Tienen la función de sellar el espacio entre el pistón y el cilindro, evitando que los gases de combustión escapen hacia la parte inferior del motor y manteniendo una buena compresión.

Estos son algunos de los principales elementos móviles que componen un motor de combustión interna. Cada uno de ellos cumple un papel esencial en el funcionamiento del motor y en la transformación de la energía liberada por la combustión del combustible en energía mecánica utilizada para la propulsión del vehículo (Defaz et al., 2023).

### Figura 3

*Elementos móviles del motor.*



*Nota.* El gráfico muestra los elementos móviles de un MCI.

### **Motor de combustión interna a gasolina**

El motor de combustión interna de ciclo Otto es un tipo de motor de cuatro tiempos que se utiliza mucho en automóviles, motocicletas y otros vehículos. Fue inventado por el ingeniero de combustión alemán Nikolaus Otto en 1876 y es uno de los motores de interna más comunes y eficientes en la actualidad. El ciclo Otto consta de cuatro etapas: admisión, compresión, expansión y escape. A continuación, se describe cada una de estas etapas en detalle:

#### ***Admisión.***

En esta etapa, la válvula de admisión se abre y la mezcla de aire y combustible ingresa al cilindro desde el colector de admisión. El carburador o el sistema de inyección de combustible regula la cantidad adecuada de aire y combustible para obtener una mezcla óptima. La proporción aire-combustible típica es de alrededor de 14.7:1, conocida como relación estequiométrica (Barros Bermeo & Morán Castro, 2014).

### ***Compresión.***

Después de que el cilindro se ha llenado con la mezcla aire-combustible, la válvula de admisión se cierra y el pistón se mueve hacia arriba en el cilindro para comprimir la mezcla. Durante este proceso, el volumen de la mezcla se reduce significativamente, lo que aumenta su presión y temperatura. La compresión es esencial para lograr una alta eficiencia térmica en el motor (Barros Bermeo & Morán Castro, 2014).

### ***Explosión y expansión.***

Una vez que la mezcla aire-combustible ha sido comprimida, una bujía produce una chispa eléctrica que enciende la mezcla. Esto provoca una rápida combustión de la mezcla, liberando una gran cantidad de energía en forma de calor y presión. La alta presión sigue impulsando el pistón hacia abajo, convirtiendo la energía térmica en energía mecánica. Esta fase se conoce como la fase de expansión (Defaz et al., 2023).

### ***Escape.***

Finalmente, después de la expansión, la válvula de escape se abre y los gases de escape resultantes de la combustión son expulsados hacia el sistema de escape del vehículo. Esto prepara el cilindro para iniciar un nuevo ciclo, y el proceso se repite continuamente mientras el motor está en funcionamiento (Defaz et al., 2023).

### **Motor Toyota 2TR**

El motor Toyota 2TR es un motor de gasolina de cuatro cilindros en línea que ha sido utilizado en varios vehículos de Toyota desde su introducción. El Toyota 2TR es un motor de 2,7 litros (2.694 cc) que cuenta con cuatro cilindros en línea. Tiene una configuración de doble árbol de levas (DOHC) y 16 válvulas.

- **Potencia y rendimiento:** La potencia de este motor puede variar según la aplicación y el modelo del vehículo, pero generalmente ofrece una potencia en el rango de 160 a 164 caballos de fuerza (120 a 122 kW) y un torque que oscila entre 181 a 183 lb-pie (245 a 248 Nm).
- **Aplicaciones:** El motor Toyota 2TR ha sido utilizado en varios vehículos de Toyota, especialmente en camionetas y camiones ligeros. Algunos de los modelos más conocidos que pueden equipar este motor incluyen la Toyota Hiace, la Toyota Hilux y la Toyota Fortuner.
- **Inyección de combustible:** El 2TR utiliza un sistema de inyección de combustible electrónico, lo que contribuye a mejorar la eficiencia del combustible y reduce las emisiones.
- **Fiabilidad y durabilidad:** En general, los motores Toyota son conocidos por su confiabilidad y durabilidad, y el 2TR no es una excepción. Con el mantenimiento adecuado, estos motores pueden tener una vida prolongada y un buen rendimiento a lo largo del tiempo.
- **Sistemas adicionales:** Además de su capacidad de rendimiento, el motor 2TR suele contar con tecnologías adicionales, como la distribución variable (VVT-i), que ayuda a mejorar la eficiencia del motor en diferentes condiciones de conducción (Caiza & Alexander, 2023).

### **Camioneta Toyota Hilux 2.7**

La Toyota Hilux 2.7 es una camioneta pickup fabricada por Toyota, una de las marcas de automóviles más reconocidas a nivel mundial. La Hilux ha sido conocida por su durabilidad, confiabilidad y versatilidad, y ha sido una elección popular tanto para uso recreativo como comercial en muchos países. La Hilux 2.7 suele estar equipada con un motor de gasolina de 2.7 litros, que proporciona un equilibrio entre potencia y eficiencia. El rendimiento de este motor varía según la generación y la configuración, pero generalmente ofrece una potencia suficiente para actividades diarias y carga de carga moderada. En cuanto a la tracción, se puede

encontrar con tracción 4x2 o 4x4, dependiendo de la versión y las necesidades del usuario (Caiza & Alexander, 2023).

#### **Figura 4**

*Motor Toyota 2TR.*



*Nota.* El gráfico muestra el motor Toyota 2TR de la camioneta Toyota Hilux 2.7, en la que se ha realizado este proyecto.

En términos de diseño, la Hilux tiene una apariencia robusta y aerodinámica que es típica de las camionetas pickup. Su diseño frontal presenta una parrilla característica de la marca Toyota y faros afilados que le dan una apariencia imponente en la carretera. El área de carga, ubicada en la parte posterior de la camioneta, es lo suficientemente espaciosa para transportar diversos tipos de carga, y se puede equipar con una cubierta de cama, protección de carga y otros accesorios para mejorar su utilidad y proteger la carga. El interior de la Hilux es funcional y cómodo, diseñado para adaptarse a las necesidades tanto del conductor como de los pasajeros. Dependiendo de la versión y el equipamiento, es posible encontrar una variedad de características y tecnologías, como sistemas de entretenimiento, conectividad

Bluetooth, controles de audio en el volante, y una pantalla táctil para el sistema de información y entretenimiento (Caiza & Alexander, 2023).

En términos de seguridad, la Hilux generalmente cuenta con características estándar como frenos antibloqueo (ABS), control de estabilidad (ESC), múltiples airbags y anclajes para asientos infantiles. Algunas versiones pueden ofrecer características adicionales de seguridad avanzada como asistente de frenado, asistente de permanencia en carril, entre otros. Es importante tener en cuenta que las características específicas, el diseño y el equipamiento de la Toyota Hilux 2.7 pueden variar según el año de fabricación y el país donde se comercializa (Quimbita Taípe, 2016).

### **Figura 5**

*Camioneta Toyota Hilux 2.7.*



*Nota.* El gráfico muestra la camioneta Toyota Hilux 2.7, que es parte de este proyecto.

### **Problemas comunes en motores a gasolina**

Los motores de combustión interna a gasolina, aunque son ampliamente utilizados y han sido altamente eficientes en el transporte durante muchos años, también presentan ciertos problemas inherentes. Algunos de los problemas más comunes que pueden surgir en este tipo de motores son los siguientes:

Consumo de combustible: Los motores de gasolina pueden ser menos eficientes en términos de consumo de combustible en comparación con otros tipos de motores, como los motores a diésel o los eléctricos. Esto se debe a las características de la combustión de la gasolina ya las pérdidas por fricción y otros factores (Caiza & Alexander, 2023).

Emisiones contaminantes: Los motores de gasolina emiten gases de escape que contribuyen al cambio climático y la contaminación del aire, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos no quemados y partículas finas. Aunque los automóviles modernos están equipados con sistemas de control de emisiones, todavía representan una fuente significativa de contaminación atmosférica (Caiza & Alexander, 2023).

Ruido y vibraciones: Los motores de gasolina pueden ser ruidosos y generar vibraciones, especialmente cuando funcionan a altas velocidades o revoluciones. Esto puede afectar la comodidad del viaje y el aislamiento acústico en el interior del vehículo.

Desgaste y mantenimiento: Los motores de combustión interna tienen piezas móviles que están sujetas a desgaste, como los pistones, las bielas y los rodamientos. El mantenimiento adecuado y los cambios de aceite regulares son fundamentales para prolongar la vida útil del motor y evitar costosas reparaciones (Caiza & Alexander, 2023).

Potencia limitada: En comparación con algunos motores alternativos, como los motores eléctricos con alto par motor desde el principio, los motores de gasolina pueden tener una entrega de potencia más gradual y limitada, especialmente a bajas revoluciones.

Rendimiento en condiciones extremas: En climas muy fríos, los motores de gasolina pueden tener dificultades para arrancar debido a la viscosidad del aceite y la necesidad de una mezcla más rica. De manera similar, en climas extremadamente calurosos, puede haber problemas de rendimiento debido al riesgo de detonación y al sobrecalentamiento.

Dependencia del petróleo: Los motores de gasolina dependen del suministro de petróleo y están sujetos a las fluctuaciones en los precios del combustible. Esto puede afectar la economía y la estabilidad energética de un país(Caiza & Alexander, 2023).

A pesar de estos problemas, los motores de gasolina siguen siendo muy utilizados debido a su facilidad de uso, infraestructura de abastecimiento de combustible y rendimiento general en muchas aplicaciones de transporte. Sin embargo, la industria automotriz ha estado trabajando en el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes para abordar estos problemas y reducir el impacto ambiental de los motores de combustión interna (Caiza & Alexander, 2023).

### **Reparación de un motor a gasolina**

La reparación de un motor de combustión interna a gasolina implica resolver problemas y realizar mantenimiento en las diversas partes y sistemas que componen el motor para que funcione correctamente. Normalmente una reparación sigue pasos generales para efectuar esta actividad, los mismos que se detallan a continuación.

Diagnóstico: El primer paso es identificar el problema o los problemas que está experimentando el motor. Para ello, se pueden utilizar herramientas de diagnóstico como escáneres de diagnóstico, análisis de humos, pruebas de compresión y otros equipos especializados (Chávez et al., 2021).

Desmontaje: Una vez que se ha identificado el problema, se procede a desmontar las partes afectadas del motor, que pueden incluir cilindros, pistones, culatas, árboles de levas, válvulas, sistema de distribución, bomba de aceite, etc.

Inspección: Se examinan cuidadosamente las piezas desmontadas para detectar daños, desgastes, fugas o problemas en general. dependiendo de la gravedad del daño, es posible que algunas piezas deban reemplazarse por otras nuevas o reparadas.

Rectificación y reparación: Si alguna parte del motor presenta desgaste o daño, es necesario rectificarla o repararla. Esto puede implicar rectificar cilindros, cambiar segmentos de pistones, reacondicionar válvulas o árboles de levas, entre otras tareas (Chávez et al., 2021).

Reemplazo de piezas: Aquellas partes que no pueden ser reparadas o que están demasiado desgastadas deben reemplazarse por piezas nuevas o reconstruidas.

Ajustes y calibraciones: Durante el proceso de montaje, es esencial ajustar y calibrar correctamente los componentes, como la distribución del encendido, el brillo de la inyección de combustible, entre otros.

Limpieza y mantenimiento: Se deben limpiar todas las partes antes de volver a montarlas para eliminar residuos y suciedad que puedan afectar el rendimiento del motor. También es un buen momento para realizar un mantenimiento general, como cambiar filtros, aceite y bujías (Defaz et al., 2023).

Ensamblaje: Una vez que todas las piezas han sido revisadas, reparadas o reemplazadas y se ha realizado el mantenimiento necesario, el motor se ensambla cuidadosamente.

Pruebas y ajustes finales: Después de montar el motor, se realizan pruebas para verificar su correcto funcionamiento. Se ajustan los parámetros según las especificaciones del fabricante y se asegura que no haya fugas o problemas de rendimiento (Defaz et al., 2023).

## Rectificación de motores

La rectificación de motores de combustión interna es un proceso de reparación y mantenimiento utilizado para restaurar y mejorar las características geométricas y funcionales de las piezas del motor, especialmente las relacionadas con el bloque del motor, los cilindros, los pistones y las culatas. Este procedimiento es necesario cuando el motor ha sufrido desgaste, daños o deformaciones que empeoran su rendimiento y eficiencia. Para la rectificación de motores se desmontan todas las piezas del motor para evaluar su estado y determinar qué componentes necesitan rectificación o reemplazo (Chávez et al., 2021).

El objetivo de la rectificación es restaurar la geometría y funcionalidad del motor, lograr que funcione de manera eficiente y prolongando su vida útil, siguiendo, en promedio, los siguientes pasos:

- Se realiza una limpieza profunda de las piezas del motor para eliminar cualquier residuo o suciedad que pueda afectar el proceso de rectificación.
- Se mide cada pieza para determinar su desgaste y deformación. Es común utilizar herramientas de medición como micrómetros y calibradores para obtener mediciones precisas.
  - Rectificación de cilindros: Los cilindros del bloque del motor pueden ser rectificados para eliminar desgaste y obtener una superficie lisa y uniforme. Esto se hace mediante una máquina especializada que utiliza piedras abrasivas para mecanizar la superficie del cilindro.
  - Rectificación de pistones: Los pistones pueden ser rectificados para eliminar cualquier daño o desgaste. Esto puede implicar la modificación del diámetro o el pulido de la superficie del pistón.

- Rectificación de culatas: Las culatas pueden ser rectificadas para corregir problemas como el asentamiento de válvulas, daños en las superficies de sellado, o para obtener una superficie plana y uniforme.
- Si alguna pieza no puede ser rectificada dentro de las tolerancias requeridas, se debe reemplazar con piezas nuevas o reconstruidas.
- Una vez que todas las piezas han sido rectificadas y se encuentran en condiciones óptimas, el motor se ensambla nuevamente, realizando los ajustes necesarios para asegurar un correcto funcionamiento (Chávez et al., 2021).

### ***Rectificación de componentes que han sufrido desgastes***

La rectificación de componentes en un motor de combustión es un proceso de restauración y ajuste de las piezas que han sufrido desgaste para devolverlas a sus dimensiones y tolerancias originales. Este proceso es esencial para mantener el rendimiento y la eficiencia del motor. Por lo general, los componentes que sufren desgastes o daños en los motores de combustión interna son los que se citan a continuación.

**Cigüeñal:** El cigüeñal es una pieza crítica que convierte el movimiento lineal del pistón en movimiento rotativo. Si ha sufrido desgaste o deformación, se puede rectificar mediante el proceso de rectificación del cigüeñal. Este proceso implica montar el cigüeñal en una máquina rectificadora, donde se eliminan pequeñas capas de material de la superficie para eliminar el desgaste y restaurar las tolerancias originales. Después de la rectificación, el cigüeñal debe ser medido con precisión para asegurar que cumple con las especificaciones del fabricante (Chávez et al., 2021).

**Bloque del motor:** Si el bloque del motor ha sufrido desgaste excesivo o daño, se puede rectificar el cilindro mediante un proceso llamado "rectificado de cilindros". En este proceso, se retira una pequeña cantidad de material de la superficie interior del cilindro para eliminar

manchas, marcas y desgaste irregular. Posteriormente, los cilindros se vuelven a medir para garantizar que estén dentro de las tolerancias especificadas (Defaz et al., 2023).

**Culata:** La culata, que alberga las válvulas y la cámara de combustión, también puede requerir rectificación si ha sufrido deformaciones o desgastes. La rectificación de la culata implica mecanizar la superficie de contacto de la culata para asegurar una superficie plana y lisa. Esto garantiza un sellado adecuado entre la culata y el bloque, así como una buena compresión y funcionamiento de las válvulas (Barros Bermeo & Morán Castro, 2014).

**Pistones y bielas:** Si los pistones o las bielas han sufrido daños o desgaste excesivo, pueden rectificarse o reemplazarse según el grado de deterioro. Los pistones pueden ser rectificadas para eliminar reparaciones y marcas menores, mientras que las bielas también pueden ser rectificadas para restaurar la forma original de las superficies de apoyo.

No todos los componentes pueden rectificarse, algunos pueden necesitar ser reemplazados por piezas nuevas para garantizar la integridad y rendimiento del motor. La rectificación es solo una de las muchas técnicas utilizadas en la reparación y mantenimiento de motores de combustión, y se debe llevar a cabo siguiendo las especificaciones del fabricante y utilizando técnicas de medición precisas para asegurar un funcionamiento óptimo del motor después de la rectificación (Barros Bermeo & Morán Castro, 2014).

## Capítulo III

### Desarrollo del tema

#### Desmontaje del motor.

Para realizar el desmontaje de un motor de combustión interna de la correspondiente carrocería del vehículo al cual pertenece, se debe aplicar todas las medidas de seguridad, necesarias para evitar daños en los componentes que están siendo manipulados, y, sobre todo evitar lesiones o accidentes de los operarios como tal. Para el desmontaje del motor Toyota 2TR, en el cual hemos desarrollado nuestro proyecto de titulación, es importante mencionar que, este motor está montado en una camioneta Toyota Hilux, para esto se pueden mencionar las siguientes actividades cronológicas, que se aplicaron para el desmontaje de dicho motor.

- Asegurarse de que el vehículo esté estacionado en un lugar seguro y nivelado.
- Desconectar la batería para evitar cortocircuitos y descargas eléctricas.
- Drenar el líquido refrigerante del sistema de enfriamiento y el aceite del motor.

#### Etiquetado y documentación:

- Antes de comenzar, tomar fotografías del motor y otros componentes para tener una referencia visual al volver a armar todo.
- Etiquetar y marcar los cables, mangueras y conexiones que estarán desconectados para saber dónde van en el futuro.

#### Desconexión de componentes:

- Desconectar el cableado del motor, como el arnés eléctrico y los conectores.
- Retirar la batería y desconectar todas las mangueras y líneas que están conectadas al motor.

- Desmontar el sistema de admisión y escape, como el colector de admisión, el colector de escape y el sistema de escape.

Desmontaje del motor:

- Sujetar el motor con un soporte adecuado para evitar que se caiga durante el proceso de desmontaje.
- Aflojar y retirar los pernos que sujetan el motor a la transmisión y al chasis del vehículo.
- Utilizar una grúa o elevador para levantar el motor cuidadosamente fuera del compartimento del motor.

### Figura 6

*Motor Toyota 2TR desmontado.*



*Nota.* El gráfico muestra el motor desmontado ya de la camioneta, listo para ser desarmado y rectificado.

## **Desarmado del motor.**

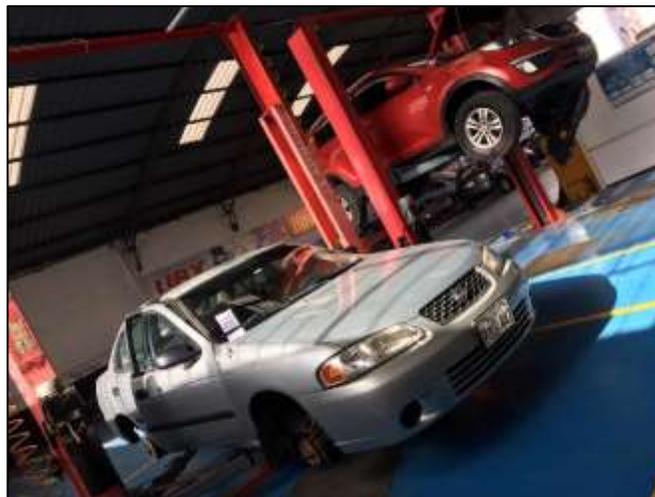
Una vez desmontado el motor, fue necesario su desarmado para determinar el desgaste y/o deformación de sus componentes.

## ***Herramientas y preparación.***

Antes de comenzar, asegurarse de tener las herramientas adecuadas, como llaves, destornilladores, alicates, extractores, un gato para elevar el vehículo y soportes para mantenerlo seguro. Además, se necesitará un espacio limpio y organizado para trabajar.

## **Figura 7**

*Herramientas y preparación.*



*Nota.* El gráfico muestra el taller y área de trabajo donde se desarrolló el presente proyecto.

Una vez que el área de trabajo está adecuada para el procedimiento que necesitamos, realizamos lo siguiente:

- Drenar el aceite del motor y retirar el filtro de aceite.
- Drenar el refrigerante del sistema de enfriamiento.

- Drenar el líquido de la transmisión (si es necesario) y cualquier otro fluido que esté conectado al motor.

### ***Desconexión de componentes***

Se realizan las siguientes actividades:

- Desconectar la batería para evitar riesgos eléctricos.
- Desconectar los cables y mangueras que están conectados al motor, incluidos los conectores eléctricos, líneas de combustible, mangueras de refrigeración, etc.
- Desmontar cualquier componente accesorio, como el alternador, el compresor del aire acondicionado, la bomba de dirección asistida, etc.

### **Figura 8**

*Desconexión de componentes.*



*Nota.* El gráfico muestra la desconexión de la batería, previo al desmontaje del motor.

### ***Retiro de partes exteriores***

Para mayor facilidad de acceso a los componentes a ser removidos y/o desmontados, es necesario retirar algunos componentes del vehículo, como se muestra a continuación.

- Retirar el capó del motor.
- Desconectar y retirar el sistema de escape desde el colector hasta el tubo de escape.
- Retirar el sistema de admisión de aire, que incluye el filtro de aire y el cuerpo del acelerador.

## Figura 9

*Retiro de partes exteriores.*



*Nota.* El gráfico muestra el retiro de componentes exteriores del motor Toyota 2TR.

### **Remoción del motor**

Para retirar el motor de la carrocería de la camioneta Toyota Hilux, se trabajó del siguiente modo:

- Aflojar y quitar los pernos de montaje del motor que lo sujetan al chasis del vehículo. Si es necesario, levanta el vehículo y retira la transmisión del motor.
- Utilizar un teclé de motor o una grúa para elevar el motor gradualmente y retirarlo del compartimento del motor.

**Figura 10**

*Remoción del motor.*



*Nota.* El gráfico muestra la extracción del motor Toyota 2TR.

***Desmontaje interno***

Aquí, se procedió del siguiente modo:

- Colocamos el motor en un soporte de trabajo y lo aseguramos en ese lugar.
- Retiramos la tapa de válvulas y las culatas.
- Desmontamos el sistema de distribución, incluida la cadena de tiempo o la correa, y el engranaje del cigüeñal.
- Desmontamos el cárter del aceite para acceder a las partes internas.

*Nota importante:* A medida que se desarma el motor, es fundamental documentar cada paso y etiquetar las partes y componentes para facilitar el ensamblaje posterior.

## Figura 11

*Desmontaje interno.*



*Nota.* El gráfico muestra el retiro de componentes internos del motor Toyota 2TR.

### **Reparación del motor**

El motor Toyota 2TR es un motor de 4 cilindros en línea, que tiene una cilindrada de 2.7 litros y es de ciclo Otto, este motor ya ha cumplido su tiempo de vida útil, ya que sobrepasa los 500.000 kilómetros de recorrido, por tal motivo se ha realizado la reparación de esta máquina térmica mediante el mecanizado de los componentes que han sufrido desgaste por el trabajo propio del motor. Se ha realizado la rectificación de superficies planas en cabezote, rectificación de cilindros, rectificación de muñones de biela y bancada en el cigüeñal.

### ***Rectificación de culata***

El cabezote, también conocido como culata, es una parte crucial del motor que contiene las válvulas, bujías y a menudo el árbol de levas. La rectificación del cabezote es necesaria cuando la superficie de la culata se ha dañado o desgastado, lo que puede afectar la eficiencia y el rendimiento del motor.

Antes de comenzar la rectificación, el cabezote debe limpiarse a fondo para eliminar cualquier residuo de aceite, carbonilla y otros contaminantes. Una vez limpio, se realiza una inspección detallada del cabezote para identificar daños, desgastes y posibles grietas. Si las superficies del cabezote están desgastadas, rayadas o deformadas, se procede al rectificado. Esto implica usar máquinas especializadas para moler y pulir las superficies planas del cabezote, esta máquina es conocida como rectificadora de superficies planas, como la superficie de contacto de la junta de culata y la superficie de la cámara de combustión.

### **Figura 12**

*Rectificación de culata.*



*Nota.* El gráfico muestra la de la culata del motor, rectificada.

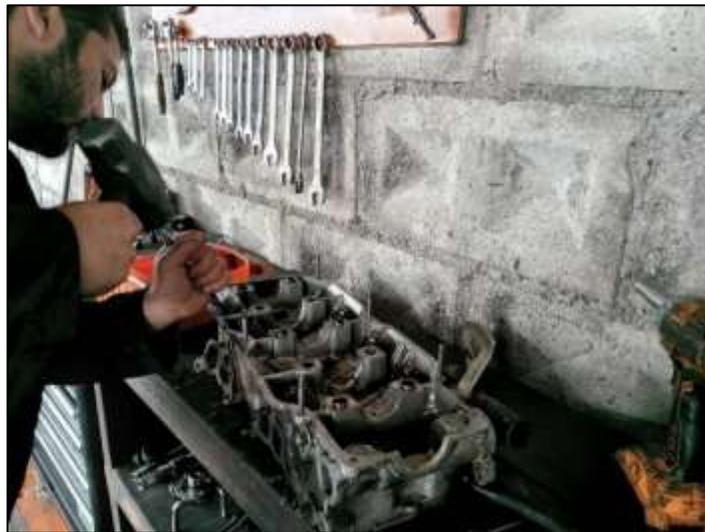
### ***Rectificación de asientos de válvulas***

Los asientos de válvula, que son las superficies en las que las válvulas hacen contacto, también pueden rectificarse si están dañados. Esto se hace utilizando herramientas de corte especiales para garantizar que las superficies sean planas y uniformes.

El propósito de esta rectificación es el correcto asentamiento y cierre hermético de las válvulas de admisión y escape en su alojamiento dentro de la culata, además, es necesario indicar que, debido al análisis costo – beneficio, las válvulas no fueron rectificadas, sino reemplazadas.

### **Figura 13**

*Rectificación de asientos de válvula.*



*Nota.* El gráfico muestra la rectificación de asientos de válvula del motor.

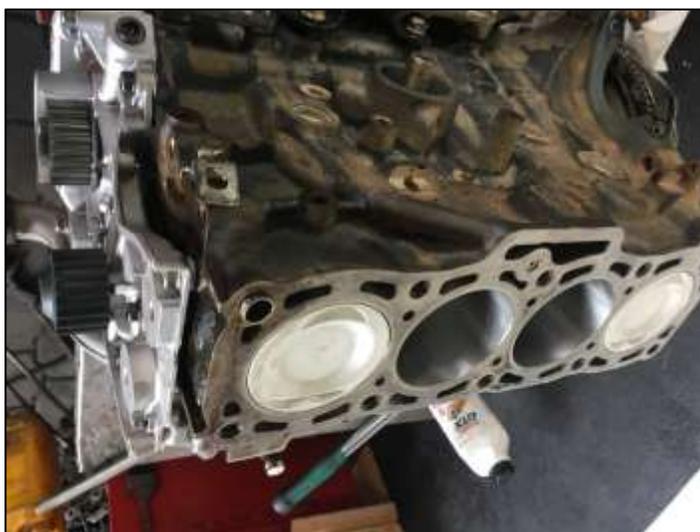
### ***Rectificación de cilindros***

La rectificación de cilindros es un procedimiento que se realiza para devolver la superficie interna de los cilindros a su forma y acabado original. Esto se hace para mejorar el sellado de los anillos de pistón, restaurar el funcionamiento suave del motor y recuperar la compresión y potencia perdida debido al desgaste o daño en las paredes de los cilindros. Se inspeccionan visualmente los cilindros para detectar daños visibles, desgaste, ralladuras y otros problemas. Esto ayudará a determinar si la rectificación es necesaria y en qué medida.

De acuerdo con la inspección previa, se determinó el desgaste de los cilindros, midiendo conicidad y ovalamiento en cada uno de ellos; de acuerdo al desgaste la rectificación fue realizada a +20, pese a que el motor ha sido sometido a su primera rectificación, la sobremedida de rectificación se debe al kilometraje recorrido hasta el momento y a que la camioneta ha sido usada como una herramienta de trabajo del propietario.

#### **Figura 14**

*Rectificación de cilindros.*



*Nota.* El gráfico muestra el block del motor, con los cilindros rectificados.

#### ***Rectificación de cigüeñal***

El cigüeñal se inspecciona visualmente y con herramientas de medición para identificar cualquier daño, desgaste o deformación. Si el cigüeñal está severamente dañado, podría requerir una sustitución en lugar de una rectificación. El cigüeñal se retiró cuidadosamente del bloque del motor, retirando las bielas y los cojinetes principales que lo conectan al motor. El cigüeñal se somete a un proceso de limpieza exhaustivo para eliminar cualquier aceite, suciedad y residuos. Una limpieza adecuada es crucial para asegurar una rectificación precisa

El proceso de rectificación implica el uso de una máquina rectificadora especializada. El cigüeñal se sujeta en la máquina y se hace girar mientras se usan piedras abrasivas para eliminar una pequeña cantidad de material de las superficies dañadas o desgastadas, en este caso, de los muñones de biela y bancada; esto ayuda a restaurar la geometría original y el acabado de las superficies.

Después de la rectificación, el cigüeñal fue sometido a un proceso de equilibrado para asegurar que esté bien equilibrado y no cause vibraciones excesivas cuando el motor esté en funcionamiento. Tras la rectificación y el equilibrado, se realizó a una inspección final para verificar que las dimensiones y las tolerancias están dentro de los límites especificados, también se verifica la calidad general de las superficies rectificadas

### **Figura 15**

*Rectificación de cigüeñal.*



*Nota.* El gráfico muestra el cigüeñal rectificado.

### **Elementos sustituidos**

De acuerdo al estudio de factibilidad de reemplazo o rectificación de algunos componentes, se analizó el costo de los repuestos nuevos versus el costo de su rectificación

y/o reparación, de acuerdo con esto, se determinó la sustitución de componentes tales como pistones, válvulas de admisión y escape, árbol de levas. Además, el kit común de reparación que generalmente incluye empaques, sellos, cojinetes de biela y bancada, bomba de aceite, bomba de agua, bandas de distribución y de accesorios.

### **Figura 16**

*Elementos sustituidos.*



*Nota.* El gráfico muestra los elementos sustituidos en la rectificación del motor.

### **Armado del motor**

Para el armado del motor de combustión interna después de ser reparado se requiere atención meticulosa para garantizar que el motor funcione de manera óptima y segura. Se debe tener a la mano la ficha técnica de aprietes y ajustes para los torques correspondientes en los distintos conjuntos de ensamblaje del motor.

### ***Herramientas y materiales necesarios***

Para un adecuado armado del motor y que no existan inconvenientes luego de que sea montado en la carrocería, se requiere del uso de las siguientes herramientas.

- Juego de herramientas básicas (llaves, destornilladores, alicates, etc.).
- Juego de llaves de torsión.
- Aceite lubricante adecuado.
- Juego de juntas y sellos nuevos.
- Filtro de aceite y filtro de aire nuevos.
- Piezas de repuesto necesarias.
- Manual de servicio del motor Toyota 2TR.

Con las herramientas y espacio de trabajo adecuados, se armó el motor de acuerdo al siguiente esquema de actividades.

### ***Limpieza y preparación***

Se deben limpiar todas las piezas del motor a fondo. Eliminar cualquier residuo de aceite viejo, suciedad o restos de la reparación anterior. Asegurarse de que todas las piezas estén en buenas condiciones y que no haya daños visibles.

### ***Verificación de las piezas***

Inspeccionar todas las piezas cuidadosamente para asegurarte de que estén en buen estado y sin daños. Verificar que los cilindros estén bien pulidos y libres de rayones.

Comprobar que las piezas móviles, como pistones, bielas y cigüeñal, están en buen estado y limpias, para nuestro caso, se verificó el correcto armado, que los repuestos correspondan al motor en cuestión, ya que estos componentes, en su mayoría, fueron sustituidos.

### ***Reemplazo de piezas desgastadas***

Sustituye todas las piezas que estén desgastadas, dañadas o fuera de especificaciones. Esto puede incluir pistones, anillos, cojinetes, juntas, sellos, etc.

### ***Montaje del pistón y la biela***

Instalamos los nuevos anillos en los pistones de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Lubricamos los cojinetes de la biela y el bulón del pistón antes de ensamblar. Alineamos cuidadosamente los pistones en los cilindros y conectamos las bielas al cigüeñal.

### ***Cigüeñal y árbol de levas***

Instalamos el cigüeñal en su posición y nos aseguramos de que gire suavemente. Colocamos el árbol de levas en su lugar, siguiendo las marcas.

### ***Montaje de la culata***

Limpiamos la superficie de la culata y del bloque. Colocamos la junta de culata nueva en su lugar y luego colocamos la culata encima, asegurando los pernos en el patrón y torque especificados.

### ***Sistema de distribución***

Este motor tiene una cadena de distribución, nos aseguramos de que esté correctamente instalada según las marcas de brillo.

### ***Sistema de lubricación y refrigeración***

Instalamos la bomba de aceite y otros componentes del sistema de lubricación. Conectamos el sistema de refrigeración, asegurándonos de que todas las mangueras estén bien conectadas.

### ***Componentes externos***

Instalamos los componentes externos como el colector de admisión, el colector de escape, la tapa de válvulas, etc.

### ***Fluidos y filtros***

Agregamos aceite nuevo, verificando de que el nivel sea el adecuado. Reemplazamos el filtro de aceite y el filtro de aire con componentes nuevos.

### ***Sistema de combustible***

Conectamos el sistema de combustible y verificamos que no haya fugas.

Una vez que hemos armado el motor, es necesario realizar unas pruebas preliminares, antes de que el trabajo sea entregado en su totalidad.

- Giramos el motor manualmente para asegurarnos de que no haya obstrucciones ni fricciones inusuales.
- Verificamos que todas las conexiones estén ajustadas y seguras.
- Arrancamos el motor y verificamos que funcione suavemente.
- Monitoreamos el ruido, la temperatura y la presión del aceite mientras el motor está en funcionamiento.
- Realizamos una prueba en carretera para verificar el rendimiento del motor en condiciones reales.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- Se espera una mejora significativa en el rendimiento del motor. La rectificación de los componentes críticos, como los cilindros y los pistones, garantiza un mejor sellado y una compresión más eficiente, lo que resultará en una potencia y respuesta mejoradas.
- La corrección de desgastes y tolerancias incorrectas ayudará a reducir el consumo de aceite y combustible, contribuyendo a un funcionamiento más económico y respetuoso con el medio ambiente.
- La rectificación y el reemplazo de piezas desgastadas han advertido la vida útil esperada del motor. Los componentes ahora están en condiciones óptimas y son menos propensos a fallas prematuras.

## Recomendaciones

- Para mantener el motor en su mejor estado, es recomendable seguir un programa de mantenimiento preventivo. Los cambios regulares de aceite, la interrupción periódica y los ajustes recomendados por el fabricante contribuirán a una vida útil prolongada.
- El uso de combustible de calidad y aceite del tipo y viscosidad recomendados por el fabricante es esencial para mantener la salud del motor a largo plazo.
- Evitar el exceso de revoluciones en frío, aceleraciones bruscas y sobrecargas ayudarán a mantener un desgaste mínimo en los componentes internos.
- Prestar atención a cualquier cambio en el rendimiento, ruidos inusuales, consumo anormal de aceite o luces de advertencia en el tablero. Ante cualquier anomalía, es importante realizar una revisión inmediata.

## Bibliografía

Barros Bermeo, H. O., & Morán Castro, D. W. (2014). *Reparación de un Motor de Combustión Interna 1.3 Fire.*

Caiza, C., & Alexander, B. (2023). *Mediciones del rendimiento y emisiones en el motor Toyota 2TR, previo y posterior a su reparación.*

Chávez, C., Giovanni, W., Pineda, T., Alexander, P., Ramos Jinez, I., & Javier, A. (2021). *Acondicionamiento mecánico y electrónico de motor y caja de cambios de un vehículo Chevrolet Corsa Evolution 4P 1.8 GLS.*

Defaz, M., Daniel, F., Morocho, Y., Fernando, F., Matilde, A. I. S., & Sandoval, A. (2023). *Reparación del motor de combustión interna a gasolina serie F710Q del vehículo Renault Sandero mediante la aplicación de procesos de rectificación para obtener los parámetros estándar del fabricante.*

Quimbita Taipe, S. G. (2016). *ANÁLISIS DEL CONTROL DE EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DEL MOTOR GASOLINA TOYOTA SERIE 2TR CUANDO SE GENERAN DTC'S EN EL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE COMBUSTIBLE.*

## Anexos