

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

PROCESO DE MANTENCIÓN CORRECTIVA Y A CONDICIÓN DE UN TURBO
GEOMETRÍA VARIABLE DE UNA FORD RANGER WILDTRACK 3.2 TDCI 4X4
AÑO 2015

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en **MECÁNICA
AUTOMOTRIZ.**

Alumnos:

Arturo Pablo Einersen Sepulchre

Brayan Iván Andrés Nancavil Torres

Profesor Guía:

Fabrizzio Cariñe Avendaño

2021

DEDICATORIA

Este trabajo de título estará dedicado a nuestras familias, por brindarnos apoyo incondicional durante nuestro periodo académico. A nuestros profesores, por entregar todo el conocimiento necesario para desenvolvemos como buenos mecánicos pese a la nueva modalidad online que nos perjudicó a todos. A nuestros amigos que siempre creyeron en nosotros y nos alentaron a seguir adelante. Además quisiéramos hacer una mención especial para Alfonso Urra de TURBOtécnica, por la mentoría brindada sobre turbos y el proceso de mantenimiento que estos requieren.

RESUMEN

Se explicará qué es un motor a combustión interna, los ciclos de trabajo que requiere para su funcionamiento, en específico, para los motores a gasolina (otto) y en motores diésel. Posteriormente, se incluye una línea temporal con algunos de los motores y sus inventores. Esto dará paso a la explicación del por qué era necesaria la invención de un sistema de apoyo, dando paso al invento de un sistema de sobrealimentación para los MCI, los turbocompresores. Para esto se expondrán los tipos de turbos existentes y cómo funcionan respectivamente.

Para un mejor entendimiento, cómo mantener en perfectas condiciones un vehículo, se dará a conocer lo que es un mantenimiento y las limitaciones presentes en el mundo automotriz, se explicarán las normativas de gases y a los turbocompresores, sumando una explicación de los tipos de mantenimiento que existen.

Se entregará las características del vehículo en el cual estará enfocada la tesis, esta corresponde una camioneta Ford ranger 3.2 año 2015, se dará a conocer todas sus características mediante la ficha técnica. En esta se encontrará toda la información pertinente sobre este modelo.

También a lo largo de este trabajo se presentará toda la información de un turbo y los diversos tipos que existen, junto a una descripción de cada uno de ellos; en detalle el turbo de geometría variable, la estructura, parámetros de funcionamiento y por último se hablará de las ventajas e inconvenientes del turbo de geometría variable.

Además, se presentarán los diagnósticos que se pueden realizar a un turbocompresor, estos son: diagnóstico por síntomas o por condición, diagnósticos por desgaste y síntomas de falla asociados. Mencionamos los cuidados pertinentes en un turbocompresor para evitar que aparezcan estos síntomas y prolongar su vida útil. Del mismo modo se dará a conocer un procedimiento de mantención correctivo, se evidenciará todo lo que implica este procedimiento de manera muy detallada, desde el momento de recepcionar, desarmar, inspeccionar, reparar o cambiar piezas defectuosas y ensamblar nuevamente el turbo de geometría variable para que quede trabajando en óptimas condiciones.

Finalmente, se entregará un listado de los costos asociados a una mantención en este tipo de turbos, considerando, que el valor del trabajo final varía dependiendo del estado al momento de recepcionar el turbo en el taller. Después de evaluar el estado actual del turbo, se dará una clasificación por peldaños según daños encontrados. Desde una mantención básica, que solo requerirá de un kit básico de servicio y los testeos que correspondan. Un peldaño leve por limpieza debido a saturación de hollín, peldaño grave por rayones internos del turbocompresor y peldaño catastrófico por daños en el eje y la geometría.

ÍNDICE DE CONTENIDO

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA	1
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA.....	1
PROCESO DE MANTENCIÓN CORRECTIVA Y A CONDICIÓN DE UN TURBO GEOMETRÍA VARIABLE DE UNA FORD RANGER WILDTRACK 3.2 TDCI 4X4 AÑO 2015	1
DEDICATORIA	2
RESUMEN.....	3
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNCIDE DE TABLAS	10
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.....	11
1.1 SIGLAS	11
1.2 SIMBOLOGÍA.....	11
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
1.3 GENERAL	2
1.4 ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 1: MOTORES A COMBUSTIÓN INTERNA Y NORMATIVAS AUTOMOTRICES	3
1.5 DEFINICIÓN DE UN MOTOR DE AUTOMÓVIL	4
1.5.1 Ciclos 4 tiempos.....	4
1.5.2 Evolución de los motores:.....	8
1.6 IMPLEMENTACIÓN DE UN TURBO A MOTOR DIÉSEL	11
1.6.1 ¿Qué es un turbo?.....	12
1.6.2 Tipos de turbos:.....	12
1.7 NORMATIVA DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.....	15
1.8 NORMATIVA DE TURBOS ISO 1940-1 AÑO 2003	16
1.8.1 ¿Qué es el desbalance?.....	16

1.8.2	¿Bajo qué norma se debe balancear?	16
1.8.3	Tabla grados norma ISO 1940	17
1.8.4	Extracto de la norma ISO 1940	18
1.9	NORMATIVA DE GASES.....	18
1.9.1	Tabla entregada por la información del Decreto Supremo 211	19
1.9.2	Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros 1760-3500 kg (categoría N1 - III), en g/km.....	19
CAPÍTULO 2: PARÁMETROS DE LA FORD RANGER Y DE LOS TIPOS DE TURBOS.....		21
2.1	FICHA TÉCNICA DE LA FORD RANGER 2015.....	22
2.1.1	Prestaciones y consumos homologados	22
2.1.2	Dimensiones, pesos y capacidades.....	23
2.1.3	Motor a combustión	23
2.1.4	Transmisión.....	24
2.1.5	Desarrollos reductora (km/h cada 1000 rpm).....	25
2.1.6	Cotas todo terreno.	25
2.1.7	Chasis	26
2.2	MODELO DE TURBO, COMPONENTES y CARACTERÍSTICAS	27
2.2.1	Partes básicas del turbocompresor	27
2.2.2	Materiales que componen un turbo	29
2.2.3	Funcionamiento de un VTG.....	29
2.2.4	Ventajas e inconvenientes de los turbos de geometría variable.....	30
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO AL TURBO GEOMETRÍA VARIABLE DE LA FORD RANGER.....		31
3.1	DIAGNÓSTICO DE UN TURBO	32
3.1.1	Diagnóstico por sintomatología (por condición).....	32
3.1.2	Diagnóstico por desgaste y sus síntomas de falla asociados.....	32
3.1.3	Cuidados pertinentes con un turbo compresor	34
3.2	PROCEDIMIENTO DE MANTENCIÓN A UN VGT	35
3.2.1	Recepción.....	35
3.2.2	Desarme.....	35

3.2.3	Inspección	43
3.2.4	Presupuesto	45
3.2.5	Limpieza.....	45
3.2.6	Pintura	45
3.2.7	Balanceo	45
3.2.8	Armado/Ensamble.....	46
3.2.9	Testeos.....	54
CAPÍTULO 4: COSTOS ASOCIADOS A LA MANTENCIÓN Y REPARACIÓN DEL VTG		58
4.1	COSTOS DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	59
4.1.1	Mantenión básica.....	59
4.1.2	Peldaño leve	60
4.1.3	Peldaño grave	61
4.1.4	Peldaño catastrófico	62
4.1.5	Falla del actuador	63
4.1.6	Turbo nuevo	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		64
LINKOGRAFÍA		65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Conjunto pistón	4
Figura 1-2: Representación etapa compresión	5
Figura 1-3: Bujía	5
Figura 1-4: Válvulas.....	6
Figura 1-5: Etapa de admisión	6
Figura 1-6: Etapa de compresión	7
Figura 1-7: Etapa de combustión o inyección.....	7
Figura 1-8: Etapa de escape	8
Figura 1-9: Motor Lenoir	8
Figura 1-10: Primer motor OTTO.....	9
Figura 1-11: Primer motor Benz	9
Figura 1-12: Primer automóvil Benz	10
Figura 1-13: Motor Stuart	10
Figura 1-14: Motor diésel	11
Figura 1-15: Representación de un turbo	12
Figura 1- 16:Turbo geometría fija.....	12
Figura 1- 17:Turbo geometría variable	13
Figura 1-18: Twin Scroll.....	13
Figura 1-19: Biturbo secuencial	14
Figura 1-20: Turbo eléctrico	14
Figura 2-1: Camioneta Ford Ranger	22
Figura 2-2: Eje coaxial	27
Figura 2-3: Válvula descarga	28
Figura 2-4: Representación de un intercooler	29
Figura 2-5: Materiales de un turbocompresor	29
Figura 3-1: Síntomas por condición.....	32
Figura 3-2: Eje desgastado	33
Figura 3-3: Geometría saturada.....	33
Figura 3-4: Recepción de un turbo.....	35
Figura 3-5: Turbo montado en prensa hidráulica.....	36
Figura 3-6: Turbo sometido a calor.....	36
Figura 3-7: Separando carcasa de escape.....	37
Figura 3-8: Interior carcasa escape	37

Figura 3-9: Palanca actuadora.....	38
Figura 3-10: Interior geometría variable	39
Figura 3-11: Extracción geometría variable.....	39
Figura 3-12: Geometría extraída	40
Figura 3-13: Geometría y eje coaxial.....	40
Figura 3-14: Eje coaxial e interior de la carcasa	41
Figura 3-15: Aspas del eje y pernos de sujeción.....	41
Figura 3-16: Eje coaxial azulado.....	42
Figura 3-17: Conjunto axial	42
Figura 3-18: Componentes de un turbo.....	43
Figura 3-19: Inspección de juego.....	43
Figura 3-20: Estado de la geometría	44
Figura 3-21: Eje azulado	44
Figura 3-22: Pintura en turbos.....	45
Figura 3-23: Balanceadoras.....	46
Figura 3-24: Cartucho central nuevo	47
Figura 3-25: Componentes para ensamblaje	47
Figura 3-26: Proceso de pulido	48
Figura 3-27: proceso montaje en prensa hidráulica	48
Figura 3-28: Montaje geometría.....	49
Figura 3-29: Revisión geometría variable.....	49
Figura 3-30: Segunda revisión de la geometría.....	50
Figura 3-31: Posicionando y montando carcasa geometría.....	50
Figura 3-32: Aprete pernos sujeción	51
Figura 3-33: Desmontaje múltiple de escape	51
Figura 3-34: Carcasa en prensa hidráulica	52
Figura 3-35: O-ring de presión.....	52
Figura 3-36: Montaje cuerpo del turbo	53
Figura 3-37: Verificación holgura.....	53
Figura 3-38: Verificación roce	53
Figura 3-39: Montaje actuador.....	54
Figura 3-40: Máquina de testeos	54
Figura 3-41: Montaje del turbo para testeos	55
Figura 3-42: Testeo del actuador.....	55
Figura 3-43: Testeo de flujos	56
Figura 3-44: Prueba de flujos.....	56
Figura 3-45: Molde para empaquetaduras.....	57

Figura 4-1: Kit básico de servicio 59

Figura 4-2: Testeadora de flujos y actuador.....59

Figura 4-3: Turbo desarmado.....60

Figura 4-4: Carbonilla en carcasa 61

Figura 4-5: Cartucho nuevo 61

Figura 4-6: Aspas y turbo dañado 62

Figura 4-7:Eje dañado 62

Figura 4-8: Falla del actuador 63

ÍNCIDE DE TABLAS

Tabla 1-1: Grados norma ISO 1940 18

Tabla 1-2: Clasificación vehículo 19

Tabla 1-3: Normas EURO.....20

Tabla 2-1: Prestaciones 22

Tabla 2-2: Dimensiones 23

Tabla 2-3: Motor 24

Tabla 2-4: Transmisión 25

Tabla 2-5: Relación caja cambios 25

Tabla 2-6: Cotas 25

Tabla 2-7: Chasis.....26

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

1.1 SIGLAS

- TDCi: Turbo diesel common rail injection.
- 4x4: Terminología que se usa para referirse a un vehículo con tracción a las 4 ruedas.
- MCI: Motor combustión interna.
- OTTO: Derivado del inventor Nikolaus Otto, se usa su apellido como abreviatura cuando se habla de los motores a gasolina.
- DIESEL: Derivado del inventor Rudolf Diesel, se usa su apellido como abreviatura cuando se habla del combustible y los motores diésel.
- ISO: Sigla de la expresión inglesa 'International Organization for Standardization'. 'Organización Internacional de Estandarización'. Es un sistema de normalización internacional para productos y servicios de diversas áreas.
- Norma EURO: La normativa europea 'Euro' es un conjunto de requisitos, que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos.
- VTG: Turbos de geometría variable.
- VGT: Turbos de geometría variable.
- TGF: Turbos de geometría fija.
- RPM: Revoluciones por minuto.

1.2 SIMBOLOGÍA

- kg: Kilogramos.
- Gr: Gramos.
- mm: Milímetros.
- km: Kilómetros.
- h: Hora.
- km/h: Kilómetros por hora.
- L/l: Litros.
- km/L: Kilómetros por litro.
- °C: Grado Celsius, es la unidad termométrica cuyo 0 se ubica 0.01 grados por debajo del punto triple del agua y su intensidad calórica equivale a la de Kelvin. El grado Celsius pertenece al Sistema Internacional de Unidades.
- CV: Caballos de vapor.

- KW: Kilowatts.
- cm^3 : Centímetros cúbicos.
- m^3 : Metros cúbicos.
- s: Segundos.
- CO: Monóxido de carbono, gas incoloro y altamente toxico.
- CO₂: Dióxido de carbono, gas incoloro y altamente tóxico.
- HC: Hidrocarburos, compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno.
- NO_x: El NO_x es un término genérico que hace referencia a un grupo de gases muy reactivos [tales como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂)] que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones.
- PM: Partículas por millón.
- R18: Un radio de 18 pulgadas.
- \$: Signo peso, se usa cuando se habla de dinero.

INTRODUCCIÓN

Desde la invención de los motores a combustión interna, se han creado y evolucionado diversos sistemas para aumentar el rendimiento y las prestaciones. Uno de los sistemas más significativos para los MCI es el turbo, un mecanismo de sobre alimentación, que con el uso de los gases de escape mejora en gran medida la eficiencia de los motores. En este trabajo, se entregará información respecto a los turbocompresores, se darán a conocer los diferentes tipos de turbos que se utilizan en el mundo automotriz; la estructura, funcionamiento y las partes principales que los componen. Se enfocará en el turbo de geometría variable, proporcionando información exacta de cómo trabaja este tipo de turbo, sus mantenciones necesarias y los costos asociados.

OBJETIVOS

1.3 GENERAL

Dar a conocer el procedimiento necesario para realizar una reparación o mantención de un VTG en una Ford Ranger Wildtrack 3.2 TDCi 4x4 año 2015.

1.4 ESPECÍFICOS

- Explicar el funcionamiento de un MCI y la evolución de estos mismos.
- Dar a conocer que es y qué tipos de turbos existen.
- Explicar la normativa de gases y de mantenimiento automotriz.
- Entregar la información técnica sobre la camioneta Ford Ranger.
- Dar a conocer las principales partes de un turbo y cómo funcionan.
- Como diagnosticar y reparar un VTG.
- Entregar información sobre los costos asociados a una reparación de un turbo geometría variable.

CAPÍTULO 1: MOTORES A COMBUSTIÓN INTERNA Y NORMATIVAS
AUTOMOTRICES

1.5 DEFINICIÓN DE UN MOTOR DE AUTOMÓVIL

Un motor a combustión es un sistema que a través de la energía química generada, producto de una combustión, aprovecha toda esta energía producida y genera un movimiento a través de diversos mecanismos que logran mover un vehículo. En el caso de motores a gasolina, es una mezcla aire-combustible en una cámara de combustión que se enciende producto de una chispa. En los motores Diesel se tiene una combustión por inyección de combustible a una cámara que contiene en su interior aire comprimido en gran medida y producto de la alta presión acumulada, se enciende al momento de entrar en contacto con el diésel inyectado.

1.5.1 Ciclos 4 tiempos

Un motor de cuatro tiempos es un motor de combustión interna alternativo tanto de ciclo Otto como ciclo del diésel. Consta de cuatro carreras o cuatro tiempos del pistón, por ende, dos vueltas completas del cigüeñal para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos o ciclos son:

- Admisión.
- Compresión.
- Combustión o expansión.
- Escape.

- Ciclo OTTO: En la etapa de admisión, el pistón junto con la biela descienden hacia el punto muerto inferior lo cual genera un vacío en el cilindro y al generarse dicho vacío, se succiona el aire por efecto de cambio de presión a través del sistema de admisión. Al mismo tiempo, se abren las válvulas de admisión para dar paso a este flujo hacia la cámara de combustión y se inyecta combustible para que se mezcle con el aire que está ingresando.



Figura 1-1: Conjunto pistón

- La segunda carrera consiste en la compresión de esta mezcla, por lo que el pistón sube hacia el punto muerto superior, arrastrando y comprimiendo la mezcla de aire-combustible en una relación de compresión no superior a 12:1 partes de su volumen original. Si se supera este valor la mezcla puede auto-detonarse y se desperdiciará en gran medida la fuerza que puede generar al detonarse muy tempranamente.

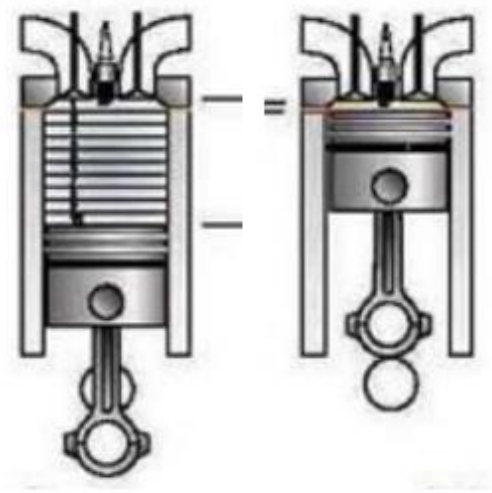


Figura 1-2: Representación etapa compresión

- En la tercera carrera o etapa se enciende la mezcla, para ello se libera una chispa a través de la bujía, por consecuencia, se genera una combustión de la mezcla y transmite la fuerza necesaria para que el pistón baje con fuerza para mover los componentes del motor y posteriormente el vehículo.

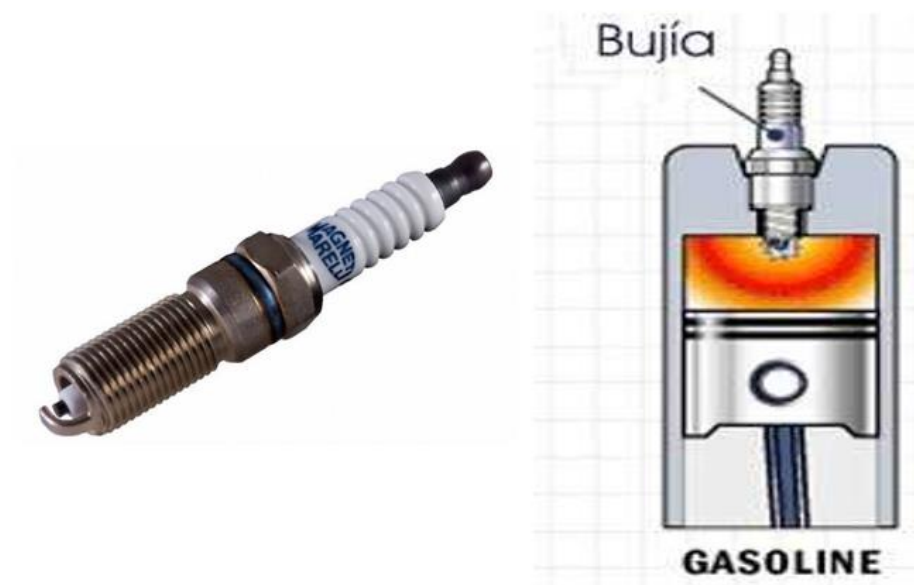


Figura 1-3: Bujía

- En la cuarta etapa, el pistón sube nuevamente hacia el punto muerto superior, arrastrando los restos de la combustión previamente generada y es en este momento, cuando se abren las válvulas de escape dando paso a los residuos restantes de la combustión y son liberados a través del sistema colector de escape.



Figura 1-4: Válvulas

Centrándonos en el motor Diesel, que a diferencia del motor a gasolina no necesita de una chispa para generar la combustión, este necesita de un inyector de combustible que suele ser acompañado por un sistema de alta presión, el cual inyecta diésel pulverizado a presiones muy elevadas en la cámara de combustión. Aquí solo se tiene una gran cantidad de aire comprimido a más de una quinceava parte de su volumen inicial, generando que el aire esté a muy alta temperatura debido a la compresión y sea más fácil provocar una combustión al momento de inyectar el diésel.

- Ciclo DIÉSEL: En la primera carrera o etapa, el pistón desciende hacia el punto muerto inferior, mientras tanto, se da paso a la apertura de las válvulas de admisión generando el efecto del vacío al hacer este movimiento del pistón. Ingresa aire por el sistema de admisión, por lo que se llenará lo mejor posible la cámara del block con el aire ingresado.

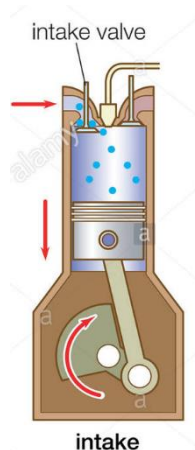


Figura 1-5: Etapa de admisión

- En la segunda etapa o proceso de compresión el pistón vuelve a subir a su punto muerto superior y arrastra todo el aire y lo comprime lo mejor posible en la cámara de combustión, normalmente en unas 15:1 partes de su volumen original (el de la cámara del pistón), llegando hasta 20:1 en motores más nuevos.

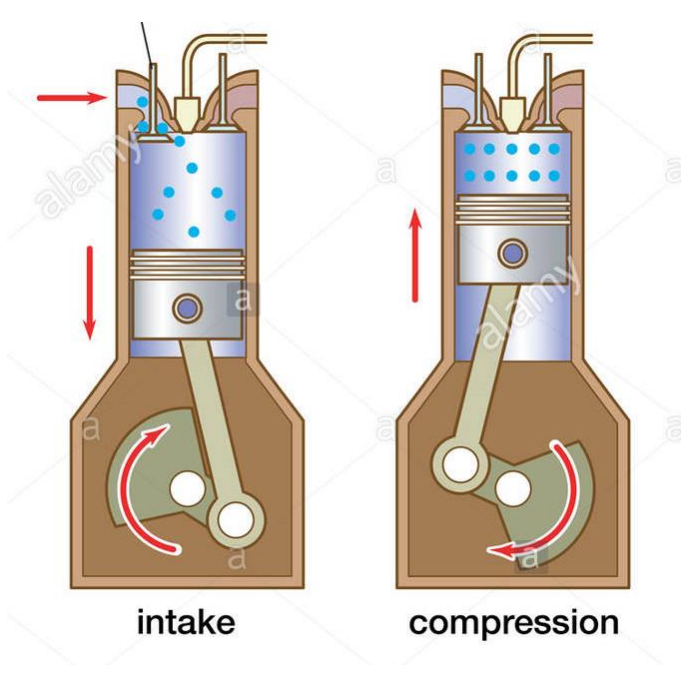


Figura 1-6: Etapa de compresión

- La tercera carrera consiste en la inyección de combustible, esto genera una combustión del aire comprimido, provocando que el pistón baje con fuerza, otorgando así, la fuerza necesaria para impulsar el motor y posteriormente, el vehículo.

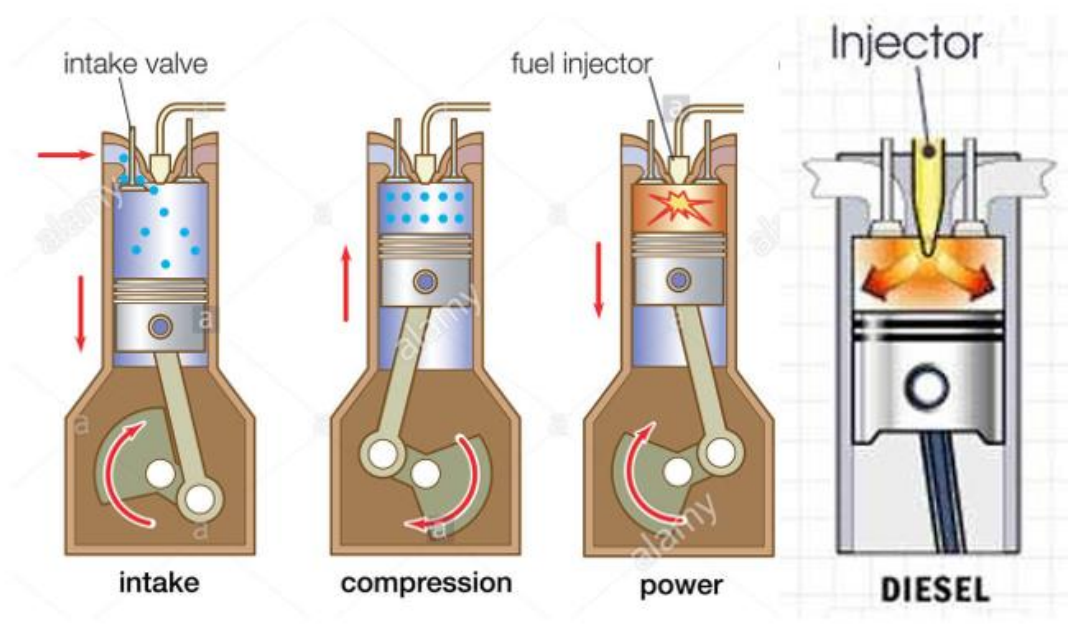


Figura 1-7: Etapa de combustión o inyección

- La cuarta carrera es la de escape. Nuevamente sube el pistón a su punto muerto superior, pero ahora, son las válvulas de escape las que se abren para dar paso a los residuos que están siendo arrastrados por el pistón y que luego serán expulsados a través del sistema de escape del vehículo.

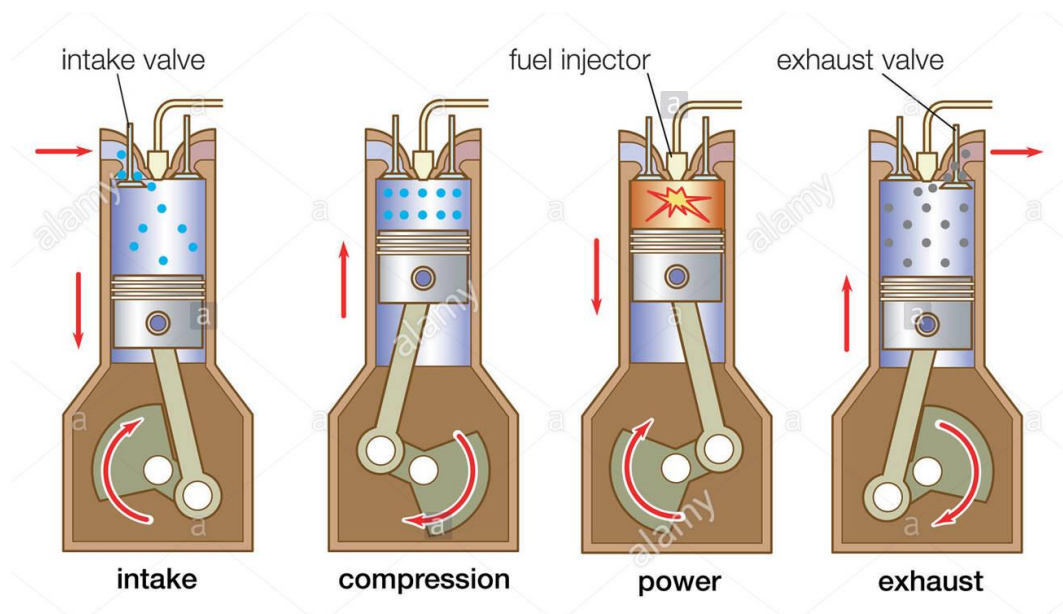


Figura 1-8: Etapa de escape

1.5.2 Evolución de los motores:

- 1860: El belga Jean Joseph Etienne Lenoir fabrica un motor de combustión interna similar a un motor de vapor de doble efecto con cilindro horizontal. Con cilindros, pistones, bielas y volante. Fue el primer motor que fue construido en cantidades importantes.

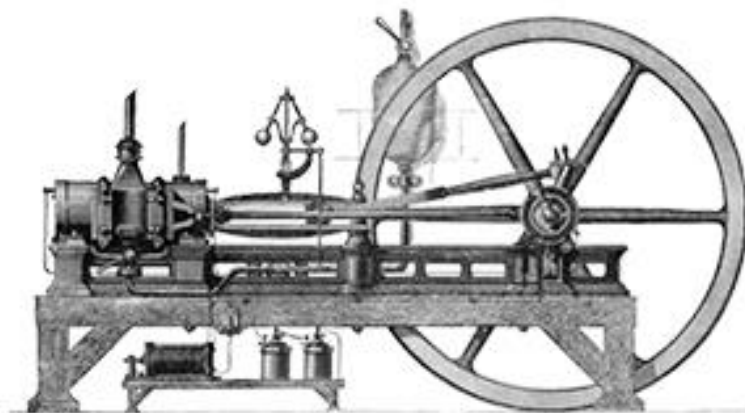


Figura 1-9: Motor Lenoir

- 1863: Nikolaus Otto, patenta en Inglaterra y otros países su primer motor de gas (atmosférico sin compresión) diseñado en colaboración con Eugene Langen y lo empieza a fabricar en 1864.

- 1864: Nikolaus Otto fue el primero en fabricar y vender un motor de gas. Se trataba de un motor sin compresión con pistón libre, con un buen rendimiento para su época. Tuvo un gran éxito en el mercado de pequeños motores estacionarios.
- 1876: Nikolaus Otto, en colaboración con Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach, perfeccionó el motor con ciclos de 4 tiempos. Los tribunales alemanes no le concedieron la exclusiva de motores con compresión ni del ciclo de 4 tiempos. A partir de esta decisión la compresión en los motores se generalizó.

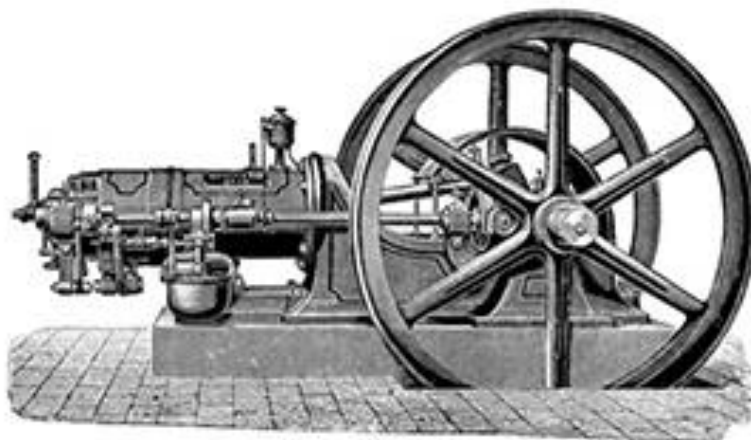


Figura 1-10: Primer motor OTTO

- 1879: Karl Benz patentó un motor de 2 tiempos basado en la tecnología del motor de 4 tiempos de Beau de Rochas.



Figura 1-11: Primer motor Benz

- 1882: James Atkinson patentó el motor con ciclo Atkinson, que ofrecía una fase de potencia por cada revolución con volúmenes diferentes de aspiración y expansión.

- 1886: Karl Benz obtuvo la patente alemana número 37435 del primer automóvil. Se trataba de un diseño triciclo de chasis tubular, propulsado por un motor en disposición horizontal monocilíndrico de 954 cm³ y una potencia declarada de 2/3 CV a 250 rpm.

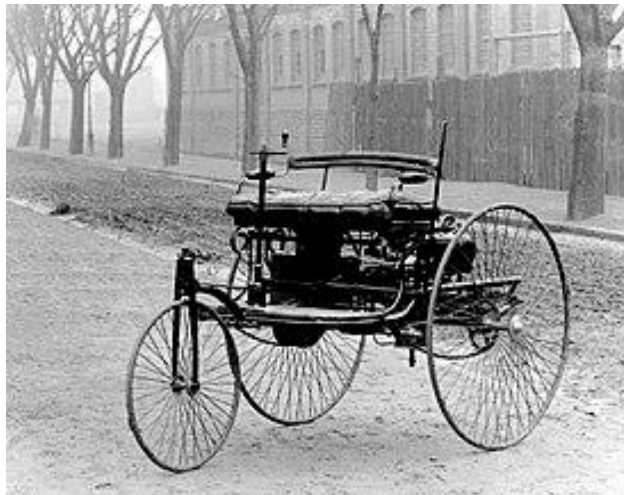


Figura 1-12: Primer automóvil Benz

- En verano del mismo año, Gottlieb Daimler presentaba su primer vehículo autopropulsado de cuatro ruedas y dos velocidades de transmisión. Consistía en un carruaje de caballos abierto, con motor de un solo pistón acoplado en posición central vertical.
- El primer automóvil comercializado por Daimler-Maybach llegó en 1889; estaba propulsado por un motor de dos cilindros en V e incorporaba una caja de cambios de cuatro relaciones.
- 1891: Herbert Akroyd Stuart, inventor y fabricante de motores semi-diesel (motores de bulbo caliente, con ignición por compresión) que empleaban un sistema de inyección de combustible a presión.

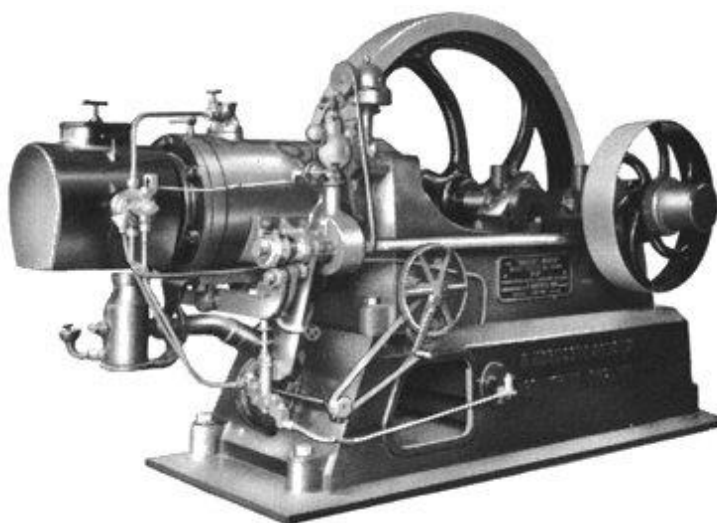


Figura 1-13: Motor Stuart

- 1892: El alemán Rudolf Diesel inventa un motor de autoignición que funciona con combustibles pesados, y que más tarde pasaría a llamarse motor Diesel. Este era de grandes proporciones y lento, diseñado en primera instancia para funcionamientos estacionarios. Su compleja construcción hacía muy elevados los costes de producción. Además, los primeros motores Diesel eran incómodos por su elevado nivel acústico y en general presentaban peor comportamiento en aceleración, en comparación con los motores de gasolina.

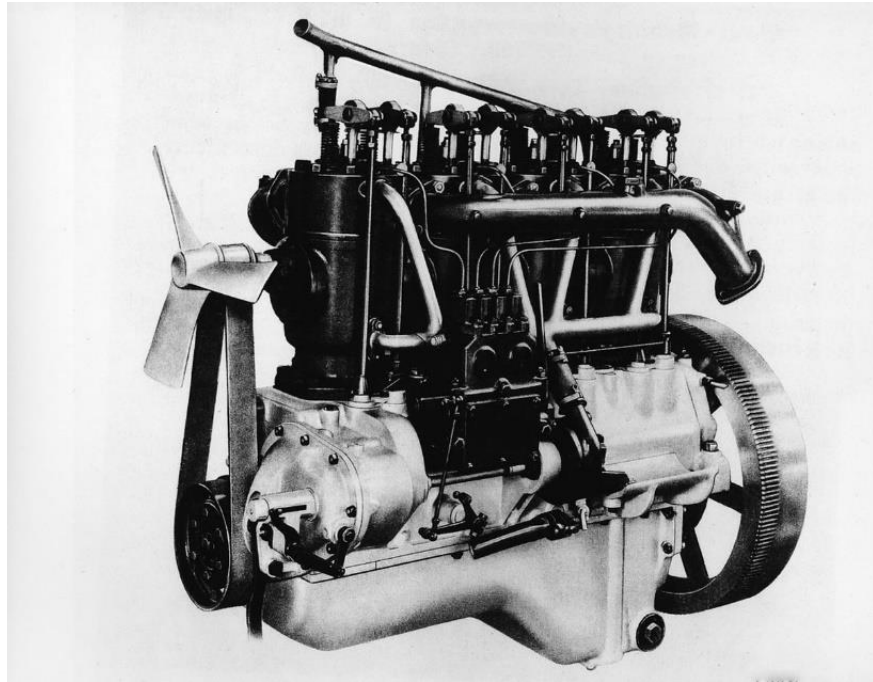


Figura 1-14: Motor diésel

- En 1897 nace el primer motor de estas características, pero no es hasta 1912 cuando se implanta en una locomotora y en 1923 en un camión.

1.6 IMPLEMENTACIÓN DE UN TURBO A MOTOR DIÉSEL

Para solucionar el problema de bajo rendimiento en motores pequeños y contribuir a la disminución de emisiones de gases contaminantes, nace el Turbo, un componente que mediante diversos mecanismos utiliza la expulsión de los gases de escape para generar un movimiento centrífugo con el cual se inyecta aire a mayor presión a la admisión, mejorando el nivel de combustión y la potencia que se logra obtener. A diferencia de los motores a gasolina, el Diésel comprime solo aire y se le inyecta combustible para generar la combustión; mientras más cantidad de aire y a mayor fuerza de compresión, más potencia y torque generará nuestro motor diésel con un turbocompresor, a diferencia de uno que solo dispone de aspiración atmosférica.

1.6.1 ¿Qué es un turbo?

- Un turbocompresor o también llamado turbo es un sistema de sobrealimentación que utiliza una turbina centrífuga para accionar mediante un eje coaxial una rueda compresora para comprimir gases.

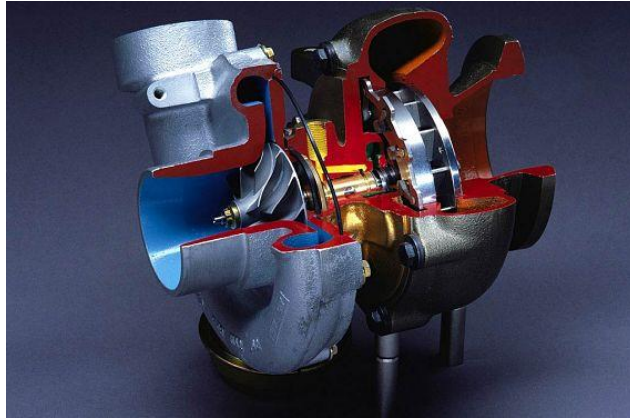


Figura 1-15: Representación de un turbo

- Funcionamiento: Mediante este sistema, el turbo tiene una turbina que es accionada por los gases de escape del motor. En su eje se fija un compresor centrífugo que toma el aire a presión atmosférica y lo comprime para enviarlo a los cilindros a una presión mayor que la atmosférica.

1.6.2 Tipos de turbos:

- Geometría fija: Los turbos de geometría fija (TGF) son los más básicos. El volumen de aire que entra por la turbina de gases de escape es siempre el mismo. Este tipo de turbo puede presentar mucho retraso o turbolag, ya que necesita de una cantidad determinada de gases de escape para accionar la otra turbina y generar la potencia.



Figura 1- 16:Turbo geometría fija

- Turbo Geometría variable (TGV o VTG): Los turbos de geometría variable son más eficientes en comparación al de geometría fija cuyo movimiento igualmente procede de la turbina que está en la corriente de gas de escape para generar un impulso de flujo de aire en la admisión. Pero, a diferencia de un turbo convencional, este presenta un mecanismo ajustable o variable como su nombre lo indica, para disminuir el retraso de respuesta (turbo lag) en regímenes bajos del motor.

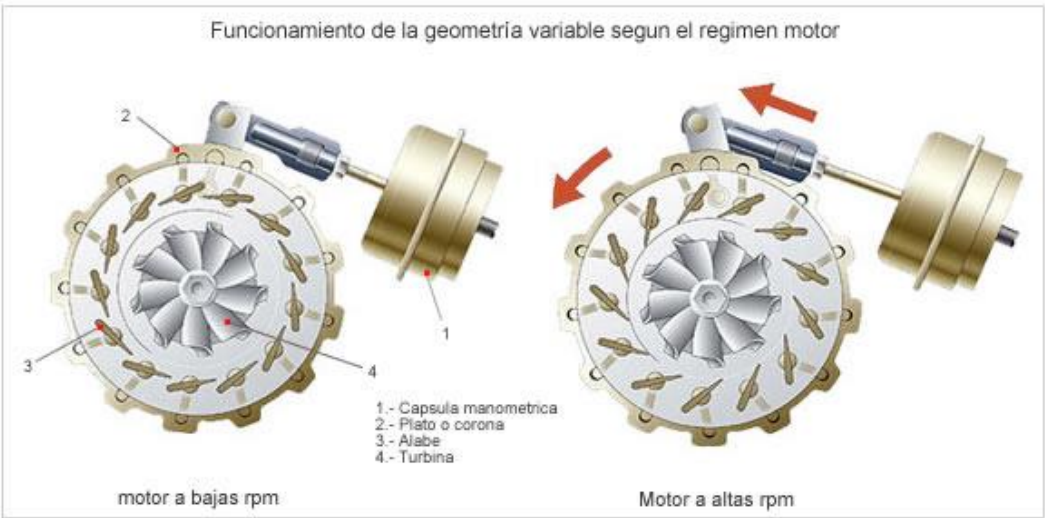


Figura 1- 17:Turbo geometría variable

- Twin Scroll: El turbocompresor de doble entrada, es mejor para aprovechar la presión de los gases de escape que se usan para impulsar la turbina. Este separa los gases de escape en 2 secciones, una para la primera mitad de los cilindros y la otra para la mitad restante, evitando así, una posible caída de presión que pueda surgir en el aspirado de los otros cilindros durante el cruce de válvulas.

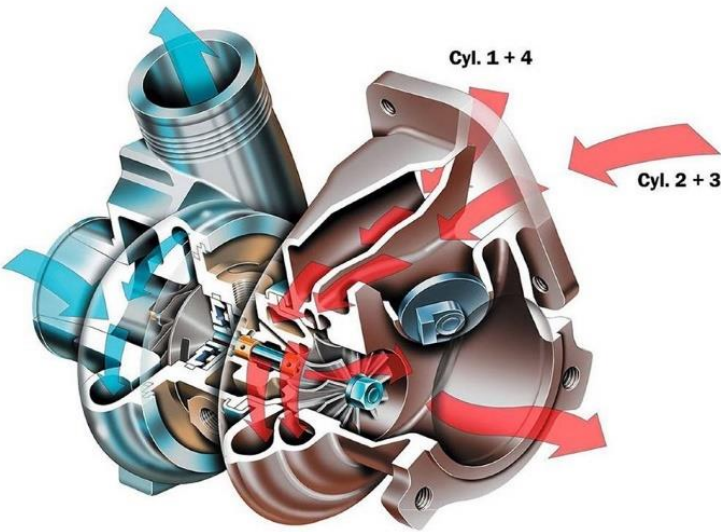


Figura 1-18: Twin Scroll

- Biturbo o twin turbo: Consiste en la disposición de dos turbos de forma idéntica en paralelo, secuencial o de turbo por etapas, utilizado comúnmente en vehículos diésel de competición.



Figura 1-19: Biturbo secuencial

- Turbo eléctrico: Estos turbos a diferencia de los nombrados anteriormente, incorporan un segundo turbocompresor, el cual es alimentado por un motor eléctrico, permitiendo alimentar al motor inmediatamente evitando el turbo lag a regímenes bajos.

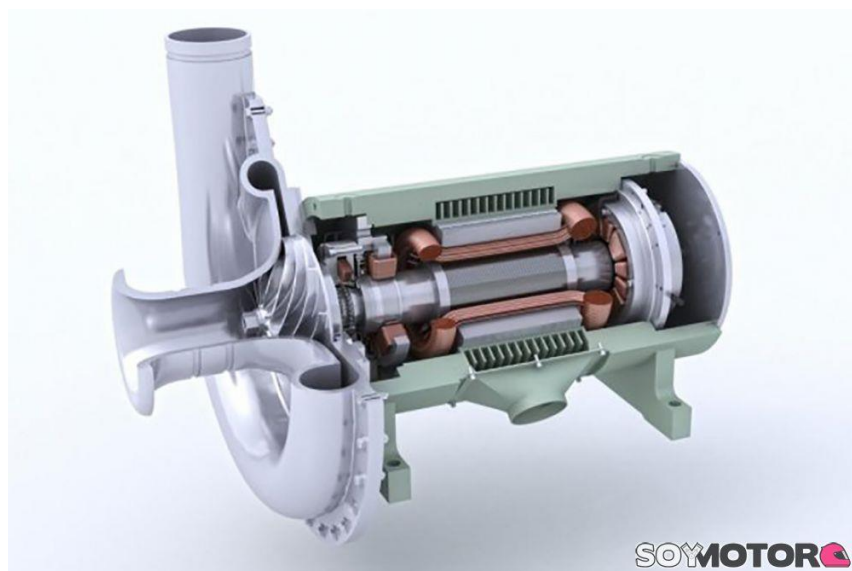


Figura 1-20: Turbo eléctrico

Dentro de estos tipos de turbos los más conocidos o utilizados serían el turbo de geometría fija y el turbo de geometría variable.

Dado que la exigencia que debe alcanzar un turbocompresor es muy grande y requiere de un cierto tiempo para acelerarlo, especialmente a bajo régimen y a causa de la poca fuerza con la que se expulsan los gases de escape del motor, se crean los VTG para solucionar uno de los principales problemas que presentan los turbos convencionales de geometría fija. Dicho problema es que los gases de escape a bajas revoluciones o régimen son expulsados con poca fuerza debido a las bajas velocidades en los cilindros. De esta manera, apenas se alcanza la fuerza necesaria para impulsar la turbina y que se comprima de mejor manera el aire en la admisión, por lo tanto, a niveles de baja carga el motor actúa como si fuera aspirado atmosféricamente.

En el caso contrario, a exceso de carga los gases salen expulsados con mucha energía y demasiada fuerza, provocan un giro de las turbinas muy violento, alcanzando la presión máxima en el colector de admisión entrando en funcionamiento la válvula de descarga del turbo, lo que hace que parte de los gases de escape no pasen por la válvula.

El VTG propone la solución a este problema variando la sección de entrada de la turbina. A baja carga, la sección es menor en comparación a turbos convencionales, para que los gases de escape puedan pasar por ella al ritmo que se requiera y en altas revoluciones, la sección se vuelve mayor, evitando que el eje de las turbinas se desgaste por las altas revoluciones a las que debe girar el turbo.

1.7 NORMATIVA DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

El propósito de un mantenimiento es prolongar la vida útil de diversos componentes. Se busca mejorar las condiciones de funcionamiento, aumentar la confiabilidad, calidad, disponibilidad y disminuir costos de reparación en la mayor parte posible.

Un vehículo automotriz debe estar la mayor cantidad de tiempo disponible para su uso diario, para esto debe encontrarse siempre en óptimas condiciones, evitando contratiempos y malos ratos. En resumen, la mantención tiene como objetivo, tener al máximo nivel de efectividad el funcionamiento de los sistemas que componen un vehículo para que su uso sea seguro.

El mantenimiento ha evolucionado constantemente con el desarrollo de sistemas y tecnologías cada vez más avanzadas, en consecuencia, en la actualidad el mantenimiento se divide según las formas de actuar o decidir cuándo intervenir un aparato.

El mantenimiento automotriz consiste en un conjunto de revisiones que se realizan en tiempos determinados, para disminuir fallas, probabilidad de desgaste, reparaciones costosas a futuro, etc. El mantenimiento se divide en 3 categorías:

- **Mantenimiento correctivo:** Esperar a que algo falle para repararlo o cambiarlo. Este método es uno de los menos efectivos y más costosos, cuando un componente falla, suele desencadenar el deterioro temprano de otros componentes o sistemas por la mala ejecución de uno de los eslabones en la cadena de trabajo.
- **Mantenimiento preventivo:** Se planea una serie de mantenimientos con detenciones fijas, estas pueden ser por desgaste de componentes, por tiempos fijos de detención o por revisión, por cambio de componentes, etc.
Suele acompañarse por las recomendaciones de fabricantes, recomendando cambios cada cierta cantidad de kilómetros o de la vida útil por tiempos fijos. Un ejemplo sería cada 20.000 kilómetros o 1 año, lo que ocurra primero. Este tipo de mantenimiento es para evitar que el vehículo se detenga de improvisto, impidiendo su uso por tiempos prolongados y que se genere un gasto enorme sorpresivamente.
- **Mantenimiento predictivo:** También conocido como mantenimiento a base de condición, consiste en una monitorización de los sistemas en sus etapas de trabajo. Consiste en realizar una revisión de los parámetros esperados y establecidos; se debe estar atento a síntomas de posibles fallas como ruidos, vibraciones, olores, etc.

1.8 NORMATIVA DE TURBOS ISO 1940-1 AÑO 2003

Balanceo dinámico es el nombre que recibe el redistribuir y compensar la masa de un objeto por el desperfecto generado en la fabricación de máquinas rotativas.

1.8.1 ¿Qué es el desbalance?

Una pieza se encuentra desbalanceada cuando su centro de masa (centro de gravedad) no coincide con su centro geométrico.

1.8.2 ¿Bajo qué norma se debe balancear?

La norma que actualmente rige la evaluación del desbalance es la norma ISO 1940. Aun cuando se toman todos los resguardos al momento de fabricar una pieza, este siempre presentará un desbalance residual, por tanto es la norma ISO 1940 la encargada de fijar límites máximos (de desbalance) permitidos para una pieza rotativa, por ende, dependiendo de su peso y velocidad de giro, se fijará un valor de acuerdo con la norma. Según su uso o aplicación, los valores son los siguientes:

1.8.3 Tabla grados norma ISO 1940

Grado de balanceo	Aplicación
$G-2.5 \left(\frac{mm}{s}\right)$	• Componentes de turbinas a gas o vapor • Rotores de turbo-generadores • Turbo-compresores • Máquinas herramientas • Pequeñas armaduras eléctricas • Turbo-bombas
$G-6.3 \left(\frac{mm}{s}\right)$	• Componentes de máquinas en proceso • Turbinas principales (Marina Mercante) • Tambores centrífugos • Ventiladores • Ensamblajes aeronáuticos • Rotores de turbinas • Poleas • Impulsores de bombas • Armaduras eléctricas • Componentes
$G-16 \left(\frac{mm}{s}\right)$	• Ejes de impulsores (hélices, cardanes) con requerimientos especiales • Partes de trituradores • Maquinaria agrícola • Componentes individuales de motores (diésel, gasolina) • Para autos, camiones y locomotoras • Cigüeñales de maquinaria con seis o más cilindros para requerimientos especiales

$G-40 \left(\frac{mm}{s}\right)$	• Ruedas de autos, rines • Cigüeñales de montaje elástico de motores de 4 tiempos o más cilindros • Cigüeñales de motores de autos, camiones y locomotoras
$G-0.4 \left(\frac{mm}{s}\right)$	• Husillos • Discos • Giroscopios
$G-1 \left(\frac{mm}{s}\right)$	• Motores de grabadoras y fonográficos • Motores de afeitadoras • Pequeñas armaduras eléctricas con requerimientos especiales

Tabla 1-1: Grados norma ISO 1940

1.8.4 Extracto de la norma ISO 1940

Vibración mecánica: Requisitos de calidad de equilibrio para rotores en un estado constante (rígido)

Parte 1: Especificación y verificación de tolerancias de equilibrio.

1 Alcance

Esta parte de ISO 1940 proporciona especificaciones para rotores en un estado constante (rígido). Especifica:

- a) Tolerancias de equilibrio, un grado de calidad para los turbo compresores G2.5
- b) El número necesario de planos de corrección
- c) Métodos para verificar el desequilibrio residual.

1.9 NORMATIVA DE GASES

Dada las altas concentraciones de contaminantes que surgen día a día, estas deben ser reguladas y controladas bajo parámetros establecidos y de manera rigurosa. En el mundo automotriz, desde la invención de los motores estos contaminan nuestro entorno. Con el pasar de los años cada vez va mejorando la potencia y prestaciones de nuestros vehículos, en consecuencia, generan cada vez más contaminación, sumando el hecho que solo

aumenta día a día la cantidad de vehículos y Chile no es la excepción. Solo en los últimos 5-10 años se aumentó el número de vehículos en circulación en más de un millón de ejemplares. Para regular toda la emanación de contaminantes se han escrito y modificado leyes que regulan los parámetros de emanación de gases contaminantes máximos permitidos según el año, categoría y uso de los vehículos. Nuestro vehículo en cuestión está catalogado según el Decreto Supremo 211 como un vehículo comercial liviano clase 3, ya que supera los 1760 kilos de carga. Desde el año 2012 y doce meses después de la publicación en el diario oficial, se debe regir bajo los parámetros máximos establecidos por este decreto. Si el vehículo supera dichas emanaciones de gases de escape, no puede obtener sus permisos legales de circulación.

Nuestro vehículo, debe regirse por la norma EURO 5, dado el año de fabricación y puesta en circulación.

1.9.1 Tabla entregada por la información del Decreto Supremo 211

Tipo de vehículo	Peso bruto vehicular (kg)	Peso neto de marcha	CO	NOx	HCT	Material Particulado
Comercial liviano clase 3	Menor a 2700 Kilogramos	Mayor a 1760 Kilogramos	0,74	0,39	0,46	0,06

Tabla 1-2: Clasificación vehículo

Estas mediciones se deben hacer con el motor en marcha, a ralentí y luego elevar hasta 1500 RPM y mantener por unos segundos para que los aparatos puedan hacer mediciones correctas.

1.9.2 Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros 1760-3500 kg (categoría N1 - III), en g/km

Diésel						
Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM

Euro 1	Octubre de 1994	6.9	-	1.7	-	0.25
Euro 2, IDI	Enero de 1998	1.5	-	1.2	-	0.17
Euro 2, DI	Enero de 1998	1.5	-	1.6	-	0.20
Euro 3	Enero de 2001	0.95	-	0.86	0.78	0.10
Euro 4	Enero de 2006	0.95	-	0.46	0.39	0.06
Euro 5	Septiembre de 2010 (2013 en adelante en Chile)	0.74	-	0.3505	0.280	0.005
Euro 6	Septiembre de 2015	0.74	-	0.350	0.280	0.005
Gasolina						
Euro 1	Octubre de 1994	6.9	-	1.7	-	-
Euro 2	Enero de 1998	5.0	-	0.8	-	-
Euro 3	Enero de 2001	5.22	0.29	-	0.21	-
Euro 4	Enero de 2006	2.27	0.16	-	0.11	-
Euro 5	Septiembre de 2010	2.27	0.16	-	0.082	0.005

Tabla 1-3: Normas EURO

CAPÍTULO 2: PARÁMETROS DE LA FORD RANGER Y DE LOS TIPOS DE
TURBOS

2.1 FICHA TÉCNICA DE LA FORD RANGER 2015



Figura 2-1: Camioneta Ford Ranger

2.1.1 Prestaciones y consumos homologados

Velocidad máxima	175 km/h
Aceleración 0-100 km/h	10,9 s
Consumo NEDC	-----
Extraurbano	13,51 km/L
Urbano	10,31 km/L
Medio	12,05 km/L
Emisiones de CO ₂	218 gr/km
Normativas de emisiones	Euro 5
Distintivo ambiental DGT	C

Tabla 2-1: Prestaciones

2.1.2 Dimensiones, pesos y capacidades

Tipo de carrocería	Pick up
Número de puertas	4
Longitud	5.362 mm
Anchura	1.860 mm
Altura	1.605 mm
Batalla	3.220 mm
Vía delantera	1.560 mm
Vía trasera	1.560 mm
Peso	2.225 Kg
Depósito de combustible (diésel)	80 L
Filtro de partículas	No
Número de plazas	5
Distribución de asientos	2+3

Tabla 2-2: Dimensiones

2.1.3 Motor a combustión

Propósito	Impulsar el vehículo
Combustible	Gasóleo
Potencia máxima	200cv / 147kw
Revoluciones de potencia máxima	3000 Rpm
Par máximo	470 nm
Revoluciones del par máximo	1.500 – 2.750 Rpm
Situación/Posición	Delantero longitudinal
Numero de cilindros	5

Disposición de los cilindros	En línea
Material del bloque	No disponible
Material de la culata	No disponible
Diámetro	89,9 mm
Carrera	100,8 mm
Cilindrada	3.198 cm3
Relación de compresión	15,7 : 1
Distribución	-----
Válvulas por cilindro	4
Tipo de distribución	Dos árboles de levas en la culata
Alimentación	Inyección directa por conducto común. Turbo de geometría variable Intercooler
Automatismo de parada y arranque del motor (start/stop)	Sí

Tabla 2-3: Motor

2.1.4 Transmisión

Tracción	Total
Caja de cambios	Manual
Número de velocidades	6
Tipo de mando	No disponible
Tipo de embrague	Embrague mono disco en seco
Tipo de mecanismo	Pares de engranajes
Desarrollos (km/h cada 1000 rpm)	-----
1ª	7,3
2ª	14,1

3 ^a	23,2
4 ^a	32,7
5 ^a	40,0
6 ^a	50,3
Marcha atrás	8,1

Tabla 2-4: Transmisión

2.1.5 Desarrollos reductora (km/h cada 1000 rpm)

Relación	2,48:1
1 ^a	2,9
2 ^a	5,7
3 ^a	9,4
4 ^a	13,2
5 ^a	16,1
6 ^a	20,3
Marcha atrás	3,3

Tabla 2-5: Relación caja cambios

2.1.6 Cotas todo terreno.

Ángulo de entrada	28 grados
Ángulo de salida	28 grados
Ángulo ventral	25 grados
Altura libre	232 mm
Altura de vadeo	800mm

Tabla 2-6: Cotas

2.1.7 Chasis

Estructura de suspensión delantera	Paralelogramo deformable
Muelle suspensión delantera	Resorte helicoidal
Estructura suspensión trasera	Eje rígido
Muelle suspensión trasera	Ballestas
Barra estabilizadora delantera	Sí
Barra estabilizadora trasera	No
Tipos de frenos delanteros	Disco ventilado
Diámetro de frenos delanteros	302 mm
Tipos de frenos traseros	Tambor
Diámetro de frenos traseros	295 mm
Tipo de dirección	Cremallera
Tipo de asistencia	Eléctrica
Asistencia en función de la velocidad	Sí
Desmultiplicación en función de la velocidad	No
Desmultiplicación no lineal	No
Dirección a las 4 ruedas	No
Diámetro de giro entre bordillos	12,4 m
Vueltas de volante entre topes	3,5
Neumáticos delanteros	265/60 R18
Neumáticos traseros	265/60 R18
Llantas delanteras	8x18
Llantas traseras	8x18

Tabla 2-7: Chasis

2.2 MODELO DE TURBO, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

Los turbos de geometría variable datan de 1989 cuando Fiat decidió incorporarlos a sus modelos de vehículos. Después le sigue Volkswagen, que instaló los VTG en sus vehículos en el año 1995 para cumplir con la normativa de gases en esos tiempos y elevar la potencia de sus modelos hasta 110 CV. Hoy en día son uno de los requisitos mínimos en muchos modelos de vehículos diésel, para suplir la falta de potencia que presentan algunos motores de tamaños pequeños. Renault dio el impulso en el diseño de los VTG incorporando una campana en la entrada de los gases de escape la cual genera el estrechamiento y aceleración de los mismos gases hacia la turbina.

Dando paso así a los VTG que conocemos hoy en día, que gracias a su mecanismo es posible variar la relación y acción en el distribuidor.

Se aumenta y se reduce el paso de gases a través de los álabes, manteniendo así un flujo a alta velocidad de circulación a pesar de tener el motor a bajas RPM de carga.

2.2.1 Partes básicas del turbocompresor

- Turbina: Elemento principal, encargado de aprovechar los gases de escape que hacen girar la turbina acelerando el turbo y que permite el ingreso de más aire y a una mayor presión hacia los cilindros. La turbina puede presentar álabes fijos en turbos convencionales o álabes variables en el caso de los VTG.
- Eje coaxial: Este permite conectar la turbina con el compresor y transmitir el movimiento generado por los gases de escape en la turbina. Debe estar siempre correctamente lubricado para evitar desgaste y averías producto de las altas velocidades de funcionamiento.



Figura 2-2: Eje coaxial

- Compresor: Es una rueda que recibe el movimiento transferido desde la turbina a través del eje coaxial. Este giro empuja el aire como un ventilador hacia el

compresor, ahí se acelera y comprime debido a la reducción del conducto en el centro del compresor. Una vez terminado el proceso de aceleración y compresión del aire, este pasa al colector de admisión y será conducido a los cilindros.

- Válvula de descarga y de alivio: Válvula encargada de liberar la sobre presión que puedan generar los gases de escape, regulando así el flujo. Es de vital importancia este componente, ya que evita que el sistema del turbo se desgaste por sobre esfuerzos y evitar con esto los daños considerables de los componentes. Los VTG a diferencia de los turbos convencionales no poseen una válvula de descarga ya que los álabes están encargados de aliviar la presión modificando su posición en la turbina, de esta manera se reduce la presión del colector de admisión.



Figura 2-3: Válvula descarga

- Intercooler: El aire se calienta cuando es comprimido, aumentando así el espacio que ocuparía la misma cantidad de aire frío y elevando considerablemente la temperatura de un turbo. Por esto, es necesario un componente que pueda enfriar el aire que ingresa por el sistema de turbo alimentación. Los métodos más comunes para enfriar el aire ingresado son por contacto con otra superficie. Aquí entra en juego un Intercooler o también conocidos como intercambiador de calor que enfría la superficie por donde circula el aire en el sistema, mediante el contacto con otra superficie enfriada por agua, gas, aceite o aire. Esto permite mejorar el rendimiento del motor ya que permite el ingreso de más aire frío, por lo tanto hay más oxígeno en una menor cantidad de volumen.



Figura 2-4: Representación de un intercooler

2.2.2 Materiales que componen un turbo

La mayoría de los turbos están hechos de titanio, hierro, acero inoxidable austenítico y aluminio para soportar las altas temperaturas de trabajo a las que son sometidos. Temperaturas que pueden llegar a los 1300° Celsius.

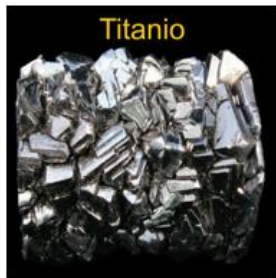


Figura 2-5: Materiales de un turbocompresor

2.2.3 Funcionamiento de un VTG

El turbo de geometría variable se diferencia del convencional por el uso de una corona donde se encuentran los álabes móviles. Estos álabes pueden ser orientados y dirigidos mediante un mecanismo de varilla o palanca hacia un ángulo determinado, en otras palabras, abrir o cerrar dichos álabes dependiendo la necesidad del momento.

Al cerrarse los álabes y disminuir la sección entre ellos, la velocidad de los gases de escape aumenta e ingresan con más fuerza a las paletas del rodete de la turbina, por ende logra la máxima compresión del aire a bajas revoluciones.

Cuando se incrementa la presión de soplado sobre el colector de admisión, aumentan las revoluciones del motor y este es detectado por una cápsula manométrica. Esta transforma ese movimiento empujando el sistema de mando de los álabes para que se abran y así disminuir los gases de escape que mueven la turbina. Estos álabes están insertados en una

corona que permite regular el vástago roscado de unión a la cápsula manométrica permitiendo que los álabes se abran antes o después. La máxima inclinación de los álabes solo es adoptada con la función de emergencia, por lo que si esto sucede podría ser síntoma de una avería en el turbo.

2.2.4 Ventajas e inconvenientes de los turbos de geometría variable

Los turbocompresores de geometría variable o VTG logran que los motores sobrealimentados funcionen de manera más progresiva, mientras que los convencionales tienden a producir más saltos de potencia de bajas a altas revoluciones.

El comportamiento del motor es más suave y ofrece un par mayor, que se mantiene durante una zona amplia del contador de revoluciones, aún con menos vueltas.

Como inconveniente, podemos mencionar la complejidad de este sistema y por tanto, también el elevado precio de comercialización en comparación a los turbos convencionales (TGF). Además, precisa que los aceites empleados para el engrase sean de mayor calidad y con cambios más frecuentes; esto se ve reflejado en los costos de mantenciones periódicas.

Los turbos de geometría variable se utilizan únicamente en vehículos diésel y esto se debe a la alta temperatura que alcanzan los gases de escape en motores a gasolina.

CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO AL TURBO
GEOMETRÍA VARIABLE DE LA FORD RANGER

3.1 DIAGNÓSTICO DE UN TURBO

3.1.1 Diagnóstico por sintomatología (por condición)

- Exceso de humo:
 - Humo negro, falta de aire en el motor, el turbo no debe estar entregando el aire adecuado para el trabajo.
 - Humo azul, debido al desgaste en el turbo, este pierde aceite.
- Ruido por rozamiento en el turbo: Empaquetadura mal puesta o mangueras rotas.
- Pérdida de potencia general: Por falta oxígeno, la principal causa puede ser el turbo.
- Exceso gasto de aceite:
 - Aceite por admisión por el lado la carcasa compresora.
 - Aceite por escape.
- Luz encendido Check Engine y el scanner acusa falla del turbo.



Figura 3-1: Síntomas por condición

3.1.2 Diagnóstico por desgaste y sus síntomas de falla asociados

- Desgaste del eje: Debido a las grandes velocidades de rotación a las que gira el turbo compresor y la temperatura de trabajo a la cual es sometido, pudiendo alcanzar una temperatura máxima de 1300°C. El rodamiento del eje no es capaz de soportar estas condiciones de trabajo indefinidamente y con el pasar del tiempo pierde sus propiedades en los casquillos. En un punto de su vida útil estos perderán hermeticidad y el exceso de vibraciones producirá desgastes notorios, causando fugas de aceite que se colarán por el sistema de admisión, elevando considerablemente el consumo de aceite y generando una densa capa de humo (azul) por el escape.

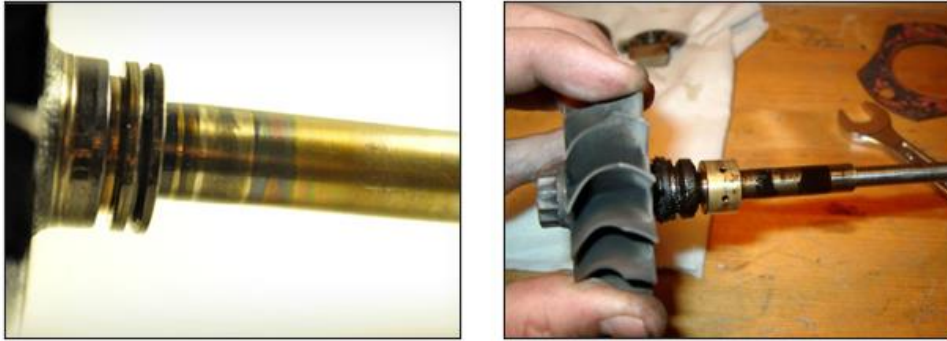


Figura 3-2: Eje desgastado

- Geometría variable rígida o trabada: El VTG produce más hollín que otros turbos, en especial si está ubicado en diésel (que se caracteriza por ser más sucio y producir más hollín que el bencinero), por lo que el mecanismo de las aletas se puede tapar, agarrotar o congestionar de suciedad. Si esto ocurre, se impedirá que el VTG regule adecuadamente la presión de soplado. Acusará de esta falla una luz en el tablero y adicionalmente se percibirá una disminución de la potencia del motor. Otra posible causa por la que puede funcionar incorrectamente el mecanismo variable de las aspas es a causa de una falla en el motor eléctrico. Esta falla puede surgir debido a las altas temperaturas de trabajo a las que es expuesto (el actuador).

En el VTG de accionamiento mecánico la falla puede ser por exceso de hollín que sature el actuador.



Figura 3-3: Geometría saturada

- Falla en válvula de descarga o de sobre presión: Es poco común pero, esta membrana suele perforarse e impide el trabajo adecuado de la válvula ya que si no puede abrirse no regula la presión en el sistema y activa el modo de emergencia en la unidad de mando, esto reducirá las prestaciones del turbo.

Otras posibles consecuencias son el causar averías o daños por una sobre presión en el cuerpo del turbo.

- Desgaste de casquillos: El eje del turbo gira sobre unos casquillos que con el paso del tiempo pierden hermeticidad. Se generará un exceso de consumo de aceite y humo azul.
- Exceso de ruido o silbido: Es normal que un turbo suene en su proceso de trabajo pero, cuando este silbido es muy exagerado es indicador de que algo anda mal. Posiblemente es debido al desgaste excesivo del eje del turbo o que se haya desequilibrado. De ser el caso, provocará roces de las aspas contra la carcasa, provocando que el eje y las turbinas sufran daño y que se desintegren lentamente con el paso del tiempo. Estos trozos entrarán por el sistema a los cilindros, destrozando todo a su paso, raspando, agrietando, causando sobre esfuerzos, etc.
- Fugas de presión: Debido a los cambios de presión constantes dentro del sistema del turbo, los manguitos y las abrazaderas se sueltan o agrietan con el pasar del tiempo, erosionándose lenta e invisiblemente; estas grietas solo son visibles cuando se someten a trabajos de presión. Los síntomas son pérdida de potencia, la entrada a modo de emergencia en el motor y un resoplido audible en el vano motor al acelerar.

3.1.3 Cuidados pertinentes con un turbo compresor

- Evitar acelerones en frío. Como recién empezó el vehículo su puesta en marcha, aún están fríos diversos componentes; el motor y el aceite aún no toman la temperatura de trabajo adecuada. Debido a esto, el aceite no estará lubricando bien.
- No acelerar bruscamente en punto muerto (neutro).
- Dejar funcionar el motor al ralentí durante un par de minutos antes de apagarlo, esto permitirá que la turbina baje de revoluciones y el turbo se enfríe progresivamente.
- De vez en cuando, conducir en marchas cortas y pisar con fuerza el acelerador para limpiar el sistema de admisión y escape de carbonilla.
- Utilizar aceites de calidad, controlar su nivel y estado periódicamente.
- Sustituir en intervalos de tiempo aconsejado los filtros de aire y aceite.
- Mantener las mangueras de aire en buen estado y debidamente puestas.
- Presión de aceite adecuada.
- Inyección en el punto correcto.
- Motor funcionando correctamente.
- Empaquetaduras en buen estado y bien colocadas.

3.2 PROCEDIMIENTO DE MANTENCIÓN A UN VGT

3.2.1 Recepción

Para tener un orden y saber con qué producto se está trabajando y a quién pertenece, se genera una orden de trabajo con los siguientes datos a completar:

- Nombre o empresa (identificar a quién se le está generando el trabajo)
- Rut
- Información de contacto (número telefónico, correo electrónico)
- Marca, y modelo del turbo
- Patente del vehículo
- Número de partes que harán ingreso al taller
- Vehículo y motor donde va montado (para los parámetros de trabajo del turbo)
- Anexos (información relevante al momento de recepción del turbo o del trabajo a realizar)



Figura 3-4: Recepción de un turbo

3.2.2 Desarme

Procedimiento con la finalidad de estudiar, analizar y revisar el estado en que se encuentran los componentes del turbo, para dar un diagnóstico al cliente y las recomendaciones pertinentes. Para ello remover carcasas y elementos externos para desarmar el cartucho central del equipo.

- Después de recibir un turbo y tomar la decisión de trabajar en él, se montará en una prensa hidráulica para comenzar el procedimiento de desarme. Para esto se soltarán los pernos que se encuentran en tope de la carcasa. Además

se debe extraer el actuador electrónico, desatornillando sus respectivos tornillos y pernos que lo mantienen unido a la carcasa y cuerpo del turbo.



Figura 3-5: Turbo montado en prensa hidráulica

- Es común que los turbos vengan rígidos y con los componentes muy apretados. Con ayuda de un soplete y muy cuidadosamente se calientan los metales para que se dilaten y permitan un desarme más ágil.



Figura 3-6: Turbo sometido a calor

- Después de calentar la pieza, se deberá golpear ligeramente la carcasa de admisión para desprenderla del cuerpo del turbo.



Figura 3-7: Separando carcasa de escape

- Una vez extraída la carcasa de admisión, se puede observar el interior del turbocompresor. Es normal encontrar una capa de hollín dada las condiciones de trabajo de un turbo; estas son removidas o limpiadas para poder analizar correctamente el estado de la geometría. Al ser una ligera capa basta con pasar un paño y depositar el hollín en un basurero habilitado para estos residuos.



Figura 3-8: Interior carcasa escape

- Para ver el estado de la geometría se deberá despejar la zona para tener una mejor visión, para lograrlo se desatornillarán los pernos señalados en la parte superior. Luego se deberá extraer la palanca actuadora.



Figura 3-9: Palanca actuadora

- Una vez extraída la palanca del actuador se sacará la cubierta o carcasa de la geometría para ver en qué estado se encuentra.



Figura 3-10: Interior geometría variable

- Para extraer la geometría variable, se soltarán los 3 seguros que la mantienen en su posición, siendo uno de estos el que con mucho cuidado y con la ayuda de un desatornillador de paleta punta fina se deberá extraer, es común que se encuentre pegado a la base de la geometría.

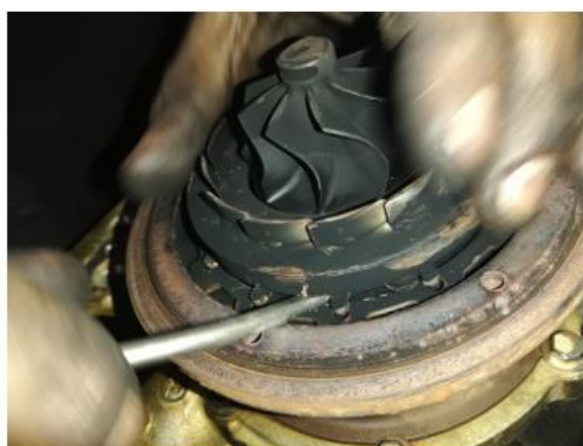
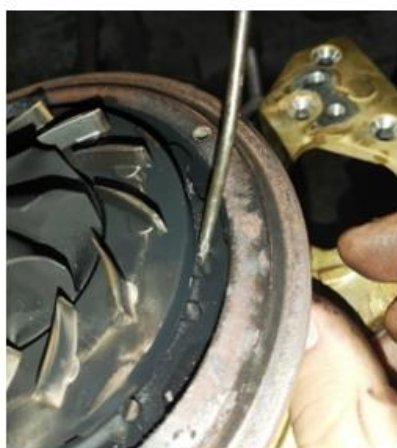


Figura 3-11: Extracción geometría variable



Figura 3-12: Geometría extraída

- Una vez extraída la geometría, se observa su condición actual, el estado del plato o corona y del eje coaxial.



Figura 3-13: Geometría y eje coaxial

- Una vez desarmada la carcasa de escape y la zona de la geometría variable, se analizará el estado actual del eje coaxial y se determinará el nivel de daños.

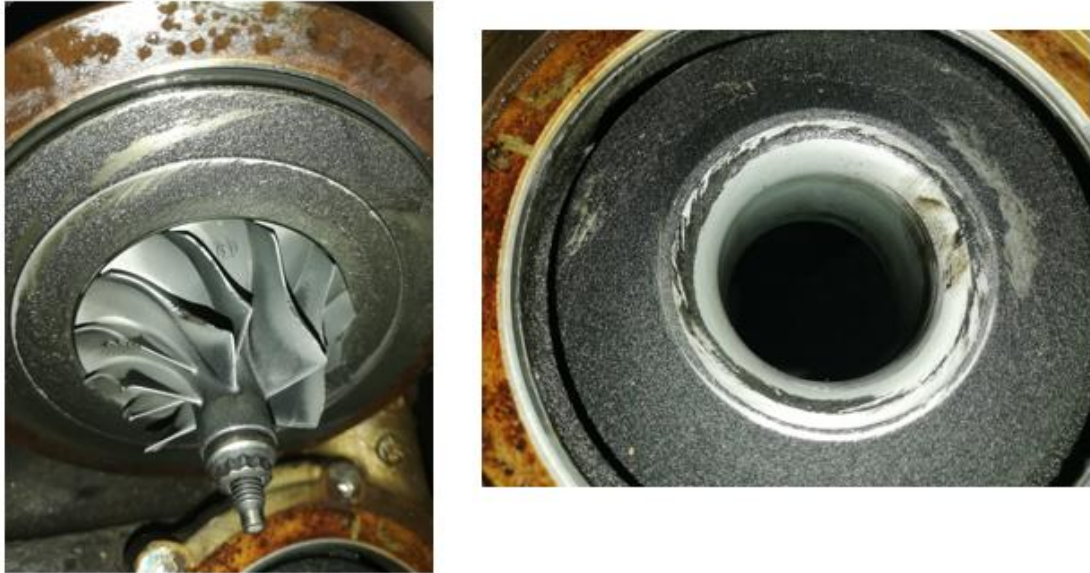


Figura 3-14: Eje coaxial e interior de la carcasa

- Se dejará una marca con una lima, para no perder la posición inicial del eje coaxial en caso de utilizarse el mismo nuevamente. Luego se retira el mismo, soltando los pernos que lo mantienen sujeto al cuerpo del turbo y se inspecciona el estado interior del conjunto axial.



Figura 3-15: Aspas del eje y pernos de sujeción

- Se observará el eje y se analizará el estado en que se encuentra. De notarse daños por desgaste o diversos motivos, se concluirá que necesita ser reemplazado.



Figura 3-16: Eje coaxial azulado

- Al extraer los pernos y la cubierta se logra ver el interior del conjunto axial.



Figura 3-17: Conjunto axial

- Una vez extraído todos los componentes, se situarán sobre un mesón para verificar el estado de cada pieza y que no se haya extraviado nada en el proceso de desarme.



Figura 3-18: Componentes de un turbo

3.2.3 Inspección

Durante el proceso de desarmado, se realizará una inspección completa del conjunto, arrojando 2 opciones:

- Que está bien: Se le informa al cliente qué partes o componentes del sistema turbo compresor se encuentran en buen estado.
- Que está mal: Se informará al cliente qué parámetros y componentes se encuentran en mal estado y cuáles necesitan un cambio, reparación o intervención.
- Para comprobar el estado actual del turbocompresor, se revisará si presenta un juego u holgura excesivo en la rueda compresora.



Figura 3-19: Inspección de juego

- Una vez comprobado si existe o no juego y luego de desarmar el turbo, se analizará el estado de la geometría variable (si está rígida o trabada y que no esté dañada internamente).

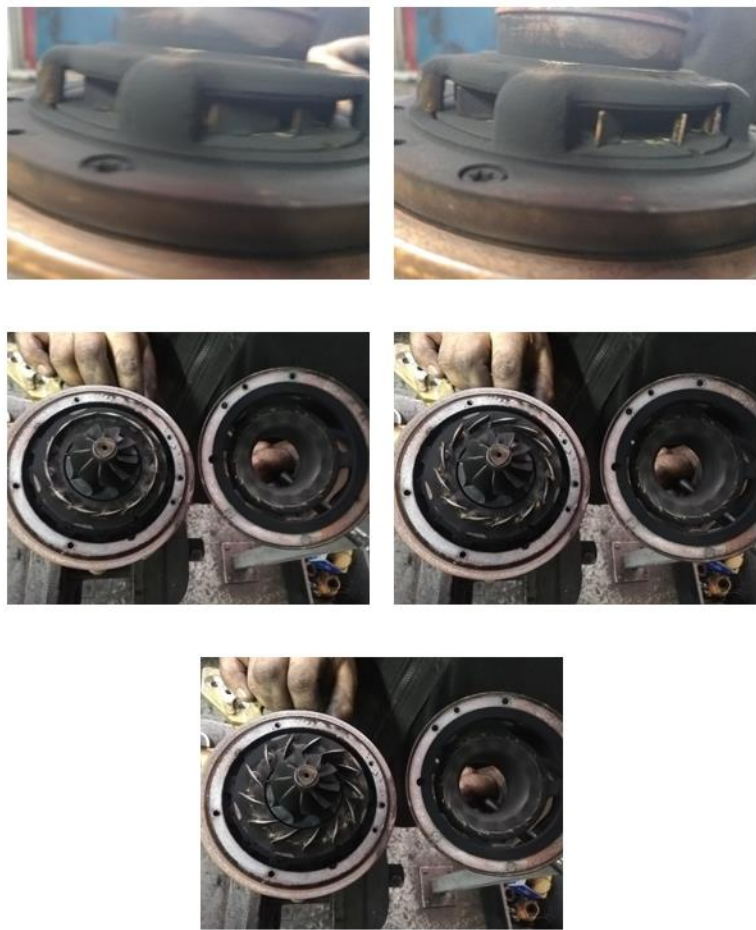


Figura 3-20: Estado de la geometría

- Para finalizar, se observará el estado del eje coaxial y se concluirá el porqué de los daños del turbo, los cuales afectan el rendimiento del motor.



Figura 3-21: Eje azulado

3.2.4 Presupuesto

Después de realizar la inspección, se determinará qué componentes aún sirven y cuáles se requieran cambiar. Se generará un presupuesto de acuerdo con el modelo del turbo, los repuestos necesarios, mano de obra y toda esta información se entregará detallada y lo más clara posible al cliente.

3.2.5 Limpieza

Si el cliente decide aceptar el presupuesto, se comenzará con el proceso de mano de obra, para esto se limpiarán las piezas que estén en buen estado y que el cliente decida conservar o si lo prefiere, se pueden reemplazar. Se limpian de tal manera que elimine todo rastro de óxido, carbonilla y cualquier suciedad que interfiera en el correcto funcionamiento del turbo. El trabajo de limpieza se llevará a cabo con máquinas de arenado y líquido desengrasante.

3.2.6 Pintura

Una vez que se encuentra todo limpio, se aplicará una pintura externa a la carcasa y al cuerpo del turbocompresor. Esta pintura se aplicará dentro de una cámara o lugar habilitado que cuente con extracción de aire y un sistema de filtro para la eliminación de toxicidades. El color utilizado dependerá de la marca y modelo donde va montado. Para marcas como Caterpillar se usa amarillo, para Volvo verde, en motores Cummins rojo, etc. Si es solo para vehículo comercial se usa un gris o negro genérico. Se usa una pintura de poliuretano, resistente a las altas temperaturas y con propiedades anticorrosivas.



Figura 3-22: Pintura en turbos

3.2.7 Balanceo

Si no requiere un turbo la reparación o reposición del cartucho central, se debe realizar un balance dinámico de su conjunto rotativo antes de ensamblar todas las piezas. De

ser el caso y para obtener un balanceo óptimo y que esté dentro de los parámetros establecidos, se debe raspar un poco la superficie del cartucho del turbo, esto sin sobrepasar un desgaste excesivo de la carcasa o eje.

- El turbo en cuestión necesitaba remplazar el cartucho central, por lo que no requirió de un balanceo ya que esta pieza viene en óptimas condiciones desde la fábrica.



Figura 3-23: Balanceadoras

3.2.8 Armado/Ensamble

Una vez realizado el balanceo (de ser necesario) o después tener todas las piezas en su lugar y en perfectas condiciones (reparadas o sustituidas), se procederá al armado del turbocompresor. Se deberá armar el cartucho central (salvo que sea nuevo) y luego unirlo a ambas carcasas. Además se unirán válvulas y elementos menores.

Para asegurar un correcto funcionamiento y evitar filtraciones de gases, aire o aceite, se deberán instalar e incluir de manera adecuada las empaquetaduras y sellos correspondientes. Una vez todo en su lugar y para facilitar el trabajo del cliente (a no ser que se entregue todo armado e instalado en el vehículo), se incluirán pernos, espárragos y golillas nuevas en caso de ser necesario, para que el cliente tenga todos los elementos necesarios para la instalación del turbo compresor.

- Una vez que el turbo es pasado por el proceso de limpieza y pintura, se comenzará el proceso de ensamblaje, para esto se utilizarán los componentes que están en buen estado y se emplearán los nuevos adjuntos al presupuesto entregado al cliente. En este caso, el cartucho central.



Figura 3-24: Cartucho central nuevo

- Para comenzar el proceso de ensamblaje se situarán en una mesa de trabajo todas las piezas, esto con el fin de tener todo al alcance al momento de empezar el trabajo. Con esto a la vez se verificará que esté todo lo necesario y que no se haya olvidado algún componente en el proceso de limpieza.



Figura 3-25: Componentes para ensamblaje

- Una vez que todo se encuentre en orden, se procederá finalmente al armado del turbocompresor. Se situará en una prensa hidráulica la carcasa de admisión para unir la con el cartucho central, además se deberá pulir previamente el centro de la carcasa para evitar que la rueda compresora pueda raspar los bordes y gire de forma indebida.



Figura 3-26: Proceso de pulido

- Para unir la carcasa al cartucho central se deben montar los pernos alternando en el aprete entre ellos, así se puede evitar que la fuerza de aprete sea dispareja, esto último generaría desequilibrios en el interior del turbo y futuros daños por roces.



Figura 3-27: proceso montaje en prensa hidráulica

- Una vez montado el corazón del turbo en la carcasa se instalará la geometría, para esto se posiciona correctamente su base sobre las ranuras de los pernos para no forzarlos junto a su hilo y darles el aprete correcto. Se debe verificar el estado de la geometría nuevamente para verificar que no esté apretada tras el proceso de limpieza y pintura.



Figura 3-28: Montaje geometría



Figura 3-29: Revisión geometría variable

- Una vez revisada la geometría variable, se monta su plato o corona para instalar la palanca del actuador y que pueda funcionar correctamente (variar las aspas internas adecuadamente). Para verificar que esté todo en orden, se posiciona de acuerdo con las ranuras de los pernos, para no forzar el aprete como se mencionó anteriormente.



Figura 3-30: Segunda revisión de la geometría



Figura 3-31: Posicionando y montando carcasa geometría

- Una vez verificada la posición, se montan los pernos y se aprietan en orden cruzado para que la fuerza de aprete no desbalanceen internamente los componentes.



Figura 3-32: Aprete pernos sujeción

- Para montar la carcasa de escape, ésta se debe separar del múltiple de escape, con el objetivo de facilitar la maniobrabilidad y el espacio de trabajo.



Figura 3-33: Desmontaje múltiple de escape

- Se posiciona la carcasa de escape en la prensa hidráulica, posteriormente se colocará el o-ring de presión de aire que evitará fugas de presión una vez que el turbo esté en funcionamiento.



Figura 3-34: Carcasa en prensa hidráulica



Figura 3-35: O-ring de presión

- Después se colocará la carcasa de admisión junto al cuerpo del turbo posicionándola correctamente sobre las ranuras de los pernos y, apretándolos de forma alternada. Se deben apretar a tope y verificar que la rueda compresora no esté topando o que no haya quedado con juego (suelta). Para una mejor verificación del estado de la rueda compresora, con la ayuda de una pistola de aire se prueba su giro y se verifica que no esté rozando la carcasa.



Figura 3-36: Montaje cuerpo del turbo



Figura 3-37: Verificación holgura



Figura 3-38: Verificación roce

- Finalmente se monta el actuador eléctrico y se procede a los testeos.



Figura 3-39: Montaje actuador

3.2.9 Testeos

Para verificar que quedó todo en orden se hace un testeo final para ver si el turbo cumple con los parámetros estipulados por fabricante. Este flujo debe estar en un rango:

- Flujo mínimo: $X_1\text{m}^3/\text{s}$ - $X_2\text{m}^3/\text{s}$
 - Flujo máximo: $X_1\text{m}^3/\text{s}$ - $X_2\text{m}^3/\text{s}$
 - Testeo compresión.
 - Test del actuador electrónico: Consumo de corriente debe ser menor al límite establecido por computador.
- Se encenderá la máquina, se montará el turbocompresor en la tubería de aire y se conecta el actuador. Este montaje se realiza para llevar a cabo las pruebas de flujo y revisar el estado del actuador eléctrico.



Figura 3-40: Máquina de testeos

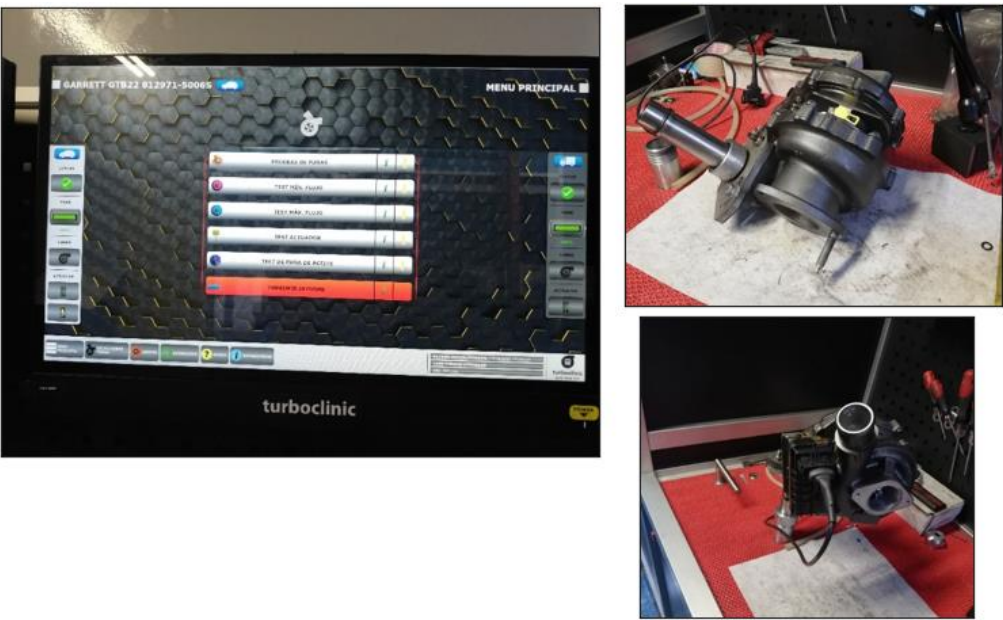


Figura 3-41: Montaje del turbo para testeos

- Una vez conectado el turbo y el actuador, se procederá al testeo. Primero se prueba el actuador electronico, aquí la máquina arrojará si está dentro de los parámetros de trabajo, puede darse el caso que falle el testeo por no detectar el actuador. En caso que falle el testeo se desarmará el actuador, se limpiará internamente, se le aplicará un poco de grasa para que pueda trabajar adecuadamente y se volverá a realizar un testeo. Si el resultado está dentro de los parámetros, indica que está todo en orden. En caso contrario deberá cambiarse por uno nuevo.

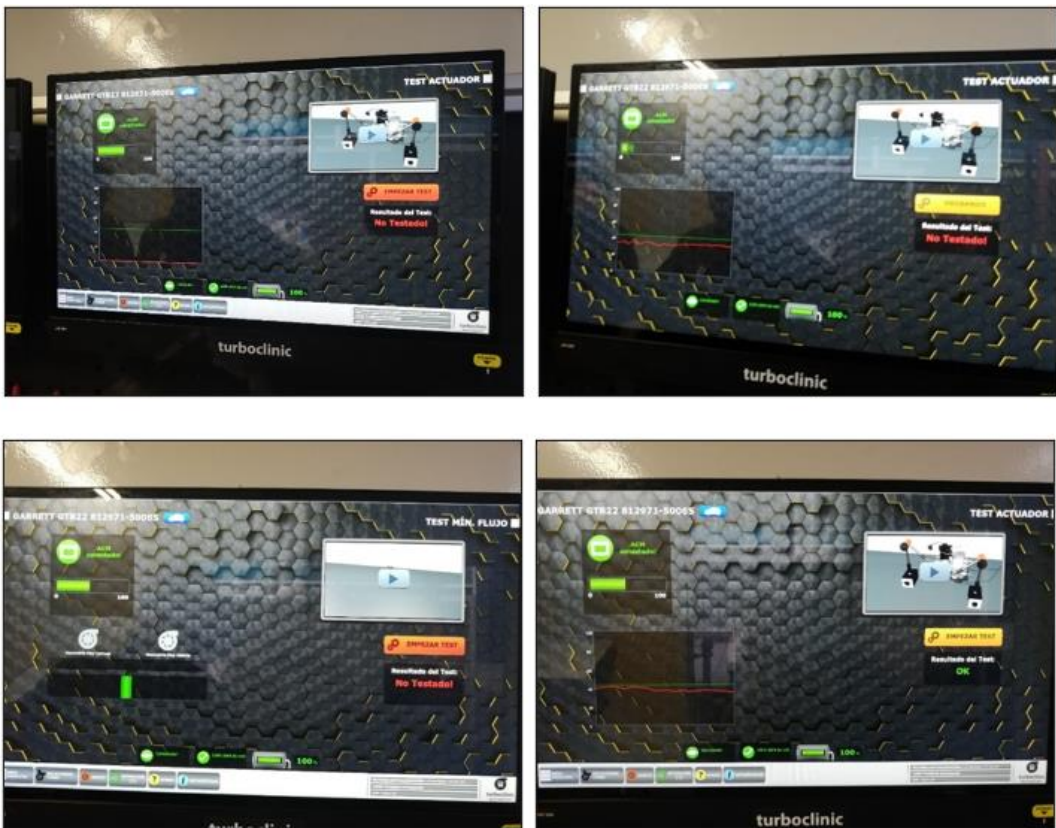


Figura 3-42: Testeo del actuador

- Una vez probado el actuador y que esté dentro de los parámetros de trabajo normales, se comenzará con las pruebas de flujos. Aquí puede darse el caso que la primera medición salga errónea, pero es común que esto ocurra, si al realizar una segunda o tercera medición y se arrojan resultados dentro de los parámetros, se dará por finalizado el trabajo y el turbo ya está en condiciones óptimas para ser entregado al cliente.

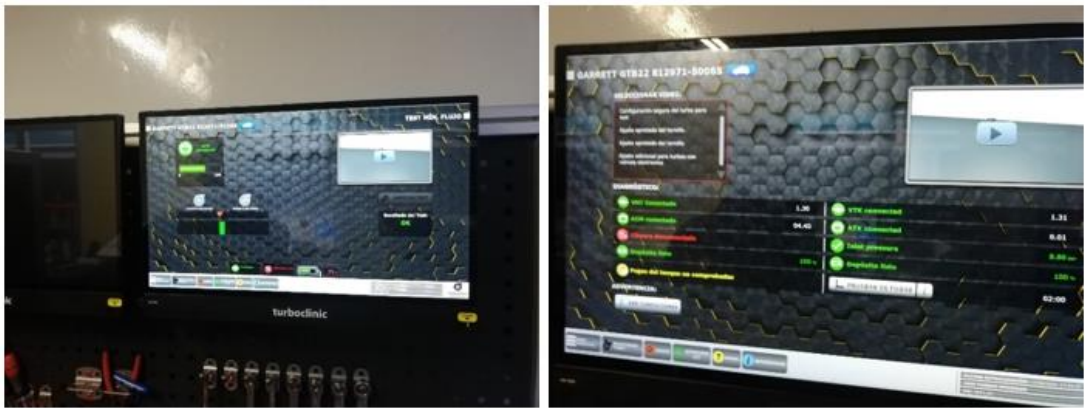


Figura 3-43: Testeo de flujos



Figura 3-44: Prueba de flujos

- Si un turbo nunca había sido intervenido, para volver a montarlo en el vehículo adecuadamente se deberán preparar empaquetaduras en las uniones con el múltiple. Se usa un kit de empaquetaduras o se hacen a la medida con planchas de cobre.



Figura 3-45: Molde para empaquetaduras

- Finalmente y para modo de registro con un lápiz electrónico, el turbocompresor será marcado con el número, orden de trabajo y la fecha en que fue reparado.

Los parámetros de trabajo de los turbos, los grados de balance, así como sus testeos de flujos, están estipulados por la norma ISO 1940-1 año 2003.

CAPÍTULO 4: COSTOS ASOCIADOS A LA MANTENCIÓN Y REPARACIÓN
DEL VTG

4.1 COSTOS DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Según lo que necesite el turbo compresor, reparación o revisión, variará considerablemente el costo de mantención y reparación de un turbo de geometría variable. El presupuesto a detallar está clasificado en distintos peldaños según el daño detectado.

4.1.1 Mantención básica

- Cambio del kit de servicio (buje, anillos de retención de aceite, entre otros) más kit de reparación: \$71.000.



Figura 4-1: Kit básico de servicio

- Testeo de geometría variable, con pruebas de flujo para revisar calibración: \$38.000.



Figura 4-2: Testeadora de flujos y actuador

- Kit de empaquetadura para bajada de aceite (2 para escape y 1 para admisión): \$15.500.
- Tuercas y espárragos para montaje, recubiertas en cobre para evitar oxidación: \$7.200.
- Mano de obra (desarme, limpieza, armado, etc): \$50.500.



Figura 4-3: Turbo desarmado

4.1.2 Peldaño leve

Si después de una revisión se concluye que el turbo está en buen estado, pero se advierte una pérdida de aceite, se hace un descarbonizado. Esto consiste en limpiar toda la carbonilla del lado del escape (carcasa, turbina y las zonas del escape): \$30.000.



Figura 4-4: Carbonilla en carcasa

4.1.3 Peldaño grave

- Si el turbo se raya interiormente da paso a un peldaño grave:
- Cambio del cartucho central: \$208.500.



Figura 4-5: Cartucho nuevo

- Se suman las empaquetaduras por: \$15.500.
- Tuercas por: \$7.200.
- Testeo de la geometría: \$38.500.
- Mano de obra: \$40.500.

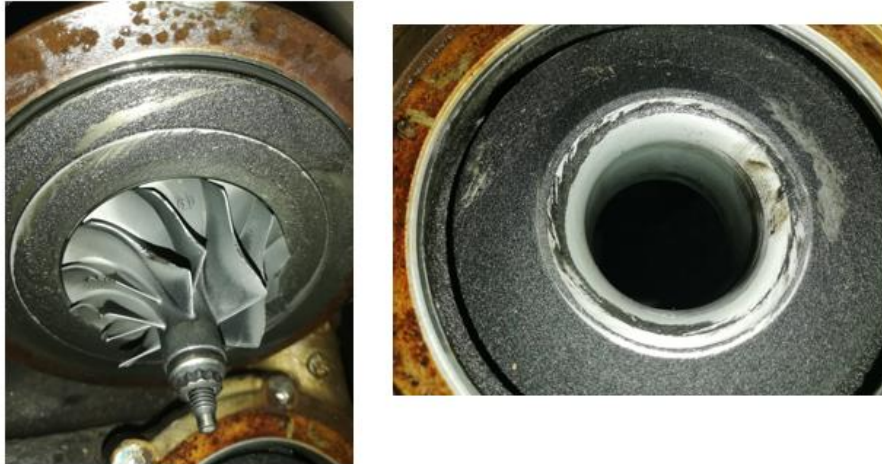


Figura 4-6: Aspas y turbo dañado

4.1.4 Peldaño catastrófico

- Si el eje y la geometría están dañados, dará paso a un peldaño catastrófico:
- Cartucho central: \$208.500.
- Geometría variable por: \$106.000.
- Testeos: \$38.000.
- Mano de obra: \$40.500.
- Empaquetaduras: \$15.500.
- Tuercas por: \$7.200.



Figura 4-7:Eje dañado

4.1.5 Falla del actuador

- Si solo falla el actuador electrónico (puede suceder en cualquier momento) y se detecta en cualquiera de los escalones nombrados anteriormente: \$160.000.

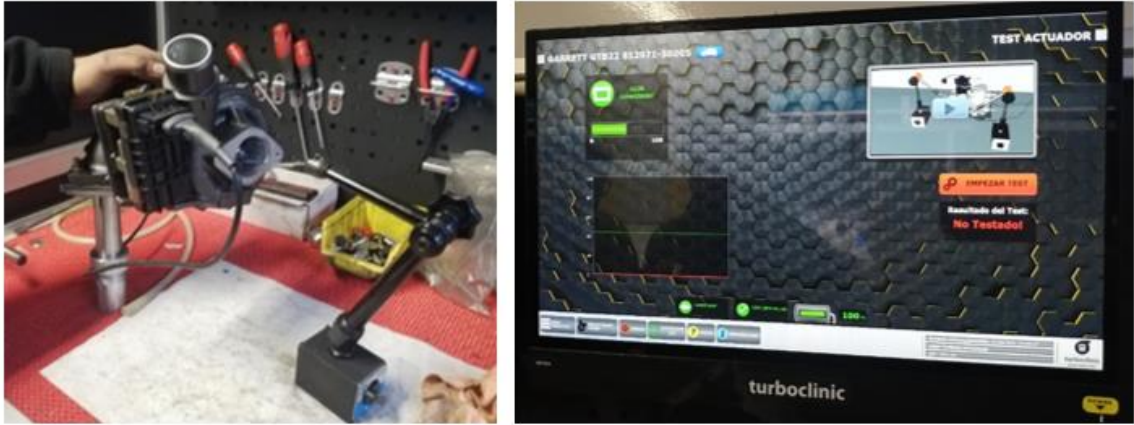


Figura 4-8: Falla del actuador

4.1.6 Turbo nuevo

- Puede darse el caso y por diversos motivos, que el aceite del motor dañe y perjudique al turbo, produciendo su ruptura irreparable. En estos casos, queda como única opción cambiar el turbo por uno nuevo.
- Comprar turbo nuevo ronda entre los \$500.000 y \$1.200.00 pesos según su procedencia.

En el caso de mantenimiento a este turbo, se presentó una pérdida de potencia en el motor de la camioneta. Después de desarmar, analizar y reparar el turbo, se evaluó como un peldaño grave, esto porque solo se dañó el eje y por ende, requería solo cambio del cartucho central; el resto del turbo estaba en buenas condiciones. Los costos asociados a esta reparación rondan los \$310.000 según las clasificaciones detalladas anteriormente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la realización de este trabajo de título, se comprendió que la necesidad de implementación de un turbocompresor a un motor es cada vez mayor. Especialmente, para los modelos de camioneta el turbo es imprescindible ya que estos sistemas nos brindan más potencia y se evita forzar en exceso los motores al realizar trabajos pesados.

Para prolongar la vida útil de los turbocompresores, es de suma importancia cumplir con los cuidados planteados con anterioridad. De esta manera no se dañan las piezas y estructuras de un turbo.

Para llevar a cabo la mantención a un turbo compresor, es necesario contar con todos los equipos necesarios para optimizar el trabajo de mantenimiento. Además, requiere gente capacitada para asegurar el correcto funcionamiento del turbocompresor debido a la alta complejidad de estos sistemas. Finalmente y junto con una buena mantención, es de vital importancia el testeado del turbo para verificar que haya quedado trabajando en óptimas condiciones.

Una de las principales recomendaciones que surgen después de este trabajo, es comprobar si los parámetros del vehículo están fuera de los rangos recomendados y establecidos por sus fabricantes. En este caso el turbo recibió daños por exceso de temperatura, lo cual indica que algo está provocando este daño. Como posibles causas se deben considerar el fuera a punto de la inyección, el uso de un aceite erróneo, que se esté maltratando la camioneta y por ende el turbo, etc. Ésta y más posibles recomendaciones se le harán oportunamente al cliente cuando se le haga entrega del turbocompresor reparado.

LINKOGRAFÍA

- <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/turbo-geometria-variable/>
- <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=11031>
- <https://www.autofacil.es/tecnica/funciona-turbo-son-componentes-principales/193012.html>
- <https://www.pruebaderuta.com/turbos-de-geometria-variable-vtg.php>
- <https://www.ro-des.com/mecanica/averias-del-turbo-como-identificarlas-en-el-coche/>
- <https://www.ro-des.com/mecanica/mantenimiento-del-turbo-del-coche/>
- <https://www.ro-des.com/mecanica/turbocompresores-geometria-variable-vtg/>
- <https://www.motor.es/que-es/turbo>
- <https://blog.infraspeak.com/es/tipos-de-mantenimiento/>
- <https://www.km77.com/coches/ford/ranger/2016/doble-cabina/wildtrack/ranger-double-cab-32-tdci-200-cv-4x4/datos>
- <http://fundicionesrice.com/assets/frontend/cartas/TNL100/TNL100esp.htm>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_motor_de_combustión_interna
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Turbocompresor>