

MODELO INTERACTIVO DE COMPRESOR CENTRÍFUGO AUTOMOTRIZ

PRESENTADO POR

RODRIGO MORENO RAMIREZ
CRISTOPHER RONCANCIO GUTIERREZ
DUVERNEY SANCHEZ MARQUEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES – ECCI

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2014

MODELO INTERACTIVO DE COMPRESOR CENTRÍFUGO AUTOMOTRIZ

PRESENTADO POR

RODRIGO MORENO RAMIREZ
CRISTOPHER RONCANCIO GUTIERREZ
DUVERNEY SANCHEZ MARQUEZ

DIRECTOR

ING. JOSE MAURICIO ZABALA ZABALA

ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES – ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.

2014

DEDICATORIA

Dedicamos nuestro proyecto de grado a DIOS que nos ha dado la vida, a nuestras familias por ese apoyo incondicional y desinteresado que han brindado en el proceso de estudio profesional, la fortaleza para terminar este proyecto y ser el motivo de emprender nuestros estudios y forjar un mejor futuro para los nuestros.

A nuestros familiares y amigos que de una u otra manera nos han apoyado en decisiones para mejorar cada vez más.

A nosotros mismos por el tiempo, la paciencia, la dedicación, que a pesar de contratiempos e inconvenientes, logramos sacar adelante una idea para satisfacción de cada uno.

RODRIGO MORENO RAMIREZ
CRISTOPHER RONCANCIO GUTIERREZ

DUVERNEY SANCHEZ MARQUEZ

AGRADECIMIENTO

A todos los que conforman la Facultad de Ingeniería Mecánica y la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, que dejan parte de si en cada uno de los nuevos profesionales que vendrán a ser un nuevo aporte para el país.

Agradecemos también al Ing. Armando Alfredo Hernández Martín por su apoyo en el direccionamiento y consejos en la elaboración de este proyecto y su sencillez para brindar sus conocimientos

RODRIGO MORENO RAMIREZ

CRISTOPHER RONCANCIO GUTIERREZ

DUVERNEY SANCHEZ MARQUEZ

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	10
1. HISTORIA.....	13
2. TURBOCOMPRESOR CON VALVULA DE DESCARGA O WASTE GATE....	16
2.1. DEFINICION.....	16
2.2. VALVULA DE DESCARGA EN MOTORES TURBODIESEL.....	18
3. TURBOCOMPRESOR VGT.....	19
3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL TURBOCOMPRESOR.....	21
3.2. FUNCIONAMIENTO.....	23
3.2.1 LUBRICACION.....	25
4. PARTES DEL TURBOCOMPRESOR VGT.....	27
5. DESCRIPCION DE LA AERODINAMICA.....	28
6. CALCULOS DE UN COMPRESOR CENTRIFUGO.....	31
6.1. DIFUSOR CARACOL O CARCASA DE ADMISION.....	36
7. DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE LOS TURBOCOMPRESORES....	38
7.1 TIPO DE AVERIA Y POSIBLE CAUSA.....	38
7.2 VERIFICACION DE LA TOLERANCIA DEL COJINETE AXIAL.....	42
7.3 VERIFICACION DE LA TOLERANCIA DE MOVIMIENTO RADIAL..	43
7.4 COMPROBACION DE TOLERANCIAS.....	45
7.5 COMPROBACION EN EL EJE Y LOS RODETES.....	46
8. MATRIZ DOFA.....	48
9. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	50
10. TENDENCIAS TECNOLOGICAS DE LOS TURBOCOMPRESORES.....	51
11. ANEXO: PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DESMONTAJE Y MONTAJE	57

BIBLIOGRAFIA.....	63
WEBGRAFIA.....	63
GLOSARIO.....	64

INTRODUCCIÓN

Los turbocompresores han nacido de la necesidad del hombre por obtener mayores prestaciones en motores de combustión interna diesel, gasolina, etanol, etc., en la sobrealimentación de motores se han obtenido amplios resultados hasta ahora, uno de ellos ha sido con la implementación y la ayuda de los turbocompresores, ya que estos, tienen una ventaja de no consumir energía efectiva del motor, y están facultados para girar a altas revoluciones.

El turbocompresor VGT (Variable Geometry Turbocharger), a diferencia del turbo convencional utiliza un plato, en el que, van montado unos alabes móviles, los cuales, van accionados por una válvula neumática parecida o similar a la que usa la válvula wastegate. Para conseguir la máxima compresión del aire a bajas revoluciones deben cerrarse los alabes ya que disminuyendo la sección entre ellos, aumenta la velocidad de los gases de escape que inciden como mayor fuerza sobre la turbina (menor sección igual a mayor velocidad).

Todos los motores diesel utilizan un turbocompresor, el cual, permite más eficiencia del motor al generar mayor potencia y disminuyendo la contaminación de gases, algo muy importante del turbo VGT al convencional es evitar una posible presurización en el motor, esto gracias a la gran parte de controles electrónicos implementados en los motores, en la tecnología diesel se genera bastante potencia, lo cual es excelente para cargas pesadas y grandes distancias, por lo tanto, desde su inicio los motores Diesel cuentan con la ayuda del turbo.

En el terreno de la sobrealimentación de motores, tanto gasolina como diesel, los mejores resultados obtenidos hasta ahora se han llevado a cabo con la ayuda de turbocompresores los cuales tiene la gran ventaja de que no consumen la energía efectiva del motor, como lo es el caso de un compresor de aire acondicionado,

además que están facultados para poder girar a elevadas revoluciones por minuto, del orden de las 200 mil rpm en los turbos de tamaño pequeño.

Todo ello y su facilidad para ser aplicados al motor debido a su pequeño tamaño (por lo menos con respecto a los compresores volumétricos). Hace que se hayan estudiado a fondo la manera de utilizarlos y que se hayan conseguido con ellos grandes éxitos tanto en competición como en realizaciones de motores de tipo comercial.

El motor diesel, dado su ciclo de funcionamiento ya conocido, en el que, al abrirse la válvula de admisión, solamente entra aire en el interior del cilindro; debido además a una mayor robustez estructural, ya que, está facultado a mantener altas presiones en el interior de la cámara de combustión; y debido también a las condiciones de su combustible, resulta especialmente dotado para admitir una sobrealimentación similar a la que puede proporcionar un turbocompresor.

De hecho ya hace muchos años que los turbo diesel están presentes en el mercado, especialmente para motores de camión y furgonetas. Ya hace bastante tiempo que el motor diesel ha sido aceptado en el automóvil, pero con la utilización del turbo se han conseguido alcanzar cotas de gran penetración en el mercado de los automóviles de lujo, ya que, con un motor diesel turboalimentado se puede conducir en carreta sin complejos de inferioridad frente al motor de gasolina, pues ya se alcanzan valores superiores a los 110 cv con motores de cilindradas de alrededor de los 2500 cc.

En general, los motores diesel comercializados provistos de turbo obtienen potencias de alrededor de un 33% sobre los mismos motores no sobrealimentados. Con respecto a los valores de par motor los aumentos se encuentran en un 40%, lo cual es muy sobresaliente para un tipo de motor como el diesel en que ya se disponen por si los valores de par muy altos.

El auge de las TIC demandan un cambio estructural en la manera de concebir el proceso de enseñanza-aprendizaje universitario, los modelos didácticos nacen como respuesta a la necesidad de formar al hombre en sus sentimientos, convicciones, valores y pensamientos. La necesidad de transmitir esos modelos posibilita el desarrollo de los procesos educativos, que inicialmente fueron de carácter oral, pero con el tiempo fueron generando una actividad profesional como lo es la pedagogía que conceptualiza, aplica y experimenta los conocimientos referentes a la enseñanza de los saberes, precisamente la pedagogía a través de la didáctica facilita la concreción objetiva del saber pedagógico de una metodologías y estrategias para el desarrollo interno del individuo. Todos estos elementos conforman un sistema específicamente educativo, que puede fijar de manera consiente y relativamente autónomas sus objetivos, generando la reproducción, renovación o transformación de las relaciones sociales.

1. HISTORIA

La idea de la sobrealimentación de motores es muy antigua y se tiene patentes que son anteriores a nuestro siglo XX. Los Daimler idearon un sistema de sobrealimentación muy rudimentario, al igual, Rodolfo Diesel tenía patentado un compresor en el año de 1896. De hecho, la solución de sobrealimentar con compresores de tipo mecánico se puso en práctica muy pronto, en cuanto, los motores de los aviones de la época presentaban dificultades de funcionamiento a medida que aumentaba la altura del vuelo.

El aire, cada vez menos denso a medida que se aumenta la altura sobre el nivel del mar, establecía una falta de rendimiento en los motores que resultaba peligrosa y la idea de acopiar un aparato capaz de insuflar aire a mayor presión que la atmosférica. Pero la originalidad debía encontrarse, desde luego, en conseguir realizar una maquina soplante que no robara potencia del motor, y ello es lo que se le ocurrió al ingeniero A. Büchi que ya en 1905 patentó la primera idea correspondiente a lo que es un turbocompresor y que completó en 1910 con un sistema que es básicamente el que ahora estamos utilizando.

Hasta 1925 Büchi trabajó con su idea y llegó a perfeccionarlo con un sistema pulsante que todavía tiene uso en determinados tipos de motores Diesel.

De hecho, entre 1946 a 1949 los técnicos no se dieron cuenta de las enormes ventajas que presentaba un turbocompresor con respecto a todos los demás sistemas de compresión ideados, sobre todo para su aplicación al motor Diesel. Los grandes motores reciben por primera vez de una forma industrial grandes grupos de sobrealimentación.

Durante los años 50 se producían turbodiesel para la tracción ferroviaria y en los años 60 ya se comenzaron a sobrealimentar los motores Diesel ligeros de autocamiones.

La entrada del turbo en el motor de explosión se produjo años más tarde y de la mano de la competición. Dejando aparte los intentos realizados por los estadounidenses desde 1966 para monturas de Indianápolis, la realidad es que hasta entrados los años 70 siempre que se quería sobrealimentar un motor de explosión interna se presentaba siempre en los compresores volumétricos.

Hacia 1971, el ingeniero francés Auguste Rateau comenzó a tener éxitos experimentales que hacían concebir esperanzas en la aplicación de un turbocompresor a un motor de explosión. Lo mejor de las experiencias era la facilidad como se podían obtener CV hasta un punto inverosímil para aquellos tiempos. Por supuesto, el campo de acción era la competición y, por encargo de RENAULT, se comenzó a trabajar en los medios necesarios en 1975. El motor RENAULT-GORDINI con el que se equipaba a los Alpine de carreras, en la modalidad de Sport-Prototipos, fue el indicado para hacer las pruebas convenientes de aplicación, y así nació el A-442 que sirvió de base para el motor de Fórmula 1 que haría su debut en julio de 1977. Provisto de un turbocompresor proporcionaba una potencia de 350 CV a 11.000 rpm. El turbo era un KKK con la válvula de descarga tarada en 1.40 bar.

Puestos en competición los motores turbo, agudizaron sus problemas pero también demostraron su brillante futuro. Todo consistía en ir puliendo detalles: se aplicaron dos turbos pequeños en vez de uno grande, esto, para conseguir una respuesta más rápida del motor a las aceleraciones; se procedió a refrigerar el aire de admisión, ya que, salía de los turbos a temperaturas cercanas de los 1.000 °C; se estudiaron escapes más adecuados para el flujo de salida de los gases quemados, etc.

En 1980 ya se alcanzaban potencias del orden de los 540 CV a 7.500 rev/min., y la fiabilidad de los motores iba aumentando considerablemente en las carreteras. En vista de ello todas las fábricas dedicadas a la fabricación pasaron al nuevo sistema y se abandonaron los motores atmosféricos de 3.000 cc, pues les era

imposible competir con las potencias que los turboalimentados de la mitad de sus cilindradas lograban. Las presiones del turbo fueron subiendo hasta valores impresionantes. En 1981 FERRARI ya alcanzaba una presión de soplado de 1,90, pero en 1985 ya se llegaba, y aun se esperaban valores, de 4,00 bar con lo que los motores superaban los 1.000 CV de potencia. La inyección de gasolina combinada con la electrónica del encendido colaboró también efectivamente para conseguir estos éxitos.

En el terreno de los coches de turismo la adopción de un turbo parecía inevitable, arrastrado por los éxitos deportivos. Se comenzó con los coches de rally, en poco tiempo, poniendo a manos de los usuarios corrientes automóviles provistos de este sistema, hasta un punto tal, que puede decirse que no existe hoy una casa de prestigio que no realice algún modelo dotado de este aparato soplador.

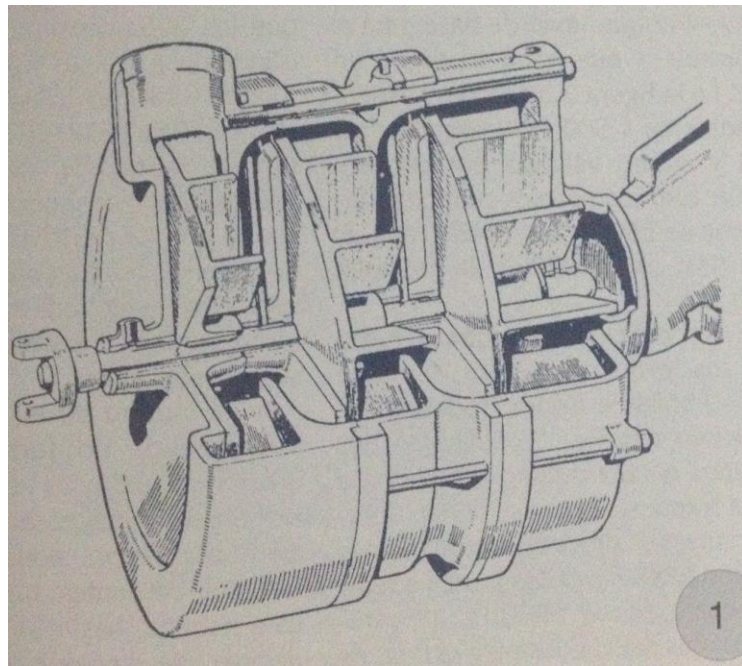


FIGURA 1. Primer turbocompresor hecho por el Ingeniero Francés Auguste Rateau en 1971. *Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.*

2. TURBOCOMPRESOR CON VALVULA DE DESCARGA O WASTE GATE

2.1 DEFINICIÓN

La utilización del turbocompresor no sería posible en un motor de uso para automoción si no se pudiera regular la sobrepresión que de mayor o menor grado que el turbo aporta de acuerdo con su mayor o menor velocidad de giro.

Es evidente que a pocas revoluciones por minuto del motor la salida de gases quemados es de poca consideración y la velocidad de giro de la turbina resulta muy moderada.

En este caso la sobrepresión alcanzada es muy pequeña en valor. Pero cuando el número de revoluciones por minuto del motor aumenta la turbina recibe una mayor densidad y velocidad de los gases de modo que aumenta también su giro y con ellos lo hace el compresor que adquiere de este modo fáciles valores elevados de sobrepresión. La turbina tiene pues una velocidad variable que transmite del mismo modo al rodete compresor.

Para el buen funcionamiento del conjunto, el turbo debe conseguir no sobrepasar ciertos valores de sobrepresión, que deben oscilar entre 0.40 a 0.70 bar, según el diseño, de modo que se tiene que disponer de una válvula de seguridad que haga imposible superar la presión máxima para que el motor ha sido previamente preparado. Esto se consigue por medio de la válvula de descarga, también conocida con el nombre anglosajón de waste gate (puerta de desecho) que deriva las presiones de los conductos cuando adquieren valores peligrosos.

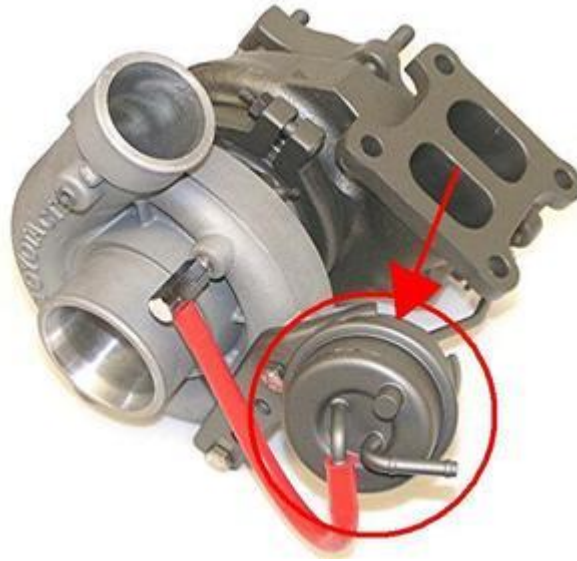


FIGURA 2 Turbocompresor con válvula de descarga o WASTE GATE.
<http://forums.bcmr2.com/viewtopic.php?f=3&t=11577>

En la figura muestra la figura de un equipo de turbocompresor en el que vamos a destacar el funcionamiento de la válvula de descarga. En 1 tenemos la turbina de turbo que recibe los gases de escape por el conducto 7 pasando al tubo de escape por 9. cuando la cantidad y la velocidad de estos gases es muy importante la turbina gira a gran velocidad, lo que hace el rotor compresor 2 gire muy rápido y obtenga elevado valores de sobrepresión en el colector de admisión 4, a través del carburador 5 y la admisión 6. El tubo 8 trasmite los valores de sobrepresión al mecanismo de las válvulas de descarga (V). La cola de la válvula se encuentra sujeta a una membrana que en virtud de la sobrepresión puede desplazarla y abrir un paso, o bypass 3 que pone en corto circuito el paso de los gases por la turbina. Cuando esto ocurre la turbina disminuye su velocidad con lo que la presión en el tubo 8 disminuye esto hace que el muelle M de la válvula haga retornar la membrana a su posición de reposos por lo que la válvula V, se cierra y se restablece la situación anterior.

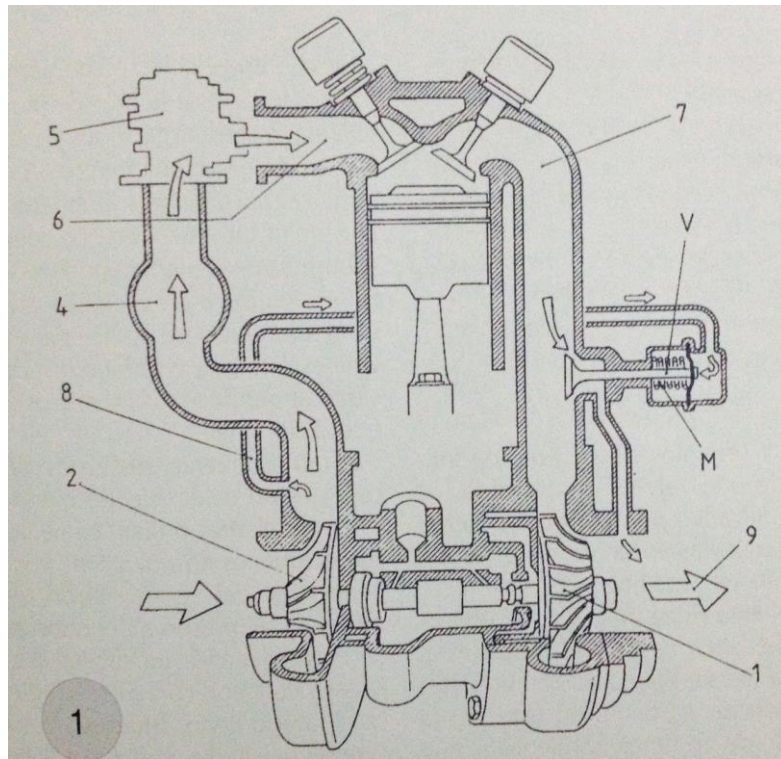


FIGURA 3. Dibujo que muestra el conjunto de un equipo de turbocompresor en el que se destaca el funcionamiento de la válvula de descarga. *Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.*

2.2 VALVULA DE DESCARGA EN MOTORES TURBO DIESEL

La válvula de descarga es la encargada de impedir que el valor de sobrepresión supere ciertos límites que se consideran perjudiciales para el funcionamiento del motor.

Existen diferentes tipos de válvulas de descarga, pero las más corrientes trabajan por un sistema de membrana que se haya en contacto con una cámara a la que llega un conducto que pone en comunicación esta cámara con el conducto de admisión por el que circula el aire comprimido.

La membrana 1 se haya enfrentada a un muelle antagonista 2 que al mismo tiempo que mantiene en posición de reposo a la membrana atrae a la posición de cierre a la válvula 3 que cierra un orificio de descarga para los gases de escape. Cuando la sobrepresión del aire alcanza valores elevados a consecuencia del excesivo giro de la turbina provocado, por supuesto, por una gran velocidad de los gases de escape se ejerce un valor de presión superior sobre la membrana 1 a través del conducto de comunicación 4 de modo que, la membrana vence la presión del muelle y la válvula de descarga 3 se abre poniendo ligeramente en corto circuito el paso de los gases a través de la turbina. En estas condiciones, esta reduce su giro y, como consecuencia de ello, el rodete compresor reduce también su velocidad y bajan los valores de sobrepresión alcanzados.

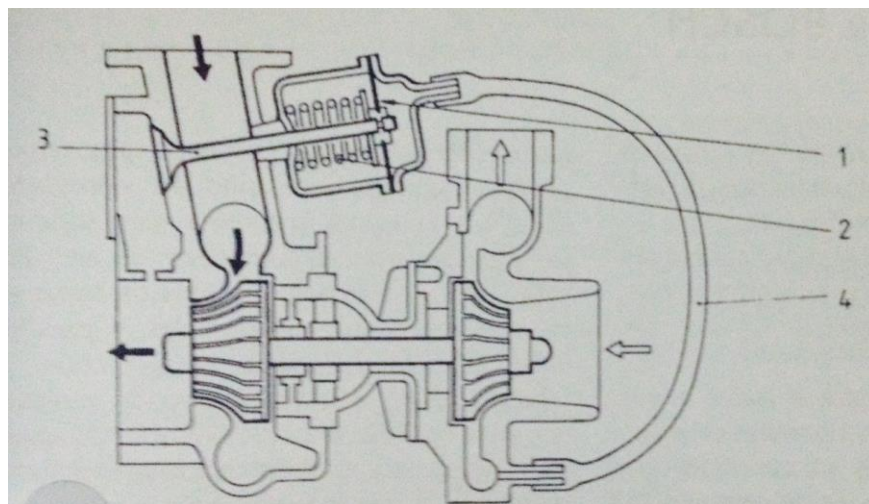


FIGURA 4 Tipo de válvula de descarga que se utiliza particularmente en los motores Diesel sobrealimentados. *Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.*

3 TURBOCOMPRESOR VGT

El turbocompresor de gases de escape constituye el medio más eficaz para sobrealimentar los motores empleados en los automóviles. Por eso, esta posibilidad ha ido desbancando a las demás hasta el punto de que en la actualidad ya no concibe un motor Diesel sin su correspondiente versión turbo

alimentada, debido a las ventajas que para estos presenta, pues el balance económico de funcionamiento logrado con ellos resulta netamente favorable, ya que la potencia sustraída al motor para lograr su funcionamiento es solamente la correspondiente al ligero aumento de la contra presión de escape.



FIGURA 5 Turbocompresor VGT con válvula de descarga. <http://www.fordsrilanka.com/products-2a-6.html>

El turbo compresor está compuesto esencialmente por una turbina y un compresor, montados sobre el mismo eje. La turbina recibe del motor los gases de escape, que se encuentran a elevada temperatura. La presión y energía térmica de este flujo de gases acciona la rueda de la turbina, poniéndola en la rotación, suministrando la energía necesaria para comprimir el aire por mediación de la rueda de compresor, enviándolo de los cilindros atreves del colector de admisión. Cuando la rueda del compresor gira, el aire es comprimido por la fuerza centrífuga desarrollada y pasa de la carcasa del compresor al colector de admisión, siendo la cantidad y la presión del aire proporcionales a la velocidad de rotación.

Debido a las elevadas sollicitaciones mecánicas y térmicas a que va estar sometida la turbina, se fabrica de materiales de alta calidad, como las aleaciones de iconel, níquel y cromo.

El gas de escape entra en la turbina formando un anillo en espiral (toroide), lo que produce una aceleración radial a una presión reducida y velocidad incrementada sobre las paletas de la turbina, las cuales están especialmente diseñadas para aprovechar la fuerza del gas y lograr una mayor impulsión de la turbina, su eje y la rueda del compresor unida a él.

3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL TURBOCOMPRESOR

Podemos deducir que un motor dotado de turbocompresor presenta dos fases de funcionamiento: una atmosférica y otra sobrealimentada. Efectivamente para llegar a la fase sobrealimentada (presión de admisión superior a la atmosférica), el turbocompresor debe haber alcanzado un régimen llamado enganche, por ejemplo 60.000 rpm. Lo cual puede corresponder, con la mariposa de gases totalmente abierta, aun régimen motor de 3.000 rpm, a regímenes inferiores, el turbocompresor gira a un régimen muy reducido entre 5000 y 10000 rpm denominado de vigilancia.

Construido el turbocompresor de la manera anterior, presenta en su funcionamiento grandes ventajas, dada su activación por la energía del gas de escape, que en su vertido al exterior es desperdiciada. De entre ellas podemos destacar:

- Incremento notable de la potencia y el par motor, que en los diésel puede llegar a un 35% por encima de la versión atmosférica, lo que supone un claro incremento de la relación potencia/peso.

- El motor turbo alimentado tiene un rendimiento volumétrico más alto que el convencional, con el que se logra una combustión más completa, que da como resultado un consumo más bajo de combustible a igualdad de potencia.
- Los turbocompresores suministran al motor una cantidad suplementaria de aire en el funcionamiento a media y alta velocidad, que da lugar a una combustión mucho más eficaz y limpia, lo que reduce considerablemente los contaminantes.

DESVENTAJAS

- La presencia de la turbina en la canalización de escape crea una cierta contra presión al escape.
- Una fuerte presión de sobrealimentación significa una compresión importante del aire, cuyo resultado es una elevación de la temperatura de admisión, que favorece la detonación.
- Cuanto más rápido sea el régimen del motor, mas incrementan su velocidad la turbina y el compresor, este último aumenta la cantidad de aire suministrado, con lo que el motor desarrolla mayor potencia. En consecuencia, se producirá un flujo de gases de escape aún más importante y el turbocompresor girará más rápidamente. Este ciclo recomenzará hasta la rotura de algún elemento del turbo o del motor.

3.2 FUNCIONAMIENTO

El sistema utilizado para sobrealimentar el motor diésel consiste en la utilización del turbocompresor que tiene la ventaja de que su accionamiento no consume energía aprovechable del motor ya que puede ser accionado por la inercia de los mismos gases de escape. Después de la combustión, los gases quemados residuales salen a través de la válvula de escape abierta, corren a expansionarse hacia el foco frío que representa la atmósfera, la que encontrarán definitivamente después de haber pasado por el tubo de escape, en este momento, alcanzan una velocidad muy apreciable, provistos, pues, de esta velocidad, salen por el conducto de escape del colector, después de la válvula de escape y, en su salida, se encuentran con el paso ligeramente obturado por la presencia de los alabes de una turbina, de fácil giro, a la que tienen que voltear para conseguir su salida a través del conducto de escape. La turbina es, pues, impedida a girar.

La turbina se encuentra fijada a un eje cuyo extremo opuesto nos encontramos el rodete de un compresor centrífugo, que gira, por lo tanto el mismo número de vueltas que la turbina. En su fuerte giro, el compresor recoge aire de la atmósfera a través del tubo de entrada de aire y lo mantiene en el colector de admisión hasta que la válvula de admisión se abre. En estos momentos, en la zona del colector hay una presión superior a la atmosférica de modo que la entrada del aire, en cuanto se abre la válvula de admisión, es no solamente muy rápida, sino que el llenado del cilindro es completo. Con este suplemento en la cantidad de aire entrado en el cilindro, la combustión podrá realizarse con el máximo aprovechamiento.

La forma interna de un turbocompresor seccionada para que se aprecien los rodetes la tenemos en la siguiente figura.

La entrada de los gases de escape se produce por el conducto 1 y salen a la atmosfera (a través del tubo de escape y el silenciador) después de haber movido el rodete de la turbina 3 y salir por el 2.

En la parte opuesta nos encontramos con el rodete de compresor que en su giro emite el aire por el 7, lo comprime en el 6 y lo manda al circuito de admisión por el 5. En el 4 y en el 8 tenemos respectivamente, la caja de engrase de los cojinetes del eje y el conjunto de la carcasa del compresor.

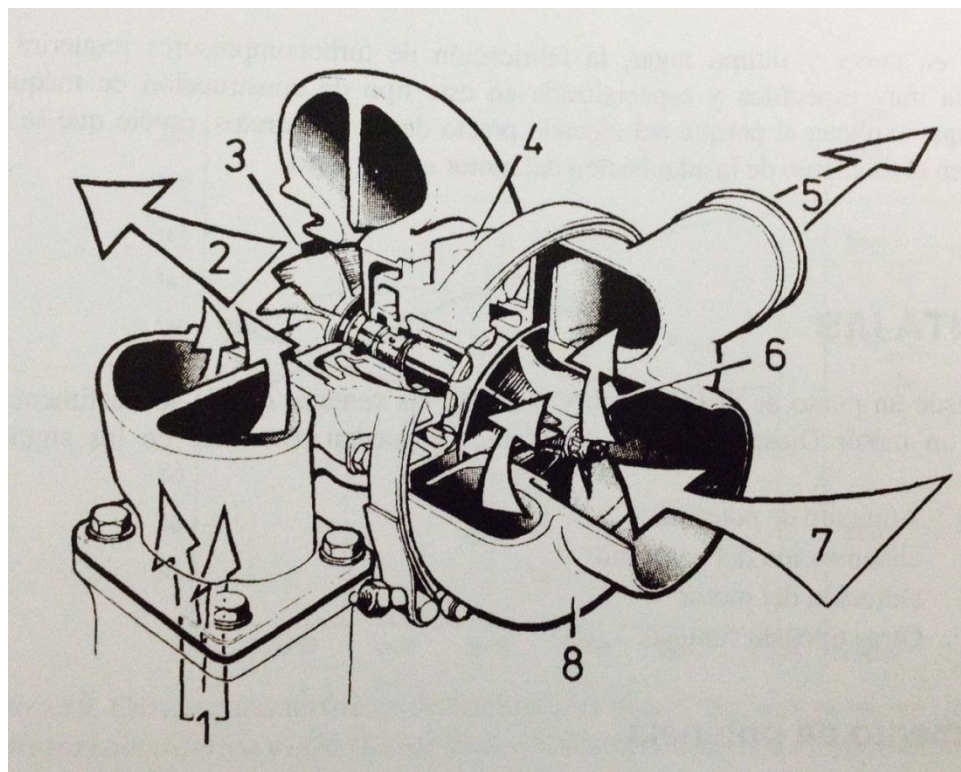


FIGURA 6 Grupo turbo compresor para apreciar sus elementos internos. 1. entrada de los gases de escape. 2. salida de los gases de escape hacia el tubo de escape y silenciador. 3. turbina. 4. caja de engrase y cojinetes. 5. paso de aire comprimido hacia válvulas de admisión. 6. Compresor. 7. Entrada de aire procedente del filtro de aire. 8. Carcasa del compresor. *Turbocompresores de Geometría Variable, Alfaomega Grupo Editor, 2004.*

En realidad un turbo es una maquina simple, sin embargo, está sometida a unas condiciones de funcionamiento bastante por encima de las que podemos observar en cualquier otro mecanismo de un motor, por ejemplo, su velocidad de giro es

siempre muy elevada y hemos de encontrarla entre las 80.000 a las 120.000 rpm, según el tamaño de la máquina, lo que representa la inimaginable velocidad de entre 1.300 a 2.000 revoluciones por segundo.

Además tiene que soportar las elevadísimas temperaturas de los gases de escape que pueden mantenerse alrededor de los 750 grados C. por todo ello, se deben dar a los turbocompresores algunas de las siguientes garantías.

En primer lugar un diseño muy acertado de los elemento mecánicos es el que atiende a un engrase de las piezas móviles lo más completo posible, que actúa también como refrigerante, de modo que tanto los cojinetes, como el eje y los rodets, pueden soportar las vertiginosas velocidades de giro a que están sometidos.

En segundo lugar, no bastara con el diseño, sino estas máquinas deberán estar fabricadas con materiales especiales, seleccionados entre los que mejor admiten las altas temperaturas sin acusar un desgaste prematuro.

En tercer lugar y como último lugar, la fabricación de turbocompresores requiere una tecnología muy específica y especializada en este tipo de construcción de máquinas, razones en el momento de la adquisición del motor en conjunto.

3.2.1 LUBRICACIÓN

En los turbocompresores la lubricación tiene la doble finalidad de establecer una película viscosa entre sus ejes y sus puntos de apoyo, y también la de robar la mayor cantidad posible de calor para que la turbina trabaje dentro de temperaturas admisibles y para que el aire de aspiración sea lo más frio posible.

El riesgo de aceite debe ser muy abundante y a la vez renovarse con la máxima rapidez. La aplicación de un turbo a un motor debe tener en cuenta esta condición fundamental.

La entrada del aceite debe poder hacerse aprovechando la presión de la bomba de lubricación propia del motor, aun cuando muchas veces ésta tiene que ser reforzada o detonada en dientes más largos para facilitar el bombeo de un mayor caudal.

El aceite de un motor provisto de turbo se recalienta extraordinariamente lo que produce su falta de viscosidad y su rápida degeneración. Conviene en estos motores utilizar aceites de gran calidad pero ello no quita para que se tenga que proceder al cambio de aceite con mayor regularidad y en menos kilómetros de lo que es corriente en los motores atmosféricos. Para conseguir aumentar la vida del aceite se procede en muchos casos a refrigerarlo.

Debido a las altas temperaturas a las que se encuentra el turbo, el aceite debe efectuar la doble labor de engrase y refrigeración, lo que significa que está sometido a condiciones bastante duras, en el caso de los motores Diesel este tipo de problema se puede solucionar acudiendo a modificar el circuito de engrase para llegar a alimentar con abundantemente aceite el cuerpo central del turbocompresor. Ello tiene la misión de engrasar los cojinetes, de refrigerar el turbo y también de arrastrar todas las impurezas que puedan encontrarse en el camino del aire y puedan haber sido centrifugadas por el rodete compresor.

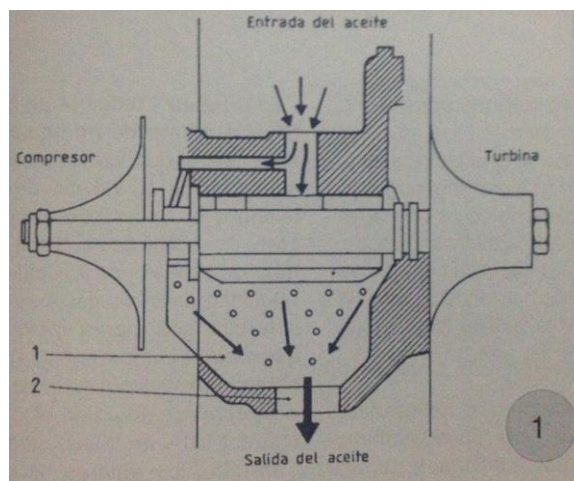


FIGURA 7. Sistema de lubricación en un turbocompresor. Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.

4 PARTES DE UN TURBOCOMPRESOR VGT

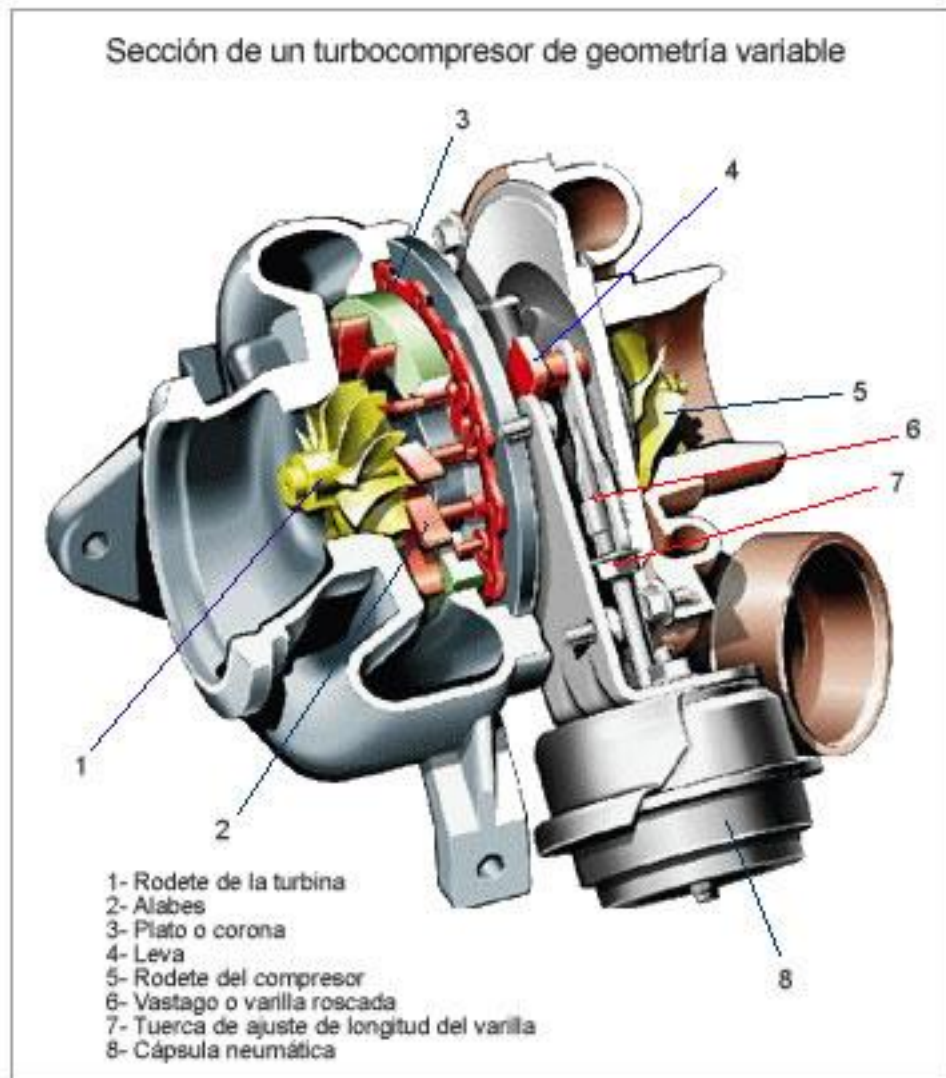


FIGURA 8. Partes Turbo de geometría Variable. <http://www.naikontuning.com/articulos/turbo-geometria-variable/>

Comprendiendo que es un elemento bastante importante para el buen funcionamiento del motor diesel, la bomba de inyección lineal consta de unas partes que la conforman.

5 DESCRIPCION DE LA AERODINAMICA

En los últimos años ha progresado considerablemente el estudio aerodinámico de toda clase de compresores y turbinas. Las antiguas teorías unidimensionales o casi unidimensionales con las que se proyectaban las turbinas de vapor y los compresores centrífugos, han ido sustituyéndose por teorías mucho más completas en las que se estudia la corriente en dos e incluso en tres dimensiones.

Por tanto, es norma general prescindir de la viscosidad en el estudio del campo de velocidades, lo que es posible gracias a que su influencia se circunscribe a la capa límite, de muy pequeño espesor en esta clase de máquinas. Esta hipótesis no sería válida, por ejemplo, si los alabes trabajasen en pérdida, pues el desprendimiento de la capa límite originado por la viscosidad alteraría profundamente el campo de velocidades. Posteriormente, las pérdidas de presión producidas por la viscosidad se tienen en cuenta como una corrección a los resultados obtenidos utilizando las fórmulas de los fluidos ideales, proporcionando fundamentalmente estas últimas la potencia y tamaño de la máquina, mientras que las pérdidas fricciónales les influyen decisivamente en el rendimiento.

La base para la transformación supone un grupo de componentes aerodinámicos (impulsores, difusores, diafragmas, aspas de guía y carcaza).

Relación de Volumen

La relación de volumen es un parámetro aerodinámico importante. Este mantiene condiciones de flujo similares con cambios de propiedades del gas, y las condiciones operativas. La mejor manera para describir la relación de volumen se observa considerando un compresor de múltiples etapas.

Últimamente son muy usadas las herramientas de estudio sobre el diseño de cada uno de los componentes que constituyen los compresores centrífugos bajo programas de cálculo denominados 3D, donde su utilidad deriva de las

conclusiones que se pueden extraer referentes a la mejora de la eficiencia de las superficies aerodinámicas producto de las conclusiones que se pueden extraer al poder observar en el resultado el comportamiento del gasto másico entre las palas del rotor del compresor.

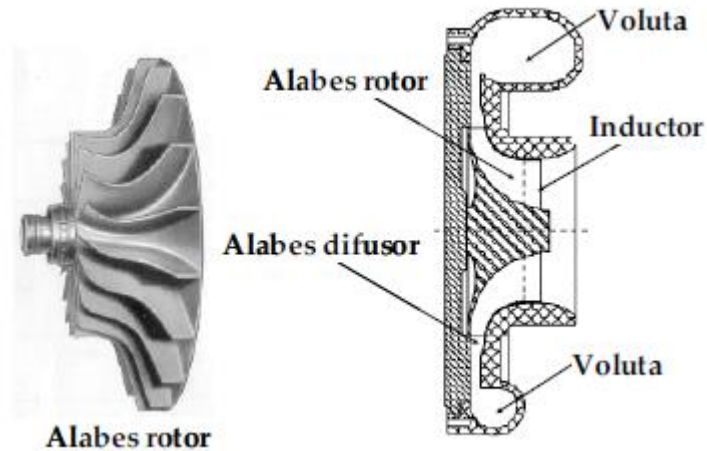


FIGURA 9. Comportamiento y partes del rotor del turbocompresor.

Muchas veces un mismo diseño de álabe es empleado en diferentes compresores, la diferencia radica en disminuir o aumentar las dimensiones geométricas de todo el compresor.

Tras el rotor centrífugo se establece un difusor que puede contener vanos o no, para que luego el flujo que sale del mismo salga al encuentro del canal de convergencia contenido en lo que se conoce comúnmente como voluta del compresor cuyo canal se desenrolla alrededor del difusor terminando en un tubo recto de salida. En este caso el conjunto formado por rotor y difusor, no se

considera como una etapa como en los compresores axiales (rotor- estator), pero el trabajo entre ambos forja el aumento de presión del fluido sobre el que también contribuye la forma que tiene la voluta, pues aumenta su sección transversal conforme se desenvuelve, actuando también en forma de difusor.

Difusor con vanos variables

Es un tipo de difusor que posee vanos que modifican el ángulo de ataque dependiendo del ángulo de entrada del fluido desde el rotor. Los vanos del difusor son capaces de modificar su ángulo de ataque respecto del fluido que los va a atravesar mejorando el ángulo de incidencia. En este punto puede observarse la fuerte dependencia aerodinámica de los perfiles del rotor como de los vanos del difusor. El ángulo de ataque del vano se modifica con el objetivo de disminuir las pérdidas por desviación del ángulo de salida del rotor que posee el fluido. El vano tiene un mecanismo por medio del cual puede girar respecto a un punto fijo perteneciente a su longitud o cuerda.

Los rotores de los compresores centrífugos, para poder ser empleados en diferentes cometidos para distintos rangos de caudal consumido por el compresor junto a la relación de compresión usan los mismos álabes aunque variando la anchura y largo. Un mismo diseño de compresor puede valer para muchas utilidades dependiendo de su tamaño, es decir, un compresor con las mismas características aerodinámicas al que solo se le aumenta su tamaño para ser usado en distintos trabajos industriales.

6 CÁLCULOS DE UN COMPRESOR CENTRIFUGO

En este tipo de máquinas, el fluido se considera compresible. La forma que tiene de comprimir un gas es totalmente diferente a la del compresor alternativo debido a que no es una máquina de desplazamiento positivo; funcionando contra una

válvula cerrada no generaría una presión excesiva. En el compresor de desplazamiento positivo el aumento de presión del vapor se consigue modificando el volumen interno de la cámara de compresión, mientras que en el turbocompresor se alcanza sin alterar dicho volumen.

Los dos procesos que tienen lugar en el interior de un turbocompresor centrífugo, (Figura 10), son:

a) Un aumento de la energía cinética del gas (presión dinámica), y también algo de estática, desde (1) a (2) gracias al elevado valor que alcanza c_2 . Este proceso tiene lugar en el rodete, que tiene como misión acelerar el gas, que es aspirado axialmente hacia el centro del rodete, y cambia su dirección en 90° convirtiéndolo en un flujo radial. Los triángulos de velocidades del rodete en el derrame ideal se han representado en la Figura 10c. Cuando el rodete de un turbocompresor centrífugo gira en presencia de un gas, la fuerza centrífuga le empuja desde la boca de entrada del rodete hasta el final del álabe.

La velocidad del fluido a la salida del álabe, originada por esta fuerza centrífuga es w_2 . Por otra parte, el fluido es empujado también en la dirección de la trayectoria del extremo exterior del álabe, punto donde la velocidad es, $u_2 = r_2 w$. Estas dos velocidades, que actúan simultáneamente sobre el fluido a la salida del álabe, se combinan entre sí para dar en dicha salida una resultante c_2 que es, en magnitud y sentido, la velocidad absoluta a la que realmente el fluido abandona el álabe, cuyo valor suele ser del orden del (50 / 70%) de u_2 , dependiendo del ángulo β_2 a la salida.

b) Disminución gradual, sin turbulencias, de la velocidad alcanzada por el gas en el rodete, consiguiéndose como contrapartida una elevación de la presión estática. Este segundo proceso tiene lugar en el difusor. En la Figura 11 se muestran los cambios de velocidad y presión estática que el gas experimenta a su paso por el turbocompresor centrífugo.

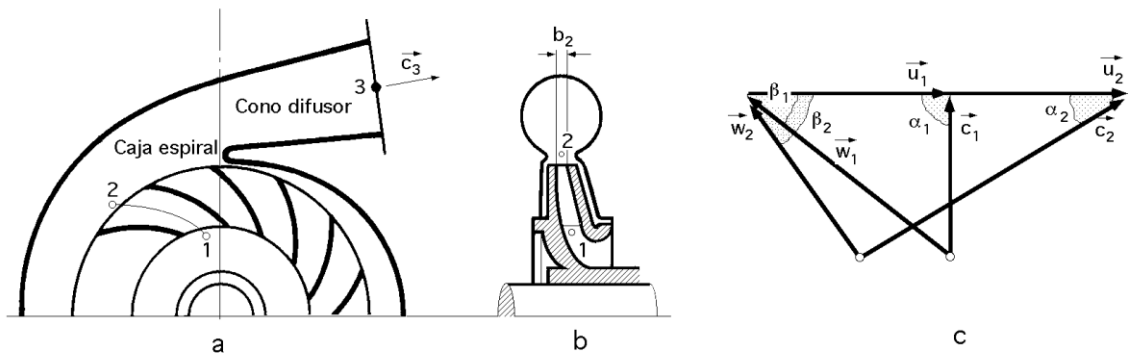
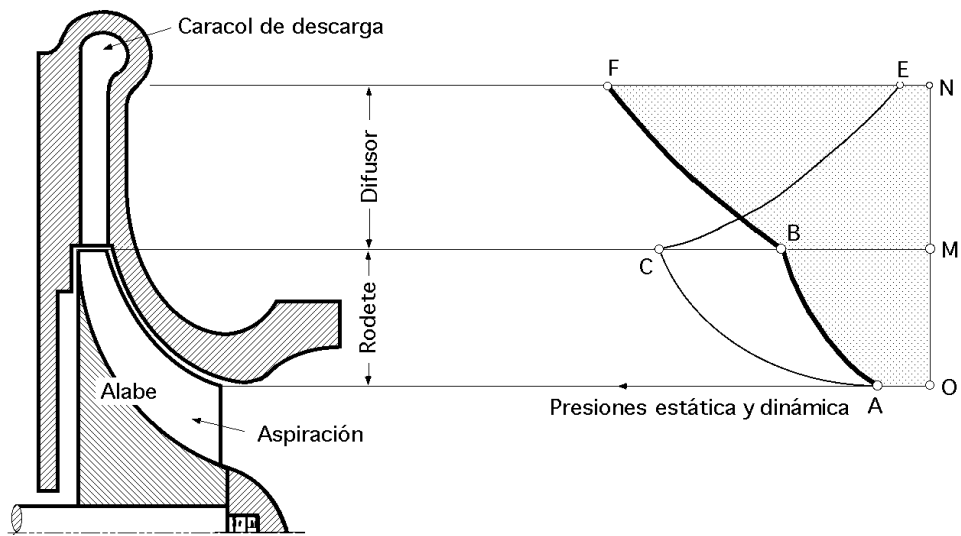


FIGURA 10- Secciones de un compresor centrífugo de álabes curvados hacia atrás a) corte transversal; b) corte meridional; c) triángulos de velocidad.



OA.- Presión estática y dinámica a la entrada del turbocompresor MB.- Presión estática a la salida del rodete; MC.- Presión dinámica a la salida del rodete; NE.- Presión dinámica a la salida del difusor; NF.- Presión estática a la salida del difusor FIGURA 11. - Cambios de presión, estática y dinámica a través de un turbocompresor centrífugo.

Entrada en el compresor. En el turbocompresor centrífugo, el gas entra en el compresor por el dispositivo de admisión, que debe garantizar una entrada uniforme del mismo en el rodete con un mínimo de pérdidas. Este dispositivo puede ser axial o acodado.

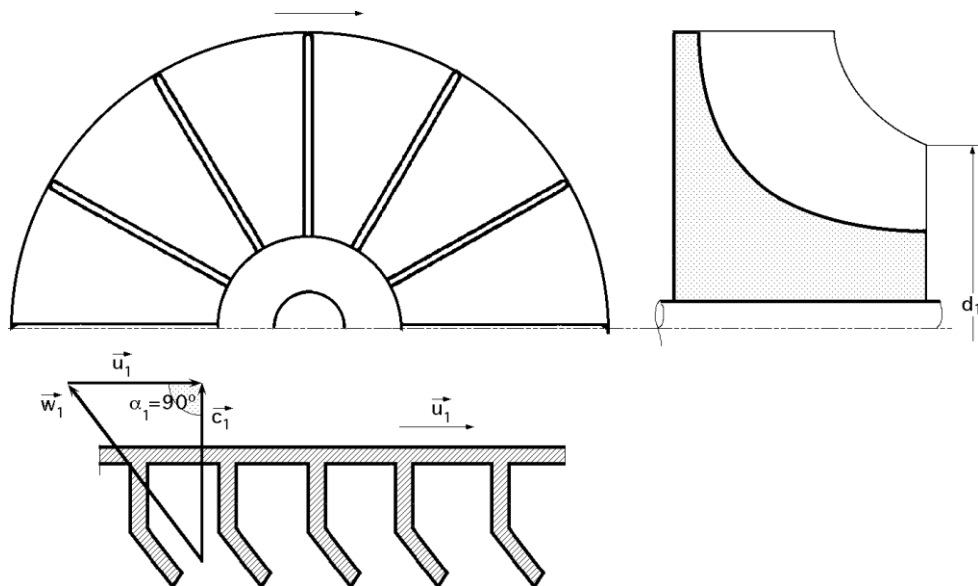


FIGURA 12. Rodete de entrada y salida radial

La entrada en el rodete sin rotación, $c_{1u} = 0$ ó $\alpha_1 = 90^\circ$, es el caso más frecuente, (Figura 12); otras veces se le comunica al gas una contra rotación, $c_{1u} > 0$, o una rotación, $c_{1u} < 0$, para lo cual se coloca una corona directriz fija antes del rodete, dotada de álabes, que establecen el ángulo de entrada α_1 más conveniente en cada caso. En la parte inferior izquierda de la Figura 12, se representa la vista desde arriba del desarrollo cilíndrico en el radio en la base r_1 junto con el triángulo de velocidades para una entrada sin rotación, $c_{1u} = 0$. En algunos turbocompresores de gran rendimiento a cargas intermedias, se coloca un difusor a base de una corona directriz de álabes orientables a la salida, que sirve además para regular el caudal.

El parámetro fundamental que caracteriza el álabe de un turbocompresor es el ángulo de salida β_2 y, según él, se clasifican los álabes en:

Alabes curvados hacia atrás, $\beta_2 < 90^\circ$, Figura 13a.

Alabes curvados hacia adelante, $\beta_2 > 90^\circ$, Figura 13b.

Alabes de salida radial, $\beta_2 = 90^\circ$, Figura 13c.

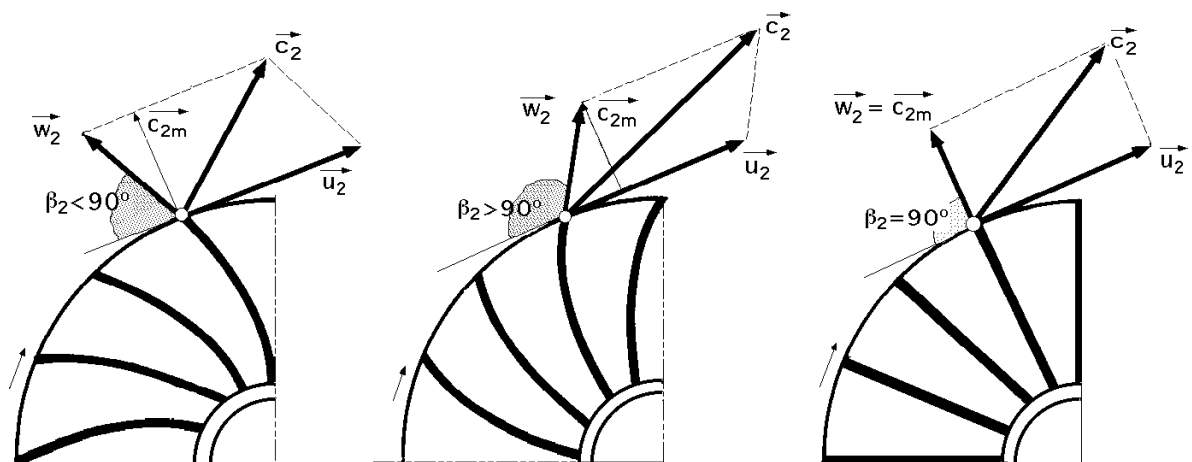


FIGURA 13.- Rodete de turbocompresor con álabes a) Curvados hacia atrás; b) Curvados hacia adelante; c) De salida radial.

La Figura 14 representa el corte transversal y meridional de un turbocompresor radial con álabes curvados hacia atrás; antiguamente todos los turbocompresores radiales se construían así. La fijación de los álabes en este caso, a causa del esfuerzo centrífugo, es decir, el rodete debe ser de tipo cerrado. En la actualidad se emplea cada vez más la construcción de la Figura 14, es decir, del tipo semiabierto, con álabes de salida radial Figura 13c, pero curvados a la entrada, de tal manera que el ángulo β_1 de la velocidad relativa sea el exigido por una entrada radial de la corriente absoluta, $\alpha_1 = 90^\circ$, sin rotación.

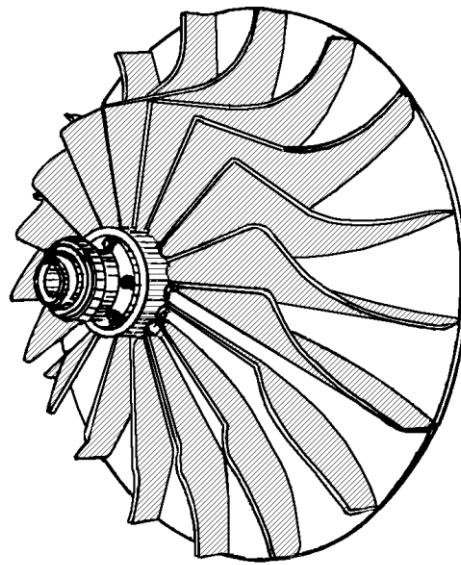


FIGURA 14.- Rodete de turbocompresor con álabes de salida radial, curvados a la entrada, del tipo semiabierto.

La Figura 15 representa el corte meridional y transversal de un turbocompresor de este tipo, junto con los triángulos de velocidades correspondientes.

La construcción con salida radial, $\beta_2 = 90^\circ$, reduce los esfuerzos centrífugos prácticamente a esfuerzos de tracción; de ahí que para la fijación de los álabes sólo se requiera un disco (rodete semiabierto). Con este tipo de rodete se obtienen velocidades periféricas elevadísimas, pudiéndose llegar a los 500 m/seg.



FIGURA 15.- Turbocompresor radial con álabes del rodete curvados a la entrada y salida radial de la corriente relativa (Triángulo de entrada, $\alpha_1 = 90^\circ$ y triángulo de salida, $\beta_2 = 90^\circ$; este tipo de triángulos es frecuente en los TC.

6.1 DIFUSOR CARACOL O CARCAZA DE ADMISION

La función de la carcasa dependerá si la turbina tiene alabes formando toberas en la admisión. Si tiene simplemente debe enviar un flujo de gas uniforme hacia las toberas, es aconsejable que el ángulo de flujo no difiera del ángulo de entrada de los alabes, aun cuando la velocidad sea baja, ya que, en este caso, las pérdidas no serán muy elevadas por tanto, no sería necesaria la utilización de una morfo geometría especial. Sin embargo una carcasa en espiral sería beneficiosa, puede ser diseñada utilizando la teoría de flujo incompresible con momento angular constante (por tanto, presión uniforme).

$$rC\theta = cte = K \quad (1)$$

Para flujo incompresible, la relación de flujo da más de un Angulo azimutal ψ es:

$$\dot{m}_\psi = \rho A_\psi C_{\theta\psi}$$

Para distribución uniforme del flujo de masa:

$$\dot{m}_\psi = \dot{m} \times \frac{\psi}{2\pi}$$

Donde \dot{m} = relación de flujo de masa total entrando en la carcasa. Por tanto:

$$A_{\psi} = \frac{\dot{m}}{\rho C_{\theta\psi}} \times \frac{\psi}{2\pi}$$

Eliminando C_{θ} utilizando la ecuación (1), nos da:

$$A_{\psi} = \frac{\dot{m}}{\rho} \times \frac{\psi}{2\pi} \times \frac{r_{\psi}}{K}$$

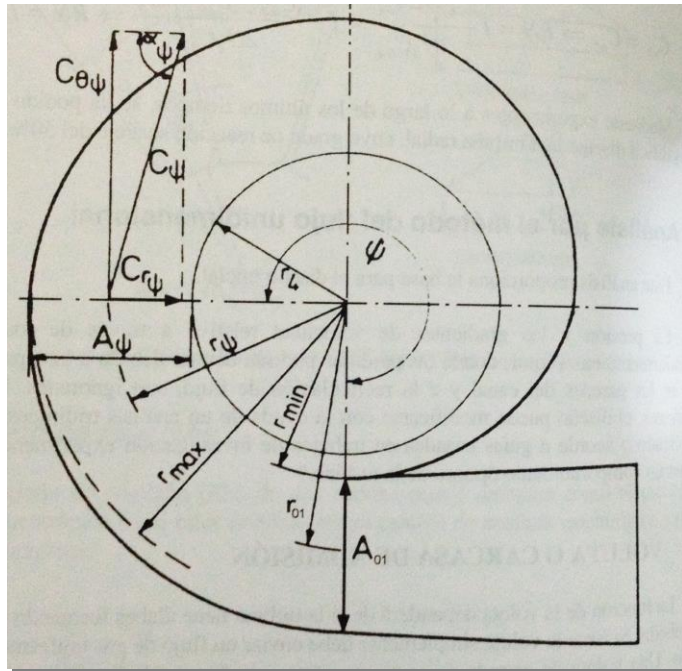


FIGURA 16. Cálculos para el diseño de una carcasa de un turbocompresor. Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.

Por tanto, el área transversal de la carcasa se reduce con el ángulo azimutal y el radio principal. El radio principal variará según se curve la carcasa alrededor de la circunferencia pero la reducción no es grande, cuando se expresa como fracción

del radio. En consecuencia el área se reduce linealmente con una frecuencia acorde con el ángulo azimutal. Este análisis ha sido desarrollado para el caso de una carcasa de entrada única con el área del flujo reduciéndose a cero, un análisis idéntico puede ser aplicado para cada mitad de la una carcasa de doble entrada.

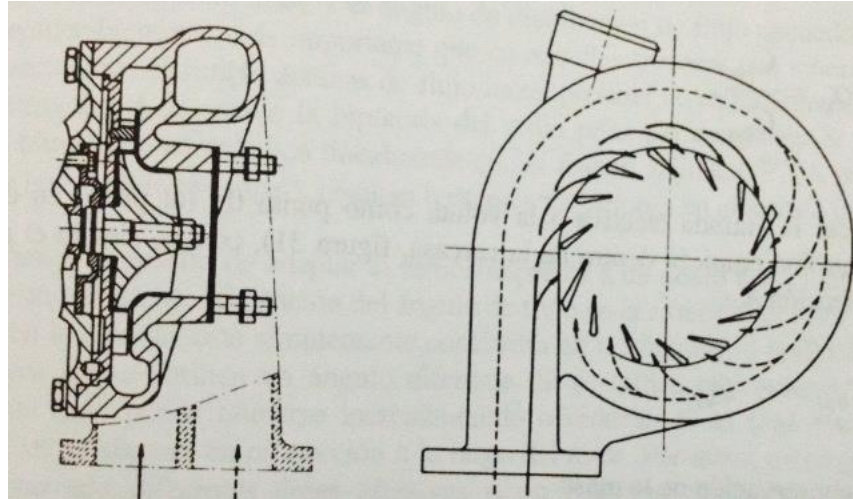


FIGURA 17. Analisis de radios para una carcasa de un turbocompresor. *Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.*

7 DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE LOS TURBOCOMPRESORES

Dado el hecho de alto régimen de giro que alcanza el turbocompresor y de la suciedad de los gases que las mueven resulta frecuente que se ensucien con carbonillas procedentes de los gases quemados.

Estas carbonillas se adhieren a los alabes de los rodets y desequilibran el eje de giro, lo que determina el deterioro del aparato, que puede evitarse si el turbo es sometido periódicamente a un trabajo de desmontaje y limpieza a fondo.

7.1 TIPO DE AVERÍA Y POSIBLE CAUSA

Alto Consumo De Lubricante

- Compresor o enfriador de aire sucios

- Conducciones de suministro de combustible y drenaje atascadas, con fugas o distorsionadas
- Daños en el rodamiento del turbocompresor
- Excesiva resistencia al flujo en el sistema de escape/fuga en entrada de la turbina
- Guías, aros, motor o camisas gastados o mayor fuga
- Se han formado partículas de carbono y sedimentos en la carcasa central
- Sellado de aros defectuoso
- Sistema de filtro de aire sucio
- Ventilación del cárter atascado y desobstruido

Compresor/Rueda De La Turbina Defectuosa

- Carcasa/aleta de la turbina dañada
- Daños en el compresor o turbina provocados por elementos extraños
- Daños en el rodamiento del turbocompresor
- Suministro de lubricante al turbocompresor insuficiente

El Turbocompresor Genera Ruido De Naturaleza Acústica

- Carcasa/aleta de la turbina dañada
- Colector de aire del motor agrietada/inexistente o juntas sueltas
- Compresor o enfriador de aire sucio
- Daños en el compresor o la turbina provocados por elementos extraños
- Daños en el rodamiento del turbocompresor
- Excesiva resistencia al flujo en el sistema de escape/fuga en la entrada de la turbina
- Fuga de gases de escape entre la salida de la turbina y el tubo de escape

- Suministro de lubricantes al turbocompresor insuficientes
- Vía de presión o succión distorsionada o con fugas
- Contacto de piezas que giran con piezas estáticas (los rodetes contra las carcasas)

Fuga De Lubricante En El Compresor

- compresor o enfriador de aire sucio
- conducciones de suministro de combustible y drenaje atascadas, con fugas o distorsionadas
- daños en el rodamiento del turbocompresor
- excesiva resistencia en el sistema de escape fuga en entrada a la turbina
- se ha formado partículas de carbón y sedimentos en la carcasa central
- sellado de aros defectuosos
- sistema de filtro de aire sucio
- ventilación del cárter atascado y distorsionado

Fuga De Lubricante En La Turbina

- conducciones de suministro de combustible y drenaje atascadas, con fugas o distorsionada
- daños en el rodamiento del turbocompresor
- sellado de aros defectuoso
- ventilación del cárter atascado y distorsionado

Humo Azul

- compresor o enfriador de aire sucios
- conducciones de suministro de aceite y drenaje atascados, con fugas o distorsionadas

- daños en el rodamiento del turbocompresor
- excesiva resistencia al flujo del sistema de escape/fuga en entrada de la turbina
- se han formado partículas de carbón y sedimentos en la carcasa central
- sellado de aros defectuoso o juntas de hermeticidad deterioradas
- sistema de filtro de aire sucio
- ventilación de Carter atascados y distorsionado
- retorno del aceite

Humo Negro

- restricción al paso del aire. Filtro de aire atascado o sucio
- admisión taponada
- pérdida de fugas en los colectores
- efecto de la contrapresión de escape. Fugas en los colectores de escape causando insuficiente régimen de giro.
- Tuberías de escape deformada o atascada
- El turbo no gira suave
- Impurezas en el aire
- agarrotamiento de los cojinetes del turbo
- líneas de entrada de aceite rotas o atascadas
- temperatura del aceite ,muy alta
- desbalanceo del eje del turbo
- insuficiente calentamiento del motor antes de darle plena carga

Potencia Insuficiente /Presión De Admisión Demasiado Baja

- no se cierra la válvula waste gate o mal ajustada
- sistema de filtro de aire sucio o taponado
- vías de presión o succión con fugas

- fugas entre el turbo y la culata o entre la culata y la turbina
- sistema de escape taponado parcialmente
- eje del turno con tendencia a agrietarse

7.2 VERIFICACION DE LA TOLERANCIA DEL COJINETE AXIAL

Una vez desmontado el turbo del motor y estando ya la pieza del soplante en nuestras manos se deberá proceder a su limpieza exterior utilizando una vaporización a presión de un disolvente no caustico, a fin de quitar todas las trazas de grasa y barro que se hayan podido adherir al material exterior del tubo.

Se sugiere no intentar limpiar el interior y mucho menos los alabes de turbina o compresor con la ayuda de algún objeto duro, como la punta de un destornillador, etc. Pues podría deteriorarse o rayarse perdiendo su equilibrio.

Para conocer el estado de desgaste del conjunto giratorio interno se tendrá que proceder a verificar la tolerancia del cojinete axial, es decir, el juego axial que presenta el conjunto rotante. Para llevar a cabo esta verificación basta con la ayuda de un comparador provisto de una base magnética. El comparador debe colocarse debidamente acoplado a su base, y de modo que el palpador se asiente con pleno contacto sobre el extremo del eje.

En ese momento se pone el reloj a cero y se imprime con la mano un movimiento de vaivén por medio del cual se delata el recorrido o tolerancia que el eje tiene en su asiento, movimiento que se imprime por el extremo opuesto al que controla el comparador. Ante el movimiento citado, se verá que el reloj del comparador indica con su desplazamiento un recorrido de centésimas. En general puede decirse que si el movimiento del comparador delata niveles inferiores a 0.025 mm, o superiores a 0.10 mm, el conjunto del eje deberá repararse o remplazarse por hallarse excesivamente ajustado en el primer caso y con excesiva tolerancia en el segundo caso. En todos los casos hay que cuidar que la punta del palpador se encuentre

situado en el mismo centro del extremo del eje para que recoja exclusivamente el movimiento axial del cojinete.

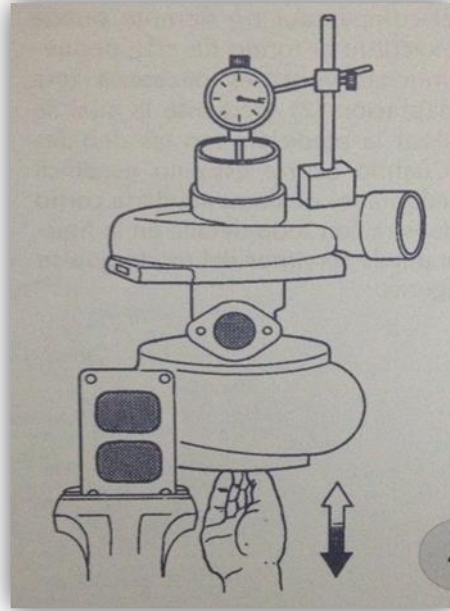


FIGURA 18. Verificación de la tolerancia del cojinete axial. *Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.*

7.3 VERIFICACION DE LA TOLERANCIA DE MOVIMIENTO RADIAL

La segunda operación que hay que proceder a realizar antes de desarme del turbocompresor va a consistir en hacer la comprobación de la tolerancia del eje en sus cojinetes radiales que los soportan.

La introducción del plapador en el interior del cuerpo de la caja de cojinetes puede presentar a veces problemas según la forma constructiva del turbo. Para tener acceso a esta medición se utiliza mejor el conducto de salida de aceite por lo que hay que invertir la posición del turbo.

La base magnética del soporte del comparador se asegura en una zona que se sostenga con firmeza. Luego se ajusta el comparador, como quiera que la punta del comparador no siempre pueden llegar con exactitud al fondo de este pequeño

Carter, muchas veces es necesaria una pieza de adaptación mediante la cual se consiga realizar la medición con las debidas garantías.

Cuando el comparador este montado de la forma que hemos dicho antes se deberá agarrar el eje por las puntas y con las manos ejercer fuerza desde ambos extremos al mismo tiempo que se hace girar en el mismo sentido de giro de los rodets, consiguiendo por lo menos un desplazamiento total radial del eje del turbo. Se deberá estar atento a cada paso de lo que el comparador señala y la tolerancia obtenida deberá cotejarse con los datos propios que facilita el fabricante del turbo. En líneas generales esta tolerancia radial no debe ser inferior a 0.075 mm ni superior a 0.18 mm (según el tamaño del turbo y los datos que su fabricante considere oportunos) de modo que, si se superan esta tolerancias se tendrá que pensar en la sustitución de los cojinetes por hallarse en un estado de desgaste avanzado.

Algunos fabricantes recomienda la sustitución de los cojinetes a determinadas horas de funcionamiento o km recorridos, en todos los casos hay que atenerse a lo que el constructor recomienda.

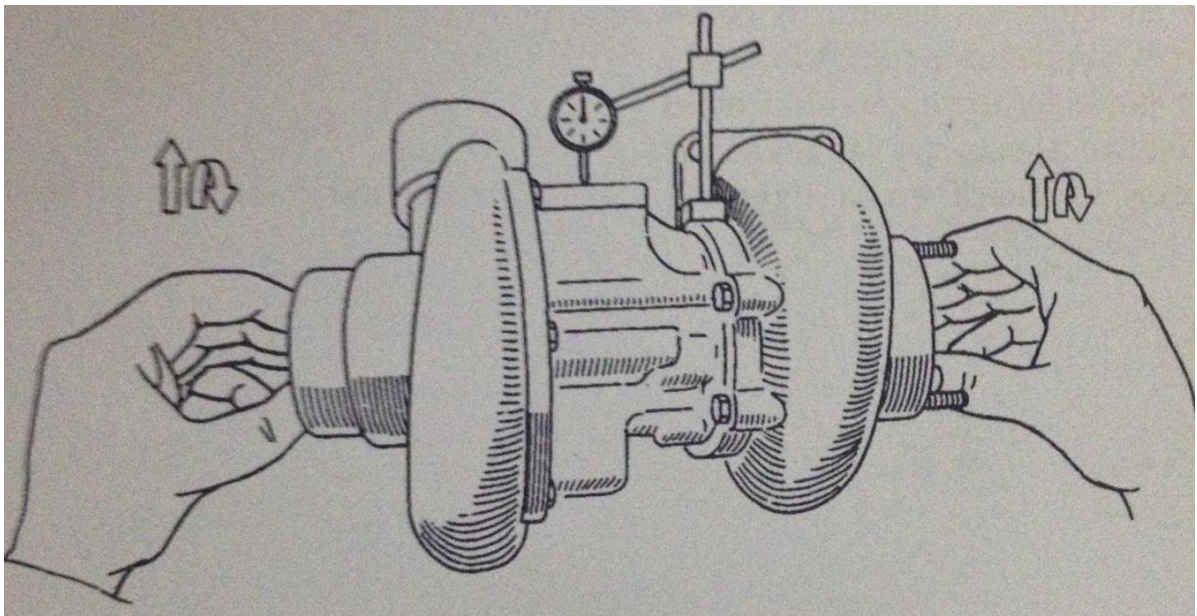


FIGURA 19. Verificación de la tolerancia del cojinete radial. *Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.*

7.4 COMPROBACION DE TOLERANCIAS

Una vez desmontado el cuerpo central del turbo con su eje de giro incorporado y también, por supuesto, con los dos rodets del compresor y turbina, puede realizarse con mayor comodidad la comprobación de las tolerancias axiales y radiales. Este trabajo puede determinar la necesidad de desmontar totalmente el cuerpo y el eje, o bien, la inutilidad de llevarlo a cabo si las piezas se encuentran dentro de las tolerancias admitidas por el fabricante. Si eso fuera así solamente se necesitaría proceder a la limpieza del turbo y no habría necesidad de realizar el desmontaje.

La comprobación de las tolerancias con el cuerpo central desmontado resulta más fácil. Colocando una base magnética para comprobar la superficie plana del cuerpo central después de haber sujetado el eje en un tornillo de banco, con unas mordazas blandas o a veces con un dispositivo apropiado de sujeción que impida el giro del rotor y la turbina. (Tener precaución en esta operación de no dañar los alabes). Para los turbocompresores pequeños suelen encontrarse valores admisibles entre 0.08 mm a 0.13 mm, aunque puede darse caso de 0.025 mm a 0.10 mm, como se dijo, según el modelo y el fabricante del turbo.

La segunda comprobación consiste en el juego radial, se efectúa con una disposición del comparador seguido de un desplazamiento con las manos del cuerpo del turbo. El plapador del comparador debe apoyarse sobre una de las caras de hexágono de la tuerca extrema de fijación y la diferencia indicada será el valor de la tolerancia. Hay que cotejarlo con lo indicado por el fabricante del turbo, pero estos valores suelen mantenerse entre 0.075 mm en la zona baja y 0.18 mm en la alta, sin embargo depende del tiempo del turbocompresor y del indicado por su fabricante.

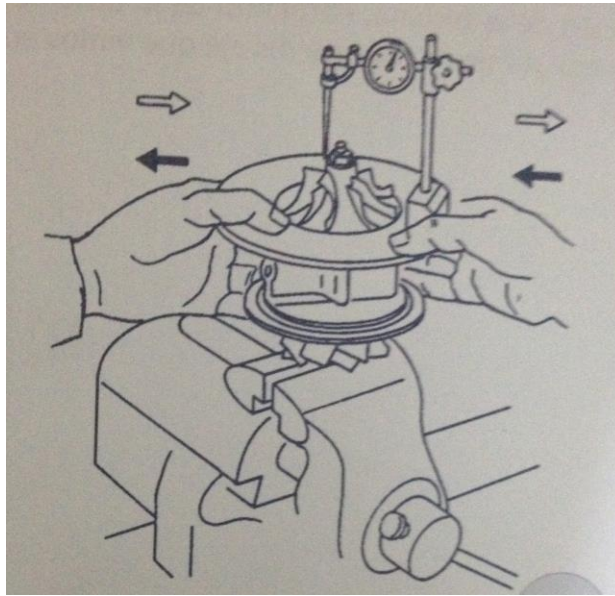


FIGURA 20. Comprobación de juego radial en el cuerpo del turbocompresor. Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.

7.5 COMPROBACION EN EL EJE Y LOS RODETES

Ahora vamos a proceder a realizar algunas verificaciones en el estado del eje de giro para determinar sus buenas condiciones y la posibilidad de su aprovechamiento. En primer lugar verificar el giro concéntrico de la turbina, empleando un comparador. El eje se coloca en un utillaje de soporte y se monta en su extremo un comparador, a unos 10mm de la zona roscada, en el asiento del cojinete. Se hace girar lentamente el eje y se toma nota del salto que se detecta en la aguja, el salto máximo debe ser de 0.01 mm (aunque el dato puede ser diferente según el tiempo del turbocompresor, por lo tanto hay que tener los datos del fabricante).

Otra verificación importante es la del alabeo de los rodets que pueden medirse con gran exactitud y comodidad cuando el eje esta desmontado, partiendo de la base del mismo utillaje de soporte del eje, se coloca el comparador con su

palpador en contacto con la base de la turbina y se hace girar comprobando en cada momento el salto que produce la aguja, no debe haber alabeo. De igual forma se puede proceder a medir el alabeo del rodete compresor, para ello hay que proceder a su montaje provisional con su tuerca de sujeción, girando el eje se podrá comprobar el salto que se origina en el giro. Si existen evidentes muestras de desacoplamiento de todas estas piezas no hay más remedio que acudir a su sustitución.

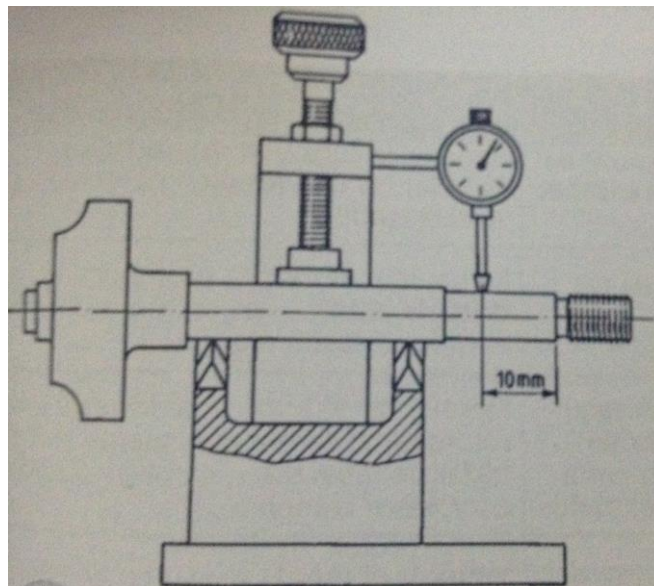
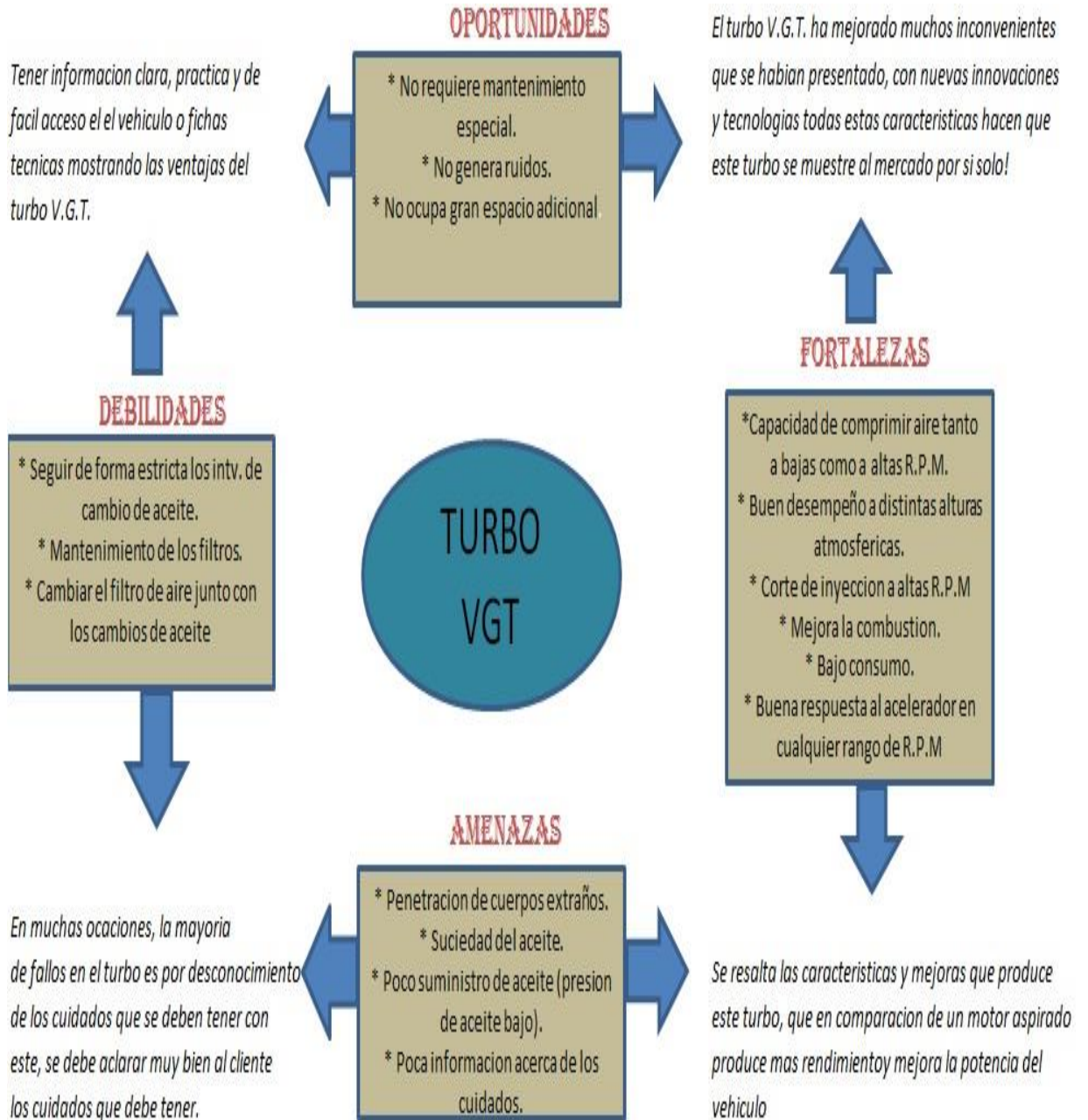
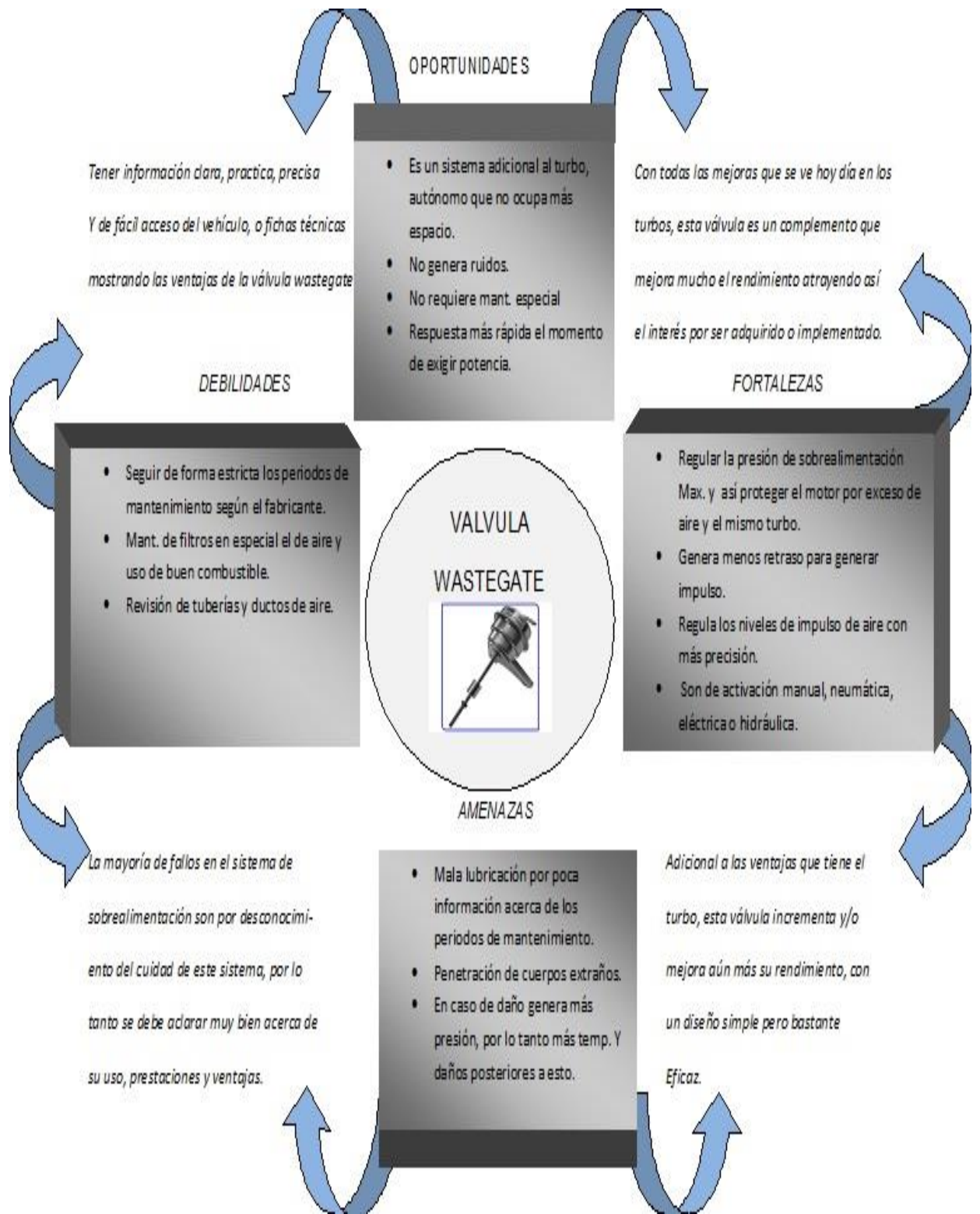


FIGURA 21. Verificación de alabeo de los rodetes en la base de la turbina. *Técnicas de Sobrealimentación. Ediciones Ceac, 2002.*

8 MATRIZ DOFA





9. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La contaminación de los motores diesel es peligrosa, en especial en países como los nuestros en los cuales o no existen reglamentaciones, o donde no se hacen cumplir las mismas la ausencia de normas al respecto, hace que los habitantes de las grandes ciudades respiremos sustancias nocivas, con alto contenido de veneno. Se puede afirmar entonces que gran parte de los contaminantes de los gases de escape, inhalados en una fuerte dosis son muy nocivos para la salud. Algunos de ellos provocan enfermedades graves en el sistema respiratorio y en la piel, mientras que otros en ciertas condiciones, pueden provocar la muerte a corto o largo plazo; por el funcionamiento del motor diesel, con exceso de aire, las normas anticontaminación suponen una extremadamente sensible merma de prestaciones, por lo que se incorpora el turbocompresor como un elemento más e imprescindible, además de la utilización de otros sistemas que ayudan a minimizar el exceso de emisiones contaminantes como:

1. Acelerador electrónico
2. Calculador electrónico de inyección diesel
3. Catalizador de dos vías o funciones (CO y HC)
4. Turbocompresor
5. EGR (NO_x)
6. Control electrónico de inyección (“common raíl”)
7. Sensor de calidad de combustión

Mientras que los motores de encendido por chispa han perdido el favor del diseño de turbo secuencia muchas empresas ahora hacen diesel motores con turbos secuenciales con el fin de reducir las emisiones. Caterpillar Inc. motores ACERT

utilizan turbos secuenciales, así como internacional en algunos de sus nuevos motores.

10. TENDENCIAS TECNOLOGICAS DE TURBO ALIMENTADORES

BITURBOS

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, se ha mostrado los avances que ha tenido los turbos durante el pasar del tiempo y una de las falencias que presenta es la baja eficiencia a bajas R.P.M y como se ha dado solución para mejorar esto; como sabemos, el uso de unidades de turbocompresor con geometría variable (VTG), no sirve para motores de gasolina, ya que la temperatura de los gases de escape de los motores de gasolina es tan alta que deteriora los materiales que forman el mecanismo de la geometría variable. Así que el uso de este tipo de turbocompresor está descartado, otra solución posible sería utilizar una unidad de turbocompresor de tamaño reducido, con este se consigue que se empiece la sobrealimentación desde bajas r.p.m. del motor. Pero tiene el inconveniente de que altas r.p.m. no sobrealimenta lo suficiente.

Por las razones anteriores el uso de un turbocompresor en ocasiones no es suficiente, si se quiere conseguir una potenciación del motor tanto a bajas r.p.m. como a altas. Se ha venido planteando varias soluciones desde hace tiempo y una de ellas es la implementación de dos sobre-alimentadores colocados uno detrás del otro.

El sistema biturbo de turbos hermanados o escalonados o también conocidos como turbos secuenciales (secuencial twin-turbo) fue desarrollado por los ingenieros resultantes del departamento deportivo de la marca de automóviles Opel OPC (Opel Performance Center). Basta con considerar las presiones efectivas alcanzadas para darse cuenta del enorme potencial del motor equipado con dos turbos escalonados. Mientras que las versiones Diesel sobrealimentadas clásicas funcionan a presiones incluidas entre 1,7 y 1,9 bares, el motor de 1,9 L de dos turbos escalonados llega a presiones efectivas de 2,6

bares. Esta presión tiene una influencia directa sobre la potencia del motor cuanto más alta es la cifra mayor es la potencia desarrollada por el motor. Para que se pueda utilizar la técnica de los turbos escalonados, es necesario que el bloque motor sea especialmente robusto y que pueda resistir presiones enormes, incluso después de un fuerte kilometraje.

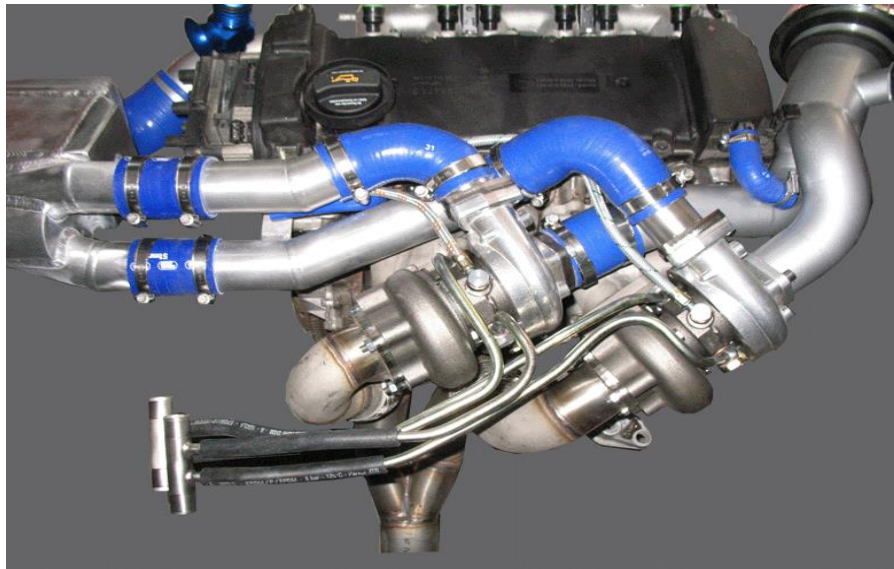
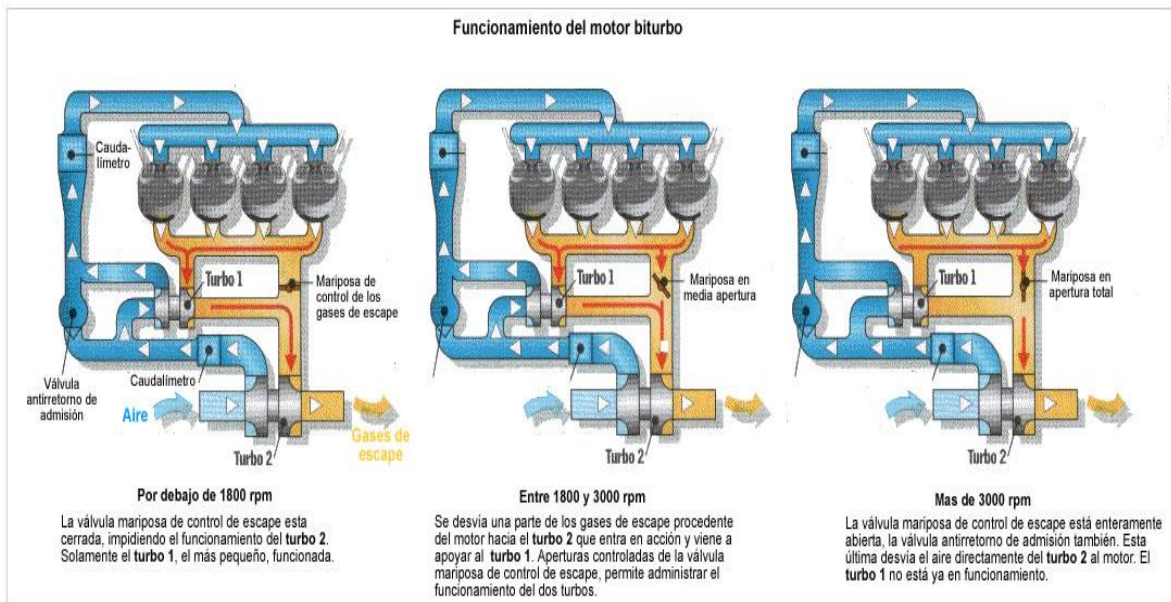


FIGURA 22. Turbo secuencial o secuencial twin turbo
www.racing.es.

Por lo general, los turbocompresores de alto flujo más grandes no son tan eficientes a bajas RPM, lo que resulta en presiones del colector de entrada más bajo en estas condiciones, por otro lado, los turbos pequeños “carrean” rápidamente a bajas revoluciones, pero no pueden suministrar suficiente aire a mayor velocidad del motor. El sistema biturbo fue diseñado para mejorar la respuesta y reducir aún más el retraso del turbo. Los turbos operan secuencialmente, es decir, a baja velocidad, toda la limitada cantidad de gases de escape se dirige a impulsar una de las pequeñas turbinas, dejando otra inactiva. Por lo tanto, la primera turbina se acelerará rápidamente generando así varios beneficios de este pequeño turbo, tales como generar un umbral de más

bajo impulso, mínimo retraso del turbo, y una mayor potencia a bajas revoluciones. Cuando el flujo de escape alcanza cantidad suficiente para conducir ambos turbos, el segundo turbo interviene y ayuda a alcanzar la presión máxima de sobrealimentación. De este modo, una instalación completa de doble turbocompresor proporciona los beneficios asociados con un gran turbo, incluyendo la salida de potencia máxima, sin la desventaja de un mayor retraso del turbo.



El resultado de un biturbo es un soplado constante y creciente desde poco más del ralentí hasta el corte de la inyección. En estas condiciones, es fácil hablar de entre 90 y 105 CV por litro (un 285% más que nuestro veterano motor atmosférico de referencia), alcanzándose en competición los 150 CV por litro, con cifras de par motor que rondan los 270 kgm.

Es posible utilizar el funcionamiento en paralelo con más de dos turbocompresores. Dos ejemplos son el Bugatti EB110 y Bugatti Veyron, ambos de los cuales ejecuta cuatro turbocompresores en paralelo. El EB110 corre 4 turbos en un motor de 3,5 litros V12, que produce 542 caballos de fuerza (404 kW)

a 8.000 rpm, mientras que el Veyron utiliza un motor de 16 cilindros 8,0 litros para generar 1001 PS (736 kW ; 987 hp).

Es evidente que un motor biturbo tiene más piezas susceptibles de averiarse, además de requerir de una muy complicada conexión de turbos, ejemplo: la conexión de los múltiples de escape y admisión para llegar a los turbos pero a cambio ofrece –a igualdad de potencia– menos peso, un consumo inferior y un nivel más bajo de emisiones contaminantes, argumentos más que suficientes para que Volkswagen e Isuzu hayan incorporado este sistema en todos sus pick up Amarok y D-Max, respectivamente; Land Rover lo emplea en el Discovery, y todas las marcas de lujo se hayan rendido a sus encantos para propulsar sus todo caminos y todoterrenos.asi que mejorar la respuesta en las inmediaciones del ralentí es el próximo reto.

Existe otro tipo de configuración en la que se utilizan dos turbos denominados paralelo twin –turbo y hace referencia a la implementación de dos turbocompresores idénticos funcionando simultáneamente, dividiendo las tareas de turbo alimentación por igual, cada turbocompresor es accionado por medio de la energía de escape del motor, en la mayoría de situaciones el aire comprimido desde ambos turbos se combina en un común colector de admisión y se envía a los individuales cilindros, generalmente se ve este sistema en motores en V. donde un turbo sirve para cada banco ahorrando espacio y generando menos retraso del turbo, algunos motores de doble turbo tienen los turbos dispuestos de tal manera que el flujo de gases de escape de un banco de cilindros conduce un turbo que aumenta la ingesta de otro banco, esto es en realidad lo que se conoce como bucle de retroalimentación que ayuda a la balanza de poder alcanzar entre estos dos bancos

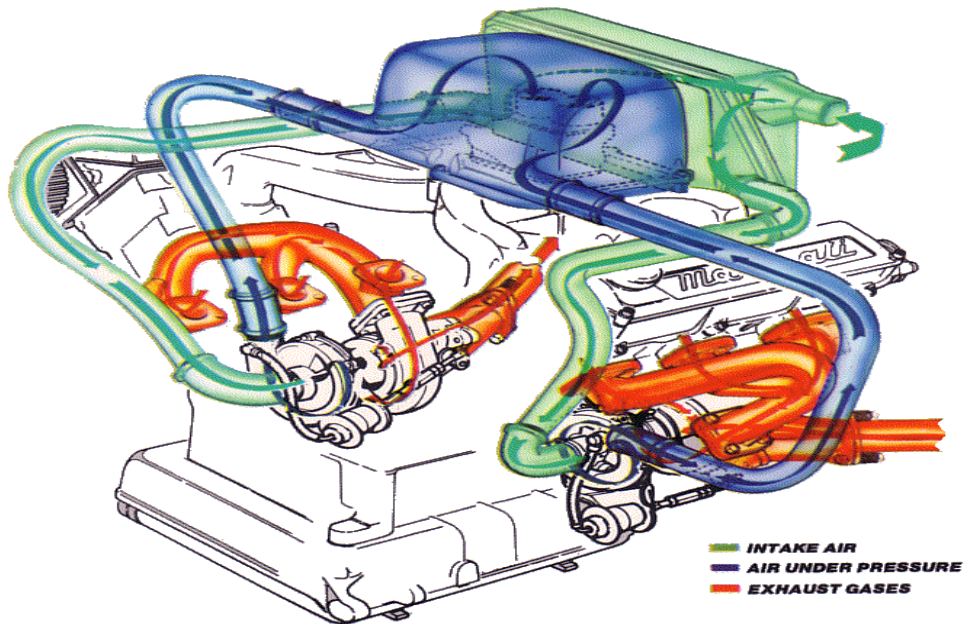


FIGURA 24. Explicación grafica del funcionamiento del turbo paralelo o paralelo twin turbo. www.maserati.com

TRITURBOS

Un nuevo sistema de sobrealimentación que está evolucionando es el sistema de triturbos en fase de desarrollo lograda por ahora en la maraca alemana BMW en su nueva gama de vehículos M Performance basada en los modelos de serie normales pero a los que se incorpora un nuevo y espectacular motor turbodiésel con tres turbocompresores y una potencia de 381 caballos.

Esta nueva categoría de automóviles se estrena con cuatro modelos, que básicamente comparten el nuevo motor diesel de seis cilindros en línea con triple turbocompresor, que tiene una potencia de 381 CV y un par máximo de 740 Nm. Esto se traduce en un consumo medio homologado de sólo 6,3 L/100 km, unas emisiones de 165 g/Km de CO₂, y una aceleración de 0 a 100 km/h en 4,7 segundos.



FIGURA 25. Grafica 3D del funcionamiento del triturbo
www.elconfidencial.com

Esta optimización de potencia es el resultado de la última generación de la tecnología M Performance TwinPower Turbo. Es la primera vez que en un motor de BMW se utilizan tres unidades turbo. Gracias a su tamaño, su disposición y su funcionamiento coordinado, estas unidades garantizan la máxima entrega de potencia a lo largo de un amplio margen de revoluciones.

El sistema incluye dos unidades turbo relativamente pequeñas y otra grande. El funcionamiento coordinado de las tres unidades se adapta con gran precisión a la solicitud de potencia, dependiendo de las circunstancias dinámicas, se aprovecha el mínimo momento de inercia de las unidades turbo pequeñas para que el coche responda espontáneamente, además, el funcionamiento coordinado con la unidad de mayor tamaño genera una presión de carga muy alta para aprovechar al máximo la potencia del motor.

Este motor se diferencia de sus competidores no sólo en el combustible, sino también en el funcionamiento y la actuación de sus turbos.

Éstos actúan de forma diferente a lo que hemos visto hasta ahora. Mientras que en otros motores con más de un turbo observamos que a medida que vamos generando más carga al motor, el primer turbo se “desconecta” para dejar paso al segundo, en el caso de BMW, los turbos van sumándose uno tras otro

El sistema de sobrealimentación de BMW no desconecta ninguno de los turbos, sino que los va conectando a medida que vamos subiendo de vueltas el motor, esto quiere decir que en el momento que arrancamos este 6 cilindros bávaro e iniciamos la marcha, se activa el turbo de “bajas” (geometría variable) con el fin de que notemos una gran suavidad en los arranques a medida que vamos llegando a medio régimen, el segundo turbo (más grande) se activa, con la diferencia de que éste no es de geometría variable, sino fija, si seguimos generando carga al motor, existe una válvula que será la encargada de que se conecte el tercer y último turbo, que al igual que el primero, es de geometría variable con esta combinación se consigue una entrega de par continua desde que iniciamos la marcha hasta que llegamos a la zona roja del cuentarrevoluciones.

Para llegar a estas cifras de rendimiento, únicamente de turbos no vive un motor, por lo que BMW ha efectuado una serie de modificaciones entre ellas podemos destacar el nuevo cárter de aluminio y el sistema de inyección por conducto común o “common rail” que optimiza el grado de eficiencia del diesel unido a inyectoros de tipo piezoeléctrico capaces de aplicar una presión máxima de 2.200 bar para lo cual a semejante presión lo único que podríamos ver en la cámara de combustión sería “polvo” de combustible. Este concepto innovador y único en el mundo de carga escalonada constituye una manera especialmente eficiente de aumento de potencia.

11. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION MONTAJE Y DESMONTAJE.

- Drenar refrigerante del motor
- Desmontar la manguera y la tubería de admisión de aire
- Desmontar el conducto de aire y la tubería de admisión de aire

- Desmontar la cubierta o aislador de calor del colector de escape
- Desmontar la salida de escape y catalizador
- Desmontar el perno de ojal y la manguera de agua del tubo de agua
- Aflojar y extraer los pernos de ojal del tubo de suministro de aceite
- Desmontar el turbocompresor con el tubo de agua, el tubo de suministro y retorno de aceite. Procurar que no se deforme el tubo de agua y el tubo de suministro y retorno de aceite
- Desmontar el tubo de agua y el tubo de suministro y retorno de aceite del compresor. Procurar no desarmar o ajustar el turbocompresor , tener cuidado de que no toque el vehículo y no sostener el actuador de control de vacío del turbocompresor y la varilla del mismo

Tubo De Aceite Y De Agua

- Limpiar el interior del tubo de suministro y retorno de aceite al igual que el tubo de agua, y comprobar que no esteme obstruidos
- Sustituir el tubo de suministro y retorno de aceite y o el tubo de agua si sigue habiendo obstrucción tras su limpieza.

Inspección Posterior Al Desmontaje

- Si la turbina de la rueda del compresor, la rueda o el eje del rotor están dañados. Quitar todos los restos y partículas extrañas de la secciones siguientes para evitar que se produce una avería secundaria

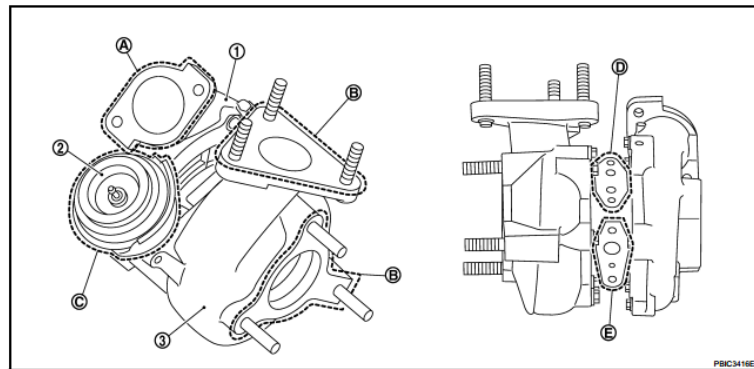


FIGURA 26. 1. Alojamiento del compresor. 2. Actuador del control de vacío del turbocompresor. 3. Alojamiento de la turbina. A. Comprobar si hay fugas de presión de aire de carga. B. Comprobar si existe fugas de gas de escape. C. Comprobar si hay fugas de presión de aire negativa. D. Comprobar si hay pérdidas de refrigerante del motor. E. Comprobar si hay pérdidas de aceite de motor. Manual motor DIESEL YD NISSAN.

Holgura Del Eje Del Rotor

- Comprobar que el eje del rotor gira suavemente sin ninguna resistencia, al girarlo manualmente
- Comprobar que el eje del rotor no está flojo al moverlo verticalmente y horizontalmente
- Medir la holgura con un calibrador de cuadrante insertando su varilla de medición en el orificio de drenaje del turbo compresor

Estándar: 0.086 – 0.117 mm

- Reemplazar el turbocompresor si esta fuera del estándar

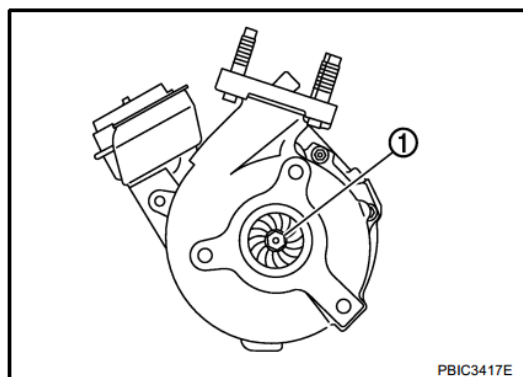


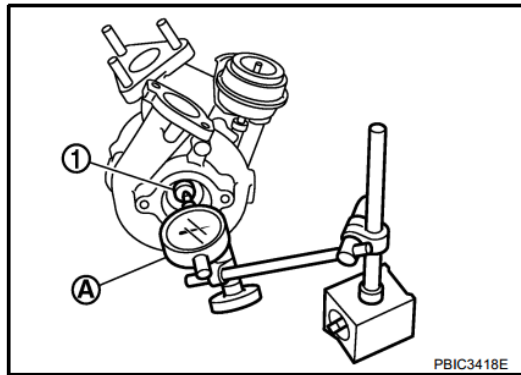
FIGURA 27. Holgura en el eje del motor. Manual motor DIESEL YD NISSAN.

Juego Axial Del Eje Del Rotor

- Colocar un calibrador de cuadrante en el extremo del eje del rotor , en la dirección axial, para medir el juego axial

Estándar: 0.036 – 0.090 mm

- Reemplazar el turbo compresor si esta fuera del estándar



*FIGURA 28. Verificación de juego axial en el eje rotor.
Manual motor DIESEL YD NISSAN.*

Rueda de la turbina

- Comprobar que no exista aceite del motor adherido
- Comprobar que no exista acumulación de carbonilla
- Comprobar que las aspas de la rueda de la turbina no estén rotas o dobladas
- Comprobar que la ruda de la turbina no interfiera con la carcasa de la turbina

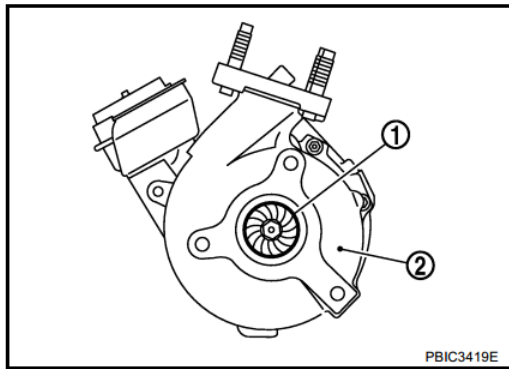


FIGURA 29. Montaje de la rueda de la turbina.
Manual motor DIESEL YD NISSAN.

Rueda Del Compresor

- Comprobar que no halla aceite adherido en el interior de la admisión de aire
- Comprobar que la rueda del compresor no interfiera con el alojamiento del compresor
- Comprobar que la rueda del compresor no este rota o doblada

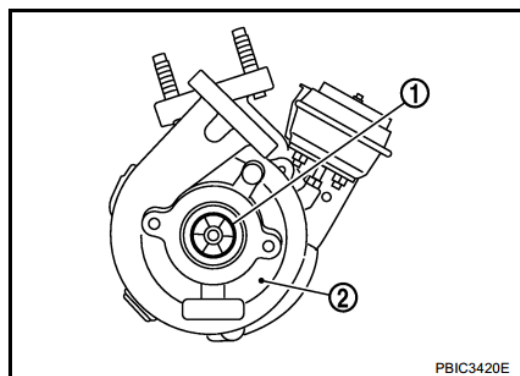


FIGURA 30. Montaje de la rueda del compresor.
Manual motor DIESEL YD NISSAN.

Actuador De Control De Vacío Del Turbocompresor

- Conectar la bomba de vacío manual al actuador del control de la presión del turbocompresor , y asegurarse de que la varilla golpea suavemente de conformidad con la presión del calibrador de cuadrante
- Presión que se ha de aplicar al actuador del control de la presión del turbocompresor para mover el extremo de la varilla

Estándar (cantidad de la carrera de la varilla/presión): de 52 a 54,6 kPa (de 520 a 546 mbar, de 390 a 410 mmHg) / 0.2 mm; de 32 a 40 kPa (de 320 a 400 mbar, de 240 a 300 mmHg) / 5mm

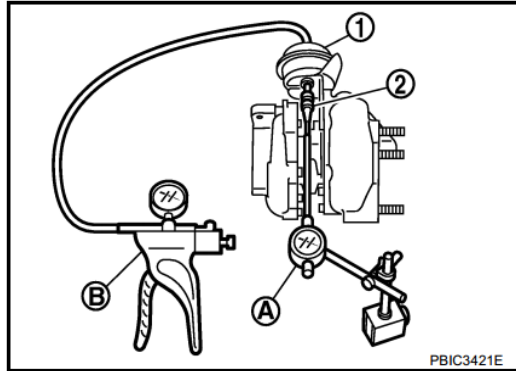


FIGURA 31. Verificación del control de vacío del turbocompresor. Manual motor DIESEL YD NISSAN.

Montaje

- Si se extrae un perno de esparrago sustituirlo por uno nuevo y apretarlo al par de 25,5 Nm (2.6 kgm).

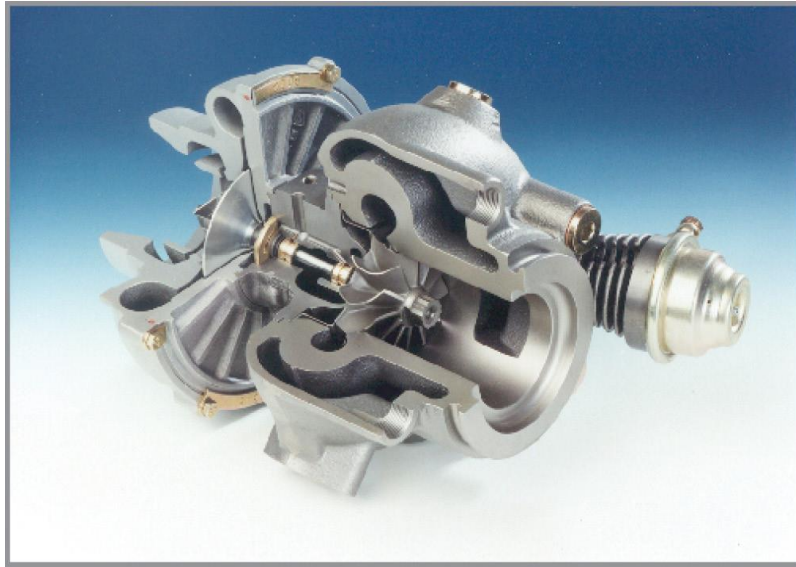


FIGURA 32. Turbocompresor en corte. <http://motoradiesel.com.mx/noticias/dummy-item/561-turbo-compresores-solucion-a-las-nuevas-normas-de-emision-.html>

Bibliografía

Técnicas de sobrealimentación. Hermogenes Gil. Ceac técnico automóvil. 2002
Manual de la técnica del automóvil 4ª edición. Bosch. 2005
Turbocompresores de geometría variable. Mario Ortega Alvear. Alfaomega.2004
Motores de combustión interna alternativos. Editorial Reverte.2012
Manual Motor Diesel YD NISSAN.

Webgrafía

<http://www.turbos.bwauto.com/es/products/turbochargerAdvantages.aspx>

<http://www.taringa.net/comunidades/f1fans/8174900/Tecnica-Los-autos-nuevos.html>

<http://www.takeoffbriefing.com/como-funciona-un-turbocompresor-motor-sobrealimentado-video/>

<http://www.slideshare.net/1234die/compresores-8101256>

<http://forums.bcmr2.com/viewtopic.php?f=3&t=11577>

<http://motordiesel.com.mx/noticias/dummy-item/561-turbo-compresores-solucion-a-las-nuevas-normas-de-emision-.html>

GLOSARIO

Con el propósito de brindar bases para una sencilla comprensión del tema que se está tratando se ha realizado una selección muy precisa de los términos más usados para una fácil comprensión del tema.

-Diésel: Motor de combustión interna por inyección y compresión de aire y combustible, que no necesita bujías, cuyo componente principal es el gasóleo este es destilado del petróleo crudo que se purifica especialmente para eliminar el azufre.

-Inyección: Acción y efecto de inyectar, en este caso oxígeno, para aumentar el rendimiento en la combustión por el hecho de quemar mejor el combustible.

-Control electrónico : Pieza ubicada en la parte trasera de la bomba de inyección que se encarga de entregar el combustible exacto en el momento indicado controlando de esta manera el combustible inyectado dicho proceso lo realiza mediante el desplazamiento de una cremallera que se encuentra internamente en el equipo.

-Turbocompresor: Máquina que consigue elevar el valor de presión de aire que penetra a través del conducto de admisión sin consumir la energía efectiva del motor.

-Presión de aire: Acto de comprimir o ejercer fuerza sobre un fluido en este caso determinado el oxígeno.

-Caudal: Cantidad de fluido de una corriente, para este caso en específico hablamos del caudal de aire suministrado a las cámaras.

-Álabes: Paleta curva de una turbo máquina o máquina de fluido roto dinámica. Forma parte del rodete y, en su caso, también del difusor o del distribuidor. Desvían el flujo de corriente, bien para la transformación entre energía cinética y

energía de presión por el principio de Bernoulli, o bien para intercambiar cantidad de movimiento del fluido con un momento de fuerza en el eje.

Anexo Imágenes Ayuda Didáctica

