

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCIÓN REY BALDUINO DE BELGICA

SOBREALIMENTACIÓN SECUENCIAL EN MOTOR MTU 396 16V TB94

Trabajo de titulación para optar al título
profesional de técnico universitario en
MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Nombre del alumno
DIEGO IGNACIO LIZAMA VARGAS

Nombre profesor guía.
FABRIZIO CARIÑE AVENDAÑO

2022

RESUMEN

- Capítulo 1: Da a conocer un poco de la historia de la sobrealimentación en los motores, las normas Tier y Euro que se rigen actualmente para su aplicación en los motores de ámbito naval y uso de herramientas que se necesitan para el desmonte y arme de los turbos sobrealimentadores.
- Capítulo 2: Identifica que es la sobrealimentación secuencial en el motor MTU 396 TB94. Da a conocer valores de servicio, los subconjuntos que permiten que el sistema funcione correctamente con sus datos técnicos y funcionamiento. Explicación detallada de la conexión y desconexión de los turbos dependiendo de las RPM, así mismo los estados de conexión de las válvulas electromagnéticas.
- Capítulo 3: Explicación paso a paso y detallada sobre el arme y desarme de los turbos sobrealimentadores, tolerancias y valores límites de las piezas con mas carga de trabajo para una posible sustitución de repuestos.
- Capítulo 4: Cotización de repuestos de los turbos sobrealimentadores que comercializa el fabricante con valores en peso chileno.

INDICE

RESUMEN.....8

INDICE 9

INDICE DE FIGURAS.....15

INDICE DE TABLAS 19

SIGLAS Y SIMBOLOGIA.....20

 SIGLAS.....20

 SIMBOLOGIA.....20

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 2

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECIFICOS.....2

 CAPITULO 1: HISTORIA Y NORMATIVA DE LA SOBREALIMENTACIÓN EN MOTOR MTU 396 16V TB94 3

 1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA 4

 1.2 NORMATIVA PARA EL MOTOR MTU 396 6

 1.2.1. TIER.....6

 1.2.2. OMI.....6

 1.2.3. MARPOL 6

 1.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO 8

 1.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO 8

 1.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....8

 1.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....9

 1.4. HERRAMIENTAS MANUALES POR UTILIZAR.....10

 1.5. HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN POR UTILIZAR.....11

 1.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL 12

 CAPITULO 2: SOBREALIMENTACIÓN SECUENCIAL EN MOTOR MTU 396 TB94 Y SUS SUBCONJUNTOS 13

 2.1 MOTOR APLICADO EN LM CASMA 14

2.1.1. DATOS DE LANCHA MISILERA CASMA:	14
2.2 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR MTU 16V 396 TB94.....	15
2.2.1. DESIGNACIÓN DE TIPO DEL MOTOR MTU 16V 396 TB 94	15
2.2.2. POTENCIA DEL MOTOR.....	15
2.2.3. VISTA DE CONJUNTO DEL MOTOR	15
2.2.4. DESIGNACIÓN DE LOS LADOS DEL MOTOR Y CILINDROS.....	16
2.2.5. DESIGNACIONES Y ABREVIATURAS VALIDAS	17
2.2.6. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MOTOR.....	17
2.2.7. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL MOTOR	18
2.2.8. CAPACIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACIÓN.....	18
2.2.9. CAPACIDAD DEL AGUA EXTERNA	18
2.2.10. LLENADO DE ACEITE	18
2.3 VALORES DE SERVICIO	19
2.3.1 TEMPERATURAS	19
2.3.2. CONSUMO.....	20
2.3.3. MANDO DE LOS SOBREALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE – VALORES LIMITE Y VALORES DE AJUSTE.....	21
2.3.4. TURBOS SOBRE ALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE – NÚMEROS DE REVOLUCIONES LIMITE.....	21
2.3.5. TURBO SOBRE ALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE – PUNTOS DE CONEXIÓN	21
2.3.6. TURBO SOBRE ALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE – CONEXIÓN ALTERNA	22
2.4. SOBREALIMENTACIÓN EN MTU 396 16V TB94	23
2.5. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE B2.....	24
2.5.1. DATOS TÉCNICOS.....	24
2.5.2. DESCRIPCIÓN	25
2.5.3. FUNCIONAMIENTO.....	25
2.6. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE A Y B1.....	26
2.6.1 DATOS TÉCNICOS.....	26
2.6.2. DESCRIPCIÓN	27

2.6.3. FUNCIONAMIENTO.....27

2.7. ADMISIÓN DE AIRE 28

2.7.1 DESCRIPCIÓN 28

2.8. CONDUCCIÓN DE GASES DE ESCAPE.....30

2.8.1. DESCRIPCIÓN 30

2.9. FILTRO DE AIRE 32

2.9.1. DATOS TÉCNICOS.....32

2.9.2. DESCRIPCIÓN 32

2.9.3. FUNCIONAMIENTO.....32

2.10. REFRIGERADOR DE AIRE DE SOBREALIMENTACIÓN 33

2.10.1. DATOS TÉCNICOS.....33

2.10.2. DESCRIPCIÓN 33

2.10.3. FUNCIONAMIENTO 34

2.11. CHAPALETAS DE CIERRE RÁPIDO 35

2.11.1. DATOS TÉCNICOS.....35

2.11.2. DESCRIPCIÓN 35

2.11.3. FUNCIONAMIENTO 36

2.11.4. ACCIONAMIENTO MANUAL 36

2.12. CONDUCTO DE DESAGÜE 37

2.12.1 DATOS TÉCNICOS.....37

2.12.2. DESCRIPCIÓN 37

2.13. CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES 38

2.13.1. DATOS TÉCNICOS.....38

2.13.2. DESCRIPCIÓN 39

2.13.3. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES EN EL CAMPO DE CONEXIÓN I.....41

2.13.4. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES EN EL CAMPO DE CONEXIÓN II 42

2.13.5. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES EN EL CAMPO DE CONEXIÓN III 43

2.15.6. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES EN EL CAMPO DE CONEXIÓN IV	44
2.15.7. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES EN EL CAMPO DE CONEXIÓN V	45
2.15.8. PROCESO DE MANIOBRA DEL EQUIPO DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES AL BAJAR VELOCIDAD DEL MOTOR	46
2.14. BARRA COMPENSADORA.....	47
2.14.1. DATOS TÉCNICOS.....	47
2.14.2. DESCRIPCIÓN	47
2.14.3. FUNCIONAMIENTO	47
2.15. CHAPALETAS DE ESCAPE.....	48
2.15.1. DATOS TÉCNICOS.....	48
2.15.2. DESCRIPCIÓN	48
2.16. VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA DE 4/2 VÍAS.....	50
2.16.1. DATOS TÉCNICOS.....	50
2.16.2. DESCRIPCIÓN	51
2.17. VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA	52
2.17.1. DATOS TÉCNICOS.....	52
2.17.2. DESCRIPCIÓN	52
2.18. PRECALENTADOR DEL AIRE DE SOBREALIMENTACIÓN	53
2.18.1. DATOS TÉCNICOS.....	53
2.18.2. DESCRIPCIÓN	53
2.18.3. FUNCIONAMIENTO	54
2.19. MANDO DE LOS SOBREALIMENTADORES.....	55
2.19.1. ESQUEMA MANDO DE LOS SOBRE ALIMENTADORES	56
2.19.2. DATOS TÉCNICOS.....	56
2.19.3. DESCRIPCIÓN	56
2.19.4. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS DURANTE EL ARRANQUE DEL MOTOR.	58

2.19.5. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES I.....	58
2.19.6. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES II.	59
2.19.7. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES III.....	60
2.19.8. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES IV.....	61
2.19.9. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES V.....	62
2.20. MANDO DEL PRECALENTADOR DE AIRE DE SOBREALIMENTACIÓN	63
2.20.1. DATOS TÉCNICOS.....	64
2.20.2. DESCRIPCIÓN	64
CAPITULO 3: DESARME, LIMPIEZA, COMPROBACION DE LAS PIEZAS Y ENSAMBLE DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE MTU ZR-170 Y ZR-140	66
3.1. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE B2.....	67
3.1.1. DATOS TÉCNICOS.....	67
3.2. PROCESO DE DESARME PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	68
3.3. LIMPIEZA DE LAS PIEZAS DESMONTADAS	70
3.4. COMPROBACIÓN DE LAS PIEZAS	71
3.4.1. INDICACIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS Y VALORES DE DESGASTE	71
3.5. TOLERANCIAS Y VALORES LIMITES.....	72
3.5.1. RUEDA DE TURBINA.....	73
3.5.2. RUEDA COMPRESORA.....	73
3.5.3. CAJAS	73

3.5.4. CAJA PORTA COJINETES.....	74
3.5.5. PLATILLO DE RADIACION.....	74
3.5.6. CAJA DE TURBINA.....	74
3.5.7. VALVULAS DE AIRE DE BLOQUEO	75
3.6. PROCESO DE ARME.....	76
3.7. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE A Y B1.....	83
3.7.1. DATOS TÉCNICOS.....	83
3.8. PROCESO DE DESARME PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	84
3.9. LIMPIEZA DE LAS PIEZAS DESMONTADAS	86
3.10. COMPROBACIÓN DE LAS PIEZAS	87
3.10.1. INDICACIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS Y VALORES DE DESGASTE	87
3.10.2. RUEDA DE TURBINA.....	89
3.10.3. RUEDA COMPRESORA.....	89
3.10.4. CAJAS	89
3.10.5. CAJA PORTA COJINETES.....	90
3.10.6. PLATILLO DE RADIACIÓN.....	90
3.10.7. CAJA DE TURBINA.....	90
3.10.8. VALVULAS DE AIRE DE BLOQUEO	91
3.11. PROCESO DE ARME.....	92
CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONOMICA	99
CONCLUSIÓN.....	101
BIBLIOGRAFÍA	102
LINKOGRAFIA	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1: Casco de seguridad..... 12

Figura 1- 2: Overol de seguridad 12

Figura 1- 3: Guantes de cabritilla..... 12

Figura 1- 4: Lentes de seguridad..... 12

Figura 1- 5: Zapatos de seguridad..... 12

Figura 2 - 1: Lancha 14

Figura 2 - 2: Lancha 14

Figura 2 - 3: Vista motor..... 15

Figura 2 - 4: Designación de lados del motor 16

Figura 2 - 5: Dimensiones del motor..... 18

Figura 2 - 6: Sobrealimentación en MTU 396 23

Figura 2 - 7: Turbo sobrealimentador B2..... 24

Figura 2 - 8: Turbo sobrealimentador A y B1..... 26

Figura 2 - 9: Admisión de aire 28

Figura 2 - 10: Conducción de gases de escape..... 30

Figura 2 - 11: Filtro de aire 32

Figura 2 - 12: Filtro de aire 32

Figura 2 - 13: Refrigerador de aire de sobrealimentación..... 33

Figura 2 - 14: Chapaletas de cierre rápido 35

Figura 2 - 15: Conducto de desagüe..... 37

Figura 2 - 16: Conexión de los turbos sobrealimentadores..... 38

Figura 2 - 17: Grafico r.p.m. - conexión de los turbos sobrealimentadores..... 39

Figura 2 - 18: Estado de conexión sobrealimentador I 41

Figura 2 - 19: Estado de conexión sobrealimentador II 42

Figura 2 - 20: Estado de conexión sobrealimentador III..... 43

Figura 2 - 21: Estado de conexión sobrealimentador IV 44

Figura 2 - 22: Estado de conexión sobrealimentador V 45

Figura 2 - 23: Barra compensadora 47

Figura 2 - 24: Chapaleta de escape 48

Figura 2 - 25: Válvula electromagnética 4/2 vías 50

Figura 2 - 26: Válvula electromagnética..... 52

Figura 2 - 27: Precalentador de aire de sobrealimentación 53

Figura 2 - 28: Mando de los sobrealimentadores 55

Figura 2 - 29: Esquema de mando 56

Figura 2 - 30: Estados de conexión válvulas electromagnéticas.....	58
Figura 2 - 31: Estados de conexión válvulas electromagnéticas I	58
Figura 2 - 32: Estados de conexión válvulas electromagnéticas II	59
Figura 2 - 33: Estados de conexión válvulas electromagnéticas II	59
Figura 2 - 34: Estados de conexión válvulas electromagnéticas III.....	60
Figura 2 - 35: Estados de conexión válvulas electromagnéticas IV.....	61
Figura 2 - 36: Estados de conexión válvulas electromagnéticas IV.....	61
Figura 2 - 37: Estados de conexión válvulas electromagnéticas V	62
Figura 2 - 38: Mando del precalentador de aire de sobrealimentación	63
Figura 2 - 39: Grafico r.p.m - conexión turbos sobrealimentadores	64
Figura 3 - 1: Turbo sobrealimentador B2.....	67
Figura 3 - 2: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 1	68
Figura 3 - 3:Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 2	68
Figura 3 - 4: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 3	68
Figura 3 - 5: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 4	69
Figura 3 - 6: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 5	69
Figura 3 - 7: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 6	69
Figura 3 - 8: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 7	70
Figura 3 - 9: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 8	70
Figura 3 - 10: Tolerancias y valores limites.....	72
Figura 3 - 11: Tolerancia de rueda de turbina	73
Figura 3 - 12: Tolerancia caja porta cojinetes.....	74
Figura 3 - 13: Tolerancia platillo de radiación.....	74
Figura 3 - 14: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 1.....	76
Figura 3 - 15: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 2.....	76
Figura 3 - 16: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 3.....	76
Figura 3 - 17: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 4.....	77
Figura 3 - 18: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 5.....	77
Figura 3 - 19: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 6.....	78
Figura 3 - 20: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 7.....	78
Figura 3 - 21: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 8.....	78
Figura 3 - 22: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 9.....	79
Figura 3 - 23: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 10.....	79
Figura 3 - 24: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 11.....	79
Figura 3 - 25: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 12.....	80
Figura 3 - 26: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 13.....	80

Figura 3 - 27: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 14.....	81
Figura 3 - 28: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 15.....	81
Figura 3 - 29: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 16.....	82
Figura 3 - 30: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 17	82
Figura 4 - 1: Turbo sobrealimentador A y B1.....	83
Figura 4 - 2: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 1.....	84
Figura 4 - 3: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 2.....	84
Figura 4 - 4: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 3.....	84
Figura 4 - 5: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 4.....	85
Figura 4 - 6: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 5.....	85
Figura 4 - 7: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 6.....	85
Figura 4 - 8: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 7.....	86
Figura 4 - 9: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 8.....	86
Figura 4 - 10: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 9.....	86
Figura 4 - 11: Tolerancias y valores limites.....	88
Figura 4 - 12: Tolerancia rueda de turbina.....	89
Figura 4 - 13: Tolerancia caja porta cojinetes	90
Figura 4 - 14: Tolerancia platillo de radiación.....	90
Figura 4 - 15: Tolerancia caja de turbina	90
Figura 4 - 16: Tolerancia caja de turbina	91
Figura 4 - 17: Tolerancia caja de turbina	91
Figura 4 - 18: Tolerancia valvula de aire de bloqueo.....	91
Figura 4 - 19: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 1	92
Figura 4 - 20: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 2	92
Figura 4 - 21: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 3.....	92
Figura 4 - 22: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 4.....	93
Figura 4 - 23: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 5.....	93
Figura 4 - 24: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 6.....	93
Figura 4 - 25: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 7	93
Figura 4 - 26: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 8.....	94
Figura 4 - 27: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 9	94
Figura 4 - 28: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 10.....	94
Figura 4 - 29: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 11	95
Figura 4 - 30: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 12	95
Figura 4 - 31: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 13.....	95
Figura 4 - 32: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 14.....	96

Figura 4 - 33: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 15.....96

Figura 4 - 34: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 16.....96

Figura 4 - 35: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 17 97

Figura 4 - 36: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 18.....97

Figura 4 - 37: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 19.....97

Figura 4 - 38: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 20.....98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de presiones del motor 19

Tabla 2: Valores de temperaturas del motor 20

Tabla 3: Valores de consumo del motor 20

Tabla 4: R.P.M. limites 21

Tabla 5: R.P.M. y sus puntos de conexión..... 21

Tabla 6: Retardo de conexión 22

Tabla 7: Valores de ajuste turbo sobrealimentador B2 72

Tabla 8: Valores limites turbo sobrealimentador A y B1 88

Tabla 9: Valores en peso turbos ZR 170/024 y ZR 140/010..... 100

Tabla 10: Valores en peso de repuestos de turbo sobrealimentador ZR 170/024..... 100

Tabla 11: Valores en peso de repuestos de turbo sobrealimentador ZR 140/010..... 100

Tabla 12: Valores en peso de lubricantes recomendados por el fabricante 100

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

SIGLAS

MTU: Motor and turbinen union

HP: High pressure

KS: Lado de accionamiento del motor

KGS: Lado libre, lado izquierdo, lado derecho, lado superior y lado inferior del motor

R.P.M: Revoluciones por minuto

SIMBOLOGIA

mm: Milímetros

mts: Metros

Nm: Newton metros

Kg: Kilogramos

W: Watt

V: Voltaje

Mbar: Milibar

°C: Grados centígrados

%: Porcentaje

dB: Decibelios

INTRODUCCIÓN

La sobrealimentación ha acompañado a los motores desde los principios de la industria, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes de los motores a combustión interna y aprovecharlas para generar mayor rendimiento y potencia en los motores.

Así Alfred Büchi pensó en la manera de crear un turbo compresor que potenciaría los motores y para llevarla a cabo pensó en que la combustión completa de los hidrocarburos del combustible es necesario aportar la cantidad suficiente de oxígeno, el cual no está en cantidad mayoritaria en el aire. Cuanto más aire y combustible seamos capaces de introducir en los cilindros del motor, mayor será la potencia que se podrá obtener, pero mayor será la masa de aire necesaria para quemarlo; y gracias de esta necesidad surge la idea de los motores sobrealimentados.

La carga fresca entra al cilindro a una presión muchísimo mayor a la presión de entrada del compresor, y por tanto la temperatura de entrada será igualmente alta. La sobrealimentación consiste en establecer a la entrada de los cilindros del motor una atmósfera de aire con una densidad superior a la normal de forma que, para un mismo volumen de aire, la masa de ese aire es mayor; para ello se utilizan una serie de accesorios que serán diferentes según el tipo de sobrealimentador que se utilice.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer y explicar detalladamente la sobrealimentación secuencial en el motor MTU 396 TB94.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Detallar el funcionamiento de la sobrealimentación secuencial en el motor.
- Explicar paso a paso el arme y desarme de cada uno de los turbos sobrealimentadores.
- Trabajar con tolerancias en las piezas de los turbos sobrealimentadores, llegando a la conclusión si esas piezas tienen vida útil aún.
- Analizar los costos.

CAPITULO 1: HISTORIA Y NORMATIVA DE LA SOBREALIMENTACIÓN
EN MOTOR MTU 396 16V TB94

1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

La sobrealimentación ha acompañado a los motores desde los principios de la industria. El primer diseño de un compresor para ser aplicado a un motor de combustión interna fue de Gottlieb Daimler y lo hizo en el año 1885 pero el gran avance lo daría el suizo Alfred J. Büchi al ser el primero en tener la idea de aprovechar la energía de los gases de escape del motor para mover un compresor. Este pensamiento llevó al ingeniero helvético graduado con honores en el Colegio Cantonal de Tecnología de Zürich a patentar el primer compresor el 16 de noviembre de 1905. El invento de Büchi ingresaba más aire al interior de los cilindros del motor y aumentaba su llenado, lo que, asociado a una mayor alimentación de combustible, producía un aumento notable de la potencia.

Entre 1911 y 1914, el técnico suizo trabajó febrilmente con el compresor aplicado a mecánicas diésel, y en 1915 ya había avanzado lo suficiente como para registrar una patente que describe los principios de funcionamiento del turbocompresor y que son casi exactamente los mismos que conocemos en la actualidad.

Desde entonces y hasta el día de hoy, la historia de la sobrealimentación ha ido fluyendo a la par que los motores de combustión interna. A pesar de sobrealimentar motores de tiempos inmemoriales, la industria donde mayor evolución e implantación tuvo la alimentación forzada fue la aeronáutica. Los motores de pistones que utilizaban los aviones perdían rendimiento a medida que aumentaban la altura a la que volaban al bajar la presión y densidad del aire, por lo que, para compensar, se optó por montar compresores mecánicos y turbocompresores a aquellos motores. De ahí a pasar a los motores de la automoción como manera de extraer más potencia de los motores existentes, no hubo nada más que un corto paso. En la actualidad tenemos una de estas máquinas adosada a prácticamente la totalidad de los motores diésel, los motores de gasolina más prestacionales y cada vez más en las opciones más asequibles.

Un motor atmosférico tiene un límite de potencia que normalmente determinan varios factores, entre ellos uno de los más importantes es la cantidad de aire que puede aspirar a través de su sistema de admisión. Para aumentar la potencia hay que aumentar la cantidad de aire que entra en los cilindros y a la par inyectar más combustible. La mezcla estequiométrica es la relación ideal entre aire y combustible en la que cada unidad de combustible tiene el aire, más concretamente el oxígeno, exacto con el que reaccionar de forma completa. Cuando la relación entre aire y combustible es la ideal, se dice que $\lambda=1$. Es una relación fija establecida en 14,7 gramos de aire por cada gramo de gasolina y 14,5 gramos de aire por cada gramo de diésel. Por ello, cuando se sobrealimenta un motor, es importante también que el sistema de alimentación de combustible esté preparado para aumentar el caudal de combustible que fluye al interior de los cilindros, si no el motor

funcionará con una mezcla pobre $\lambda > 1$, sobrecalentándose y no pudiendo entregar toda la potencia que debería. La sobrealimentación de un motor utiliza medios mecánicos o aprovecha la dinámica de los gases, ya sea de escape o de la propia admisión para aumentar la cantidad de aire que entra en los cilindros. De esta manera los motores tienen más potencia y normalmente son más eficientes.

1.2 NORMATIVA PARA EL MOTOR MTU 396

1.2.1. TIER

Tiene el objetivo que es parametrizar el número de emisiones particulares que emiten los motores. La Tier está regulada por la Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y nace como respuesta al incremento de emisiones en los motores de combustión interna.

Las normas Tier plantea sus reglamentaciones en etapas con el objetivo principal que es restringir la cantidad de gramos de carburante que hay que usar para obtener una determinada potencia en kilowatts durante una hora (g/kWh). Para la Etapa I, en 1999, las regulaciones en cuanto a óxidos de nitrógeno menor a 9.2 g/kWh y de materia particulada de diésel menor a 0.85 g/kWh.

Las dos décadas que transcurridas desde entonces significaron contundentes avances tecnológicos que permitieron hacer aún más estrictas estas normativas y la que rige actualmente, la Etapa VI, tiene parámetros de menor a 0.4 g/kWh en cuanto a óxidos de nitrógeno y menor a 0.015 g/kWh en la materia particulada de diésel.

1.2.2. OMI

La organización marítima internacional o con sus siglas OMI, es un organismo especializado de las Naciones Unidas, la OMI es la autoridad mundial encargada de establecer normas para la seguridad, la protección y el comportamiento ambiental que ha de observarse en el transporte marítimo internacional. Su función principal es establecer un marco normativo para el sector del transporte marítimo que sea justo y eficaz, y que se adopte y aplique en el plano internacional. En otras palabras, su función consiste en crear un marco de igualdad de condiciones a fin de que los armadores de buques dispongan de diversas maneras de solucionar sus problemas financieros que no presupongan simplemente la aplicación de recortes presupuestarios que comprometan la seguridad, la protección y el comportamiento ambiental. Por otra parte, este enfoque promueve la innovación y la eficacia. El transporte marítimo es una industria verdaderamente internacional, y sólo puede funcionar de manera eficaz si sus reglamentos y normas se acuerdan, adoptan y aplican a nivel internacional, siendo la OMI la instancia en la cual se lleva a cabo este proceso.

1.2.3. MARPOL

El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, (MARPOL) es el principal convenio internacional que versa sobre la prevención de la contaminación del medio marino por los buques a causa de factores de funcionamiento o accidentales.

En el Convenio figuran reglas encaminadas a prevenir y reducir al mínimo la contaminación ocasionada por los buques, tanto accidental como procedente de sus operaciones normales.

El motor MTU 396 rige con la norma MARPOL

1.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Aunque podrían establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento, atendiendo a las posibles funciones que se le atribuyan a éste, así como la forma de desempeñarlas, tradicionalmente se admite una clasificación basada más en un enfoque metodológico o filosofía de planteamientos, que, en una mera relación de particularidades funcionales asignadas, que – como se ha visto – depende de muy diversos factores. Desde esta perspectiva, pueden distinguirse los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

1.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En este tipo de mantenimiento, también llamado mantenimiento “a rotura” (breakdown maintenance), sólo se invierte en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata, por tanto, de una actitud pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería o fallo.

A pesar de que por su definición pueda parecer una actitud despreocupada de atención a los equipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único que se practica en una gran cantidad de industrias, y en muchas ocasiones esta está plenamente justificado, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo coste de los componentes afectados, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no directamente relacionados con la producción.

En otros casos, cuando el fallo de los equipos no supone la interrupción de la producción, ni siquiera afecta la capacidad productiva de forma instantánea, las reparaciones pueden ser llevadas a cabo sin perjuicio de ésta. En estos casos el coste derivado de la aparición de un fallo imprevisto en el equipo es, sin lugar a duda, inferior a la inversión necesaria para poner en práctica otro tipo de mantenimiento más complejo.

1.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar, en cierta medida, la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados, lo que se conoce como “las tres erres del mantenimiento”. Si la segunda y la tercera no se realizan la primera es inevitable. En las inspecciones se procede al desmontaje total o parcial de la máquina con el fin de revisar el estado de sus elementos, reemplazando aquellos que se estime oportuno a la vista del examen realizado. Otros elementos son sustituidos sistemáticamente en cada

inspección, tomando como referencia el número de operaciones realizadas o un determinado periodo de tiempo de funcionamiento.

El éxito de este tipo de mantenimiento depende de la correcta elección del periodo de inspección. Un periodo demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre dos inspecciones consecutivas, en tanto que un periodo demasiado corto puede encarecer considerablemente el proceso productivo. El equilibrio se encuentra como solución de compromiso entre los costes procedentes de las inspecciones y los derivados de las averías imprevistas. Si bien los primeros pueden ser suficientemente cuantificados, la evaluación de los segundos no es tarea fácil, por lo que la determinación del punto de equilibrio aludido es difícil y suele ajustarse en función de la propia experiencia.

1.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo, también conocido como mantenimiento según estado o según condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costos de los métodos tradicionales – correctivo y preventivo – de mantenimiento. La idea básica de esta filosofía de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos. De esta manera es posible, por un lado, reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar las averías imprevistas, mediante la detección de cualquier anomalía funcional y el seguimiento de su posible evolución.

La aplicación del mantenimiento predictivo se apoya en dos pilares fundamentales:

- La existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo.
- La vigilancia continua de los equipos.

1.4. HERRAMIENTAS MANUALES POR UTILIZAR

- **Juego de llaves punta corona:** Llave de combinación o punta corona es una herramienta manual para apretar o soltar tuercas y tornillos, con un extremo de puntas abiertas fijas y el otro de corona con 12 puntas para un mejor agarre distribuyendo la presión en varios puntos en vez de uno solo, de esta manera evita el daño en los pernos o tuercas.
- **Llave de carraca o chicharra:** Herramienta con la que se hace girar la llave de vaso para apretar o aflojar tornillos o tuercas. Tiene dos posiciones: una para apretar y otra para aflojar, pudiendo, en ambos casos, volver el sentido de giro opuesto.
- **Juego de dados hexagonales:** Complementaria a la llave de carraca, son dados de diferentes medidas, hechos regularmente de cromo-vanadio para apretar o soltar pernos o tuercas.
- **Llave dinamométrica de salto o torque:** Es una herramienta manual que se utiliza para ajustar el par de apriete de elementos roscados. Se aplica para dar a los tornillos el torque recomendado por el fabricante, evitando las sobretensiones y deformaciones de las piezas.
- **Llave medidor de torque angular:** Llave manual que consigue precisar el giro de apriete que se da a un tornillo o tuerca tomando como referencia los grados de avance del brazo de una herramienta de apriete, partiendo de la posición en que se coloca al momento de iniciar dicho apriete, es decir, al poner la herramienta en el tornillo tenemos 0° basándonos en el brazo de la herramienta y el giro dado a partir de ese punto es el torque angular, 1/4 de vuelta son 90° por ejemplo.

1.5. HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN POR UTILIZAR

- **Pie de metro:** Es un instrumento de precisión para uso profesional que permite medir longitudes exteriores, tomar medidas interiores y profundidades. Consiste en una especie de regla graduada en centímetros, milímetros y pulgadas, con mordazas para medidas internas y externas, punta para medir profundidades, reglas auxiliares desplazables graduadas en fracciones de milímetros y pulgadas y botón de deslizamiento y freno.
- **Reloj comparador:** Es un instrumento para medir longitudes y formas, mediante medida diferencial (por comparación). Los pequeños desplazamientos de la punta de palpación son amplificados mecánicamente y se transmiten a una aguja indicadora. Es instrumento de medición que se utiliza para la verificación de piezas y que por sus propios medios no da lectura directa, pero que es útil para comparar las diferencias que existen entre varias piezas que se quieran verificar.
- **Micrómetro:** Es una herramienta de precisión que mide el tamaño de un objeto encerrándolo. Algunos modelos incluso pueden realizar mediciones en unidades de 1 μm . A diferencia de los calibradores de mano, los micrómetros se adhieren al principio de Abbe, que les permite realizar mediciones más precisas.
- **Galgas de espesor:** La galga también es una unidad de medida, ésta es utilizada para indicar el grosor (espesor) de materiales muy delgados o extremadamente finos; la galga se define como el grosor de un objeto expresado en micras multiplicado por 4.

1.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Porque la seguridad es lo primero a la hora de trabajar, MTU Friedrichshafen recomienda el uso de elementos de protección personal permanentes a la hora de trabajar en sus componentes tales como:

Casco de seguridad:



Figura 1- 1: Casco de seguridad

Buzo de seguridad:



Figura 1- 2: Overol de seguridad

Guantes de cabritilla:



Figura 1- 3: Guantes de cabritilla

Lentes de seguridad:



Figura 1- 4: Lentes de seguridad

Zapatos de seguridad:

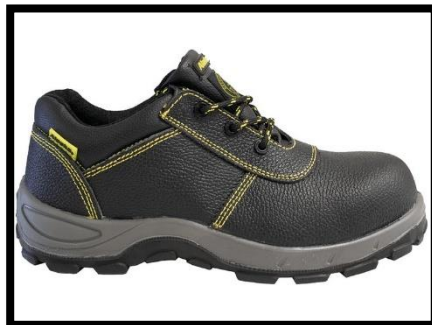


Figura 1- 5: Zapatos de seguridad

CAPITULO 2: SOBREALIMENTACIÓN SECUENCIAL EN MOTOR MTU 396
TB94 Y SUS SUBCONJUNTOS

2.1 MOTOR APLICADO EN LM CASMA

2.1.1. DATOS DE LANCHAS MISILERA CASMA:

- Año: 1974
- Desplazamiento: 450 toneladas.
- Velocidad máxima: 32 nudos.
- Eslora: 58,1 metros.
- Manga: 7,62 metros.
- Puntal: 4,95 metros.
- Calado: 2,69 metros.
- Armamento:
 - 8 misiles Gabriel.
 - 2 cañones de 76/62mm.
 - 2 ametralladoras de 20mm.
 - 2 ametralladoras de .50"



Figura 2 - 1: Lancha



Figura 2 - 2: Lancha

2.2 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR MTU 16V 396 TB94

2.2.1. DESIGNACIÓN DE TIPO DEL MOTOR MTU 16V 396 TB 94

16 = Número de cilindros

V = Motor en V

396 = Serie – cilindrada de un cilindro multiplicada por 100, en litros

T = Turbo sobrealimentación por gases de escape

B = Refrigeración externa del aire de sobrealimentación

9 = Motor para la navegación

4 = Índice de construcción

2.2.2. POTENCIA DEL MOTOR

Potencia bloqueada = 2560 kW a 2100 r.p.m.

2.2.3. VISTA DE CONJUNTO DEL MOTOR

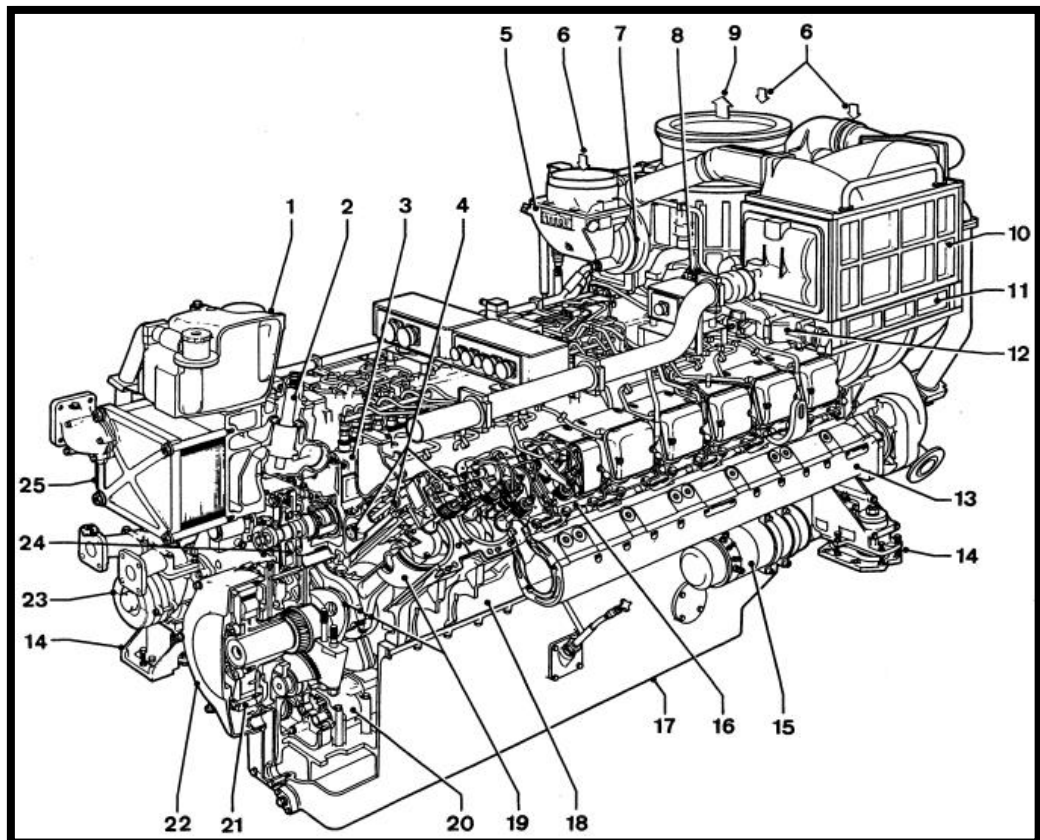


Figura 2 - 3: Vista motor

- | | |
|---|--|
| 1. Depósito de expansión del agua refrigerante | 14. Soportado del motor |
| 2. Regulador de temperatura del agua refrigerante | 15. Arrancador |
| 3. Bomba de inyección de combustible | 16. Culata |
| 4. Distribución por válvulas | 17. Parte inferior del bloque motor |
| 5. Chapaleta de aire | 18. Parte superior del bloque motor |
| 6. Entrada de aire | 19. Mecanismo |
| 7. Turbo sobre alimentador por gases de escape | 20. Bomba de aceite motor |
| 8. Chapaleta de cierre rápido | 21. Amortiguador de vibraciones |
| 9. Salida de gases de escape | 22. Campana |
| 10. Refrigerador del aire de sobre alimentación | 23. Bomba de achique |
| 11. Precalentador del aire de sobre alimentación | 24. Variador del comienzo de inyección |
| 12. Mando para precalentador del aire de sobre alimentación | 25. Refrigerador de retorno del agua refrigerante de motor |
| 13. Conducto colector de escape | |

2.2.4. DESIGNACIÓN DE LOS LADOS DEL MOTOR Y CILINDROS

Para designar los lados del motor, este se considera por principio desde el lado de accionamiento (KS).

Para designar los cilindros (según DIN ISO 1204), los lados izquierdos del motor se denominan con A y los del lado derecho B.

Cada fila de cilindros de numera correlativamente, comenzando con el número 1 por el extremo KS del motor.

También las numeraciones correlativas de otros componentes comienzan con el número 1 por el extremo KS del motor.

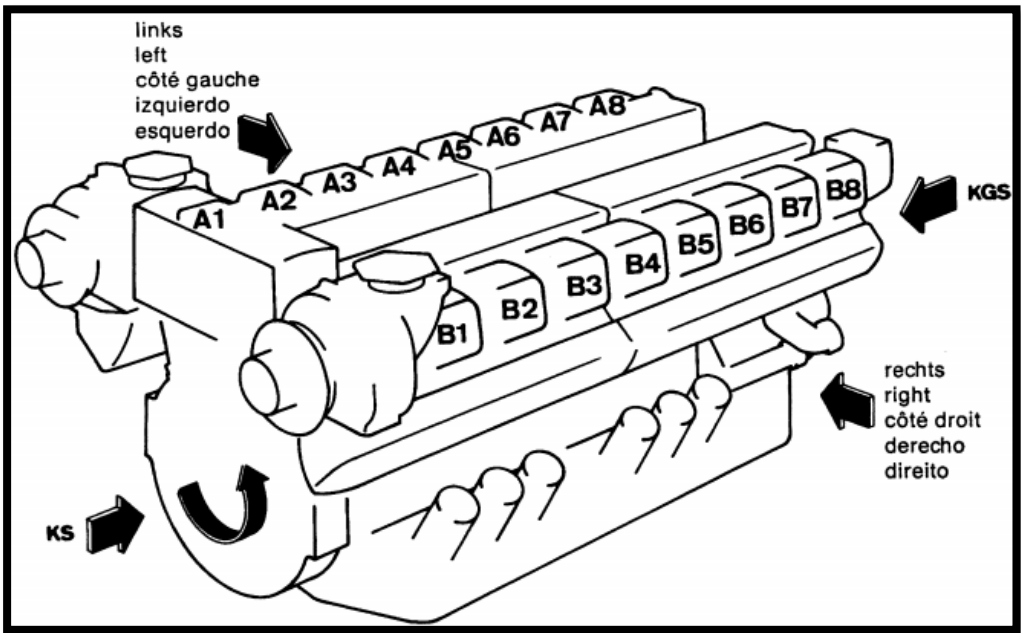


Figura 2 - 4: Designación de lados del motor

2.2.5. DESIGNACIONES Y ABREVIATURAS VALIDAS

Lado de accionamiento = KS

Lado libre, lado izquierdo, lado derecho, lado superior y lado inferior = KGS

2.2.6. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MOTOR

Ciclo de trabajo	4 tiempos, simple efecto
Procedimiento de combustión	Inyección directa
Tipo de sobrealimentación	Turbo sobrealimentación por gases de escape, sobrealimentación secuencial un solo escalón
Tipo de refrigeración	Por agua
Tipo de construcción	Motor en V a 90°
Diámetro de cilindro	165 mm
Carrera de pistón	185 mm
Cilindrada unitaria	3,96 litros
Número de cilindros	16
Cilindrada total	63,3 litros
Relación de compresión	12,3: 1
Sentido de giro considerado desde el lado de accionamiento (KS)	A izquierdas (no reversible)
Orden de encendido	A1 – B5 – A3 – A5 – B2 – B8 – A2 – A8 – B3 – A7 – B4 – B6 – A4 – A6 – B1 – B7
Presión apertura de inyector:	
- Presión inicial ajuste con resorte nuevo	280 bar a 288 bar
- Valor teórico con resorte usado	270 bar a 278 bar
- Presión mínima con resorte usado	260 bar
Presión final de compresión a 120 r.p.m., 1000 mbar y 5 °C de temperatura	20 bar a 24 bar
Velocidad media pistón	12,95 m/s a 2100 r.p.m.
Ruidos del motor	Aprox. 107 dB (A)
Nivel sonoro aéreo medio en el campo libre	A 1 m de distancia
Ruidos de escape no atenuados	Aprox. 116 dB (A)
Nivel sonoro aéreo en el campo libre	A 1 m de distancia

2.2.7. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL MOTOR

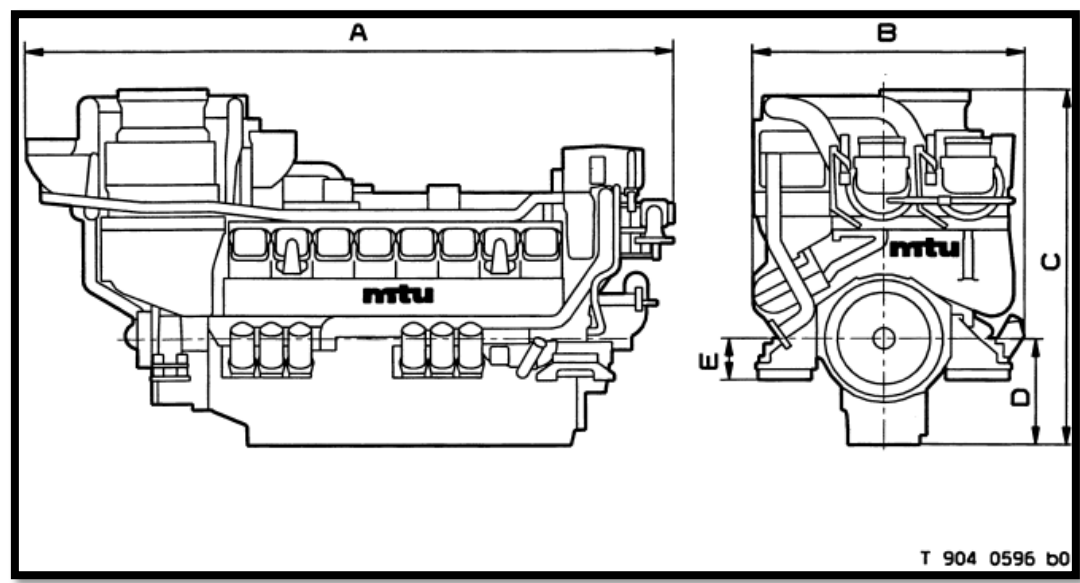


Figura 2 - 5: Dimensiones del motor

A = Largo total	Aprox. 3550 mm.
B = Ancho total	Aprox. 1480 mm.
C = Alto total	Aprox. 1980 mm.
D = Línea central cigüeñal hasta cárter de aceite	Aprox. 590 mm.
E = Línea central cigüeñal hasta cojinete de motor	Aprox. 230 mm.

2.2.8. CAPACIDAD DEL AGUA DE REFRIGERACIÓN

Capacidad del agua de refrigeración, incluida capacidad de los conductos adosados al motor.	Aprox. 250 litros
---	-------------------

2.2.9. CAPACIDAD DEL AGUA EXTERNA

Capacidad del agua de refrigeración, incluida capacidad de los conductos adosados al motor.	Aprox. 45 litros
---	------------------

2.2.10. LLENADO DE ACEITE

En el cárter de aceite	
- Hasta la marca inferior	Aprox. 120 litros
- Hasta la marca superior	Aprox. 160 litros
Llenado total	
- En primer llenado	Aprox. 210 litros
- Al cambiar el aceite	Aprox. 170 litros

2.3 VALORES DE SERVICIO

Presiones	Valor orientativo	Valor limite	Unidad
Presión de aceite motor, medida antes del motor - A número de revoluciones nominal - A número de revoluciones en vacío inferior	5,5	4,5 2,5	bar bar
Presión agua refrigerante del motor, medida antes bomba de agua refr. Motor circuito agua refrigerante cerrado, protegido con válvulas de sobrepresión.	0,5	0,2	bar
Presión de combustible, medida antes de las bombas de inyección	3,5	3,0	bar
Presión del aire de sobre alimentación, medida después refrigerador aire de sobre alimentación	...	-0,15	bar
Depresión de aspiración, medida a la entrada del compresor	20	35	mbar
Sobrepresión de escape, medida después del tubo colector de escape	30	50	mbar
Presión del aire de mando, medida antes del bloque de mando	6 a 10	mín. 5.5 a máx. 10	bar bar
Presión del aire de arranque, medida antes del arrancador de aire comprimido	6 a 10	mín, 5.5 a máx. 10	bar bar
Presión del aire de arranque, medida antes de la electroválvula de tres vías	20 a 40	mín, 15 a máx. 40	bar bar

Tabla 1: Valores de presiones del motor

2.3.1 TEMPERATURAS

Temperaturas	Valor orientativo	Valor limite	Unidad
Temperatura del aceite motor, medida antes de la entrada del motor	90	105	°C
Temperatura del agua refrigerante del motor, medida después de la entrada en el motor	85	87	°C
Temperatura de precalentamiento del agua refrigerante, medida después del motor	45	40	°C

Temperatura colectiva de escape, medida antes del turbo sobre alimentador	...	+50	°C
Diferencia de la temperatura individual de escape respecto al valor medio de todos los cilindros	±25	±30	°C
Temperatura del aire de sobre alimentación, medida después del refrigerador del aire de sobre alimentación	55	60	°C

Tabla 2: Valores de temperaturas del motor

2.3.2. CONSUMO

Consumo	Valor orientativo	Valor limite	Unidad
Consumo de combustible a potencia bloqueada, empleándose un combustible conforme a la especificación incluida en las prescripciones de materias de servicio MTU A001061	224	226	g/kWh
Consumo de aceite motor en servicio continuo, con motor adaptado, referido al consumo de combustible	0,5	máx. 1,0	%
Consumo de aire por arrancada con arrancador de aire comprimido (arrancada de aprox. 2 segundos de duración, motor no precalentado)	0,80	...	m ³
Consumo de aire por arrancada con aire comprimido a través de los cilindros (arrancada de aprox. 5 segundos de duración, motor no precalentado)	0,80	...	m ³

Tabla 3: Valores de consumo del motor

Hasta los valores limites indicados, el motor puede funcionar a plena potencia.

Los valores orientativos puedes aproximarse a los valores limites por variar las condiciones marginales, por fallos o por llegar el motor a su fin de vida útil.

2.3.3. MANDO DE LOS SOBREALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE –
VALORES LIMITE Y VALORES DE AJUSTE

2.3.4. TURBOS SOBRE ALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE –
NÚMEROS DE REVOLUCIONES LIMITE

Turbo sobre alimentador	Valor orientativo	Valor límite
Sobre alimentador A	58500 r.p.m	60000 r.p.m
Sobre alimentador B1	58500 r.p.m	60000 r.p.m
Sobre alimentador B2 (sobre alimentador básico)	73500 r.p.m	75000 r.p.m

Tabla 4: R.P.M. limites

2.3.5. TURBO SOBRE ALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE – PUNTOS
DE CONEXIÓN

Durante el arranque del motor, están conectados todos los turbos sobre alimentadores por gases de escape	
Al aumentar el número de revoluciones del motor	
Conexión turbo sobre alimentadores	Punto de conexión turbo sobre alimentadores
De A/B1/B2 a B2	300 r.p.m
De B2 a A	800 r.p.m
De A a A/B2	1200 r.p.m
De A/B2 a A/B1	1500 r.p.m
De A/B1 a A/B1/B2	1900 r.p.m

Tabla 5: R.P.M. y sus puntos de conexión

- Nota: Al disminuir el número de revoluciones del motor, los puntos de conexión de los turbo sobre alimentadores son 50 r.p.m. más bajos:
Bloqueo de conexión inversa (retardo) : 4,0 segundos.

2.3.6. TURBO SOBRE ALIMENTADORES POR GASES DE ESCAPE – CONEXIÓN ALTERNA

Retardo de conexión alterna (B2 todavía activo, B1 ya activo)	0,5 segundos
Limitación de llenado para conexión alterna (recorrido de la cremallera antes conexión alterna + 2,0 mm = limitación de llenado	2,0 mm
Tiempo en que debe ser eficaz la limitación de llenado	2,0 segundos

Tabla 6: Retardo de conexión

2.4. SOBREALIMENTACIÓN EN MTU 396 16V TB94

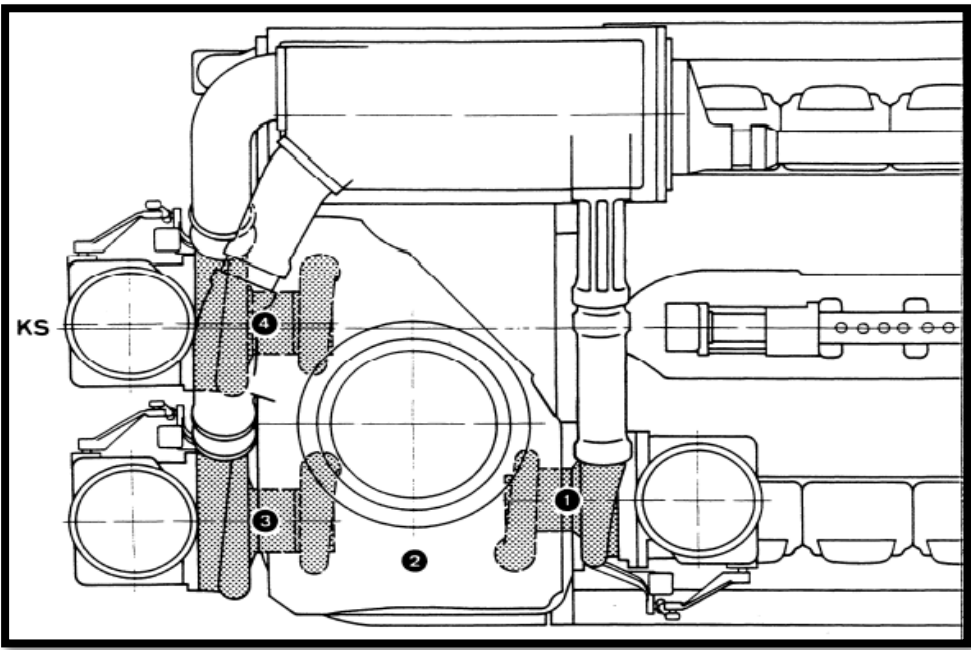


Figura 2 - 6: Sobrealimentación en MTU 396

1 Turbo sobrealimentador B2

3 Turbo sobrealimentador B1

2 Caja de soporte

4 Turbo sobrealimentador A

El motor MTU 396 16V TB94 está equipado con un sistema de sobrealimentación de un solo escalón que está compuesto de 3 turbo sobrealimentadores, es decir el sobrealimentador B2 y los sobrealimentadores A y B1

Cada uno de los sobrealimentadores está montado con su caja porta cojinetes en la caja de soporte refrigerada por agua de modo que la turbina está dispuesta en el interior de la caja. Por la caja soporte refrigerada por agua se consigue una buena refrigeración de la caja porta cojinetes, quedando reducida la radiación térmica.

Los turbos sobrealimentadores son conectados o desconectados según la potencia del motor, por el equipo de conexión de turbo sobrealimentadores a través del mando de los turbos sobrealimentadores.

2.5. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE B2

2.5.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen
Tipo: ZR 140/010
Velocidad: 75000 r.p.m. como máximo
Peso: Aprox. 40 kg.

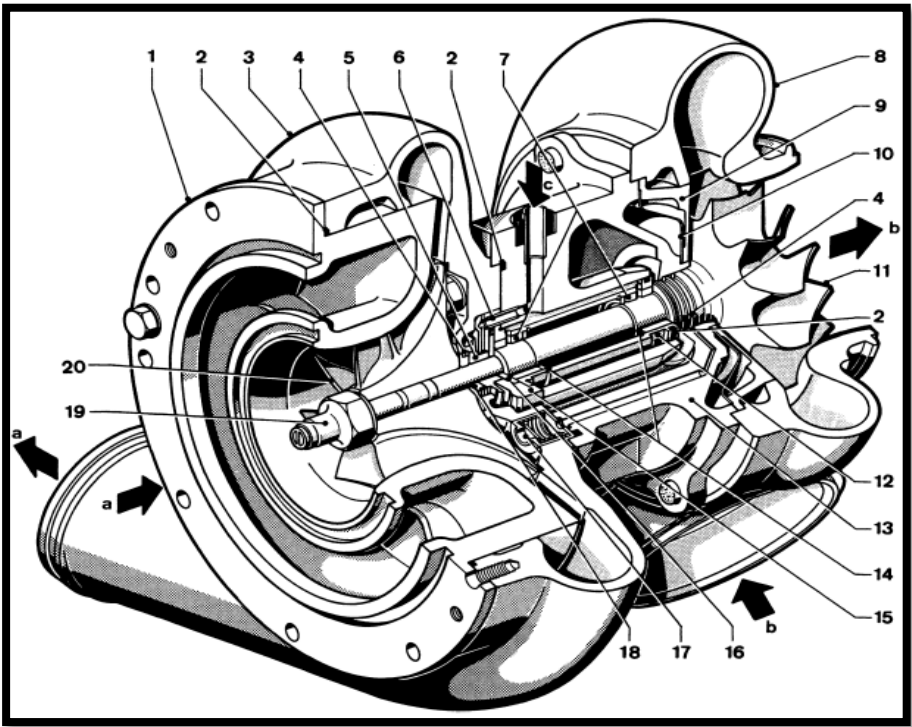


Figura 2 - 7: Turbo sobrealimentador B2

- | | |
|--|---|
| 1. Caja de aspiración | 13. Caja porta cojinete |
| 2. Junta toroidal | 14. Anillo de seguridad |
| 3. Caja del compresor | 15. Cojinete axial |
| 4. Segmento | 16. Disco axial |
| 5. Casquillo distanciador | 17. Válvula de retención, aire de bloqueo |
| 6. Pasador cilíndrico (tubo de aceite) | 18. Porta juntas |
| 7. Casquillo cojinete | 19. Tuerca magnética |
| 8. Caja de turbina | 20. Rueda compresora |
| 9. Disco de radiación | |
| 10. Chapa de radiación | a Aire |
| 11. Rodete con árbol | b Gases de escape |
| 12. Cojinete | c Aceite motor |

2.5.2. DESCRIPCIÓN

El turbo sobrealimentador consta de una turbina accionada por los gases de escape del motor y un compresor dispuesto en el mismo árbol, alojados en tres cajas las cuales son caja de turbina, caja porta cojinetes y caja del compresor.

El grupo rotor se compone de un árbol al que está soldado el rodete de la turbina y de la rueda compresora fijada en el árbol mediante una tuerca magnética. El grupo está alojado con casquillos cojinete, de modo flotante, en un cojinete, siendo fijado por un cojinete axial. El cojinete está montado en la caja porta cojinetes con una junta toroidal, siendo fijado por medio de un pasador cilíndrico (tubo de aceite).

Los cojinetes son lubricados con aceite a presión del circuito de aceite motor que enfría al mismo tiempo la caja porta cojinetes y el árbol del rotor. Segmentos dispuestos en el árbol del rotor protegen los lados de gases de escape y aire de sobrealimentación contra el paso de aceite procedente de la lubricación de cojinetes, impidiendo asimismo la entrada de gases de escape de escape o aire de sobrealimentación en el soportado. El efecto de estanqueización por los anillos montados en la zona de la turbina es aumentado por aire de bloqueo.

Desde el compresor, el aire de bloqueo pasa a través de dos válvulas de retención de aire de bloqueo y taladros, al lado de la turbina entre los segmentos, impidiendo adicionalmente la entrada de gases de escape en la caja porta cojinetes.

Por el lado de la turbina, una chapa y un disco de radiación protegen el soportado contra sobrecalentamientos.

2.5.3. FUNCIONAMIENTO

Los gases de escape procedentes de los cilindros son conducidos a la turbina del turbo sobrealimentador, a través de la caja de turbina. Los gases de escape impulsan las paletas del rodete poniendo el grupo rotor en movimiento giratorio. La rueda compresora del grupo rotor aspira aire de combustión a través de la caja de aspiración, lo comprime y lo impele, a través de la caja del compresor a los cilindros. Los gases de escape, ya sin presión pasan a través de las tuberías de escape al exterior.

2.6. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE A Y B1

2.6.1 DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen
Tipo: ZR 170/024
Velocidad: Máx. 60000 r.p.m.
Peso: Aprox. 54 kg.

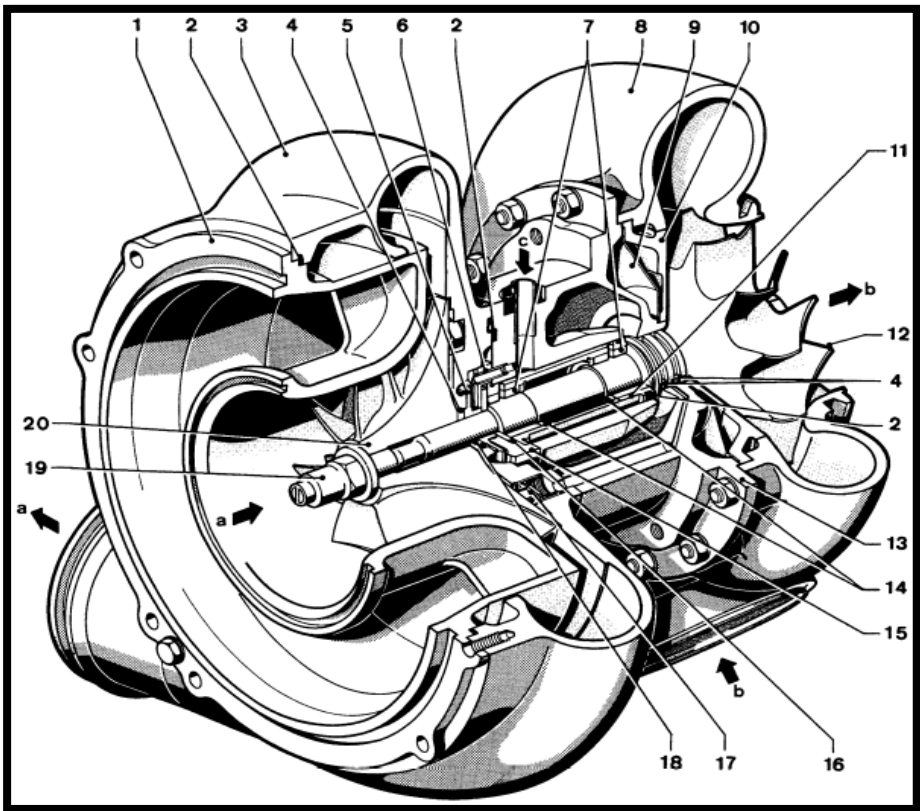


Figura 2 - 8: Turbo sobrealimentador A y B1

- | | |
|--|---|
| 1. Caja de aspiración | 13. Caja porta cojinete |
| 2. Junta toroidal | 14. Anillo de seguridad |
| 3. Caja del compresor | 15. Cojinete axial |
| 4. Segmento | 16. Disco axial |
| 5. Casquillo distanciador | 17. Válvula de retención, aire de bloqueo |
| 6. Pasador cilíndrico (tubo de aceite) | 18. Porta juntas |
| 7. Casquillo cojinete | 19. Tuerca magnética |
| 8. Caja de turbina | 20. Rueda compresora |
| 9. Chapa de radiación | |
| 10. Disco de radiación | a Aire |
| 11. Cojinete | b Gases de escape |
| 12. Rodete con árbol | c Aceite motor |

2.6.2. DESCRIPCIÓN

El turbo sobrealimentador consta de una turbina accionada por los gases de escape del motor y un compresor dispuesto en el mismo árbol, alojados en tres cajas las cuales son caja de turbina, caja porta cojinetes y caja del compresor.

El grupo rotor se compone de un árbol al que está soldado el rodete de la turbina y de la rueda compresora fijada en el árbol mediante una tuerca magnética. El grupo está alojado con casquillos cojinete, de modo flotante, en un cojinete, siendo fijado por un cojinete axial. El cojinete está montado en la caja porta cojinetes con una junta toroidal, siendo fijado por medio de un pasador cilíndrico (tubo de aceite).

Los cojinetes son lubricados con aceite a presión del circuito de aceite motor. Este aceite a presión enfría al mismo tiempo la caja porta cojinetes y el árbol rotor. Unos anillos dispuestos en el árbol del rotor protegen el lado de gases de escape y el lado de aire de sobre alimentación contra la penetración de aceite procedente de la lubricación de los rodamientos e impiden la entrada de gases de escape o aire de sobre alimentación en la zona de los cojinetes. El efecto de estanqueización por los anillos montados en el lado de la turbina es aumentado por aire de bloqueo.

Desde el compresor, el aire de bloqueo pasa a través de dos válvulas de retención de aire de bloqueo y taladros, al lado de la turbina entre los anillos, impidiendo adicionalmente la entrada de gases de escape en la caja porta cojinetes.

Por el lado de la turbina, una chapa y un disco de radiación protegen el soportado contra sobrecalentamientos.

2.6.3. FUNCIONAMIENTO

Los gases de escape procedentes de los cilindros son conducidos a la turbina del turbo sobrealimentador, a través de la caja de turbina. Los gases de escape impulsan las paletas del rodete poniendo el grupo rotor en movimiento giratorio. La rueda compresora del grupo rotor aspira aire de combustión a través de la caja de aspiración, lo comprime y lo impele, a través de la caja del compresor a los cilindros. Los gases de escape, ya sin presión pasan a través de los conductos de escape al exterior.

2.7. ADMISIÓN DE AIRE

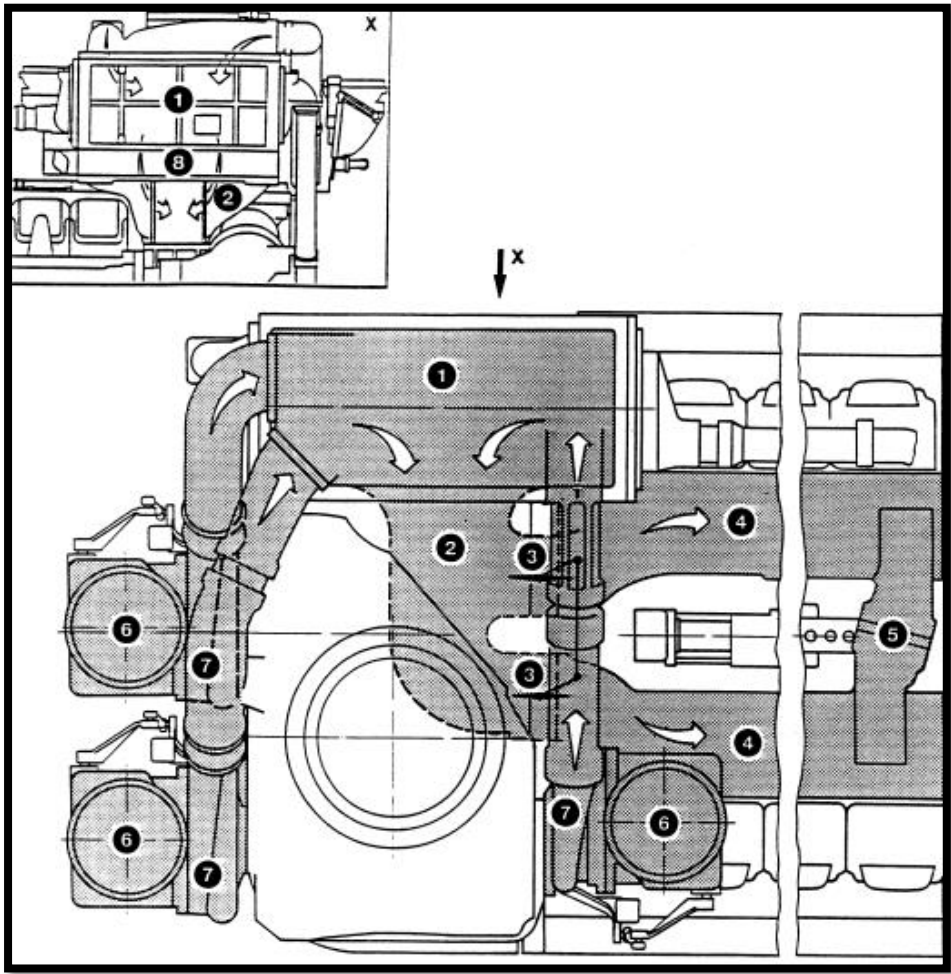


Figura 2 - 9: Admisión de aire

- | | |
|---|---|
| 1. Refrigerador aire de sobrealimentación | 5. Conducto compensador |
| 2. Caja de aire | 6. Mariposa de aire |
| 3. Válvula de cerrado rápido | 7. Turbo sobrealimentador |
| 4. Colector aire de sobrealimentación | 8. Precalentador aire sobrealimentación |

2.7.1 DESCRIPCIÓN

Los turbos sobrealimentadores de gases de escape aspiran el aire de la combustión a través de filtros de aire y de cajas de aspiración.

En las cajas de aspiración están montadas las chapaletas de aire de la conexión de los turbos sobrealimentadores.

El aire es comprimido por los turbos sobrealimentadores y es conducido a través del subsiguiente refrigerador del aire de sobrealimentación y del precalentador de aire de sobrealimentación a una caja de aire.

De la caja de aire, el aire de sobrealimentación es conducido a través de las chapaletas de cierre rápido y de conductos a las cámaras de combustión del motor.

Las chapaletas de cierre rápido están montadas después de la caja de aire en el sistema de admisión. Mediante las chapaletas de cierre rápido se puede cortar la afluencia de aire a los cilindros.

Los conductos de aire de sobrealimentación están configurados como colectores para el aire de sobrealimentación y el agua refrigerante y están dispuestos en la V del motor.

Para mejorar la compensación de presión en los cilindros y la carga térmica del motor, los conductos de aire de sobrealimentación intercomunican unos con otros a través de un conducto de compensación.

El refrigerador del aire de sobrealimentación enfría el aire y aumenta de ese modo el peso del aire en el cilindro. Esto hace posible, referido a un mismo volumen de cilindrada, una mayor cantidad de combustible inyectado y, por tanto, una potencia más alta.

Por el calentamiento del aire de sobrealimentación se obtiene una disminución de la velocidad de subida de presión y se reduce la formación de humo blanco durante el funcionamiento con poca carga. De ese modo se mejora el comportamiento funcional del motor.

2.8. CONDUCCIÓN DE GASES DE ESCAPE

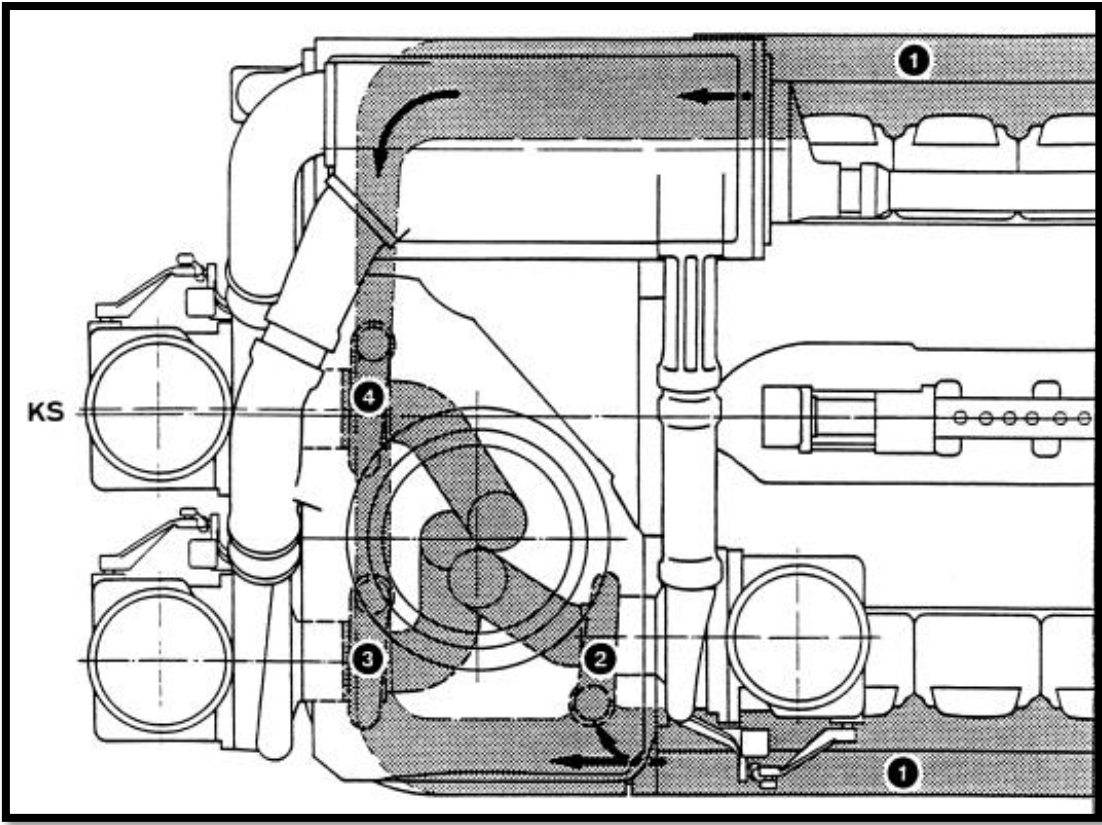


Figura 2 - 10: Conducción de gases de escape

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Tubo de escape | 3. Turbo sobrealimentador B1 |
| 2. Turbo sobrealimentador B2 | 4. Turbo sobrealimentador A |

2.8.1. DESCRIPCIÓN

Los gases de escape del motor pasan de las culatas de las filas de cilindros izquierda y derecha al exterior penetrando en los tubos de escape y llegan a continuación, a través de conductos de afluencia, a las turbinas de los turbos sobrealimentadores A, B1 y B2.

Los gases de escape que salen de las turbinas se reúnen en la caja soporte de un colector. Los gases de escape reunidos pueden ser evacuados a través de una salida bajo el agua o de una salida sobre el agua como bypass, o a través de una salida en la chimenea.

La conducción de escape al exterior a través del bypass tiene lugar al estar parada la embarcación o navegar muy despacio y al marchar hacia atrás. La conducción de escape se regula mediante una chapaleta de escape.

Los tubos de escape están alojados en cajas refrigeradas por agua, dispuestas a izquierda y derecha en la parte exterior del motor.

En los conductos de afluencia de los gases a los turbos sobrealimentación por gases de escape están montadas las chapaletas de escape de la conexión de los turbos sobrealimentadores.

Las partes muy calientes de los conductos de afluencia de los gases y las cajas de las chapaletas de escape están alojadas en una caja de gases de escape refrigerada por agua, dispuesta debajo de la caja de soporte.

Los árboles de las chapaletas de escape están alojados en una placa dispuesta entre la caja de gases de escape y la caja de soporte.

Las dilataciones térmica y desplazamientos de los conductos de evacuación de los gases de escape son absorbidos por compensadores.

2.9. FILTRO DE AIRE

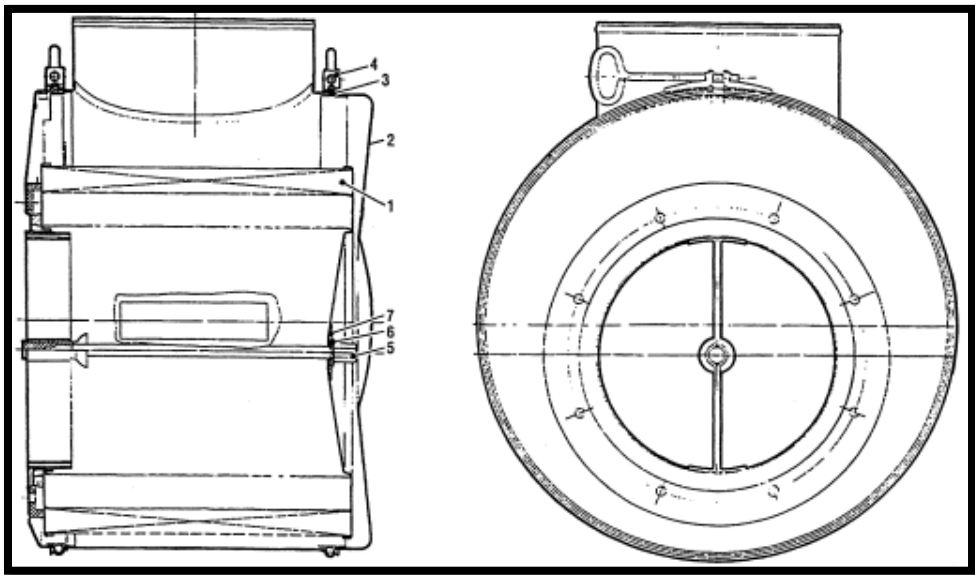


Figura 2 - 11: Filtro de aire

- | | | | |
|-----------------------|-------------|----------|-----------------------|
| 1. Elemento filtrante | 2. Fondo | 3. Junta | 4. Abrazadera tensora |
| 5. Tornillo | 6. Arandela | 7. Junta | |

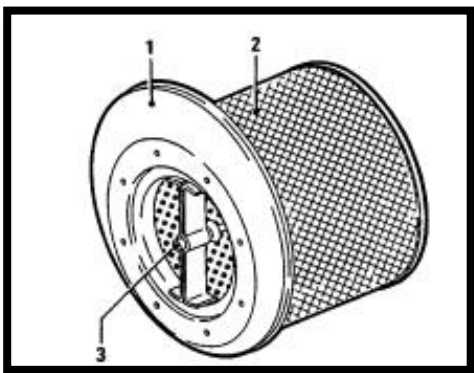


Figura 2 - 12: Filtro de aire

- | |
|-----------------------|
| 1. Soporte de filtro |
| 2. Elemento filtrante |
| 3. Tornillo |

2.9.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: Mann & Hummel, Ludwigsburg

Tipo de elemento filtrante: 45.920. 54.100

Caudal: 66 m³/min como máximo

2.9.2. DESCRIPCIÓN

El filtro seco de aire compuesto por un elemento filtrante que filtra el aire de aspiración del motor. Todos estos elementos son resistentes al agua salada de mar.

2.9.3. FUNCIONAMIENTO

El aire atraviesa el elemento filtrante desde afuera hacia adentro, entrando en el motor a través del conducto de aire y el codo de aspiración de aire. En este proceso las partículas de suciedad contenidas en el aire de aspiración quedan adheridas al tejido del elemento filtrante.

2.10. REFRIGERADOR DE AIRE DE SOBREALIMENTACIÓN

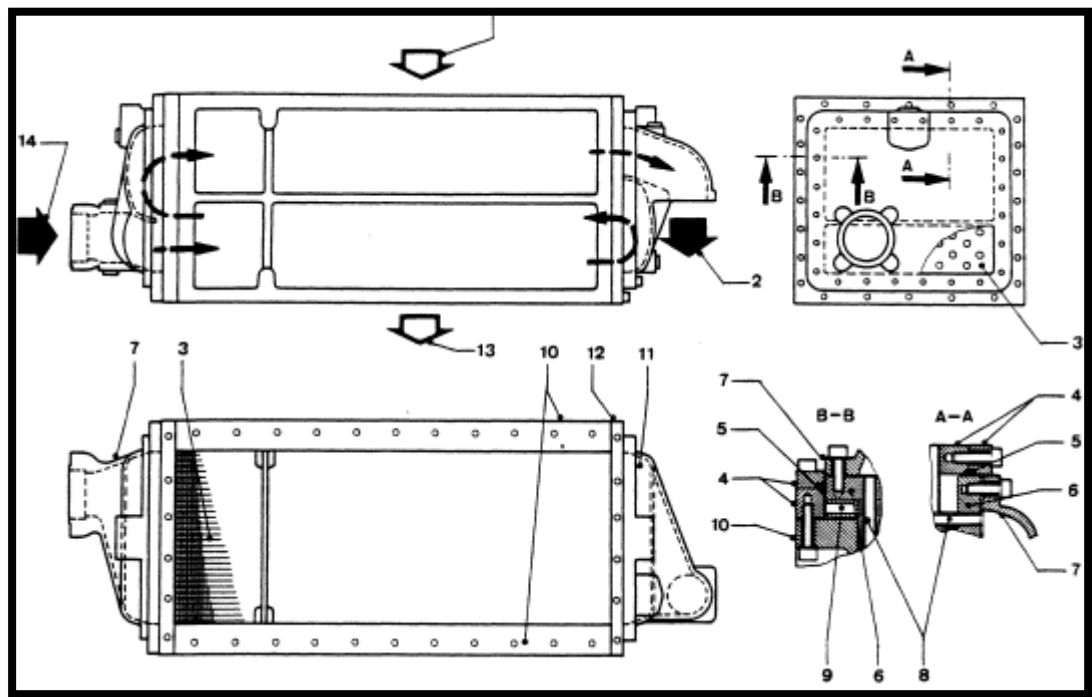


Figura 2 - 13: Refrigerador de aire de sobrealimentación

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Entrada aire sobrealimentación | 8. Tubo de refrigeración |
| 2. Salida agua de refrigeración | 9. Anillo perfilado de silicona |
| 3. Bloque refrigerador | 10. Parte lateral |
| 4. Brida | 11. Caja de salida de agua |
| 5. Anillo de junta | 12. Fondo tubular |
| 6. Fondo corredizo | 13. Salida aire de sobrealimentación |
| 7. Caja entrada de agua | 14. Entrada agua de refrigeración |

2.10.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: GEA, Happel

Tipo de construcción: Sistema de tubos con aletas

Ejecución: Resistente al agua de mar

Modo de funcionar: Contracorriente cruzada

Presión de comprobación por el fabricante:

- Lado de agua: 8,5 bares con agua
- Lado de aire: 5.0 bares con aire comprimido

2.10.2. DESCRIPCIÓN

El bloque refrigerador, las dos partes laterales y las dos cajas de agua forman el refrigerador. El bloque refrigerador es un elemento constructivo compuesto de una placa perforada, un fondo corredizo, tubos refrigeradores y la red de refrigeración. Los tubos refrigeradores están mandrilados en la placa perforada. Sobre los tubos hay montadas a presión unas chapas delgadas que forman la red de refrigeración. Las partes laterales

cierran la cámara de aire de sobrealimentación del refrigerador en sus lados. Las cajas de agua cierran las cámaras de agua del refrigerador en el bloque.

En las cajas de agua hay unas planchas de separación fijas por fundición. Las planchas de separación desvían el agua dentro del refrigerador. Las dilataciones de los tubos de refrigeración se compensan en el fondo corredizo. La caja de salida de agua, las partes laterales y la plancha perforada están unidas mediante tornillos y estanqueizadas mediante tiras obturantes. La caja de entrada de agua está fijada en el fondo corredizo y estanqueizadas mediante juntas. El fondo corredizo esta estanqueizado en su perímetro mediante un anillo obturador y en las partes laterales mediante un anillo perfilado de silicona.

El agua refrigerante entra en el refrigerador por la caja de entrada, pasa por los tubos de refrigeración inferiores y es desviada por la caja de salida. El agua circula por tubos de refrigeración y abandona el refrigerador a través de la caja de salida.

2.10.3. FUNCIONAMIENTO

El aire de sobrealimentación calentado por la compresión pasa por la red de refrigeración del lado de aire, transfiriendo su calor al agua refrigerante que circula en contracorriente cruzada.

2.11. CHAPALETAS DE CIERRE RÁPIDO

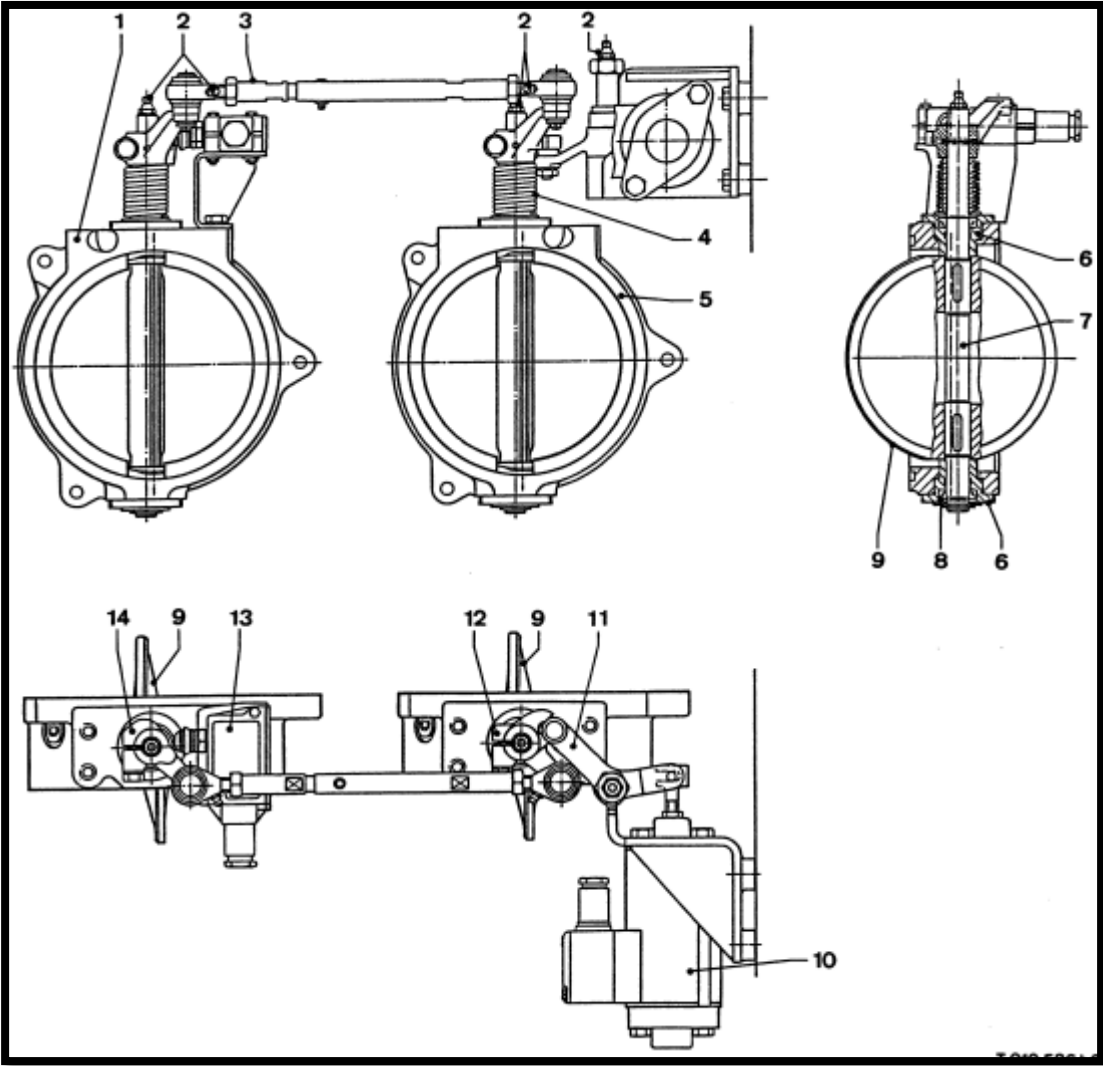


Figura 2 - 14: Chapaletas de cierre rápido

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 1. Caja, lado izquierdo | 8. Retén |
| 2. Engrasador | 9. Chapaleta |
| 3. Tirante | 10. Electroimán de corriente continua |
| 4. Resorte de flexión | 11. Palanca de desenclavamiento |
| 5. Caja, lado derecho | 12. Palanca, lado derecho |
| 6. Casquillo cojinete | 13. Interruptor de fin de carrera |
| 7. Árbol | 14. Palanca, lado izquierdo |

2.11.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen

Accionamiento: Eléctrico

2.11.2. DESCRIPCIÓN

Las válvulas de cerrado rápido protegen el motor de sobre velocidad en caso de fallo de la regulación del motor. Las válvulas son activadas por el electroimán de corriente continua.

Las válvulas de cerrado rápido están incorporadas, a izquierda y a derecha, a la tapa de salida del refrigerador de aire de sobrealimentación y a la admisión de aire, respectivamente. Cada válvula esta dispuesta en un árbol alojado en casquillos cojinete. Por encima de la válvula de cerrado rápido derecha va adosado un interruptor de fin de carrera.

Las chapaletas izquierda y derecha están unidas mediante una barra de tracción. Sobre cada árbol va dispuesto un resorte de flexión que es tensado al ser abiertas las válvulas de cerrado rápido. La palanca enclava en la palanca de desenganche, manteniendo abiertas las válvulas contra la fuerza del resorte de flexión.

Para el engrase del soportado van enroscados engrasadores en los extremos de árbol superiores.

2.11.3. FUNCIONAMIENTO

Al ser excitado el electroimán de corriente continua por el equipo de parada, la palanca de desenganche desbloquea el enclavamiento existente en la palanca del lado izquierdo, así que las válvulas de cerrado rápido son cerradas de golpe por los resortes de flexión. Por ello es cortada la admisión de aire a los cilindros.

Estando cerradas las válvulas de cerrado rápido, el interruptor de fin de carrera da una señal al equipo de vigilancia.

Las válvulas de cerrado rápido cerradas tienen que ser abiertas a mano.

2.11.4. ACCIONAMIENTO MANUAL

Con el motor parado, las válvulas de cerrado rápido pueden ser cerradas a mano mediante la palanca de desenganche o, con el motor parado, mediante tracción de cable, caso de existir dicho dispositivo.

2.12. CONDUCTO DE DESAGÜE

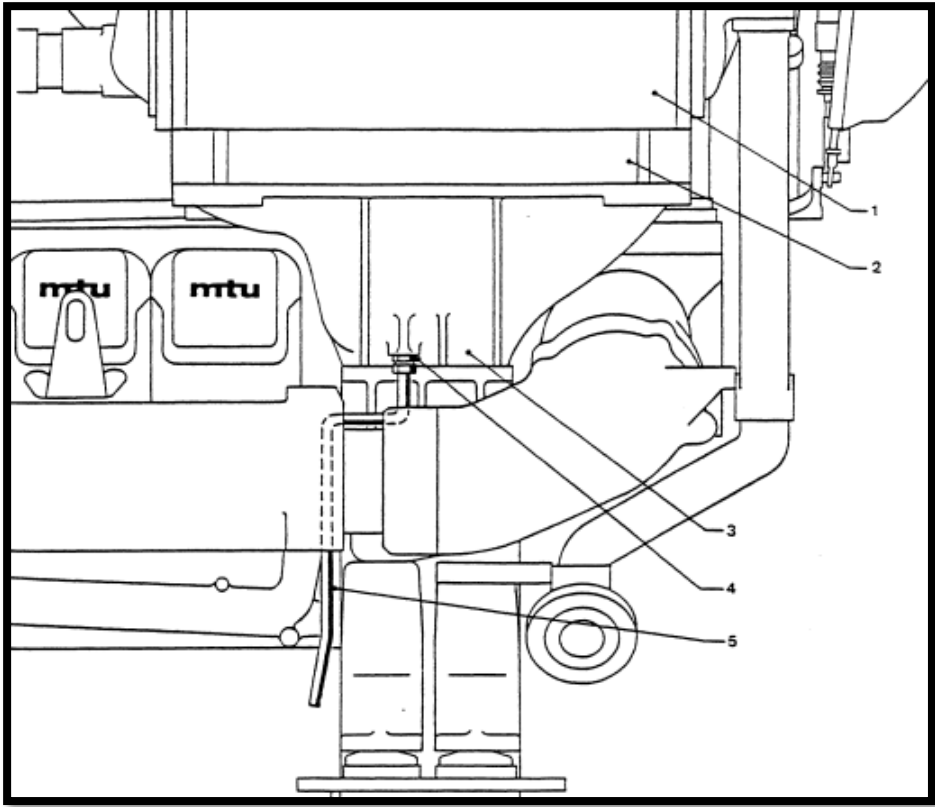


Figura 2 - 15: Conducto de desagüe

1. Refrigerador de aire de sobrealimentación
2. Precalentador de aire de sobrealimentación
3. Caja de aire de sobrealimentación
4. Racor
5. Conducto de desagüe

2.12.1 DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen

2.12.2. DESCRIPCIÓN

El conducto de desagüe está empalmado a un racor enroscado debajo del precalentador de aire de sobrealimentación en la caja de aire. El precalentador está dispuesto debajo del refrigerador del aire de sobrealimentación.

El conducto da salida al agua condensada originada durante la refrigeración del aire de sobrealimentación comprimido. Además, es un conducto de control de la estanqueidad del refrigerador del aire de sobrealimentación y precalentador.

El taladro en el racor está configurado como diafragma, manteniendo baja la pérdida de aire de sobrealimentación.

Si del conducto de desagüe sale agua en cantidad insignificante, se trata de agua condensada; si por el contrario sale agua en gran cantidad, no está estanco el refrigerador del aire de sobrealimentación o el precalentador.

2.13. CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES

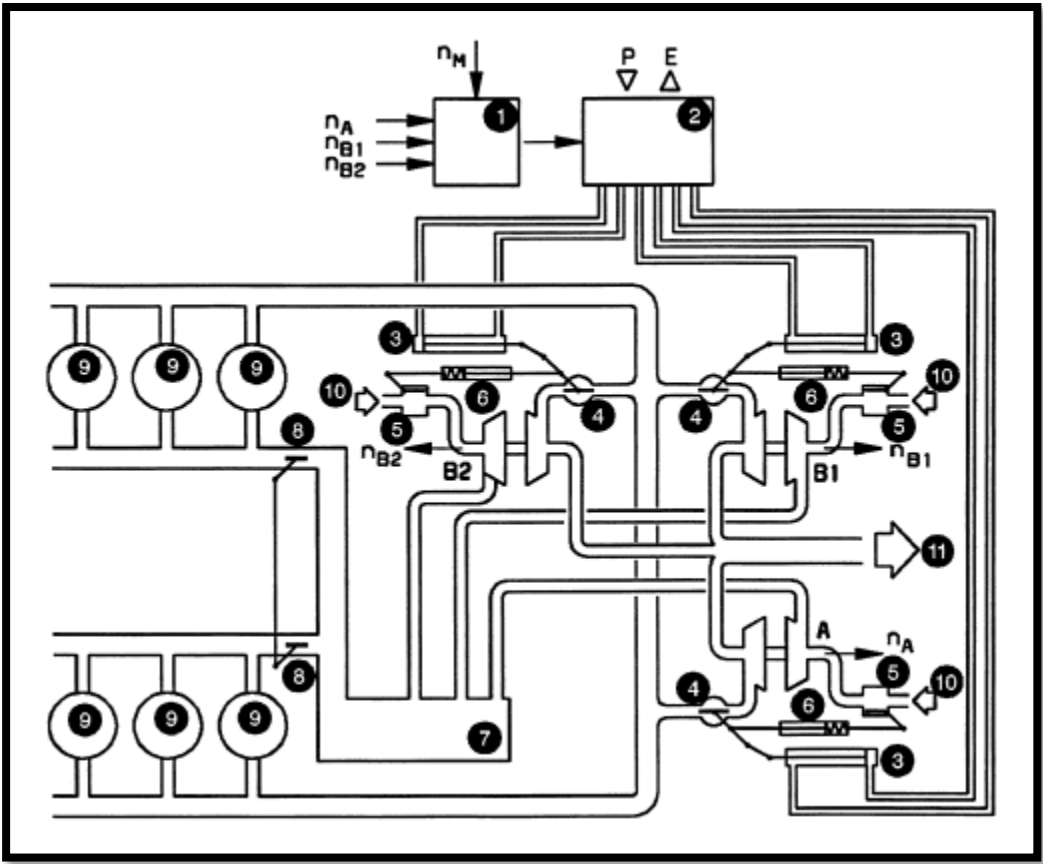


Figura 2 - 16: Conexión de los turbos sobrealimentadores

1. Mando electrónico

2. Unidad de mando

3. Cilindro de accionamiento

4. Chapaleta de escape

5. Chapaleta de aire

6. Barra compensadora

7. Refrigerador del aire de sobrealimentación

8. Chapaleta de cierre rápido

9. Cilindro

10. Aire

11. Gases de escape
- A. Turbo sobrealimentador

B1. Turbo sobrealimentador

B2. Turbo sobrealimentador

E. Desaireación

P. Aire de mando

nA . N° de revoluciones del turbo A

$nB1$. N° de revoluciones del turbo B1

$nB2$. N° de revoluciones del turbo B2

nM . N° de revoluciones del motor

2.13.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen
Funcionamiento: Neumático – mecánico
Numero de sobrealimentadores: 3
Presión del aire de mando: Min. 5,5 bares.
Max. 10 bares.

2.13.2. DESCRIPCIÓN

La conexión de los turbos sobrealimentadores para el accionamiento de las chapaletas de escape y de aire regula el mando de los turbos sobrealimentadores. Mediante el accionamiento de las chapaletas, el número de turbos sobrealimentadores necesario para el servicio del motor es adaptado a la potencia del motor. Por tanto, los sobrealimentadores trabajan en su zona optima de potencia, obteniéndose en el sector de carga parcial del motor una presión más alta del aire de sobrealimentación y un consumo más bajo de combustible.

Cada turbo sobrealimentador es conectado o desconectado por apertura o cierre de la chapaleta de escape. Con el sobrealimentador desconectado, la chapaleta de aire correspondiente hace estanco el sistema de presión del aire de sobrealimentación contra la presión atmosférica.

La chapaleta de escape dispuesta en la admisión de gases de escape y la chapaleta de aire dispuesta en la caja de aspiración están fijadas en árboles. Los árboles son girados a través de palancas, que están unidas unas con otras por medio de un largo tirante extensible.

El tirante extensible compensa recorridos de conexión diferentes y desbloquea para la palanca de la chapaleta de escape el recorrido de conexión para la apertura de la chapaleta. Cada chapaleta de escape se conecta a través de un cilindro de accionamiento. Este se halla adosado a la caja de aspiración y está unido, a través de un tirante extensible corto, con la palanca de las chapaletas de escape.

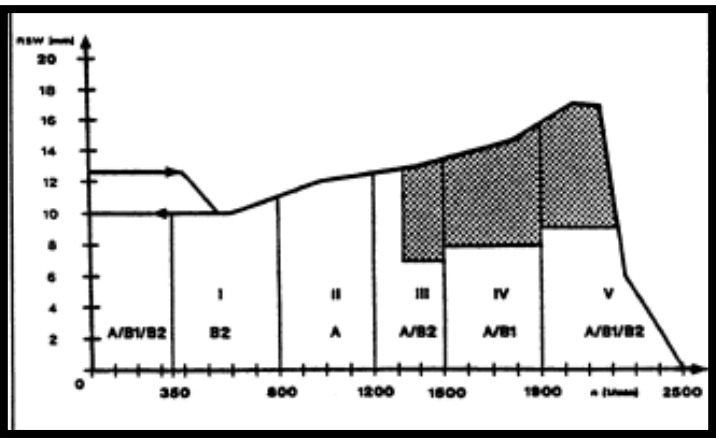


Figura 2 - 17: Grafico r.p.m. - conexión de los turbos sobrealimentadores

La gama operativa del motor está subdivida en cinco sectores de conexión de los turbos sobrealimentadores. Los números de revoluciones del motor indicados para los sectores de conexión de los sobrealimentadores son valores orientativos

El diagrama muestra el campo característico del recorrido de la cremallera “s” como función del número de revoluciones del motor “n”, con los sectores de conexión de los turbos sobrealimentadores y los sectores del mando del precalentador de aire de sobrealimentación.

Arranque del motor 0 con los sobrealimentadores A/B1/B2

Sector I, servicio del motor con el sobrealimentador B2

Sector II, con el sobrealimentador A

Sector III, con los sobrealimentadores A/B2

Sector IV, con los sobrealimentadores A/B1

Sector V, con los sobrealimentadores A/B1/B2

Al disminuir el número de revoluciones del motor, los sobrealimentadores son desconectados según los sectores V a I.

Las conexiones del sector I al II y del sector III al IV son conexiones alternas. En las conexiones alternas, el sobrealimentador B2 sigue conectado hasta que el sobrealimentador conectado adicionalmente ha alcanzado la velocidad de servicio.

Con el fin de evitar humaredas durante la conexión alterna, la cantidad inyectada de combustible es restringida por la limitación de llenado existente en el regulador electrónico del motor.

En caso de producirse una anomalía de conexión, el mando electrónico inicia automáticamente una conexión de emergencia.

Después del arranque del motor hasta sobrepasar éste una velocidad de giro de aproximadamente 350 r.p.m., todos los sobrealimentadores por gases de escape están conectados.

A continuación, continua en servicio solo el turbo sobrealimentador por gases de escape B2. Los turbos sobrealimentadores por gases de escape A y B1 son desconectados a través de la unidad de mando 2.

La unidad de mando es activada por el mando electrónico 1 en el regulador electrónico del motor.

2.13.3. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES
EN EL CAMPO DE CONEXIÓN I

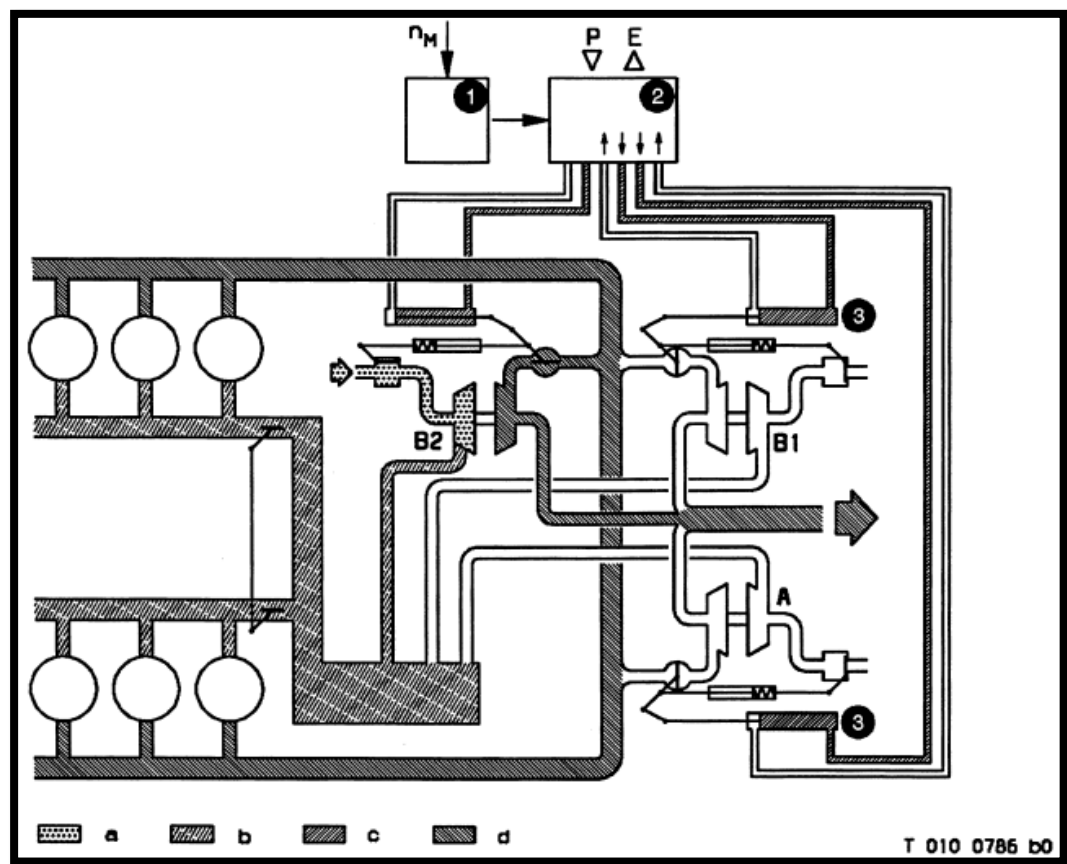


Figura 2 - 18: Estado de conexión sobrealimentador I

- a. Aire atmosférico

b. Aire de sobrealimentación
- c. Aire de mando

d. Gases de escape

Hasta sobrepasar una velocidad de giro de aprox. 800 r.p.m, el motor funciona con el turbo sobrealimentador por gases de escape B2

Los turbos sobrealimentadores por gases de escape A y B1 están desconectados a través de los cilindros de accionamiento 3

2.13.4. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES
EN EL CAMPO DE CONEXIÓN II

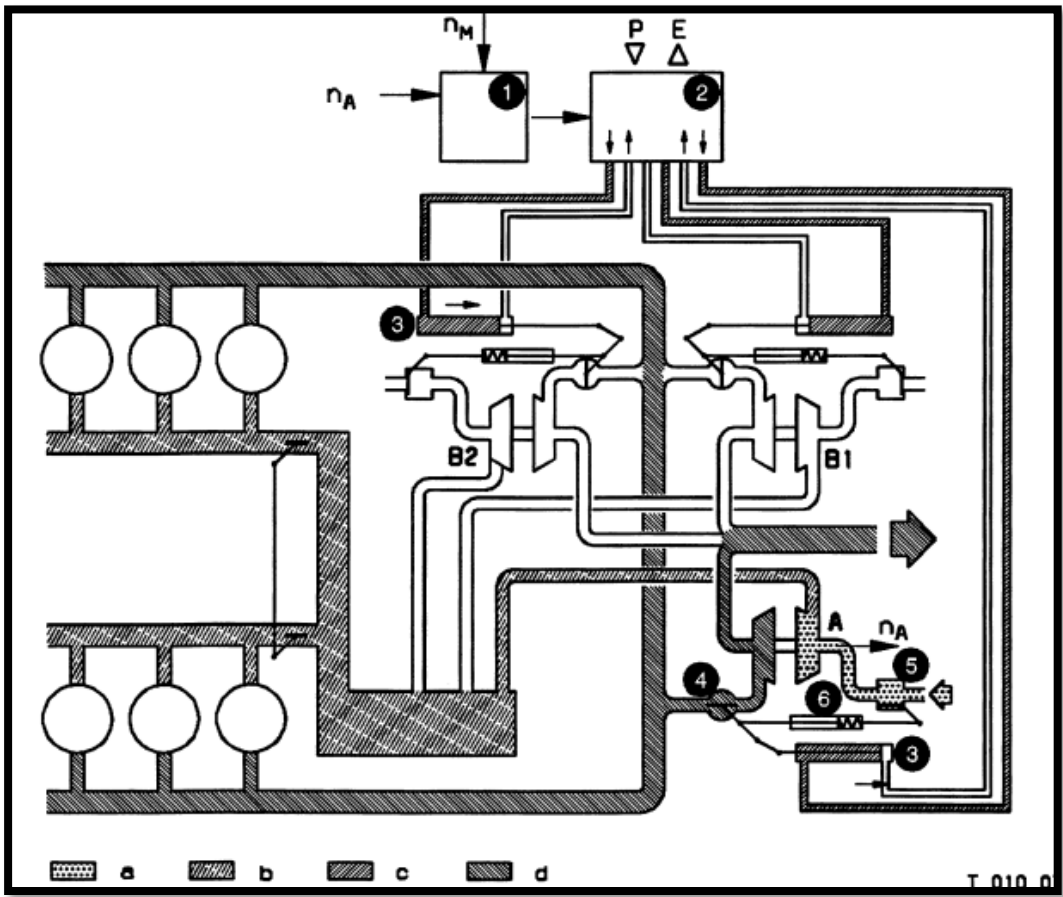


Figura 2 - 19: Estado de conexión sobrealimentador II

- a. Aire atmosférico

b. Aire de sobrealimentación
- c. Aire de mando

d. Gases de escape

Cuando la velocidad de motor sobrepasa 800 r.p.m., el mando electrónico 1 activa la unidad de mando 2. La unidad de mando deja pasar aire de mando al cilindro de accionamiento 3 del turbo sobrealimentador A. El cilindro de accionamiento abre la chapaleta de escape 4 en parte. Por la presión del aire de sobrealimentación existente, la chapaleta de escape 4 en parte. Por la presión del aire de sobrealimentación existente, la chapaleta de aire 5 sigue aún cerrada.

La barra compensadora 6 desbloquea para la palanca de la chapaleta de escape el recorrido de conexión para la apertura. Por la apertura de la chapaleta de escape, el sobrealimentador recibe gases de escape, el rotor del sobrealimentador va acelerándose y el compresor evacua el espacio detrás de la chapaleta de aire.

Una vez evacuado el espacio, la chapaleta de aire se abre a causa de la presión atmosférica. El turbo sobrealimentador A está conectado.

Tan pronto como el turbo sobrealimentador A haya alcanzado la velocidad prevista, el mando electrónico 1 conmuta el cilindro de accionamiento 3 del turbo sobrealimentador B2 a través de la unidad de mando 2. El sobre alimentador B2 es desconectado.

2.13.5. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES
EN EL CAMPO DE CONEXIÓN III

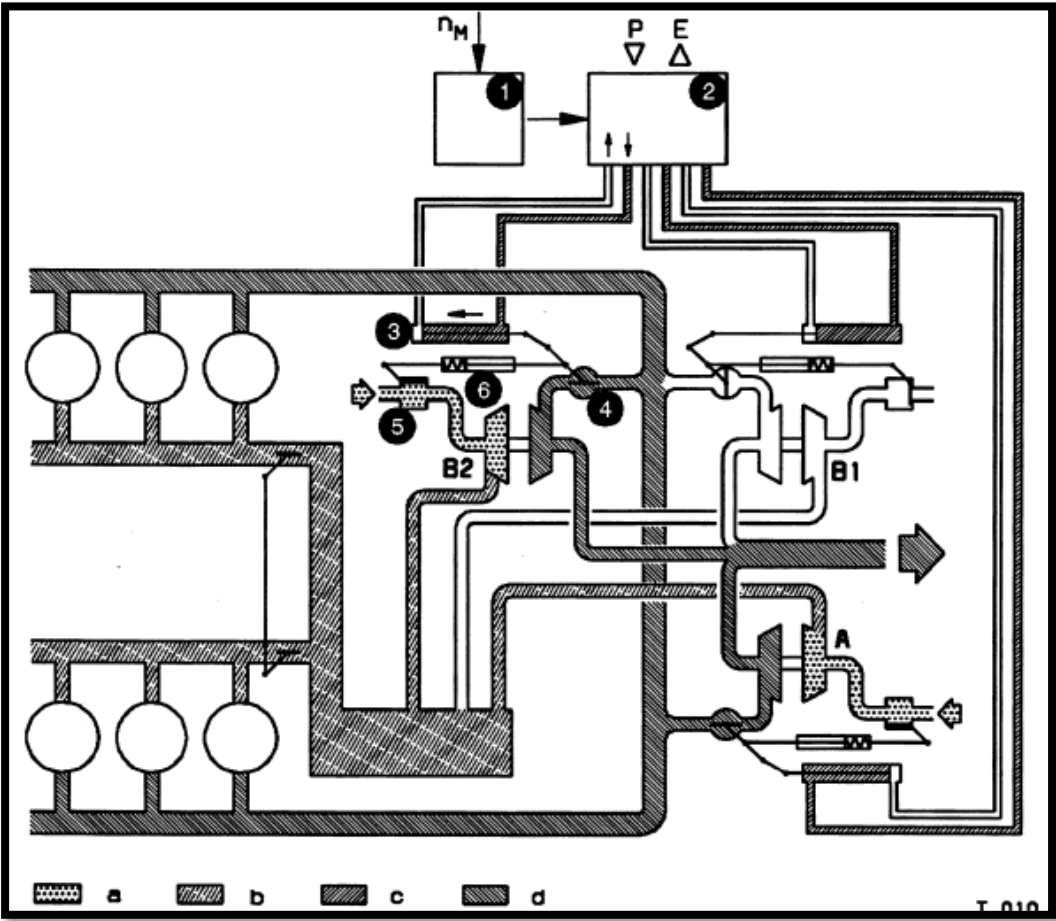


Figura 2 - 20: Estado de conexión sobrealimentador III

- a. Aire atmosférico
- b. Aire de sobrealimentación
- c. Aire de mando
- d. Gases de escape

Cuando la velocidad del motor sobrepasa 1200 r.p.m. en el motor, el mando electrónico 1 activa la unidad de mando 2. La unidad de mando deja pasar aire de mando al cilindro de accionamiento 3 del turbo sobrealimentador B2. El cilindro de accionamiento abre la chapaleta de escape 4 en parte. Por la presión del aire de sobrealimentación existente, la chapaleta de aire 5 sigue aún cerrada.

La barra compensadora 6 desbloquea para la palanca de la chapaleta de escape el recorrido de conexión para la apertura. Por la apertura de la chapaleta de escape, el sobrealimentador recibe gases de escape, el rotor del sobrealimentador va acelerándose y el compresor evacua el espacio detrás de la chapaleta de aire.

Una vez evacuado el espacio, la chapaleta de aire se abre a causa de la presión atmosférica. El turbo sobrealimentador B2 está conectado.

2.15.6. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES
EN EL CAMPO DE CONEXIÓN IV

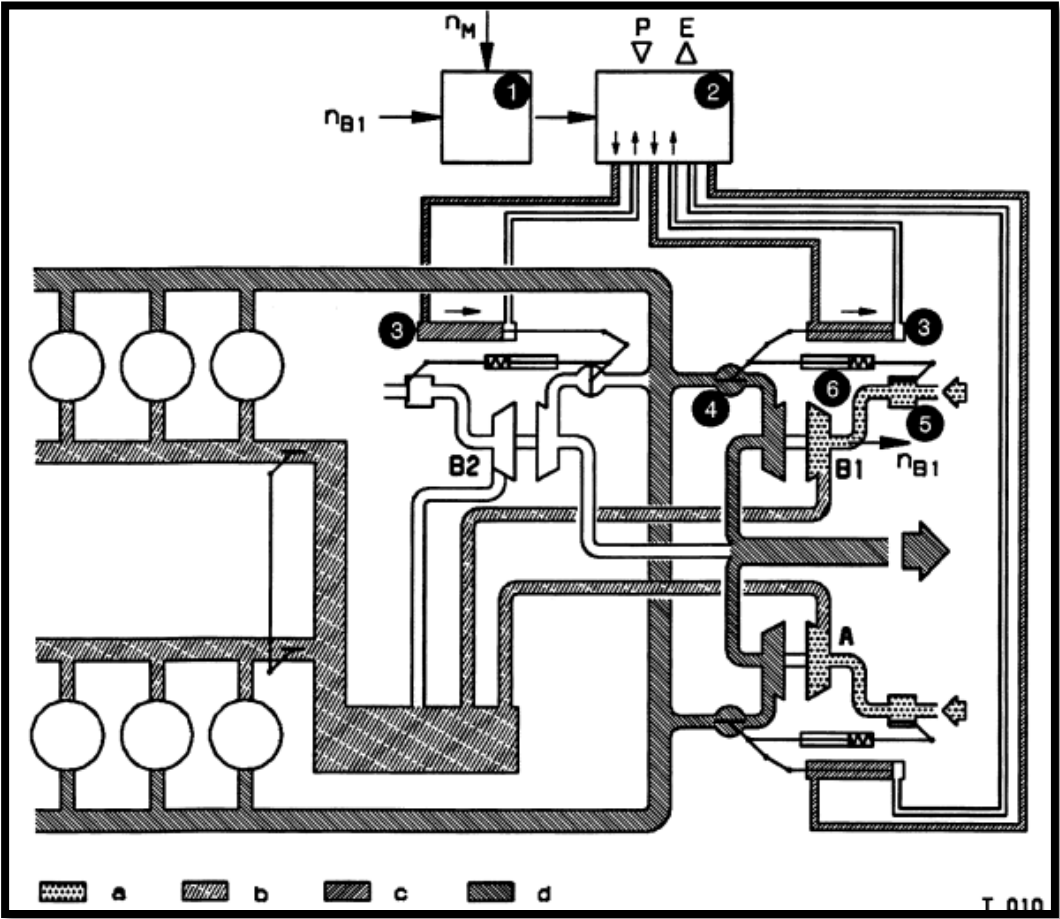


Figura 2 - 21: Estado de conexión sobrealimentador IV

- a. Aire atmosférico

b. Aire de sobrealimentación
- c. Aire de mando

d. Gases de escape

Cuando la velocidad del motor sobrepasa 1500 r.p.m., el mando electrónico 1 activa la unidad de mando 2. La unidad de mando deja pasar aire de mando al cilindro de accionamiento 3 del turbo sobrealimentador B1. El cilindro de accionamiento abre la chapaleta de escape 4 en parte. Por la presión del aire de sobrealimentación existente, la chapaleta de aire 5 sigue aún cerrada.

La barra compensadora 6 desbloquea para la palanca de la chapaleta de escape el recorrido de conexión para la apertura. Por la apertura de la chapaleta de escape, el sobrealimentador recibe gases de escape, el rotor del sobrealimentador va acelerándose y el compresor evacua el espacio detrás de la chapaleta de aire.

Una vez evacuado el espacio, la chapaleta de aire se abre a causa de la presión atmosférica. El turbo sobrealimentador B1 está conectado.

Tan pronto como el turbo sobre alimentador B1 haya alcanzado la velocidad prevista, el mando electrónico 1 conmuta el cilindro de accionamiento 3 del turbo sobrealimentador B2 a través de la unidad de mando 2 a los 5 segundos. El sobrealimentador B2 es desconectado.

2.15.7. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES
EN EL CAMPO DE CONEXIÓN V

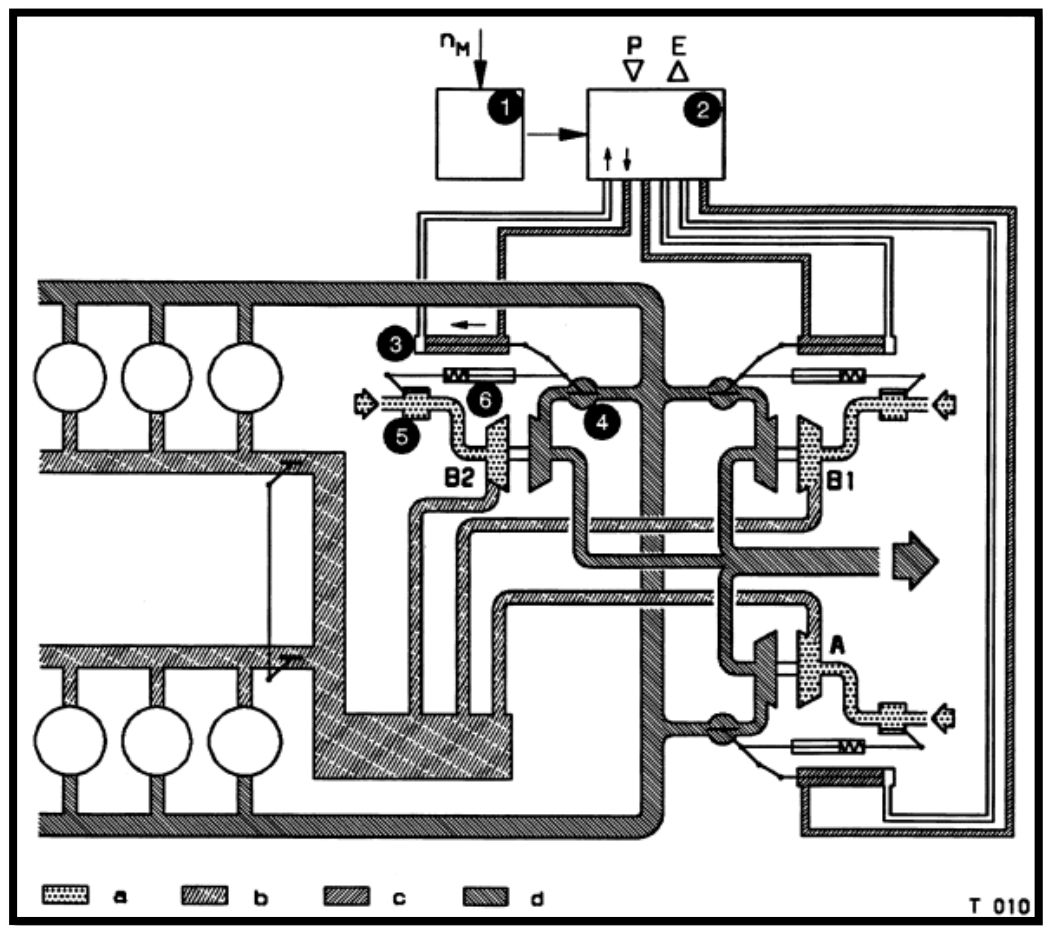


Figura 2 - 22: Estado de conexión sobrealimentador V

- a. Aire atmosférico
- b. Aire de sobrealimentación
- c. Aire de mando
- d. Gases de escape

Cuando la velocidad del motor sobrepasa 1900 r.p.m., el mando electrónico 1 activa la unidad de mando 2. La unidad de mando deja pasar aire de mando al cilindro de accionamiento 3 del turbo sobrealimentador B2. El cilindro de accionamiento abre la chapaleta de escape 4 en parte. Por la presión del aire de sobrealimentación existente, la chapaleta de aire 5 sigue aún cerrada.

La barra compensadora 6 desbloquea para la palanca de la chapaleta de escape el recorrido de conexión para la apertura. Por la apertura de la chapaleta de escape, el sobrealimentador recibe gases de escape, el rotor del sobrealimentador va acelerándose y el compresor evacua el espacio detrás de la chapaleta de aire.

Una vez evacuado el espacio, la chapaleta se abre a causa de la presión atmosférica. El turbo sobrealimentador B2 está conectado.

2.15.8. PROCESO DE MANIOBRA DEL EQUIPO DE CONEXIÓN DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES AL BAJAR VELOCIDAD DEL MOTOR

Después de ser alcanzados los valores de reconexión al bajar la velocidad del motor, los turbos sobrealimentadores son desconectados por el mando de los turbos sobrealimentadores conforme a los cinco sectores de conexión de sobrealimentadores.

El mando de los sobrealimentadores es activado por el mando electrónico conmutando al siguiente sector de conexión más bajo de los sobrealimentadores a través del equipo de conexión de los turbos sobrealimentadores.

Al objeto de evitar un proceso continuo de conexión y desconexión del sobrealimentador entre los sectores de conexión, se ha fijado una histéresis de reconexión de 50 r.p.m. de velocidad del motor.

Solo después de que el punto de conexión de los sobrealimentadores haya sido sobrepasado en menos en dicho valor, el turbo sobrealimentador correspondiente es desconectado.

Realizada la conmutación del turbo sobrealimentador, la posición de conexión es congelada, limitada a 4 segundos, por un bloqueo de reconexión, es decir que también en caso de que histéresis de reconexión sea sobrepasada en menos, no tiene lugar un proceso de conexión.

En el punto de conexión entre los sectores IV y V existe además una histéresis de reconexión adicional de -20 r.p.m. Si durante más de 20 segundos, dicha velocidad queda sobrepasada en menos, se produce una reconexión.

2.14. BARRA COMPENSADORA

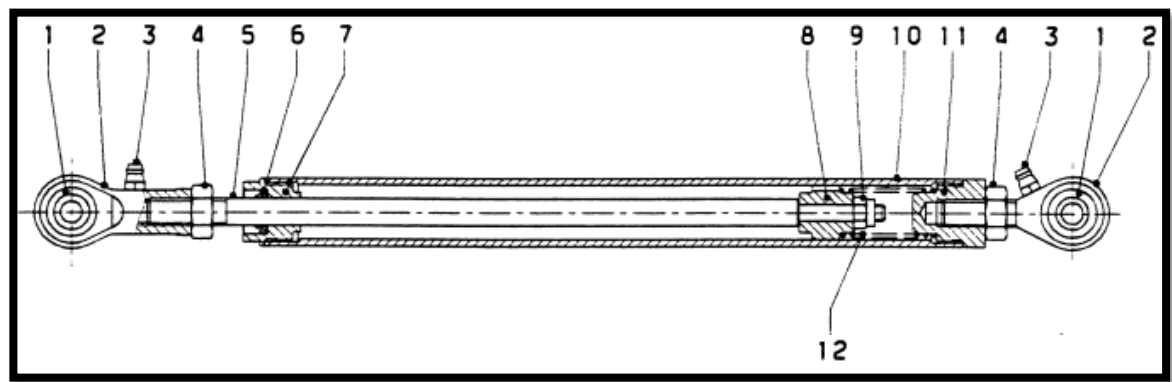


Figura 2 - 23: Barra compensadora

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Cojinete de articulación | 7. Casquillo guía |
| 2. Cabeza articulada | 8. Pieza intermedia |
| 3. Pezón de engrase | 9. Tuerca |
| 4. Tuerca | 10. Tubo distanciador |
| 5. Barra | 11. Pieza terminal |
| 6. Rascador | 12. Resorte |

2.14.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen

2.14.2. DESCRIPCIÓN

La barra compensadora se trata de un elemento de unión elástico que compensa recorridos de conexión desiguales. A los extremos de la barra compensadora van atornilladas cabezas articuladas que están contra apretadas mediante tuercas. El largo necesario de la barra compensadora puede ser ajustado por enroscado y desenroscado. La barra compensadora se trata de un tubo distanciador en el que están enroscados una pieza terminal y un casquillo guía. El casquillo guía la barra. En la barra va fijada una pieza intermedia que guía la barra en el tubo distanciador. Al tubo distanciador va incorporando un resorte que actúa sobre la pieza intermedia. En el casquillo guía está montado un quita barro que impide la entrada de impurezas en el casquillo guía. Con el fin de mejorar el deslizamiento de la pieza intermedia y de mantener bajo el desgaste, las superficies de deslizamiento en el tubo distanciador están untadas de pasta para cilindros de freno ATE.

2.14.3. FUNCIONAMIENTO

Al realizarse un proceso de conexión, produciéndose en el mismo fuerzas desiguales en las cabezas articuladas, la barra es desplazada en contra de la fuerza del resorte en el tubo distanciador. La barra es desplazada hasta que la fuerza del resorte se encuentre de nuevo en equilibrio con la diferencia de fuerza existente entre las cabezas articuladas o que tenga contacto con uno de los topes.

2.15. CHAPALETAS DE ESCAPE

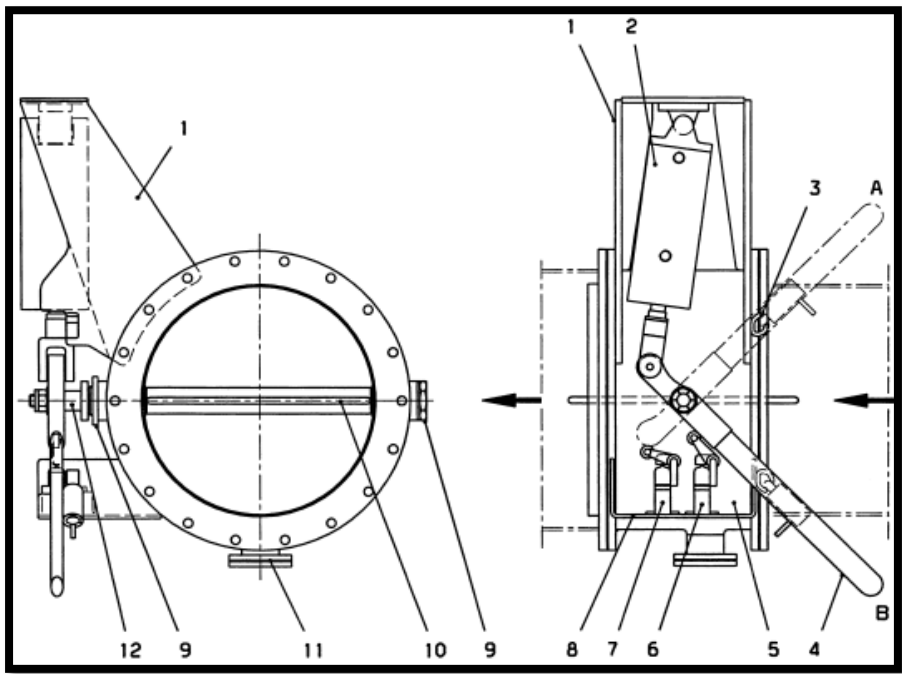


Figura 2 - 24: Chapaleta de escape

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Bastidor de montaje para cilindro | 9. Prensaestopas |
| 2. Cilindro neumático | 10. Chapaleta de escape |
| 3. Bloqueo | 11. Conexión para agua externa |
| 4. Palanca reguladora | 12. Árbol |
| 5. Caja de chapaleta | |
| 6. Interruptor de fin de carrera B | A. Chapaleta de escape, cerrada |
| 7. Interruptor de fin de carrera A | B. Chapaleta de escape, abierta |
| 8. Estribo de sujeción | |

2.15.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: Werner Rathmann, Rittershude

2.15.2. DESCRIPCIÓN

La chapaleta de escape está montada en la conducción de los gases hacia la salida sobre el agua y dirige la corriente de los gases de escape en el sentido debido a través de la salida sobre el agua (bypass)

La caja de la chapaleta está conectada al circuito de agua externa. El agua externa se pulveriza en la corriente de escape a través de un anillo de aspersión, para enfriar los gases. La chapaleta de escape es accionada por un cilindro neumático de doble efecto a través de una palanca reguladora. Esta puede ser inmovilizada en la posición de la chapaleta abierta o cerrada.

Para vigilar la posición de la chapaleta de escape hay dispuestos dos interruptores de fin de carrera en un estribo de sujeción. El interruptor de fin de carrera correspondientes es accionado por la palanca reguladora y emite la señal.

2.16. VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA DE 4/2 VÍAS

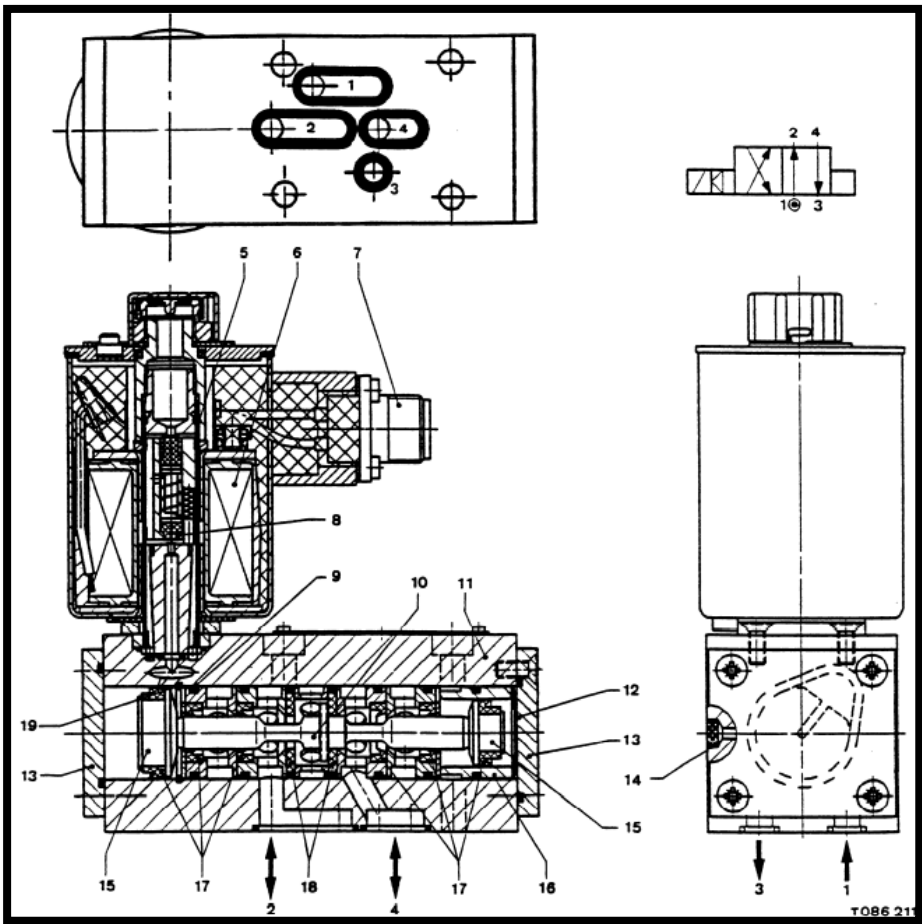


Figura 2 - 25: Válvula electromagnética 4/2 vías

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Aire comprimido | 11. Caja de válvula |
| 2. Aire de mando | 12. Resorte de disco |
| 3. Purga de aire | 13. Placa |
| 4. Aire de mando | 14. Disco |
| 5. Armadura de electroimán | 15. Émbolo |
| 6. Bobina de electroimán | 16. Anillo |
| 7. Conexión por enchufe | 17. Aro labiado |
| 8. Unidad de mando | 18. Arandela obturante |
| 9. Juna toroidal | 19. Anillo de seguridad |
| 10. Corredora distribuidora | |

2.16.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: Herion, Fellbach.

Presión de servicio: 10 bares como máximo.

Temperatura de servicio: -25 °C a 110 °C.

Tensión de servicio: 24 V, tolerancia de tensión -50%/-25%.

Potencia absorbida: 11,5 W.

Clase de protección: IP 65.

Duración de conexión: 100% hasta 32V.

2.16.2. DESCRIPCIÓN

La válvula electromagnética de 4 vías y 2 posiciones está diseñada como válvula de corredera y es accionada por un electroimán y una válvula piloto. La corredera de mando dentro de la caja de la válvula abre y corta alternativamente el paso de la corriente a los empalmes de los conductos de trabajo.

Por el lado de aire, la estanqueización de la corredera de mando dentro de la caja tiene lugar mediante anillos tóricos y anillos labiados.

Cuando la válvula se halla sin corriente eléctrica, la corredera de mando es empujada por el aire comprimido en dirección hacia el resorte de disco, siendo oprimido su reborde contra el disco de obturación. El empalme 1 comunica con el empalme 2 y el empalme 3, con el empalme 4.

Cuando la bobina del electroimán es excitada, la válvula piloto deja que se evada el aire de la cámara de presión dentro de la caja de la válvula. La corredera de mando es empujada en dirección contraria y el reborde es oprimido contra el disco de obturación opuesto. El empalme 1 comunica con el empalme 4 y el empalme 2, con el empalme 3.

Cuando se desexcita la bobina del electroimán, la válvula piloto deja que afluya aire comprimido a la cámara de presión. La corredera de mando es empujada hacia atrás, a la posición inicial.

2.17. VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA

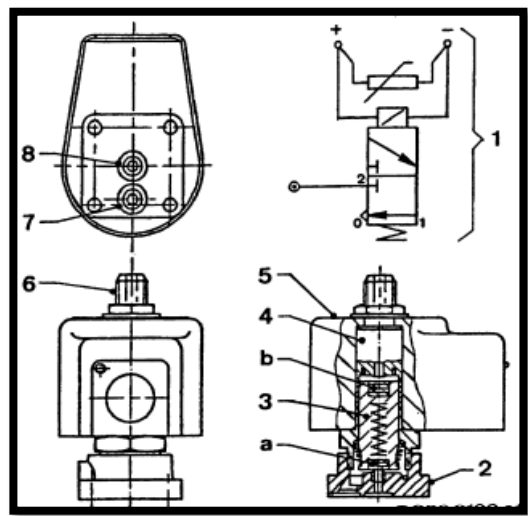


Figura 2 - 26: Válvula electromagnética

2.17.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: Honeywell

Tipo: Lucifer

Presión de servicio: 7 bares como máximo.

Tensión según la versión del electroimán: 24V -10% a +15%

60 V -10% a +15%

110V -10% a +15%

2.17.2. DESCRIPCIÓN

Está compuesta de una válvula de 3 vías y 2 posiciones y un electroimán. Cuando no recibe corriente eléctrica, la válvula está cerrada.

Está formada por el cuerpo de válvula, la armadura cargada por resorte y el tubo guía. En las caras frontales de la armadura se encuentran una válvula de aireación y una válvula de desaireación.

Al ser excitado el electroimán, la armadura se mueve hacia arriba venciendo la fuerza del resorte. La válvula de desaireación se cierra y la válvula de aireación se abre. El empalme 0 es cerrado y el empalme 2 queda comunicado con el empalme 1.

Cuando se desexcita el electroimán, la armadura se mueve hacia abajo empujada por la fuerza del resorte. La válvula de aireación se cierra y la válvula de desaireación se abre. El empalme 2 es cerrado y el empalme 1 queda comunicado con el empalme 0.

Un varistor conectado a los bornes de conexión reduce la tensión de inducción generada al efectuarse la desconexión.

2.18. PRECALENTADOR DEL AIRE DE SOBREALIMENTACIÓN

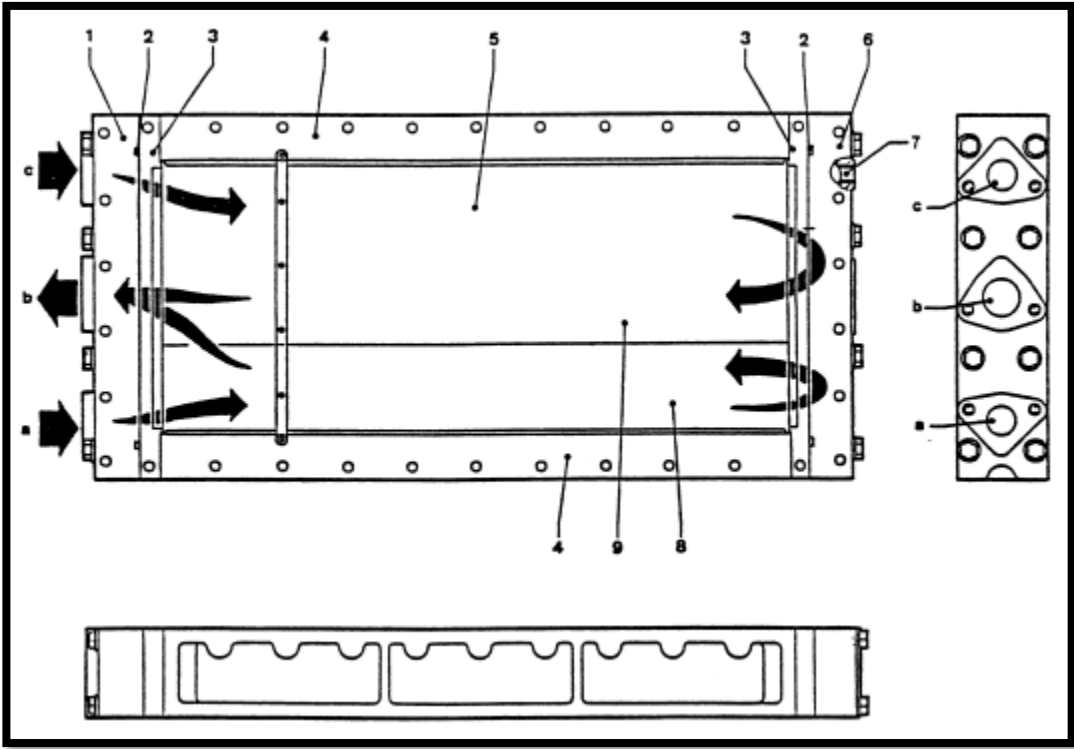


Figura 2 - 27: Precalentador de aire de sobrealimentación

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Caja de agua, entrada y salida | 6. Caja de desvío de agua |
| 2. Junta toroidal | 7. Conexión para desagüe |
| 3. Fondo tubular | 8. Cámara intercambiador de calor I |
| 4. Parte lateral | 9. Cámara intercambiador de calor II |
| 5. Bloque refrigerador | |
-
- a. Entrada agua de refrigeración del motor para cámara intercambiador de calor I
b. Salida de agua de refrigeración del motor
c. Entrada agua de refrigeración del motor para cámara intercambiador de calor II

2.18.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: Behr, Stuttgart

Modo de funcionar: Contracorriente cruzada

Presión de comprobación por el fabricante:

- Lado de agua: 8,5 bares con agua
- Lado de aire: 5,0 bares con aire comprimido

2.18.2. DESCRIPCIÓN

El bloque intercambiador de calor del precalentador de aire de sobrealimentación está formado por placas perforadas y tubos de agua con chapas delgadas montadas a presión. Los tubos de agua están mandrilados en las placas perforadas.

Las partes laterales, la caja de agua y la caja de desviación del agua cercan el bloque intercambiador de calor y están unidas unas con otras mediante tornillos. La estanqueización entre las partes laterales y las placas perforadas se efectúa mediante Loctite; la estanqueización entre las cajas de agua y las placas perforadas, mediante anillos tóricos.

En la caja de agua hay dispuestos empalmes para dos entradas de agua refrigerante separadas y una salida común.

En la caja de desviación el agua refrigerante es desviada por chapas de separación.

El precalentador está dividido de ese modo en dos cámaras intercambiadoras de calor de diferente volumen.

2.18.3. FUNCIONAMIENTO

El agua refrigerante es conducida a las cámaras intercambiadoras de calor, pasa por los tubos de agua, cambia de dirección en la caja de desviación y abandona el precalentador a través de la salida.

El aire de sobrealimentación pasa por la red intercambiadora de calor del lado de aire, siendo calentado, a través de los tubos con aletas, por el agua refrigerante del motor que circula en contracorriente cruzada.

2.19. MANDO DE LOS SOBREALIMENTADORES

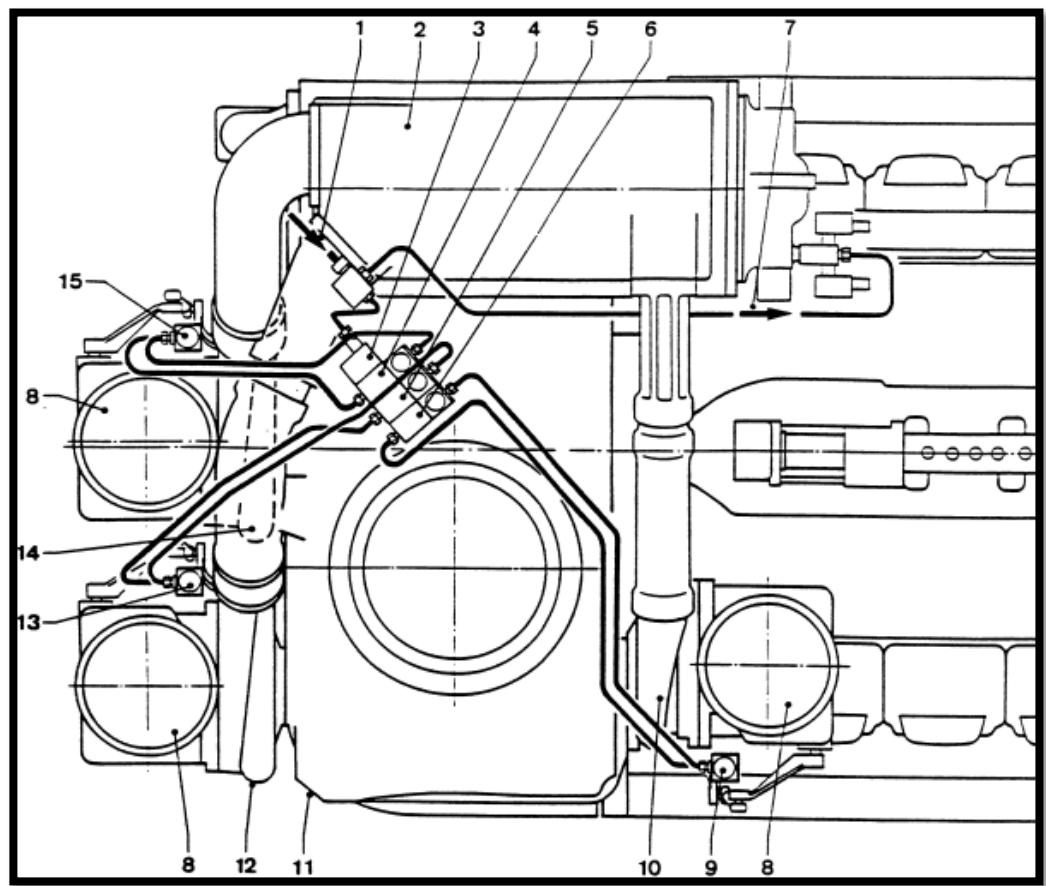


Figura 2 - 28: Mando de los sobrealimentadores

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. Del equipo de suministro de aire comprimido | 9. Cilindro de accionamiento B2 |
| 2. Refrigerador aire sobrealimentación con precalentador aire sobrealimentación adosado. | 10. Turbo sobrealimentador B2 |
| 3. Pieza distribuidora | 11. Caja soporte |
| 4. Válvula electromagnética de 4/2 vías para conexión de sobrealimentadores, turbo A | 12. Turbo sobrealimentador B1 |
| 5. Válvula electromagnética de 4/2 vías para conexión de sobrealimentadores, turbo B1 | 13. Cilindro de accionamiento B1 |
| 6. Válvula electromagnética de 4/2 vías para conexión de sobrealimentadores, turbo B2 | 14. Turbo sobrealimentador A |
| 7. Al mando del precalentador de aire de sobrealimentación | 15. Cilindro de accionamiento A |
| 8. Mariposa de aire | |

2.19.1. ESQUEMA MANDO DE LOS SOBRE ALIMENTADORES

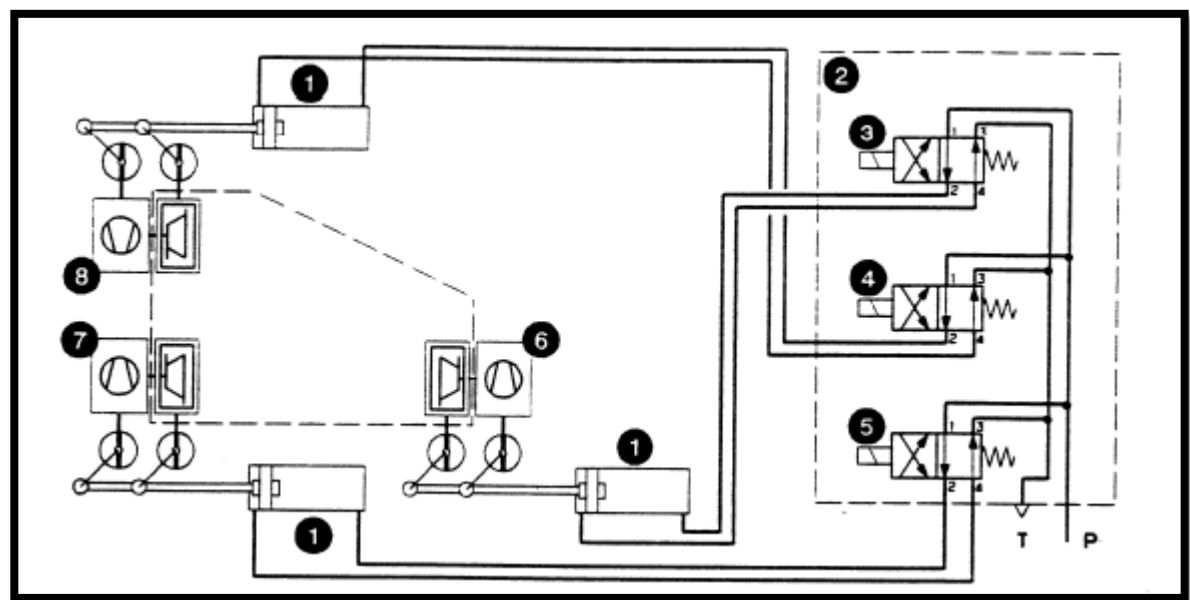


Figura 2 - 29: Esquema de mando

1. Cilindro de accionamiento

2. Bloque de mando

3. Válvula electromagnética de 4/2 vías para turbo sobrealimentador B2

4. Válvula electromagnética de 4/2 vías para turbo sobrealimentador A

5. Válvula electromagnética de 4/2 vías para turbo sobrealimentador B1
6. Turbo sobrealimentador B2

7. Turbo sobrealimentador B1

8. Turbo sobrealimentador A
- P Aire comprimido

T Purga de aire

2.19.2. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen
Funcionamiento: Eléctrico – neumático
Presión del aire de mando: 10 bar como máximo

2.19.3. DESCRIPCIÓN

Para el mando de sobrealimentadores va dispuesto un bloque de mando compuesto de pieza distribuidora con tres válvulas electromagnética de 4/2 vías en la caja de soporte de los turbos sobrealimentadores.

Las válvulas electromagnéticas de 4/2 vías están atornilladas a la pieza distribuidora y unidas a los cilindros de accionamiento del mando de los turbos sobrealimentadores a través de líneas.

El aire comprimido pasa a las válvulas electromagnéticas a través de la conexión P en la pieza distribuidora. Las válvulas accionadas por el mando electrónico mandan el aire

comprimido para apertura o cierre de las chapaletas a los cilindros de accionamiento a través de las conexiones 2 o 4.

Las cámaras de cilindro opuestas en los cilindros de accionamiento son des aireadas a través de la conexión T en la pieza distribuidora.

El mando de los turbos sobrealimentadores es activado en función del número de revoluciones del motor por el mando electrónico en el regulador electrónico del motor.

En lo que respecta a la conexión de los sobrealimentadores en función del número de revoluciones del motor, la gama operativa del motor está subdividida en cinco sectores de conexión de sobrealimentadores.

Después del arranque del motor y hasta alcanzar una velocidad de unas 350 r.p.m., todos los turbos sobrealimentadores están conectados.

A continuación, ya solo el turbo sobrealimentador B2 junto con el precalentamiento del aire de sobrealimentación sigue en servicio. Los turbos sobrealimentadores A y B1 son desconectados.

2.19.4. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS DURANTE EL ARRANQUE DEL MOTOR.

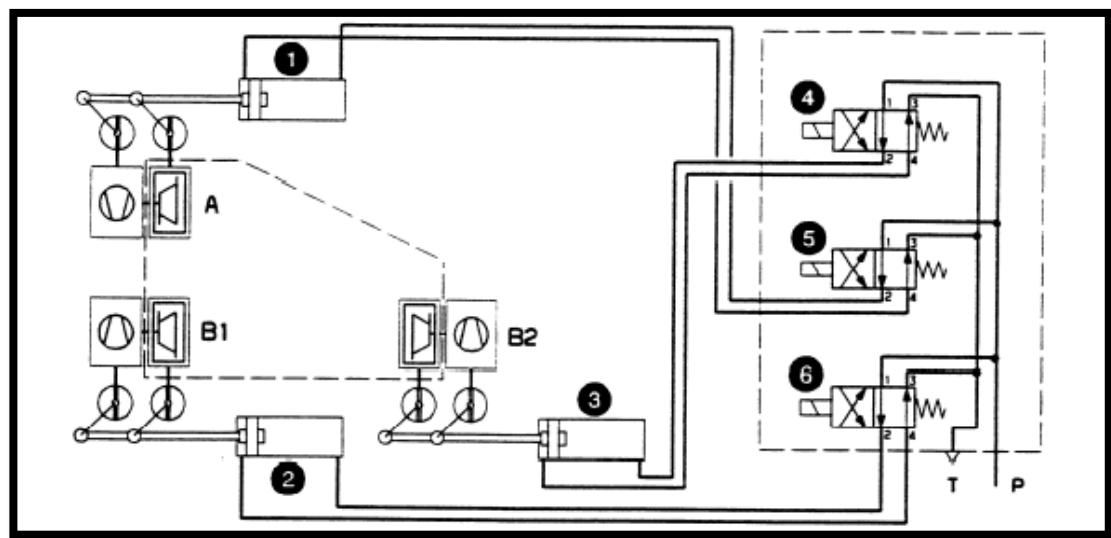


Figura 2 - 30: Estados de conexión válvulas electromagnéticas

Durante el arranque del motor, las válvulas electromagnéticas de 4/2 vías 4, 5 y 6 están des excitadas. El aire de mando pasa a través de las conexiones 2 a los cilindros de accionamiento 1, 2 y 3. Todos los sobrealimentadores están conectados.

2.19.5. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES I.

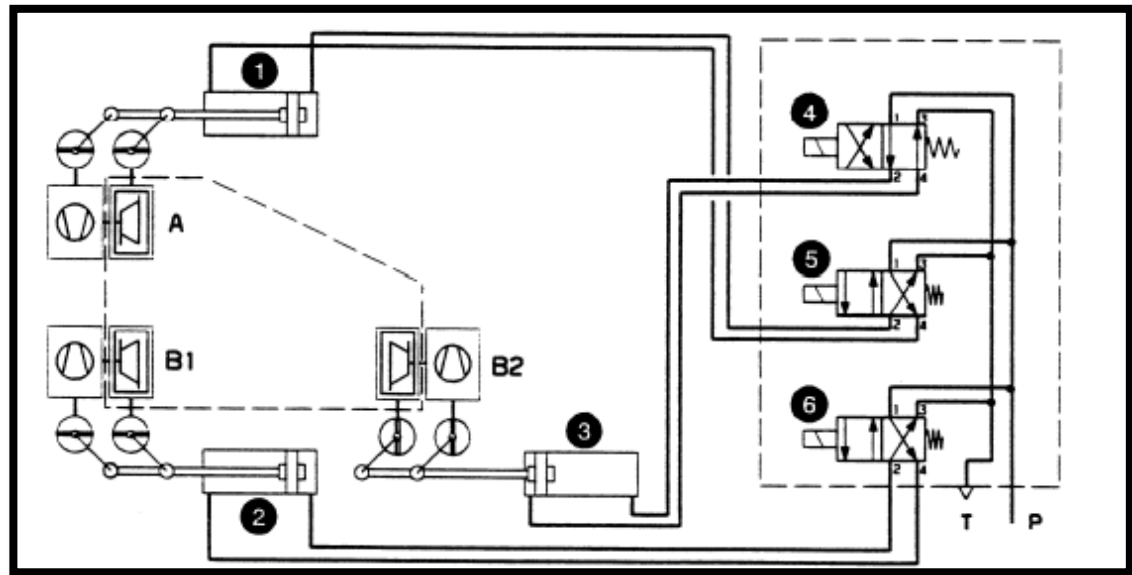


Figura 2 - 31: Estados de conexión válvulas electromagnéticas I

Al sobrepasar la velocidad del motor unas 350 r.p.m., son excitadas las válvulas electromagnéticas de 4/2 5 y 6. La válvula electromagnética de 4/2 vías 4 sigue des excitada. El aire de mando pasa a través de las conexiones 4 a los cilindros de accionamiento 1 y 2. Los turbos sobrealimentadores A y B1 son desconectados. El turbo sobrealimentador B2 sigue conectado.

2.19.6. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES II.

Al sobrepasar la velocidad del motor 800 r.p.m., es des excitada la válvula electromagnética de 4/2 vías 5. El aire de mando pasa a través de la conexión 5 al cilindro de accionamiento 1. El turbo sobrealimentador A es conectado.

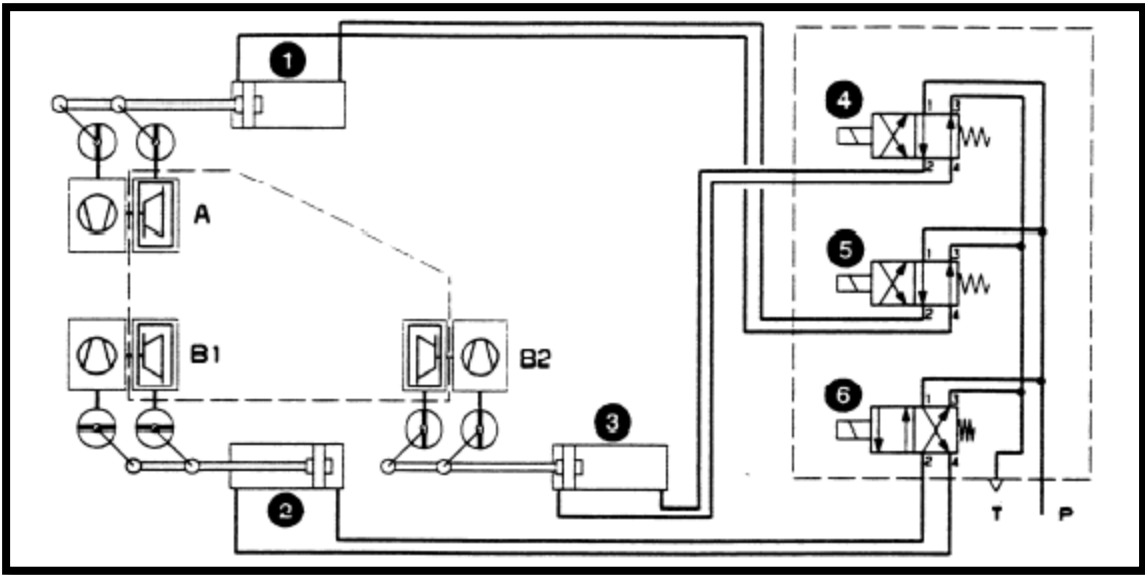


Figura 2 - 32: Estados de conexión válvulas electromagnéticas II

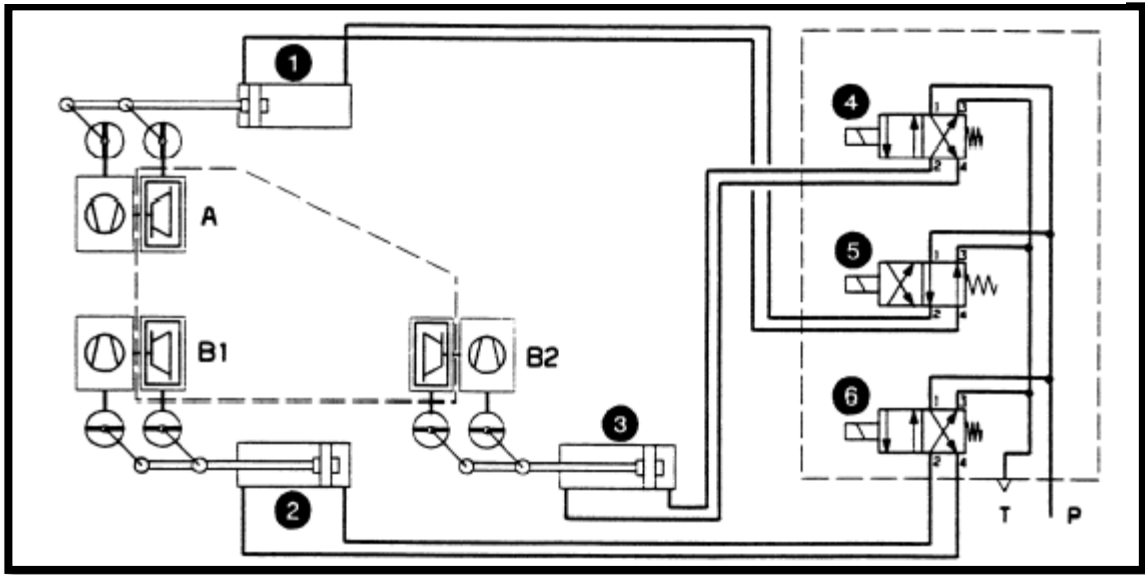


Figura 2 - 33: Estados de conexión válvulas electromagnéticas II

Después de un retardo de la conexión alterna de unos 0.5 segundos, es des excitada la válvula electromagnética de 4/2 4. El aire de mando pasa a través de la conexión 4 al cilindro de accionamiento 3. El turbo sobrealimentador B2 es desconectado.

2.19.7. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES III.

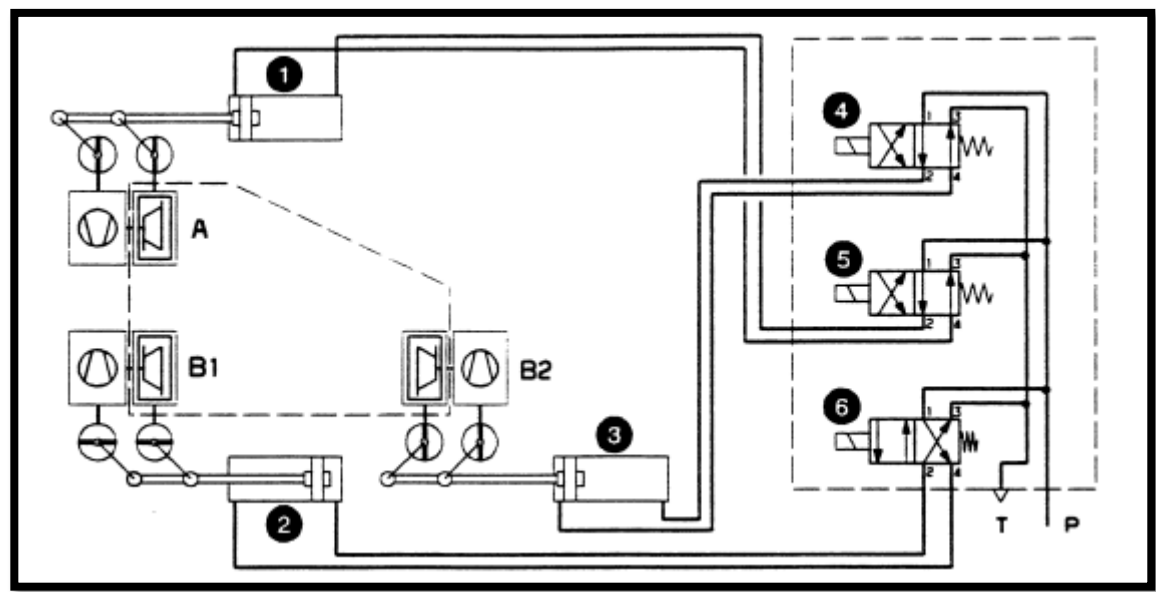


Figura 2 - 34: Estados de conexión válvulas electromagnéticas III

Al sobrepasar 1200 r.p.m. en el motor, es des excitada la válvula electromagnética de 4/2 vías 4. El aire de mando a través de la conexión 4 al cilindro de accionamiento 3. El turbo sobrealimentador B2 es conectado.

El motor funciona con los turbos sobrealimentadores A y B2.

2.19.8. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES IV.

Al sobrepasar 1500 r.p.m. en el motor, es des excitada la válvula electromagnética 4/2 vías 6. El aire de mando pasa a través de la conexión 2 al cilindro de accionamiento 2. El turbo sobrealimentador B1 es conectado.

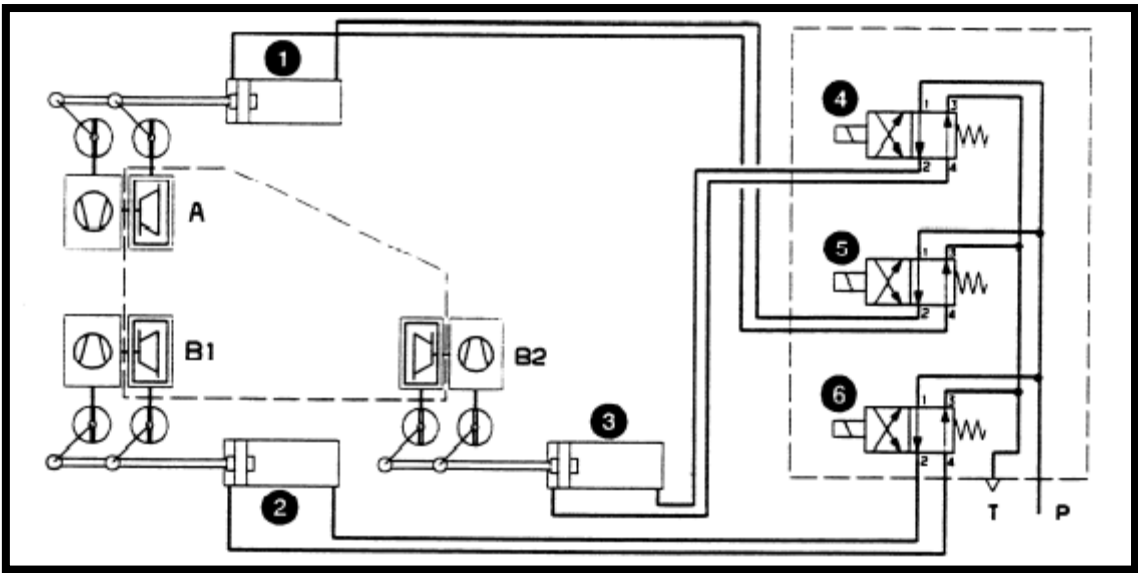


Figura 2 - 36: Estados de conexión válvulas electromagnéticas IV

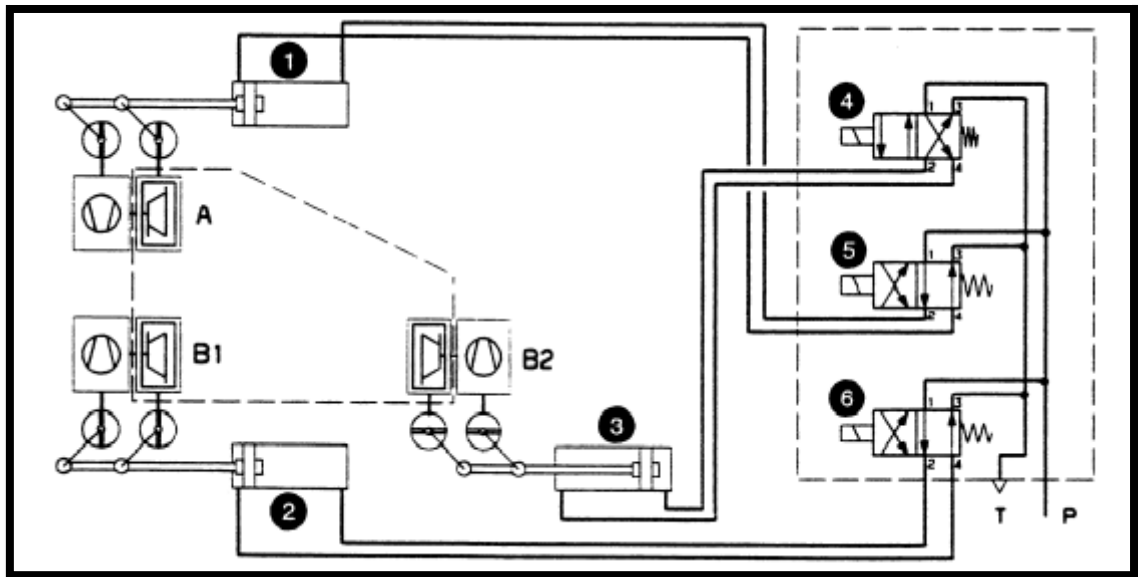


Figura 2 - 35: Estados de conexión válvulas electromagnéticas IV

Después de un retardo de la conexión alterna de unos 0,5 segundos, es des excitada la válvula electromagnética de 4/2 vías 4. El aire de mando pasa a través de la conexión 4 al cilindro de accionamiento 3. El turbo sobrealimentador B2 es desconectado. El motor funciona con los turbos sobrealimentadores A y B1.

2.19.9. ESTADOS DE CONEXIÓN DE LAS VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS DE 4/2 VÍAS Y DE LAS MARIPOSAS EN EL SECTOR DE CONEXIÓN DE SOBREALIMENTADORES V.

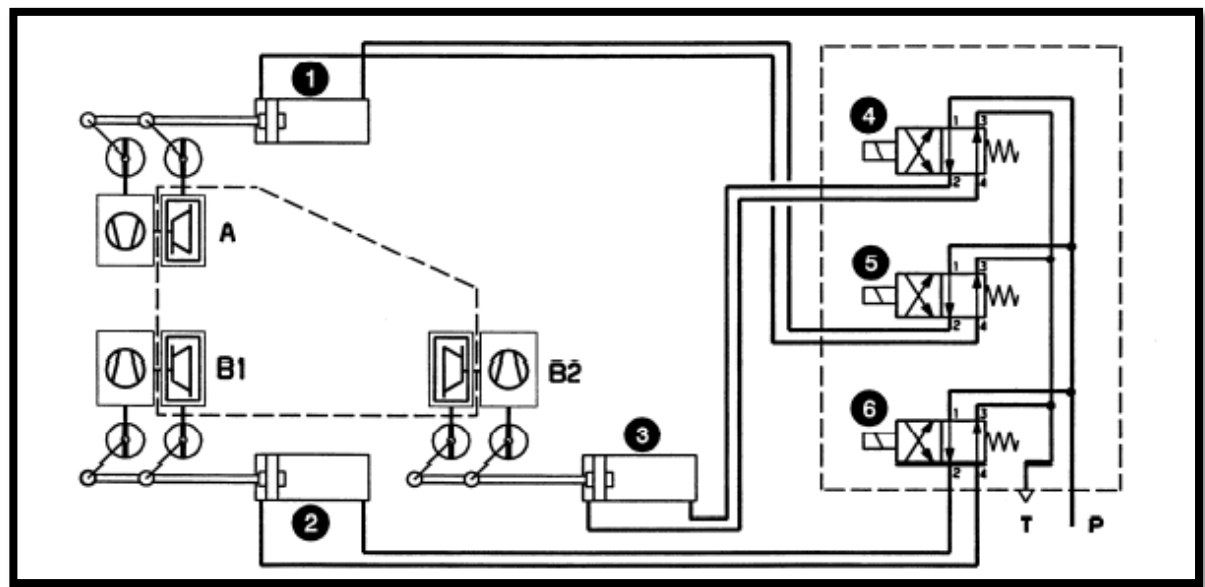


Figura 2 - 37: Estados de conexión válvulas electromagnéticas V

Al sobrepasarse un numero de revoluciones del motor de aprox. 1900 r.p.m., se des excita la válvula electromagnética de 4 vías y posiciones 4. La corriente de mando fluye por el empalme 4 hacia el cilindro de accionamiento 3. Se conecta el turbo sobrealimentador por gases de escape B2.

El motor funciona con los turbos sobrealimentadores por gases de escape A, B1 y B2.

Al descender el número de revoluciones del motor tiene lugar la desconexión del turbo sobrealimentador por gases de escape en orden inverso.

2.20. MANDO DEL PRECALENTADOR DE AIRE DE SOBREALIMENTACIÓN

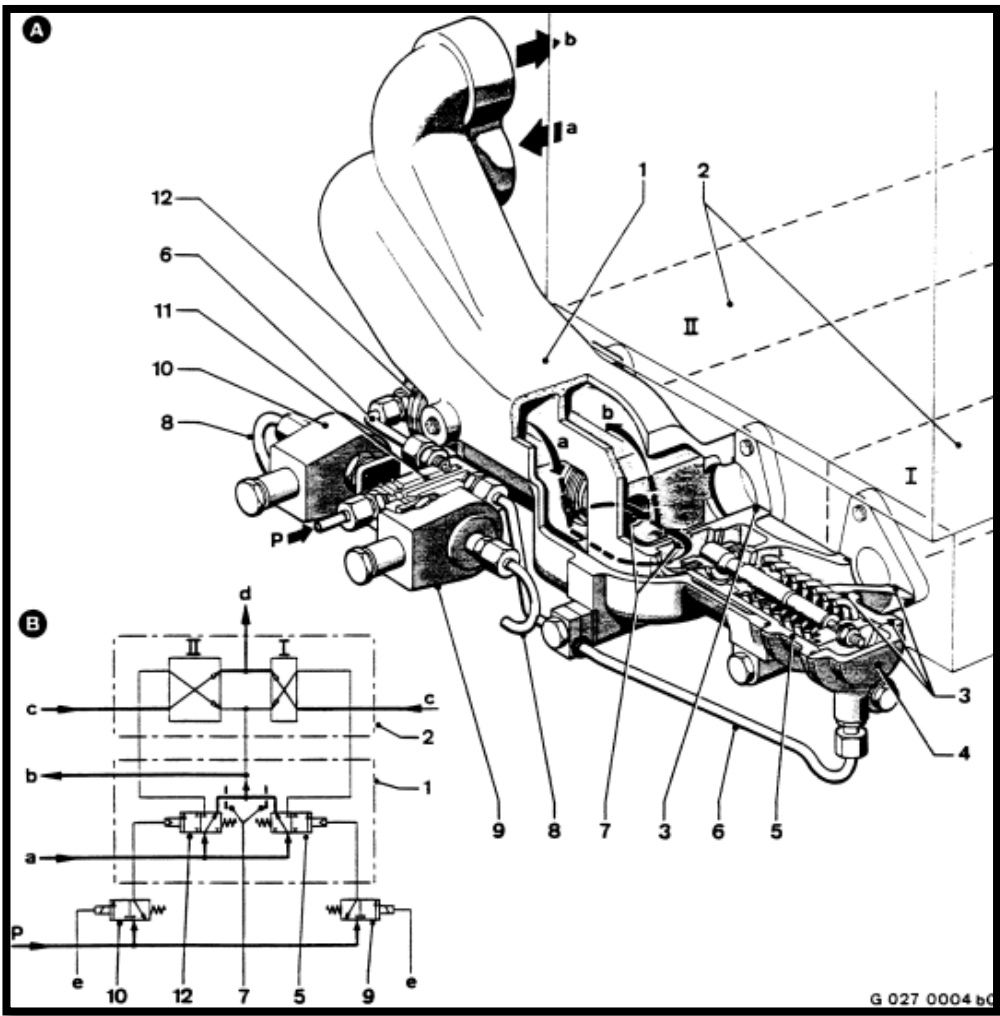


Figura 2 - 38: Mando del precalentador de aire de sobrealimentación

1. Caja soporte de válvula

2. Precalentador aire sobrealimentación

3. Junta toroidal

4. Tapa

5. Válvula de maniobra I

6. Conducto aire comprimido

7. Diafragma

8. Conducto purga de aire

9. Válvula electromagnética I

10. Válvula electromagnética II

11. Soporte

12. Válvula de maniobra II
- I. Cámara intercamb. Calor (capacidad precal. 1/3)

II. Cámara intercamb. Calor (capacidad precal. 2/3)

a. Admisión agua refr. Motor de colector lado izq.

b. Salida agua refr. Motor a caja soporte

c. Aire sobreal. Del refrigerador aire sobreal.

d. Aire sobreal. a los cilindros

e. Señal eléctrica

A. Posición bypass (sin precalentamiento)

B. Esquema de conexionado

P. Abastecimiento aire comprimido

2.20.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichsafen
Funcionamiento: Eléctrico – neumático
Presión del aire de mando: 5,5 bares como mínimo
10 bares como máximo

2.20.2. DESCRIPCIÓN

El mando del precalentador de aire de sobrealimentación está adosado a un lado del precalentador y comunica con el circuito de agua refrigerante del motor a través de una caja de soporte de válvulas. En la caja soporte hay montadas dos válvulas de mando para regular el flujo de agua por las cámaras del intercambiador de calor del precalentador.

La válvula de mando I desbloquea el flujo de agua por la cámara I con 1/3 de la potencia de precalentamiento y la válvula de mando II desbloquea el flujo de agua por la cámara II con 2/3 de la potencia de precalentamiento.

Cada válvula de mando es accionada neumáticamente a través de una válvula electromagnética.

Las válvulas electromagnéticas son activadas por el mando electrónico en el regulador electrónico del motor, en función del recorrido de la cremallera, la velocidad del motor y la temperatura del agua externa reintenta antes del refrigerador de aire de sobrealimentación.

En las paredes separadoras entre el canal de entrada y el de salida de agua de la caja soporte hay dispuestos unos diafragmas de diferentes taladros. Los diafragmas son cerrados por la válvula de mando.

Por cada diafragma abierto pasa, en bypass, continuamente agua de refrigeración, de manera que en el lado izquierdo del motor circula siempre una cantidad de agua constante a través de la caja soporte de válvulas, hacia caja soporte de los turbos sobrealimentadores.

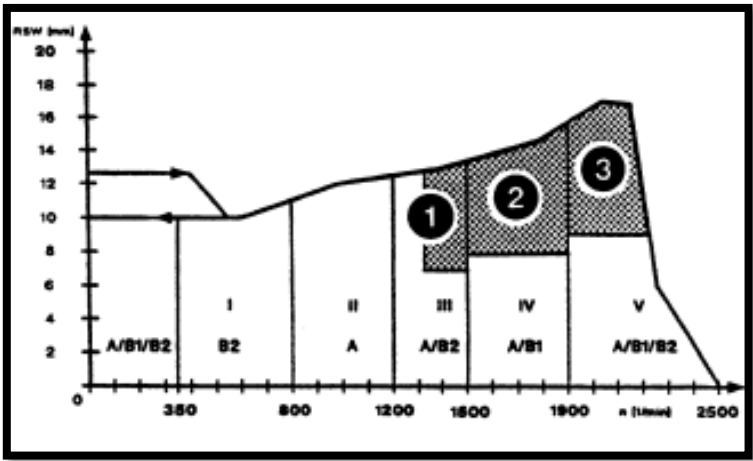


Figura 2 - 39: Grafico r.p.m - conexión turbos sobrealimentadores

El diagrama muestra el campo característico del recorrido de la cremallera “s” como función del número revoluciones del motor “n”, con los cinco sectores de conexión de los turbos sobrealimentadores y los sectores del mando del precalentador de aire de sobrealimentación.

Para la mayor parte del campo característicos tiene aplicación la potencia de precalentamiento 3/3; únicamente en los sectores rayados 1, 2 y 3, orientados al tercer y cuarto punto de conexión de sobrealimentadores, tiene lugar un mando del precalentador del aire de sobrealimentación.

Según la potencia de precalentamiento necesaria, las distintas cámaras del intercambiador de calor son conectadas y desconectadas por la electrónica una vez alcanzados los puntos de conexión.

En caso de fallar el mando electrónico, las válvulas electromagnéticas son des excitadas o quedan sin corriente, cortando el aire de mando a las válvulas de mando. Las válvulas de mando regresan a la posición de partida.

El agua de refrigeración pasa en bypass por los diafragmas abiertos a la caja de soporte de los turbos sobrealimentadores. El aire de sobrealimentación no es precalentado.

**CAPITULO 3: DESARME, LIMPIEZA, COMPROBACION DE LAS PIEZAS Y
ENSAMBLE DE LOS TURBOS SOBREALIMENTADORES POR GASES DE
ESCAPE MTU ZR-170 Y ZR-140**

3.1. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE B2

3.1.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen
Tipo: ZR 140/010
Velocidad: 75000 r.p.m. como máximo
Peso: Aprox. 40 kg.

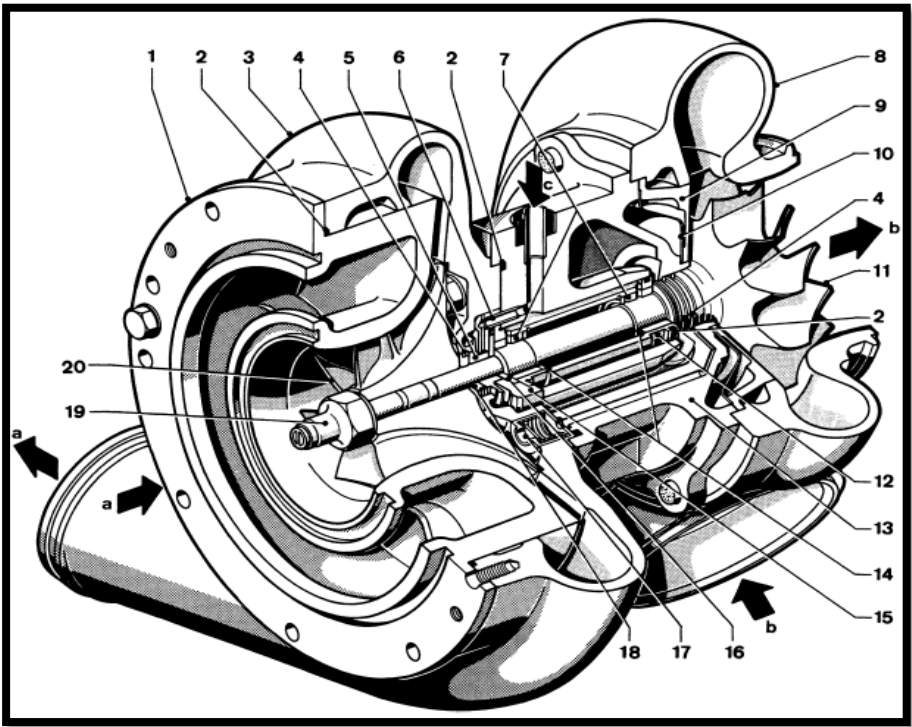


Figura 3 - 1: Turbo sobrealimentador B2

- | | |
|--|---|
| 1. Caja de aspiración | 13. Caja porta cojinete |
| 2. Junta toroidal | 14. Anillo de seguridad |
| 3. Caja del compresor | 15. Cojinete axial |
| 4. Segmento | 16. Disco axial |
| 5. Casquillo distanciador | 17. Válvula de retención, aire de bloqueo |
| 6. Pasador cilíndrico (tubo de aceite) | 18. Porta juntas |
| 7. Casquillo cojinete | 19. Tuerca magnética |
| 8. Caja de turbina | 20. Rueda compresora |
| 9. Disco de radiación | |
| 10. Chapa de radiación | a Aire |
| 11. Rodete con árbol | b Gases de escape |
| 12. Cojinete | c Aceite motor |

3.2. PROCESO DE DESARME PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO

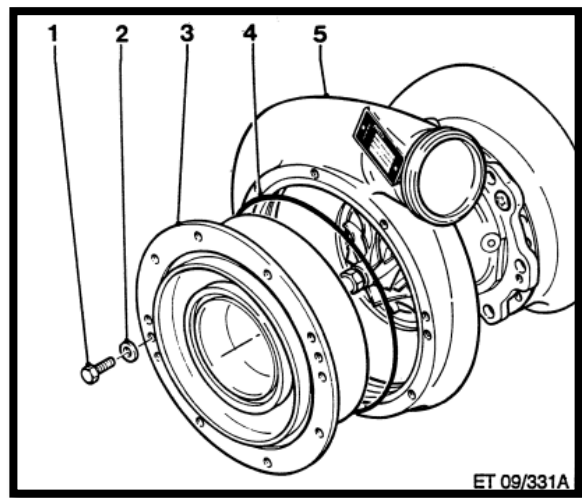


Figura 3 - 2: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 1

Desenroscar los tornillos (1) y retirarlos junto con las arandelas (2)
Separar de la caja del compresor (5) la caja de aspiración (3)
Quitar el anillo toroidal (4)

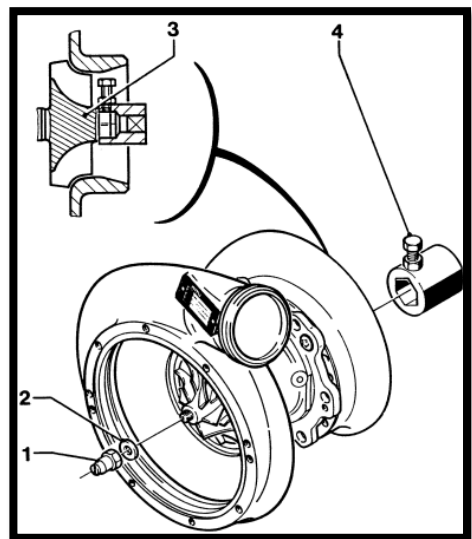


Figura 3 - 3: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 2

Soltar la tuerca (1) mediante una llave dinamométrica y desenroscarla.
A tal efecto, tener sujeta en contra la rueda de turbina (3) con el dispositivo (4).
Quitar arandela (2)

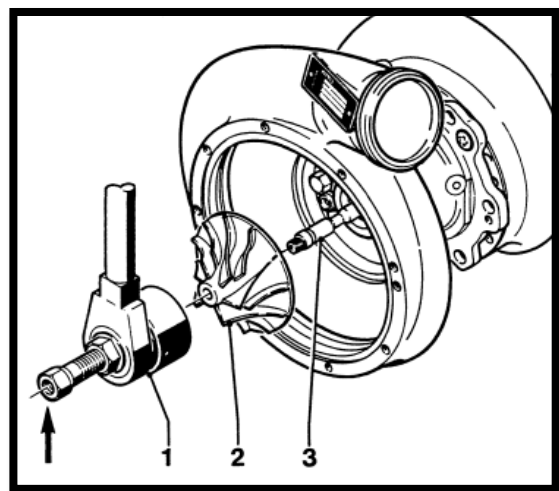


Figura 3 - 4: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 3

Enroscar el dispositivo (1) sobre el árbol de turbina (3).
Empalmar la bomba hidráulica (**flecha**).
Con la bomba hidráulica, ensanchar el cubo de la rueda compresora (2), hasta que esta se desprenda del árbol.
- Presión máxima de ensanchamiento: 800 bares.
Desmontar el dispositivo y posteriormente retirar la rueda compresora.

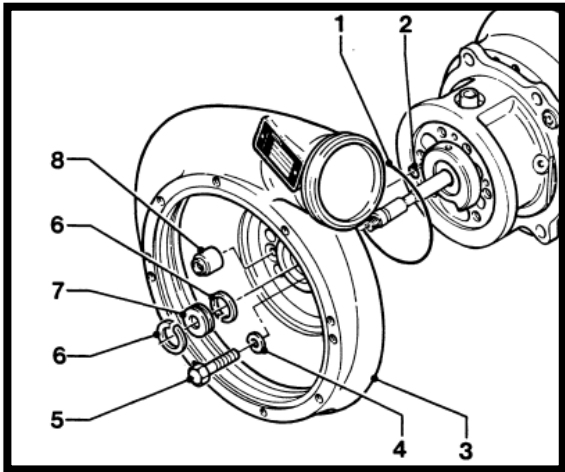


Figura 3 - 5: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 4

Desenroscar los tornillos (5) y quitarlos junto con las arandelas (4). Retirar la caja del compresor (3) conjuntamente con el porta-segmentos (7). Quitar los anillos toroidales (1) y (2). Sacar de la caja del compresor las válvulas de aire de bloqueo (8). Retirar del porta-segmentos los segmentos (6).

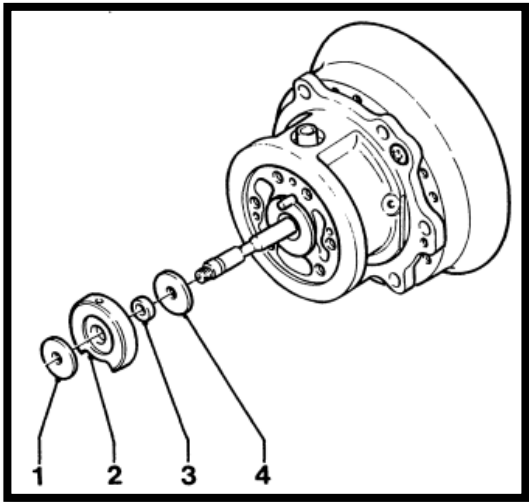


Figura 3 - 6: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 5

Retirar la arandela (1), el cojinete axial (2), el casquillo distanciador (3) y la arandela (4).

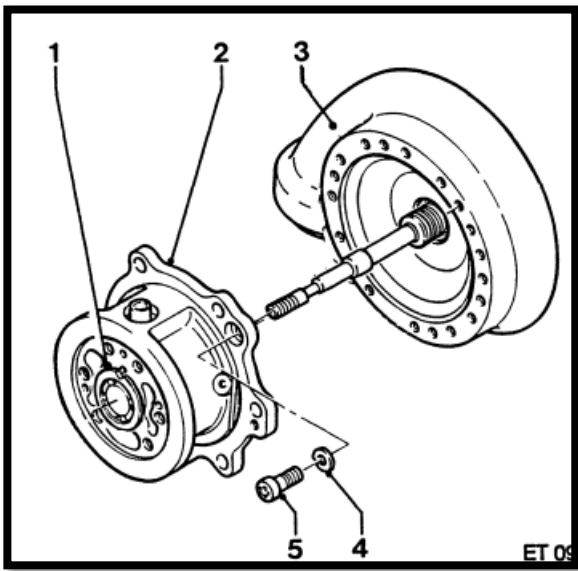


Figura 3 - 7: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 6

Indicación: Antes del despiece, marcar la posición de la caja de turbina (3) respecto a la caja porta cojinetes (2). Desenroscar los tornillos de cabeza cilíndrica (5) y retirarlos junto con la arandela (4). Mediante dos tornillos auxiliares M8, desprender de la caja de turbina (3) la caja porta cojinetes (2) conjuntamente con el cojinete (1) y quitarla de encima.

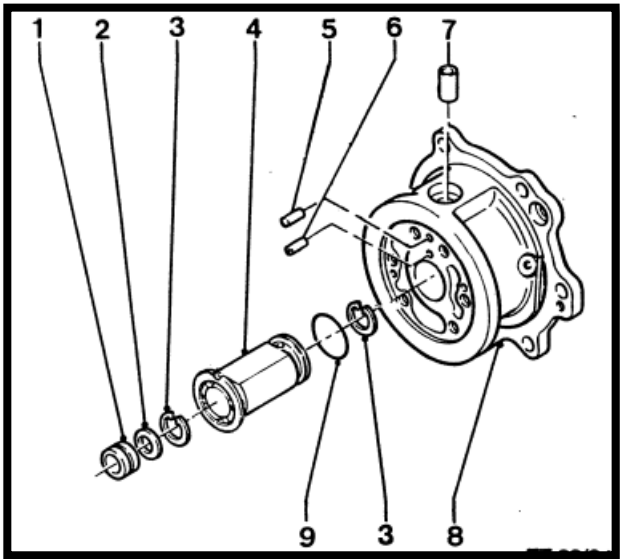


Figura 3 - 8: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 7

Sacar el casquillo cojinete (1) y la arandela (2).

Extraer de la caja porta cojinetes (8) el cojinete (4).

Quitar el anillo toroidal (9).

Sacar los anillos fijadores (3).

En caso de estar deteriorados, sacar el pasador cilíndrico (6) (tubo de aceite) y el casquillo (7).

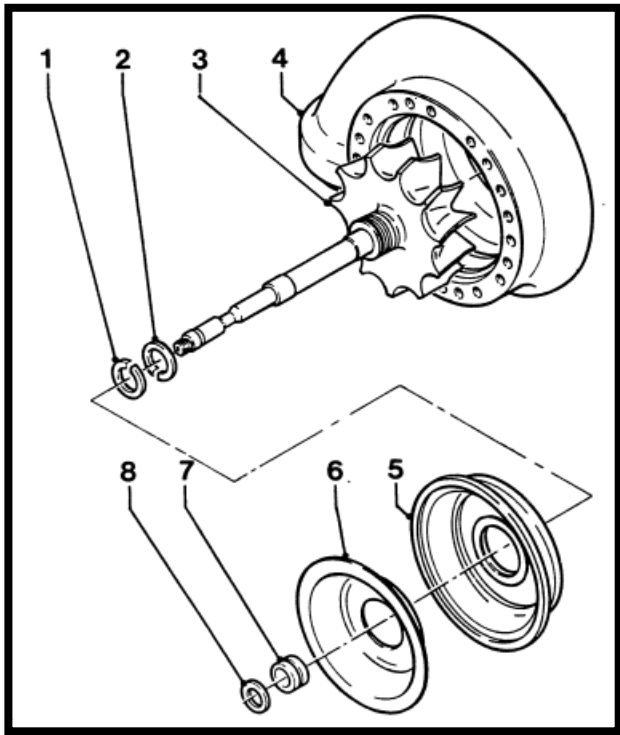


Figura 3 - 9: Desarme turbo sobrealimentador B2 paso 8

Sacar de la caja de turbina (4) la rueda de turbina (3), conjuntamente con la chapa de radiación (6) y el platillo de radiación (5).

Retirar del árbol la rueda de turbina la arandela (8), el casquillo cojinete (7), la chapa de radiación y el platillo de radiación, así como los segmentos (1) y (2).

3.3. LIMPIEZA DE LAS PIEZAS DESMONTADAS

Para la limpieza, el fabricante recomienda poner las piezas de 12 a 24 horas en un baño de detergente motor clean MC-1 núm. MTU M040049, y limpiarlas con un cepillo o pincel.

A continuación, secar las piezas soplándolas con aire comprimido.

Soplar a través de los canales de aceite y de aire de bloqueo.

3.4. COMPROBACIÓN DE LAS PIEZAS

3.4.1. INDICACIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS Y VALORES DE DESGASTE

Las tolerancias y valores de desgaste sirven como puntos de orientación para la verificación de las piezas del sobrealimentador.

Definiciones de las medidas indicadas para piezas nuevas:

Medida tolerada o de ajuste: Medida de construcción con una abreviatura de ajuste (24 H6) o con indicación de diferencias de medida (24 +0,013).

Medida nominal: Medida de construcción sin abreviaturas de ajuste ni diferencias de medida.

Diferencia de medida: Tolerancia admisible de medida de ajuste o de la medida nominal. La diferencia de medida determina los límites superior e inferior de la medida nominal.

Holgura: Diferencia entre el diámetro del taladro y el diámetro del árbol, cuando el taladro es mayor que el árbol.

3.5. TOLERANCIAS Y VALORES LIMITES

Valores límites del alojamiento axial

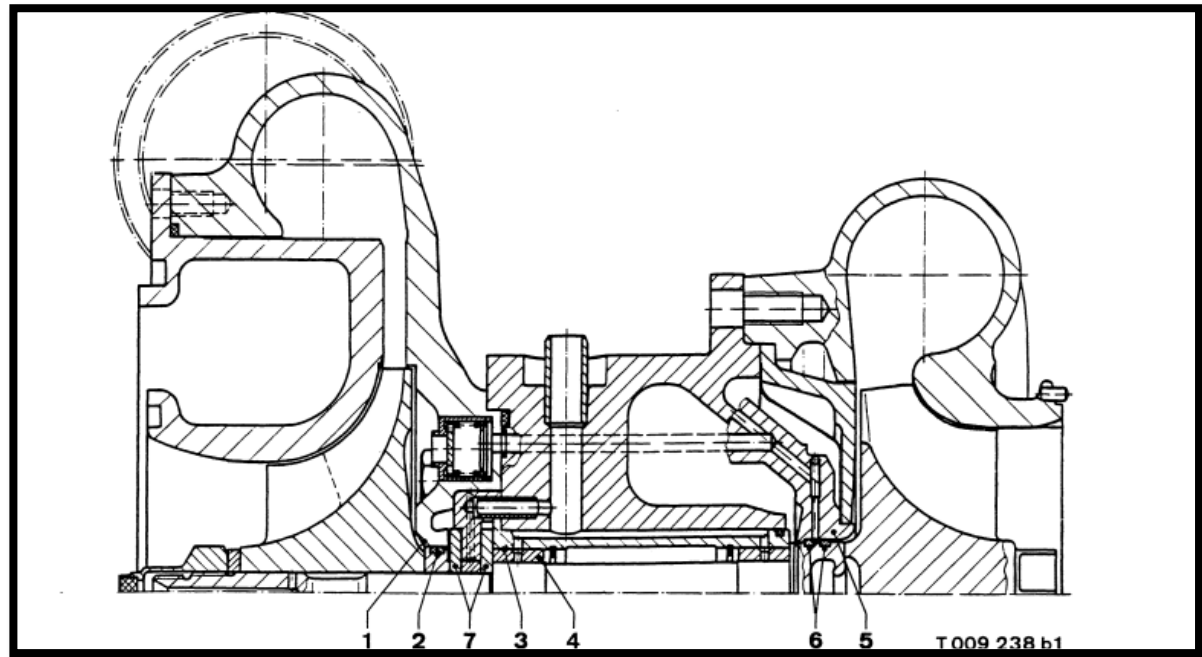


Figura 3 - 10: Tolerancias y valores limites

Nº	Denominación	Medida tolerada Medida nominal	Diferencia de medida		Holgura		Sobremedida		Medida limite
			Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	
1	Taladro en la caja del compresor	29,9 H7	0	+0,021					
2	Ancho de ranura del porta segmentos	4 D7	+0,030	+0,042					
3	Taladro cojinete. Diám. exterior casquillo cojinete	28 H6 28	0 -0,096	+0,013 -0,085	0,085	0,109			
4	Taladro casquillo cojinete Diám. exterior del árbol	20 H6 20	0 -0,050	+0,013 -0,040	0,040	0,063			
5	Taladro caja porta cojinetes	33,1 H7	0	+0,025					
6	Ancho de ranura en rueda de turbina	2 D9	+0,020	+0,045					2,200
7	Cojinete axial Arandelas								

Tabla 7: Valores de ajuste turbo sobrealimentador B2

3.5.1. RUEDA DE TURBINA

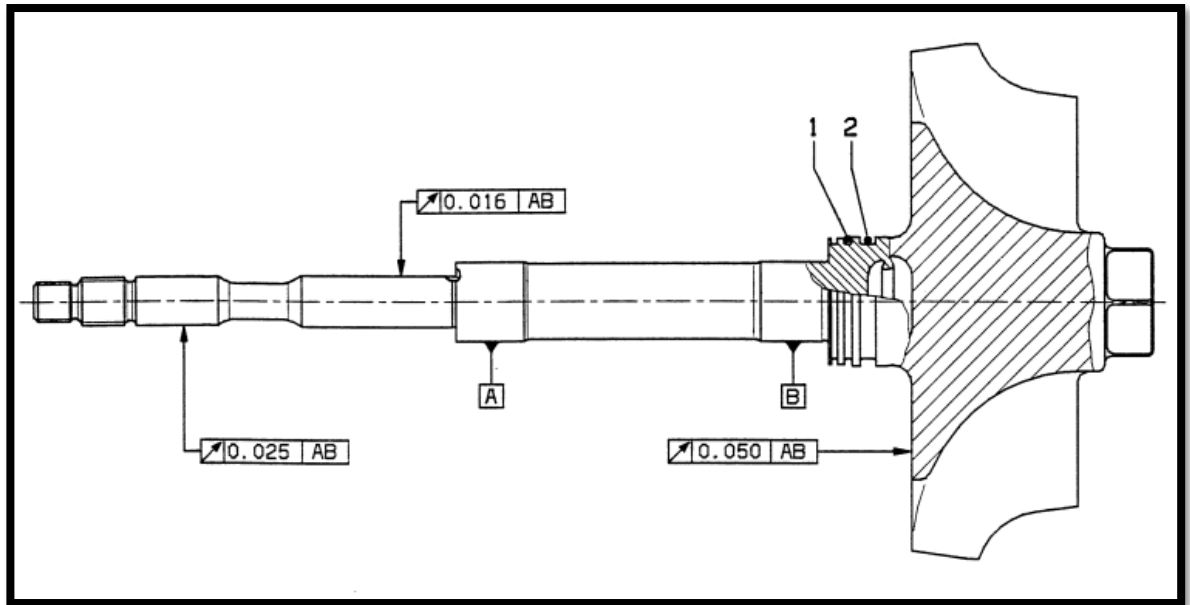


Figura 3 - 11: Tolerancia de rueda de turbina

Comprobar la concentricidad de giro y el giro sin tambaleo de la rueda de turbina.

Para ello, alojar el árbol de la rueda de turbina por los puntos de apoyo A y B en un prisma de rodillos y girar la rueda de turbina.

- Comprobar la concentricidad de giro del árbol:
Si la excentricidad del árbol es mayor de 0,016 mm: cambiar la rueda de turbina.
- Comprobar el giro sin tambaleo de la rueda de turbina:
Si el tambaleo es mayor de 0,050 mm: cambiar la rueda de turbina.

Comprobar el ancho de las ranuras anulares (1) y (2).

3.5.2. RUEDA COMPRESORA

Examinar si la rueda compresora presenta daños de tipo mecánico (estrías, huellas de roce).

Si al realizar ese examen se observan fisuras, MTU recomienda cambiar la rueda compresora.

La vida útil de las ruedas compresoras es limitada, en función del perfil de carga/coeficiente de alternación de carga. Para mantener la seguridad de funcionamiento podrá ser por tanto necesario cambiar la rueda compresora, al realizar trabajos de mantenimiento.

3.5.3. CAJAS

Examinar si existen estrías y huellas de roce en la caja de aspiración, caja del compresor, caja portacojinetes, platillo de radiación y caja de turbina.

3.5.4. CAJA PORTA COJINETES

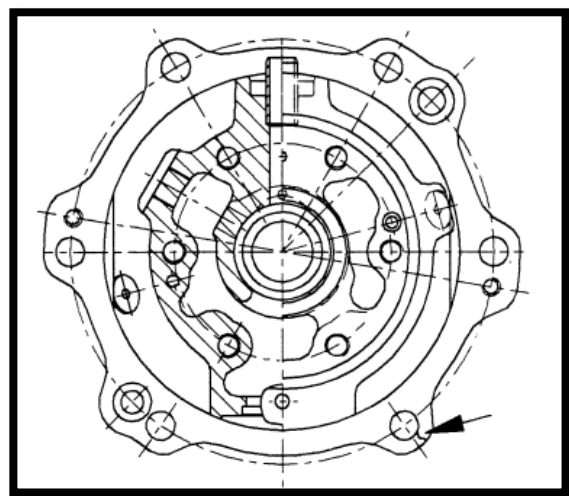


Figura 3 - 12: Tolerancia caja porta cojinetes

Se admiten fisuras iniciales desde el diámetro exterior hasta el diámetro del taladro.

Cantidad de fisuras iniciales = cantidad de taladros.

3.5.5. PLATILLO DE RADIACION

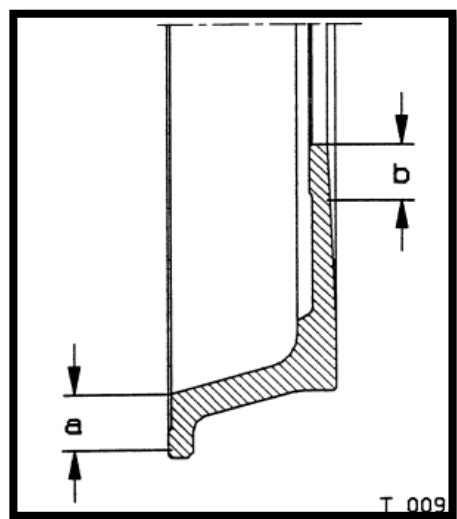


Figura 3 - 13: Tolerancia platillo de radiación

Fisuras iniciales admisibles

a: 10 mm.

b: 15 mm.

3.5.6. CAJA DE TURBINA

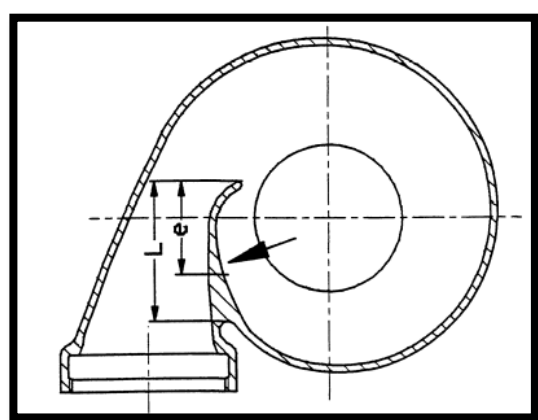


Figura 3 - 14: Tolerancia caja de turbina

Longitud máxima admisible de fisura e = 2/3 de L, contrataladrado con 3mm de diámetro (**flecha**).

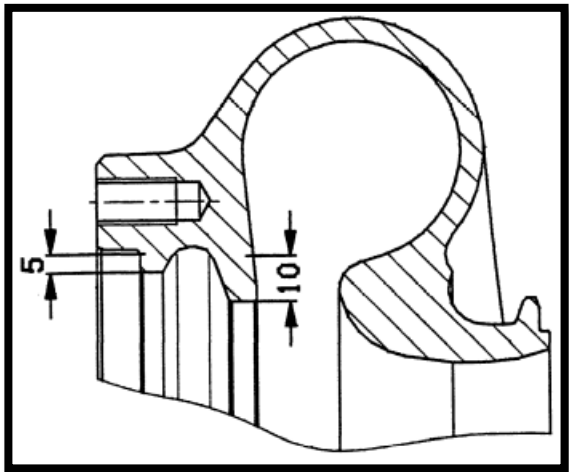


Figura 3 - 15: Tolerancia caja de turbina

Fisuras iniciales máxima admisibles en la caja: 5 o 10mm de largo.

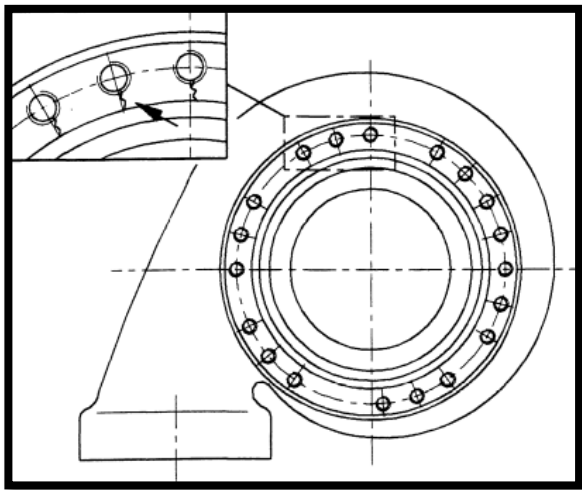


Figura 3 - 16: Tolerancia caja de turbina

Se admiten fisuras iniciales desde el diámetro interior hasta el diámetro del taladro.

3.5.7. VALVULAS DE AIRE DE BLOQUEO

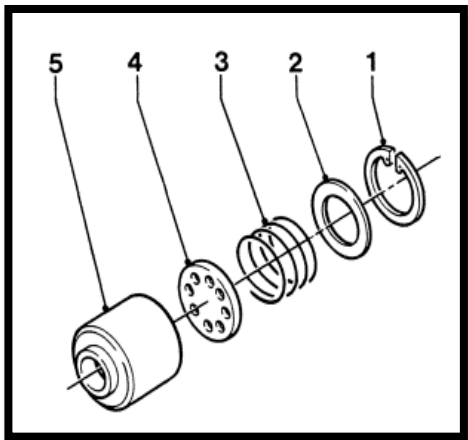


Figura 3 - 17: Tolerancia válvulas de bloqueo

Despiezar las válvulas de aire de bloqueo:
Desmontar la caja (5) de la válvula el anillo fijador (1), la arandela de ajuste (2), el resorte de compresión (3) y la placa de válvula (4).
Limpiar y examinar las piezas:
Si la placa de válvula está desgastada, montarla de nuevo después de haberle dado vuelta o cambiarla.

Ensamblar las válvulas de aire bloqueo:

Poner la placa de válvula, el resorte de compresión y la arandela de ajuste en la caja de la válvula y asegurar el conjunto con el anillo fijador.

Presión de apertura:

- Valor teórico: $0,1 \pm 0,05$ bar.

3.6. PROCESO DE ARME

- *Volver utilizar las piezas sólo si se encuentran en perfecto estado. Antes del ensamblaje, limpiar esmeradamente todas las piezas.**
- *Comprobar el paso a través de los conductos de aceite y de aire y de aire de bloqueo**

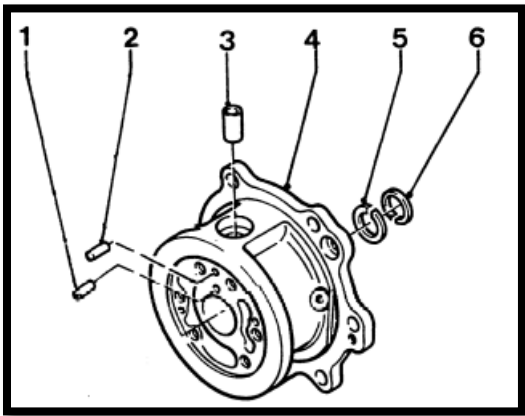


Figura 3 - 14: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 1

Introducir el pasador cilíndrico (1) (tubo de aceite), el pasador cilíndrico (2) y el casquillo (3) en la caja porta cojinetes (4).
Colocar los segmentos (5) y (6) del lado de la turbina uno tras otro en la caja porta cojinetes, para medir la holgura de hueco de los segmentos.

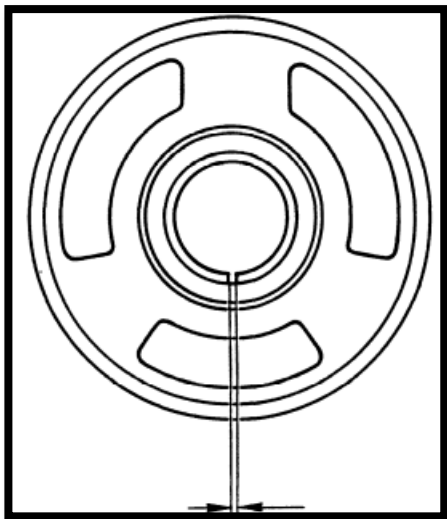


Figura 3 - 15: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 2

Con una galga de espesores, comprobar la holgura de hueco de los segmentos.
- Valor teórico de 0,27 a 0,50 mm.
Sacar los segmentos.

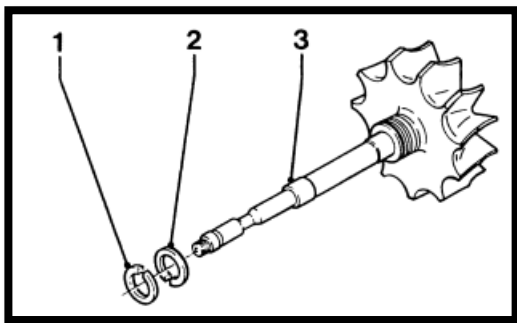


Figura 3 - 16: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 3

Colocar los segmentos (1) y (2) en el árbol de la rueda de turbina (3).

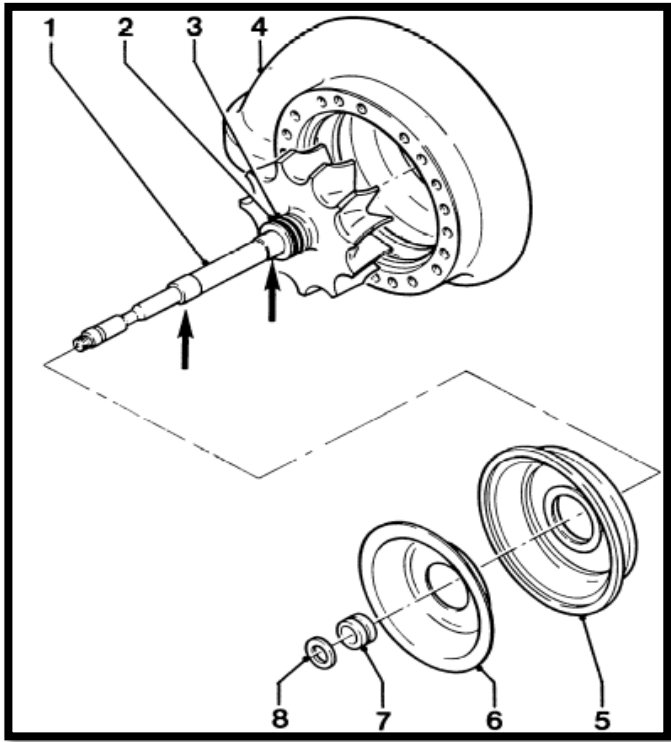


Figura 3 - 17: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 4

modo que las aberturas queden diametralmente opuestas y los segmentos sobresalgan uniformemente de las ranuras anulares.

Introducir la rueda de turbina (1) en la caja de la turbina (4).

Colocar el platillo de radiación (5).

Poner encima la chapa de radiación (6)

Aceitar las superficies activas para los casquillos cojinete en el árbol de la rueda de turbina (flechas).

Aceitar el casquillo cojinete (7) por fuera y por dentro y calarlo sobre el árbol.

Aceitar la arandela (8) y calarla.

Girar los segmentos (2) y (3), de

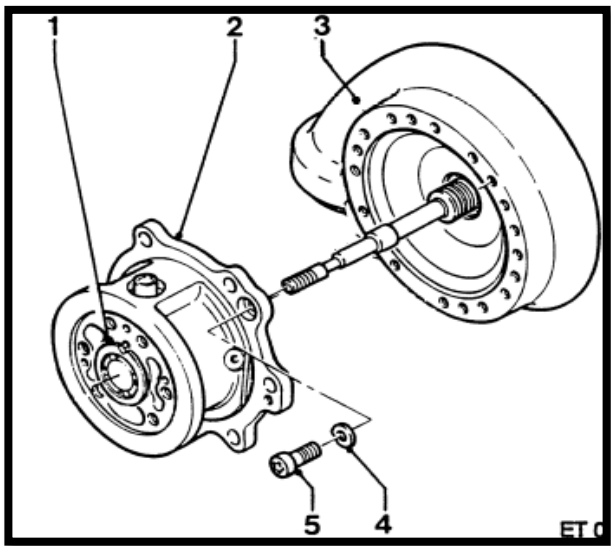


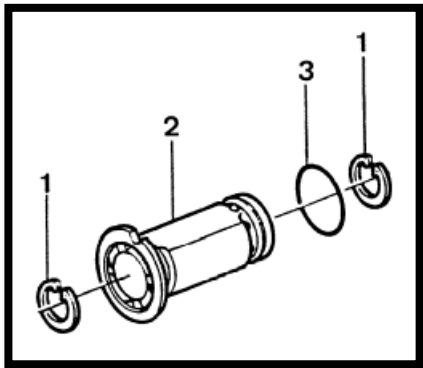
Figura 3 - 18: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 5

Indicación: Al efectuar el ensamblaje, prestar atención a la marcación practicada para la posición entre “caja de turbina (3) – caja porta cojinetes (2)”.

Colocar la caja porta cojinetes (2) sobre los segmentos, deslizándola con cuidado sobre el árbol de la rueda de turbina y fijarla a la caja de turbina (3) mediante los tornillos (5) y las arandelas (4).

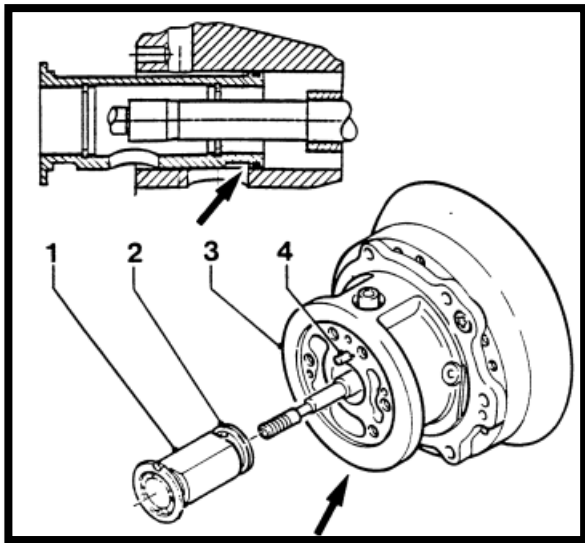
- Par de apriete: 18 + 2 Nm

- Lubricante: Ultratherm núm. MTU 50494



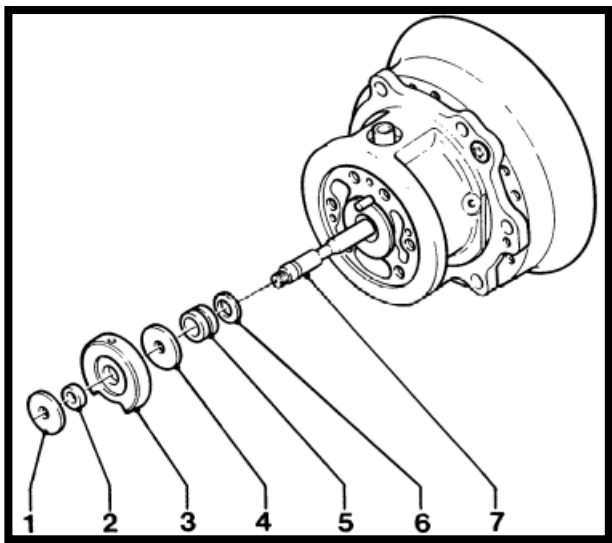
Poner los dos anillos fijadores (1) en el cojinete (2).
Calar sobre el cojinete el anillo toroidal (3).
Untar el anillo toroidal con Ultratherm, núm. MTU 50494.

Figura 3 - 19: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 6



Con un movimiento giratorio, hacer entrar el cojinete (1) en la caja portacojinetes (3), prestando atención al pasador cilíndrico (4) (tubo de aceite).
Indicación: Al introducir el cojinete empujándolo, cerciorarse a través del taladro de retorno de aceite existente en la caja portacojinetes, de que el anillo toroidal (2) permanezca sin sufrir ningún daño (flecha).

Figura 3 - 20: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 7



Aceitar la arandela (6), el casquillo cojinete (5) por fuera y por dentro, así como la arandela (4), y calarlos sobre el árbol (7).
Aceitar el cojinete axial (3) y aplicarlo con asiento prieto.
Indicación: Prestar atención al tubo de aceite.
Aceitar el casquillo distanciador (2) y la arandela (1) y colocarlos empujando.

Figura 3 - 21: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 8

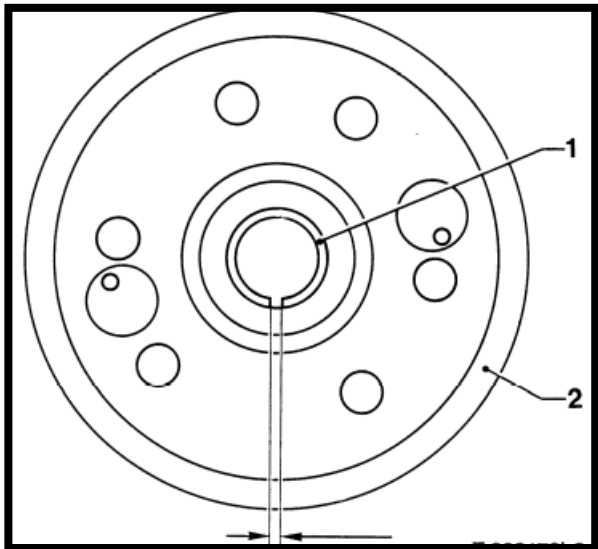


Figura 3 - 22: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 9

Poner los segmentos (1) en la caja del compresor (2) y comprobar la holgura de hueco.

- Valor teórico: de 0,015 a 0,250 mm.

Sacar los segmentos.

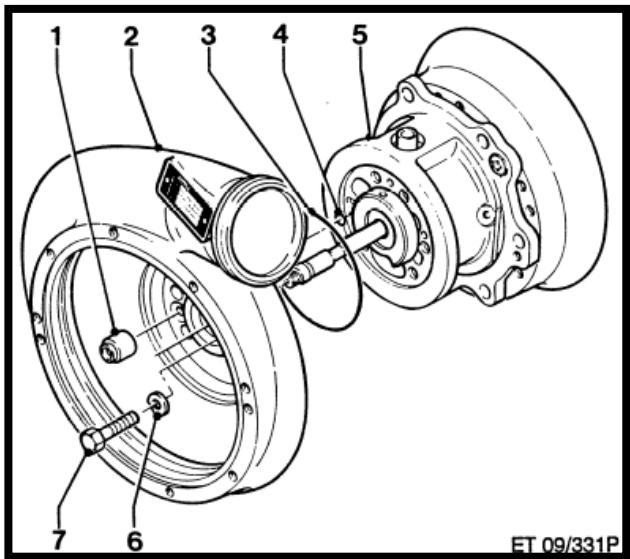


Figura 3 - 23: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 10

Introducir en la caja del compresor (2) las válvulas de aire de bloqueo (1) premontadas.

Untar el anillo toroidal (3) y los 2 anillos toroidales (4) con Ultratherm, núm. MTU 50494 y colocarlos en la caja porta cojinetes (5).

Fijar la caja del compresor a la caja porta cojinetes mediante los tornillos (7) y arandelas elásticas (6).

-Par de apriete: 57 +6 Nm

- Lubricante: Aceite de motor

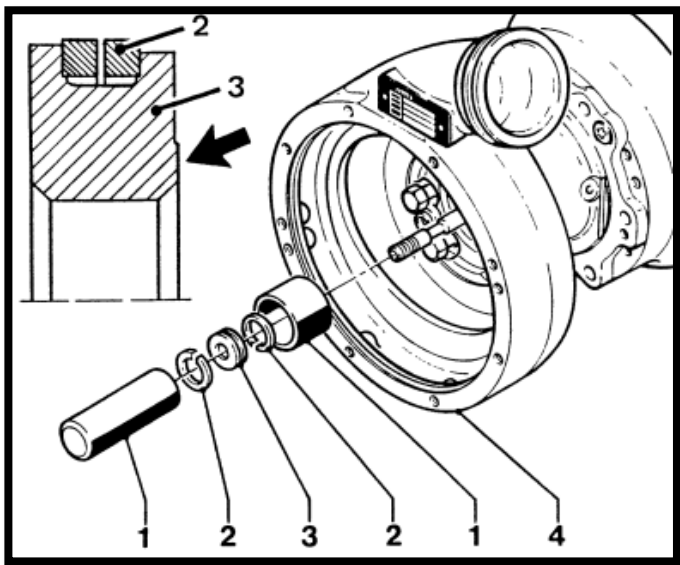


Figura 3 - 24: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 11

Poner los segmentos (2) en el porta segmentos (3) y aceitarlos.

Girar los segmentos de modo que la aberturas queden diametralmente opuestas (180°).

Introducir el porta segmentos, con el reborde frontal (**flecha**) por delante, en la caja del compresor (4).

Para este fin, utilizar el dispositivo (1).

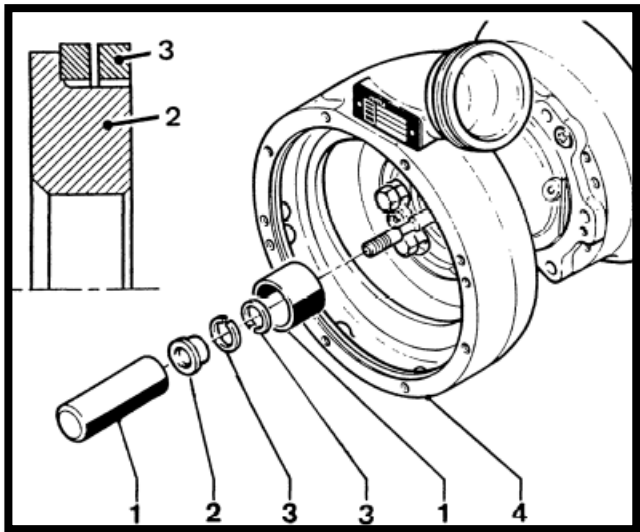


Figura 3 - 25: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 12

Aceitar los segmentos (3) y ponerlos sobre el porta segmentos (2) de modo que las aberturas se encuentran diametralmente opuestas.

Introducir el porta segmentos y los segmentos en la caja del compresor (4).

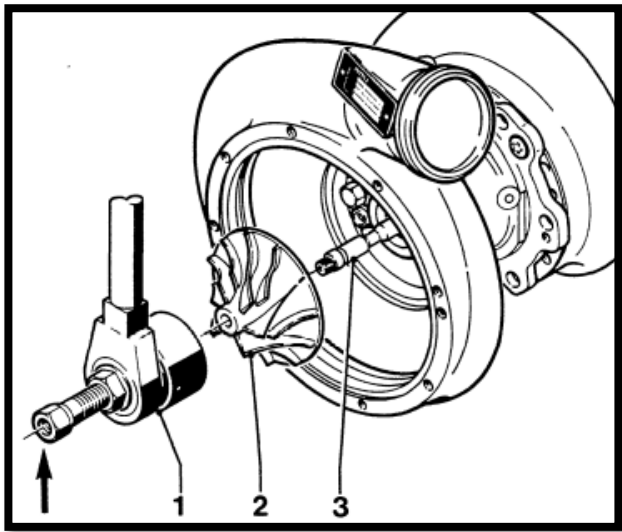


Figura 3 - 26: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 13

Untar con Ultrathem núm. MTU 50494, los asientos de ajuste de 12,2 y 13 mm de diámetro en el árbol (3) de la rueda de turbina.

Colocar la rueda compresora (2), empujándola con la mano, sobre el árbol.

Enroscar el dispositivo (1) sobre el árbol.

Empalmar la bomba hidráulica SKF (flecha)

Ensachar el cubo de la rueda compresora mediante la bomba hidráulica y, con el dispositivo, montar al mismo tiempo a presión la rueda compresora hasta el tope.

- Presión máxima de ensanchamiento: 800 bares.

Hacer desaparecer la presión.

Desmontar la bomba hidráulica y el dispositivo.

Colocar la arandela (2) y enroscar la tuerca (1) sobre el árbol de turbina.

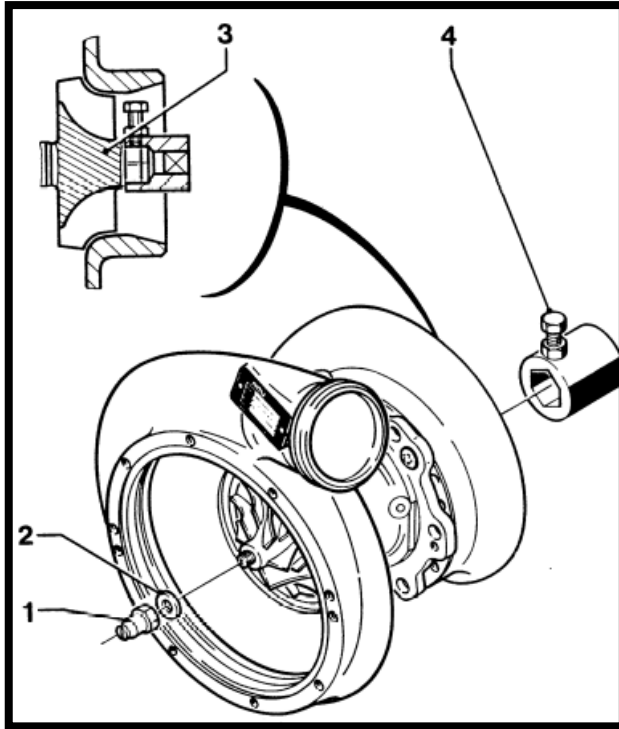


Figura 3 - 27: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 14

- Rosca a la izquierda.

Apretar la tuerca con una llave dinamométrica de dos brazos.

- Par inicial de aplicación: 10 +1 Nm
- Angulo de giro ulterior: 45°
- Lubricante: Ultratherm núm. MTU 50494

Al apretar la tuerca, tener en contra la rueda de turbina (3) con el dispositivo (4).

Indicación: En el lado frontal de la rueda compresora existe una marca de 45° (para el ángulo de giro ulterior).

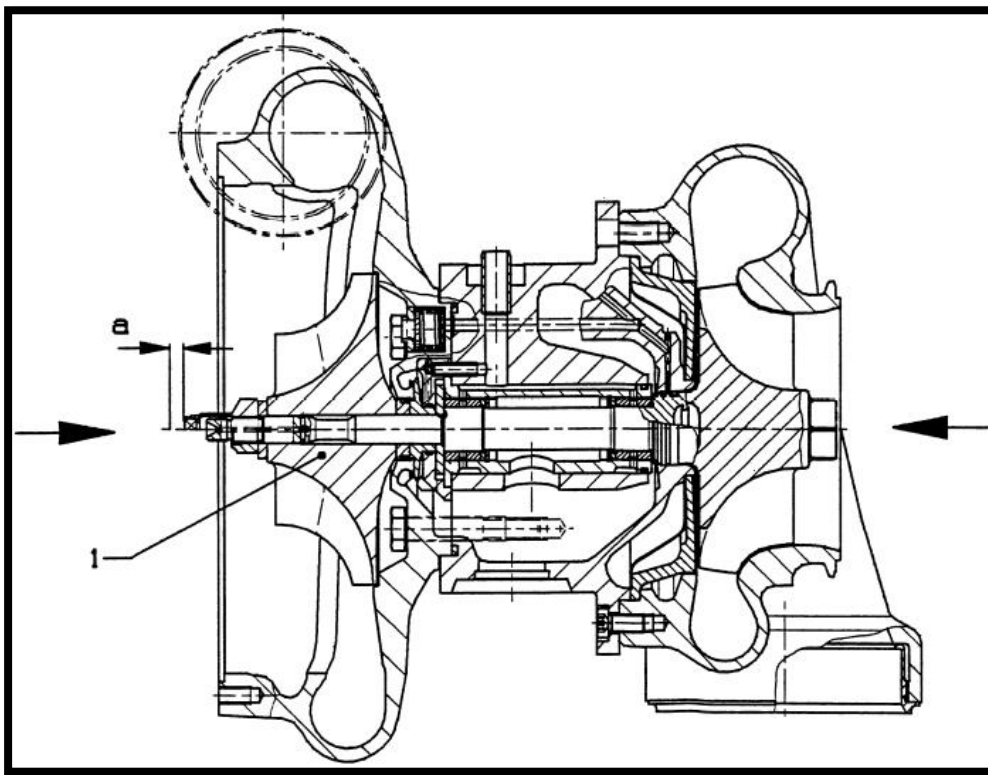


Figura 3 - 28: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 15

Empujar el grupo rotor (1) en ambos sentidos hasta el tope y comprobar al mismo tiempo el juego axial.

- Valor teórico: de 0,075 a 0,120 mm.

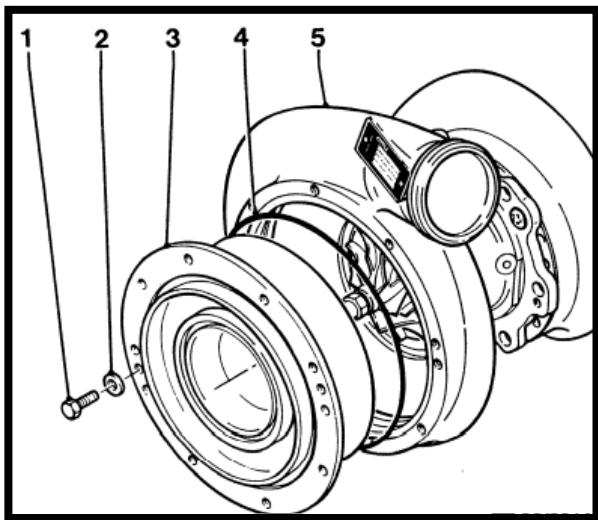


Figura 3 - 29: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 16

Untar con Ultratherm, núm. MTU 50494, el encaje en la caja del compresor (5) y en la caja de aspiración (3), así como anillo toroidal (4).

Calar el anillo toroidal sobre la caja de aspiración.

Fijar la caja de aspiración a la caja del compresor con dos tornillos (1) y arandelas (2).

- Par de apriete: 31 +3 Nm.

- Lubricante: Ultratherm núm. MTU 50494

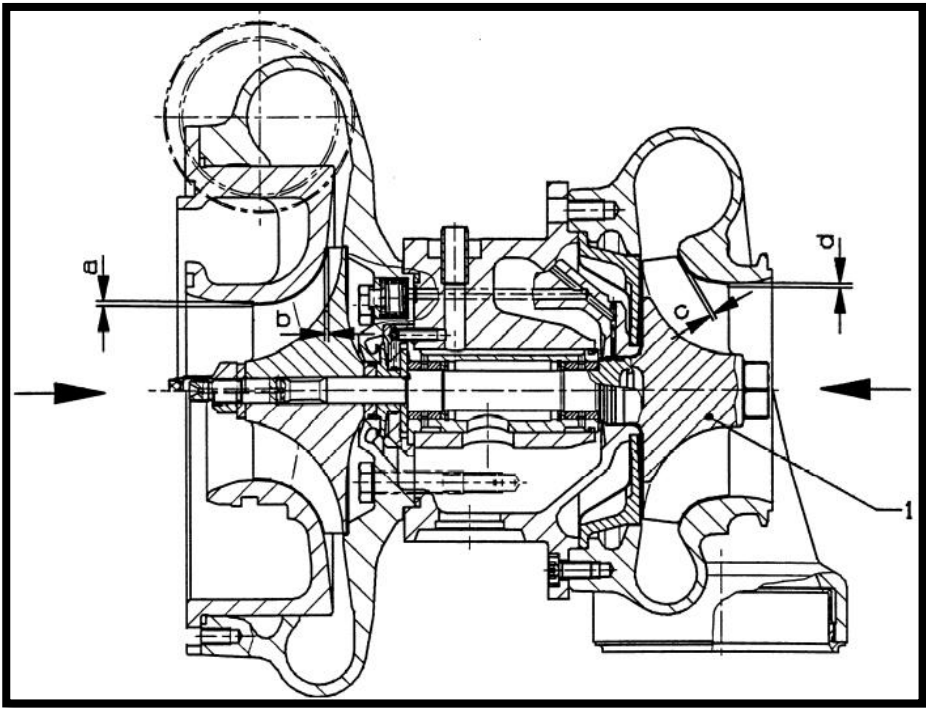


Figura 3 - 30: Ensamble turbo sobrealimentador B2 paso 17

Empujar el grupo rotor (1) en ambos sentidos hasta el tope.

Hacer girar el grupo rotor y comprobar si su giro tiene lugar de modo suave y sin obstáculos.

MTU recomienda comprobar la holgura de intersticio entre:

- | | |
|--|--------------------------------|
| a. Rueda compresora y caja de aspiración | Valor teórico: 0,50 a 0,70 mm. |
| b. Rueda compresora y caja de aspiración | Valor teórico: 0,65 a 0,95 mm. |
| c. Rueda de turbina y caja de turbina | Valor teórico: 0,75 a 1,15 mm. |
| d. Rueda de turbina y caja de turbina | Valor teórico: 0,80 a 0,90 mm. |

Indicaciones: Comprobar las holguras de intersticio mediante calibres de espesores de alambre de diámetro correspondiente.

Comprobar las holguras de intersticio b y c únicamente en las posiciones finales axiales del grupo rotor

3.7. TURBO SOBREALIMENTADOR POR GASES DE ESCAPE A Y B1

3.7.1. DATOS TÉCNICOS

Fabricante: MTU Friedrichshafen
Tipo: ZR 170/024
Velocidad: Máx. 60000 r.p.m.
Peso: Aprox. 54 kg.

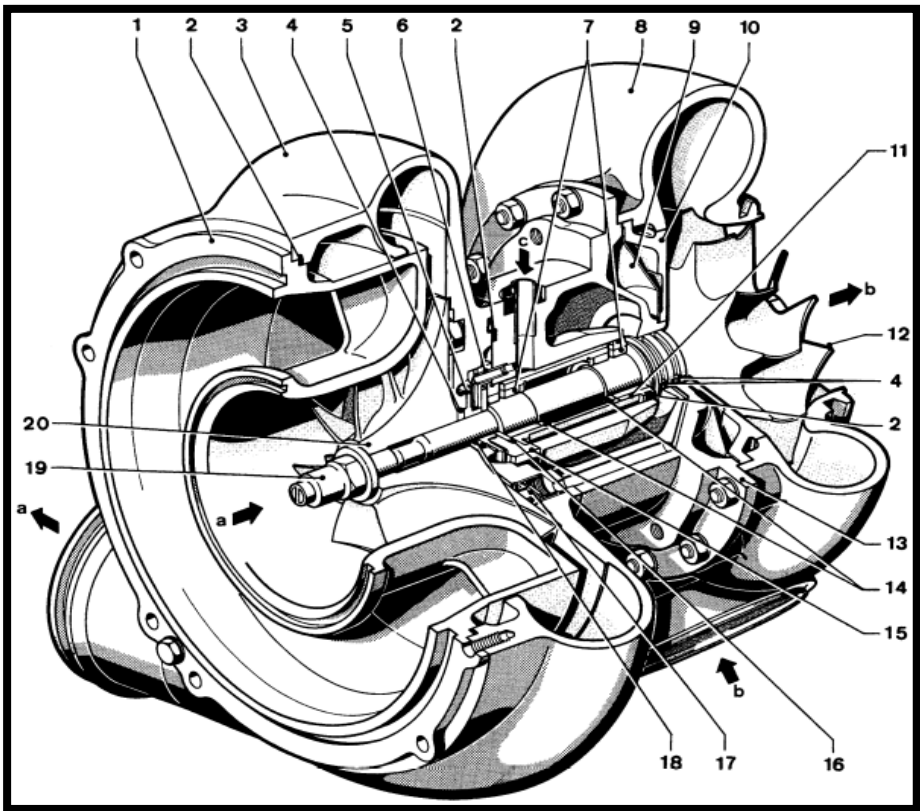


Figura 4 - 1: Turbo sobrealimentador A y B1

- | | |
|--|---|
| 1. Caja de aspiración | 13. Caja porta cojinete |
| 2. Junta toroidal | 14. Anillo de seguridad |
| 3. Caja del compresor | 15. Cojinete axial |
| 4. Segmento | 16. Disco axial |
| 5. Casquillo distanciador | 17. Válvula de retención, aire de bloqueo |
| 6. Pasador cilíndrico (tubo de aceite) | 18. Porta juntas |
| 7. Casquillo cojinete | 19. Tuerca magnética |
| 8. Caja de turbina | 20. Rueda compresora |
| 9. Chapa de radiación | |
| 10. Disco de radiación | a Aire |
| 11. Cojinete | b Gases de escape |
| 12. Rodete con árbol | c Aceite motor |

3.8. PROCESO DE DESARME PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Indicación: Marcar la posición recíproca de las distintas partes de la caja

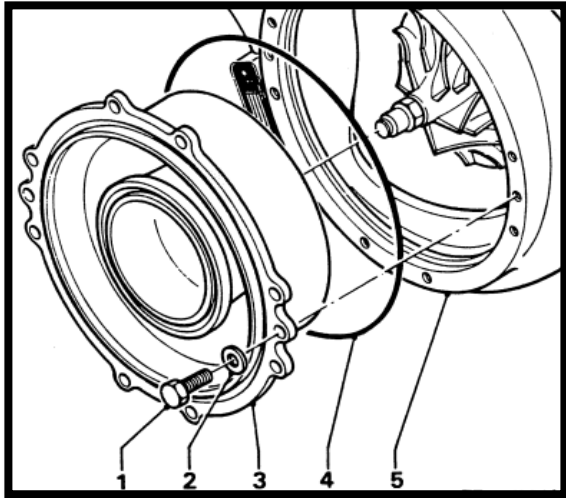


Figura 4 - 2: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 1

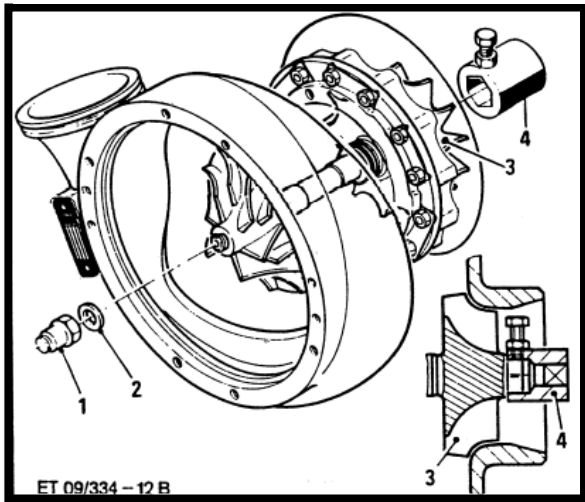


Figura 4 - 3: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 2

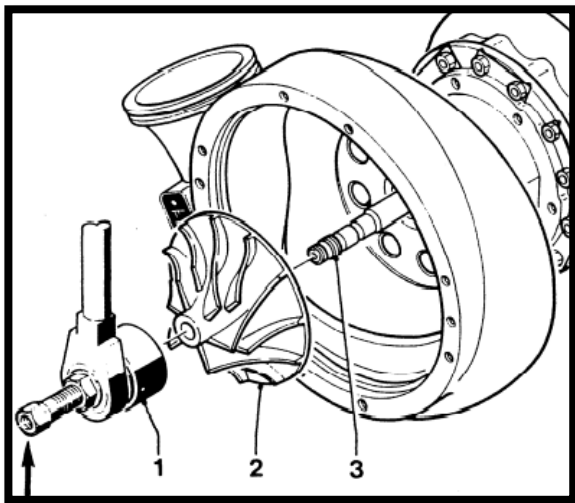


Figura 4 - 4: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 3

Desenroscar los tornillos (1) y retirarlos junto con las arandelas (2).
Separar de la caja del compresor (5) la caja de aspiración (3).
Quitar el anillo de junta redondo (4).

Soltar la tuerca (1) mediante una llave dinamométrica y desenroscarla.
A tal efecto, tener sujeto en contra el árbol de turbina (3) con el dispositivo (4) quitar la arandela (2),

Enroscar el dispositivo (1) sobre el árbol de turbina (3).
Empalmar la bomba hidráulica SKF (flecha).
Con la bomba hidráulica ensanchar el cubo de la rueda compresora (2), hasta que ésta se desprenda del árbol.
- Presión máxima de ensanchamiento: 800 bares.

Desmontar el dispositivo y retirar la rueda compresora.

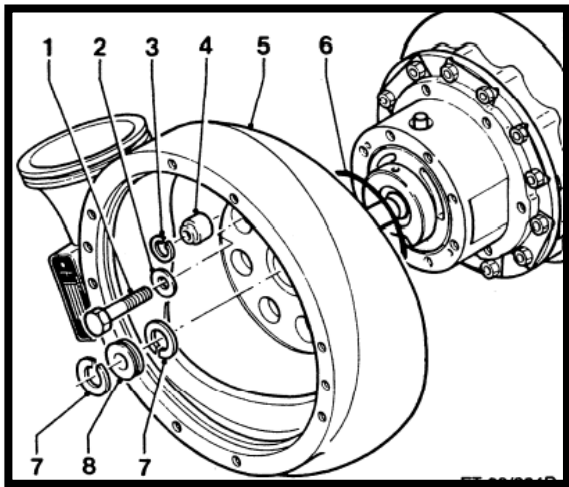


Figura 4 - 5: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 4

Desenroscar los tornillos (1) y quitarlos junto con las arandelas (2).
Retirar la caja del compresor (5) conjuntamente con el porta segmentos (8).
Quitar el anillo de junta redondo (6).
Retirar del porta segmentos los segmentos (7).
Sacar los anillos fijadores (3).
Sacar de la caja del compresor las

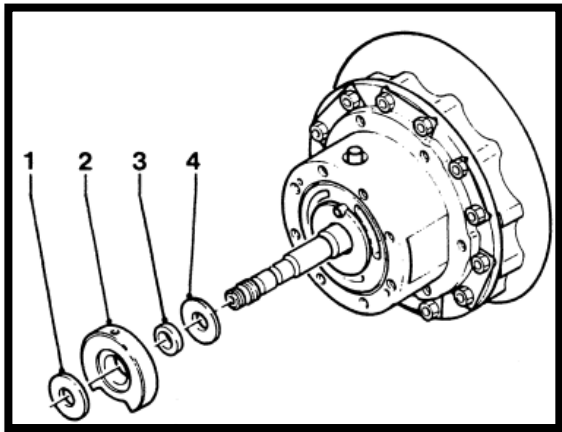


Figura 4 - 6: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 5

Retirar la arandela (1), el cojinete axial (2), el casquillo distanciador (3) y la arandela (4).

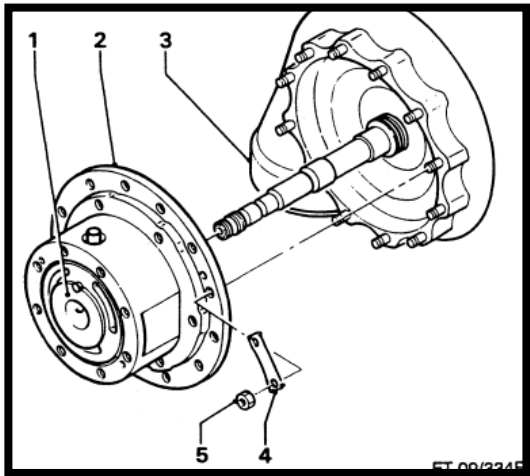


Figura 4 - 7: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 6

Desasegurar las tuercas (5) y desenroscarlas.
Quitar las chapas de seguridad (4).
Mediante dos tornillos auxiliares M8 desprender de la caja de la turbina (3) la caja porta cojinetes (2) conjuntamente con el cojinete (1) y quitarla de encima.

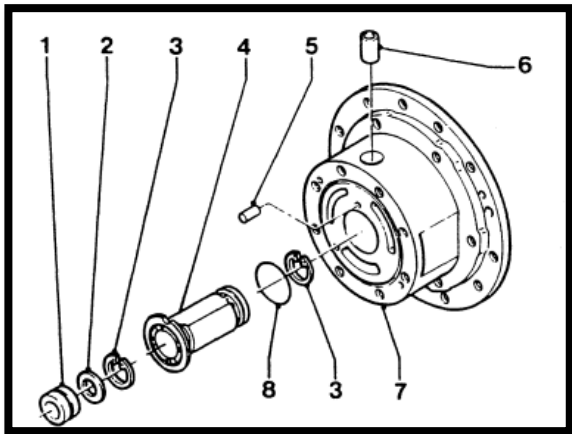


Figura 4 - 8: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 7

Sacar el casquillo cojinete (1) y la arandela (2).

Sacar a presión de la caja porta cojinetes (7) el cojinete (4).

Quitar el anillo de junta redondo (8).

Sacar los anillos fijadores (3).

En caso de estar deteriorados, sacar el pasador cilíndrico (5) y el casquillo (6).

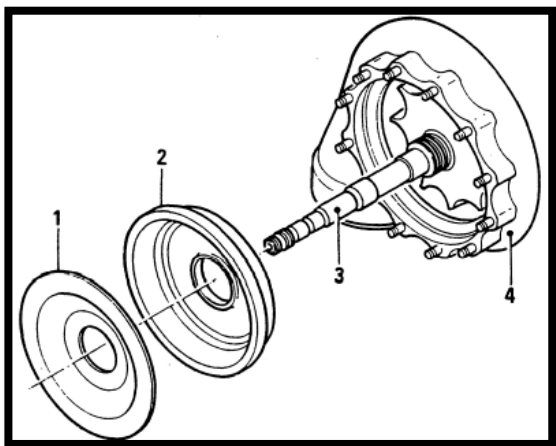


Figura 4 - 9: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 8

Retirar de la caja de turbina (4) la chapa de radiación (1) y el platillo de radiación (2).

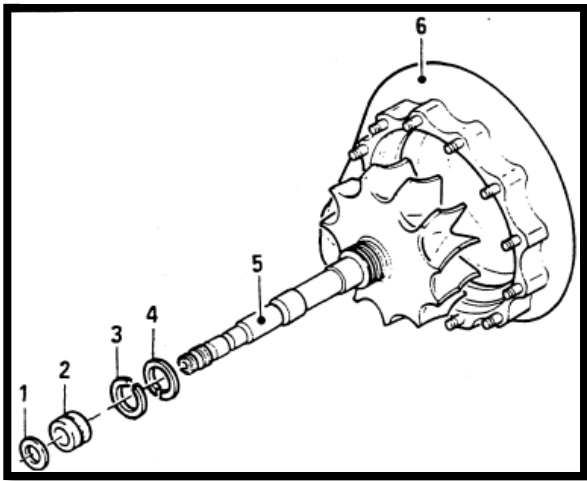


Figura 4 - 10: Desarme turbo sobrealimentador A y B1 paso 9

Sacar de la caja (6) la rueda de turbina (5).

Retirar de la rueda de turbina (5) la arandela (1), el casquillo cojinete (2) y los segmentos (3) y (4).

3.9. LIMPIEZA DE LAS PIEZAS DESMONTADAS

Para la limpieza, el fabricante recomienda poner las piezas de 12 a 24 horas en un baño de detergente motor clean MC-1 núm. MTU M040049, y limpiarlas con un cepillo o pincel.

A continuación, secar las piezas soplándolas con aire comprimido.

Soplar a través de los canales de aceite.

3.10. COMPROBACIÓN DE LAS PIEZAS

3.10.1. INDICACIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS Y VALORES DE DESGASTE

Las tolerancias y valores de desgaste sirven como puntos de orientación para la verificación de las piezas del sobrealimentador.

Definiciones de las medidas indicadas para piezas nuevas:

Medida tolerada o de ajuste: Medida de construcción con una abreviatura de ajuste (24 H6) o con indicación de diferencias de medida (24 +0,013).

Medida nominal: Medida de construcción sin abreviaturas de ajuste ni diferencias de medida.

Diferencia de medida: Tolerancia admisible de medida de ajuste o de la medida nominal. La diferencia de medida determina los límites superior e inferior de la medida nominal.

Holgura: Diferencia entre el diámetro del taladro y el diámetro del árbol, cuando el taladro es mayor que el árbol.

Sobremedida: Diferencia entre el diámetro del taladro y el diámetro del árbol. Cuando el taladro es menor que el árbol.

Medida límite: Las medidas límite no representan el desgaste máximo admisible de las piezas para un funcionamiento aun perfecto del turbo sobrealimentador, sino que son una indicación de que se alcanzará con seguridad el siguiente repaso general.

Tolerancias y valores limites

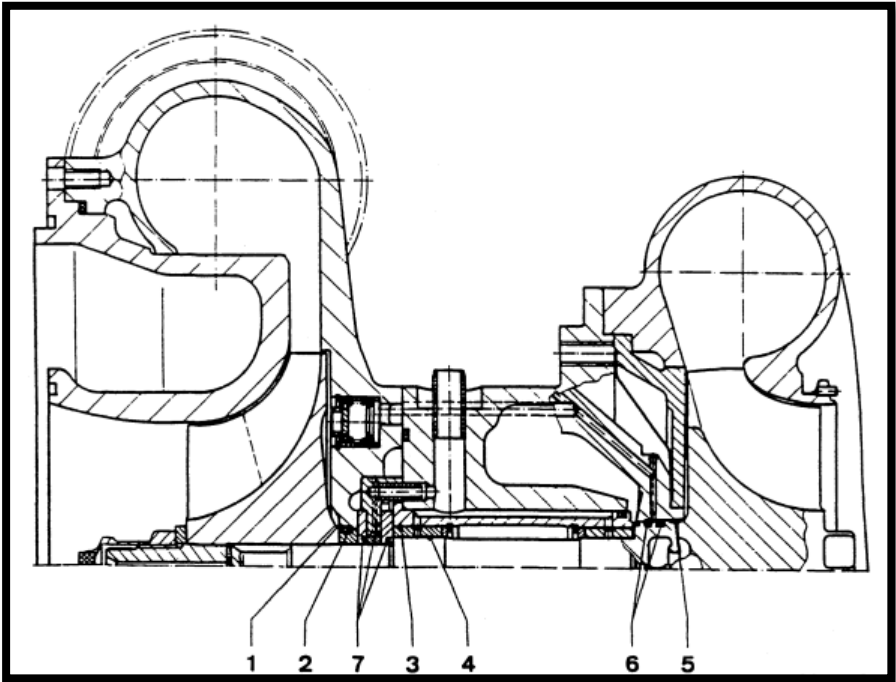


Figura 4 - 11: Tolerancias y valores limites

N°	Denominación	Medida	Diferencia de medida		Holgura		Sobremedida		Medida limite
		Medida nominal	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	
1	Taladro en la caja del compresor	33,0 F7	+0,025	+0,050					
2	Ancho de ranura del porta segmentos	4,0 D9	+0,030	+0,060					
3	Taladro cojinete. Diám. exterior casquillo cojinete	34 H6 28	0 -0,096	+0,019 -0,085	0,095	0,129			
4	Taladro casquillo cojinete Diám. exterior del árbol	25,0 H6 25,0	0 -0,060	+0,013 -0,050	0,050	0,073			
5	Taladro caja porta cojinetes	40,2 H7	0	+0,025					
6	Ancho de ranura en rueda de turbina	2 D9	+0,020	+0,045					2,2
7	Cojinete axial Arandelas								

Tabla 8: Valores limites turbo sobrealimentador A y B1

3.10.2. RUEDA DE TURBINA

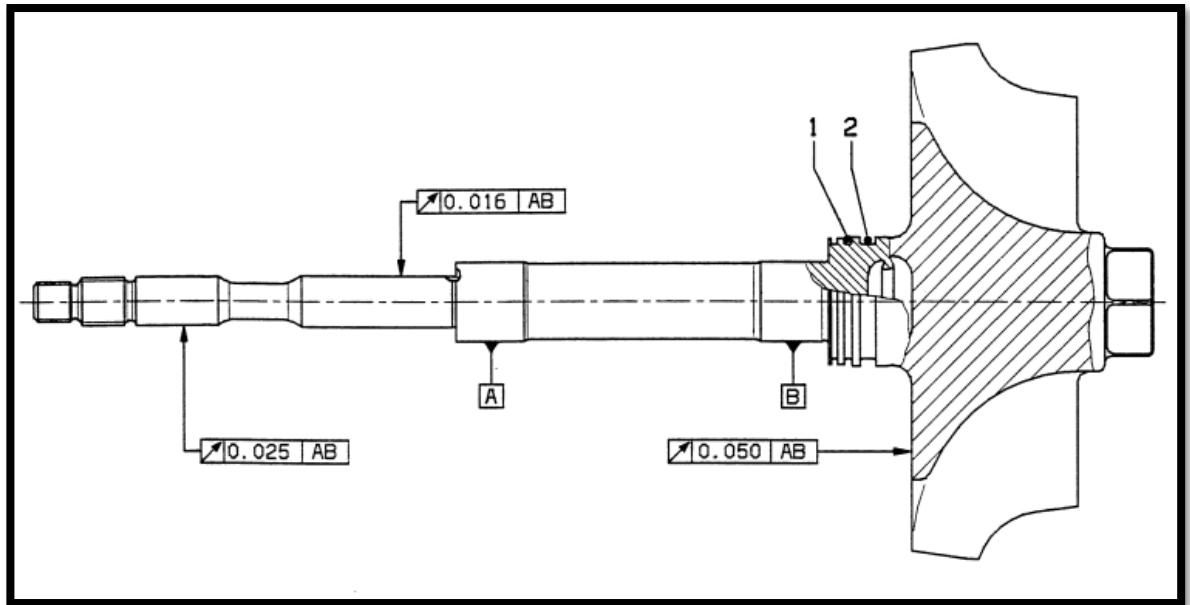


Figura 4 - 12: Tolerancia rueda de turbina

Comprobar la concentricidad de giro y el giro sin tambaleo de la rueda de turbina.

Para ello, alojar el árbol de la rueda de turbina por los puntos de apoyo A y B en un prisma de rodillos y girar la rueda de turbina.

- Comprobar la concentricidad de giro del árbol:
Si la excentricidad del árbol es mayor de 0,016 mm: cambiar la rueda de turbina.
- Comprobar el giro sin tambaleo de la rueda de turbina:
Si el tambaleo es mayor de 0,050 mm: cambiar la rueda de turbina.

Comprobar el ancho de las ranuras anulares (1) y (2).

3.10.3. RUEDA COMPRESORA

Examinar si la rueda compresora presenta daños de tipo mecánico (estrías, huellas de roce).

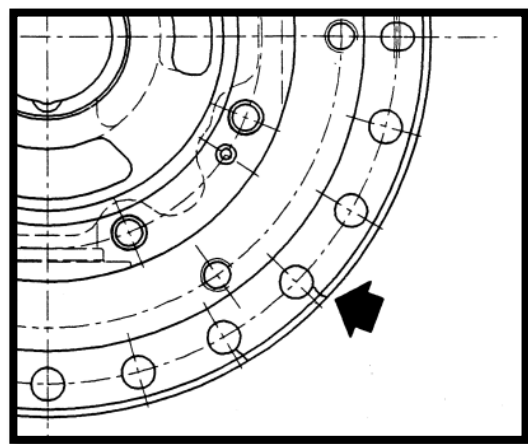
Si al realizar ese examen se observan fisuras, MTU recomienda cambiar la rueda compresora.

La vida útil de las ruedas compresoras es limitada, en función del perfil de carga/coeficiente de alternación de carga. Para mantener la seguridad de funcionamiento podrá ser por tanto necesario cambiar la rueda compresora, al realizar trabajos de mantenimiento.

3.10.4. CAJAS

Examinar si existen estrías y huellas de roce en la caja de aspiración, caja del compresor, caja portacojinetes, platillo de radiación y caja de turbina.

3.10.5. CAJA PORTA COJINETES

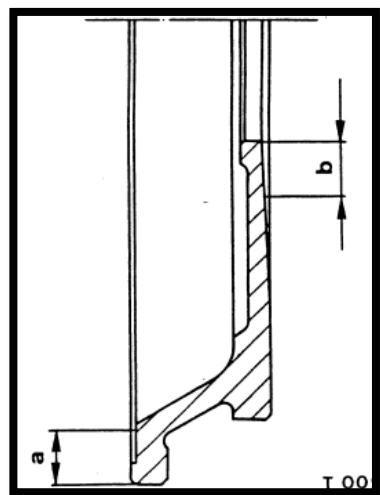


Se admiten fisuras iniciales desde el diámetro exterior hasta el diámetro del taladro.

Cantidad de fisuras iniciales = cantidad de taladros.

Figura 4 - 13: Tolerancia caja porta cojinetes

3.10.6. PLATILLO DE RADIACIÓN



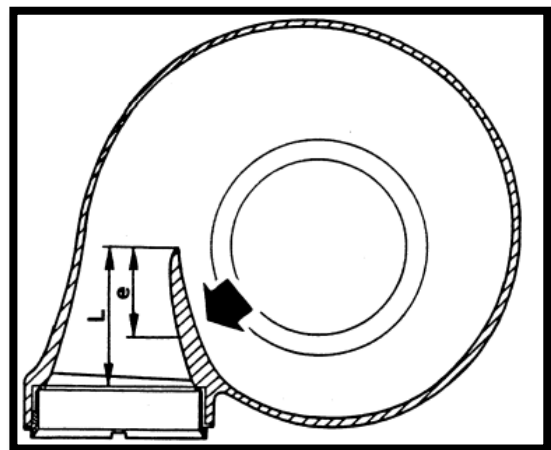
Fisuras iniciales admisibles

a: 10 mm.

b: 15 mm.

Figura 4 - 14: Tolerancia platillo de radiación

3.10.7. CAJA DE TURBINA



Longitud máxima admisible de fisura e = 2/3 de L, contrataladrado con 3mm de diámetro (**flecha**).

Figura 4 - 15: Tolerancia caja de turbina

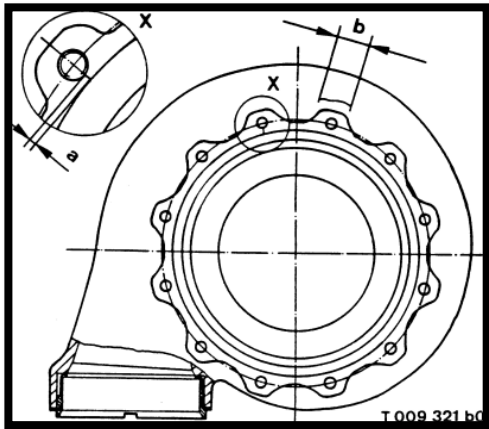


Figura 4 - 16: Tolerancia caja de turbina

Fisuras iniciales en la caja:

- a) Se admiten fisuras iniciales desde el diámetro interior hasta el diámetro del taladro.
- b) Largo de las fisuras, 8 mm como máximo.

Cantidad de fisuras iniciales = cantidad de taladros

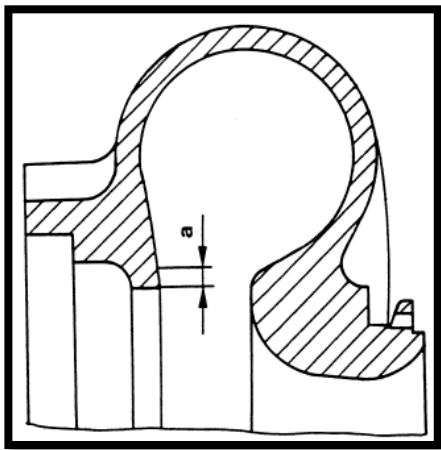


Figura 4 - 17: Tolerancia caja de turbina

Fisuras iniciales en la caja:

- a) Largo de las fisuras, 6 mm como máximo.

3.10.8. VALVULAS DE AIRE DE BLOQUEO

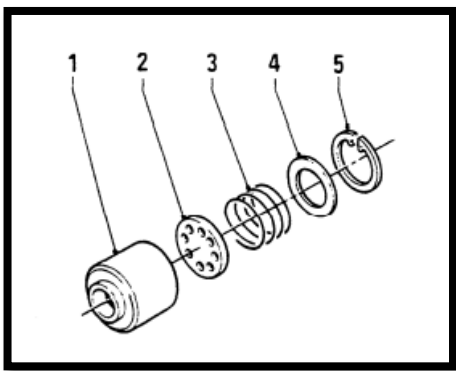


Figura 4 - 18: Tolerancia valvula de aire de bloqueo

Despiezar las válvulas de aire de bloqueo:

Desmontar la caja (1) de la válvula el anillo fijador (5), la arandela de ajuste (4), el resorte de compresión (3) y la placa de válvula (2).

Limpiar y examinar las piezas:

Si la placa de válvula (2) está desgastada, montarla de nuevo después de haberle dado vuelta o cambiarla.

Ensamblar las válvulas de aire bloqueo:

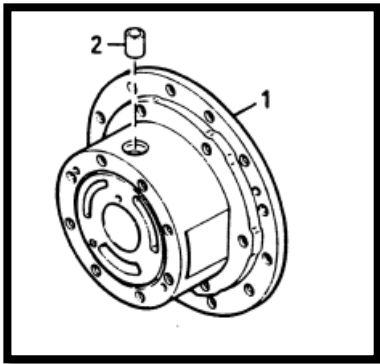
Poner la placa de válvula (2), el resorte de compresión (3) y la arandela de ajuste (4) en la caja de la válvula y asegurar el conjunto con el anillo fijador (5).

Presión de apertura:

Valor teórico: $0,1 \pm 0,05$ bar.

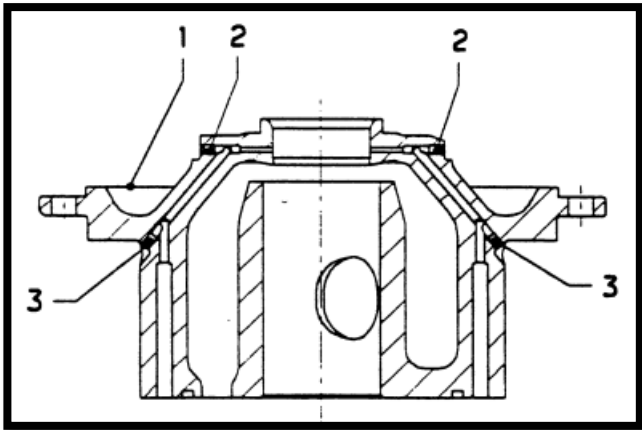
3.11. PROCESO DE ARME

- *Volver utilizar las piezas sólo si se encuentran en perfecto estado. Antes del ensamblaje, limpiar esmeradamente todas las piezas.**
- *Comprobar el paso a través de los conductos de aceite y de aire y de aire de bloqueo**



Introducir el casquillo (2), estando subenfriado, en la caja porta cojinetes (1).
Agente de enfriamiento: Nitrógeno líquido.
Observe: El bisel de 20° ha de estar orientado hacia arriba.

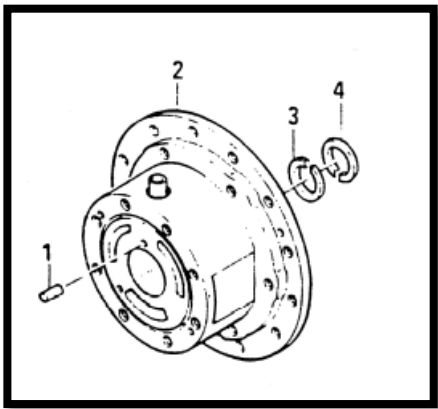
Figura 4 - 19: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 1



Enroscar los tornillos prisioneros (2) en la caja porta cojinetes (1) y asegurarlos graneteándolos.
Untar los tornillos prisioneros (3) con Loctite, núm. MTU 40083.

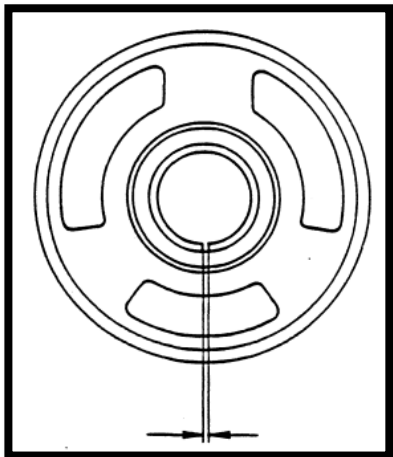
Figura 4 - 20: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 2

Enroscar los tornillos prisioneros (2) en la caja porta cojinetes (1) y asegurarlos graneteándolos.
Untar los tornillos prisioneros (3) con Loctite, núm. MTU 40083.



Introducir el pasador cilíndrico (1) en la caja porta cojinetes (2).
Colocar los segmentos (3) y (4) del lado de la turbina uno tras otro en la caja porta cojinetes, para medir la holgura de hueco de los segmentos.

Figura 4 - 21: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 3

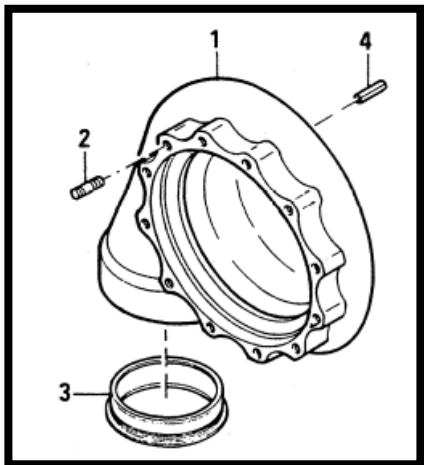


Con una galga de espesores, comprobar la holgura de hueco de los segmentos.

- Valor teórico: de 0,66 a 0,90mm.

Sacar los segmentos.

Figura 4 - 22: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 4



Introducir el pasador cilíndrico (4) en la caja de turbina (1).

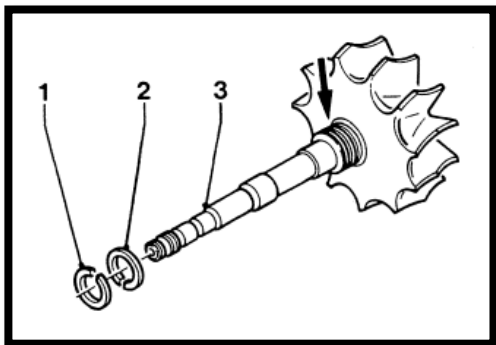
Enroscar los espárragos (2) en la caja de turbina (1).

Enroscar el casquillo (3) en la caja de turbina (1).

Asegurar el casquillo roscado (3), graneteándolo.

Granetearlo en dos puntos del perímetro diametralmente opuestos.

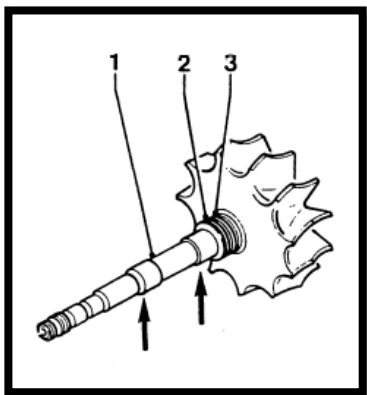
Figura 4 - 23: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 5



Colocar los segmentos (1) y (2) en las ranuras (**flechas**) de la rueda de turbina (3).

Aceitar los segmentos.

Figura 4 - 24: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 6



Aceitar las superficies activas para los casquillos cojinete en el árbol de la rueda de turbina (**flechas**).

Girar y ajustar los segmentos (2) y (3), de modo que las aberturas queden diametralmente opuestas y los segmentos sobresalgan uniformemente de las ranuras anulares.

Figura 4 - 25: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 7

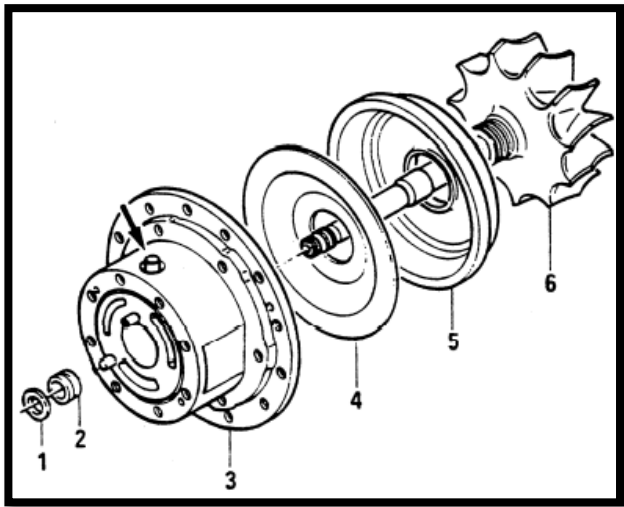


Figura 4 - 26: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 8

Calar la chapa de radiación (4) y el platillo de radiación (5) sobre la caja porta cojinetes (3).

Introducir la rueda de turbina (6) en la caja porta cojinetes (3).

¡Atención! Introducir la rueda de turbina de modo que las aberturas de los segmentos queden a nivel del taladro de afluencia de aceite (**flecha**), dentro de la caja porta cojinetes.

Aceitar el casquillo cojinete (2) por fuera y por dentro y calarlo sobre el árbol de la rueda de turbina (6).

Aceitar la arandela (1) y calarla sobre el árbol de la rueda de turbina (6).

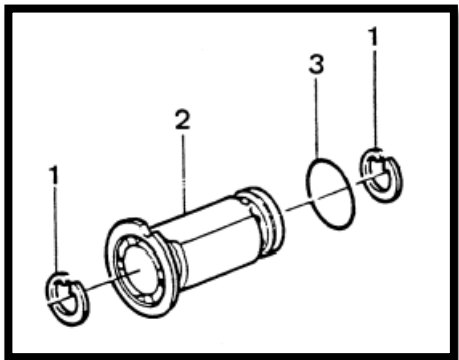


Figura 4 - 27: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 9

Poner los dos anillos fijadores (1) en el cojinete (2).

Calar sobre el cojinete el anillo de junta redondo (3).

Untar el anillo de junta redondo con Ultratherm, núm. MTU 50494.

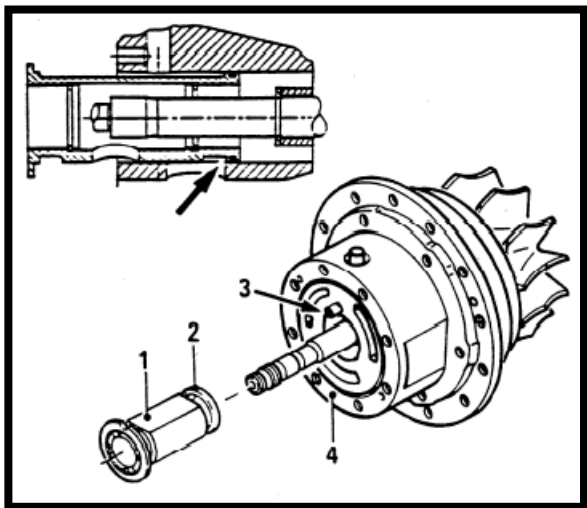


Figura 4 - 28: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 10

Con un movimiento giratorio, hacer el cojinete (1) en la caja porta cojinetes (4) y encajarlo en el pasador cilíndrico (3).

Indicación: Al introducir el cojinete empujándolo, cerciorarse a través del taladro de retorno de aceite existente en la caja porta cojinetes, de que el anillo de junta redondo (2) permanezca sin sufrir ningún daño (**flecha**)

Aceitar la arandela (6), el casquillo cojinete (5) por fuera y por dentro, así como la arandela (4), y calarlos sobre el árbol de turbina (7).

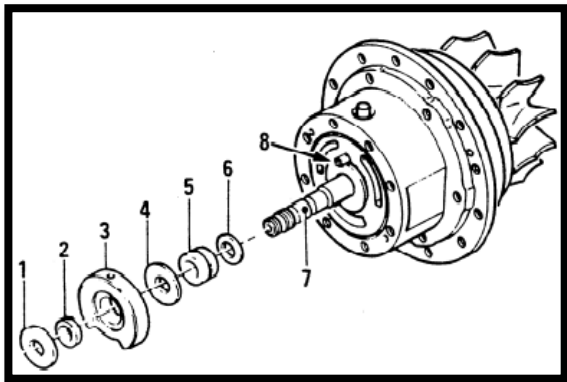


Figura 4 - 29: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 11

Aceitar el cojinete axial (3) y aplicarlo con asiento prieto.

Aceitar el casquillo distanciador (2) y la arandela (1) para posterior, empujarlos hasta que entre.

Indicación: Al efectuar el ensamblaje, prestar atención a la marcación practicada para la posición entre la caja de turbina (4) y caja porta cojinetes (1).

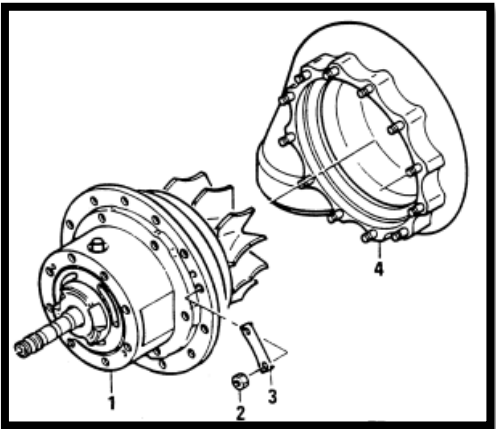


Figura 4 - 30: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 12

Colocar la caja porta cojinetes (1) sobre la caja de turbina (4) y fijarla mediante las tuercas (2) y chapas de seguridad (3).

- Par de apriete: 18 +2 Nm.
- Lubricante: Ultratherm núm. MTU 50494

Asegurar las tuercas.

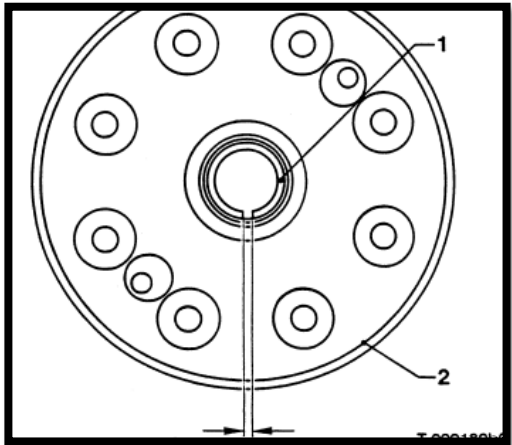


Figura 4 - 31: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 13

Poner los segmentos (1) en la caja del compresor (2).

Con una galga de espesores, comprobar la holgura de hueco.

- Valor teórico: de 0,015 a 0,250mm.

Sacar los segmentos.

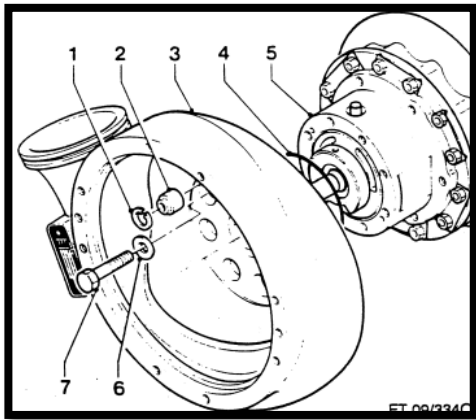


Figura 4 - 32: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 14

- Par de apriete: 57 +6 Nm.
- Lubricante: Aceite de motor.

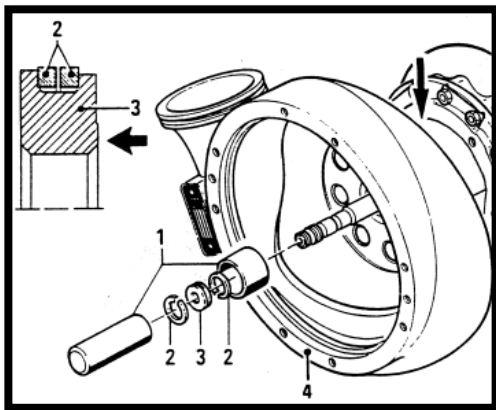


Figura 4 - 33: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 15

dentro de la caja porta cojinetes.

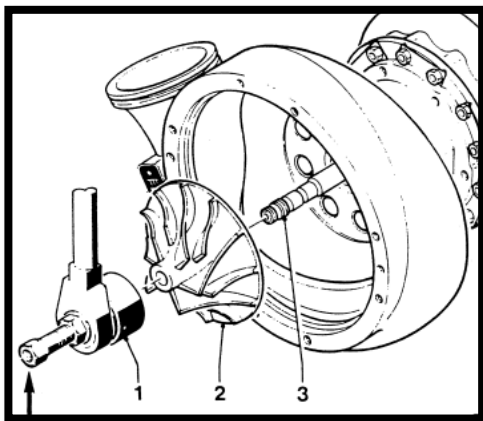


Figura 4 - 34: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 16

Introducir en la caja del compresor (3) las válvulas de aire de bloqueo (2) pre montadas y asegurarlas con los anillos fijadores (1).

Untar el anillo de junta redondo (4) con Ultrathem, núm 50494 y colocarlo en la caja porta cojinetes (5).

Fijar la caja del compresor a la caja porta cojinetes mediante los tornillos (7) y arandelas (6).

Poner los segmentos (2) en el porta segmentos (3) y aceitarlos.

Girar los segmentos de modo que las aberturas queden diametralmente opuestas.

Introducir el porta segmentos, con el reborde frontal (**flecha**) por delante, en la caja del compresor (4).

Atención: Introducir la rueda de turbina de modo que las aberturas de los segmentos queden a nivel del taladro de afluencia de aceite (**flecha**),

Untar con Ultratherm, núm. MTU 50494, los asientos de ajuste de 17 y 18 mm de diámetro en el árbol de turbina (3).

Colocar la rueda compresora (2), empujándola con la mano, sobre el árbol de turbina.

Enroscar el dispositivo (1) sobre el árbol de turbina.

Empalmar la bomba hidráulica SKF (**flecha**).

Ensachar el cubo de la rueda compresora mediante la bomba hidráulica y con el dispositivo,

montar al mismo tiempo a presión la rueda compresora hasta el tope.

- Presión máxima de ensachamiento: 800 bares.

Hacer desaparecer la presión para posteriormente desmontar la bomba hidráulica y el dispositivo.

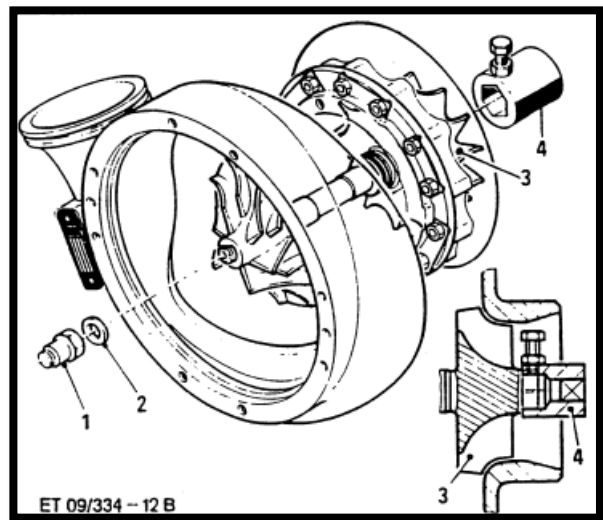


Figura 4 - 35: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 17

Colocar la arandela (2) y enroscar la tuerca (1) sobre el árbol de turbina.
Apretar la tuerca con una llave dinamométrica de dos brazos.
- Par inicial de aplicación: 20 +2 Nm.
- Ángulo de giro ulterior: 45°
Indicación: En el lado frontal de la rueda compresora existe una marca de 45° (para el ángulo de giro ulterior).

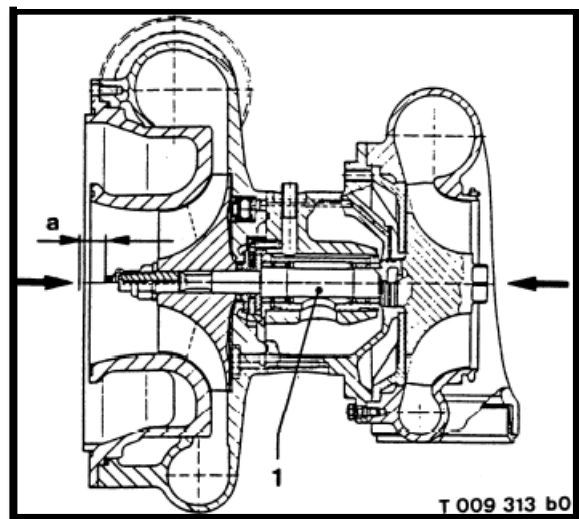


Figura 4 - 36: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 18

Empujar el grupo rotor (1) en ambos sentidos hasta el tope y comprobar al mismo tiempo el juego axial (a).
- Valor teórico: de 0,075 a 0,120mm.

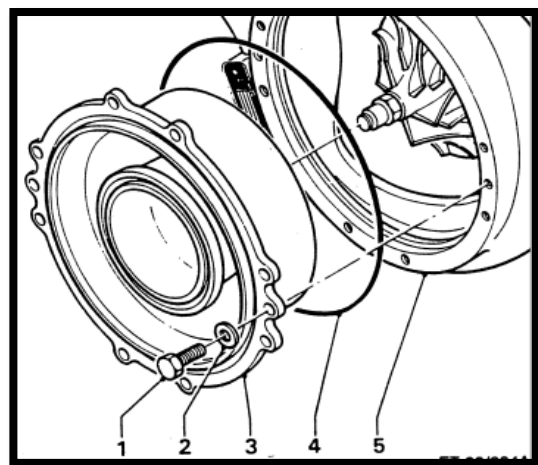


Figura 4 - 37: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 19

Untar con Ultrathem, núm. 50494, el encaje en la caja del compresor (5) y en la caja de aspiración (3), así como el anillo de junta redondo (4).
Calar el anillo de junta redondo sobre la caja de aspiración.
Fijar la caja de aspiración a la caja del compresor con dos tornillos (1) y arandelas (2).
- Par de apriete: 31 +3 Nm.

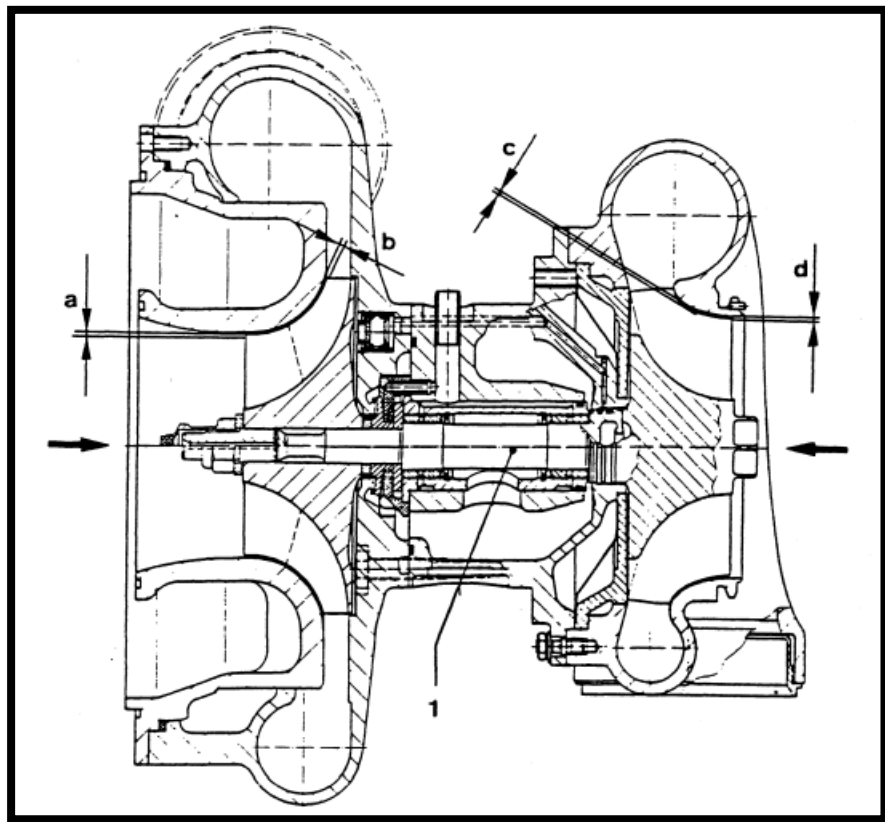


Figura 4 - 38: Ensamble turbo sobrealimentador A y B1 paso 20

Empujar el grupo rotor (1) en ambos sentidos hasta el tope.
Hacer girar el grupo rotor y comprobar si su rotación tiene lugar de modo suave y sin obstáculos.

MTU recomienda comprobar la holgura de intersticio entre:

- | | |
|--|--------------------------------|
| a. Rueda compresora y caja de aspiración | Valor teórico: 0,50 a 0,70 mm. |
| b. Rueda compresora y caja de aspiración | Valor teórico: 0,65 a 0,95 mm. |
| c. Rueda de turbina y caja de turbina | Valor teórico: 0,80 a 1,20 mm. |
| d. Rueda de turbica y caja de turbina | Valor teórico: 0,80 a 0,90 mm. |

Indicaciones: Comprobar las holguras de intersticio mediante calibres de espesores de alambre de diámetro correspondiente.

Comprobar las holguras de intersticio b y c únicamente en las posiciones finales axiales del grupo rotor.

CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONOMICA

La marca MTU ofrece los turbos sobrealimentadores ya sea por despiece de repuestos específicos o el equipo completo.

Algunos valores a continuación:

Turbos sobrealimentadores completos:

Código material	Repuesto	Valor (IVA inc.)
190105	Turbo sobrealimentador modelo ZR 170/024	\$13.284.154
190106	Turbo sobrealimentador modelo ZR 140/010	\$12.654.235

Tabla 9: Valores en peso turbos ZR 170/024 y ZR 140/010

Repuestos específicos turbo sobrealimentador ZR 170/024:

Código material	Repuesto	Valor (IVA inc.)
79771	Carcasa del compresor	\$640.824
109287	Rueda de turbina	\$2.371.215
108561	Válvula de aire de bloqueo	\$321.689
109354	Platillo de radiación	\$452.687
107854	Árbol de turbina	\$1.642.352
106583	Caja porta cojinetes	\$563.485
79865	Caja de turbina	\$620.879
69841	Válvulas de aire de bloqueo	\$236.245
108292	Kit de repuesto básico turbo	\$133.800

Tabla 10: Valores en peso de repuestos de turbo sobrealimentador ZR 170/024

Repuestos específicos turbo sobrealimentador ZR 140/010

Código material	Repuesto	Valor (IVA inc.)
79776	Carcasa del compresor	\$650.924
109282	Rueda de turbina	\$2.521.215
108551	Válvula de aire de bloqueo	\$391.689
109982	Platillo de radiación	\$492.687
107652	Árbol de turbina	\$1.752.352
106889	Caja porta cojinetes	\$578.485
79844	Caja de turbina	\$665.879
69898	Válvulas de aire de bloqueo	\$263.245
108257	Kit de repuesto básico turbo	\$139.123

Tabla 11: Valores en peso de repuestos de turbo sobrealimentador ZR 140/010

Lubricantes recomendados por MTU

Código material	Repuesto	Valor (IVA inc.)
6579	Ultratherm, núm. MTU 50494	\$46.544
6968	Loctite, núm MTU 40083	\$21.800

Tabla 12: Valores en peso de lubricantes recomendados por el fabricante

CONCLUSIÓN

Ya concluido este informe nos damos cuenta de la importancia de los turbos sobrealimentadores y su principal funcionamiento que es llevar al motor a su máxima potencia como también a su máximo rendimiento para lograr así la propulsión necesaria y darle movimiento a las grandes embarcaciones que contienen estos motores.

Logramos comprender funcionamiento teórico y técnico de la sobrealimentación secuencial en el motor MTU 396 y de su proceso de trabajo en secuencia. Por deducción podemos concluir que la sobrealimentación secuencial si es más compleja desde su funcionamiento pero siendo mucho más efectiva para generar más potencia en revoluciones más bajas.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de descripción e instrucciones de servicio motor MTU 396 16v TB94
- Manual de mantenimiento motor MTU 396 16v TB94
- Manual de mantenimiento turbo sobrealimentador ZR 140/010
- Manual de mantenimiento turbo sobrealimentador ZR 170/024

LINKOGRAFIA

- <https://www.autofacil.es/tecnologia/historia-turbocompresor/18364.html>
- https://www.mtusolutions.com/content/dam/mtu/download/applications/yacht/16120032_marine_salesprogram.pdf/_jcr_content/renditions/original./16120032_marine_salesprogram.pdf