



GUÍA TÉCNICA

Pistón y camisa del motor del camión

Guía técnica VADEN sobre pistón y camisa en motores diésel de camión: síntomas de avería, medición del saliente, elección de suplemento y montaje correcto.

Cuando empieza a salir humo azul por el escape, cuando el nivel de aceite baja de forma notable entre dos mantenimientos o cuando llega un "soplado" desde la ventilación del cárter, lo primero que le viene a la cabeza al mecánico es el trío pistón-segmentos-camisa. En el camión de carga, este trío es la zona del motor que más carga soporta y cuya reparación resulta más costosa; por eso la decisión de "cambiar camisas" debe tomarse con la medición correcta, y esa medición debe hacerse en el orden correcto. Esta guía aborda con lenguaje de taller el tema del pistón, la camisa y el suplemento de ajuste del saliente de camisa (laminilla de reglaje) en motores diésel pesados de camisas húmedas: cómo se identifica la avería, qué medida se toma en cada punto, cómo se elige el suplemento y qué errores de montaje obligan a desmontar el motor por segunda vez.

Nota E-E-A-T: Este documento ha sido elaborado por el equipo técnico de VADEN, especializado en motores y sistemas de aire comprimido para camiones pesados. Los valores numéricos aquí indicados son rangos de referencia generales; para **valores exactos como el saliente de camisa, el saliente de pistón, la holgura de puntas de segmento, el juego pistón-camisa y los pares/ángulos de apriete, debe tomarse siempre como base el manual de servicio OE vigente del fabricante del motor. Última actualización: septiembre de 2026.**

El dimensionamiento de los componentes se basa en la familia de normas internacionales pertinente (ISO/EN/DIN/SAE) y la especificación OE del fabricante.

¿Qué son el pistón y la camisa del motor? Función y principio de funcionamiento

El conjunto de pistón y camisa del motor es el juego mecánico formado por la camisa (liner), que constituye la superficie del cilindro por la que se desliza el pistón; el pistón, que transmite la presión de combustión al cigüeñal a través de la biela; y el suplemento (laminilla de reglaje), que ajusta la altura de asiento de la camisa sobre el bloque, elementos que en conjunto garantizan la compresión y la generación de potencia del motor.

El principio de funcionamiento parece sencillo, pero sus tolerancias son severas. Mientras el pistón sube y baja decenas de veces por segundo dentro de la camisa, cumple tres funciones a la vez: mantener estanca la cámara de combustión, convertir la presión de combustión en movimiento mecánico y transferir buena parte del calor acumulado en su cabeza hacia la camisa a través de los segmentos, y desde allí al refrigerante. La camisa, por su parte, es una superficie sustituible que soporta esa carga de fricción y de calor y que, al desgastarse, se sacrifica a sí misma en lugar del bloque. En los camiones pesados es habitual la camisa húmeda (la que está en contacto directo con el líquido refrigerante); gracias a ello el motor puede renovarse tras cientos de miles de kilómetros sin sustituir el bloque.

El suplemento es la pieza que muchos subestiman y que en realidad determina el destino del trabajo. La altura a la que queda la camisa por encima de la superficie del bloque (saliente de camisa / liner protrusion) determina cuánto se comprimirá la junta de culata. Si el saliente es escaso, la junta no se comprime lo suficiente y el gas de combustión pasa al refrigerante; si es excesivo, la pestaña de la camisa se agrieta o la junta se aplasta. El suplemento es esa fina

arandela de acero que se coloca bajo la pestaña de la camisa para ajustar dicho saliente con precisión de centésimas de milímetro.

- **Pistón:** de aleación de aluminio o, en motores de gran carga, de cuerpo de acero/compuesto; lleva la cavidad de la cámara de combustión en su cabeza y las gargantas de segmentos y el alojamiento del bulón en su cuerpo.
- **Juego de segmentos:** por lo general dos de compresión (el primero, en la mayoría de los casos, de tipo trapezoidal/keystone) y uno rascador de aceite; en ellos residen la estanqueidad y el control de aceite.
- **Bulón del pistón y clips:** el pasador templado que une el pistón a la biela y sus anillos de seguridad.
- **Camisa (liner):** de fundición gris colada por centrifugación o nitrurada; su superficie interior está bruñida y su pestaña superior asienta sobre el bloque.
- **Juntas tóricas / kit de juntas de camisa:** elementos de estanqueidad inferiores que separan la camisa de agua del cárter en las camisas húmedas.
- **Suplemento (laminilla de reglaje):** arandela fina fabricada en escalones a partir de 0,05 mm que efectúa el ajuste del saliente.

Diferencia entre camisa húmeda, camisa seca y bloque sin camisa

En la camisa húmeda el refrigerante está en contacto directo con la superficie exterior de la camisa; es la solución con mejor transferencia de calor y mayor facilidad de servicio, y se prefiere en la mayoría de los diésel industriales pesados. A cambio, la estanqueidad de las juntas tóricas de la zona inferior se vuelve crítica. La camisa seca asienta a presión en el alojamiento del bloque y no tiene contacto con el agua; suele encontrarse en aplicaciones de reparación o en camiones ligeros. En los bloques sin camisa (parent bore), la superficie del cilindro es directamente el material del bloque; cuando se desgasta, el bloque se mecaniza y se emplean pistones de sobremedida (oversize), lo que exige capacidad de taller.

El papel de los segmentos: ¿estanqueidad o control de aceite?

El primer segmento de compresión retiene la mayor parte de la presión de combustión; la presión penetra por detrás del segmento y lo empuja contra la camisa, reforzando la estanqueidad por sí misma. El segundo segmento gestiona tanto la presión restante como el aceite que asciende. El segmento rascador devuelve al cárter el exceso de aceite de la pared de la camisa y deja tras de sí una película de lubricación de solo unas pocas micras de espesor. La mayor parte de las quejas por consumo de aceite se deben a este tercer segmento o a la garganta en la que se aloja; no todo consumo de aceite significa directamente que "la camisa está acabada".

¿Por qué existe el suplemento? La lógica del saliente de camisa

Cuando se aprieta la culata, la junta queda comprimida entre la superficie del bloque y la culata. Si la pestaña de la camisa queda unas centésimas de milímetro por encima de la superficie del bloque, la junta recibe la máxima presión superficial justo alrededor de la boca de la camisa y el gas de combustión no puede superar esa barrera. Esta altura varía según el tipo de motor y se ve afectada por la tolerancia acumulada del trío camisa, alojamiento del bloque y

junta. El suplemento existe para compensar esa tolerancia; usar una arandela, un separador o una chapa de espesor arbitrario acaba directamente en una junta quemada.

Saliente de pistón (piston protrusion) y elección del espesor de junta

Existe una segunda medida que suele confundirse con el saliente de camisa pero que es independiente de ella: el **saliente de pistón**. Con el pistón llevado al punto muerto superior (PMS) se mide cuánto sobresale la cabeza del pistón por encima de la superficie superior del bloque. En muchos motores diésel industriales pesados, **el espesor de la junta de culata se elige de forma escalonada en función de este saliente de pistón**; el fabricante suele ofrecer dos o tres clases de espesor (normalmente identificadas por el número de agujeros/muecas en el borde de la junta o por un código de color) y se monta la clase dentro de cuyo rango caiga el saliente medido.

La lógica es la siguiente: el saliente de pistón determina el espacio que queda entre la cabeza del pistón y la superficie de la culata en el PMS (squish/deck clearance) y, por tanto, la relación de compresión efectiva. Si a un motor con saliente elevado se le monta una junta fina, la distancia de seguridad entre el pistón y la culata/válvulas disminuye peligrosamente; si a un saliente pequeño se le monta una junta gruesa, cae la relación de compresión, se dificulta el arranque en frío y se deteriora el comportamiento de emisiones. Por eso, cuando se realiza cualquier cambio en el pistón, la biela, la camisa o el bloque, debe verificarse de nuevo la clase de junta.

La práctica de medición es, en resumen, la siguiente: en cada cilindro se lleva el pistón al PMS, se pone a cero el comparador sobre la superficie superior del bloque y se toman lecturas en dos puntos perpendiculares al eje del bulón sobre la cabeza del pistón (o en los puntos de medición indicados por el fabricante); la media de las lecturas es el saliente de ese cilindro. Para el conjunto del motor suele ser determinante el valor más alto, y se emplea una única clase de junta para todos los cilindros. En los diésel industriales pesados los valores típicos de saliente de pistón se sitúan en una banda estrecha, aproximadamente entre unas centésimas y unas décimas de milímetro; **los límites de los escalones y la tabla de clases de junta son totalmente específicos de cada familia de motores y deben consultarse obligatoriamente en el manual de servicio OE**. Al adquirir un conjunto de "pistón + camisa + suplemento", no olvide que estas dos medidas de saliente se realizan por separado: *el suplemento resuelve el saliente de camisa y la clase de junta, el saliente de pistón*; uno no sustituye al otro.

Medida	¿Qué ajusta?	Elemento de ajuste
Saliente de camisa (liner protrusion)	Presión superficial sobre la junta, estanqueidad a los gases	Suplemento (laminilla de reglaje) colocado bajo la pestaña de la camisa
Saliente de pistón (piston protrusion)	Holgura pistón-culata en el PMS, relación de compresión efectiva	Espesor escalonado de la junta de culata (selección de clase)

Familia de motores (aplicación)	Tipo de camisa habitual	Diámetro de cilindro aproximado	Nota de servicio
Tipo Mercedes-Benz OM 457 / OM 460 (Actros, Travego, Turismo)	Camisa húmeda, con pestaña	clase ≈ 128 mm	El saliente se ajusta con suplemento; se recomienda el cambio de pistón+camisa+segmentos en juego completo.
Tipo Mercedes-Benz OM 906 (Atego, Axor, autobús)	Camisa húmeda	clase ≈ 102 mm	Segmento medio; el kit de juntas tóricas inferiores de camisa se renueva siempre.
Tipo Mercedes-Benz OM 926 (Atego, Axor, autobús)	Camisa húmeda	clase ≈ 106 mm	No tiene el mismo diámetro que el OM 906; verifique el diámetro con el número de motor antes de pedir.
Tipo MAN D20 / D26 (TGA, TGX, TGS)	Camisa húmeda	clase ≈ 120–126 mm	La limpieza de la garganta de la junta tórica inferior y del alojamiento del bloque es crítica.
Tipo DAF MX (XF, CF)	Camisa húmeda	clase ≈ 130 mm	Presión de combustión elevada; atención a la tolerancia de diferencia de saliente.
Tipo Volvo / Renault serie D (FH, FM, Premium)	Camisa húmeda	clase ≈ 131 mm	Deben comprobarse los surtidores de refrigeración de pistón.
Tipo Iveco Cursor (Stralis, S-Way)	Camisa húmeda	clase ≈ 125–135 mm	Tornillos de culata con apriete angular; pueden ser de un solo uso.

Verificación del número de pieza: Los datos de diámetro y tipo anteriores son orientativos. Dentro de una misma familia de motores pueden emplearse cabezas de pistón distintas, alturas de segmento distintas y espesores de pestaña de camisa distintos según el nivel de emisiones (Euro 3/4/5/6), el año de fabricación y la configuración de turbo/EGR. Motores de denominación parecida (por ejemplo, OM 906 y OM 926) no tienen el mismo diámetro de cilindro. Antes de pedir, verifique a través del **número de motor y del número de pieza OE**; lea también sin falta el número marcado en la pieza que ha desmontado.

Síntomas de avería y diagnóstico

La avería de pistón-camisa rara vez aparece de golpe; suele empezar con consumo de aceite, continúa con presión en el cárter y se manifiesta con pérdida de potencia y humo. El objetivo del diagnóstico es distinguir si el problema está realmente en el conjunto del cilindro o en una partida más económica como el turbo, los retenes de válvula, un inyector o la junta de culata.

Síntoma	Causa probable	Comprobación / verificación
Humo azul por el escape, consumo de aceite creciente	Segmento rascador fatigado, garganta de segmento sucia, bruñido de la camisa borrado	Mida el consumo de aceite por km; descarte primero la fuga de aceite del turbo y los retenes de válvula, y realice después una prueba de compresión/estanqueidad.

Síntoma	Causa probable	Comprobación / verificación
Soplado intenso por la ventilación del cárter (blow-by)	Desgaste de segmentos, rotura de segmento, desgaste de camisa	Con el motor caliente, afloje el tapón de llenado de aceite y observe el soplado; para una distinción concluyente, prueba de fugas del cilindro (leak-down).
Diferencia de compresión entre cilindros	Daño de segmento/camisa en un solo cilindro o fuga de válvula	Haga una prueba de compresión; añada algo de aceite al cilindro bajo y repita la prueba: si el valor sube, el problema está del lado de segmentos/camisa.
Golpeteo en frío, ruidos que disminuyen al calentar	Desgaste de la falda del pistón, juego pistón-camisa excesivo ("piston slap")	Escucha por cilindros con estetoscopio en el lateral del bloque; tras el desmontaje, medición de ovalidad y conicidad del diámetro interior de la camisa.
Burbujas en el depósito de expansión, bajada de nivel, presión en el circuito de agua	Saliente de camisa insuficiente, suplemento incorrecto, fuga de junta, grieta en la pestaña de la camisa	Prueba de presión del sistema de refrigeración y prueba de gases de escape (CO ₂); al desmontar la culata se vuelve a medir el saliente con comparador.
Agua mezclada con el aceite, aspecto de café con leche	Daño en la junta tórica inferior de camisa, grieta en el cuerpo de la camisa, perforación por cavitación	Examine el aceite del cárter; presurice la camisa de agua del bloque y busque fugas por la base de la camisa.
Pérdida de potencia, humo negro, aumento del consumo de combustible	Pérdida de compresión, camisa desgastada, inyector que altera la combustión	Compruebe primero el caudal de retorno de inyectores y el filtro de aire/presión de turbo; si están correctos, pase a medir la compresión.
Picaduras puntuales en la superficie exterior de la camisa	Cavitación (falta de aditivo en el refrigerante, anticongelante inadecuado)	Tras el desmontaje se inspecciona visualmente la pared exterior de la camisa; se controla la proporción de aditivo y el pH del refrigerante.

¿Prueba de compresión o prueba de estanqueidad?

La prueba de compresión es rápida y muestra la diferencia entre cilindros, pero no indica por dónde se produce la pérdida. En la prueba de fugas del cilindro se introduce aire comprimido y se escucha de dónde procede el sonido: si viene del colector de admisión, es la válvula de admisión; si viene del escape, la válvula de escape; si viene de la ventilación del cárter, segmentos/camisa; si salen burbujas por el radiador, problema de junta o de saliente. Realizar ambas pruebas conjuntamente antes de decidir evita desmontajes innecesarios del motor.

Medir correctamente el consumo de aceite

"Come aceite" es una expresión subjetiva. El método correcto es registrar la cantidad de llenado tras el cambio de aceite, anotar el aceite añadido a lo largo de un kilometraje determinado y calcular el consumo en litros por cada mil kilómetros. En los diésel industriales pesados modernos, el consumo suele situarse en unas milésimas del consumo de combustible; un motor que supere claramente esa banda debe examinarse. El retén de aceite del turbo, los retenes de válvula y la obstrucción del sistema de ventilación del cárter producen el mismo síntoma y son reparaciones más económicas.

Disciplina de medición antes del desmontaje

Cuando se desmonte la culata, no se precipite a extraer las camisas. Mida primero con comparador el saliente de camisa en cada cilindro y anótelos; mida el diámetro interior de la camisa a la altura del punto muerto superior y en la zona inferior, tanto a lo largo del eje como en ángulo recto, para obtener la conicidad y la ovalidad. Registre también la marca de clase de espesor de la junta desmontada (número de agujeros/muestras, código de color): será su referencia al comparar la clase de la nueva junta con la medición del saliente de pistón. Esos valores son la única prueba objetiva que indica si el problema es desgaste o un error de montaje.

Lecturas adicionales

Para una visión técnica en lenguaje sencillo de este tema, consulte el artículo de referencia en [Wikipedia](#). Confirme siempre las cifras y los procedimientos concretos con los datos de servicio del fabricante del vehículo.

Pasos de sustitución / montaje

Equipo de protección individual y seguridad: Detenga el vehículo en suelo llano, accione el freno de mano, calce las ruedas y desconecte el borne de la batería. No abra el sistema de refrigeración hasta que el motor se haya enfriado por completo: el agua caliente a presión provoca quemaduras graves. Son obligatorios guantes, gafas de protección y calzado de seguridad. El conjunto pistón-biela y la culata son pesados; utilice eslingas y polipasto adecuados para izarlos, no intente levantarlos a mano. Recoja el aceite usado, el anticongelante y los disolventes de limpieza conforme a la normativa; no genere chispas en ambientes con disolventes.

- 1 Preparación y vaciado:** Vacíe el refrigerante y el aceite del motor en recipientes adecuados. Lea y guarde los registros de averías del motor del vehículo; los comparará con los hallazgos tras el desmontaje. Elimine el polvo de la zona de trabajo: el montaje del conjunto de cilindros es un trabajo de limpieza.
- 2 Desmontaje del grupo superior:** Desmonte los inyectores, el mecanismo de balancines, las varillas empujadoras y la culata siguiendo la secuencia de aflojado indicada por el fabricante (por lo general de fuera hacia dentro y por etapas). En la mayoría de los motores industriales pesados los tornillos de culata son de apriete angular y de un solo uso; prevea tornillos nuevos.
- 3 Medición y marcado:** Antes de extraer las camisas, mida el saliente en cada cilindro y anótelos. Marque los sombreretes de biela, las camisas y los suplementos existentes, si los hay, según el número de cilindro. No debe confundirse la posición de ninguna pieza que vaya a reutilizarse.

- 4 Extracción del conjunto pistón-biela:** Limpie con un escariador adecuado el reborde de carbonilla de la zona superior de la camisa, desmonte el sombrerete de biela y extraiga el conjunto pistón-biela por arriba. Coloque protectores en el cuerpo de la biela para no rayar la muñequilla del cigüeñal ni la superficie de la camisa.
- 5 Extracción de camisas y limpieza del alojamiento:** Extraiga las camisas con el extractor adecuado; forzarlas con cincel o palanca daña el alojamiento del bloque. Limpie por completo de cal, corrosión y restos de junta la superficie de asiento de camisa del bloque, las gargantas de las juntas tóricas y la camisa de agua. La superficie de asiento debe quedar limpia como un espejo.
- 6 Comprobación del bloque:** Compruebe la planitud de la superficie superior del bloque con regla y galgas de espesores. Mida la profundidad del alojamiento de camisa; si hay desgaste o erosión puede ser necesario rectificar/mecanizar. Si hay marcas de cavitación, debe corregirse también la química del sistema de refrigeración.
- 7 Prueba en seco y elección del suplemento:** Asiente las camisas nuevas en sus alojamientos sin juntas tóricas y sin aceite, presione ligeramente desde arriba y mida el saliente con comparador. La medición se toma en al menos cuatro puntos alrededor de la camisa. Si el valor está por debajo de la banda del fabricante, añada un suplemento del espesor adecuado; si está por encima, revise la camisa/el alojamiento. Mantenga también estrecha la diferencia de saliente entre cilindros del mismo motor.
- 8 Montaje de la camisa:** Una vez definida la elección del suplemento, retire la camisa, lubrique ligeramente las juntas tóricas inferiores con el lubricante indicado por el fabricante (a menudo un jabón de montaje específico o aceite de motor limpio), colóquelas en sus gargantas sin retorcerlas y presione la camisa de una sola vez y sin inclinarla. Tras el montaje, vuelva a medir el saliente y regístrelo.
- 9 Fije las camisas con bridas (paso que no debe omitirse):** Una vez asentadas las camisas, **manténgalas presionadas contra el bloque con bridas/útiles de retención de camisa (liner clamp) hasta que la culata esté montada y apretada.** En una camisa húmeda, sin la culata lo único que mantiene la camisa en su sitio es la fricción de las juntas tóricas inferiores; si se gira el cigüeñal en ese estado, la fricción del pistón puede levantar la camisa unos milímetros y, al volver a asentar, la junta tórica inferior se sale de su garganta y se corta o se retuerce. El resultado es agua mezclada con el aceite del cárter en el primer arranque y un segundo desmontaje del motor: este es el error más frecuente en el taller. Coloque una brida en cada cilindro y retírelas solo después de haber apretado los tornillos de culata en su primera etapa. Si no dispone del útil, **no gire el cigüeñal bajo ningún concepto.**
- 10 Montaje del pistón y los segmentos:** Monte los segmentos sobre el pistón con el alicate de segmentos, con las puntas desfasadas según los ángulos indicados por el fabricante; la marca "TOP" debe quedar hacia arriba. Mida y verifique con galgas la holgura de puntas de los segmentos dentro de la camisa. La flecha/marca de la cabeza del pistón debe orientarse correctamente respecto al volante motor o a la cámara de combustión.

- 11 Colocación del conjunto pistón-biela:** Lubrique la falda del pistón y la superficie de la camisa con aceite de motor limpio, comprima con el compresor de segmentos e introduzca el pistón con cuidado ayudándose de un mango de madera. Lubrique los cojinetes de biela, monte los sombreretes según su numeración y aplique los valores de par + ángulo por etapas. Si en esta fase necesita girar el cigüeñal, asegúrese de que las bridas de camisa siguen colocadas.
- 12 Medición del saliente de pistón y clase de junta:** Una vez montados todos los pistones, lleve el pistón al PMS en cada cilindro y mida el saliente de pistón con comparador. Según el valor más alto, elija en la tabla del fabricante la clase de espesor de junta de culata adecuada; verifique la marca de la junta (número de agujeros/muecas o código de color) antes de montarla.
- 13 Montaje de la culata y primer arranque:** Coloque la nueva junta de culata seleccionada en seco y en la orientación correcta, apriete la culata con la secuencia y las etapas del fabricante; retire las bridas de camisa una vez completada la primera etapa. Llene el aceite y el refrigerante y purgue el aire del sistema. En el primer arranque, compruebe que sube la presión de aceite, verifique la estanqueidad a ralentí y no exija al vehículo a plena carga durante el periodo de rodaje.

Aspectos a tener en cuenta (errores frecuentes)

La elección del suplemento no se hace por estimación. El enfoque de "pon el mismo que había" es el error más habitual y el más caro. Entre el espesor de pestaña de la camisa nueva y el de la antigua puede haber unas centésimas de milímetro de diferencia, y el alojamiento del bloque también se ha desgastado con los años. El saliente debe medirse de nuevo para cada camisa y el suplemento elegirse en consecuencia. Tampoco es admisible "cuadrar el ajuste" superponiendo dos arandelas de marcas o espesores distintos.

No gire el cigüeñal sin bridas. Girar el cigüeñal con las camisas montadas y sin la culata desplaza la camisa de su sitio en los motores de camisa húmeda y corta la junta tórica inferior. El daño no se aprecia durante el montaje; se manifiesta con agua mezclada en el aceite después del primer arranque. La brida de camisa es un útil barato; un segundo desmontaje, no.

No reutilice los tornillos de culata. En la gran mayoría de los motores industriales pesados los tornillos de culata son de apriete angular (torque-to-yield) y sufren un alargamiento permanente en cada desmontaje. Un tornillo reutilizado no proporciona la fuerza de apriete esperada aunque aplique el par correcto, y la junta se quema en poco tiempo. Controle el límite de alargamiento con la medida de longitud facilitada por el fabricante y, ante la duda, sustitúyalo. La misma regla se aplica en la mayoría de las aplicaciones a los tornillos/tuercas de los sombreretes de biela.

- Abrir y calzar los segmentos a mano:** si no se usa el alicate de segmentos, el segmento queda retorcido de forma permanente, se alteran la holgura de puntas y el apoyo; el motor consume aceite desde el primer día.

- **No lavar la superficie bruñida:** los residuos de bruñido y el aceite protector de las camisas nuevas deben eliminarse con agua caliente jabonosa y un paño limpio. Limpiar únicamente con disolvente deja partículas abrasivas en las estrías.
- **Montar la junta tórica en seco o con el lubricante equivocado:** una junta tórica seca se retuerce o se corta durante el montaje; un lubricante inadecuado hincha el material y con el tiempo provoca fugas de agua.
- **No limpiar suficientemente el alojamiento del bloque:** un solo trozo de junta o una costra de cal en el alojamiento falsea la medición del saliente e impide el correcto asiento de la camisa.
- **Elegir la clase de junta sin medir:** montar una junta "de la misma clase que la anterior" sin medir el saliente de pistón significa una relación de compresión incorrecta o una holgura pistón-culata insuficiente si se han cambiado el pistón o la biela.
- **Confundir la orientación del pistón:** en la mayoría de los diseños de pistón, la cavidad de la cámara de combustión y el eje del bulón están descentrados; un pistón montado al revés provoca picado y desgaste acelerado.
- **Descuidar el aditivo del refrigerante:** en los camiones pesados la superficie exterior de la camisa está expuesta a la cavitación; si no se mantiene la proporción de aditivo/anticongelante indicada por el fabricante, incluso una camisa nueva puede perforarse en pocos años.
- **Usar conjuntos mezclados:** pistón, segmentos y camisa forman un juego fabricado en correspondencia mutua; la vida útil de un conjunto de cilindro montado con piezas de procedencias distintas es impredecible.
- **Saltarse el rodaje:** hacer trabajar el motor a plena carga inmediatamente después de la reparación impide el asentamiento de los segmentos en la camisa.

Valores técnicos y puntos de control

Los valores siguientes son rangos de referencia generales frecuentes en motores diésel industriales pesados. Varían según la familia de motores, el diámetro de cilindro y el nivel de emisiones; para el valor definitivo debe consultarse el manual de servicio.

Punto de control	Rango de referencia típico / general	Nota
Saliente de camisa (protrusion)	Por lo general en la banda de 0,02 – 0,15 mm	Según la familia de motores se define una subbanda estrecha; prevalece el valor del manual.
Diferencia de saliente entre cilindros	Normalmente no debe superar 0,02 – 0,04 mm	Si la diferencia entre cilindros contiguos es grande, la junta se comprime de forma desigual.
Escalones de espesor de suplemento	Generalmente en pasos de 0,05 mm (0,05 / 0,10 / 0,15 / 0,20 mm)	Se usa un solo suplemento; no se superponen.
Saliente de pistón (en PMS respecto a la superficie del bloque)	Banda estrecha específica de cada familia de motores; por lo general entre unas centésimas y unas décimas de mm	La clase escalonada de junta se elige según esta medida; los valores límite se toman únicamente de la tabla OE.

Punto de control	Rango de referencia típico / general	Nota
Ovalidad / conicidad del diámetro interior de la camisa	Límite de servicio típicamente 0,05 – 0,10 mm	El mayor desgaste se observa en la zona del punto muerto superior.
Juego pistón-camisa	Aproximadamente 0,08 – 0,25 mm (según el diámetro)	Se mide en la zona de la falda, perpendicular al eje del bulón.
Holgura de puntas del 1.er segmento de compresión	Aproximadamente diámetro × 0,003 – 0,005 (en diámetros de 128 – 135 mm, en torno a 0,40 – 0,70 mm)	Escala con el diámetro; en motores de diámetro pequeño el valor baja. Se mide con galgas con el segmento correctamente asentado dentro de la camisa.
Holgura de puntas del segmento rascador	Aproximadamente 0,25 – 0,60 mm	Una holgura excesivamente estrecha aprieta el segmento en caliente y raya la camisa.
Juego lateral en la garganta del segmento	Aproximadamente 0,04 – 0,12 mm	En segmentos trapezoidales el método de medición es distinto, consulte el manual.
Presión de compresión (con el motor de arranque)	Aproximadamente 22 – 35 bar (≈ 320 – 500 psi)	Más que el valor absoluto importa la diferencia entre cilindros (límite típico en torno al 10 %).
Ángulo de bruñido cruzado / rugosidad superficial	Aproximadamente 40° – 60°, banda Ra 0,4 – 0,8 µm	El bruñido de plateau acelera el asentamiento de los segmentos.
Temperatura de servicio del refrigerante	Aproximadamente 80 – 95 °C	Trabajar de forma continua en la parte alta de la banda acelera el desgaste de la camisa.
Temperatura de servicio de la cabeza del pistón	Típicamente zonas por encima de 300 °C	Debe comprobarse sin falta que los surtidores de refrigeración de pistón están despejados.

Los valores de par varían enormemente según la familia de motores. La tabla siguiente solo pretende mostrar el *método* aplicado; en cuanto a cifras, prevalece el manual.

Unión	Método de aplicación típico	Advertencia
Tornillos de culata	Par previo por etapas + apriete angular en la secuencia indicada (p. ej. 2 etapas de ángulo)	De un solo uso en la mayoría de las aplicaciones; no pueden omitirse la secuencia ni las etapas.
Tornillos / tuercas del sombrerete de biela	Par previo + apriete angular	Los cojinetes deben estar lubricados y las roscas de los tornillos limpias; en muchas aplicaciones son de un solo uso.
Tornillos de bancada	Par por etapas, secuencia del centro hacia fuera	El giro libre del cigüeñal se comprueba en cada etapa.

Unión	Método de aplicación típico	Advertencia
Tornillos de los surtidores de refrigeración de pistón	Par bajo, generalmente banda de 15 – 30 Nm	Un apriete excesivo altera el ángulo del surtidor y puede cortar la refrigeración del pistón.

Consejo de medición: Al medir el saliente de camisa, ponga a cero el comparador sobre la superficie superior del bloque y tome lecturas sobre la pestaña de la camisa en las posiciones horarias de las 12, 3, 6 y 9. Una medición tomada en un solo punto oculta que la camisa ha asentado ligeramente inclinada. Para presionar la camisa desde arriba con una fuerza uniforme durante la medición, utilice un útil de puente; un valor obtenido presionando con la mano no es fiable. La misma disposición de comparador se emplea también para leer el saliente de pistón con el pistón en el PMS.

- Compruebe si hay corrosión, muescas o residuos en la superficie de asiento del bloque, no con el dedo, sino con un paño limpio y buena iluminación.
- Mida con micrómetro el espesor de pestaña de la camisa nueva y compárelo con el de la antigua; si hay diferencia, la decisión sobre el suplemento cambia en consecuencia.
- Mida la holgura de puntas de segmento por separado en cada cilindro; puede haber pequeñas diferencias entre los diámetros de las camisas.
- Si en la falda del pistón hay una marca de roce brillante o un desgaste en un solo sentido, haga comprobar la torcedura de la biela.
- Las marcas de picadura (cavitación) se buscan **en la pared exterior de la camisa**, del lado del agua; no en la falda del pistón. Si hay esas marcas en el exterior de la camisa, debe corregirse también la química del refrigerante.
- Durante los primeros 30 minutos tras la reparación, vigile y registre la presión de aceite, la temperatura del agua y el soplado del cárter.

Mantenimiento y vida útil

El pistón y la camisa son, si se usan correctamente, el conjunto más duradero del motor; en camiones pesados se ven vidas útiles de cientos de miles de kilómetros en primera monta y cercanas al millón de kilómetros en tractores bien mantenidas. Lo que determina esa vida no es tanto la pieza en sí como la calidad del aceite, el aire y el agua que le llegan. La mayor parte del desgaste se produce en los minutos de arranque en frío, cuando la película de lubricación se deteriora, y cuando entra al motor polvo sin filtrar.

- **Aceite y filtro de aceite:** utilice aceite de la viscosidad y especificación indicadas por el fabricante y no alargue el intervalo de cambio. Un aceite contaminado lleva partículas abrasivas directamente a la superficie de la camisa.
- **Filtro de aire y estanqueidad del conducto de admisión:** una pequeña fuga en la unión de manguito posterior al filtro deja el filtro completamente sin sentido y desgasta la camisa en pocos miles de kilómetros. El desgaste por polvo suele dejar una superficie brillante y rayada en la camisa.

- **Química del sistema de refrigeración:** mida con regularidad la proporción de anticongelante/aditivo. En un sistema con la protección contra cavitación debilitada, la superficie exterior de la camisa se perfora de forma puntual y el agua se mezcla con el aceite.
- **Ventilación del cárter:** una ventilación obstruida eleva la presión del cárter y empuja el aceite hacia fuera por los retenes y los segmentos; muchas averías que se atribuyen a "la camisa está acabada" son en realidad esto.
- **Salud del inyector y del turbo:** un inyector que gotea lava la pared de la camisa con combustible y elimina la película de aceite; un turbo que pierde aceite alimenta el conjunto de cilindros con carbonilla y aceite y provoca el agarrotamiento de los segmentos.
- **Hábitos de ralentí y arranque en frío:** con ralentí prolongado baja la temperatura de combustión, se acumula hollín y las gargantas de los segmentos se carbonizan. Calentar el motor de forma gradual antes de someterlo a carga es el método más barato para prolongar su vida.

Por bien mantenido que esté el motor, a alto kilometraje el desgaste es inevitable. El enfoque correcto es seguir con regularidad el consumo y la presión del cárter para convertir la reparación en una revisión planificada. Un daño de pistón sobrevenido en carretera supone varias veces el coste y los días de inactividad de una renovación programada del conjunto de cilindros.

VADEN ORIGINAL ofrece en stock, dentro de su propio catálogo, los suplementos de saliente de camisa necesarios para este trabajo, en la categoría Pistón y Camisa de Motor. Los escalones de suplemento están agrupados por aplicación de motor; al elegir el escalón correcto le recomendamos verificar a través del número de motor y la referencia OE, y respetar en el montaje la disciplina de medición descrita en esta guía. Prepare el resto de la lista de piezas antes de desmontar el motor: **los tornillos de culata y, en la mayoría de las aplicaciones, los tornillos/tuercas del sombrerete de biela son de apriete angular (torque-to-yield) y de un solo uso**; anótelos desde el principio junto con el kit de juntas tóricas inferiores de camisa y la junta de culata: un juego de tornillos que falte con el motor desmontado deja el vehículo días en el taller. La misma disciplina de medición se aplica al grupo de pistón, segmentos y camisa del compresor de aire; los pistones, juegos de segmentos y camisas de cilindro de ese grupo están en la familia de kits de reparación de compresor de VADEN ORIGINAL, y nuestro equipo técnico le asiste en materia de compatibilidad.