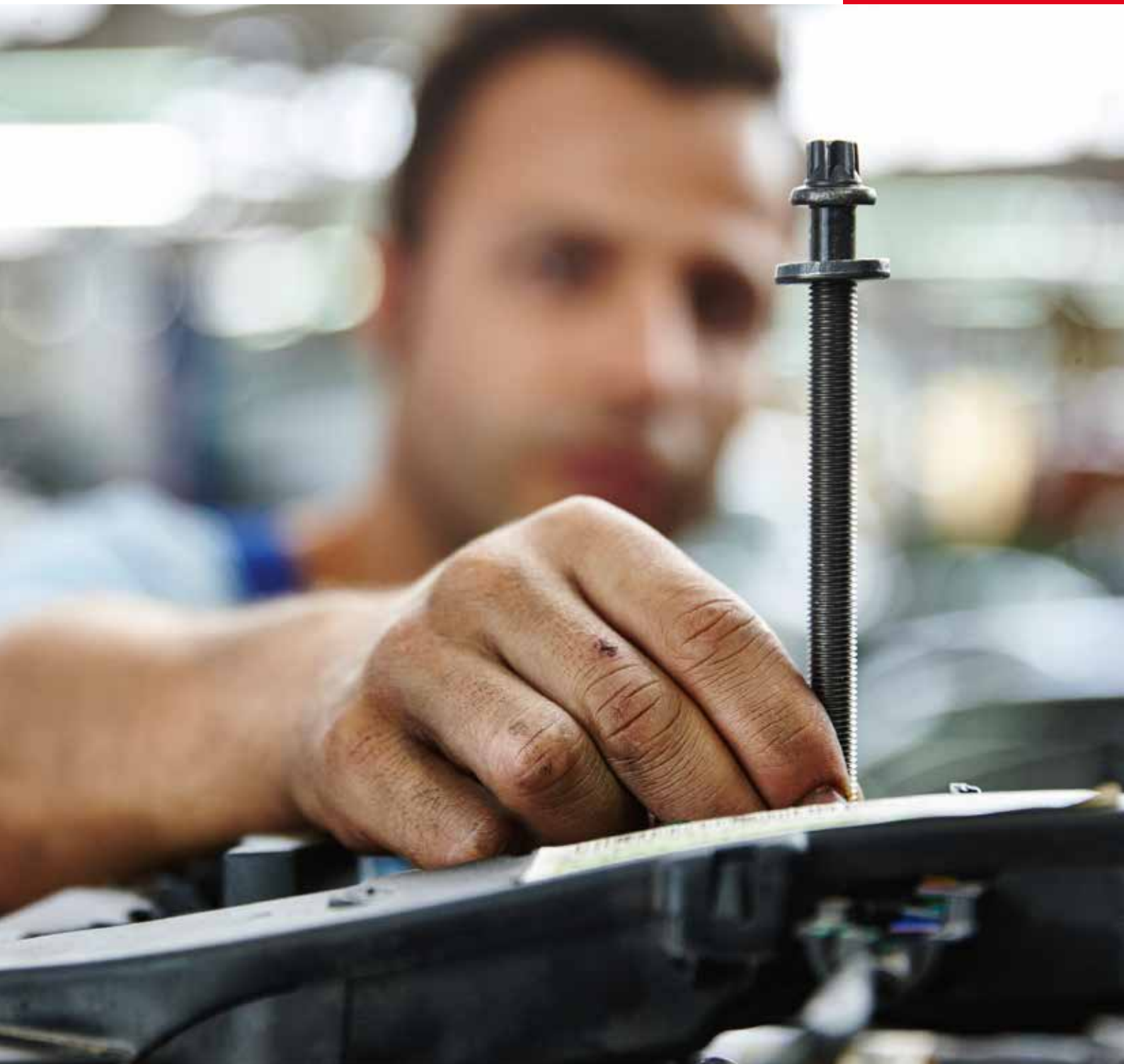


# Tornillos de culata en la práctica



Seguridad óptima:  
juntas de culata y tornillos de culata  
de un mismo proveedor



Das Original



# Índice

Página

<b>1</b>	Fijación de la culata	6
<b>2</b>	Funcionamiento	8
<b>3</b>	Tipos de tornillos	10
<b>4</b>	Todo gira en torno a la seguridad del apriete	12
<b>5</b>	Reparación profesional	15
<b>6</b>	Control de calidad	16
<b>7</b>	Características técnicas	18
<b>8</b>	Embalaje	19

# La seguridad no es un concepto elástico

## Elring mejora aún más el servicio postventa

Para la generación actual de motores, una reparación profesional del conjunto de estanqueización de la junta de culata requiere la sustitución de ambos componentes: la junta de culata y los tornillos de culata.

El nuevo programa completo de tornillos de culata de Elring le permite ahorrar tiempo y dinero. Un mismo proveedor le ofrece todas las piezas:

la junta de culata y el juego de tornillos de culata adecuado

- para casi todos los turismos y vehículos industriales
- de calidad demostrada
- agrupados específicamente para cada reparación de motor
- embalados en una caja de cartón especial con protección para las roscas
- cómodo y rápido
- directamente procedente del fabricante de la junta



El apriete correcto para una seguridad óptima



Tornillos de culata



Junta de culata



Reparación de la culata

Sellado seguro al 100% y potencia de motor óptima

**Elring ofrece tornillos de culata para:**

**ALFA ROMEO | AUDI | BMW | BUICK | CADILLAC  
CHEVROLET | CHRYSLER | CITROËN  
CUPRA | DACIA | DAEWOO | DAF | DEUTZ | DODGE  
DS | FIAT | FORD | GMC | HOLDEN | HONDA  
HYUNDAI | ISUZU | IVECO | JAGUAR | JEEP | KIA  
LADA | LAND ROVER | LANCIA | MAN  
MAZDA | MERCEDES-BENZ | MINI | MITSUBISHI  
NISSAN | OLDSMOBILE | OPEL | PEUGEOT  
PONTIAC | PORSCHE | RENAULT | ROVER | SAAB  
SATURN | SCANIA | SEAT | ŠKODA  
SSANGYONG | SUBARU | SUZUKI | TOYOTA  
VAUXHALL | VOLKSWAGEN | VOLVO**

# Fijación de la culata

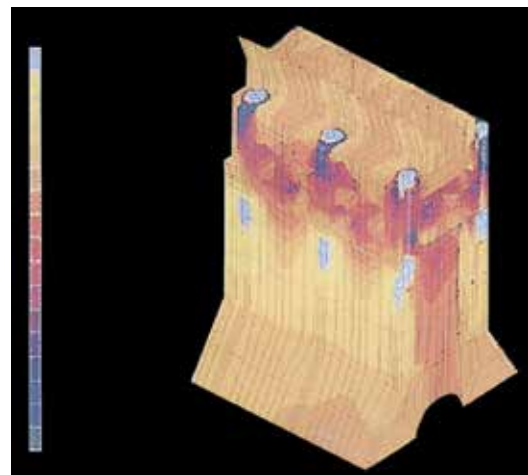
## Seguridad a prueba

Hoy en día, la fijación de la culata sin reapriete es estándar en la construcción de motores. Ello se debe a razones técnicas y económicas, tanto en la fabricación de motores como en el montaje en caso de reparación:

- elevado grado de fuerza homogéneo de todos los tornillos
- unión de sellado fiable y funcional
- ahorro de costes

Con el fin de poder prescindir del reapriete y lograr al mismo tiempo una fijación fiable de la culata, ya en la fase de desarrollo es necesario ajustar entre sí, desde el punto de vista constructivo, todos los componentes que forman parte del conjunto de estanqueización de la culata.

Así, el tornillo de culata, por medio de su diseño constructivo y la calidad del material, contribuye de forma sustancial al sellado seguro del conjunto de estanqueización.



Tensiones de tracción y presión en el conjunto de estanqueización de la culata: visibles con el método de elementos finitos



## El sistema de sellado de la culata

Tornillos de culata

Culata

Junta de culata

Cárter del cigüeñal  
Camisa del cilindro  
(depende del diseño del motor)

# Funcionamiento





## Fuerzas efectivas

Los tornillos de culata son elementos constructivos del sistema de unión de la culata que generan la presión superficial necesaria y la transmiten a los componentes del motor. Para ello, los tornillos de la culata deben atornillarse siguiendo procedimientos y secuencias de apriete definidos con precisión.

La junta de culata solo puede distribuir la fuerza total de la que dispone entre las distintas zonas que se deben sellar (estanqueidad frente a gas, agua y aceite). Esto se conoce como la distribución específica de la compresión de sellado.

### **Por ello, se aplica lo siguiente:**

La fuerza total generada por los tornillos de la culata, así como su distribución uniforme en todo el conjunto de estanqueización, es una condición previa fundamental para el funcionamiento de la junta de culata.

Con el fin de satisfacer los requisitos de los diseños de motores actuales de construcción ligera, como son

- las presiones de encendido más elevadas (hasta 220 bares)
- el creciente movimiento relativo de los componentes del motor
- la disminución de la rigidez de los motores y la mayor dilatación térmica de los componentes, debido al acabado en aluminio y magnesio
- y la reducción de las deformaciones de los taladros de cilindro y de la culata (palabra clave: fuerzas de tornillo reducidas),

los tornillos de culata también han experimentado durante las últimas décadas una transformación notable dentro del ámbito de la construcción de motores. Sus características deben ajustarse hasta en el más mínimo detalle a los requisitos del motor.

Además de la mejora de los materiales y procedimientos de fabricación de los tornillos, los principales cambios se realizaron en

- el diseño de los tornillos
- el procedimiento de apriete

Además, se perfeccionaron los recubrimientos de superficie de los tornillos para mejorar las condiciones de fricción.

# Tipos de tornillos

## La primera elección para motores de construcción ligera

Las construcciones para motores de poco peso, tales como

- culata de aluminio y cárter del cigüeñal de fundición gris
- culata y cárter del cigüeñal de aluminio

presentan un comportamiento de dilatación térmica distinto respecto a los tornillos de culata de acero. La dilatación térmica de los componentes de motor de aluminio es aproximadamente el doble de elevada que la de los tornillos de culata.

El uso de materiales de construcción ligera para los componentes de motor y los diferentes procedimientos de apriete son razones para que en los diseños actuales de motores se utilicen preferentemente las geometrías de tornillos para la fijación de la culata que se indican a continuación.

### **Tornillos de rosca laminada.**

Uso mayoritario en motores de turismos. Los tornillos de rosca laminada se caracterizan por tener una rosca que ha sido laminada sobre el vástago. El tornillo no se somete a un proceso adicional de mecanizado con arranque de viruta. Las propiedades de elasticidad del tornillo de rosca laminada con rosca larga se asemejan bastante a las del tornillo de vástago dilatante, que se debe someter al mecanizado con arranque de viruta. Por eso también se le describe como un tipo económico de «tornillo de vástago dilatante».

#### Tornillos de rosca laminada con rosca corta.

Estos tornillos presentan una rosca laminada solamente hasta la profundidad máxima de enroscado. El paso de rosca superior absorbe la mayor fuerza, y por tanto, suele experimentar una deformación plástica permanente.



#### Tornillos helicoidales dilatables.

Se trata de tornillos en cuyo vástago se ha laminado una rosca gruesa de uno o varios filetes a modo de «hélice de dilatación». En este caso, la «hélice de dilatación» también incrementa la elasticidad y asegura una distribución uniforme de la tensión. La elasticidad del tornillo helicoidal dilatado depende del diámetro menor del perfil de hélice dilatado elegido: cuanto más pequeño sea este diámetro, más nos aproximamos a la característica de un tornillo helicoidal dilatado.

#### Tornillos de rosca laminada con rosca larga.

Estos tornillos presentan una parte roscada muy larga, que casi siempre llega hasta justo por debajo de la cabeza de tornillo. En esta zona se produce el alargamiento elástico y plástico del tornillo durante el apriete y durante el servicio del motor. El acabado del tornillo con rosca larga incrementa la elasticidad, permite una tensión uniforme a lo largo del vástago y dota al tornillo de la suficiente capacidad de deformación plástica. De este modo se asegura la durabilidad de todo el conjunto de estanqueización de la culata.



#### Tornillos de vástago dilatado (tornillos de vástago fluido).

Este acabado de tornillo se utiliza con frecuencia en motores de vehículos comerciales y se caracteriza por un vástago que se estrecha desde la rosca hasta justo por debajo de la cabeza del tornillo. Debido a la sección más reducida respecto a la de los tornillos de vástago macizo se logra una mayor flexibilidad elástica y plástica. El alargamiento plástico, relevante en caso de reparación, no se produce en la parte estrecha del vástago enroscado.



# Todo gira en torno a la seguridad del apriete

## El apriete para una mayor seguridad

En colaboración con los fabricantes de motores y la industria auxiliar se han llevado a cabo extensos programas de análisis y desarrollo, con el fin de ofrecer, con mejores componentes de motor y técnicas como

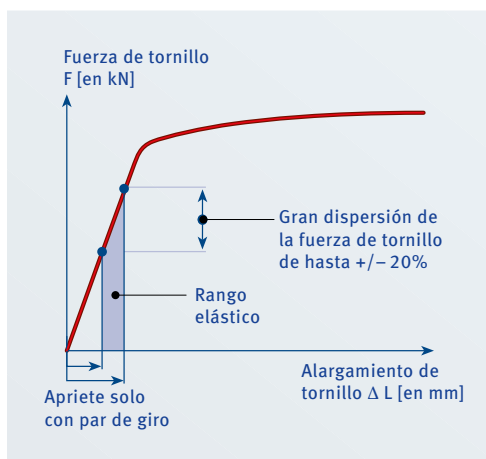
- juntas de culata «Metaloflex» con un elevado potencial de estanqueidad y un menor grado de compresión
- tornillos de culata con una característica de deformación plástica especial
- y nuevos procedimientos de apriete para tornillos de culata, unas uniones de sellado claramente mejoradas, que garanticen una estanqueidad segura especialmente en el comportamiento a largo plazo.

## Apriete de tornillos con par de giro

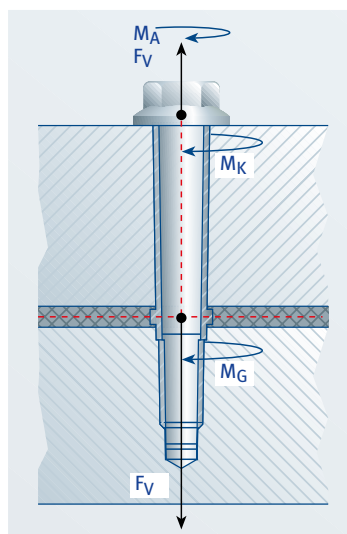
Antes, los tornillos de culata se apretaban en varias etapas con un par de giro exactamente definido dentro del rango de dilatación elástica del material del tornillo (gráfico exterior izquierdo).

### Particularidades del apriete con par de giro:

1. Al aplicar el par de apriete  $M_A$  se producen fluctuaciones de la fuerza de tensión previa  $F_V$  de  $\pm 20\%$  debido a los diferentes pares de fricción de la cabeza del tornillo ( $M_K$ ) y de la rosca ( $M_G$ ) (ilustración central izquierda). Este procedimiento no permitía obtener una distribución uniforme de la presión por todo el conjunto de sellado.
2. Debido a unos procesos de compresión estático en frío de la junta de material blando después del montaje (= pérdida de fuerza de tensión previa) y una reducción adicional de fuerza durante el servicio del motor, los tornillos se debían reapretar después de una distancia recorrida especificada. Sin embargo, con el reapriete de los tornillos de culata no se eliminaba de ningún modo la dispersión de las fuerzas de los tornillos.



Apriete elástico de tornillos



Fuerzas y pares durante el apriete



## Apriete de tornillos con par de giro y ángulo de giro en las nuevas generaciones de motores

En este procedimiento, el tornillo de culata no solo se dilata elásticamente, sino que también experimenta un alargamiento plástico, hecho que ofrece unas ventajas fundamentales frente al apriete de tornillos únicamente con par de giro.

### Descripción del procedimiento combinado.

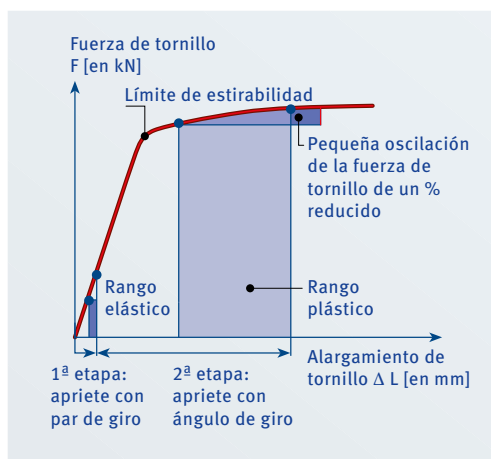
En el procedimiento con par de giro y ángulo de giro, el tornillo se aprieta en una primera etapa con un par de giro bajo dentro del rango elástico de la curva característica del tornillo (gráfico inferior).

Después del apriete con par se realiza un nuevo apriete con un determinado ángulo de giro. En este proceso, el material del tornillo experimenta una deformación plástica que excede el límite de estirabilidad (que caracteriza la transición del rango elástico al plástico).

### Ventajas del apriete con ángulo de giro:

1. Este método de apriete, en combinación con las nuevas ejecuciones de tornillos, puede reducir considerablemente el rango de dispersión de la fuerza de tensión previa del tornillo. La aplicación del ángulo de giro no se traduce en una mayor fuerza previa, sino solo en el alargamiento plástico del tornillo. De este modo se obtiene un nivel de fuerza del tornillo uniformemente elevado de todos los tornillos de culata, una condición previa importante para la estanqueidad del sistema de sellado en conjunto.

2. Se prescinde del reapriete de los tornillos de culata. En este caso, las juntas de capas metálicas favorecen la supresión del reapriete, ya que los grados de compresión que se producen son reducidos. Las oscilaciones de fuerza residuales se deben a tolerancias dimensionales en la fabricación de los tornillos y a tolerancias de resistencia del material.



Apriete plástico de tornillo

## Secuencia de apriete

Los tornillos de culata (p. ej. 1 – 10 en el motor de 4 cilindros; ilustración superior) se deben apretar siguiendo una secuencia de apriete definida con precisión (véanse los datos del fabricante). Esta secuencia, al igual que los pares de apriete y ángulos de apriete, viene especificada por los fabricantes de motores y de juntas, y se ha adaptado al diseño del motor en cada caso. Cada junta de culata y cada juego de juntas de Elring vienen acompañados de unas instrucciones de apriete específicas para el motor en varios idiomas.

El apriete de los tornillos se realiza en varias etapas, que pueden ser . ej. como sigue:

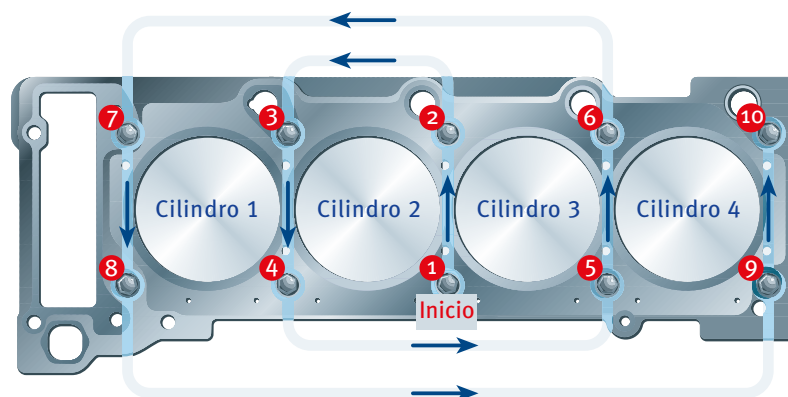
- 1ª etapa: 20 Nm (es decir, apretar los tornillos 1 – 10 con un par de apriete de 20 Nm)
- 2ª etapa: 60 Nm (es decir, apretar los tornillos 1 – 10 con un par de apriete de 60 Nm)
- 3ª etapa: 90° (es decir, apretar los tornillos 1 – 10 con un ángulo de apriete de 90°)
- 4ª etapa: 90° (es decir, volver a apretar los tornillos 1 – 10 con un ángulo de apriete 90°)

### Cada secuencia de etapas de apriete se basa en la siguiente norma:

Las diferentes etapas del apriete de tornillos siempre comienzan en el centro del motor (entre cil. 2 y cil. 3; véase ejemplo) y continúan en forma de espiral o en cruz hacia ambos lados, hacia los tornillos exteriores de cil. 1 y cil. 4.

De este modo se garantiza en todo momento la fijación óptima de la culata y de la junta de culata sobre el cárter del cigüeñal.

Si no se observan estas normas, se producen deformaciones y torsiones involuntarias en los componentes del motor. La consecuencia: se pueden producir fugas en el conjunto de estanqueización de la culata.



Secuencia de apriete para la culata (ejemplo)

# Reparación profesional

## Solo los tornillos de culata nuevos son 100 % seguros

Las actuales generaciones de motores poseen conceptos de estanqueidad mejorados, que han sido adaptados a la construcción de los respectivos motores. La función de los tornillos de culata tiene en esto un papel fundamental.

Los tornillos de culata, debido a

- el nuevo procedimiento de apriete con par de giro más ángulo de giro (= alargamiento plástico del tornillo), así como
- a los modernos diseños de motor, p. ej. el emparejamiento de aluminio y aluminio (= alargamiento plástico adicional durante el calentamiento del motor),

pueden experimentar un alargamiento plástico de varios milímetros respecto al estado original.

Además de la modificación de las propiedades de resistencia y dilatación del material de los tornillos, el alargamiento del tornillo también implica una reducción de la sección. En caso de utilizar de nuevo ese tornillo, existe el riesgo de que la fuerza previa aplicada ya no pueda ser absorbida por la sección más reducida. La consecuencia es la rotura del tornillo.

Los estudios han demostrado que en un tornillo M10 de resistencia media 10.9 puede disminuir la capacidad de carga en un 10 a 15 % cuando solo se reducen 0,3 mm del diámetro. Esto significa que la junta se comprime con una fuerza insuficiente y después de un corto espacio de tiempo puede perder estanqueidad. Por esta razón, una reparación profesional del conjunto de estanqueización de la culata debe atenerse a las especificaciones de los fabricantes de motores y juntas:

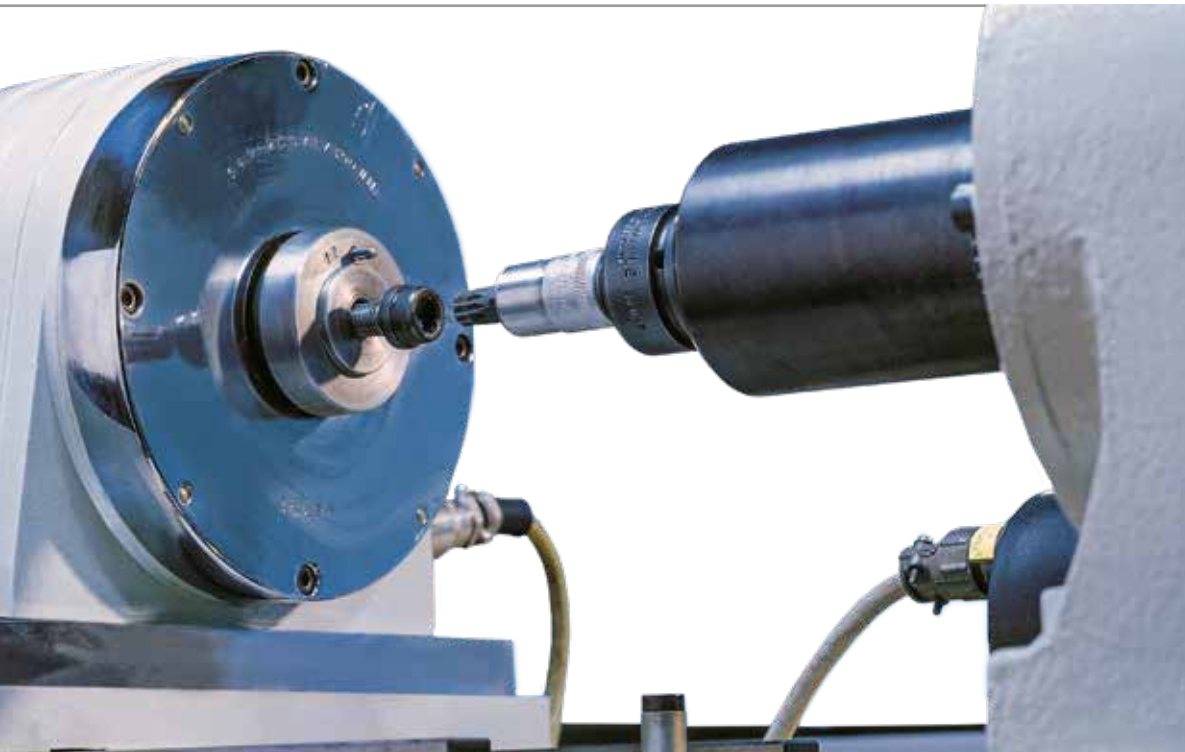
- usar siempre tornillos de culata y una junta de culata nuevos
- observar pares y ángulos de apriete
- atenerse a la secuencia de apriete
- utilizar componentes de motor limpios y exentos de torsiones
- el montaje debe ser realizado únicamente por personal cualificado
- usar herramientas de calidad

Únicamente cuando se cumplen estas prescripciones será posible lograr una tensión óptima y una unión de sellado funcional. En ningún caso se permite volver a emplear los tornillos ya usados y con deformación plástica longitudinal. Así se evitan posibles daños derivados como fugas, diversos costes de reparación, clientes insatisfechos y la consecuente pérdida de imagen.



Tornillo de culata con alargamiento plástico y contracción plástica

# Control de calidad



Banco de ensayo para tornillos: la prueba más segura para determinar la curva característica del tornillo

## Seguridad testada

Cada prototipo de motor plantea unos requisitos determinados para los tornillos de culata que estos deben satisfacer obligatoriamente con el fin de garantizar la eficacia de la unión de sellado en su conjunto.

Por esta razón, para cada tipo de tornillo se analizan exhaustivamente los planos, los informes de homologación y los certificados químicos y dimensionales correspondientes.

Las mediciones realizadas en un banco de ensayo para tornillos antes de la autorización aseguran el estándar de calidad.



## Obtención de una curva característica de tornillo en el banco de ensayo para tornillos

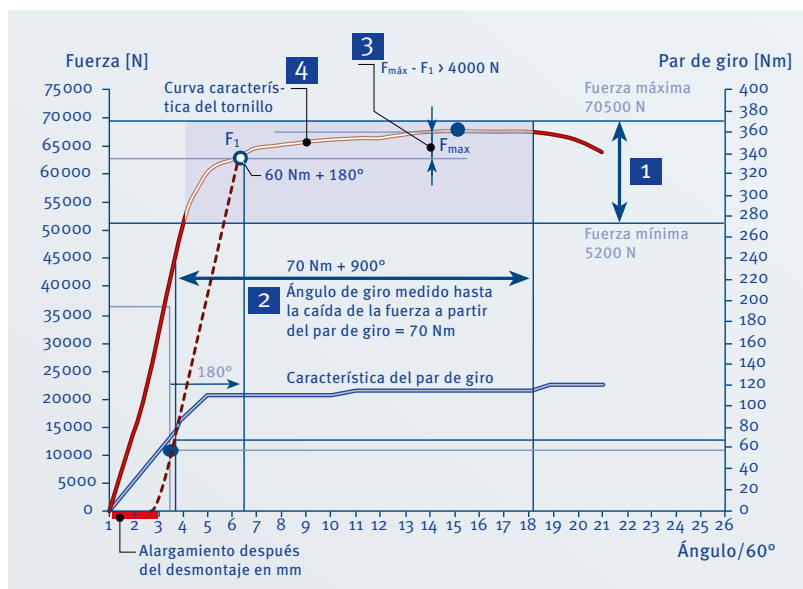
En esta prueba se sigue apretando el tornillo más allá del método de apriete prescrito (en este caso, par de giro de 60 Nm + ángulo de giro de 180°) para obtener una característica de tornillo detallada y pertinente. La característica obtenida en el apriete se valora en base a los siguientes criterios:

1. La fuerza de atomillado  $F_1$  alcanzada tras el apriete con el par de giro y el ángulo de giro prescritos (en este caso 60 Nm + 180°) debe situarse en un rango de fuerza definido entre la fuerza mínima y la máxima (10 N ~ 1 kg).
2. Después de aplicar un determinado par de giro (en este caso 70 Nm), todavía debe ser posible girar el tornillo al menos 2 vueltas (ángulo de giro de  $\pm 90^\circ$ , dependiendo el fabricante). La fuerza del tornillo no debe disminuir significativamente.
3. La diferencia entre la fuerza máxima medida  $F_{m\acute{a}x}$  y la fuerza después del apriete  $F_1$  debe ser superior al valor indicado por el fabricantes (en este caso 4000 N).

4. Durante el apriete, la curva característica del tornillo (de color rojo-amarillo) debe seguir la trayectoria representada aquí. No debe presentar saltos ni otras desviaciones.

El cumplimiento de estos cuatro criterios más importantes en el banco de ensayo de tornillos, así como los informes asociados sobre la dimensión y la consistencia química, aseguran que el tipo de tornillo probado posee el potencial de sellado seguro del motor.

Para redondear la curva característica, en la esquina inferior izquierda del diagrama se representa además el alargamiento permanente del tornillo después de desmontarlo del banco de ensayo. Al soltar el tornillo, la curva característica se desplaza hacia abajo desde el valor  $F_1$  a lo largo de la línea roja discontinua. El tramo rojo se debe equiparar con el alargamiento permanente del tornillo después del desmontarlo.



Curva característica del tornillo

# Características técnicas

## Ejemplo

**M10 x 140 x 1,5 Hexágono interior 10.9**

**Diámetro nominal (en mm)**  
p. ej., M10, M11, M12, M16

**Paso de rosca (en mm)**  
Con una vuelta de tornillo, este penetra la longitud (en mm) indicada, p. ej., 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2

**Clases de resistencia**

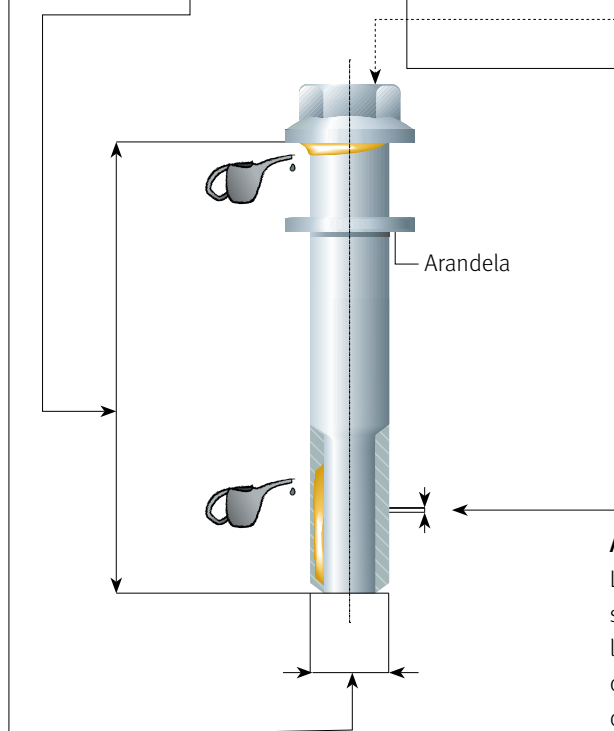
P. ej.,	8.8	10.9	12.9
	=	=	=
Resistencia a la tracción en N/mm <sup>2</sup>	800	1000	1200
Límite de elasticidad en N/mm <sup>2</sup>	640	900	1080

**Longitud nominal (en mm)**

**Perfil de rosca**

Ejecuciones especiales de rosca ISO métrica: rosca fina, rosca en diente de sierra, rosca Whitworth

**Forma de la cabeza (perfil de la cabeza)**



### Atención

La longitud nominal siempre se mide hasta por debajo de la superficie de apoyo de la cabeza, incluso en caso de que exista una arandela.

### Indicación de montaje

Conviene lubricar tanto la superficie de apoyo de la cabeza del tornillo como la rosca antes de insertar el tornillo para que los valores de fricción no aumenten en exceso y se alcance la fuerza de tensión previa necesaria del tornillo.

# Embalaje



## Tornillos de culata: en embalaje seguro

Para nosotros es importante que nuestros tornillos de culata lleguen hasta nuestros clientes con calidad probada, en un embalaje seguro y sin desperfectos. Por esta razón componemos los juegos de tornillos de culata de acuerdo con el motor correspondiente y los envasamos en cajas plegables ecológicas. Además, los insertos individuales en las cajas permiten que aprox. el 95 % de los más de 200 tipos de tornillo con las longitudes y diámetros más diversos se puedan envasar de forma económica en un mismo tamaño de caja de cartón plegable. De este modo se simplifica en gran medida el almacenamiento.

Con esta solución de embalaje logramos una optimización de las funciones de protección y logística y nos aseguramos de que los tornillos satisfagan la funcionalidad requerida y, por tanto, las exigencias de nuestros clientes.

El aprovisionamiento fiable de nuestros clientes con una calidad de producto idéntica y el mejor servicio en todo el mundo es parte de nuestra filosofía empresarial y la base para una colaboración duradera y constructiva con nuestros clientes.



Los datos aquí proporcionados, resultado de muchos años de experiencia y conocimientos, no pretenden ser completos. No se aceptarán reclamaciones por daños y perjuicios acerca de estas informaciones. Montaje de todas las piezas de recambio solo por personal técnico especializado. Reservado el derecho de realizar cambios en el espectro de rendimiento y modificaciones técnicas. Declinamos toda responsabilidad en caso de errores de impresión.

ElringKlinger AG | Área de piezas de recambio  
Max-Eyth-Straße 2 | 72581 Dettingen/Erms | Germany  
Tel. +49 7123 724-799 | Fax +49 7123 724-798  
service@elring.com | www.elring.com

C510291 0822 ES

