PremFixer Fasteners

LIBRO BLANCO DE INGENIERÍA

Sistemas de fijación de pivotes

para bicicletas de doble suspensión

Interfaces · Materiales · Validación

V2.0 · Edición con referencias

premfixercnc.com

EDICIÓN VISUAL COMPLETA — SOLO CONCEPT

Las 37 imágenes del cuerpo y la portada son visualizaciones conceptuales de ingeniería con texto de publicación generado mediante programación. Ninguna documenta una configuración de producto, fábrica, registro de inspección, resultado de ensayo de laboratorio o de campo, certificación, caso de cliente ni datos de rendimiento verificados de PremFixer Fasteners. Las evidencias públicas solo respaldan la justificación técnica; las afirmaciones específicas de producto siguen requiriendo el cierre de evidencias definido en este libro blanco.

Libro blanco de ingeniería: soluciones de sistemas de fijación de pivotes de alto rendimiento para bicicletas de doble suspensión

Soluciones de sistemas de fijación de pivotes de alto rendimiento para bicicletas de doble suspensión — Libro blanco de ingeniería

Subtítulo

Kits completos de fijación de pivotes específicos para cada modelo, procesos de mecanizado CNC para pernos de pivote y soluciones integrales de ingeniería para la fabricación de bicicletas de doble suspensión

Posicionamiento de la solución: kits completos específicos por modelo · solución de fabricación CNC para pernos/ejes de pivote · solución integral de ingeniería

Versión: Edición de evidencias V2.0
Editor: PremFixer Fasteners
Tipo de documento: Libro blanco de ingeniería
Fecha límite de la investigación: 2026-08-10

Propósito y público del documento

Este libro blanco se dirige a:

- fabricantes de cuadros de bicicleta
- plantas de montaje de bicicletas de doble suspensión
- equipos de I+D y producto de marcas MTB / E-MTB
- fabricantes de bieletas de suspensión y componentes
- ingeniería de calidad de proveedores (SQE)
- ingenieros de diseño, mecánica y fabricación
- compras estratégicas y aprovisionamiento
- equipos de posventa, garantía y servicio

Su objetivo no es debatir «cuánto debería costar un tornillo», sino establecer un marco de preguntas más completo:

> **¿Cómo afecta el hardware de pivote a la seguridad estructural, la vida útil de los rodamientos, la uniformidad del montaje, el NVH, la corrosión, el mantenimiento posventa y el coste del ciclo de vida?**

Posicionamiento de la solución de PremFixer Fasteners

PremFixer Fasteners se orienta a la fabricación de bicicletas de doble suspensión y amplía el objeto de suministro desde «un único elemento de fijación estándar» hasta un **sistema completo de fijación de pivotes definido específicamente para cada modelo**. El alcance puede cubrir diferentes tipos de bicicleta y entornos de carga, como XC, Trail, Enduro, DH y E-MTB, y establecer las combinaciones de fijación correspondientes en torno al cuadro, las bieletas, los rodamientos y las interfaces de montaje del cliente.

Un paquete de solución típico incluye:

- soluciones de fabricación CNC de precisión y rutas DFM para pernos de pivote, ejes de pivote y tornillos con resalto
- separadores, arandelas, insertos roscados y elementos de posicionamiento compatibles con los aros interiores de los rodamientos y las interfaces de las bieletas
- elementos de control ambiental y de montaje, como juntas tóricas, retenes, arandelas aislantes, grasa e interfaces de bloqueo
- kits completos de fijación organizados por posición de pivote, correspondencia de BOM, secuencia de montaje, estrategia de bloqueo/lubricación e interfaces de trazabilidad

La lógica de la solución integral de PremFixer Fasteners es:

> **Definición del tipo de bicicleta y las cargas → descomposición de las interfaces de pivote → diseño del apilamiento de fijaciones y rodamientos → DFM → fabricación CNC → estrategia de superficies y aislamiento → configuración del kit → asistencia al montaje → cierre de validación y trazabilidad**

Este posicionamiento describe el alcance de la solución y el método de trabajo de ingeniería; no constituye automáticamente una declaración de capacidad de producción en serie o de rendimiento del producto ya verificada. Los materiales concretos, tolerancias dimensionales, pares de apriete, fuerzas de sujeción, Cpk, niebla salina, fatiga, plazos de entrega y aplicabilidad a cada modelo deben cerrarse proyecto por proyecto conforme al sistema de evidencias E0–E5 de este libro blanco.

Declaración de evidencias

V2.0 adopta una «doble cadena de evidencias»:

Evidencias de literatura externa

Se utilizan para responder:

> ¿Existe una base pública para este mecanismo de ingeniería, método de ensayo o práctica del sector?

Niveles de fuente:

Nivel	Tipo de evidencia	Fuentes típicas
X1	Normativa / regulatoria	ISO, ECHA, EUR-Lex
X2	Revisada por pares / investigación primaria	Springer, ScienceDirect, MDPI, repositorios universitarios
X3	OEM / técnica industrial	documentación técnica oficial de marcas de bicicletas, SKF, Henkel, etc.
X4	Contexto de mercado	especificaciones actuales de bicicletas, tendencias públicas del sector

Evidencias de producto de PremFixer Fasteners

Se utilizan para responder:

> ¿Qué ha logrado realmente una SKU, un lote y una combinación de material y proceso concretos de PremFixer Fasteners bajo condiciones de ensayo claramente definidas?

Niveles:

Nivel	Evidencia	Definición
E0	Supuesto / objetivo	sin mediciones propias; solo objetivo, supuesto o punto pendiente de verificación
E1	Análisis de ingeniería	cálculos de planos, apilamiento de tolerancias, FEA, análisis teórico
E2	Ensayo de componente	dimensiones, material, niebla salina, dureza, resistencia de pieza individual, etc.
E3	Ensayo de unión / subconjunto	par–fuerza de sujeción, vibración transversal, montaje y desmontaje repetidos, apilamiento de rodamientos
E4	Validación a nivel de cuadro	validación del sistema real de cuadro/bieletas
E5	Validación de campo	producción en serie, uso prolongado, datos de garantía / campo

Las publicaciones públicas pueden demostrar «por qué debe diseñarse así», pero no sustituyen los ensayos de producto propios de PremFixer Fasteners.

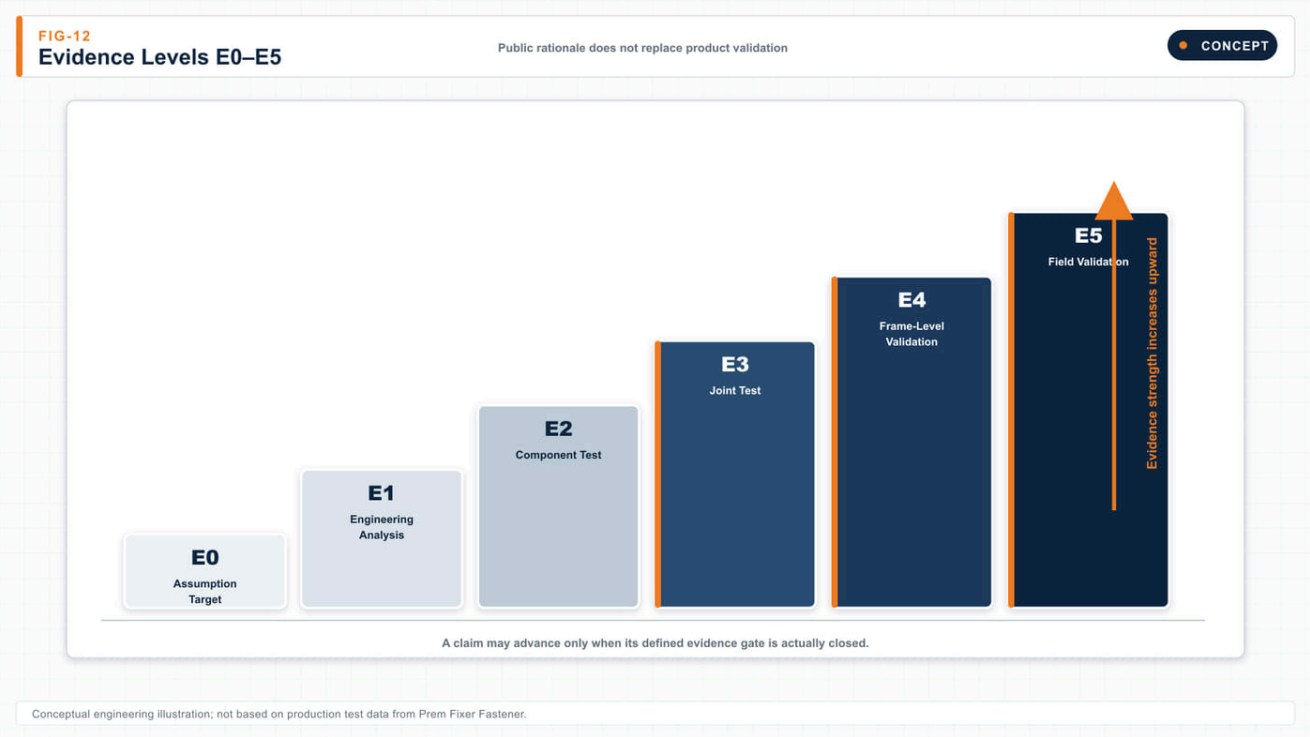


FIG-12 · Figura de ingeniería — Figura FIG-12. Niveles de evidencia E0–E5, desde el supuesto u objetivo hasta la validación de campo. La justificación pública no sustituye la validación específica del producto. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Límites importantes de ingeniería

1. Este documento no extrapola directamente el resultado de una sola publicación al rendimiento general de todo el hardware de pivote.
2. Este documento no convierte las horas de niebla salina en años reales de uso.
3. Este documento no presenta las normas generales de fijaciones como certificaciones específicas para bicicletas.
4. Este documento no extiende automáticamente el resultado de una SKU a toda la gama de productos.
5. [PF-VERIFY], [TARGET] y [MODEL] indican puntos que todavía deben cerrarse con datos de proyecto de PremFixer Fasteners o del cliente.
6. Los planos del cliente, acuerdos técnicos, reglamentos del mercado objetivo y requisitos de validación de la bicicleta completa prevalecen siempre sobre este libro blanco.

Resumen

En una bicicleta moderna de doble suspensión, los pernos de pivote, ejes de pivote, tornillos con resalto, separadores, arandelas, rodamientos, insertos roscados, retenes y medios de bloqueo forman conjuntamente una interfaz mecánica altamente acoplada. Su valor directo de compra suele ser muy inferior al del cuadro, el amortiguador o la transmisión, pero cuando una unión de pivote sufre pérdida de fuerza de sujeción, micromovimiento, corrosión, gripado, contaminación del rodamiento o desviación de montaje, las consecuencias pueden abarcar varios niveles de coste: desde ruidos hasta retrabajos del cuadro y desde fallos prematuros de rodamientos hasta garantías internacionales.

La investigación pública sobre uniones atornilladas muestra un acoplamiento complejo entre precarga, carga transversal y estado de fricción. Una precarga insuficiente puede favorecer el aflojamiento, mientras que una precarga excesiva puede aumentar el riesgo de sobrecarga o de superar el límite de fatiga.[R1][R2] Las fuentes de ingeniería de rodamientos señalan además que un ajuste insuficiente, el pequeño movimiento relativo y el estado superficial favorecen la corrosión por fretting en el asiento del rodamiento.[R5][R6] La documentación pública de mantenimiento y hardware de marcas MTB de gama alta muestra asimismo que los sistemas de pivote reales ya emplean grasas, fijadores de roscas, compuestos antiagarrotamiento, retenedores y pares de instalación diferenciados según la posición, en lugar de tratar todas las fijaciones como la misma «tornillería».[R8][R9]

Por ello, este libro blanco propone:

> **El hardware de pivote debe tratarse como un objeto de ingeniería de sistemas compuesto por «pieza de eje de precisión + unión roscada controlada + interfaz de rodamiento + sellado ambiental + interfaz de servicio posventa».**

En este marco, el posicionamiento de PremFixer Fasteners no consiste en vender pernos de pivote aislados, sino en organizar kits completos de fijación definidos por posición de pivote y una colaboración integral de ingeniería para los requisitos de fabricabilidad, montaje, mantenimiento y trazabilidad de diferentes modelos de doble suspensión.

El objetivo principal no es maximizar un único indicador, sino encontrar un equilibrio de ingeniería verificable entre:

Resistencia + fatiga + estabilidad de sujeción + aligeramiento + resistencia a la corrosión + repetibilidad de montaje + mantenibilidad + coste

Palabras clave

Bicicleta de doble suspensión · MTB · E-MTB · perno de pivote · eje de pivote · tornillo con resalto · precarga · fuerza de sujeción · fijador de roscas · fretting · interfaz de rodamiento · corrosión galvánica · niebla salina · fragilización por hidrógeno · gripado del titanio · DVP&R · DFMEA · Cpk · TCO

Prefacio: de «un tornillo» al «sistema de pivote»

En la clasificación tradicional de compras, el perno de pivote suele incluirse entre las fijaciones, el hardware o las piezas pequeñas. Esta clasificación facilita el ERP y la codificación de compras, pero es incompleta desde el punto de vista de la ingeniería estructural.

Un pivote típico de una bicicleta de doble suspensión puede contener simultáneamente:

- alojamiento/inserto de pivote del cuadro
- bieleta
- rodamiento de cartucho sellado
- separador interior / exterior
- eje de pivote
- tornillo con resalto
- arandela
- inserto roscado / tuerca
- junta tórica / retén
- grasa
- fijador de roscas / parche de bloqueo
- compuesto antiagarrotamiento

El movimiento de la suspensión somete estas interfaces de forma simultánea a:

- cargas axiales y transversales cíclicas
- oscilaciones de pequeña amplitud
- impactos
- acoplamiento de cargas de frenado y pedaleo
- contaminación por agua y barro
- agentes de limpieza
- humedad y sal
- desmontajes y montajes repetidos durante el mantenimiento

Por tanto, «dimensionalmente conforme» solo demuestra que una pieza cumple el plano en un momento determinado; no demuestra automáticamente que:

- la fuerza de sujeción de la unión sea adecuada;
- el rodamiento no reciba una carga axial anómala;
- no aparezcan crujidos después de dos temporadas;
- las roscas de titanio no se gripen;
- el recubrimiento del acero esté libre de riesgo de fragilización por hidrógeno;
- el taller pueda desmontar la unión con normalidad;
- el par original siga siendo válido tras cambiar el recubrimiento.

Por ello, el libro blanco V2.0 adopta un marco completo de ciclo de vida:

Requisito → diseño → material → proceso → unión → validación → producción → montaje → campo → servicio → TCO

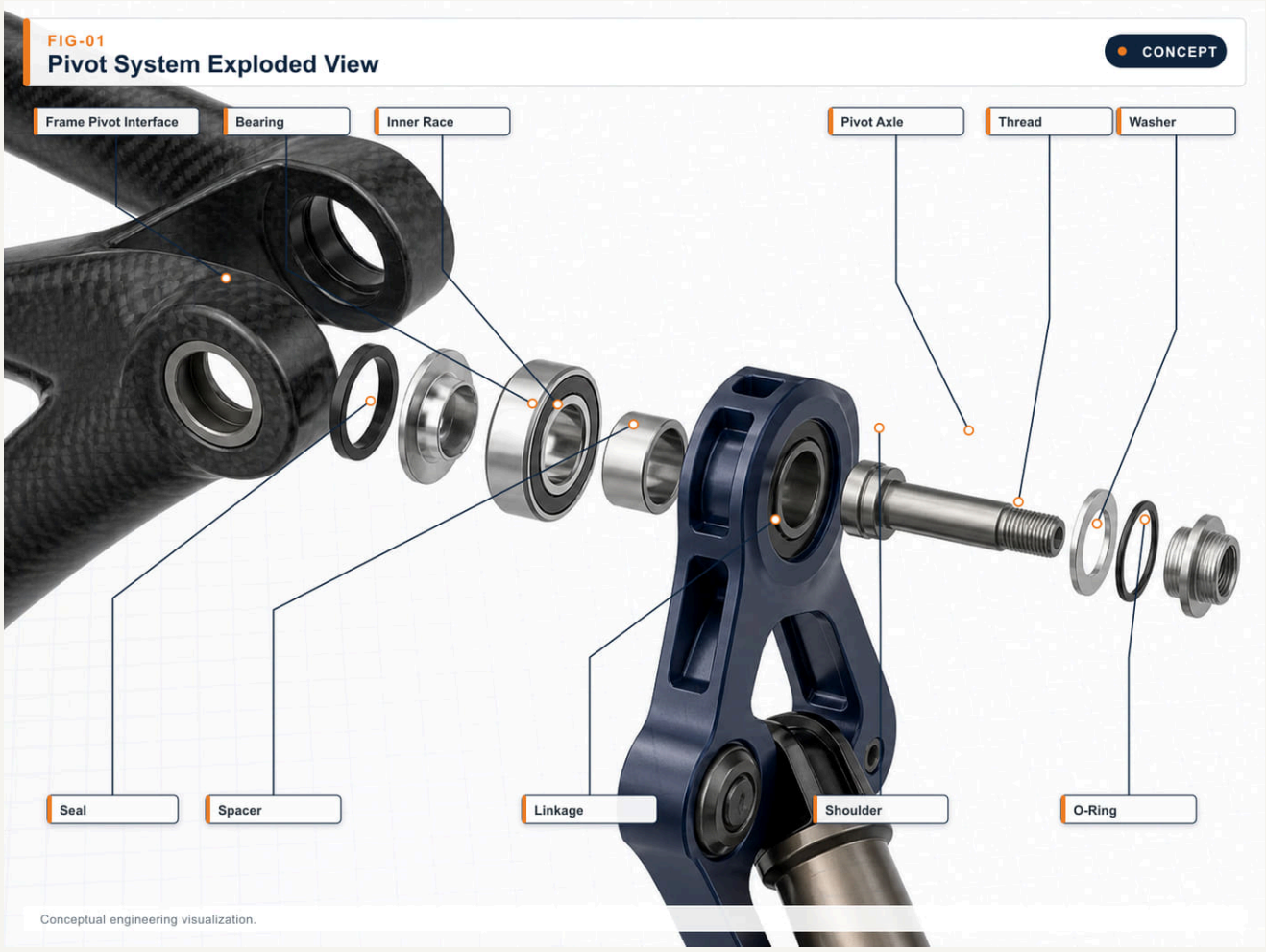
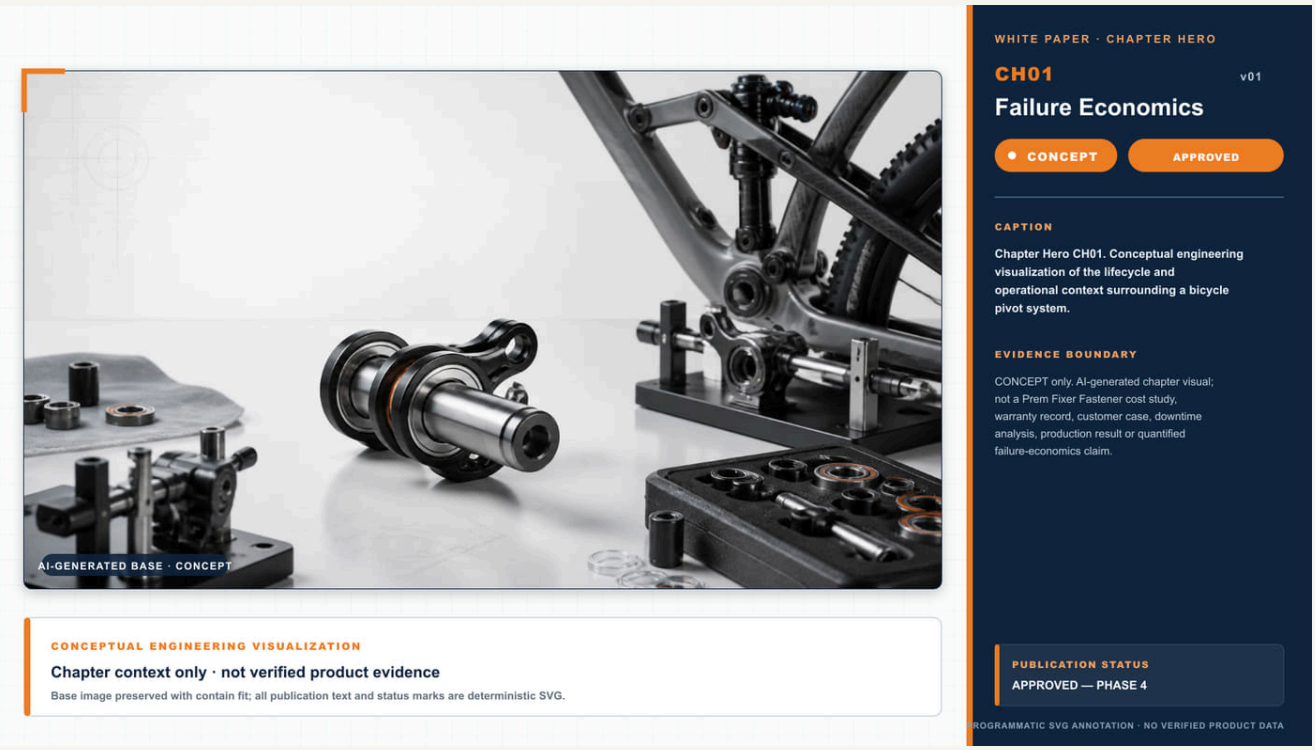


FIG-01 · Figura de ingeniería — Figura FIG-01. Arquitectura explosionada del sistema de pivote. Visualización conceptual de ingeniería; no es una BOM liberada ni una configuración de producto verificada de PremFixer Fasteners. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Capítulo 1: valor del sistema de pivote y costes de fallo en toda la cadena de valor

1. Valor a nivel de sistema y economía de fallos



CH01 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH01. Visualización conceptual de ingeniería del ciclo de vida y el contexto operativo de un sistema de pivote de bicicleta. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

1.1 Cuatro tipos de cliente no compran el mismo valor

1.1.1 Fabricante de cuadros: estabilidad de la interfaz estructural

El fabricante de cuadros se centra primero en:

- el ajuste funcional entre el alojamiento del pivote y el eje/vástago;
- el apilamiento de tolerancias de rodamiento, separador y bieleta;
- la aparición de cargas radiales o axiales anómalas durante la instalación;
- el riesgo de daño en interfaces locales de carbono/aluminio;
- el cumplimiento de las dimensiones funcionales después del recubrimiento;
- la estabilidad de la interfaz de pivote tras el ensayo de fatiga del cuadro.

Por tanto, desde el punto de vista del fabricante de cuadros:

> **El verdadero valor del hardware de pivote consiste en reducir la probabilidad de que una pieza pequeña convierta un cuadro costoso en chatarra.**

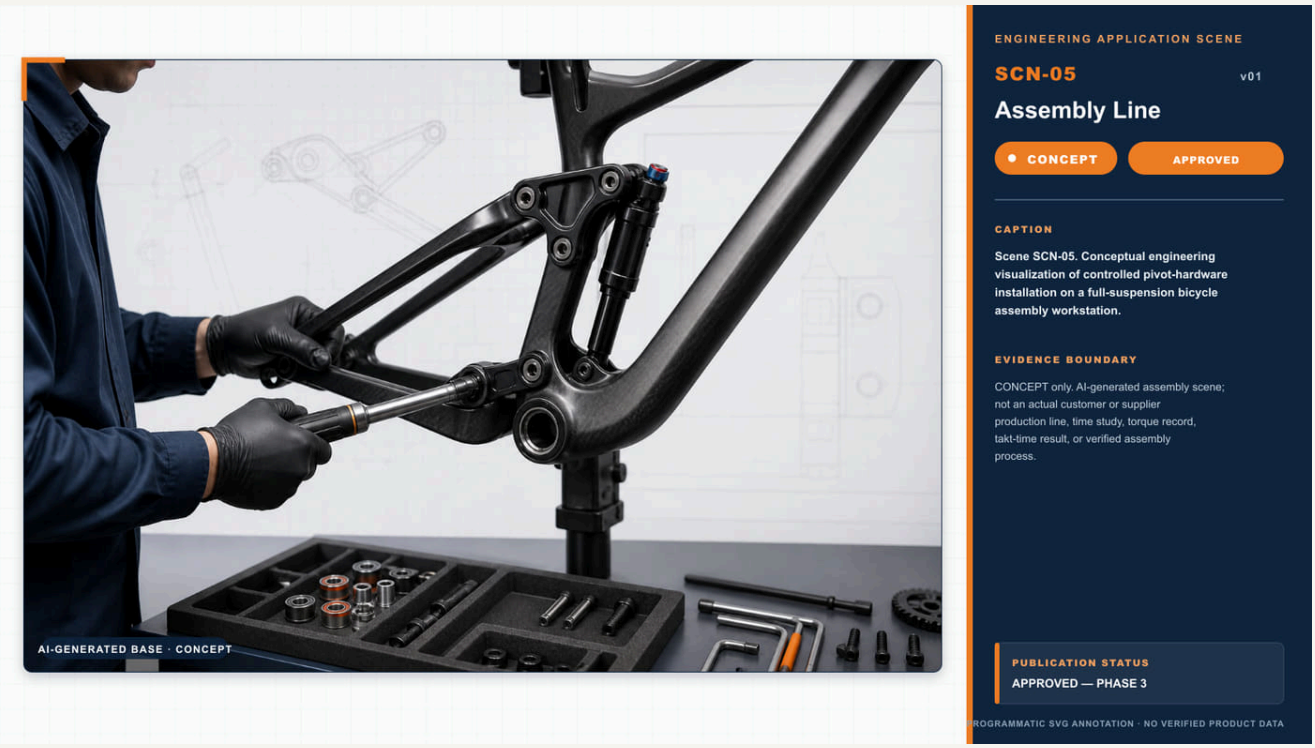
1.1.2 Planta de montaje: ritmo y uniformidad del montaje

La planta de montaje presta atención a:

- el acoplamiento estable de la interfaz de accionamiento;
- la facilidad de autocentrado de la herramienta;
- el roscado suave;
- la necesidad de dosificar, aplicar y limpiar adhesivo manualmente;
- la posibilidad de confundir números de pieza;
- la estabilidad del par;
- la mejora del rendimiento a la primera.

El fijador de roscas preaplicado es una ruta industrial de montaje madura. La documentación técnica pública de Henkel indica que los recubrimientos preaplicados secos al tacto pueden utilizarse para el montaje de pernos en grandes volúmenes con el fin de eliminar la aplicación adicional de fijador líquido en la línea.[R13][R14]

Esto respalda la dirección técnica de que el bloqueo preaplicado puede mejorar la normalización del montaje, pero **no demuestra automáticamente un ahorro fijo de 1,5–2 minutos en una línea concreta de bicicletas**. El beneficio de ritmo debe obtenerse mediante un estudio de tiempos real.



SCN-05 · Escena de aplicación — Escena SCN-05. Visualización conceptual de ingeniería de la instalación controlada de hardware de pivote en un puesto de montaje de bicicletas de doble suspensión. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

1.1.3 Marca MTB / E-MTB: fiabilidad y experiencia de marca

Las marcas de gama alta se centran en:

- suavidad del movimiento de la suspensión;
- ausencia de crujidos o clics anómalos;
- posible autoaflojamiento del hardware;
- fiabilidad con lluvia, barro, sudor y sal;
- facilidad de mantenimiento;
- disponibilidad a largo plazo de repuestos;
- trazabilidad de los fallos de campo.

La documentación pública de mantenimiento de Santa Cruz considera el eje de pivote y el rodamiento elementos críticos que deben inspeccionarse, limpiarse, lubricarse y sustituirse periódicamente cuando sea necesario, y señala que los entornos húmedos, arenosos o polvorientos requieren inspecciones más frecuentes.[R9] Specialized también incluye los rodamientos de pivote de la suspensión de algunos modelos actuales de doble suspensión en una política de asistencia de sustitución a largo plazo para el propietario original.[R10]

Estas prácticas públicas muestran que:

> **El sistema de pivote es un objeto de servicio durante todo el ciclo de vida, no una pieza que pueda «olvidarse para siempre» después del montaje.**

1.1.4 Fabricante de componentes/bieletas: velocidad de desarrollo y coordinación de interfaces

Para un fabricante de bieletas o componentes, la complejidad procede de:

- ejes de diferentes longitudes
- diferentes resaltos
- separadores
- arandelas
- rodamientos
- retenes
- insertos roscados
- piezas izquierdas y derechas
- diferentes colores y recubrimientos

Cuando estas piezas se gestionan mediante proveedores distintos, el coste real no solo procede del precio unitario, sino también de:

- coordinación de revisiones de planos
- comunicación con proveedores
- inspección de entrada
- MOQ
- inventario
- embalaje
- riesgo de piezas faltantes

Por ello, la lógica de suministro del hardware de pivote puede evolucionar desde la compra de piezas individuales a:

> **Un sistema de pivote / una BOM controlada / una cadena de trazabilidad**

1.2 Los fallos suelen presentar un «efecto amplificador de costes»

Tras un problema en una pieza pequeña de bajo valor, la cadena de costes puede ser:

Defecto de pieza
→ Retrabajo
→ Parada de línea
→ Cuarentena de la bicicleta
→ Diagnóstico del distribuidor
→ Hardware de sustitución
→ Transporte internacional
→ Comunicación con el cliente
→ Garantía
→ Reputación de marca

Por tanto, el coste total de propiedad no debe contabilizar únicamente el precio de compra de las piezas.

$$
\begin{aligned}
TCO = \\
C_{part} \\
+C_{assembly} \\
+C_{inspection} \\
+C_{inventory} \\
+C_{rework} \\
+C_{downtime} \\
+C_{warranty} \\
+C_{dealer} \\
+C_{logistics} \\
+C_{reputation}
\end{aligned}
$$

Aunque C_{reputation} es difícil de cuantificar con precisión, representa un coste a largo plazo que las marcas de gama alta desean evitar especialmente.

1.3 Tratamiento de evidencias de la afirmación «los pivotes representan el 30–35 % de las garantías de cuadro»

V1.0 planteó una proporción macroscópica del 30–35 %. Tras la primera ronda de búsqueda de literatura pública para V2.0, **no se ha encontrado una base estadística mundial de marcas MTB, auditable y públicamente verificable, que respalde esta proporción fija**.

Por ello, la versión formal V2.0 deja de presentar esa proporción como un hecho del sector.

Se recomienda que cada marca establezca su propio:

Pareto de garantías de pivote

Campos:

- Modelo
- Año del modelo
- Posición del pivote
- Modo de fallo
- PN del hardware
- PN del rodamiento
- Kilometraje / tiempo de uso
- Entorno
- Mano de obra del distribuidor
- Coste de sustitución
- Transporte
- Causa raíz
- Acción correctiva

Solo los datos reales de campo / garantía pueden elevarse a E5.

Cuadro de evidencias de este capítulo

Evidencia externa

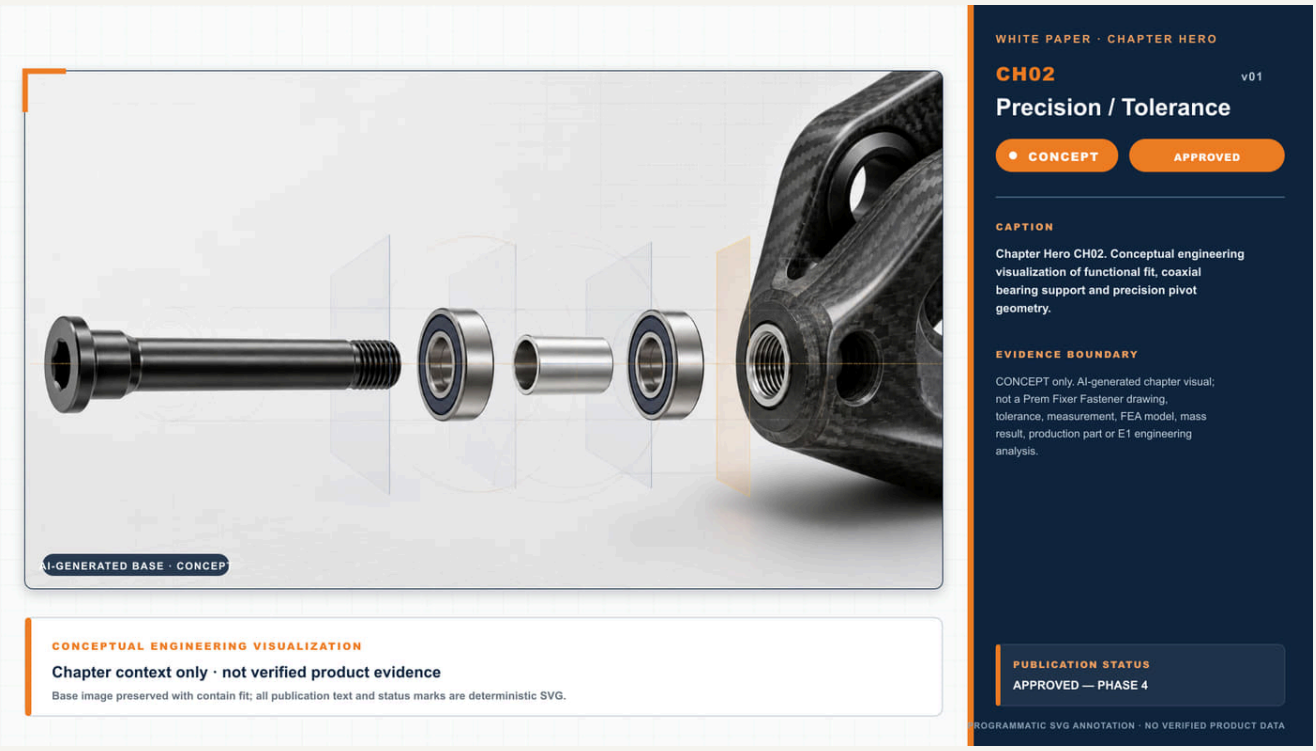
- práctica de mantenimiento del OEM: X3
- política de garantía: X3
- práctica industrial de bloqueo preaplicado: X3

Puerta de verificación de PremFixer Fasteners

- porcentaje de garantía: E0 / ELIMINAR estadística fija
- reducción del tiempo de montaje: E0 / estudio de tiempos requerido
- ahorro de TCO: E0-E1 / modelo del cliente requerido

Capítulo 2: integridad estructural, tolerancias, ruta de carga y aligeramiento

2. Integridad estructural, ingeniería de tolerancias y aligeramiento



CH02 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH02. Visualización conceptual de ingeniería del ajuste funcional, el soporte coaxial de rodamientos y la geometría de precisión del pivote. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

2.1 El vástago no es una «dimensión de barra lisa», sino un ajuste funcional

El vástago de un eje de pivote o de un tornillo con resalto suele desempeñar:

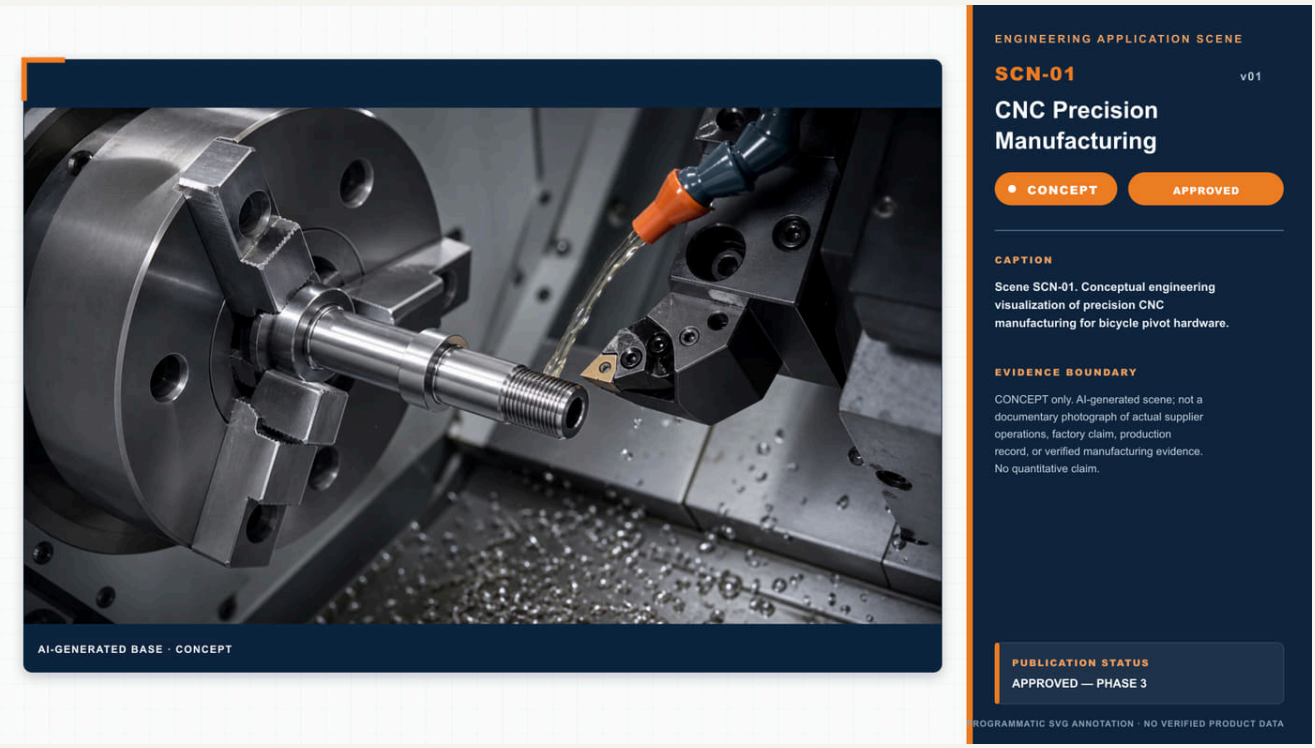
- posicionamiento
- soporte del aro interior del rodamiento
- transmisión de carga cortante
- conservación de la coaxialidad
- guiado durante montaje y desmontaje

Por tanto, se parece más a una pieza de eje de precisión que a un perno estándar ordinario.

La documentación de ingeniería de rodamientos de SKF identifica el pequeño movimiento relativo entre eje/alojamiento y aro del rodamiento como un mecanismo importante de corrosión por fretting, y señala que el ajuste inadecuado, la flexión del eje y los defectos superficiales favorecen este daño.[R5][R6]

Esto demuestra:

> **La tolerancia del vástago no puede analizarse de forma independiente del diámetro interior del rodamiento, el separador, la fuerza de sujeción, el acabado superficial y el recubrimiento.**



SCN-01 · Escena de aplicación — Escena SCN-01. Visualización conceptual de ingeniería de la fabricación CNC de precisión de hardware de pivote para bicicletas. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

2.2 ±0,008 mm no puede considerarse «norma del sector para todos los pivotes»

Algunas interfaces críticas pueden requerir tolerancias estrechas, pero «±0,008 mm» solo tiene sentido si se definen todas las condiciones siguientes:

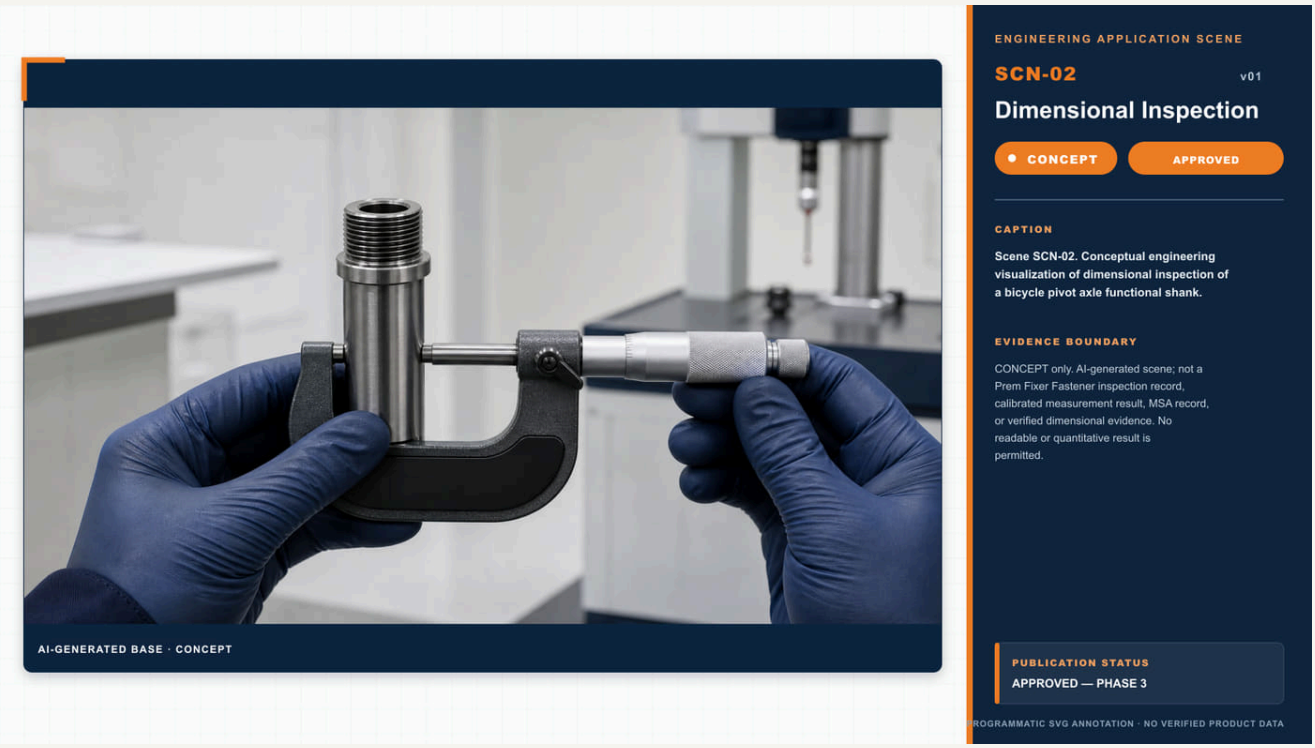
1. Diámetro nominal
2. Especificación del rodamiento o casquillo
3. Tolerancia de la pieza conjugada
4. Espesor del recubrimiento
5. Estado final de medición
6. Temperatura
7. Capacidad del sistema de medición
8. Requisito de montaje / servicio

Por ello, V2.0 recomienda esta formulación:

> [PF-VERIFY] **Para la característica crítica del vástago funcional de una Hero SKU seleccionada, usar como referencia la tolerancia definida en el plano del cliente y verificar la capacidad real de producción en serie mediante MSA + datos dimensionales con n≥30 + Cpk.**

No:

> «Todos los pernos de pivote cumplen estrictamente ±0,008 mm».



SCN-02 · Escena de aplicación — Escena SCN-02. Visualización conceptual de ingeniería de la inspección dimensional del vástago funcional de un eje de pivote de bicicleta. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

2.3 Apilamiento de tolerancias: la conformidad local no garantiza la conformidad del sistema

La función axial o radial de un sistema de pivote suele estar determinada conjuntamente por varias dimensiones.

Expresión simplificada:

$$T_{system}=f(T_{shank},T_{bearing},T_{spacer},T_{frame},T_{coating},T_{assembly})$$

Debe considerarse simultáneamente:

- apilamiento en el peor caso
- apilamiento estadístico
- acumulación de recubrimiento
- juego interno del rodamiento
- paralelismo del separador
- anchura de la bieleta
- espesor de la arandela
- longitud del resalto

Si el separador es demasiado corto, el par de montaje puede convertirse en una carga axial sobre el rodamiento.
Si el resalto es demasiado largo, la unión puede no generar la sujeción prevista.

La pregunta correcta no es:

> «¿Es conforme la dimensión de cada pieza?»

Sino:

> **«¿Se cierra correctamente la ruta de carga después del montaje?»**

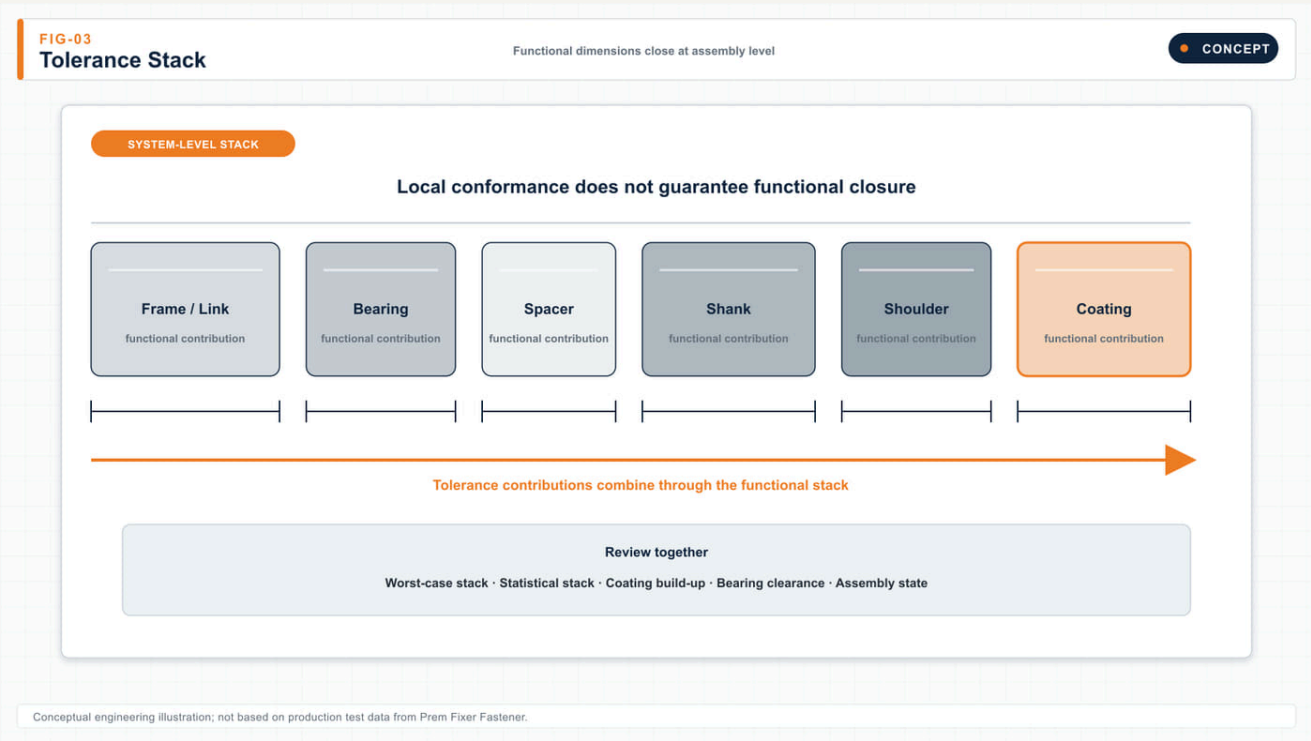


FIG-03 · Figura de ingeniería — Figura FIG-03. Contribuciones al apilamiento de tolerancias a nivel de sistema del cuadro/bieleta, rodamiento, separador, vástago, resalto y recubrimiento. Ilustración conceptual de ingeniería; no se muestran dimensiones de producción. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

2.4 La acumulación de recubrimiento debe formar parte del diseño dimensional

Los sistemas superficiales como anodizado, anodizado duro, electrodeposición, Zn-Ni, laminillas de zinc y PVD afectan a:

- dimensiones finales
- rugosidad superficial
- ajuste de rosca
- fricción
- fuerza de sujeción
- par de desmontaje

Por tanto, el proceso de diseño debe ser:

Dimensión funcional final
→ Ventana de espesor del recubrimiento
→ Objetivo de mecanizado
→ Recubrimiento
→ Inspección final

Y no:

Mecanizar a dimensión final
→ recubrir
→ esperar que todavía encaje

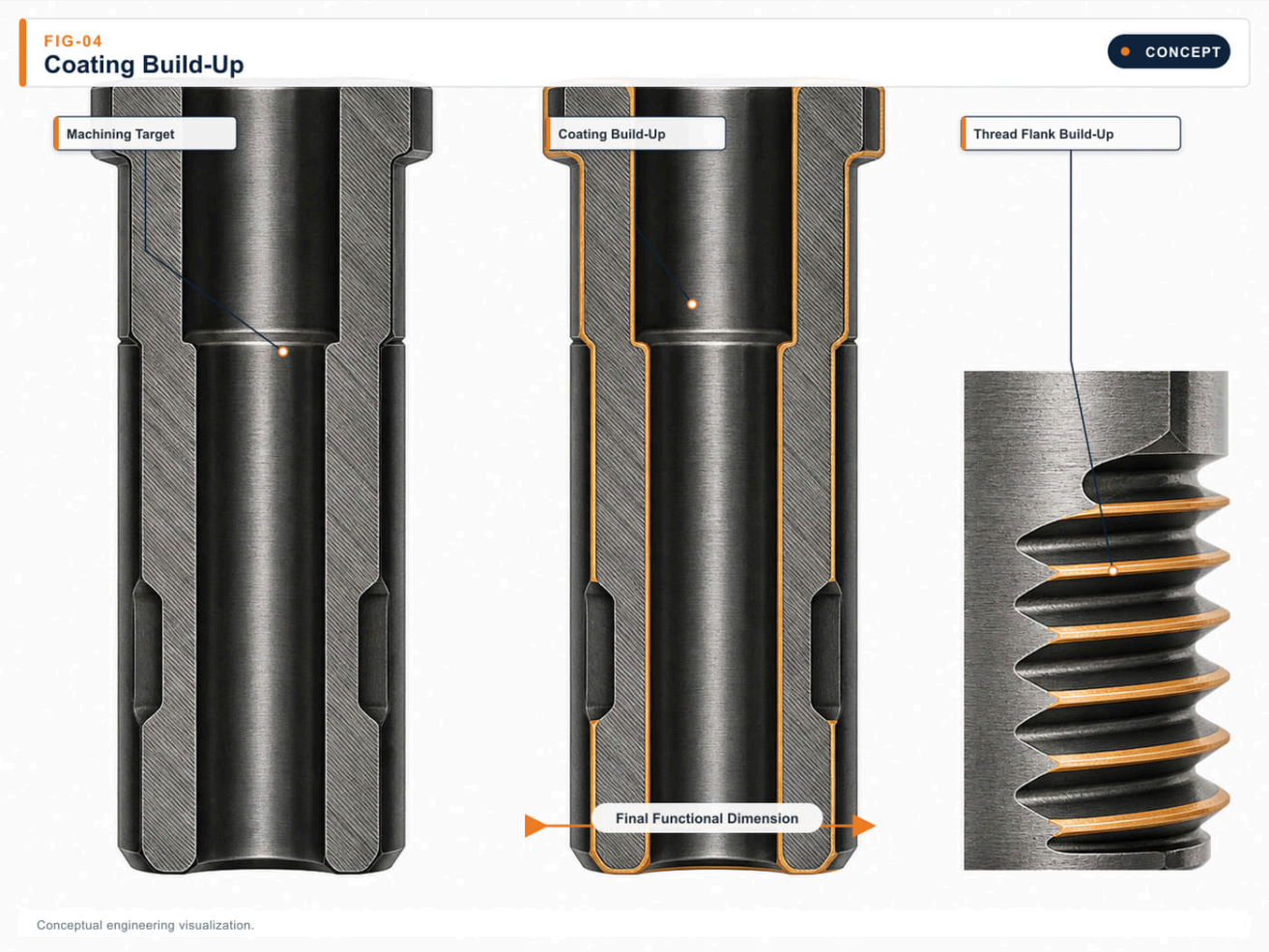


FIG-04 · Figura de ingeniería — Figura FIG-04. Acumulación de recubrimiento y dimensión funcional final. Visualización conceptual de ingeniería; no implica ningún espesor de recubrimiento ni capacidad de producción. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

2.5 GD&T: no deben ignorarse la coaxialidad ni la geometría de las superficies de apoyo

La investigación sobre uniones atornilladas muestra que las superficies de apoyo no paralelas afectan al proceso de apriete y al comportamiento de la precarga.[R4]

Para el hardware de pivote se recomienda revisar:

- eje del vástago funcional
- cara de asiento de la cabeza
- cara del resalto
- eje de la rosca
- caras del separador
- asiento de la bieleta

Las CTQ críticas pueden incluir:

- perpendicularidad
- excentricidad

- posición
- planitud
- paralelismo

El objetivo no es «complicar el plano», sino convertir las relaciones geométricas que realmente afectan a la ruta de carga en un lenguaje de ingeniería mensurable.

2.6 Ruta de carga y FEA: más allá del mapa de tensiones máximas

Un FEA válido del pivote debe especificar:

- geometría del cuadro / bieleta
- definición de contactos
- representación de los rodamientos
- pretensado del perno
- fricción
- condiciones de contorno
- dirección de la carga
- casos de impacto / frenado / pedaleo
- material
- convergencia de malla
- tensión local en radios
- riesgo en la salida de rosca

Un estudio de 2022 sobre un cuadro de bicicleta de descenso de doble suspensión analizó cargas simétricas/asimétricas, puntos de fallo y mejoras estructurales, lo que demuestra que las cargas reales de un cuadro no pueden resumirse mediante una única condición estática idealizada.[R7]

Por ello, V2.0 deja de describir «15 kN» como una carga estándar general para pivotes.

Formulación correcta:

> [MODEL] **Bajo las condiciones de carga equivalentes definidas por el cliente, comparar tensión, desplazamiento y margen de seguridad entre la estructura de referencia y la optimizada; la vida final del sistema seguirá requiriendo confirmación mediante validación a nivel de unión / cuadro.**

2.7 Radio, salida de rosca y concentración de tensiones

Las zonas habituales de alto riesgo en el hardware de pivote incluyen:

- transición entre cabeza y vástago
- escalón del resalto
- terminación del taladro hueco

- salida de rosca
- sección pequeña cerca de la geometría de accionamiento

Medidas de optimización:

- radio de acuerdo razonable
- evitar escalones abruptos
- desplazar el plano principal de cortadura fuera de la zona roscada
- optimizar la terminación hueca
- controlar las marcas de mecanizado

Cualquier cifra como «reducción de tensión del 22 %» debe vincularse a:

- geometría de referencia
- geometría optimizada
- carga
- malla
- material
- informe FEA

De lo contrario, solo se mantiene como [TARGET].

2.8 Laminado de roscas y fatiga: base científica sin extrapolación excesiva

Un estudio de 2025 comparó roscas cortadas, laminadas y bruñidas profundamente en probetas M12 de 42CrMo4+QT. Bajo sus condiciones de ensayo específicas, informó de mayor resistencia a la fatiga de las roscas laminadas y relacionó el resultado con el estado de tensiones residuales, superficie y dureza.[R3]

Este resultado público respalda que:

> **La ruta de fabricación de la rosca puede influir significativamente en el rendimiento a fatiga.**

Pero no permite afirmar directamente:

> «La rosca laminada de PremFixer Fasteners mejora la fatiga en XX %».

Para establecer esta afirmación, PremFixer Fasteners debe completar:

- material exacto
- tratamiento térmico
- geometría exacta de la rosca
- probetas de rosca cortada frente a laminada
- superficie / tensiones residuales, si es posible

- ensayo de fatiga
- ubicación del fallo

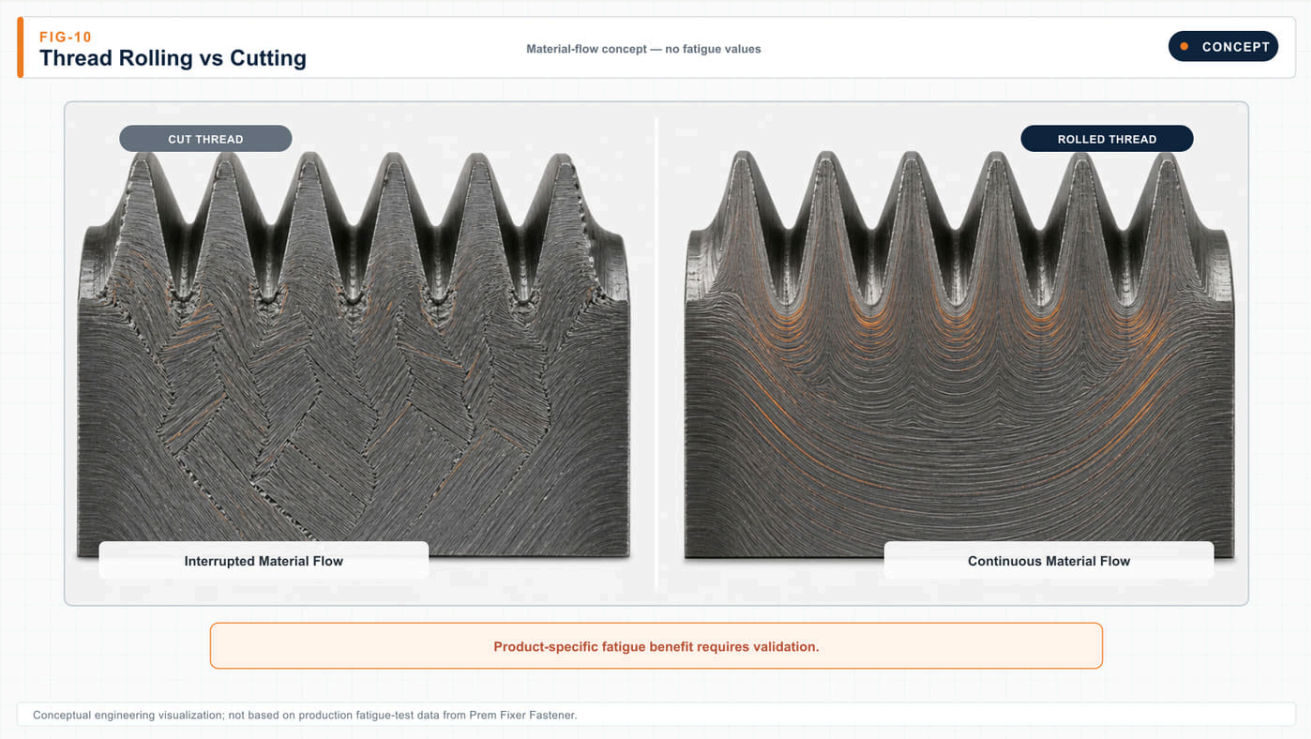


FIG-10 · Figura de ingeniería — Figura FIG-10. Comparación conceptual del flujo de material interrumpido en una rosca cortada y continuo en una rosca laminada. El beneficio específico de fatiga del producto requiere validación. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

2.9 Economía del peso: aligerar no es simplemente «vaciar»

El valor del aligeramiento procede de:

- competencia por el peso total de la bicicleta
- ficha de especificaciones
- diferenciación de modelos de gama alta
- relato de marketing
- percepción del ciclista
- integración de componentes

Pero el límite de ingeniería es:

$$\text{Minimum Mass}$$
$$\quad \text{subject to} \quad$$
$$\text{Strength, Fatigue, Clamp, Service, Corrosion Constraints}$$

Un diseño con taladro hueco debe comprobar:

- espesor de pared restante

- cortadura
- tracción
- fatiga
- pandeo/estabilidad local
- capacidad de par de la interfaz de accionamiento
- variación de fabricación
- reserva de corrosión

Corrección del ejemplo matemático

Si la BOM de pivotes de referencia pesa 180 g y la optimizada 95 g:

$$\frac{180-95}{180}=47.2\%$$

Por tanto, no puede describirse como «reducción de peso del 35 %».

Para afirmar un 35 %:

$$180\times(1-0.35)=117g$$

V2.0 exige que todos los porcentajes públicos pasen una doble revisión matemática y de evidencias.

Cuadro de evidencias de este capítulo

Externas

- mecanismo de fretting del rodamiento: [R5][R6]
- influencia de superficies de apoyo no paralelas: [R4]
- investigación de cargas en cuadros de doble suspensión: [R7]
- investigación de fabricación de roscas y fatiga: [R3]

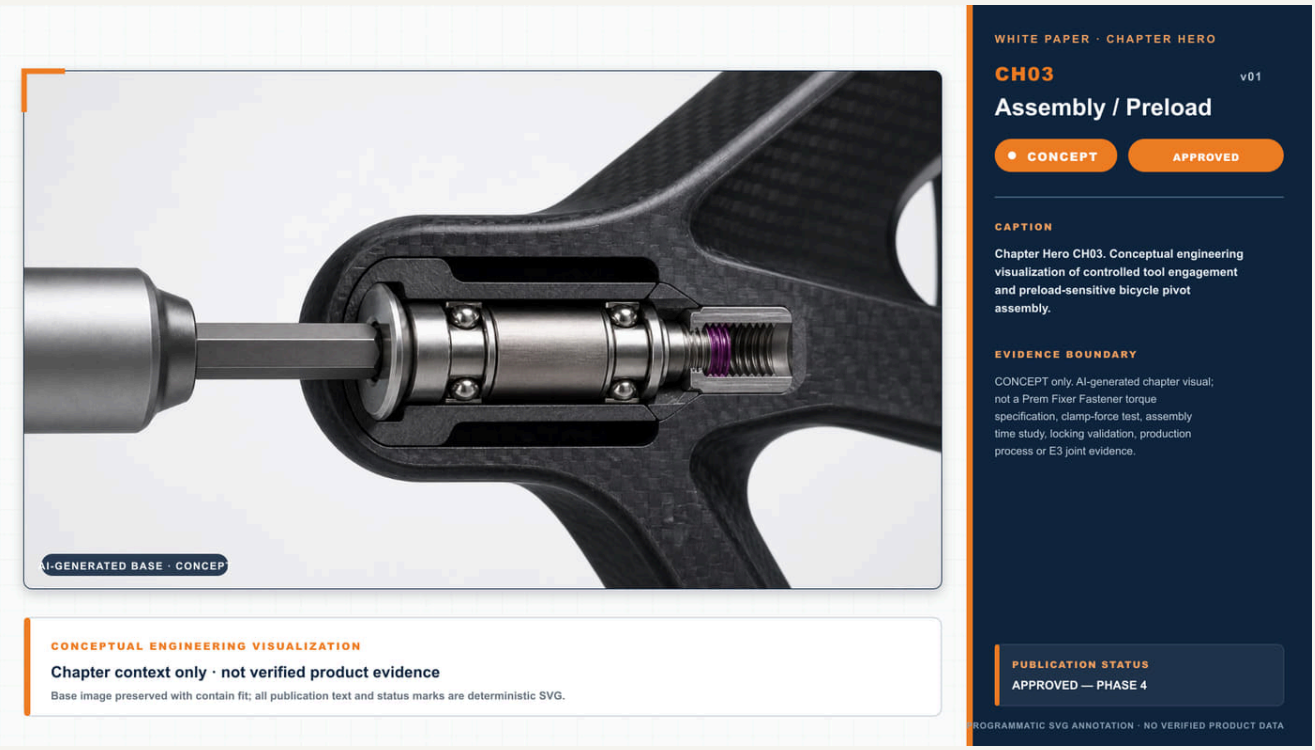
PremFixer Fasteners

- capacidad del vástago: PF-PIVOT-C02-001 / E0 → MSA + Cpk
- acumulación de recubrimiento: C02-003 / E0 → medición pareada
- mejora cuantitativa de FEA: C02-006 / E0-E1
- reducción de peso: C02-007/008 / E0 → peso real de la BOM
- beneficio de fatiga del laminado: C08-007 / E0 → datos propios de fatiga

---

Capítulo 3: eficiencia de montaje, par–fuerza de sujeción y prevención dinámica del aflojamiento

3. Eficiencia de montaje, control de precarga y prevención del aflojamiento



CH03 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH03. Visualización conceptual de ingeniería del acoplamiento controlado de herramientas y del montaje sensible a la precarga de un pivote de bicicleta. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

3.1 Realidad de ingeniería: el par es solo una entrada del proceso

En una unión roscada, la función principal del par de instalación es establecer la fuerza de sujeción.

La relación simplificada puede expresarse como:

$$T=KFd$$

Donde:

- T: par
- F: fuerza de sujeción / precarga
- d: diámetro nominal
- K: influencia combinada de la fricción

Sin embargo, K no es una constante fija del material.

Está influido por:

- fricción de la rosca
- fricción bajo la cabeza / superficie de apoyo
- recubrimiento
- lubricante
- fijador de roscas
- rugosidad superficial
- apriete repetido
- material conjugado
- velocidad de instalación

La investigación de Croccolo et al. sobre la relación par–precarga subraya la importancia del coeficiente de fricción para establecer la precarga.[R2] ISO 16047 proporciona un marco de ensayo normalizado para ensayos de par/fuerza de sujeción de elementos de fijación roscados.[R17]

Por tanto:

> **«10 N·m» no es el rendimiento de una unión; en esencia es una instrucción de proceso afectada por la fricción.**

3.2 Ventana óptima de sujeción

Sujeción insuficiente

Puede provocar:

- microdeslizamiento de la unión
- autoaflojamiento
- fretting
- crujidos
- movimiento del aro del rodamiento
- desgaste del alojamiento

Sujeción excesiva

Puede provocar:

- arrastre del rodamiento
- compresión del separador
- sobrecarga local de carbono/inserto
- arrancamiento de rosca
- fluencia del elemento de fijación

- desmontaje difícil

Objetivo

Lo que realmente debe establecerse es:

> **Par → distribución de fuerza de sujeción → ventana funcional de la unión**

No perseguir «cuanto mayor sea el par, más seguro será».

La investigación pública muestra que la precarga insuficiente y la excesiva corresponden a diferentes límites de riesgo de aflojamiento, sobrecarga y fatiga.[R1]

FIG-05 · Figura de ingeniería — Figura FIG-05. Ventana conceptual de ingeniería par–fuerza de sujeción. Solo representa la relación; no presenta ninguna serie medida, valor de par ni resultado de fuerza de sujeción. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

3.3 Los cambios de recubrimiento o lubricación deben activar una nueva validación del par

Si la cadena de suministro cambia:

- Zn → Zn-Ni
- seco → lubricado
- sin parche → parche preaplicado
- titanio seco → antiagarrotamiento

- superficie de arandela modificada
- inserto hembra diferente

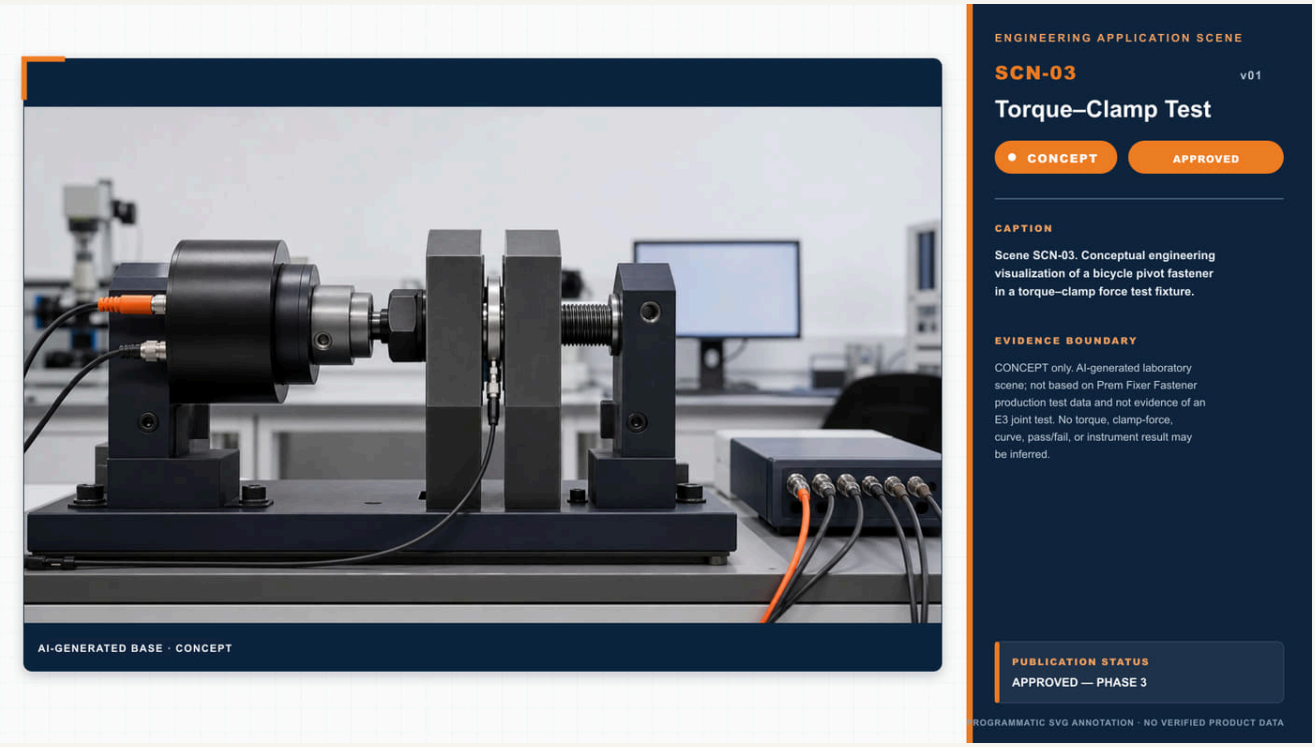
el par anterior no debe mantenerse automáticamente.

V2.0 recomienda establecer:

Ensayo de liberación par–fuerza de sujeción

Como mínimo debe informar:

- fuerza media de sujeción
- mínimo / máximo
- dispersión
- curva de par
- par de desmontaje
- modo de fallo



SCN-03 · Escena de aplicación — Escena SCN-03. Visualización conceptual de ingeniería de un elemento de fijación de pivote de bicicleta en un dispositivo de ensayo de par–fuerza de sujeción. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

3.4 Geometría de accionamiento: interfaz de montaje, no estética

El rendimiento de un accionamiento interno de seis lóbulos / hexagonal depende de:

- profundidad
- conicidad

- geometría de las esquinas
- concentricidad
- rebabas
- dureza
- acoplamiento de la herramienta

Validación recomendada:

Par de accionamiento hasta el fallo

Comparar:

- punta de herramienta nueva
- punta desgastada
- par nominal
- margen de sobrepar
- pequeña desalineación

Una «tasa de barrido ≤0,05 %» no puede ser una afirmación fija sin fuente.

Para conservarla:

> [PF-VERIFY] **Demostrarla con datos PPM reales de montaje.**

3.5 Fijador de roscas preaplicado: de producto químico a interfaz de proceso

La documentación pública de Henkel muestra que el fijador de roscas preaplicado seco al tacto puede aplicarse antes de que el perno entre en la línea, reduciendo pasos adicionales de aplicación; algunos productos microencapsulados liberan componentes activos mediante la acción mecánica del montaje.[R13][R14]

Su valor puede dividirse en:

Valor de proceso

- menos acciones de manipulación de líquido
- cantidad de adhesivo normalizada
- menos omisiones
- menor contaminación por exceso de adhesivo
- mejor adecuación a la automatización

Valor de la unión

- comportamiento de bloqueo
- cierto sellado
- modificación del estado de fricción

Por tanto, el preaplicado no es simplemente:

> «Poner una capa de adhesivo azul para el cliente».

Sino:

> **Un proceso controlado que debe incorporarse a las reglas de par–fuerza de sujeción, vida en almacén, longitud de aplicación y reutilización.**

3.6 «Ahorrar 1,5–2 minutos por bicicleta» debe decidirse mediante un estudio de tiempos

La documentación técnica pública puede demostrar que:

> El preaplicado puede eliminar una operación independiente de aplicación de adhesivo en la línea.[R13]

Pero el ahorro real de ritmo depende de:

- cuántos elementos deben tratarse por bicicleta
- disposición de la línea
- ubicación de botella / dosificador
- movimiento del operario
- inspección
- limpieza
- retrabajo

Por tanto, la declaración formal de V2.0 es:

> [PF-VERIFY] **PremFixer Fasteners establecerá el beneficio real de ritmo mediante un estudio comparativo en el mismo puesto entre líquido manual y preaplicado.**

3.7 Carga transversal y autoaflojamiento dinámico

La investigación sobre el autoaflojamiento de elementos roscados estudia desde hace tiempo la carga cíclica transversal. El trabajo experimental de Yang et al. indica que la precarga es una variable importante para el aflojamiento y la fatiga y que existe una relación relevante entre carga transversal y fallo por aflojamiento.[R1]

El alcance formal de ISO 16130:2015 es el ensayo dinámico del comportamiento de bloqueo bajo carga transversal para la serie aeroespacial, principalmente con fines de desarrollo.[R18]

Por ello, el uso correcto en V2.0 es:

> **Tomar como referencia su concepto de ensayo comparativo de vibración transversal y establecer para el proyecto de bicicleta su propio dispositivo, desplazamiento, frecuencia, sujeción inicial y criterios de aceptación.**

No:

> «El perno de pivote de bicicleta está certificado según ISO 16130».

3.8 3000 ciclos / ≤5 % dejan de ser una conclusión fija del sector

Si en el futuro PremFixer Fasteners elige como objetivos internos:

- 3000 ciclos
- sujeción residual ≥95 %

puede hacerlo, pero deben vincularse a:

- elemento de fijación
- unión
- sujeción inicial
- desplazamiento
- frecuencia
- recubrimiento
- fijador de roscas
- dispositivo
- tamaño de muestra

El formato final de publicación debe ser:

> «Bajo las condiciones definidas de ensayo de vibración transversal, la variante B conservó X % de la fuerza de sujeción inicial después de N ciclos, frente a Y % de la variante A de referencia».

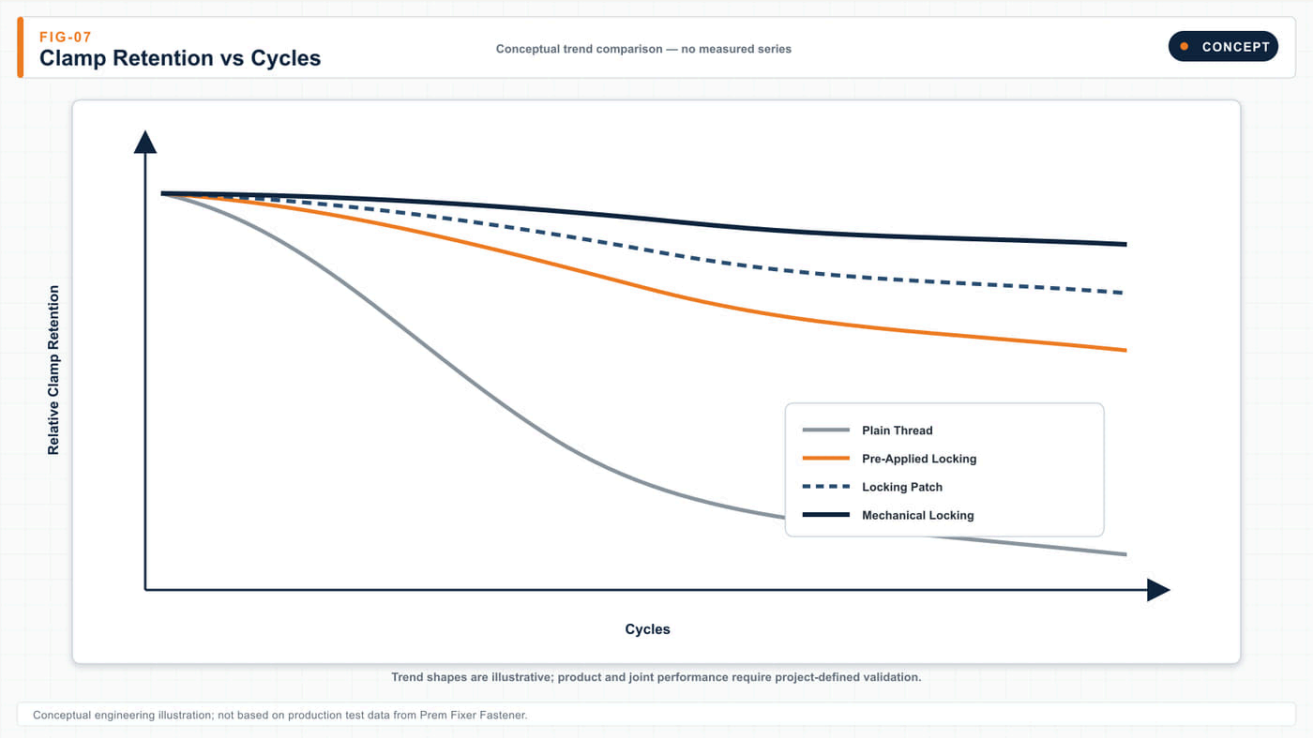


FIG-07 · Figura de ingeniería — Figura FIG-07. Comparación conceptual de tendencias de retención de sujeción. Las curvas son ilustrativas y no contienen ciclos medidos, resultados de retención ni afirmaciones de producto. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

3.9 Montaje y desmontaje repetidos: el primer par no representa el octavo

La investigación pública sobre apriete repetido muestra que el coeficiente de fricción cambia durante montajes sucesivos.[R15]

Por tanto, «admite 5–8 desmontajes y montajes» debe definir:

- tecnología de bloqueo
- número de ciclos
- par de instalación
- par de rotura
- par predominante
- estado de la rosca
- desgaste del recubrimiento
- aceptación funcional

Para MTB con mantenimiento frecuente se recomienda establecer como mínimo:

Comparación de los ciclos 1 / 3 / 5 / 8

El número final de ciclos debe decidirlo el requisito del proyecto, no un eslogan de marketing.

3.10 Práctica OEM: un mismo cuadro no utiliza «un adhesivo y un par»

El esquema público de hardware del Pivot Cycles Mach 429 SL V3 muestra que las distintas posiciones usan de forma diferenciada:

- grasa
- fijador de roscas
- grasa en el vástago + fijador en la rosca
- antiagarrotamiento
- compuesto de retención
- valores de par

Por ejemplo, en el esquema publicado, el hardware M8 de la bieleta superior / amortiguador y el hardware M14 de la bieleta inferior usan pares y tratamientos de interfaz diferentes.[R8]

Esta práctica del sector respalda una conclusión importante de V2.0:

> **La especificación de liberación de una unión debe definir conjuntamente el tratamiento del vástago, el tratamiento de la rosca y el par; no basta con un plano del perno.**

3.11 Hoja de especificación de montaje del pivote

Se recomienda emitir para cada proyecto de cliente:

```
Posición del pivote:
PN del elemento de fijación:
Revisión del plano:
Rodamiento:
Separador:
Rosca hembra:
Material del elemento de fijación:
Recubrimiento:
Lubricación del vástago:
Lubricación de la rosca:
Fijador de roscas:
Antiagarrotamiento:
Compuesto de retención:
Par de instalación:
Tolerancia del par:
Objetivo de sujeción:
Par de desmontaje:
Regla de reutilización:
Regla de sustitución:
```

Cuadro de evidencias de este capítulo

Externas

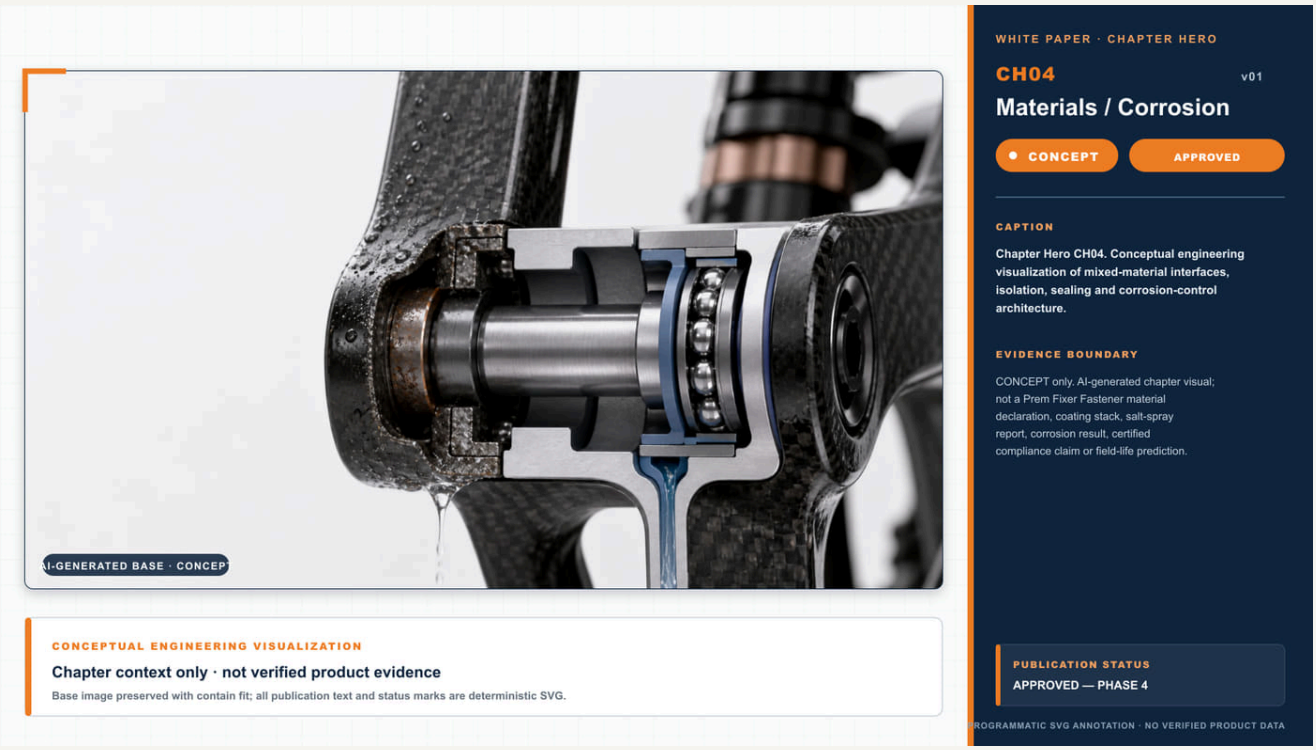
- precarga / aflojamiento: [R1]
- par/fricción: [R2][R17]
- apriete repetido: [R15]
- fijación de roscas preaplicada: [R13][R14]
- tratamiento de montaje OEM: [R8]
- alcance de ISO 16130: [R18]

PremFixer Fasteners

- par–fuerza de sujeción: C03-007 / E0 → T08
- ahorro de ritmo: C03-004 / E0 → estudio de tiempos
- vibración: C03-008 / E0 → T11
- ciclos de reutilización: C03-009 / E0 → T10
- tasa de defectos de accionamiento: C03-002 / E0 → PPM de producción

Capítulo 4: ciencia de materiales, ingeniería de superficies y corrosión

4. Materiales, ingeniería de superficies y protección anticorrosiva



CH04 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH04. Visualización conceptual de ingeniería de interfaces de materiales mixtos, aislamiento, sellado y arquitectura de control de corrosión. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

4.1 La selección de materiales no es una «clasificación de resistencia»

La selección del material del pivote debe ser:

f(
Strength,
Fatigue,
Density,
Corrosion,
Galling,
Coating,
Manufacturability,
Cost,

Serviceability)

Por tanto, no existe un material siempre óptimo para todos los tipos de bicicleta.

4.2 Aluminio 7075-T6: valor y límites del aligeramiento

Adecuado para:

- aplicaciones sensibles a la masa
- secciones relativamente grandes
- diseños de eje hueco
- montajes ligeros de gama alta

Debe prestarse atención a:

- acumulación del tratamiento superficial
- resistencia de la rosca
- fatiga
- presión local en el rodamiento
- corrosión en las interfaces
- daños de mantenimiento

La propuesta de valor correcta no es:

> «Aluminio aeroespacial, por tanto necesariamente seguro».

Sino:

> **Obtener la capacidad estructural requerida con menor densidad bajo condiciones geométricas y de validación definidas.**

4.3 Ti-6Al-4V / Grade 5: alta gama no significa ausencia de mantenimiento

El valor de una aleación de titanio incluye:

- alta resistencia específica
- resistencia a la corrosión
- posicionamiento como material de gama alta

Sin embargo, la investigación tribológica pública señala que el titanio es sensible a la fricción y al gripado y que la estrategia de lubricación influye significativamente en ambos comportamientos.[R12]

Por tanto:

> **«El titanio resiste la corrosión» no significa «las roscas de titanio deben montarse en seco».**

El diseño debe validar simultáneamente:

- lubricante / antiagarrotamiento
- recubrimiento
- material de la rosca hembra
- velocidad de instalación
- par–fuerza de sujeción
- par de desmontaje
- ciclos repetidos

4.4 Acero aleado: el riesgo más fácil de pasar por alto es la fragilización por hidrógeno

El acero de alta resistencia ofrece excelente resistencia y eficiencia de sección, pero durante la electrodeposición debe controlarse la fragilización por hidrógeno.

ISO 4042:2022 establece requisitos para elementos de fijación de acero electrodepositados e incluye expresamente requisitos y recomendaciones para reducir el riesgo de fragilización por hidrógeno. ISO 4042:2022/Amd 1:2026 se publicó en 2026.[R20][R21]

Además:

- ISO 15330 ofrece una ruta de ensayo de precarga relacionada con la detección de fragilización por hidrógeno.[R22]
- ISO/TR 20491 proporciona el marco fundamental de mecanismos de fragilización por hidrógeno en fijaciones de acero.[R23]

Por tanto, la liberación de un pivote de acero de alta resistencia no puede basarse solo en:

> Dureza + niebla salina.

También debe auditarse:

- grado de acero
- UTS / dureza
- limpieza / decapado
- ruta de electrodeposición
- tiempo hasta el horneado, cuando corresponda
- proceso de horneado, cuando corresponda
- controles del proveedor
- trazabilidad del lote
- método de detección / validación

4.5 Acero inoxidable: especificar grado y clase de propiedades

ISO 3506-1:2020 clasifica las propiedades mecánicas y físicas de pernos, tornillos y espárragos de acero inoxidable resistente a la corrosión.[R25]

Por tanto, no basta con escribir:

> «Perno de pivote de acero inoxidable»

Debe especificarse:

- grado exacto
- clase de propiedades
- rosca
- estado de trabajo en frío / térmico
- entorno corrosivo
- comportamiento frente al gripado

4.6 El recubrimiento es un sistema multiobjetivo, no solo un color

La ingeniería de superficies afecta simultáneamente al menos a:

- corrosión
- fricción
- desgaste
- apariencia
- dimensión
- ajuste de rosca
- par–fuerza de sujeción
- desmontaje
- conformidad química

Por ejemplo, ISO 4042 no solo trata la corrosión de los sistemas electrodepositados para fijaciones de acero, sino también las dimensiones, capa superior, lubricante y riesgo de fragilización por hidrógeno.[R20]

ISO 10683:2018 cubre los sistemas de recubrimiento de laminillas de zinc aplicados no electrolíticamente a fijaciones de acero.[R24]

4.7 Niebla salina: ensayo valioso, pero frecuentemente mal utilizado

La descripción pública de ISO 9227 es muy clara.

Los métodos de niebla salina pueden utilizarse para:

- comprobar el mantenimiento de la calidad protectora
- detectar defectos del recubrimiento

Pero:

- no deben usarse para clasificar simplemente la resistencia a la corrosión a largo plazo de materiales diferentes
- no deben usarse para predecir la vida real de corrosión a largo plazo.[R19]

Por ello debe eliminarse esta expresión:

> «200 horas de niebla salina = dos años de vida de uso».

4.8 Nueva evidencia de 2026 sobre niebla salina en pernos: ISO/TR 19852

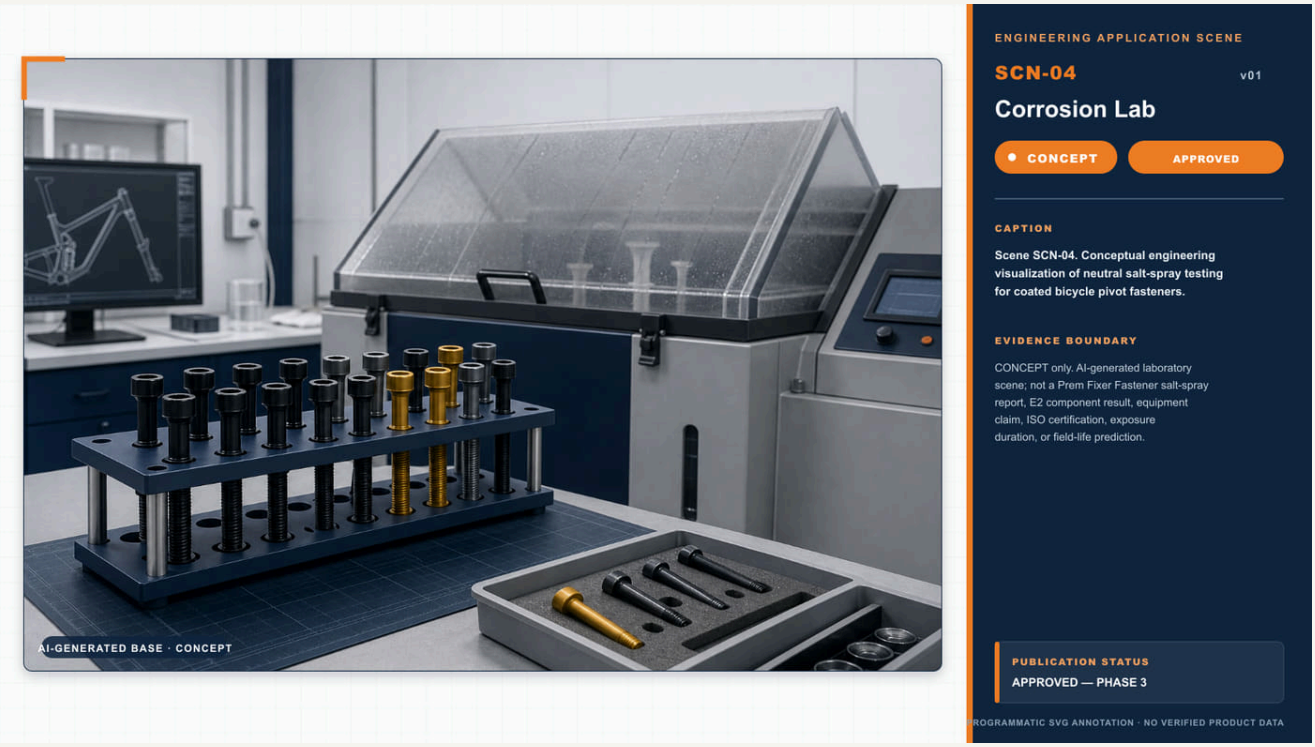
ISO/TR 19852:2026 realizó un estudio interlaboratorios de niebla salina neutra con pernos M6×50 recubiertos, registrando fenómenos como velo gris, óxido blanco y óxido rojo y centrándose en la reproducibilidad entre laboratorios.[R26]

Para este libro blanco significa:

> **El propio informe de niebla salina también necesita «evidencia de calidad del ensayo».**

Un futuro paquete de evidencias de niebla salina de PremFixer Fasteners debe registrar:

```
Laboratorio:
Cámara:
Material base:
Recubrimiento:
Pretratamiento:
Espesor:
Tipo de ensayo:
Temperatura:
Condiciones de pH / recogida:
Tamaño de muestra:
Orientación:
Intervalo de inspección:
Criterio de corrosión blanca:
Criterio de corrosión roja:
N.º de informe:
```



SCN-04 · Escena de aplicación — Escena SCN-04. Visualización conceptual de ingeniería del ensayo de niebla salina neutra de fijaciones de pivote de bicicleta recubiertas. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

4.9 Tratamiento negro tradicional frente a recubrimiento de alto rendimiento: sin horas incondicionales

V1.0 utilizaba:

> Tratamiento negro <24 h
> Recubrimiento de alta gama 96–200 h

V2.0 lo sustituye por:

> **Ensayar en paralelo una pila de recubrimiento concreta sobre el mismo sustrato, la misma geometría de probeta y el mismo método ISO 9227.**

Si en el futuro los resultados son:

- A = 24 h
- B = 192 h

la publicación debe decir:

> **«En este ensayo concreto…»**

No debe generalizar el resultado como propiedad de todos los óxidos negros o todos los PVD.

4.10 Corrosión cíclica: herramienta de desarrollo más próxima al entorno real

El entorno MTB no suele ser niebla salina constante, sino:

Mojado → barro → secado → lavado → sal → cambio de temperatura → vibración

Por ello, los proyectos de alta gama pueden considerar definir un ensayo ambiental cíclico.

El sistema ISO también contiene métodos de corrosión cíclica con fases de humedad, niebla salina, secado y ambiente húmedo para evaluar el rendimiento del recubrimiento en condiciones más complejas.[R27]

Sin embargo, el proyecto de bicicleta debe definir su ciclo específico de aplicación conforme a:

- región de uso
- sal invernal
- prácticas de lavado
- humedad
- exposición al barro

4.11 CFRP + aluminio: la corrosión galvánica debe formar parte del DFM del pivote

La investigación pública señala que CFRP y aluminio pueden formar un fuerte par galvánico en presencia de un electrolito, acelerando la corrosión del lado de aluminio.[R11]

Esto es muy importante para MTB de carbono de gama alta, porque una estructura habitual puede contener simultáneamente:

- cuadro de carbono
- bieleta / inserto de aluminio
- hardware de titanio / acero
- rodamiento inoxidable

El riesgo no surge simplemente porque «se juntan materiales distintos», sino que requiere a la vez:

1. materiales con potenciales diferentes
2. conexión conductora
3. electrolito

Por tanto, las soluciones incluyen:

- aislamiento eléctrico

- recubrimiento barrera
- arandela/casquillo aislante
- retén
- drenaje
- grasa / antiagarrotamiento cuando corresponda
- minimizar la retención de agua en intersticios

4.12 Aislamiento polimérico: una dirección de validación

La investigación de uniones atornilladas de composite/metal ha validado el enfoque de ingeniería según el cual el aislamiento polimérico puede reducir el riesgo de acoplamiento galvánico.[R28]

Aunque los sistemas materiales de esas publicaciones no son idénticos a los de una bicicleta, respaldan que:

> **El aislamiento eléctrico es una estrategia verificable que merece incorporarse al DFM del sistema de pivote.**

La combinación real de materiales de PremFixer Fasteners / cliente sigue requiriendo un ensayo ambiental final.

Cuadro de evidencias de este capítulo

Externas

- gripado de Ti: [R12]
- corrosión galvánica CFRP/Al: [R11]
- aislamiento polimérico: [R28]
- ISO 4042 / fragilización por H: [R20]-[R23]
- ISO 9227: [R19]
- ISO/TR 19852: [R26]
- ISO 10683: [R24]
- ISO 3506-1: [R25]

PremFixer Fasteners

- correspondencia de MTC de material: C04-001/002/003/004 / E0
- niebla salina de recubrimiento específico: C04-006 / E0 → E2
- pila Zn-Ni: C04-007 / E0
- desmontaje/gripado de Ti: C04-011 / E0 → E3
- controles de fragilización por H: C04-012 / E0 → evidencias de proveedor/proceso

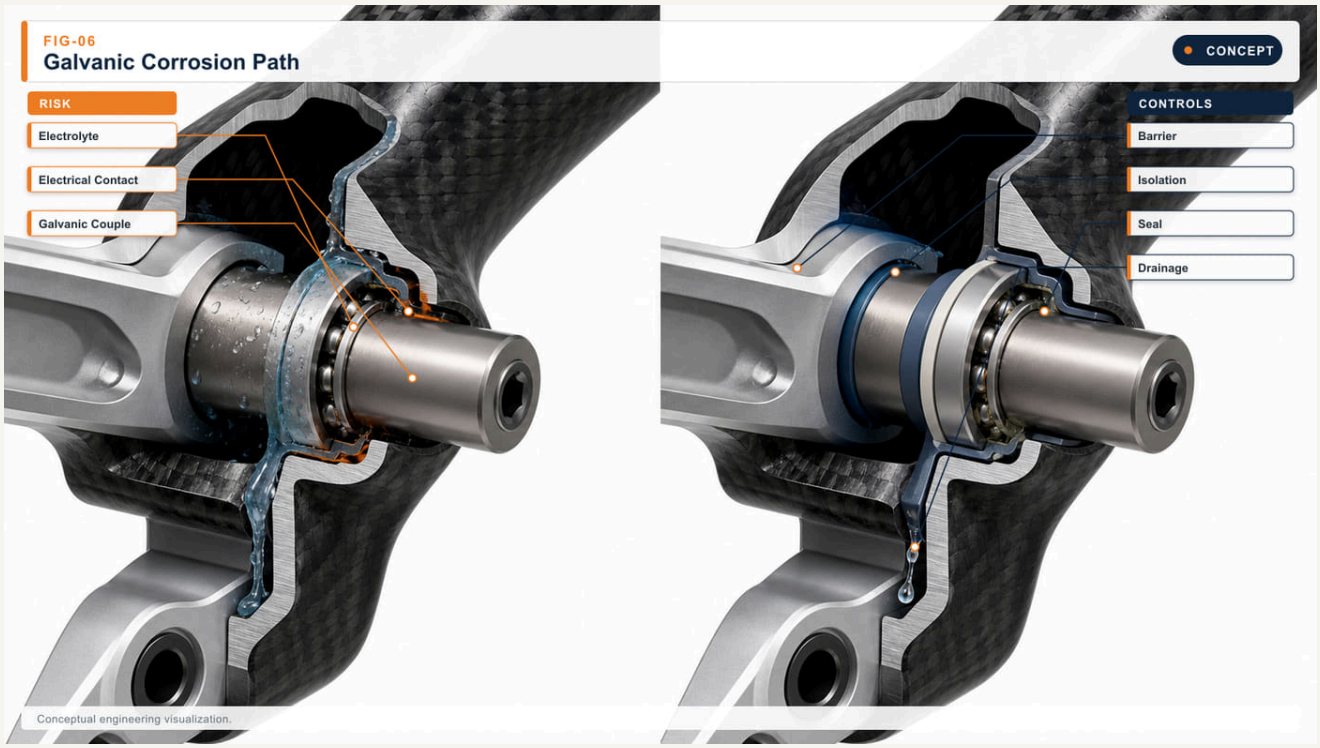
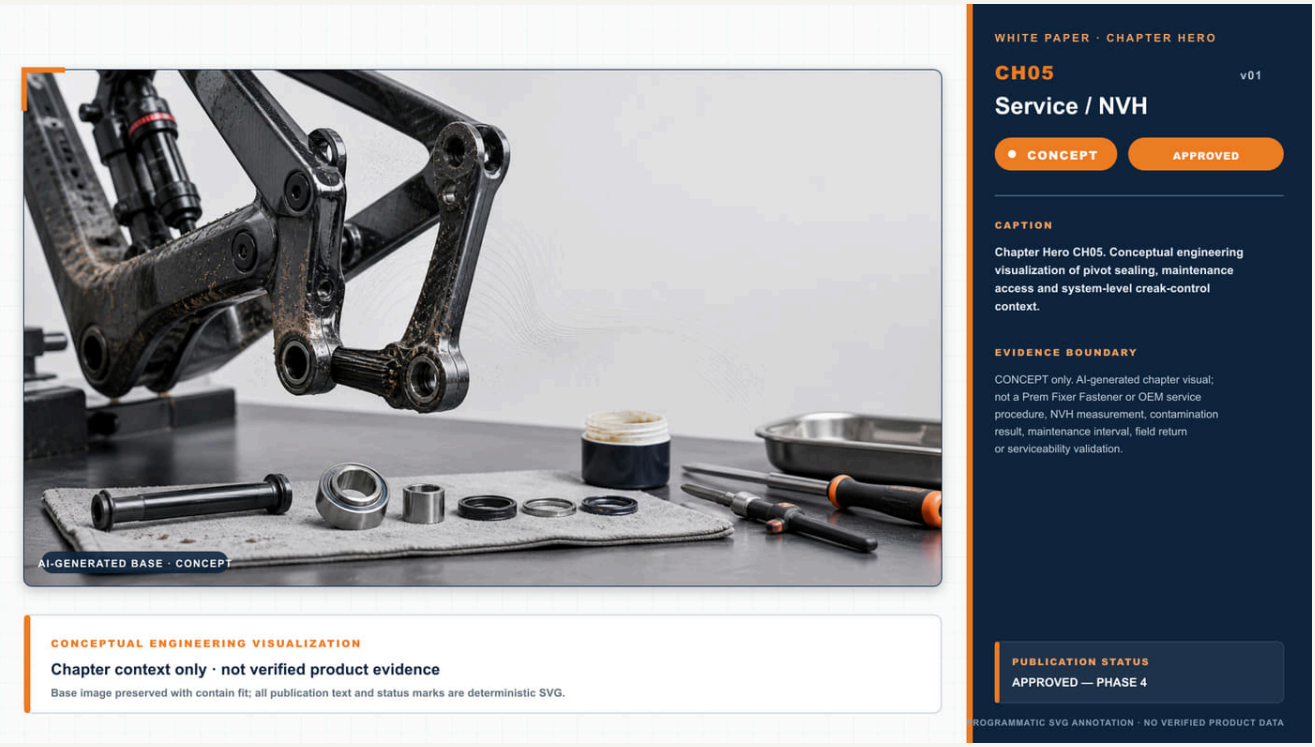


FIG-06 · Figura de ingeniería — Figura FIG-06. Ruta de corrosión galvánica y estrategia de aislamiento. Visualización conceptual de ingeniería; no implica una pila de aleaciones ni un resultado de corrosión verificados. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Capítulo 5: sellado, contaminación, NVH y mantenibilidad

5. Defensa contra la contaminación, control de crujidos y mantenibilidad



CH05 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH05. Visualización conceptual de ingeniería del sellado de pivotes, el acceso de mantenimiento y el contexto sistémico del control de crujidos. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

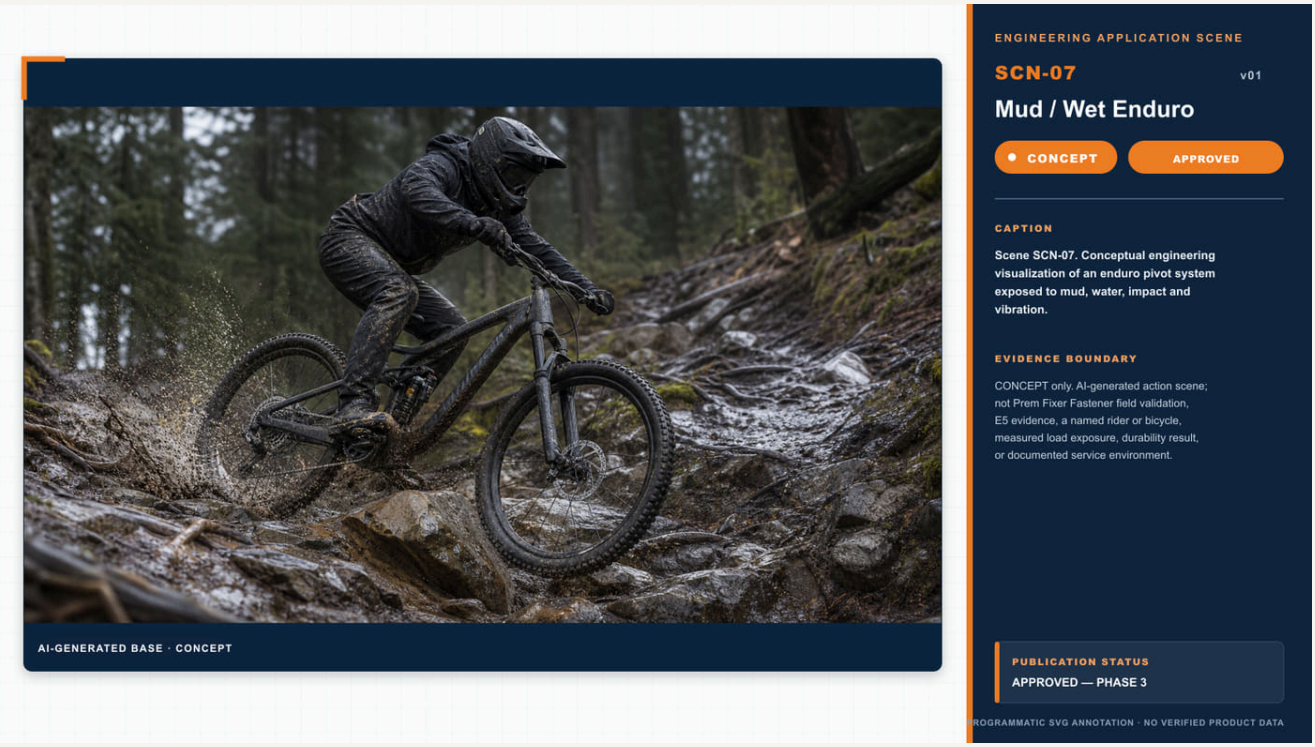
5.1 El entorno real de una MTB no es un laboratorio

El sistema de pivote se enfrenta realmente a:

- agua
- barro
- polvo fino
- arena
- sudor
- sal de carretera
- desengrasante
- limpiador de bicicletas
- lavado a presión
- variación de temperatura

La documentación de ingeniería de rodamientos señala que la humedad y el micromovimiento pueden favorecer daños del rodamiento y fallos por fretting.[R5][R6]

La guía pública de mantenimiento de Santa Cruz también indica específicamente que los rodamientos de pivote deben inspeccionarse con mayor frecuencia en entornos húmedos, arenosos o polvorientos.[R9]



SCN-07 · Escena de aplicación — Escena SCN-07. Visualización conceptual de ingeniería de un sistema de pivote de enduro expuesto a barro, agua, impactos y vibraciones. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

5.2 Defensa multicapa contra la contaminación

El diseño de sellado debe entenderse como varias barreras:

Capa 1 — Geometría exterior

Desviar agua y barro

Capa 2 — Junta tórica / arandela de sellado

Reducir la ruta de entrada directa

Capa 3 — Laberinto

Aumentar la longitud de la ruta de contaminación

Capa 4 — Retén del rodamiento

Última línea de defensa

Capa 5 — Barrera de grasa

Lubricación + barrera adicional contra contaminantes

Capa 6 — Drenaje

Permitir la salida del agua que no pueda evitarse por completo

Principio de diseño:

> **No exigir a un único retén que resuelva todos los mecanismos de contaminación.**

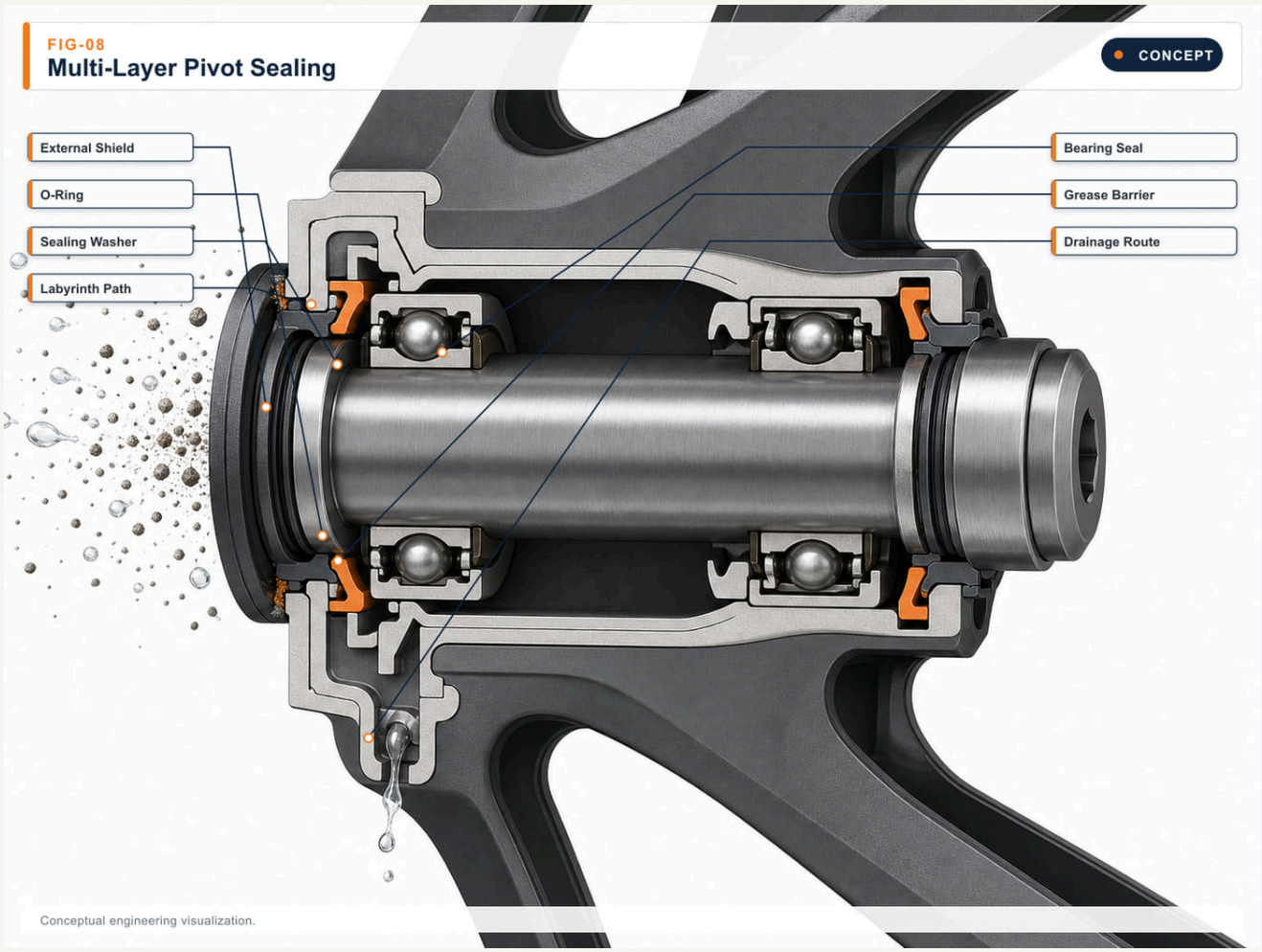


FIG-08 · Figura de ingeniería — Figura FIG-08. Arquitectura multicapa de sellado del pivote. Visualización conceptual de ingeniería; no es evidencia verificada de ingreso, lavado ni vida de servicio. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

5.3 Lavado a alta presión

Un chorro de agua a alta presión puede:

- superar el labio del retén

- diluir / arrastrar la grasa
- introducir limpiador
- acelerar la corrosión del rodamiento

Por ello puede establecerse internamente un:

Ensayo de desarrollo de lavado / ingreso

Resultados:

- masa / ingreso de agua
- tacto del rodamiento
- corrosión
- estado de la grasa
- par de rotación

5.4 El crujido es un síntoma del sistema

La información pública actual de Santa Cruz para solucionar crujidos incluye directamente los rodamientos sucios/desgastados entre las fuentes habituales de ruido.[R29]

Pero, desde la ingeniería, un crujido del pivote puede proceder de:

- aro interior del rodamiento / eje
- aro exterior del rodamiento / cuadro
- separador
- cara del resalto
- arandela
- asiento de la cabeza del perno
- rosca
- inserto
- bieleta
- contacto seco

Por tanto:

> **El crujido no debe diagnosticarse simplemente como «el perno está flojo».**

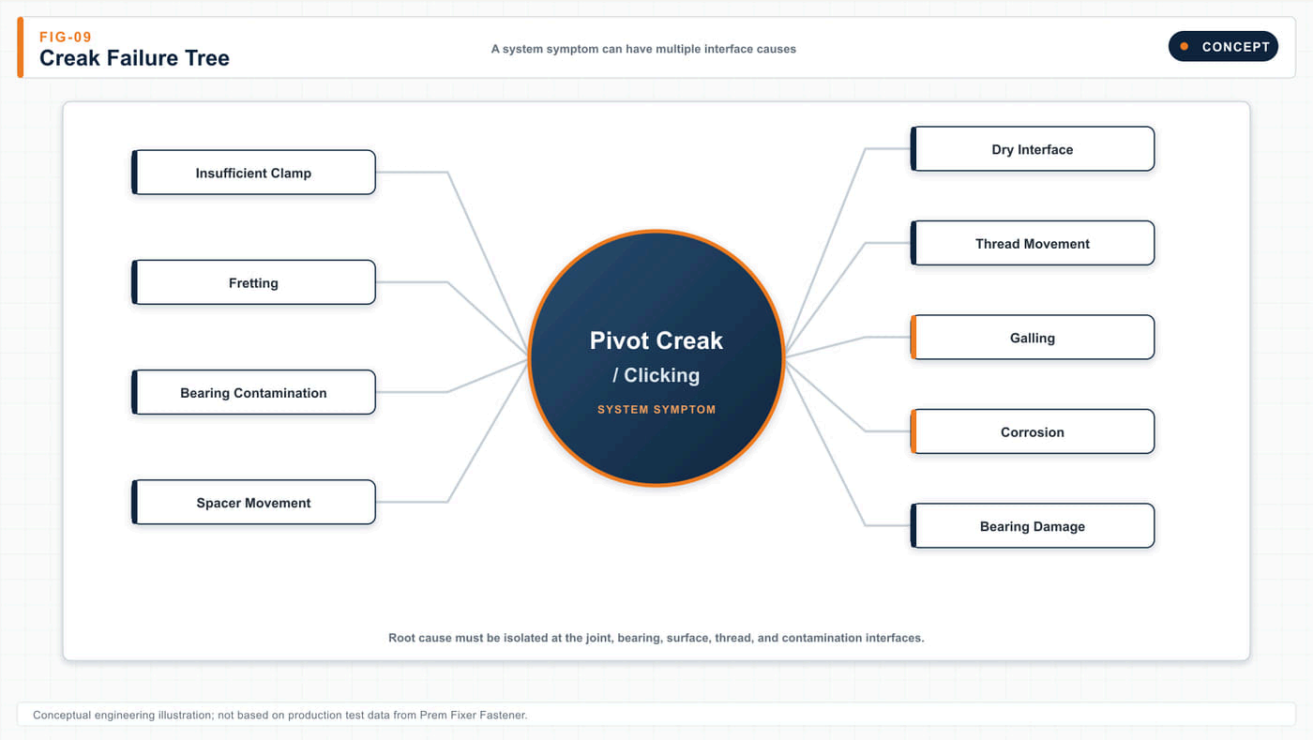


FIG-09 · Figura de ingeniería — Figura FIG-09. Árbol conceptual de fallos de crujido del pivote que muestra múltiples causas posibles en interfaces. Es un marco de diagnóstico, no evidencia de tasas de fallo. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

5.5 Microdeslizamiento y fretting

Un pequeño movimiento relativo puede:

- romper la película superficial
- generar partículas de desgaste
- modificar la fricción de contacto
- aumentar el juego
- generar ruido
- favorecer la corrosión

Estrategias de control:

- precarga correcta
- ajuste funcional
- superficie de apoyo estable
- estado superficial
- lubricación adecuada
- prevención del aflojamiento
- control de contaminación

5.6 Apilamiento funcional rodamiento–eje–separador

Cada diseño de pivote debe poder responder:

1. ¿Qué aro del rodamiento se sujeta?
2. ¿Qué pieza necesita girar relativamente?
3. ¿Qué interfaz soporta la cortadura?
4. ¿Entra la rosca en el plano principal de cortadura?
5. ¿Cómo cierra el separador la ruta de carga axial?
6. ¿Aplica el par una carga lateral anómala al rodamiento?

La ruta de carga correcta debe expresarse directamente mediante CAD / plano de sección.

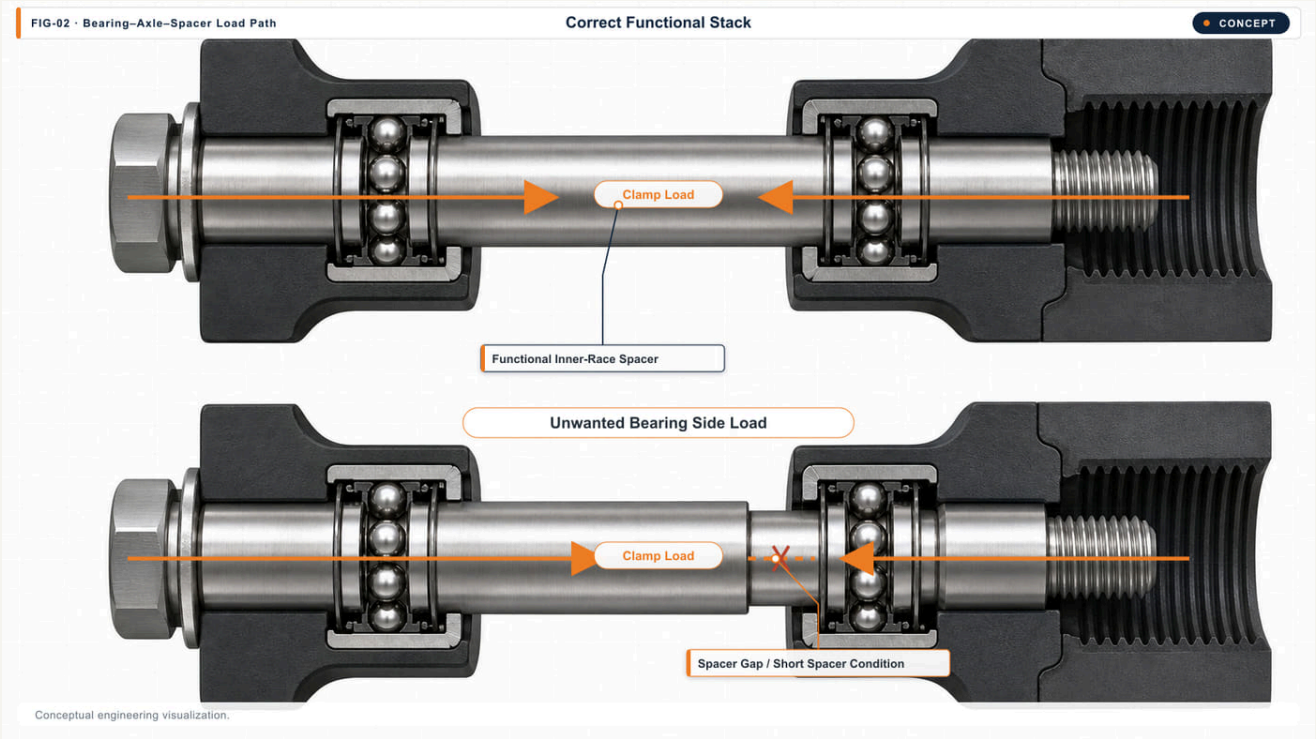


FIG-02 · Figura de ingeniería — Figura FIG-02. Ruta funcional de carga de rodamiento–eje–separador y condición de carga lateral por separador corto. Visualización conceptual de ingeniería; no implica una fuerza cuantificada ni un apilamiento liberado. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

5.7 Mantenibilidad: el tercer desmontaje es la verdadera prueba

El diseño del cuadro no puede preguntar únicamente:

> «¿Puede la fábrica montarlo bien la primera vez?»

También debe preguntar:

> «Después de dos años de uso, ¿puede el taller desmontarlo con normalidad?»

Indicadores importantes:

- acceso de la herramienta
- durabilidad de la interfaz de accionamiento
- par de desmontaje
- agarrotamiento por corrosión
- gripado
- piezas cautivas
- identificación de piezas
- disponibilidad de sustituciones
- regla de reutilización

5.8 El mantenimiento OEM demuestra que la mantenibilidad es una necesidad real

La guía pública de mantenimiento de Santa Cruz proporciona una lógica de inspección y lubricación periódicas para ejes y rodamientos de pivote.[R9] Algunos productos actuales de doble suspensión de Specialized ofrecen asistencia de sustitución a largo plazo para los rodamientos de pivote de suspensión.[R10]

Esto no significa que sus rodamientos sean «de mala calidad», sino que:

> **Las marcas de gama alta ya consideran los rodamientos de pivote componentes mantenibles durante todo el ciclo de vida de la bicicleta.**

Por ello, este libro blanco propone un:

Índice de mantenibilidad

Puede evaluar:

- herramientas comunes
- acceso
- desmontaje
- sustitución de rodamientos
- kit de sustitución
- especificación de par
- riesgo de agarrotamiento
- repetibilidad del remontaje

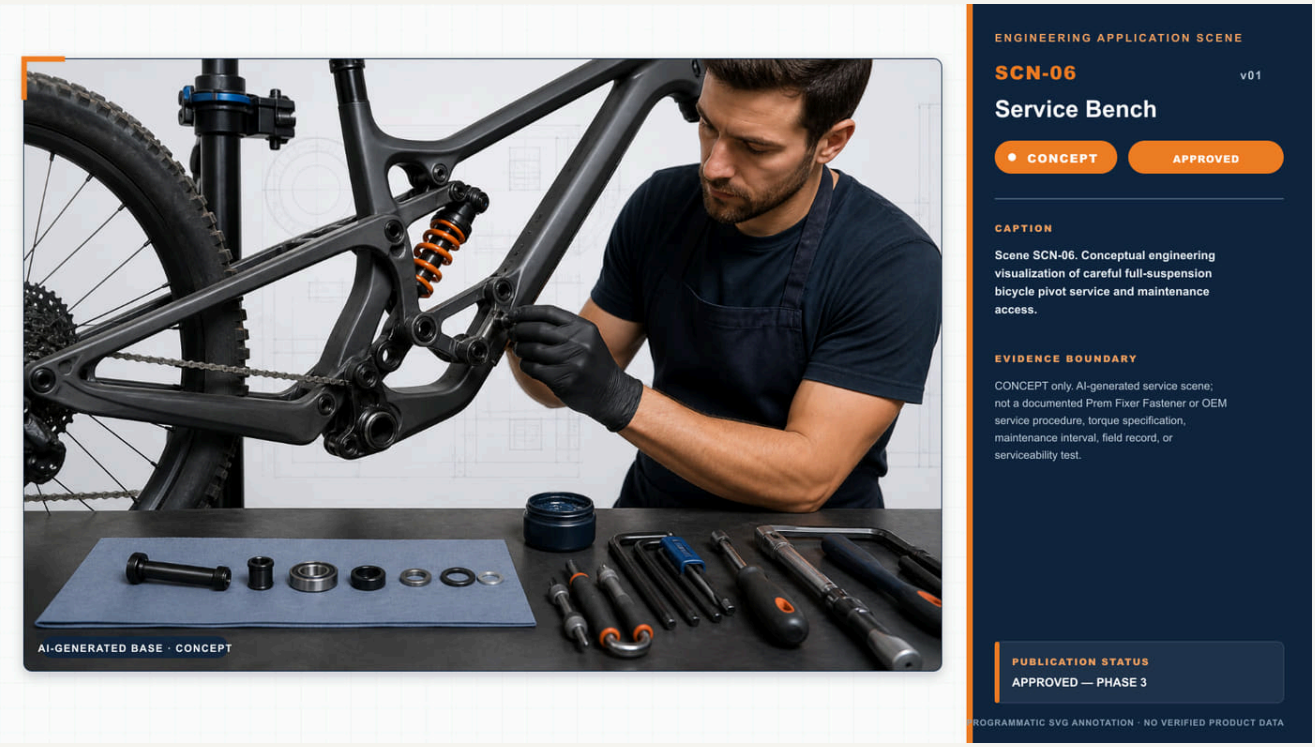
Cuadro de evidencias de este capítulo

Externas

- fretting / humedad: [R5][R6]
- mantenimiento de Santa Cruz: [R9]
- solución de crujidos: [R29]
- asistencia de rodamientos Specialized: [R10]

PremFixer Fasteners

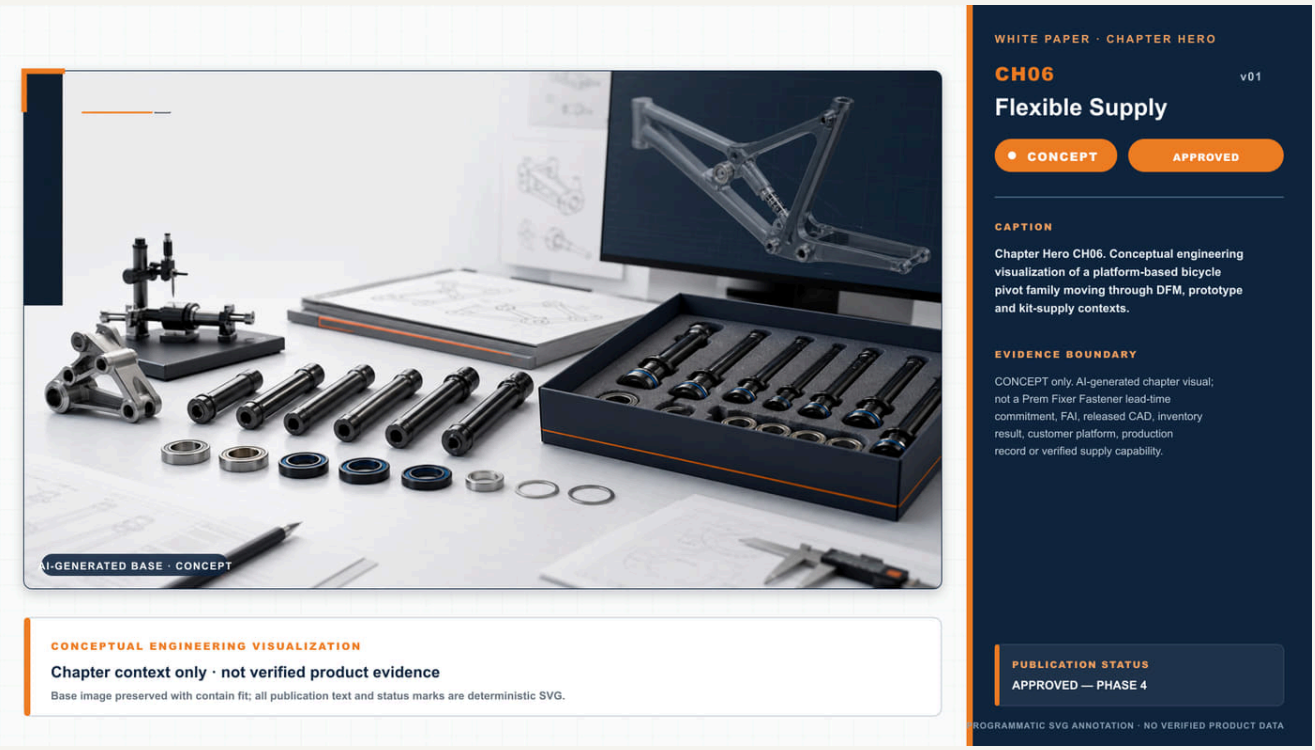
- ensayo de ingreso: C05-001 / E0
- mejora de NVH: C05-004 / E0
- par de desmontaje: C05-005 / E0
- repetibilidad del tercer servicio: C05-007 / E0



SCN-06 · Escena de aplicación — Escena SCN-06. Visualización conceptual de ingeniería del servicio cuidadoso del pivote de una bicicleta de doble suspensión y del acceso de mantenimiento. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Capítulo 6: desarrollo rápido, estrategia de plataforma y flexibilidad de suministro

6. Desarrollo rápido, estrategia de plataforma y flexibilidad de suministro



CH06 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH06. Visualización conceptual de ingeniería de una familia de pivotes de bicicleta basada en plataforma que avanza por contextos de DFM, prototipo y suministro de kits. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

6.1 La fabricación según plano ya no es suficiente

Proceso tradicional:

> Plano → oferta → mecanizado

Recomendado para pivotes de gama alta:

> Requisito
> → DFM
> → revisión de riesgos
> → definición de la unión

→ material / recubrimiento
→ prototipo
→ FAI
→ ensayo de unión
→ piloto
→ liberación

6.2 Preguntas que debe responder la primera ronda de DFM

Geometría

- ¿La rosca está en una zona de alta cortadura?
- ¿La terminación hueca presenta una entalla?
- ¿El resalto proporciona apoyo suficiente?
- ¿El acoplamiento de la herramienta es suficiente?

Ajuste

- diámetro interior del rodamiento
- vástago
- separador
- bieleta
- recubrimiento

Material

- resistencia
- fatiga
- corrosión
- gripado
- compatibilidad del recubrimiento

Montaje

- par
- lubricación
- fijador de roscas
- acceso
- prevención de errores

Servicio

- desmontaje
- reutilización

- repuestos
- marcado

6.3 Un prototipo en 7–10 días solo puede ser un objetivo condicionado

V2.0 recomienda:

> [TARGET] **Para proyectos cuyos materiales, herramientas, tratamiento térmico y tratamiento superficial dispongan de recursos, puede fijarse un objetivo de muestra rápida de 7–10 días laborables; el plazo real estará determinado por la ruta crítica del proyecto.**

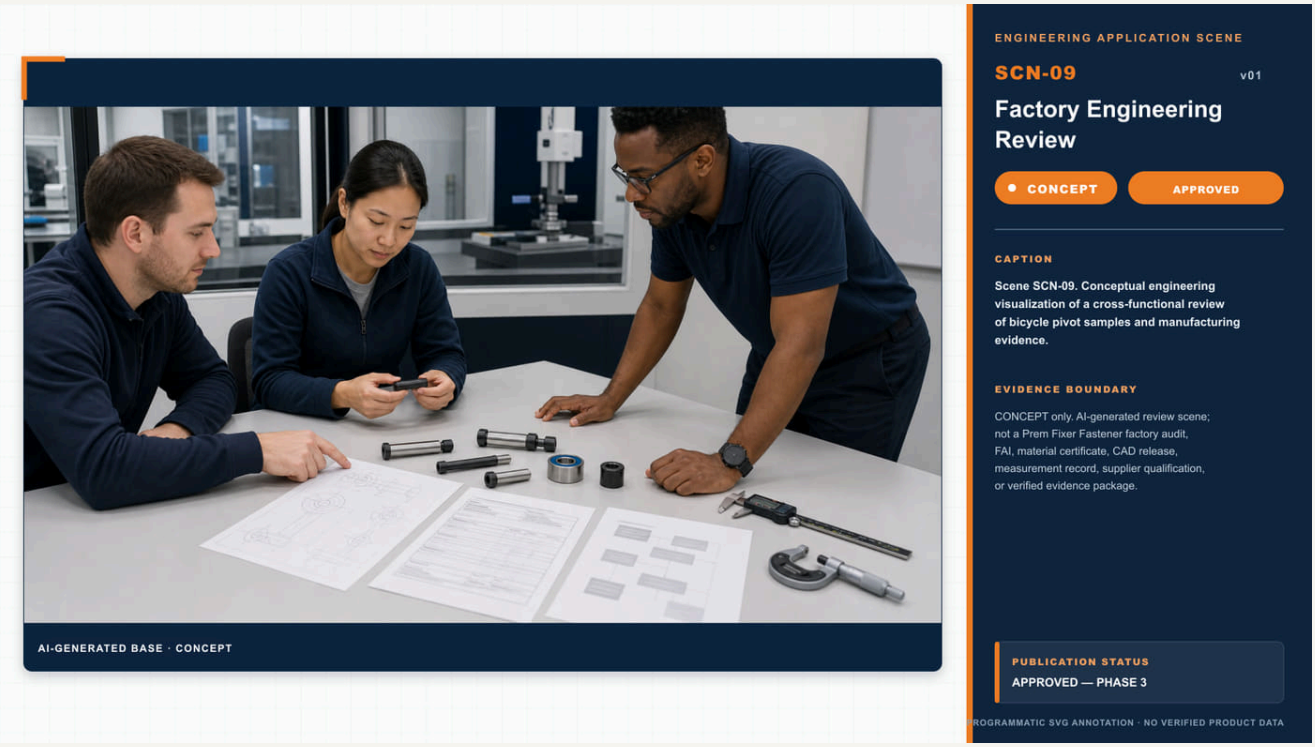
Para elevarlo a hecho deben aportarse:

- fecha de RFQ
- congelación del plano
- fecha de finalización de la muestra
- fecha de FAI
- comentarios del cliente

6.4 FAI: no es «medir unas pocas dimensiones»

Una FAI completa debería incluir:

- plano con globos
- informe dimensional completo
- certificado de material
- tratamiento térmico
- certificado de recubrimiento
- calibre de rosca
- ajuste funcional
- peso
- fotografías
- revisión
- desviaciones



SCN-09 · Escena de aplicación — Escena SCN-09. Visualización conceptual de ingeniería de una revisión multifuncional de muestras de pivote de bicicleta y evidencias de fabricación. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

6.5 Plataformización

Varios modelos de bicicleta pueden compartir:

- familia de roscas
- accionamiento
- interfaz de rodamiento
- recubrimiento
- material
- familia de arandelas
- lógica de números de pieza

Y variar en:

- longitud del resalto
- longitud total
- profundidad hueca
- geometría de la cabeza

Objetivo:

> **Reducir variantes innecesarias sin obligar a todos los modelos a usar la misma pieza.**

6.6 «Reducir las SKU un 30–50 %» debe demostrarse con la BOM del cliente

El libro blanco general conserva únicamente el modelo:

$$Savings_{SKU} = C_{inventory} + C_{MOQ} + C_{planning} + C_{quality} + C_{service}$$

El porcentaje de ahorro real debe calcularse a partir de:

- número de SKU anterior
- número de SKU posterior
- volumen
- MOQ
- stock de seguridad
- demanda de repuestos

6.7 Una bicicleta / un kit de pivote

Lógica de embalaje adecuada para plantas de montaje:

- un kit por cuadro
- marcado de posición
- QR / lote
- secuencia de montaje
- referencia de par
- control de revisiones

Puede reducir:

- piezas faltantes
- longitudes mezcladas
- preparación al pie de línea
- confusión de revisiones

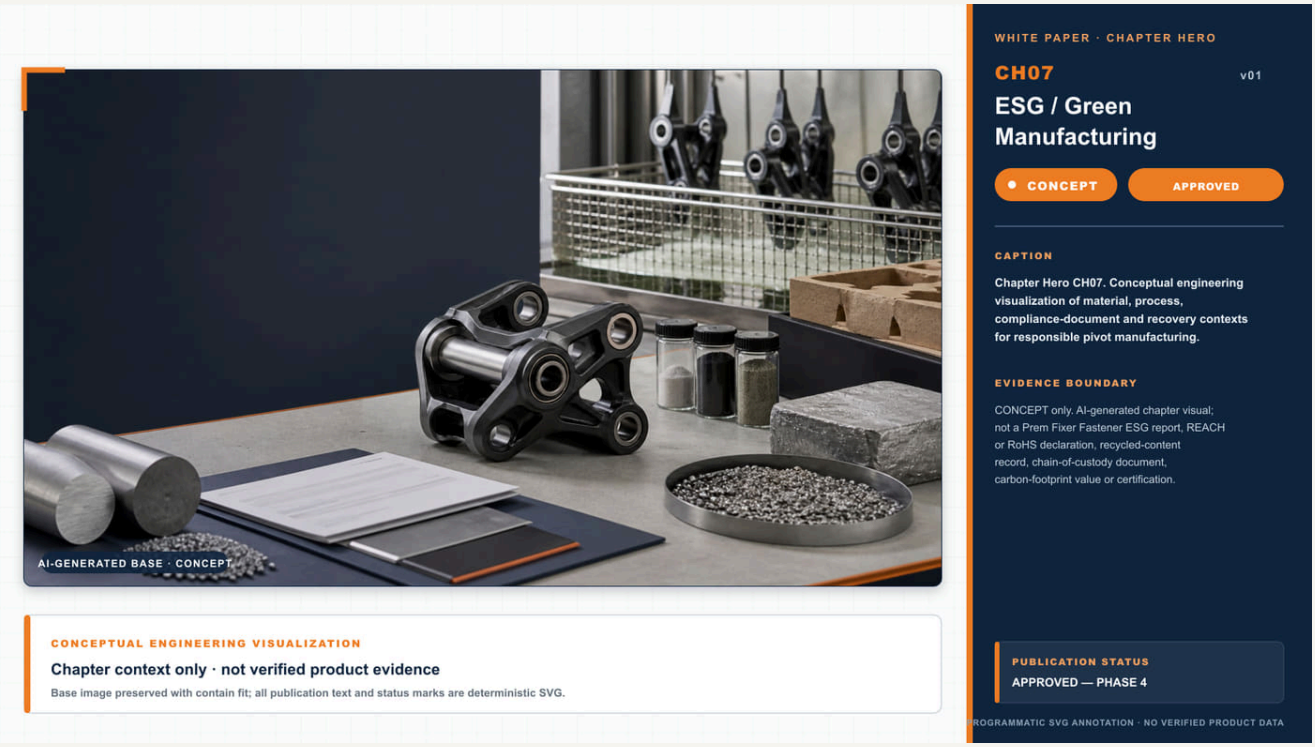
Cuadro de evidencias de este capítulo

PremFixer Fasteners

- plazo de prototipo: C06-001 / E0
- capacidad de FAI: C06-002 / E0
- suministro de kits: C06-003 / E0
- reducción de TCO: C06-004 / E0-E1
- reducción de SKU: C06-005 / E0

Capítulo 7: ESG, REACH, RoHS y fabricación ecológica

7. ESG, conformidad química y fabricación ecológica



CH07 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH07. Visualización conceptual de ingeniería de contextos de material, proceso, documentación de conformidad y recuperación para una fabricación responsable de pivotes. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

7.1 ESG no puede quedarse en las palabras «material ecológico»

Para la cadena de suministro de una marca de gama alta, ESG / conformidad puede exigir:

- sustancias restringidas
- trazabilidad
- control de Cr(VI)
- contenido reciclado
- cadena de custodia
- huella de carbono
- gestión ambiental del proveedor

7.2 REACH: la Lista de sustancias candidatas es dinámica

La Lista de sustancias candidatas de ECHA se actualiza; por tanto, una declaración correcta debe incluir:

- fecha de emisión
- fecha de referencia de la Lista
- alcance de material / SKU
- versión de la declaración del proveedor
- ensayo / cribado cuando sea necesario

No debe decir:

> «Conformidad REACH permanente».

7.3 RoHS: el ámbito de aplicación debe ser correcto

El objeto principal de RoHS 2011/65/EU son los equipos eléctricos y electrónicos.[R30]

La necesidad de evidencias RoHS para hardware mecánico de pivote debe evaluarse según:

- alcance del E-bike / EEE final
- BOM del cliente
- RSL del cliente
- contrato

Expresión correcta:

> **«Pueden proporcionarse las declaraciones de material correspondientes conforme al ámbito regulatorio del producto final y la especificación de sustancias restringidas del cliente».**

7.4 Libre de Cr(VI)

La cadena de suministro puede reducir los riesgos relacionados con cromo hexavalente mediante:

- pasivación trivalente
- capa superior libre de Cr(VI)
- sistemas adecuados de laminillas de zinc
- recubrimientos alternativos

Pero «libre de Cr(VI)» debe estar respaldado por:

- declaración del proveedor
- especificación química

- informe de ensayo cuando sea necesario

7.5 Contenido reciclado: establecer una cadena de custodia

Las actualizaciones ISO de 2026 sobre declaraciones ambientales y cadena de custodia enfatizan aún más que las declaraciones ambientales requieren una atribución creíble del material y una lógica de trazabilidad.[R31][R32]

Si PremFixer Fasteners declara en el futuro:

> «X % de aluminio reciclado»

debe conservar:

- proveedor de materia prima
- lote
- declaración
- modelo de cadena de custodia
- método de cálculo
- reglas de balance de masas cuando correspondan

7.6 Huella de carbono

En el futuro puede establecerse:

```
CFP =
Raw\ Material
+ Machining
+ Heat\ Treatment
+ Coating
+ Packaging
+ Transport
```

Forma de salida:

- kg CO_2e / 1.000 unidades
- kg CO_2e / kit de pivote

Pero primero deben definirse:

- límites
- fuente de datos
- asignación
- mezcla eléctrica

- supuestos de transporte

Cuadro de evidencias de este capítulo

Externas

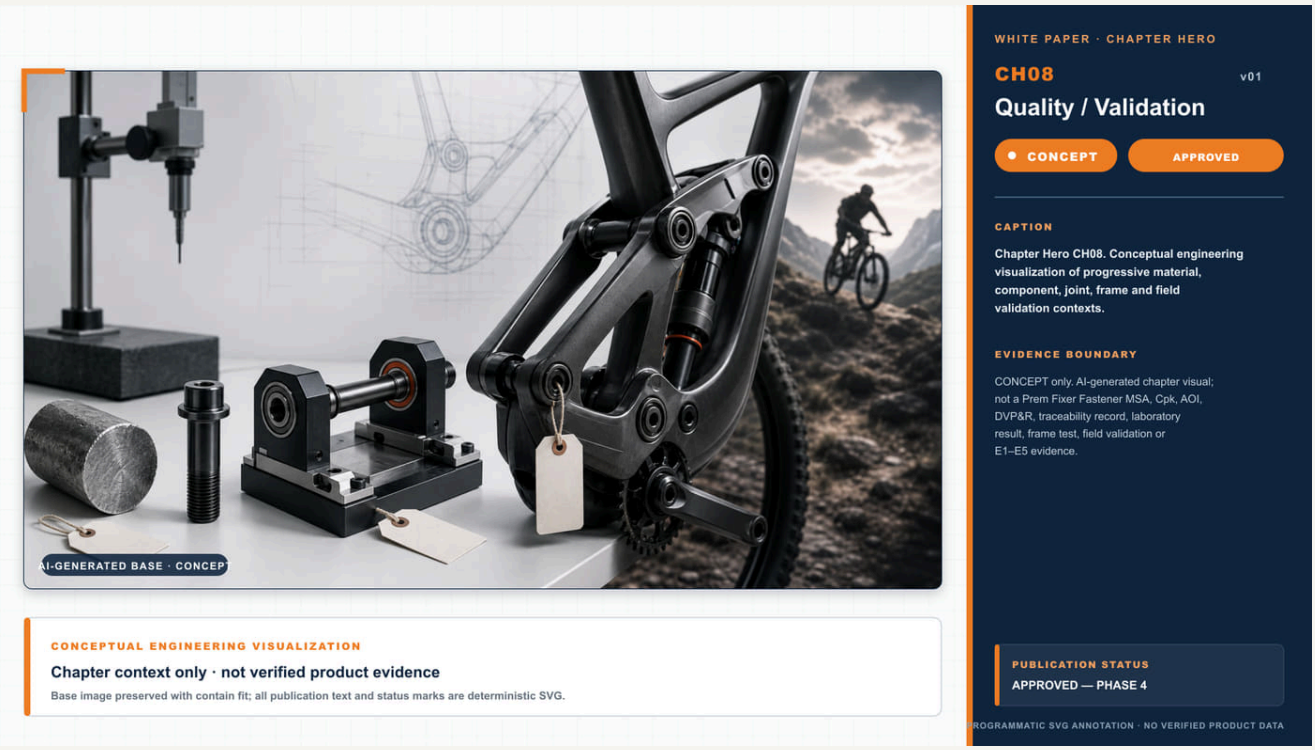
- ECHA / REACH: [R33]
- RoHS: [R30]
- ISO 14021 / cadena de custodia: [R31][R32]

PremFixer Fasteners

- declaraciones REACH: C07-001 / E0
- evidencia libre de Cr(VI): C07-002 / E0
- contenido reciclado: C07-004 / E0
- CFP: C07-005 / E0

Capítulo 8: ingeniería de calidad, DVP&R y fabricación inteligente

8. Ingeniería de calidad, validación y trazabilidad digital



CH08 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH08. Visualización conceptual de ingeniería de contextos progresivos de validación de material, componente, unión, cuadro y campo. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

8.1 DFMEA: de «inspeccionar defectos» a «prevenir fallos»

Ejemplo:

Modo de fallo	Causa potencial	Efecto potencial	Prevención
Autoaflojamiento	pérdida de sujeción / vibración	holgura / crujido	diseño de unión + bloqueo
Arrancamiento de rosca	sobrepar / rosca hembra débil	pérdida de retención	acoplamiento + par
Fretting	ajuste / microdeslizamiento	desgaste / crujido	ajuste + sujeción
Gripado	contacto seco Ti/SS	agarrotamiento	lubricación/recubrimiento
Corrosión	recubrimiento/galvánica	agarrotamiento / pérdida de resistencia	superficie + aislamiento
Grieta de fatiga	concentración de tensiones	fallo estructural	geometría + ensayo de fatiga

Modo de fallo	Causa potencial	Efecto potencial	Prevención
Arrastre del rodamiento	exceso de sujeción / separador	mala respuesta de suspensión	diseño del apilamiento
Daño del accionamiento	herramienta/geometría	retrabajo	control de la interfaz de accionamiento

8.2 PFMEA + plan de control

Riesgos de fabricación:

- mezcla de materiales
- programa incorrecto
- desgaste de herramienta
- daño de rosca
- recubrimiento incorrecto
- posición incorrecta del parche
- revisiones mezcladas
- embalaje incorrecto

Cada elemento debe estar vinculado a:

- prevención
- detección
- frecuencia
- plan de reacción
- trazabilidad

8.3 CTQ

CTQ típicas de un pivote:

- diámetro funcional del vástago
- longitud del resalto
- cara funcional
- rosca PASA/NO PASA
- posición de la rosca
- excentricidad
- geometría de accionamiento
- dureza
- espesor del recubrimiento
- comportamiento de fricción / par cuando esté controlado
- posición del parche de bloqueo

8.4 MSA antes que Cpk

Si el sistema de medición no es fiable:

> Cpk solo «calcula con precisión datos erróneos».

Proceso:

Selección del calibre
→ Calibración
→ MSA / Gage R&R
→ SPC
→ Cp/Cpk

Especialmente para tolerancias estrechas debe comprobarse:

- resolución del calibre
- temperatura
- operario
- dispositivo
- acabado superficial
- recubrimiento

8.5 Cpk ≥1,33 debe ser una puerta de proyecto, no publicidad sin evidencias

V2.0 puede usar:

- Cpk ≥1,33
- Cpk ≥1,67

como recomendación de proyecto u objetivo contractual del cliente.

Pero una afirmación externa de PremFixer Fasteners debe proceder de:

- característica
- especificación
- proceso estable
- lógica de muestra/subgrupo
- MSA
- conjunto de datos real

8.6 Cribado AOI del 100 % ≠ garantía de 0 PPM

AOI puede utilizarse para:

- característica ausente
- defecto de cabeza
- longitud
- defecto superficial
- pieza mezclada
- determinadas características dimensionales

Pero no detecta automáticamente:

- química de material incorrecta
- grieta interna
- fragilización por hidrógeno
- debilidad a fatiga
- cada dimensión interna

Por tanto, la expresión correcta es:

> **Cribado automatizado del 100 % para características detectables definidas.**

No:

> «AOI = 0 PPM».

8.7 Pirámide de validación

Nivel 1 — Material

- composición química
- dureza
- datos mecánicos
- espesor del recubrimiento

Nivel 2 — Elemento de fijación

- dimensión
- par de accionamiento
- arrancamiento de rosca
- tracción / cortadura
- corrosión

Nivel 3 — Unión

- par–fuerza de sujeción
- montaje repetido
- desmontaje
- vibración transversal
- arrastre del rodamiento
- fretting

Nivel 4 — Cuadro

- estático
- fatiga
- impacto
- configuración real del pivote

Nivel 5 — Campo

- bicicletas piloto
- horas de uso
- garantía
- comentarios del distribuidor

FIG-15 · Figura de ingeniería — Figura FIG-15. Pirámide conceptual de validación DVP&R desde los controles de material y fijación hasta evidencias de unión, cuadro y campo. No es un registro de validación completado de PremFixer Fasteners. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

8.8 ISO 4210 y límites de aplicaciones extremas

ISO 4210-2:2023 se aplica a una serie de bicicletas, incluidas las de montaña, y excluye explícitamente ciertas bicicletas diseñadas específicamente para aplicaciones severas, como competiciones autorizadas o acrobacias.[R34]

ISO 4210-6:2023 proporciona los métodos de ensayo de cuadros y horquillas correspondientes a ISO 4210-2.[R35]

Por tanto:

> **ISO 4210 puede ser una referencia importante para bicicleta/cuadro, pero los proyectos extremos de DH / competición / freeride pueden requerir casos de carga severa propios de la marca.**

8.9 Matriz principal DVP&R

Ensayo	Propósito	Nivel de evidencia
Capacidad dimensional	ajuste estable	E2
Acumulación de recubrimiento	ajuste final	E2
Par–fuerza de sujeción	precarga de la unión	E3
Par de accionamiento	margen de montaje	E2
Arrancamiento de rosca	capacidad de rosca	E2 / E3
Instalación repetida	servicio	E3
Vibración transversal	bloqueo	E3
Niebla salina	calidad del recubrimiento	E2
Corrosión cíclica	entorno	E2 / E3
Ensayo de fretting de la unión	interfaz	E3
Fatiga del cuadro	sistema	E4
Piloto de campo	ciclo de vida	E5

8.10 Trazabilidad

Cadena recomendada:

PO del cliente
→ Lote de embalaje
→ Inspección final
→ Lote de recubrimiento
→ Lote CNC / revisión de programa

→ Lote de material / colada
→ MTC

El objetivo ante una reclamación es:

> **Rastrear desde una pieza hasta su material y proceso.**

Cuadro de evidencias de este capítulo

Externas

- ISO 4210-2: [R34]
- ISO 4210-6: [R35]
- ISO 9227 / 19852: [R19][R26]
- ISO 16047: [R17]

PremFixer Fasteners

- CTQ / plan de control: C08-001 / E0
- Cpk: C08-002 / E0
- alcance de AOI: C08-003 / E0
- trazabilidad de material: C08-005 / E0
- trazabilidad del recubrimiento: C08-006 / E0

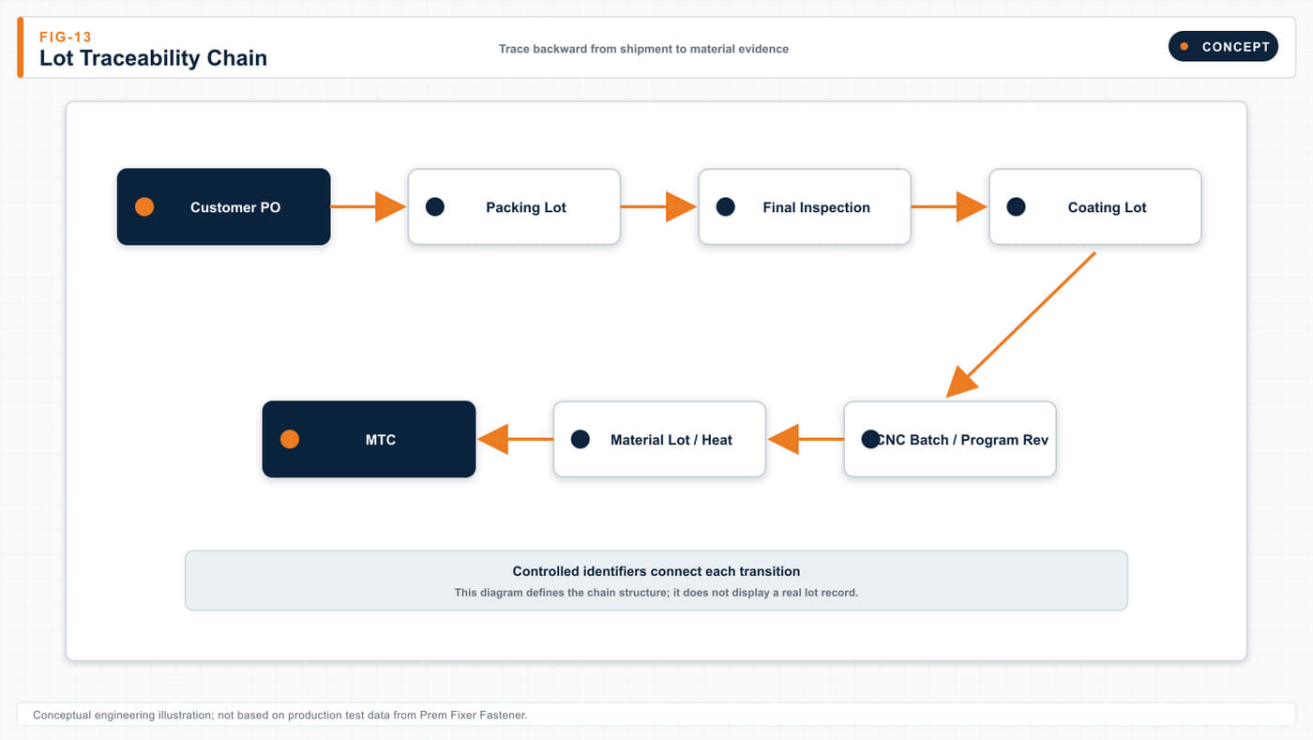
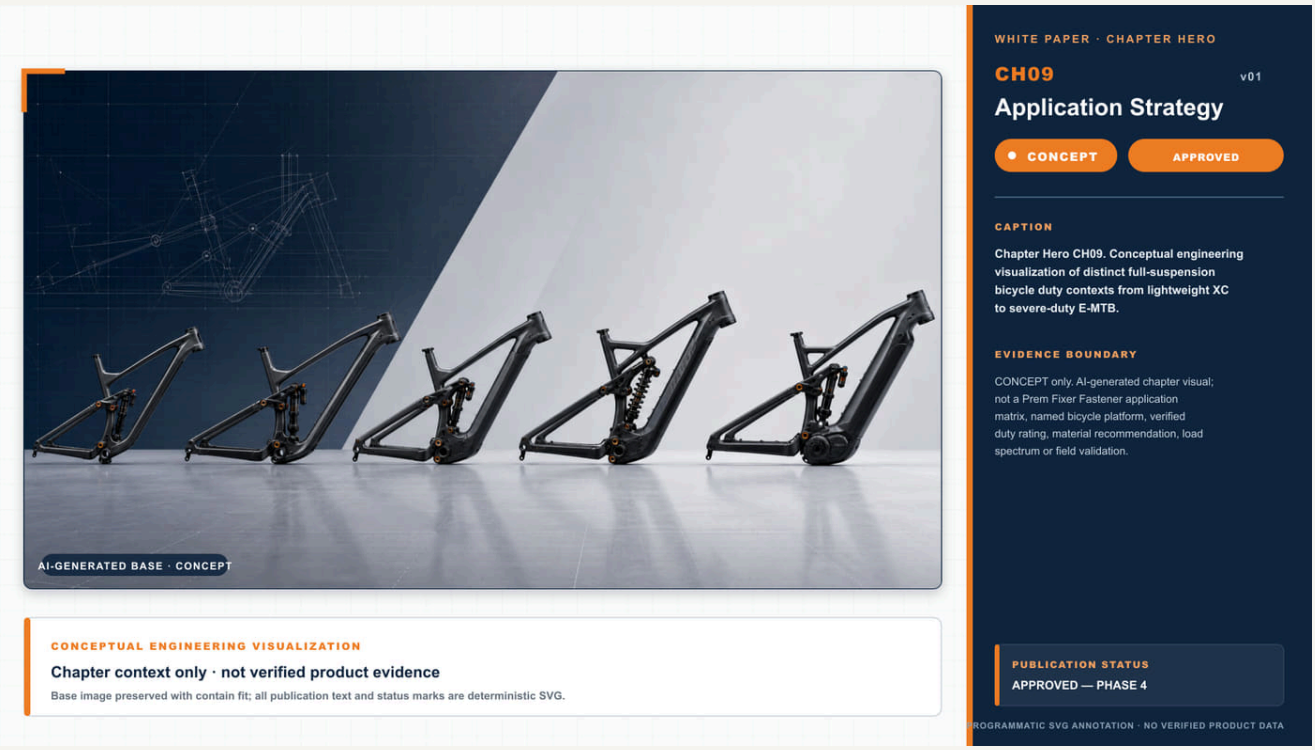


FIG-13 · Figura de ingeniería — Figura FIG-13. Cadena conceptual de trazabilidad inversa del lote desde envío e inspección hasta evidencias de proceso y material. No es un registro de producción de PremFixer Fasteners. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Capítulo 9: estrategias de pivote específicas para cada modelo

9. Estrategia de pivote específica de la aplicación



CH09 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH09. Visualización conceptual de ingeniería de contextos de uso distintos de bicicletas de doble suspensión, desde XC ligero hasta E-MTB de servicio severo. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

9.1 XC / Downcountry

Prioridades:

1. Masa
2. Rigidez/peso
3. Baja resistencia
4. Fiabilidad

Direcciones posibles:

- 7075
- uso selectivo de Ti
- eje hueco

- cabeza compacta
- sellado optimizado

Debe evitarse:

- debilitar el accionamiento para reducir peso
- punto crítico de fatiga en la terminación hueca
- acoplamiento insuficiente de rosca

9.2 Trail

Núcleo:

> **Arquitectura equilibrada**

Equilibra:

- peso
- barro
- servicio
- coste
- durabilidad

Adecuada como especificación central de una plataforma común.

9.3 Enduro

Prioridades:

- impacto
- fatiga
- prevención del aflojamiento
- protección contra barro
- servicio repetido
- robustez de herramientas

9.4 Descenso

Prioridades:

- rigidez de la unión
- margen elevado de cortadura

- soporte del rodamiento
- velocidad de servicio
- validación de servicio severo

Dado que ISO 4210-2 excluye de su ámbito algunas aplicaciones de competición severa,[R34] los proyectos de competición DH no deben depender únicamente de un estándar general mínimo.

9.5 E-MTB: no copiar directamente las especificaciones de una MTB analógica

Las especificaciones públicas actuales de E-MTB de máxima potencia ya muestran un entorno de sistema claramente diferente.

Por ejemplo, para la Trek Rail+ actual se publica:

- hasta 120 Nm
- 800 Wh
- 160 mm de recorrido delantero/trasero.[R36]

Estos datos no pueden convertirse directamente en un porcentaje de aumento de carga del pivote, pero bastan para mostrar que una E-MTB difiere de una trail analógica ligera en:

- masa del sistema
- entorno de par motor
- duración del uso
- ciclos repetidos de ascenso/descenso

Por ello, V2.0 recomienda un:

Programa de espectro de cargas de pivote de E-MTB

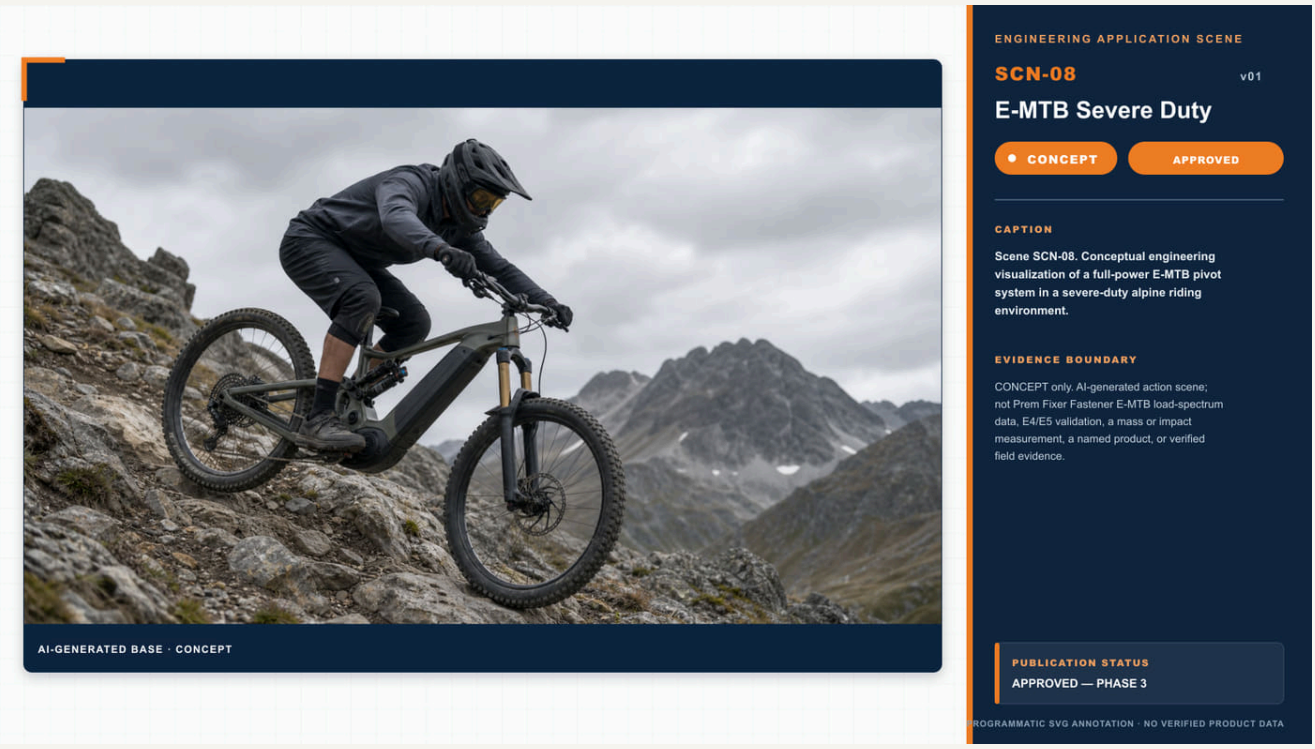
Entradas:

- masa de la bicicleta
- masa del ciclista
- par motor
- geometría
- relación de palanca
- carga de frenado
- espectro de impactos
- recorrido
- ciclo de uso

Salidas:

- casos de diseño estático
- espectro de fatiga
- ensayo de bloqueo
- vida de rodamientos

- intervalo de corrosión/servicio



SCN-08 · Escena de aplicación — Escena SCN-08. Visualización conceptual de ingeniería del sistema de pivote de una E-MTB de máxima potencia en un entorno alpino de servicio severo. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Cuadro de evidencias de este capítulo

Externas

- investigación estructural de DH de doble suspensión: [R7]
- límite ISO para aplicaciones severas: [R34]
- contexto actual de especificaciones E-MTB: [R36]

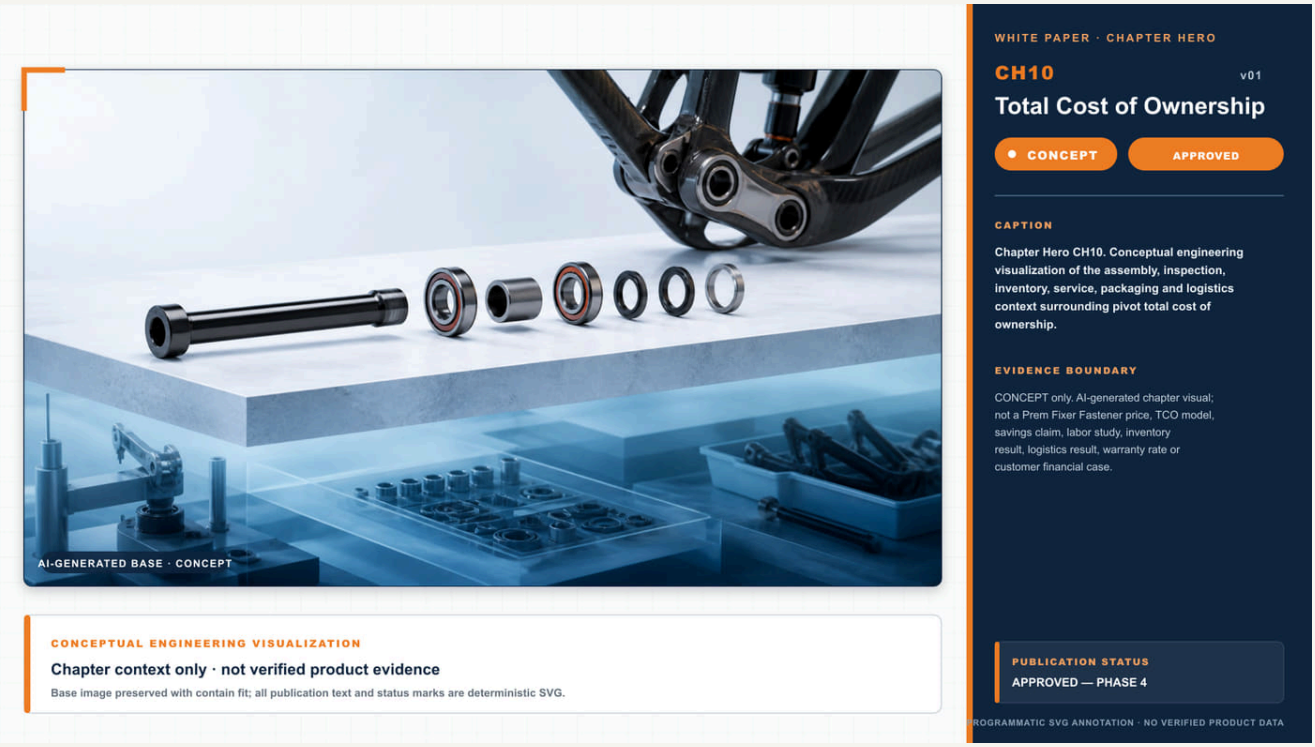
PremFixer Fasteners

- espectro de cargas de E-MTB: NEW-T25 / E0-E1
- cuadro/uniones: E3-E4 pendientes

FIG-14 · Figura de ingeniería — Figura FIG-14. Matriz conceptual de estrategia de aplicación para contextos XC, Trail, Enduro, DH y E-MTB. No es una regla obligatoria de selección de material ni una clasificación de servicio verificada. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Capítulo 10: coste total de propiedad del pivote

10. Economía del ciclo de vida



CH10 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH10. Visualización conceptual de ingeniería del contexto de montaje, inspección, inventario, servicio, embalaje y logística que rodea al coste total de propiedad del pivote. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

10.1 La pieza más barata no siempre genera el coste más bajo

Comparación de dos soluciones:

Opción A

Precio de compra bajo

Pero puede tener:

- mayor variación de montaje
- más retrabajo
- margen de corrosión bajo
- desmontaje difícil
- trazabilidad poco clara

Opción B

Precio de compra mayor

Pero puede reducir el coste del ciclo de vida mediante:

- unión estable
- bloqueo preaplicado
- recubrimiento controlado
- embalaje en kit
- mantenibilidad
- evidencias de calidad

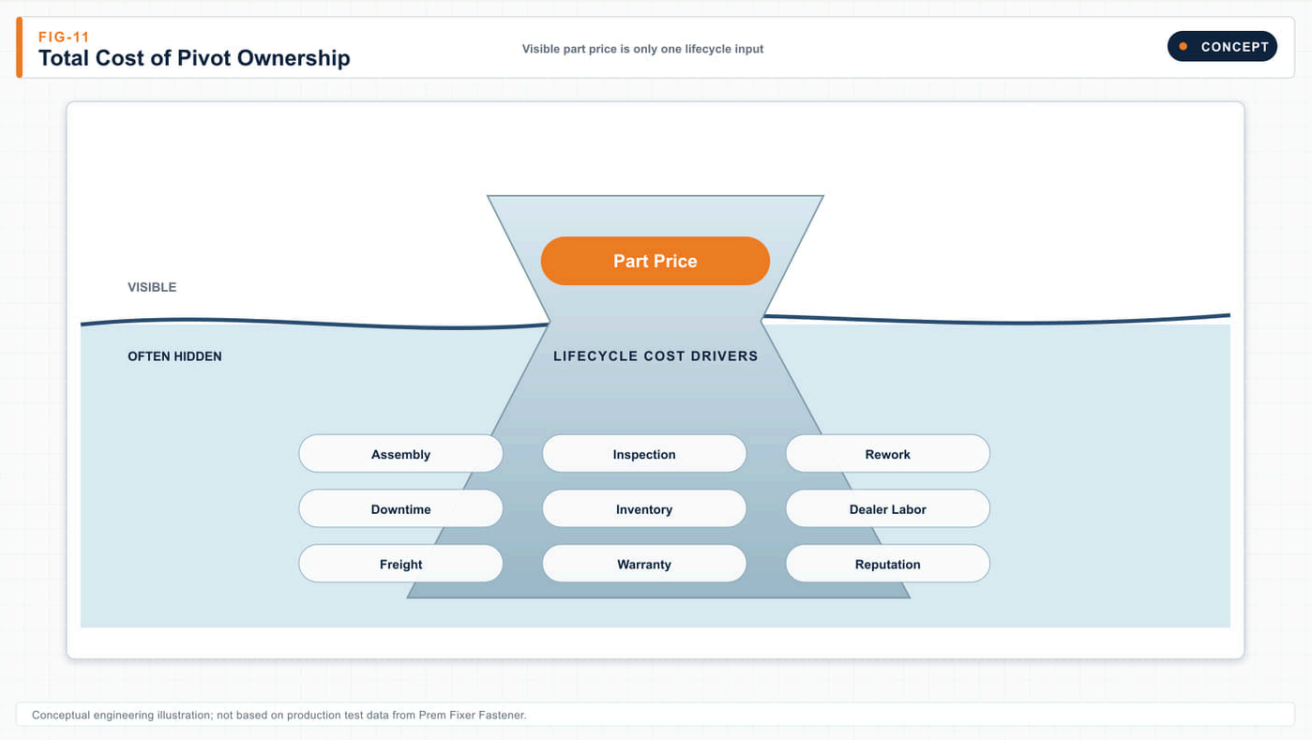


FIG-11 · Figura de ingeniería — Figura FIG-11. Iceberg conceptual del coste total de propiedad. Las categorías de factores de coste son ilustrativas; no se afirma ningún resultado financiero de PremFixer Fasteners ni de un cliente. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

10.2 Modelo de coste esperado

$$E(C)= C_{part} + P_{rework}C_{rework} + P_{warranty}C_{warranty} + C_{inventory}$$

$$+$$

$$C_{inspection}$$

Por tanto, compras debe comparar:

> **Coste por bicicleta fiable**

Y no:

> **Coste por perno**

10.3 Coste de garantía

$$C_{warranty}$$

$$=$$

$$C_{hardware}$$

$$+$$

$$C_{bearing}$$

$$+$$

$$C_{dealer}$$

$$+$$

$$C_{freight}$$

$$+$$

$$C_{admin}$$

$$+$$

$$C_{customer}$$

Para marcas internacionales, la mano de obra del distribuidor y la logística pueden superar ampliamente el coste del propio hardware.

10.4 De dónde proceden los datos de TCO

Entradas reales recomendadas al cliente:

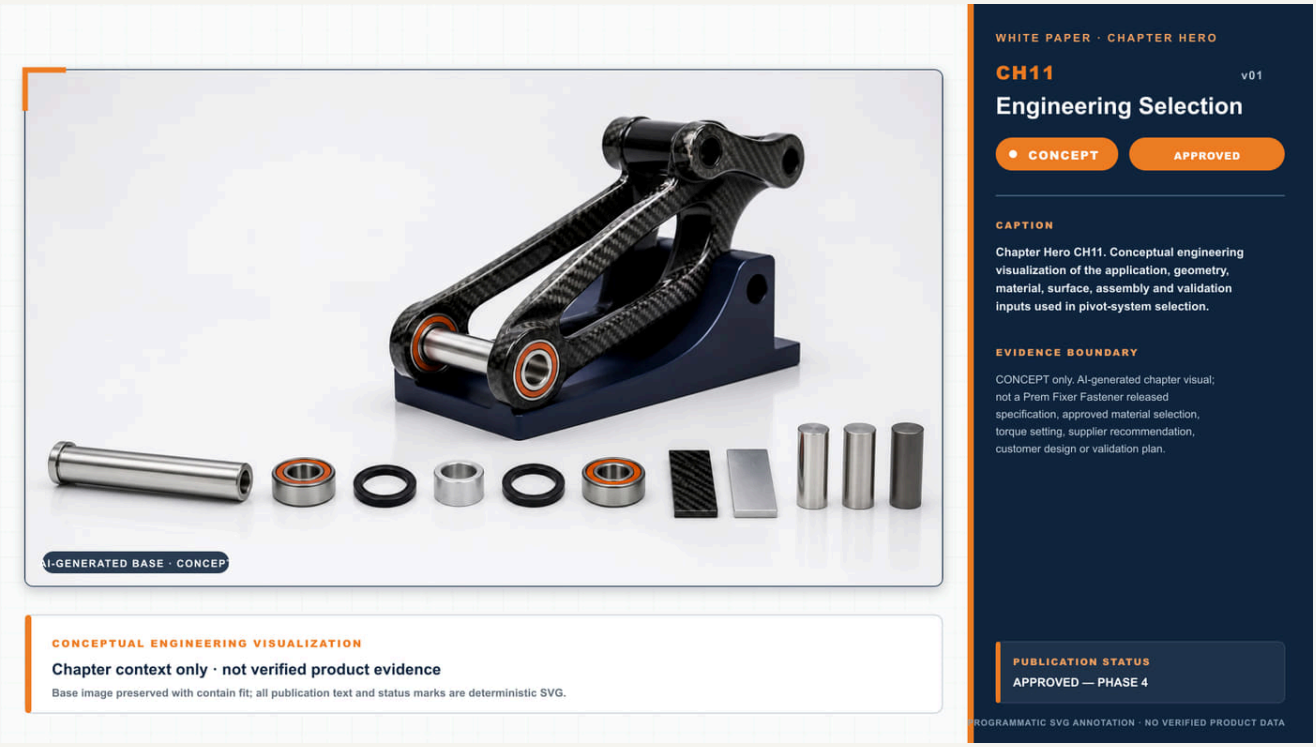
- volumen anual de bicicletas
- coste del hardware
- mano de obra de montaje
- tasa de retrabajo
- coste de retrabajo
- tasa de garantía
- coste medio de garantía

- mano de obra del distribuidor
- transporte
- coste de mantenimiento de inventario
- número de SKU
- desecho

El objetivo final es convertir las mejoras técnicas en resultados financieros comprensibles para compras.

Capítulo 11: guía de selección de ingeniería de pivotes

11. Marco de selección en nueve pasos



CH11 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH11. Visualización conceptual de ingeniería de las entradas de aplicación, geometría, material, superficie, montaje y validación empleadas para seleccionar un sistema de pivote. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

Paso 1 — Material del cuadro

- carbono
- aluminio
- mixto

Resultados:

- riesgo de presión local
- riesgo galvánico
- estrategia de insertos

Paso 2 — Plataforma de uso

- XC
- Downcountry
- Trail
- Enduro
- DH
- E-MTB

Paso 3 — Definición de cargas

Entradas:

- ciclista
- bicicleta
- palanca
- posición del pivote
- frenado
- impacto
- pedaleo / motor

Paso 4 — Material

Candidatos:

- aleación de aluminio
- titanio
- acero aleado
- acero inoxidable

Paso 5 — Geometría

- vástago
- resalto
- rosca
- cabeza
- radio
- hueco
- accionamiento

Paso 6 — Sistema superficial

- recubrimiento
- espesor
- fricción
- corrosión
- color
- conformidad química

Paso 7 — Estrategia de bloqueo

- fijador de roscas líquido
- adhesivo preaplicado
- parche de bloqueo
- bloqueo mecánico
- tuerca
- antirrotación estructural

Paso 8 — Calibración par–fuerza de sujeción

Debe definir:

- estado superficial
- par
- fuerza de sujeción
- dispersión
- desmontaje
- reutilización

Paso 9 — Liberación DVP&R

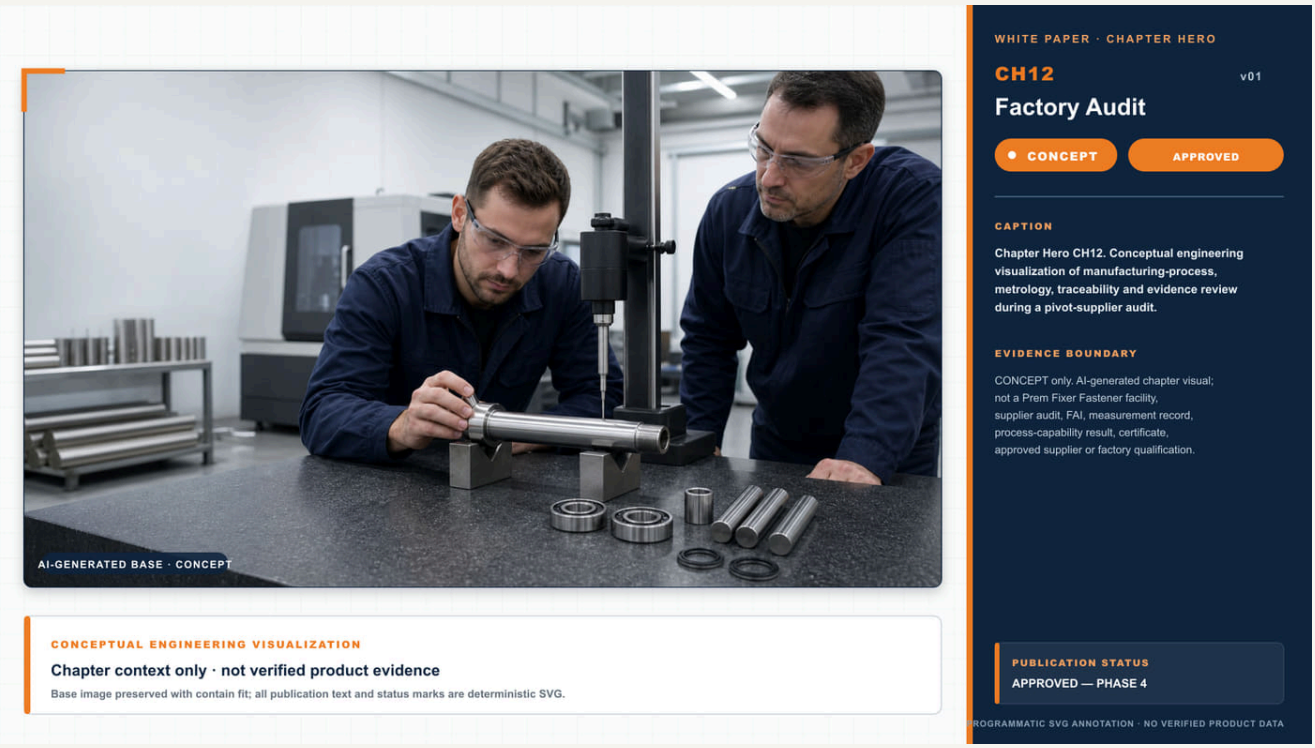
Como mínimo:

- plano
- FAI
- MTC
- recubrimiento
- CTQ
- par
- corrosión
- trazabilidad

Capítulo 12: auditoría de fábrica del proveedor

12. Auditoría de ingeniería de 100 puntos

Módulo	Puntos
Ingeniería y DFM	15
Material y trazabilidad	10
CNC / proceso de precisión	15
Proceso de rosca	10
Tratamiento superficial	10
Medición / MSA	15
Calidad / SPC	10
Embalaje / trazabilidad	5
ESG / conformidad química	5
Entrega / control de cambios	5
Total	**100**



CH12 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH12. Visualización conceptual de ingeniería de la revisión de procesos de fabricación, metrología, trazabilidad y evidencias durante una auditoría de proveedor de pivotes. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

12.1 Ingeniería y DFM — 15

Comprobar:

- revisión de planos
- apilamiento de tolerancias
- interfaz de rodamiento
- plano de cortadura
- compensación de recubrimiento
- comprensión de par–fuerza de sujeción
- mantenibilidad
- control de cambios

12.2 Material — 10

- MTC
- colada/lote
- segregación
- inspección de entrada
- verificación de grado
- vinculación de certificados

12.3 CNC — 15

- capacidad de máquina
- control de programa
- dispositivo
- vida de herramienta
- compensación
- medición en proceso

12.4 Rosca — 10

- ruta de laminado / corte
- calibre
- salida
- rebaba
- integridad de la raíz
- trazabilidad

La investigación pública sobre fatiga respalda que la ruta de fabricación de la rosca se trate como una variable importante de ingeniería. [R3]

12.5 Superficie — 10

- fuente homologada
- pretratamiento
- espesor
- niebla salina
- fricción
- fragilización por H
- lote
- conformidad química

12.6 Medición — 15

No preguntar solamente:

> «¿Hay CMM?»

Preguntar:

> **«¿El calibre correspondiente a la CTQ es realmente suficiente?»**

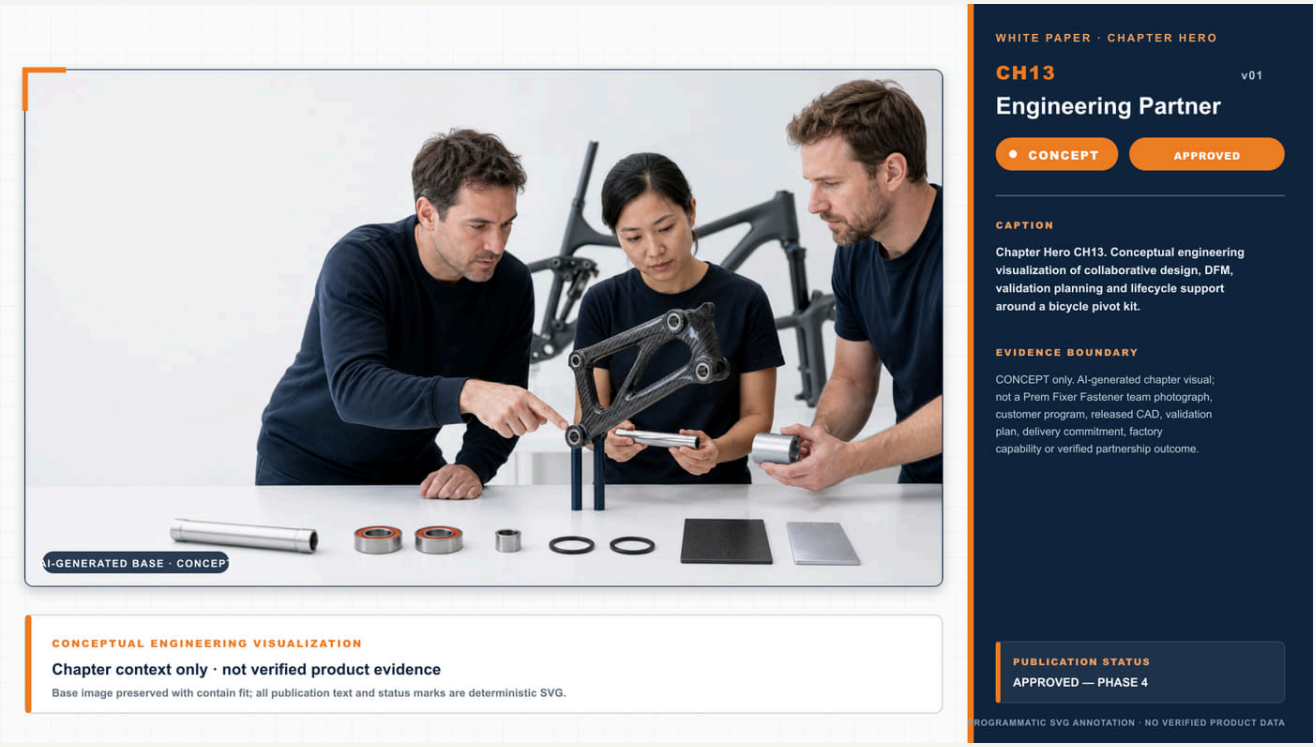
El equipo puede incluir:

- micrómetro
- calibre neumático
- visión
- CMM
- rugosidad
- espesor de recubrimiento
- dureza
- par / fuerza de sujeción
- niebla salina

Capítulo 13: modelo de colaboración basado en evidencias de PremFixer Fasteners

13. De proveedor de fijaciones a socio de ingeniería de pivotes

> Este capítulo define el método de trabajo del proyecto PremFixer Fasteners V2.0.
> Cualquier capacidad de rendimiento concreta que «la fábrica ya posea» solo podrá entrar en la versión pública final después de obtener evidencias reales.



CH13 · Imagen de capítulo — Imagen de capítulo CH13. Visualización conceptual de ingeniería del diseño colaborativo, DFM, planificación de validación y asistencia durante el ciclo de vida en torno a un kit de pivote de bicicleta. **Solo CONCEPT.** Esta imagen no constituye evidencia de producto, fábrica, inspección, ensayo, rendimiento de campo ni certificación de PremFixer Fasteners.

13.1 Ingeniería orientada al valor

Proceso objetivo:

Requisito del cliente
→ DFM
→ Revisión del riesgo de fallo
→ Material / recubrimiento

→ **Prototipo**
→ **FAI**
→ **DVP&R**
→ **Piloto**
→ **Producción en serie**
→ **Trazabilidad de lotes**
→ **Comentarios de campo**

13.2 Paquete de evidencias de Hero SKU

Selección prioritaria:

Hero A — Aligeramiento

7075 / hueco / enfoque en la masa

Hero B — Premium

Ti / mantenibilidad / control del gripado

Hero C — Durabilidad

Acero / corrosión / fatiga / recubrimiento

Para cada SKU establecer:

```
01_Plano
02_CAD
03_Material
04_Dimensión
05_MSA
06_Proceso
07_Recubrimiento
08_Par
09_Resistencia
10_Corrosión
11_Vibración
12_Montaje
13_Trazabilidad
14_Fotos_de_producto
15_Fotos_de_fábrica
16_Figuras_del_libro_blanco
```

13.3 Evidencias que deben cerrarse en el primer lote

P0-1 Capacidad del vástago funcional

Objetivo:
Demostrar la capacidad dimensional real de producción en serie.

P0-2 Trazabilidad del material

Objetivo:
MTC → SKU → lote.

P0-3 Recubrimiento

Objetivo:
pila específica + espesor + niebla salina + declaración química.

P0-4 Par–fuerza de sujeción

Objetivo:
curva real de recubrimiento/lubricante/bloqueo.

P0-5 Montaje repetido

Objetivo:
ciclo de instalación/desmontaje.

P0-6 Bloqueo

Objetivo:
vibración transversal comparativa.

P0-7 Trazabilidad

Objetivo:
PO → lote terminado → recubrimiento → CNC → material.

13.4 El cliente final no recibe solo una oferta

Un proyecto maduro de pivote puede entregar:

1. Oferta
2. Revisión DFM
3. Plano
4. Certificado de material
5. FAI
6. Especificación de par / montaje
7. DVP&R
8. Plan de control
9. Trazabilidad

10. Plan de embalaje / kit de repuestos

Esto es una:

> **Colaboración de ingeniería y fabricación de hardware de pivote para bicicletas**

Capítulo 14: conclusiones de ingeniería V2.0

14. Conclusiones de ingeniería

Tras la primera fase de fundamentación con normas públicas, investigación revisada por pares y prácticas técnicas oficiales de marcas MTB, este libro blanco puede formular las siguientes conclusiones sólidas:

Conclusión 1

El hardware de pivote no puede diseñarse únicamente con la mentalidad de una fijación estándar.

Desempeña simultáneamente funciones de eje de precisión, precarga de unión, interfaz de rodamiento y hardware de servicio.

Conclusión 2

El par no es la fuerza de sujeción.

Cualquier cambio de recubrimiento, lubricación, fijador de roscas o superficie conjugada puede modificar la precarga real.[R2][R17]

Conclusión 3

El ajuste funcional es más importante que «una única cifra de tolerancia».

El fretting está relacionado con el pequeño movimiento relativo, el ajuste y el estado de contacto.[R5][R6]

Conclusión 4

La niebla salina no es un reloj de vida en campo.

La propia ISO 9227 no respalda convertir directamente resultados de niebla salina en vida útil prolongada.[R19]

Conclusión 5

Las interfaces CFRP / aluminio deben gestionar la corrosión galvánica.

El aislamiento de materiales, recubrimiento, sellado y drenaje forman parte del diseño estructural.[R11][R28]

Conclusión 6

El valor de alta gama del titanio debe gestionar simultáneamente el gripado y la fricción del par. [R12]

Conclusión 7

Las piezas de acero de alta resistencia electrodepositadas deben gestionar la fragilización por hidrógeno. [R20]-[R23]

Conclusión 8

La ruta de fabricación de la rosca es una variable de ingeniería de fatiga. [R3]

Conclusión 9

La mantenibilidad no es un complemento de posventa, sino un KPI de diseño del sistema de pivote. [R9][R10]

Conclusión 10

Una E-MTB necesita un espectro de cargas propio, no una copia directa de la validación de una MTB analógica. [R36]

Apéndice A: matriz de selección de materiales

Material	Densidad	Potencial de resistencia	Corrosión	Gripado	Aligeramiento	Función típica
6061-T6	baja	media	buena con acabado	bajo	alto	separador / carga moderada
7075-T6	baja	alta	dependiente de la interfaz	bajo–medio	muy alto	eje/perno ligero
Ti-6Al-4V	media	muy alta	alta	preocupación alta	alto	eje/perno premium
Acero aleado	alta	muy alta	dependiente del recubrimiento	bajo–medio	bajo	carga alta / sección compacta
Acero inoxidable	alta	dependiente del grado	alta	medio–alto	bajo	corrosión/servicio

Apéndice B: cribado del riesgo galvánico

> Lo siguiente es un cribado de diseño, no una tabla exacta de potencial galvánico.

Combinación	Riesgo con humedad/sal	Acción principal
Al ↔ Al	medio	acabado + sellado
Al ↔ inoxidable	medio–alto	aislamiento + sellado
Al ↔ titanio	medio–alto	barrera / sellado
CFRP ↔ aluminio	alto	aislamiento eléctrico
Titanio ↔ inoxidable	galvánico bajo–medio, revisar gripado	lubricante / servicio
Acero ↔ aluminio	medio–alto	recubrimiento + aislamiento

Apéndice C: matriz de ingeniería de superficies

Proceso	Base	Valor principal	Riesgo clave
Anodizado	Al	corrosión / apariencia	acumulación / ajuste
Anodizado duro	Al	desgaste / corrosión	efecto dimensional
Sistema Zn	acero	corrosión	fragilización por H / fricción
Zn-Ni	acero	corrosión	proceso / par
Laminillas de zinc	acero	corrosión / función	ajuste / fricción
PVD	varios	desgaste / apariencia	corrosión dependiente del sistema
Pasivación	inoxidable	estado superficial	el grado base sigue importando
Antiagarrotamiento	rosca	reducción del gripado	recalibración del par

Apéndice D: hoja de trabajo par–fuerza de sujeción

Proyecto:

Cuadro:

Posición del pivote:

PN:

Revisión del plano:

Material:

Rosca:

Recubrimiento:

Lubricación:

Fijador de roscas:

Material de la rosca hembra:

Par objetivo:

Tolerancia del par:

Sujeción objetivo:

Ventana de sujeción:

Par de desmontaje:

Ciclos de reutilización:

Apéndice E: plantilla principal DVP&R

Requisito	Fallo	Ensayo	Método	Muestra	Aceptación	Evidencia
Ajuste	fretting	dimensional + unión	interno			
Precarga	dispersión	par–fuerza de sujeción	basado en ISO 16047			
Bloqueo	autoaflojamiento	vibración transversal	definido por proyecto			
Corrosión	corrosión roja	NSS	ISO 9227			
Servicio	gripado	montaje repetido	interno			
Estructura	fatiga	ensayo del cuadro	ISO/cliente			

Apéndice F: lista de comprobación DFM

Geometría

- ☐ plano de cortadura fuera de la rosca cuando sea necesario
- ☐ el resalto soporta la interfaz funcional
- ☐ radio suficiente
- ☐ transición hueca revisada
- ☐ acoplamiento de herramienta suficiente
- ☐ acoplamiento de rosca suficiente

Ajuste

- ☐ rodamiento
- ☐ vástago
- ☐ separador
- ☐ cuadro / bieleta
- ☐ recubrimiento
- ☐ apilamiento final

Material

- ☐ grado
- ☐ resistencia
- ☐ fatiga
- ☐ corrosión
- ☐ gripado
- ☐ efecto galvánico

Montaje

- ☐ par
- ☐ sujeción
- ☐ fijador de roscas
- ☐ lubricación
- ☐ prevención de errores

Servicio

- ☐ par de desmontaje

- ☐ reutilización
- ☐ PN de repuesto
- ☐ acceso de herramienta
- ☐ agarrotamiento por corrosión

Apéndice G: evidencias públicas → verificación interna

Afirmación de ingeniería	Respaldada por evidencia pública	PremFixer Fasteners debe verificar
Par ≠ sujeción	sí	nuestras curvas
La carga transversal puede aflojar	sí	nuestra unión
Fretting por micromovimiento	sí	nuestro ajuste / sujeción
El preaplicado es una práctica madura	sí	nuestro ritmo / bloqueo
Riesgo galvánico CFRP/Al	sí	nuestra pila de materiales
Riesgo de gripado de Ti	sí	nuestra lubricación / desmontaje
Riesgo de fragilización por H	sí	nuestro proceso de electrodeposición
Mecanismo de fatiga de rosca laminada	sí	fatiga de nuestro producto
Límites de NSS	sí	nuestro informe de recubrimiento
El entorno E-MTB es diferente	sí	nuestro espectro de cargas

Apéndice H: ilustraciones recomendadas para el libro blanco

1. Vista explosionada del sistema de pivote
2. Ruta de carga rodamiento–eje–separador
3. Diagrama de apilamiento de tolerancias
4. Ventana de ingeniería par–fuerza de sujeción
5. Acumulación de recubrimiento antes/después
6. Curva de retención de sujeción tipo Junker
7. Ruta de corrosión galvánica
8. Arquitectura de sellado multicapa
9. Árbol de fallos de crujido
10. Ilustración del flujo metálico del laminado de roscas
11. Iceberg de TCO
12. Niveles de evidencia E0–E5
13. Cadena de trazabilidad de lotes
14. Matriz XC / Trail / Enduro / DH / E-MTB

Apéndice I: glosario

Término	Equivalente en español	Explicación
Pivot	pivote / punto de giro	punto de rotación de la bieleta de suspensión
Shank	vástago	tramo funcional no roscado
Shoulder	resalto	escalón de posicionamiento/apoyo
Clamp Load	fuerza de sujeción	fuerza de apriete axial de la unión
Preload	precarga	carga interna inicial del elemento de fijación
Fretting	desgaste por micromovimiento	daño de contacto de pequeña amplitud
Galling	gripado	desgaste adhesivo severo/agarrotamiento
Runout	excentricidad	desviación geométrica en rotación
Threadlocker	fijador de roscas	sistema químico de bloqueo
TCO	coste total de propiedad	coste del ciclo de vida
DVP&R	plan e informe de validación de diseño	matriz de validación
CTQ	característica crítica para la calidad	característica Critical-to-Quality
MSA	análisis del sistema de medición	capacidad del sistema de medición
Cpk	índice de capacidad del proceso	índice de capacidad del proceso

Referencias

> Esta lista se basa en metadatos públicos, resúmenes y documentación técnica oficial. Los textos completos de normas ISO están protegidos por derechos de autor y este proyecto no los reproduce. Antes de la publicación pública final deben comprobarse de nuevo la URL, revisión y ámbito de aplicación de todos los recursos en línea.

[R1] Yang, G., Yang, L., Chen, J., et al. (2021). *Competitive Failure of Bolt Loosening and Fatigue under Different Preloads*. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 34, 141. DOI: 10.1186/s10033-021-00663-3.
https://link.springer.com/article/10.1186/s10033-021-00663-3

[R2] Croccolo, D., De Agostinis, M., Vincenzi, N. (2011). *Failure analysis of bolted joints: Effect of friction coefficients in torque–preloading relationship*. Engineering Failure Analysis.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630710001676

[R3] du Maire, P., Hoffmeister, J., Öchsner, A., Johlitz, M. (2025). *Investigations On The Fatigue Strength Of Threads Produced By Different Fabrication Techniques*. 15th International Conference on Shot Peening / Purdue e-Pubs. DOI: 10.5703/1288284317919.
https://docs.lib.purdue.edu/icsp15/papers/fatigue1/2/

[R4] Chen, D. et al. (2019). *Tightening behavior of bolted joint with non-parallel bearing surface*. International Journal of Mechanical Sciences.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002074031833409X

[R5] SKF. *Golden opportunities / Fretting Corrosion*.
https://evolution.skf.com/golden-opportunities/

[R6] SKF. *Bearing damage analysis: ISO 15243 is here to help you*.
https://evolution.skf.com/bearing-damage-analysis-iso-15243-is-here-to-help-you/

[R7] Bulej, V., Kuric, I., Sága, M., et al. (2022). *Analysis of Symmetrical/Asymmetrical Loading Influence of the Full-Suspension Downhill Bicycle's Frame...*. Symmetry, 14(2), 255. DOI: 10.3390/sym14020255.
https://www.mdpi.com/2073-8994/14/2/255

[R8] Pivot Cycles. *Mach 429 SL Carbon V3 Hardware / Small Parts Schematic*.
https://portal.pivotcycles.com/portalimages/techspec/Mach%20429%20SL%20V3%20Small%20Parts%20Schematic.pdf

[R9] Santa Cruz Bicycles Rider Support (2026). *Bearing and Pivot Axle Maintenance*.
https://ridersupport.santacruzbicycles.com/how-often-should-i-replace-bearings-and-pivot-axles

[R10] Specialized. Páginas actuales del producto Stumpjumper 15 — asistencia de sustitución de rodamientos de pivote de suspensión.
https://www.specialized.com/us/en/stumpjumper-15-expert-sram-gx-axs-fox-performance-elite/p/4221401

[R11] Håkansson, E. et al. (2017). *The role of corrosion product deposition in galvanic corrosion of aluminum/carbon systems*. Corrosion Science.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010938X16309659

[R12] Szpunar, M. et al. (2021). *Effect of Lubricant Type on the Friction Behaviours and Galling of Titanium Alloy*. Materials, 14(13), 3721.
https://www.mdpi.com/1996-1944/14/13/3721

[R13] Henkel. *Pre-applied adhesives and sealants*.
https://next.henkel-adhesives.com/us/en/articles/pre-applied-adhesives-sealants.html

[R14] Henkel. *LOCTITE DRI 2250-W*.
https://next.henkel-adhesives.com/us/en/products/industrial-adhesives/central-pdp.html/loctite-dri-2250-w/124651IB/variation/2879425.html

[R15] Liu, Z. et al. (2020). *Changing behavior of friction coefficient for high strength bolted joints during repeated tightening*. Tribology International.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301679X20303212

[R17] ISO 16047:2005 + Amd 1:2012. *Fasteners — Torque/clamp force testing*.
https://www.iso.org/standard/27788.html

[R18] ISO 16130:2015. *Aerospace series — Dynamic testing of the locking behaviour of bolted connections under transverse loading conditions*.
https://www.iso.org/standard/55728.html

[R19] ISO 9227:2022. *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*.
https://www.iso.org/standard/81744.html

[R20] ISO 4042:2022. *Fasteners — Electroplated coating systems*.
https://www.iso.org/standard/77913.html

[R21] ISO 4042:2022/Amd 1:2026. *Fasteners — Electroplated coating systems — Amendment 1*.
https://www.iso.org/standard/91743.html

[R22] ISO 15330:1999. *Fasteners — Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement — Parallel bearing surface method*.
https://www.iso.org/ics/21.060.01.html

[R23] ISO/TR 20491:2019. *Fasteners — Fundamentals of hydrogen embrittlement in steel fasteners*.
https://www.iso.org/ics/21.060.01.html

[R24] ISO 10683:2018. *Fasteners — Non-electrolytically applied zinc flake coating systems*.
https://www.iso.org/standard/70609.html

[R25] ISO 3506-1:2020. *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 1*.
https://www.iso.org/standard/70045.html

[R26] ISO/TR 19852:2026. *Neutral salt spray test — Results of an international interlaboratory test and conclusions for practical application*.
https://www.iso.org/standard/86004.html

[R27] ISO 14993:2026. *Corrosion of metals and alloys — Accelerated test involving cyclic exposure to salt mist, dry and wet conditions*.
https://www.iso.org/standard/89968.html

[R28] Jun, J. et al. (2021). *Mitigation of Galvanic Corrosion in Bolted Joint of AZ31B and Carbon Fiber-Reinforced Composite Using Polymer Insulation*. Materials, 14(7), 1670.
https://www.mdpi.com/1996-1944/14/7/1670

[R29] Santa Cruz Bicycles Rider Support (2026). *Stop the Creak: A Guide to Silencing Your Bike*.
https://ridersupport.santacruzbicycles.com/creaking

[R30] Directiva 2011/65/UE (RoHS).
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011L0065

[R31] ISO 14021:2026. *Environmental statements and programmes for products — Self-declared environmental claims*.
https://www.iso.org/obp/ui/

[R32] ISO (2026). *New ISO standards bring clarity to chain of custody*.
https://www.iso.org/contents/news/2026/03/new-iso-standards-bring-clarity.html

[R33] ECHA. *Candidate List of Substances of Very High Concern*.
https://chem.echa.europa.eu/

[R34] ISO 4210-2:2023. *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 2*.
https://www.iso.org/standard/78077.html

[R35] ISO 4210-6:2023. *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 6: Frame and fork test methods*.
https://www.iso.org/standard/78081.html

[R36] Trek Bicycle Corporation. *Rail+ — High-powered e-MTB*. Descripción pública actual del producto.
https://www.trekbikes.com/us/en_US/rail-plus-high-powered-emtb/

Sustituciones de evidencias de PremFixer Fasteners obligatorias antes de la publicación

El contenido siguiente no debe elevarse a afirmación comercial concluyente antes de obtener evidencias propias:

- ☐ capacidad estable de producción de ±0,008 mm
- ☐ Cpk ≥1,33 en CTQ seleccionadas
- ☐ horas específicas de niebla salina
- ☐ rendimiento específico de corrosión de Zn-Ni / PVD
- ☐ curva par–fuerza de sujeción
- ☐ retención de la sujeción bajo vibración
- ☐ número de ciclos de reutilización
- ☐ par de desmontaje de Ti después de envejecimiento
- ☐ controles de fragilización por hidrógeno del acero aleado
- ☐ ahorro de tiempo de ciclo por preaplicado
- ☐ cobertura de detección AOI / PPM
- ☐ registros reales de prototipo en 7–10 días
- ☐ caso de reducción de BOM/SKU
- ☐ caso de cliente de TCO
- ☐ datos de garantía / campo

Cierre

El sistema de pivote de una bicicleta de doble suspensión de alto rendimiento no debe seguir simplificándose en la cadena de suministro como:

> **«Oferta de tornillos especiales M8 / M10 / M12».**

Las verdaderas preguntas de ingeniería son:

- ¿De dónde proceden las cargas de esta unión?
- ¿Cuál es la fuerza de sujeción?
- ¿Cómo se apoya el rodamiento?
- ¿Qué interfaz puede sufrir microdeslizamiento?
- ¿Cuánto cambia el recubrimiento la fricción?
- ¿Puede griparse el titanio?
- ¿Existe riesgo de fractura retardada en el recubrimiento del acero?
- ¿Cómo se aíslan carbono y aluminio?
- ¿Cómo se bloquean el barro y el agua?
- ¿Puede desmontarse normalmente después de dos años?
- Si falla, ¿puede trazarse?

Cuando estas preguntas puedan responderse una por una mediante:

Plano + cálculo + ensayo + datos + trazabilidad

el hardware de pivote habrá evolucionado realmente desde «tornillería de bajo valor» hasta:

> **Un subsistema mecánico controlado para la fiabilidad de la bicicleta.**

Así queda claro también el objetivo de PremFixer Fasteners V2.0:

> **No limitarse a fabricar un perno conforme al plano, sino establecer un sistema de ingeniería de hardware de pivote para bicicletas verificable, producible en serie, mantenible y trazable.**

FIN DE LA EDICIÓN DE EVIDENCIAS V2.0 — CUERPO FORMAL