

Sensorium™ SmartBolt

— Fijador instrumentado

Ficha técnica · [sensorium-smart-bolt-datasheet](#) · Borrador de revisión (preliminar) · 2026-07-18

PRELIMINAR — VALORES PROPUESTOS. Los valores marcados con ‡ son cifras propuestas, típicas del sector para esta clase de producto, aportadas para que ninguna especificación quede en blanco. **No están medidos ni son definitivos**, y ningún valor de este documento constituye una declaración de certificación. Ingeniería debe confirmar cada valor ‡ antes de que esta ficha técnica se publique como definitiva. El SmartBolt proporciona **apoyo al monitoreo — no es un sistema certificado de inspección de salud estructural**. Véase §12 para el control de cambios.



SENSORIUM™

Sensorium™ SmartBolt

Sensorium™ SmartBolt — the instrumented fastener of the Sense layer.

Figura FIG-001 — Sensorium™ SmartBolt, el fijador instrumentado de la capa Sense de la familia Sensorium™.

1. De un vistazo

El **Sensorium™ SmartBolt** es un módulo *Sense* de la familia 5Tech Sensorium™, construido sobre la plataforma de nodos sensores inteligentes BLE: un fijador estructural instrumentado que se instala en lugar de un perno estándar. Un elemento sensor de precarga alojado en la **cavidad instrumentada de la cabeza** mide directamente la **fuerza de apriete (precarga)** axial, junto con **señales de temperatura, vibración y aflojamiento**, y transmite esos datos por **Bluetooth Low Energy** al **Sensorium™ Gateway**. En el **5Tech Platform**, los datos respaldan el **monitoreo de condición, la visibilidad de tendencias y las alertas de mantenimiento** — apoyo al monitoreo, **no** una inspección de salud estructural certificada ni un sustituto de la inspección programada.

Producto	Sensorium™ SmartBolt (Fijador instrumentado)
Familia / función	Sensorium™ · Sense
Función	Monitoreo en el fijador de precarga/fuerza de apriete, temperatura, vibración y aflojamiento (apoyo al monitoreo)
Detección	Elemento sensor de precarga en la cavidad instrumentada de la cabeza; acelerómetro MEMS; sensor de temperatura en la cabeza
Tamaño / grado	Familia M12–M24; clase de propiedad 8.8 / 10.9 / 12.9 según ISO 898-1
Resistencia	Vástago portante sin mecanizar — conserva la resistencia nominal completa de su clase de propiedad
Conectividad	Bluetooth Low Energy 5.x al Sensorium™ Gateway
Envolvente / IP	Cabeza hexagonal sellada con antena integrada en la cabeza; IP67 (IEC 60529)
Alimentación	Celda primaria de Li-SOCl ₂ sellada de por vida; vida útil ≥ 10 años (no reemplazable en campo)

Características principales

- **Sustituto mecánico directo** de un fijador estructural de grado equivalente: toda la electrónica, la celda primaria y la antena residen en una **cavidad instrumentada de la cabeza**, y el **vástago** portante **no se mecaniza ni se perfora**, por lo que el perno conserva la **resistencia nominal completa (carga de prueba, tracción y fatiga)** de su clase de propiedad ISO 898-1 (véase §5).

- **Medición directa de precarga** — un elemento sensor en la cavidad de la cabeza informa la fuerza de apriete axial con **$\pm 2\%$ de la lectura**, de modo que las uniones se tensan a una carga de apriete *medida* en lugar de un valor de par inferido.
- **Detección de temperatura, vibración y aflojamiento** en el fijador para señalar pérdida de precarga y condición anómala de la unión a lo largo del tiempo.
- Transmisión **BLE 5.x** al Sensorium™ Gateway — sin tendidos de cableado por perno; antena en la cabeza expuesta.
- **Celda de Li-SOCl₂ sellada de por vida**, vida útil **≥ 10 años**; no reemplazable en campo — ruta de retirada al final de la vida útil y **eliminación como residuo peligroso** en §8.
- Alimenta el **5Tech Platform** para el monitoreo de condición, las tendencias y las alertas de mantenimiento — **apoyo** al monitoreo, no un reemplazo de las comprobaciones periódicas manuales de par / inspección.

Aplicaciones típicas

- Uniones estructurales y de equipos donde conviene monitorear la precarga / el aflojamiento del fijador.
- Monitoreo de obras de construcción y de activos (junto con Zone Awareness) a través del 5Tech Platform.
- Programas de mantenimiento basado en condición que desean tendencias de precarga / aflojamiento del fijador junto con la inspección.

2. Contexto del sistema

El SmartBolt es un dispositivo **Sense**: origina datos. Sus mediciones ascienden a través del **Sensorium™ Gateway** (Connect) hasta el **5Tech Platform** (Decide), donde el monitoreo, la automatización y la asistencia de IA convierten las tendencias de precarga y aflojamiento en alertas, tendencias y recomendaciones de mantenimiento.

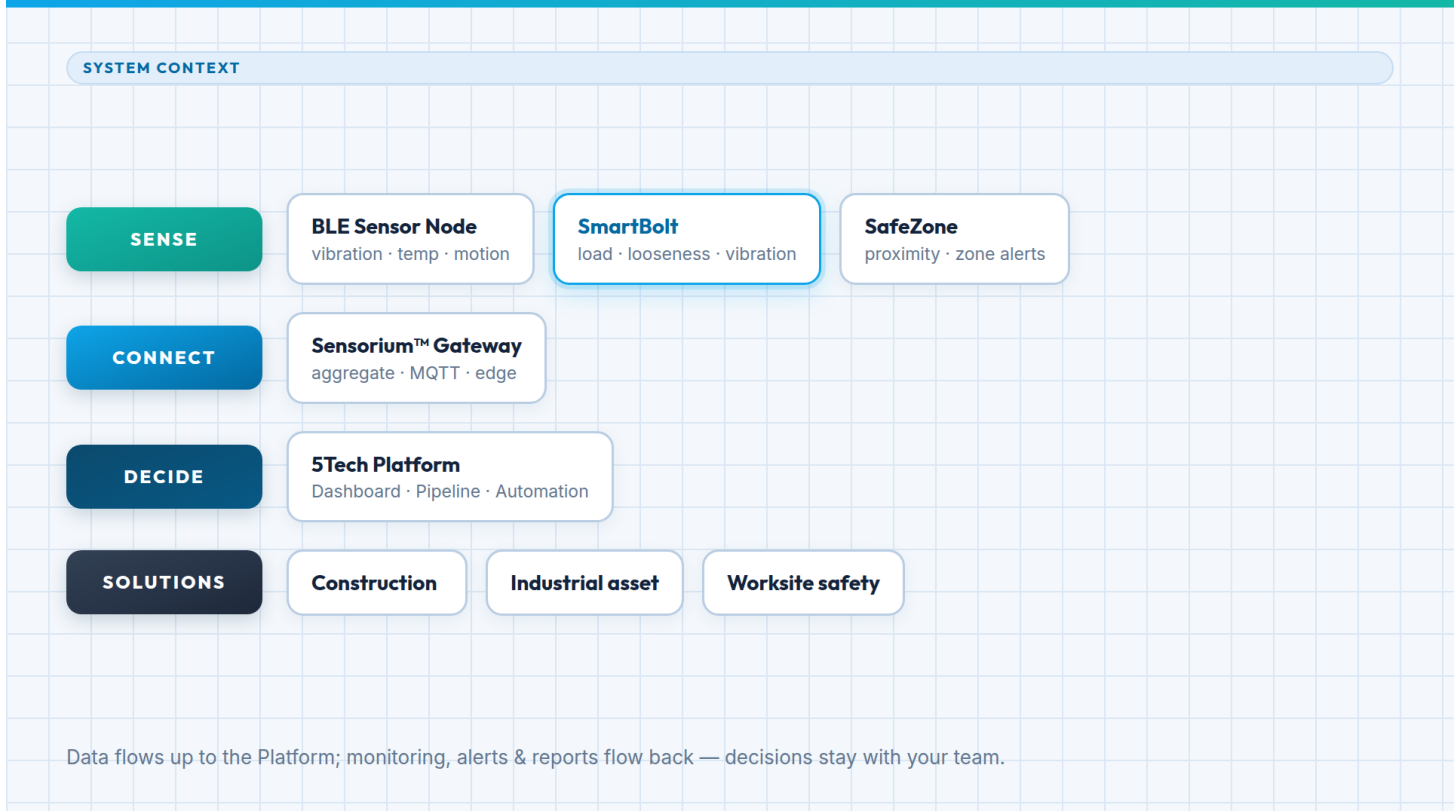


Figura FIG-002 — Sense → Connect → Decide. El SmartBolt es un dispositivo Sense que transmite por BLE al Gateway.

- **Sense** — el **Sensorium™ SmartBolt** (detección de precarga / vibración) y los dispositivos Zone Awareness.
- **Connect** — el Sensorium™ Gateway agrega y preprocesa los datos del SmartBolt.
- **Decide** — el 5Tech Platform (Monitoreo · Automatización · Asistencia de IA) convierte los datos en tendencias y alertas de mantenimiento.
- **Soluciones** — Construction Sites Monitoring se construye sobre esta cadena.

3. Descripción funcional

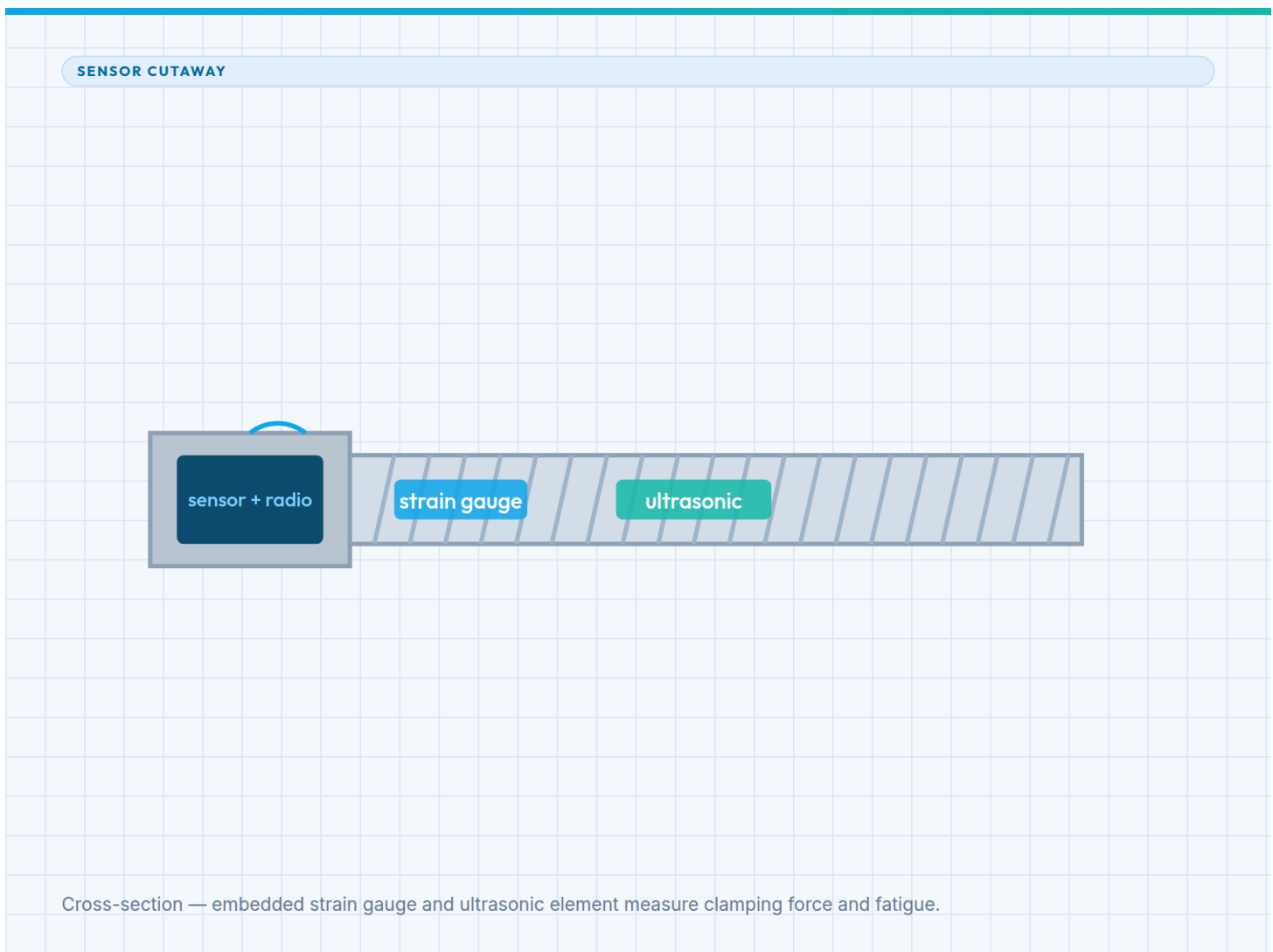


Figura FIG-003 — Sección longitudinal: elemento sensor de precarga, electrónica, celda primaria y antena alojados en la cavidad instrumentada de la cabeza; el vástago portante permanece sin modificar.

El SmartBolt integra la detección y la radio dentro de una **cavidad instrumentada de la cabeza**, de modo que la unión mecánica y el punto de medición son uno y el mismo, **sin debilitar el vástago portante**:

1. **Detección de precarga** — un elemento sensor en la cavidad de la cabeza ($\pm$, método pendiente de confirmación por ingeniería) responde a la carga de apriete axial que soporta el perno, aportando una **fuerza de apriete / precarga medida** en servicio en lugar de un valor de par inferido.
2. **Detección de temperatura** — un sensor de temperatura en la cabeza del perno informa la temperatura del fijador, tanto como señal de condición de la unión como para compensar la lectura de precarga con la temperatura.
3. **Detección de vibración y aflojamiento** — un acelerómetro MEMS monitorea la vibración y las señales relacionadas con el movimiento a lo largo del tiempo para señalar **aflojamiento y**

pérdida de precarga.

4. **Transmisión inalámbrica** — la electrónica alojada en la cabeza transmite las mediciones por **Bluetooth Low Energy** al Sensorium™ Gateway mediante una antena en la cabeza expuesta.
5. **Monitoreo** — en el 5Tech Platform, las tendencias de precarga, temperatura y aflojamiento se visualizan y generan **alertas y recomendaciones** de mantenimiento (apoyo al monitoreo, no inspección de salud estructural certificada).

Ruta de datos: *detección en el perno (cavidad de la cabeza) → radio BLE en la cabeza → Sensorium™ Gateway → 5Tech Platform (monitoreo y alertas)*. El diseño exacto del elemento sensor, el muestreo y los rangos de medición son ‡ propuestos y están sujetos a confirmación por ingeniería.

4. Información de pedido

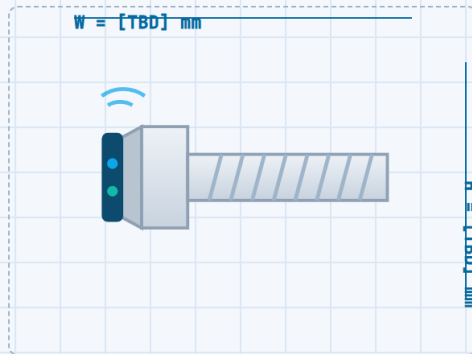
Los códigos de pedido siguientes son el esquema propuesto; el identificador base y los sufijos son ‡ y están pendientes de confirmación. Configurar = tamaño base + clase de propiedad + opción de longitud/recubrimiento. Un tamaño de rosca y una clase de propiedad por código de pedido.

CÓDIGO DE PEDIDO	CONFIGURACIÓN	NOTAS
SEN-SB-100 ‡	SmartBolt base	Detección de precarga / temperatura / vibración, BLE al Gateway; tamaño + clase según sufijo
SEN-SB-100-L ‡	Variante de longitud alternativa	Misma instrumentación, distinta longitud de vástago / agarre
SEN-SB-100-X ‡	Variante extendida / especial	Clase de propiedad o variante de recubrimiento alternativa

El tamaño (M12–M24‡) y la clase de propiedad (8.8 / 10.9 / 12.9‡) se seleccionan por código de pedido; accesorios en §10.

5. Especificaciones mecánicas

DIMENSION DRAWING



Orthographic outline with principal dimensions and mounting pattern — values indicative, confirm before use.

Figura FIG-005 — Alzado con longitud total, rosca y dimensiones entre caras (mm). Valores $\neq$ propuestos.

PARÁMETRO	VALOR	CONDICIÓN / NOTA
Familia de tamaño de rosca nominal	M12–M24‡ (métrica ISO paso grueso)	Un tamaño por código de pedido; sustituto directo de un perno estándar de grado equivalente
Clase de propiedad	8.8 / 10.9 / 12.9‡	Según ISO 898-1 ; seleccionable por código de pedido; clase marcada en la cabeza
Integración de la resistencia	Cavidad de la cabeza instrumentada; vástago sin mecanizar‡	Conserva la resistencia nominal completa de la clase de propiedad (véase la nota de resistencia más abajo)
Longitud total	60–200‡ mm	Según variante / longitud de agarre de la unión
Longitud de rosca	Según ISO 4014 / 4017‡	Parcial o totalmente roscado según variante
Tipo de cabeza / entre caras	Hexagonal, perfil DIN 931 / 933‡	Cabeza agrandada para alojar la instrumentación; entre caras según tamaño
Peso	p. ej. 70 g (M12) ... 480 g‡ (M24)	La cabeza instrumentada añade masa frente a un perno simple
Recubrimiento / acabado	Escamas de zinc según ISO 10683‡ (sin Cr(VI))	Clase de niebla salina en §8
Protección contra ingreso	IP67‡ (IEC 60529)	Conjunto de cabeza sellado de por vida; véase §8
Vida a fatiga	$\geq 2 \times 10^6$ ‡ ciclos de carga	Amplitud de esfuerzo alterno $\sigma_A \leq 50$ MPa‡ sobre el área resistente respecto a la precarga instalada, según curva S-N de VDI 2230 ; igual a la de un fijador sin modificar de la misma clase

Resistencia y desclasificación. Toda la electrónica, la celda primaria y la antena se alojan en una **cavidad instrumentada de la cabeza**; el **vástago portante no se mecaniza, no se perfora ni se le practica un taladro para galga extensométrica**. Por lo tanto, el SmartBolt conserva la **carga de prueba, la resistencia a la tracción y la vida a fatiga nominales completas** de su clase de propiedad ISO 898-1, y es un **sustituto directo defendible de un fijador de grado equivalente** — **no se aplica ningún factor de desclasificación de resistencia** al vástago. (Si una variante futura mecanizara un taladro para galga extensométrica en el vástago, aquí se indicaría en su lugar un factor de desclasificación sobre la carga de prueba/tracción.)

Carga de prueba y tracción por tamaño (calculadas para la clase representativa **10.9**; los valores escalan según la clase seleccionada conforme a ISO 898-1 y son ‡ hasta que exista un

TAMAÑO	ÁREA RESISTENTE A_S	CARGA DE PRUEBA F_P‡ (10.9, S_P = 830 MPA)	TRACCIÓN MÍN. F_M‡ (10.9, R_M = 1040 MPA)	PRECARGA DE INSTALACIÓN TÍP.‡ (≈ 0.7 F_P)
M12	84.3 mm²	70 kN	88 kN	49 kN
M16	157 mm²	130 kN	163 kN	91 kN
M20	245 mm²	203 kN	255 kN	142 kN
M24	353 mm²	293 kN	367 kN	205 kN

Apriete y control de precarga. La instalación es **controlada por precarga**: se utiliza la **lectura de precarga en vivo** del SmartBolt para tensar la unión hasta su carga de apriete objetivo, en lugar de basarse en un valor de par. Cuando se publica un par de apriete de *referencia*, este supone la clase 10.9 con una condición de rosca/apoyo bajo cabeza lubricada (**factor de apriete $k = 0.14‡$**) mediante $T = k \cdot F \cdot d$ — p. ej., una unión M20 de clase 10.9 tensada a ≈ 142 kN corresponde a ≈ 398 N·m‡ con $k = 0.14$. El par es solo una comprobación cruzada; la carga de apriete real la establece la precarga **medida**, según el diseño de uniones de **VDI 2230**. El rango y la exactitud de medición de la fuerza de apriete están en §6.

6. Especificaciones eléctricas y de detección

Todos los valores son ‡ propuestos y se indican con su condición de medición. El SmartBolt es un nodo inalámbrico autoalimentado; no hay conexiones eléctricas externas.

PARÁMETRO	MÍN	TÍP	MÁX	UNIDAD	CONDICIÓN
Rango de medición de precarga / fuerza de apriete	0	—	290‡	kN	Rango de familia M12–M24; por tamaño = 0...carga de prueba de la clase seleccionada (§5)
Exactitud de medición de precarga	—	±2‡	—	% de la lectura	–20 ... +80 °C, referida a una celda de carga calibrada (ISO 376‡)
Resolución de precarga	—	0.1‡	—	kN	@ 25 °C
Rango de medición de temperatura	–40‡	—	+85‡	°C	En la cabeza del perno
Exactitud de temperatura	—	±2‡	—	°C	–20 ... +80 °C
Detección de vibración / aflojamiento	—	—	±16‡	g	Acelerómetro MEMS, 0–2 kHz‡; señales relacionadas con el movimiento
Intervalo de muestreo / reporte	1‡	60‡	1440‡	min	Configurable a través del Platform; predeterminado 60 min‡
Radio	—	+4‡	—	dBm	BLE 5.x, potencia de TX conducida a 2.4 GHz; véase §7
Fuente de alimentación	—	—	—	—	Celda primaria de Li-SOCl ₂ sellada de por vida‡; no reemplazable en campo (véase eliminación en §8)
Vida útil de la batería	10‡	—	—	años	@ intervalo de reporte de 60 min‡, 25 °C; supera la vida a fatiga monitoreada típica (§5)

7. Interfaces y protocolos

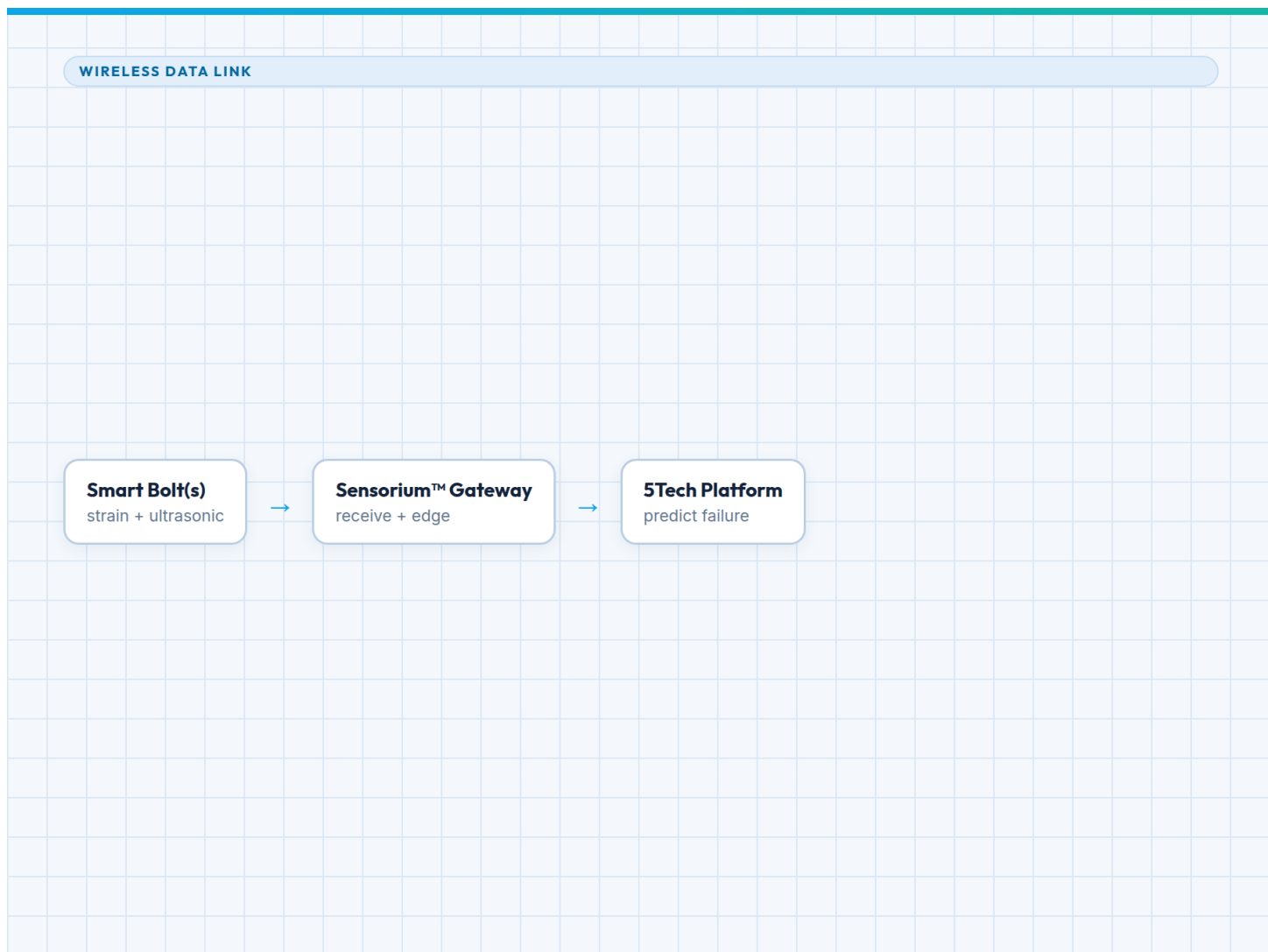


Figura FIG-004 — Múltiples SmartBolts transmiten datos de precarga, temperatura y vibración por BLE a un único Sensorium™ Gateway.

INTERFAZ	ESPECIFICACIÓN	NOTAS
Enlace ascendente inalámbrico	Bluetooth Low Energy 5.x, 2.4 GHz	Al Sensorium™ Gateway
Antena	Integrada en la cabeza hexagonal expuesta ‡	Irradia desde la cabeza, por encima de la cara de la unión; el vástago y el acero de la unión quedan por debajo de la antena
Alcance inalámbrico	10 m‡ instalado / 30 m‡ al aire libre	+4 dBm‡ de TX, BLE, con visión directa; instalado = perno apretado en una unión de acero (el acero atenúa), al aire libre = sin obstrucción
Pernos por Gateway	Hasta 50‡ nodos Sensorium/Gateway	Los SmartBolts comparten el presupuesto de nodos BLE del Gateway con los nodos Zone Awareness
Aprovisionamiento / puesta en servicio	Herramienta manual de activación/enrolamiento + ID de dispositivo‡	Asociación en campo a un Gateway
Carga útil	Señales de precarga/fuerza de apriete, temperatura, vibración y aflojamiento	Transmitidas al 5Tech Platform a través del Gateway

Seguridad. El enlace BLE SmartBolt ↔ Gateway utiliza emparejamiento **BLE LE Secure Connections**‡; el Gateway proporciona el enlace ascendente autenticado y cifrado al 5Tech Platform (MQTT sobre TLS). El SmartBolt **no** se conecta directamente al Platform.

8. Entorno y clasificaciones

Los fijadores estructurales operan en entornos exteriores, sometidos a carga y con vibración. Todas las cifras siguientes son objetivos ‡ propuestos, aún no verificados por ensayo.

PARÁMETRO	VALOR	ESTÁNDAR / CONDICIÓN
Protección contra ingreso	IP67‡	IEC 60529; conjunto de cabeza sellado de por vida
Temperatura de operación	−40 °C a +85 °C‡	Ambiente, bajo carga
Temperatura de almacenamiento	−40 °C a +85 °C‡	Límite de almacenamiento de la celda de Li-SOCl ₂
Humedad	5–100 % HR‡	Condensación permitida (cabeza sellada, IP67)
Vibración	10–500 Hz, 10 g‡, 20 barridos/eje	IEC 60068-2-6, instalado en una unión representativa
Choque	50 g‡, semisenoidal de 11 ms, 3 choques/eje/dirección	IEC 60068-2-27
Inmunidad a ESD	±8 kV contacto / ±15 kV aire‡	IEC 61000-4-2
Inmunidad a RF radiada	10 V/m, 80 MHz–2.7 GHz‡	IEC 61000-4-3
Resistencia a la corrosión	≥ 720 h‡ de niebla salina neutra, sin óxido rojo	ISO 9227 (NSS); recubrimiento de escamas de zinc según ISO 10683

Fin de la vida útil y eliminación. La celda primaria está **sellada dentro de la cabeza de por vida y no puede reemplazarse**. Al final del servicio, retire el fijador **intacto** (no lo abra, mecanice, caliente ni incinere — véase el capítulo de Seguridad del manual) y elimínelo como **residuo peligroso / dispositivo que contiene una batería de litio** según la normativa local. **No** lo deposite en residuos generales ni de chatarra metálica. El transporte de baterías está sujeto a **UN 38.3** (véase §9).

9. Cumplimiento y estándares

Actualmente no se posee ninguna certificación. La tabla enumera el programa de certificación previsto; ninguna marca de las siguientes puede exhibirse en el producto, el embalaje o el material de marketing hasta que se certifique con un informe en archivo (registrado en `references.md`).

ÁREA	ESTÁNDAR PREVISTO	ESTADO
Radio / telecomunicaciones (por región)	FCC Part 15 / ISED RSS-247 / RED (UE) para la radio BLE de 2.4 GHz‡	Planificado — aún no presentado
Clase de propiedad mecánica del fijador	ISO 898-1 (carga de prueba, tracción, dureza)‡	Planificado — ensayo de conformidad aún no en archivo
CEM (radio)	EN 301 489-1 / -17‡	Planificado — aún no ensayado
Ambiental (materiales)	RoHS (UE 2011/65) / REACH‡	Planificado — declaración pendiente
Transporte de baterías	UN 38.3 (celda primaria de litio)‡	Planificado — evaluación pendiente

Se requiere la homologación de tipo de radio antes de que el producto pueda venderse en cualquier mercado; aún no se posee. El SmartBolt es apoyo al monitoreo y no es un sistema certificado de monitoreo de salud estructural (SHM) ni de inspección estructural; no se realiza ni se implica ninguna afirmación de ese tipo.

10. Accesorios y productos relacionados



Figura FIG-006 — Variantes de tamaño/tipo del SmartBolt junto con tuercas, arandelas y herramientas de campo emparejadas.

ARTÍCULO	CÓDIGO DE PEDIDO	PROPÓSITO
Tuerca emparejada	SEN-SB-ACC-NUT ‡	Herraje de acoplamiento correcto (de clase compatible)
Juego de arandelas templadas	SEN-SB-ACC-WSH ‡	Distribución de la carga bajo la cabeza/tuerca
Herramienta de puesta en servicio en campo	SEN-SB-ACC-CMT ‡	Activar/asociar un perno a un Gateway
Variantes de longitud / rosca	SEN-SB-100-L ‡	Dimensionamiento específico de la unión

Documentos relacionados

- **Agregado por:** Ficha técnica del Sensorium™ Gateway — la capa Connect que recibe estos datos.
- **Manual:** [manuals/sensorium-smart-bolt-manual/](#) — instalación, puesta en servicio, servicio.
- **Instalación:** [installation/sensorium-smart-bolt-installation/](#) — par, asociación, comprobaciones.
- **Detectado junto con:** Ficha técnica del Sensorium™ Zone Awareness.
- **Funciona con:** 5Tech Platform (Monitoreo · Automatización · Asistencia de IA) — Construction Sites Monitoring.

11. Señales monitoreadas y comportamiento de alertas (ilustrativo)

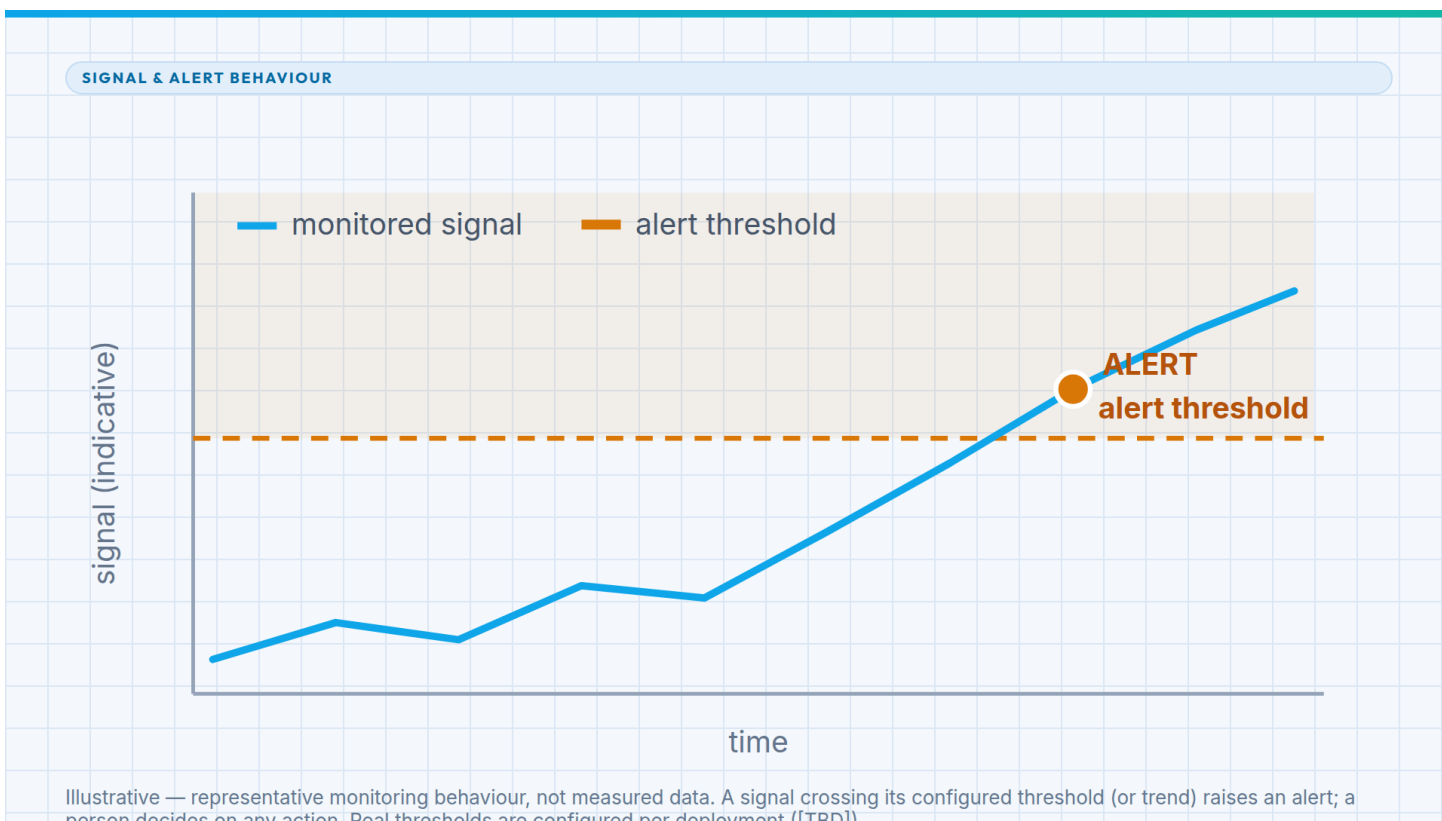


Figura FIG-007 — Ilustrativo — una señal monitoreada que cruza su umbral de alerta configurado (o una tendencia anómala) genera una alerta; una persona decide cualquier acción. Comportamiento representativo, no datos medidos.

El SmartBolt informa sus señales monitoreadas — **carga/precarga, temperatura y vibración** — por BLE (a través del Gateway) al 5Tech Platform; cuando una señal cruza un umbral configurado o muestra una tendencia anómala, el Platform genera una **alerta** y una persona decide cualquier acción. Estas son solo indicaciones ilustrativas de condición — el SmartBolt **no**

es un sistema certificado de monitoreo de salud estructural (SHM). Los umbrales se configuran por despliegue.

SEÑAL	EJEMPLO DE DISPARO DE ALERTA‡	RESPUESTA
Precarga / carga (aflojamiento)	La precarga del perno cae por debajo de su banda configurada (aflojamiento)	Alerta + notificación (la persona decide)
Vibración	La vibración supera un umbral configurado o presenta una tendencia anómala	Alerta + notificación (la persona decide)
Temperatura	La temperatura de la cabeza cruza un límite configurado	Alerta + notificación (la persona decide)

Ilustrativo — representativo, no medido; los valores de disparo ‡ son propuestos y configurables.

12. Revisión y control de cambios

REVISIÓN	FECHA	CAMBIO	AUTOR
Borrador (preliminar)	2026-07-07	Contenido inicial redactado; valores [TBD].	Documentación
Borrador (preliminar, PROPUESTO)	2026-07-18	Se adoptó el diseño de resistencia de cavidad de cabeza/vástago sin mecanizar (sin desclasificación); se añadió la familia real de tamaños (M12–M24) y la clase de propiedad ISO 898-1 con tabla de carga de prueba/tracción; se añadieron rango/exactitud/resolución de medición de precarga, detección de temperatura, base de vida a fatiga (VDI 2230), tensado controlado por precarga con $k = 0.14$; se fijó IP67 (IEC 60529); antena integrada en la cabeza con alcance BLE instalado/al aire libre y pernos por Gateway; celda de Li-SOCl_2 sellada de por vida con ruta de eliminación; se reescribió el cumplimiento como «no se posee certificación» + programa planificado; se rellenaron todos los [TBD] con valores ‡ condicionados y estándares de ensayo específicos; se estandarizó la denominación SmartBolt; se añadió el bloque de revisión.	Documentación

Historial completo de cambios: [revision.md](#). Fuentes y estándares citados: [references.md](#).

Las especificaciones son preliminares; los valores # son propuestos y están sujetos a confirmación por ingeniería y a cambios. Véase [revision.md](#) para el control de cambios, [references.md](#) para las fuentes e [image_prompts.md](#) para el índice de figuras/prompts. Destino de publicación web: [/resources/datasheets/smart-bolt/](#).