

# BOLTED

UNA REVISTA SOBRE TECNOLOGÍAS DE ATORNILLADO

EDICIÓN 1 - 2021



DISEÑOS PARA  
**UN MUNDO MÁS SEGURO**

## 04 PUENTE DE GÉNOVA

Las arandelas Nord-Lock aseguran las uniones atornilladas críticas en el nuevo puente "Génova-San Giorgio".

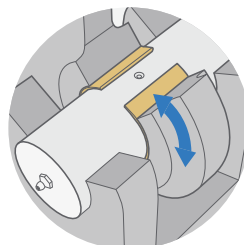


## 18 ASEGURADO POR

El Sistema Expandor ayuda a una empresa familiar a prolongar la vida útil de sus excavadoras.

## 08 NOVEDADES EN LA INDUSTRIA

Cómo la ingeniería mundial puede hacer infraestructuras más resilientes.



## 20 LOS EXPERTOS

¿Qué factores afectan al desgaste del bulón?

## 11 HYFIT DE SUPERBOLT

Perspectiva del diseño de una nueva generación de tornillos de acoplamiento.

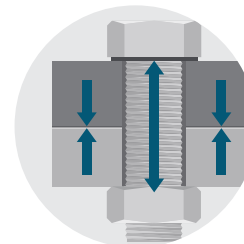
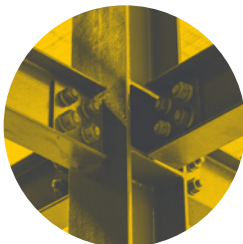


## 22 SEGURIDAD EN PARQUES DE ATRACCIONES

No dejamos nada al azar.

## 14 UN MUNDO MÁS SEGURO

Cómo la fiabilidad ayuda a los ingenieros a compensar las exigencias.



## 26 LOS EXPERTOS

¿Qué le ocurre a la precarga y a la fuerza de amarre al aplicar cargas externas?

### JEFE DE REDACCIÓN

Alexander Wennberg  
alexander.wennberg@nord-lock.com

### AUXILIAR DE REDACCIÓN

Ariane Osman  
Jörgen Lindström

### DIRECTOR ARTÍSTICO

Gabriel Jacobi

### PRODUCCIÓN DE CONTENIDOS

Nord-Lock Group  
Spoon Agency

### TRADUCCIÓN

LanguageWire

### IMAGEN DE PORTADA

Capa 1

### IMPRESIÓN

Exakta

Bolted es una revista publicada por Nord-Lock Group que pretende mejorar el nivel de conocimiento sobre soluciones de ingeniería y uniones atornilladas seguras. Bolted se publica dos veces al año en diez idiomas: chino, inglés, finlandés, francés, alemán, italiano, japonés, coreano, español y sueco.

No se aceptan manuscritos no solicitados. El material de esta publicación sólo puede reproducirse con permiso. Las solicitudes de permiso deben remitirse al Jefe de redacción. El material editorial y las opiniones expresadas en la revista Bolted no reflejan necesariamente los puntos de vista de Nord-Lock Group ni del editor. Bolted se publica con fines informativos. La información facilitada es de carácter general y no debe interpretarse como asesoramiento o base para la toma de decisiones, ni aplicarse a un asunto específico. Todo uso de la información suministrada se realiza por cuenta y riesgo del propio usuario, eximiendo a Nord-Lock Group de cualquier responsabilidad sobre los eventuales daños directos, indi-

rectos, fortuitos o consecuentes derivados del uso de la información puesta a su disposición en Bolted.

Ha recibido la edición Bolted por ser cliente, socio o distribuidor de Nord-Lock Group, o tras habernos facilitado su dirección al hacer un pedido de nuestros productos, al asistir a alguna de nuestras exposiciones o al suscribirse a la revista.

Si usted no nos facilitó su información de contacto, ésta nos ha llegado a través de un tercero. Trataremos sus datos de contacto para facilitarle la edición de la revista Bolted conforme a la legalidad aplicable y con el interés legítimo de ofrecerle información actualizada sobre nuestros productos y servicios. Si desea anular la suscripción para no recibir copias adicionales, contacte con nosotros enviando un correo a: [unsubscribe@nord-lock.com](mailto:unsubscribe@nord-lock.com)

Si desea transmitirnos cualquier comentario, puede enviarlo a:

[info@nord-lock.com](mailto:info@nord-lock.com)



Fredrik Meuller  
Presidente de Nord-Lock Group

## *Invertir en una infraestructura segura es invertir en el futuro*

La COVID-19 nos ha puesto a todos a prueba; a nivel individual, de empresa y de sociedad. Hemos sufrido situaciones trágicas y pérdidas, pero también hemos visto que podemos avanzar ante la adversidad y progresar siempre que nos lo proponamos. Éste debe ser nuestro enfoque práctico de futuro, ya que nos esperan muchos más retos.

En esta edición de la revista Bolted, dialogamos con expertos sobre el creciente número de desastres naturales y humanos que, en gran medida, somete a infraestructuras críticas a una tensión extrema. Ahora más que nunca, los ingenieros mecánicos y estructurales necesitan planificar y anticiparse a eventos inesperados.

Nuestro objetivo en Nord-Lock es protegerle a usted como persona, y a su inversión como cliente. Durante muchos años, nos hemos comprometido a desempeñar un papel esencial en la creación de un mundo más seguro. Por ello, nos sentimos especialmente orgullosos de formar parte de proyectos de ingeniería exigentes y críticos como el nuevo puente en Génova, Italia.

Una parte de este famoso puente urbano, denominado Morandi, se desplomó en el año 2018 durante una fuerte tormenta. Situaciones tan trágicas como ésta nos recuerdan momentos desafiantes, aunque también son un gran ejemplo de lo que podemos lograr si colaboramos juntos. En efecto, se ha diseñado y construido un nuevo puente en tiempo récord, que se ha asegurado con arandelas Nord-Lock.

La seguridad también es crucial en los espacios de ocio. Así que, hemos visitado el parque de atracciones Gröna Lund en Estocolmo, Suecia, para ver cómo la seguridad y la diversión se unen en cada atracción.

También podrá leer la fascinante historia sobre el desarrollo de una nueva generación de tornillos de acoplamiento, diseñada para evitar cualquier riesgo en accidentes catastróficos; sumado a valoraciones de expertos, y mucho más.

Deseo que disfrute de esta lectura, que sigamos en contacto y que la seguridad prime ante todo.

# RECONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE GÉNOVA

*La construcción de un puente nuevo en tiempo récord, para reemplazar al que se desplomó en Génova en el 2018, fue un proyecto de notoriedad. Todas las empresas y los proveedores evaluaron rigurosamente cada detalle, ya que nada podía salir mal.*

Texto Claudia Flisi | Fotografías Luca Rei/Shutterstock y Nicolò Campo/Getty Images

## PUENTE GÉNOVA-SAN JORGE (VIADUCTO GÉNOVA-SAN JORGE)

### INAUGURACIÓN

3 DE AGOSTO DE 2020

### ARQUITECTO

RENZO PIANO

### LONGITUD TOTAL

1 067 METROS

### ANCHO

30,80 METROS

### NÚMERO DE CARRILES

4 (MÁS 2 CARRILES DE EMERGENCIA)

## FINCANTIERI INFRASTRUCTURE

### LA EMPRESA

FINCANTIERI INFRASTRUCTURE ES UNA SUBSIDIARIA DE FINCANTIERI S.P.A., LA CUARTA EMPRESA DE MAYOR TAMAÑO A NIVEL MUNDIAL EN CONSTRUCCIÓN NAVAL.

### SEDE OPERATIVA

VERONA, ITALIA

### LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

PUENTES COLGANTES, VIADUCTOS, PUENTES EN ARCO, PUENTES ATIRANTADOS, PUENTES FERROVIARIOS, TORRES, ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS, AEROPUERTOS, TRABAJOS MARÍTIMOS, SISTEMAS MODULARES FLOTANTES.



Lorenzo Sartori

DIRECTOR DE LA OFICINA TÉCNICA  
DE FINCANTIERI INFRASTRUCTURE

La tragedia sacudió Génova, en el noroeste de Italia, la mañana del 14 de agosto de 2018. Durante una lluvia torrencial, el puente Morandi se derrumbó tan brusco que algunos pensaron que había sido alcanzado por los rayos. El desastre supuso la muerte de 43 personas, destruyó hogares y negocios, y expuso problemas de infraestructura que habían existido durante décadas.

Los vídeos grabados en el momento del derrumbe muestran la flexión del tablero del puente, seguido del desenganche del cableado, la rotura de vigas transversales, la torsión de vigas principales, la caída de torres y, por último, el desplome de una sección central del puente de 210 metros. Todo ello acompañado de los gritos de quienes presenciaron cómo los ocupantes de treinta coches y tres camiones se precipitaban 45 metros hacia un desenlace fatal.

### Las señales de advertencia se ignoraron

Técnicamente, el puente Morandi era un viaducto; es decir, una estructura soportada por cables de 1 182 metros de longitud, que atravesaba el arroyo Polcevera, al oeste de Génova. Servía de unión entre dos áreas de la ciudad, y formaba parte de una red vial que conectaba Italia con Francia. Al completar su construcción en el año 1967, su innovador diseño por el ingeniero Riccardo Morandi —quien utilizó vainas de hormigón pretensado para recubrir los cables de acero de los tirantes— supuso un gran orgullo nacional.

Pero el tráfico en 1967 era de unos seis millones anuales. Mientras que, a principios del siglo XXI, dicha cantidad se había cuadruplicado, y el puente empezaba a notar la presión añadida. Las señales de advertencia se ignoraron debido a desconocimiento técnico y negligencia política.

Ante tal desastre, el gobierno optó por demoler lo que quedaba del puente Morandi y reemplazarlo por un nuevo viaducto más seguro

y fiable. El conocido arquitecto genovés Renzo Piano prestó sus servicios de forma gratuita, y el contrato de construcción para el que sería el "Viadotto Genova-San Giorgio" se adjudicó a PERGENOVA, un consorcio creado a medida para este proyecto.

### La construcción se enfrentó a numerosos retos

Para ahorrar tiempo, no hubo proceso de licitación aunque las credenciales de PERGENOVA eran impecables. Sus tres participantes fueron: Fincantieri Infrastructure, una subsidiaria de Fincantieri S.p.A., la empresa naval más grande de Italia; WeBuild S.p.A., el mayor grupo de ingeniería y construcción general de Italia (entonces denominado Salini Impregilo); y, por último, Italferr, una empresa de ingeniería pública centrada en infraestructuras relacionadas con el transporte.

Fincantieri Infrastructure se especializa en proyectos complejos de ingeniería, contratación y construcción mediante el uso de acero, ya sea en puentes, instalaciones portuarias o estadios. Su experiencia está avalada por una larga trayectoria naval heredada de sus antecesores.

La seguridad es siempre primordial en la construcción de un puente, aunque las circunstancias del proyecto de Génova enfatizaron su prioridad absoluta por parte de PERGENOVA. Los proveedores y subcontratistas se eligieron en base a credenciales excelentes, así como costes competitivos y agilidad en la implementación.

Hubo que hacer frente a retos, algunos previsible y otros inesperados. Los previsible incluyeron un período de ejecución limitado y restricciones en el lugar de construcción. La demolición del resto del puente prosiguió hasta finales de junio de 2019, teniendo siempre en cuenta a los residentes que vivían en las proximidades. Lo inesperado incluyó más de 100 días de lluvia desde finales de 2019; algo nunca visto en años. A ello se sumó la COVID-19 a principios de 2020. >



## Numerosas soluciones innovadoras

Lorenzo Sartori, director de la oficina técnica de Fincantieri Infrastucture, puntualiza:

*"El puente se diseñó para ser conceptualmente simple y seguro, rápido y sencillo en la producción y el montaje".*

Tiene 1 067 metros de longitud y consta de 19 vanos de acero y hormigón sostenidos por 18 pilares de hormigón reforzado. El diseño simula a propósito el casco de un barco, resaltando el papel de una ciudad portuaria como Génova y la importancia simbólica de este proyecto. Sartori añade que la colaboración de su empresa con Renzo Piano representó "la gran oportunidad de trabajar con un genio en arquitectura".

Entre los aspectos innovadores de este proyecto destacan:

- la eliminación de numerosos obstáculos burocráticos para acelerar su ejecución;
- los paneles fotovoltaicos para producir la energía utilizada en iluminación, sensores y otros sistemas diurnos y nocturnos, a fin de reducir el impacto medioambiental;
- un sistema de deshumidificación especial para evitar la formación de condensación salina que pudiera debilitar la estructura a largo plazo;
- cuatro robots operativos continuamente a ambos lados de la superficie inferior del tablero del puente. Su objetivo es inspeccionar, identificar y advertir al centro de control, operativo las 24 horas del día, de cualquier anomalía detectada.

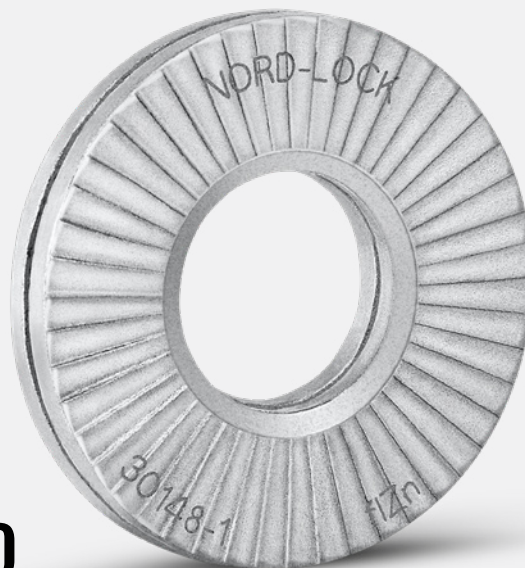
## La colaboración como clave del éxito

El puente Génova-San Jorge se inauguró el 3 de agosto de 2020, 15 meses después de iniciar su construcción. Aún es demasiado pronto para juzgar el rendimiento de la estructura, pero su belleza, funcionalidad e importancia simbólica son irrefutables. Sartori añade que el proyecto fue "una experiencia personal y profesional para un amplio grupo de gente con diferente formación que puso todo de su parte y mostró lo que se puede lograr al trabajar en equipo con un mismo objetivo".



Restos del antiguo puente a demoler para dar paso a una nueva construcción

# ASPECTOS TÉCNICOS UNA SOLUCIÓN DE ÉXITO PARA UN PUENTE SIMBÓLICO



**Luca Gheddo**  
DIRECTOR DE VENTAS DE  
NORD-LOCK GROUP EN ITALIA



**Frank Götz**  
DIRECTOR INDUSTRIAL DE  
NORD-LOCK GROUP EN EUROPA,  
ORIENTE MEDIO Y ÁFRICA (EMEA)

El reto era abrumador para Luca Gheddo, director general de Nord-Lock S.r.l., y Lorenzo Sartori, director de la oficina técnica de Fincantieri Infrastructure, cuando se reunieron en agosto de 2019.

*El nuevo puente que se había planificado para Génova necesitaba pernos que no se aflojasen ante la presión, incluyendo las cargas dinámicas y las vibraciones del tráfico.*

Además, dichos pernos, una vez instalados, no se podrían inspeccionar –mucho menos apretar– continuamente. Así que, las arandelas debían ser fiables en una instalación elevada de difícil acceso y expuesta a un entorno salino. La solución propuesta fueron las arandelas Nord-Lock de bloqueo por cuña, las cuales utilizan la tensión en vez de la fricción para fijar cada unión atornillada.

Dichas arandelas ofrecen alta resistencia a la corrosión, lo que afianza su durabilidad en las condiciones ambientales adversas de Génova, el puerto más concurrido de Italia. Estos resultados se han demostrado con más de 1 000 horas de ensayos de niebla salina, conforme a la normativa ISO 9227.

Según Frank Götz, director industrial de edificación y construcción de acero de Nord-Lock Group en EMEA, algunos ingenieros dudaron de su uso por miedo a que no cumplieren con los exigentes estándares de construcción europeos (EN 1090-2).

Sin embargo, las arandelas Nord-Lock no sólo cumplen estos estándares sino que aumentan la seguridad y reducen los costes del ciclo de vida.

Sartori lo tenía claro, y las arandelas Nord-Lock se eligieron en base a su funcionalidad específica. La serie original ayuda a fijar las estructuras de los bordes del tablero del puente, así como la rampa. Para ello, recurre a un diseño de bloqueo por cuña que garantiza que los pernos se refuercen no pudiendo aflojarse por sí solos ante la exposición a grandes vibraciones y cargas dinámicas característicos del puente y la rampa.

Por otro lado, las arandelas SC, específicas para construcciones de acero, empleen conjuntos de tornillos y tuercas HV/HR (uniones atornilladas estructurales de alta resistencia ante la precarga). Se pueden encontrar en las plataformas del puente donde los robots de control dinámico de vehículos (VDC, por sus siglas en inglés) controlan la superficie inferior del tablero para detectar e informar de cualquier anomalía.

La empresa Fincantieri Infrastructure se mostró satisfecha no sólo con las especificaciones técnicas de las arandelas sino con la agilidad de Nord-Lock para ofrecer la certificación necesaria, la asistencia técnica y la entrega de los productos a tiempo. Los primeros pedidos se recibieron en enero de 2020, recuerda Gheddo, y Nord-Lock Group se complace de haber desempeñado un papel crucial en este importante y desafiante proyecto.



# ¿PUEDE UNA ESTRUCTURA RESILIENTE SALVARNOS DEL DESASTRE?

Texto Ulf Wiman Fotografía TerenceLeezy/Getty Images

La Base de Datos Internacional sobre Desastres (EM-DAT, por sus siglas en inglés) no es apta para personas sensibles. Representa un sin fin de catástrofes ecológicas, agujeros económicos y sufrimiento humano. La base de datos enumera y describe los acontecimientos y los efectos de más de 22 000 desastres masivos a nivel global, desde 1900 hasta la actualidad. Recopila desastres naturales como inundaciones, tifones, desprendimientos, sequías, terremotos, olas de calor y fuegos incontrolados.

También incluye desastres "provocados por el hombre", como naufragios, accidentes aéreos, incendios, explosiones, derrumbes en minas y accidentes ferroviarios. Incluso detalla estampidas de multitudes en discotecas, por ejemplo.

## El número de desastres es cada vez mayor

El número de desastres es tal que incluso se ha fijado un Día Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres. Organizado por las Naciones Unidas para "promocionar la concienciación del riesgo y reducir los desastres", éste se celebra cada 13 de octubre desde 1989.

En relación a este evento en 2020, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, UNDRR, publicó un informe sobre el coste humano de los desastres en el período 2000-2019: "Human cost of disasters: An overview of the last 20 years, 2000–2019". En el prólogo, Mami Mizutori, Represen-

*Un número cada vez mayor de desastres naturales y humanos está sometiendo a infraestructuras críticas a una tensión extrema. Los ingenieros pueden desempeñar un papel esencial al apostar por la resiliencia, y beneficiar así a la sociedad mundial.*

tante Especial del Secretario General para la Reducción del Riesgo de Desastres, junto con Debarati Guha-Sapir, Directora del Centro para la Investigación de la Epidemiología de Desastres, del Instituto de Salud y Sociedad de la Universidad Católica de Lovaina (UCLouvain), en Bélgica, puntualizan:

"Han transcurrido veinte años de este nuevo siglo y, cada año que pasa, el riesgo de desastres adopta una forma y un tamaño nuevos. Los desastres nunca han esperado su turno y, cada vez más, el riesgo está interconectado. El origen del riesgo y las consecuencias se multiplican y transmiten en cascada, chocando de maneras impredecibles".





Mizutori y Guha-Sapir añaden: "Mientras que este informe se centra principalmente en el impactante aumento de los desastres climáticos en los últimos veinte años, también acentúa la necesidad de fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres ya sean de índole natural o humana, incluyendo los daños y riesgos a nivel ambiental, tecnológico y biológico".

### **Esencial para reforzar la resiliencia a los desastres**

Los desastres relacionados con el clima incluyen catástrofes meteorológicas, climatológicas o hidrológicas. Durante las primeras dos décadas del siglo XXI, las cifras se han duplicado. La mayoría de los 7 348 desastres registrados correspondió a inundaciones, seguido de tormentas. Se estima que dichos desastres han causado 1,23 millones de muertes y han afectado a 4,03 millones de personas aproximadamente. Las pérdidas económicas estimadas a nivel global fueron de 2,97 trillones de dólares estadounidenses (USD).

Junto con la UNDRR, numerosas iniciativas y organizaciones de todo el mundo se han comprometido a cambiar esta situa-

ción. Un ejemplo es el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

Su objetivo es "prevenir nuevos riesgos de desastre y reducir los ya existentes a través de medidas integradas e inclusivas a nivel económico, estructural, legal, social, sanitario, cultural, educativo, ambiental, tecnológico, político e institucional. Se trata de prevenir y reducir la exposición a riesgos y la vulnerabilidad a desastres, estar preparados para responder y recuperarnos, y así reforzar la resiliencia".

Destacan las siguientes cuatro esferas prioritarias:

1. Comprender el riesgo de desastres.
2. Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo.
3. Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.
4. Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta

eficaz y para "reconstruir mejor" en los ámbitos de recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

*En caso de desastre, lo prioritario es proteger las vidas humanas, la salud y el trabajo, pero también es importante reducir los daños causados a infraestructuras críticas y de servicio.*

### **Las infraestructuras críticas unen a la sociedad**

Las infraestructuras críticas son el vínculo de unión de la sociedad moderna, ya que permiten que nuestro mundo funcione. Es fácil imaginar el caos que habría si no tuviésemos carreteras, ferrocarriles, puentes o túneles; si no se gestionase el agua corriente y residual, o la red eléctrica. Imaginemos un mundo sin acceso a Internet o sin telecomunicaciones. ¿Cuál sería el potencial disruptivo? ➤

# 4:1

Se estima que, por cada dólar estadounidense invertido en la adaptación de infraestructuras, se recuperará 4 veces su valor.

# 470 millones

El número de personas en 45 ciudades que se espera que sufra una gran escasez de agua en el 2030, frente a los 255 millones actuales.

## Resiliencia

Capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesto a daños de resistir, absorber, acomodar, adaptar, transformar y recuperarse de los efectos de un daño con prontitud y eficacia, incluyendo la preservación y restauración de sus funciones y estructuras básicas esenciales a través de una gestión de riesgos.



# 94 trillones de USD

La brecha de infraestructura global implica que es necesario asegurar en torno a 94 trillones de USD de infraestructura global para el 2040.



# 650 billones de USD

Los desastres relacionados con el clima han supuesto un coste superior a 650 millones de USD en los últimos tres años.

## Resiliencia de la infraestructura

Capacidad de resistir, adaptarse a condiciones cambiantes y recuperarse favorablemente de impactos y presiones.

Fuente: [resilienceshift.org](https://resilienceshift.org) y [undrr.org](https://undrr.org)

"The Resilience Shift" —una iniciativa creada por Lloyd's Register Foundation (LRF) y una empresa de servicios profesionales Arup— indica que, "Más gente que nunca depende de los servicios críticos facilitados por los sistemas de infraestructura debido al crecimiento de la población mundial y a su transición de las zonas rurales a las urbanas. Si alguno de estos sistemas fracasa, las consecuencias pueden ser catastróficas para la seguridad pública y el bienestar, para el entorno y la economía".

*Se estima que para el año 2050 casi el 70 por ciento de la población mundial vivirá en las ciudades. Así que, el reto es cada vez mayor.*

The Resilience Shift puntualiza que el cambio climático y los ciberataques también suponen una importante amenaza, siendo difícil de predecir o evitar su impacto y presión en infraestructuras críticas. "Es esencial que una infraestructura esté preparada para las amenazas que podamos anticipar, y poder responder a lo inesperado para ofrecer los servicios esenciales de los que depende la sociedad".

## La ingeniería juega un papel destacado

Crear una infraestructura resiliente implica varios aspectos, desde la planificación a la financiación, el diseño, el funcionamiento y el mantenimiento.

Varias disciplinas de ingeniería —como la ingeniería estructural y mecánica— pueden desempeñar un papel clave tanto en la creación como en la actualización de soluciones seguras, sostenibles y resilientes.

Al planificar y diseñar infraestructuras críticas, la ingeniería debe adoptar una perspectiva más amplia que tenga en cuenta desde posibles peligros a la respuesta y adaptación a desastres, y cómo recuperarse de los daños.

The Resilience Shift propone que "veamos una infraestructura no como lo que es, sino como lo que hace". En consecuencia, "en vez de crear sistemas a prueba de fallos en umbrales de diseño específicos, necesitamos desarrollar y operar sistemas que si fallan lo hagan de forma segura con consecuencias limitadas y una recuperación rápida".

## Una base para generaciones futuras

Como anticipamos, los ingenieros desempeñarán un papel cada vez más importante en el diseño, la producción y el mantenimiento de infraestructuras críticas sostenibles, seguras y resilientes. De este modo, ayudarán a crear y salvaguardar la base de una sociedad que funcione bien como legado para generaciones futuras. También contribuirán en el desarrollo sostenible a nivel mundial.

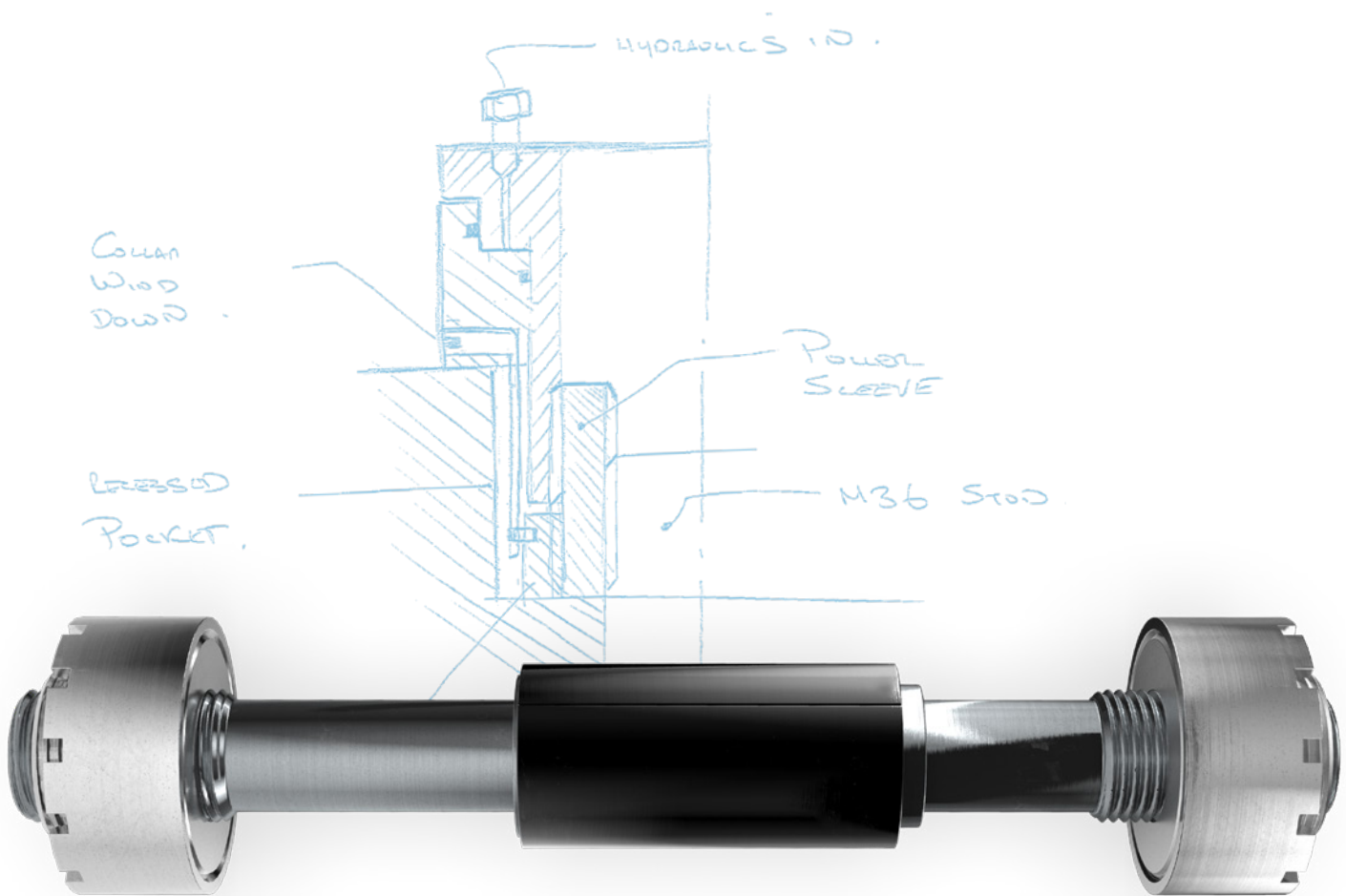
Si desea leer más sobre diseños fiables y resilientes, consulte el artículo en la página 14.



# DE UNA HOJA EN BLANCO A UNA NUEVA GENERACIÓN DE TORNILLOS DE ACOPLAMIENTO

*Steve Brown inició su carrera profesional trabajando con tornillos de acoplamiento para una empresa en su ciudad natal a las afueras de Manchester, en el Reino Unido.*

*30 años después, presenta con orgullo el diseño de una nueva generación de pernos de acoplamiento que soluciona varias cuestiones de seguridad. >*



*"¿Cómo lo haría si no supiera cómo se hace ahora?"*

*Ese fue el planteamiento de un grupo de ingenieros expertos cuando decidió diseñar una nueva generación de tornillos de acoplamiento de expansión hidráulicos.*

***¿El resultado? HyFit de Superbolt***

Texto y fotografía Jörgen Lindström

"Desde el principio tuvimos muchas ideas, pero después pensamos: No, no vamos a hacerlo de esa manera. Porque así ya se ha hecho antes. Empecemos desde cero", indica Steve Brown, Director del Producto Tornillos de Expansión en Nord-Lock Group.

Nuestro objetivo principal era diseñar un tornillo de acoplamiento de expansión hidráulico que facilitase el proceso, además de aumentar la seguridad para el usuario.

"Cuando ves un perno de acoplamiento de gran diámetro y lo que se necesita para retirarlo, te das cuenta de la problemática y el estrés que implica para el operario. Por eso, queríamos encontrar una solución que aliviase esta situación", indica Steve Brown.

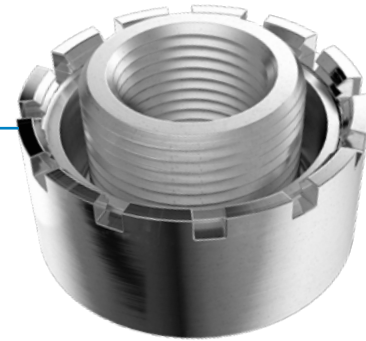
Tanto él como sus compañeros de ingeniería sabían el gran desafío que planteaban los tornillos de acoplamiento de expansión hidráulicos, en general. Uno de ellos consiste en que, en aplicaciones de alta velocidad, la zona roscada no puede sobresalir de la tuerca.

"Una turbina de vapor o gas gira a 3 000 o 3 600 r. p. m., por lo que se generaría una gran turbulencia si existe algún elemento adherido fuera del acople cuando la máquina trabaja", indica Steve Brown.

Los métodos tradicionales utilizan un tirador, es decir, un perno adicional que se atornilla temporalmente al perno principal. Por supuesto, este componente atornillado es de menor diámetro que el perno principal y por lo tanto se sobrecarga en relación a su tamaño.

***"Queríamos evitar disponer de una rosca interna para ese tirador ya que, en caso de que se pusiera en marcha sin retirarlo, el riesgo de desprendimiento y sus consecuencias podrían ser muy serios".***

La solución era diseñar una tuerca con una rosca externa, donde se pudiera acoplar el tensionador hidráulico a la parte exterior, y no a la interior, de la tuerca.



"Ya que HyFit de Superbolt tiene un diámetro mayor, podemos reducir la longitud de roscado ya que aún tenemos la misma área transversal de contacto. La longitud de roscado es mayor de lo necesario, por lo que podemos aplicar de forma segura la carga total sobre la tuerca sin comprometer la seguridad", explica Steve Brown.

Aunque Steve Brown estaba conforme con esta solución, entendía que el procedimiento podía ser aún más seguro. Los métodos tradicionales utilizan dos presiones de trabajo diferentes: una para la expansión del casquillo y otra para la tensión axial. Utilizaremos la misma tensión para ambos casos.

"Mi objeto era evitar la utilización de la presión incorrecta en cada aplicación. Entonces, tuve una gran idea. Si tenemos dos cabezales de tensionador, de diferentes dimensiones, podríamos utilizar una única presión de trabajo".

La clave era utilizar una tuerca hidráulica Boltight para expandir el casquillo hacia el orificio y un tensionador hidráulico Boltight para cargar el perno axialmente.

Ya que el tensionador tiene un área de presión hidráulica mayor que la tuerca hidráulica, se puede utilizar la misma presión en ambas operaciones.

*Dicho de otro modo, una única presión operativa y dos cabezales de diseño diferente simplificarían dónde va cada uno.*

"Aunque ahora parece un enfoque sencillo, nadie lo había planteado con anterioridad. Me alegra que hayamos tenido la idea porque nos ofrece absoluta seguridad en el procedimiento. No existe riesgo de confusión", indica Steve Brown.

En efecto, para retirar el tornillo de acoplamiento, no se necesita ningún tirador interno ni tampoco inyectar aceite. Ésta es otra mejora significativa desde el punto de vista de la seguridad, y comparado con los métodos tradicionales. Ingenieros de Nord-Lock Group en St. Gallenkappel (Suiza), Walsall (Reino Unido) y Pittsburgh (EE. UU.) han participado en este proyecto.

"Nos reunimos muchas veces en Suiza y en el Reino Unido, donde abordamos reiteradamente el diseño de HyFit de Superbolt. Sin olvidar, que la COVID-19 supuso un obstáculo. Así que, para llegar a esta etapa final de diseño del producto dedicamos muchas horas de discusión, cálculos y análisis en reuniones online", añade Steve Brown.

Steve Brown es un ingeniero asentado en Australia, que acaba de cumplir 31 años en el sector del atornillado. Inició su carrera profesional trabajando con tornillos de acoplamiento para una empresa en su ciudad natal a las afueras de Manchester, en el Reino Unido.

"Siento que he completado el ciclo. Empecé con un tornillo de acoplamiento hidráulico, y ahora tengo el honor de participar en el diseño de una generación totalmente nueva de tornillos de acoplamiento. Es una gran satisfacción".





DISEÑOS PARA

**UN MUNDO  
MÁS SEGURO**

## Cómo la fiabilidad ayuda a los ingenieros a compensar las exigencias

Es probable que los desastres naturales sean una tendencia a destacar en el siglo XXI. Desde las olas de calor en Australia a los fuegos incontrolados en el oeste de Estados Unidos, los huracanes en el Caribe o las inundaciones en el sureste asiático, el impacto en la humanidad es nefasto. Y puede incluso empeorar si hablamos de construcciones, instalaciones e infraestructuras poco fiables.

Los ingenieros mecánicos y estructurales necesitan planificar y anticiparse a eventos inesperados pero, al mismo tiempo, deben utilizar productos más baratos, más ligeros y menos ruidosos. Siendo realistas, ¿podemos esperar que, en medio de tanta presión, los ingenieros consideren la fiabilidad?

Si miramos atrás veremos que esta cuestión no es nueva. Con frecuencia los ingenieros se han visto entre la espada y la pared, respondiendo muchas veces a requisitos incompatibles. La exigencia puede parecer mayor que antes, pero éste no es necesariamente un cambio drástico.

### Mejor, más rápido y más barato

Fred Schenkelberg es un ingeniero y consultor de fiabilidad, que lleva más de 20 años trabajando e impartiendo formación en este campo. Como bien indica, esta situación no ha surgido ahora. "¡Quiero que sea mejor, más rápido y más barato! Este enfoque viene de antaño. Sin embargo, ahora podemos añadir que se ha potenciado".

*"Pero ése es el arte de la ingeniería: encontrar el término medio respondiendo a las necesidades de forma competitiva".*

"Un equipo de diseño seguramente tendrá un presupuesto, una fecha de lanzamiento del producto y unos requisitos de funcionalidad. Durante el proceso de diseño, existen muchas medidas y prioridades. Como profesional de fiabilidad, me intento asegurar de que el rendimiento de fiabilidad también sea visible en todas las fases del diseño.

Una de las maneras de lograrlo es a través de un diseño para la fiabilidad (DfR), que presenta numerosas herramientas y metodologías desarrolladas en ingeniería de calidad.

### La fiabilidad en el ciclo de vida

El diseño para la fiabilidad (DfR) es un proceso gradual que enfatiza la fiabilidad durante el ciclo de vida de un producto, desde su concepción a la obsolescencia. Esto significa que el DfR no es un área exclusiva de los profesionales de fiabilidad. Su concepción y aplicación a nivel organizativo, permite guiar el diseño, la fabricación y el mantenimiento de un producto, de modo que puede llegar a implicar a cada parte de la empresa.

Si existe un principio fundamental que respalde dicho DfR, veremos que la fiabilidad surge en el punto de decisión. Partiendo de esta premisa, la fiabilidad se debe tener en cuenta antes de iniciar la producción física. >

# Diseño de actividades clave en fiabilidad



En primer lugar, es necesario comprender qué es la fiabilidad. En ingeniería mecánica, la fiabilidad es la probabilidad de que un elemento funcione acorde a lo esperado durante un período concreto en condiciones específicas.

Partiendo de este entendimiento general, podemos identificar y definir los requisitos de fiabilidad de un producto; los cuales es muy probable que sean similares o idénticos a las expectativas del cliente. Una vez tengamos claros dichos requisitos, podremos empezar con el diseño del producto conforme a lo requerido.

## No existe un modelo único

No existe un modelo aceptado universalmente para el DfR. Aun así, en el dibujo de esta página detallamos los pasos básicos que implica.

Sin embargo, no es un proceso unidireccional. Se espera que el diseño, el análisis y la verificación se revisen reiteradamente antes de que el producto esté listo para su lanzamiento al mercado. En estos pasos, puede haber diferentes herramientas, ensayos y procesos que desvelen la vulnerabilidad del producto, su tolerancia y robustez. Schenkelberg nos ofrece un resumen breve del DfR:

*"Se trata de un conjunto de reglas, pautas y actividades que permite que quienes toman las decisiones —ya sean técnicos, ingenieros o directores— comprendan las ramificaciones de la fiabilidad en su totalidad".*

"Pero no se trata de un conjunto fijo de herramientas o actividades. Cada situación, producto y aplicación es diferente".

## Evaluar para añadir valor

Estas diferencias son cruciales ya que entender el DfR como un conjunto fijo de pasos a seguir puede ser problemático.

"Es un error que las empresas digan: 'Nuestro último producto fue realmente bueno. Cumplió con nuestras expectativas de fiabilidad y con las especificaciones del cliente, así que hagamos lo mismo que la última vez'. Este enfoque es peligroso porque el siguiente producto puede tener una aplicación y unos objetivos diferentes, e incluso ser para un cliente distinto", explica Schenkelberg.

"Podemos terminar visualizando los pasos a seguir: 'Haremos estos dos ensayos, someteremos el producto a vibración durante



Fred Schenkelberg  
INGENIERO Y CONSULTOR  
DE FIABILIDAD



2 horas y, ya está'. Pero, ¿al proceder de esta manera, estamos añadiendo valor? Debemos evaluar qué ensayos estamos realizando para desvelar posibles problemas que se puedan presentar en un futuro". Y para desvelar problemas futuros, debemos hacer algo que los diseñadores a menudo evitan: aceptar los fallos para beneficiarnos de ellos.

### **Cómo beneficiarnos de los fallos**

Evaluar un producto hasta el punto de fallo puede ser una herramienta útil para investigar su fiabilidad. No obstante, es un enfoque que puede chocar con los principios de diseño habituales.

"Los diseñadores e ingenieros normalmente diseñan distanciándose del fallo; es algo que a menudo está en su mente durante el proceso de creación de un producto". Schenkelberg añade:

*"Lo que la ingeniería de fiabilidad puede hacer es que el fallo sea más visible".*

"Es importante tener capacidad para aprender de los fallos. Mucha gente quiere hacer un ensayo para mostrar que un producto funciona. Se realizan ensayos en condiciones donde se espera que el producto funcione satisfactoriamente, pero si intentamos buscar algo que no sepamos, entonces debemos evaluar el producto hasta que falle".

"De ese modo, conoceremos la naturaleza del fallo, cómo se manifiesta y qué factores de tensión se combinan para desencadenar esa situación. Existen diferentes maneras de lograrlo, siempre y cuando queramos buscar los fallos".

Una manera de detectar posibles fallos es a través de un ensayo de vida útil a alta aceleración (HALT). Éste se puede utilizar en los pasos de verificación y validación del DfR.

### **Comprender la verdadera fiabilidad**

"Me gusta utilizar el ensayo de tipo HALT como un proceso de descubrimiento", indica Schenkelberg. "Permite utilizar

diferentes factores de tensión relevantes para la aplicación evaluada, e ir añadiendo más hasta que se fuerza el fallo. Esto nos permite evaluar si el producto falla al nivel de tensión esperado, pudiendo tomar decisiones sobre los márgenes en base al resultado. Al mismo tiempo, e igual de importante, es aprender sobre la naturaleza del fallo y cómo se produjo".

Los académicos y profesionales han elaborado listas de posibles tensiones que pueden afectar a edificios, instalaciones e infraestructuras como resultado de cambios climáticos y otros eventos catastróficos. Aunque estos eventos plantean nuevas demandas para los ingenieros, lo que cambia es la magnitud y la combinación de tensiones a las que se enfrentan.

Al buscar los fallos, como sugiere Schenkelberg, podemos comprender la verdadera fiabilidad y robustez de un producto y entender mejor su capacidad de reacción a eventos inesperados.

Texto Brian Cloughley Fotografía NTaenk/Shutterstock

# DISEÑO DE UNIONES ATORNILLADAS FIABLES CON NORD-LOCK GROUP

Descubrir el posible origen del fallo es uno de los numerosos procedimientos de ensayo de Nord-Lock Group, explica Cyril Cadoux, director técnico en Europa.

"En una unión atornillada, rara vez realizamos ensayos de fallo, ya que contamos con los conocimientos adecuados para determinar por qué las piezas se han dañado. Basta con observar miles de ciclos iniciales para indicarnos la tendencia seguida. Esto nos permite entender y confiar en la fiabilidad de nuestros productos, ofreciendo una garantía de por vida", añade.



**Cyril Cadoux**  
DIRECTOR DE VENTAS DE  
NORD-LOCK GROUP EN EUROPA

*"Pero entendemos que no es suficiente con observar nuestros productos por separado y confirmar que son robustos y fiables. Evaluamos nuestros tornillos y arandelas en los entornos donde se van a utilizar".*

"Hablamos con nuestros clientes, nos informamos sobre las aplicaciones y realizamos un análisis más exhaustivo en base a los datos. Recopilamos la máxima información posible y después, reproducimos el escenario. A veces los planos o dibujos 3D no son suficientes, y es preciso visitar los lugares de trabajo en persona".

"Esto implica que no sólo evaluamos los productos de Nord-Lock, sino que también evaluamos sus uniones atornilladas. Podemos presentar nuestro análisis y simulación, nuestras herramientas internas, para asesorar a nuestros clientes correctamente", concluye Cadoux.

¿Quiere recibir más información al respecto? Siga leyendo nuestro documento oficial sobre principios de diseño de uniones atornilladas seguras, disponible en inglés en [www.nord-lock.com/safe-bolts](http://www.nord-lock.com/safe-bolts)

*Todos esperamos que las carreteras sean transitables y que el pavimento esté en buen estado; queremos tener agua corriente, electricidad, gas y telecomunicaciones en nuestros hogares y oficinas. Sin embargo, prestamos poca atención a las excavadoras (¡a menos que su ruido nos moleste!) que construyen las carreteras y estas redes subterráneas vitales.*

# EL SISTEMA EXPANDER ALARGA LA VIDA ÚTIL DE LAS EXCAVADORAS

Texto Christina Mackenzie Fotografías Thomas Desmerger

En Montchanin, una ciudad a medio camino entre París y Génova en la región francesa de Borgoña, se asienta una exitosa empresa familiar con 250 empleados: Pascal Guinot TP (donde las siglas "TP" aluden a "Trabajos Públicos"). La empresa se fundó en 1993 para el tendido de líneas de suministro eléctrico, calefacción, agua, etc. que ellos mismos realizan y, que finalmente rellenan y pavimentan. También realizan trabajos de movimiento de tierra, pavimentado de carreteras, construcción de aparcamientos exteriores y obras para clientes particulares que quieren, por ejemplo, un jardín.

## Reparaciones costosas y que requieren mucho tiempo

"Nuestros clientes son mancomunidades, empresas familiares, grupos industriales y, en ocasiones, clientes particulares", indica Thomas Desmerger quien se responsabiliza del taller de mantenimiento de la empresa.

Pascal Guinot TP cuenta con unas 800 máquinas diferentes para el desarrollo de su actividad. Esta cifra incluye 70 excavadoras y mini-excavadoras, "que se utilizan 45 semanas al año", añade Desmerger. "Tenemos plena titularidad de la mitad de estas excavadoras de diferentes marcas como New Holland, Liebherr, Caterpillar, JCB y Mecalac", explica; "mientras que el resto son de alquiler con opción a compra sujetas a un contrato de mantenimiento. Así que, en el momento que son nuestras,

estos vehículos están a mitad de su vida media útil de 10 años, careciendo de la cobertura del contrato de mantenimiento. A partir de ese momento, tenemos que asumir su mantenimiento y no podemos olvidar que al tener ya cinco años, empiezan a requerir reparaciones importantes".

La pluma, el brazo y el cazo son las partes que más desgaste sufren, siendo el bulón de la articulación del brazo el más problemático. "Cuando el brazo presenta cierta holgura es difícil su control por parte del operario, por lo que no puede maniobrar con precisión," explica Desmerger. La holgura en la articulación se debe al desgaste en las orejetas que hace que el bulón empiece a tener juego en su alojamiento. "Antes teníamos que desmontar la articulación, realizar trabajos de soldadura y mandrinado y volver a colocarla de nuevo; lo que suponía no utilizar la máquina durante un mes como mínimo. Dicho período de inactividad se traducía en una pérdida económica significativa", añade. "La parte más costosa de este proceso era el mecanizado ya que no lo podíamos realizar nosotros, siendo una operación de alto coste que, en ocasiones, para una única articulación suponía 2 000 €", puntualiza.

## Cómo acortar el tiempo de inactividad

Antes de que el Sr. Desmerger se incorporase a la empresa Guinot TP ya conocía el Sistema Expander de Nord-Lock. "Llevo

más de 20 años en este sector, y conocía los productos de Nord-Lock", sonríe. Así que planteó utilizar los bulones expandibles del Sistema Expander como solución para acortar el tiempo de inactividad de estas excavadoras. "Contacté con Nord-Lock Group, les comenté nuestro problema y obtuve una solución".

Su taller realiza numerosos mantenimientos predictivos, así que durante los dos períodos de menor actividad (enero y febrero debido a las inclemencias del tiempo, y agosto por ser período vacacional), las excavadoras se pueden reparar rápidamente. "De modo que cuando el operario detecta cierta holgura en los bulones, tomamos todas las mediciones necesarias, se lo comunicamos a Nord-Lock Group y nos suministran el componente adecuado para la reparación. Hemos utilizado el Sistema Expander durante unos tres o cuatro años, y siempre contamos con la respuesta y el seguimiento de Nord-Lock Group. Son verdaderos profesionales", indica.

*"Nuestro objetivo es alargar la vida útil de nuestras máquinas y reducir sus costes", indica.*

"En la actualidad, gracias al Sistema Expander el tiempo de inactividad de nuestras máquinas se ha reducido en casi un 70 %, a unos 10 días, por lo que es un dinero muy bien invertido", puntualiza el Sr. Desmerger.

## ASPECTOS TÉCNICOS

La pluma, el brazo articulado, el cazo y las uniones de amarre de los cilindros hidráulicos de una excavadora son extremadamente susceptibles al desgaste de la orejeta. Los métodos tradicionales de reparación son costosos, requieren mucho tiempo y deben repetirse múltiples veces durante la vida útil de una máquina. El Sistema Expande ofrece una solución permanente a este problema.

El Sistema Expande consta de un bulón de extremos cónicos, dos casquillos expandibles, dos arandelas de retención y dos dispositivos de sujeción. Una vez apretados los dispositivos de sujeción, las arandelas presionan los casquillos expandibles sobre los extremos cónicos del bulón. En consecuencia, los casquillos se expanden conforme al patrón de las orejetas y bloquean el sistema en su posición. Una vez realizado el reapriete, el sistema se bloquea a

ambos lados lo que aumenta significativamente la estabilidad. El eje de extremos cónicos es fácil de retirar y reinstalar en comparación con los bulones rectos tradicionales.

### Una gama de productos extensa que se adapta a cualquier máquina

Ya que la flota de máquinas de Pascal Guinot TP abarca diferentes fabricantes, los bulones utilizados no son uniformes. Cuando un bulón necesita ser reemplazado, el Jefe de Taller recopila todos los datos y rellena un formulario de mediciones disponible en la tienda online de Expande. A continuación, un ingeniero de Nord-Lock Group se pone en contacto con la empresa para sugerir la solución más adecuada. En 2019, Pascal Guinot TP realizó ocho pedidos de más de 30 bulones y piezas de repuesto.



**CLIENTE**  
PASCAL GUINOT TP

**UBICACIÓN**  
MONTCHANIN, FRANCIA

**ACTIVIDAD**  
OBRAS PÚBLICAS E INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN**  
BRAZOS DE EXCAVADORA

**LA SOLUCIÓN**  
SISTEMA EXPANDER  
DE NORD-LOCK

**EL RESULTADO**  
ALARGAR LA VIDA ÚTIL DE LAS MÁQUINAS,  
REDUCIR LOS COSTES, MINIMIZAR EL TIEMPO  
DE INACTIVIDAD



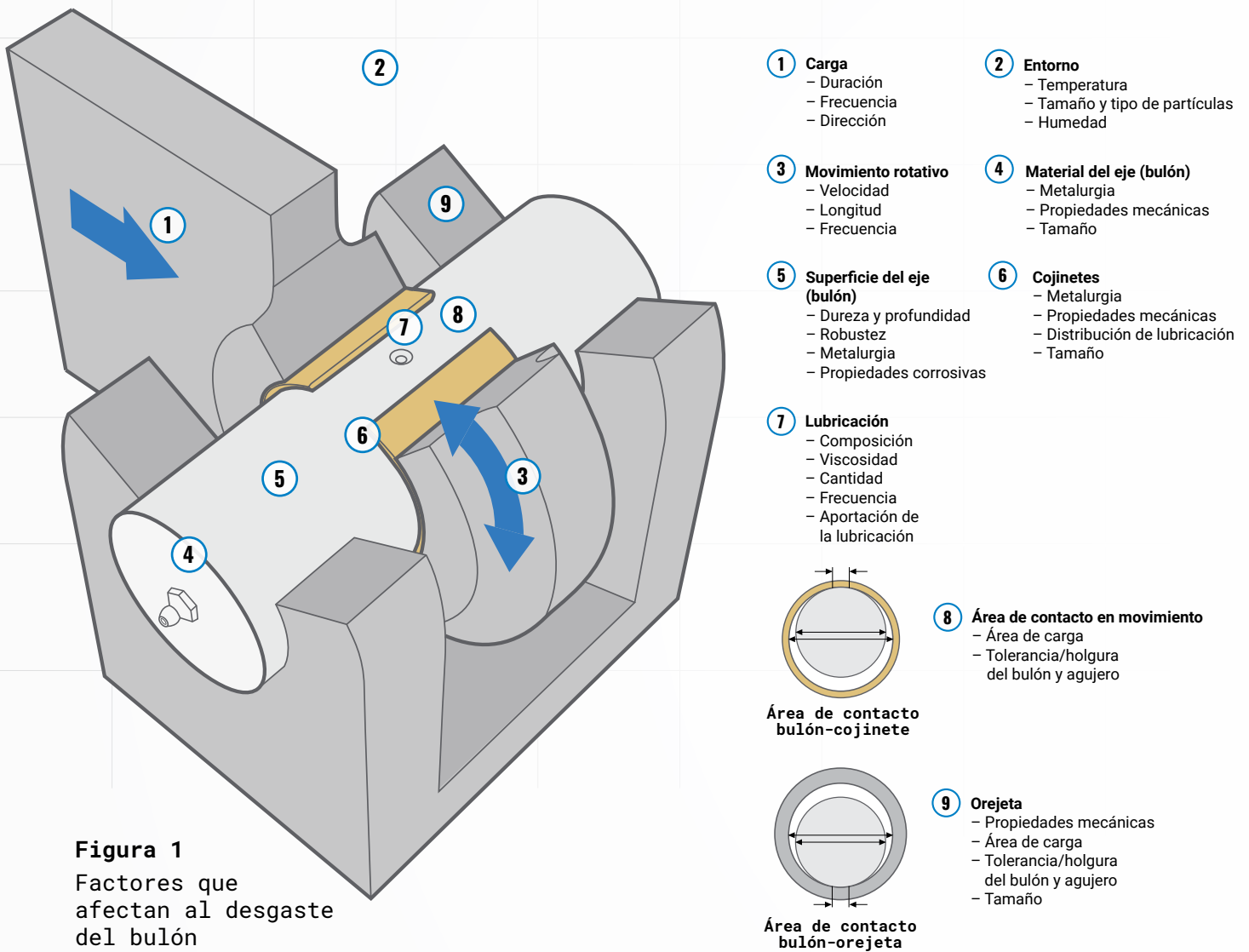
**Thomas Desmerger**  
JEFE DE TALLER  
EN PASCAL GUINOT TP

# ¿Qué factores afectan al desgaste del bulón?

Envíe sus preguntas sobre tecnologías de atornillado por correo electrónico a: [experts@nord-lock.com](mailto:experts@nord-lock.com)



**Mathias Olofsson**  
DIRECTOR DE PRODUCTO  
EN LA DIVISIÓN EXPANDER  
DE NORD-LOCK GROUP

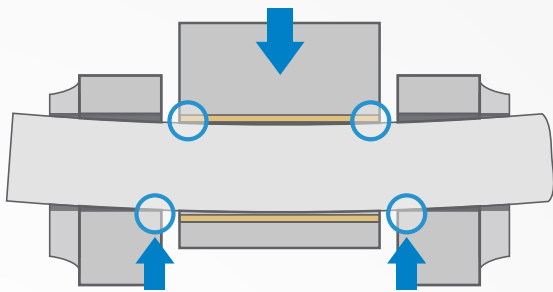


**Figura 1**  
Factores que afectan al desgaste del bulón

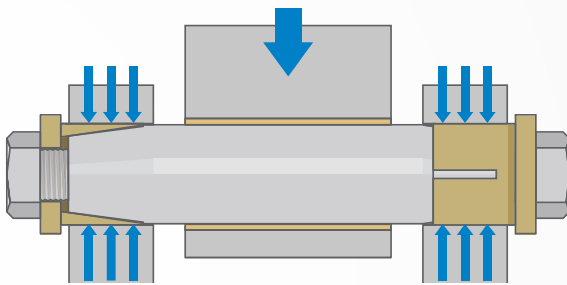
*Para un fabricante de máquinas existen varios factores a considerar para minimizar el desgaste de la articulación a largo plazo.*

El desgaste de la articulación es la suma del desgaste de los cojinetes, el eje y la orejeta; y existen varios factores que contribuyen a ello. Mientras que los fabricantes de máquinas tienen múltiples opciones de diseño para minimizar este desgaste, existen pocas alternativas para el usuario final, quien desea optimizar el tiempo de actividad y los costes de servicio de forma sencilla y eficiente. En este punto, poco se puede hacer sobre la carga, el tamaño de la articulación, la velocidad, la frecuencia de movimiento o el entorno operativo de la máquina. Sin embargo, lo que podemos cambiar es:

- Cómo y cuándo lubricar.
- El tipo de material, la dureza y el acabado superficial del bulón y los cojinetes.
- La fijación del bulón en las orejetas.



**Figura 2** Articulación recta tradicional



**Figura 3** Sistema Expander

### Mínima curvatura posible

El factor que más afecta al desgaste de la articulación es el área de carga en relación a la carga/fuerza, es decir, la presión superficial. Si la presión es demasiado alta, no existe lubricación, material o dureza que pueda prevenir el daño permanente en el cojinete, el eje (bulón) o la orejeta. Si la carga permanece estable pero el área sobre la que actúa reduce su tamaño, la presión aumenta. Al cargar una articulación, el eje (bulón) se curvará ligeramente pero lo suficiente para alterar el área de contacto entre el eje/cojinete y el eje/orejeta. Si se aplica una carga baja en la articulación, ésta se distribuye sobre toda la longitud del cojinete y las orejetas. Cuando el eje se curva por efecto del aumento de la carga, el área se modifica y la presión aumenta (Figura 2).

En qué medida cambia la presión depende no sólo de la carga, la longitud y el diámetro del bulón sino también de las propiedades mecánicas del cojinete. Un cojinete más elástico ayudará a distribuir la carga en cierto modo, y después presentará o bien una deformación plástica (permanente) y/o una redistribución de la fuerza.

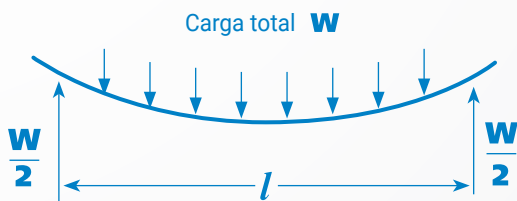
### Ventajas de la fijación del eje

El grado de curvatura del eje (bulón) también depende de si su posición es fija o libre en los extremos. Un bulón recto tradicional, que sólo cuenta con apoyo en la parte inferior de las orejetas, está libre y se curvará al igual que una viga con apoyos simples. El Sistema Expander (Figura 3) está fijado a las orejetas y su curvatura será similar a la de una viga con apoyos fijos.

Dependiendo del ejemplo de carga, un eje con soporte fijo se curvará hasta 5 veces menos que uno cuyo apoyo sea simple ante la misma carga (Figura 4).

**Articulación recta tradicional** Ejemplo de carga aprox.:  
Apoyos simples

Los extremos del eje sólo están sujetos en la parte inferior debido a la interacción necesaria durante la instalación

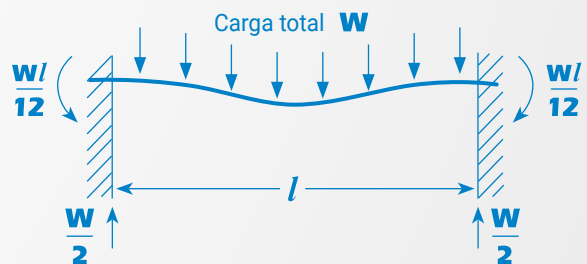


Flecha máxima a  $l/2$

$$\delta_{\max} = \frac{5 W l^3}{384 E I}$$

**Sistema Expander** Ejemplo de carga aprox.:  
Apoyos fijos

Los extremos del eje se fijan a las orejetas mediante casquillos expandibles



Flecha máxima a  $l/2$

$$\delta_{\max} = \frac{W l^3}{384 E I}$$

**Figura 4** Ejemplos de carga inicial

La fijación de los extremos del eje también limitará el movimiento radial libre del bulón, que estará sujeto al espacio entre el cojinete y el eje. Este factor ayuda a limitar la aceleración de la masa y las fuerzas de mayor impacto en el cojinete y el bulón. El Sistema Expander elimina el desgaste de la orejeta y reduce el desgaste del cojinete/eje.

# SEGURIDAD EN PARQUES DE ATRACCIONES: NO DEJAMOS NADA AL AZAR

*En un parque de atracciones, la seguridad es primordial. No obstante, el mantenimiento puede resultar caro y lento. Afortunadamente, existe una solución para el desgaste de las articulaciones abulonadas que puede solucionar el problema de forma permanente.*

A algunas personas les encanta y nunca se cansan. A otras, todo lo contrario. Cuando hablamos de diversión, emoción y adrenalina, el parque de atracciones cumple todas las expectativas.

Ya sea una caída libre desde 80 metros de altura, ir a máxima velocidad boca abajo para luego adentrarse en una curva que pierde visibilidad o exponerse a fuerzas G... itodo vale! Pero, veámoslo en más detalle. Nada de esto sería posible si la seguridad no estuviese garantizada.

La mayoría de las atracciones mueve mucho peso a gran velocidad; hay fuerzas extremas en juego. Las estructuras, casi siempre de acero, y los vagones se someten a cargas extremas. La seguridad y la fiabilidad son esenciales para evitar incidentes o accidentes.

## **Las especificaciones más exigentes**

Aunque el número de accidentes es relativamente bajo en Europa, el Comité Europeo de Normalización (CEN) introdujo en mayo de 2019 un nuevo estándar europeo: EN 13814 sobre "Seguridad de las atracciones y de la maquinaria de entretenimiento". Éste abarca desde el diseño de una atracción a su funcionamiento y mantenimiento, la monitorización y las inspecciones.

El estándar está enfocado a los fabricantes y las empresas que operan en parques de atracciones. Según Peter Andersson:

*"La seguridad es una parte esencial de nuestro negocio y comprende tanto a los visitantes como al personal. Es un aspecto que nunca comprometemos".*



Peter es el director de mantenimiento de atracciones del parque Gröna Lund, en el centro de Estocolmo, y también de Parks and Resorts Scandinavia AB, un grupo con cuatro de los parques temáticos más populares de Suecia.

Para detectar cualquier signo de desgaste o daño en raíles y vagones, los departamentos de mantenimiento de Parks and Resorts realizan exhaustivos controles diarios. Cada año, los vagones se desmontan para revisar todas sus piezas con rayos X, y cumpliendo con las reglas de concesión de licencias, se realizan comprobaciones pormenorizadas cada cinco años, desmontando para ello las atracciones.

### Arandelas ante el aflojamiento de la unión atornillada

Como en toda ingeniería, el aflojamiento de las uniones atornilladas compromete la seguridad. Por ejemplo, la atracción *Eclipse* en el parque Gröna Lund se compone de 910 toneladas de acero y hormigón e incluye 80 000 tornillos. Lo cual se traduce en múltiples problemas potenciales.

"Si detectamos el aflojamiento de algún perno, a menudo realizamos un análisis de la causa principal. Por lo general, es suficiente con implementar las arandelas Nord-Lock" indica Andersson quien conoció los sistemas de fijación de bloqueo por cuña Nord-Lock en 1998, cuando tras una inspección visual, se decidió incorporarlos en la fijación de los raíles de una atracción.

*"Cuando vi el éxito de esta solución, no quise ninguna otra", añade.*

"Desde entonces, cuando algún tornillo se afloja, pedimos de inmediato las arandelas Nord-Lock". Muchos fabricantes de atracciones especifican las arandelas Nord-Lock ya en la fase de diseño. Por lo general les resultan útiles en uniones atornilladas de gran tamaño, en aplicaciones como raíles y estructuras de acero, e incluso en piezas móviles en los frenos del vagón.

### Una solución que ahorra tiempo y costes

Además de utilizar las arandelas Nord-Lock, Parks and Resorts también es partidario del Sistema Expandar para evitar el desgaste de las orejetas. Supone un importante ahorro de tiempo y se minimiza el tiempo de inactividad frente a las reparaciones tradicionales como el taladrado lineal. Incluso alarga significativamente la vida útil de las atracciones, lo cual se traduce en un importante ahorro, dado que una atracción nueva de gran envergadura cuesta más de 900 000 €.

Andersson también conoció el Sistema Expandar a finales de los años 90. "Probamos varias soluciones de reparación, pero creíamos que: 'debía haber algo mejor'. Entonces descubrimos el Sistema Expandar". ➔



Peter Andersson

DIRECTOR DE MANTENIMIENTO DE ATRACCIONES EN GRÖNA LUND



CLIENTE  
PARKS AND RESORTS  
SCANDINAVIA AB

NÚMERO DE VISITANTES  
EN TORNO A  
3 MILLONES AL AÑO

APLICACIÓN  
VARIAS APLICACIONES, INCLUYENDO LA FIJACIÓN  
SEGURA DE RAÍLES, FRENOS Y ESTRUCTURAS DE ACERO

ACTIVIDAD  
TITULARIDAD Y OPERABILIDAD DE CUATRO DE LOS PARQUES  
TEMÁTICOS MÁS POPULARES DE SUECIA: SKARA SOMMARLAND,  
GRÖNA LUND, KOLMÅRDEN Y FURUVIK

LA SOLUCIÓN  
SISTEMA EXPANDER Y ARANDELAS  
NORD-LOCK DE BLOQUEO POR CUÑA

Desde ese momento lo hemos utilizado en numerosas atracciones en Gröna Lund, incluyendo el *Octopussy*. En 2009, el Sistema Expander se instaló en todos los brazos de la atracción, y desde entonces ha funcionado sin problemas. Otra fascinante atracción es la *Alfombra Voladora*, la más antigua de Gröna Lund.

"Tiene un gran valor histórico y es difícil de reemplazar", indica Andersson. "Hace unos ocho años, notamos cierto desgaste en una parte crítica de la atracción. Su evaluación nos habría llevado nuevos cálculos y, al final, una inspección completa que probablemente habría dejado la atracción fuera de servicio". Sin embargo, el Sistema Expander reemplazó los ejes y pernos desgastados, y la Alfombra Voladora aún se sigue utilizando de forma segura.

### Expansión del Sistema Expander

Parks and Resorts ha utilizado cada vez más el Sistema Expander. Cuando el departamento de mantenimiento del parque de atracciones y zoológico Kolmården, en Suecia, contactó con Andersson para instalar el Sistema Expander en sus atracciones, éste no dudó en recomendarlo.

La suspensión de las ruedas de los carros en los vagones de atracciones suele ser un punto débil, por su exposición significativa a la tensión. Debido al desgaste de los ejes, la tolerancia del agujero en el chasis aumenta; algo que, a veces, ocurre en un par de años.

Fredrik Johansson, mecánico en Kolmården, indica: "Después de 30 años en este sector, cuando algo se afloja, sabes que hay un problema. Y dados nuestros altos estándares de seguridad, no podemos recurrir a soluciones improvisadas. Si cuesta un poco más, no pasa nada".

### Ahorro de dinero a largo plazo

A primera vista, el Sistema Expander puede parecer más caro pero, a largo plazo, se ahorra dinero, explica Johansson. "Si comparamos el precio de compra del Sistema Expander con tener que desmontar toda la atracción para enviar las piezas a un taladrado lineal, este último es más costoso y requiere más tiempo".

Como mecánico, Johansson agradece lo sencillo que resulta instalar el Sistema Expander. No requiere taladrado lineal ni soldadura y el trabajo se puede realizar in-situ, directamente sobre la pieza desgastada.

*"Es una solución excelente", indica.  
"Lo hemos elegido por algo, y ha demostrado  
ser un éxito. ¡Problema resuelto!"*

Texto Ulf Wiman  
Fotografías Justin Garvanovic/Parks and Resorts  
Gröna Lund/Parks and Resorts  
Magnus Glans/Parks and Resorts





# LA HERRAMIENTA SUPERBOLT TOOL MEJOR DISEÑO DE PRODUCTO DE 2020



Durante muchos años, parecía imposible diseñar un dispositivo que pudiera apretar simultáneamente los tornillos de los tensionadores mecánicos y mantener la carga con precisión. Pero los ingenieros de Nord-Lock Group convirtieron este reto en una realidad.

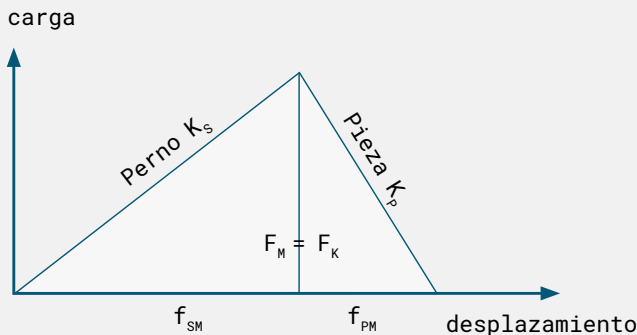
De hecho, la innovadora herramienta Superbolt Tool ha recibido uno de los galardones de diseño más importantes del mundo, conocido como: **Red Dot Award**. La herramienta Superbolt Tool ganó el **Mejor diseño de producto de 2020** en la categoría Innovación.



reddot winner 2020

# ¿Qué le ocurre a la precarga y a la fuerza de amarre al aplicar cargas externas?

Envíe sus preguntas sobre tecnologías de atornillado por correo electrónico a: [experts@nord-lock.com](mailto:experts@nord-lock.com)



- $K_S$  : Rigidez del perno ( $F_M / f_{SM} = 1/\delta_S$ )
- $K_P$  : Rigidez de las piezas ( $F_M / f_{PM} = 1/\delta_P$ )
- $F_M$  : Precarga
- $F_K$  : Fuerza de amarre
- $f_{SM}$  : Desplazamiento de perno elongado (+)
- $f_{PM}$  : Desplazamiento de pieza comprimida (-)

Generalmente aplicamos el par de apriete con una llave dinamométrica en el perno o la tuerca para generar la carga de apriete requerida. Esta carga de apriete se denomina precarga. La precarga se define como la tensión creada en un elemento de fijación cuando éste se aprieta. Su función es prevenir el deslizamiento y la apertura de las partes de la unión. La fuerza de amarre, en respuesta a la precarga, es la fuerza que actúa sobre las partes.

Por consiguiente, el cálculo de una unión atornillada simple se basa en el comportamiento elástico de la junta en el eje del perno. Esta zona tiene un efecto considerable en la deformación y la carga del perno.

Cuando actúan fuerzas externas en la junta, se debe analizar cada elemento que transmite fuerza. Se puede predecir el comportamiento de las juntas viendo su reacción ante las fuerzas externas.

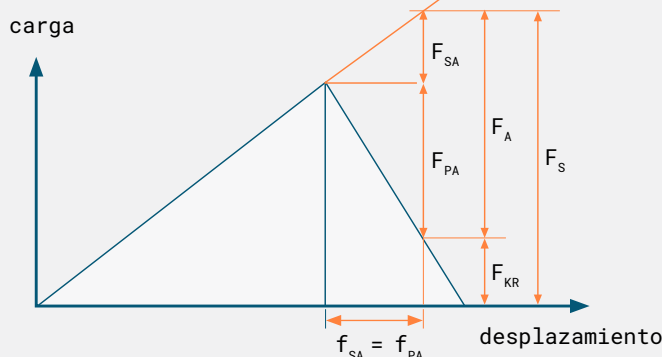
Durante el montaje de la junta, se produce una precarga  $F_M$ , que crea una fuerza de amarre  $F_K$  entre las partes. El factor de rigidez debe definirse previamente. Esto es, cuánta carga se requiere para estirar 1 mm del material.

$K = \Delta F / \Delta L$ , opuesto a flexibilidad (resiliencia  $\delta = 1/K$ )  
Refiriéndose al diagrama de la unión (Diagrama Röttscher).

A continuación, una carga de trabajo axial  $F_A$ , introducida a través de las piezas sujetas y que actúa sobre el perno, se transmite a través de la zona de amarre y del perno. La proporción de la carga de trabajo que actúa sobre el perno, además de la precarga, se denomina carga del perno  $F_{SA}$ . El valor  $F_{PA}$  representa la reducción de la precarga debido a una carga de trabajo externa. La proporción de esta distribución depende del comportamiento elástico de la junta.

- $F_S$  : Carga máx. del perno ( $F_S = F_A + F_{KR} = F_{SA} + F_{PA} + F_{KR}$ )
- $F_A$  : Carga externa axial
- $F_{SA}$  : Carga de perno adicional axial  
=  $n \times \{\delta_p / (\delta_s + \delta_p)\} \times F_A$   
=  $\lambda \times F_A$  utilizando  $\lambda$ , factor de carga  $\lambda = n \times \{\delta_p / (\delta_s + \delta_p)\}$   
(n: factor de introducción de carga para describir el efecto del punto de introducción de  $F_A$ )

La fuerza y el desplazamiento que se producen en la junta se puede ilustrar mediante el diagrama de la unión. En consecuencia, el anterior diagrama se mostrará de esta forma:



- $F_{PA}$  : Reducción de la precarga =  $(1 - \lambda) \times F_A$
- $F_{KR}$  : Fuerza de amarre residual
- $f_{SA}$  : Elongación del perno debido a  $F_{SA}$
- $f_{PA}$  : Deformación lineal elástica de las partes unidas debido a  $F_{PA}$



**Luke Jun**  
INGENIERO DE APLICACIÓN DE  
NORD-LOCK GROUP EN COREA

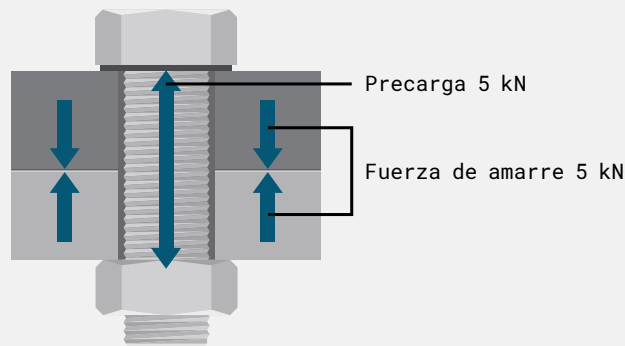


**Masato Takenaka**  
DIRECTOR DE INGENIERÍA DE  
NORD-LOCK GROUP EN ASIA-PACÍFICO

## La fórmula anterior se puede verificar con el siguiente ejemplo

### Paso 1

La unión atornillada se aprieta a 5 kN.  
No se aplica ninguna carga externa.



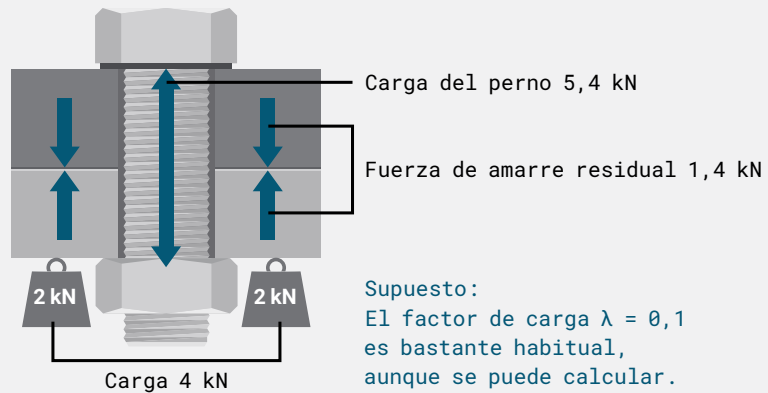
### Paso 2

Se aplican cargas estáticas externas (4 kN) aunque inferiores a la precarga. La precarga inicial ahora se convierte en la precarga residual. La carga del perno se calcula en 5,4 kN pero la fuerza de amarre se reduce a 1,4 kN.

$$F_A = 4 \text{ kN}, F_{SA} = \lambda \times F_A = 0,4 \text{ kN}$$

$$F_S = 5,4 \text{ kN} = F_A + F_{KR}$$

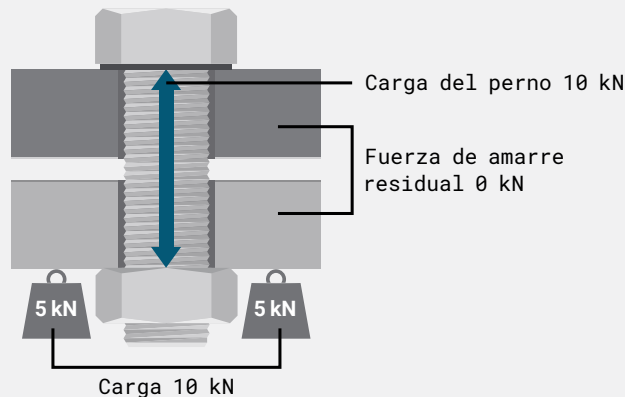
$$F_{KR} = 1,4 \text{ kN}$$



Supuesto:  
El factor de carga  $\lambda = 0,1$   
es bastante habitual,  
aunque se puede calcular.

### Paso 3

Se aplican cargas externas adicionales, superiores a la precarga inicial. Ya que la carga externa es muy superior a la precarga, las piezas se separan y la carga en el perno aumenta hasta 10 kN. (100 % de cargas externas)



En conclusión, el comportamiento elástico de cada componente se revisó cuando se generaron fuerzas axiales en la junta. Además, existen otros factores externos a tener en cuenta para una predicción precisa de la precarga requerida, como los esfuerzos cortantes, la temperatura, la vibración y las cargas dinámicas. Para más información, no dude en contactar con su oficina de Nord-Lock Group más cercana.

