



**ROLLON**<sup>®</sup>  
BY TIMKEN

**ROLLON LIBRO DE JUEGO**

**Evitar el fallo de los rodamientos lineales**



# ÍNDICE

**04** Descubra una forma más inteligente de reducir el desgaste de los rodamientos lineales

**12** Velocidad y aceleración de los rodamientos lineales: ¿Qué especificación es más importante en los sistemas automatizados?

**19** Estrategias de resistencia a los choques para sistemas de movimiento lineal

**25** Gestión de la desalineación en sistemas de movimiento lineal: ¿Cuánta tolerancia necesita realmente?

# EVITAR EL FALLO DEL RODAMIENTO LINEAL

Cuando los sistemas de rodamientos lineales fallan prematuramente, casi siempre se debe a un error de aplicación que se ha pasado por alto. Estos errores se clasifican en cinco categorías diferentes y, si no se corrigen, pueden reducir la vida útil de un rodamiento en un 50% o más:

- Desalineación de los rieles de los cojinetes y de los elementos móviles.
- Lubricación inadecuada de los componentes no sellados del rodamiento.
- Contaminación de los rieles y pistas de rodadura de los rodamientos.
- Bloqueo al arrancar.
- Exceso de velocidad y aceleración.

Rollon ha hecho que sea más fácil que nunca evitar los errores de aplicación que amenazan la vida de los rodamientos.

Nuestro equipo de servicio técnico ha publicado un nuevo manual en el que se explican las cinco causas de fallo de los rodamientos y ofrece consejos para evitarlas. consejos para evitarlas.



# DESCUBRA

# UNA FORMA MÁS INTELIGENTE



PARA REDUCIR

## DESGASTE DE LOS RODAMIENTOS LINEALES

*La contaminación y las malas prácticas de lubricación pueden acortar la vida útil de los rodamientos lineales. He aquí cómo evitar ambos problemas.*

## **DESCUBRA UNA FORMA MÁS INTELIGENTE DE REDUCIR EL DESGASTE DE LOS RODAMIENTOS LINEALES**

Para obtener la máxima vida útil de un rodamiento lineal, manténgalo limpio y bien lubricado. Este consejo de sentido común puede parecer fácil de seguir. Sin embargo, en el mundo real de las operaciones de fabricación, que se realizan las 24 horas del día, los rodamientos se ensucian y se secan. Y cuando se da cualquiera de estas condiciones, los rodamientos lineales se desgastan prematuramente. En el peor de los casos, la contaminación y una lubricación inadecuada pueden crear un contacto de metal con metal entre los elementos rodantes del rodamiento y la pista de rodadura. Esto puede provocar un desgaste excesivo en forma de abolladuras, picaduras o gripado. Esta advertencia sobre los contaminantes y la importancia de la lubricación no será una novedad para nadie que haya diseñado o trabajado con máquinas industriales. Cuando se utilizan guías lineales en equipos médicos, alimentarios, de envasado, semiconductores u otros equipos sensibles, los fabricantes de máquinas suelen tomar medidas extraordinarias para mantener los contaminantes fuera y el

aceite dentro. Pueden añadir costosos fuelles para cubrir las guías u optar por un costoso sistema de engrase automático.

Pero las medidas extraordinarias de reducción del desgaste no se limitan a las aplicaciones sensibles. A menudo, los diseñadores de maquinaria recurren a rodamientos de alta precisión esperando una protección óptima contra el desgaste. Después de todo, si el riel perfilado se utiliza en equipos de alta gama como las máquinas-herramienta, seguramente tendrá la mejor fiabilidad y resistencia al desgaste de todas las opciones de rodamientos para sistemas automatizados con requisitos de precisión menos exigentes. Y debería soportar sin problemas la contaminación menos severa de esas mismas aplicaciones. Sin embargo, en su afán por mantener el buen funcionamiento de los sistemas de movimiento lineal, los fabricantes de maquinaria pueden pasar por alto soluciones de diseño menos costosas para los problemas de contaminación y lubricación.

## **DESCUBRA UNA FORMA MÁS INTELIGENTE DE REDUCIR EL DESGASTE DE LOS RODAMIENTOS LINEALES**

### **COMBATIR LA CONTAMINACIÓN**

La contaminación adopta muchas formas, algunas más agresivas que otras. Las virutas de metal procedentes de las operaciones de mecanizado, por ejemplo, son uno de los mayores agresores desde el punto de vista del desgaste. El polvo de silicio producido durante la fabricación de semiconductores también puede ser duro para las superficies de los rodamientos lineales. Los procesos de fabricación modernos pueden arrojar una larga lista de otros contaminantes abrasivos que inducen al desgaste.

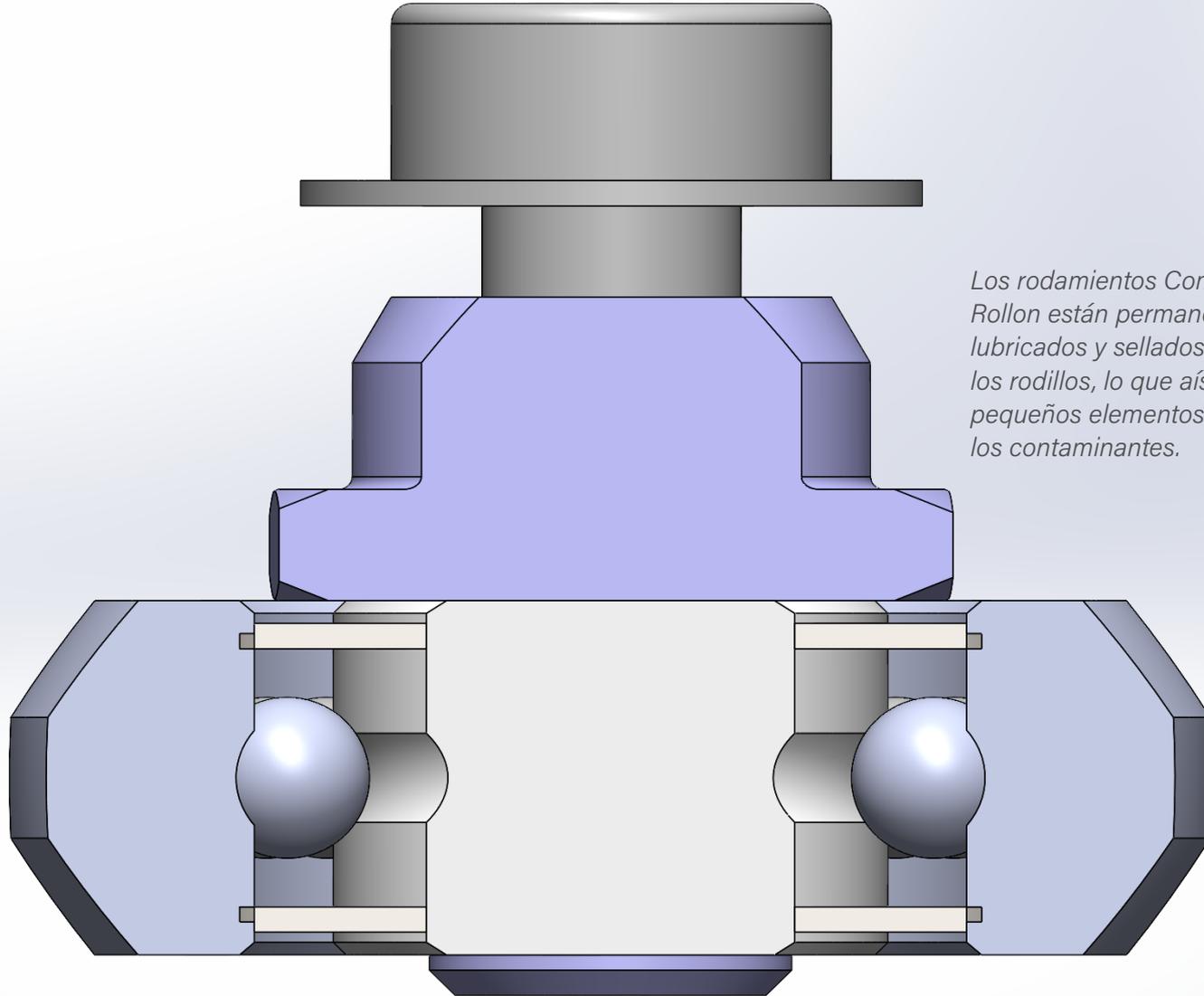
Los contaminantes menos agresivos también pueden plantear problemas. Incluso los contaminantes blandos, como los que se encuentran en el procesado de alimentos, pueden atascar los rodamientos lineales. Este tipo de suciedad no es necesariamente un problema de desgaste, pero puede impedir que los sistemas de movimiento lineal funcionen correctamente. En consecuencia, esto puede tener un impacto negativo en la precisión de posicionamiento y la calidad del producto. Si un rodamiento lineal se ensucia hasta el punto de dejar de funcionar, pueden producirse costes potenciales de mantenimiento y tiempos de inactividad.

Recuerde también que la contaminación es una vía de doble sentido. Además de preocuparse de que la contaminación del producto interfiera con el sistema de movimiento lineal, los fabricantes de máquinas también se preocupan de que la lubricación o las

partículas del rodamiento lineal contaminen el producto. Este tipo de contaminación de la máquina al producto es motivo de preocupación en industrias sensibles a la contaminación, como la médica, la de semiconductores y la electrónica.

Para combatir la contaminación, los fabricantes de máquinas suelen complementar las obturaciones integradas del rodamiento lineal con fuelles u otros tipos de cubiertas. Aunque estos elementos pueden aumentar considerablemente el coste de la máquina y la carga de mantenimiento, también tienen su utilidad. Algunos entornos de salas blancas, por ejemplo, pueden requerir alguna barrera física entre el producto y los elementos de la máquina. Y dentro de los centros de mecanizado, es crucial proteger físicamente cualquier sistema de movimiento de las virutas metálicas.

Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones de precisión media, la prevención de la contaminación es otro ejemplo de por qué utilizar un rodamiento de ultraprecisión para trabajos con requisitos de precisión más moderados puede, en realidad, introducir más dificultades para la aplicación. Incluso el rodamiento más preciso no es totalmente impermeable al polvo y las partículas. De hecho, esas cubiertas y fuelles adicionales destinados a proteger los rieles perfilados pueden ser derrotados por las altas concentraciones de contaminantes y el uso constante en determinados entornos.



*Los rodamientos Compact Riel de Rollon están permanentemente lubricados y sellados dentro de los rodillos, lo que aísla estos pequeños elementos rodantes de los contaminantes.*

## **DESCUBRA UNA FORMA MÁS INTELIGENTE DE REDUCIR EL DESGASTE DE LOS RODAMIENTOS LINEALES**

### **ELIJA RODAMIENTOS DE PRECISIÓN MENOS AFECTADOS POR LA CONTAMINACIÓN**

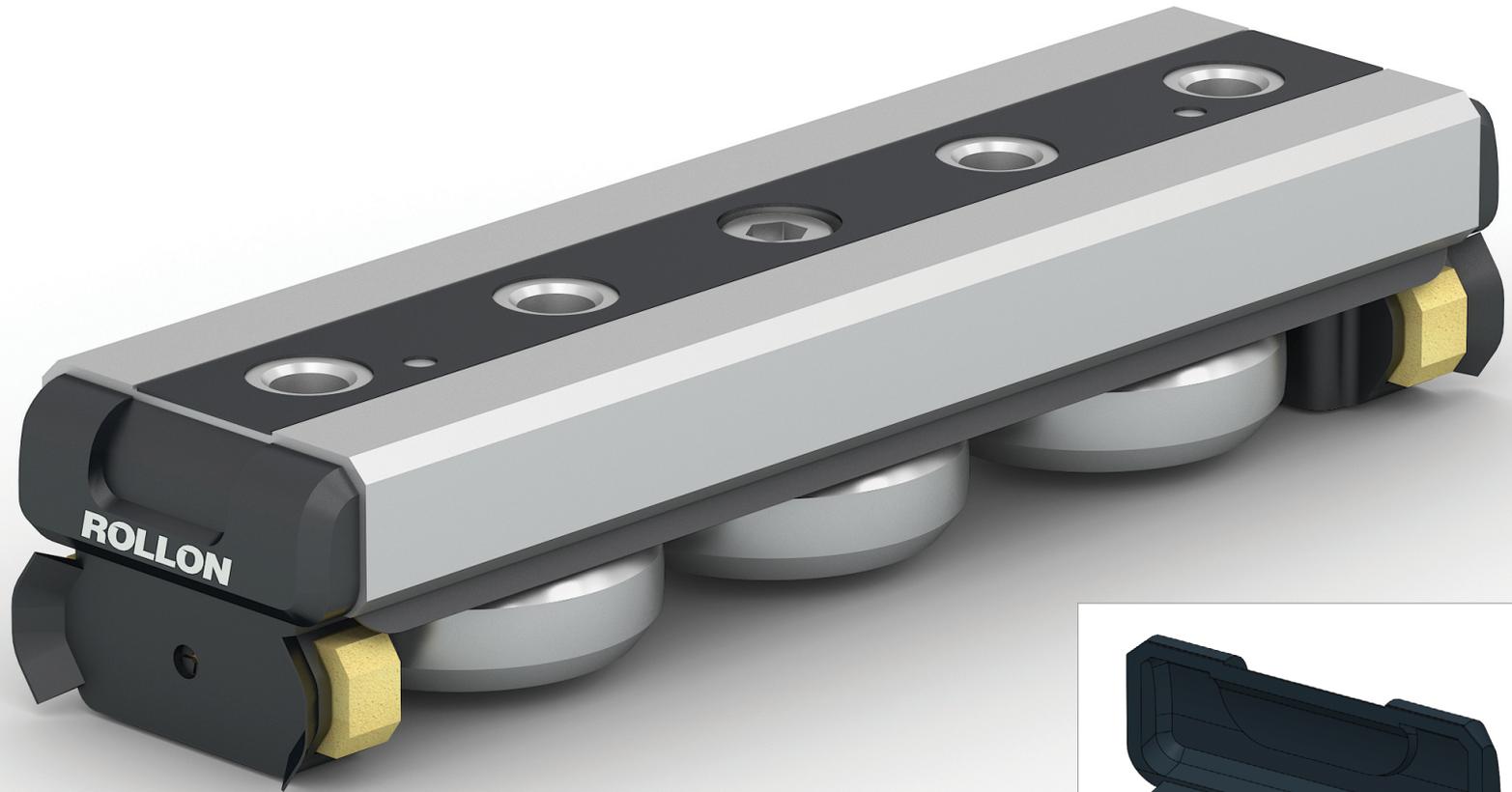
Afortunadamente, muchas aplicaciones de precisión media, como los automatizados se enfrentan a situaciones de contaminación más leves. Y En esos casos, los fabricantes de maquinaria deberían considerar tipos de rodamientos menos afectados por la contaminación y no tan capaces de generar de generar contaminación. Los rodamientos con elementos rodantes sellados entran en esta categoría.

En las guías lineales convencionales, las diminutas bolas de recirculación de una pista de rodadura tienen muy poca holgura. Por tanto, incluso un trozo relativamente pequeño de suciedad puede interferir con las bolas. En cambio, los rodamientos basados en rodillos de mayor diámetro pueden pasar por encima

de contaminantes relativamente grandes. Piense en ello como la diferencia entre un monopatín y un monster truck que chocan contra un badén en la carretera.

El sistema Compact Riel de Rollon, por ejemplo, está construido en torno a rodillos de una pulgada de diámetro. Estos rodamientos lineales pueden rodar sobre todo tipo de contaminantes que pueden detener en seco elementos rodantes más pequeños, como virutas de metal, partículas de plástico, papel, polvo y otros.

Los rodillos grandes también toleran mejor los daños que los elementos rodantes más pequeños. Incluso si un contaminante estropea el rodillo o las superficies de los rieles, el elemento rodante grande puede seguir funcionando.



*El deslizador Compact Riel incorpora un rascador integrado (véase el recuadro) que satisface automáticamente las necesidades mínimas de lubricación del sistema.*



## DESCUBRA UNA FORMA MÁS INTELIGENTE DE REDUCIR EL DESGASTE DE LOS RODAMIENTOS LINEALES

### MÁQUINAS BIEN ENGRASADAS

Los problemas de lubricación suelen describirse como falta de grasa o aceite. Y a veces es así, ya que la lubricación se filtra o se exprime de los rodamientos lineales, dejándolos susceptibles al desgaste metal-metal.

La cuestión de la lubricación también tiene su reverso. Los trabajadores de mantenimiento, con pistolas de engrase en la mano, a menudo lubrican en exceso los rodamientos lineales, lo que puede reventar las juntas e introducir aceite en el medio ambiente.

Y tenga en cuenta que la lubricación también se considera un contaminante. Así que los rodamientos lubricados en exceso también pueden agravar los problemas de contaminación u obligar a los fabricantes de maquinaria a optar por fuelles o cubiertas físicas.

Introducir la cantidad justa de lubricante en un rodamiento lineal en el intervalo adecuado puede resultar complicado, ya que depende de factores específicos de la aplicación, como el tipo de rodamiento y el ciclo de trabajo. La sensibilidad de la aplicación a la contaminación del aceite también entra en juego, ya que las industrias sensibles exigen programas de lubricación más ligeros.

Hay formas de asegurarse de que los rodamientos lineales permanezcan correctamente lubricados durante todo su recorrido con poca intervención de los operarios de mantenimiento. En el extremo más caro del espectro se encuentran los sistemas de engrase automático. Estos sistemas son un legado de los sistemas de guías lineales utilizados en la industria de la máquina herramienta. El engrasador automático era crucial para mantener la película de aceite que separa las superficies de los rodamientos de una vía lineal.

Algunos de estos costosos sistemas de autolubricación se han abierto camino en aplicaciones que emplean guías lineales más modernas, y

pueden ser una forma válida de conseguir los niveles de lubricación adecuados al tiempo que se reduce la carga de mantenimiento. Pero, aparte de su coste, los sistemas de autolubricación pueden introducir niveles inaceptables de contaminación en el entorno de la fábrica, lo que, de nuevo, es un problema en las salas limpias y otras operaciones de fabricación sensibles.

Existe una alternativa más económica y limpia a la lubricación automatizada en forma de rascadores autolubricantes que se integran en el carro del rodamiento lineal. Rollon, por ejemplo, dispone de rascadores autolubricantes opcionales en su sistema Compact Riel. Proporcionan lubricación durante dos millones de ciclos antes de que sea necesario renovarlos, y cuestan una fracción de lo que cuesta un sistema de engrase automático controlado por PLC.

La idea de que la lubricación automática es la única forma de conseguir una lubricación óptima está algo desfasada. Algunas guías lineales, como las basadas en bolas recirculantes, sí requieren lubricación en todas las aplicaciones. Pero los rodamientos basados en elementos rodantes sellados pueden no necesitar mucha, o ninguna, lubricación externa en muchas aplicaciones.

Con Compact Riel, el rodillo actúa como un verdadero rodamiento sellado. Sus rodamientos de bolas, la pista de rodadura y su lubricante se encuentran dentro del alojamiento exterior del rodillo. De este modo, la necesidad de añadir lubricante entre el rodillo y el riel perfilado resulta menos importante, o incluso innecesaria, en aplicaciones ligeras o de precisión media. Esta capacidad marca una gran diferencia en operaciones sensibles a la contaminación que normalmente recurrirían a fuelles o cubiertas costosas para mantener el aceite extraviado fuera del taller, del aire y de sus productos.

## **DESCUBRA UNA FORMA MÁS INTELIGENTE DE REDUCIR EL DESGASTE DE LOS RODAMIENTOS LINEALES**

### **RIEL COMPACTO PARA APLICACIONES DE PRECISIÓN MEDIA**

Utilizar rodamientos de precisión como el Compact Riel de Rollon para aplicaciones de precisión media es sencillamente la opción más inteligente en comparación con las medidas extraordinarias que algunos diseñadores formulan para evitar fallos por desgaste y contaminación. Los diseñadores no sólo pueden evitar la adición de fuelles y juntas y minimizar los quebraderos de cabeza de la lubricación, sino que pueden prescindir del costoso y laborioso rectificado y mecanizado que conlleva la prevención de la desalineación cuando se implementan guías de alta precisión. De hecho, las guías Compact Riel pueden compensar desalineaciones de hasta cuatro milímetros. También incorporan pistas de rodadura endurecidas por inducción para garantizar una larga vida útil y un funcionamiento silencioso. Las guías lineales son asequibles y fáciles de instalar en todo tipo de

superficies, incluidas las no mecanizadas.

Los diseñadores de máquinas disponen de muchas herramientas para optimizar la vida útil de sus rodamientos lineales. Las guías perfiladas, los complementos costosos y las estrategias de lubricación pueden tener sentido para algunas aplicaciones, pero los diseñadores de sistemas automatizados con requisitos de precisión menos estrictos harían bien en preguntarse si todo el gasto y el esfuerzo añadidos son siquiera necesarios. Dado que los rodamientos con elementos rodantes grandes y sellados no son sensibles a las partículas pequeñas, pueden compensar la desalineación y necesitan menos atención en la lubricación, el riel compacto puede ser la única protección que necesite.

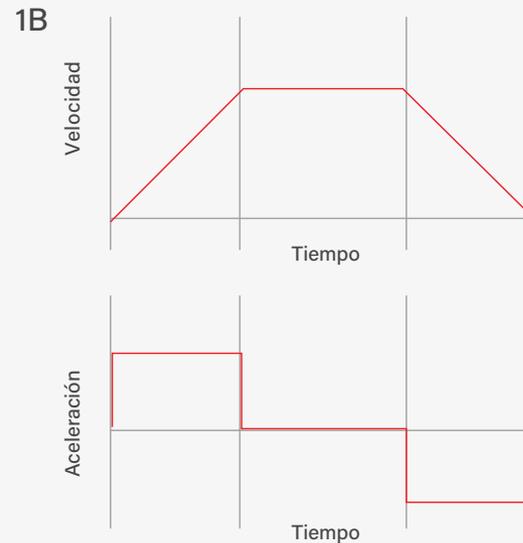
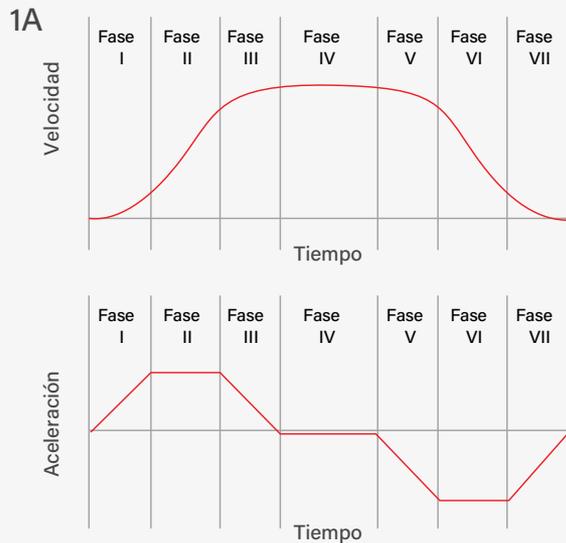
# RODAMIENTO LINEAL

## VELOCIDAD Y ACELERACIÓN:

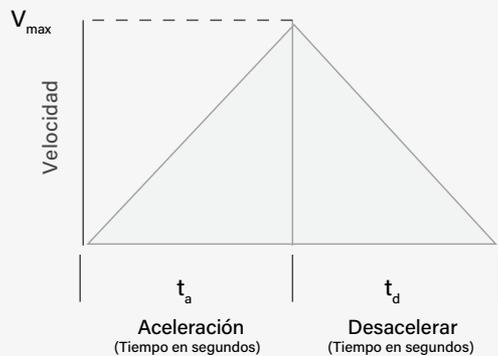
¿QUÉ ESPECIFICACIÓN IMPORTA MÁS  
EN LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS?



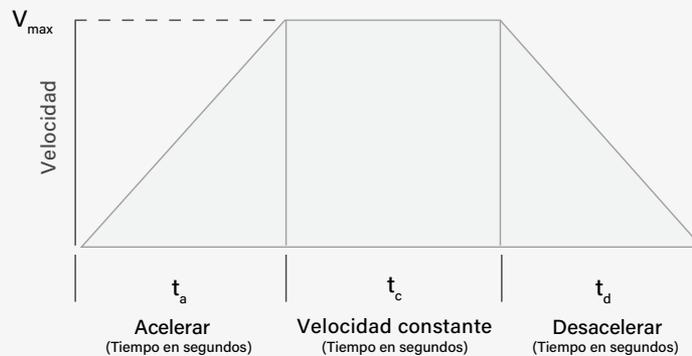
*Los ingenieros centrados en aplicaciones de precisión media, como sistemas de automatización rápidos y ligeros pueden prestar demasiada atención a las especificaciones de velocidad cuando lo que realmente cuenta es la aceleración.*



**PERFIL DE MOVIMIENTO TRIANGULAR**



**PERFIL DE MOVIMIENTO TRAPEZOIDAL**



*El nivel de precarga adecuado ayudará a conseguir el perfil de movimiento deseado sin sacrificar la capacidad de carga ni reducir la vida útil.*

## **VELOCIDAD Y ACELERACIÓN DE LOS RODAMIENTOS LINEALES: ¿QUÉ ESPECIFICACIONES SON MÁS IMPORTANTES EN LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS?**

En las especificaciones de cualquier rodamiento lineal encontrará la velocidad máxima. Es una especificación importante, pero no tanto como muchos ingenieros creen.

La velocidad influye en la vida útil de los rodamientos. El movimiento constante de cargas por encima del límite de velocidad de un rodamiento puede provocar un desgaste prematuro. También es posible, normalmente a través de un error de control, accionar un rodamiento tan rápido que falle. Por ejemplo, las guías lineales de recirculación de bolas pueden fallar cuando se accionan a altas velocidades o aceleraciones. Y los rodamientos de rodillos pueden congelarse a velocidades extremadamente altas. Sin embargo, estas condiciones de exceso de velocidad son poco frecuentes en los sistemas de movimiento bien diseñados.

Además, la velocidad de los rodamientos no suele ser el factor limitante del rendimiento en las aplicaciones de movimiento

actuales. Los rodamientos lineales estándar pueden soportar velocidades de tres metros por segundo sin ninguna dificultad, mientras que los modelos de alto rendimiento pueden alcanzar los cinco metros por segundo. Algunos rodamientos son incluso más rápidos, con velocidades máximas cercanas a los nueve metros por segundo. Mientras tanto, la mayoría de las aplicaciones de automatización funcionan a velocidades máximas muy por debajo de los cinco metros por segundo y pueden adaptarse fácilmente con rodamientos de precisión diseñados para aplicaciones de precisión media.

Entonces, si los rodamientos actuales tienen velocidad de sobra y los excesos de velocidad son raros, ¿de qué sirven las especificaciones de velocidad? La respuesta es que la velocidad no nos dice mucho como valor aislado. La velocidad sólo adquiere importancia cuando se considera en el contexto de la aceleración y el perfil de movimiento global.

## **VELOCIDAD Y ACELERACIÓN DE LOS RODAMIENTOS LINEALES: ¿QUÉ ESPECIFICACIONES SON MÁS IMPORTANTES EN LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS?**

### **CONSIDERACIONES SOBRE LA ACELERACIÓN**

Existe una conexión entre velocidad y aceleración que va más allá de su relación matemática. Los rodamientos diseñados para soportar altas velocidades también tienden a ser lo suficientemente robustos como para soportar altas aceleraciones y fuerzas de vibración.

Éstas son las fuerzas que determinan la mayoría de las aplicaciones de movimiento en el mundo real. La aceleración y su tasa de cambio (o "sacudida") son los principales determinantes de la estabilidad de un sistema de movimiento y de su capacidad para alcanzar los objetivos de posición.

Cuando los ingenieros de control sobrecargan un rodamiento lineal, el exceso de velocidad no suele ser el culpable. Lo más habitual es que el ingeniero haya forzado el sistema más allá de su capacidad para soportar las fuerzas de aceleración, deceleración o vibración. En casos leves, esta situación puede manifestarse como patinaje, que puede aumentar el desgaste y acortar la vida útil del rodamiento. En casos extremos, una aceleración excesiva puede provocar fallos catastróficos en los rodamientos.

$$L_{km} = 100 \cdot \left( \frac{C}{P} \cdot \frac{f_c}{f_i} \cdot f_h \right)^3$$

Donde:

$L_{km}$  es la vida teórica en kilómetros

$C$  es la capacidad de carga dinámica en Newtons

$P$  es la carga externa equivalente en newtons

$f_c$  es el factor de contacto

$f_i$  es el factor de servicio

$f_h$  es el factor de carrera

Las cargas dinámicas en la duración de las guías lineales durarán. Pero también lo hace su velocidad de funcionamiento. En el cálculo del ciclo de vida (abajo), el término factor de servicio ( $f_i$ ) recoge la influencia de la velocidad de funcionamiento, las cargas de choque y vibración, la frecuencia de inversión y la limpieza del entorno de trabajo. La velocidad, en particular, influye mucho en el factor de servicio.

- Aplicaciones de baja velocidad (menos de 1 m/s) tienen un factor de servicio de 1 a 1.5
- Aplicaciones de velocidad media (1 y 2.5 m/s) tienen un factor de servicio de 1.5 a 2
- Aplicaciones de alta velocidad, superiores a 2.5 m/s tienen un factor de servicio que oscila entre 2 y 3.5

En igualdad de condiciones, un rodamiento en una aplicación de alta velocidad podría tener una vida útil entre un 50 y un 70% más corta que el mismo rodamiento en una aplicación de baja velocidad.

## **VELOCIDAD Y ACELERACIÓN DE LOS RODAMIENTOS LINEALES:**

### **¿QUÉ ESPECIFICACIONES SON MÁS IMPORTANTES EN LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS?**

#### **TRABAJAR CON LOS MECÁNICOS**

Obviamente, los ingenieros de control pueden limitar estas fuerzas cuando programan un perfil de movimiento, pero sólo si el perfil guarda una relación realista con las limitaciones mecánicas del rodamiento. Con demasiada frecuencia, no es así. Los perfiles de movimiento se crean rutinariamente en torno a objetivos de velocidad sin referencia a la limitación fundamental de los componentes mecánicos. Cuando se produce esta desconexión entre el perfil de movimiento y los componentes mecánicos, no sirve de nada ajustar el accionamiento.

Y ten en cuenta que no todos los remedios para las dificultades de aceleración pasan por la programación del movimiento. La precarga del rodamiento, que es un proceso puramente mecánico, también puede ayudar.

A menudo es deseable cierto grado de precarga porque elimina el exceso de holgura entre los elementos rodantes y las superficies del riel, eliminando las condiciones de contacto desiguales y minimizando el desgaste. A medida que aumenta la aceleración y el derrape se convierte en un riesgo, mantener los elementos rodantes en contacto con el riel en todo momento es aún más importante. Aumentar la precarga también hace que el sistema sea más rígido, lo que ayuda a mejorar la precisión de posicionamiento cuando las fuerzas de aceleración, sacudida y vibración son elevadas.

En general, las aplicaciones de alta aceleración exigen una mayor precarga. Sin embargo, la precarga reduce la capacidad de carga del rodamiento y aumenta el desgaste. Estas contrapartidas pueden reducirse al mínimo experimentando para optimizar los niveles de

precarga. Normalmente, existe un nivel en el que se pueden satisfacer las necesidades de un perfil de movimiento agresivo sin sacrificar la capacidad de carga o la vida útil.

Experimentar con diferentes niveles de precarga requerirá algunos ajustes físicos en los rodamientos. Y no todos los sistemas de rodamientos hacen esta tarea tan fácil. Algunos sistemas tienen sus precargas determinadas por su configuración de fábrica. La precarga en las guías de recirculación de bolas, por ejemplo, está relacionada con el tamaño de los rodamientos de bolas en relación con las pistas de rodadura. Cambiar la precarga en estos sistemas suele requerir cambios en el deslizador, en los rieles o en ambos.

Otros estilos de rodamientos permiten ajustes sencillos de la precarga sobre el terreno. El sistema de riel compacto de Rollon puede ajustarse desde el exterior del riel girando tornillos que comprimen las bridas del riel. Además de permitir ajustes sin desmontar el deslizador del riel, este sistema permite un ajuste fino localizado. Las precargas pueden ajustarse más altas en las zonas donde se producen cargas dinámicas elevadas, como cuando el carro invierte la dirección. Al minimizar la parte del riel sometida a precargas más elevadas, se reduce el efecto de desgaste. La mayoría de las aplicaciones de automatización funcionan dentro de los requisitos de velocidad de los rieles compactos, y muchas de ellas tampoco requieren la precisión de los rieles perfilados. De hecho, las aplicaciones con requisitos de precisión superiores a 50- $\mu$  se clasifican como de "precisión media" y son muy adecuadas para Compact Riel.

## **VELOCIDAD Y ACELERACIÓN DE LOS RODAMIENTOS LINEALES: ¿QUÉ ESPECIFICACIONES SON MÁS IMPORTANTES EN LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS?**

### **VENTAJAS DEL RIEL COMPACTO PARA SISTEMAS AUTOMATIZADOS**

Con las guías Compact Riel, el ajuste de la precarga no sólo es fácil y cómodo, sino que la instalación también se realiza sin problemas. Compact Riel puede instalarse en todas las superficies, aunque sean rugosas, gracias a su capacidad para hacer frente a desalineaciones de hasta cuatro milímetros. A diferencia de las guías de riel perfiladas, que obligan a los fabricantes de maquinaria a invertir mucho tiempo y dinero en la preparación de la superficie y el mecanizado para asegurarse de que los rieles de rodamiento pueden montarse perfectamente, la exclusiva geometría de riel de Compact Riel de Rollon compensa los errores de alineación en uno o dos ejes, por lo que puede alinearse a superficies de montaje que no sean perfectas. La combinación de autoalineación y fácil ajuste de precarga de la guía hace que sea más fácil de implementar que las guías perfiladas, ayudando así a los diseñadores a ahorrar

tiempo y dinero.

Siempre puede resultar tentador fijarse en la velocidad máxima de un rodamiento lineal para ver si es adecuado para un sistema de movimiento rápido. Pero centrarse únicamente en la velocidad sin tener en cuenta la mecánica subyacente del sistema de rodamientos lineales no hará más que retrasarle. El sistema de rieles compactos de Rollon cumple todos los requisitos para aplicaciones de precisión media, como los sistemas automatizados, proporcionando a su aplicación de movimiento la velocidad de funcionamiento, la estabilidad mecánica y la precisión adecuadas sin los retrasos y los gastos que supone precargar y evitar la desalineación. La configuración más rápida y el tiempo de inactividad mínimo convierten a Compact Riel en una guía lineal excepcionalmente eficaz y rentable para su sistema de automatización.



# **RESISTENCIA AL CHOQUE**

## **ESTRATEGIAS PARA**

### **SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL**



*En aplicaciones de precisión media, el rodamiento de precisión adecuado puede resolver las mayores amenazas para la vida útil de un sistema de movimiento lineal.*

## **ESTRATEGIAS DE RESISTENCIA A LOS CHOQUES PARA SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL**

¿Cómo se sabe que un rodamiento lineal ha llegado al final de su recorrido? Cuando el carro choca contra la pared. Al menos eso es lo que dice el viejo chiste de ingeniería. Pero en realidad, los choques no son cosa de risa.

También conocidos eufemísticamente como “topes duros”, los choques se producen cuando un bloque de almohada fuera de control choca contra el tope final del rodamiento o contra algún otro objetivo intermedio. Suelen producirse cuando un eje lineal se pone en marcha por primera vez. Incluso una sola colisión en esa primera carrera puede arruinar un rodamiento, provocando costosas reparaciones o costes de sustitución.

### **ESTAR EN LA MISMA PAGINA**

Con demasiada frecuencia, hay poca comunicación entre el ingeniero que diseña un sistema mecánico y el ingeniero que finalmente lo ejecuta. Esta falta de comunicación puede aumentar las probabilidades de que se produzcan fallos, ya que aumenta la probabilidad de que el eje lineal funcione con un perfil de movimiento para el que no ha sido diseñado.

Por ejemplo, un eje lineal puede tener espacio suficiente para la sobrecarrera en función de los datos de diseño: cargas, velocidades, aceleraciones y desajustes de inercia. Sin embargo, si funciona

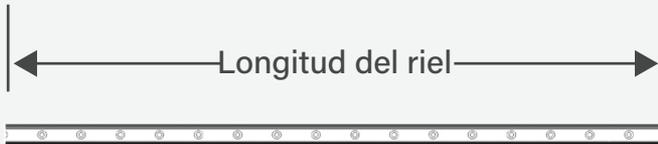
La razón por la que los rodamientos fallan en la puesta en marcha se debe principalmente a factores humanos. Un ingeniero de control puede hacer un gran trabajo calculando el perfil de movimiento perfecto para una aplicación determinada, sólo para pasar por alto algunos detalles de la instalación durante la puesta en marcha. Los pequeños errores, como introducir un parámetro de movimiento incorrecto o no conectar un final de carrera, son habituales y pueden ser catastróficos para el rodamiento lineal.

Afortunadamente, no es tan difícil minimizar las colisiones y alargar la vida de tus rodamientos sin gastar mucho dinero. He aquí cómo:

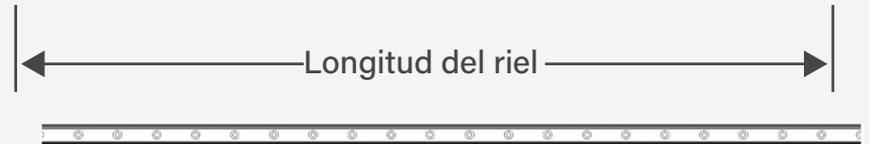
en condiciones diferentes, ese espacio de sobrerrecorrido puede reducirse o desaparecer.

Para evitar este tipo de problemas, es importante que tanto los ingenieros de diseño como los de control sepan si los valores de diseño dejan suficiente flexibilidad para adaptarse a los cambios en los parámetros de funcionamiento del mundo real. Si no es así, un perfil de movimiento menos agresivo puede ser la única forma de evitar colisiones.

## CHOQUE



## NO HAY CHOQUE.



— Perfil de movimiento

*Lo más habitual es que los accidentes se produzcan en el arranque debido a un perfil de movimiento incorrecto.*

## ESTRATEGIAS DE RESISTENCIA A LOS CHOQUES PARA SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL

### SOBREINGENIERÍA

Además de la rotura de rodamientos, una de las consecuencias negativas de las colisiones es el exceso de ingeniería. En lugar de intentar evitar las colisiones, el ingeniero las acepta como inevitables e intenta diseñar sistemas que sobrevivan a ellas.

Para ello, los ingenieros pueden acabar especificando parachoques o amortiguadores de gas. Según el tipo de amortiguador, pueden costar desde unos pocos dólares hasta 100 dólares cada uno. Pero si se instalan en varios ejes, los costes se disparan, incluso sin tener en cuenta la mano de obra y las piezas de recambio.

Por muy populares que sean, los parachoques y otros amortiguadores son un poco como las ruedas de entrenamiento en una bicicleta. Una vez que se sabe montar, se quitan. Del mismo modo, los sistemas de movimiento lineal correctamente diseñados y controlados pueden funcionar con seguridad sin necesidad de protección adicional.

Otra estrategia de prevención de colisiones consiste en “aumentar el tamaño” eligiendo un componente lineal de alta resistencia para que sobreviva a una colisión, incluso cuando una guía de precisión estándar es perfectamente adecuada para el trabajo. La idea es que, aumentando el tamaño de la guía, el diseñador puede conseguir un sistema excelente y resistente a los choques. Pero el elevado coste de

aumentar el tamaño se hace evidente rápidamente: Esta estrategia puede costar hasta un 15% más que el tamaño de guía anterior. Y eso antes de que el fabricante de la máquina empiece a hacer algunos ajustes. Por ejemplo, una guía de mayor tamaño necesitará:

- Un mecanismo de accionamiento más grande, ya sea por husillo de bolas o por correa.
- Un motor más grande.
- Un cambio en la caja de cambios.
- Un bastidor de caja de acero más grande que requiere más soldaduras, más mecanizado para garantizar que las superficies sean paralelas y más tiempo y esfuerzo de montaje.

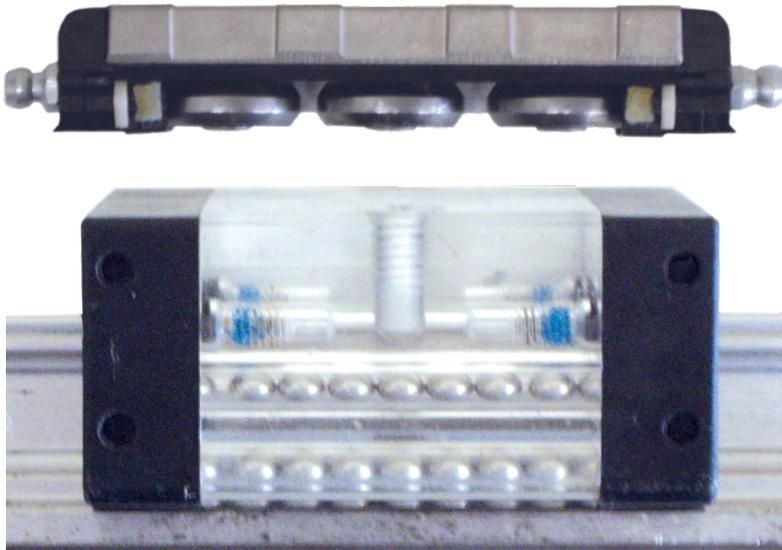
El elaborado sistema resultante puede acabar costando decenas de miles de dólares más que transportar esa misma carga con un sistema que utilice una guía lineal más conforme, diseñada para aplicaciones de precisión media. Ese gran sistema no sólo supone un tiempo y un esfuerzo adicionales de diseño, mecanizado e instalación, sino que esos costes se añaden al coste total del sistema. Cuando un sistema cuesta mucho más de lo necesario, la desventaja competitiva resultante se traduce en una pérdida de ventas.

## ESTRATEGIAS DE RESISTENCIA A LOS CHOQUES PARA SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL

### FAVORECER DISEÑOS DE COJINETES RESISTENTES A LOS CHOQUES

Aunque la mayoría de los bloqueos se producen en el arranque, es cierto que en ocasiones ocurren mucho después de que una máquina se haya puesto en marcha. A veces, un corte de corriente puede desencadenar un fallo, o alguien puede cambiar inadvertidamente un ajuste de control. Y a decir verdad, algunas máquinas no se manejan con tanto cuidado.

Por estas razones, puede tener sentido que los ingenieros diseñen teniendo en cuenta cierta resistencia a los choques. Pero, ¿cuál es la mejor manera de hacerlo? Los ingenieros pueden optar por amortiguadores y componentes sobredimensionados, aceptando esos costes como el precio de la protección contra los choques.



*Las tapas de los extremos del riel compacto de Rollon (arriba) son estéticas y, aunque se rompan en un choque, no interferirán en el funcionamiento de la corredera. Las tapas de los rodamientos lineales de bolas recirculantes (abajo) alojan los elementos rodantes cruciales y son un punto potencial de fallo si se rompen en un choque.*

## **ESTRATEGIAS DE RESISTENCIA A LOS CHOQUES PARA SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL**

O pueden favorecer los rodamientos lineales que tienen una construcción inherentemente resistente a los choques. No todos los rodamientos son iguales cuando se trata de sobrevivir a un choque. Los sistemas de recirculación de bolas con tapas de plástico son muy susceptibles de sufrir daños en caso de colisión, ya que el plástico tiende a romperse. Si se produce un solo choque con este tipo de bloque de almohada, es posible que encuentre sus rodamientos de bolas por todo el suelo.

Los rodamientos basados en elementos de rodillos más grandes carecen de este particular talón de Aquiles. Sus rodamientos de bolas y su pista de rodadura están contenidos dentro del elemento de rodillo, no dentro de una tapa de plástico. El Compact Riel de Rollon es un excelente ejemplo de este tipo de rodamiento, y funcionará perfectamente con una tapa rota. Y si alguna vez sufre algún daño por colisión, sus rodillos y bloques de almohada intercambiables permiten repararlo fácilmente sin cambiar los rieles. Otra ventaja que pueden ofrecer los grandes elementos rodantes de una guía de precisión como Compact Riel es la resistencia a la contaminación, que de otro modo puede detener en seco los elementos rodantes de los sistemas de alta precisión. Incluso si un contaminante estropea el rodillo o las superficies de los rieles del rodamiento, el gran elemento rodante puede seguir funcionando. Además, Compact Riel también incorpora pistas de rodadura endurecidas por inducción para garantizar un funcionamiento fiable y una larga vida útil en

aplicaciones de precisión media.

Y cuando los diseñadores eligen una guía de alta precisión para conseguir un movimiento lineal como parte de una estrategia de mitigación de colisiones en sus aplicaciones de precisión media, probablemente estén creando mucho más trabajo, retrasos y gastos de los necesarios. Esto se debe a que la instalación de rieles perfilados requerirá un mecanizado adicional para crear superficies de montaje planas, rectas y paralelas con el fin de evitar desalineaciones. El riel compacto de Rollon elimina este trabajo adicional. Este sistema tolera la desalineación porque su geometría de riel puede absorber errores de alineación en uno o dos ejes.

A la hora de elegir entre la prevención y la protección contra colisiones, los ingenieros pueden ahorrar más dinero evitando las colisiones en primer lugar. Y es cierto que es poco probable que los sistemas de movimiento cuidadosamente diseñados, con margen para sobrecarreras imprevistas, se estrellen.

Sin embargo, en el mundo real, merece la pena estar preparado para una frenada brusca ocasional. Con la disponibilidad de rodamientos de rodillos resistentes a los choques, la protección contra los choques no requiere necesariamente el gasto de añadir amortiguadores y componentes sobredimensionados. La resistencia al choque y a la contaminación de Compact Riel, junto con sus pistas de rodadura endurecidas por inducción, lo convierten en un rodamiento excepcionalmente fiable para aplicaciones de precisión media.

# GESTIÓN DE LA DESALINEACIÓN EN **SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL:**

## ¿CUÁNTA TOLERANCIA NECESITA REALMENTE?



*De todos los factores que contribuyen al fallo prematuro de los rodamientos lineales, la desalineación encabeza la lista. Cuando los diseñadores de sistemas automatizados eligen una guía de precisión que cumpla mejor las normas.*

# GESTIÓN DE LA DESALINEACIÓN EN SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL: ¿CUÁNTA TOLERANCIA NECESITA REALMENTE?

Cuando los ingenieros de diseño evalúan los rodamientos lineales para sus máquinas automatizadas orientadas al montaje con requisitos de precisión de posicionamiento de precisión media, siempre preguntan por atributos de rendimiento como la velocidad, la capacidad de carga y el ciclo de vida. Después, quieren saber el precio. Sin embargo, es raro que pregunten por la sensibilidad del rodamiento a la desalineación. Y eso es un gran error, porque la desalineación representa una de las principales causas de desgaste y fallo prematuro de los rodamientos lineales.

Los rodamientos lineales que deberían durar años, según los cálculos de vida útil prevista, pueden dejar de funcionar al cabo de pocos meses si no están alineados con las tolerancias geométricas que necesitan para funcionar sin problemas. Normalmente, los problemas de alineación empiezan con el diseño y la preparación del propio bastidor de la máquina. Puede que no sea lo suficientemente plano, recto o paralelo para que un rodamiento se monte correctamente. Por ejemplo, las superficies de montaje pueden tener uno o más puntos altos que se leerán a través de los rieles del rodamiento instalado. O el diseño del bastidor puede dificultar el montaje de rieles de rodamientos paralelos entre sí en el eje horizontal, en el eje vertical o en ambos.

Cualquiera que sea el tipo de desalineación, el resultado es una carga desigual de los elementos rodantes y de las superficies de rodadura del rodamiento, incluyendo cargas puntuales excesivas. Estas cargas desiguales suelen causar desgaste en forma de picaduras. Al igual que un bache en la carretera empieza siendo pequeño y va creciendo a medida que pasan más coches por encima, las picaduras en las superficies de los elementos rodantes y las pistas de rodadura crecen con cada pasada del carro. En algún momento, incluso antes de que

se produzca un fallo catastrófico, las picaduras pueden hacer que el rodamiento se vuelva ruidoso y lento.

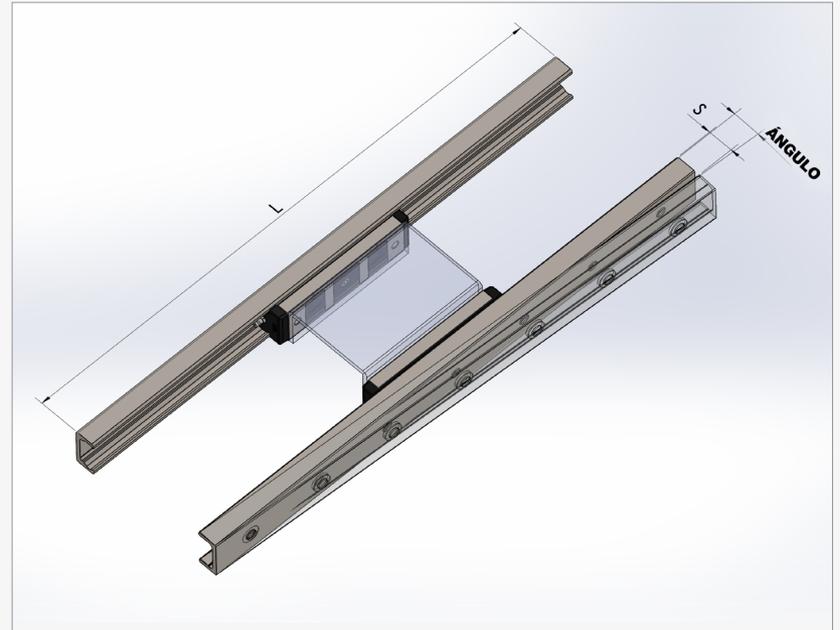
Al acortar la vida útil de los rodamientos lineales, la desalineación puede suponer un importante coste tanto para el fabricante como para el propietario de la máquina. Cuando los rodamientos fallan prematuramente, los fabricantes de maquinaria tienen que hacer frente a unos costes de garantía más elevados, por no mencionar el coste menos tangible de una reputación de calidad dañada. Los propietarios de las máquinas, por su parte, tienen que hacer frente no sólo a los costes de compra e instalación de nuevos rodamientos, sino también a los costes de los tiempos de inactividad.

En lugar de incurrir en estos costes una vez que la máquina ha entrado en servicio, es mucho mejor solucionar la desalineación por adelantado. En general, hay dos formas de hacerlo. La más difícil consiste en aplicar procedimientos de diseño y fabricación que intentan eliminar por completo la desalineación. Estos procedimientos suelen ser necesarios porque los diseñadores suelen elegir guías lineales de riel perfilado diseñadas para una alta precisión. Este meticuloso trabajo puede evitar que se produzcan problemas de desalineación, pero puede que ni siquiera sea necesario dependiendo del nivel de precisión que necesite la aplicación. Para aplicaciones con requisitos de precisión superiores a 50µ, lo que es habitual en aplicaciones de precisión media como los sistemas automatizados, hay una forma más fácil: aceptar la desalineación como un hecho de la vida y emplear rodamientos lineales de precisión que tengan intrínsecamente una amplia tolerancia de alineación. Ambas estrategias tienen su lugar, pero también tienen implicaciones de costes drásticamente diferentes.

# ERROR DE PARALELISMO AXIAL

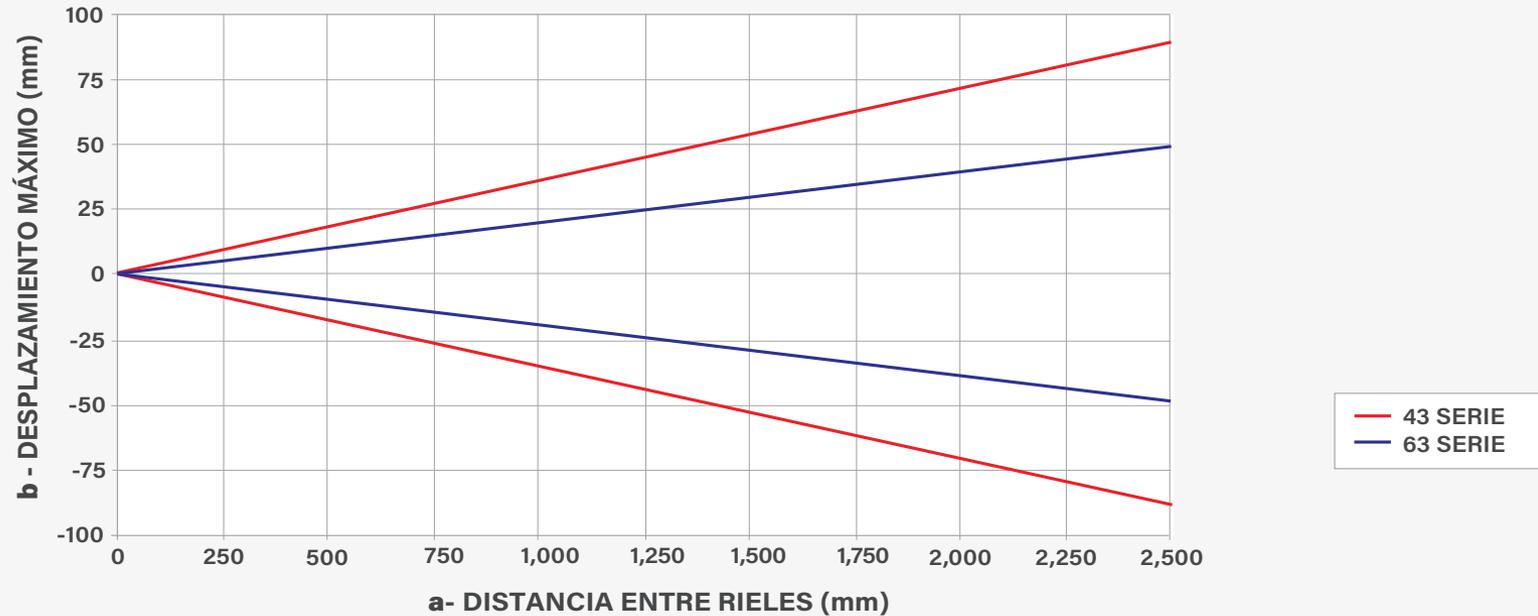


Combinando los rieles T y U de Rollon, los fabricantes de maquinaria pueden dejar de preocuparse por el paralelismo de los rieles en el plano horizontal. La forma del riel en U presenta una pista de rodadura plana que proporciona al rodillo suficiente libertad lateral para absorber grandes desviaciones (véase la tabla) del paralelismo.



RIEL TIPO	RIEL LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTOS (mm)	ÁNGULO (°)
<b>18 Serie</b>	2,000	1.4	0.040
<b>28 Serie</b>	4,080	1.9	0.026
<b>43 Serie</b>	4,080	3.9	0.054
<b>63 Serie</b>	4,080	3.9	0.054

# ERRORES DE ALINEACIÓN EN DOS PLANOS



Los rieles K y U de Rollon trabajan juntos para absorber los errores de alineación en dos planos. La geometría del riel K proporciona al rodillo una libertad de rotación que compensa las diferencias de altura del riel, mientras que las pistas de rodadura planas del riel U permiten una libertad lateral para compensar el paralelismo.

# GESTIÓN DE LA DESALINEACIÓN EN SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL: ¿CUÁNTA TOLERANCIA NECESITA REALMENTE?

## POR LAS MALAS

Las guías lineales que utilizan bolas recirculantes están bien establecidas en aplicaciones de movimiento de alta precisión por una buena razón. Cuando se instalan y mantienen correctamente, estas guías lineales están diseñadas para cumplir los estrictos requisitos de precisión de posicionamiento de las máquinas herramienta y las máquinas industriales orientadas al montaje. De hecho, las mejores de estas guías pueden encontrarse en ejes de movimiento que ofrecen repetibilidad a escala de micras.

Pero este tipo de precisión no es barata. Requiere que los fabricantes de máquinas tomen medidas costosas para crear superficies de montaje casi perfectas para las guías lineales. Algunas guías de altísima precisión, por ejemplo, requieren superficies de montaje rectas, planas y paralelas con una precisión de unas diezmilésimas de pulgada.

Este proceso de eliminación de la desalineación comienza cuando la máquina aún está en el tablero de dibujo. Para acomodar guías extremadamente precisas, los ingenieros de diseño a menudo tendrán que especificar materiales de bastidor caros y métodos de fabricación necesarios para crear superficies de montaje planas,

rectas y paralelas. Normalmente, las tolerancias geométricas requeridas exigen operaciones de rectificado y lapeado de precisión cuyo coste aumenta exponencialmente con la longitud del eje lineal.

Además, la desalineación también puede deberse a la flexión de la superficie de montaje cuando está sometida a carga. Por ello, las guías de precisión ultraelevada también pueden requerir que los ingenieros refuercen partes del bastidor de la máquina para dotar a las guías lineales de una superficie de montaje lo suficientemente rígida como para evitar la flexión.

Las medidas para combatir la desalineación también se toman en la planta de montaje. A menudo, los montadores tienen que alinear las guías lineales centímetro a centímetro, utilizando fijaciones personalizadas, ajustes de pernos complicados y cuñas. Este proceso no es nada nuevo para muchos fabricantes de maquinaria, pero lleva mucho tiempo y es caro. Y, al igual que ocurre con el mecanizado, los costes aumentan con la longitud del eje.

# GESTIÓN DE LA DESALINEACIÓN EN SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL: ¿CUÁNTA TOLERANCIA NECESITA REALMENTE?

## DE FORMA SENCILLA

La otra estrategia general para hacer frente a la desalineación es vivir con ella eligiendo rodamientos lineales de precisión que puedan autoalinearse. A diferencia de los sistemas de recirculación de bolas, este tipo de rodamientos lineales cuenta con elementos rodantes de gran tamaño, perfiles de riel que ofrecen a los elementos rodantes cierto margen de maniobra y un sencillo ajuste de precarga que permite cargar por igual todos los elementos rodantes.

El sistema Compact Riel de Rollon es un excelente ejemplo de este diseño tolerante a la desalineación. Sus rodillos tienen suficiente libertad rotacional y lateral dentro de las pistas de rodadura para compensar incluso grandes desalineaciones en todos los ejes. Mientras que las guías de ultraprecisión miden la desalineación aceptable en minutos de arco y micras, el sistema Compact Riel la mide en grados y milímetros, lo que lo hace idóneo para sistemas automatizados y otras aplicaciones de precisión media.

Por ejemplo, los rodillos Compact Riel pueden girar hasta dos grados con respecto al riel sin que ello afecte a su funcionalidad ni aumente su desgaste. Esta libertad de rotación permite al sistema adaptarse a una diferencia de 20 milímetros en la altura del riel cuando la distancia entre rieles es de 500 milímetros. Asimismo, la capacidad del rodillo para desplazarse lateralmente le permite ajustarse a problemas de paralelismo en el eje horizontal, es decir, cuando los rieles se inclinan hacia dentro o hacia fuera. El tamaño más grande de Compact Riel, por ejemplo, puede ajustarse a desplazamientos de hasta 3,9 milímetros en una longitud de riel de 4.080 milímetros. Por último, como los elementos son tan grandes y pueden moverse dentro de la pista de rodadura, también pueden ajustarse a variaciones localizadas causadas por puntos altos en las superficies de montaje o por un proceso de montaje poco preciso.

Para los fabricantes de maquinaria, las ventajas de un sistema

autoalineable se reducen a la libertad de diseño y la reducción de costes. El riel compacto ofrece más flexibilidad para aplicaciones de precisión media que el riel perfilado. Como se alinea por sí solo en superficies de montaje que no son perfectas, no induce las fuerzas internas perjudiciales que causan la desalineación. Y cuando el estado de la superficie de montaje del rodamiento es menos crítico, resulta más fácil diseñar todo o parte del bastidor de una máquina utilizando materiales y métodos de fabricación de menor coste. Compact Riel, por ejemplo, se ha montado directamente sobre chapa metálica, una superficie que sería demasiado flexible para las guías lineales convencionales. También han desaparecido el costoso rectificado de las superficies de montaje y los complicados métodos de ensamblaje. De este modo, los constructores disponen de una máquina de precio más competitivo para satisfacer sus necesidades de movimiento de precisión media.

Además, las guías de precisión media ofrecen ventajas adicionales que no son posibles con las guías perfiladas de alta precisión:

- **Poco ruido.** Gracias a sus guías esmeriladas, Compact Riel funciona silenciosamente. Las guías de recirculación de bolas requieren espaciadores específicos para reducir el ruido y no soportan la suciedad.
- **Fácil de mantener.** Compact Riel puede gestionar lubricantes en temperaturas bajas y altas, sin descarrilar en temperaturas bajo cero ni sufrir reducciones en el rendimiento de deslizamiento.

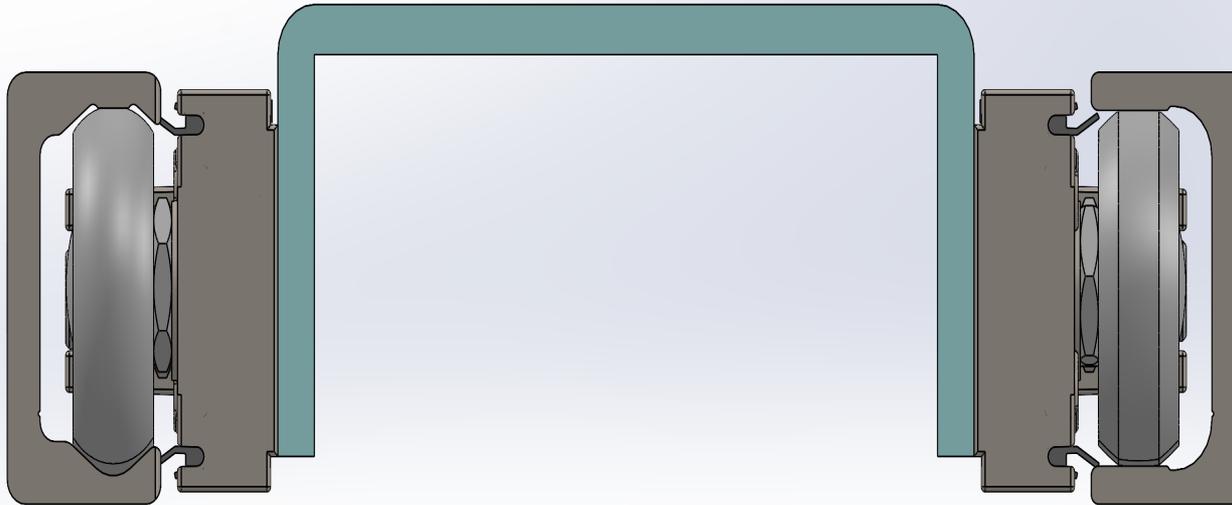
Las guías de precisión diseñadas con una amplia tolerancia de alineación para aplicaciones de precisión media pueden servir para muchas máquinas en entornos automatizados. Si se comparan con los inconvenientes de utilizar guías perfiladas, las guías Compact Riel de Rollon ofrecen un ahorro de costes y eliminan muchas de las cargas que supone lidiar con la desalineación.

# CONSIDERAR EL RIEL PERFILADO PARA UNA ALTA PRECISIÓN

El riel perfilado, también conocido como monorraíl o riel de bolas, es un sistema de guía lineal tradicional que incorpora pequeñas bolas recirculantes para satisfacer los exigentes requisitos de precisión de posicionamiento. Utilizadas a menudo en aplicaciones de movimiento de alta precisión, como las máquinas herramienta, estas guías pueden alcanzar una repetibilidad a escala de micras si se especifican, instalan y mantienen correctamente. Sin embargo, este nivel de precisión puede resultar costoso e innecesario en función de la aplicación.

Garantizar que el bastidor de la máquina sea lo suficientemente plano, recto y paralelo para que las guías perfiladas se monten correctamente es una tarea compleja y que requiere mucho tiempo. Además, la geometría del bastidor también puede dificultar el montaje de rieles de rodamiento paralelos entre sí en el eje horizontal o vertical, o en ambos. Como consecuencia, los elementos rodantes y las superficies de las pistas de rodadura se cargan de forma desigual, lo que provoca picaduras, problemas de ruido y fallos prematuros de

**RIEL COMPACTO: SISTEMA K + U**



los rodamientos. Para evitarlo, los fabricantes de maquinaria suelen invertir mucho tiempo y dinero en la preparación de las superficies y en el mecanizado para asegurarse de que los rieles de los rodamientos puedan instalarse perfectamente rectos y planos. Aunque algunas aplicaciones de movimiento de alta gama pueden requerir superficies de montaje excepcionalmente planas, rectas y paralelas, la mayoría no lo necesitan.

Muchos sistemas automatizados tienen requisitos de precisión menos exigentes, lo que les permite beneficiarse de otro enfoque para gestionar la desalineación y sus problemas asociados: utilizar una guía lineal autoalineable como el riel compacto de Rollon. Este sistema de precisión es idóneo para aplicaciones de precisión media porque es inherentemente indulgente con la desalineación debido a una geometría de riel única que compensa los errores de alineación en uno o dos ejes. A diferencia de los exigentes requisitos de instalación de los rieles perfilados, el riel compacto cuenta con elementos rodantes de gran tamaño, perfiles de riel que permiten cierto juego y un sencillo ajuste de precarga que permite cargar por igual todos los elementos. El resultado es una guía más

flexible que un riel perfilado, que puede alinearse con superficies de montaje menos perfectas en aplicaciones de precisión media. Es importante tener en cuenta que estos dos enfoques (utilizar un riel perfilado de alta precisión o un sistema de precisión autoalineable menos complejo) pueden aplicarse en la misma máquina. Por ejemplo, un husillo de máquina herramienta puede requerir un sistema de movimiento lineal perfectamente preciso, mientras que un cambiador de herramientas no. Especificar la guía lineal correcta para cada eje en función de los requisitos individuales de precisión y exactitud puede ahorrar costes y, al mismo tiempo, conseguir un movimiento lineal suave y fiable.

Un último punto a tener en cuenta es la contaminación. En los rieles perfilados, las pequeñas bolas de recirculación de la pista de rodadura tienen un espacio extremadamente limitado, lo que significa que incluso pequeños trozos de suciedad pueden interferir en el movimiento. Los rodamientos con rodillos de mayor diámetro, como los de los rieles compactos, pueden pasar por encima de trozos de suciedad mucho más grandes sin efectos perjudiciales.

### HASTA 1° CON K+U RIELES



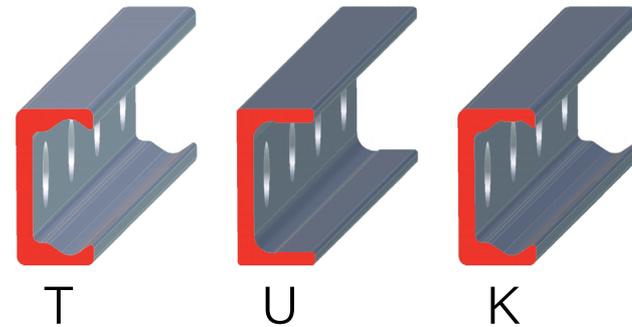
# GESTIÓN DE LA DESALINEACIÓN EN SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL: ¿CUÁNTA TOLERANCIA NECESITA REALMENTE?

## ¿HACIA DÓNDE?

Al comparar los dos enfoques de la desalineación -eliminarla o ajustarse a ella-, tenga en cuenta que ambos tienen su lugar. Algunos ejes lineales necesitan realmente un rodamiento rígido con la mayor precisión posible. En estos casos, no queda más remedio que gastarse el dinero en mejoras del bastidor de la máquina, rectificado de precisión y un montaje cuidadoso. A otros ejes, con requisitos de precisión y exactitud ligeramente inferiores, les vendrá mejor una guía de precisión más flexible que pueda alinearse con superficies de montaje imperfectas. En estos casos, los costes serán menores.

A veces, los fabricantes de máquinas no se dan cuenta de que estos dos enfoques son complementarios. Muchas máquinas tienen ejes lineales con distintos requisitos de exactitud y precisión. Pensemos, por ejemplo, en las máquinas herramienta. El husillo puede necesitar el sistema de movimiento lineal más preciso que se pueda comprar, mientras que el cambiador de herramientas y la puerta no. Sin embargo, con demasiada frecuencia, el mismo tipo de rodamiento de alta precisión que se requiere para una parte de la máquina se utilizará, por defecto, en toda la máquina o en la mayor parte de ella, lo que incrementa los costes innecesariamente.

Lo mejor es elegir individualmente el mejor rodamiento lineal para cada eje. Y siempre que un estilo de precisión y autoalineación cumpla los requisitos de precisión para un eje determinado, ahorrará dinero.



*El sistema Compact Riel ofrece tres perfiles de riel diferentes, que pueden combinarse para compensar distintos tipos de desalineación.*



# ¿QUIERE SABER MÁS?

Visite [www.rollon.com](http://www.rollon.com) o llame hoy mismo a un ingeniero de aplicaciones al 1-973-300-5492

101 Bilby Road, Hackettstown, NJ 07840    ▪    Tel: 1.973.300.5492    ▪    Email: [info@rolloncorp.com](mailto:info@rolloncorp.com)    ▪    [www.rollon.com](http://www.rollon.com)