

1 Prefacio

1.1 Indicaciones generales

Esta guía le ayudará a utilizar el sistema SWA RUD en forma segura, adecuada y rentable. Si tiene en cuenta las instrucciones de este manual,

- aumentará la fiabilidad y la durabilidad del sistema SWA RUD y de la instalación,
- evitará peligros,
- disminuirá las reparaciones y los tiempos de inactividad.

Estas instrucciones deberán

- **mantenerse a la mano en el lugar de utilización,**
- **ser leídas y aplicadas por todas las personas que realicen trabajos en el sistema SWA RUD.**

El sistema SWA RUD se fabrica en conformidad con los últimos adelantos técnicos y las normas reconocidas de seguridad. No obstante, en caso de manejo inadecuado y uso no conforme a lo previsto pueden producirse peligros para la integridad y la vida del usuario o de terceros, o daños en el transportador y otros bienes materiales.

Las piezas de recambio deben satisfacer los requisitos técnicos especificados por RUD-Ketten. Esto queda garantizado por piezas de recambio originales que están sujetas a un control permanente de la calidad, respaldado por un sistema de gestión de calidad certificado según la norma ISO 9001. En determinadas circunstancias, las piezas de recambio de otros fabricantes pueden alterar las características técnicas de la instalación y ocasionar deficiencias considerables que ya no sean reconocidas por RUD-Ketten.

Para los trabajos de mantenimiento deberá utilizar un equipamiento adecuado de taller. Un mantenimiento o reparación profesional sólo pueden ser garantizados por el fabricante.

Este manual fue elaborado con el máximo cuidado. Si no obstante necesitara más información, póngase en contacto con:

RUD Ketten
Rieger & Dietz GmbH u. Co. KG
Friedensinsel
73432 Aalen/Germany
Teléfono +49 7361 504-0
fax +49 7361 504-1523
rudketten@rud.com
www.rud.com

© 2007.

Este manual está protegido por los derechos de autor. La empresa RUD-Ketten se reserva el derecho a realizar modificaciones.



1.2 Utilización conforme a la finalidad de uso

- El sistema SWA RUD es un sistema de transporte vertical para materiales a granel.
- La transmisión de potencia admitida por los componentes durante el funcionamiento estacionario, para una velocidad de transporte determinada y un cierto material transportado, así como una distancia entre ejes correspondiente, están formulados en el pedido a RUD o en la confirmación del pedido por parte de RUD. Una utilización diferente o que exceda lo anteriormente mencionado, como por ej. para mayores potencias de transmisión, velocidades de transmisión mayores, otros materiales transportados o para condiciones de funcionamiento no acordadas, se considera como no conforme a lo previsto.
- La observancia de estas instrucciones de montaje y servicio, y el cumplimiento de las prescripciones de inspección y mantenimiento, también forman parte del uso conforme a lo previsto.


El fabricante no asume ninguna responsabilidad por los daños resultantes de un uso no conforme a lo previsto. El riesgo corre exclusivamente por cuenta del usuario

2 Instrucciones de seguridad

2.1 Explicación de los símbolos y advertencias

 ¡Adverten	Pueden producirse peligro de muerte o importantes daños materiales si no se toman las medidas de seguridad correspondientes.
 ¡Atención	Pueden producirse resultados o condiciones no deseadas si no se toman las medidas de seguridad correspondientes.

2.2 General

 ¡Advertencia!	Observar las instrucciones de seguridad. De lo contrario hay peligro inminente para la vida y la integridad física del usuario o de terceros, daños en la máquina y otros bienes materiales.
--	---

- Montaje, desmontaje, reparación y mantenimiento, así como la medición del desgaste deben ser realizados por especialistas familiarizados con las instrucciones de servicio o por personas instruidas.
- Antes de comenzar los trabajos de mantenimiento, informar al personal de servicio y designar un supervisor responsable. Asegurar la máquina/instalación contra una reconexión accidental. Desconectar los sistemas de control principales, retirar la llave y colocar un letrero de advertencia.
- Asegurar el ramal de cadena para que no se mueva durante el montaje/desmontaje. Durante el montaje/desmontaje del equipo de cadena, éste puede ponerse en movimiento por una carga desbalanceada y causar lesiones con consecuencias mortales.
- Proteger el área de trabajo de la caída del material transportado.
- En el montaje y el reemplazo los componentes individuales y subconjuntos mayores deben levantarse cuidadosamente con dispositivos de suspensión y asegurarse de manera que no representen peligro alguno. Emplee únicamente equipos elevadores y medios de suspensión de carga adecuados y técnicamente en buen estado. ¡No permanecer debajo de cargas suspendidas!
- Todos los componentes deben por lo general y si no se indica lo contrario, montarse o desmontarse cuando están sin tensión eléctrica. ¡Peligro de aplastamiento!

- Todas las piezas de la instalación deben dejarse enfriar para que al tocarlas no produzcan quemaduras.
- Encomendar la sujeción de cargas y las indicaciones al conductor de la grúa solamente al personal de servicio con certificados de habilitación vigentes. Quien dé las indicaciones debe permanecer al alcance de la vista del operador o estar en contacto radiotelefónico con él.
- En trabajos de montaje por encima de la altura de la cabeza, utilizar plataformas y elementos de ascenso suficientemente seguros previstos para ello. No utilizar partes de la máquina como elementos de ascenso. En trabajos de mantenimiento a gran altura llevar protección contra caídas.
- Procurar una eliminación segura y sin impacto ambiental de materiales auxiliares y piezas de recambio.
- Es fundamental que no se realicen trabajos de soldadura en cadenas de acero redondo, cierres de cadena o en componentes templados. No está permitido el uso de la cadena como conexión a masa para trabajos de soldadura eléctrica en estructuras de acero.
- Efectuar trabajos de soldadura, soldadura con soplete o amolado en la instalación únicamente cuando los mismos hayan sido expresamente autorizados. Antes de iniciar los trabajos de soldadura, soldadura con soplete o amolado, limpie la máquina y su entorno de polvo y sustancias inflamables y mantenga una ventilación suficiente. Puede existir por ej. peligro de incendio y/o explosión.
- Observar los pares de apriete especificados para las uniones roscadas. Es fundamental revisar las uniones atornilladas con una llave torquimétrica.
- ¡Está prohibido llevar personas en el transportador!
- Por razones de seguridad, se prohíbe cualquier tipo de reforma y modificación realizada por cuenta propia en los componentes sin la autorización del fabricante.
- Evitar toda forma de trabajo que represente un riesgo para la seguridad.
- En forma complementaria al manual de instrucciones, observar y aplicar las disposiciones legales y obligatorias sobre prevención de accidentes y protección ambiental de vigencia general, por ej. manipulación de sustancias peligrosas o disponibilidad / uso de equipo de protección personal.

2.3 Cuidado y mantenimiento

- Delimite y asegure adecuadamente el área donde se efectúan los trabajos de mantenimiento.
- Antes de comenzar los trabajos de mantenimiento, bloquear el acceso al área de trabajo de la máquina/instalación para las personas no autorizadas. Coloque o instale un letrero apropiado que advierta sobre los trabajos de mantenimiento.

- El material transportado adherido o que había quedado en los cangilones podría desprenderse y caer. Antes de abrir las tapas de inspección, desconectar el suministro de material y vaciar los cangilones. Durante los trabajos llevar casco protector.

3 Descripción

El accionamiento del sistema SWA RUD tiene lugar mediante polea dentada y polea de inversión sin dientes en mecanismos de recirculación de cangilones. Recomendamos este tipo de accionamiento en mecanismos de cangilones de descarga central, pero también es posible el accionamiento con poleas de cadena lisas.

El sistema SWA RUD consta de los siguientes componentes:

- Rueda dentada para cadena con dientes individuales intercambiables o poleas de cadena **20 ó 40**
- Polea de cadena **40**
- Cierre de cadena RSP que ocupa poco espacio o cierre plano FL **60**
- Suspensión de cangilones SWA **80**
- Cangilón **110**
- Cadena de acero redondo **10**

Los componentes se suministran embalados por separado.

¡Atención!

Con respecto a este sistema, tenga en cuenta las instrucciones generales de funcionamiento de:

- Ruedas dentadas para cadena RUD compuestas por varias partes (F20533 / WV1)
- Polea de cadena (F80522 / WV1)
- Cierre de cadena RUD previsto (F20538 / WV1), (F20537 / WV1)
- Cadenas transportadoras RUD (F20521 / WV1)
- Fijación de cangilones SWA (F80526 / WV1)

4 Montaje

4.1 Monte las ruedas dentadas para cadena o poleas de cadena en los respectivos ejes

1. Instalar juntas en un eje las ruedas dentadas e identificadas por pares con el mismo color.
2. Distanciarlas con la separación a mediante 2 tornillos espaciadores al montarlas (figura 1) (Agujeros correspondientes previstos en las ruedas. Los tornillos espaciadores no forman parte del suministro RUD.)
3. Montar las ruedas dentadas para cadena o poleas de cadena teniendo en cuenta el centro de la rueda y la alineación vertical de una con la otra.
4. Levantar el eje de inversión al comienzo de la unidad de inversión. Esto facilita el montaje posterior.

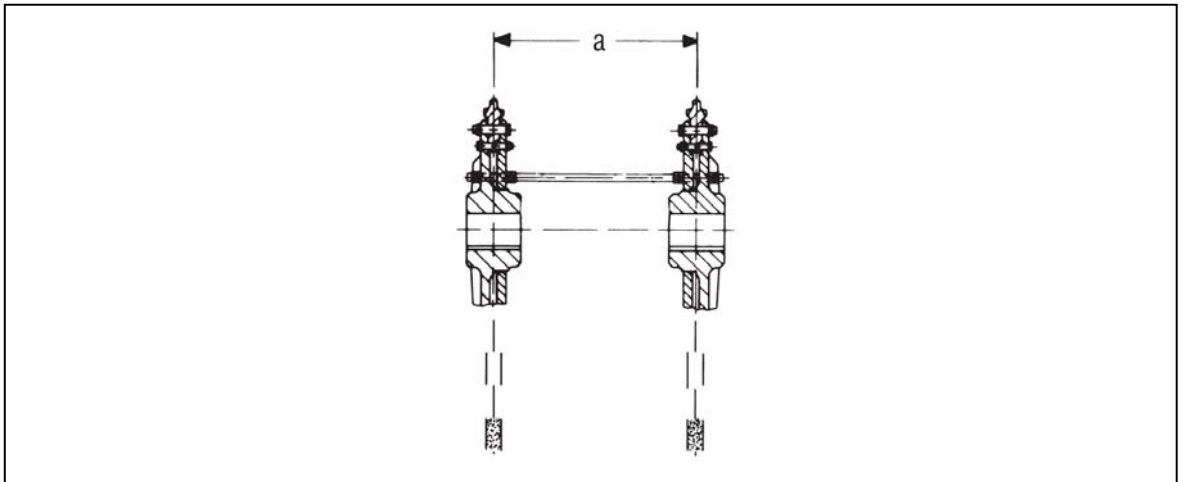


Imagen 1

4.2 Alinee los ejes

Alinear con exactitud los ejes horizontal y paralelamente. Esto y un centro de la rueda correctamente posicionado son indispensables.

4.3 Una los diferentes ramales de cadena mediante cierres de cadena.

4.4 Inserte los ramales de cadena unidos en la instalación (figura 2 + 3).

¡Atención!

Los puntos de soldadura de los eslabones dispuestos verticalmente deben apuntar hacia el centro de la rueda durante la marcha de las ruedas dentadas y poleas de cadena (figura 2 + 3). De lo contrario, los esfuerzos de tracción y flexión podrían ocasionar la rotura del punto de soldadura.

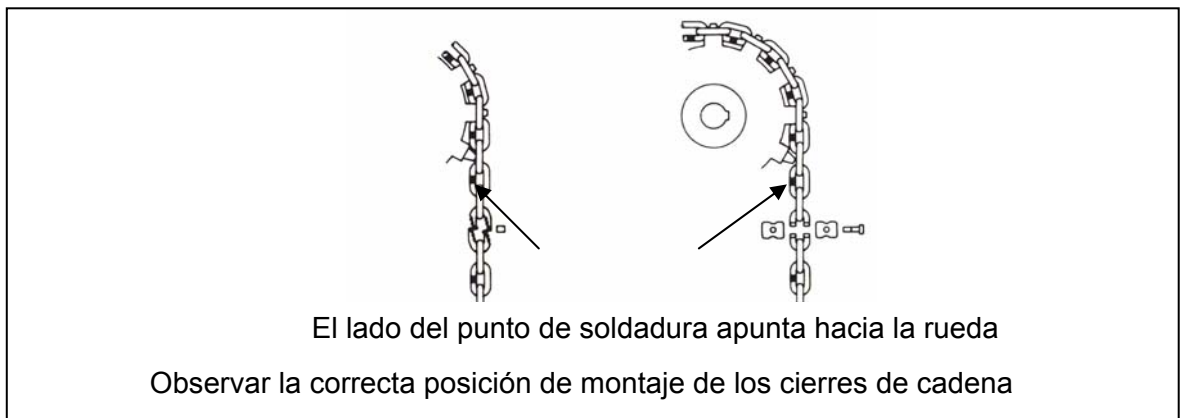


Imagen 2

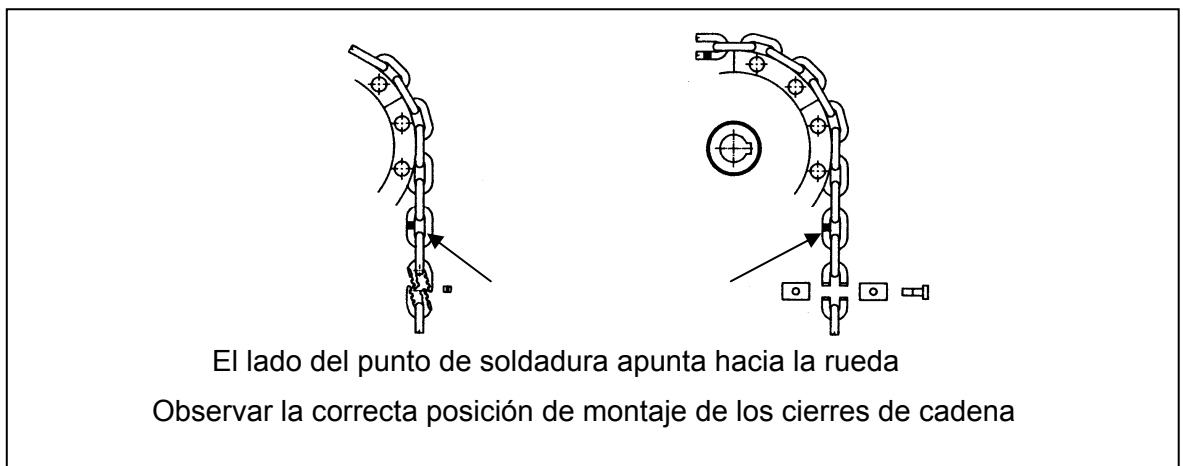


Imagen 3

¡Atención!

En el montaje de los cierres de cadena, la unión atornillada (tuercas) debe orientarse hacia el centro del elevador de cangilones. Esto previene el daño del cierre de cadena y del sistema.

Apriete bien todos los cierres de cadena antes de poner en marcha el elevador de cangilones. Controlar una vez más el correcto apriete de todas las atornilladuras de cierre a la temperatura de funcionamiento. Reapriételas en caso necesario.

Consulte el par de apriete admisible para los tornillos en la tabla de la última sección.

4.5 Cierre los lazos de cadena (figura 4).

Levantar el eje de inversión al comienzo de la unidad de inversión.

Retire con cuidado los eslabones de cadena excedentes (véase el desmontaje).

Cierre los lazos de cadena mediante cierres de cadena.

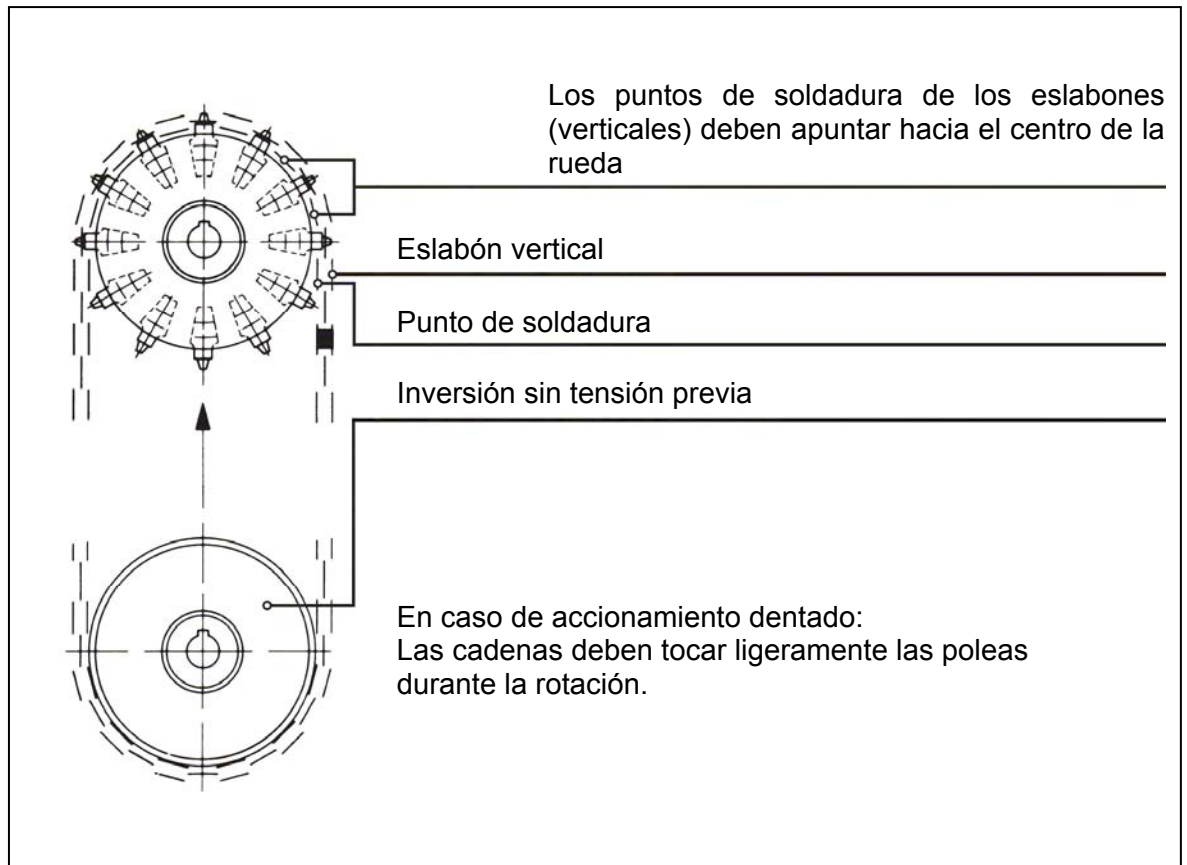



Imagen 4

4.6 Monte el SWA y los cangilones

 <p>¡Advertencia!</p>	<p>¡Asegurar el ramal de cadena para que no se mueva! Puede moverse debido al desequilibrio.</p>
---	--

4.7 Ajuste de las poleas de inversión en caso de accionamiento dentado

La estación completa está suspendida de 2 husillos, los cuales están firmemente unidos a los cojinetes móviles. La posibilidad de ajuste del eje de inversión debe ser por lo menos de 3 pasos de eslabón.

Al utilizar nuestras ruedas dentadas para cadena RUD es posible hacer funcionar el mecanismo de inversión inferior en condiciones normales de funcionamiento sin tensión previa por peso adicional.

Esta disposición ajustable permite una corrección continua de la separación entre ejes durante el proceso de asentamiento de la cadena de acero redondo (características de rodaje) o al producirse el desgaste de la cadena después de mucho tiempo de funcionamiento.

¡Atención!

En cangilones en los que el material transportado presenta una mayor temperatura que el entorno, el ajuste debe hacerse a la máxima temperatura.

1. Ajustar las poleas de inversión por medio de los husillos.
2. La cadena debe tocar ligeramente las poleas de inversión.
3. La holgura entre cadena y polea de inversión debe ser de unos 5 - 10 mm.

Ajuste correcto:

- Las poleas son arrastradas durante la marcha.
- Las poleas ya no son levantadas en sentido vertical.

Las poleas de inversión deben girar necesariamente durante el funcionamiento. Así se evita el desgaste excesivo del anillo de rodamiento.

¡Atención!

No bloquear las poleas de inversión. Los eslabones verticales arrastrados sobre ellas pueden sufrir fisuras por choque térmico en la superficie. Esto ocasiona rotura por fatiga.

4.8 Ajuste de las poleas de inversión en caso de accionamiento sin dientes

Al utilizar nuestras poleas de cadena como ruedas motrices se requiere una tensión previa en la cadena. Esto puede implementarse con una estación tensora por muelle o por contrapeso. Es fundamental que la tensión de cadena sólo sea la suficiente como para permitir un funcionamiento uniforme y sin problemas.

¡Atención!

No someter a una tensión previa excesiva.

Esto puede ocasionar un aumento considerable del desgaste de la cadena.

1. La tensión previa necesaria depende del tamaño de grano y la densidad del material a transportar. Siga las instrucciones del fabricante del elevador de cangilones en relación a la tensión previa:
2. Compruebe periódicamente la tensión de la cadena.
3. Con cadenas nuevas incrementar los controles.

4. El alargamiento causado por el desgaste de la cadena puede compensarse mediante el ajuste de la rueda de inversión.

4.9 Carga de los cangilones.

¡Atención!

Cumplir los siguientes lineamientos generales.

1. Asegurar una carga uniforme y centrada del cangilón.
2. No cargar el cangilón de un solo lado. Esto conduce a una fluctuación de la carga de los lazos de la cadena y por lo tanto a un aumento del desgaste en sólo un lazo de cadena. Esto tiene como consecuencia una inclinación del cangilón.
3. Si el problema de inclinación no puede evitarse, deberán tomarse medidas constructivas al respecto. Es posible por ej. el montaje de chapas deflectoras o rampas de alimentación cóncavas para compensar el desequilibrio.

5 Desmontaje

5.1 Acortamiento de la cadena

Es importante acortar la cadena a tiempo. Acorte la cadena antes de que el lazo de cadena se haya alargado tanto como para dañar el recubrimiento de la estación de inversión o la base del elevador de cangilones.



¡Advertencia!

¡Asegurar el ramal de cadena para que no se mueva!
Puede moverse debido al desequilibrio.

Acorte la cadena de la siguiente forma:

1. Todos los cangilones deben estar libres de material transportado, controlar si faltan cangilones o están dañados.
2. Detenga el transportador en una posición oportuna para el acortamiento.
3. Desconecte el transportador y asegure los ramales de cadena para que no se muevan.
4. Levantar el eje de inversión al comienzo de la unidad de inversión.
5. La cadena debe estar lo suficientemente floja como para abrirla y extraer un número igual de eslabones de ambos ramales.
6. Colocar y apretar los cierres de cadena.
7. Bajar el eje de inversión y ajustarlo como se describe en la sección 4.5.
8. Retirar el seguro del ramal de cadena.
9. Conexión eléctrica del motor y prueba de funcionamiento del transportador de cangilones.

5.2 Reemplazo de diente individual

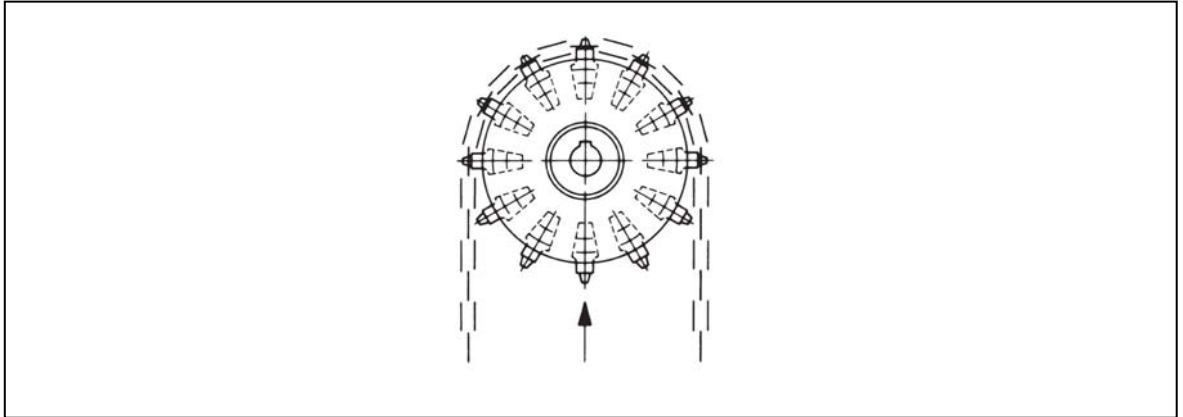


Imagen 5

En caso de inserción de reemplazo: ↑ Reemplazar aquí el diente individual sin quitar la cadena (figura 5). En caso de reemplazar la cadena (montaje de reemplazos), cambie también los cierres de cadena y dientes individuales.

Consulte el par de apriete admisible para los tornillos en la tabla de la última sección.

5.3 Reemplazo de segmento de rueda de cadena

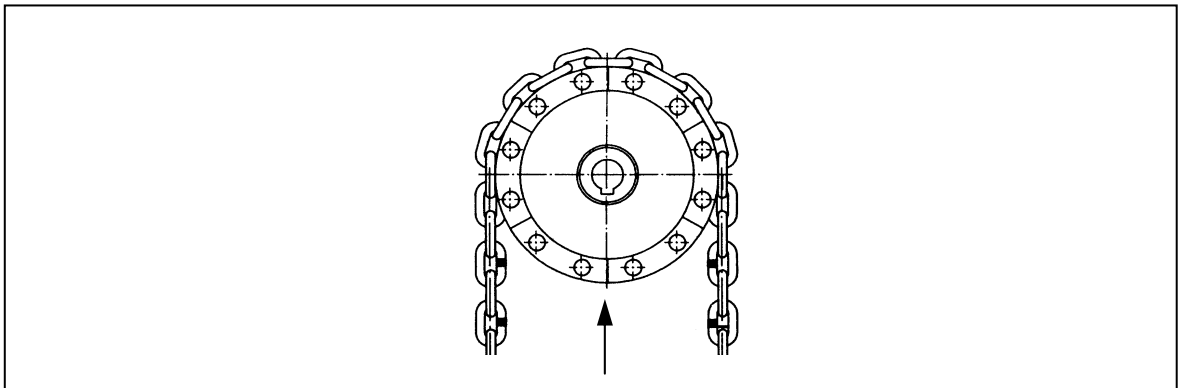


Imagen 6

En caso de inserción de reemplazo: ↑ Reemplazar aquí el segmento sin quitar la cadena (figura 6). En caso de reemplazar la cadena (montaje de reemplazos), cambie también los cierres de cadena y los segmentos.

Consulte el par de apriete admisible para los tornillos en la tabla de la última sección.

5.4 Desmontaje del sistema

 <p>¡Advertencia!</p>	<p>¡Desmonte los cangilones distribuidos de manera uniforme teniendo en cuenta el equilibrio! ¡Asegurar el ramal de cadena para que no se mueva! Pueden moverse debido al desequilibrio.</p>
---	---

1. Todos los cangilones deben estar libres de material transportado.
2. Desconecte el transportador y asegure los ramales de cadena para que no se muevan.
3. Desmonte todos los cangilones y sus fijaciones del sistema transportador.
4. Levantar el eje de inversión al comienzo de la unidad de inversión.
5. La cadena debe estar lo suficientemente floja como para abrirla.
6. Retirar el seguro del ramal de cadena.
7. Sacar la cadena del elevador de cangilones.
8. Desmontar el resto de los cierres de cadena fuera del elevador de cangilones.
9. Desmontar las ruedas de los ejes.

6 Cuidado y mantenimiento

Le recomendamos que mantenga un registro de mantenimiento del elevador de cangilones, a partir del cual puedan deducirse los períodos de servicio y las reparaciones realizadas. Sólo un elevador de cangilones en buen estado de mantenimiento proporciona una alta disponibilidad.

6.1 Lubricación

En condiciones normales, las cadenas transportadoras RUD no requieren ningún tipo de lubricación.

Las cadenas sólo deben lubricarse con aceite normal de motor (¡no grasa!).

Las cadenas sucias deben limpiarse antes de una relubricación.

6.2 Tensión previa

Controle periódicamente la tensión de la cadena, especialmente durante la fase de rodaje de una nueva cadena y/o en caso de grandes longitudes de lazo. Sólo deben tensarse lo necesario como para obtener una marcha correcta de la cadena en condiciones normales de funcionamiento. La fuerza de tensión previa de todos los lazos de cadena debe ser la misma.

De vez en cuando debe realizarse una comprobación de la holgura de la cadena.

Reajustar las poleas de inversión en tanto sea necesario.

¡Atención!

- **Una carga previa innecesariamente alta acorta la vida útil del sistema.**
- **La holgura de la cadena no debe ser excesiva. Esto produce movimientos de articulación adicionales durante el proceso de extracción. El desgaste de la cadena aumenta.**

6.3 Supervisión

Compruebe dos veces al año, mín. una vez al año las cadenas, cierres, ruedas dentadas para cadena, poleas de cadena y fijaciones de cangilones en busca de daños, corrosión o puntos de desgaste inusuales; revise los cangilones para detectar deformaciones o fisuras en las soldaduras. En esto debe prestarse particular atención al estado de las piezas de uniones atornilladas y piezas de seguridad. Subsane inmediatamente cualquier deficiencia.

7 Desgaste y estado de recambio

Compruebe las cadenas, cierres, ruedas dentadas para cadena, poleas de inversión y piezas de unión dos veces al año, mín. una vez al año en busca de daños, corrosión o puntos de desgaste inusuales; revise los cangilones para detectar deformaciones o fisuras en las soldaduras.

¡Atención!

Es fundamental que se reemplace el componente en caso de daños que pongan en peligro directa o indirectamente la seguridad o el funcionamiento de la instalación.

La evaluación de las mediciones de desgaste proporciona información acerca de las medidas de mantenimiento que deben tomarse o sobre el reemplazo oportuno de la cadena de transporte.

Si llegara a ocurrir un alargamiento de la cadena debido al desgaste, de modo tal que el eslabón vertical de la cadena toque el flanco posterior:

Utilice dientes individuales con un mayor apoyo para el eslabón.

Reemplazar los dientes individuales para un desgaste de la cadena del 1,5-1,8 %.

Reemplazar los eslabones redondos para un desgaste de la cadena del 3,5 % aprox.

Si se reemplazan las cadenas de transporte, deberán reemplazarse también los dientes individuales.

7.1 Límites de desgaste de componentes RUD:

Cadena de acero redondo RUD y cierres de cadena	Desgaste máx. de la cadena aprox. 3-3,5% basado en el paso nominal de la cadena.	
Dientes individuales RUD	Desgaste – Apoyo de eslabón de los dientes individuales máx. aprox. 0,18 x d	
Polea de cadena RUD (tenga en cuenta las instrucciones del F80522 / WV1)	Ruedas de accionamiento e inversión RUD con segmentos intercambiables	
	Desgaste máximo	
	Medida A [mm]	Ancho de la ranura [mm]
	∅ 500	5,0
	∅ 630	6,0
	∅ 710	7,0
	∅ 800	9,0
	∅ 900	10,0
	∅ 1000	12,0
∅ 1250	13,0	
SWA	Después de reemplazar la cadena, el SWA puede volver a utilizarse en determinadas circunstancias.	

(d = diámetro nominal de la cadena)

8 Par de apriete admisible máximo para tornillos

Para el montaje de las piezas de uniones atornilladas, tenga en cuenta los factores condicionantes del par de apriete según VDI 2230 de acuerdo al método de apriete. Las tuercas deben reapretarse y controlarse el correcto apriete después de dos semanas de funcionamiento.

8.1 Tabla 1: Par de apriete máximo

Dimensión de rosca	Para la clase de resistencia de tornillo 8.8 con coeficiente de fricción total $\mu_{tot.} = 0,14$		Para 2win y rosca SWA con coeficiente de fricción total $\mu_{tot.} = 0,14$		Para tuercas hexagonales según DIN 555 categoría de calidad 5	Para tuercas hexagonales según DIN 934 categoría de calidad 8	Para tuercas hexagonales según DIN 980V
	(Nm)	(Lbf ft)	(Nm)	(Lbf ft)	(Nm)	(Nm)	(Nm)
M 6	10	7					
M 8	25	18					
M 10	49	35			30	51	55
M 12	85	62			52	89	95
M 14	135	98			83	140	149
M 16	210	152	149	108	127	213	225
M 20	425	307	293	212	245	420	439
M 22	580	420					
M 24	730	528	506	366	420	725	752
M 27	1100	796					
M 30	1450	1049	1000	723	847	1451	1487
M 33	1900	1347					
M 36	2450	1772	1700	1230	1480	2531	2575

8.2 Tabla 2: Valores indicativos para el factor de apriete α_A :

Factor de apriete α_A	Dispersión	Método de apriete	Método de ajuste	Observaciones
1,7 a 2,5	26% a 43%	Apriete con par controlado por destornillador mecánico	Ajuste del destornillador con par de apriete formado por el par de apriete nominal (para el coeficiente de fricción estimado) y un suplemento.	<p>Valores bajos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> → gran número de pruebas piloto (par de apriete). → Destornillador con embrague de desconexión <p>Valores altos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> → pequeño ángulo de giro, es decir uniones relativamente rígidas. → apoyo relativamente blando. → Apoyos que no tienden a agarrotarse. <p>Valores altos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> → gran ángulo de giro, es decir uniones relativamente elásticas. → gran dureza del apoyo, unido a una superficie rugosa. → Variaciones de forma
2,5 a 4	43% a 60%	Apriete con impulso controlado por destornillador de percusión.	Ajuste del destornillador con par de apriete, igual al de arriba.	<p>Valores bajos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> → gran número de pruebas de ajuste (par de apriete). → en la rama horizontal de la característica del destornillador. → transmisión de impulso sin juego.

8.3 Ejemplo del procedimiento

¡Atención!

Este método no reemplaza el cálculo según VDI 2230 y no cumple con los últimos adelantos técnicos. Pero puede por lo menos evitar durante la instalación una rotura de tornillos que no se hayan calculado.

Paso 1: Coeficiente de fricción μ_{tot} . de acuerdo con la clase de rozamiento.

Según el estado de la superficie y de la lubricación de rosca y superficie de contacto, debe elegirse el coeficiente de fricción más pequeño que pueda alcanzarse en la práctica. Para simplificar, en tornillos que no hayan recibido ningún tratamiento se parte de un $\mu_{\text{tot}} = 0,14$.

Paso 2: Par de apriete de montaje M_A máx.

El par de apriete máximo fue determinado para un producto específico por debajo de un aprovechamiento del 90% del límite elástico a $0,2\%(R_{p0,2})$ o del límite de fluencia (R_{el}). Los valores para esto pueden encontrarse en la Tabla 1.

Paso 3: Factor de apriete α_A :

Se considera la dispersión de la carga previa de montaje alcanzable entre F_M máx. y F_M mín. El dimensionamiento del tornillo se basa en el par de apriete máx. para que el tornillo no sea sometido a un esfuerzo excesivo durante el montaje. La imprecisión del método de apriete es causada por:

- error en la estimación del coeficiente de fricción,
- dispersión de la característica de fricción y repetibilidad,
- diferentes métodos de apriete,
- errores de equipamiento, manipulación y lectura.

Dependiendo de cómo se pueden controlar los efectos mencionados anteriormente, se debe seleccionar el factor de apriete α_A . Los valores para esto pueden encontrarse en la Tabla 2.

Paso 4: Par de apriete de montaje M_A herramienta

Es el par que se ajusta en la herramienta (por ej. destornillador).

$$M_{A\text{Werkzeug}} = M_{A\text{max.}} - \left(\frac{M_{A\text{max.}} - M_{A\text{min.}}}{2} \right)$$

$$M_{A\text{min.}} = \frac{M_{A\text{max.}}}{\alpha_A}$$

Ejemplo: Par de apriete máximo M_A máx. = 425Nm
Factor de apriete $\alpha_A = 1,7$

$$\rightarrow M_{A\text{Werkzeug}} = \frac{1}{2} \left(M_{A\text{max.}} + \frac{M_{A\text{max.}}}{\alpha_A} \right) = \frac{1}{2} \left(425Nm + \frac{425Nm}{1,7} \right)$$

$$\rightarrow M_{A\text{Werkzeug}} = 337,5Nm$$

Paso 5: Control

Es fundamental revisar las uniones atornilladas con una llave torquimétrica.