

# Eixos cardan de alto desempenho

## Produtos | Engenharia | Serviços



# Eixos cardan e acoplamentos Hirth



Na Voith, somos especialistas no que respeita os elementos de acionamento Cardan e acoplamentos de dente radial. A Voith define os padrões nos mercados de energia, petróleo e combustível, papel, matérias-primas, transporte e automobilístico. Fundada em 1867, a Voith emprega mais de 19 000 pessoas, gera 4,3 bilhões de euros em vendas, opera em cerca de 50 países em todo o mundo e é hoje uma das maiores empresas familiares da Europa.

# Conteúdos

<b>1</b>	<b>Eixos cardan Voith de alto desempenho – O que os torna únicos?</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>Auxílio na seleção</b>	<b>50</b>
			8.1	Definições de variáveis operacionais	51
			8.2	Seleção de tamanhos	52
			8.3	Rotações de operação	55
			8.4	Massas	58
			8.5	Flanges de conexão e conexões aparafusadas	60
<b>2</b>	<b>Intervalo</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>Assistência técnica</b>	<b>65</b>
			9.1	Instalação e comissionamento	66
<b>3</b>	<b>Designs</b>	<b>8</b>	9.2	Treinamento	67
3.1	Seções centrais	8	9.3	Peças sobressalentes originais da Voith	68
3.2	Flanges	9	9.4	Revisões e manutenção	69
3.3	Designações de tipo	9	9.5	Reparações e recondicionamento	70
			9.6	Reparações e recondicionamento	71
			9.7	Revisão geral	72
<b>4</b>	<b>Aplicações</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>Serviços e acessórios</b>	<b>73</b>
			10.1	Engenharia	73
<b>5</b>	<b>Definições e abreviações</b>	<b>14</b>	10.2	Componentes de conexão para eixos cardan	74
5.1	Comprimentos	14	10.3	FlexPad	75
5.2	Torques	15	10.4	Acoplamento GT de liberação rápida	76
			10.5	Acoplamento Hirth Voith	77
<b>6</b>	<b>Dados técnicos</b>	<b>16</b>	10.6	Suportes para eixos cardan	78
6.1	Série S	16	10.7	Eixos cardan com polímeros reforçados em fibra de carbono (CFRP)	79
6.2	Série R	18	10.8	Lubrificante de alto desempenho para eixos cardan	80
6.3	Série CH	24	10.9	Acoplamentos de segurança limitadores de torque SafeSet	82
6.4	Série E	29	10.10	Sistemas de monitoramento de torque ACIDA	83
			<b>11</b>	<b>Sistema de gerenciamento integrado</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>Fundamentos de engenharia</b>	<b>32</b>	11.1	Qualidade	85
7.1	Componentes principais de um eixo cardan Voith	32	11.2	Ambiente	86
7.2	Compensação de comprimento com perfis de eixo estriado	34	11.3	Saúde ocupacional e segurança	87
7.3	Compensação de comprimento com rolamentos de rolos – eixos cardan com tripé	36			
7.4	Cinemática na junta cardan	40			
7.5	Junta dupla cardan	43			
7.6	Forças nos rolamentos dos eixos de entrada e saída	45			
7.7	Balanceamento de eixos cardan	48			



# 1 Eixos cardan Voith de alto desempenho O que os torna únicos?

## Características

Olhal de rolamento inteiriço

Cruzetas forjadas em matriz fechada

Geometria otimizada via Análise de Elementos Finitos

Aços temperados e endurecidos de alta resistência

Soldagem de junta otimizada para maior capacidade de carga

Compensação de comprimento com perfil SAE (perfil de flanco reto) para séries de maior dimensão

Procedimento de balanceamento patenteado

Engenharia e produto de uma única fonte

Certificação e classificação de veículos ferroviários, navios, barcos e para atmosferas potencialmente explosivas (ATEX, etc.)

Fabricado na Alemanha

Confiabilidade de engenharia Voith

## Vantagens

- Seções transversais reforçadas sem juntas ou parafusos
- Tensões mínimas nos entalhes
- Superfícies das vedações fechadas

- A melhor capacidade de torque possível

- Design ideal para fluxo de força
- Tensões mínimas nos entalhes

- Capacidade para suportar altas cargas estáticas e dinâmicas

- Design ideal para fluxo de força

- Forças normais inferiores e, desta forma, forças de deslocamento inferiores
- Baixa pressão de superfície
- Alta resistência ao desgaste

- Balanceamento dinâmico em dois planos
- Massas de balanceamento onde as forças de desbalanceamento atuam

- Uma pessoa de contato ao conceber a transmissão

- Produto aprovado oficialmente

- Selo de aprovação de qualidade, eficiência e precisão

- Parceiro competente e confiável



- 1 Linha de montagem para eixos cardan Voith
- 2 Soldagem robotizada
- 3 Máquina de Balanceamento dinâmico
- 4 Embarque

### Benefícios

- + Aumento de produtividade
- + Vida útil longa

- + Facilidade de movimento
- + Vida útil longa

- + Operação extremamente suave

- + Economia de tempo e custos
- + Fonte única de responsabilidade

- + Economia de tempo e custos

- + Confiabilidade

- + Soluções inovadoras em produtos e sistemas

## 2 Intervalo

Os eixos cardan de alto desempenho Voith oferecem a combinação ideal de capacidade de torque, rigidez torcional e deflexão. Fornecemos tudo desde eixos cardan padrão até adaptações específicas para o cliente e designs customizados. E nossa ampla gama de serviços inclui consultoria técnica, simulação de vibração torcional e medição de parâmetros operacionais.

Série	Intervalo de torque $M_z$ [kNm]	Diâmetro do flange a [mm]
S	0,25 a 35	58 a 225
R	32 a 1000	225 a 550
CH	260 a 19440	350 a 1460
E	1600 a 14000	590 a 1220

---

### Características

- Versão básica de eixos cardan Voith
- Olhais de rolamento inteiriço graças ao garfo-flange forjado em peça única
- Compensação de comprimento com perfil envolvente

### Aplicações

- Máquinas de papel
- Bombas
- Engenharia mecânica no geral
- Navios e barcos
- Veículos ferroviários
- Bancos de ensaio
- Máquinas de construção e pontes rolantes

- 
- Alta capacidade de torque
  - Vida útil dos rolamentos otimizada
  - Flange em atrito e design de travamento positivo (consulte a pág. 9).
  - Compensação de comprimento com perfil envolvente até ao tamanho 315; perfil SAE a partir do tamanho 350 (perfil de flanco reto, consulte a pág. 34); opcionalmente Tripod (consulte a pág. 36)
  - Rigidez torcional e resistência à deflexão otimizadas em um design de baixo peso
  - Particularmente adequados para uso com acionamentos de alta velocidade
  - Opcional: Compensação de comprimento de baixa manutenção com revestimento de polímero (Rilsan®), perfil envolvente

- Acionamentos de laminadores
- Acionamentos para tarefas de engenharia mecânica em geral
- Máquinas de papel
- Bombas
- Navios e barcos
- Veículos ferroviários

- 
- Capacidade de torque muito alta
  - Vida útil dos rolamentos otimizada
  - Garfos-flanges em peça única (integrados)
  - Garfos-flanges pescoço / sem pescoço (neck / neckless)
  - Flange com acoplamento Hirth para transmitir o torque máximo
  - Compensação de comprimento com perfil SAE (perfil de flanco reto, consulte a pág. 34)

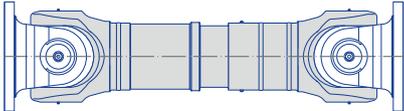
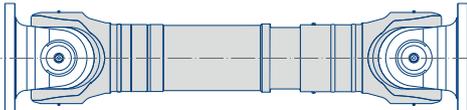
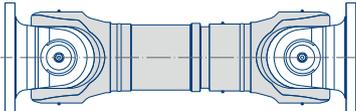
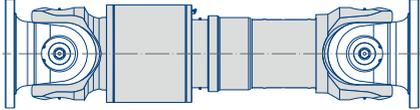
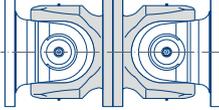
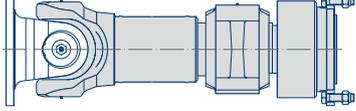
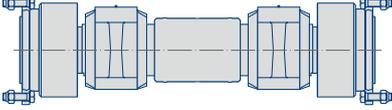
- Acionamentos de laminadores
- Construção de máquinas pesadas
- Máquinas de papel

- 
- Capacidade de torque máxima
  - Rolamentos otimizados para exigências excepcionalmente altas
  - Garfo-flange em 2 peças, patenteado (semi- integrado)
  - Garfos-flanges sem pescoço (neckless)
  - Flange com acoplamento Hirth para transmitir o torque máximo
  - Compensação de comprimento com perfil SAE (perfil de flanco reto, consulte a pág. 34)

- Acionamentos de laminadores pesados

# 3 Designs

## 3.1 Seções centrais

Tipo	Descrição	
...T	Eixo cardan com compensação de comprimento padrão	
...TL	Eixo cardan com compensação de comprimento estendida	
...TK	Eixo cardan com compensação de comprimento curta	
...TR	Eixo cardan com compensação em tripé (Tripod)	
...F	Eixo cardan sem compensação de comprimento	
...GK	Junta cardan dupla: curta, juntas separáveis sem compensação de comprimento	
...FZ	Eixo intermediário com uma junta e um suporte com rolamento	
...Z	Eixo intermediário com dois suportes com rolamento	

## 3.2 Flanges

### Tipo e descrição

#### Tipo S

Flange de atrito, transmissão de torque por meio do atrito entre as faces



#### Tipo K

Flange com luvas bipartidas para transmissão de torque (DIN 15 451)



#### Tipo Q

Flange com chaveta para a transmissão de torque



#### Tipo H

Flange com acoplamento Hirth para transmissão de torque



## 3.3 Designações de tipo

### Exemplo

R

T

250.8

S 285 / Q 250

R

2 560

#### Séries

S, R, CH, E

#### Design de seção central

T, TL, TK1, TK2, TK3, TK4, TR, F, GK, FZ, Z

#### Tamanho

#### Design e tamanho do flange

lado de entrada/lado de saída (consulte a Seção 7.1, pág. 32)

S..., K..., Q..., H...

#### Design de perfil

S: Aço sobre aço (padrão)

R: Revestimento sobre aço Rilsan®

P: Revestimento PTFE sobre aço

-: para os tipos TR, F, GK, FZ, Z

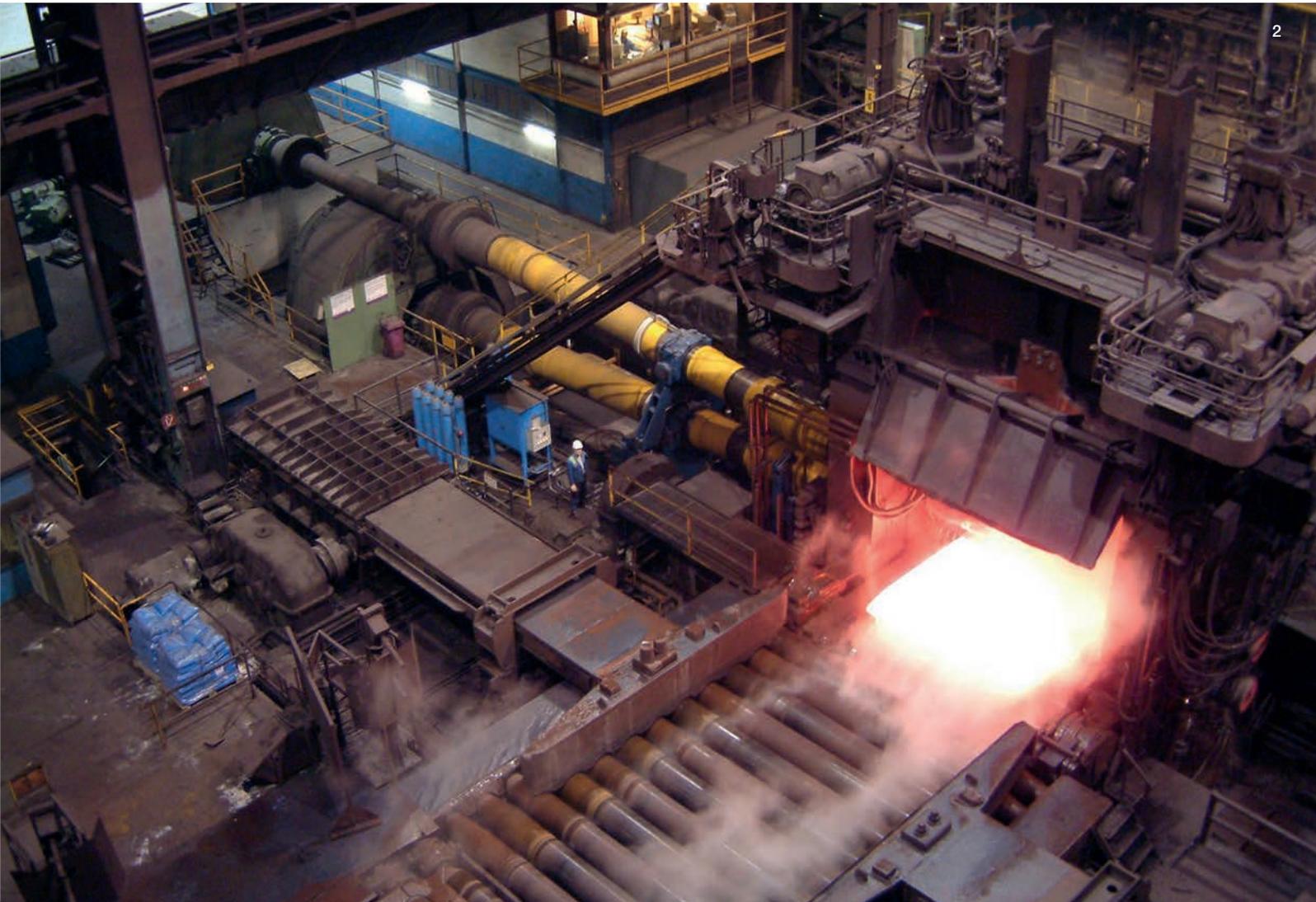
Comprimento  $l$ ,  $l_z$  ou  $l_{fix}$  em mm

## 4 Aplicações



## Laminadores

- 1 Suporte de laminadores de extremidades
- 2 Suporte de laminadores horizontal



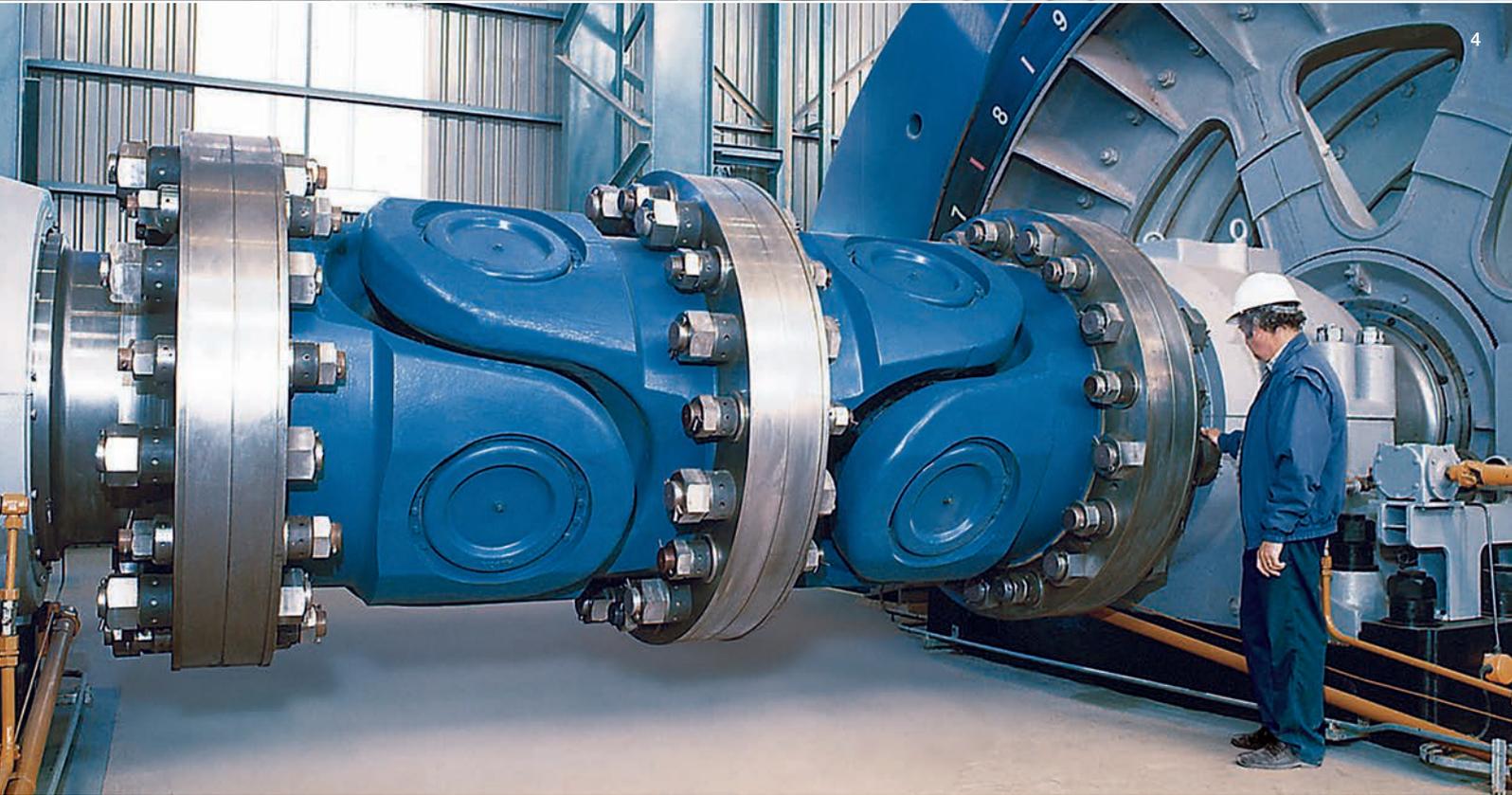
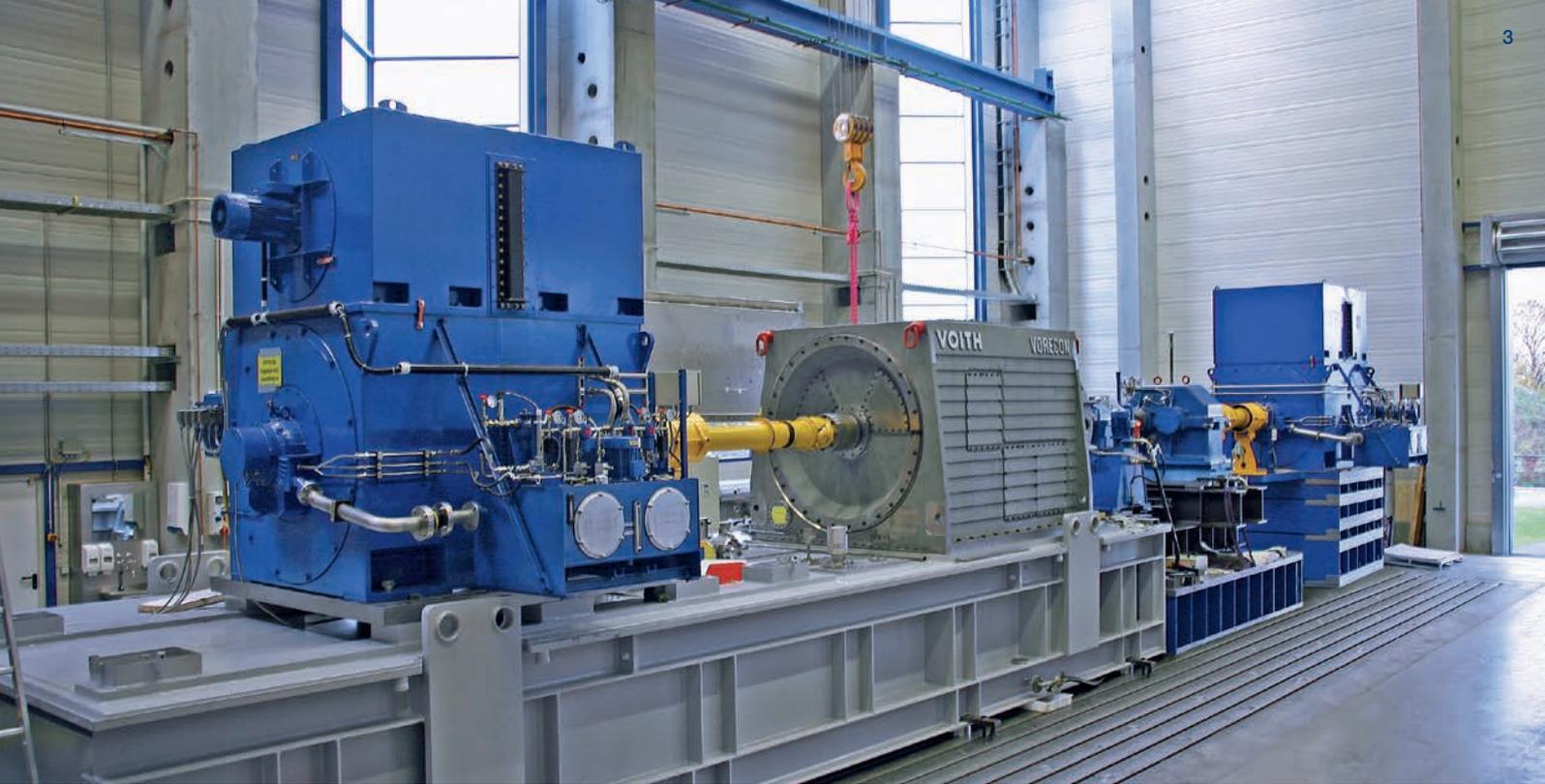
1



2



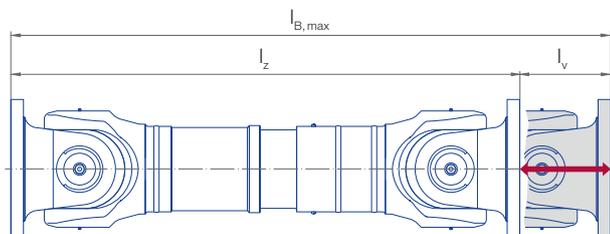
- 1 Acionamentos do veículo ferroviário
- 2 Máquinas de papel
- 3 Bancos de ensaio
- 4 Dispositivo de elevação de minas



# 5 Definições e abreviações

## 5.1 Comprimentos

### Eixo cardan com compensação de comprimento



$l_B$ : Comprimento operacional  
(Indicar no pedido)

$l_z$ : Menor comprimento do eixo cardan  
(totalmente fechado)

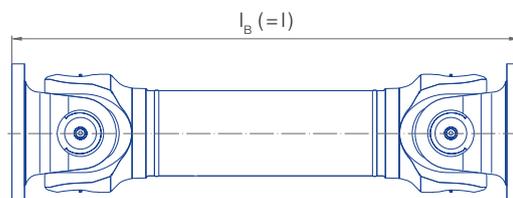
$l_v$ : Compensação do comprimento disponível

A distância entre as máquinas motora e movida, em conjunto com quaisquer alterações de comprimento durante a operação, determina o comprimento operacional:

**Comprimento operacional ideal:**  $l_{B,opt} \approx l_z + \frac{l_v}{3}$

**Comprimento operacional máximo admitido:**  $l_{B,max} = l_z + l_v$

### Eixo cardan sem compensação de comprimento

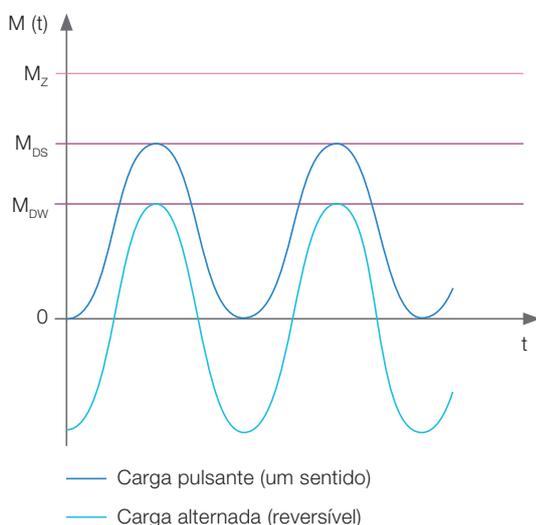


$l_B$ : O comprimento operacional  
corresponde ao comprimento do  
eixo cardan l (indicar no pedido).

## 5.2 Torques

Componentes	Designação	Explicação
Componentes	$M_{DW}$	Nível de torque de fadiga para giro reversível. O eixo terá uma vida infinita quanto à fadiga até este nível de torque.
	$M_{DS}$	Nível de torque de fadiga para um sentido de giro. O eixo terá uma vida de esforço infinita até este nível de torque. Em que: $M_{DS} \approx 1.5 \cdot M_{DW}$
	$M_k$	Torque máximo permissível. Se este nível for excedido, poderá ocorrer deformação plástica. Valores disponíveis mediante pedido.
Rolamento	$M_z$	Torque permissível para cargas de pico que ocorrem raramente. Os anéis dos rolamentos podem sofrer deformação plástica nos níveis de torque que excedam $M_z$ . Isto pode levar a uma redução da vida útil do rolamento.
	CR	Classificação de cargas para os rolamentos – quando usadas com valores operacionais, permite o cálculo da vida útil teórica $L_h$ dos rolamentos (consulte a Seção 8.2.1, pág. 52).
Conexões dos flanges		Customizados.

### Definições de torque



### Observação

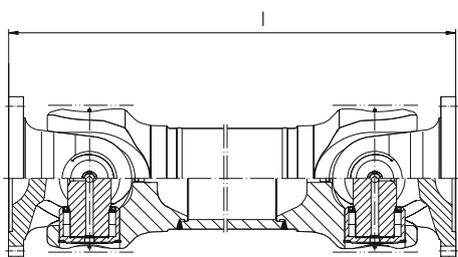
$M_{DW}$ ,  $M_{DS}$  e  $M_z$  são limites de carga para o eixo cardan. Para valores de torque próximos do limite de carga, a capacidade de transmissão da conexão dos flanges deve ser verificada, especialmente nos casos com a conexão de flange de atrito.

# 6 Dados técnicos

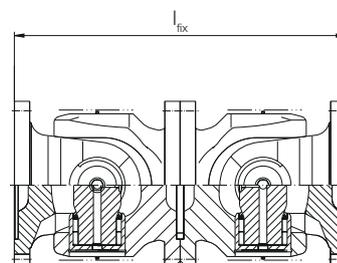
## 6.1 Série S

A série S é a versão básica de eixo cardan e foi concebida para acionamentos de intervalo médio. Os flanges de conexão foram concebidos como flanges de atrito.

SF



SGK



### Especificações gerais

Tamanho	$M_z$ [kNm]	$M_{Dw}$ [kNm]	CR [kNm]	$\beta_{max}$ [°]	a	k	b ±0.1	c H7	h B12	$l_m$	r	t	z	g	ST <sup>1</sup>		
															LA	$I_v$	$I_{z_{min}}$
058.1	0.25	0,08	0,09	30	58	52	47	30	5	30	28 x 1,5	1,5	4	3,5	A, B	25	240
065.1	0.52	0,16	0,16	30	65	60	52	35	6	32	32 x 1,5	1,7	4	4	A, B	30	260
075.1	1.2	0,37	0,23	30	75	70	62	42	6	36	40 x 2	2,2	6	5,5	A, B	35	300
090.2	2.2	0,68	0,44	20	90	86	74,5	47	8	42	50 x 2	2,5	4	6	A, B, C	40	350
100.2	3.0	0,92	0,62	20	100	98	84	57	8	46	50 x 3	2,5	6	7	A, B, C	40	375
120.2	4.4	1,3	0,88	20	120	115	101,5	75	10	60	60 x 4	2,5	8	8	A, B, C	60	475
120.5	5.4	1,6	1,4	20	120	125	101,5	75	10	60	70 x 4	2,5	8	9	A, B, C	60	495
150.2	7.1	2,2	2,0	20	150	138	130	90	12	65	80 x 4	3	8	10	C	110	550
150.3	11	3,3	2,6	35	150	150	130	90	12	90	90 x 4	3	8	12	C	110	745
150.5	13	4,3	3,3	30	150	158	130	90	12	86	100 x 5	3	8	12	C	110	660
180.5	22	6,7	4,6	30	180	178	155,5	110	14	96	110 x 6	3,6	8	14	C	110	740
225.7	35	11	6,9	30	225	204	196	140	16	110	120 x 6	5	8	15	C	140	830

Dimensões em mm

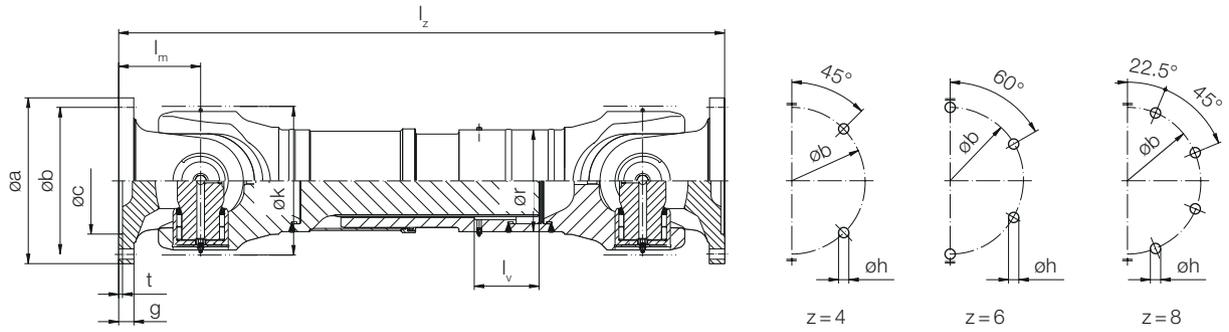
<sup>1</sup>  $I_v$  mais longo disponível mediante pedido.

#### LA: Compensação de comprimento

- A: Aço sobre aço, sem proteção de perfil
- B: Aço sobre aço, com proteção do perfil

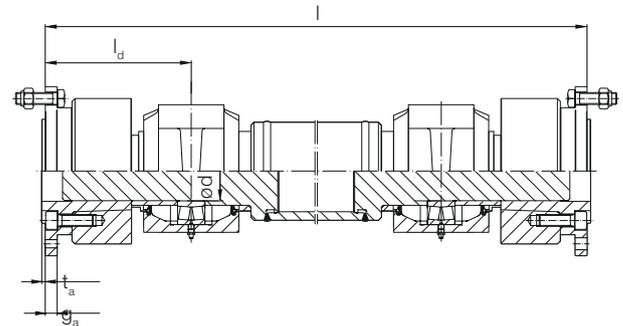
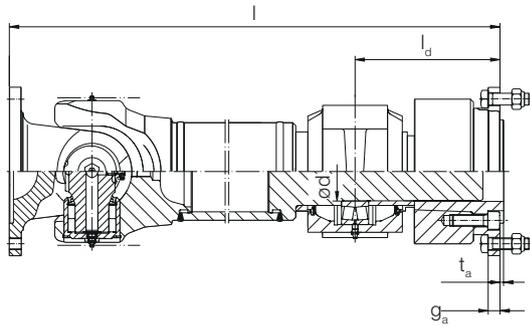
- C: Revestimento Rilsan® em aço com proteção do perfil
- D: Revestimento PTFE em aço com proteção do perfil

ST/STK



SFZ

SZ



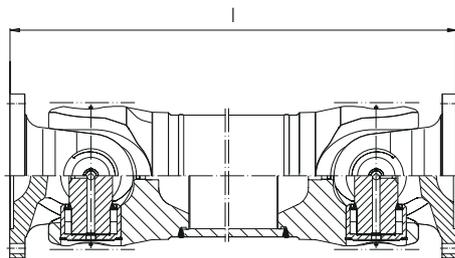
STK 1			STK 2			STK 3			STK 4 <sup>2</sup>			SF	SGK	SFZ	SZ	SFZ, SZ				
LA	$l_v$	$l_{z \text{ fixo}}$	LA	$l_v$	$l_{z \text{ fixo}}$	LA	$l_v$	$l_{z \text{ fixo}}$	LA	$l_v$	$l_{z \text{ fixo}}$	$l_{\text{min}}$	$l_{\text{fixo}}$	$l_{\text{min}}$	$l_{\text{min}}$	$l_d$	d	$g_a$	$t_a$	
B	25	215	B	25	195	B	25	175	B	20	165	160	120	-	-	-	-	-	-	-
B	30	235	B	30	220	B	30	200	B	20	180	165	128	-	-	-	-	-	-	-
B	35	270	B	35	250	B	35	225	B	25	200	200	144	-	-	-	-	-	-	-
B, C	40	310	B, C	40	280	B, C	40	250	B, C	25	225	216	168	-	-	-	-	-	-	-
B, C	40	340	B, C	40	310	B, C	40	280	B, C	30	255	250	184	-	-	-	-	-	-	-
B, C	60	430	B, C	60	400	B, C	50	360	B, C	35	325	301	240	-	-	-	-	-	-	-
B, C	60	450	B, C	60	420	B, C	50	375	B, C	35	345	307	240	-	-	-	-	-	-	-
C	80	490	C	80	460	C	80	400	C	40	360	345	260	-	-	-	-	-	-	-
C	110	680	C	110	640	C	80	585	C	40	545	455	360	-	-	-	-	-	-	-
C	110	600	C	80	555	C	45	495	D	40	400	430	344	-	-	-	-	-	-	-
C	110	650	C	60	600	C	45	560	C	60	500	465	384	-	-	-	-	-	-	-
C	110	720	C	80	650	C	55	600	D	40	550	520	440	533	586	171	80	25	4	

<sup>2</sup>  $l_z$  mais curto disponível mediante pedido.

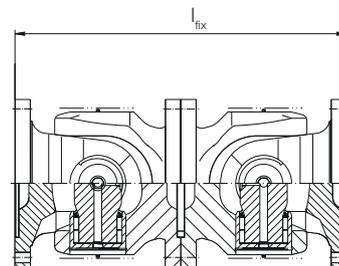
## 6.2 Série R

Os eixos cardan da série S são a melhor solução para torques intermediários e especialmente para acionamentos de alta velocidade. Estes eixos cardan possuem um projeto modular e podem ser integrados em seus acionamentos com total flexibilidade. As conexões dos flanges estão disponíveis em designs de atrito e de travamento positivo.

RF



RGK



### Especificações gerais

Tamanho	$M_z$ [kNm]	$M_{DW}$ [kNm]	CR [kNm]	$\beta_{max}$ [°]	k	$l_m$	r
198.8	32	16	8,6	25	198	110	160 x 10
208.8	55	20	11,4	15	208	120	170 x 12,5
250.8	80	35	19,1	15	250	140	200 x 12,5
285.8	115	50	26,4	15	285	160	220 x 12,5
315.8	170	71	36,6	15	315	180	240 x 16
350.8	225	100	48,3	15	350	194	292 x 22,2
390.8	325	160	67,1	15	390	215	323,9 x 25
440.8	500	250	100	15	440	260	368 x 28
490.8	730	345	130	15	490	270	406,4 x 32
550.8	1000	500	185	15	550	305	470 x 32

### RT

LA	$l_v$	$l_{z min}$
C	110	780
B, C	140	815
B, C	140	895
B, C	140	1060
B, C	140	1120
B	140	1240
B	170	1410
B	190	1625
B	220	1780
B	220	1950

### RTL<sup>1</sup>

LA	$l_v$	$l_{z min}$
-	-	-
B, C	370	1110
B, C	370	1215
B, C	370	1350
B, C	370	1450
B	400	1640
B	400	1730
B	400	1945
B	400	2090
B	400	2250

Dimensões em mm

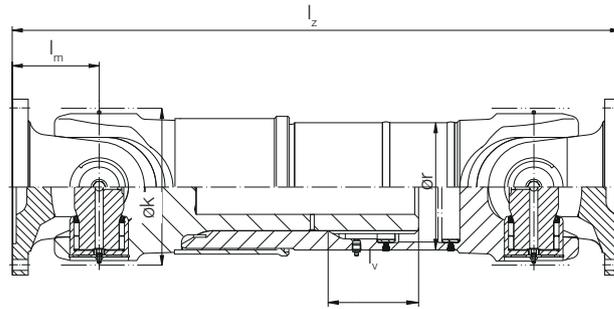
<sup>1</sup>  $l_v$  mais longo disponível mediante pedido.

#### LA: Compensação de comprimento

B: Aço em aço, com proteção do perfil

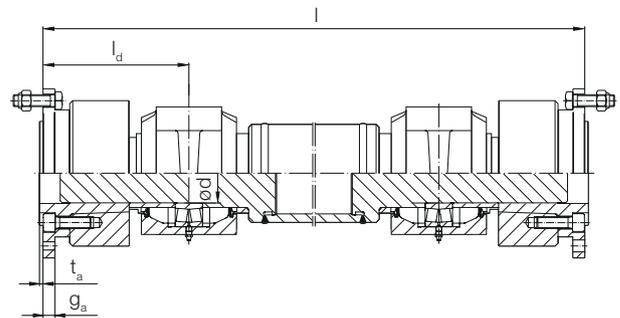
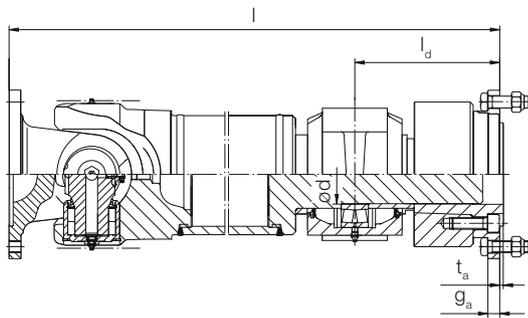
C: Revestimento Rilsan® em aço com proteção do perfil

RT/RTL/RTK



RFZ

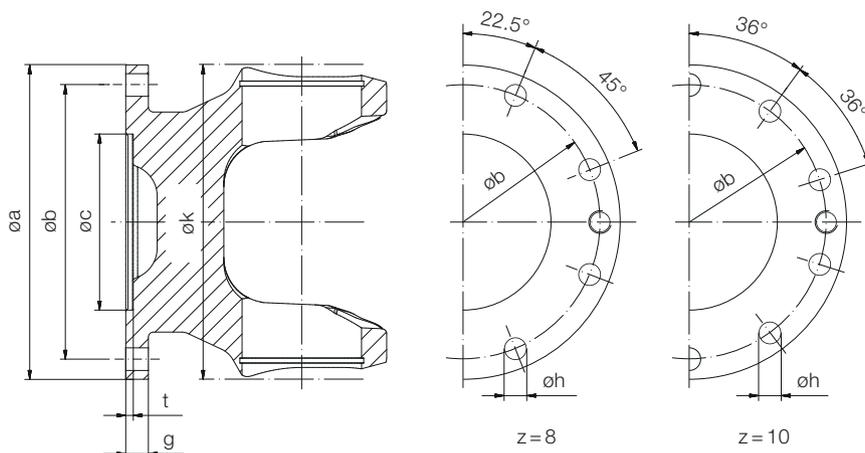
RZ



RTK 1			RTK 2 <sup>2</sup>			RF	RGK	RFZ	RZ	RFZ, RZ			
LA	l <sub>v</sub>	l <sub>z</sub> fixo	LA	l <sub>v</sub>	l <sub>z</sub> fixo	l <sub>min</sub>	l <sub>fixo</sub>	l <sub>min</sub>	l <sub>min</sub>	l <sub>d</sub>	d	g <sub>a</sub>	t <sub>a</sub>
-	-	-	-	-	-	480	440	535	568	171	80	25	4
B, C	100	725	B, C	80	640	520	480	626	732	229	90	32	5
B, C	110	800	B, C	70	735	580	560	716	812	251	110	34	6
B, C	120	960	B, C	100	880	678	640	804	883	277	130	42	6
B, C	120	1070	B, C	100	980	755	720	912	1019	316,5	160	45	7
B	130	1160	B	110	1070	855	776	980	1087	344,5	200	48	7
B	150	1280	B	100	1200	955	860	1023	1091	346,5	200	48	9
B	150	1475	B	100	1375	1055	1040	-	-	-	-	-	-
B	200	1680	B	175	1510	1200	1080	-	-	-	-	-	-
B	160	1790	B	120	1680	1250	1220	-	-	-	-	-	-

<sup>2</sup> l<sub>z</sub> mais curto disponível mediante pedido.

## Flange S: flange de atrito

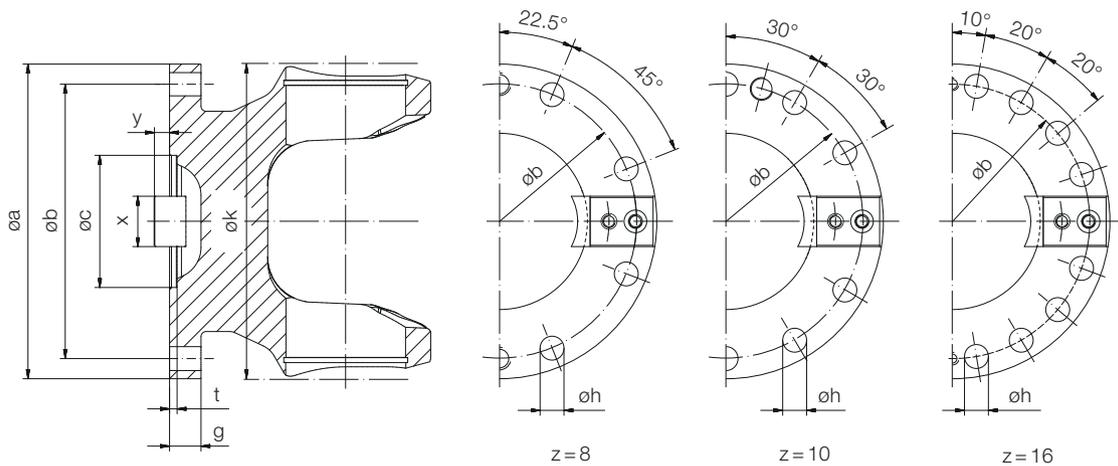


k	a	b ±0,2	c H7	g	h C12	t	z	Observação
198	<b>225</b>	<b>196</b>	<b>140</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	Padrão
	250	218	140	18	18	6	8	
	285	245	175	20	20	7	8	
208	225	196	140	15	16	5	8	Torque $M_{DW} = 18$ kNm
	<b>250</b>	<b>218</b>	<b>140</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	Padrão
	285	245	175	20	20	7	8	
250	315	280	175	22	22	7	8	
	250	218	140	18	18	6	8	Torque $M_{DW} = 25$ kNm
	<b>285</b>	<b>245</b>	<b>175</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	Padrão
285	315	280	175	22	22	7	8	
	350	310	220	25	22	8	10	
	285	245	175	20	20	7	8	Torque $M_{DW} = 36$ kNm
315	<b>315</b>	<b>280</b>	<b>175</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	Padrão
	350	310	220	25	22	8	10	
	390	345	250	32	24	8	10	
350	315	280	175	22	22	7	8	Torque $M_{DW} = 52$ kNm
	<b>350</b>	<b>310</b>	<b>220</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	Padrão
	390	345	250	32	24	8	10	
390	435	385	280	40	27	10	10	
	350	310	220	25	22	8	10	Torque $M_{DW} = 75$ kNm
	<b>390</b>	<b>345</b>	<b>250</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	Padrão
390	435	385	280	40	27	10	10	
	390	345	250	32	24	8	10	Torque $M_{DW} = 100$ kNm
	<b>435</b>	<b>385</b>	<b>280</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	Padrão

Dimensões em mm

Flanges adicionais disponíveis mediante pedido

## Flange Q: flange com chaveta

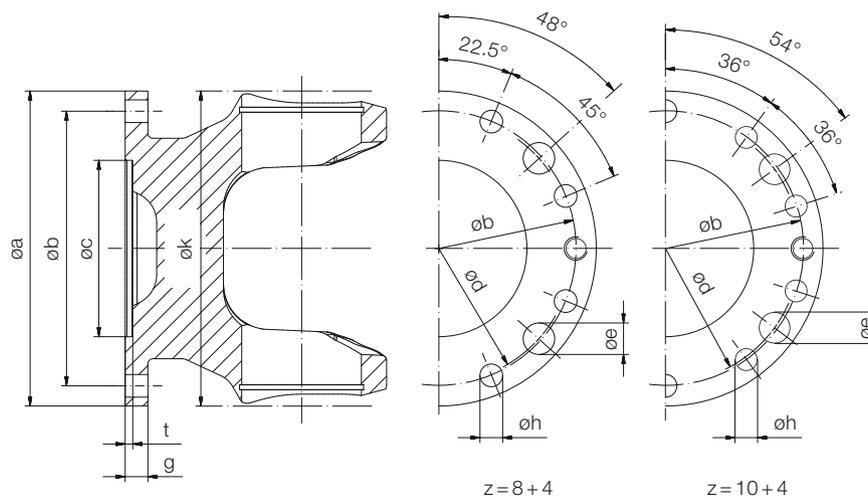


k	a	b ±0.2	c H7	g	h	t	x h9	y	z	Observação
208	<b>225</b>	<b>196</b>	<b>105</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>32</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	Padrão
	250	218	105	25	19	6	40	12,5	8	
	285	245	125	27	21	7	40	15	8	
250	<b>250</b>	<b>218</b>	<b>105</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>40</b>	<b>12,5</b>	<b>8</b>	Padrão
	285	245	125	27	21	7	40	15	8	
	315	280	130	32	23	8	40	15	10	
285	<b>285</b>	<b>245</b>	<b>125</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	Padrão
	315	280	130	32	23	8	40	15	10	
	350	310	155	35	23	8	50	16	10	
315	<b>315</b>	<b>280</b>	<b>130</b>	<b>32</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	Padrão
	350	310	155	35	23	8	50	16	10	
	390	345	170	40	25	8	70	18	10	
350	<b>350</b>	<b>310</b>	<b>155</b>	<b>35</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>50</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	Padrão
	390	345	170	40	25	8	70	18	10	
	435	385	190	42	28	10	80	20	16	
390	<b>390</b>	<b>345</b>	<b>170</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>8</b>	<b>70</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	Padrão
	435	385	190	42	28	10	80	20	16	
	480	425	205	47	31	12	90	22,5	16	
440	<b>435</b>	<b>385</b>	<b>190</b>	<b>42</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>80</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	Padrão
	480	425	205	47	31	12	90	22,5	16	
	550	492	250	50	31	12	100	22,5	16	
490	<b>480</b>	<b>425</b>	<b>205</b>	<b>47</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>90</b>	<b>22,5</b>	<b>16</b>	Padrão
	550	492	250	50	31	12	100	22,5	16	
550	<b>550</b>	<b>492</b>	<b>250</b>	<b>50</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>22,5</b>	<b>16</b>	Padrão

Dimensões em mm

Flanges adicionais disponíveis mediante pedido

## Flange K: flange com luvas bipartidas

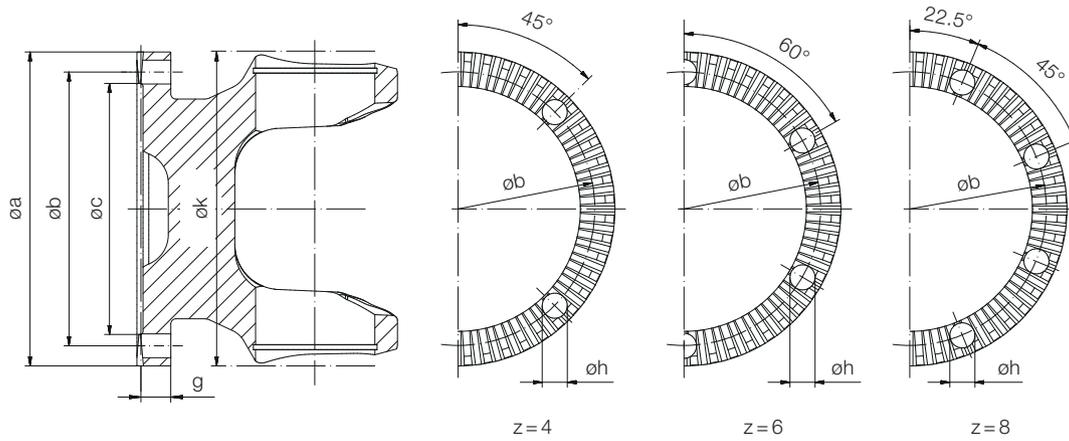


k	a	b $\pm 0.2$	c H7	g	h C12	t	z	d	e H12	Observação
198	<b>225</b>	<b>196</b>	<b>140</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>192</b>	<b>21</b>	Padrão
	250	218	140	18	18	6	8	214	25	
208	<b>250</b>	<b>218</b>	<b>140</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>214</b>	<b>25</b>	Padrão
	285	245	175	20	20	7	8	240	28	
250	<b>285</b>	<b>245</b>	<b>175</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>240</b>	<b>28</b>	Padrão
	315	280	175	22	22	7	8	270	30	
285	<b>315</b>	<b>280</b>	<b>175</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>270</b>	<b>30</b>	Padrão
	350	310	220	25	22	8	10	300	32	
315	<b>350</b>	<b>310</b>	<b>220</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>300</b>	<b>32</b>	Padrão
	390	345	250	32	24	8	10	340	32	
350	<b>390</b>	<b>345</b>	<b>250</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>340</b>	<b>32</b>	Padrão
	435	385	280	40	27	10	10	378	35	
390	<b>435</b>	<b>385</b>	<b>280</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>378</b>	<b>35</b>	Padrão

Dimensões em mm

Flanges adicionais disponíveis mediante pedido

## Flange H: flange com acoplamento Hirth



k	a	b ±0.2	c	g	h	u <sup>1</sup>	z	Observação
208	<b>225</b>	<b>196</b>	<b>180</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	Padrão
	250	218	200	25	20	48	4	
250	<b>250</b>	<b>218</b>	<b>200</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	Padrão
	285	245	225	27	21	60	4	
285	<b>285</b>	<b>245</b>	<b>225</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	Padrão
	315	280	250	32	24	60	4	
315	<b>315</b>	<b>280</b>	<b>250</b>	<b>32</b>	<b>23</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	Padrão
	350	310	280	35	24	72	6	
350	<b>350</b>	<b>310</b>	<b>280</b>	<b>35</b>	<b>23</b>	<b>72</b>	<b>6</b>	Padrão
	390	345	315	40	25	72	6	
390	<b>390</b>	<b>345</b>	<b>315</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>72</b>	<b>6</b>	Padrão
	435	385	345	42	28	96	6	
440	<b>435</b>	<b>385</b>	<b>345</b>	<b>42</b>	<b>28</b>	<b>96</b>	<b>6</b>	Padrão
	480	425	370	47	31	96	8	
490	<b>480</b>	<b>425</b>	<b>370</b>	<b>47</b>	<b>31</b>	<b>96</b>	<b>8</b>	Padrão
	550	492	440	50	31	96	8	
550	<b>550</b>	<b>492</b>	<b>440</b>	<b>50</b>	<b>31</b>	<b>96</b>	<b>8</b>	Padrão

Dimensões em mm

Furo posicionado na folga do dente

<sup>1</sup> Número de dentes no acoplamento Hirth

Flanges adicionais disponíveis mediante pedido

## 6.3 Série CH

A série CH é o padrão para aplicações de alto a máximo torque. Os eixos cardan CH são concebidos individualmente, ou seja, estes são projetados para atender às especificações do cliente. Estes correspondem de forma precisa às exigências acionamento. Os flanges e garfos-flanges estão disponíveis em uma grande variedade de designs e materiais.

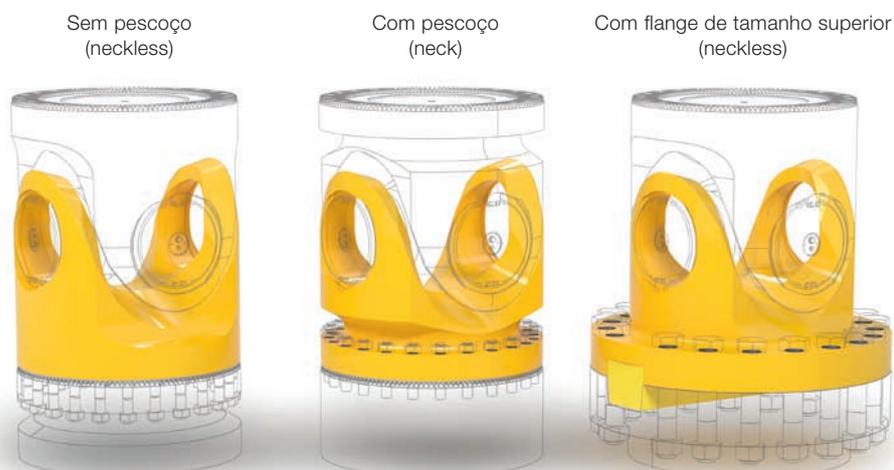
### 6.3.1 Garfos-flanges

Usamos nossa grande variedade de designs de garfos-flanges (integrados) em peça única para adaptar o eixo cardan a seu acionamento. Seu eixo cardan é dimensionado de forma ideal para alcançar o melhor equilíbrio possível entre desempenho, confiabilidade e custo.

#### Designs

<b>Modelos de design</b>	Sem pescoço	<b>Padrão</b>
	Com pescoço	$M_{DW}$ aprox. 5% menos que com o design padrão
	Com flange de tamanho superior	$M_{DW}$ igual ao usado para o design padrão
<b>Materiais</b>	Aço forjado	<b>Padrão</b>
	Aço fundido	$M_{DW}$ aprox. 20% menos que com o design padrão

#### Garfo-flange



### 6.3.2 Conceito de junta e rolamento

O conceito por trás dos rolamentos da série CH baseia-se em décadas de experiência no design de eixos cardan de alto desempenho. Durante o seu desenvolvimento, os engenheiros focaram-se em baixos custos durante seu ciclo de vida e um nível alto de confiabilidade operacional.

#### Como os construímos

- Os rolamentos radiais e axiais são combinados em uma única unidade (rolamentos cartucho).
- Os rolamentos radial e axial são de rolos, com baixo atrito.
- Os anéis interno e externo são fabricados com aço especial para rolamentos.
- A geometria dos garfos-flanges foi otimizada para alcançar a menor concentração de tensões possível.
- As cruzetas recebem tratamento térmico superficial.
- A cruzeta e o rolamento axial são conectados flexivelmente entre si.

---

#### Suas benefícios

- + Os rolamentos podem ser individualmente trocados. **Você reduz os custos de manutenção.**
- + Os rolamentos possuem uma longa vida útil. **A produtividade de seu sistema aumenta.**
- + As cruzetas podem ser reutilizadas quando o rolamento é trocado. **Isto mantém seus custos de manutenção baixos.**
- + O eixo cardan possui uma alta resistência à fadiga. **Este fato o faz seguro para laminar aços especiais e a alta durabilidade do cardan tem um efeito positivo na produtividade.**

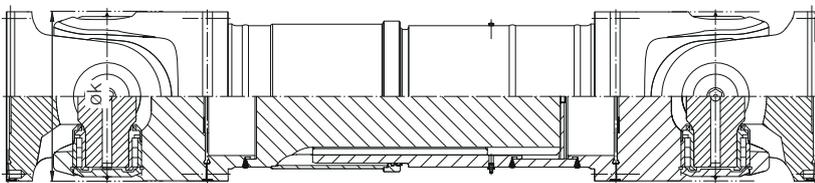
---

#### Conceito de junta e rolamento

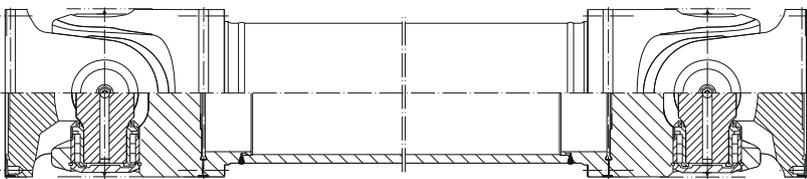


### 6.3.3 Dados técnicos

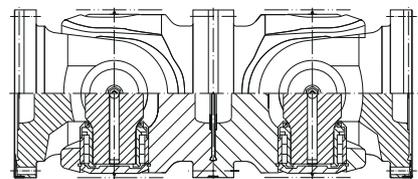
CHT



CHF



CHGK



<b>Dimensões</b>	<b>350.8 a 550.8</b>	<b>590.40 a 1 460.40</b>
<b>Torque <math>M_{Dw}</math> (Design padrão, aço forjado)</b>	140 a 560 kNm	890 a 13 500 kNm
<b>Ângulo de deflexão <math>\beta_{max}</math></b>	10°	10° (ângulos de deflexão superior disponíveis mediante pedido)
<b>Medidas de tamanho básicas para o diâmetro de rotação k</b>	350, 390, 440, 490, 550 mm	590, 650, 710, 770, 830, 890, 950, 1 010, 1 090, 1 170, 1 250, 1 320, 1 400 mm (tamanhos intermédios disponíveis mediante pedido)
<b>Rolamentos</b>	sem anel interno	com anel interno
<b>Designs</b>	CHT, CHF, CHGK	CHT, CHF, CHGK

Eixos cardan de alto desempenho na linha de montagem; Serie CH





Linha de montagem para eixos e juntas cardan Voith

## 6.4 Série E

Os eixos cardan da série E se destinam a acionamentos de alto desempenho com torques máximos. As principais características desta série são a máxima de transmissão de torque possível com cardan e vida útil do rolamento aumentada.

### 6.4.1 Juntas

As juntas da série E fornecem a mais alta capacidade de torque possível entre todas as séries. Um cardan de alto desempenho pode ser montado com ambos os lados com juntas da série E ou combinado com junta série CH.

#### Como os construímos

- As cruzetas são ainda mais reforçadas.
- O garfo-flange é bipartido (semi-integrado). Ele possui um dentado alinhado com o eixo de simetria. A linha de separação encontra-se posicionada em uma área de seção transversal que está sujeita a tensões relativamente baixas.
- A geometria dos garfos-flanges foi otimizada para o fluxo de força.
- Todos os componentes do cardan foram otimizados para uma alta capacidade de torque.

---

#### Suas benefícios

- + Um eixo cardan da série E transmite até 20 % mais torque que um eixo da série CH com o mesmo diâmetro de junta. A série E é ideal para o uso em áreas com espaço de instalação limitado.
- + Estes eixos cardan possuem uma altíssima resistência ao esforço. Este fato faz com que a confiabilidade operacional seja especialmente alta, por exemplo, ao laminar aços com alta dureza.

---

Comparação do tamanho do eixo cardan de alto desempenho; junta CH (esquerda) e junta E (direita)



#### 6.4.2 Conceito de rolamento

O conceito por trás dos rolamentos da série E baseia-se no aproveitamento máximo do espaço de instalação, com os maiores rolamentos e cruzetas possíveis.

##### Como os construímos

- Os rolamentos são de rolos, baixo atrito.
- Anéis interno e externo, de aço especial para rolamentos, formam as pistas do rolamento.
- Os elementos rolantes estão incorporados de forma ideal, com as melhores taxas de alavancagem possíveis na cruzeta.
- Os rolamentos de rolos, incluindo a lubrificação, foram otimizados para uma longa vida útil.

---

##### Suas benefícios

- + **A vida útil do rolamento é de 40 a 80 % maior comparado ao rolamento da Série CH. Uma importante característica da série E é sua vida útil muito longa. Isto reduz o tempo de inatividade e maximiza a produtividade.**
- + **Os rolamentos podem ser substituídos individualmente e as cruzetas podem ser reutilizadas quando o rolamento é substituído. O que se traduz em baixos custos de manutenção para você.**

---

#### Conceito de junta e rolamento



### 6.4.3 Dados técnicos

<b>Dimensões</b>	<b>580.30 a 1 220.30</b>
<b>Torque <math>M_{DW}</math> (Design padrão, aço forjado)</b>	1 010 a 9 380 kNm
<b>Ângulo de deflexão <math>\beta_{max}</math></b>	5, 10, 15° (seleccionável)
<b>Tamanhos base para diâmetro de rotação k</b>	580, 640, 700, 760, 820, 880, 940, 1 000, 1 080, 1 160 mm (tamanhos intermédios disponíveis mediante pedido)
<b>Designs</b>	ET, EF, EGK

Eixos cardan de alto desempenho na linha de montagem; junta Série E (esquerda)



# 7 Fundamentos da engenharia

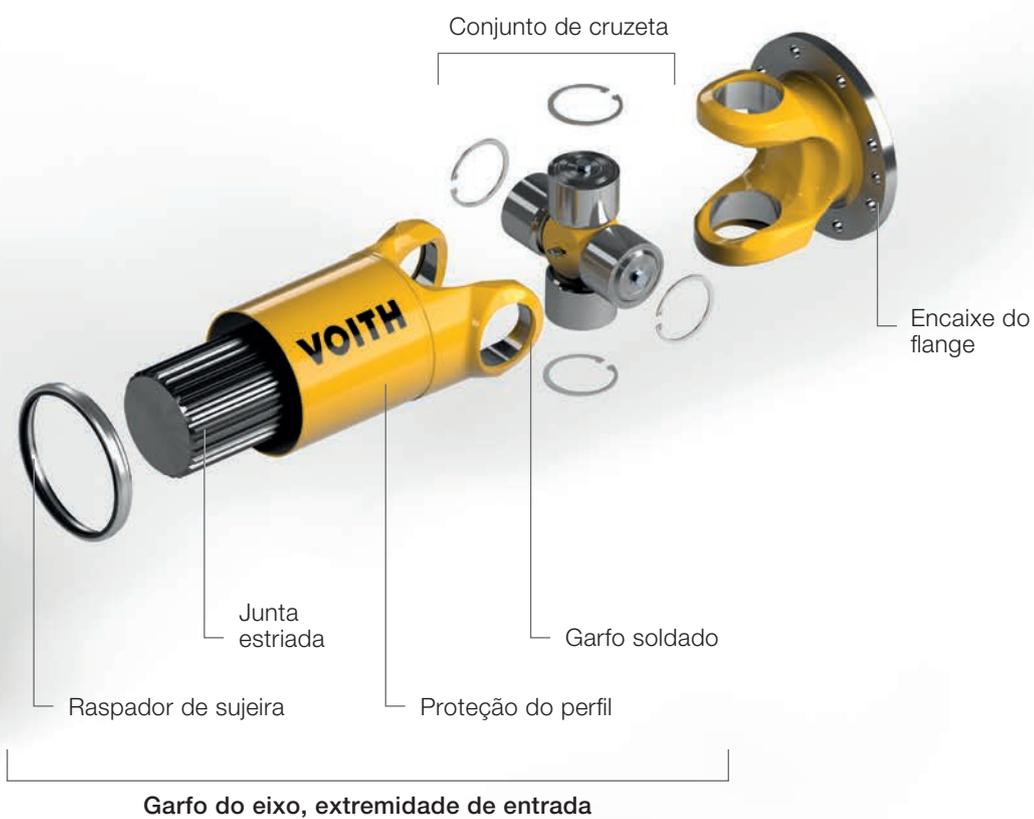
## 7.1 Componentes principais de um eixo cardan Voith

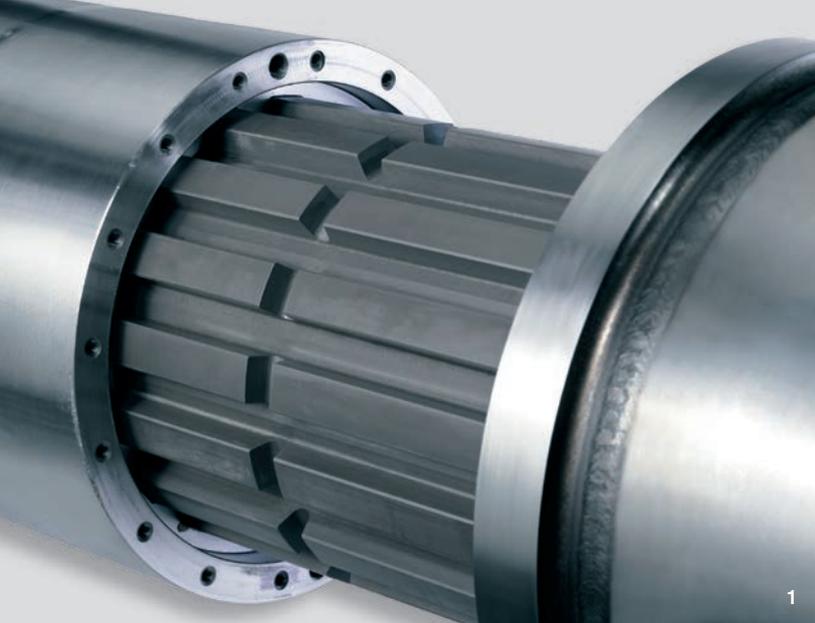
### Design

Independentemente da série, todas as versões e tamanhos dos eixos cardan Voith compartilham vários atributos, concebidos para garantir uma operação confiável:

- Garfos e garfos-flanges com geometria otimizada
- Juntas transversais forjadas a quente
- Rolamentos de rolos de baixa manutenção e com máxima capacidade de carga
- Uso de aços temperados e endurecidos de alta resistência
- Soldagem superior das juntas







1 Perfil SAE (perfil de flanco reto)

2 Perfil envolvente

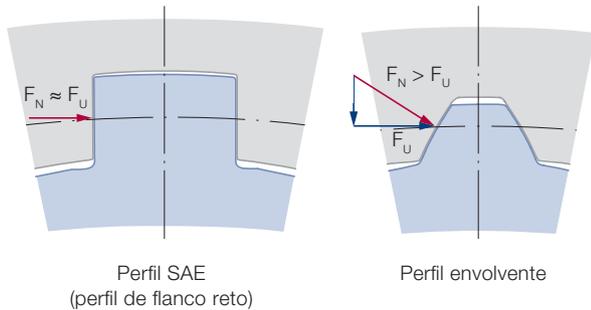
## 7.2 Compensação de comprimento com perfis de eixo estriado

É necessária a compensação de comprimento no eixo cardan para muitas aplicações. Em comparação com outros elementos de acionamento, a compensação do comprimento para eixos cardan é alcançada por meio da seção central e a compensação é alcançada por meio das juntas.

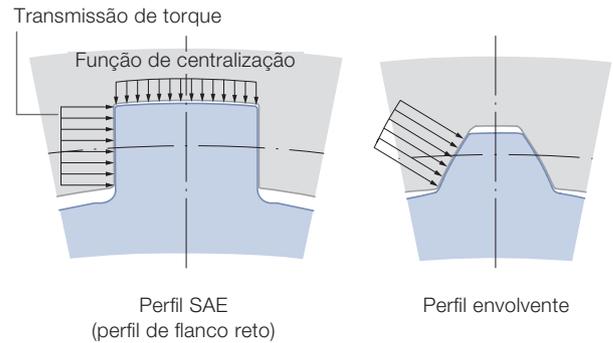
São usados dois tipos de compensação de comprimento nos eixos cardan Voith: o perfil SAE (perfil de flanco reto) e o perfil envolvente. A série e o tamanho dos eixos cardan determinam o tipo de compensação de comprimento.

Para cargas aplicadas em eixos cardan de menor dimensão, o perfil envolvente é uma solução adequada com uma boa relação custo/benefício. O perfil SAE (perfil de flanco reto) é uma solução melhor para grandes eixos cardan de alto desempenho.

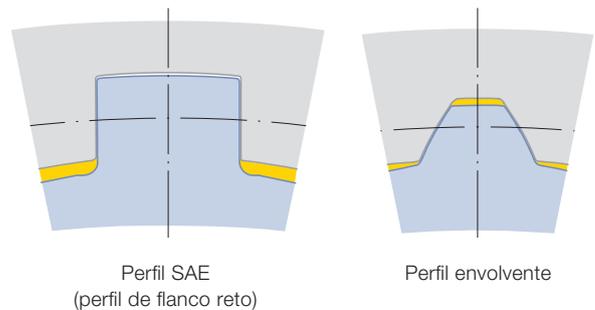
## Força introduzida durante a transmissão de torque



## Transmissão do torque e centralização



## Lubrificação do estriado



## Compensação de comprimento com perfil SAE (perfil de flanco reto)

### Características

Flanco reto, perfil centrado no diâmetro

A força é aplicada ortogonalmente

Superfícies de contato de grande dimensão

Combinação favorável de materiais para cubo e estriado do eixo  
Estriado nitretado como padrão.

O mecanismo patenteado de lubrificação na ranhura de distribuição de graxa para distribuição uniforme de graxa sobre todo o diâmetro do perfil.

### Vantagens

Separação da transmissão de torque e das funções de centralização

Forças normais inferiores e, desta forma, forças de deslocamento inferiores

Baixa pressão de superfície

Alta resistência ao desgaste

O desenho do dente incorpora um confiável reservatório de lubrificante para as partes deslizantes

### Benefícios

**+ Vida útil longa**

**+ Facilidade de movimento**

**+ Vida útil longa**

**+ Vida útil longa**

**+ Intervalos de manutenção prolongados**



Eixo cardan com tripé

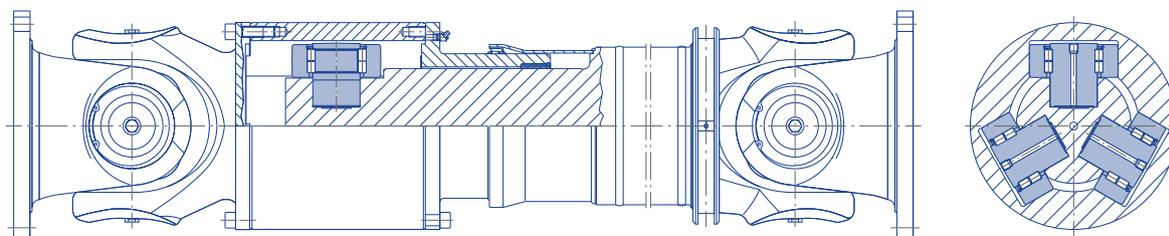
## 7.3 Compensação de comprimento rolamentos de rolos – eixos cardan com tripé

Os eixos cardan com tripé são compostos por juntas padrão e uma seção central especial. Os rolamentos de rolos na seção central são usados para reduzir drasticamente as forças de deslocamento axial na compensação de comprimento. Isto mantém as forças de deslocamento axial muito baixas, quase constantes, em todo o intervalo de torque.

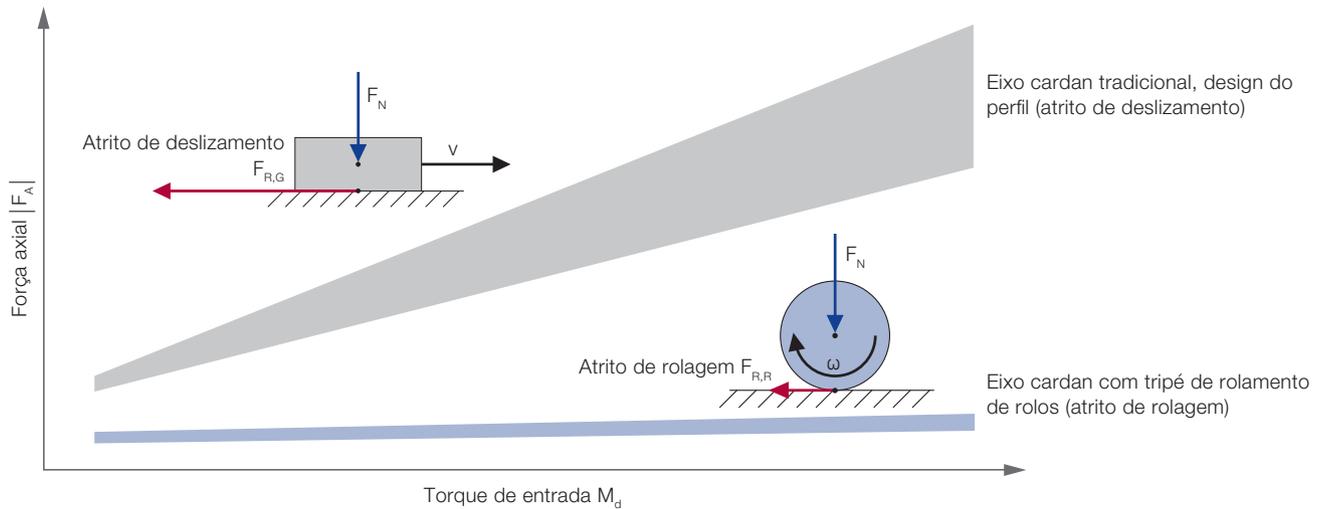
A seção central consiste de um eixo guia e de um cubo guia. Três parafusos com rolamentos de rolos estão localizados em uma extremidade do eixo guia. Os parafusos estão a uma distância de  $120^\circ$  uns dos outros. O cubo guia possui três ranhuras correspondentes para encaixar os rolamentos de rolos.

Os eixos cardan deste tipo são ideais para acionamentos que necessitam de compensar constantemente amplos movimentos axiais.

### Design básico do eixo cardan com tripé



## Comparação das forças de deslocamento axial



## Compensação de comprimento com rolamentos de rolos

### Características

### Vantagens

### Benefícios

Compensação de comprimento com mancais de rolos

Forças de deslocamento axiais baixas e praticamente constantes

**+ Custos inferiores para rolamentos axiais e sistemas de suspensão para conjuntos conectados**

Compensação de comprimento de baixo desgaste

**+ Baixos custos de manutenção**  
**+ Alta disponibilidade**

Partes laterais das ranhuras endurecidas no cubo guia

Vida útil longa

**+ Alta disponibilidade**

Baixo desgaste

**+ Baixos custos de manutenção**

Sem alterações na folga especificada

**+ Sem vibrações**

Forças circunferenciais uniformes em todos os rolamentos de rolos

Balanceamento estável em toda a vida útil

**+ Sem custos para rebalanceamento**

Cubo guia vedado

Lubrificação segura dos rolamentos de rolos

**+ Baixos custos de manutenção**

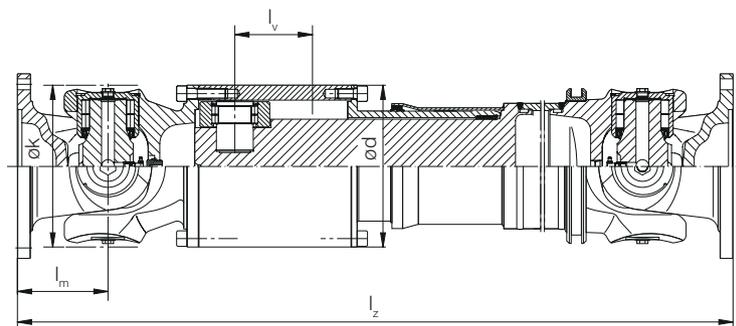
Centralização definida de suporte amplo em planos de buchas de rolos e de deslizamento

Operação extremamente suave

**+ Baixas emissões de ruído**

---

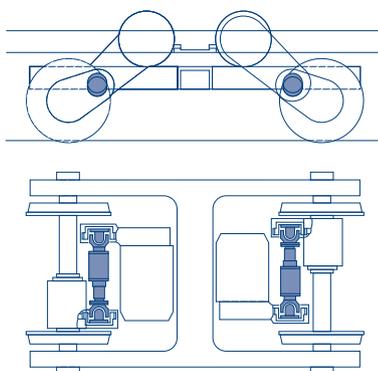
## Suporte RTR



---

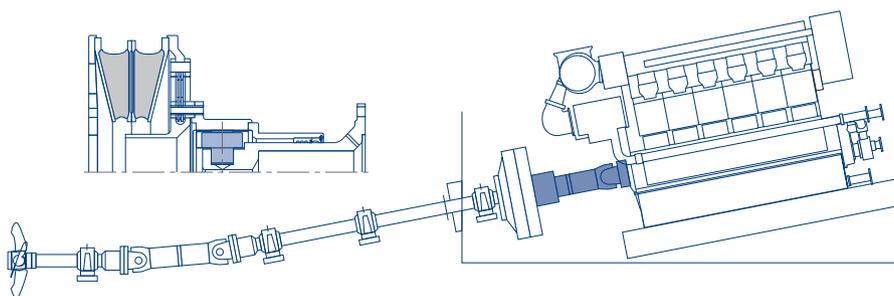
## Exemplos de aplicação

### Em veículos ferroviários



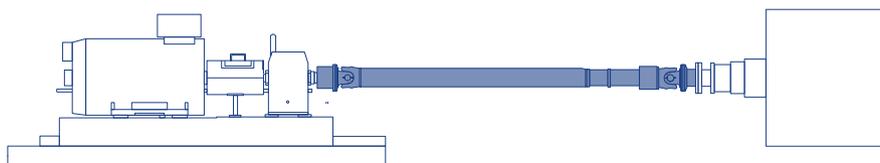
---

### Em navios e barcos



---

### Em máquinas de papel



Tamanho	$M_z$ [kNm]	$M_{DW}$ [kNm]	$I_{z \min}$	$I_v$	$I_m$	k	d
<b>198.8</b>	16	10	750	50	110	198	180
<b>208.8</b>	28	16	810	60	120	208	208
<b>250.8</b>	45	23	940	60	140	250	250
<b>285.8</b>	61	35	1 140	120	160	285	285
<b>315.8</b>	94	50	1 260	120	180	315	315
<b>350.8</b>	150	71	1 400	120	194	350	350
<b>390.8</b>	200	100	1 550	120	215	390	390

Dimensões em mm  
Dimensões dos flanges: Páginas 20 a 23

Designs customizados disponíveis mediante pedido

### Vantagens e benefícios

Os eixos cardan com tripé transmitem o torque a partir de motores de acionamento para as rodas de acionamento. Os motores de acionamento estão localizados na carroceria da locomotiva e os rotores de acionamento no chassis montado sobre molas.

- + **As pequenas massas não suspensas reduzem a carga no chassis, acionamento, trilhos e ferrovia**
- + **A viagem positiva (padrão sinusoidal desobstruído) minimiza o desgaste entre o trilho e a roda**
- + **O bom comportamento dinâmico aumenta a segurança e melhora o conforto de viagem**

Juntamente com um acoplamento altamente flexível, os eixos cardan com tripé transmitem o torque na linha de eixo.

- + **Alto grau de resistência ao impacto**
- + **O ruído transmitido pela estrutura é bem isolado**
- + **Conforto de viagem aprimorado**

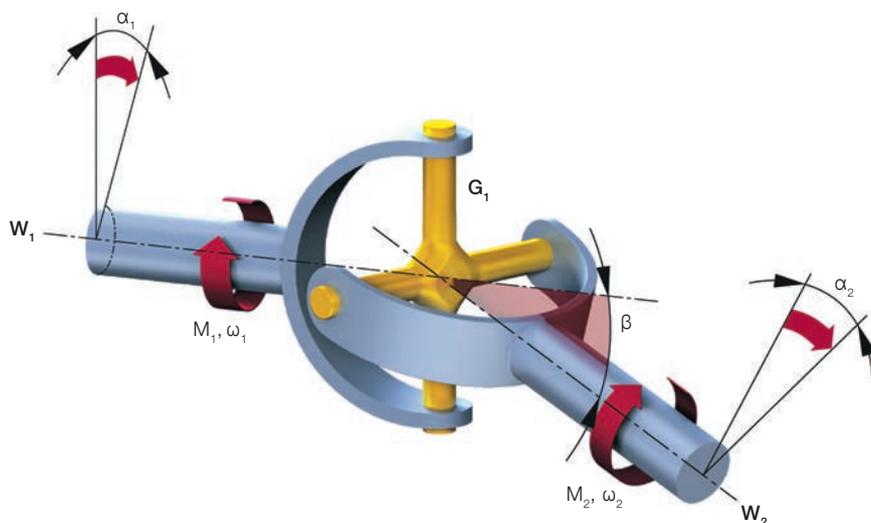
Os eixos cardan com tripé no acionamento do Sirius Roll-up SensoRoll.

- + **O deslocamento suave do SensoRoll na direção do caminho do papel para cada tambor**
- + **O tambor possui um núcleo duro envolvido e um diâmetro envolvente exterior maior**
- + **Longo tempo de operação do rolamento de rolos da compensação de comprimento**

## 7.4 Cinemática na junta cardan

- Quando o eixo está sendo acionado uniformemente  $W_1$  ( $\omega_1 = \text{const.}$ ), o eixo de saída  $W_2$  gira a uma velocidade angular que se altera com o tempo ( $\omega_2 \neq \text{const.}$ ).
- A velocidade angular do eixo de saída  $\omega_2$  e o ângulo diferencial  $\varphi = (\alpha_1 - \alpha_2)$  variam de uma forma sinusoidal e suas magnitudes são uma função do ângulo de deflexão  $\beta$ .
- Esta característica das juntas cardan é denominada erro gimbal e deve ser levada em consideração ao selecionar um eixo cardan.

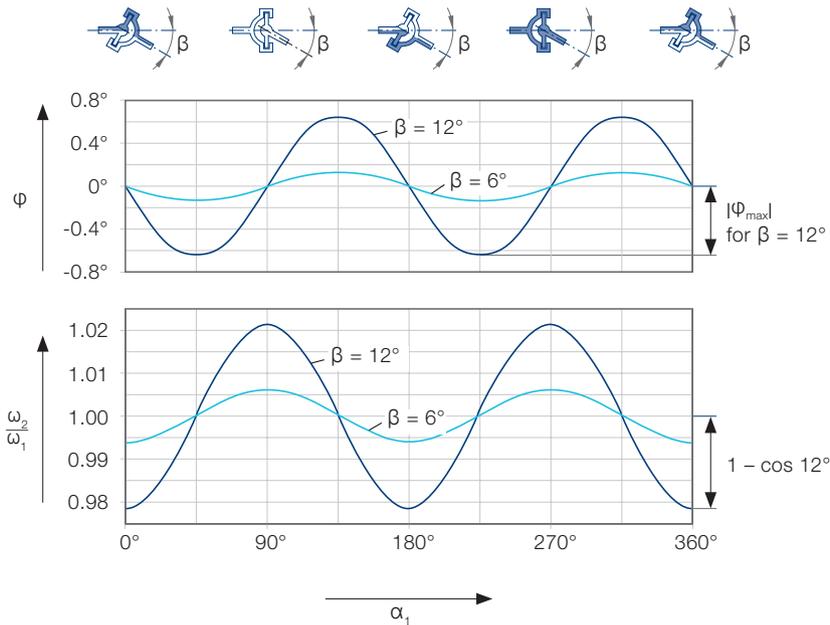
### Junta cardan



$G_1$  Junta cardan padrão  
 $W_1$  Eixo de entrada  
 $W_2$  Eixo de saída

$\alpha_1, \alpha_2$  Ângulo de rotação  
 $\beta$  Ângulo de deflexão  
 $M_1, M_2$  Torques  
 $\omega_1, \omega_2$  Velocidades angulares

## Movimento relativo



- Com uma rotação do eixo  $W_1$ , o ângulo diferencial  $\varphi$  altera-se quatro vezes, tal como a velocidade angular  $\omega_2$ .
- Durante uma rotação, o eixo  $W_2$  passa duas vezes pelos pontos de aceleração e desaceleração máximas.
- Em grandes ângulos de deflexão  $\beta$  e a altas rotações, podem ser geradas consideráveis forças de inércia.

Se aplicam as seguintes equações:

$$\varphi = \alpha_1 - \alpha_2 \quad (1)$$

$$\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \cos \beta \quad (2)$$

$$\tan \varphi = \frac{\tan \alpha_1 \cdot (\cos \beta - 1)}{1 + \cos \beta \cdot \tan^2 \alpha_1} \quad (3)$$

Assim se obtém a razão da velocidade angular entre as seções dos eixos  $W_1$  e  $W_2$ :

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\cos \beta}{1 - \sin^2 \beta \cdot \sin^2 \alpha_1} \quad (4)$$

com os máximos

$$\left. \frac{\omega_2}{\omega_1} \right|_{\max} = \frac{1}{\cos \beta} \text{ em } \alpha_1 = 90^\circ \text{ ou } \alpha_1 = 270^\circ \quad (4a)$$

e os mínimos

$$\left. \frac{\omega_2}{\omega_1} \right|_{\min} = \cos \beta \text{ em } \alpha_1 = 0^\circ \text{ ou } \alpha_1 = 180^\circ \quad (4b)$$

Relativamente à razão de torque, aplica-se a seguinte equação:

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (5)$$

com os máximos

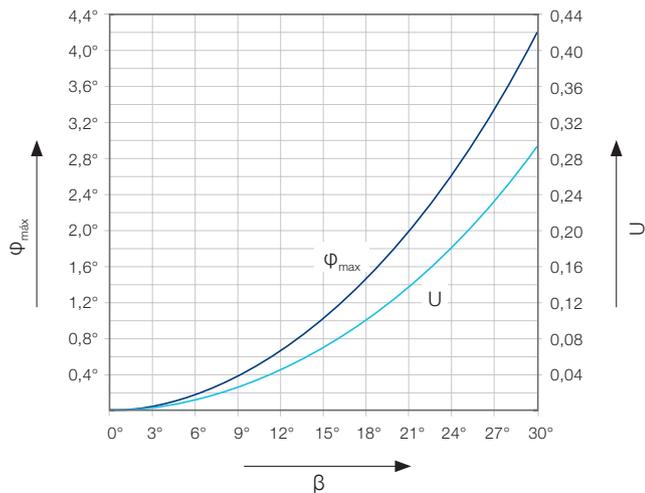
$$\left. \frac{M_2}{M_1} \right|_{\max} = \frac{1}{\cos \beta} \text{ em } \alpha_1 = 90^\circ \text{ ou } \alpha_1 = 270^\circ \quad (5a)$$

e os mínimos

$$\left. \frac{M_2}{M_1} \right|_{\min} = \cos \beta \text{ em } \alpha_1 = 0^\circ \text{ ou } \alpha_1 = 180^\circ \quad (5b)$$

---

### Fator de variação, ângulo diferencial



Um indicador da variação é o fator de variação U:

$$U = \frac{\omega_2}{\omega_1} \Big|_{\text{máx}} - \frac{\omega_2}{\omega_1} \Big|_{\text{mín}} = \frac{1}{\cos \beta} - \cos \beta = \tan \beta \cdot \sin \beta \quad (6)$$

Por fim, relativamente ao ângulo diferencial máximo φ<sub>máx</sub>., aplica-se a seguinte equação:

$$\tan \phi_{\text{máx}} = \pm \frac{1 - \cos \beta}{2 \cdot \sqrt{\cos \beta}} \quad (7)$$

---

### Conclusões

Uma junta cardan única deve ser somente usada se estiverem reunidas as seguintes condições:

- A variação na velocidade de rotação do eixo de saída é de importância secundária.
  - O ângulo de deflexão é muito pequeno ( $\beta < 1^\circ$ ).
  - As forças transmitidas são baixas.
-

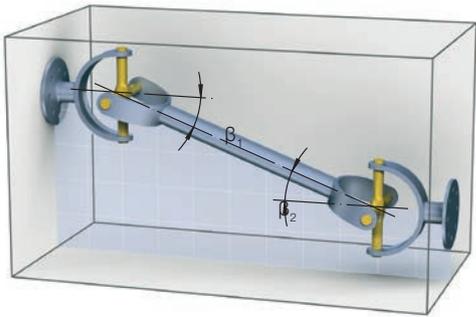
## 7.5 Junta dupla cardan

A seção 7.4 mostra que o eixo de saída  $W_2$  gira sempre na velocidade angular variável  $\omega_2$  quando conectado por meio de uma única junta cardan a um dado ângulo de deflexão  $\beta$  devido à influência da junta cardan.

Se, no entanto, duas juntas cardan  $G_1$  e  $G_2$  forem conectadas em conjunto corretamente na forma de um eixo cardan em uma disposição Z ou W, as variações em termos de velocidades do eixo de entrada e de saída se anulam uma à outra totalmente.

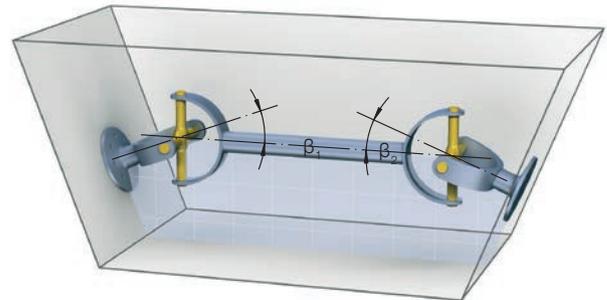
---

**Eixo cardan na disposição Z, os eixos de entrada e saída encontram-se situados paralelamente um ao outro em um mesmo plano**



---

**Eixo cardan na disposição W, os eixos de entrada e saída interceptam-se um ao outro em um plano**

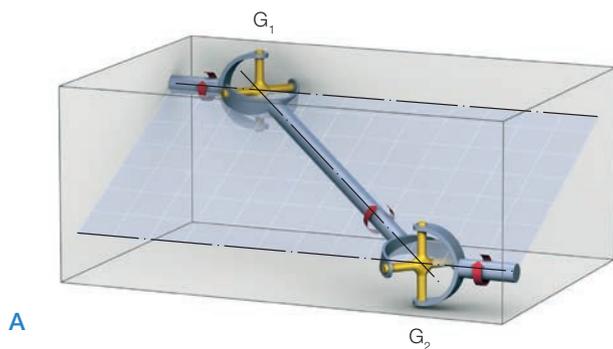


### As condições para rotação sincronizada dos eixos de entrada e de saída:

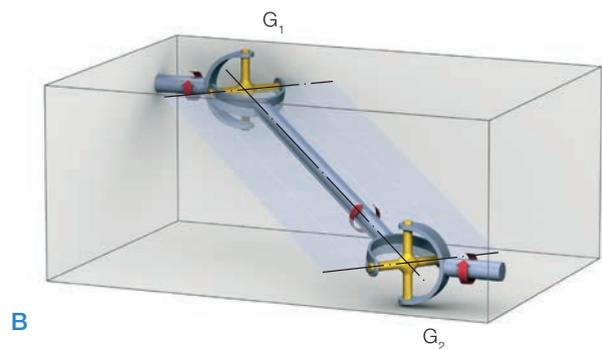
As três condições A, B e C garantem que a junta  $G_2$  opere com uma defasagem de  $90^\circ$  e compense totalmente o erro gimbal da junta  $G_1$ . Esta disposição do eixo cardan é considerada a disposição ideal, fornecendo uma completa compensação de movimento.

Trata-se precisamente do que os designers estão tentando atingir na prática. Se qualquer uma das três condições não for cumprida, o eixo cardan deixa de operar a velocidades de entrada e saída constantes, isto é, deixa de ser homocinético. Quando esta situação ocorrer, entre em contato com seu representante da Voith.

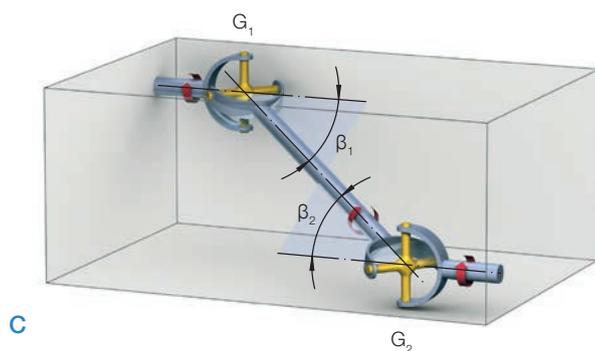
Todos os componentes do eixo cardan se encontram localizados em um plano



Ambos os garfos da seção central do eixo se localizam em um plano



Os ângulos de deflexão  $\beta_1$  e  $\beta_2$  das duas juntas são idênticos



## 7.6 Forças nos rolamentos dos eixos de entrada e de saída

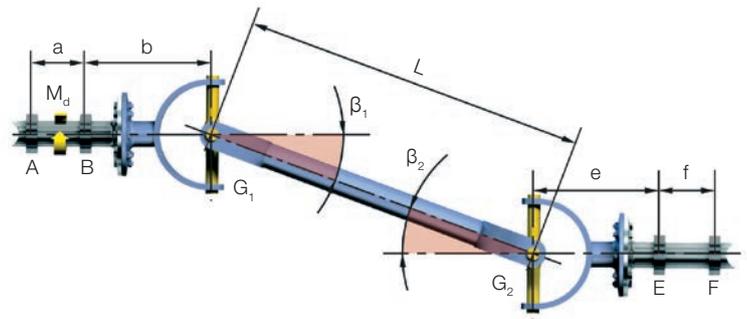
### 7.6.1 Forças radiais nos rolamentos

A deflexão do eixo cardan também submete os rolamentos a cargas radiais adicionais. As forças radiais nos rolamentos variam de nula até força máxima, duas vezes por revolução.

#### Designação e fórmulas

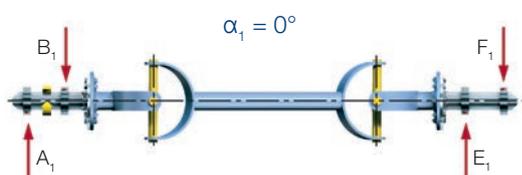
$G_1, G_2$	Juntas universais
A, B, E, F	Rolamentos de conexão
$M_d$	Torque de entrada
$A_{1/2}, B_{1/2}, E_{1/2}, F_{1/2}$	Forças no rolamento
$\alpha_1$	Ângulo de rotação
$\beta_1, \beta_2$	Ângulos de deflexão

#### Forças radiais máximas nos rolamentos com eixos cardan em uma disposição Z



$$\beta_1 \neq \beta_2$$

$$\beta_1 = \beta_2$$



$$A_1 = M_d \cdot \frac{b \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$B_1 = M_d \cdot \frac{(a + b) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$E_1 = M_d \cdot \frac{(e + f) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

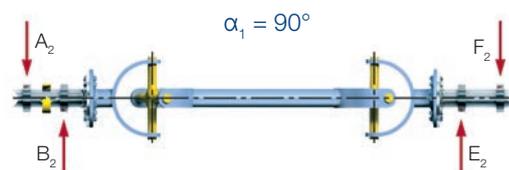
$$F_1 = M_d \cdot \frac{e \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$A_1 = 0$$

$$B_1 = 0$$

$$E_1 = 0$$

$$F_1 = 0$$



$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$E_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$F_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

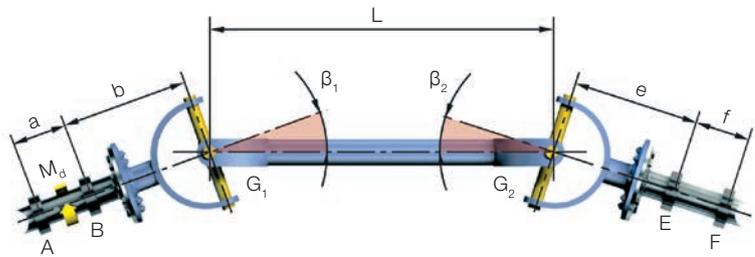
$$E_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

$$F_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

**Designação e fórmulas**

$G_1, G_2$	Juntas universais
A, B, E, F	Rolamentos de conexão
$M_d$	Torque de entrada
$A_{1/2}, B_{1/2}, E_{1/2}, F_{1/2}$	Forças no rolamento
$\alpha_1$	Ângulo de rotação
$\beta_1, \beta_2$	Ângulos de deflexão

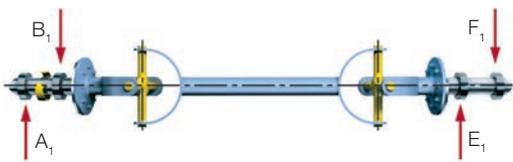
**Forças máximas no rolamento radial em eixos cardan em uma disposição W**



$\beta_1 \neq \beta_2$

$\beta_1 = \beta_2$

$\alpha_1 = 0^\circ$



$$A_1 = M_d \cdot \frac{b \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$A_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{b \cdot \sin \beta_1}{L \cdot a}$$

$$B_1 = M_d \cdot \frac{(a + b) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot a} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$B_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{(a + b) \cdot \sin \beta_1}{L \cdot a}$$

$$E_1 = M_d \cdot \frac{(e + f) \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$E_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{(e + f) \cdot \sin \beta_1}{L \cdot f}$$

$$F_1 = M_d \cdot \frac{e \cdot \cos \beta_1}{L \cdot f} \cdot (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$F_1 = 2 \cdot M_d \cdot \frac{e \cdot \sin \beta_1}{L \cdot f}$$

$\alpha_1 = 90^\circ$



$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$A_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$B_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{a}$$

$$E_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$E_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

$$F_2 = M_d \cdot \frac{\sin \beta_2}{f \cdot \cos \beta_1}$$

$$F_2 = M_d \cdot \frac{\tan \beta_1}{f}$$

### 7.6.2 Forças axiais nos rolamentos

Em princípio, a cinemática de um eixo cardan não gera nenhuma força axial. Porém, as forças axiais que necessitam de ser absorvidas pelos rolamentos ocorrem efetivamente em eixos cardan com compensação de comprimento por duas razões:

#### 1. Força $F_{ax,1}$ como resultado do atrito na compensação de comprimento

Como o comprimento se altera durante a transmissão de torque, o atrito é gerado entre os flancos dos perfis na compensação de comprimento. Para a força de atrito  $F_{ax,1}$  que atua em uma direção axial, aplica-se o seguinte:

$$F_{ax,1} = \mu \cdot M_d \cdot \frac{2}{d_m} \cdot \cos \beta$$

Em que:

- $\mu$  Coeficiente de atrito;
  - $\mu \approx 0,11 - 0,14$  para aço sobre aço (lubrificado)
  - $\mu \approx 0,07$  para revestimento Rilsan® de polímero em aço
  - $\mu \approx 0,04$  para revestimento PTFE em aço

$M_d$  Torque de entrada

$d_m$  Diâmetro do círculo primitivo do perfil

$\beta$  Ângulo de deflexão

#### 2. Força $F_{ax,2}$ como resultado da formação de pressão na compensação de comprimento durante a lubrificação

Durante a lubrificação da compensação de comprimento, ocorre uma força axial  $F_{ax,2}$  como uma função da pressão aplicada aquando da lubrificação. Siga as informações sobre este tema fornecidas nas instruções de instalação e de operação.

## 7.7 Balanceamento dos eixos cardan

Como qualquer outra estrutura real, a distribuição da massa pelo eixo de rotação para um eixo com junta cardan não é uniforme. Esta situação pode levar a uma operação desbalanceada, que necessita de ser corrigida caso a caso. Dependendo da rotação de operação e da aplicação específica, os eixos cardan Voith são balanceados dinamicamente em dois planos.

O procedimento de balanceamento usado pela Voith nos eixos cardan se baseia nas especificações em DIN ISO 1940-1 ("Vibração mecânica – Requisitos de qualidade em termos de equilíbrio para rotores em um estado (rígido) constante – Parte 1: Especificação e verificação das tolerâncias de equilíbrio"). Foi extraída desta norma uma lista dos valores aproximados seguintes para níveis de qualidade de balanceamento:

---

### Vantagens do balanceamento

- + **Evita vibrações, resultando em uma operação mais suave**
  - + **Vida útil do eixo cardan mais longa**
- 

Tipo de máquina – exemplos gerais	Nível de qualidade do balanceamento G
Motores de pistão completos para automóveis, caminhões e locomotivas	G 100
Automóveis: Pneus, rodas, <b>eixos cardan</b> ; acionamentos por virabrequim com balanceamento de massa em apoios elásticos	G 40
Máquinas agrícolas; acionamentos por virabrequim com balanceamento de massas em apoios rígidos; máquinas de moagem, laminadores e retalhadoras de sucata; eixos de entrada ( <b>eixos cardan</b> , eixos propulsores)	G 16
Motores a jato; centrífugas, motores e geradores elétricos com diâmetro do eixo mínimo de 80 mm e uma rotação máxima nominal de até 950 rpm; motores elétricos com diâmetro do eixo inferior a 80 mm; ventiladores; redutores, máquinas industriais em geral; máquinas-ferramentas, máquinas de papel; equipamento de engenharia de processos; bombas; turbocompressores; turbinas de hidrelétricas	G 6.3
Compressores, drives de computadores; motores e geradores elétricos com diâmetro de eixo de, pelo menos, 80 mm e uma rotação nominal máxima de 950 rpm; turbinas a gás, turbinas a vapor; acionamentos de máquinas-ferramentas; maquinaria têxtil	G 2.5



1 Máquina de balanceamento dinâmico

2 Balanceamento dos eixos cardan

Dependendo da aplicação e da rotação máxima de operação, os níveis de qualidade do balanceamento para eixos cardan estão no intervalo de G 40 e G 6.3. A reprodutibilidade das medições pode ser sujeita a tolerâncias mais amplas devido à influência de vários fatores físicos. Estes fatores incluem:

- Características de design da máquina balanceadora
- Precisão do método de medição
- Tolerâncias nas conexões com o eixo cardan
- Folgas radiais e axiais nos rolamentos do eixo/junta cardan
- Folga no estriado da compensação de comprimento

# 8 Auxílio na seleção

A forma como um eixo cardan é concebido depende de vários fatores. Usar cálculos e testes confiáveis evitará situações perigosas na área circundante. Outro fator a ser considerado é os custos que provêm de todo o ciclo de vida do produto.

Os procedimentos de design descritos neste capítulo são somente indicados para fornecer diretrizes aproximadas. Ao tomar uma decisão final sobre um eixo cardan, você pode confiar no conhecimento técnico e nos muitos anos de experiência de nossos engenheiros de vendas. Teremos todo o gosto em ajudá-lo.

---

Os fatores seguintes possuem uma grande influência em qualquer decisão relacionada com os eixos cardan

- **Variáveis operacionais**
  - **Critérios principais de seleção:**
    - **Vida útil ou durabilidade dos rolamentos**
    - **Espaço de instalação**
    - **Rolamentos de conexão**
-

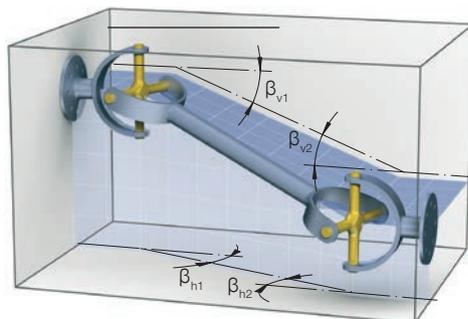
## 8.1 Definições de variáveis operacionais

Símbolo	Unidade comum	Explicação
$P_N$	[kW]	<b>Potência nominal</b> do motor de acionamento
$n_N$	[rpm]	<b>Velocidade nominal</b> do motor de acionamento
$M_N$	[kNm]	<b>Torque nominal</b> do motor de acionamento, em que: $M_N = \frac{60}{2\pi \cdot n_N} \cdot P_N \approx 9,55 \cdot \frac{P_N}{n_N}$ com $M_N$ em kNm, $n_N$ em rpm et $P_N$ em kW
$M_E$	[kNm]	<b>Torque equivalente</b> O torque equivalente é uma variável operacional importante em casos em que a vida útil do rolamento é o critério principal na seleção de um eixo cardan. É necessário ter em conta condições operacionais e estas podem ser calculadas para situações que envolvam cargas combinadas (consulte a Seção 8.2.1). Se existir uma quantidade limitada de informações disponíveis sobre condições operacionais, o torque nominal pode ser usado como uma estimativa inicial.
$n_E$	[rpm]	<b>Rotação equivalente</b> A rotação equivalente é uma variável operacional importante em casos em que a vida útil do rolamento é o critério principal na seleção de um eixo cardan. É necessário ter em conta condições operacionais e estas podem ser calculadas para situações que envolvam cargas combinadas (consulte a Seção 8.2.1). Se as informações disponíveis sobre condições operacionais forem limitadas, a rotação nominal pode ser usada como uma estimativa inicial.
$M_{m\acute{a}x}$	[kNm]	<b>Pico de torque</b> Pico de torque é o torque máximo que ocorre durante a operação normal.
$n_{max}$	[rpm]	<b>Rotação máxima</b> A rotação máxima é a velocidade mais alta que ocorre durante a operação normal.
$n_{z1}$	[rpm]	<b>Rotação máxima admitida como uma função do ângulo de deflexão durante a operação</b> A seção central de um eixo cardan em uma disposição Z ou W ( $\beta \neq 0^\circ$ ) não gira uniformemente. Esta está sujeita a um torque de aceleração de massa que depende da velocidade e do ângulo de deflexão. Para garantir uma operação suave e evitar o desgaste excessivo, o torque de aceleração da massa é limitado, garantindo que a rotação máxima do eixo cardan $n_{z1}$ não é excedida. Para obter mais detalhes, consulte a Seção 8.3.1.
$n_{z2}$	[rpm]	<b>Rotação máxima admitida levando em consideração as vibrações de flexão</b> Um eixo cardan é uma estrutura elástica quando fletida. A uma rotação crítica de flexão, a frequência da vibração de flexão é igual à frequência natural do eixo cardan. A rotação máxima no eixo cardan deve ser significativamente inferior a esta rotação crítica. Para obter mais detalhes, consulte a Seção 8.3.2.
$\beta$	[°]	<b>Ângulo de deflexão durante a operação</b> Ângulo de deflexão das duas juntas em uma disposição Z ou W, em que:

$$\beta = \beta_1 = \beta_2$$

Se a deflexão tridimensional estiver presente, o ângulo de deflexão resultante  $\beta_R$  é determinado da seguinte forma:

$$\tan \beta_R = \sqrt{\tan^2 \beta_h + \tan^2 \beta_v} \text{ em que: } \beta = \beta_R$$



## 8.2 Seleção de tamanhos

**Essencialmente, existem dois critérios de seleção ao escolher o tamanho de um eixo cardan:**

1. A vida útil dos rolamentos de rolos nas juntas
2. Durabilidade operacional, incluindo capacidade de torque e/ou limite de carga

Geralmente, a aplicação determina os critérios de seleção primários: A seleção baseada na vida útil do rolamento normalmente é realizada em casos em que os acionamentos necessitam de uma vida útil longa e que picos de torque pronunciados nunca ocorrem ou ocorrem somente de forma breve (por exemplo, durante a partida). Os exemplos típicos incluem acionamentos em máquinas de papel, bombas e ventiladores. Em todas as outras aplicações, a seleção é realizada com base na durabilidade operacional.

### 8.2.1 Seleção com base na vida útil dos rolamentos

O procedimento usado para calcular a vida útil dos rolamentos se baseia nas especificações em DIN ISO 281 (“Roller bearings – Dynamic load ratings and nominal service life”) (Rolamentos de rolos – Classificações de cargas dinâmicas e vida útil nominal).

Porém, esta norma não leva em conta inúmeros fatores quando aplicados a eixos cardan; por exemplo, o mancal dos rolamentos, isto é, a deformação do furo do mancal quando está sob carga. Até agora, só tem sido possível acessar esses fatores quantitativamente.

A vida útil teórica do rolamento de um eixo cardan pode ser calculada usando a seguinte equação:

$$L_h = \frac{1,5 \cdot 10^7}{n_E \cdot \beta \cdot K_B} \cdot \left( \frac{CR}{M_E} \right)^{\frac{10}{3}}$$

Em que:

$L_h$  É a vida útil teórica do rolamento em horas [h]

CR Classificação de cargas do eixo cardan em kNm (consulte as tabelas na Seção 6)

$\beta$  Ângulos de deflexão em graus [°]; em caso de deflexão tridimensional, é usado o ângulo de deflexão resultante  $\beta_R$ ; de qualquer forma, o ângulo mínimo aplicado deve ser de 2°

$K_B$  Fator operacional

$n_E$  Rotação equivalente em rpm

$M_E$  Torque equivalente em kNm

#### Fator operacional

Ocorrem picos de torque em acionamentos com motores diesel e deve ser usado para esta aplicação o fator operacional  $K_B$ :

Máquina motriz	Fator operacional $K_B$
Motor elétrico	1
Motor diesel	1,2

### Valores operacionais equivalentes

A equação para a vida útil teórica dos rolamentos assume carga e rotação constantes. Se a carga mudar em incrementos, é possível determinar que os valores operacionais produzem o mesmo esforço nos rolamentos que as cargas reais. Os valores operacionais equivalentes são finalmente a rotação equivalente  $n_E$  e o torque equivalente  $M_E$ .

Se um eixo cardan transmitir o torque  $M_i$  durante um período de tempo  $T_i$  a uma rotação  $n_i$ , então a primeira tarefa é definir o segmento de tempo  $q_i$  que normaliza o período de tempo  $T_i$ , tendo em conta a duração geral da operação  $T_{ges}$ :

$$q_i = \frac{T_i}{T_{ges}} \text{ em que } \sum_{i=1}^u q_i = q_1 + q_2 + \dots + q_u = 1$$

Usando o mesmo, os valores operacionais equivalentes podem ser determinados:

$$n_E = \sum_{i=1}^u q_i \cdot n_i = q_1 \cdot n_1 + q_2 \cdot n_2 + \dots + q_u \cdot n_u$$

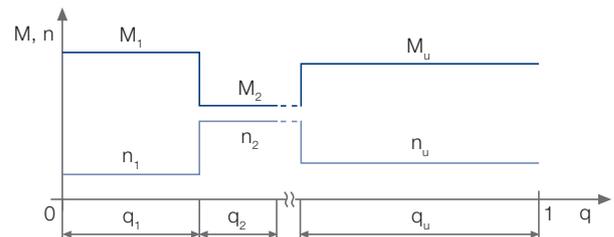
$$M_E = \left( \frac{\sum_{i=1}^u q_i \cdot n_i \cdot M_i^{\frac{10}{3}}}{n_E} \right)^{\frac{3}{10}}$$

$$= \left( \frac{q_1 \cdot n_1 \cdot M_1^{\frac{10}{3}} + q_2 \cdot n_2 \cdot M_2^{\frac{10}{3}} + \dots + q_u \cdot n_u \cdot M_u^{\frac{10}{3}}}{n_E} \right)^{\frac{3}{10}}$$

### Conclusões

- A vida útil calculada dos rolamentos é um valor teórico que normalmente é ultrapassado na prática.
- Os fatores adicionais seguintes afetam a vida útil dos rolamentos, por vezes em um nível significativo:
  - Qualidade dos rolamentos
  - Qualidade (dureza / pureza) das cruzetas
  - Lubrificação
  - Sobrecarga que resulta em deformação plástica
  - Qualidade das vedações

### Varição adicional da carga em um eixo cardan



### 8.2.2 Tomar uma decisão com base na durabilidade operacional

Os cálculos de durabilidade operacional podem ser efetuados usando um espectro de carga. Porém, na prática, espectros de carga suficientemente precisos raramente estão disponíveis. Em casos como este, somos forçados a recorrer novamente ao procedimento de dimensionamento quase estático. Com esta abordagem, o torque de pico esperado  $M_{\max}$  é comparado com os torques  $M_{DW}$ ,  $M_{DS}$  e  $M_z$  (consulte a Seção 5.2).

A seguinte estimativa se aplica ao pico de torque:

$$M_{\max} \approx K_3 \cdot M_N$$

$K_3$  é denominado o fator de choque. Estes são valores empíricos com base em décadas de experiência no design em eixos cardan.

O pico de torque determinado desta forma deve estar em conformidade com os seguintes requisitos

1.  $M_{\max} \leq M_{DW}$  para carga alternativa
2.  $M_{\max} \leq M_{DS}$  para carga pulsante
3. Os picos de torque individuais e que raramente ocorrem não devem exceder o valor  $M_z$ . A duração e a frequência permitidas destes picos de torque dependem da aplicação; entre em contato com a Voith para obter mais informações.

Carga de choque	Fator de choque $K_3$	Típica maquinaria acionada
<b>Mínima</b>	1,1 – 1,3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geradores (sob uma carga uniforme)</li><li>• Bombas centrífugas</li><li>• Equipamento de transporte (sob uma carga uniforme)</li><li>• Ferramentas para máquinas</li><li>• Máquinas de carpintaria</li></ul>
<b>Moderada</b>	1,3 – 1,8	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compressores de vários cilindros</li><li>• Bombas de pistão de vários cilindros</li><li>• Laminadores de rolos da seção de iluminação</li><li>• Laminadores de rolos de cabos contínuos</li><li>• Acionamentos primários em locomotivas e outros veículos ferroviários</li></ul>
<b>Severo</b>	2 – 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mesas de rolos</li><li>• Laminadores de tubos contínuos</li><li>• Mesas principais de rolos de operação contínua</li><li>• Laminadores de rolos de seção média</li><li>• Compressores de cilindro único</li><li>• Bombas de pistão de cilindro único</li><li>• Ventiladores</li><li>• Misturadoras</li><li>• Escavadores</li><li>• Máquinas de dobragem</li><li>• Prensas</li><li>• Equipamento de perfuração rotativo</li><li>• Acionamentos secundários em locomotivas e outros veículos ferroviários</li></ul>
<b>Muito severo</b>	3 – 5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mesas principais de rolos reversíveis</li><li>• Acionamentos para máquinas enroladoras</li><li>• Descarepadoras</li><li>• Cadeiras desbastadoras</li></ul>
<b>Extremamente severo</b>	6 – 15	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acionamentos de laminadores</li><li>• Tesouras de corte</li><li>• Rolos de pressão para máquinas enroladoras</li></ul>

## 8.3 Velocidades de operação

### 8.3.1 Rotação máxima permitida $n_{z1}$ em função do ângulo de deflexão

A Seção 7.4 mostra que uma junta cardan exibe um movimento de saída variável. Um eixo cardan é uma conexão de duas juntas universais em série. Sob as condições descritas na Seção 7.5, um eixo cardan em uma disposição Z ou W exibe movimento homocinético entre a entrada e a saída. Todavia, a seção central do eixo cardan continua girando periodicamente, variando a velocidade angular  $\omega_2$ .

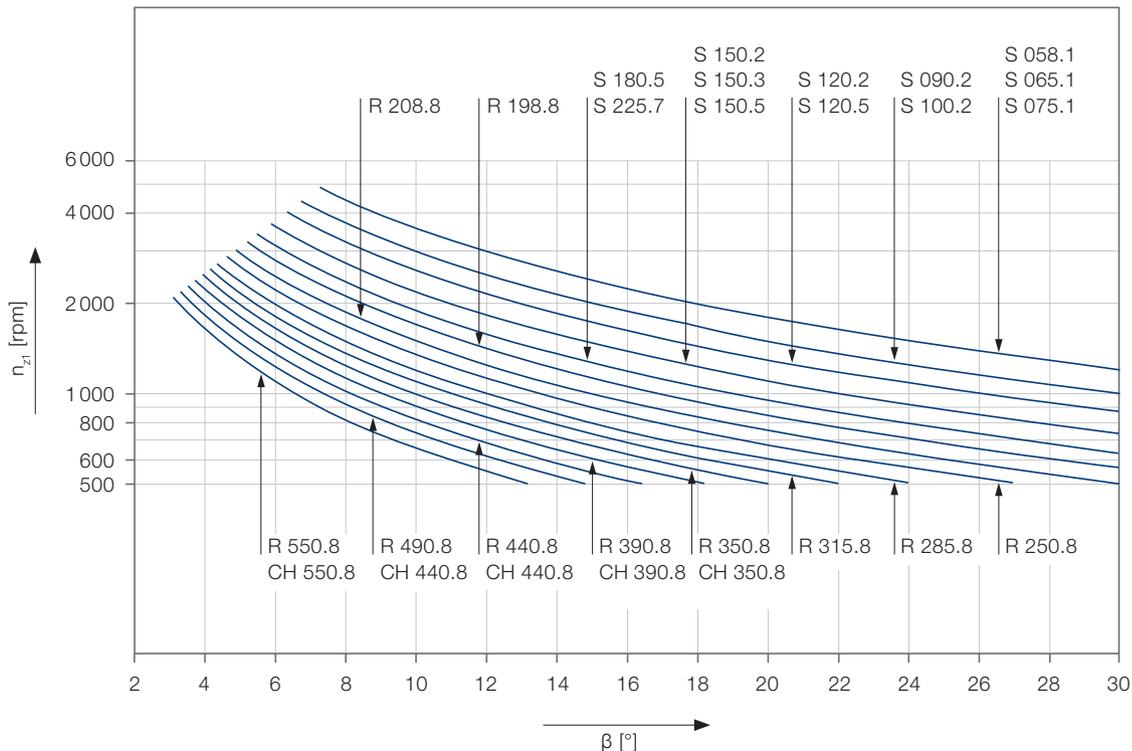
A seção central do eixo cardan exibe o momento de inércia criando, desta forma, um momento de resistência para a aceleração angular  $d\omega_2/dt$ . Nos eixos cardan com compensação de comprimento, esta variação no momento de resistência pode provocar um tilintar no conjunto estriado. As consequências incluem uma operação menos suave e um aumento de desgaste.

Além disso, o torque de aceleração de massa pode afetar toda a transmissão nos eixos cardan com compensação de comprimento, bem como eixos cardan sem compensação de comprimento. Um exemplo desta situação é vibração torcional.

Estes efeitos adversos podem ser evitados garantindo que as seguintes condições sejam cumpridas:

$$n_{\max} \leq n_{z1}$$

### Valores aproximados de $n_{z1}$ como uma função de $\beta$



### 8.3.2 Rotação máxima permitida $n_{z2}$ como uma função do comprimento operacional

Cada eixo com junta cardan possui uma velocidade de dobragem crítica (velocidade de rotação) na qual a frequência das vibrações de dobragem alcança a frequência natural do eixo. O resultado é uma alta carga em todos os componentes do eixo cardan, levando à possibilidade deste ficar danificado ou destruído em situações adversas.

Calcular esta rotação de flexão crítica para um eixo cardan real em uma transmissão é uma tarefa complexa – a Voith usa sofisticados programas de computação para garantir a precisão dos cálculos.

A rotação de flexão crítica depende essencialmente de três fatores:

- Comprimento da operação  $l_B$
- Resistência à deflexão do eixo cardan
- Condições de conexão nas extremidades de entrada e de saída

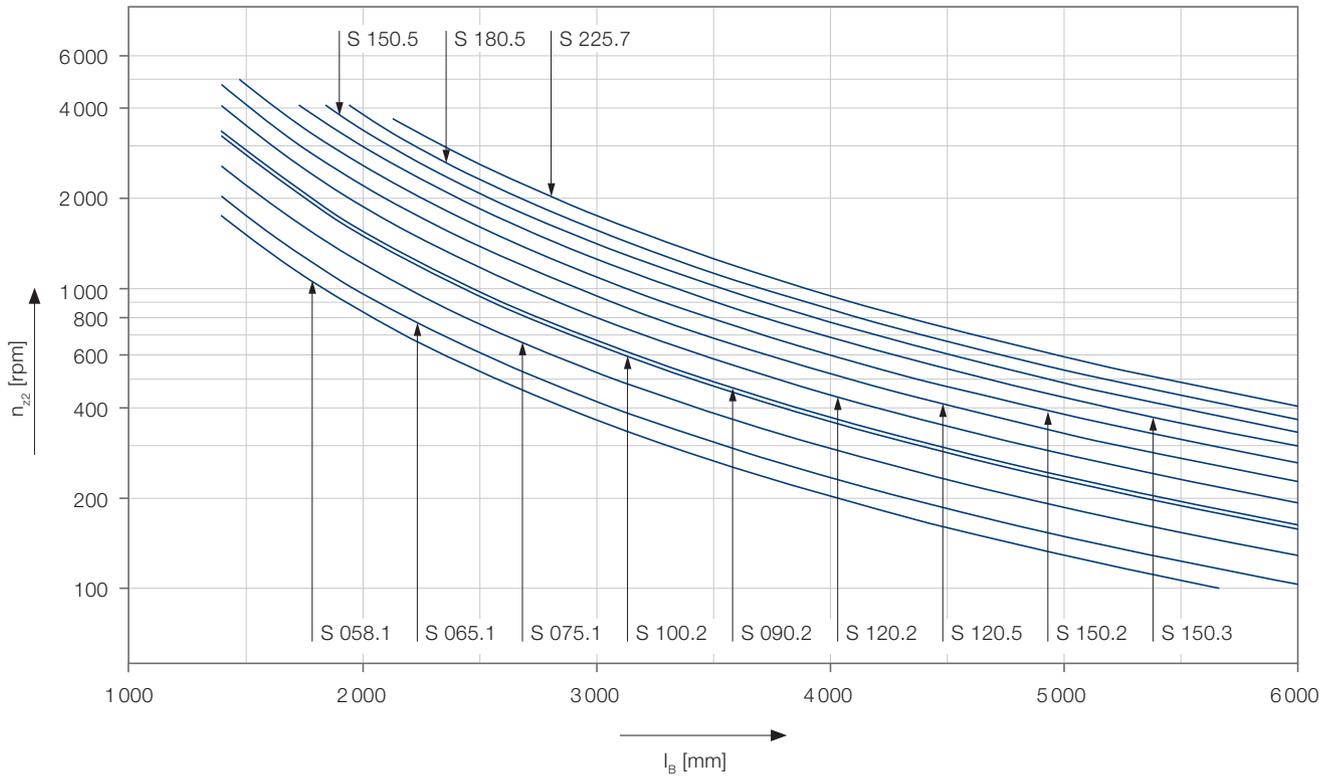
A rotação máxima permitida  $n_{z2}$  é determinada de tal forma que esteja seguramente abaixo da rotação crítica de flexão para a aplicação em particular.

Por razões de segurança e para evitar a falha do eixo cardan, certifique-se de que as condições seguintes sejam cumpridas:

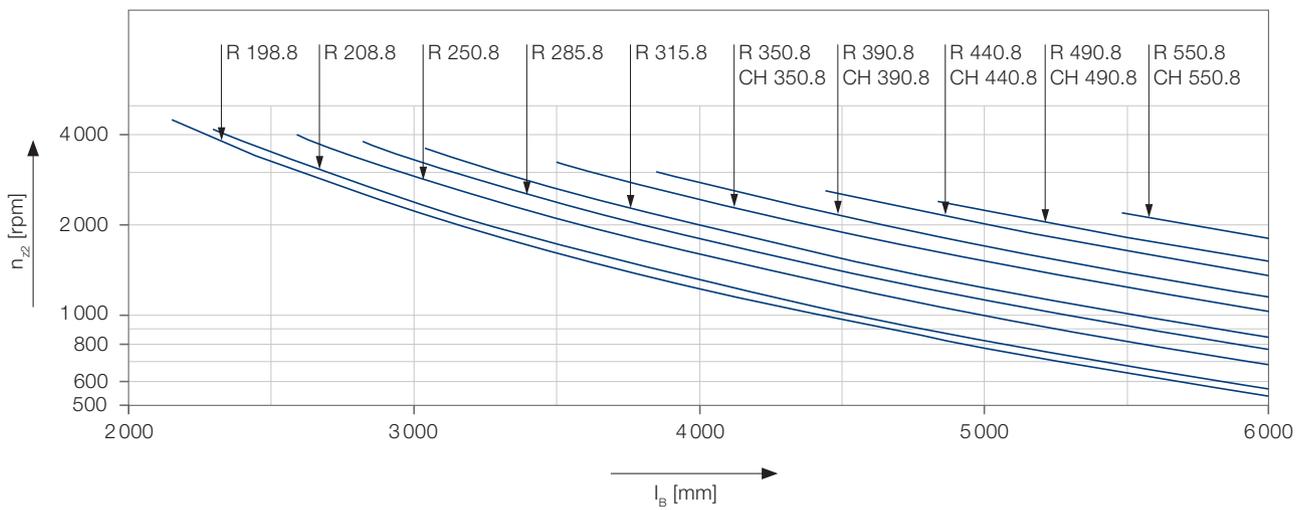
$$n_{\max} \leq n_{z2}$$

Para condições de conexão e operação normais, é possível especificar valores aproximados para as rotações máximas permitidas  $n_{z2}$  em função do comprimento operacional  $l_B$ :

Valores aproximados de  $n_{z2}$  como uma função de  $l_B$  para a Série S



Valores aproximados de  $n_{z2}$  em função de  $l_B$  para as séries R e CH



## 8.4 Massas

Tamanho	Valores dos tubos com base no comprimento	Eixos cardan com compensação de comprimento				
	$m'_R$ [kg/m]	$m_{L\min}$ [kg]	$m_{L\min}$ [kg]	$m_{L\min}$ [kg]	$m_{L\min}$ [kg]	$m_{L\min}$ [kg]
	ST/STL/SF	ST	STL	STK1	STK2	STK3
058.1	1,0	1,1		1,1	1,0	1,0
065.1	1,1	1,7		1,7	1,6	1,5
075.1	2,0	2,7		2,5	2,4	2,3
090.2	2,4	4,8		4,3	4,1	4,0
100.2	3,5	6,1		5,8	5,5	5,3
120.2	5,5	10,8	Valores disponíveis mediante pedido	10,2	9,8	9,2
120.5	6,5	14,4		13,7	13,2	12,3
150.2	7,5	20,7		20,7	20,1	17,1
150.3	8,5	32,0		27,0	25,9	27,4
150.5	11,7	36,4		36,5	34,9	32,4
180.5	15,4	51,7		48,5	46,7	43,1
225.7	16,9	65		66	64	60
	RT/RTL/RF	RT	RTL	RTK1	RTK2	
198.8	37,0	92	-	-	-	
208.8	49	135	165	126	110	
250.8	58	199	222	179	165	
285.8	64	291	323	334	246	
315.8	89	400	495	387	356	
350.8	148	561	624	546	488	
390.8	185	738	817	684	655	
440.8	235	1 190	1 312	1 050	1 025	
490.8	296	1 452	1 554	1 350	1 300	
550.8	346	2 380	2 585	2 170	2 120	

Os valores relativos a dimensões e séries não listados estão disponíveis mediante pedido.

### Símbolo

### Explicação

$m'_R$  Massa do tubo por 1 m de comprimento

### Eixos cardan com compensação de comprimento

$m_{L\min}$  Massa do eixo cardan para um comprimento de...

$l_{z\min}$

Cálculos para todo o eixo cardan:

$m_{ges}$  Massa total

$$m_{ges} = m_{L\min} + (l_z - l_{z\min}) \cdot m'_R$$

	Eixos cardan sem compensação de comprimento	Acoplamento da junta
$m_{L\min}$ [kg]	$m_{L\min}$ [kg]	$m_{L\text{fixo}}$ [kg]
<b>STK4</b>	<b>SF</b>	<b>SGK</b>
0,9	0,9	0,8
1,4	1,2	1,0
2,1	2,0	1,0
3,8	3,6	3,2
5,1	4,5	4,2
8,6	7,7	7,4
11,5	10,5	9,2
15,8	15,2	13,8
26,0	22,1	16,6
29,4	25,3	21,6
40,9	32,4	30,6
56	36	36
	<b>RF</b>	<b>RGK</b>
	56	59
	78	85
	115	127
	182	191
	250	270
	377	370
	506	524
	790	798
	1014	1055
	1526	1524

#### Eixos cardan sem compensação de comprimento

$l_{\min}$

$$m_{\text{ges}} = m_{L\min} + (l - l_{\min}) \cdot m'_R$$

## 8.5 Flanges de conexão e conexões aparafusadas

Ao instalar os eixos cardan Voith em uma transmissão, os flanges de conexão e as conexões aparafusadas devem satisfazer vários requisitos:

### 1. Design

- Ao usar um eixo cardan sem compensação de comprimento, é necessário um flange de conexão («acoplamento») que seja móvel em uma direção longitudinal para que o eixo cardan possa deslizar sobre o espigão. O flange de conexão também absorve outras mudanças de comprimento, por exemplo, devido à expansão térmica ou mudanças no ângulo de deflexão.

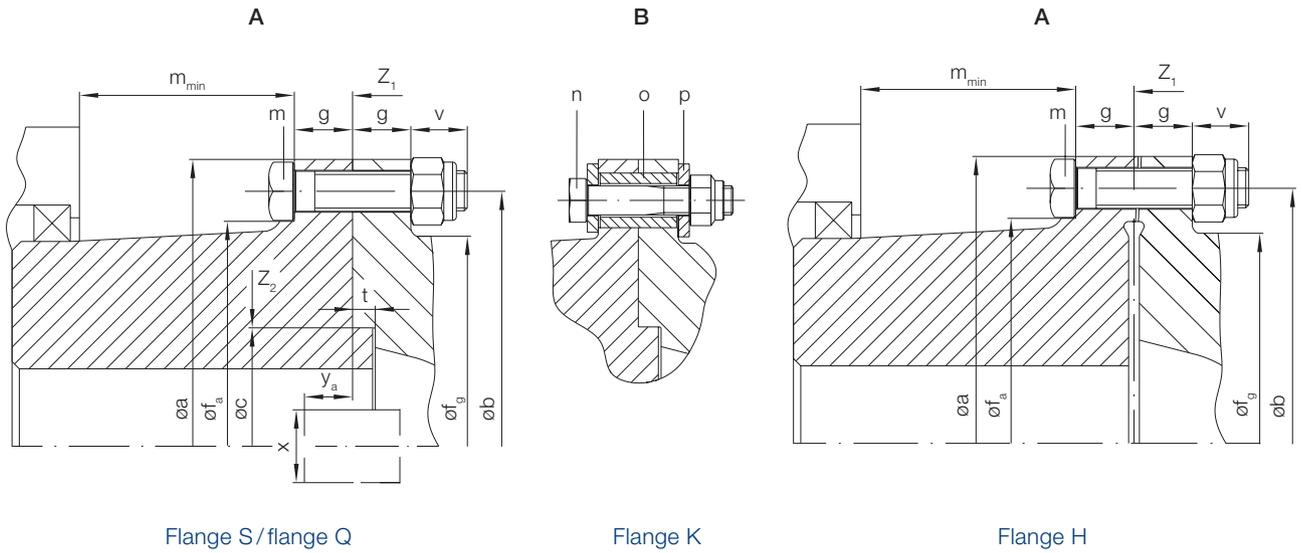
### 2. Material

- O material do flange de conexão foi concebido para ser usado com parafusos de classe de resistência 10.9 (por ISO 4014/4017 ou DIN 931 - 10.9).
- Caso especial para as séries S e R:  
Se o material usado para os flanges de conexão não permitir o uso de parafusos de classe de resistência 10.9, os torques transmitidos pela conexão do flange serão reduzidos. Os torques de aperto especificados para os parafusos devem ser reduzidos em conformidade.

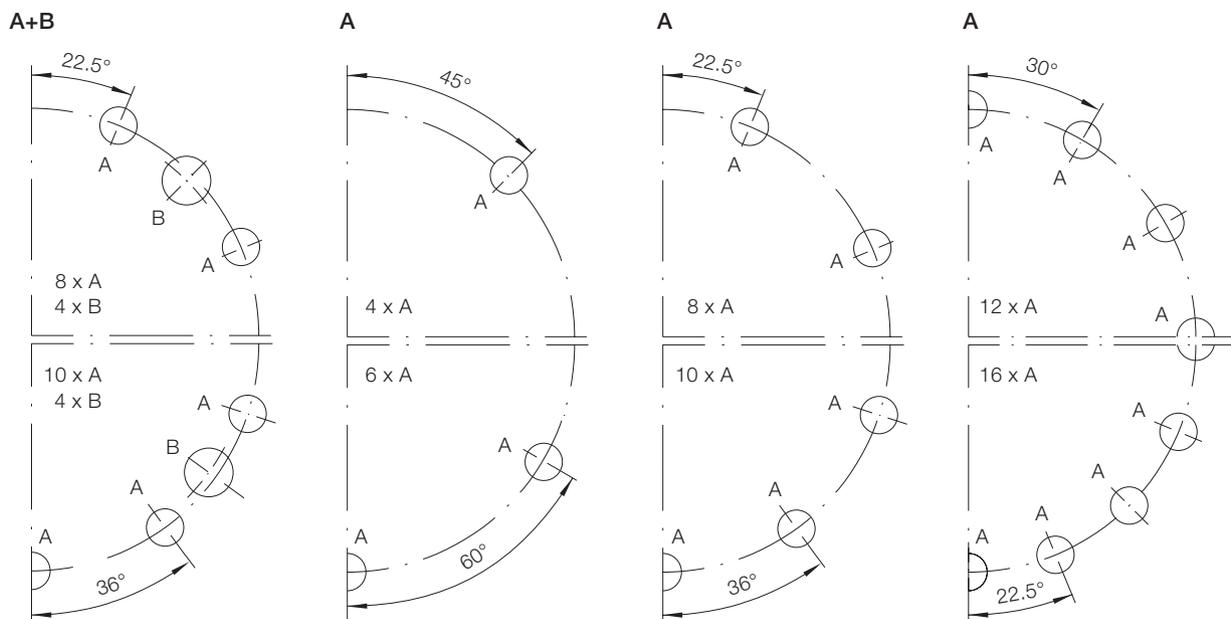
### 3. Dimensões, conexões aparafusadas

- Nos eixos cardan da série S e R, as dimensões dos flanges de conexão devem coincidir com as do eixo cardan, exceto no caso do diâmetro do espigão  $c$ . O diâmetro do espigão inclui folga (encaixe H7/h6).
- Nos eixos cardan com um flange H, as dimensões dos flanges de conexão são idênticas às do eixo cardan. Os acoplamentos Hirth são auto-centrantes.
- Nos eixos cardan das séries S e R, o diâmetro de alívio  $f_g$  do flange do eixo cardan não é adequado para o travamento por parafusos ou porcas de cabeça sextavada. Um diâmetro de alívio  $f_a$  no flange de conexão é adequado para este fim.

Conexão dos flanges para eixos cardan das séries S e R



Padrão de furação mais apertado para conexões de flanges nas séries S e R para eixos cardan



Dimensões do flange de conexão												Conexão parafusada (A)				
Observações												1	2	3	4	5
Tamanho	a	b ±0.1	c H7	f <sub>a</sub> -0.3	f <sub>g</sub>	g	t	v	x P9	y <sub>a</sub> +0.5	Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub>	z	z	z	m	
Flange S/ flange K																
058.1	58	47	30	38,5		3,5	1,2 -0,15	9			0,05	4			M5 x 16	
065.1	65	52	35	41,5		4	1,5 -0,25	12			0,05	4			M6 x 20	
075.1	75	62	42	51,5		5,5	2,3 -0,2	14			0,05	6			M6 x 25	
090.2	90	74,5	47	61		6	2,3 -0,2	13			0,05	4			M8 x 25	
100.2	100	84	57	70,5		7	2,3 -0,2	11			0,05	6			M8 x 25	
120.2	120	101,5	75	84		8	2,3 -0,2	14			0,05	8			M10 x 30	
120.5	120	101,5	75	84		9	2,3 -0,2	13			0,05	8			M10 x 30	
150.2	150	130	90	110,3		10	2,3 -0,2	20			0,05	8			M12 x 40	
150.3	150	130	90	110,3		12	2,3 -0,2	18			0,05	8			M12 x 40	
150.5	150	130	90	110,3		12	2,3 -0,2	18			0,05	8			M12 x 40	
180.5	180	155,5	110	132,5		14	2,3 -0,2	21			0,05	8			M14 x 45	
225.7	225	196	140	171	159	15	4 -0,2	25			0,06	8			M16 x 55	
198.8	225	196	140	171	159	15	4 -0,2	25			0,06	8			M16 x 55	
208.8	250	218	140	190	176	18	5 -0,2	24			0,06	8			M18 x 60	
250.8	285	245	175	214	199	20	6 -0,5	30			0,06	8			M20 x 70	
285.8	315	280	175	247	231	22	6 -0,5	31			0,06	8			M22 x 75	
315.8	350	310	220	277	261	25	7 -0,5	30			0,06	10			M22 x 80	
350.8	390	345	250	308	290	32	7 -0,5	36			0,06	10			M24 x 100	
390.8	435	385	280	342	320	40	8 -0,5	40			0,06	10			M27 x 120	
Flange Q																
208.8	225	196	105	171	159	20	4 -0,2	25	32	9,5	0,06		8		M16 x 65	
250.8	250	218	105	190	176	25	5 -0,2	25	40	13	0,06		8		M18 x 75	
285.8	285	245	125	214	199	27	6 -0,5	26	40	15,5	0,06		8		M20 x 80	
315.8	315	280	130	247	231	32	7 -0,5	31	40	15,5	0,06		10		M22 x 95	
350.8	350	310	155	277	261	35	7 -0,5	30	50	16,5	0,06		10		M22 x 100	
390.8	390	345	170	308	290	40	7 -0,5	40	70	18,5	0,06		10		M24 x 120	
440.8	435	385	190	342	320	42	9 -0,5	38	80	20,5	0,1		16		M27 x 120	
490.8	480	425	205	377	350	47	11 -0,5	46	90	23	0,1		16		M30 x 140	
550.8	550	492	250	444	420	50	11 -0,5	40	100	23	0,1		16		M30 x 140	
Flange H																
208.8	225	196	180	171	159	20		25			18			4	M16 x 65	
250.8	250	218	200	190	175	25		25			20			4	M18 x 75	
285.8	285	245	225	214	199	27		26			21			4	M20 x 80	
315.8	315	280	250	247	230	32		31			23			4	M22 x 95	
350.8	350	310	280	277	261	35		30			24			6	M22 x 100	
390.8	390	345	315	308	290	40		40			25			6	M24 x 120	
440.8	435	385	345	342	322	42		36			28			6	M27 x 120	
490.8	480	425	370	377	350	47		36			31			8	M30 x 130	
550.8	550	492	440	444	420	50		40			32			8	M30 x 140	

Dimensões em mm

		Conexão parafusada e luva bipartida (B)				
6	7	8	9	10	11	12
$M_A$ [Nm]	EB	z	n Parafuso	o Luva	p Arruela	$M_A$ [Nm]
7	N.º					
13	N.º					
13	N.º					
31	N.º					
31	N.º					
63	N.º					
63	N.º					
109	N.º					
109	N.º					
109	N.º					
175	N.º					
265	N.º	4	M12 x 60	21 x 28	13	82
265	Sí	4	M12 x 60	21 x 28	13	82
365	N.º	4	M14 x 70	25 x 32	15	130
515	N.º	4	M16 x 75	28 x 36	17	200
695	Sí	4	M16 x 80	30 x 40	17	200
695	Sí	4	M18 x 90	32 x 45	19	274
890	N.º	4	M18 x 110	32 x 60	19	274
1310	N.º	4	M20 x 110	35 x 60	21	386
265	N.º					
365	N.º					
515	N.º					
695	N.º					
695	N.º					
890	N.º					
1310	N.º					
1780	N.º					
1780	N.º					
265	N.º					
365	N.º					
515	N.º					
695	N.º					
695	N.º					
890	N.º					
1310	N.º					
1780	N.º					
1780	N.º					

Símbolo	Explicação	Observações	Informações adicionais
<b>a</b>	Diâmetro do flange		
<b>b</b>	Diâmetro do círculo do parafuso		
<b>c</b>	Diâmetro do espigão		
<b>f<sub>a</sub></b>	Diâmetro do flange, do lado do parafuso		
<b>f<sub>g</sub></b>	Diâmetro do flange, do lado da porca		
<b>g</b>	Espessura do flange		
<b>t</b>	Profundidade do espigão no flange de conexão		
<b>v</b>	Comprimento a partir da superfície de contato da porca até à extremidade do parafuso de cabeça sextavada		
<b>x</b>	Largura da chaveta		nos flanges de conexão do eixo cardan com chaveta
<b>y<sub>a</sub></b>	Profundidade da chaveta		nos flanges de conexão do eixo cardan com chaveta
<b>Z<sub>1</sub></b>	Excentricidade axial	<b>1</b>	Valores admitidos para desvio na excentricidade Z <sub>1</sub> e na concentricidade Z <sub>2</sub> nas rotações operacionais abaixo de 1 500 rpm. Em rotações operacionais de 1 500 rpm a 3 000 rpm, reduza os valores pela metade!
<b>Z<sub>2</sub></b>	Concentricidade		
<b>m</b>	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 / 4017-10.9 ou DIN 931-10.9 com porca de cabeça hexagonal DIN 985-10	<b>2</b>	z cada um por flange de conexão padrão
		<b>3</b>	z cada um por flange de conexão com chaveta
		<b>4</b>	z cada um por flange de conexão com acoplamento Hirth
		<b>5</b>	Dimensão do parafuso de cabeça hexagonal com porca
		<b>6</b>	Torque de aperto para um coeficiente de atrito $\mu = 0,12$ e uso de 90 % limite de escoamento do parafuso
<b>m<sub>min</sub></b>		Comprimento mínimo para a instalação dos parafusos	
<b>EB</b>	Opções de inserção	<b>7</b>	Os parafusos são inseridos a partir do lado da junta; se os parafusos de cabeça sextavada não puderem ser inseridos a partir do lado da junta ou do lado do flange de conexão, deverão ser usados parafusos prisioneiros
<b>n</b>	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 / 4017-10.9 ou DIN 931-10.9 com porca de cabeça hexagonal DIN 985-10	<b>8</b>	z cada um por flange de conexão
		<b>9</b>	Dimensão do parafuso de cabeça hexagonal com porca
		<b>12</b>	Torque de aperto para um coeficiente de atrito $\mu = 0,12$ e uso de 90 % de aproveitamento do uso do parafuso do ponto de aproveitamento do parafuso
<b>o</b>	Luva bipartida	<b>10</b>	Diâmetro externo x comprimento da luva bipartida [mm x mm]
<b>p</b>	Arruela	<b>11</b>	Diâmetro interno da arruela [mm]



Centro de assistência técnica de eixos cardan na China

### Escritórios por todo o mundo



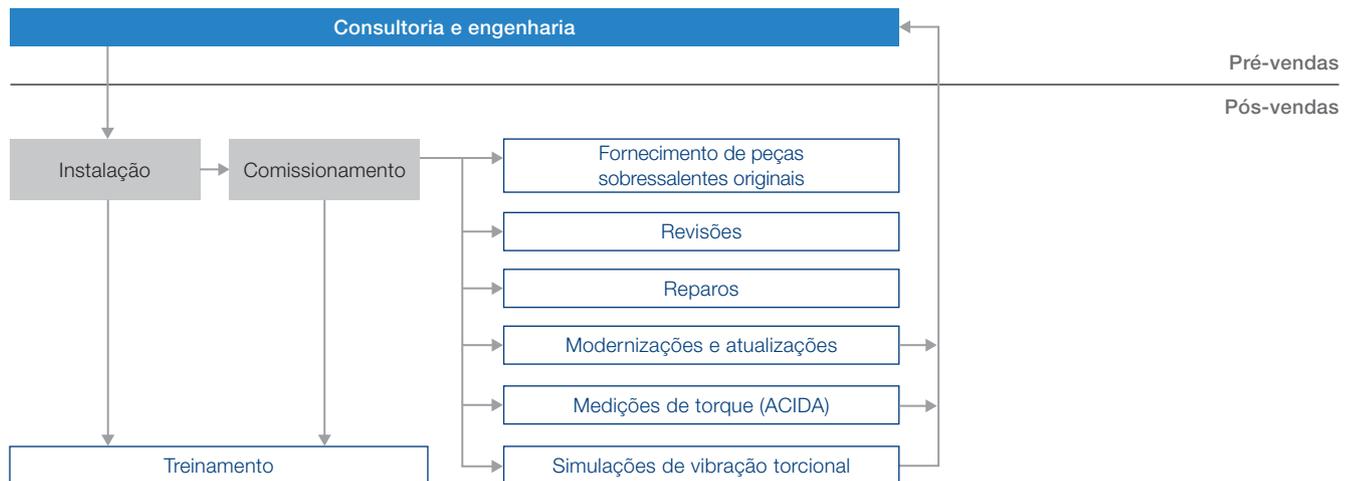
# 9 Assistência técnica

Para nós, assistência técnica significa qualidade e confiabilidade que excedem as expectativas de nossos clientes.

Estamos de seu lado, em qualquer parte do mundo, durante toda a vida útil de seu sistema. Poderá contar conosco, desde o planejamento e comissionamento até manutenção. A Assistência técnica de eixos cardan da Voith aumentará a disponibilidade de máquina e a vida útil de seu sistema.

---

## Assistência técnica do eixo cardan Voith



## 9.1 Instalação e comissionamento

A instalação correta de um eixo cardan é fundamental para um comissionamento sem problemas.

O procedimento de comissionamento sistemático com testes operacionais extensivos é um fator importante para alcançar uma confiabilidade máxima e uma vida operacional longa para seu eixo cardan e para o sistema como um todo.

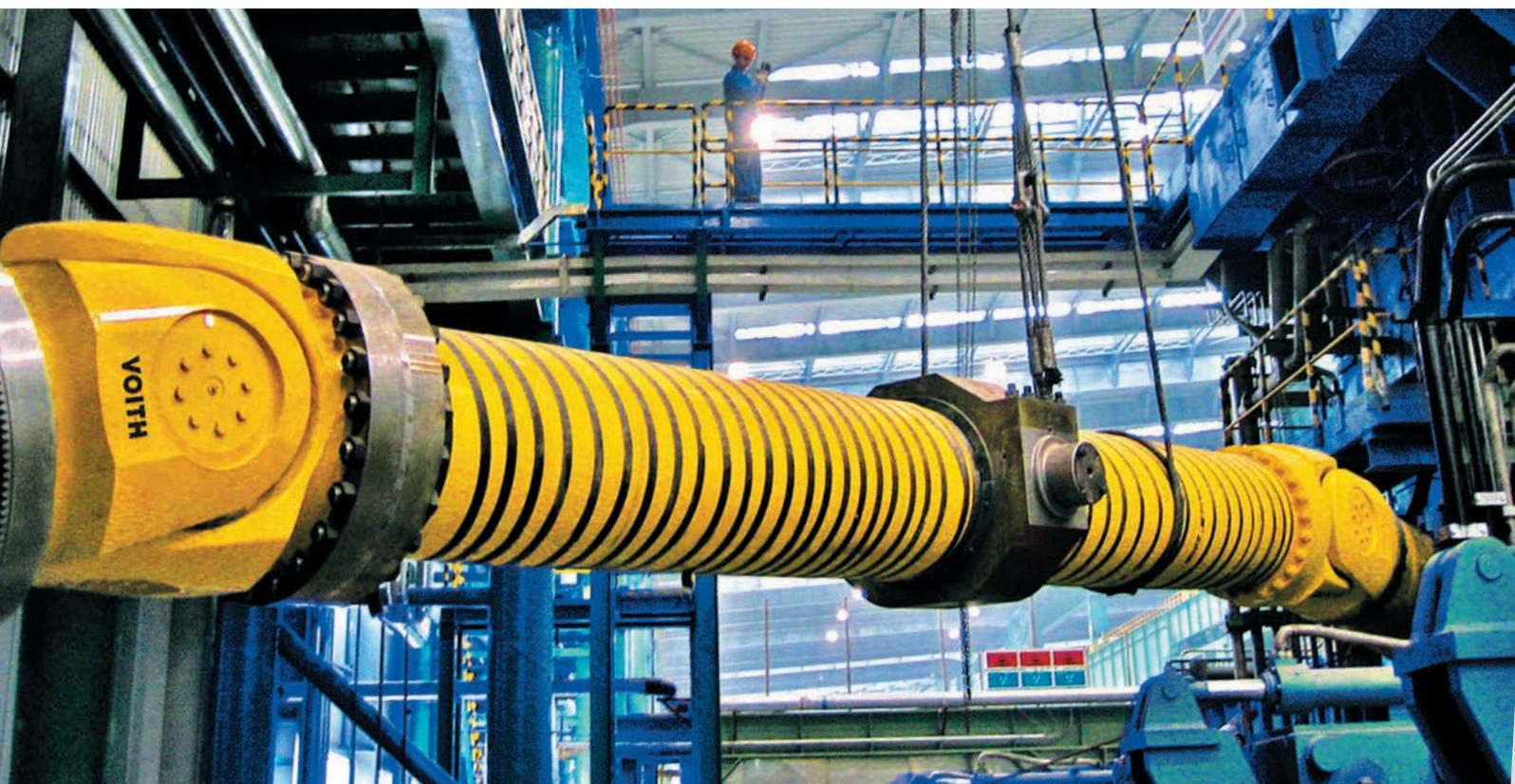
### O que oferecemos

- Instalação e comissionamento por parte de nossos especialistas em assistência técnica
- Treinamento para pessoal de operação e de manutenção

---

### Suas benefícios

- + Acesso imediato a conhecimento especializado durante toda a fase de partida
  - + Garantia de um comissionamento profissional e sem problemas para seu eixo cardan
- 



## 9.2 Treinamento

A eficiência, confiabilidade e disponibilidade são fatores essenciais para garantir o sucesso de seu sistema. Para isso, é necessário possuir os colaboradores mais bem treinados em termos de tecnologia e prestação de serviços. O treinamento inicial e contínuo são investimentos indispensáveis que garantirão a operação eficiente de seus eixos cardan.

Nossos programas de treinamento fornecem a sua equipe conhecimento técnico específico sobre nossos produtos. Sua equipe ficará a par da mais recente tecnologia Voith – na teoria e na prática.

### O que oferecemos

- Treinamento de produtos na Voith ou nas instalações do cliente
- Treinamentos de manutenção e reparo, teóricos e práticos

---

### Suas benefícios

- + **Uso mais seguro dos produtos Voith**
  - + **Prevenção de erros de operação e de manutenção**
  - + **Melhor compreensão da tecnologia Voith na transmissão**
- 



## 9.3 Peças sobressalentes originais da Voith

Usar peças sobressalentes e de desgaste originais ajudará a reduzir o risco operacional. Somente as peças originais são fabricadas com o conhecimento da Voith e podem garantir uma operação confiável e segura de seus produtos Voith.

Alta disponibilidade e logística eficiente garantem uma entrega rápida de peças para todo o mundo.

### O que oferecemos

- A maioria das peças sobressalentes de desgaste originais armazenadas em nossas filiais de assistência técnica
- Envio no próprio dia de peças em estoque (para pedidos recebidos até às 11h)
- Consultoria com sua equipe de gerenciamento de peças sobressalentes
- Preparação de pacotes de peças sobressalentes e de desgaste específicas do projeto
- As peças sobressalentes também se encontram disponíveis para versões anteriores dos eixos cardan Voith

---

### Suas benefícios

- + Operação segura e confiável de todos os componentes
  - + As peças da melhor qualidade que se adequam perfeitamente
  - + Vida útil máxima dos elementos do acionamento
  - + Garantia do fabricante
  - + Alto grau de disponibilidade do sistema
  - + Entrega rápida de peças sobressalentes
- 

---

### Cruzetas



---

### Garfos-flanges



## 9.4 Revisões e manutenção

Eixos cardan sujeitos a operação constante sofrem desgaste natural, que também é influenciado pelo ambiente.

Revisões profissionais regulares de nosso eixo cardan irão prevenir danos e reduzir o risco de onerosas paradas por quebras catastróficas. Você obtém confiabilidade operacional enquanto economiza tempo a longo prazo.

### O que oferecemos

- Manutenção ou revisão completa por parte de nossos especialistas de assistência técnica com todas as ferramentas e dispositivos especiais necessários
- Uso de peças sobressalentes e de desgaste originais
- Consultoria relativamente a sua estratégia de manutenção

---

### Suas benefícios

- + A segurança que a manutenção profissional garante
  - + Garantia do fabricante
  - + Disponibilidade de sistemas aumentada
- 



## 9.5 Reparações e recondiçãoamento

Nem mesmo a melhor manutenção preventiva é capaz de eliminar o tempo de inatividade não planejado devido a falha de equipamento. Quando isto acontece, a prioridade é reparar os componentes e o equipamento o mais rapidamente possível.

Tal como o fabricante, não possuímos somente uma riqueza de conhecimentos sobre eixos cardan, mas também possuímos a competência técnica, a experiência e as ferramentas para garantir uma reparação profissional e rápida. Nossos técnicos de assistência podem avaliar rapidamente danos e fornecer sugestões para uma rápida correção.

### O que oferecemos

- Reparações rápidas e profissionais que estão de acordo com os padrões de segurança em suas instalações ou em um de nossos Centros de assistência técnica certificados Voith por todo o mundo
- Experiência na avaliação de danos, incluindo análise de vulnerabilidade
- Entrega rápida de peças sobressalentes originais

---

### Suas benefícios

- + A segurança que uma reparação adequada garante
  - + Garantia do fabricante
  - + O período de indisponibilidade e inatividade mais curto possível
  - + Prevenção de períodos de indisponibilidade ou avarias repetidos
- 



## 9.6 Modernizações e atualizações

A tecnologia está continuamente avançando, o que significa que os requisitos originais nos quais o projeto de um sistema se baseou podem mudar com o tempo.

A Voith pode ajudá-lo a compreender as melhorias constantes na eficiência e confiabilidade por meio de uma atualização customizada de seus elementos de acionamento antigos, por ex., eixos tipo alonga (slipper spindles). Nós analisamos, aconselhamos e atualizamos eixos cardan – incluindo componentes de conexão – de forma a mantê-lo equipado com a tecnologia mais recente e econômica.

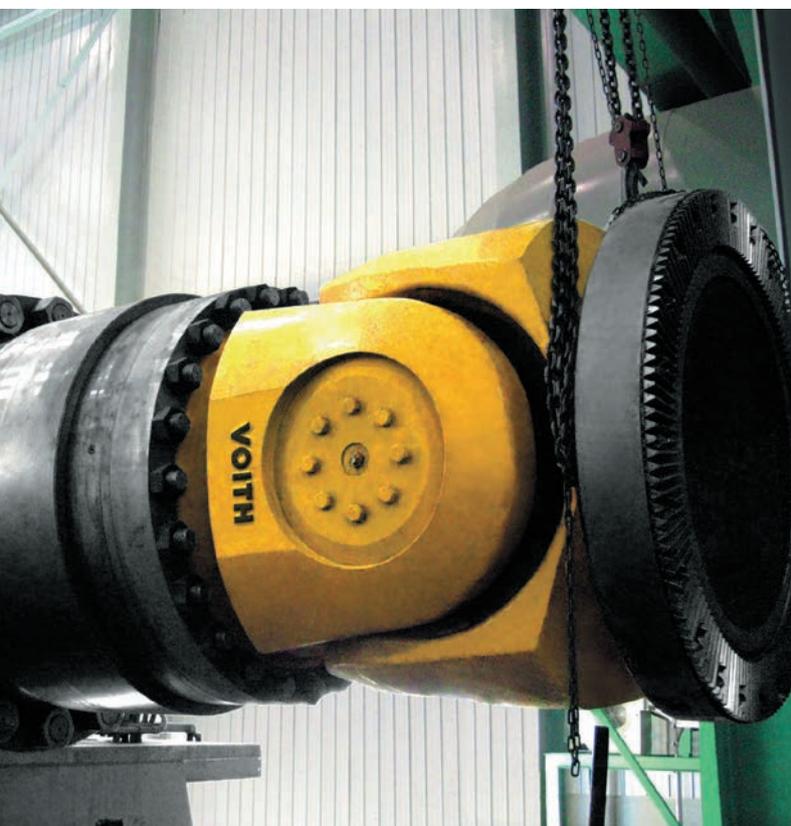
### O que oferecemos

- Modificação ou remodelação de nossos eixos cardan e de componentes de conexão
- Consultoria competente em termos de oportunidades de modernização, incluindo o design da transmissão

---

### Suas benefícios

- + **Maior confiabilidade, disponibilidade e preços acessíveis de seu sistema de acionamento**
  - + **Custos operacionais reduzidos**
  - + **Um eixo cardan que possui a mais recente tecnologia**
- 



## 9.7 Revisão geral

Para que possa avaliar a condição da sua usina e fundações da forma mais exata possível, a revisão geral deve ser realizada em intervalos regulares e condições semelhantes.

Com a nossa revisão geral, é possível aumentar a disponibilidade e vida útil do seu sistema.

---

### Por exemplo: Teste de verificação visual de trincas nos garfos-flanges

Teste de verificação visual de trincas áreas em vermelho – áreas de altas cargas.

Se necessário, adicionalmente, ensaio de Líquido Penetrante.



### O que oferecemos

- Inspeção visual
- Seção intermediária: Teste de verificação visual de trincas nas áreas críticas, se necessário
- Verificação da condição das juntas – Verificação visual de trincas no flange
  - Verificação da condição dos rolamentos.
  - Verificação da condição da graxa.
- Verificação da condição da luva de cilindro, teste dimensional e teste de verificação visual de trincas
- Verificação dos torques de aperto dos parafusos de conexão do flange
- Verificação da vedação do dentado Hirth
- Relubrificação da junta e área de deslizamento (se o eixo possuir compensação de comprimento)
- Verificação da condição dos eixos sobressalentes em estoque
- Recomendações

---

### Seus benefícios

- + Os procedimentos de inspeção acima mencionados fornecerão uma ideia clara da condição de seus eixos cardan instalados. O risco de falhas é minimizado
- + Aconselhamento especializado diretamente do fabricante
- + Avaliação visual com base no conhecimento do fabricante
- + Competência e experiência em diagnósticos
- + Estreita cooperação entre o operador e o fabricante
- + Informações contínuas sobre o estado técnico mais recente dos nossos produtos
- + Revisões gerais regulares minimizam o risco de paradas de produção dispendiosas

# 10 Serviços e acessórios

## 10.1 Engenharia

Não fornecemos somente produtos, mas ideias também! Colha os benefícios de nossos longos anos de conhecimentos em engenharia em todos os assuntos relacionados com projetos que envolvem transmissões completas, desde cálculos de design, instalação e comissionamento, a questões sobre operação de custo otimizado e conceitos de manutenção.

### Serviços de engenharia

- Preparação de especificações
- Preparação de desenhos específicos para os projetos
- Cálculos de vibração de torção e dobragem
- Projeto e dimensionamento de eixos cardan e componentes de conexão
- Esclarecimento de requisitos especiais por parte do operador
- Preparação da instalação e instruções de manutenção
- Documentação e certificações
- Testes de aceitação especiais realizados por agências de classificação e certificação

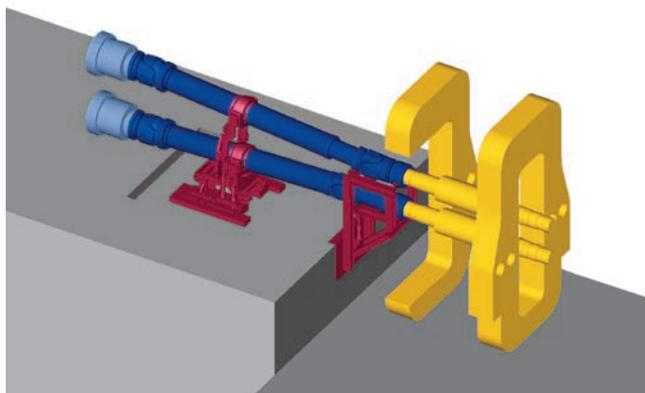
### Eixos cardan especiais

Projetar eixos cardan especiais para se adequarem a seu acionamento e a suas condições de operação é apenas mais um dos serviços de engenharia regulares que oferecemos. Estes incluem:

- Qualquer trabalho de projeto necessário
- Testes de resistência e otimização de designs usando a Análise de Elementos Finitos – FEM
- Testes dinâmicos para garantir máxima confiabilidade

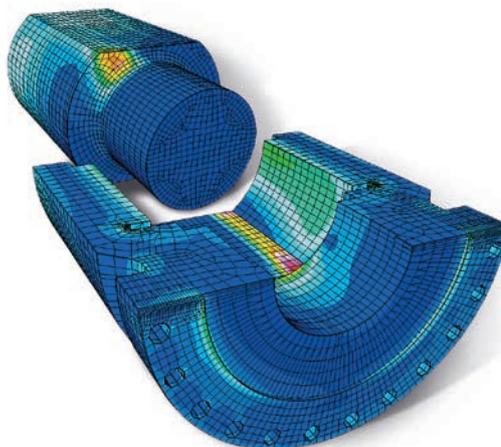
---

### Projetando uma transmissão usando CAD



---

### Análise de Elementos Finitos de rolo de trabalho com uma luva bipartida (ilustração: pescoço do cilindro e luva)



## 10.2 Componentes de conexão para eixos cardan

Os sistemas de acionamento necessitam de uma transmissão de torque confiável por meio dos componentes de conexão de entrada e saída do eixo cardan, isto é:

- Luva do cilindro
- Flanges de conexão
- Adaptadores de flanges
- Adaptadores

### Aplicações

- Laminadores
- Máquinas de papel
- Bombas
- Engenharia mecânica no geral
- Bancos de ensaio
- Máquinas e construção e guias

---

### Características

- Adaptação individual a todos os componentes adjacentes
  - Fabricação de precisão por meio do uso de centros de usinagem, máquinas e ferramentas de última geração
  - Transmissão do torque máximo por meio do uso de materiais de alta qualidade
  - Alto nível de resistência ao desgaste por meio de superfícies de contato endurecidas
- 

---

### Componentes do laminador para fazer conexão entre rolos de trabalho e eixos cardan (Luva)



## 10.3 FlexPad

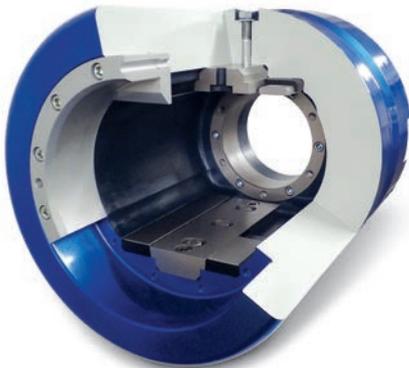
Os cubos da extremidade do rolo FlexPad da Voith aumentam a vida útil do corpo do cubo, reduzindo significativamente o desgaste.

Em comparação com as placas de desgaste em aço convencionais, os cubos da extremidade do rolo FlexPad são caracterizados por um contacto de superfície, possibilitado por parceiros de contacto ligeiramente flexíveis entre o cubo de impacto e o munhão de rolo, os chamados Flex-Pads. Mesmo com um nível de carga baixo, o contacto de linha é transformado num contacto de superfície, diminuindo os picos de tensão locais. O cubo de impacto é protegido contra sobrecarga e o desgaste é reduzido. Além disso, as tiras de desgaste são incorporadas numa camada não metálica, de modo a evitar o contacto de metal com metal e proteger o cubo de ligação contra fricção da melhor forma possível.

Os cubos da extremidade do rolo FlexPad garantem um funcionamento seguro e fiável. Os FlexPads são substituídos na armação, no âmbito do plano geral de manutenção programado. Assim, evita-se a remoção frequente e dispendiosa para remodelação dos cubos da extremidade do rolo e prolonga-se a vida útil total do cubo de impacto.

Considerando todas as despesas de operação de uma ligação dos eixos de transmissão com os munhões do rolo (custo total de operação), a tecnologia FlexPad reduz os custos, em média, em 20 %.

### Voith FlexPad



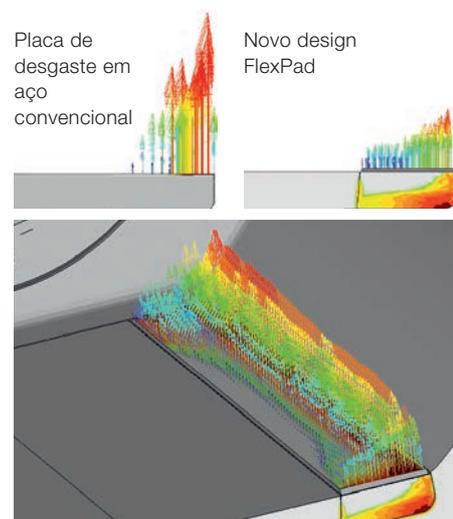
### Características

- 100 % compatível com as interfaces mecânicas existentes
- Adaptável a qualquer geometria de munhão de rolo específica do cliente
- Substituição mais rápida e fácil dos FlexPads
- Substituição do FlexPad na caixa de laminagem (sem necessidade de remover o cubo de extremidade do rolo)

### Vantagens

- + Vida útil do cubo de impacto mais longa em comparação com as construções convencionais
- + Funcionamento sem problemas devido à exclusão de juntas aparafusadas altamente carregadas
- + Não é necessária uma remodelação dispendiosa do cubo de impacto
- + Redução dos efeitos dinâmicos em toda a cadeia cinemática devido às propriedades de amortecimento da camada Flex
- + Ciclo de funcionamento baixo constante
- + Redução dos custos operacionais

### Distribuição da pressão de contacto



## 10.4 Acoplamento GT de liberação rápida

O acoplamento de liberação rápida GT foi concebido para ser um componente de conexão muito eficiente. O acoplamento GT permite montar e desmontar rapidamente uma grande variedade de conexões de eixos em sua máquina, o que reduz significativamente a quantidade de tempo de inatividade necessário para a manutenção programada e a reparação.

### Aplicações

- Os acionamentos que necessitam de uma substituição centrada, rápida e precisa de conexões de acoplamento, por ex., eixos cardan e acoplamentos de disco
- Conexões de rolos e cilindros, por ex., em máquinas de papel

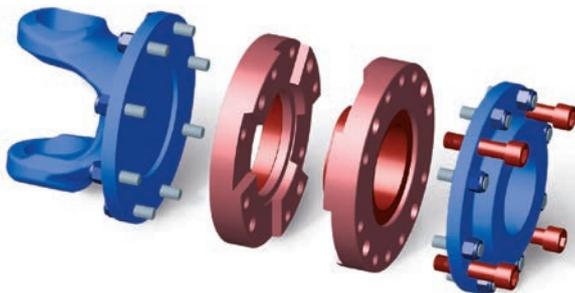
---

### Características

- **Transmissão positiva do torque por meio de serrilhado de garras**
  - **Montagem/desmontagem rápida e fácil**
  - **Projeto compacto**
  - **Somente dois componentes principais**
  - **Versão em aço inoxidável disponível**
- 

---

Diagrama esquemático do acoplamento de liberação rápida GT



---

Eixo cardan com anel do acoplamento de liberação rápida GT



## 10.5 Acoplamento Hirth Voith

O acoplamento Hirth Voith é o que transmite o máximo torque para um determinado diâmetro de flange.

### Aplicações

- Eixos cardan com altos requisitos de torque
- Flange de conexão para eixos cardan (também podem ser fornecidas pelo cliente)
- Ferramentas para máquinas
- Turbocompressores
- Metrologia
- Equipamento robótico
- Tecnologia nuclear
- Equipamento médico
- Engenharia mecânica no geral

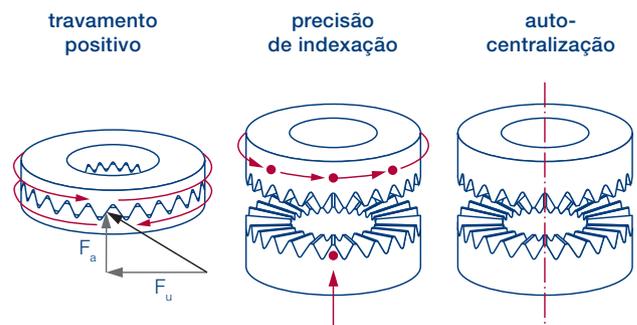
### Características

- Alto nível de transmissão de torque, uma vez que as superfícies angulares fornecem uma transmissão de travamento positivo da maioria das forças periféricas. Somente uma pequena força axial necessita de ser absorvida pelos parafusos
- Auto-centralização por meio do uso de geometria de dentes otimizada
- Alta resistência ao desgaste devido a uma percentagem de capacidade de carga do perfil dentado
- Precisão de repetitividade excelente como resultado de um design de cunhas múltiplo

### Eixo cardan com acoplamento Hirth nas faces externas dos garfos-flanges



### Funções primárias do acoplamento Hirth



## 10.6 Suportes para eixos cardan

O posicionamento e suporte de um eixo cardan e sua luva e seus flanges de conexão exigem um mecanismo de suporte.

### Aplicações

- Laminadores
- Acionamentos específicos para o cliente

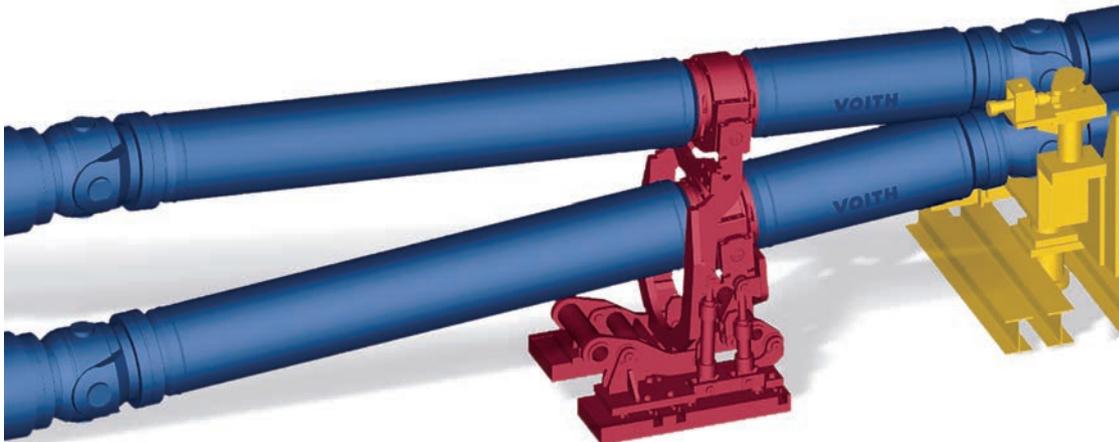
---

### Características

- Produtividade e disponibilidade de sistema aumentadas, resultando em redução significativa de tempo de parada para manutenções
  - Custos de energia e de lubrificantes reduzidos, bem como uma eficiência de transmissão superior devido ao uso de rolamentos de rolos
  - Desgaste reduzido graças à transmissão de energia uniforme
- 

---

Suporte de eixos cardan (vermelho) e suporte de acoplamento (amarelo)



## 10.7 Eixos cardan com polímeros reforçados em fibra de carbono (CFRP)

Os eixos cardan que usam componentes CFRP aumentam a eficiência e desempenho de máquinas e sistemas. O uso de CFRP no projeto de eixo cardan reduz massas, vibrações, deformações e o consumo de energia. Fornecemos não só o conhecimento de engenharia em termos de acionamentos, mas também o conhecimento em termos de produção para componentes CFRP – todos a partir de uma única fonte.

### Aplicações

- Transmissões longas sem rolamentos intermédios
- Acionamentos com baixa massa
- Acionamentos com comportamento de vibração otimizado
- Bombas
- Navios e barcos
- Veículos ferroviários
- Engenharia mecânica no geral

---

### Características

- **Dependendo dos requisitos, os eixos cardan podem ter tubo ou seção central maciça em fibra de carbono (CFRP)**
  - **Cargas inferiores graças a baixas massas**
  - **Operação extremamente suave e baixo desgaste de vibração devido a alta rigidez**
  - **Baixos torques de aceleração e desaceleração devido a um baixo momento de inércia**
- 

---

### Eixo cardan com tubo em fibra de carbono





Tambores WearCare 500 em 45 kg e 180 kg da Voith

## 10.8 Lubrificante de alto desempenho para eixos cardan

Os engenheiros de desenvolvimento da Voith combinaram seu conhecimento em eixos cardan com o conhecimento em tribologia de fabricantes famosos de lubrificantes e de rolamentos. O resultado desta cooperação é um lubrificante inovador e exclusivo com propriedades que excedem em muito as dos lubrificantes convencionais. Este lubrificante

fornece aos rolamentos de eixos cardan operando em velocidades baixas e com altas cargas uma vida útil ainda mais longa. Além disso, os intervalos de lubrificação podem ser estendidos e as características de giro a seco emergencial foram melhoradas significativamente.

## Características do lubrificante de alto desempenho WearCare 500 da Voith

Ótima adesividade e lubrificação das superfícies

Proteção contra a corrosão excepcional

Capacidade máxima para resistir à pressão

Ação lubrificante ideal e de longa duração

Pode ser misturado com graxas à base de sabão de lítio

Alta resistência ao envelhecimento

Compatibilidade excelente com todos os componentes dos rolamentos

Não contém silicone ou ingredientes baseados em cobre

## Vantagens

+ Filme de lubrificação mesmo em caso de baixa lubrificação  
+ Formulado para o movimento oscilatório dos rolos do rolamento

+ Ideal para laminadores de rolos

+ Filme de lubrificação hidrodinâmico mesmo sob condições de torque máximo

+ Desgaste abrasivo mínimo no rolamento  
+ Intervalos de lubrificação prolongados  
+ Custos de manutenção inferiores

+ Conversão simples para o lubrificante de alto desempenho da Voith

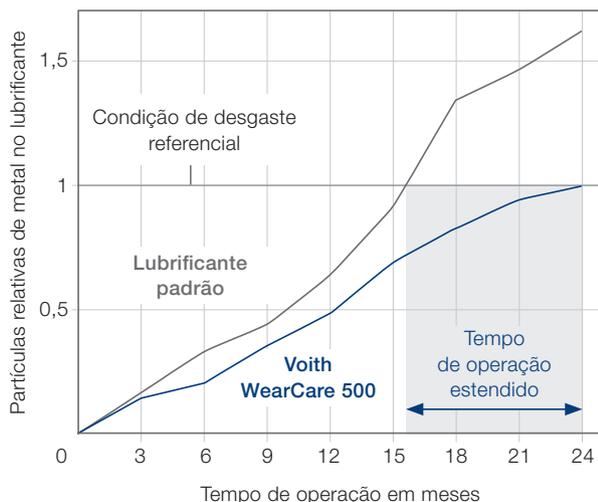
+ Durabilidade

+ Não ataca os retentores dos rolamentos  
+ Não corrói metais não ferrosos

+ Adequado para laminadores de rolos de alumínio

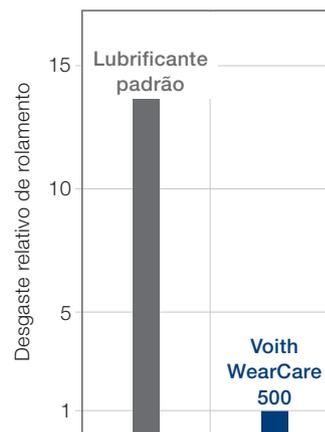
## Ensaio de campo

Partículas de metal no lubrificante dos rolamentos de um eixo cardan de alto desempenho usadas em um acionamento de laminador



## Ensaio no banco de testes FE8

Desgaste em um rolamento de rolos cilíndricos axiais



## 10.9 Acoplamentos de segurança limitadores de torque SafeSet

O acoplamento SafeSet é um acoplamento de segurança de limitação de torque que desliga o fluxo de força da transmissão em caso de uma sobrecarga de torque potencialmente catastrófica protegendo, desta forma, todos os componentes de acionamento na transmissão (motores, redutores, caixas de pinhões, eixos cardan, etc.) contra danos.

Ao integrar o acoplamento de segurança SafeSet no eixo cardan, o “design integral” da propriedade da Voith reduz o ângulo de deflexão dos eixos cardan, aumentando, desta forma, a vida útil dos rolamentos.

### Aplicações

- Protege a transmissão de torques de sobrecarga potencialmente prejudiciais
- Laminadores
- Retalhadoras
- Moinhos de cimento
- Moinhos de açúcar
- Acionamentos do veículo ferroviário

---

### Características

- Torque de liberação ajustável
  - O torque de liberação não se altera com o tempo
  - Transmissão de potência livre de folgas
  - Projeto compacto e leve
  - Baixo momento de inércia
  - Manutenção mínima necessária
- 

---

Vista tridimensional de um acoplamento de segurança SafeSet (tipo SR-C)



---

Acoplamento de segurança de limitação de torque (azul) integrado em um eixo cardan de alto desempenho Voith



## 10.10 Sistemas de monitoramento de torque ACIDA

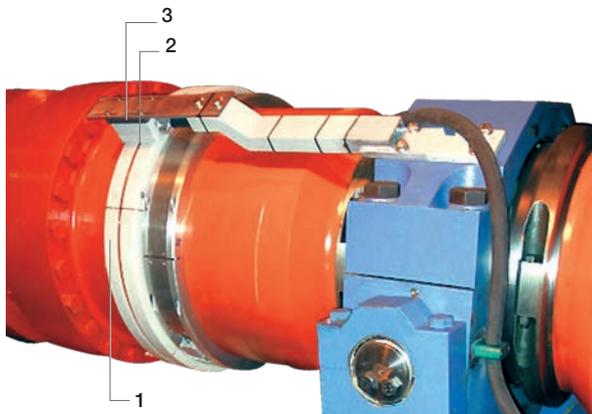
Os sistemas de monitoramento de torque ACIDA comprovaram seu valor na medição dinâmica e precisa de torque em eixos cardan.

A capacidade de medir direta e mecanicamente a carga real de acionamento, fornece informações importantes para o monitoramento de processos e otimização da usina. Os módulos de análise, por exemplo, os espectros de carga ou o monitoramento da vida útil, foram especialmente desenvolvidos para acionamentos pesados e condições de carga anormalmente difíceis. As opções adicionais incluem um diagnóstico de vibração online para engrenagens de redutores e rolamentos.

### Aplicações

- Monitoramento de torque
- Monitoramento de vibração
- Otimização de processos
- Manutenção com base na condição
- Sistemas de referência: Laminadores de rolos, moinhos de cimento, usinas de briquetagem, agitadores, equipamento transportador, sistemas de propulsão para navios, locomotivas, máquinas de papel, mineração, etc.

### Sistema de monitoramento de torque sem contato

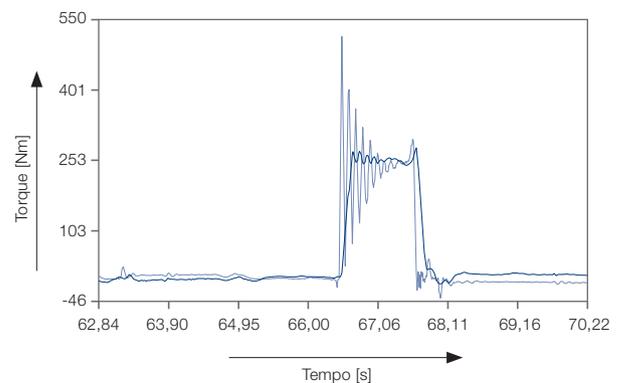


- 1 Rotor:** Extensômetros e telemetria (não necessita de modificações no acionamento)
- 2 Caixa de ar:** Sem contato entre o rotor e o estator
- 3 Estator:** Recepção de sinal e fornecimento de energia indutivo

### Características

- Sensores de torque permanentes ou temporários
- Sistemas de monitoramento completos, incluindo hardware e software
- Gerador de relatórios com análise automática, sinalização de alarmes e geração de relatórios
- Assistência técnica remota com suporte especializado

### O sistema de monitoramento ACIDA em comparação



**Azul claro:** O sistema de monitoramento ACIDA mede torques e dinâmicas com extrema precisão e resposta altamente dinâmica.

**Azul escuro:** Os sistemas convencionais medem a corrente do motor ou a pressão hidráulica, por exemplo, com dinâmica de sinal insuficiente.



# 11 Sistema de gerenciamento integrado

Na Voith, garantir a acessibilidade dos preços, a confiabilidade, a compatibilidade ambiental e a segurança de nossos produtos e serviços é nossa principal prioridade. De forma a manter estes princípios agora e no futuro, a Voith implementou um sistema de gerenciamento integrado focado na qualidade, no ambiente e na saúde e segurança ocupacionais.

Nossos clientes sabem que isto significa que estes estão adquirindo bens de capital de alta qualidade que estão sendo fabricados e usados em condições laborais e ambientais seguras.



- 1 Certificações ISO 9001 para sistemas de gerenciamento: 2000 (qualidade), ISO 14001: 2000 (ambiente) e OHSAS 18001: 1999 (saúde e segurança ocupacionais)
- 2 Garfo-flange para um eixo cardan de alto desempenho em uma máquina de medição coordenada 3D

## 11.1 Qualidade

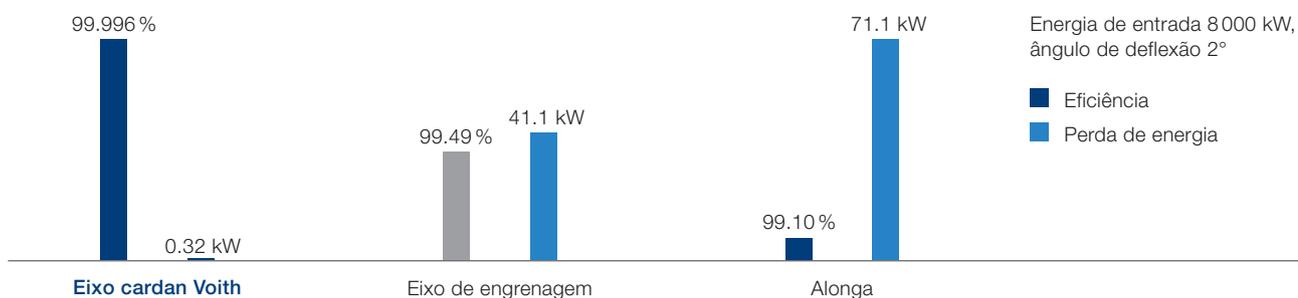
- Usamos máquinas de medição coordenada 3D de última geração para garantia de qualidade.
- Para garantir que as juntas foram perfeitamente soldadas, realizamos inspeções internas com raios-X.
- Oferecemos a nossos clientes uma variedade de certificações e classificações específicas para os produtos e aplicações.
- Os dispositivos de produção e de montagem são inspecionados regularmente.
- Os instrumentos de medição e de testes relevantes para a qualidade são sujeitos a monitoramento sistemático.
- As qualificações de processo por ISO 3834-2 estão disponíveis para os métodos de soldagem aplicados. Os técnicos de soldagem são qualificados pela norma EN 287 e nosso equipamento de soldagem é monitorado continuamente.
- Os colaboradores que realizam testes não destrutivos são qualificados pela ASNT-C-1A e/ou pela EN 473.



## 11.2 Ambiente

- Os eixos cardan Voith estão equipados com rolamentos de rolos vedados. Estes fornecem duas vantagens importantes se comparados com alongas ou eixos de engrenagem (slipper ou gear spindles):
  - O consumo de lubrificante é consideravelmente inferior devido às vedações.
  - A eficiência é aumentada, uma vez que o atrito de rolagem é significativamente inferior que o atrito de deslizamento. Estes fatos se traduzem em emissões de CO<sub>2</sub> reduzidas e na proteção do ambiente.

### Eficiência e perda de energia no acionamento principal de um laminador





- 1 Um colaborador reveste o rolamento de rolos de um eixo cardan com lubrificante WearCare 500 de alto desempenho da Voith
- 2 Os eixos cardan Voith recebem seu acabamento final em uma moderna cabine de pintura

## 11.3 Saúde ocupacional e segurança

- Os técnicos de pintura da Voith usam um sistema de pintura moderno ao pintar os eixos cardan que cumpre todos os requisitos de saúde e segurança para a proteção ocupacional e ambiental.
- A aplicação eletrostática da pintura reduz o excesso de pulverização.
- Um sistema de exaustão extrai qualquer névoa residual.
- Um sistema de tratamento de ar de exaustão com recuperação de calor combinado reduz o impacto nos colaboradores e no ambiente.



Voith Group  
St. Poeltener Str. 43  
89522 Heidenheim, Germany

Contato:  
Tel. +34 91 670 78 00  
voithurbospain@voith.com  
www.voith.com/universal-joint



**VOITH**