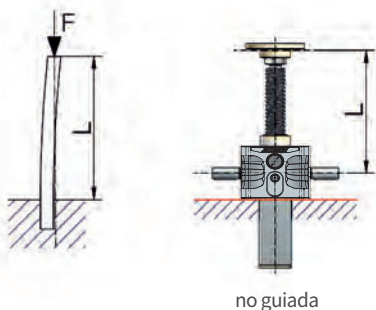




Fuerza de pandeo crítica del husillo

Euler 1



Fórmula:

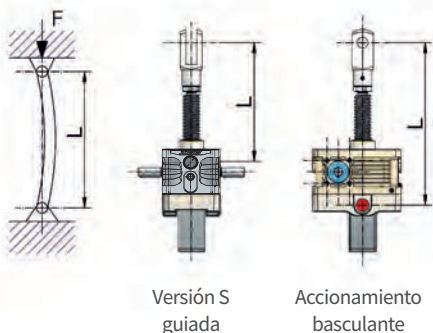
$$I = \frac{F \times v \times (L \times 2)^2}{\pi^2 \times E} \quad d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

Ejemplo:

$$I = \frac{45.000 \text{ N} \times 3 \times (1.320 \text{ mm} \times 2)^2}{\pi^2 \times 210.000 \text{ N/mm}^2} = \frac{9.40896^{11} \text{ mm}^4}{2.072.616,924} = 453.965,22 \text{ mm}^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{453.965,22 \text{ mm}^4 \times 64}{\pi}} = 55,15 \text{ mm diámetro mínimo del núcleo} = \text{Z-250 } (\varnothing \text{ menor del husillo} = 59,6 \text{ mm})$$

Euler 2



Fórmula:

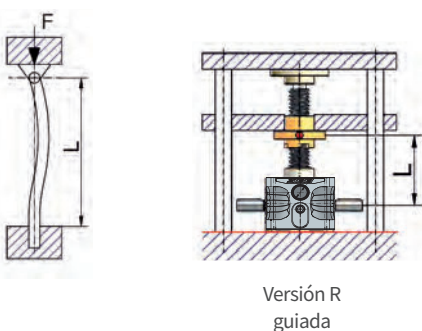
$$I = \frac{F \times v \times L^2}{\pi^2 \times E} \quad d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

Ejemplo:

$$I = \frac{45.000 \text{ N} \times 3 \times (1.320 \text{ mm})^2}{\pi^2 \times 210.000 \text{ N/mm}^2} = \frac{2.35224^{11} \text{ mm}^4}{2.072.616,924} = 113.491,305 \text{ mm}^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{113.491,305 \text{ mm}^4 \times 64}{\pi}} = 38,99 \text{ mm diámetro mínimo del núcleo} = \text{ZE-100 } (\varnothing \text{ menor del husillo} = 43,6 \text{ mm})$$

Euler 3



Fórmula:

$$I = \frac{F \times v \times (L \times 0,7)^2}{\pi^2 \times E} \quad d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

Ejemplo:

$$I = \frac{45.000 \text{ N} \times 3 \times (1.320 \text{ mm} \times 0,7)^2}{\pi^2 \times 210.000 \text{ N/mm}^2} = \frac{1.15259^{12} \text{ mm}^4}{2.072.616,924} = 55.610,7396 \text{ mm}^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{55.610,739 \text{ mm}^4 \times 64}{\pi}} = 32,62 \text{ mm diámetro mínimo del núcleo} = \text{ZE-50/Tr50 } (\varnothing \text{ menor del husillo} = 39,8 \text{ mm})$$

	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35/50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
Rosca trapezoidal Tr	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	70x12	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20
Ø del núcleo en mm (mín.)	10,9	12,9	14,9	22,1	31	39,8	43,6	48,6	55,2	59,6	80,6	99,6	115	135
Husillo de bolas KGT Ø mm	16	16	25	32	40	-	50	63	80	80	100	125	140	160
Ø del núcleo en mm (mín.*)	12,9	12,9	21,5	27,3	34,1	-	43,6	51,8	67	67	87,4	107,8	117	132,8

*Dependiendo del incremento, el Ø del núcleo puede ser mayor. El Ø del núcleo exacto se encuentra en las páginas de KGT en los capítulos 2



Explicaciones:

I = momento de inercia en mm⁴
 F = carga máx./elevador en N
 L = longitud de husillo libre en mm
 E = módulo de elasticidad para acero (210.000N/mm²)
 v = factor de seguridad (normalmente 3)
 d = diámetro mínimo del husillo

Ejemplo:

F = 45.000N/elevador
 L = 1320 mm
 v = 3



Velocidad crítica de rotación en elevadores R

Velocidad de husillo máxima admisible

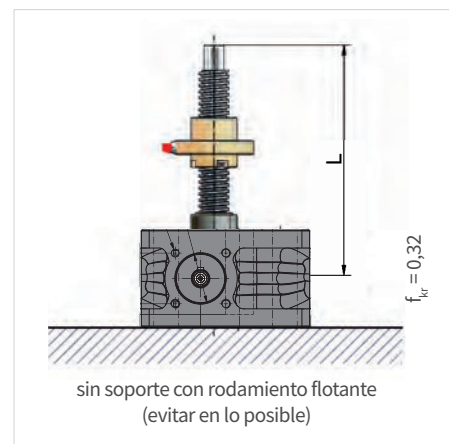
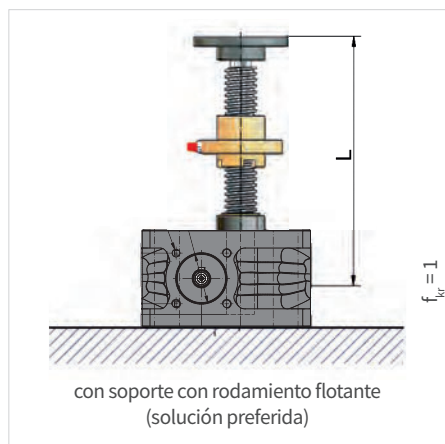
$$n_{adm} = 0,8 \times n_{cr} \times f_{cr}$$

n_{adm} velocidad de husillo máxima admisible (rpm)

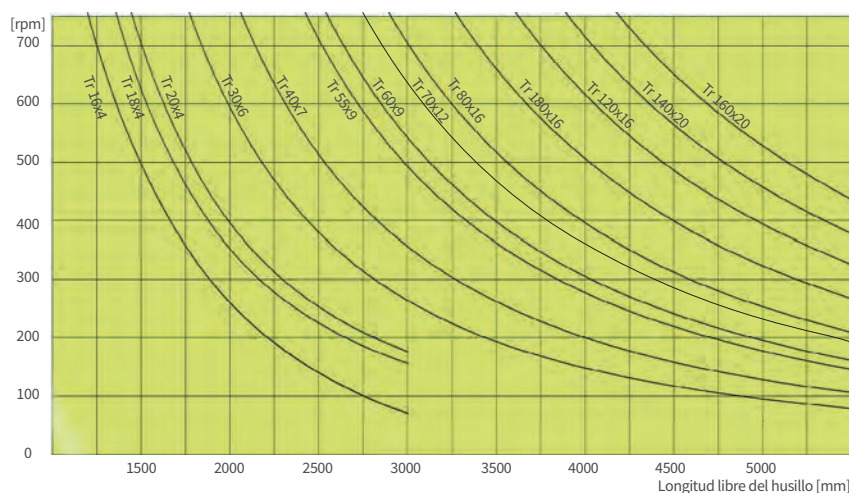
n_{cr} velocidad teórica crítica del husillo (rpm) que provoca oscilaciones resonantes (ver diagrama)

f_{cr} factor de corrección que tiene en cuenta el tipo de apoyo del husillo

i La velocidad de servicio no debe superar el 80 % de la velocidad máxima



$$\text{Velocidad del husillo} = \frac{\text{Velocidad de entrada}}{i_{\text{elevador}}}$$



En elevadores R (con rotación del husillo) se debe determinar la velocidad máxima admisible para husillos largos y delgados. Para ello, vea la velocidad crítica teórica n_{cr} en el diagrama. Al determinar la longitud libre del husillo, tenga en cuenta también las cotas del montaje de cubiertas de husillos, etc. Junto con el factor de corrección para el apoyo, calcule la velocidad del husillo máxima admisible sobre la base de la fórmula.

Si la velocidad máxima admisible calculada del husillo es menor que la requerida, se deberá utilizar un husillo más grande o un husillo de dos pasos a media velocidad. Ésta también se tendrá que controlar. En la versión R existe la posibilidad de utilizar un «husillo reforzado» (husillo del elevador de un tamaño mayor). Tenga en cuenta que en los husillos con mayor altura de paso también se requiere un par de accionamiento superior.

ATENCIÓN:

Los husillos largos y delgados pueden chirriar aunque mantengan la velocidad crítica de rotación. Por lo tanto, en los cálculos debe considerarse suficiente margen de seguridad.



Par de accionamiento [MG] de un solo elevador de husillo

Es posible determinar los pares de accionamiento necesarios con los datos a la derecha.

En elevadores con husillo de rosca trapezoidal de un paso también se puede multiplicar el factor en el respectivo lado del elevador con la carga.

Fórmula:	Ejemplo:
1) Par de accionamiento: $M_G = \frac{F \text{ [kN]} \times P \text{ [mm]}}{2 \times \pi \times \eta_{\text{elevador}} \times \eta_{\text{husillo}} \times i}$	1) $M_G = \frac{12 \text{ kN} \times 6 \text{ mm}}{2 \times \pi \times 0,87 \times 0,39 \times 6} = 5,63$
2) Potencia del motor: $P_M \text{ [kW]} = \frac{M_G \text{ [Nm]} \times n \text{ [min}^{-1}]}{9550}$	2) $P_M = \frac{5,63 \text{ Nm} \times 1500 \text{ min}^{-1}}{9550} = 0,88 \text{ kW}$
3) Factor de seguridad: Multiplique el valor calculado por un factor de seguridad de 1,3 a 1,5. Multiplique hasta máx. 2 en instalaciones pequeñas, con bajas velocidades y bajas temperaturas. Carga mínima: Con cargas dinámicas bajas, las pérdidas en vacío tienen un efecto proporcionalmente mayor. Por lo tanto, calcule el par de accionamiento con al menos el 15% de la carga nominal de la caja de cambios, aunque la carga efectiva sea menor (por ejemplo, ZE-50 con al menos 7,5 kN).	3) Ejemplo: $0,88 \text{ kW} \times 1,5 = 1,32 \text{ kW} \rightarrow \text{Motor } 1,5 \text{ kW}$



Explicaciones:

M_G	par de accionamiento requerido [Nm] para un elevador
F	Carga (dinámica) [kN]
η_{elevador}	rendimiento del elevador (sin husillo)
η_{husillo}	rendimiento del husillo
P	paso del husillo [mm]
i	relación del elevador de husillo
P_M	Potencia motriz

Ejemplo:

ZE-25-SN

$F = 12 \text{ kN}$ (carga de carrera dinámica)
 $\eta_{\text{Elevador}} = 0,87$ $\eta_{\text{Husillo}} = 0,39$
 $i = 6$ $P = 6$

Rendimientos de los elevadores de husillo η_{elevador} (sin husillo)

i	rpm	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
N	3000	0,87	0,81	0,83	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	1500	0,87	0,82	0,84	0,87	0,87	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	-	-	-	-
N	1000	0,86	0,82	0,82	0,86	0,87	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,88	0,90
N	750	0,86	0,82	0,84	0,85	0,86	0,85	0,87	0,88	0,90	0,90	0,91	0,92	0,88	0,90
N	500	0,85	0,82	0,84	0,83	0,85	0,84	0,85	0,87	0,90	0,89	0,9	0,92	0,87	0,89
N	100	0,74	0,77	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,8	0,85	0,83	0,86	0,87	0,81	0,84
L	3000	0,78	0,74	0,78	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	1500	0,77	0,70	0,74	0,72	0,64	0,66	0,67	0,67	0,77	0,78	-	-	-	-
L	1000	0,75	0,67	0,72	0,7	0,64	0,66	0,65	0,66	0,77	0,77	0,78	0,76	0,67	0,76
L	750	0,74	0,65	0,7	0,68	0,64	0,66	0,65	0,65	0,77	0,76	0,78	0,75	0,66	0,76
L	500	0,71	0,62	0,67	0,65	0,63	0,65	0,65	0,63	0,76	0,75	0,77	0,73	0,65	0,75
L	100	0,54	0,53	0,59	0,54	0,52	0,55	0,57	0,53	0,67	0,65	0,67	0,61	0,58	0,66

Rendimientos del husillo η_{Husillo}

calculados con coeficiente de fricción con $\mu = 0,11$

Husillo Tr de un paso	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	70x12	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20	Husillo de bolas
Rendimiento	0,45	0,42	0,39	0,39	0,35	0,33	0,34	0,32	0,35	0,39	0,33	0,29	0,30	0,27	
Husillo Tr de paso doble	16x8P4	18x8P4	20x8P4	30x12P6	40x14P7	50x16P8	55x18P9	60x18P9	70x24P12	80x32P16	100x32P16	120x32P16	140x40P20	160x40P20	
Rendimiento	0,62	0,59	0,56	0,56	0,53	0,50	0,51	0,48	0,52	0,56	0,50	0,45	0,47	0,44	0,9



Pares máximos

Par de entrada máximo

Para alcanzar una vida útil óptima, no se deben sobrepasar los valores que figuran en la tabla siguiente. En caso de pocas horas de servicio, son posibles valores más altos previa consulta.

Pares de entrada máx. MR [Nm]

i	rpm	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
N	3000	1,2	4	11	17	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
N	1500	1,4	4,7	13,5	18	19,8	31,5	31,5	53,4	75,1	155	152	-	-	-	-
N	1000	1,5	5,6	14	22	20,8	36,8	36,8	60,8	77,7	155	152	265	408	480	680
N	500	1,6	6,1	16,7	28	24,8	46,5	46,5	75,3	95	156	160	350	500	640	960
L	3000	0,5	1,4	5,7	8,5	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
L	1500	0,5	1,5	7,5	10	9	10,4	10,4	13,5	20,7	61	41,4	-	-	-	-
L	1000	0,5	1,8	8,7	11	9,7	14,9	14,9	15,4	23,7	61	47,4	100	170	210	450
L	500	0,6	2,2	10,7	14	11,1	19,2	19,2	18,9	29,4	62	63,5	112	220	240	580

Los valores límite son mecánicos; los factores térmicos deben considerarse según el período de funcionamiento

Par de paso máximo

En el caso de varios elevadores en montados en serie, el par de paso puede ser significativamente mayor que el par de entrada máximo. Sólo el eje se somete a torsión y no el dentado.

Par de paso máximo de eje de tornillo sinfín [Nm]

GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
9	39	57	108	130	260	260	540	540	700	770	1800	1940	4570	4570



Par de accionamiento de sistemas de elevación – cálculo aproximado

Determinación

El par de accionamiento requerido de un sistema de elevación resulta de sumar los pares de cada uno de los elevadores de husillo y aumenta debido a las pérdidas por fricción de los componentes de transmisión, como acoplamientos, ejes de conexión, reenvíos angulares, etc.

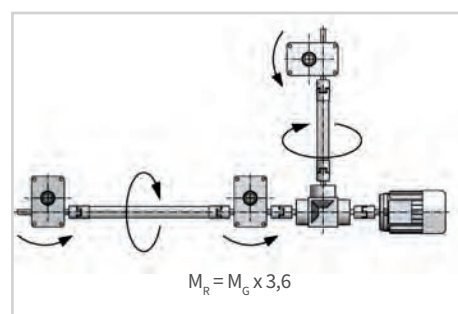
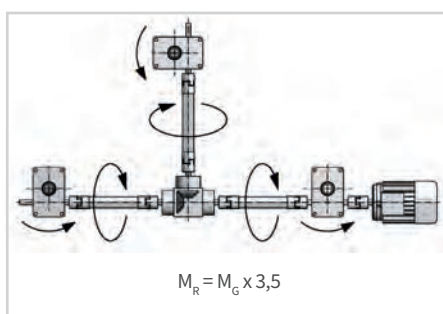
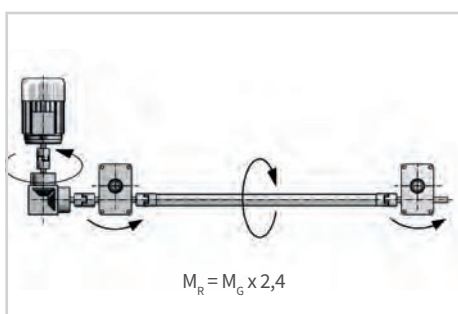
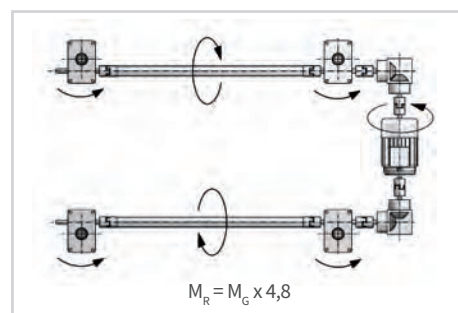
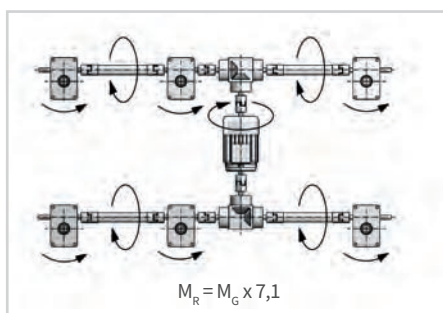
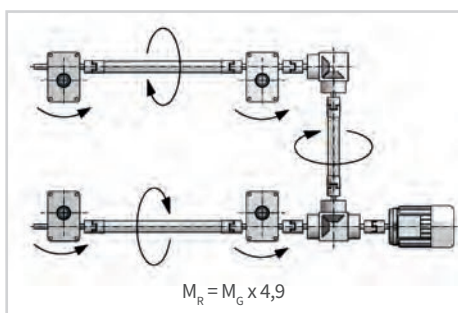
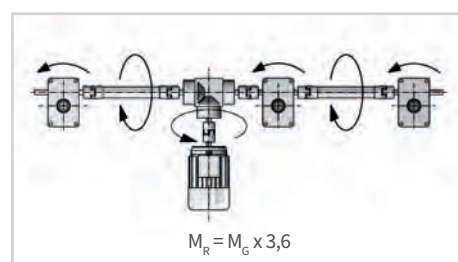
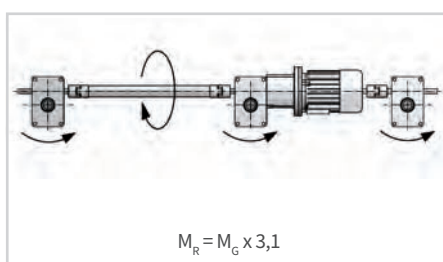
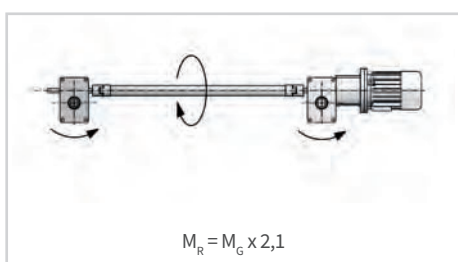
Para simplificar el cálculo, mencionamos los siguientes factores para determinar el par de accionamiento para las aplicaciones más frecuentes.



M_R – par de accionamiento total de toda la instalación

M_G – par de accionamiento de un elevador individual

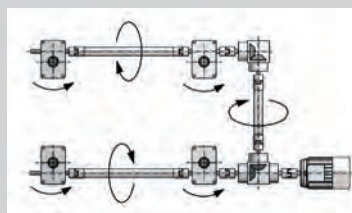
M_A – par de arranque máx. $1,5 \times M_R$



ATENCIÓN

Multiplique el valor calculado por un factor de seguridad de 1,3 a 1,5. Multiplique hasta máx. 2 en instalaciones pequeñas, con bajas velocidades y bajas temperaturas.

Ejemplo (12 kN por cada elevador)

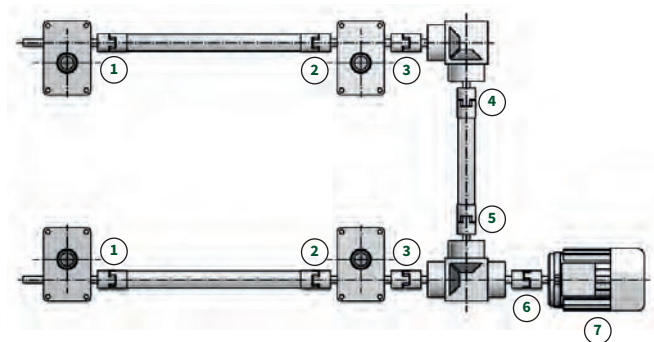


$$\begin{aligned}
 M_R &= M_G \times 4,9 = 5,63 \text{ Nm} \times 4,9 = \mathbf{27,59 \text{ Nm}} \\
 &\rightarrow \times \text{seguridad } 1,5 = \mathbf{41,38 \text{ Nm}} \\
 M_A &= M_R \times 1,5 = 41,38 \text{ Nm} \times 1,5 = \mathbf{62,07 \text{ Nm}}
 \end{aligned}$$



Par de accionamiento de sistemas de elevación – cálculo exacto

En el siguiente ejemplo se incluyen también en el cálculo los rendimientos de ejes de conexión (η 0,95) y reenvíos angulares (η 0,9).



Fórmula elevador:

$$\text{Par de accionamiento: } M_G = \frac{F [\text{kN}] \times P [\text{mm}]}{2 \times \pi \times \eta_{\text{Elevador}} \times \eta_{\text{Husillo}} \times i}$$

Rendimientos:

Ejes de conexión: η 0,95

Reenvíos angulares: η 0,90

Ejemplo:

$$1) \quad M_G = \frac{12 \text{ kN} \times 6 \text{ mm}}{2 \times \pi \times 0,87 \times 0,39 \times 6} = \mathbf{5,63}$$

$$2) \quad \frac{5,63 \text{ Nm}}{0,95} = \mathbf{5,93 \text{ Nm}}$$

(rendimiento del eje de conexión)

$$3) \quad 5,63 \text{ Nm} + 5,93 \text{ Nm} = \mathbf{11,56 \text{ Nm}}$$

$$4) \quad \frac{11,56 \text{ Nm}}{0,9} = \mathbf{12,84 \text{ Nm}}$$

(rendimiento de los reenvíos angulares)

$$5) \quad \frac{12,84 \text{ Nm}}{0,95} = \mathbf{13,52 \text{ Nm}}$$

$$6) \quad (11,56 \text{ Nm} + 13,52 \text{ Nm}) / 0,9 = \mathbf{27,87 \text{ Nm}}$$

$$7) \quad 27,87 \text{ Nm} \times 1,5 = \mathbf{41,8 \text{ Nm}}$$

Z-25-SN

F = 12 kN (carga de elevación dinámica por elevador)

$\eta_{\text{elevador}} = 0,87$
i = 6

$\eta_{\text{Husillo}} = 0,39$
P = 6

11,56 Nm x 1,5 = 17,34 Nm
(KSZ-H-25-L es correcto ver capítulo 5)

41,8 Nm
(necesitamos KSZ-H-35-T ver capítulo 5)

Selección del motor: 132M-P4-7,5 kW (50 Nm)

(motores: ver capítulo 3)

ATENCIÓN

Multiplique el valor calculado por un factor de seguridad de 1,3 a 1,5. Multiplique hasta máx. 2 en instalaciones pequeñas, con bajas velocidades y bajas temperaturas.

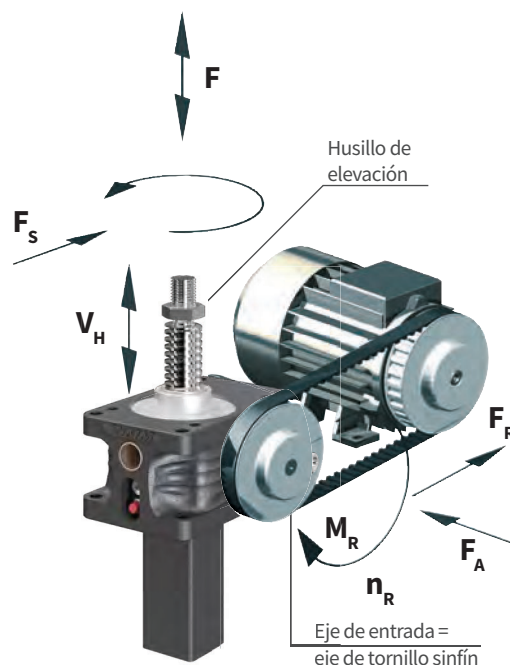


Fuerzas / pares máximos

Fuerzas laterales sobre el husillo de elevación

Las fuerzas laterales máximas admisibles figuran en la tabla siguiente. En principio, las guías deben absorber las fuerzas laterales. El casquillo guía en el elevador sólo tiene una función secundaria de guiado. Las fuerzas laterales máximas que realmente actúan, deben estar por debajo de los valores indicados en la tabla.

ATENCIÓN: SÓLO ESTÁTICA ES ADMISIBLE



Fuerza lateral máxima F_s [N] (sólo estática)

Longitud del husillo desplegado en mm

ZE/Z	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	2000	2500	3000
5	360	160	100	70	55	45	38	32	28	25	20	18	12	-	-
10	600	280	180	130	100	80	70	60	50	47	40	30	20	15	-
25	900	470	300	240	180	150	130	110	100	90	70	60	45	35	30
35	1300	700	450	360	270	220	190	160	150	130	100	90	60	50	40
50	3000	2000	1300	900	700	600	500	420	380	330	280	230	160	130	100
100	5000	4000	3000	2300	1800	1500	1300	1100	950	850	700	600	400	350	250
150	5500	5000	3900	2800	2300	1800	1500	1300	1200	1000	850	750	500	400	350
200	7500	7200	5400	4000	3200	2500	2100	1800	1700	1500	1200	1050	700	600	500
250	9000	9000	6500	4900	3800	3000	2500	2200	2000	1900	1450	1250	900	760	660
350	15000	13000	12000	10000	8800	7000	6000	5500	4800	4300	3500	3000	2000	1600	1400
500	29000	29000	29000	29000	24000	20000	17000	15000	15000	14000	12000	9000	7000	5600	4900
750	34800	34800	34800	34800	34800	28800	24000	20400	18000	16800	14400	10800	8400	6720	5880
1000	46000	46000	39000	36000	32000	30000	25000	29000	25000	23500	20000	17000	12000	10000	8000

Carga radial del eje de entrada

Cuando se utilizan transmisiones por cadena o por correa, no deben sobrepasarse las fuerzas radiales que figuran a la derecha.

Carga radial del eje de entrada F_R [N]

	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
FR máx.	110	190	260	260	420	650	670	1000	1100	1400	2600	3000	3400



Definiciones de carga:

- F - Carga de carrera en tensión y/o compresión
- F_s - Carga lateral del husillo
- v_H - Velocidad de desplazamiento del husillo (o tuerca en la versión R)
- F_A - Carga axial en el eje de entrada
- F_R - Carga radial en el eje de entrada
- M_R - Par de entrada
- n_R - Velocidad de entrada



Determinación de la longitud - husillo y tubo protector

Ahorro de tiempo

La prolongación necesaria para husillo y tubo protector se puede determinar de Configurador en línea ZIMM. Esto permite calcular rápido las cotas de montaje de su elevador de husillo.

En principio

El husillo (y el tubo protector en la versión S) se alarga en función de la versión utilizada y de los componentes del sistema. Estas cotas adicionales son las mínimas exigidas. En situaciones de montaje especiales, haga un dibujo o contacte con nuestros técnicos de proyectos.

Carrera + longitud básica (+ varias prolongaciones para variantes/componentes del sistema)

Ejemplo S:

ZE-25-SN, carrera 250 mm:

- Fuelle ZE-25-FB-300 (ZD=70mm)
- Brida de sujeción BF (por lo tanto, fuelle sin anillo de sujeción)
- Seguro contra rotación VS
- Finales de carrera ESSET

Longitud de husillo Tr:

250	+	180	+	44	+	45	=	519 mm
Carrera		Longitud básica		Fuelle (70 - 26 = 44)		Finales de carrera + seguro contra rotación		Longitud de husillo

Longitud del tubo protector SRO:

250	+	53	+	72	=	375 mm
Carrera		Longitud básica		Finales de carrera + seguro contra rotación		Longitud del tubo protector

Ejemplo R:

ZE-25-RN, carrera 250 mm:

- Husillo con pivote (placa de apoyo GLP)
- Fuelle ZE-25-FB-300 (ZD=70mm) abajo y arriba
- Tuerca duplex DM

Longitud de husillo Tr:

250	+	189	+	60	+	55	+	50	=	554 mm
Carrera		Longitud básica		Fuelle lado elevador (70 - 10 = 60)		2. Fuelle (70 - 15 = 55)		Tuerca duplex		Longitud de husillo

Para determinar la longitud de los ejes de conexión consulte el capítulo 4.