

Músculo neumático DMSP/MAS



Músculo neumático DMSP/MAS

Características

FESTO

Cuadro general

Gran fuerza y aceleración iniciales

- Fuerza inicial hasta 10 veces superior a la de un cilindro convencional del mismo diámetro
- Gran dinamismo, incluso con grandes cargas

Movimientos sin tirones

- Sin partes mecánicas móviles en sentidos opuestos
- Sin tirones, también al ejecutar movimientos muy lentos

Posicionamiento sencillo

- Accionamiento sencillo mediante presión, sin detector de recorrido

Construcción hermética

- Separación entre el fluido de funcionamiento y la atmósfera
- Ideal para aplicaciones expuestas a polvo y suciedad
- Estructura robusta
- Sin fugas

Funcionamiento

El músculo neumático es un actuador de tracción que imita la musculatura humana. Está compuesto por un tubo flexible contráctil y los respectivos empalmes. El tubo flexible contráctil está formado por una capa interior de goma estanca y resistente a la presión y de una capa exterior de fibras altamente resistentes. Las fibras están dispuestas en forma de rombos,

formando una estructura reticulada tridimensional. Aplicando una presión interior, la periferia se dilata, con lo que se obtiene una fuerza de tracción y un movimiento de contracción a lo largo del músculo neumático. La fuerza de tracción aprovechable llega a su máximo al principio del movimiento de contracción y

disminuye al aumentar la carrera. El músculo neumático funciona más económicamente en un margen de tracción de hasta 15% de su longitud nominal.

Aplicaciones posibles:

- Actuador de simple efecto
- Muelle neumático

 Importante

El músculo neumático es un actuador que ejerce únicamente una fuerza de tracción. La expansión del diámetro no se puede aprovechar para operaciones de sujeción, ya que la membrana sufriría daños por fricción exterior.

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

→ 8



El músculo neumático con extremos prensados es el resultado de un consecuente trabajo de desarrollo en función de las exigencias planteadas frente al músculo neumático MAS. El resultado es un músculo neumático mucho más ligero, compacto y duradero.

- Ello significa que es posible utilizar una mayor cantidad de unidades en el mismo espacio, gracias a su sección un 25% menor.
- El menor peso (hasta -30%) redundará en una excelente relación entre fuerza/peso.
- Puede elegirse entre tres variantes de adaptadores integrados.

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

→ 18



El músculo neumático MAS se distingue por su gran duración, resultado de la utilización de materiales optimizados. El músculo neumático MAS puede adquirirse opcionalmente con adaptador y elemento de aseguramiento de la fuerza.

- Con este elemento, puede limitarse la fuerza de tracción para evitar que la unidad quede prensada.
- Posibilidad de utilizar adaptadores según especificaciones del cliente.

Músculo neumático DMSP/MAS

Características

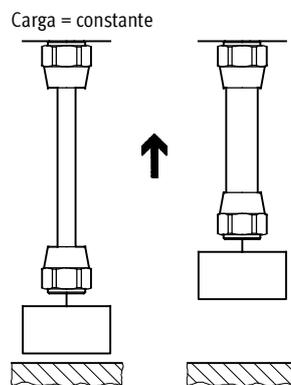
Configuración del músculo		Representación gráfica	
Software de cálculo	Este software está disponible en www.festo.com .	Además de utilizar el software, también se puede recurrir al diagrama de fuerza-recorrido para determinar la longitud del músculo neumático. En la	página → 32. se muestran dos ejemplos para el dimensionado del músculo mediante gráficas.

Fuerzas y cargas			
La longitud nominal del músculo neumático se determina sin presión. El valor corresponde a la longitud	visible de la membrana entre los elementos de fijación. El músculo se expande si es sometido a una fuerza	de tracción externa. Al aplicar presión se produce una contracción del	músculo con lo que su longitud es menor.

Actuador de simple efecto Ejemplos de configuración → 32

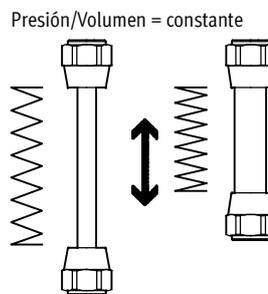
La aplicación más sencilla consiste en utilizar el músculo como actuador de tracción que tira de una carga. Si la carga en cuestión está sujeta de modo fijo al músculo, éste avanzará si está expandido y si no está sometido a presión. Este estado es óptimo considerando las propiedades técnicas del músculo, ya que si se aplica presión a un músculo que se encuentra en ese estado, su fuerza y capacidad dinámica son máximas, con lo que

consume la menor cantidad de aire. Además, en esa disposición también es máxima la carrera útil. Si se desea que el regreso de la carga a su estado original se realice rápidamente cuando el músculo se halla sin presión, es necesario generar una fuerza de retorno para devolver la carga a su posición original, lo cual significa que la fuerza disponible para mover la carga será menor.



Aplicando una fuerza externa, el músculo se comporta como un muelle, es decir, el músculo cede ante la fuerza que se le aplica. El músculo neumático permite ajustar tanto la pretensión como la rigidez de este "muelle neumático". Actuando como

muelle, es posible hacerlo funcionar con una presión o un volumen constantes. De esta manera se obtienen curvas características diferentes, lo que significa que es posible adaptar el muelle de modo óptimo a cada aplicación.



Importante

Si el músculo funciona con una presión y un volumen constantes, es posible que al cambiar la fuerza exterior cambie considerablemente la presión en su interior. La duración del músculo neumático depende de la contracción, de la presión de funcionamiento y de la temperatura → 34. La temperatura puede aumentar si aumentan las frecuencias y la carga.

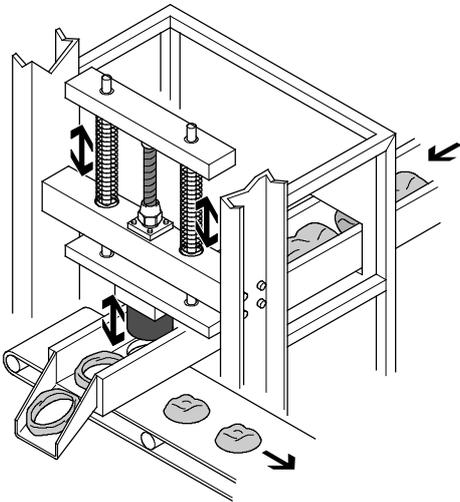
Músculo neumático DMSP/MAS

Ejemplos de aplicaciones

FESTO

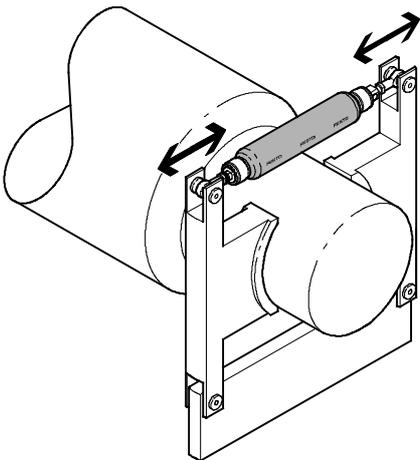
Fuerza y dinamismo

Actuador de una punzonadora



El músculo neumático funciona con ciclos muy cortos. Por un lado porque pesa muy poco, por otro lado porque no tiene partes móviles (por ejemplo, no tiene émbolo). La estructura sencilla del músculo pretensado mediante dos muelles puede sustituir un complicado sistema de sujeción mediante palanca articulada con cilindros. De esta manera es posible aumentar la frecuencia de 3 a 5 Hz. Así se pueden ejecutar más de 10 millones de movimientos.

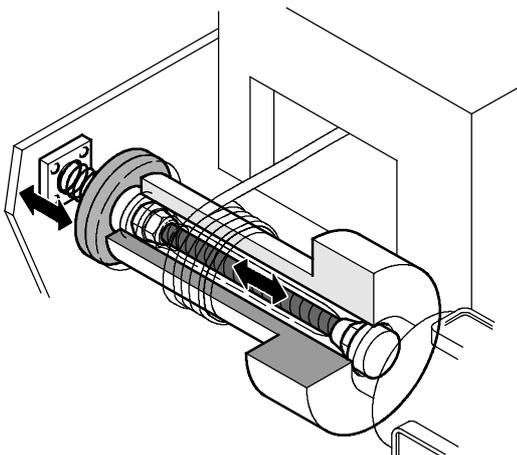
Sistema de parada de emergencia de rodillos



El músculo neumático es la referencia en aplicaciones que exigen reacciones muy rápidas. La aplicación de parada de emergencia de rodillos exige reacciones rápidas y mucha fuerza. Con esta función es posible evitar tiempos prolongados de improductividad de las máquinas.

Movimientos sin tirones

Freno en un equipo de rebobinado



El músculo neumático ejecuta los movimientos sin fricción, por lo que es posible frenar suavemente el tambor. Ello significa que la operación de bobinado es extremadamente precisa ya que el movimiento es constante. El control está a cargo de una válvula proporcional, cuyas señales se regulan mediante detectores de la fuerza.

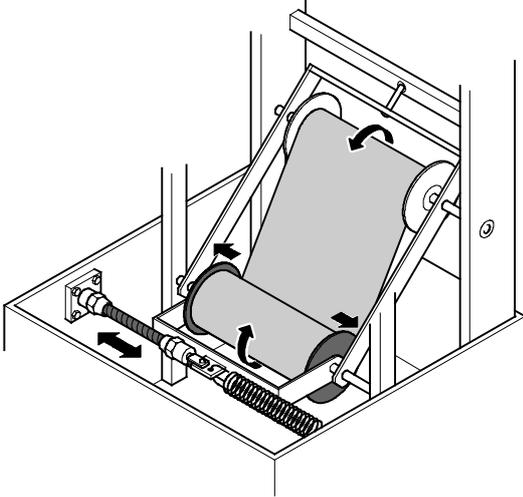
Músculo neumático DMSP/MAS

Ejemplos de aplicaciones

FESTO

Movimientos sin tirones

Alineación de una bobina en procesos de enrollado



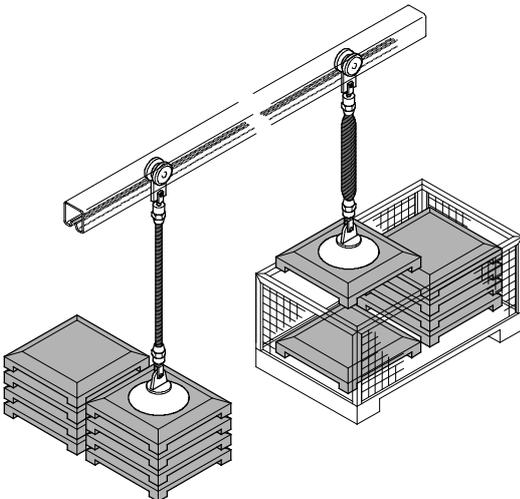
La tarea: enrollar de modo homogéneo papel, folios o productos textiles.

Los requisitos: utilización de un actuador exento de fricciones y de respuesta inmediata.

La solución: el músculo neumático. El tambor montado en un bastidor móvil se desplaza por acción de un músculo neumático apenas se detecta un error de alineación. De este modo, el canto del material siempre es exacto al 100%.

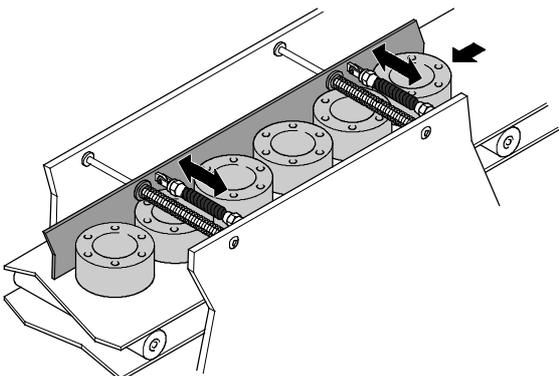
Sistemas de posicionamiento sencillos

Sistema elevador para la manipulación de baldosas de hormigón



Es muy sencillo avanzar hasta posiciones intermedias regulando la presión: con una válvula de palanca manual se aumenta o reduce la presión dentro del músculo neumático, con lo que las piezas pueden elevarse o descenderse hasta alturas distintas. Con músculos de hasta 9 metros de largo es posible encontrar soluciones óptimas para muchas aplicaciones.

Ajuste del ancho en cintas de transporte



Tratándose de lotes pequeños, suele ser necesario adaptar las máquinas a piezas de tamaños diferentes. En los casos en los que es suficiente realizar un ajuste aproximado, el músculo neumático es la solución más apropiada y sencilla.

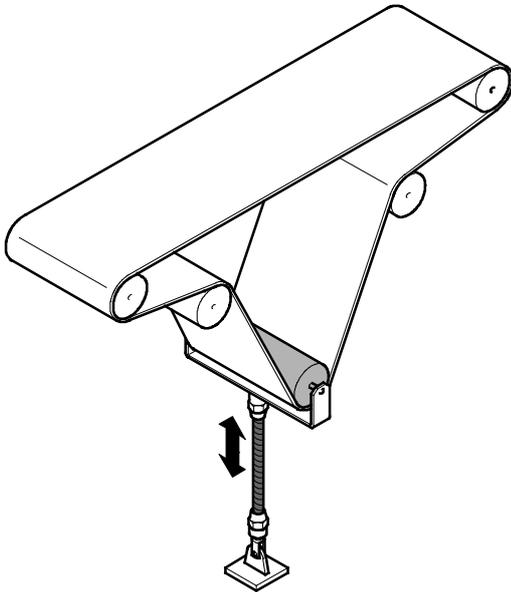
Músculo neumático DMSP/MAS

Ejemplos de aplicaciones

FESTO

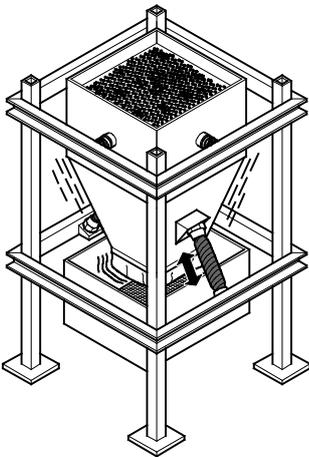
Entornos industriales difíciles

Tensor de cintas de transporte



En entornos polvorientos y sucios, el músculo neumático ofrece ventajas evidentes en comparación con actuadores convencionales. El músculo no tiene juntas que pueden desgastarse. El robusto músculo es muy resistente, apropiado, por ejemplo, para la difícil utilización en la industria del cemento.

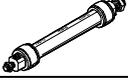
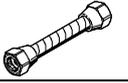
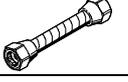
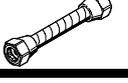
Vibrador para desatascar un depósito de alimentación por gravedad



En depósitos o silos suelen surgir problemas porque se atascan las piezas. Con la ayuda del músculo neumático es posible conseguir que un vibrador neumático alcance una frecuencia desde 10 hasta 90 Hz. De este modo las piezas avanzan de modo continuo y fiable.

Músculo neumático DMSP/MAS

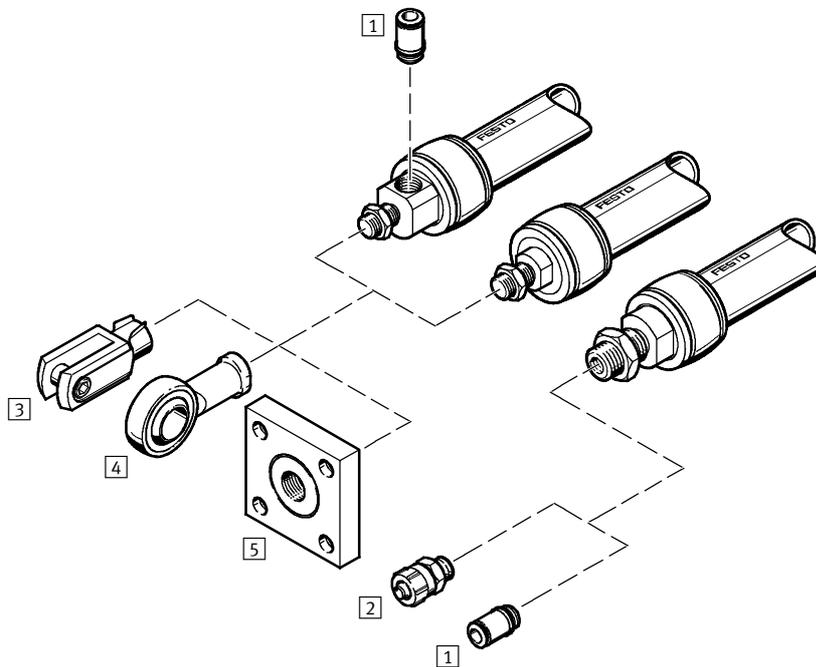
Cuadro general de productos

Función	Ejecución	Tipo	Diámetro interior [mm]	Longitud nominal [mm]	Fuerza de elevación [N]	Estiramiento inicial máx.	Contracción máxima admisible	Presión de funcionamiento [bar]	→ Página/ Internet
De simple efecto, tracción	Músculo neumático con extremos prensados								
		DMSP	10	40 ... 9 000	0 ... 630	3% de la longitud nominal	25% de la longitud nominal	0 ... 8	8
		DMSP	20	60 ... 9 000	0 ... 1 500	4% de la longitud nominal	25% de la longitud nominal	0 ... 6	8
		DMSP	40	120 ... 9 000	0 ... 6 000	5% de la longitud nominal	25% de la longitud nominal	0 ... 6	8
	Músculo neumático con extremos atornillados								
		MAS	10	40 ... 9 000	0 ... 630	3% de la longitud nominal	25% de la longitud nominal	0 ... 8	18
		MAS	20	60 ... 9 000	0 ... 1 500	4% de la longitud nominal	25% de la longitud nominal	0 ... 6	18
		MAS	40	120 ... 9 000	0 ... 6 000	5% de la longitud nominal	25% de la longitud nominal	0 ... 6	18

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Cuadro general de periféricos

FESTO

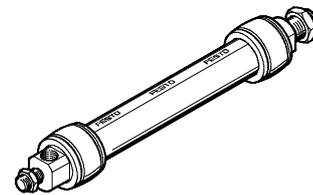
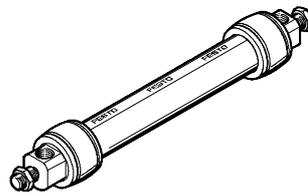
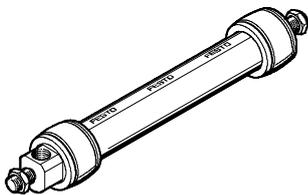


Variantes

Conexión neumática radial en un lado RM-CM

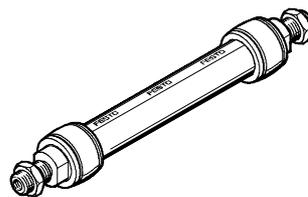
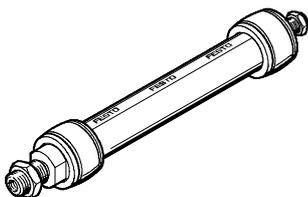
Conexión neumática radial en ambos lados RM-RM

Conexión neumática radial y axial RM-AM



Conexión neumática axial en un lado AM-CM

Conexión neumática axial en ambos lados AM-AM



Elementos de fijación y accesorios

	Descripción resumida	→ Página/Internet
1	Racores rápidos roscados QS	Para la conexión de tubos flexibles con tolerancias en su diámetro exterior quick star
2	Racores rápidos CK	Para la conexión de tubos flexibles con tolerancias en su diámetro interior ck
3	Horquilla SG	Permite la conexión giratoria bidimensional del músculo neumático 17
4	Cabeza de rótula SGS	Con cojinete esférico 17
5	Acoplamientos KSG/KSZ	Para compensar desviaciones radiales 17

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Código para el pedido

DMSP - 10 - 500N - RM - CM

Forma de accionamiento	
de simple efecto, tracción	
DMSP	Músculo neumático

Diámetro interior [mm]	
------------------------	--

Longitud nominal [mm]	
...N	40 ... 9 000

Primera conexión	
RM	Conexión neumática radial
AM	Conexión neumática axial

Segunda conexión	
RM	Conexión neumática radial
AM	Conexión neumática axial
CM	Sin conexión neumática

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

FESTO

Hoja de datos

-  Tamaño
10 ... 40 mm
-  Longitud nominal
40 ... 9 000 mm
-  Fuerza de tracción
0 ... 6 000 N



Datos técnicos generales			
Tamaño	10	20	40
Conexión neumática	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$
Construcción	Membrana contráctil		
Funcionamiento	de simple efecto, tracción		
Diámetro interior [mm]	10	20	40
Longitud nominal [mm]	40 ... 9 000	60 ... 9 000	120 ... 9 000
Carga adicional máxima, colgante [kg]	30	80	250
Estiramiento inicial máximo admisible ¹⁾	3% de la longitud nominal	4% de la longitud nominal	5% de la longitud nominal
Contracción máxima admisible	25% de la longitud nominal		
Histéresis máx.	≤ 3% de la longitud nominal	≤ 2,5% de la longitud nominal	
Relajación máx.	≤ 3% de la longitud nominal		
Precisión de repetición	≤ 1% de la longitud nominal		
Desvío máximo admisible de las conexiones	Tolerancia angular: ≤ 1,0° Tolerancia de paralelismo: ± 0,5% (hasta 400 mm de longitud nominal), ≤ 2 mm (a partir de 400 mm de longitud nominal)		
Tipo de fijación	Con accesorios		
Posición de montaje	indistinta (si surgen fuerzas laterales, es necesario utilizar una guía externa)		

1) El estiramiento inicial máximo se obtiene al colgar la carga máxima admisible.

Condiciones de funcionamiento y del entorno			
Tamaño	10	20	40
Presión de funcionamiento [bar]	0 ... 8	0 ... 6	
Fluido de trabajo	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:--:-]		
Nota sobre el fluido de trabajo/mando	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)		
Temperatura ambiente [°C]	-5 ... +60		
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾	2		

2) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

Fuerzas [N] con la presión de funcionamiento máxima admisible			
Tamaño	10	20	40
Fuerza teórica	630	1 500	6 000

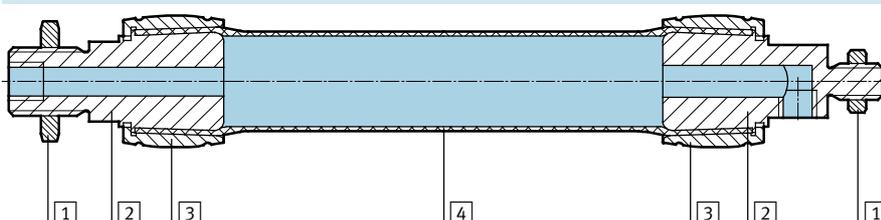
Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Hoja de datos

Pesos [g]				
Tamaño		10	20	40
Peso básico con longitud de 0 m	RM-CM	58	169	675
	RM-RM	66	182	707
	RM-AM	75	202	767
	AM-CM	66	189	735
	AM-AM	83	222	827
Peso adicional por cada metro de longitud		94	178	340

Materiales

Vista en sección



Músculo neumático	
1	Tuerca Acero cincado
2	Brida Aleación forjada de aluminio anodizado incoloro
3	Casquillo Aleación forjada de aluminio anodizado incoloro
4	Membrana Cloropreno, aramida

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Hoja de datos

FESTO

Fuerza F [N] admisible en función de la contracción h [%] de la longitud nominal

Diagramas de fuerza-recorrido y márgenes

El límite para “cargas colgantes” está determinado por la estricción. Por ejemplo, colgando un peso de 30 kg del músculo neumático DMSP-10-...,

el estiramiento inicial es de un 3%, tal como consta en el diagrama. Al utilizarse el músculo neumático deberán considerarse los datos técnicos y

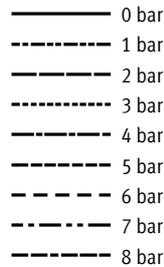
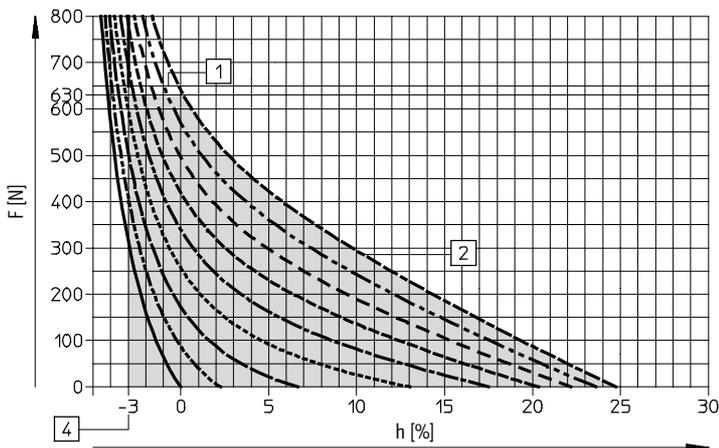
respetarse los límites allí indicados. En los siguientes diagramas se aprecia la superficie que equivale al

campo de utilización del músculo neumático en función de diversos criterios que limitan su utilización.

Utilización de los diagramas

1. La limitación superior de la superficie gris describe la fuerza máxima admisible.
2. La línea de la derecha que limita la superficie sombreada corresponde a la presión de funcionamiento máxima admisible.
3. La línea vertical de la derecha que limita la superficie sombreada corresponde a la contracción máxima admisible.
4. La línea de la izquierda que limita la superficie sombreada corresponde al límite de carga del músculo, determinado por su estiramiento máximo.

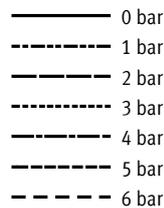
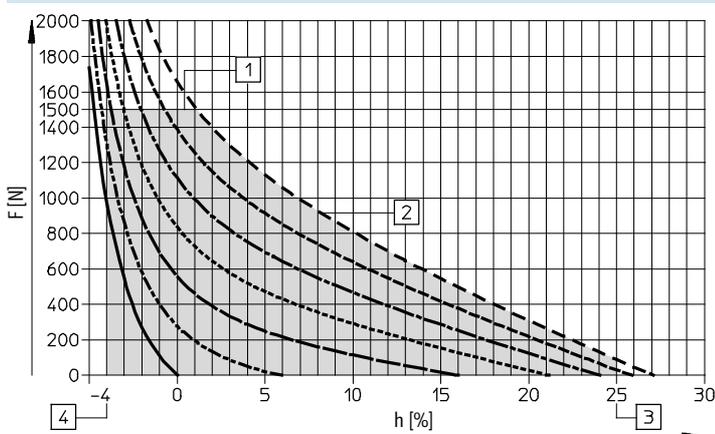
Margen de funcionamiento DMSP-10-100N-...



Ejemplos de configuración → 32

- 1 Fuerza teórica mínima con presión de funcionamiento máxima
 - 2 Presión máx. de funcionamiento
 - 3 Deformación máx.
 - 4 Estiramiento inicial máx.
- Margen de trabajo admisible

Margen de funcionamiento DMSP-20-200N-...



Ejemplos de configuración → 32

- 1 Fuerza teórica mínima con presión de funcionamiento máxima
 - 2 Presión máx. de funcionamiento
 - 3 Deformación máx.
 - 4 Estiramiento inicial máx.
- Margen de trabajo admisible

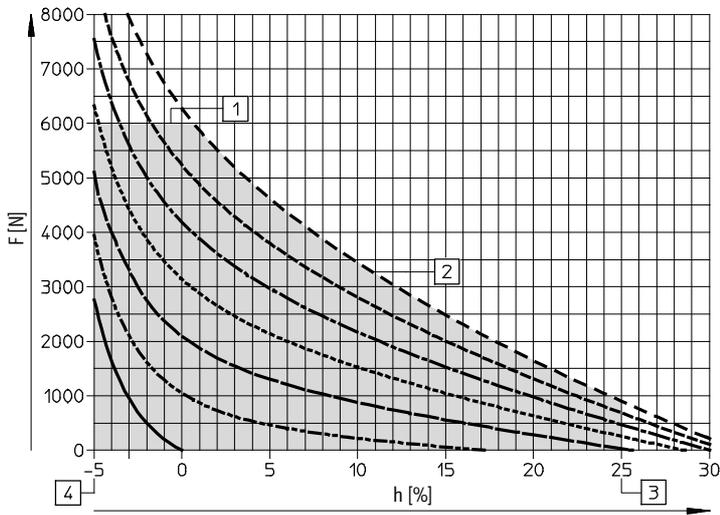
Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Hoja de datos

FESTO

Margen de funcionamiento DMSP-40-400N-...

Ejemplos de configuración → 32



- 0 bar
- - - 1 bar
- · - 2 bar
- · · - 3 bar
- · · · - 4 bar
- · · · · - 5 bar
- · · · · · - 6 bar

- 1 Fuerza teórica mínima con presión de funcionamiento máxima
- 2 Presión máx. de funcionamiento
- 3 Deformación máx.
- 4 Estiramiento inicial máx.

■ Margen de trabajo admisible

Importante

En los diagramas constan los músculos de longitud normalizada (longitud = 10x diámetro interior). Por ello es recomendable utilizar el software de cálculo para músculos neumáticos para definir la configuración necesaria.

Este software está disponible en www.festo.com. El diagrama fuerza/recorrido permite definir una configuración aproximada. Los factores que inciden en la relación fuerza/recorrido (por

ejemplo, propiedades del material, oscilaciones en el proceso de fabricación y longitudes nominales) no se han tenido en cuenta en estos diagramas. Por ello es posible que la fuerza teórica sea superior en hasta un diez

por ciento. Las desviaciones pueden compensarse mediante la adaptación de la presión (hasta la presión de funcionamiento máxima admisible).

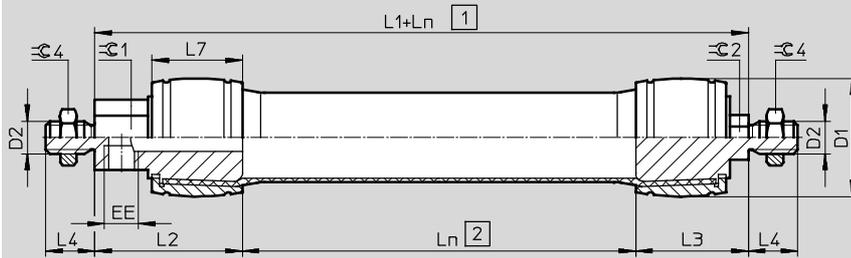
Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Hoja de datos

Dimensiones

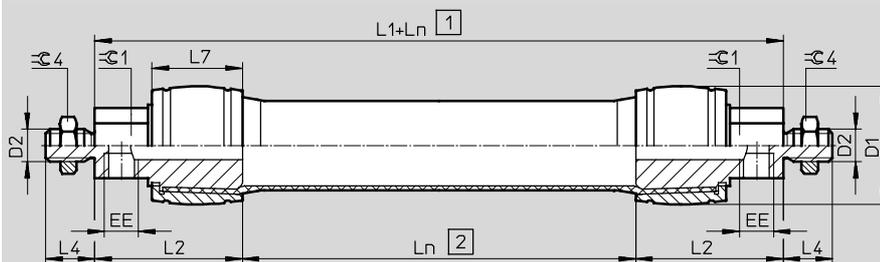
Datos CAD disponibles en → www.festo.com

RM-CM: conexión neumática radial en un lado



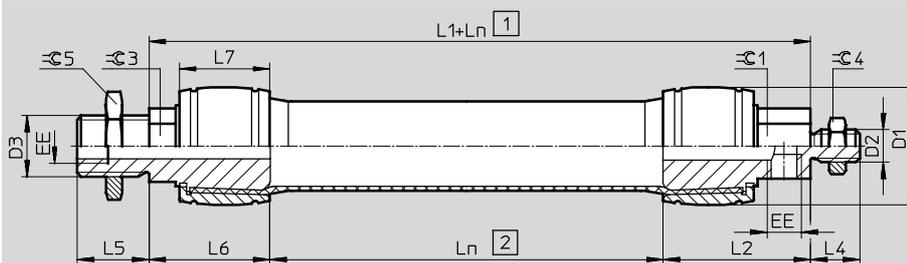
- 1) Longitud necesaria para el montaje
- 2) Longitud nominal

RM-RM: conexión neumática radial en ambos lados



- 1) Longitud necesaria para el montaje
- 2) Longitud nominal

AM-RM: conexión neumática axial y radial



- 1) Longitud necesaria para el montaje
- 2) Longitud nominal

Tamaño	D1 máx.	D2	D3	EE ²⁾	Ln ¹⁾		L1			L2
					mín.	máx.	RM-CM	RM-RM	AM-RM	
10	22	M8	M16x1,5	G1/8	40	9 000	62	72	63	36
20	35	M10x1,25	M20x1,5	G1/4	60		95	113	97	56,5
40	57	M16x1,5	M30x1,5	G3/8	120		127	144	131	72

Tamaño	L3	L4	L5	L6	L7	∅C1 ²⁾	∅C2 ²⁾	∅C3 ²⁾	∅C4	∅C5
10	26	15	16	27	19	17	10	17	13	24
20	38,5	20	18	40,5	30	19	12	20	17	30
40	55	24	35	59	44	30	19	30	24	46

1) Tolerancia < 100 mm ±1 mm, 100 ... 400 mm ±1%, > 400 mm ±4 mm

2) Debido a los procesos de fabricación es posible que se produzcan pequeñas diferencias de paralelismo en los puntos de conexión del lado derecho e izquierdo.

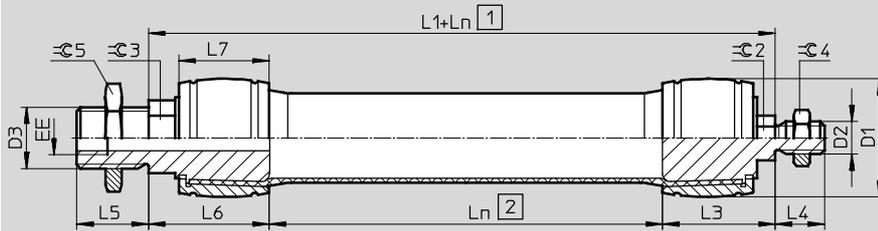
Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Hoja de datos

Dimensiones

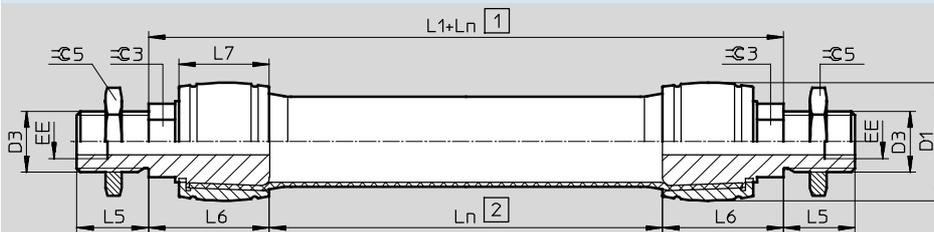
Datos CAD disponibles en www.festo.com

AM-CM: conexión neumática axial en un lado



- 1) Longitud necesaria para el montaje
- 2) Longitud nominal

AM-AM: conexión neumática axial en ambos lados



- 1) Longitud necesaria para el montaje
- 2) Longitud nominal

Tamaño	D1 máx.	D2	D3	EE	Ln ¹⁾		L1		L3
					mín.	máx.	AM-CM	AM-AM	
10	22	M8	M16x1,5	G ¹ / ₈	40	9 000	53	54	26
20	35	M10x1,25	M20x1,5	G ¹ / ₄	60		79	81	38,5
40	57	M16x1,5	M30x1,5	G ³ / ₈	120		114	118	55

Tamaño	L4	L5	L6	L7	$\varnothing 1^2)$	$\varnothing 2^2)$	$\varnothing 3^2)$	$\varnothing 4$	$\varnothing 5$
10	15	16	27	19	17	10	17	13	24
20	20	18	40,5	30	19	12	20	17	30
40	24	35	59	44	30	19	30	24	46

1) Tolerancia < 100 mm ±1 mm, 100 ... 400 mm ±1%, > 400 mm ±4 mm

2) Debido a los procesos de fabricación es posible que se produzcan pequeñas diferencias de paralelismo en los puntos de conexión del lado derecho e izquierdo.

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Referencias: conjunto de productos

M Indicaciones mínimas					
Nº de artículo	Función	Tamaño	Longitud nominal	Primera conexión	Segunda conexión
541 403	DMSP	10	40 ... 9 000	RM	CM
541 404		20		AM	RM
541 405		40			AM
Ejemplo de pedido					
541 404	DMSP	- 20	- 5 000 N	- AM	- RM

Tablas para realizar los pedidos						
Tamaño	10	20	40	Condiciones	Código	Entrada código
M Nº de artículo	541 403	541 404	541 405			
Función	Músculo neumático con extremos prensados				DMSP	DMSP
Tamaño [mm]	10	20	40		-...	
Longitud nominal [mm]	40 ... 9 000	60 ... 9 000	120 ... 9 000		-...N	-...N
Primera conexión	Radial, rosca exterior Rosca de conexión / Conexión de aire comprimido M8 / G $\frac{1}{8}$ M10x1,25 / G $\frac{1}{4}$ M16x1,5 / G $\frac{3}{8}$				-RM	
	Axial, rosca exterior Rosca de conexión / Conexión de aire comprimido M16x1,5 / G $\frac{1}{8}$ M20x1,5 / G $\frac{1}{4}$ M30x1,5 / G $\frac{3}{8}$				-AM	
Segunda conexión	Cerrada, rosca exterior Rosca de conexión M8 M10x1,25 M16x1,5				-CM	
	Radial, rosca exterior Rosca de conexión / Conexión de aire comprimido M8 / G $\frac{1}{8}$ M10x1,25 / G $\frac{1}{4}$ M16x1,5 / G $\frac{3}{8}$				-RM	
	Axial, rosca exterior Rosca de conexión / Conexión de aire comprimido M16x1,5 / G $\frac{1}{8}$ M20x1,5 / G $\frac{1}{4}$ M30x1,5 / G $\frac{3}{8}$				-AM	

Continúa: código de pedido

	DMSP	-		-	...N	-		-	
--	------	---	--	---	------	---	--	---	--

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Accesorios

Referencias				Hojas de datos → Internet: cabezales para vástagos			
Denominación	Para tamaño	Nº art.	Tipo	Denominación	Para tamaño	Nº art.	Tipo
Cabeza de rótula SGS				Placa de acoplamiento KSG			
	10	9 255	SGS-M8		10	–	
	20	9 261	SGS-M10x1,25		20	32 963	KSG-M10x1,25
	40	9 263	SGS-M16x1,5 ¹⁾		40	32 965	KSG-M16x1,5
Horquilla SG				Placa de acoplamiento KSZ			
	10	3 111	SG-M8		10	36 124	KSZ-M8
	20	6 144	SG-M10x1,25		20	36 125	KSZ-M10x1,25
	40	6 146	SG-M16x1,5 ¹⁾		40	36 127	KSZ-M16x1,5

-  - Importante

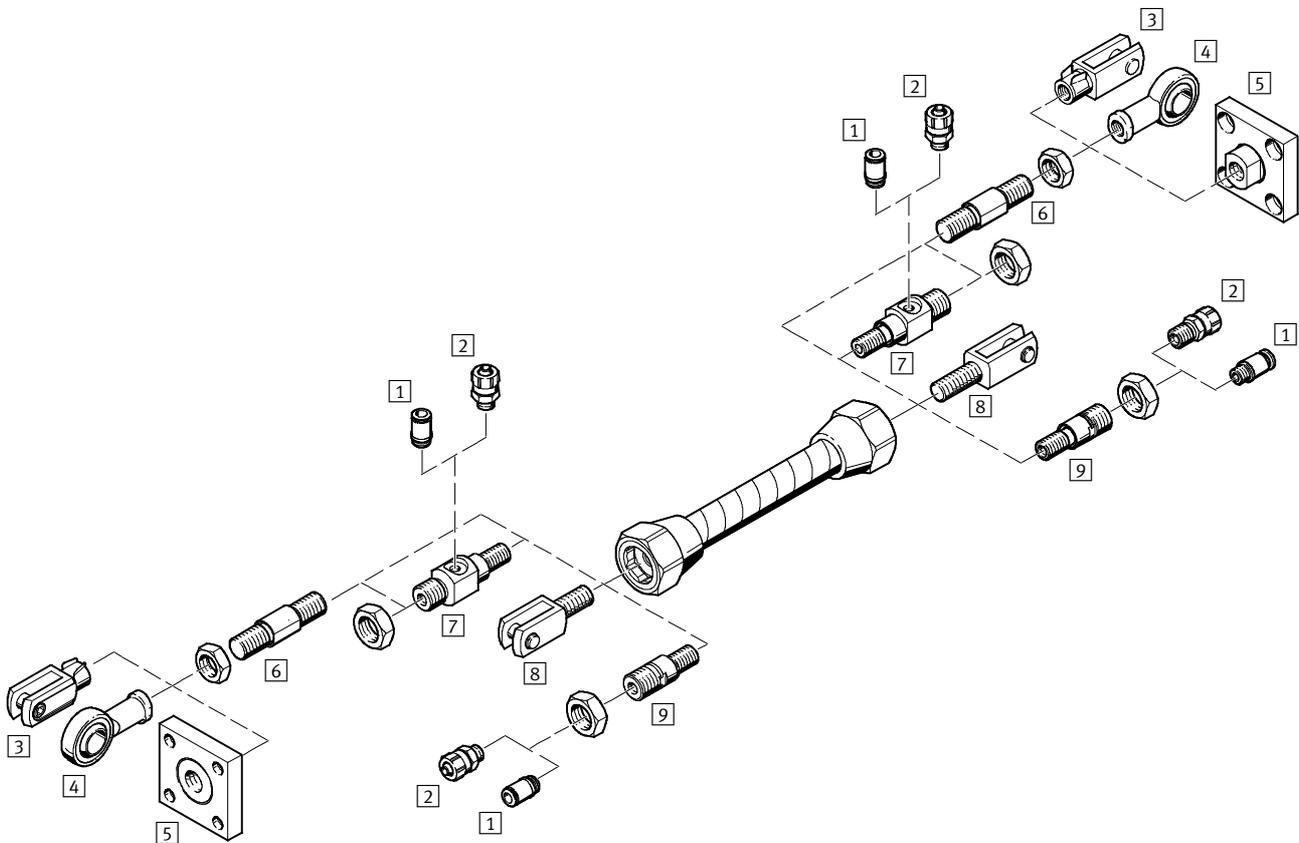
1) Si el DMSP-40 está expuesto a cargas dinámicas, los accesorios tienen como consecuencia que se produzcan limitaciones en relación con los datos técnicos. Base: carga nominal, momento de fricción con $\mu = 0,2$:

- Resistencia continua con 6 000 N: 1 millón de ciclos con carga (valores mayores sobre demanda)
- Resistencia continua con 4 000 N: 10 millones de ciclos con carga

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Cuadro general de periféricos

FESTO



Elementos de fijación y accesorios		
	Descripción resumida	→ Página/Internet
1	Racores rápidos roscados QS	Para la conexión de tubos flexibles con tolerancias en su diámetro exterior quick star
2	Racores rápidos CK	Para la conexión de tubos flexibles con tolerancias en su diámetro interior ck
3	Horquilla SG	Permite una conexión articulada del músculo neumático 31
4	Cabeza de rótula SGS	Con cojinete esférico 31
5	Acoplamiento KSG/KSZ	Para compensar desviaciones radiales 31
6	Barra roscada MXAD-T	Para la conexión de accesorios de accionamiento 31
7	Adaptador radial MXAD-R	Para la conexión de accesorios de cilindros y para la alimentación radial del aire comprimido 30
8	Horquilla SGA	Con rosca exterior para el montaje directo del músculo neumático 31
9	Adaptador axial MXAD-A	Para la conexión de accesorios de cilindros y para la alimentación axial del aire comprimido 30

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Código para el pedido

MAS - 10 - 500N - AA - MC - K - ER - EG

Forma de accionamiento

de simple efecto, tracción	
MAS	Músculo neumático

∅ interior [mm]

Longitud nominal [mm]

...N	40 ... 9 000
------	--------------

Material

AA	Material estándar (cloropreno, aramida)
----	---

Tipo de conexión

MC	Abierto por un lado
MO	Con conexión por ambos extremos

Tipo de conexión

K	Con limitación de fuerza
O	Sin limitación de fuerza

Accesorios (incluidos sueltos)

Adaptadores	
ER	1 adaptador para alimentación radial del aire, en un lado
EA	1 adaptador para alimentación axial del aire, en un lado
BR	2 adaptadores para alimentación radial del aire, en ambos lados
BA	2 adaptadores para alimentación axial del aire, en ambos lados
RA	1 adaptador para alimentación radial y 1 adaptador para alimentación axial del aire

Fijación

EG	1 barra roscada para la fijación en un lado
BG	2 barras roscadas, en ambos lados

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

FESTO

Hoja de datos

-  Tamaño
10 ... 40 mm
-  Longitud nominal
40 ... 9 000 mm
-  Fuerza de tracción
0 ... 6 000 N



Datos técnicos generales		10	20	40
Tamaño		10	20	40
Conexión neumática		→ Adaptador MXAD...ver a partir de la página 30		
Construcción		Membrana contráctil		
Funcionamiento		de simple efecto, tracción		
Diámetro interior	[mm]	10	20	40
Longitud nominal	[mm]	40 ... 9 000	60 ... 9 000	120 ... 9 000
Carga adicional máxima, colgante	[kg]	30	80	250
Estiramiento inicial máximo admisible ¹⁾	Sin limitación de fuerza	3% de la longitud nominal	4% de la longitud nominal	5% de la longitud nominal
	Con limitación de fuerza	3% de la longitud nominal	3% de la longitud nominal	3% de la longitud nominal
Contracción máxima admisible		25% de la longitud nominal		
Histéresis máx.		≤ 3% de la longitud nominal	≤ 2,5% de la longitud nominal	
Relajación máx.		≤ 4% de la longitud nominal		≤ 3% de la longitud nominal
Precisión de repetición		≤ 1% de la longitud nominal		
Tipo de fijación		Con accesorios		
Posición de montaje		indistinta (si surgen fuerzas laterales, es necesario utilizar una guía externa)		

1) El estiramiento inicial máximo se obtiene al colgar la carga máxima admisible.

Condiciones de funcionamiento y del entorno		10	20	40
Tamaño		10	20	40
Presión de funcionamiento	[bar]	0 ... 8	0 ... 6	
Fluido de trabajo		Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-]		
Nota sobre el fluido de trabajo/mando		Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)		
Temperatura ambiente	[°C]	-5 ... +60		
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾		2		

2) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

Fuerzas [N] con la presión de funcionamiento máxima admisible		10	20	40
Tamaño		10	20	40
Fuerza teórica		630	1 500	6 000
Limitación de fuerza		400	1 200	4 000

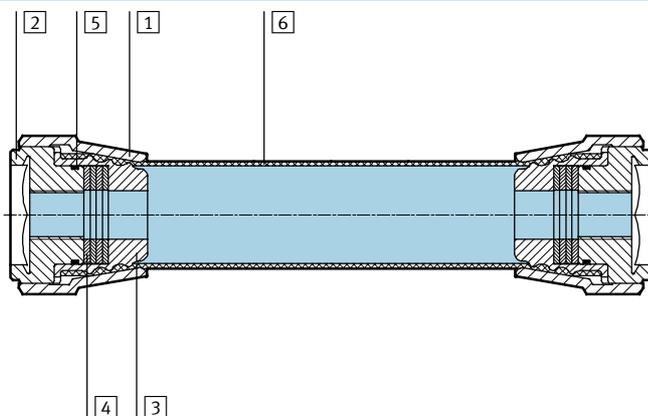
Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Hoja de datos

Pesos [g]				
Tamaño		10	20	40
Peso básico con longitud de 0 m		77	238	673
Peso adicional por cada metro de longitud		94	178	340
Conexión sin limitación de fuerza	MO	38	114	331
	MC	39	124	342
Conexión con limitación de fuerza	MO	49	153	521
	MC	49	153	521

Materiales

Vista en sección



Músculo neumático		
1	Tuerca	Aleación forjada de aluminio anodizado incoloro
2	Brida	Aleación forjada de aluminio anodizado azul
3	Cono interior	Aleación forjada de aluminio anodizado incoloro
4	Resortes de disco	Acero
5	Anillo de junta	Caucho nitrílico
6	Membrana	Cloropreno, aramida
-	Pegamento	Loctite 243 (aplicación en la rosca)
-	Lubricante	Klüberplex BE 31-102
	Materiales	Sin cobre, PTFE ni silicona

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Hoja de datos

FESTO

Fuerza F [N] admisible en función de la contracción h [%] de la longitud nominal

El límite para “cargas colgantes” está determinado por la estricción. Por ejemplo, colgando un peso de 30 kg del músculo neumático MAS-10-..., el

estiramiento inicial es de un 3%, tal como consta en el diagrama. Al utilizarse el músculo neumático deberán considerarse los datos técnicos y

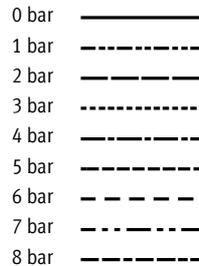
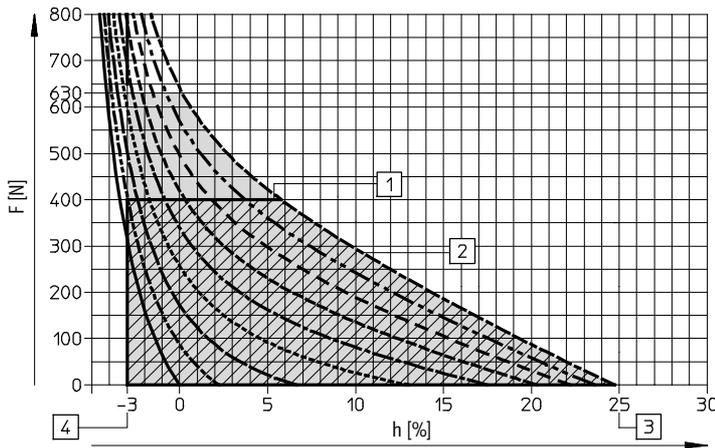
respetarse los límites allí indicados. En los siguientes diagramas se aprecia la superficie que equivale al

campo de utilización del músculo neumático en función de diversos criterios que limitan su utilización.

Utilización de los diagramas

1. La limitación superior de la superficie gris describe la fuerza máxima admisible.
2. La línea de la derecha que limita los márgenes de funcionamiento admisibles corresponde a la presión de funcionamiento máxima admisible.
3. La línea vertical de la derecha que limita los márgenes de funcionamiento admisibles corresponde a la contracción máxima admisible.
4. La línea de la izquierda que limita los márgenes de funcionamiento admisibles corresponde al límite de carga del músculo, determinado por su estiramiento máximo.

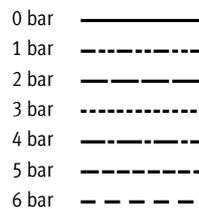
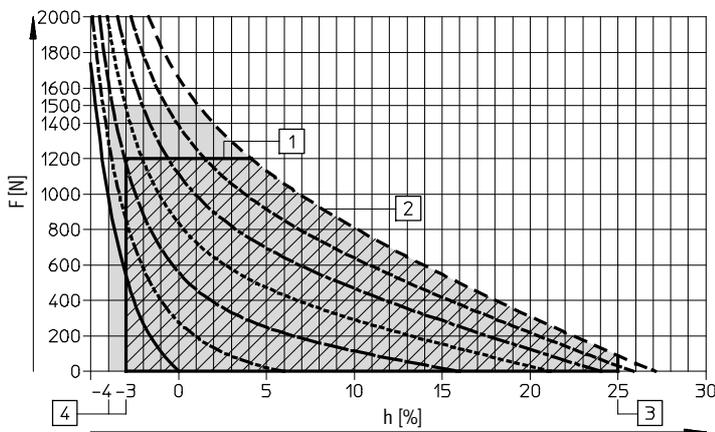
Margen de funcionamiento MAS-10-100N-...



Ejemplos de configuración → 32

- 1 Limitación de la fuerza con MAS-10-...-K
 - 2 Presión máx. de funcionamiento
 - 3 Deformación máx.
 - 4 Estiramiento inicial máx.
- Margen de funcionamiento con MAS-10-...
 ■ Margen de funcionamiento con MAS-10-...-K

Margen de funcionamiento MAS-20-200N-...



Ejemplos de configuración → 32

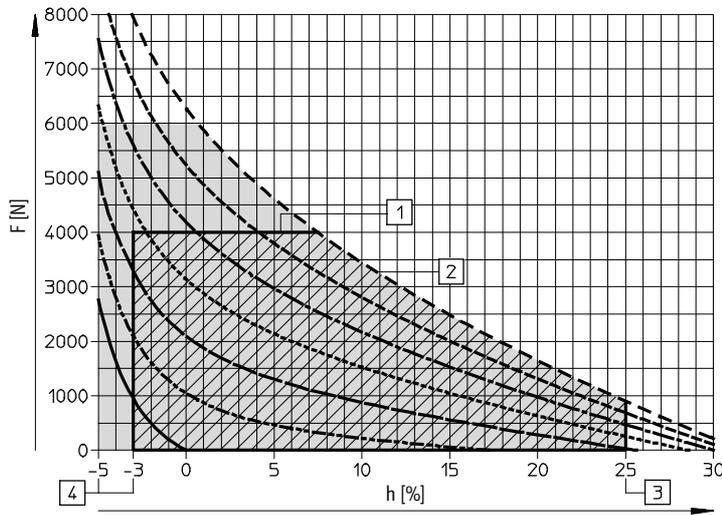
- 1 Limitación de la fuerza con MAS-20-...-K
 - 2 Presión máx. de funcionamiento
 - 3 Deformación máx.
 - 4 Estiramiento inicial máx.
- Margen de funcionamiento con MAS-20-...
 ■ Margen de funcionamiento con MAS-20-...-K

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Hoja de datos

Margen de funcionamiento MAS-40-400N-...

Ejemplos de configuración → 32



- 0 bar ———
- 1 bar - - - - -
- 2 bar ———
- 3 bar - - - - -
- 4 bar ———
- 5 bar - - - - -
- 6 bar - - - - -

- 1 Limitación de la fuerza con MAS-40-...-K
- 2 Presión máx. de funcionamiento
- 3 Deformación máx.
- 4 Estiramiento inicial máx.

- Margen de funcionamiento con MAS-40-...-K
- Margen de funcionamiento con MAS-40-...-K

Importante

El estiramiento inicial se refiere a la ejecución sin limitación de la fuerza. En los diagramas constan los músculos de longitud normalizada (longitud = 10x diámetro interior). Por ello es recomendable utilizar el software de

cálculo para músculos neumáticos para definir la configuración necesaria. Este software está disponible en www.festo.com. El diagrama fuerza/recorrido permite definir una configuración aproxi-

mada. Los factores que inciden en la relación fuerza/recorrido (por ejemplo, propiedades del material, oscilaciones en el proceso de fabricación y longitudes nominales) no se han tenido en cuenta en estos diagra-

mas. Por ello es posible que la fuerza teórica sea superior en hasta un diez por ciento. Las desviaciones pueden compensarse mediante la adaptación de la presión (hasta la presión de funcionamiento máxima admisible).

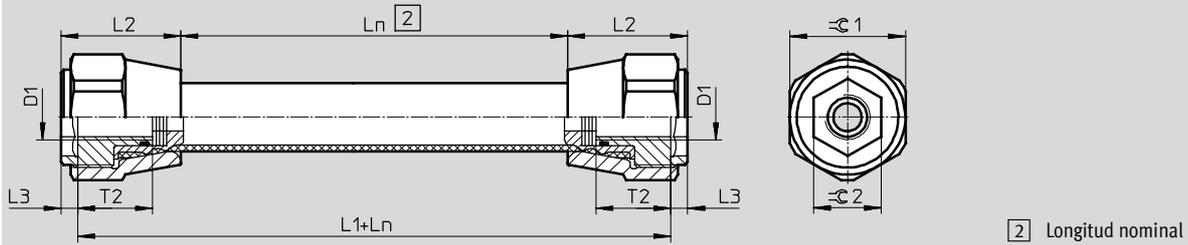
Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Hoja de datos

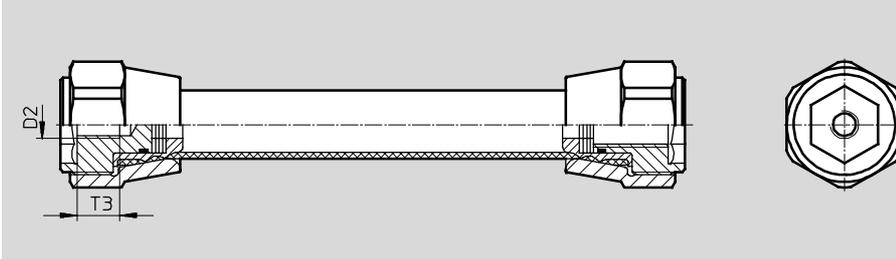
Dimensiones: sin limitación de fuerza

Datos CAD disponibles en → www.festo.com

MO-0: abierto en ambos lados



MC-0: abierto en un lado



Tamaño	D1	D2	Ln		L1
			mín.	máx.	
10	M10x1,25	M10x1,25	40	9 000 ¹⁾	60,2
20	M16x1,5	M10x1,25	60		73
40	M20x1,5	M16x1,5	120		95

Tamaño	L2	L3	T2	T3	∅1	∅2
10	34,1	4	10	10	27	17
20	42,5	6	26,5	15	41	24
40	55,5	8	21,8	20	60	41

1) Tolerancia ≤ 100 mm ±1 mm, 100 ... 400 mm ±1%, > 400 mm ±4 mm

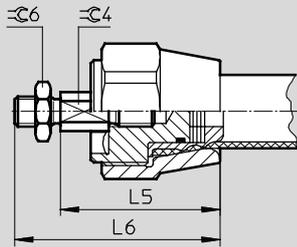
Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Hoja de datos

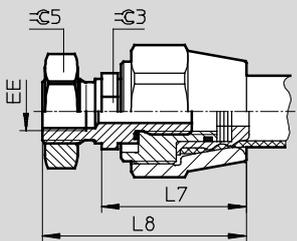
Dimensiones: sin limitación de fuerza

Datos CAD disponibles en www.festo.com

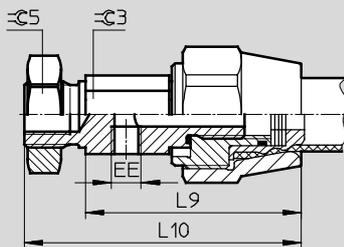
EG: abierto en un lado, con barra roscada



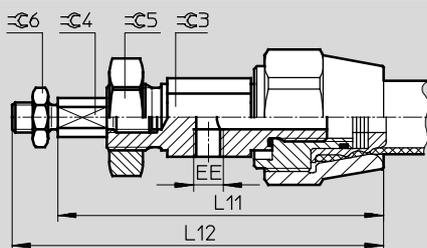
EA/BA: conexión neumática axial en un lado / en ambos lados



ER/BR: conexión neumática radial en un lado / en ambos lados



ER/BR-EG/BG: conexión neumática radial en un lado / en ambos lados, con barra roscada



Tamaño	EE		L5	L6	L7	L8	L9
	Axial	Radial					
10	G $\frac{1}{8}$	M5	46,1	61,1	42,6	60	58,2
20	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{8}$	52,5	67,5	49	69	71
40	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	67,5	91,5	63	101	93

Tamaño	L10	L11	L12	$\varnothing 3$	$\varnothing 4$	$\varnothing 5$	$\varnothing 6$
10	75,6	96,6	111,6	17	11	24	17
20	91	107	122	24	11	32	17
40	131	151	175	36	17	46	24

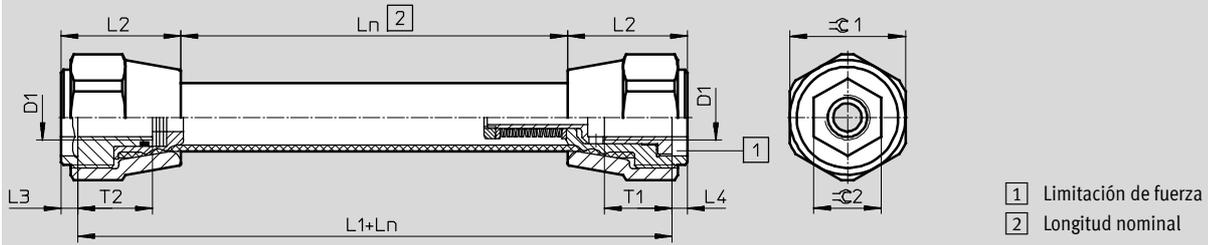
Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Hoja de datos

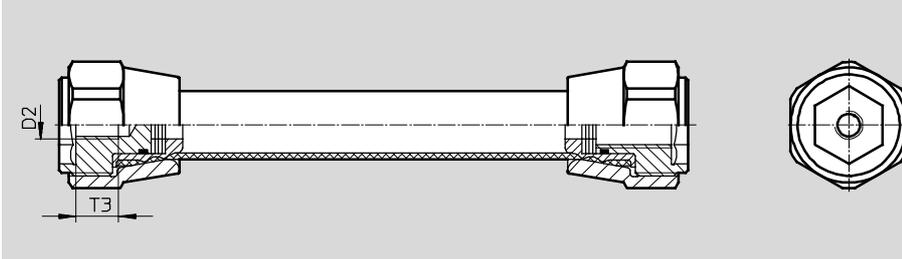
Dimensiones: con limitación de fuerza

Datos CAD disponibles en → www.festo.com

MO-K: abierto en ambos lados



MC-K: abierto en un lado



Tamaño	D1	D2	Ln		L1	L2
			mín.	máx.		
10	M10x1,25	M10x1,25	40	9 000 ¹⁾	61,7	34,1
20	M16x1,5	M10x1,25	60		73,5	42,5
40	M20x1,5	M16x1,5	120		96,5	55,5

Tamaño	L3	L4	T1	T2	T3	≈C1	≈C2
10	4	2,5	15	10	10	27	17
20	6	5,5	24	26,5	15	41	24
40	8	6,5	30	21,8	20	60	41

1) Tolerancia ≤ 100 mm ±1 mm, 100 ... 400 mm ±1%, > 400 mm ±4 mm

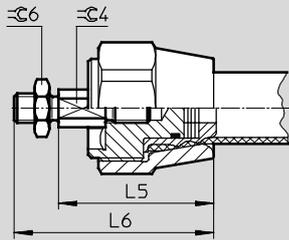
Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Hoja de datos

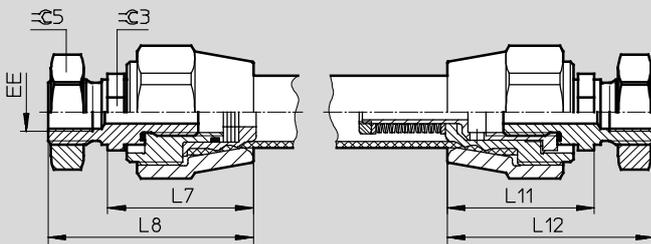
Dimensiones: con limitación de fuerza

Datos CAD disponibles en www.festo.com

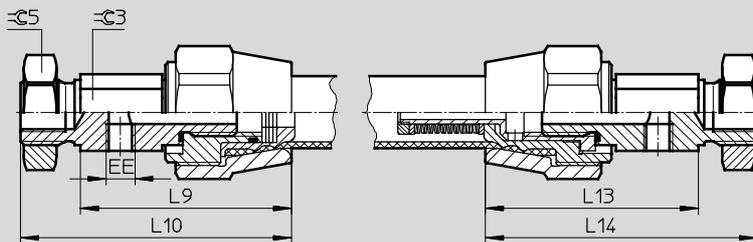
EG: abierto en un lado, con barra roscada



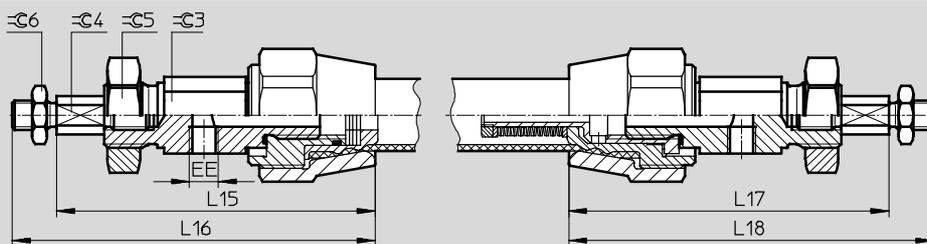
EA/BA: conexión neumática axial en un lado / en ambos lados



ER/BR: conexión neumática radial en un lado / en ambos lados



EA/BA-EG/BG: conexión neumática radial en un lado / en ambos lados, con barra roscada



Tamaño	EE		L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
	Axial	Radial								
10	G $\frac{1}{8}$	M5	46,1	61,1	42,6	60	58,2	75,6	44,1	61,5
20	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{8}$	52,5	67,5	49	69	71	91	49,5	69,5
40	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	67,5	91,5	63	101	93	131	64,5	102,5

Tamaño	L13	L14	L15	L16	L17	L18	$\varnothing 3$	$\varnothing 4$	$\varnothing 5$	$\varnothing 6$
10	59,7	77,1	96,6	111,6	98,1	113,1	17	11	24	17
20	71,5	91,5	107	122	107,5	122,5	24	11	32	17
40	94,5	132,5	151	175	152,5	176,6	36	17	46	24

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Referencias: productos modulares

M Indicaciones mínimas							O Opcional				
Nº de artículo	Función	Diámetro interior	Longitud nominal	Material	Tipo de conexión	Tipo de conexión	Adaptadores	Fijación			
534 201	MAS	10	...N	AA	MC	K	ER	EG			
534 202		20							O	EA	BG
534 203		40									
Ejemplo de pedido											
534 201	MAS	10	500N	AA	MC	K	ER	EG			

Tablas para realizar los pedidos							
Tamaño	10	20	40	Condiciones	Código	Entrada código	
M Nº de artículo	534 201	534 202	534 203				
Función	Músculo neumático con extremos atornillados				MAS		MAS
Diámetro interior [mm]	10	20	40		-...		
Longitud nominal [mm]	40 ... 9 000	60 ... 9 000	120 ... 9 000		-...N		
Material	Material estándar (cloropreno)				-AA		-AA
Tipo de conexión	Músculo neumático abierto en un lado				-MC		
	Músculo neumático abierto en ambos lados				-MO		
Tipo de conexión	Conexión atornillada con limitación de fuerza				-K		
	Conexión atornillada sin limitación de fuerza				-O		
O Adaptador (incluido suelto)	1 adaptador para alimentación radial del aire, en un lado			1	-ER		
	1 adaptador para alimentación axial del aire, en un lado			1	-EA		
	2 adaptadores para alimentación radial del aire, en ambos lados			2	-BR		
	2 adaptadores para alimentación axial del aire, en ambos lados			2	-BA		
	1 adaptador para alimentación radial y 1 adaptador para alimentación axial del aire			2	-RA		
Elemento de fijación (incluido suelto)	1 barra roscada para la fijación en un lado			3	-EG		
	2 barras roscadas, en ambos lados			4	-BG		

1 ER, EA No en combinación con la conexión tipo MO.

2 BR, BA, RA No en combinación con la conexión tipo MC.

3 EG En combinación con la conexión tipo MO, admisible únicamente utilizando el adaptador BR, RA.

4 BG

En combinación con la conexión tipo MC, admisible únicamente utilizando el adaptador ER.

En combinación con la conexión tipo MO, admisible únicamente utilizando el adaptador BR.

Continúa: código de pedido

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

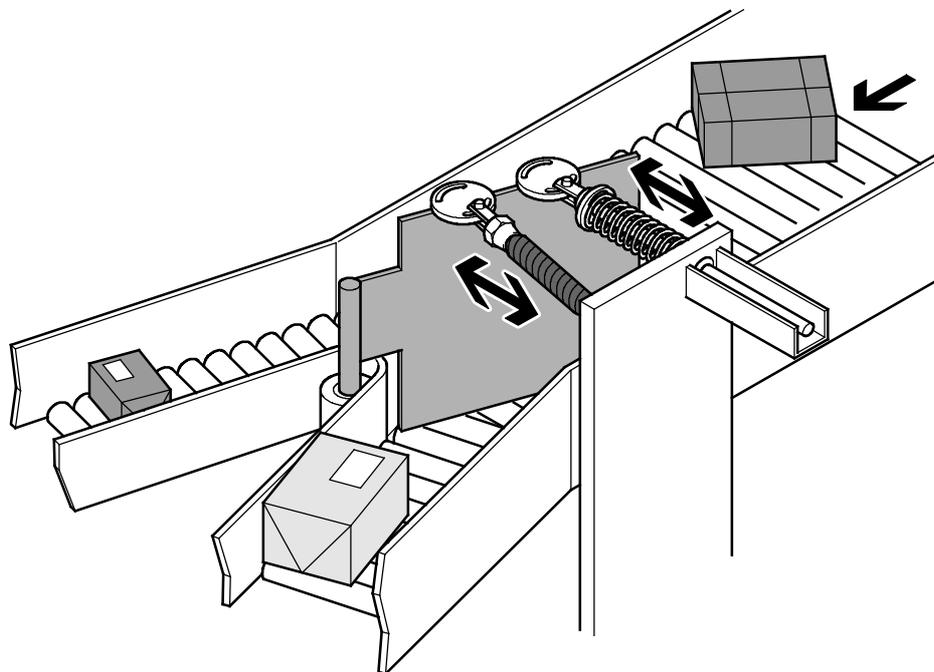
FESTO

Ejemplo de aplicación

Fuerza y dinamismo

Accionamiento de un desvío

El músculo neumático es el actuador ideal para tareas de clasificación y frenado de piezas en sistemas de transporte: es capaz de ejecutar movimientos muy rápidos y su aceleración es inmediata. Gracias a su respuesta inmediata, es posible obtener ciclos muy cortos.



Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Accesorios

Adaptador axial MXAD-A

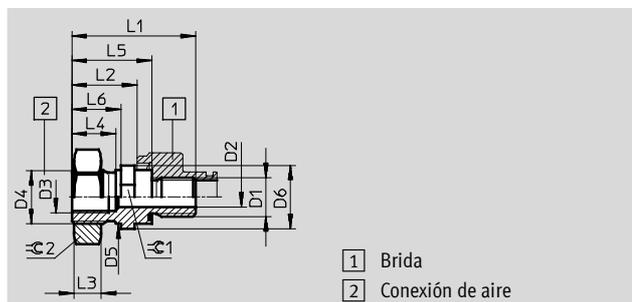
(código del pedido EA/BA/RA)

Material:

Adaptador: Aluminio anodizado

Tuerca: Latón

Junta: Caucho nitrílico



- 1 Brida
- 2 Conexión de aire

Dimensiones y referencias									
Para tamaño	D1	D2	D3	D4	D5	D6	L1	L2	L3
		Ø			Ø	Ø			
10	M10x1,25	5	G1/8	M16x1,5	16	20	39,9	25,9	8
20	M16x1,5	8	G1/4	M22x1,5	22	26	50,5	26,5	11
40	M20x1,5	10	G3/8	M30x1,5	30	40	73,5	45,5	8

Para tamaño	L4	L5	L6	≈C1	≈C2	Peso	Nº art.	Tipo
						[g]		
10	15,4	29,9	17,4	17	24	33	534 400	MXAD-A10
20	18	32,5	20	24	32	69	534 402	MXAD-A16
40	35	53,5	38	36	46	184	534 404	MXAD-A20

Adaptador radial MXAD-R

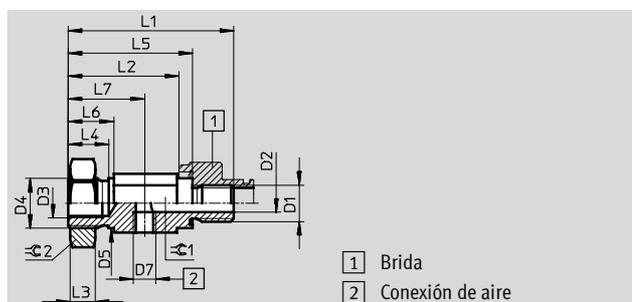
(código del pedido ER/BR/RA)

Material:

Adaptador: Aluminio anodizado

Tuerca: Latón

Junta: Caucho nitrílico



- 1 Brida
- 2 Conexión de aire

Dimensiones y referencias									
Para tamaño	D1	D2	D3	D4	D5	D7	L1	L2	L3
		Ø			Ø				
10	M10x1,25	5	M10x1,25	M16x1,5	16	M5	55,5	41,5	8
20	M16x1,5	8	M10x1,25	M22x1,5	22	G1/8	72,5	48,5	11
40	M20x1,5	10	M16x1,5	M30x1,5	30	G1/4	103,5	75,5	8

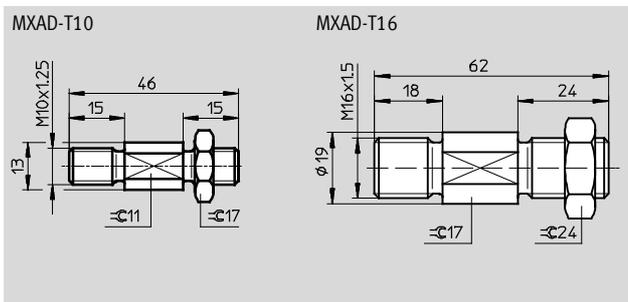
Para tamaño	L4	L5	L6	L7	≈C1	≈C2	Peso	Nº art.	Tipo
							[g]		
10	15,4	45,5	17,4	26,7	17	24	44	534 401	MXAD-R10
20	18	54,5	20	33,5	24	32	109	534 403	MXAD-R16
40	35	83,5	38	56	36	46	263	534 405	MXAD-R20

Músculo neumático MAS con extremos atornillados

Accesorios

Barra roscada MXAD-T
(código del pedido EG/BG)

Material:
Aluminio



Dimensiones y referencias				
Para tamaño	Apropiado para conexión roscada	Peso [g]	Nº art.	Tipo
10/20	M10x1,25	40	187 597	MXAD-T10
40	M16x1,5	140	187 609	MXAD-T16

Referencias				Hojas de datos → Internet: cabezales para vástagos			
Denominación	Para tamaño	Nº art.	Tipo	Denominación	Para tamaño	Nº art.	Tipo
Cabeza de rótula SGS¹⁾				Placa de acoplamiento KSG¹⁾			
	10	9 261	SGS-M10x1,25		10	32 963	KSG-M10x1,25
	20	9 261	SGS-M10x1,25		20	32 963	KSG-M10x1,25
	40	9 263	SGS-M16x1,5		40	32 965	KSG-M16x1,5
Horquilla SGA				Placa de acoplamiento KSZ¹⁾			
	10	32 954	SGA-M10x1,25		10	36 125	KSZ-M10x1,25
	20	32 954	SGA-M10x1,25		20	36 125	KSZ-M10x1,25
	40	10 768	SGA-M16x1,5		40	36 127	KSZ-M16x1,5
Horquilla SG¹⁾							
	10	6 144	SG-M10x1,25				
	20	6 144	SG-M10x1,25				
	40	6 146	SG-M16x1,5				

1) Se necesita una barra roscada tipo MXAD-T...

Músculo neumático DMSP/MAS

Diseño



Ejemplo 1

Elevación de una carga constante

Tarea: elevar 100 mm una carga constante de 80 kg con el músculo neumático desde una superficie de base. En la carga no inciden otras fuerzas. La presión de funcionamiento es de 6 bar.

Se buscan el diámetro y la longitud nominal del músculo neumático.



La configuración debería hacerse preferentemente con el software de configuración, ya que los diagramas sólo muestran músculos con longitud

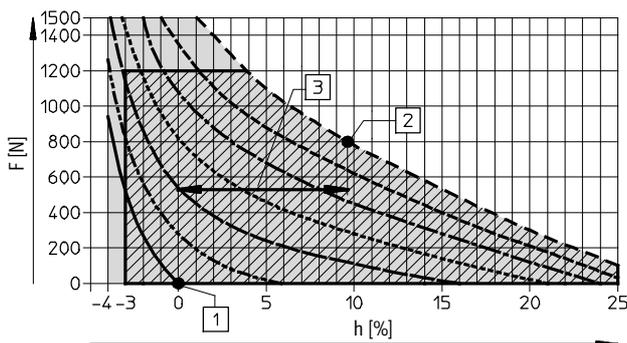
normalizada (longitud normalizada = 10x diámetro interior). Este software está disponible en www.festo.com.

Al utilizarse el músculo neumático deberán considerarse los datos técnicos y respetarse los límites allí indicados.

Condiciones generales	Valores
Fuerza necesaria en posición de reposo	0 N
Carrera necesaria	100 mm
Fuerza necesaria con el músculo contraído	aprox. 800 N
Presión de funcionamiento	6 bar

Solución

Paso 1 Definir el tamaño del músculo neumático	Determinar el diámetro apropiado del músculo neumático aplicando el criterio de la fuerza necesaria. La fuerza necesaria es de 800 N. Pueden elegirse el MAS-20-... o MAS-40-... .
Paso 2 Definir el punto 1 de la carga	Incluir el punto 1 de aplicación de la carga en el diagrama fuerza-recorrido del MAS-20-.... Fuerza $F = 0$ N Presión $p = 0$ bar
Paso 3 Definir el punto 2 de la carga	Incluir el punto 2 de aplicación de la carga en el diagrama fuerza-recorrido. Fuerza $F = 800$ N Presión $p = 6$ bar
Paso 4 Leer el cambio de longitud	El cambio de la longitud del músculo se define en función de los puntos de aplicación de la carga y el valor correspondiente consta en el eje X (contracción en %). Resultado: Contracción de 9,6%.
Paso 5 Calcular la longitud nominal	Considerando una carrera de 100 mm, para obtener la longitud nominal del músculo neumático hay que dividir dicha longitud por el porcentaje de la contracción. Resultado: $100 \text{ mm} / 9,6\% \approx 1042 \text{ mm}$.
Paso 6 Resultado	Deberá utilizarse un músculo neumático de longitud nominal de 1042 mm. Para elevar 100 mm una carga de 80 kg se necesita un MAS-20-1042N-AA-....



- 1 Punto 1 de aplicación de la carga
- 2 Punto 2 de aplicación de la carga
- 3 Cambio de la longitud = 9,6%

Músculo neumático DMSP/MAS

Diseño

Ejemplo 2

Utilización como muelle de tracción

En este ejemplo, el músculo neumático se utiliza como muelle de tracción.

Se buscan el diámetro y la longitud nominal del músculo neumático.



La configuración debería hacerse preferentemente con el software de configuración, ya que los diagramas sólo muestran músculos con longitud

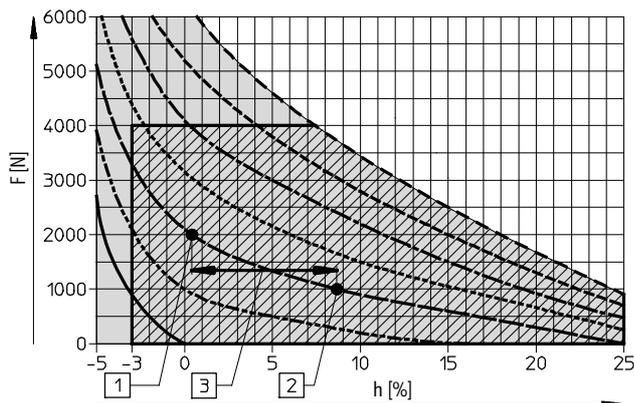
normalizada (longitud normalizada = 10x diámetro interior). Este software está disponible en www.festo.com.

Al utilizarse el músculo neumático deberán considerarse los datos técnicos y respetarse los límites allí indicados.

Condiciones generales	Valores
Fuerza necesaria con el músculo expandido	2 000 N
Fuerza necesaria con el músculo contraído	1 000 N
Carrera necesaria (longitud de contracción)	50 mm
Presión de funcionamiento	2 bar

Solución

- Paso 1**
Definir el tamaño del músculo neumático
- Determinar el diámetro apropiado del músculo neumático aplicando el criterio de la fuerza necesaria. La fuerza necesaria es de 2 000 N, por lo que deberá elegirse un MAS-40-....
- Paso 2**
Definir el punto 1 de la carga
- Incluir el punto 1 de aplicación de la carga en el diagrama fuerza-recorrido del MAS-40-....
Fuerza $F = 2\ 000\ \text{N}$
Presión $p = 2\ \text{bar}$
- Paso 3**
Definir el punto 2 de la carga
- Incluir el punto 2 de aplicación de la carga en el diagrama fuerza-recorrido.
Fuerza $F = 1\ 000\ \text{N}$
Presión $p = 2\ \text{bar}$
- Paso 4**
Leer el cambio de longitud
- El cambio de la longitud del músculo se define en función de los puntos de aplicación de la carga y el valor correspondiente consta en el eje X (contracción en %).
Resultado:
Contracción de 8,7%.
- Paso 5**
Calcular la longitud nominal
- Considerando una carrera de 50 mm, para obtener la longitud nominal del músculo neumático hay que dividir dicha longitud por el porcentaje de la contracción.
Resultado:
 $50\ \text{mm} / 8,7\% \sim 544\ \text{mm}$.
- Paso 6**
Resultado
- Deberá utilizarse un músculo neumático de longitud nominal de 544 mm.
Para aplicar una fuerza de tracción de 2 000 N en una carrera de 50 mm debe utilizarse un músculo neumático MAS-40-544N-AA-....



- 0 bar —————
- 1 bar - - - - -
- 2 bar ————
- 3 bar - - - - -
- 4 bar ————
- 5 bar ————
- 6 bar - - - - -

- 1 Punto 1 de aplicación de la carga
- 2 Punto 2 de aplicación de la carga
- 3 Cambio de la longitud = 8,7%

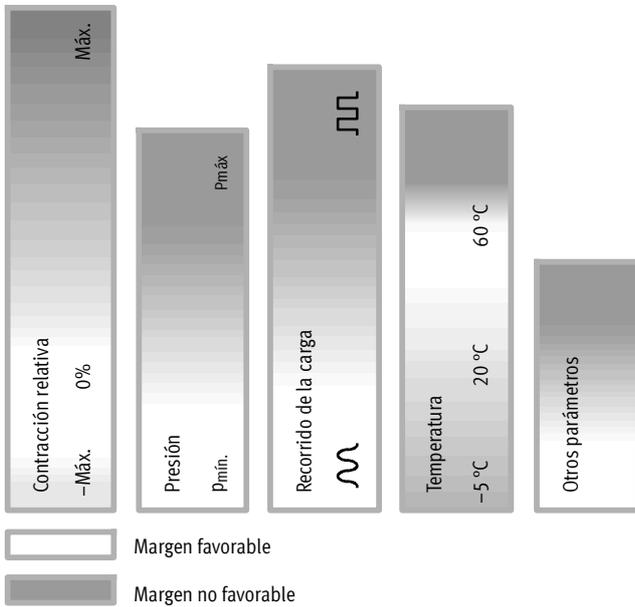
Músculo neumático DMSP/MAS

Diseño

FESTO

Duración (altura de la barra = Importancia / Influencia)

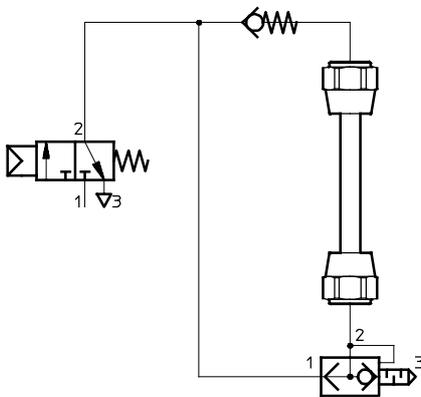
Optimización mediante elección de los parámetros apropiados



En aplicaciones típicas, la duración del músculo neumático es desde 100 000 hasta 10 millones de ciclos. Los datos que constan en el diagrama de la izquierda pueden aprovecharse para optimizar la configuración. Por ejemplo, una disminución de la contracción relativa permite aumentar

la duración (utilización de un músculo neumático más largo). En ese caso también es recomendable disminuir la presión, cosa que es posible ya que la fuerza es mayor si la contracción relativa es menor. También esta medida contribuye a aumentar la duración del músculo neumático.

Reducción del aumento de temperatura



La duración del músculo neumático depende de la contracción, de la presión de funcionamiento y de la temperatura. La temperatura puede aumentar si aumentan las frecuencias y la carga. Mediante la aplicación

controlada de presión en un lado y la descarga controlada en el otro, es posible disminuir el calor, consiguiendo así alargar la duración del músculo neumático (sólo con músculo neumático abierto en ambos lados).