

Las dimensiones de un embrague o freno de Warner Electric dependen de varios factores. A continuación se muestran los factores más comunes en orden cronológico:

- Par transmisible: En Nm
- Fuente de energía: Eléctrica, Neumática, Hidráulica o Mecánica
- Modo de actuación: Estático o Girando
- Ambiente de funcionamiento: Lubricado, Seco o Combinado
- Disipación térmica: Ciclo de Trabajo, Inercia, Velocidad, etc.
- Orientación de montaje: Horizontal, Vertical, Inclinada

La mayoría de las aplicaciones se pueden calcular utilizando las fórmulas y los métodos de cálculo que se facilitan más abajo. En casos especiales, recomendamos que se ponga en contacto con fábrica.

## Par Transmisible

El cálculo del par proporciona una primera aproximación del tamaño de la unidad Warner Electric que se necesita. Estos son los distintos pares transmisibles:

### Par Estático

El par máximo transmisible cuando los componentes que se deben acoplar están en sincronismo (velocidad relativa cero).

### Par Dinámico

Este es el par que desarrolla un embrague o freno durante la aceleración o deceleración hasta que se alcanza la velocidad relativa cero entre el elemento motriz y el elemento conducido. Este par es una variable, en función de la velocidad de giro, el factor de fricción, el tipo de material de fricción utilizado, el ambiente de funcionamiento y el tiempo de aceleración o deceleración que se quiere para obtener la velocidad de giro deseada.

### Par Residual

Normalmente se aplica solo a unidades multi-disco. Este par es el resultado de la fricción entre los discos internos y externos en una unidad desactivada.

### Par Nominal

El par nominal de una fuente de energía se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$M_n = 9550 \cdot P / n$$

donde:

- $M_n$  = par requerido en Nm
- $P$  = potencia en kW
- $n$  = velocidad en  $\text{min}^{-1}$

### Cálculo del Par de un Embrague

Si el par nominal no se conoce, se recomienda añadir un factor K de seguridad en función de la fuente de transmisión y el modo de actuación: mono-disco, multi disco o dientes. Esto da como resultado la fórmula:

$$M_n = (9550 \cdot P / n) \cdot K$$

Para hacer una selección rápida en función de la potencia de transmisión, utilice K = :

- 2,5 - 3 para motores eléctricos
- 4 - 5 para motores diésel
- 5 - 6 para compresores

**Método para determinar el par de transmisión de un Embrague o Freno Warner Electric.** Este método le permite actuar en base a las características de la máquina y definir con precisión el tipo de producto más adecuado para la aplicación.

### 1) Calcule el par de carga

Se trata del par de la carga y la fricción del mecanismo que el embrague debe superar antes de que empiece a girar la parte conducida. El valor es básicamente igual a la fuerza tangencial ejercida sobre el brazo de palanca.

$$M_1 = F \cdot R \cdot n_2 / n_1$$

donde

$M_1$  = fuente estático par en Nm

$F$  = fuerza en N

$R$  = radio en m

$n_1$  = velocidad del eje del embrague o del freno en  $\text{min}^{-1}$

$n_2$  = velocidad del eje del mecanismo en  $\text{min}^{-1}$

### 2) Calcule el momento de inercia

El momento de inercia representa la masa que debe llevarse a la velocidad o detenerse hasta que se obtenga el sincronismo entre el eje de transmisión y el eje de transmisión. Por tanto, esto está directamente relacionado con la inercia reflejada en el eje del embrague. La inercia de rotación y lineal se calculan mediante las siguientes fórmulas:

## Inercia de Rotación

### Cilindro macizo

$$J = 1/2 \cdot m \cdot R^2$$

### Cilindro hueco

$$J = 1/2 \cdot m \cdot (R^2 + r^2)$$

donde:

$J$  = en  $\text{kgm}^2$

$m$  = masa en kg

$R$  = radio exterior en m

$r$  = radio interior en m

Seguido el total de la inercia debe referirse al eje del embrague en función del cuadrado de las relaciones de velocidad.

$$J_{\text{total}} = J_1 + J_2 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 + J_3 \left( \frac{n_3}{n_1} \right)^2$$

donde:

$J_{\text{total}}$  = inercia total en  $\text{kgm}^2$

$n_1$  = velocidad del eje de transmisión en  $\text{min}^{-1}$

$n_2$  = velocidad del eje intermedio en  $\text{min}^{-1}$

$n_3$  = velocidad del eje accionado en  $\text{min}^{-1}$

$J_1$  = inercia del eje de transmisión en  $\text{kgm}^2$

$J_2$  = inercia del eje intermedio en  $\text{kgm}^2$

$J_3$  = inercia del eje accionado en  $\text{kgm}^2$

## Inercia lineal

$$J = 91 \cdot m \cdot v^2 / n^2$$

donde:

$J$  = inercia en  $\text{kgm}^2$

$m$  = masa en kg

$v$  = velocidad en m/s

$n$  = velocidad de rotación en  $\text{min}^{-1}$

## Inercia total

Esta es la suma de todas las inercias de rotación y reflejo (incluida la inercia de las piezas del embrague o el freno).

# Embragues y Frenos Dimensiones y Selección

## 3) Tiempo para acelerar o decelerar

$$M_d = (J_{total} \cdot n) / (9,55 \cdot t)$$

donde:

- $M_d$  = par de aceleración/deceleración par en Nm
- $J_{total}$  = inercia total en  $\text{kgm}^2$
- $n$  = velocidad del eje del embrague o freno en  $\text{min}^{-1}$
- $t$  = tiempo requerido de aceleración/deceleración en s

## 4) Tiempo para acelerar o decelerar

$$M_{total} = M_d \pm M_l$$

(excepto elevación, para este tipo de aplicación, por favor póngase en contacto con nosotros)

donde:

- $M_{total}$  = en Nm
  - $M_l$  = par estático en Nm
  - $M_d$  = par de aceleración/deceleración en Nm
- El par nominal del embrague o el freno siempre debe ser mayor que el par calculado con este método.

## 5) tiempo real de aceleración o deceleración

$$t = (J_{total} \cdot n) / (9,55 \cdot (M_n \pm M_l))$$

donde:

- $t$  = en s
- $J_{total}$  = inercia total en  $\text{kgm}^2$
- $n$  = velocidad del eje del embrague o freno en  $\text{min}^{-1}$
- $M_n$  = par nominal del embrague o freno seleccionado .... en Nm
- $M_l$  = par estático en Nm (- para un embrague, + para un freno)

## Modos de Inserción de Energía

La gama de Embragues y Frenos de Warner Electric incluye dispositivos activos:

- Electromagnéticamente
- Hidráulicamente
- Neumáticamente
- Mecánicamente

Se pueden activar:

- Aplicando energía o presión; = las superficies de fricción se comprimen, cuando se aplica fuerza
- En ausencia de energía o presión; = las superficies de fricción se comprimen por la fuerza que ejercen los muelles, haciendo que estas unidades sean aptas como dispositivos de seguridad.

La selección también está determinada por el periodo de tiempo que va estar girando o parada.

## Acoplamiento

Cuando la velocidad entre el eje motriz y el eje conducido es diferente, solo podremos usar embragues o frenos de uno o múltiples discos. Si no hay diferencia de velocidad entre los ejes o la actuación (acoplamiento) es en parada, podremos utilizar embragues o frenos con dientes.

Generalmente, las unidades con dientes tienen diámetros D más pequeños que las unidades con discos con los mismos parámetros. Además, normalmente se activan cuando se aplica potencia. En cuanto al par de una unidad con dientes, uno debería entender que bajo ninguna circunstancia, se debe soportar cargas superiores a las que aparecen en las tablas de datos. (...a diferencia de un embrague de fricción, un embrague con dientes no puede deslizar nunca). Por tanto, se debe conocer:

- La punta de par máximo que genera el sistema de transmisión (atención con las aceleraciones / deceleraciones y inercia).

- La posibilidad de impactos y vibración en el sistema de transmisión

Dado que en muchos casos es difícil conocer estos parámetros, en unidades con la alimentación encendida (power-on), se debe aplicar un factor de seguridad de  $K = 3$ . Para movimientos de elevación, el uso de unidades con dientes están prohibidas. En unidades de fricción, los valores de par que aparecen en nuestras tablas se basan en condiciones de puesta en marcha. En condiciones nuevas, el par transmisible puede estar por debajo del 50 % de su valor nominal. Las potencias nominales se obtienen después de realizar varias operaciones (pulido) con un diferencial de velocidad de más de 1m/s. Para obtener una alta precisión de posicionamiento y una rápida aceleración, se recomienda llevar a cabo una operación de puesta en marcha antes de usar. En estas aplicaciones, el uso de una fuente de alimentación de Warner Electric con aumento de corriente ayudará a reducir los periodos de embrague y desembrague.

## Condiciones de Funcionamiento

**Lubricado:** en aplicaciones con gran exigencia de energía por ciclo, recomendamos el uso de una unidad multi-disco en un entorno lubricado. Esto mantendrá un bajo desgaste de la superficie y aumentará la vida útil de la superficie de fricción. El lubricante utilizado deberá tener una viscosidad inferior a 40 centistokes a 50 C sin aditivo de alta presión. Si es posible, no sumerja las unidades.

**Seco:** la temperatura recomendada de funcionamiento está entre -25 C y hasta +40 C. Los materiales de fricción utilizados en entornos secos, generalmente son combinaciones de acero/orgánicos y tienen un factor de fricción más alto que los utilizados en entornos lubricados. Esto da como resultado un mayor grado de desgaste en función de la energía por ciclo. Como consecuencia, es importante seleccionar correctamente el producto en función de los parámetros de funcionamiento y la capacidad de disipación térmica. Si esto se pasa por alto, el desgaste será mayor, así como la deformación de los materiales de fricción.

**Mixto:** para uso en entornos mixtos, es necesario tener una protección contra las salpicaduras de grasa y partículas de suciedad.

## Disipación Térmica

Mientras se embraga o frena, la energía mecánica se genera mediante la fricción que transforma en calor. La pérdida de energía debe ser absorbida por el embrague o el freno sin causar daños. Además, esto afecta la vida útil de la unidad. Utilice las siguientes fórmulas para calcular la disipación térmica:

### Embrague o Freno

$$W = (J_{total} \cdot n^2 / 182,5) \cdot (M_n / (M_n \pm M_l))$$

donde:

- $W$  = Trabajo en julios
- $J_{total}$  = inercia total en  $\text{kgm}^2$
- $M_n$  = par nominal del embrague o freno escogido .... en Nm
- $M_l$  = par estático para embrague en Nm

# Embragues y Frenos Dimensiones y selección

+  $M_1$  = par estático para freno en Nm  
 $n$  = velocidad del embrague o freno en  $\text{min}^{-1}$

Para movimiento vertical de arriba a abajo, + y - son reversibles

## Limitador de Par

$$W = M_d \cdot n \cdot t / 9,55$$

donde:

W = en julios

$M_d$  = par de deslizamiento en Nm

$n$  = velocidad en  $\text{min}^{-1}$

t = tiempo de deslizamiento en segundos

**Usando los resultados obtenidos, verifique la disipación térmica con los diagramas que se muestran con cada unidad para ver si el producto seleccionado cumple con este requisito.**

## Posición de Montaje

En este catálogo, cada producto identifica claramente su aplicación horizontal o vertical. En algunos casos, las unidades específicas para uso horizontal pueden usarse en posición vertical. Consulte con fábrica para obtener más información.

## Fuente de Alimentación

**Eléctrica:** Nuestros embragues y frenos eléctricos funcionan con voltaje CC o CA rectificada. Las tensiones estándar son de 24, 103,5 y 207 Voltios. Warner Electric ofrece fuentes de alimentación para convertir el voltaje de CA y mantener una conmutación de CC para garantizar unos tiempos de respuesta breves.

Todas las fuentes de alimentación cumplen las normas vigentes de la CE. La conmutación es posible tanto en CA como en CC, pero cambiar en CA es entre 5 y 6 veces más lento que en CC.

Algunas unidades de accionamiento eléctrico aplican 2 tensiones, la alta se utiliza durante la activación, mientras que la baja se utiliza para mantener la armadura en posición. Las combinaciones de tensión típicas son 103,5/48 o 207/103,5 V CC.

**Contra Fuerza Electromotriz:** Al desactivarse la bobina, se produce una importante tensión contra electromotriz, especialmente en los modelos de par más elevado. Esta tensión puede incluso dañar los componentes del circuito de control. Recomendamos suprimir estos picos de tensión máximos conectando un condensador a través de la bobina. (Estas protecciones están incluidas en nuestras fuentes de alimentación).

No dude en consultar con fábrica para obtener más información.

**Neumática:** La presión de servicio normal de los embragues y frenos de Warner Electric varía entre los 5 y los 6 bars.

Para unidades activadas por presión, el par transmisible es directamente proporcional a la presión aplicada. Recomendamos utilizar un filtro/regulador y un lubricador de aire para evitar todos los riesgos de corrosión en

la cámara de aire. Para evitar pérdidas de presión en unidades axiales, se recomienda utilizar una conexión estanca entre el cubo y el eje. Para unidades radiales, se recomienda una conexión flexible sin restricciones.

**Hidráulica:** La presión de servicio normal de los embragues y frenos de Warner Electric figura en las tablas de las unidades. Se pueden utilizar presiones de servicio distintas adaptadas a sus condiciones de funcionamiento. Para proteger las superficies deslizantes del pistón/cilindro, se recomienda utilizar aceite hidráulico filtrado de 10 micras y una viscosidad adecuada para las condiciones de funcionamiento. Para las superficies de fricción, utilice un aceite con una viscosidad de hasta ISO VG46, compatible para su uso con bronce sinterizado.

## Unidades

### Electricidad

Capacidad	F	Resistencia	$\Omega$
Corriente	A	Tensión	V
Inductancia	H	Presión	bar

### Mecánica

Aceleración	$\text{m/s}^2$	Potencia	W
Ángulo	$^\circ$	Temperatura	$^\circ\text{C}$
Par	Nm	Tiempo	s
Fuerza	N	Energía	J
Gravedad	$\text{m/s}^2$	Velocidad angular	rad/s
Longitud	m	Velocidad lineal	m/s
Masa	kg	Velocidad de rotación	$\text{min}^{-1}$
Masa volumica	$\text{kg/m}^3$		
Inercia	$\text{kgm}^2$		

## Densidad de material

acrílico	1,2	hierro	7,9
aluminio	2,7	hierro (fundido)	7,3
baquelita	1,3	magnesio	1,7
latón	8,5	níquel	8,8
bronce	8,9	goma	1,2
cobre	8,9	acero	7,8
vidrio	2,6	teflon	2,2

## Conversiones

Longitud	pies	yardas	mm	m	km
Pulgadas					
1	0,08333	0,02778	25,4	0,0254	-
12	1	0,3333	304,8	0,3048	-
36	3	1	914,4	0,9144	-
0,03937	$3281 \times 10^{-6}$	$1094 \times 10^{-6}$	1	0,001	$10^{-6}$
39,37	3,281	1,094	1000	1	0,001
39370	3281	1094	106	1000	1
Masa	oz	lb	g	kg	Mg
dram					
1	0,0625	0,003906	1,772	0,001772	$1,772 \times 10^{-6}$
16	1	0,0625	28,35	0,02835	$28,35 \times 10^{-6}$
256	16	1	453,6	0,4536	$453,6 \times 10^{-6}$
0,5644	0,03527	0,002205	1	0,001	$10^{-6}$
564,4	35,27	2,205	1000	1	0,0001
$564,4 \times 10^3$	35270	2205	$10^6$	1000	1
Fuerza	oz	lb	N	kN	
dram					
1	0,0625	0,003906	0,0173656	$17,3 \times 10^{-6}$	
16	1	0,0625	0,27783	$277,83 \times 10^{-6}$	
256	16	1	4,44528	$4445,28 \times 10^{-6}$	
57,592	3,59898	0,225	1	0,0001	
$57,592 \times 10^3$	3598,9896	225	1000	1	
Par	lb.in	lb.ft	Ncm	Nm	
oz.in					
1	0,0625	0,005208	0,706	0,00706	
16	1	0,0833	11,3	0,113	
192	12	1	135,6	1,356	
1,4162	0,0885	0,0074	1	0,01	
141,619	2 8,8512	0,7376	100	1	
Inercia	lb.in <sup>2</sup>	lb.ft <sup>2</sup>	kgcm <sup>2</sup>	kgm <sup>2</sup>	
oz.in <sup>2</sup>					
1	0,0625	0,000434	0,183	$18,3 \times 10^{-6}$	
16	1	0,006944	2,926	$0,2926 \times 10^{-3}$	
2304	144	1	421,344	0,421344	
5,465	0,34156	$2,3718 \times 10^{-3}$	1	0,0001	
54650	3415,6	23,718	10000	1	
Potencia	hp	Nm/s=J/s=W	kW	kcal/s	BTU/s
HP					
1	76,04	745,7	0,7457	0,1782	0,7073
$13,15 \times 10^{-3}$	1	9,807	$9,807 \times 10^{-3}$	$2,344 \times 10^{-3}$	$9,301 \times 10^{-3}$
$1,341 \times 10^{-3}$	0,102	1	$10^{-3}$	$239 \times 10^{-6}$	$948,4 \times 10^{-6}$
1,341	102	1000	1	0,239	0-Jan
5,614	426,9	4187	4,187	1	3,968
1,415	107,6	105	1,055	0,252	1