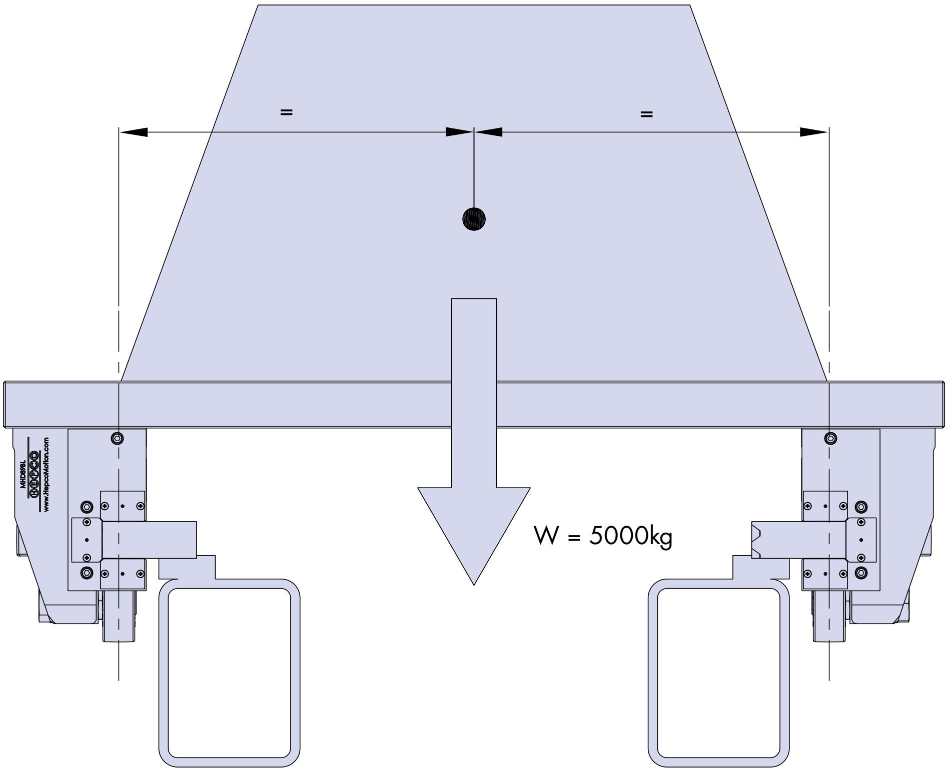
MHD – Cálculos de Vida y Carga

Ejemplo 1



Un sistema con una masa total de 5000 kg está centrada sobre un carro provisto de cuatro bloques de rodamientos. La lubricación está asegurada por la instalación de lubricadores opcionales. La longitud de carrera del sistema es de 5 metros y funciona a una velocidad de 0,5 m/s, trabajando al 50% de su ciclo de trabajo durante 40 horas semanales. Se ignoran, a los fines de este cálculo, los momentos de inercia que actúan sobre el sistema durante la aceleración. La única carga para el sistema es la suma del peso del carro y la masa soportada.

El peso total que llevan los cuatro rodamientos se calcula en 49.050 N (= masa x g = 5000 kg x 9,81 m/s^2 = 49.050 N). Dado que este peso está distribuido por igual entre los cuatro bloques de rodamientos, cada bloque soporta el 25% de la carga, o sea 12.262,5 N.

En este ejemplo, la carga actúa solamente hacia abajo y es la fila superior de rodamientos dobles de rodillos cónicos la que soporta la carga. La vida de estos rodamientos viene dada por la ecuación (consulte el catálogo de MHD, Página 6):

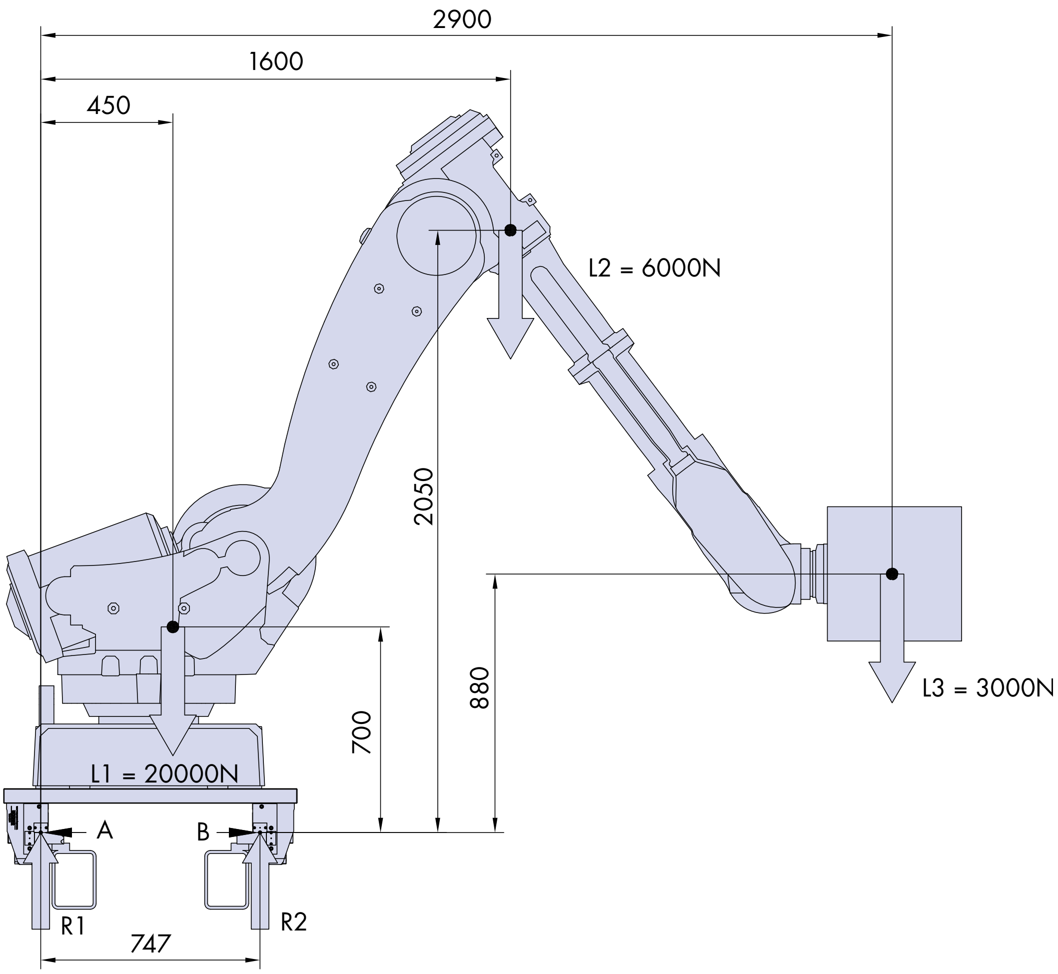
$$\text{Vida del rodamientos superior (km)} = 1000 \times \left(\frac{L_{1A(\text{máx.})}}{L_{1A}}\right)^{3,3}$$

Donde $L_{1A(\text{máx.})}$ = 34,000 N y L_{1A} = 12.262,5 N

Con ello se calcula que la vida aproximada del rodamiento superior es de 28.945 km.

Con el servicio mencionado, el sistema se desplaza 0,5 m/s x 60 x 60 x 40 (segundos/semana) x 0,5 (50% ciclo de trabajo) = 36.000 m o 36 km por semana. Por lo tanto, la vida prevista del sistema es de 28.945 km./36 = 804 semanas o unos **15,5 años.**

Ejemplo 2



Un sistema MHD se utiliza en una aplicación robótica en la que un robot está montado sobre un carro accionado por cremallera que le permite desplazarse a lo largo de un eje lineal para una operación de manipulación. El diagrama muestra como está posicionado el robot durante su ciclo de trabajo. El brazo extendido del robot tiene tres centros de masa cuyas posiciones y valores están indicados en el Ejemplo 2 de arriba. Los centros de masa están todos en el mismo plano, que está centrado respecto a la longitud del carro. El ciclo de trabajo exige que el robot se mueva entre dos estaciones de trabajo, situadas a 10 metros de distancia. El sistema marcha a 1 m/s en un ciclo de trabajo del 40% durante 40 horas semanales. A los fines de este cálculo, se ignora el momento de inercia en el arranque y la desaceleración, ya que la aceleración se considera muy pequeña.

El peso desplazado tiene el efecto de cargar los rodamientos superiores del lado derecho del carro y de reducir la carga sobre los rodamientos superiores del lado izquierdo del carro. Las cargas soportadas por los rodamientos se calculan como sigue:

[sumando todas las fuerzas]	R1 + R2 = L = 29000 N
[tomando momentos respecto a A]	R2 x 0,747 m – (0,45m x 20000 N) – (1,6m x 6000 N) - (2,9m x 3000 N) = 0
[despejando la anterior]	R2 = 27300 / 0,747 = 36546 N
[sustituyendo en la primera ecuación]	R1 + 36546 = 29000 N :. R1 = -7546 N

Puede verse en las ecuaciones anteriores que los bloques del lado derecho de la guía están muy cargados y que son los rodamientos superiores los que soportan esta carga, mientras los bloques del lado izquierdo están mucho menos cargados y son los rodamientos inferiores los que soportan la carga y los que resisten el momento de rotación debido a la carga. Por lo tanto, serán los rodamientos superiores los que determinarán la vida del sistema.

Las fuerzas R1 y R2 están soportadas por dos bloques de rodamientos, de forma que cada bloque soporta la mitad de la carga. El bloque más cargado soporta pues una carga de 36546/2 = 18273 N.

Usando la ecuación para la vida del rodamiento superior, la vida en km resulta ser:

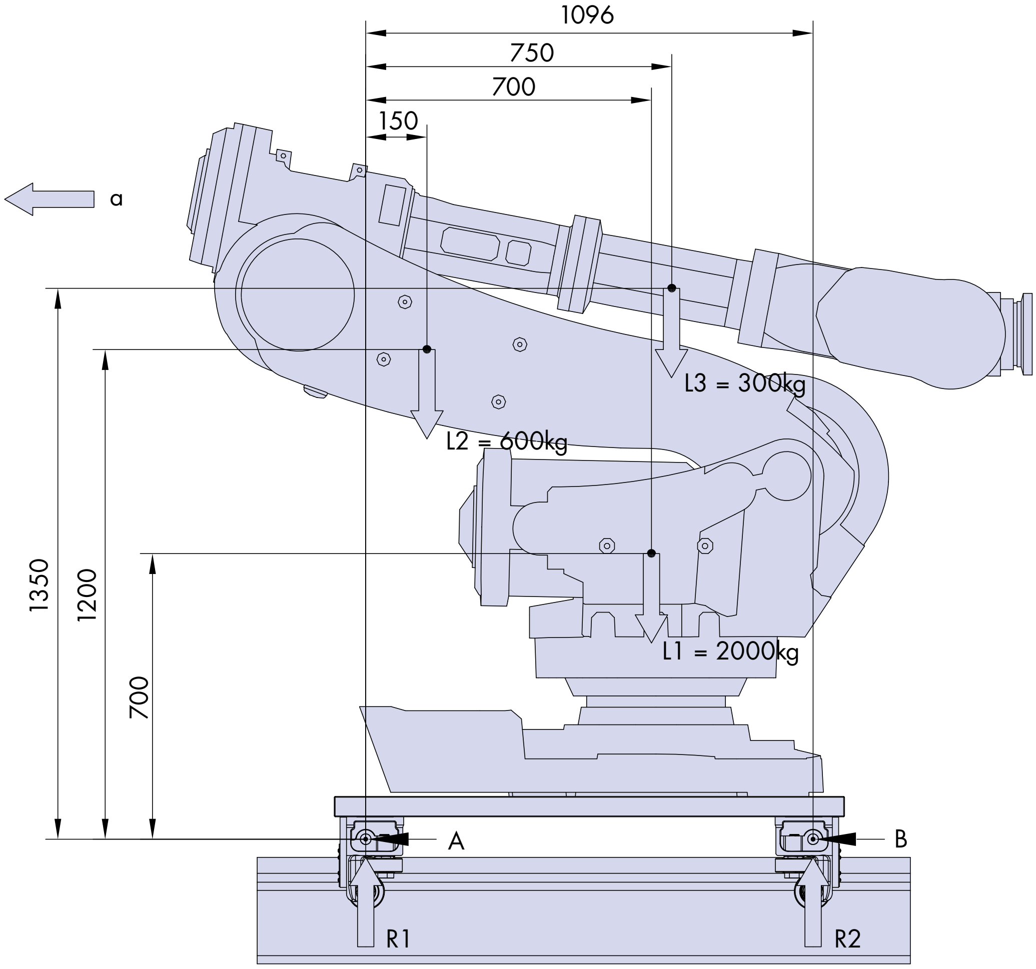
$$\text{Vida del rodamiento superior (km)} = 1000 \times \left(\frac{L_{1A(\text{máx.})}}{L_{1A}}\right)^{3,3} = 7760 \text{ km}$$

Donde $L_{1A(\text{máx})}$ = 34.000 N y L_{1A} = 18.273 N

En esta aplicación el sistema se desplaza a 1 m/s x 60 x 60 x 40 (segundos/semana) x 0,4 (40% ciclo de trabajo) = 57.600 m o 57,6 km. por semana. Por lo tanto, la vida del sistema es de 7760 / 57,6 = 135 semanas o **2,6 años.**

MHD – Cálculos de Vida y Carga

Ejemplo 3



Un sistema de guías MHD se utiliza en un entorno automatizado para desplazar un robot a lo largo de un eje lineal entre dos estaciones de trabajo. Cuando se desplaza a lo largo de las guías, el robot está en el modo compacto y en el diagrama se muestran las posiciones de los tres centros de gravedad. Los centros de gravedad están todos en el mismo plano, que está centrado respecto a la anchura del carro. El robot acelera a a_1 (= 1 m/s^2) hasta alcanzar una velocidad máxima de 3 m/s. Mantiene esta velocidad y después desacelera a a_2 (= 0,4 m/s^2) hasta detenerse. En el trayecto de retorno, el sistema funciona a una velocidad media de 0,5 m/s, donde las magnitudes de las aceleraciones son poco significativas y se ignoran a efectos de este ejemplo. El sistema tiene una carrera de 20 metros. Este ciclo de desplazamientos funciona a un 35% del tiempo durante 40 horas semanales. Si suponemos que los rodamientos tienen su capacidad de carga estática bien colocada cuando el robot está trabajando dentro de cada estación, la vida del sistema vendrá determinada por los rodamientos más cargados durante el ciclo de funcionamiento.

Un estudio rápido del diagrama sugiere que R2 será la mayor fuerza de reacción cuando el sistema esté desplazándose a velocidad constante y cuando el sistema esté acelerando en el sentido de la flecha.

Paso 1: cálculo de las fuerzas de reacción cuando el sistema está acelerando en el sentido de la flecha.

[sumando todas las fuerzas]	R1 + R2 = L = (2900 kg x g) = 28449 N
[tomando momentos respecto a A]	R2 x 1.096 – (0,15 m x 600 kg x g) – (0,7 m x 2000 kg x g) - (0,75 m x 300 kg x g) – (0,7 m x 2000 kg x a_1) – (1,2m x 600 kg x a_1) – (1,35m x 300 kg x a_1) = 0
[despejando la anterior]	R2 = 19349 / 1.096 = 17654N
[sustituyendo en la primera ecuación]	R1 + 17654 = 28449 N :. R1 = 10795 N

Donde g = aceleración de la gravedad (9,81 m/s^2)
a_1 = aceleración del sistema (1 m/s^2)

Tanto R1 como R2 están soportadas por dos bloques de rodamientos, de modo que cada bloque soporta la mitad de la carga. El bloque más cargado soporta una carga de: 17654 / 2 = 8827 N.

Paso 2: cálculo de las fuerzas de reacción cuando el sistema se desplaza a velocidad constante

[sumando todas las fuerzas]	R1 + R2 = L = 28449 N
[tomando momentos respecto a A]	R2 x 1,096 – (0,15 m x 600 kg x g) – (0,7 m x 2000 kg x g) – (0,75 m x 300 kg x g) = 0
[despejando la anterior]	R2 = 16824 / 1,096 = 15350 N
[sustituyendo en la primera ecuación]	R1 + 15350 = 28449 N :. R1 = 13099 N

Tanto R1 como R2 están soportadas por dos bloques de rodamientos, de forma que cada bloque soporta la mitad de la carga. Por lo tanto, el bloque más cargado soporta una carga de 15350 / 2 = 7675 N.

Se puede observar que hay un cambio en las fuerzas de reacción cuando el sistema acelera, en este ejemplo R2 aumenta aproximadamente un 15% durante el período de aceleración. Estas fuerzas de reacción serán las mismas en el desplazamiento de retorno del ciclo puesto que se supone que toda la carrera se recorre a una velocidad constante de 0,5 m/s.

Paso 3: cálculo de las fuerzas de reacción cuando el sistema está desacelerando hasta parar.

[sumando todas las fuerzas]	R1 + R2 = L = (2900 kg x g) = 28449 N.
[tomando momentos respecto a A]	R2 x 1,096 – (0,15m x 600 kg x g) – (0,7 m x 2000 kg x g) – (0,75 m x 300 kg x g) + + (0,7 m x 2000 kg x a_2) + (1,2 m x 600 kg x a_2) + (1,35 m x 300 kg x a_2) = 0
[despejando la anterior]	R2 = 15814 / 1,096 = 14429 N.
[sustituyendo en la primera ecuación]	R1 + 14429 = 28449 N :. R1 = 14020 N

Tanto R1 como R2 están soportadas por dos bloques de rodamientos, de forma que cada bloque soporta la mitad de la carga. Por lo tanto, el bloque más cargado soporta una carga de 14020 / 2 = 7010 N.

Paso 4: cálculo de la carga media sobre los rodamientos para calcular la vida del sistema.

Se puede ver que son los rodamientos del lado derecho del diagrama los que están sometidos a las condiciones más elevadas de carga durante el ciclo de desplazamiento. Dado que la carga sobre los rodamientos superiores cambia a lo largo del ciclo de desplazamiento, es necesario calcular una carga media basándose en las fracciones de tiempo para cada uno de los distintos valores de carga. Esta carga media se puede usar después para calcular la vida del sistema.

Cuando la carga varía, la carga media se calcula como sigue:

$$F_m = \sqrt[3,3]{F_1^{3,3} \times \frac{q_1}{100} + F_2^{3,3} \times \frac{q_2}{100} + F_3^{3,3} \times \frac{q_2}{100}}$$

Donde Fm = carga media
q = fracción de tiempo (%)

Para calcular las fracciones de tiempo necesitamos saber el tiempo empleado en acelerar, el tiempo empleado en desacelerar y el tiempo empleado a velocidad constante y después expresarlo en porcentajes sobre el tiempo total del ciclo de desplazamiento.

El tiempo empleado en acelerar, t1, se calcula usando la siguiente ecuación del movimiento:

v = u + at

Donde v = velocidad final
u = velocidad inicial
a = aceleración
t = tiempo

Despejando la ecuación anterior y sustituyendo valores tenemos:

t_1 = (3 m/s – 0m/s) / 1 m/s^2 = 3 segundos

El tiempo empleado en desacelerar, t_2, se calcula usando la misma ecuación del movimiento con el resultado de 7,5 segundos
El tiempo empleado a velocidad constante, t_3, es la suma del tiempo empleado a velocidad constante en los trayectos de ida y retorno. El tiempo empleado a velocidad constante en el trayecto de retorno se puede calcular sencillamente usando la siguiente ecuación del movimiento:

t = s / v

Donde v = velocidad
s = distancia

Sustituyendo valores en la ecuación anterior resulta:

t_r = 20 m / 0,5 m/s = 40 segundos

MHD – Cálculos de Vida y Carga

Con el fin de calcular la distancia recorrida a velocidad constante en el trayecto de ida, necesitamos calcular la distancia recorrida cuando el sistema está acelerando / desacelerando y restar este valor de la carrera. La distancia recorrida cuando el sistema está acelerando se calcula usando una tercera ecuación del movimiento:

$v^2 = u^2 + 2as$

Donde v = velocidad final

u = velocidad inicial

a = aceleración

s = distancia

Despejando la ecuación anterior y sustituyendo valores, tenemos:

$s_1 = (3^2 - 0^2) / 2 \times 1 = 4{,}5$ metros

Similarmente, la distancia recorrida al desacelerar será de $s_2 = 11{,}25$ metros

La distancia a velocidad constante es por lo tanto $s_3 = 4{,}25$ metros (20 m – (4,5 + 11,25 m)) y el tiempo empleado a velocidad constante en el trayecto de ida es 1,4 seg. (4,25 m / 3 m/s).

Así, el tiempo total empleado a velocidad constante es $t_3 = 41{,}4$ s (= $t_r + t_o$) y el tiempo para completar un ciclo de desplazamiento es de 51,9 seg. (= 3 s + 7,5 s + 41,4 s)
Ahora se pueden calcular las fracciones de tiempo como sigue:

Sustituyendo los valores en la ecuación de la carga media:
q_1 = 6% (3 / 51,9 x 100), q_2 = 14% (7,5 / 51,9 x 100) y q_3 = 80% (41,4 / 51,9 x 100).

Sustituyendo los valores en la ecuación de la carga media:

$$F_m = \sqrt[3,3]{8827^{3,3} \times \frac{6}{100} + 7010^{3,3} \times \frac{14}{100} + 7675^{3,3} \times \frac{80}{100}} = 7673 \text{ N}$$

Usando la ecuación para la vida del rodamiento superior, la vida en km resulta ser:

$$\text{Vida del rodamiento superior (km)} = 1000 \times \left(\frac{L_{1A(máx.)}}{L_{1A}}\right)^{3,3} = 135.986\text{km}$$

Donde $L_{1A(máx.)}$ = 34.000 N y L_{1A} = 7673 N

En esta aplicación el sistema se desplaza [60 x 60 x 40 (segundos/semana) x 0,35 (35% ciclo de trabajo)] / 51,9 segundos (tiempo del ciclo) = 971 ciclos por semana. Cada ciclo es de 40 metros, o sea que el sistema se desplaza 38,8 km por semana. Por lo tanto, la vida del sistema es: 135.986 / 38,8 = 3505 semanas o **67,4 años.**

Nota
Para cálculos en que los rodamientos laterales o inferiores son los más cargados en un sistema dinámico, el exponente 3 sustituye al 3,3 en la ecuación de la carga media, dando:

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \times \frac{q_1}{100} + F_2^3 \times \frac{q_2}{100} + F_3^3 \times \frac{q_2}{100}}$$

HepcoMotion®
Edifico Spaces 22@ Calle Pallars, 193
ES-08005 Barcelona, España
Tel: +34 93 607 22 55
Fax: +34 93 280 62 14
E-mail: info.es@hepcomotion.com