

## CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CADENA

Para una correcta elección del procedimiento de cálculo y selección de las cadenas de transporte, queremos llamar la atención sobre los siguientes puntos fundamentales:

- 1) TIPO DE TRANSPORTADOR
- 2) PESO TOTAL A DESPLAZAR
- 3) VELOCIDAD DE TRASLACIÓN DE LA CADENA
- 4) PASO DE LA CADENA
- 5) ALETAS DE LA CADENA
- 6) AMBIENTE DE TRABAJO
- 7) LUBRICACIÓN
- 8) CARGA DE ROTURA DE LA CADENA

### 1) TIPO DE TRANSPORTADOR

Los transportadores se dividen en dos categorías principales:

- a) cadenas de mallas deslizantes
- b) cadenas de rodillos

Dentro de esta clasificación, podemos distinguir también entre:

- a) transportadores horizontales
- b) transportadores inclinados
- c) transportadores verticales
- d) transportadores combinados.

### 2) PESO TOTAL A DESPLAZAR

Es el peso del material a transportar que carga sobre las cadenas de transporte y de los posibles accesorios (tablillas, tableros abisagrados, ejes de unión... etc..).

Es indispensable considerar también la distribución de la carga sobre el transportador, puesto que las consideraciones de cálculo relativas a la carga concentrada en superficies de apoyo reducidas son distintas de las consideraciones relativas a una carga distribuida de manera uniforme.

### 3) VELOCIDAD DE TRASLACIÓN DE LA CADENA

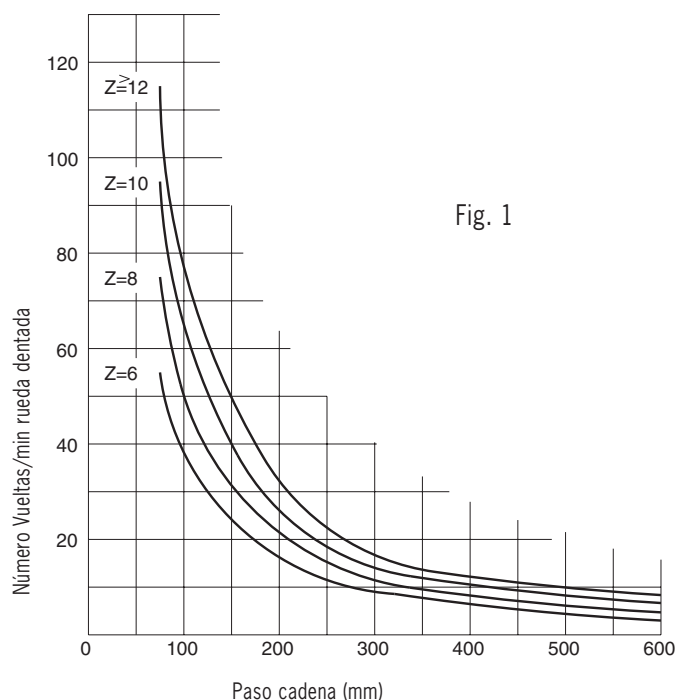
Es el espacio recorrido por la cadena en la unidad de tiempo. Es fundamental para la determinación de la capacidad del transportador y depende del paso de la cadena en función de los diámetros de las ruedas de mando y de renvío. El gráfico siguiente explica estas relaciones.

$$V = \frac{P \cdot Z \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

P = paso cadena (mm)

Z = número dientes

N = numero de vueltas rueda dentada (vueltas/min)



En las cadenas para el transporte, el límite máximo de velocidad es aproximadamente 50 m/min., con valores ideales entre 0 y 30 m/min. La velocidad de la cadena es muy importante para el fenómeno llamado oscilación ( "Tirones" ) de las cadenas. Este fenómeno se evidencia con un avance irregular de la cadena constituido por una serie de avances rápidos intervalados por algunos segundos de deceleración. El fenómeno, que puede, en algunas ocasiones, comprometer la funcionalidad de las instalaciones de transporte, tiene muchas causas que actúan juntas. Una de las causas de la oscilación es el efecto poligonal debido al arrollamiento de las cadenas con las ruedas de mando y de renvio explicado en la figura 2, que determina aceleraciones y deceleraciones periódicas de la cadena.

Otro factor importante es la variación del coeficiente de rozamiento de la cadena en función de la velocidad de avance de la cadena. A la vez si la cadena arrastra sobre las guías y si avanza gracias al efecto de la rodadura de los rodillos, puede darse el fenómeno de stick-slip rueda-desliza. En otras palabras, el rozamiento (en proximidad de la velocidad crítica para una instalación) -entre placas y guías o entre rodillo y casquillo está al límite entre rozamiento hidrodinámico y rozamiento en seco mucho mayor pasa periódicamente de una condición a otra. El efecto que se produce es el de pegado alternado con deslizamiento que tiene consecuencias directas para el avance irregular de la cadena.

Otro factor a considerar es el factor relativo a las propiedades elásticas del "sistema cadena".

Es importante considerar algunas condiciones operativas que favorecen o amplifican el fenómeno:

- Longitud del transportador superior a 80-100 m;
- Número de dientes de las ruedas inferior a 18-20 (Z);
- Baja velocidad de las cadenas. Para velocidades de 1,5-3 m/min., la oscilación es probable, con menos de 1,5 m/min. el fenómeno es generalmente seguro;
- Paso de la cadena mayor de 200 mm;
- Lubricación no apropiada, con productos no aptos y no realizada en los puntos correctos o en cantidades excesivas.

El gráfico siguiente evidencia la amplitud de la velocidad en porcentaje.

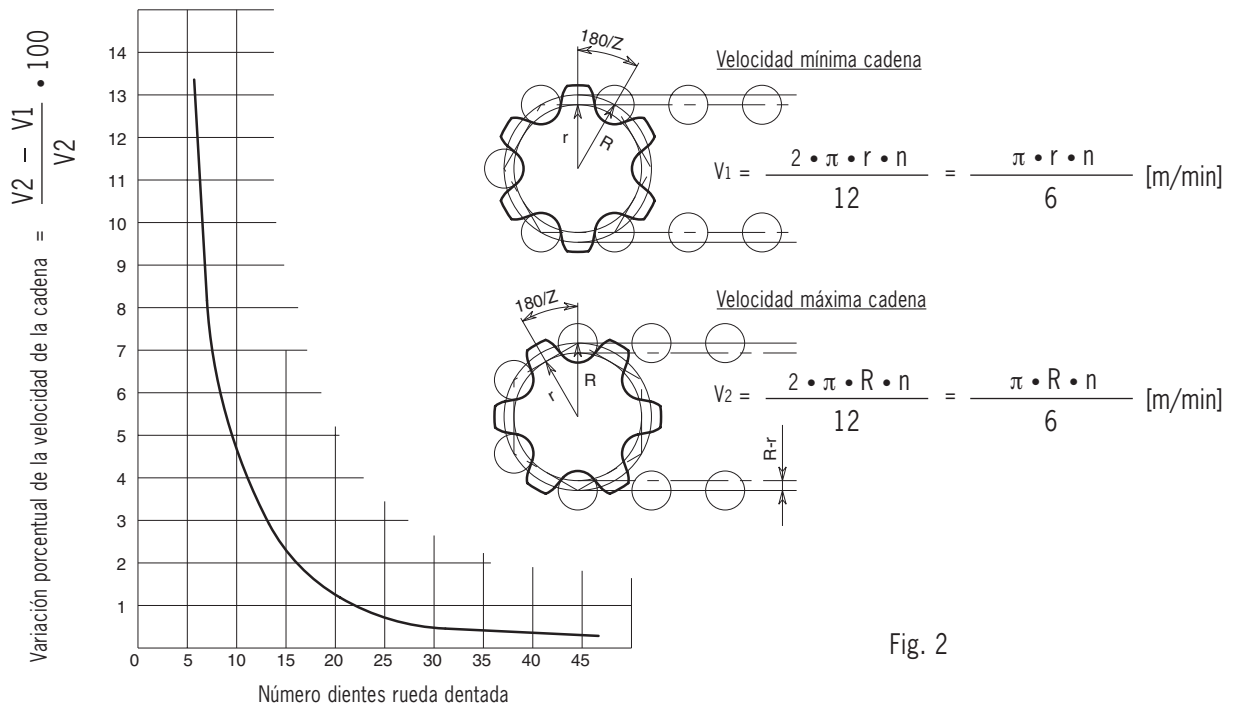


Fig. 2

n = número vueltas/min rueda dentada

Z = número dientes rueda dentada

R = radio primitivo (m) rueda dentada

$$r = R \cdot \cos \frac{180^\circ}{Z} \text{ [m]}$$

Rr = amplitud de variación del efecto poligonal

Generalmente, el fenómeno de oscilación no influye con valores de variación porcentual alrededor de 1.

#### 4) PASO DE LA CADENA

Es la distancia entre ejes, expresada en milímetros o en pulgadas, de dos ejes consecutivos de la cadena.

Es determinado por algunas características del transportador, es decir:

- a) velocidad de traslación de la cadena
- b) diámetro de las ruedas de mando y de renvio
- c) distribución de la carga sobre el transportador
- d) dimensiones de los posibles accesorios tablillas, tableros abisagrados, ejes de union...etc..

#### 5) ALETA DE LA CADENA

Normalmente, está constituido por un angular soldado a las mallas de la o forma parte de la malla misma.

Tiene características definidas para dimensiones, formas y número por metro lineal gracias a la solución técnica de desplazamiento del material adoptada.

#### 6) AMBIENTE DE TRABAJO

Es el espacio alrededor de la cadena considerado con todas sus características, es decir:

- grado de limpieza;
- temperatura;
- presencia de sustancias abrasivas;
- humedad/agentes atmosféricos;
- sustancias químicas agresivas;
- otro.

Estos factores determinan el dimensionamiento de la cadena, la calidad de los materiales de construcción, los juegos, las tolerancias de trabajo, los tratamientos superficiales y los coeficientes de seguridad a adoptar. Por lo que concierne el efecto temperatura, aquí proponemos una tabla con los factores de conversión de la carga de trabajo de las cadenas.

TABLA 1

	TEMPERATURA	CARGA DE TRABAJO CORRECTA
	-40° C ~ -20° C	(Máx. carga de trabajo admisible) x 0,25
	-20° C ~ -10° C	(Máx. carga de trabajo admisible) x 0,3
	-10° C ~ 160° C	(Máx. carga de trabajo admisible) x 1
	160° C ~ 200° C	(Máx. carga de trabajo admisible) x 0,75
	200° C ~ 300° C	(Máx. carga de trabajo admisible) x 0,5

Para todas las otras condiciones de ambiente, contacten nuestra Oficina Técnica.

#### 7) LUBRICACIÓN

Tiene efecto sobre la determinación de los rozamientos a considerar para el cálculo del tiro y favorece la resistencia al deterioro, a la corrosión y a la oxidación de todos los componentes de la cadena.

Para la calidad de los productos y las modalidades de empleo, lean la página 1.7/2 donde hay una descripción detallada del sujeto.

#### 8) CARGA DE ROTURA DE LA CADENA

Expresada en Newton (N), representa el valor de la carga en correspondencia de la rotura de la cadena.

Los datos del catálogo se refieren a pruebas ejecutadas a temperatura ambiente (aprox. 20°C). Cada carga de rotura tiene que ser interpretada como valor medio obtenido en base a una serie de pruebas. La horquilla de posible variación de la carga de rotura con referencia al valor medio indicado es de 5% (+ o -).

## SELECCIÓN DEL TIPO DE CADENA EN FUNCIÓN DE LA FUERZA DE TRACCIÓN

La fuerza de tracción es el esfuerzo necesario para mover las cadenas, las partes mecánicas conectadas y la carga a transportar. A su determinación contribuyen, según la fórmulas explicadas más adelante, los factores siguientes:

- 1) PESO DEL MATERIAL TRANSPORTADO
- 2) PESO DE LAS CADENAS Y DE LOS POSIBLES SOPORTES TABLILLAS, TABLEROS ABISAGRADOS, EJES DE UNIÓN... ETC
- 3) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO
- 4) FACTOR DE SERVICIO EN FUNCIÓN DE LA CARGA Y DE LAS HORAS DE FUNCIONAMIENTO
- 5) FACTOR DE ARROLLAMIENTO

El cálculo de la fuerza de tracción se desarrolla en dos fases:

- durante una fase preliminar, se determina el tipo de cadena a utilizar (peso de la cadena y coeficiente de rozamiento aproximados)
- durante la fase de verificación, el peso de la cadena y el coeficiente de rozamiento se sustituyen por los de la cadena seleccionada.

### 1) PESO DEL MATERIAL TRANSPORTADO = P1 KG

Vean el párrafo 2 del capítulo "Consideraciones generales para la determinación del tipo de cadena"

### 2) PESO DE LAS CADENAS = P (KG)

Es el peso total aproximado de todo el desarrollo de cadena en el cálculo preliminar: es el peso definitivo en el cálculo de verificación.

### 3) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Es el valor que define la fuerza necesaria para vencer la resistencia al movimiento de dos cuerpos en contacto. Cuando las cadenas trabajan "Deslizando", en las vías de desplazamiento, rozamiento al deslizamiento "fr". La tabla siguiente contiene los valores de los coeficientes de rozamiento al deslizamiento.

TABLA 2

CUERPOS EN CONTACTO	fr superficies secas	fr superficies lubr.
Cadenas en acero sobre guías en madera dura	0,44	0,29
Cadenas en acero sobre guías en acero	0,30	0,20
Cadenas en acero sobre guías ásperas u oxidadas	0,35	0,25
Cadenas en acero sobre guías en polietileno a densidad alta y peso molecular muy alto	0,18	0,05

Cuando las cadenas ruedan sobre sus propios rodillos, sobre las vías de desplazamiento, hay rozamiento de deslizamiento y de rodadura combinados "fv". El valor del coeficiente de rodadura en el cálculo preliminar es  $f_v = 0,2$ , en el cálculo de verificación su valor es:

$$f_v = C \cdot \frac{d}{D} + \frac{b}{D}$$

con:

d = diámetro exterior casquillo (mm) (D5 en las tablas del catálogo)

D = diámetro exterior rodillo (mm) (D1, D2 o D4 en las tablas del catálogo)

b = coeficiente experimental para la determinación del rozamiento de rodadura que depende de la naturaleza de los materiales en contacto y del grado de trabajo de las superficies relativas:

= 1 para rodillo en acero sobre guías en acero con superficie lisa

= 2 para rodillo en acero sobre guías en acero con superficie rugosa

C = coeficiente de rozamiento deslizante entre casquillo y rodillo según los valores de la tabla siguiente.

TABLA 3

CUERPOS EN CONTACTO	Sin lubricación "C"	Con lubricación "C"
Rodillo en acero sobre casquillo en acero	0,25	0,15
Rodillo encasquillado sobre casquillo en acero	==	0,13
Rodillo en nylon sobre casquillo en acero	0,15	0,10

**IMPORTANTE**

Cuando empieza el movimiento, el coeficiente de rozamiento (rozamiento estatico) puede presentar un valor de 1,5 hasta 3 veces más grande del coeficiente de rozamiento dinamico.

Para que el rodillo rode correctamente, su diámetro exterior tiene que ser al menos 2,5 veces superior al diámetro exterior del casquillo.

**4) FACTOR DE SERVICIO = FS**

Es un coeficiente de corrección de la fuerza de tracción que depende de las condiciones y de las características de funcionamiento del transportador. La tabla siguiente contiene los valores de Fs relativos a las aplicaciones más comunes.

TABLA 4

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	Fs
Colocación de la carga	
- equilibrada	1
- no equilibrada	1,2
Características de la carga	
- uniforme: entidad de sobrecarga inferior a 5%	1
- con variaciones mínimas: entidad de sobrecarga 5-20%	1,2
- con variaciones fuertes: entidad de sobrecarga 20-40%	1,5
Nº de arranques-paradas	
- inferiores a 5 cada día	1
- de 5 cada día a 2 cada hora	1,2
- más de 2 cada hora	1,5
Ambiente de trabajo	
- bastante limpio	1
- bastante polvoroso o sucio	1,2
- húmedo, muy sucio o corrosivo	1,3
Horas de funcionamiento cada día	
- hasta 10	1
- más de 10	1,2

El valor de FS a utilizar en el cálculo de la fuerza de tracción es el producto de los valores parciales (Fs) que corresponden a cada condición de funcionamiento individual.

**5) FACTOR DE ARROLLAMIENTO – FA**

Es un coeficiente de corrección de la fuerza de tracción que aumenta a causa de la resistencia de roce debida al arrollamiento de las cadenas sobre las ruedas de mando y de contramarcha.

FA = 1,05 para ruedas dentadas sobre palieres de deslizamiento  
 = 1,03 para ruedas dentadas sobre cojinetes

La suma de todos los productos, obtenidos multiplicando FA por la fuerza de tracción registrada en cada punto de arrollamiento, determina la nueva fuerza de tracción global.

No es oportuno considerar el factor FA en las fórmulas de cálculo siguientes debido a la incidencia omisible sobre los transportadores elementales ilustrados.

FÓRMULAS DE CÁLCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN PARA TRANSPORTADORES CON CADENAS PORTANTES

a) transporte horizontal con cadenas arrastrantes

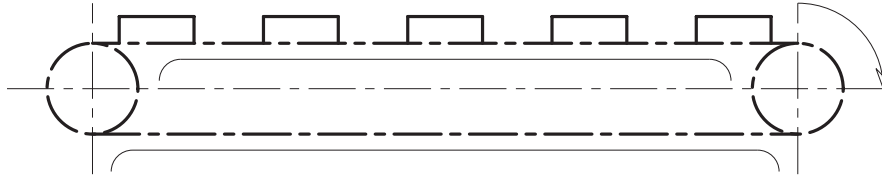


Fig. 3

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fr \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

b) transporte horizontal con cadenas con rodillos

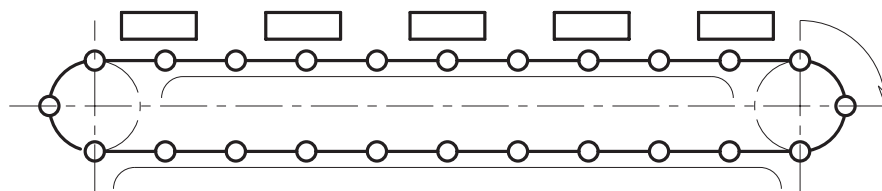


Fig. 4

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fv \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

c) transporte inclinado con cadenas arrastrantes

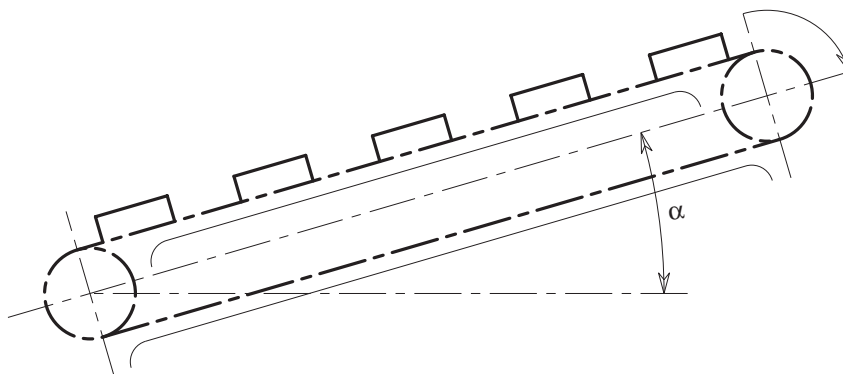


Fig. 5

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fr + \text{sen}\alpha \cdot P1] \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

d) transporte inclinado con cadenas con rodillos

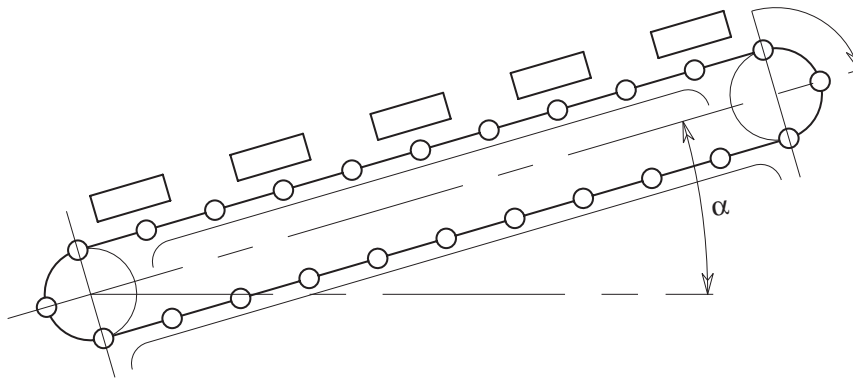


Fig. 6

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fv + \text{sen}\alpha \cdot P1] \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

e) transporte vertical

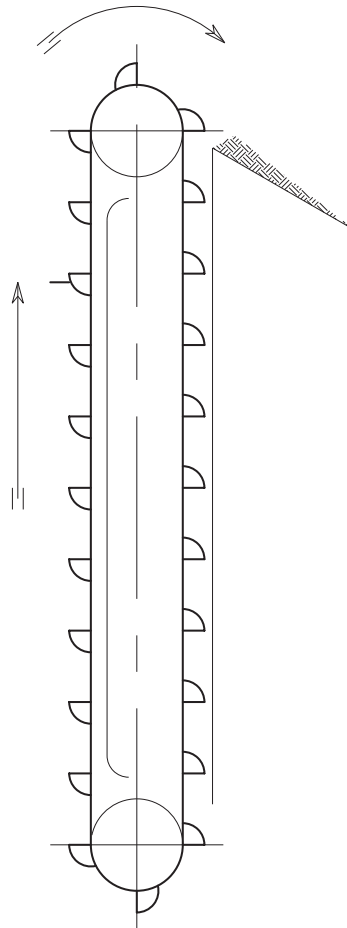


Fig. 7

$$T = 9,81 \frac{(P/2+P) \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

NOTA:

La soluciones verticales distintas de la solución de la figura 7 tienen consideraciones y procedimientos de cálculo distintos. Nuestra Oficina Técnica está a Su disposición.

## FÓRMULAS DE CÁLCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN PARA TRANSPORTADORES DE ARRASTRE

En el cálculo de la fuerza de tracción sobre las cadenas de los transportadores de arrastre, además de los símbolos ya conocidos, hay que considerar también los siguientes:

$f_m$	=	coeficiente de roce entre producto transportado y canal de retención – tabla 5
$L$	=	longitud del transportador cargado (m)
$Q$	=	cantidad del producto a transportar (T/h)
$H$	=	altura del canal de transporte (m)
$B$	=	ancho del canal de transporte (m)
$\beta$	=	grado de llenado del canal de transporte 0,5 –0,6
$\gamma$	=	peso específico del material transportado (T/m <sup>3</sup> ) – tabla 5
$V$	=	velocidad de traslación de la cadena (m/s)

TABLA 5

MATERIAL TRANSPORTADO	Peso específico $\gamma$ . [T/m <sup>3</sup> ]	Coeficiente de roce $f_m$
Avena	0,45	0,7
Trigo	0,75	0,4
Maíz	0,8	0,4
Cebada seca	0,45	0,7
Centeno	0,65	0,4
Arroz	0,75	0,4
Semillas de lino	0,7	0,4
Malta seca	0,4	0,4
Harina de trigo	0,7	0,4
Harina de maíz	0,65	0,4
Azucar refinado en polvo	0,8	0,5
Cemento	1,00	0,9
Carbón antracita en trozos	0,7÷0,9	0,4
Carbón coque	0,5	0,7
Arcilla seca	1,6	0,7
Ceniza	0,6	0,6
Grava KLINKER de cemento	1,3	0,8

\*\* Valores indicativos

a) transporte horizontal con cadenas arrastrantes

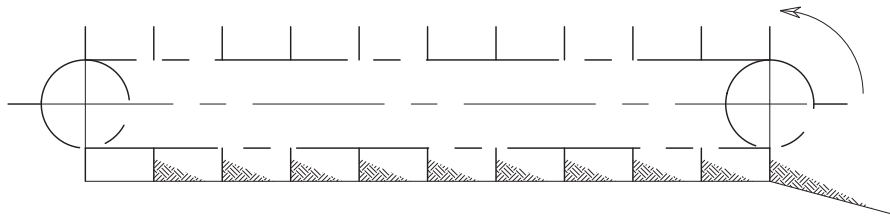


Fig. 8

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot f_r + P1 \cdot f_m) \cdot FS]}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

Donde P puede ser calculado de la manera siguiente:

a)  $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ [kg]}$

b)  $P1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \text{ [kg]}$

si no se conoce Q:  $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \text{ [T/h]}$



b) transporte horizontal con cadenas con rodillos y palas de arrastre

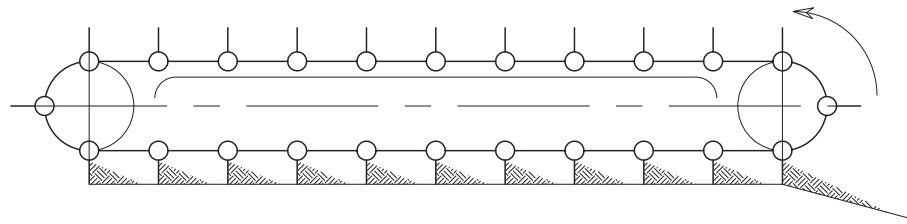


Fig. 9

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot FS]}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

Donde P puede ser calculado de la manera siguiente:

a)  $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ [kg]}$

b)  $P1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \text{ [kg]}$

si no se conoce Q:  $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \text{ [T/h]}$

## INDIVIDUACIÓN DEL TIPO DE CADENA A UTILIZAR

Una vez determinado el esfuerzo máximo de tracción, el dimensionamiento correcto de las cadenas tendrá que considerar las sollicitaciones admisibles para los materiales de construcción.

En general, ya con un valor de carga de trabajo de 2/3 de la carga de ruptura de la cadena, los materiales son sollicitados más allá del límite de "deformación permanente" (0,2% de alargamiento).

Por eso, se aconseja utilizar una carga de rotura de la cadena al menos 8 veces superior al esfuerzo máximo de tracción. Esta relación se define "COEFICIENTE DE SEGURIDAD". Condiciones de trabajo muy gravosas, con esfuerzos de tracción difícilmente cuantificables en su variaciones, requieren coeficientes de seguridad adecuados. Nuestra Oficina Técnica está a Vuestra disposición para determinarlos.

Una vez identificado el tipo de cadena a utilizar, en particular si es necesario desplazar cargas concentradas sobre superficies reducidas del transportador, hay que verificar también los valores de presión específica entre rodillos-casquillos y casquillos-ejes.

El cálculo de la fuerza de tracción, en estas condiciones de carga particulares, no siempre es suficiente para determinar el tipo de cadena a utilizar.

Si los valores de presión específica relevados superan los valores admisibles descritos en las tablas 6-7, es necesario utilizar una cadena con superficies de contacto más grandes entre rodillos-casquillos y casquillos-ejes, para tener una carga más pequeña por unidad de superficie.

Cálculo de la presión específica:

a) presión específica sobre el rodillo =  $\frac{P}{L \cdot Dr} \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$

b) presión específica sobre el eje =  $\frac{T}{Lb \cdot Dp} \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$

Donde:

- P = carga (kg) soportada por cada rodillo
- T = esfuerzo de tracción real sobre la cadena (kg)
- L = longitud agujero rodillo (mm)
- Lb = longitud total casquillo (mm)
- Dr = diámetro agujero rodillo (mm)
- Dp = diámetro exterior eje (mm)

## MÁXIMAS PRESIONES ESPECÍFICAS ADMISIBLES

TABLA 6

MATERIALES EN CONTACTO		Presión específica máxima Kgf/mm <sup>2</sup>
CASQUILLO	PERNO	
Acero cementado	Acero cementado	2,5
Acero cementado	Acero templado	2,1
Fundición	Acero cementado	1,75
Acero inoxidable	Acero inoxidable	1,2
Bronce	Acero cementado	1

TABLA 7

MATERIALES EN CONTACTO		Presión específica máxima Kgf/mm <sup>2</sup>
RODILLO	CASQUILLO	
Acero cementado	Acero cementado	1
Acero templado	Acero cementado	1
Fundición	Acero cementado	0,70
Bronce	Acero cementado	0,60
Polietileno A.D.	Acero cementado	0,1
Acero inoxidable	Acero inoxidable	0,40
Fundición	Bronce	0,28

## CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL EJE MOTRIZ

Una vez determinada la fuerza de tracción total del transportador, aconsejamos el procedimiento siguiente para el cálculo de la potencia requerida por el eje motriz:

$$M_t = T \cdot \frac{d_p}{2} \text{ [kgm]} \quad M_t = 716,2 \cdot \frac{N}{n} \text{ [kgm]}$$

donde:

- Mt = momento torsor (kgm)
- N = potencia (CV - KW)
- n = número vueltas/min de la rueda motriz del transportador
- T = fuerza de tracción de todas las cadenas (kg)
- dp = diametro primitivo de la rueda motriz (m)

De las dos relaciones de los momentos podemos afirmar que:

$$T \cdot \frac{d_p}{2} = 716,2 \cdot \frac{N}{n}$$

De que se obtiene:

$$N = \frac{T \cdot d_p \cdot n}{2 \cdot 716,2} \text{ [CV]}$$

O

$$N = \frac{T \cdot d_p \cdot n}{2 \cdot 973,8} \text{ [KW]}$$

El valor de potencia teórico tendrá que ser corregido en función de los rendimientos mecánicos de los componentes de la transmisión del movimiento (motores – reductores – correas etc.).

# LUBRICACIÓN DE LAS CADENAS

La lubricación de las cadenas es necesaria para 4 razones fundamentales:

- 1) REDUCCIÓN DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO
- 2) LIMITACIÓN DEL DETERIORO DE LA CADENA Y AHORRO ENERGÉTICO
- 3) PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN
- 4) FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LA CADENA

## 1) REDUCCIÓN DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

En general, el rozamiento puede ser definido como la resistencia mecánica que se genera durante el movimiento relativo entre dos superficies. Primero, hay que distinguir entre rozamiento estático y rozamiento dinámico.

El primero, también llamado oposición al movimiento, representa la resistencia al movimiento relativo entre dos superficies a causa del efecto de fuerzas exteriores. La experiencia muestra que para obtener el movimiento de un cuerpo de peso  $P$  apoyado en un plano, la fuerza  $F$  necesaria tiene que sobrepasar el valor de la resistencia de rozamiento estático  $R_s$  obtenido por el producto de  $P$  y del coeficiente de rozamiento estático  $\mu$ . El rozamiento dinámico representa la resistencia cuando se conserva el movimiento relativo que se produce entre dos superficies a causa del efecto de fuerzas exteriores. La experiencia muestra que la resistencia a vencer para conservar el movimiento siempre es inferior a la resistencia necesaria para originarlo. La resistencia de rozamiento dinámico  $R_d$  se obtiene con el producto de  $P$  y del coeficiente de rozamiento dinámico  $f$ .

$R_s = P \cdot \mu$  Resistencia de rozamiento estático o oposición al movimiento

$R_d = P \cdot f$  Resistencia de rozamiento dinámico

En los casos más comunes,  $\mu$  es 1,5-3 veces superior a  $f$ .

Los aceites y las grasas utilizados como lubricantes forman películas superficiales, a nivel molecular, que se pegan a las superficies de contacto. Estas capas muy sutiles pueden presentar resistencias elevadas a la remoción y reducir muy bien el rozamiento también en presencia de presiones elevadas. Es el caso, por ejemplo, del rozamiento untuoso o rozamiento límite.

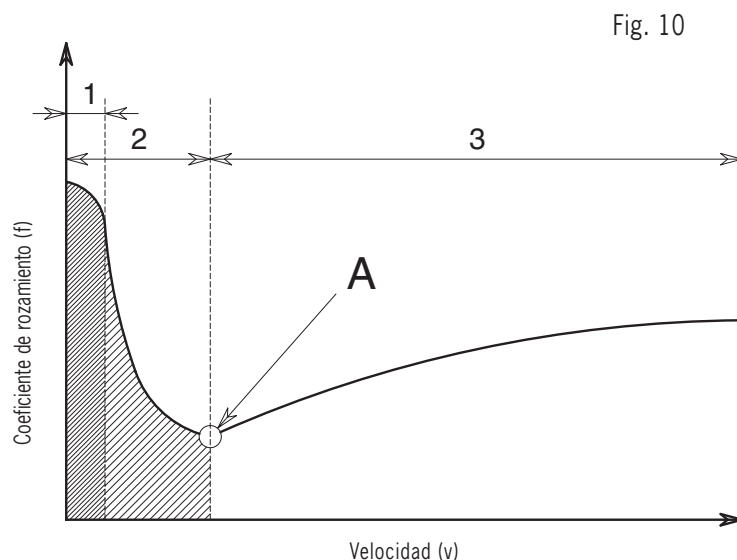
El lubricante tiene una acción mucho más fuerte en la lubricación hidrodinámica verdadera (rozamiento mediado) que es la interposición entre las superficies arrastrantes de una película constante de lubricante con un espesor suficiente para eliminar el contacto directo entre las dos partes. Entre las condiciones de rozamiento untuoso y rozamiento mediado pueden verificarse las condiciones de rozamiento combinado, donde las superficies arrastrantes están en contacto parcial entre sí.

(v. Fig. 10, Curva de Stribeck).

En el caso de las cadenas, es difícil crear las condiciones para la lubricación hidrodinámica. El rozamiento que se verifica es normalmente untuoso o combinado.

### LEYENDA:

- 1 - Rozamiento límite
- 2 - Rozamiento combinado
- 3 - Rozamiento mediado
- 4 - Punto de conversión (paso a la lubricación hidrodinámica)



## 2) LIMITACIÓN DEL DETERIORO DE LA CADENA Y AHORRO ENERGÉTICO

En la cadena, el movimiento relativo eje-casquillo y casquillo-rodillo, si no hay una película lubricante, determina, a causa del contacto directo de las superficies, una abrasión progresiva de las puntas de rugosidad de las superficies y, más tarde, de las superficies mismas. Esta condición favorece el precoz deterioro de la cadena y aumenta la resistencia de rozamiento que el motor de mando tendrá que vencer.

La presencia de una película lubricante adecuada evita el contacto directo de las superficies metálicas y elimina estos problemas.

La figura 11 representa, desde el punto de vista de la calidad, el alargamiento porcentual de una cadena debido a deterioro, en función del tiempo de funcionamiento y del tipo de lubricación.

Las curvas tienen que ser interpretadas de la manera siguiente:

- representa la condición de funcionamiento en seco de la cadena
- muestra la característica de alargamiento de una cadena pre-lubricada por el constructor y después abandonada al funcionamiento en seco
- representa el caso en que el intervalo de re-lubricación es demasiado largo y se verifican regularmente periodos de funcionamiento en seco
- representa la condición de lubricación inadecuada a causa de una cantidad demasiado reducida o de la no-idoneidad del producto utilizado
- lubricación óptima.

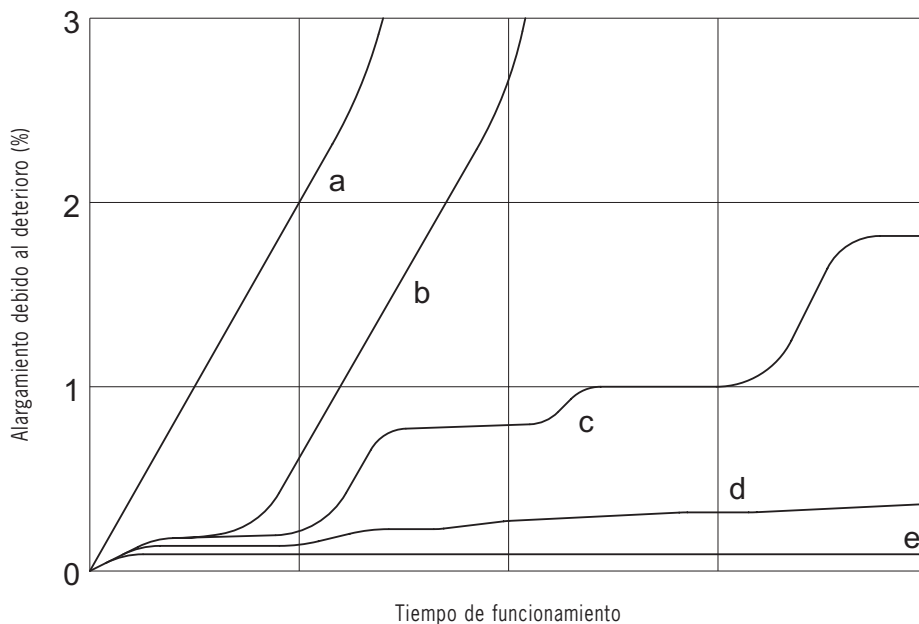


Fig. 11

## 3) PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN

Todos los metales no protegidos se oxidan.

El fenómeno puede ser acentuado por condiciones de funcionamiento particulares, como:

- temperaturas elevadas
- humedad elevada
- presencia de sustancias químicas agresivas

La oxidación es una verdadera amenaza para la duración de la cadena

La presencia de una película lubricante sobre las superficies de los componentes de la cadena, interpuesta entre la cadena y el ambiente exterior, previene la formación de óxido y la iniciación de la corrosión. La eficacia de esta protección puede ser mejorada por la presencia, al interior del lubricante, de inhibidores de corrosión.

#### 4) FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LA CADENA

Como todos los órganos mecánicos en movimiento, también la cadena tiene que ser lubricada. Hay otra ventaja: una lubricación correcta evita molestos ruidos de funcionamiento y asegura una duración casi ilimitada de la cadena.

#### ELECCIÓN DEL LUBRICANTE

---

El objetivo de cada utilizador –es decir, poder resolver todos los problemas de lubricación con un único producto- todavía no ha sido logrado. Hay muchos parámetros que determinan la elección del lubricante: el parámetro fundamental es, sin duda, la temperatura de trabajo de la cadena, en función de la cual se pueden dividir cuatro zonas:

- a) temperatura baja            de - 40°C a 15°C
- b) temperatura normal        de 15°C a 110°C
- c) temperatura alta            de 110°C a 250°C
- d) temperatura altísima        más de 250°C

##### A) TEMPERATURA BAJA (DE – 40°C A 15°C)

Se necesita utilizar un lubricante, normalmente sintético, con viscosidad muy baja. En los casos en que no se pueda aceptar el inevitable goteo de los productos fluidos, hay que utilizar grasas o dispersiones de grasas en solventes oportunos. Para estos usos, aconsejamos el aceite KLÜBERSYNTH UH14-68N y la grasa ISOFLEX NBU 15 (KLUBER LUBRICATION).

##### B) TEMPERATURA NORMAL (HASTA 110°C CON PUNTAS HASTA 150°C)

Representa la condición de trabajo más generalizada y más fácil a resolver.

No aconsejamos el uso de aceites minerales. Aconsejamos utilizar productos específicos para cadenas, con aditivos especiales para evitar el goteo y mejorar la capilaridad. Un producto con estos requisitos es la grasa fluida STRUCTOVIS FHD (KLUBER LUBRICATION). Las propiedades especiales de este producto son la adhesividad elevada, que reduce mucho la posibilidad de goteo, y la baja tensión superficial, que permite eliminar las gotas de fluidos presentes en la superficie metálica, asegurando una lubricación perfecta también en condiciones gravosas.

##### C) TEMPERATURA ALTA (DE 100°C A 250°C)

Dentro de este intervalo de temperatura, se necesita utilizar aceites sintéticos puesto que presentan una estabilidad térmica mucho mayor de la de los aceites minerales. Normalmente se prefieren los aceites que contienen combinaciones de pigmentos sólidos a base de grafito o bisulfuro de molibdeno que aseguran al producto características de lubricación de emergencia y que aumentan la posibilidad de carga (valor de presión específica admisible). Con estos aceites, la calidad de los aditivos presentes es fundamental para prevenir la formación de capas dañosas en las lubricaciones sucesivas y en la cadena. Resultados muy buenos han sido obtenidos con el aceite sintético SYNTHESCO (KLUBER LUBRICATION). Característica particular es la tendencia reducida a la formación de humos, de todas las maneras (NO TOXICOS).

##### D) TEMPERATURA ALTÍSIMA (MÁS DE 250°C)

En estas condiciones de temperatura no es posible realizar una lubricación fluida.

Hay que elegir suspensiones sólidas en un excipiente sintético que, después de su evaporación, puedan asegurar una lubricación en seco de larga duración. En este caso, la formación de humos es inevitable. Hay que hacer mucha atención a la modalidad de aplicación correcta del lubricante que tiene que ser realizada donde la cadena presenta la temperatura más baja posible. Una solución eficaz para estos problemas la ofrece la suspensión WOLFRAKOTE TOP FLUID 5 (KLUBER LUBRICATION).

#### LIMPIEZA DE LA CADENA

Esta operación, junto a la lubricación, es una condición necesaria para asegurar el funcionamiento correcto de la cadena. La lubricación misma puede resultar completamente ineficaz si las partes a lubricar no han sido bien limpiadas antes.

Es oportuno limpiar las cadenas al menos en los siguientes casos:

- antes de periodos de bloqueo prolongados, por ejemplo antes de las vacaciones, se aconseja limpiar la cadena y después aplicar un producto protector oportuno,
- cuando la suciedad sobre las cadenas no puede ser eliminada con los métodos normalmente utilizados para la cadena montada en la instalación,
- cuando el producto utilizado para la re-lubricación y el lubricante de trabajo todavía presente sobre la cadena no pueden ser mezclados.

El procedimiento aconsejado para la limpieza es el siguiente:

- 1) eliminen la suciedad más evidente utilizando cepillos o trapos,
- 2) laven la cadena con un disolvente para disolver el lubricante,
- 3) sumergan la cadena durante algunas horas en un disolvente para disolver el lubricante y después la muevan para facilitar la eliminación de los residuos.

Si no es posible obrar con la máquina parada, se aconseja aplicar el lubricante de trabajo en dilución 1:1 con el detergente. Sin embargo, cada situación individual tiene que ser analizada con los técnicos de la lubricación.

## PRE-LUBRICACIÓN

---

La operación de pre-lubricación de las cadenas se hace con el lubricante especial STRUCTOVIS FHD producto por KLUBER LUBRICATION. Este fluido con estructura viscosa es distinto de los lubricantes tradicionales para cadenas, puesto que tiene las características siguientes:

- densidad elevada (para evitar el goteo)
- repelencia al agua
- propiedades antideterioro muy buenas
- excepcional estabilidad de envejecimiento
- estabilidad térmica muy buena hasta 150°C

STRUCTOVIS FHD – Características químicas y físicas		
Densidad a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	DIN 51757	aprox. 0,890
Viscosidad cinemática [mm <sup>2</sup> /sec]	DIN 51561	
	at 40° C	145
	at 50° C	86
	at 100° C	15
Indice de visosidad	ISO 2909	100
Punto de inflamabilidad (°C)	DIN 51376	>250
Punto de congelación (°C)	DIN ISO 3016	-12

## SISTEMAS DE LUBRICACIÓN

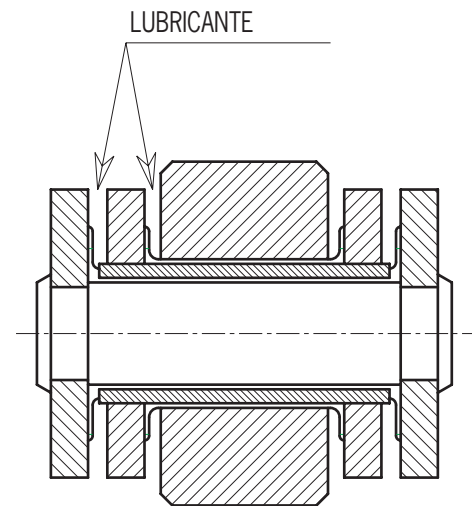
---

Se aconseja suministrar los lubricantes con dispositivos automáticos. Este método evita el funcionamiento en seco accidental de la cadena y al mismo tiempo asegura una dosificación óptima de lubricante, reduciendo el riesgo de lubricación excesiva y del consiguiente goteo del producto.

El lubricante pulverizado, vaporizado etc. tiene que ser colocado en los lados del rodillo y en las mallas, en correspondencia del eje, para que pueda penetrar en toda la articulación de la cadena.

En general, utilizando un lubricante idóneo, con capacidad lubricante elevada, no es necesario que la cadena sea mojada, sino simplemente humectada. En relación a los intervalos de lubricación y a las cantidades de producto a aplicar, no es posible dar indicaciones generales.

Cada caso tiene que ser verificado individualmente.



## CONCLUSIONES

---

Las indicaciones descritas antes no pretenden acabar el sujeto en cuestión, puesto que los problemas debidos a las distintas aplicaciones son muchísimos. La finalidad de esta disertación es la de poner en evidencia la importancia del sujeto, a veces ignorado, a menudo subestimado y raramente considerado como determinante.

Todos sus problemas pueden ser enfocados y resueltos con la ayuda de nuestros técnicos.

## CODIFICACIÓN DE LAS CADENAS

---

Para poder utilizar un mismo lenguaje técnico que no genere interpretaciones erróneas, aconsejamos adoptar una terminología común en la identificación de las cadenas.

Para hacer la exposición más simple, consideramos separadamente el tipo de cadena y el tipo de enganche.

### TIPO DE CADENA

a) en general, se define por el "Número cadena" que sintetiza todas las características relativas a las dimensiones: paso, anchura interior, diámetro rodillo etc.

Ejemplo:

Cadena N. 352 – N. C2080R – N. 400C

b) en particular, las cadenas "no unificadas en pulgadas", "serie DIN 8167" y "serie DIN 8165" se definen, además que con el "número cadena", con una letra que identifica la solución con casquillo (A) o con rodillo pequeño (B) o con rodillo grande (C), o con rodillo con pestaña (D) y con el número que especifica el paso de la cadena, puesto que en esta serie a un mismo número de cadena corresponden pasos distintos.

Ejemplos:

a) Cadena N. Z40-A-101,6

significa:

Z40	=	cadena con ejes macizos serie no unificada en pulgadas
A	=	solución con casquillo
101,6	=	paso mm 101,6 (4 pulgadas)

b) cadena N. MC112-D-200

significa:

MC112	=	cadena ejes huecos serie DIN 8168
D	=	solución con rodillo con pestaña
200	=	paso mm 200

c) las cadenas especiales, que no aparecen en el catálogo, se clasifican en función del paso, de la anchura interior, del diámetro rodillo y del diseño que ilustra todas las otras características.

Ejemplo:

cadena paso 150 x 23 x 45 – diseño n. 001954

Cada modificación a los estándares de producción tiene que ser indicada en sus características.

Ejemplos:

- a) cadena n. 500 galvanizada
- b) cadena n. 500 con placas templadas
- c) cadena n. 500 con rodillos diámetro 20 mm

#### TIPO DE ALETA

Sus características relativas a las dimensiones se definen gracias a las tablas de las aletas que corresponden a los distintos tipos de cadena o, en el caso de soluciones especiales, con un diseño detallado.

La necesidad de explicar en la identificación de las cadenas cuándo hay una aleta, cómo colocarla, cuántos agujeros debe tener etc. se realiza completando la identificación del tipo “cadena” (vean párrafo precedente) con los siguientes símbolos:

A	=	aleta plegado de 1 lado
M	=	aleta vertical de 1 lado
K	=	aleta plegado de 2 lados
MK	=	aleta vertical de 2 lados
1	=	aleta con 1 agujero
2	=	aleta con 2 agujeros
3	=	aleta con 3 agujeros
01	=	aleta cada paso
02	=	aleta cada 2 pasos
10	=	aleta cada 10 pasos
0X	=	aleta cada X pasos

Ejemplos:

a) cadena n. 500A202

significa:

cadena tipo 500 con aletas de 1 lado, con 2 agujeros, cada 2 pasos.

b) cadena n. 703K304

significa:

cadena tipo 703 con aletas de 2 lados, con 3 agujeros, cada 4 pasos.

c) cadena n. M160C125A203

significa:

cadena serie M..., con aletas de 1 lado, con 2 agujeros, cada 3 pasos.



Las aletas especiales o distintas de las indicadas en el catálogo están sujetas a los mismos criterios de clasificación de las aletas estándar, pero siempre tienen que hacer referencia a un número de diseño.

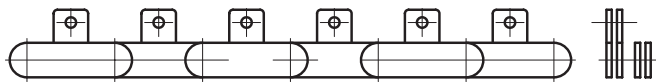
Ejemplo:

cadena n. 704A101 – diseño n. 001988

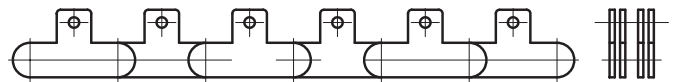
Si las aletas tienen intervalos de pasos pares (02-04-06...), normalmente el montaje se considera en las mallas exteriores de la cadena. Entonces, si se requiere una solución distinta, hay que subrayar "EN MALLAS INTERIORES".

En las páginas siguientes se ilustran las combinaciones de montaje de los enganches más comunes.

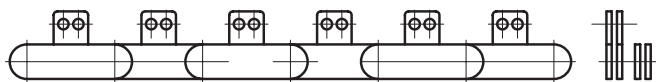
## MONTAJE DE LAS ALETAS



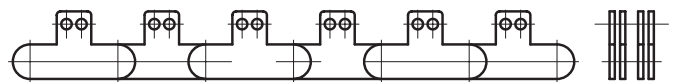
M1-01



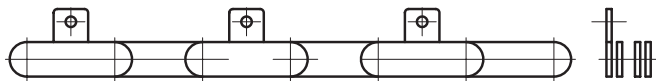
MK1-01



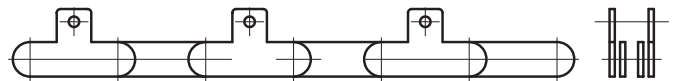
M2-01



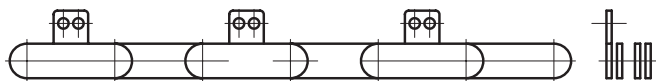
MK2-01



M1-02



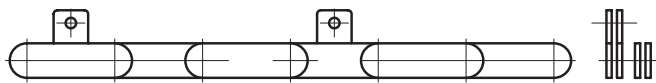
MK1-02



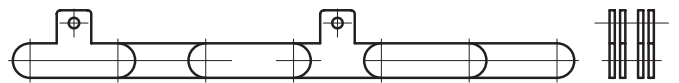
M2-02



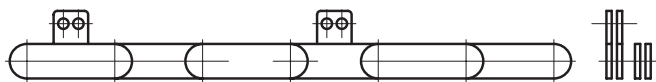
MK2-02



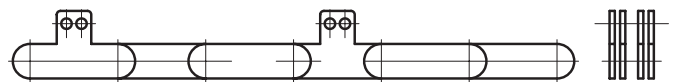
M1-03



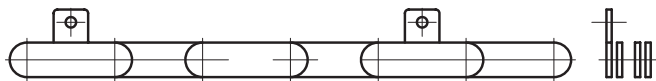
MK1-03



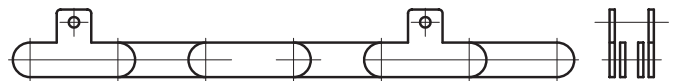
M2-03



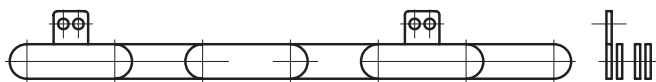
MK2-03



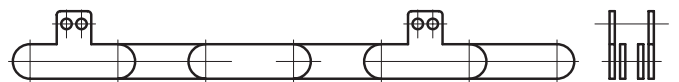
M1-04



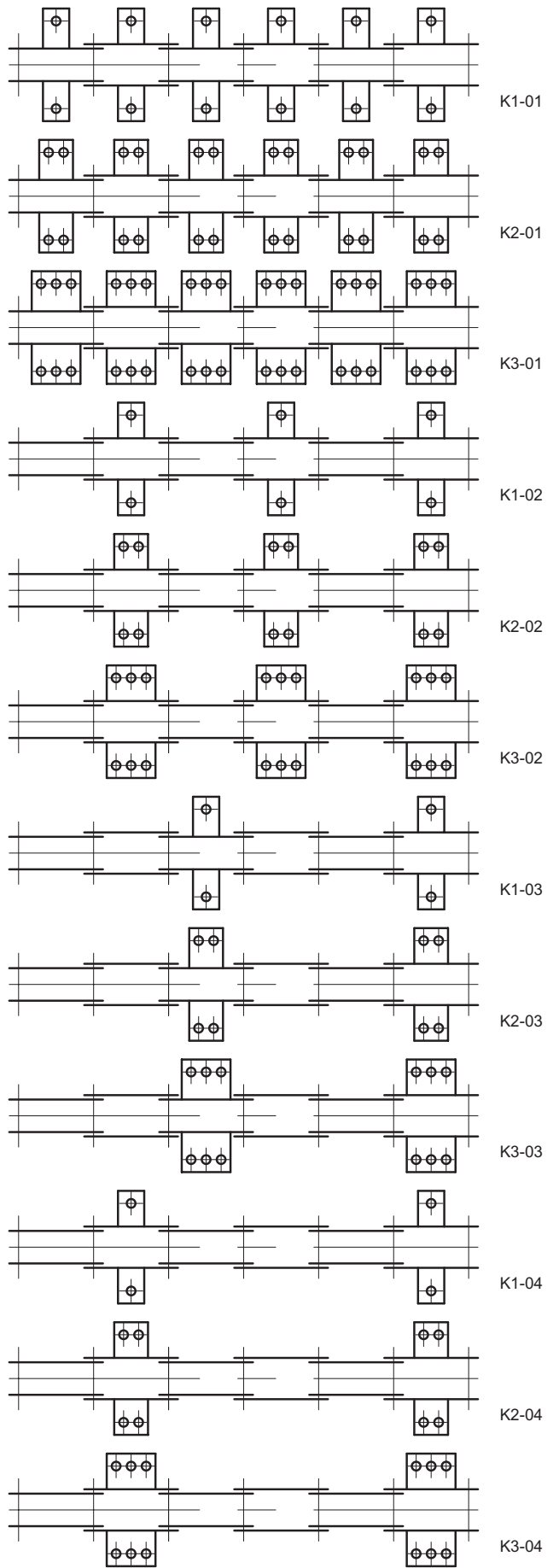
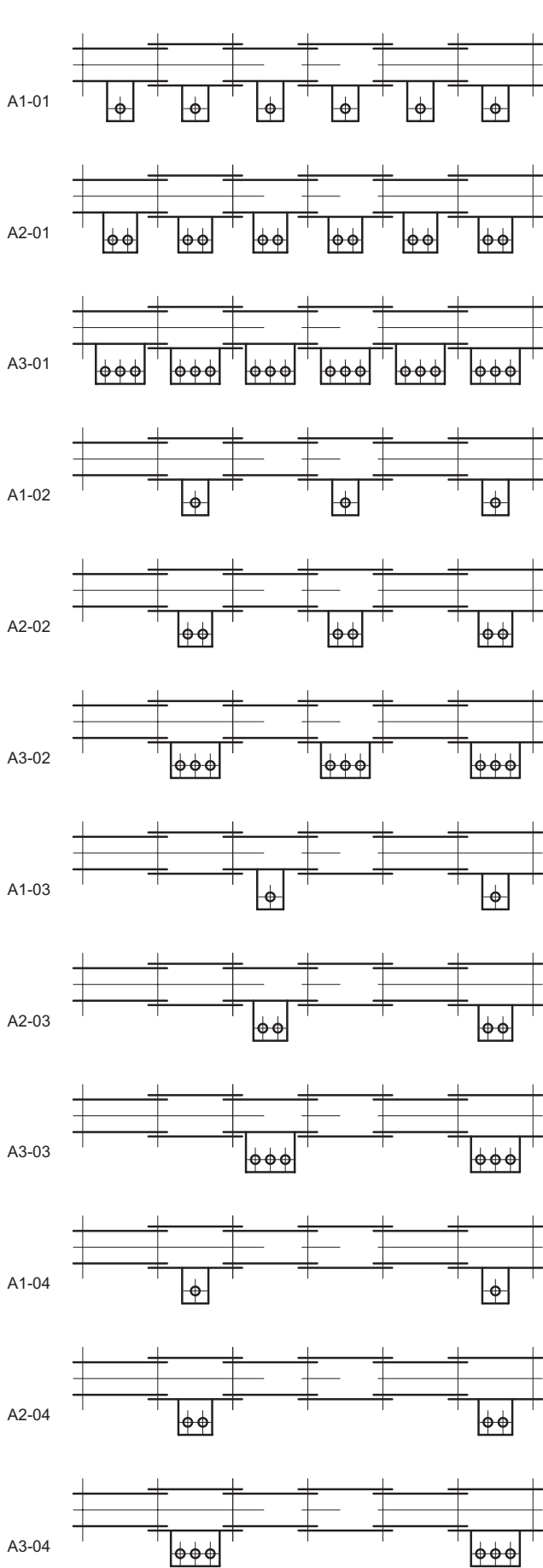
MK1-04



M2-04



MK2-04



## FACTORES DE CONVERSIÓN

Unidad de medida	LONGITUD	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
m	metros	39,3701	pulgadas	in
m	metros	3,28084	pies	ft
m	metros	1,09361	yardas	yd
cm	centímetros	0,393701	pulgadas	in
cm	centímetros	0,032808	pies	ft
mm	milímetros	0,039370	pulgadas	in
mm	milímetros	0,003280	pies	ft
in	pulgadas	25,4	milímetros	mm
in	pulgadas	2,54	centímetros	cm
in	pulgadas	0,0254	metros	m
ft	pies	304,8	milímetros	mm
ft	pies	30,48	centímetros	cm
ft	pies	0,3048	metros	m
mi	millas terrestres	1,60934	kilómetros	km
mi	millas terrestres	1609,344	metros	m
km	kilómetros	0,621371	millas terrestres	mi
Unidad de medida	ÁREA	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	1550	pulgadas cuadradas	in <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	10,7639	pies cuadrados	ft <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	1,19599	yardas cuadradas	yd <sup>2</sup>
cm <sup>2</sup>	centímetros cuadrados	0,001076	pies cuadrados	ft <sup>2</sup>
cm <sup>2</sup>	centímetros cuadrados	0,155	pulgadas cuadradas	in <sup>2</sup>
mm <sup>2</sup>	milímetros cuadrados	0,00155	pulgadas cuadradas	in <sup>2</sup>
mm <sup>2</sup>	milímetros cuadrados	0,000010 (1,07639x10 <sup>-5</sup> )	pies cuadrados	ft <sup>2</sup>
in <sup>2</sup>	pulgadas cuadradas	0,000645 (6,64516x10 <sup>-4</sup> )	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
in <sup>2</sup>	pulgadas cuadradas	6,4516	centímetros cuadrados	cm <sup>2</sup>
in <sup>2</sup>	pulgadas cuadradas	645,16	milímetros cuadrados	mm <sup>2</sup>
ft <sup>2</sup>	pies cuadrados	0,092903	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
ft <sup>2</sup>	pies cuadrados	929,03	centímetros cuadrados	cm <sup>2</sup>
ft <sup>2</sup>	pies cuadrados	92903	milímetros cuadrados	mm <sup>2</sup>
Unidad de medida	VOLUMEN	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	61023,7	pulgadas cúbicas	in <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	35,3147	pies cúbicos	ft <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	219,969	galones imperiales ingleses	UK gallon
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	264,172	galones USA	gal (U.S. liquid)
l (dm <sup>3</sup> )	litros(decímetros cúbicos)	61,0237	pulgadas cúbicas	in <sup>3</sup>
l (dm <sup>3</sup> )	litros(decímetros cúbicos)	0,035314	pies cúbicos	ft <sup>3</sup>
l (dm <sup>3</sup> )	litros(decímetros cúbicos)	0,219969	galones imperiales ingleses	UK gallon
l (dm <sup>3</sup> )	litros(decímetros cúbicos)	0,264172	galones USA	gal (U.S. liquid)
cm <sup>3</sup>	centímetros cúbicos	0,061023	pulgadas cúbicas	in <sup>3</sup>
cm <sup>3</sup>	centímetros cúbicos	0,000035 (3,53147x10 <sup>-5</sup> )	pies cúbicos	ft <sup>3</sup>
ft <sup>3</sup>	pies cúbicos	0,028316	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
ft <sup>3</sup>	pies cúbicos	28,3168	litros(decímetros cúbicos)	l (dm <sup>3</sup> )
ft <sup>3</sup>	pies cúbicos	28316,8	centímetros cúbicos	cm <sup>3</sup>
in <sup>3</sup>	pulgadas cúbicas	0,000016 (1,63871x10 <sup>-5</sup> )	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
in <sup>3</sup>	pulgadas cúbicas	0,016387	litros(decímetros cúbicos)	l (dm <sup>3</sup> )
in <sup>3</sup>	pulgadas cúbicas	16,3871	centímetros cúbicos	cm <sup>3</sup>
UK gallon	galones imperiales ingleses	0,004546	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
UK gallon	galones imperiales ingleses	4,54609	litros(decímetros cúbicos)	l (dm <sup>3</sup> )
Unidad de medida	ÁNGULOS	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
°	grados angulares	0,017453	radianes	rad
rad	radianes	57,2958	grados angulares	°

## FACTORES DE CONVERSIÓN

Unidad de medida	MOMENTO DE TORSIÓN	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
N m	newton metros	0,101972	kilogrametros	kgf m
N m	newton metros	0,737562	libras fuerza pie	lbf ft
N m	newton metros	8,85075	libras fuerza pulgada	lbf in
kgf m	kilogrametros	9,80665	newton metros	N m
kgf m	kilogrametros	7,23301	libras fuerza pie	lbf ft
kgf m	kilogrametros	86,7962	libras fuerza pulgada	lbf in
lbf in	libras fuerza pulgada	0,112985	newton metros	N m
lbf in	libras fuerza pulgada	0,0115212	kilogrametros	kgf m
lbf ft	libras fuerza pie	1,35582	newton metros	N m
lbf ft	libras fuerza pie	0,138255	kilogrametros	kgf m
Unidad de medida	FUERZA y PESO	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
N	newton	0,101972	kilogramos fuerza	kg
N	newton	0,224809	libras fuerza	lbf
kgf	kilogramos fuerza	9,80665	newton	N
kgf	kilogramos fuerza	2,20462	libras fuerza	lbf
lbf	libras fuerza	4,44822	newton	N
lbf	libras fuerza	0,453592	kilogramos fuerza	kgf
ton f (UK)	ton fuerza UK	9964,02	newton	N
ton f (UK)	ton fuerza UK	1016,05	kilogramos fuerza	kgf
ton f (US)	ton fuerza US	8896,44	newton	N
ton f (US)	ton fuerza US	907,185	kilogramos fuerza	kgf
tf	tonelada métrica fuerza	9806,65	newton	N
tf	tonelada métrica fuerza	1000	kilogramos fuerza	kgf
Unidad de medida	MASA/PESO	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
kg	kilogramos	2,20462	libre	lb
kg	kilogramos	0,000984 (9,84207x10 <sup>-4</sup> )	ton UK (long ton)	ton UK
kg	kilogramos	0,001102	ton US (short ton)	ton US
kg	kilogramos	0,001	tonelada métrica	t
lb	libras	0,453592	kilogramos	kg
ton UK	ton UK (long ton)	1016,05	kilogramos	kg
ton US	ton US (short ton)	907,185	kilogramos	kg
t	tonelada métrica	1000	kilogramos	kg
Unidad de medida	DENSIDAD masa por unidad de volumen	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
kg/m <sup>3</sup>	kilogramos por metro cúbico	0,62428	libras por pie cúbico	lb/ft <sup>3</sup>
kg/m <sup>3</sup>	kilogramos por metro cúbico	0,000036 (3,61273x10 <sup>-5</sup> )	libras por pulgada cúbica	lb/in <sup>3</sup>
kg/m <sup>3</sup>	kilogramos por metro cúbico	0,001	kilogramos por litro	kg/l
lb/ft <sup>3</sup>	libras por pie cúbico	16,0185	kilogramos por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
lb/in <sup>3</sup>	libras por pulgada cúbica	27679,9	kilogramos por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
kg/l	kilogramos por litro	1000	kilogramos por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
kg/l	kilogramos por litro	62,428	libras por pie cúbico	lb/ft <sup>3</sup>
kg/l	kilogramos por litro	0,036127	libras por pulgada cúbica	lb/in <sup>3</sup>
lb/ft <sup>3</sup>	libras por pie cúbico	0,016018	kilogramos por litro	kg/l
lb/in <sup>3</sup>	libras por pulgada cúbica	27,6799	kilogramos por litro	kg/l
Unidad de medida	PESO POR UNIDAD DE LONGITUD	Multiplicando por	se obtiene	Unità di misura
kg/m	kilogramos por metro	0,671972	libras por pie	lb/ft
lb/ft	libras por pie	0,13826	kilogramos fuerza por metro	kg/m
Unidad de medida	POTENCIA	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
Hp	horsepower	746	watt	W
CV	caballo de vapor	735,499	watt	W
W	watt	0,001340	horsepower	Hp
W	watt	0,001359	caballo de vapor	CV

# FACTORES DE CONVERSIÓN

Unidad de medida	POTENCIA	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
kW	kilowatt	1000	watt	W
kW	kilowatt	1,34048	horsepower	Hp
kW	kilowatt	1,35962	cavallo vapore	CV
Hp	horsepower	0,746	kW kilowatt	kW
CV	caballo de vapor	0,735499	kW kilowatt	kW
Unidad de medida	PRESIÓN	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
Pa (N/m <sup>2</sup> )	pascal	0,0000010 (1,01972x10 <sup>-7</sup> )	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado quadrato	kgf/mm <sup>2</sup>
Pa (N/m <sup>2</sup> )	pascal	0,00010 (1,01972x10 <sup>-5</sup> )	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	kgf/cm <sup>2</sup>
Pa (N/m <sup>2</sup> )	pascal	0,00001 (10-5)	bar	bar
Pa (N/m <sup>2</sup> )	pascal	0,000009 (9,86923x10 <sup>-6</sup> )	atmósfera	atm
Pa (N/m <sup>2</sup> )	pascal	0,020885	libras por pie cuadrado	lbf/ft <sup>2</sup>
Pa (N/m <sup>2</sup> )	pascal	0,000145 (1,45038x10 <sup>-4</sup> )	libras por pie cuadrado	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	megapascal	0,101972	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	kgf/mm <sup>2</sup>
Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	megapascal	10,1972	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	kgf/cm <sup>2</sup>
Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	megapascal	10	bar	bar
Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	megapascal	9,86923	atmósfera	atm
Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	megapascal	20885,4	libras fuerza por pie cuadrado	lbf/ft <sup>2</sup>
Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	megapascal	145,038	libras fuerza por pie cuadrado	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	98066,5	pascal	Pa (N/m <sup>2</sup> )
kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	0,098066	megapascal	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	14,2233	1 libras fuerza por pulgada cuadrada	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	2048,16	libbre forza al piede quadrato	lbf/ft <sup>2</sup>
kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	0,980665	bar	bar
kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	0,967841	atmósfera	atm
kgf/mm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	9806650	Pascal	Pa (N/m <sup>2</sup> )
kgf/mm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	9,80665	megapascal	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
kgf/mm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	1422,33	libras fuerza por pulgada cuadrada	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
kgf/mm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	204816	libras fuerza por pie cuadrado	lbf/ft <sup>2</sup>
kgf/mm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	98,0665	bar	bar
kgf/mm <sup>2</sup>	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	96,7841	atmósfera	atm
lbf/ft <sup>2</sup>	libras fuerza por pie cuadrado	47,8803	pascal	Pa (N/m <sup>2</sup> )
lbf/ft <sup>2</sup>	libras fuerza por pie cuadrado	0,000047 (4,78803x10 <sup>-5</sup> )	megapascal	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
lbf/ft <sup>2</sup>	libras fuerza por pie cuadrado	0,000488	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	kgf/cm <sup>2</sup>
lbf/ft <sup>2</sup>	libras fuerza por pie cuadrado	0,000004 (4,88243x10 <sup>-6</sup> )	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	kgf/mm <sup>2</sup>
lbf/ft <sup>2</sup>	libras fuerza por pie cuadrado	0,000478 (4,78803x10 <sup>-4</sup> )	bar	bar
lbf/ft <sup>2</sup>	libras fuerza por pie cuadrado	0,000472 (4,72541x10 <sup>-4</sup> )	atmósfera	atm
lbf/in <sup>2</sup> (psi)	libras fuerza por pulgada cuadrada	6894,76	pascal	Pa (N/m <sup>2</sup> )
lbf/in <sup>2</sup> (psi)	libras fuerza por pie cuadrado	0,006894	megapascal	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
lbf/in <sup>2</sup> (psi)	libras fuerza por pie cuadrado	0,070307	kilogramos fuerza por centímetro cuadrado	kgf/cm <sup>2</sup>
lbf/in <sup>2</sup> (psi)	libras fuerza por pulgada cuadrada	0,000703 (7,0307x10 <sup>-4</sup> )	kilogramos fuerza por milímetro cuadrado	kgf/mm <sup>2</sup>
lbf/in <sup>2</sup> (psi)	libras fuerza por pulgada cuadrada	0,068947	bar	bar
lbf/in <sup>2</sup> (psi)	libras fuerza por pulgada cuadrada	0,068046	atmósfera	atm
bar	bar	100000	Pascal	Pa (N/m <sup>2</sup> )
bar	bar	0,1	megapascal	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
bar	bar	0,986923	atmosfera	atm
atm	atmósfera	101325	Pascal	Pa (N/m <sup>2</sup> )
atm	atmósfera	0,101325	megapascal	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
atm	atmósfera	1,01325	bar	bar
Unidad de medida	MASA TRANSPORTADA	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
kg/sec	kilogramos por segundo	60	kilogramos por minuto	kg/min
kg/sec	kilogramos por segundo	3600	kilogramos por hora	kg/h
kg/sec	kilogramos por segundo	132,277	libras por minuto	lb/min
kg/sec	kilogramos por segundo	7936,64	libras por hora	lb/h
kg/sec	kilogramos por segundo	3,6	toneladas por hora	t/h

## FACTORES DE CONVERSIÓN

Unidad de medida	MASA TRANSPORTADA	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
kg/sec	kilogramos por segundo	3,54314	ton Uk por hora	ton UK/h
kg/sec	kilogramos por segundo	3,96832	ton USA por hora	ton US/h
kg/min	kilogramos por minuto	0,016666	kilogramos por segundo	kg/sec
kg/h	kilogramos por hora	0,000277 (2,77778x10 <sup>-4</sup> )	kilogramos por segundo	kg/sec
lb/min	libras por minuto	0,00755987	kilogramos por segundo	kg/sec
lb/h	libras por hora	0,000125 (1,25998x10 <sup>-4</sup> )	kilogramos por segundo	kg/sec
t/h	toneladas por hora	0,277778	kilogramos por segundo	kg/sec
ton UK/h	ton Uk por hora	0,282235	kilogramos por segundo	kg/sec
ton US/h	ton USA por hora	0,251996	kilogramos por segundo	kg/sec
Unidad de medida	VELOCIDAD	Multiplicando por	se obtiene	Unidad de medida
m/sec	metros por segundo	39,3701	pulgadas por segundo	in/sec
m/sec	metros por segundo	2362,2	pulgadas por minuto	in/min
m/sec	metros por segundo	3,28084	pies por segundo	ft/sec
m/sec	metros por segundo	196,85	pies por minuto	ft/min
m/sec	metros por segundo	3,6	kilómetros por hora	km/h
m/sec	metros por segundo	2,23694	millas por hora	mi/h
m/min	metros por minuto	0,016666	metros por segundo	m/sec
m/min	metros por minuto	0,656168	pulgadas por segundo	in/sec
m/min	metros por minuto	39,3701	pulgadas por minuto	in/min
m/min	metros por minuto	0,054680	pies por segundo	ft/sec
m/min	metros por minuto	3,28084	pies por minuto	ft/min
m/min	metros por minuto	0,06	kilómetros por hora	km/h
m/min	metros por minuto	0,037282	millas por hora	mi/h
in/sec	pulgadas por segundo	0,0254	metros por segundo	m/sec
in/min	pulgadas por minuto	0,000423 (4,23333x10 <sup>-4</sup> )	metros por segundo	m/sec
ft/sec	pies por segundo	0,3048	metros por segundo	m/sec
ft/min	pies por minuto	0,00508	metros por segundo	m/sec
km/h	kilómetros por hora	0,2778	metros por segundo	m/sec
mi/h	millas por hora	0,44704	metros por segundo	m/sec
in/sec	pulgadas por segundo	1,524	metros por minuto	m/min
in/min	pulgadas por minuto	0,0254	metros por minuto	m/min
ft/sec	pies por segundo	18,288	metros por minuto	m/min
ft/min	pies por minuto	0,3048	metros por minuto	m/min
km/h	kilómetros por hora	16,6667	metros por minuto	m/min
mi/h	millas por hora	26,82240	metros por minuto	m/min
Unidad de medida	TEMPERATURA	Aplicando las siguientes fórmulas	se obtiene	Unidad de medida
°C	grados Celsius	$(tC \times 1,8) + 32$ tC=temperatura in °C	grados Fahrenheit	°F
°F	grados Fahrenheit	$5/9 \times (tF - 32)$ tF=temperatura in °F	grados Celsius	°C
K	kelvin	$tK - 273,15$ tK= temperatura en K	grados Celsius	°C