

PHOENIX CONVEYOR BELT SYSTEMS



## **Fundamentos de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix**



# Fundamentos de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix

**PHOENIX CONVEYOR BELT  
SYSTEMS GMBH**

Hannoversche Strasse 88  
D-21079 Hamburg, Germany

Teléfono +49-40-7667-03

Fax +49-40-7667-2987

Email [infopcbs@phoenix-ag.com](mailto:infopcbs@phoenix-ag.com)

Web [www.phoenix-conveyor-belts.com](http://www.phoenix-conveyor-belts.com)



## Contenidos

	Página
<b>1</b>	Prólogo 5
<b>2</b>	Símbolos y Unidades 6
<b>3</b>	Fundamentos generales de diseño para sistemas transportadores 8
<b>3.1</b>	Resistencias al movimiento y energía requerida en el estado de funcionamiento continuo 8
<b>3.1.1</b>	Energía requerida 8
<b>3.1.2</b>	Resistencias al movimiento 9
<b>3.2</b>	Resistencias al movimiento y fuerzas motrices en estados de funcionamiento irregular 12
<b>3.2.1</b>	Puesta en marcha 12
<b>3.2.2</b>	Detención 13
<b>3.3</b>	Tensiones de la correa 14
<b>3.3.1</b>	Cálculo secuencial 15
<b>3.3.2</b>	Tensiones mínimas de la correa para transmitir las fuerzas periféricas de la polea 16
<b>3.3.3</b>	Tensiones mínimas de la correa para la limitación de la curva y la correcta trayectoria de ésta 17
<b>3.3.4</b>	Fuerzas tensoras 17
<b>3.4</b>	Distribución lateral de tensiones 18
<b>3.4.1</b>	Áreas de transición 18
<b>3.4.2</b>	Curvas verticales 19
<b>4</b>	Capacidad del programa computacional de Phoenix 20
<b>4.1</b>	Características principales del programa computacional 20
<b>4.2</b>	Proceso y objetivo de los cálculos 22
<b>4.3</b>	Indicaciones para diseñar sistemas transportadores complejos 22
<b>5</b>	Dimensiones de un sistema transportador basadas en los resultados del programa computacional de Phoenix 25
<b>5.1</b>	Correa Transportadora 25
<b>5.1.1</b>	Componentes tensores 25
<b>5.1.2</b>	Cubiertas 26
<b>5.2</b>	Otros componentes estructurales 27
<b>5.2.1</b>	Diámetros mínimos de las poleas 27
<b>5.2.2</b>	Dispositivo tensor 28
<b>5.3</b>	Trayectoria de la correa 29
<b>5.3.1</b>	Longitud de transición 29
<b>5.3.2</b>	Curvas de transición 30
<b>5.3.3</b>	Torsión de la correa 31
<b>6</b>	Cuestionario Phoenix: “Información técnica para esquema de sistemas transportadores” 32-36
<b>7</b>	Tablas para el diseño y cálculo de sistemas transportadores 37-59



Phoenix es el mayor especialista mundial en diseño y fabricación de correas transportadoras.

Las más modernas instalaciones para la fabricación de correas se combinan con un sistema ejemplar para asegurar la calidad, el que incluye la certificación ISO 9001, así como un innovador equipo de pruebas. Esto más la gran experiencia en tecnología de correas transportadoras que se remonta a su origen desde hace 100 años, son la base del gran nivel de economía que poseen las correas transportadoras Phoenix.

En este catálogo, Phoenix ofrece al especialista interesado un documento para el cálculo y diseño de sistemas transportadores. Los principios que tratan sobre los requerimientos de potencia, tensión y resistencia de la correa, además de la distribución de la capacidad de tracción sobre el ancho de ésta, también tratan sobre las áreas de transición y las curvas verticales. Los capítulos que están a continuación describen las interpretaciones de diseño especiales de una correa transportadora y sus componentes principales, así como el recorrido que ésta debiera tener.

Al final del catálogo usted encontrará una extensa sección de tablas que contiene todos los detalles esenciales para el cálculo y diseño de los sistemas transportadores.

Los principios de cálculo se basan principalmente en la norma DIN 22101, la que se publicó en la edición del mes de agosto del 2002.

Cuando los cálculos involucrados son más complejos, los modernos programas de computación de Phoenix pueden ser de gran utilidad. Por lo tanto, nosotros recomendamos completar y enviarnos el cuestionario que se encuentra en este catálogo (ver capítulo 6).

Los especialistas de Phoenix le asegurarán el mejor diseño de correa transportadora para el trabajo específico que usted requiere. No dude en hacer uso de la experiencia de Phoenix.

## 2 Símbolos y Unidades

Simb.	Descripción	Unid.	Simb.	Descripción	Unid.
B	Ancho de la correa transportadora	mm	a	Aceleración o desaceleración	m/s <sup>2</sup>
C	Coefficiente que incluye el total de la resistencia secundaria	–	b <sub>S</sub>	Parte del ancho de la correa sobre el polín lateral (sólo para estaciones de polines con 2 o 3 polines)	mm
D <sub>Tr</sub>	Diámetro de la polea	mm	c <sub>K</sub>	Coefficiente para la eficiencia dinámica del empalme, correspondiente a la tensión relacionada al ancho de la correa en los bordes de ésta	–
E <sub>LGk</sub>	Módulo de elasticidad del componente tensor (= alma de la correa) relacionado con el ancho de la correa.	N/mm	c <sub>Ü</sub>	Coefficiente para determinar los valores guía para la longitud mínima de la transición en depresión	–
F <sub>ai</sub> F <sub>a</sub>	Aceleración / Desaceleración La componente de la fuerza de tensión de la correa dependiente de la sección del sistema (F <sub>ai</sub> ), respectivamente las fuerzas totales de aceleración/desaceleración desde el recorrido de la cubierta superior y de retorno (F <sub>a</sub> )	N	c <sub>R</sub>	Coefficiente para el cálculo de las masas de los polines reducidos a su perímetro	–
F <sub>E</sub>	Resistencia al corte giratorio de la correa transportadora	N	c <sub>Re</sub>	Coefficiente para determinar los valores guía para el radio mínimo de las curvas verticales convexas	–
F <sub>H</sub>	Resistencias totales primarias	N	d <sub>DP</sub>	Espesores de la cubierta	mm
F <sub>N</sub>	Resistencias totales secundarias	N	d <sub>G</sub>	Espesores de la correa	mm
F <sub>R</sub>	Resistencia al funcionamiento de los polines	N	d <sub>Gk</sub>	Espesor del componente tensor (componente tensor longitudinal: alma de la correa)	mm
F <sub>S</sub>	Resistencias totales especiales	N	d <sub>R</sub>	Diámetro del polín	mm
F <sub>Sp</sub>	Fuerza tensora (= fuerza en los ejes de la polea tensora)	N	e	Base de logaritmos naturales	–
F <sub>St</sub>	Resistencias totales a la gradiente	N	f <sub>i</sub> , f	Coefficiente de fricción ficticia de una sección del sistema transportador (f <sub>i</sub> ), respectivamente del total del sistema transportador en el recorrido de la cubierta superior y de retorno (f)	–
F <sub>T</sub>	Fuerza de tensión local de la correa	N	g	Aceleración producida por la gravedad (g = 9.81 m/s <sup>2</sup> )	m/s <sup>2</sup>
F <sub>Tri</sub>	Fuerza periférica de la polea con índice i	N	h <sub>K0</sub>	Distancia desde el borde de la correa hasta el nivel más hondo del canal	mm
F <sub>W</sub>	Resistencias totales al movimiento de los recorridos las cubiertas superior y de retorno en un estado de funcionamiento constante	N	h <sub>K1</sub>	Distancia desde el borde de la correa hasta el nivel de la superficie de la polea	mm
H	Altura del sistema transportador (H > 0: sistema transportador en dirección ascendente; H < 0: sistema transportador en declive)	m	h <sub>Tr</sub>	Elevación de la polea en el área de transición, comparada con el nivel del punto más hondo del canal	mm
I <sub>m</sub>	Flujo de masa	kg/s	h <sub>rel</sub>	Hundimiento (curva) máximo de la correa en relación al espacio entre polines de carga	%
I <sub>V</sub>	Flujo de volumen	m <sup>3</sup> /s	k	Tensión de la correa en relación al ancho de ésta	N/mm
L	Longitud del sistema transportador (≈ distancia desde el centro)	m	k <sub>K</sub>	Tensión de la correa en relación al ancho de ésta en el borde de la correa	N/mm
P <sub>M</sub>	Potencia total de los motores de transmisión requerida debido a las resistencias de movimiento en estado de funcionamiento continuo	W	(k <sub>K</sub> ) <sub>amax</sub>	Ancho temporal máximo que pueda tener en relación a la tensión de la correa en los bordes de ésta, (en estado de funcionamiento continuo e irregular)	N/mm
P <sub>W</sub>	Potencia total en la periferia de la(s) polea(s) motriz(es) requerida para las resistencias al movimiento durante el estado de funcionamiento continuo	W	k <sub>M</sub>	Tensión de la correa en relación al ancho de ésta, en el medio de la correa transportadora	N/mm
R <sub>a</sub>	Radio de la curva de transición vertical cóncava	m	k <sub>N</sub>	Resistencia a la ruptura nominal de la en relación al ancho de ésta (= resistencia a la ruptura mínima)	N/mm
R <sub>e</sub>	Radio de la curva de transición vertical convexa	m	k <sub>t</sub>	Eficiencia dinámica referencial del empalme de la correa	N/mm
S <sub>0</sub>	Factor de seguridad en relación a las condiciones de fabricación de la correa transportadora	–	k <sub>trel</sub>	Eficiencia dinámica relativa del empalme de la correa	–
S <sub>1</sub>	Factor de seguridad en relación a la vida útil esperada de la correa y las presiones y tensiones del funcionamiento de ésta	–			

Simb.	Descripción	Unid.
$l_i$	Longitud de una sección del sistema transportador	m
$l_K$	Longitud del borde de la correa en la transición con depresión	m
$l_M$	Longitud de la superficie que gira del central en una estación de 3 polines	mm
$l_R$	Espacio entre polines en el recorrido de la cubierta superior y de retorno	m
$l_{\bar{U}}$	Longitud del área de transición	m
$l_{\bar{U}eff}$	Longitud real del área de transición	m
$l_W$	Longitud de la correa	m
$m'_G$	Masa en relación a la longitud de la correa transportadora	kg/m
$m''_G$	Masa en relación al área de la correa transportadora	kg/m <sup>2</sup>
$m'_{L_i}, m'_L$	Masa en relación a la longitud del material transportado con una distribución uniforme sobre la sección que ocupa ( $m'_{L_i}$ ), respecto de la longitud total ( $m'_L$ )	kg/m
$m'_{R_i}, m'_R$	Masa en relación a la longitud de las partes giratorias de los polines en una sección del transportador ( $m'_{R_i}$ ) respecto de la longitud total ( $m'_R = m'_{R_o} + m'_{R_u}$ )	kg/m
$\rho_A$	Factor de puesta en marcha relacionado a las fuerzas periféricas de todas las poleas motrices en estado de funcionamiento continuo	–
$\rho_{A0}$	Factor de puesta en marcha relacionado al torque nominal de todos los motores motrices	–
$\rho_B$	Factor de ruptura relacionado a las fuerzas periféricas de todas las poleas motrices en estado de funcionamiento continuo	–
$\rho_{B0}$	Factor de ruptura relacionado al torque nominal de todos los motores motrices	–
$q$	Coefficiente para la determinación de resistencias primarias	–
$s_B$	Distancia de frenado	m
$s_{Sp}$	Recorrido de la polea tensora	m
$t_A$	Tiempo de puesta en marcha	s
$t_B$	Tiempo de detención	s
$v$	Velocidad de la correa	m/s
$\alpha$	Angulo del revestimiento de la polea	°, rad
$\beta$	Angulo equivalente de reposo del material transportado	°
$\epsilon_{bl}$	Elongación permanente de la correa transportadora	%
$\epsilon_{el}$	Elongación elástica de la correa transportadora	%
$\delta$	Angulo de la gradiente del sistema transportador	°
$\eta_{ges}$	Eficiencia global de todos los elementos de transmisión entre el motor y el eje de la polea	–
$\varphi_{St}$	Coefficiente para determinar el volumen del flujo en la pendiente de la correa del sistema transportador	–

Simb.	Descripción	Unid.
$\lambda$	Angulo cóncavo de la correa transportadora en el recorrido de la cubierta superior o de retorno	°
$\mu$	Coefficiente de fricción entre la correa transportadora y la superficie de la polea	–
$\rho$	Densidad del volumen del material transportado	kg/m <sup>3</sup>
$\Delta k$	Diferencia entre el ancho relacionado con la tensión de la correa, en los bordes y en la mitad de ésta	N/mm
$\Delta k_{\bar{U}}$	Diferencia entre el ancho relacionado con la tensión de la correa, en los bordes y en la mitad de ésta en la zona de transición acanalada	N/mm
$\Delta k_{Ra}$	Diferencia entre el ancho relacionado con la tensión de la correa, en los bordes y en la mitad de ésta en curvas verticales cóncavas	N/mm
$\Delta k_{Re}$	Diferencia entre el ancho relacionado con la tensión de la correa, en los bordes y en la mitad de la correa transportadora en curvas verticales convexas	N/mm
$\Delta l_{\bar{U}}$	Diferencia de las longitudes $l_{\bar{U}eff}$ y $l_{\bar{U}}$	m
$\Sigma m$	Suma de masas en movimiento de traslación así como masas en movimientos giratorios sin freno ni transmisión reducidas a su periferia	kg

## Índices

Índice	Significado
A	En la puesta en marcha
B	En la detención (frenado)
a	Estado de funcionamiento irregular (puesta en marcha y frenado)
erf	Requerido
ges	Total
i	Índice para las poleas motrices / de frenado y sus fuerzas periféricas, así como secciones del transportador en el recorrido de la cubierta superior y de retorno con sus fuerzas de correa
inst	Instalado
max	Máximo
min	Mínimo
o	Recorrido de la cubierta superior
th	Teórico
u	Recorrido de la cubierta de retorno
zul	Admisible

### 3 Fundamentos Generales de Diseño para Sistemas Transportadores

Los fundamentos generales de diseño de acuerdo a la norma DIN 22101 se explican a continuación para determinar las resistencias al movimiento y la necesidad de potencia para procesos de propulsión y de frenado, así como las tensiones de la correa de un sistema transportador.

La curva de tensión de la correa en diferentes condiciones de funcionamiento está determinada por medio de un cálculo secuencial, por la suma parcial de las resistencias motrices pertinentes a lo largo del sistema transportador.

Al final de los cálculos secuenciales, se deben revisar las condiciones específicas referentes a la cantidad mínima de tensiones de la correa, lo que asegura que las fuerzas motrices y de frenado se produzcan en ésta, fluyendo de manera libre sobre poleas motrices o de frenado respectivamente para asegurar una correcta trayectoria de la correa. Para entregar estas tensiones mínimas, se necesitan fuerzas tensoras equivalentes.

Además del cumplimiento de los cálculos para determinar la resistencia a la rotura nominal de la correa como se solicita, también se deben seleccionar los factores de seguridad para asegurar un funcionamiento seguro y libre de problemas en la correa y en sus empalmes para toda su vida útil como se planificó.

#### 3.1 Potencia requerida y resistencias al movimiento en estado de funcionamiento continuo

##### 3.1.1 Potencia Requerida

Para superar las resistencias al movimiento en un sistema transportador, la potencia (mecánica) requerida está determinada por:

$$P_W = F_W \cdot v$$

$P_W$  Potencia total como resultado de las condiciones de carga en estado de funcionamiento continuo de potencia necesaria en la periferia de la polea motriz.

$F_W$  Resistencia total al movimiento en el recorrido de la cubierta superior y de retorno en estado de funcionamiento continuo.

$v$  Velocidad de la correa

Para condiciones de carga desfavorables en un sistema transportador con secciones ascendentes y descendentes y con una carga nominal distribuida en forma desigual, es muy posible que las resistencias de movimiento  $F_W$  definidas se excedan notablemente:

$$|F_{Wmax}| \geq |F_W|$$

$$|P_{Wmax}| \geq |P_W|$$

Con la resolución de las resistencias al movimiento destinadas al motor requerido instalado, así como la distribución de la transmisión en varias de las poleas motrices en la cabeza y cola de la correa, los diferentes sistemas transportadores se diferencian unos de otros:

#### ■ Sistemas transportadores horizontales y en posición ascendente

$$P_{Merf} = \frac{P_{Wmax}}{\eta_{ges}}$$

$P_{Merf}$  Potencia total requerida por los motores de transmisión

$P_{Wmax}$  Potencia máxima requerida en la periferia de las polea(s) motriz(s)

$\eta_{ges}$  Eficiencia completa de todos los elementos de transmisión entre el motor y el eje de la polea

En sistemas transportadores horizontales y con una inclinación leve con motores ubicados sólo en las estaciones de cabeza y cola, surgen las tensiones mínimas de la correa si la potencia motriz  $P_{Merf}$  distribuye con relación a las resistencias al movimiento en el recorrido de la cubierta superior y de retorno.

En sistemas transportadores con pendientes muy pronunciadas y sin transmisión intermedia, se originan las fuerzas mínimas de la correa, las que se producen si todos los motores de transmisión se instalan en la cabeza del sistema.

#### ■ Sistemas transportadores en descenso

$$P_{Merf} = \frac{P_{Wmax}}{\eta_{ges}} \quad \text{con } P_{Wmax} > 0 \quad \text{(transmisión operada por motor)}$$

$$P_{Merf} = P_{Wmax} \cdot \eta_{ges} \quad \text{con } P_{Wmax} < 0 \quad \text{(transmisión operada por generador)}$$

En este sistema transportador, las tensiones mínimas de la correa se producen cuando los motores de transmisión se instalan en la cola del sistema en estados de funcionamiento, donde la transmisión funciona por medio de un generador.

Independientemente de la variante existente del sistema, la capacidad total instalada real de los motores de transmisión es generalmente mayor a la capacidad requerida.

$$|P_{Minst}| \geq |P_{Merf}|$$

En consecuencia, la capacidad total requerida  $P_{Merf}$  se determina por exposición. Esto es válido sólo para sistemas con carga distribuida uniformemente sobre todo el recorrido de la correa. Al contrario, un sistema transportador cargado en forma desigual, que tiene secciones en ascenso y descenso, se debe considerar para un diseño óptimo, uno en que la potencia máxima  $P_{Wmax}$  sólo se requiere generalmente en periodos cortos.

### 3.1.2 Resistencias al Movimiento

Con la correa avanzando en un estado de funcionamiento continuo, las resistencias al movimiento surgen de fuerzas de masa, peso y fricción:

$$F_W = F_H + F_N + F_{St} + F_S$$

$F_H$	Resistencia primarias totales	– actúan en el recorrido de la cubierta superior y de retorno, a lo largo de todo el trayecto de la correa
$F_N$	resistencias secundarias totales	– limitadas localmente a la cabeza y cola del sistema
$F_{St}$	resistencias de la gradiente totales	– causadas por las diferencias de altura entre la alimentación y descarga de material
$F_S$	resistencias especiales totales	– suceden en momentos determinados, en el recorrido de la cubierta superior y de retorno (considerar por separado)

#### ■ Resistencias Primarias $F_H$ de la trayectoria de la correa

Las resistencias primarias de la trayectoria de la correa están compuestas por partes en las secciones. Estas consisten en resistencias flexibles de la correa transportadora, así como de material transportado y resistencias giratorias de los polines. Las resistencias flexibles de la correa surgen principalmente de su resistencia giratoria al corte; su resistencia a doblarse es de menor importancia.



Las resistencias principales de la sección del sistema son simplificadas usando una dependencia lineal de la masa móvil – tanto para la cubierta superior como para la de retorno – y se determinan de la siguiente manera:

$$F_{Hi} = f_i \cdot l_i \cdot g \cdot [m'_{Ri} + (m'_G + m'_{Li}) \cdot \cos \delta_i]$$

La suma de las resistencias primarias que se producen en secciones del sistema, se puede determinar para un sistema transportador inclinado en forma uniforme de la siguiente manera:

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [m'_R + (m'_G + m'_L) \cdot \cos \delta]$$

- $f_i, f$  Factor ficticio de fricción de una sección del sistema ( $f_i$ ) respectivamente en el recorrido de la cubierta superior y de retorno ( $f$ )
- $l_i, L$  Longitud de la correa en una sección del sistema ( $l_i$ ), respectivamente del largo total del sistema transportador ( $L \approx$  distancia desde centro)
- $g$  aceleración debido a la acción de la gravedad ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )
- $m'_{Ri}, m'_R$  masa relacionada a la longitud de las piezas giratorias de los polines en una sección del sistema transportador ( $m'_{Ri}$ ), respectivamente de la longitud total ( $m'_R = m'_{Ro} + m'_{Ru}$ )
- $m'_G$  masa relacionada a la longitud de la correa transportadora
- $m'_{Li}, m'_L$  masa relacionada a la longitud de la correa transportadora de una sección del sistema ( $m'_{Li}$ ), respectivamente del trayecto que está con carga distribuida uniformemente a lo largo del recorrido de la correa ( $m'_L$ )
- $\delta_i, \delta$  ángulo de trayectoria/inclinación de una sección ( $\delta_i$ ), respectivamente de un tramo completo de un trayecto del sistema transportador inclinado en forma pareja ( $\delta$ ).
- $i$  índice de funcionamiento para la designación de una sección del sistema

En las **tablas 1, 2, 3, 4 y 5** (ver Capítulo 7) se dan indicaciones para determinar los parámetros  $m'_L$ ,  $m'_R$  y  $m'_G$ .

Las resistencias primarias determinadas para el recorrido de la cubierta superior ( $F_{Ho}$ ) así como para el recorrido de la cubierta de retorno ( $F_{Hu}$ ), son factores decisivos en la distribución de la tensión de la correa local del recorrido de las cubiertas superior y de retorno y son relevantes al igual que la suma de resistencias al movimiento y potencia requerida por la correa transportadora.

El parámetro  $f_i$  que se elige en secciones y el coeficiente  $f$  de fricción común aplicado para el recorrido de la cubierta superior y de retorno tienen un gran significado para la dimensionamiento del sistema, en el caso de sistemas transportadores levemente inclinados y de gran longitud, en el que sólo se deben considerar resistencias a la gradiente y resistencias secundarias relativamente menores.

Si el valor del factor de fricción  $f_i$  muestra mediciones que no corresponden o valores conocidos, se pueden tomar los factores de funcionamiento y de condición estructural para los valores guía de carga nominal para el parámetro  $f$ , de la **Tabla 6.1**.

El uso de estos valores para calcular las resistencias primarias  $F_{Hi}$  en secciones individuales del recorrido de la cubierta superior y de retorno, por ejemplo: tomar  $f_i = f$ , es sólo justificable en caso que no hayan requerimientos exactos.

Por otro lado, si las mediciones para la resistencia de funcionamiento de los polines  $F_R$  y la resistencia giratoria de corte de la correa transportadora  $F_E$  están disponibles, esto permite para sistemas en el área de carga nominal, determinar en forma más exacta las resistencias primarias del recorrido (con carga) de la cubierta superior y (sin carga) de la cubierta de retorno, en vez del uso del valor  $f$ , como se muestra a continuación:

$$\text{Recorrido de la cubierta superior: } F_{Ho} = \frac{1}{q_o} \cdot (F_{Ro} + F_{Eo})$$

$$\text{Recorrido de la cubierta de retorno: } F_{Hu} = \frac{1}{q_u} \cdot (F_{Ru} + F_{Eu})$$

- $q$  coeficiente para determinar las resistencias primarias: Recorrido de la cubierta superior:  $0.5 \leq q_o \leq 0.85$ ; valor medio: 0.7.  
Recorrido de la cubierta de retorno:  $q_u = 0.9$

En la **Tabla 6.2** se entregan consejos sobre el tamaño del coeficiente  $q_o$ .

#### ■ Resistencias Secundarias $F_N$ para secciones individuales del sistema transportador

El total de las resistencias secundarias  $F_N$  resulta de la suma de resistencias al movimiento limitadas localmente en el recorrido de la cubierta superior y de retorno, específicamente en la cabeza y cola del sistema transportador:

Alimentación de material

- Resistencia a la aceleración y fricción entre el material transportado y la correa
- Resistencia a la fricción del chute

Limpieza de la correa

- Resistencia del raspador

Poleas (no motrices)

- Resistencia a la deflexión debido a que la correa se dobla
- Resistencia de los soportes de la polea

El total de la resistencia recién descrita se representa con el coeficiente  $C$ :

$$C = 1 + \frac{F_N}{F_H}$$

Es evidente que la influencia relativa de resistencias secundarias en la necesidad de potencia de un sistema transportador, depende en gran medida de la longitud de la correa. Mientras más larga sea, mayor será la resistencia primaria  $F_H$  y más cerca estará el coeficiente  $C$  al valor 1.0, de acuerdo a la ecuación anterior; incluso en sistemas muy largos ( $L \geq 2000$  mts.) el valor de 1.05 se asume como el límite más bajo (DIN 22101).

La **tabla 7** muestra valores guía para el coeficiente  $C$  para sistemas transportadores con carga, dependiendo de su longitud  $L$ .

Para sistemas con carga con  $L > 80$  mts, la resistencia secundaria  $F_N$  se puede determinar en forma aproximada por medio de la siguiente ecuación:

$$F_N = (C - 1) \cdot F_H$$

En el caso de sistemas con una  $L < 80$  mt, ya sea que están cargados o no, las resistencias secundarias se deben determinar individualmente.

En la norma DIN 22101 se encuentra información y ecuaciones apropiadas al tema.

### ■ Resistencia a la gradiente $F_{St}$ del material transportado

La resistencia a la gradiente del material transportado y la correa transportadora en el recorrido de cubierta superior y de retorno, tiene una gran influencia en la distribución de las fuerzas de la correa en sistemas transportadores con una gradiente muy pronunciada. En estos casos la suma de estas resistencias determinan una gran parte de la fuerza y potencia motriz requerida.

La resistencia a la gradiente de una sección considerando un tramo de la correa se determina de la siguiente manera:

$$F_{Sti} = h_i \cdot g \cdot (m'_G + m'_L)$$

$h_i$  diferencia de altura en la sección del sistema  
 $h_i > 0$ : la correa transportadora avanza en dirección ascendente  
 $h_i < 0$ : la correa transportadora avanza en dirección descendente

Para el recorrido de la cubierta superior y de retorno, la resistencia a la gradiente  $F_{St}$ , en el caso de una cubierta superior con carga pareja sobre todo el trayecto de la correa (masa relativa a la longitud de la correa transportadora  $m'_L$ ) se calcula de la siguiente manera:

$$F_{St} = H \cdot g \cdot m'_L$$

$H$  Altura del transportador  
 $H > 0$ : transportador que va en ascenso  
 $H < 0$ : transportador que va en descenso

Nota:

Las resistencias a la gradiente de la correa en el recorrido de la cubierta superior y de retorno, se compensan en la resistencia al movimiento total de un sistema por lo que no se consideran. Sin embargo, estas sí se deben considerar cuando se calculan las tensiones locales de la correa (compare con el punto 3.3.1).

### ■ Resistencias especiales $F_S$

Las resistencias especiales  $F_S$  generalmente sólo se dan en diseños de correas transportadoras con propósitos especiales. Estas son causadas por:

Posición inclinada del polín

- Resistencia a la inclinación

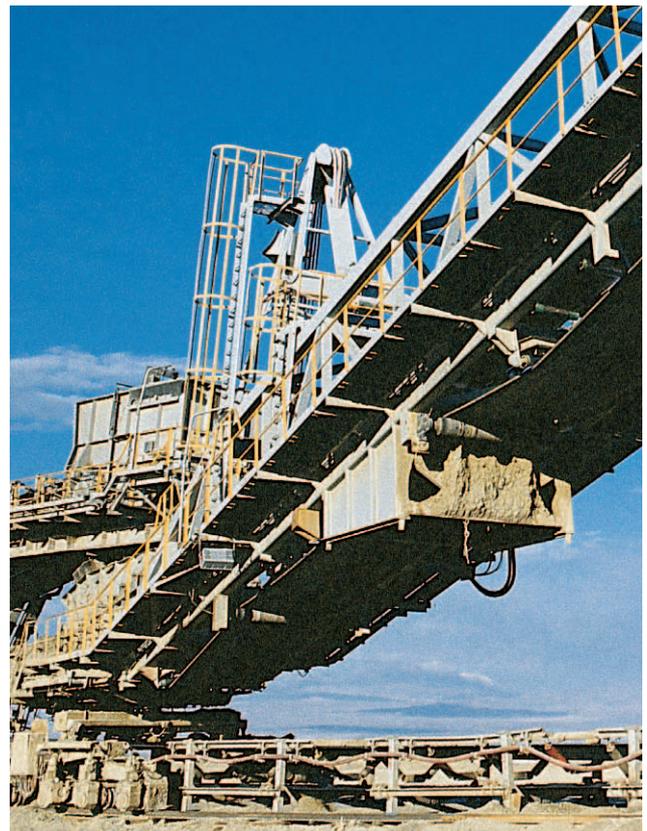
Chutes fuera de los puntos de alimentación

- Resistencia a la fricción del chute

Dispositivos para descargas laterales de material a lo largo de la correa

- Resistencias al raspador

Las resistencias a la fricción del chute y por inclinación, se pueden determinar por medio de las ecuaciones que se encuentran en la norma DIN 22101.



### 3.2 Resistencias al movimiento y Fuerzas de Transmisión en estados de funcionamiento irregular

Para calcular los estados de funcionamiento irregular

#### Puesta en marcha y frenado (detención)

en un sistema transportador, simplemente se toman sus resistencias al movimiento para que sean iguales a cuando se está en un estado de funcionamiento continuo. Aquellas en este estado de funcionamiento, en el recorrido de la cubierta superior y de retorno con resistencias  $F_a$  en la aceleración y desaceleración son, en vista de su influencia en la distribución sectorial local de las tensiones de la correa y en su relación con las resistencias al movimiento que lo acompañan, se determinan de la siguiente manera:

$$F_{ai} = a \cdot l_i \cdot (c_{Ri} \cdot m'_{Ri} + m'_G + m'_{Li})$$

$$F_a = a \cdot \Sigma m$$

$$\text{con } \Sigma m = \Sigma [l_i \cdot (c_{Ri} \cdot m'_{Ri} + m'_G + m'_{Li})]$$

Aparte de los parámetros ya definidos  $l_i$ ,  $m'_{Ri}$ ,  $m'_G$ ,  $m'_{Li}$ , a continuación se definen los siguientes:

- a aceleración ( $a > 0$ ),  
respectivamente desaceleración ( $a < 0$ )
- $c_{Ri}$  coeficiente para calcular las masas de los polines reducidas a su periferia ( $c_{Ri} \approx 0.9$ )

#### Nota:

Se debe tomar con especial consideración la posible existencia de poleas en la trayectoria de la correa, así como la pieza giratoria en la disposición de las piezas motrices y de frenado, las que se aceleran o desaceleran a través de la correa transportadora.

Con respecto a las resistencias al movimiento  $F_w$  de un sistema transportador, la fuerza  $F_a$  está relacionada a la suma de las fuerzas periféricas de la polea de transmisión  $F_{TrA}$  y  $F_{TrB}$  en la puesta en marcha y detención de la siguiente manera:

$$F_{TrA} = F_w + F_{aA}$$

$$F_{TrB} = F_w + F_{aB}$$

- $F_{aA}$  Fuerza de aceleración total en la puesta en marcha ( $F_{aA} > 0$ )
- $F_{aB}$  fuerza de desaceleración total en la detención ( $F_{aB} < 0$ )
- $F_w$  total de resistencias al movimiento en el recorrido de la cubierta superior y de retorno

#### 3.2.1 Puesta en marcha

Un valor significativo característico de la aceleración en la puesta en marcha de un sistema transportador con sus tensiones motrices y de correas altas, es el factor de puesta en marcha  $p_A$  el que conecta las fuerzas periféricas de todas las poleas motrices en la puesta en marcha  $F_{TrA}$  con aquellas en estado de funcionamiento continuo, por ejemplo con el total de resistencias al movimiento  $F_w$ , de la siguiente manera:

$$p_A = \frac{F_{TrA}}{F_w}$$

En la norma DIN 22101 se entregan recomendaciones para la magnitud de las fuerzas periféricas de la polea  $F_{TrA}$ , especialmente para correas transportadoras muy largas. De acuerdo a estas fuerzas:

- no debería exceder 1.7 veces las resistencias al movimiento determinadas para un sistema transportador  $F_{Wmax}$  (para esto ver punto 3.1.1); por ejemplo factor de puesta en marcha  $p_A \leq 1.7$  para evitar tensiones altas en la correa.
- se deberían medir de tal manera que el total de las fuerzas de aceleración  $F_a$  en una puesta en marcha desfavorable ( $F_{Wmax}$ !) sea al menos 0.2 veces las resistencias al movimiento formadas por fricción y que el tiempo de puesta en marcha de la transmisión no exceda el límite de tiempo térmicamente aceptable.
- se debería limitar de tal manera que no se dañe la fricción de agarre entre el material transportado y la correa transportadora.
- se deberían transmitir a la correa tan despacio como fuese posible, para limitar la intensidad de las vibraciones longitudinales.

Asumiendo un factor de puesta en marcha  $p_A$  con valores conocidos  $F_w$  y  $\Sigma m$ , se puede calcular en forma simple:

- suma de las fuerzas periféricas de la polea de transmisión en la puesta en marcha:

$$F_{TrA} = p_A \cdot F_w$$

- aceleración en la puesta en marcha:

$$a_A = \frac{(p_A - 1) \cdot F_w}{\Sigma m}$$

- resistencia total a la aceleración en el recorrido de la cubierta superior y de retorno:

$$F_{aA} = (p_A - 1) \cdot F_w$$

- tiempo de puesta en marcha (con valores constantes de  $p_A$  respectivo  $a_A$ ):

$$t_A = \frac{v}{a_A}$$

Al cambiar las ecuaciones, por ejemplo: al especificar el tiempo de puesta en marcha, también permite determinar la aceleración de la puesta en marcha, la resistencia de aceleración total, las fuerzas periféricas de la polea en la puesta en marcha, así como el factor de puesta en marcha.

El factor de puesta en marcha  $p_A$  tiene gran influencia en las aceleraciones que se producen y en las fuerzas de la correa. Está relacionado al factor de puesta en marcha  $p_{A0}$ , que caracteriza la carga de las transmisiones.

Cuando los momentos de inercia de la masa de los componentes motrices giratorios son bajos y el funcionamiento del motor de las transmisiones están en un estado de funcionamiento continuo, por ejemplo: en el caso de sistemas transportadores horizontales y en ascenso, el factor de puesta en marcha  $p_{A0}$  relacionado al torque nominal de todos los motores de transmisión se puede determinar en forma aproximada de la siguiente manera:

$$p_{A0} = p_A \cdot \frac{P_{\text{Merf}}}{P_{\text{Minst}}}$$

$p_{A0}$	factor de puesta en marcha relativo al torque nominal de todos los motores de transmisión
$p_A$	factor de puesta en marcha relativo a la fuerza periférica de todas las poleas motrices en estado de funcionamiento continuo
$P_{\text{Merf}}$	capacidad total de los motores de transmisión requerida en un estado de funcionamiento continuo
$P_{\text{Minst}}$	capacidad instalada de los motores de transmisión

### 3.2.2 Detención

Paralelo al cálculo del proceso de puesta en marcha, el factor de detención  $p_B$  es un factor importante de las fuerzas tensoras de la correa, del frenado y de la transmisión que ocurren durante la desaceleración de un sistema transportador.

El factor de frenado  $p_B$  está definido como el cociente entre la fuerza periférica de todas las poleas motrices cuando frenan  $F_{\text{TrB}}$  y en estado de funcionamiento continuo, por ejemplo como el total de las resistencias al movimiento  $F_w$ .

$$p_B = \frac{F_{\text{TrB}}}{F_w}$$

La fuerza requerida  $F_{\text{TrB}}$  debe estar determinada por las condiciones de frenado más desfavorables.

Se debe dar lo siguiente:

- Distancia de frenado  $s_B$  o
- Tiempo de frenado  $t_B$

En vista de la desaceleración  $a_B$ , se debe tener en consideración que se mantenga el agarre de fricción entre la correa y el material transportado.

Con la distancia de frenado  $s_B$  especificada con una desaceleración constante  $a_B$ , es fácil determinar:

- tiempo de detención:

$$t_B = \frac{s_B \cdot 2}{v}$$

- desaceleración de detención:

$$a_B = - \frac{v}{t_B}$$

- total de resistencia a la desaceleración en el recorrido de la cubierta superior y de retorno:

$$F_{aB} = a_B \cdot \Sigma m$$

- suma de las fuerzas periféricas de la polea en los procesos de detención:

$$F_{\text{TrB}} = F_w + a_B \cdot \Sigma m$$

El factor de frenado  $p_B$  tiene gran influencia en las desaceleraciones que se producen y las fuerzas de la correa. Está relacionado al factor de frenado  $p_{B0}$  que caracteriza la carga de las transmisiones respecto de los frenos.

Cuando la inercia de masa de los componentes de transmisión giratorios está baja y el funcionamiento motriz de las transmisiones está en un estado de funcionamiento continuo, por ejemplo en el caso de sistemas transportadores horizontales y en ascenso, el factor de frenado  $p_{B0}$  relacionado al torque nominal de todos los motores de transmisión, se puede determinar de la siguiente manera:

$$p_{B0} = \eta_{\text{ges}}^2 \cdot p_B \cdot \frac{P_{\text{Merf}}}{P_{\text{Minst}}}$$

$p_{B0}$	factor de frenado relacionado con el torque nominal de todos los motores de transmisión
$P_{\text{Merf}}$	capacidad total de los motores de transmisión requeridos en un estado de funcionamiento continuo.
$P_{\text{Minst}}$	capacidad instalada total de los motores de transmisión
$\eta_{\text{ges}}$	eficiencia global de todos los elementos de transmisión entre el motor y el eje de la polea

### 3.3 Tensiones de la correa

La tensión de la correa de un sistema transportador es de un valor que varía a lo largo de la trayectoria de la correa y se rige por los siguientes factores influyentes:

- Longitud y trayectoria local del sistema.
- Número y disposición de las poleas motrices y de frenado.
- Características de lo equipos de transmisión y frenado.
- Tipo y ubicación del dispositivo tensor de la correa.
- Estado de funcionamiento y de carga del sistema.

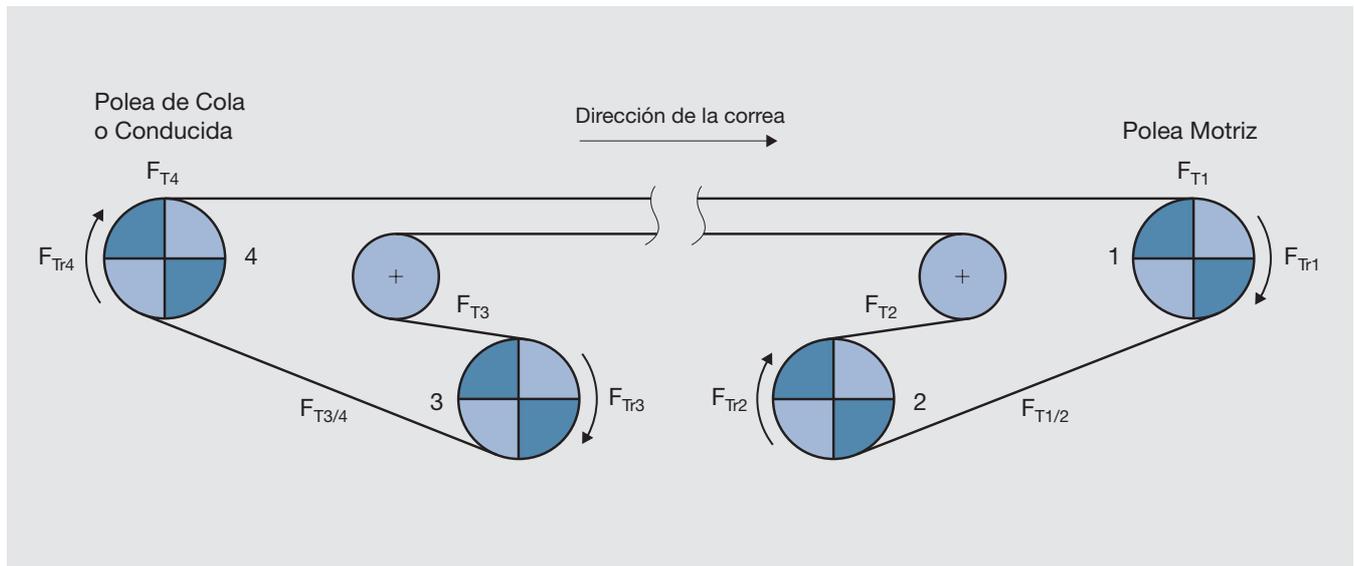
Además, existen tensiones mínimas de la correa requeridas que:

- aseguran el agarre por fricción en las poleas motrices y de frenado.
- limita la curva de la correa entre los polines, con el propósito de mantener la correa centrada en la trayectoria en forma correcta.

La determinación de las tensiones de la correa, por principio, se inicia con un **cálculo secuencial** que comienza desde un punto específico del sistema. Luego, las tensiones de la correa que se calcularon se revisarán o modificarán respectivamente con respecto al **agarre por fricción** en las poleas durante la transmisión y frenado y a la **curva de la correa**. Además, las tensiones de la correa se modifican de acuerdo al **dispositivo de tensión** de ésta y a la **ubicación que se seleccionó para la tensión**.

En el caso de sistemas transportadores que entregan movimiento al sistema de la cabeza y cola, es de suma importancia una sistematización exacta de la ubicación y designación de las poleas motrices y de frenado y de las tensiones locales de la correa. Por lo tanto, estos parámetros se deben definir claramente.

Para un caso teóricamente posible de un sistema transportador con dos poleas, motriz y de frenado, en el sistema de la cabeza y cola, las designaciones para la **Fig. 1** se deben ingresar como corresponden.



**Fig. 1:** La ubicación y designación de la polea motriz y de frenado, así como las tensiones de la correa desde  $F_{T1}$  hasta  $F_{T4}$  de un sistema transportador con dispositivos de transmisión y de frenado en la cabeza y cola del sistema.



### 3.3.1 Cálculo secuencial

Los cálculos secuenciales se deben iniciar apropiadamente en ambos estados de funcionamiento continuo e irregular en la cola del sistema en el recorrido de la cubierta superior, con la tensión de correa  $F_{T4}$  en uso por las fuerzas de resistencia determinadas con anterioridad (compare con la **Figura 1**)

#### ■ Estado de Funcionamiento Continuo

$$F_{T4} = 0 \text{ (valor inicial)}$$

$$F_{T1} = F_{T4} + F_{Ho} + F_{No} + F_{Sto} + F_{So}$$

$$F_{T1/2} = F_{T1} - F_{Tr1}$$

$$F_{T2} = F_{T1/2} - F_{Tr2}$$

$$F_{T3} = F_{T2} + F_{Hu} + F_{Nu} + F_{Stu} + F_{Su}$$

$$F_{T3/4} = F_{T3} - F_{Tr3}$$

$$F_{T4} = F_{T3/4} - F_{Tr4} = 0 \text{ ¡¡ Verificación !!}$$

$F_{Ho, u}$  resistencias primarias totales en el recorrido de la cubierta superior y de retorno.

$F_{No, u}$  resistencias secundarias totales en el recorrido de la cubierta superior y de retorno

$F_{Sto, u}$  resistencias totales a la gradiente de la correa y cuando corresponda, del material transportado en el recorrido de la cubierta superior y de retorno.

$F_{So, u}$  resistencias especiales totales en el recorrido de la cubierta superior y de retorno.

$F_{Tr1}$  Fuerza periférica de la polea 1

$F_{Tr2}$  Fuerza periférica de la polea 2

$F_{Tr3}$  Fuerza periférica de la polea 3

$F_{Tr4}$  Fuerza periférica de la polea 4

#### ■ Estado De Funcionamiento Irregular

(A: puesta en marcha, B: detención (frenado))

$$F_{T4A,B} = 0 \text{ (valor inicial)}$$

$$F_{T1A,B} = F_{T4A,B} + F_{Ho} + F_{No} + F_{Sto} + F_{So} + F_{aoA,B}$$

$$F_{T1/2A,B} = F_{T1A,B} - F_{Tr1A,B}$$

$$F_{T2A,B} = F_{T1/2A,B} - F_{Tr2A,B}$$

$$F_{T3A,B} = F_{T2A,B} + F_{Hu} + F_{Nu} + F_{Stu} + F_{Su} + F_{auA,B}$$

$$F_{T3/4A,B} = F_{T3A,B} - F_{Tr3A,B}$$

$$F_{T4A,B} = F_{T3/4A,B} - F_{Tr4A,B} = 0 \text{ ¡¡ Verificación !!}$$

### 3.3.2 Tensiones mínimas de correa para la transmisión de las fuerzas periféricas de la polea

La transmisión de la fuerza periférica de la polea tanto en los estados de funcionamiento continuo como irregular requiere una tensión mínima específica de correa.

Los radios expresados más abajo, como por ejemplo para las fuerzas en la polea 1 en la **Figura 1**, normalmente se aplican para poleas de transmisión y frenado.

Para el funcionamiento de transmisión producido por motores o generadores, en general se aplica lo siguiente:

$$F_{Tmin} \geq |F_{Tr1}| \cdot \left( \frac{1}{e^{\mu\alpha_1} - 1} \right)$$

- Transmisión que funciona con motor:  $F_{Tmin} = F_{T1/2}$
- Transmisión producida por generadores:  $F_{Tmin} = F_{Tr1}$

$\mu$  coeficiente de fricción entre la correa transportadora y la superficie de la polea

$\alpha_1$  Ángulo de revestimiento de la Polea 1. (unidad: radianes)

Los valores para el parámetro  $\mu$  se enumeran en

la **Tabla 8** y para la ecuación  $\frac{1}{e^{\mu\alpha_1} - 1}$  en la **Tabla 9**.

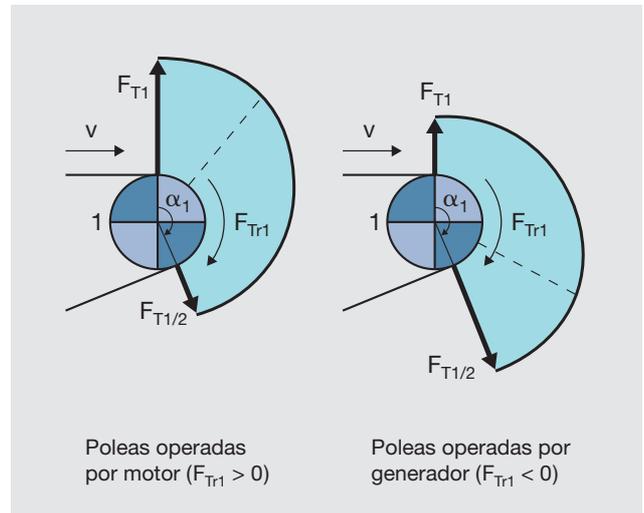
Lo siguiente generalmente se usa para la Polea 1, ya sea de transmisión o frenado:

$$F_{TminA, B} \geq |F_{Tr1A, B}| \cdot \left( \frac{1}{e^{\mu\alpha_1} - 1} \right)$$

- Puesta en marcha:  $F_{TminA} = F_{T1/2A}$
- Frenado:  $F_{TminB} = F_{T1B}$

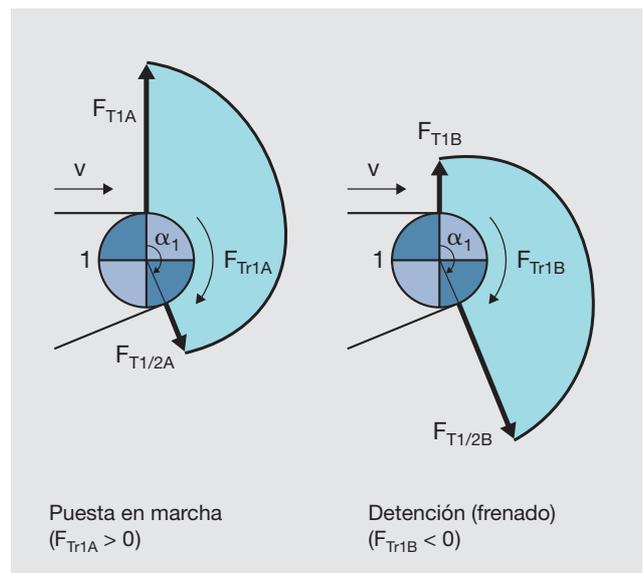
Para cada estado, de funcionamiento y de carga, la fricción por agarre se verifica en todas las poleas, de transmisión o frenado. Se debe tener en consideración que las fuerzas periféricas completas de la polea de transmisión  $F_{Tr}$ ,  $F_{TrA}$ ,  $F_{TrB}$  se distribuyen entre las poleas de acuerdo al torque de las de transmisión y frenado.

#### ■ Estado de funcionamiento continuo



**Fig. 2:** Curvas de tensión de la correa en la polea de transmisión 1 en **Fig. 1** para las transmisiones que funcionan mediante un generador y motor y en estado de funcionamiento continuo sin la utilización completa del ángulo  $\alpha_1$  de revestimiento la correa.

#### ■ Estado de funcionamiento irregular



**Fig. 3:** Las curvas de tensión de la correa de la polea 1, tanto motriz o de frenado, en la **Fig. 1** cuando el sistema de correas transportadoras está puesto en marcha o detenido con la utilización completa del ángulo de revestimiento  $\alpha_1$ .

### 3.3.3 Tensiones mínimas de correa para establecer el límite de la curva de la correa y una correcta trayectoria

Para optimizar un sistema de correas transportadoras respecto a una correcta y satisfactoria trayectoria de la correa, la curva máxima  $h_{rel}$ , en relación al espacio del polín transportador determinado, debiera tener valores limitados al 1% en estado de funcionamiento continuo; en un estado de funcionamiento irregular, se permite un valor más amplio. Entonces la curva de la correa debiera ser menor, a medida que es mayor la velocidad de transporte y más voluminosa la carga. A partir de esto, las tensiones de correa mínimas resultantes requeridas por la correa son las siguientes:

(La fuerza se expresa en N y  $h_{rel}$  en %):

- Recorrido de la cubierta superior (cargado)

$$F_{To} = \frac{12.5 \cdot g \cdot (m'_{Li} + m'_{G}) \cdot l_{Ro}}{h_{rel}}$$

- Recorrido de la cubierta de retorno (sin carga)

$$F_{Tu} = \frac{12.5 \cdot g \cdot m'_{G} \cdot l_{Ru}}{h_{rel}}$$

(Para el significado de los parámetros  $m'_{Li}$  y  $m'_{G}$  vea el capítulo 3.1.2)

En vista del impecable funcionamiento de la correa transportadora, la retención de las tensiones mínimas de la correa, también se podrían necesitar en los siguientes casos (Norma DIN 22101):

- Correa transportadora con una pequeña rigidez transversal.
- Correa transportadora con torsión.
- Correa transportadora con una distribución irregular de las fuerzas locales sobre el ancho de la correa.
- Correa transportadora fuertemente ladeada en el recorrido de la cubierta de retorno.

### 3.3.4 Fuerzas tensoras

Para asegurar las tensiones de correa como se calcularon anteriormente, la correa transportadora debiera tener la tensión adecuada. Esto se puede lograr mediante un mecanismo de tensión que provea:

- una polea de tensión conducida o
- una polea de tensión fija.

#### ■ Mecanismo de tensión que entrega una Polea de tensión conducida

En caso de un mecanismo de tensión que entrega una polea de tensión conducida, su fuerza de tensión  $F_{Sp}$  (= fuerza en el eje de la polea de tensión) no cambia en ningún estado de funcionamiento.

Ejemplo (compare la **Fig. 1**)

Tensión de la correa donde la tensión de la correa es  $F_{T2}$ ,

entonces:  $F_{T2} = F_{T2A} = F_{T2B} = \text{constante}$

y  $F_{Sp} = 2 \cdot F_{T2} = \text{constante}$

#### ■ Mecanismo de tensión que entrega una Polea de tensión fija

Con el mecanismo de tensión que entrega una polea de tensión fija, la longitud total de la correa en el recorrido de la cubierta superior y de retorno es un valor constante independiente del sistema transportador en los estados de funcionamiento y de carga.

En el caso de correas transportadoras que entreguen una curva de característica cuasi lineal de tensión-elongación en la velocidad de funcionamiento de la correa, una velocidad de correa constante también implica una tensión de correa constante promedio  $F_{Tm}$ . Esto, sin embargo, implica que la tensión de la correa en el lugar del mecanismo de tensión depende de la curva de tensión de la correa local en la carga respectiva y el estado de función del sistema transportador.

Fuerza de tensión  $F_{Sp}$  (= fuerza del eje de la polea de tensión) es, de esta manera, un valor que depende del estado de funcionamiento del sistema.

Ejemplo (compare la **Fig. 1**):

La tensión de la correa en un lugar de tensión de ésta  $F_{T2}$ ,

entonces:  $F_{T2} \neq F_{T2A} \neq F_{T2B} \neq \text{constante}$

y  $F_{Sp} \neq \text{constante}$

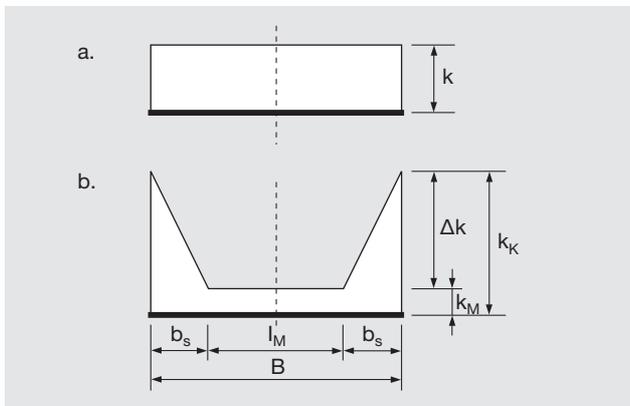
Para los sistemas inclinados y cargados uniformemente, lo siguiente se aplica para los estados de funcionamiento continuo, durante la puesta en marcha y frenado.

$$\begin{aligned} F_{Tm} &= \frac{(F_{T1} + F_{T2} + F_{T3} + F_{T4})}{4} = \frac{(F_{T1A} + F_{T2A} + F_{T3A} + F_{T4A})}{4} \\ &= \frac{(F_{T1B} + F_{T2B} + F_{T3B} + F_{T4B})}{4} = \text{constante} \end{aligned}$$

Las notas sobre dimensionamiento del mecanismo de tensión se especifican en el capítulo 5.2.2.

### 3.4 Distribución lateral de tensiones

Con las transiciones de correa plana hacia el canal y del canal a correa plana, así como también con la trayectoria de una correa transportadora hacia una curva vertical cóncava o convexa, los bordes de la correa avanzan en una vía diferente que la parte central de la correa. Esto provoca que la distribución de las fuerzas de la correa no sean constantes en todo el ancho de la correa. Esto también es válido para el funcionamiento continuo de la curva horizontal en la cual un lado de la correa está más cargado que el otro.



**Fig. 4:** Distribución de las tensiones de la correa en el ancho de ésta, en relación a su funcionamiento en una curva vertical convexa (de acuerdo a la Norma DIN 22101)

- a. distribución uniforme de las fuerzas fuera del área de transición.
- b. distribución idealizada de fuerzas dentro del área de transición.

La geometría de la transición se debe dimensionar de tal forma que las fuerzas dominantes de la correa, en cualquier punto específico de la trayectoria de transporte, no cuente con una gran carga inadmisibles o que resulte en una compresión resultante de la correa.

La **figura 4** describe la trayectoria de la zona de transición de una correa transportadora en una curva vertical convexa con una distribución idealizada en todo el ancho de la correa. En consecuencia, entre las fuerzas relacionadas con el ancho en el borde de la correa  $k_K$  y aquellas en la parte central  $k_M$ , la diferencia  $\Delta k$ , así como también la tensión  $k$  de la correa relativa a la parte central, muestran la siguiente conexión:

$$k_M = k - \Delta k \cdot \frac{b_s}{B}$$

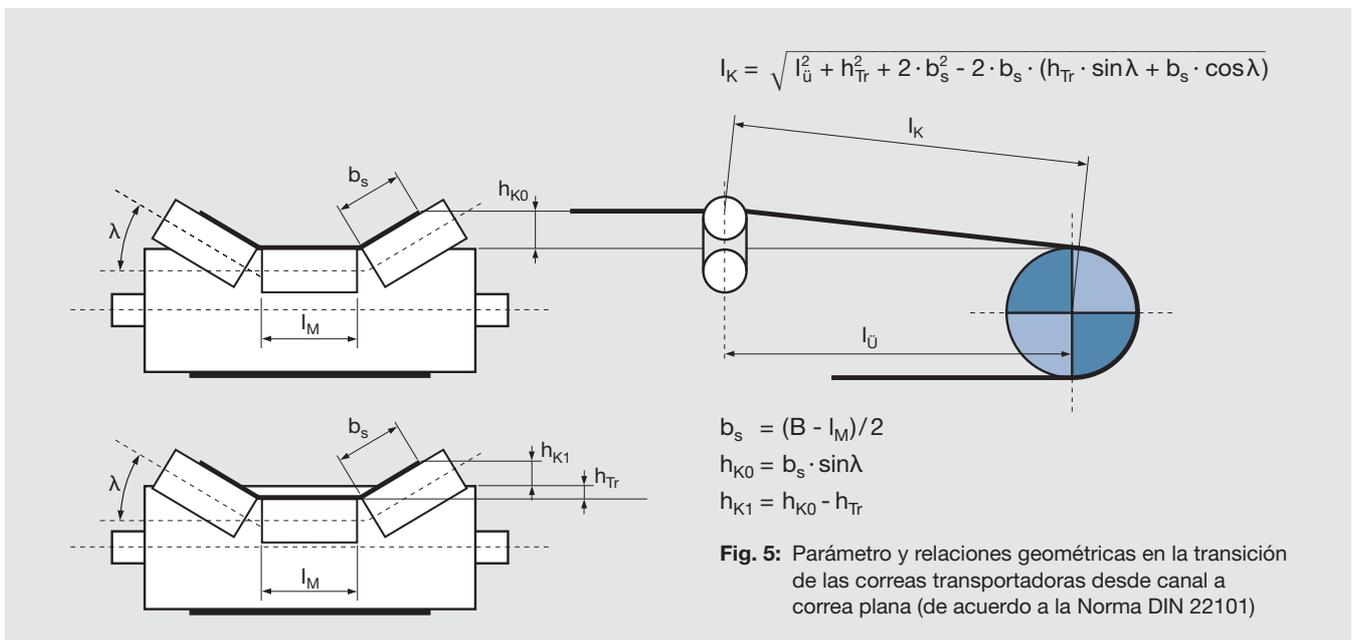
$$k_K = k_M + \Delta k$$

El ejemplo de una trayectoria de la zona de transición en una curva convexa también ilustra, en consecuencia, la relación válida entre las curvas verticales cóncavas.

#### 3.4.1 Zonas de transición

Asumiendo que un funcionamiento promedio de una correa transportadora en la zona de transición se puede determinar por la 2ª y 3ª partes de la disposición de los polines transportadores, la diferencia de las fuerzas  $\Delta k$  de la correa relativas al ancho entre el borde y la parte central de la correa transportadora es como se describe a continuación:

$$\Delta k_{I\ddot{U}} = \frac{l_K - l_{\ddot{U}}}{l_{\ddot{U}eff}} \cdot E_{LGk}$$



**Fig. 5:** Parámetro y relaciones geométricas en la transición de las correas transportadoras desde canal a correa plana (de acuerdo a la Norma DIN 22101)

- $l_K$  longitud del borde de la correa en la zona de transición (para el cálculo de  $l_K$  vea **Fig. 5**)
- $l_{\ddot{U}}$  longitud de la zona de transición
- $l_{\ddot{U}eff}$  longitud efectiva de la zona de transición  
 Correa textil:  $l_{\ddot{U}eff} = l_{\ddot{U}}$   
 Correa con cables de acero:  $l_{\ddot{U}eff} = l_{\ddot{U}} + \Delta l_{\ddot{U}}$
- $E_{LGk}$  módulo de elasticidad del componente de tensión (= alma de la correa) en relación con el ancho de la correa.

La ecuación que determina la longitud efectiva de la zona de transición  $l_{\ddot{U}eff}$  describe el hecho que – en oposición a la correa textil – las elongaciones inducidas en una correa con cables de acero no sólo son efectivas en el área donde se generan, sino también en áreas adyacentes.

Para la 2ª y 3ª partes de la disposición de los polines transportadores, el tamaño  $\Delta l_{\ddot{U}}$  para las correas con cables de acero usadas actualmente con el requisito  $l_{\ddot{U}} \geq 14 \cdot (h_{K0} - h_{Tr})$ , se puede determinar aproximadamente de la siguiente manera:

$$\Delta l_{\ddot{U}} = 90 \cdot (h_{K0} - h_{Tr}) \cdot \left( 1 - \frac{h_{Tr}}{3 \cdot h_{Trmax}} \right)$$

- $h_{K0}$  distancia entre el borde de correa y el nivel más bajo del canal (valores para  $h_{K0}$  ver **Tabla 17**)
- $h_{Tr}$  polea que levanta en la zona del canal comparada con el nivel más bajo del canal.  
 ( $h_{Trmax} = h_{K0}/3$  de acuerdo a la norma DIN 22101)

Con la especificación del módulo de elasticidad  $E_{LGk}$  y los parámetros geométricos de una zona de transición, la diferencia  $\Delta k$  con respecto al medio, se pueden determinar las fuerzas relativas al ancho  $k$ ,  $k_M$  en la parte central de la correa y aquellas en los bordes de la correa  $k_K$ .

### 3.4.2 Curvas verticales

Los sistemas transportadores con secciones ascendentes y/o descendientes con ángulos de gradiente variables están marcadas por la aparición de curvas transicionales convexas y cóncavas. Con la trayectoria de la correa convexa aparecen las extensiones adicionales del borde de la correa y las disminuciones de la parte central de ésta, en contraste a las extensiones adicionales de la parte central de la correa y las disminuciones del borde de ésta, con trayectoria de la correa cóncava. Estas extensiones y disminuciones de la elongación adicional asignada en la correa transportadora, con longitudes de curvas pequeñas y medianas, sólo se detectan en un valor relativamente alto. Dado que la suma es siempre menor que aquella que aparece en curvas más largas, los valores independientes de la construcción de la correa transportadora cuentan con 2 y 3 disposiciones de polines transportadores de la siguiente aproximación por la diferencia de las tensiones  $\Delta k$  de correa relativa al ancho para ser calculados entre el borde de la correa y la parte central de ésta:

$$\text{Curvas convexas: } \Delta k_{Re} \leq \frac{h_{K0}}{R_e} \cdot E_{LGk}$$

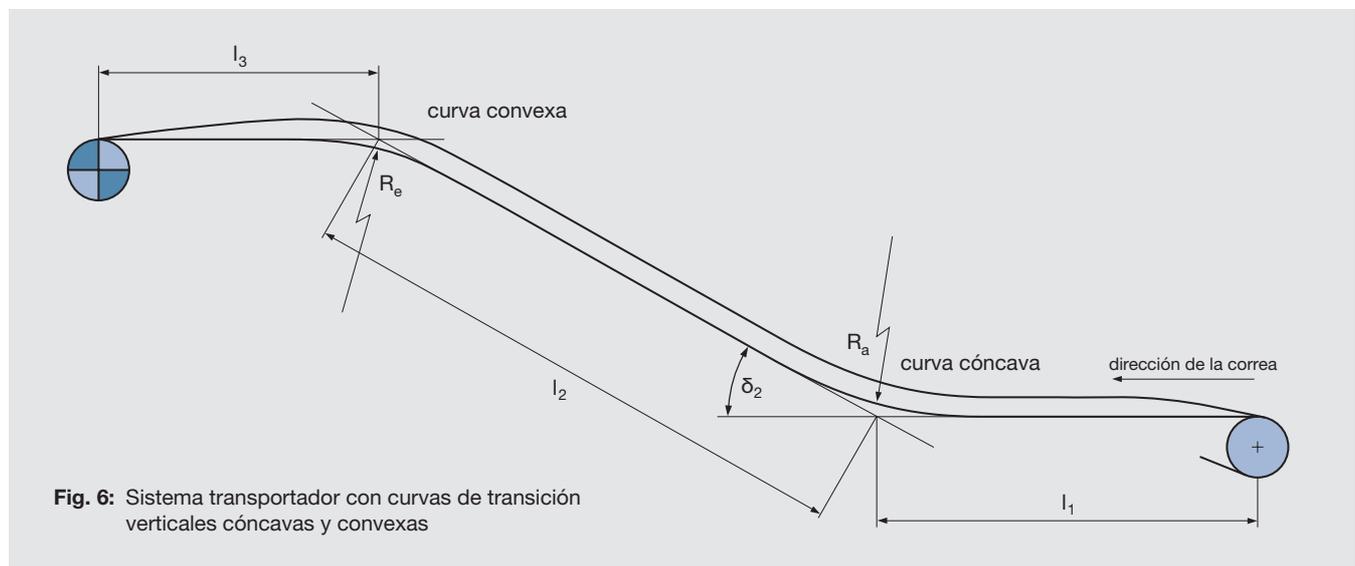
$$\text{Curvas cóncavas: } \Delta k_{Ra} \geq - \frac{h_{K0}}{R_a} \cdot E_{LGk}$$

Aquí  $R_e$  y  $R_a$  son los radios de las curvas de transición convexa (índice e) y cóncava (índice a) de acuerdo a la **Fig. 6**.

Con los valores  $\Delta k$  determinados, usando las tensiones de correa relativas al ancho, se pueden calcular  $k_M$  y  $k_K$ .

#### Note:

En la trayectoria de correa cóncava con menores radios, los requerimientos excesivos no aparecen como una exigencia ya que la correa se levanta por medio de polines.



El programa computacional de Phoenix utilizado para el cálculo y diseño de correas transportadoras para transportar material pesado, principalmente se basa en los principios de cálculo como se resume en la versión de agosto de 2002 de la norma DIN 22101.

De acuerdo con el procedimiento habitual de cálculo para la medición de los sistemas de correas transportadoras la Norma DIN 22101 se divide en las siguientes secciones:

- Flujo de volumen y flujo de masa
- Resistencias al movimiento y requerimientos de potencia
- Esquema del sistema de transmisión
- Tensión de correa y fuerzas de tensión
- Distribución de fuerza de tensión de la correa sobre el ancho de ésta.
- Esquema de correa transportadora
- Diámetros mínimos de polea
- Esquema de curvas de transición y zonas de transición, así como también radios de curvas de transición vertical

Con este programa computacional, Phoenix tiene los siguientes objetivos:

- Mayor flexibilidad en el trato de las configuraciones de sistemas más diversos
- Tratar todas las tareas como conjunto en el diseño de sistemas transportadores, cuando sea posible con un algoritmo computacional
- Simulación de todas las condiciones de carga y funcionamiento de un sistema transportador
- Óptima selección de correa respecto a su rendimiento y precio
- Programación sencilla
- Cálculo y tiempos de respuesta breve
- Rápido procesamiento de los resultados
- Clara descripción de los resultados

### 4.1 Características más importantes del Programa Computacional

1. Para los propósitos de cálculo y diseño, el sistema transportador que se dimensionará se divide en secciones de características. En estas secciones pueden variar los parámetros específicos ej. longitud, peso, cargas, espacios entre polines, etc. Junto con los tipos variables de disposiciones de mecanismos de transmisión, frenado y tensión, existe gran flexibilidad en la optimización repetidora del sistema y un diseño económico y seguro de la correa transportadora asociada.
2. Además de investigar los parámetros de consumo primario; ejemplo: asignación de la velocidad trans-

portadora, flujo de masa y ángulo de torsión de la correa transportadora, el programa computacional de Phoenix se caracteriza por lo siguiente:

- sistematización completa de los resultados del concepto de transmisión en cualquier combinación de transmisión de cabeza y cola
  - Medición de los ajustes y fijaciones de la transmisión y frenado, así como también la determinación de la distribución óptima de las poleas correspondientes en la cabeza y cola.
3. Cuando se determina la tensión de la correa o las fuerzas tensoras, se toman en cuenta las siguientes variables que influyen en el programa computacional de Phoenix:
    - Longitud del sistema y su ruta local,
    - Número y disposición de las poleas motrices y de frenado,
    - Características de los mecanismos de transmisión y frenado,
    - Tipo y ubicación de los equipos tensores de la correa,
    - Zonas de transición y curvas verticales, siempre que existan.

Un diseño de sistema también necesita que los factores antes mencionados se optimicen para obtener la menor tensión local de correa posible. Esto, sin embargo, no debe dejar de considerar las tensiones de correa mínimas requeridas respecto a la fricción por agarre en las poleas tanto motrices como de frenado, así como también el límite de curva de la correa para asegurar una trayectoria perfecta. Estas condiciones deben estar presentes en cualquier estado; de funcionamiento o de carga.

4. Los cálculos de Phoenix incluyen los siguientes estados de funcionamiento:
  - Puesta en marcha,
  - Estado de funcionamiento continuo,
  - Detención (con o sin los efectos de los mecanismos de frenado).

Para todos los estados de funcionamiento y de carga que ocurran, se realiza una investigación para ver si está asegurada la fricción por agarre en las poleas tanto motrices como de frenado, que la curva de la correa está limitada hasta el punto necesario, y la campana con las zonas de transición, en el caso de curvas verticales, se permite una tensión de correa ni muy alta ni muy baja.

Mediante de la posibilidad que otorga el programa computacional de Phoenix de preseleccionar las veces de aceleración o desaceleración adecuada respectivamente los que se pueden lograr a través de una medición apropiada de los mecanismos de

transmisión y frenado, se pueden evitar las tensiones desfavorables de correas altas o bajas. El objetivo de la optimización adecuada es determinar el sistema o diseño de correa más económico.

5. En cuanto a la tensión de la correa transportadora, por principio, existe una diferenciación entre los mecanismos tensores en las poleas tensores fijas o conducidas. El programa de computación de Phoenix determina qué ubicación debiera tener el mecanismo tensor cuando se produzca una tensión de correa muy baja en un estado de funcionamiento continuo, sin embargo, cualquier otro punto del sistema puede ser seleccionado como ubicación de tensión.
6. La división del sistema transportador en sectores asegura que los sistemas con secciones ascendentes o descendentes, así como también los con cargas que difieren parcialmente se pueden mostrar en el computador con una vista preliminar que simule tensiones locales en la correa.

Con respecto al diseño óptimo de las correas transportadoras, el conocimiento de la curva de tensión de la correa a lo largo del sistema es fundamental en cada estado de funcionamiento y de carga, especialmente en lo que representa la ubicación y la cantidad de tensiones de correa extremas. Por consiguiente, el programa computacional permite estimular cargas diferidas en las secciones pertinentes para cualquier requerimiento de funcionamiento, de modo que la medición de la correa y otros componentes del sistema se puede coordinar de manera óptima para trabajos de transporte técnico. (por ej. cuando la correa está avanzando en curvas verticales y horizontales).

7. El programa computacional de Phoenix se especializa en ofrecer la posibilidad de permitir resistencias al movimiento o fuerzas de transmisión adicionales para

tomarlas en cuenta en cualquier punto elegido en el sistema transportador.

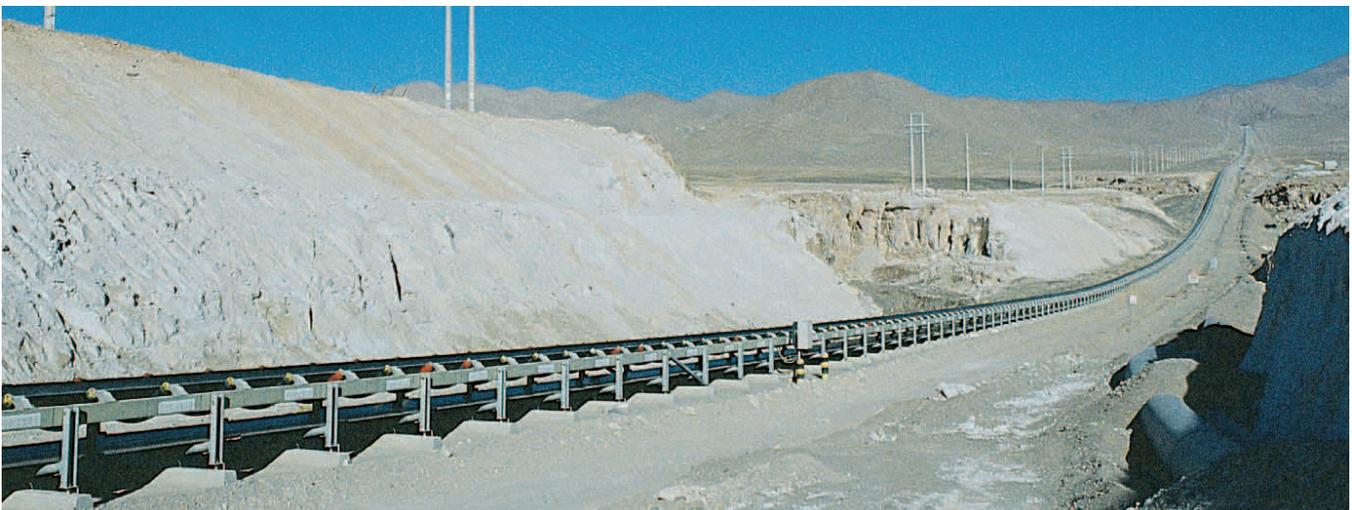
De este modo, las transmisiones intermedias (ejemplo: transmisión auxiliar) también se pueden tomar en cuenta a través del cálculo y la evaluación de la dimensión de un sistema transportador. Además de esto, las fuerzas de fricción de la pared lateral del borde fuera del área de alimentación o resistencia al “raspador” se pueden obtener mediante el cálculo.

8. El resultado de los cálculos es que las tensiones de correa así como los factores de seguridad para ésta y su empalme se muestran gráficamente en un esquema tubular en cualquier punto del sistema para cualquier instancia de funcionamiento y de carga. Esto permite una rápida verificación con respecto al cumplimiento de los factores de seguridad requeridos y las presiones y tensiones permitidas en la correa.

Para que se instalen los mecanismos de transmisión y frenado, las capacidades de los torques de freno como se requiere están distribuidas en las poleas pertinentes en la cabeza y cola del sistema.

Para completar la parte de cálculo, el cliente, con un presupuesto de Phoenix, ya cuenta con toda la información específica del sistema, ej. longitud de tensión, diámetros de poleas, longitudes de transición desde correa plana a canal y de canal a correa plana, radios de transición de curvas cóncavas y convexas, y longitud de la torsión de la correa, si es necesario, para varias versiones apropiadas de la correa transportadora.

Para resumir, se establece que la cantidad de posibilidades entregadas por el programa computacional de Phoenix permite un diseño rápido y óptimo de importantes componentes estructurales de un sistema transportador, especialmente para correas transportadoras.



## 4.2 Proceso y objetivo de los cálculos

El proceso de cálculo y diseño de los sistemas transportadores en el programa computacional Phoenix se ejecuta con el siguiente esquema:

- diálogo de entrada usando el cuestionario de Phoenix de acuerdo al Capítulo 6,
- cálculo de las resistencias al movimiento y la necesidad de potencia en el estado de funcionamiento continuo, teniendo en cuenta cualquier estado de carga,
- cálculo de las resistencias al movimiento y las fuerzas de mecanismos de transmisión y frenado en estado de funcionamiento irregular tomando en cuenta los factores y tiempos de puesta en marcha y frenado, como se entregaron y también las distancias de frenado,
- cálculo de las tensiones de correa en cualquier estado de operación o de carga y verificación en relación a:
  - Fricción de agarre de las poleas motrices o de frenado
  - Curva de correa
  - Tipo y ubicación de la tensión
  - Valor de fuerza pre-tensora
  - Trayectoria de correa en zonas de transición y en el caso de curvas verticales
- selección óptima de la correa transportadora adecuada con respecto a su resistencia mínima a la ruptura y determinación de otros componentes importantes de un sistema transportador,
- rendimiento de los siguientes valores que determinan el diseño:
  - Resistencias al movimiento
  - Requerimiento de potencia
  - Tensiones locales de la correa
  - Tensiones máximas y mínimas de la correa
  - Longitudes mínimas en zonas de transición y radios verticales mínimos en curvas de transición
  - Factores de seguridad para correas y empalmes

El objetivo de los cálculos antes mencionados es determinar el diseño más económico del sistema transportador, especialmente de la correa transportadora por medio del diseño rápido y óptimo, en particular con respecto a las tensiones mínimas de correa. Esto requiere ver los siguientes aspectos:

- Distribución de capacidad óptima de motor en las poleas motrices,
- Distribución óptima de las fuerzas periféricas de polea en los procesos de detención,
- Limitación sensible durante la puesta en marcha y detención,
- Selección del mecanismo tensor óptimo de la correa con respecto al tipo y ubicación.

## 4.3 Indicaciones para diseñar sistemas transportadores complejos

Como se mencionó anteriormente, en el caso de sistemas transportadores que entreguen transmisión en la cabeza y cola del sistema, es fundamental una sistematización precisa, así como la posición y descripción de las poleas, tanto motrices como de frenado, junto con las tensiones locales de correa. Para evitar cualquier mal entendido en el programa computacional de Phoenix se definen claramente la disposición de las poleas junto con ubicaciones de tensión de correa pertinente de acuerdo a la **Fig. 1**.

En la **Fig. 7**, se muestra la descripción de las tensiones de la correa en los puntos expuestos del diseño de sistema, por ejemplo, en el caso de sistemas transportadores que entreguen gradientes que difieren seccionalmente, cargas y/o espacios entre los polines.

La terminología de las **Fig. 1 a 7** se aplica para ambos sistemas transportadores, ascendentes y descendentes y entrega respuestas simples a las posibles dudas sobre el diseño de la correa.

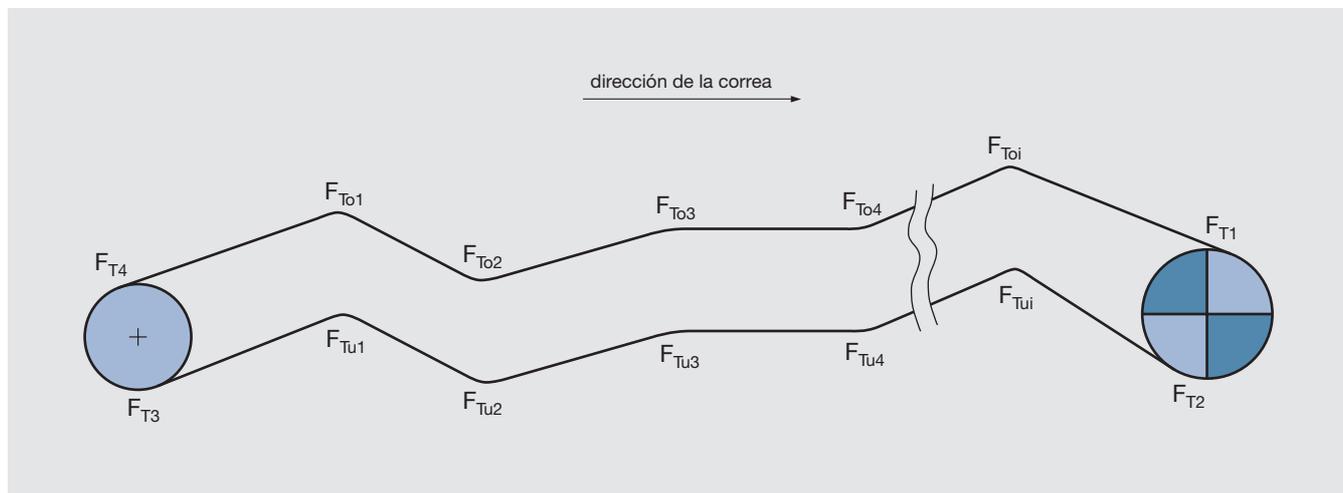
Cuando se diseñan complejos sistemas transportadores, por ejemplo que entregue varias secciones de gradientes diferentes (ver **Fig. 8**) se podrán dividir el recorrido de la cubierta superior y de retorno en secciones. La cantidad de cálculos que se deben hacer para determinar los valores de diseño son

- requerimiento de potencia máxima así como también
- ubicación y cantidad de las tensiones máxima y mínima de la correa

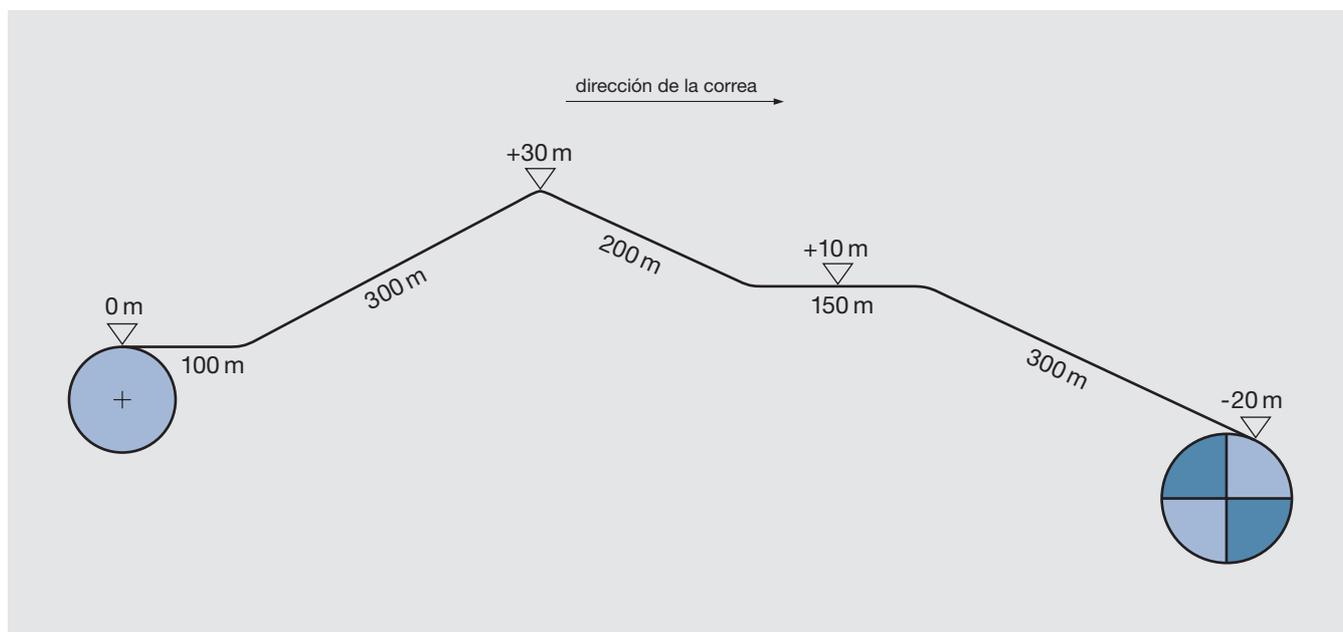
es considerablemente mayor de acuerdo al número de acciones que en el caso de sistemas “simples”, ya que se tendrá en consideración una gran variedad de cargas.

Habitualmente el programa computacional de Phoenix revisa todas las cargas posibles y especifica los valores determinantes de diseño y especialmente las tensiones máximas y mínimas de la correa. Teniendo en cuenta las sobrecargas admisibles por un corto período en las transmisiones, se calcula una evaluación de las cargas y su resultado de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia.

En cuanto al ejemplo de un sistema de acuerdo a la **Fig. 8**, en la **Fig. 9** se muestran los requerimientos de rutina para el cálculo de todos los estados de funcionamiento y de carga que se muestran. Para este ejemplo, se debe verificar y analizar un total de 900 valores de tensión de correa para determinar las cargas que actúan en ésta, así como también aquellas de los mecanismos de transmisión y frenado bajo cualquier distribución de carga y en cualquier estado de funcionamiento.



**Fig. 7:** Descripción de las tensiones locales de la correa en un sistema transportador con trayectorias seccionadas de ángulos de diferente gradiente  $i + 1$ .



**Fig. 8:** Ejemplo de un sistema transportador con secciones ascendentes y descendentes en trayectoria de la correa.

Estados de carga	Número de Ciclos de cálculo *)	Total
Funcionamiento sin carga	1	1
Carga nominal	1	2
Tipos especiales de carga:		
– Carga inicial	4	3 a 6
– Carga final	4	7 a 10
– Secciones horizontales sólo bajo condiciones de carga	2	11 a 12
– Secciones horizontales y ascendentes sólo bajo condiciones de carga	2	13 a 14
– Secciones horizontales descendentes sólo bajo condiciones de carga	5	15 a 19
– Secciones ascendentes sólo bajo condiciones de carga	1	20
– Secciones descendentes sólo bajo condiciones de carga	2	21 a 22
– Secciones inclinadas sólo bajo condiciones de carga	3	23 a 25
Para estados de funcionamiento continuo: cálculo del número de giros		25
Número de estados de funcionamiento (estado de funcionamiento continuo, durante la puesta en marcha, y la detención)		3
Número de tensiones locales de la correa en el recorrido de la cubierta superior		6
Número de tensiones locales de la correa en el recorrido de la cubierta de retorno		6
Datos totales de la tensión de la correa para ser procesados		900

**Fig. 9:** Cantidad necesaria de cálculos para determinar la carga de la correa transportadora y los mecanismos de transmisión y frenado pertinentes en todos los estados de funcionamiento y de carga del sistema transportador de acuerdo a la Fig. 8.

\*) Sólo se consideran los cálculos de giros de aquellas distribuciones con carga que no estaban incluidas en las enumeradas previamente.



## 5 Dimensiones de un sistema transportador basadas en los resultados del programa computacional de Phoenix

Cuando las condiciones de funcionamiento, presiones y tensiones de la correa transportadora y de los mecanismos de transmisión y de frenado, se conocen en cualquier estado de funcionamiento y de carga, la especificación de rendimiento se puede dibujar para determinar completamente el diseño del sistema transportador

Esto es seguido por el diseño de la correa transportadora y por el dimensionamiento de otros componentes importantes del sistema transportador que se va a diseñar, y por la estipulación de los parámetros característicos de la trayectoria de la correa (por ejemplo: longitudes y curvas de transición).

Sin embargo, del principio mismo del diseño de la correa transportadora, se deberán tener en cuenta los efectos de la construcción de la correa como se seleccionó en el sistema transportador completo, ya que especialmente la trayectoria de la correa y el diseño de ciertos componentes del sistema se pueden ver afectados por la correa transportadora.

### 5.1 Correa transportadora

#### 5.1.1 Componentes tensores

Una influencia importante para la selección de la correa es la existencia del empalme bajo una carga dinámica. Para los empalmes vulcanizados esto puede ser medido con el procedimiento de prueba acorde a la Norma DIN 22110 parte 3. El diseño se puede basar en la resistencia del empalme determinado por este procedimiento o en el ancho relativo a la eficiencia dinámica del empalme  $k_{trel}$ .

$$k_{trel} = \frac{k_t}{k_N}$$

$k_t$  resistencia del empalme

$k_N$  fuerza de ruptura nominal relativa al ancho de la correa

El parámetro  $k_{trel}$  es característico para un tipo específico de correa y su empalme. En la Norma DIN 22101 existen detalles adicionales para el tamaño de las correas transportadoras textiles y con cables de acero.

Mientras se determinan, fabrican y verifican los valores de la eficiencia de empalme dinámico relativo para empalmes, bajo condiciones ideales, existen situaciones y condiciones de funcionamiento restringidas que se apartan de esas condiciones ideales y esas se toman en cuenta a través del factor de seguridad  $S_0$  (ver **Tabla 10**).

En contraste, las influencias prácticas, se tomarán en cuenta a través del factor de seguridad  $S_1$ , tales como la frecuencia de presiones, tensiones mecánicas aumentadas, el efecto de los procesos naturales de envejecimiento, así como también la influencia de las exigencias químicas y físicas (ver **Tabla 11**).

Si existe la necesidad de desviar mientras se seleccionan los factores de seguridad a partir de los valores de acuer-

do a las **Tablas 10 y 11**, Phoenix puede darle sugerencias, basadas en innumerables investigaciones, referentes al tiempo de vida útil esperado de los empalmes.

La eficiencia de empalme dinámico mínimo requerido de la correa transportadora y su conexión  $k_{tmin}$  así como también la resistencia a la ruptura nominal de la correa  $k_N$  en lo que se refiere al ancho de la correa, resulta del máximo, fuerza  $k_{Kmax}$  determinada previamente en el borde de la correa.

$$k_{tmin} = c_K \cdot k_{Kmax} \cdot S_0 \cdot S_1$$

$$k_N \geq \frac{k_{tmin}}{k_{trel}} = c_K \cdot k_{Kmax} \cdot \frac{S_0 \cdot S_1}{k_{trel}}$$

Correa textil:  $c_K = 1$

Correa con cables de acero:

$$c_K = 1.25 : \text{Transición del canal}$$

$$= 1.00 : \text{Otras formas de trayectoria}$$

Aquí el valor del coeficiente  $c_K$  es dado de acuerdo a la Norma DIN 22101.

Para evitar la tensión extrema en la condición de funcionamiento irregular, así como también en una distribución de carga desfavorable con secciones que suben y bajan a lo largo del sistema, las siguientes condiciones se deben verificar y adherir para el ancho máximo relacionado a la tensión que hay en los bordes de la correa  $(k_K)_{amax}$ :

$$k_{tmin} \geq 1.1 \cdot c_K \cdot (k_K)_{amax}$$

Si éste no es el caso, la selección de la correa se debe basar en el valor  $k_{tmin} = 1.1 \cdot c_K \cdot (k_K)_{amax}$  más alto.

Se puede necesitar Influencias adicionales sobre el dimensionamiento de los elementos de tensión de resistencia al alto impacto y rigidez transversal específica.

En la planificación e instalación de un gran sistema transportador, que tiene como objetivo un dimensionamiento óptimo de la correa transportadora y sus componentes de sistemas adicionales, de acuerdo al tipo y resistencia a la ruptura nominal de la correa transportadora, existen factores que se podrían decidir con Phoenix. La **Tabla 12** muestra las características de las correas transportadoras de Phoenix.

En el rango de resistencia que está cubierto por varios tipos de correa, la selección del componente de tensión en general depende de su propósito y/o ubicación, así como también de un sistema de empalme factible, permitiendo concesiones para su eficiencia de empalme dinámico relativo. Donde existen varias posibilidades, por supuesto se preferirá la que sea desde el punto de vista económico más eficiente.

Debido a que cada correa transportadora sólo dura lo que dura el empalme, en la fabricación del empalme de la correa se debe tomar especial consideración al momento de elegir el elemento tensor.

### 5.1.2 Cubiertas

Las cubiertas de una correa transportadora tienen el propósito de proteger su componente tensor y deberán ser apropiadas para la utilización y ubicación específica con el propósito de tener una calidad y espesores mínimos.

**La calidad, ejemplo el material de las cubiertas,** in principio se establece al comienzo, dependiendo de la ubicación y propósito de los requerimientos de la correa transportadora.

#### Uso en superficie:

Aquí se seleccionan los materiales de la cubierta dependiendo del uso que tendrá, por consiguiente, a los requerimientos específicos del proceso (ver **Tablas 13 y 14**).

#### Mina subterránea:

Aquí, especialmente para el uso en las minas de extracción carbón de Alemania, sólo se permiten materiales de cubierta con materiales tensores apropiados que cumplan con los requerimientos de seguridad y de resistencia al fuego y aquellos que cumplen con las especificaciones higiénicas y eléctricas.

Las medidas de la cubierta como se solicitan para la cubierta superior y de retorno de una correa transportadora dependen de los materiales de cubierta usados y de materias y diseño de los componentes tensores. Debido a los efectos del material transportado, la cubierta superior deberá tener un espesor que exceda el mínimo.

**Medida mínima de cubierta** en los lados superior y de retorno (dependiendo del componente tensor):



#### Correa de carcasa textil:

La medida mínima de cubierta depende del espesor y del material del componente tensor y debiera ser de 1 a 2 mm, dependiendo de la tela.

#### Correa transportadora con cables de acero:

La medida mínima de cubierta deberá ser de 4 mm. En correas con un diámetro de cable que excede 5,9 mm, el espesor mínimo deberá ser 0.7 veces el diámetro del cable.

**Adiciones a la medida mínima de la cubierta** en el lado superior se determinan como una función de:

- Propiedades físicas y químicas del material transportado
  - Tamaño del material y su forma, densidad, abrasión, composición química, temperatura.
- Condiciones de carga
  - Altura, velocidad y dirección de alimentación
- Frecuencia de carga
  - Frecuencia que gira la correa
  - Vida útil programada de la correa.

A través de la clasificación de número de acuerdo a la Norma DIN 22101 el aumento necesario de la medida mínima de la cubierta superior de las correas transportadoras se puede determinar con una aproximación.

Los valores guía para las medidas de la cubierta superior e inferior de las correas transportadoras para diferentes aplicaciones se pueden tomar de la **Tabla 15**.

#### Atención:

Una protección especialmente efectiva del componente tensor y por lo tanto, una vida útil perceptiblemente aumentada de las correas transportadoras sometidas a alta tensión se obtendrá por el uso de **Sistema de refuerzo transversal PHOENOTEC®**.

La resistencia al impacto así como también las resistencias a los cortes y desgarros de una correa muy protegida está aumentada considerablemente cuando se utiliza el sistema de protección PHOENOTEC®. Está basado en cables de gran elongación de fibras sintéticas las que están dispuestas en un espacio definido a través de la dirección longitudinal de la correa, la inclinación del cable siendo estipulado por Phoenix, de acuerdo a la aplicación (ver **Fig. 10**).

Los cables protectores están incorporados en la cubierta superior y/o de retorno de la correa transportadora y están nivelados incluso hasta el extremo del ancho de la correa. Aquí, se especifica el nivel de los cables al interior de la correa, tomando en cuenta el canal de la correa y el efecto protector óptimo de acuerdo con el uso respectivo.

Los cables protectores son una parte integral en la correa transportadora, unidos por medio de un proceso de adhesión especial que asegura gran capacidad dinámica, estabilidad termal y resistencia a la humedad.

Se entrega información adicional en el folleto **sistema de Protección Phoenix PHOENOTEC**.

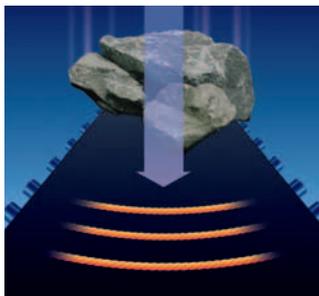
La gran variabilidad en cuanto a

- Componente tensor,
- Sistema de empalme,
- Material de cubierta,
- Espesor de la cubierta,
- Refuerzo transversal,

aseguran una larga vida útil de las correas transportadoras Phoenix.



**Fig. 10:** correa transportadora con capas de tela (arriba) y con cables de acero (abajo), reforzada con refuerzo transversal PHOENOTEC®.



## 5.2 Otros componentes estructurales

Los componentes tensores seleccionados en la correa transportadora también afectan a los componentes del sistema

- Poleas y
- Mecanismos de tensión.

El efecto del componente tensor con respecto al diámetro mínimo de las poleas en un sistema transportador se describe a continuación.

### 5.2.1 Diámetros mínimos de polea

Los diámetros mínimos de polea en un sistema transportador están ampliamente orientados a la estructura y carga del componente tensor en una correa transportadora y a la clase y tipo de sus empalmes.

Para determinar los diámetros mínimos de las poleas, se debiera distinguir el siguiente grupo de poleas:

- Grupo A
  - Poleas motrices y otras poleas en el rango de tensión alta de la correa
- Grupo B
  - Poleas en el rango de tensiones bajas de la correa
- Grupo C
  - Poleas deflectoras o romas (cambio de dirección del movimiento de la correa  $\leq 30^\circ$ )

El diámetro de polea se puede determinar aproximadamente de acuerdo a la Norma DIN 22101 a partir del espesor del componente tensor y a partir del parámetro global de material (ver **Tabla 16**). El espesor del componente tensor se puede determinar a través de los datos de la **Tabla 5**.

Si los datos de la **Tabla 5** necesitan calcular la tensión  $k_{\max}$  durante la planificación, sin estar aún presente, la selección de la tensión  $k_{\text{zul}}$  permitida se basa en:

$$k_{\text{zul}} = \frac{k_N \cdot k_{\text{trrel}}}{S_0 \cdot S_1}$$



**Atención:**

Para las **Correas Transportadoras Compactas UNIFLEX** para uso subterráneo por favor vea nuestro folleto especial.

### 5.2.2 Mecanismo tensor

Para generar las tensiones necesarias (Ver **Punto 3.3.4**) y las elongaciones de correa de contrapeso, que necesitan los mecanismos tensores. Se debe hacer una distinción entre los mecanismos tensores con

- polea tensora conducida y
- polea tensora fija.

Con el objeto de calcular el diseño, es práctico instalar un mecanismo tensor donde existan tensiones de correa baja anticipadas en el estado de funcionamiento continuo. Sin embargo, en el diseño de mecanismos tensores que entreguen una polea tensora fija se debiera considerar que, como norma, las tensiones de correa sustancialmente más altas ocurren en el punto del mecanismo tensor cuando el sistema de correas transportadoras está detenido a diferencia de lo que ocurre en el estado de funcionamiento continuo. El mecanismo tensor se deberá dimensionar para la máxima tensión  $F_{Spmax}$  que pueda ocurrir.

Generalmente el mecanismo tensor de un sistema transportador se diseñará de la siguiente manera, respecto a la distancia de tensión ejecutable que absorberá las extensiones de la correa que surjan de

- Elongación elástica  $\epsilon_{el}$  y
- Elongación permanente  $\epsilon_{pl}$

$$s_{Sp} = \frac{L \cdot (\epsilon_{el} + \epsilon_{pl})}{100}$$

$s_{Sp}$	Longitud de tensión	(en m)
L	Distancia de centro a centro	(en m)
$\epsilon$	Elongación	(en %)

La elongación de correa elástica está determinada por el módulo de elasticidad que actúa en la dirección longitudinal que soporta las telas de la correa (componente de tensión) y por la curva en las tensiones locales de la correa, en el recorrido de la cubierta superior y de retorno.

La elongación de correa permanente depende del material y del diseño estructural del componente tensor y está afectada por la cantidad y el tiempo de exposición a las tensiones de la correa.

La longitud de tensión depende de la tensión de la correa en el transportador. Por lo tanto, depende del estado de funcionamiento de éste. El diseño respecto a la longitud de tensión se debe basar en los estados de funcionamiento más desfavorables.

Una determinación exacta de la longitud de tensión como se requiere es factible sólo si existe la elongación de tensión de la carcasa de la correa de soporte y de toda la carga y de los estados de operación del sistema transportador.

Para una determinación aproximada de la longitud de tensión se deberán tomar en consideración los siguientes valores para las elongaciones permanente y elástica ( $\epsilon_{el} + \epsilon_{pl}$ ):

Correa-EP: 1.5 % aprox.

Correa-St: 0.25 % aprox.

Estos datos podrían resultar inadecuados, Phoenix puede determinar las características de elongación de tensión de la correa transportadora Phoenix.

**Nota:**

En el caso de un mecanismo tensor con polea de tensión fija, la polea de tensión de la nueva correa transportadora se debe reajustar durante el tiempo del primer funcionamiento y también las pretensiones de la correa después de un funcionamiento prolongado, verificado luego de haber transcurrido intervalos de mayor tiempo. Esto aplica discutiblemente a las correas transportadoras con componentes de tensión textiles. También existen indicaciones sobre el dimensionamiento de la longitud de tensión en la norma ISO 3870.



### 5.3 Trayectoria de la correa

El dimensionamiento de la correa transportadora normalmente se basa en los valores máximos establecidos, en estados de funcionamientos y de carga, diversos en el área de los bordes de la correa. De acuerdo con la ejecución en el **Capítulo 3.4**, básicamente éstas se pueden determinar a partir de las siguientes formas de trayectorias de la correa:

- Zonas de transición,
- Curvas de transición,
- Dispositivo de torsión de la correa.

En estos casos las fuerzas de tensión de la correa inducidas superponen las fuerzas adicionales que están determinadas originalmente por

- la geometría de la guía de la correa,
- las propiedades de elongación del componente de tensión en la correa transportadora.

Por lo tanto, las instalaciones de la trayectoria de la correa debieran estar diseñadas de tal forma que permitan que las tensiones y elongaciones posteriores permanentemente vayan en conjunto con los componentes tensores. Tomando en consideración el **Capítulo 3.4**, esto inicialmente significa que bajo todas las condiciones de funcionamiento y de carga de un sistema transportador la tensión de la correa en la parte central debe ser  $k_M \geq 0$ . Viceversa, la fuerza correspondiente  $k_K$  en el área del borde de la correa, en vista de la tensión máxima permitida sobre la correa transportadora a partir de su tipo y resistencia a la ruptura nominal, debe exceder el valor  $k_{Kzul}$  determinado como máximo:

$$k_{Kzul} = \frac{k_N \cdot k_{trel}}{c_K \cdot S_0 \cdot S_1}$$

Correa textil:  $c_K = 1$

Correa con cables de acero:

$c_K = 1.25$  : transición de canal

$= 1.00$  : otras formas de trayectoria de la correa

Por otro lado, el valor  $k_{Kzul}$  máximo determina el valor permitido de la diferencia de fuerza  $\Delta k = k_K - k_M$  la que de acuerdo al **Capítulo 3.4** está directamente conectada a la geometría de los mecanismos de la trayectoria de la correa.

Para determinar la tensión de la correa con las formas de trayectoria de correa mencionadas anteriormente y el dimensionamiento de la geometría, se usan generalmente los siguientes procedimientos de aproximación.

De acuerdo a lo solicitado, Phoenix utilizará cálculos más exactos, los que junto a las relaciones geométricas también incluyen los valores claves específicos elastomecánicos.

#### 5.3.1 Longitudes de transición

Las elongaciones adicionales positivas y negativas ocurren en las transiciones de correa plana a canal y de canal a correa plana que se producen a partir de las elongaciones de correa que dominan las tensiones locales de las correas.

Guiando la correa desde la polea hacia la forma acanalada (transición de correa plana a canal) y de transición de la correa con forma acanalada a la polea (transición de canal a correa plana) no debe producir una tensión excesiva de la correa (alargamiento excesivo de los bordes). Además se deberá asegurar que las elongaciones adicionales negativas que se produzcan no serán tan altas como para levantar el centro de la correa. Además las longitudes de transición estarán diseñadas de manera que ambos criterios (elongación y levantamiento, respectivamente) estén tomadas en cuenta de manera correcta.

Al levantar las poleas, las longitudes de transición se pueden acortar. El levantamiento de la polea sólo se puede establecer a un nivel que asegure que la correa cargada no es levantada por el polín central de la primera estación (transición de correa plana a canal) o por la última estación de polines (transición de canal a correa plana):

$$h_{Trmax} = 3 \cdot h_{K0}$$

(para los tamaños de  $h_{Tr}$  y  $h_{K0}$  ver las **Figura 5** y **Tabla 17**).

Los valores guía para longitud de transición  $l_{Ümin}$  de canal a correa plana requerida, de acuerdo a la siguiente regla empírica se calcula:

$$l_{Ümin} = c_{lÜ} \cdot h_{K1} = c_{lÜ} \cdot (h_{K0} - h_{Tr})$$

Correa-EP:  $c_{lÜ} = 8.5$

Correa-St:  $c_{lÜ} = 14$

Los valores mínimos para la longitud  $l_{Ümin}$  resultan cuando se calcula con  $k_M = 0$  y  $\Delta k = k_{Kzul}$ . En este caso, la resistencia de las tensiones de correa en la zona de transición debe verificarse completamente.

En el caso que los sistemas transportadores entreguen una tensión baja de la correa en el área de transición de correa plana a canal (alimentación de material) en el estado de funcionamiento continuo que en el área de transición de correa plana a canal (descarga de material) la longitud de transición en el caso de los polines de carga de la misma longitud, en el área de transición de correa plana a canal, generalmente se pueden fabricar, ya sea para correas transportadoras de carcasa textil o con cables de acero con valores superiores de hasta un 20 % más bajo.

### 5.3.2 Curvas de Transición

Básicamente las curvas de transición se diferencian de la siguiente forma:

- curvas verticales,
- curvas horizontales.

#### ■ Curvas Verticales – Curvas Convexas

Con la trayectoria de la correa convexa (ver **Figura 6**), se produce una elongación adicional en el borde de la correa y una reducción en el centro de la correa (ver **Capítulo 3.4.2**). El radio de la curva  $R_e$  tiene que ser seleccionada de tal forma que ninguna de las elongaciones adicionales positivas en el borde de la correa, ni la elongación adicional negativa, en la parte central de la correa alcancen valores inadmisiblemente altos.

Para estaciones de polines que constan de tres partes, con polines de igual longitud, los valores pueden ser establecidos con el propósito de la siguiente relación para el mínimo radio permitido  $R_{emin}$  (para tamaños de  $h_{K0}$  ver **Figura 5** y **Tabla 17**):

$$R_{emin} = c_{Re} \cdot h_{K0}$$

Correas-EP:  $c_{Re} = 125$

Correas-St:  $c_{Re} = 360$

Los valores mínimos para el radio  $R_{emin}$  se producen bajo la premisa que  $k_M = 0$  es y  $\Delta k = k_{Kzul}$ . En este caso el tamaño de la tensión de correa en el área de la curva debe ser verificada completamente.

#### ■ Curvas Verticales – Curvas Cóncavas

Con la trayectoria de correa cóncava (ver **Figura 6**), el radio de la curva generalmente se mide de tal forma que la correa transportadora en cada condición de funcionamiento y carga esté sobre los polines, especialmente sobre el polín central:

$$R_{amin} = \frac{F_{Tmax}}{g \cdot m'_G \cdot \cos \delta}$$

$F_{Tmax}$  fuerzas máxima de correa que se producen en la curva

$\delta$  Pendiente local (ver **Figura 6**)

Es posible que se produzcan pequeños radios de las curvas si se permite un levantamiento de los polines con una correa transportadora sin carga bajo ciertas condiciones de funcionamiento. En este caso, las medidas estructurales, ejemplo, los polines que interceptan, son necesarios en el área de esta sección de transporte.

#### ■ Curvas horizontales

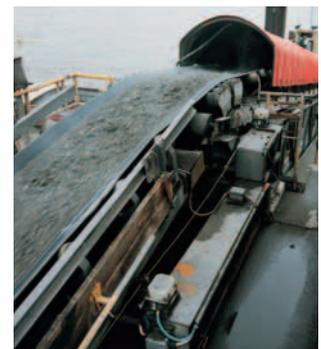
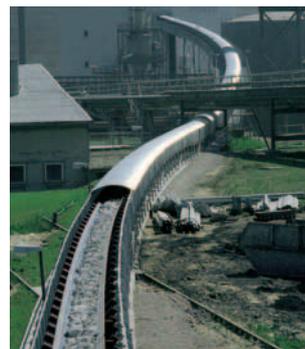
En el lugar que la correa transportadora va a realizar la trayectoria en curvas horizontales, debido a las características topográficas, se debe hacer notar que esto es posible sólo hasta cierto punto limitado y que además se involucran cálculos comparativamente complejos.

En los sistemas transportadores bien implementados, la correa transportadora que está sobre los polines de carga sin guía forzada y avanza derecho incluso con fluctuaciones de tensión. Cuando la correa es guiada a través de curvas horizontales, fuerzas transversales que actúan diagonalmente en la dirección en que avanza la correa, intentando mover la correa lateralmente. Estas fuerzas consisten principalmente de:

- una componente de fuerza debido a la fuerza de tensión local de la correa dirigida hacia la curva interior,
- una componente de fuerza debido a las fuerzas de peso muerto que aparecen de la correa transportadora y el material que está siendo transportado directo hacia la curva exterior,
- una componente de fuerza dirigido desde la fuerza de fricción entre la correa transportadora y los polines cuando están ladeados hacia la curva exterior.

Una posición perfecta de la correa transportadora en el polín del canal se asegura sólo si la suma de las fuerzas de las componentes de fuerza mencionada anteriormente resultan dentro de los límites establecidos para la desviación lateral de la correa hacia el centro del polín del canal. Debido a los cambios de funcionamiento específico de las tensiones de correa y las relaciones de carga que varían, los valores resultantes son variables.

Tomando en cuenta todos estos datos del sistema, las tensiones de correa y las condiciones de carga que se producen en un sistema transportador de correa curvo, el objetivo en el cálculo del diseño y del funcionamiento de un sistema transportador de correa curvo, ha tenido la intención de asegurar el equilibrio entre los componentes de fuerza de la desviación lateral de la correa dentro de los límites establecidos a través del levantamiento de las estaciones de polines y por medio de la inclinación adecuada de las posiciones de los polines.



### 5.3.3 Torsión de la correa

La limpieza de la correa y la mantención de la limpieza del sistema transportador a lo largo de la trayectoria de ésta son los aspectos operativos más importantes. Dependiendo de las propiedades del material transportado, aún pueden quedar residuos en la parte superior de la correa transportadora, a pesar del uso de sistemas raspadores. A medida que pasa el tiempo, estos residuos se adhieren en los polines en el recorrido de la cubierta de retorno, provocando desgaste, y pueden afectar el deslizamiento parejo de la correa y estropear el sistema. Según este aspecto, existe una gran posibilidad de que se dé vuelta la correa transportadora en el recorrido de la cubierta de retorno, donde la limpieza convencional de la correa no produce el efecto deseado.

Generalmente se hace una diferenciación entre:

#### – Torsión no guiada:

En este tipo de torsión de la correa, no se le da apoyo a la correa dentro de la extensión de la torsión, la que es posible sólo con un ancho máximo de correa de 1200 mm y correas transversalmente rígidas.

#### – Torsión guiada:

La correa se da vuelta usando un polín vertical guía en la mitad de la longitud de la torsión (para correas de un ancho mayor 1600 mm aprox.).

#### – Torsión con apoyo:

En el caso de las correas transportadoras anchas (correas de un ancho mayor de 2400 mm aprox.) la correa se da vuelta por medio de polines de apoyo en la extensión de la torsión.

La longitud y el tipo de torsión de la correa seleccionada depende de los siguientes parámetros de la correa transportadora:

- Curva,
- Ancho,
- Masa,
- Rigidez transversal,
- Propiedades de elasticidad.

La extensión de la torsión de una correa transportadora debiera ser varias veces el ancho de la correa, para así evitar la tensión y fatiga que no debieran producirse, en cuanto a elongaciones positivas y negativas en la correa. En la **Tabla 18** encontrará información sobre la longitud de torsión para correas de carcasa textil y con cables de acero.



## 6 | Cuestionario de Phoenix

---

Phoenix tiene disponible un cuestionario, a pedido, para determinar los datos técnicos requeridos para el diseño de los sistemas transportadores. Este cuestionario debiera ser completado íntegramente por el cliente y de la forma más precisa posible.

Todos los detalles ayudan a seleccionar la correa transportadora de la forma más óptima y, por lo tanto, más económica.

Con la ayuda del cuestionario de Phoenix se prepara una especificación para el sistema que se diseñará. Este se diseña en estricta colaboración con el usuario, en la etapa proyecto de nuevos sistemas, con el constructor del sistema, el proveedor de los equipos para la puesta en marcha y frenado y con el fabricante de los polines.

Para el cálculo y diseño se tomarán en consideración todos los factores tales como nuevos estándares aplicables (ver **Tabla 20**) y condiciones de transporte y entrega (ver **Tabla 19**).

# Datos Técnicos para el Diseño de Sistemas Transportadores

Empresa .....

Nombre del Proyecto .....

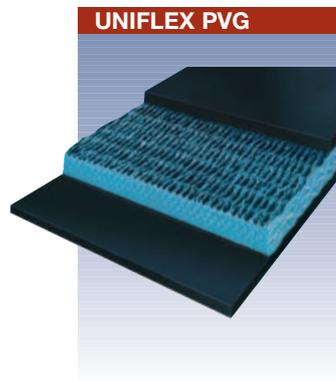
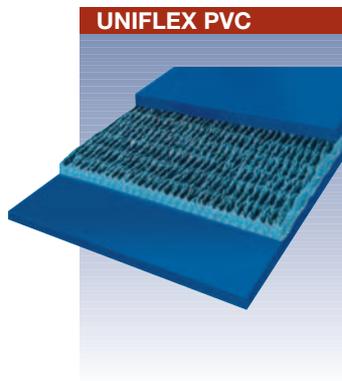
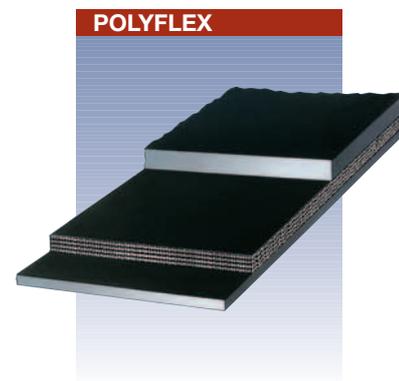
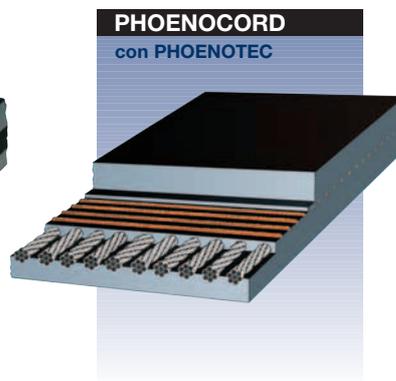
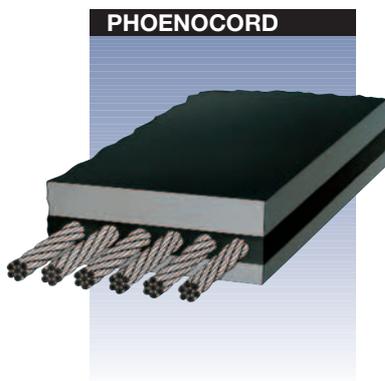
Proyecto N° .....

País .....

Persona encargada

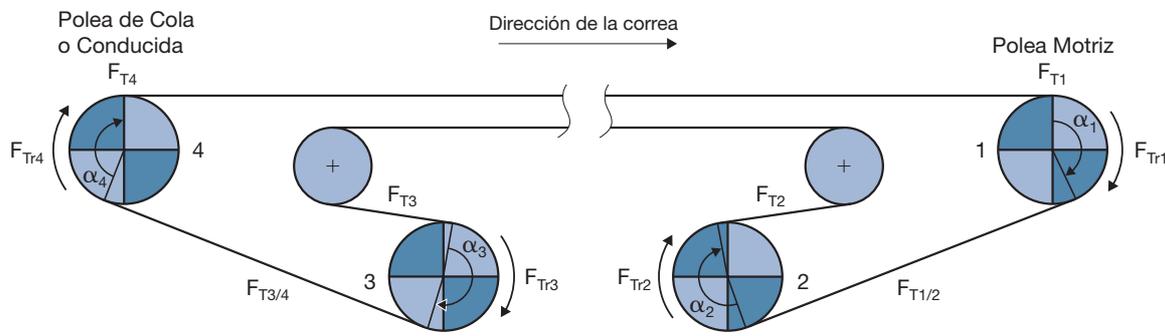
Teléfono

E-mail



<b>Lugar de uso</b>	Exterior – abierto .....	<input type="checkbox"/>
	– cubierto .....	<input type="checkbox"/>
	Subterráneo .....	<input type="checkbox"/>
	Interior .....	<input type="checkbox"/>
	Detalles de condiciones climáticas .....	
<b>Trayectoria del Sistema transportador</b> (si es necesario entregue un dibujo en la pág. 4 del cuestionario)	Distancia desde el centro .....	m
	Longitud del sistema transportador L .....	m
	Altura del sistema transportador H .....	m
	Gradiente del sistema $\delta$ .....°    ascendente <input type="checkbox"/> descendente <input type="checkbox"/>	
	Sección con gradiente máxima (descendente) $\delta_{max}$ ..... °	
	Curvo – convexo: Radio $R_e$ ..... m    – cóncavo: Radio $R_a$ ..... m	
Secciones con gradientes diferentes .....	<input type="checkbox"/>	



	
<b>Poleas motrices y de frenado</b>	Diámetro $D_{Tr}$ : 1 ..... , 2 ..... , 3 ..... , 4 ..... mm Ángulo del revestimiento : $\alpha_1$ ..... , $\alpha_2$ ..... , $\alpha_3$ ..... , $\alpha_4$ ..... ° Superficie de Polea : Pelada <input type="checkbox"/> Engomada <input type="checkbox"/> Cerámica <input type="checkbox"/> Condición : seca <input type="checkbox"/> húmeda <input type="checkbox"/>
	Número de transmisiones en Polea 1: ..... Polea 2: ..... Polea 3: ..... Polea 4: ..... Potencia - instalada $P_{M\ inst}$ ..... kW (total) - estimada $P_{M\ inst}$ ..... kW Motor de anillo deslizante <input type="checkbox"/> Motor de caja de ardilla <input type="checkbox"/> Ayuda en la puesta en marcha (partida) <input type="checkbox"/>
<b>Transmisiones</b>	Factor de puesta en marcha $p_A$ (relativo al torque de motor en estado de funcionamiento continuo en flujo de masa nominal): ..... $p_{A0}$ (relativo al torque de motor nominal): ..... Tiempo de puesta en marcha $t_A$ ..... s
	Número de frenados en Polea 1: ..... Polea 2: ..... Polea 3: ..... Polea 4: ..... Torque de frenado total (relativo al eje del motor) ..... Nm Factor de frenado $p_B$ (relativo al torque motor en estado de funcionamiento continuo en flujo de masa nominal): ..... $p_{B0}$ (related to the rated motor torque): ..... Distancia de frenado $s_B$ ..... m
<b>Frenado</b>	
<b>Mecanismo tensor</b>	Polea tensora - conducida <input type="checkbox"/> - fija <input type="checkbox"/> Mecanismo tensor en Cabeza del sistema <input type="checkbox"/> Cola del sistema <input type="checkbox"/> Longitud de tensión existente ..... m
<b>Limpieza de correa transportadora</b>	Raspador ..... <input type="checkbox"/> Otros mecanismos ..... <input type="checkbox"/> Torsión de la correa <input type="checkbox"/> Detalles adicionales .....
<b>Tipo de correa transportadora</b>	Sistema nuevo <input type="checkbox"/> Diseño proyectado ..... Extensión <input type="checkbox"/> Diseño requerido ..... Reemplazo <input type="checkbox"/> Diseño previo ..... Idoneidad satisfactoria ..... sí <input type="checkbox"/> ..... no <input type="checkbox"/> Observaciones .....
<b>Empalme de correa transportadora</b>	Vulcanizado in-situ <input type="checkbox"/> Engrampado mecánico <input type="checkbox"/> Entrega ..... abierta <input type="checkbox"/> sinfin <input type="checkbox"/>

Espacio para dibujos / bosquejos



**PHOENIX CONVEYOR BELT  
SYSTEMS GMBH**

Hannoversche Strasse 88  
D-21079 Hamburg, Germany

Teléfono +49-40-7667-03

Fax +49-40-7667-2987

Email [infopcbs@phoenix-ag.com](mailto:infopcbs@phoenix-ag.com)

Web [www.phoenix-conveyor-belts.com](http://www.phoenix-conveyor-belts.com)

## 7 | Tablas para diseño y cálculo de sistemas de correas transportadoras

Tabla 1	Densidad del material transportado $\rho$
Tabla 2	Flujo del Volumen teórico $I_{Vth}$
Tabla 3	Coefficiente $\phi_{St}$ para determinar el flujo de volumen de la gradiente del sistema transportador
Tabla 4	Valores guía para la masa de los componentes rotativos del polín $m_R$
Tabla 5	Valores guía para la masa y espesor de las correas transportadoras Phoenix
Tabla 6	Valores guía para determinar la resistencia principal de los transportadores
Tabla 7	Valores guía para determinar el coeficiente $C$
Tabla 8	Coefficientes de fricción $\mu$ recomendados entre las correas transportadoras y las superficies de las poleas
Tabla 9	Valores para $\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}$
Tabla 10	Valor del factor de seguridad $S_0$
Tabla 11	Valor del factor de seguridad $S_1$
Tabla 12	Rango de resistencia de las correas transportadoras Phoenix
Tabla 13	Inspección de los materiales de la cubierta
Tabla 14	Tipos las cubiertas de acuerdo a las Normas DIN 22102 o 22131 y a ISO 10247
Tabla 15	Valores guía para el espesor de las cubiertas superior y de retorno inferior
Tabla 16	Diámetros mínimo de poleas
Tabla 17	Distancia entre el borde de la correa y el nivel más profundo del canal
Tabla 18	Valores guía para la longitud mínima de torsión de correa $l_W$
Tabla 19	Diámetro del carrete de las correas transportadoras
Tabla 20	Estándares DIN
Tabla 21	Factores de conversión para las unidades más importantes de los Sistemas fps a Sistema SI



## Tablas para diseño y cálculo de sistemas de correas transportadoras

**Tabla 1**  
**Densidad del material transportado  $\rho$**

	Material transportado	Densidad del material $\rho$ en t/m <sup>3</sup>	
<b>A</b>	Arcilla, seca	1.80	
	Arena, húmeda	2.00	
	Arena para lijar	1.50	
	Arena para moldura, mezclada	1.3	
	Arena, seca	1.60	
	Argamasa	1.70 a 1.80	
	Asfalto, molido	1.00 a 1.30	
	Avena	0.45 a 0.60	
	Azúcar, cruda	1.00	
<b>B</b>	Basalto, hasta 100 mm	1.60	
	Bauxita, molida	1.30	
<b>C</b>	Cal	1.70 a 1.80	
	Caliza	1.50 a 1.90	
	Carbón vegetal	0.20 a 0.30	
	Carbón mineral, crudo	1.10 a 1.40	
	Carbón mineral, fino	0.70 a 0.90	
	Cemento	1.35	
	Ceniza, húmeda	0.90	
	Ceniza, seca	0.50 a 0.70	
	Coque	0.35 a 0.55	
<b>D</b>	Desechos de roca	1.80	
<b>E</b>	Escoria	0.60 a 1.30	
	Escorias de alto horno	2.50 a 3.00	
	Exceso de carga	1.50 a 1.80	
<b>F</b>	Feldespatos, molino	1.60	
	Fosfato	1.20 a 1.50	
<b>G</b>	Granito, molino	1.45	
	Gravilla	1.80 a 2.20	
<b>H</b>	Hormigón con piedra caliza	2.00	
<b>L</b>	Lignito, en terrones	0.65 a 0.85	
	<b>M</b>	Maíz/Granos	0.75
		Manganeso/Mineral de hierro	2.10
		Material de escombros	1.20 a 1.60
		Mineral de cobre	2.15
		Mineral de oro	1.20
Mineral de sal, molido		1.00	
<b>O</b>	Oro, fino	1.70	
<b>P</b>	Pizarra, molida	1.50	
	Potasa	1.35	
<b>S</b>	Sal	1.20 a 1.50	
<b>T</b>	Tierra, húmeda	2.00	
	Tierra, seca	1.60	
	Tiza	1.35 a 1.65	
	Trigo	0.75	
	Turba	0.50	
<b>Y</b>	Yeso, molido	1.35	



Table 2

Flujo teórico del volumen ( $I_{Vth}$ )  $v = 1$  m/s con disposición de longitud de polines de carga de igual tamaño, velocidad transportadora  $v : 1$  m/s y el ángulo “equivalente” de reposo  $\beta = 15^\circ$

Ancho de la correa B en mm	Longitud $I_M$ del tubo del polín transportador en mm	Ángulo del canal $\lambda$ de la correa						
		0°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
500	200	39	72	79	85	90	94	97
650	250	69	132	145	155	164	171	176
800	315	108	207	226	243	257	268	276
1000	380	174	337	369	396	419	437	449
1200	465	256	493	540	580	614	640	658
1400	530	353	685	750	806	853	888	913
1600	600	466	907	993	1067	1128	1175	1208
1800	670	594	1160	1270	1365	1443	1502	1544
2000	740	739	1443	1581	1699	1795	1869	1920
2200	800	917	1802	1974	2121	2241	2332	2394
2400	870	1115	2196	2406	2585	2730	2840	2915
2600	940	1332	2628	2880	3094	3268	3399	3486
2800	1000	1568	3104	3402	3654	3859	4012	4113
3000	1070	1824	3615	3961	4255	4492	4670	4788
3200	1140	2099	4164	4563	4902	5174	5379	5513

\* En las notas de la Norma DIN 22101 se entrega una explicación del término ángulo de reposo “equivalente”

El flujo teórico de volumen  $I_{Vth}$  de una velocidad de transporte  $v$  se calcula de la siguiente forma en base a los valores ( $I_{Vth}$ )  $v = 1$  m/s de acuerdo a la siguiente tabla:

$$I_{Vth} = v \cdot (I_{Vth})_{v = 1 \text{ m/s}}$$

La conversión del flujo de volumen  $I_{Vth}$  (calculado en  $m^3/h$ ) a flujo de masa  $I_m$  (calculado en  $t/h$ ) se calcula con la densidad  $\rho$  del material transportado (calculado en  $t/m^3$ ) de acuerdo a la **Tabla 1** y el coeficiente efectivo de llenado  $\varphi$  (DIN 22101):

$$I_m = I_{Vth} \cdot \rho \cdot \varphi$$

Para realizar una carga de material continua y para la correcta trayectoria de la correa el coeficiente efectivo de llenado  $\varphi$  es igual al coeficiente  $\varphi_{St}$ .

A partir del flujo de masa  $I_m$  la longitud relacionada con la masa del material transportado  $m'_L$  se puede calcular de la siguiente manera:

$$m'_L = \frac{I_m}{v} = \frac{I_{Vth} \cdot \rho \cdot \varphi_{St}}{v}$$

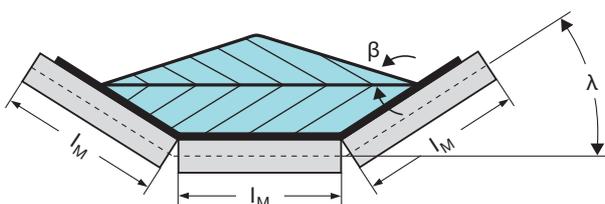
$v$  velocidad de transporte

$I_{Vth}$  flujo teórico de volumen

$\rho$  densidad del material transportado

$\varphi_{St}$  coeficiente para determinar el flujo de volumen de los transportadores con gradiente de acuerdo a la **Tabla 3**

En las **Tablas 1, 3, 4 y 5** se muestran los valores guía para los parámetros  $\rho$ ,  $\varphi_{St}$ ,  $m'_R$  y  $m'_G$



**Tabla 3**  
**Coefficiente  $\phi_{St}$  para determinar el flujo de volumen de los sistemas transportadores con gradiente.**

Para aquellos sistemas transportadores que están completamente detenidos o sólo en secciones, el flujo de volumen alcanzable es menor que el flujo de volumen teórico establecido en la **Tabla 2**.

Éste se debe multiplicar por el coeficiente  $\phi_{St}$  para el cual la Norma DIN 22101 entrega la relación del ángulo de inclinación dinámico, el material transportado, la forma del canal de la correa y la gradiente del sistema.

Para materiales con una fricción interna relativamente mayor, los valores guía entregados en la siguiente tabla se pueden usar en el caso de conjuntos de polines de carga de 3-partes de igual longitud y en los típicos ángulos de canal:

Ángulo de inclinación $\delta$	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°
Coefficiente $\phi_{St}$	1.0	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.85	0.81

**Ejemplo:**

Ancho de correa B	1000 mm
Velocidad de transporte v	2.5 m/s
Ángulo del canal de la correa $\lambda$	30°
El flujo teórico del volumen ( $I_{Vth}$ ) $v = 1$ m/s de acuerdo a la <b>Tabla 2</b>	396 m <sup>3</sup> /h
Gradiente del sistema transportador	10°
Coefficiente asociado $\phi_{St}$ de acuerdo a la <b>Tabla 3</b>	0.95
Flujo de volumen alcanzable $I_v = 2.5 \cdot 396 \cdot 0.95 =$	941 m <sup>3</sup> /h



Tabla 4

Valores guía para la Masa de los Componentes de polín giratorio  $m_R$  del Conjunto de Polines de las partes 1, 2 y 3 (en Kg.)

Ancho B de Correa en mm	Diámetro $d_R$ de polín exterior en mm					
	63.5	89	108	133	159	194
400	5.0 / 4.2 / 3.2	7.5 / 6.4 / 5.2				
500	5.6 / 4.6 / 3.6	8.4 / 7.4 / 6.0				
650	6.3 / 5.2 / 4.4	9.6 / 8.5 / 7.2	12.2 / 10.7 / 8.9			
800		11.1 / 9.8 / 8.8	14.1 / 12.3 / 10.9			
1000		12.6 / 12.0 / 10.4	16.0 / 15.0 / 12.8	24.6 / 21.6 / 17.4		
1200			18.6 / 16.9 / 15.3	27.6 / 24.0 / 20.4	34.5 / 30.0 / 25.1	
1400			20.4 / 18.8 / 17.2	30.0 / 26.4 / 22.8	37.5 / 32.8 / 28.0	
1600				32.4 / 28.8 / 25.3	40.5 / 38.6 / 30.9	
1800					46.2 / 40.4 / 34.6	79.1 / 71.9 / 62.4
2000					49.5 / 43.2 / 37.5	86.7 / 78.8 / 67.4
2200					51.9 / 47.6 / 41.9	92.4 / 84.0 / 74.9
2400						97.9 / 89.0 / 80.4
2600						103.4 / 94.1 / 85.9
2800						108.9 / 98.9 / 91.4
3000						114.4 / 103.9 / 96.9
3200						120.0 / 109.1 / 102.4

Para determinar la longitud relativa a la masa de los componentes del polín giratorio  $m'_{Ro}$ ,  $m'_{Ru}$ ,  $m'_R$  de acuerdo al **Capítulo 3.1.2** las masas especificadas en la tabla anterior se convertirán en valores específicos:

$$m'_{Ro} = \frac{m_{Ro}}{l_{Ro}} \quad m'_{Ru} = \frac{m_{Ru}}{l_{Ru}} \quad m'_R = m'_{Ro} + m'_{Ru}$$

$l_{Ro, u}$  : Espacio entre las estaciones de polines en el recorrido de la cubierta superior y de retorno

#### Ejemplo:

Ancho B de correa	1200 mm
Diámetro $d_R$ de polín (Exterior)	133 mm
Espacio entre las estaciones de polines en el recorrido de la cubierta superior $l_{Ro}$	1.25 m
Espacio entre las estaciones de polines en el recorrido de la cubierta de retorno $l_{Ru}$	2.5 m

Masa de los componentes giratorios de un conjunto de polines en el recorrido de la cubierta superior (3ª parte del conjunto de polines)  $m_{Ro}$  27.6 kg

Masa de los componentes giratorios de un conjunto de polines en el recorrido de la cubierta de retorno (1ª parte del conjunto de polines)  $m_{Ru}$  20.4 kg

Masa relativa a la longitud de los componentes del polín giratorio en el recorrido de la cubierta superior  $m'_{Ro}$  22.1 kg/m

Masa relativa a la longitud de los componentes del polín giratorio en el recorrido de la cubierta de retorno  $m'_{Ru}$  8.2 kg/m

Masa relativa a la longitud de los componentes del polín giratorio en ambos recorridos, superior y de retorno  $m'_R$  30.3 kg/m



Tabla 5

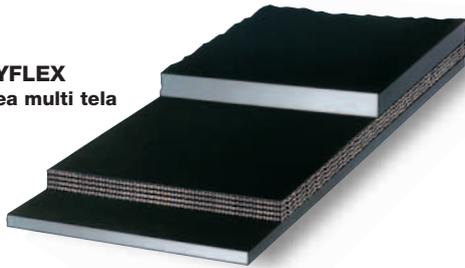
Valores guía para la Masa y Espesor de las Correas Transportadoras Phoenix

1 Correas con carcasa textil

1.1 Correas con carcasa textil Phoenix de 2 telas y multi telas para el transporte de material con cubiertas de tipo X, Y

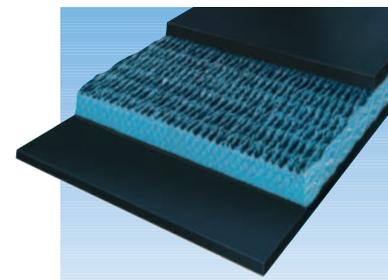
Correa	Espesor $d_{Dp}$ de cubierta en mm		Espesor $d_G$ de correa en mm	Área relativa a la masa de la correa con cubierta tipo $m''_G$ en $kg/m^2$ con tipo de cubierta	
	Parte superior	Parte inferior		X	Y
<b>Correas de 2 telas</b>					
EP 400/2	4	2	9.5	11.0	11.5
EP 630/2	4	2	10.5	12.0	12.5
EP 800/2	4	2	11.0	12.5	13.0
<b>Correas de 3 telas</b>					
EP 400/3	4	2	9.0	10.0	10.5
EP 500/3	6	3	12.0	13.5	14.0
EP 630/3	5	2	10.5	12.0	12.5
<b>Correas de 4 telas</b>					
EP 500/4	4	2	10.0	11.5	12.0
EP 630/4	6	3	13.0	14.5	15.0
EP 800/4	7	3	14.5	16.5	17.0
EP 1000/4	7	3	16.5	18.0	18.5
<b>Correas de 5 telas</b>					
EP 800/5	5	2	12.0	14.0	14.5
EP 1000/5	6	3	14.5	17.0	17.5
EP 1250/5	8	3	19.0	21.0	21.5
EP 1600/5	10	3	22.0	25.0	25.5

**POLYFLEX**  
Correa multi tela



## 1.2 Correas con carcasa textil Phoenix de 1 y 2 Telas Versión Autoextingible (V) para Minas de extracción de carbón mineral subterránea

Correa	Espesor $d_{Dp}$ de cubierta en mm		Espesor $d_G$ de correa en mm	Área relativa a la masa de la correa $m_G^r$ en kg/m <sup>2</sup>
	Parte superior	Parte inferior		
<b>Correas UNIFLEX® de 1 tela</b>				
E/P-B-P/B 800/1	2	2	11.5	15.0
E/P-B-P/B 1000/1	2.5	2.5	13.0	18.0
E/P-B-P/B 1250/1	2.5	2.5	14.0	20.0
E/P-B-P/B 1600/1	3	3	16.0	24.0
E/P-B-P/B 2000/1	3.5	3.5	20.0	31.0
E/P-B-P/B 2500/1	4	4	22.0	33.5
E/P-B-P/B 3150/1	6	3	26.5	36.0
<b>Correas DUOFLEX® de 2 telas</b>				
E/PP 800/2	1.5	1.5	10.0	12.5
E/PP 1000/2	1.5	1.5	11.0	13.5
E/PP 1250/2	4	2	15.0	19.5
E/PP 1600/2	4	2	16.0	21.0



**UNIFLEX PVG**

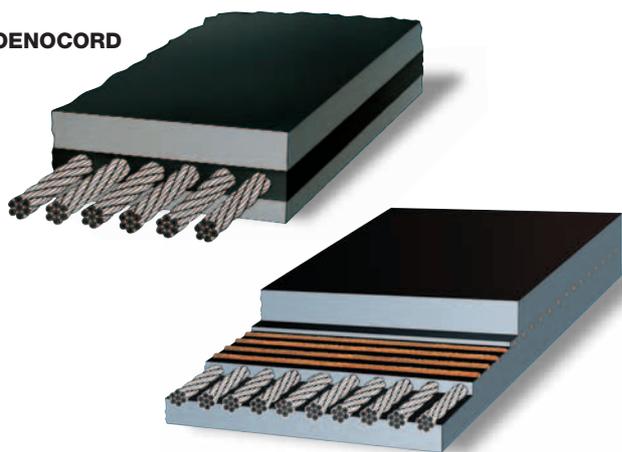
Tablas para diseño y cálculo de sistemas de correas transportadoras

2 Correas transportadoras con cables de acero

2.1 Correas transportadoras con cables de acero Phoenix para transporte de material en general con cubiertas de tipo X

Correa	Espesor $d_{Dp}$ de cubierta en mm		Espesor $d_G$ de correa en mm	Área relacionada con la masa $m_G^2$ de correa en $kg/m^2$ con cubierta tipo
	Parte superior	Parte inferior		X
St 400	4	4	10.5	13.5
St 500	4	4	10.5	14.0
St 630	6	4	13.5	17.5
St 800	6	4	13.5	18.0
St 1000	6	4	14.0	19.5
St 1250	6	4	14.0	21.5
St 1600	8	6	19.5	28.0
St 1800	8	6	19.5	28.5
St 2000	8	6	19.5	29.0
St 2500	10	8	25.0	38.5
St 3150	10	8	26.0	41.0
St 3500	10	8	26.5	42.5
St 4000	12	8	29.0	48.0
St 4500	12	8	29.5	50.5
St 5000	12	10	32.0	55.0
St 5400	12	10	32.5	56.0
St 6300	12	10	34.0	66.0
St 7500	12	10	36.5	69.0
St 8500	14	10	37.5	73.0

PHOENOCORD



PHOENOCORD con PHOENOTEK reforzamiento transversal



## 2.2 Correas transportadoras con cables de acero Phoenix con Refuerzo transversal textil en Versión Autoextinguible (V) para minas de extracción de carbón mineral subterránea

Correa	Espesor $d_{Dp}$ de cubierta en mm		Espesor $d_G$ de correa en mm	Área relacionada con la masa $m'_G$ de la correa en $kg/m^2$
	Parte superior	Parte inferior		
St 1000	10T	6T	20.0	35.0
St 1250	10T	6T	21.0	37.5
St 1600	10T	6T	22.0	40.5
St 2000	10T	8T	24.0	45.0
St 2500	10T	8T	25.0	49.0
St 3150	10T	8T	26.0	52.0
St 3500	10T	8T	27.0	55.0
St 4000	12T	8T	29.0	60.0
St 4500	12T	8T	30.0	63.0
St 5000	12T	8T	31.0	68.0
St 5400	12T	8T	31.0	69.5
St 6300	12T	10T	34.0	78.0
St 7500	14T	10T	36.5	83.0
St 8500	14T	12T	37.5	86.0

### Explicación para las secciones tabulares

#### ■ Área relacionada con la masa $m'_G$ de la correa

Datos sobre los parámetros de medida  $m''_G$  aplicables sólo para los espesores de cubierta que se encuentran entre los siguientes rangos de tolerancias:

Sección tabular 1.1	+1.7/-1.0 $kg/m^2$
Sección tabular 1.2	+/- 2.2 $kg/m^2$
Sección tabular 2.1	+1.2/-0.6 $kg/m^2$
Sección tabular 2.2	+1.5/-0.8 $kg/m^2$

Con otros espesores de cubierta, se producen las siguientes desviaciones por mm:

Cubierta tipo X	1.10	$kg/m^2$
Cubierta tipo Y	1.15	$kg/m^2$
Cubierta tipo V	1.50	$kg/m^2$

A partir del área relativa a la masa de la correa transportadora  $m''_G$ , se puede calcular la longitud relativa a la masa  $m'_G$ , tomando en cuenta el ancho B de la correa en m, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$m'_G = B \cdot m''_G$$

#### ■ Espesor $d_G$ de la correa

Los datos sobre el espesor  $d_G$  de la correa sólo se aplican para los espesores de cubierta que se enumeraron anteriormente con un rango de tolerancia de +1.0/-0.5 mm para todas las secciones tabulares.

El espesor de la carcasa  $d_{Gk}$  de la correa se puede calcular tomando el espesor total de la cubierta en la parte superior e inferior  $d_{Dpges}$  de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$d_{Gk} = d_G - d_{Dpges}$$

**Tabla 6**

**Valores Guía para Determinar la Resistencia Principal de los sistemas transportadores para Grados de llenado en el recorrido de la cubierta superior con carga entre un 70 % y un 110 % (de acuerdo a la norma DIN 22101)**

**1. Valor fricción f para el recorrido de la cubierta superior y de retorno conjuntamente**

Características	Clasificación de características		
Fricción interna del material transportado	medio	menor	alto
Alineación del transportador	medio	bueno	malo
Tensión de la correa	medio	alto	bajo
Condiciones de funcionamiento (polvoriento, pegajoso)	medio	bueno	malo
Diámetro del polín	108 a 159	> 159	< 108
Espacio entre estaciones de polines en el recorrido de la cubierta superior en mt.	1.0 a 1.5	< 1.0	> 1.5
Espacio entre estaciones de polines en el recorrido de la cubierta de retorno en mt.	2.5 a 3.5	< 2.5	> 3.5
Velocidad de la correa m/s	4 a 6	< 4	> 6
Angulo del canal en °	25 a 35	< 25	> 35
Temperatura ambiente en °C	15 a 25	> 25	< 15
Valor de fricción f	Valor guía ≈ 0.020	Como resultado	
		Una disminución	Un aumento
		Del valor de fricción f	
		Menor a ≥ 0.010	Mayor a ≤ 0.040

**Nota:**

Se logra una mayor seguridad en el diseño de las unidades motrices con

- Unidades motrices que funcionan con un motor, seleccionando un valor f más alto,
- El funcionamiento de las unidades motrices inducido por un generador, seleccionando un valor f menor.

**2. Coeficiente q<sub>0</sub> para determinar resistencia principal del recorrido de la cubierta superior con carga**

Características	Clasificación de características		
Curva relativa de la correa h <sub>rel</sub>	medio	alto, pero ≤ 1 %	bajo
Fricción interna del material transportado	medio	alto	bajo
Resistencia giratoria de los polines	medio	bajo	alto
Resistencia al corte giratorio	medio	bajo	alto
Coeficiente q <sub>0</sub>	Valor sugerido ≈ 0,7	Como resultado	
		Una disminución	Un aumento
		Del coeficiente q <sub>0</sub>	
		Menor a ≥ 0.5	Mayor a ≤ 0.85

Tabla 7

**Valores Guía para Determinar El Coeficiente C de Transportadores para Grados de llenado en el recorrido de la cubierta superior con carga entre 70 y 110 % (Norma DIN 22101)**

Longitud del transportador L en mt	80	100	150	200	300	400	500
Coeficiente C	1.92	1.78	1.58	1.45	1.31	1.25	1.20
Longitud del transportador L en mt	600	700	800	900	1000	1500	≥ 2000
Coeficiente C	1.17	1.14	1.12	1.10	1.09	1.06	1.05

**Nota:**

Con una gran proporción de resistencia secundaria en el total de la resistencia, por ejemplo: en el caso de sistemas transportadores horizontales con una longitud L < 80 mt o con varios puntos de alimentación, es necesario determinar las resistencias secundarias individuales.

Tabla 8

**Coefficientes de fricción recomendados  $\mu$  entre correas transportadoras con cubiertas de goma y superficie de poleas con diferentes terminaciones (Norma DIN 22101) en estado de funcionamiento continuo\***

Condiciones de funcionamiento	Superficie de la polea			
	Polea de acero pelada (suave)	Revestimiento de poliuretano para la fricción (dibujo espina de pescado)	Revestimiento de poliuretano para la fricción (dibujo espina de pescado)	Revestimiento cerámico (poroso, dibujo espina de pescado)
Seco	0.35 a 0.4	0.35 a 0.4	0.4 a 0.45	0.4 a 0.45
Húmedo (agua pura)	0.1	0.35	0.35	0.35 a 0.4
Húmedo (contaminado con barro, greda)	0.05 a 0.1	0.2	0.25 a 0.3	0.35

\* Para correas con platos de cubierta de PVC, los valores de fricción se deberían asumir para que sean aproximadamente menor a 10 %



**Tabla 9**  
Valores para  $\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}$  para Determinar las Fuerzas Mínimas de la Correa para asegurar la Transmisión de las Fuerzas Periféricas de la Polea

Coeficiente de fricción $\mu$	Angulo del revestimiento $\alpha$							
	170°	175°	180°	185°	190°	195°	200°	205°
0.05	6.25	6.06	5.88	5.71	5.55	5.39	5.24	5.10
0.10	2.90	2.80	2.71	2.62	2.54	2.47	2.39	2.32
0.15	1.78	1.72	1.66	1.60	1.55	1.50	1.45	1.41
0.20	1.23	1.19	1.14	1.10	1.06	1.03	0.99	0.96
0.25	0.91	0.87	0.84	0.81	0.77	0.75	0.72	0.69
0.30	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.56	0.54	0.52
0.35	0.55	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40
0.40	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31
0.45	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25

Coeficiente de fricción $\mu$	Angulo del revestimiento $\alpha$							
	210°	215°	220°	225°	230°	235°	240°	245°
0.05	4.97	4.85	4.72	4.61	4.50	4.39	4.29	4.20
0.10	2.26	2.20	2.14	2.08	2.02	1.97	1.92	1.87
0.15	1.36	1.32	1.28	1.25	1.21	1.18	1.14	1.11
0.20	0.92	0.89	0.87	0.84	0.81	0.79	0.76	0.74
0.25	0.67	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52
0.30	0.50	0.48	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	0.38
0.35	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31	0.30	0.29
0.40	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22
0.45	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17

**Tabla 10**  
Valor del Factor de Seguridad  $S_0$  dependiendo de las Condiciones de Fabricación del Empalme (de acuerdo a la Norma DIN 22101)

Condición	Descripción de la condición		
Atmósfera	normal	libre de polvo	con polvo
Protección contra la luz solar	normal	muy bueno	pobre
Temperatura ambiente	normal	$\geq 18^\circ\text{C}$ y $\leq 22^\circ\text{C}$	$< 10^\circ\text{C}$ o $> 30^\circ\text{C}$
Condiciones de trabajo	normal	espacioso	estrecho
Calificación de los maestros empalmadores	normal	muy bueno	pobre
Calidad del material del empalme	normal	fresco	próximo a la fecha de vencimiento
Calidad de la prensa del empalme	normal	muy bueno	pobre
Factor de seguridad $S_0$	1.1	causas	
		disminución	aumento
		del factor de seguridad para	
		$\geq 1.0$	$\leq 1.2$

Tabla 11

Valor del Factor de Seguridad  $S_1$  dependiendo de las Condiciones de Funcionamiento de la Correa (de acuerdo a la Norma DIN 22101)

Condición	Descripción de la condición		
	normal	baja	alta
Vida útil	normal	baja	alta
Consecuencias por alguna falla	normal	poca	grave
Influencia química/mecánica	normal	poca	grave
Puestas en marcha y detenciones	> 3 y < 30 por día	≤ 3 por día	≥ 30 por día
Frecuencia de giro	> 2 por hora y < 1 por minuto	≤ 2 por hora	≥ 1 por hora
Factor de seguridad $S_1$	1.7	causas	
		disminución	aumento
		del factor de seguridad para	
		≥ 1.5	≤ 1.9



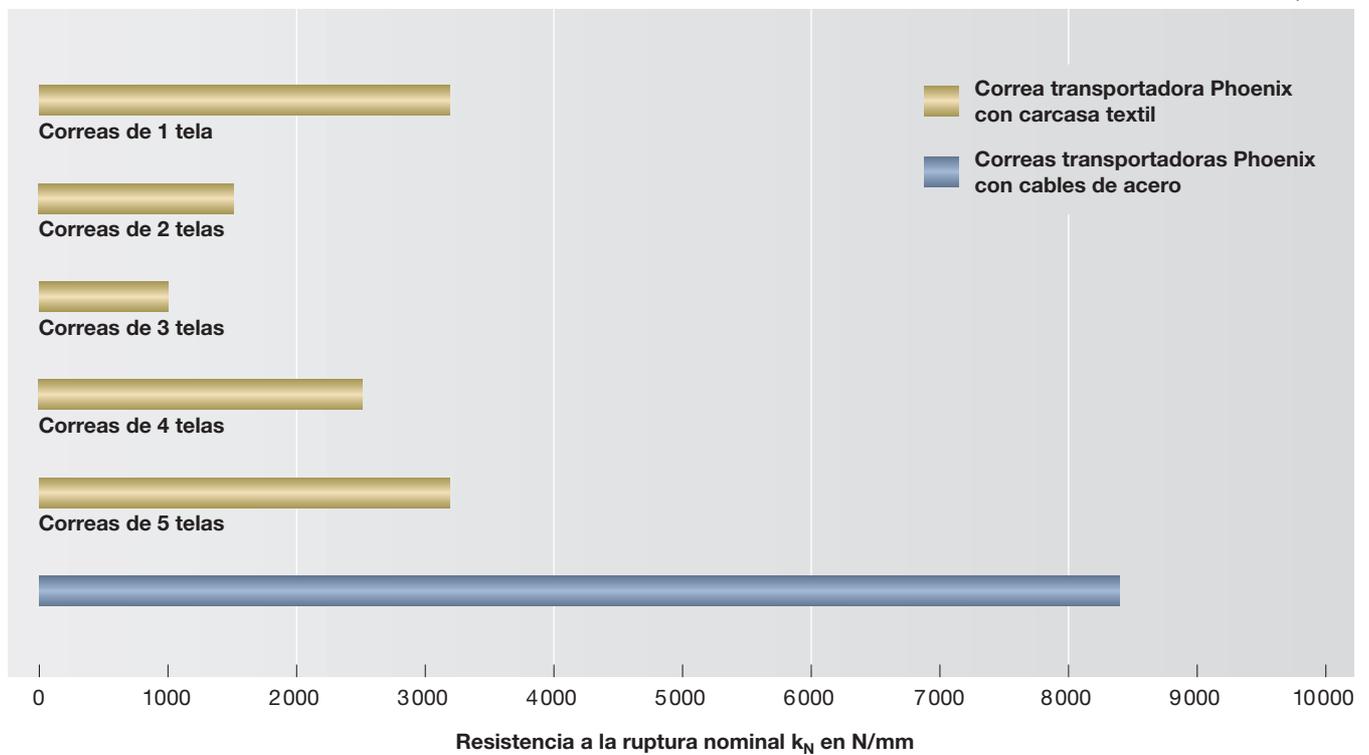
Tabla 12

Rango de Resistencia para Correas Transportadoras Phoenix para uso en Superficie y Subterráneo (Resistencia a la Ruptura de la Correa en el Ancho de la Correa N/mm)

Correa transportadora Phoenix con carcasa textil									
<b>Correas de 1 tela</b>									
Uso subterráneo	800/1	1000/1	1250/1	1600/1	2000/1	2500/1	3150/1		
<b>Correas de 2 telas</b>									
Uso en superficie	200/2	250/2	315/2	400/2	630/2	800/2	1000/2	1250/2	1600/2
Uso subterráneo	630/2	800/2	1000/2	1250/2	1600/2				
<b>Correas de 3 telas</b>									
Uso en superficie	315/3	400/3	500/3	630/3	800/3	1000/3			
<b>Correas de 4 telas</b>									
Uso en superficie	500/4	630/4	800/4	1000/4	1250/4	1600/4	2000/4	2500/4	
<b>Correas de 5 telas</b>									
Uso en superficie	630/5	800/5	1000/5	1250/5	1600/5	2000/5	2500/5	3150/5	

Correas transportadoras Phoenix con cables de acero							
Para uso en Superficie y Subterráneo	St 400	St 500	St 630	St 800	St 1000	St 1250	St 1600
	St 1800	St 2000	St 2500	St 3150	St 3500	St 4000	St 4500
	St 5000	St 5400	St 6300	St 7000	St 7500	St 8000	St 8500

Para correas con resistencias más altas, éstas se hacen a pedido



**Tabla 13**  
**Materiales de la Cubierta**

### 1. Diseño estándar de la cubierta

Con respecto a

**Resistencia,  
Elongación,  
Abrasión,**

Los grados estándares de cubierta se gradúan de acuerdo a la norma DIN 22102 o DIN 22131 respectivamente en las categorías X, Y y Z o K. La norma ISO 10247 hace diferencia entre las categorías D, H y L con divergencias leves.

Las categorías de las normas DIN e ISO y sus características mecánicas están resumidas en la **Tabla 14**.

### 2. Cubiertas con propiedades especiales

Para aplicaciones y/o propósitos especiales el material de la cubierta deberá tener propiedades especiales con respecto al componente de tensión de la siguiente manera:

(Ver también DIN 22100, 22102, 22103, 22104, 22109, 22118, 22129, 22131)

Propiedades especiales	Código letra, de acuerdo a la norma DIN
Con cubiertas antiestática	E
Con cubiertas antiestática y resistentes al fuego	K
Con o sin cubiertas resistentes al fuego y cubiertas antiestática	S
Resistente al calor	T
Resistente al frío	R
Resistente al aceite y grasa	G
Para productos alimenticios	A
Para productos químicos	C
Especificaciones de seguridad respecto a propiedades de ingeniería que incluyen el manejo de fuego, para uso en superficie	vt
Especificaciones de seguridad respecto a propiedades eléctricas, higiénicas y de ingeniería que incluyen el manejo de fuego, para uso subterráneo en minas de extracción de carbón mineral en Alemania	V



### 3. Materiales Phoenix para Cubiertas Especiales

Además de los tipos de cubiertas especificados en los puntos 1 y 2, Phoenix ofrece otros materiales de cubierta para uso en superficie entregando las siguientes propiedades especiales:

Propiedades especiales	Designación de Phoenix
Gran resistencia al desgaste (gran resistencia al desgarro)	WVF
Resistencia a la abrasión extrema y repelente al polvo	MVF
Resistente al calor hasta 180°	MAGMA
Resistente al calor hasta 180° y autoextinguible	MAGMA EXTRA
Resistente al calor hasta 240° y resistente al ácido	MAGMA SUPER
Resistencia a la abrasión extrema y protegida contra el ácido	MVF-A
Resistente al aceite, grasa, calor y fuego	FR-MOR
Retardante de fuego	FH
Optimizador de energía	EOB

Por favor solicite nuestros catálogos especiales

**Tabla 14**

#### Tipo de Categoría de las Cubiertas de Correas Transportadoras de acuerdo a la norma DIN 22102 o DIN 22131 o ISO 10247

Tipo de cubierta de acuerdo a		Resistencia a la Tensión en N/mm <sup>2</sup> mínimo	Elongación en la Ruptura en % mínimo	Abrasión en mm <sup>3</sup> Máximo
DIN 22102 DIN 22131	ISO 10247			
W	( D )	18 (18)	400 (400)	90 (100)
X	( H )	25 (24)	450 (450)	120 (120)
Y		20	400	150
Z	( L )	15 (15)	350 (350)	250 (200)
K *)		20	400	200

\* Para correas transportadoras resistentes al fuego de acuerdo a la norma DIN 22103 con cubiertas antiestática de acuerdo a la norma DIN 22104

Tabla 15

**Valores Guía para los Espesores de las Cubiertas Superior y de Retorno para Correas Transportadoras con Carcasa Textil y para aquellas con Cables de Acero para Diferentes Usos (en mm)**

Tipo de correa	Uso	Material transportado	Cubierta superior	Cubierta de retorno
Correas con carcasa textil	Correas transportadoras móviles	Material fino Material liviano	2	1
	Plantas de carga y descarga y plantas donde se transporta carbón mineral	Carbón mineral, potasio, gravilla, arena, mineral fino	2 a 4	2
	Plantas de carga y descarga, pozos de gravilla, canteras	Trozos de carbón mineral, rocas, gravilla áspera, mineral, peso excesivo	4 a 8	2 a 3
	Excavadoras y cargadores, chancadores	Trozos de roca grandes, mineral y peso excesivo	8 a 16	3 a 4
Correas con cables de acero	Plantas de carga y descarga y plantas donde transporta carbón mineral	Carbón mineral, potasio, gravilla, arena, mineral fino	4 a 8	4 a 6
	Plantas de carga y descarga, minas de carbón, canteras	Trozos de carbón mineral, rocas, gravilla áspera, mineral, peso excesivo	6 a 12	4 a 8
	Excavadoras y cargadores, chancadores	Trozos de roca, mineral, carbón y peso excesivo	10 a 20	6 a 10



**Tabla 16**  
**Diámetros de Polea Mínimos (de acuerdo a la norma DIN 22101)**

Los diámetros de polea en una correa dependen del diseño, tensión y tipo de empalme de la correa. Se establecen los siguientes grupos de poleas para determinar los diámetros mínimos:

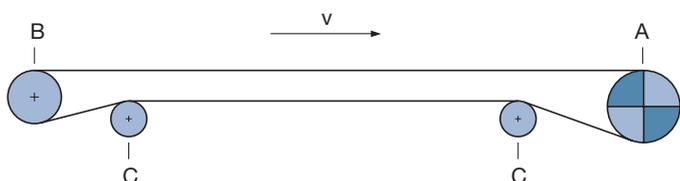
- Grupo A: Poleas motrices y otras poleas en el rango de correas con tensiones altas
- Grupo B: Poleas deflectoras en el rango de correas con tensiones bajas
- Grupo C: Poleas deflectoras (cambian la dirección de la correa  $\leq 30^\circ$ )

Los diámetros mínimos de polea para las poleas de los grupos A, B y C se pueden determinar con cuatro diferentes factores de carga con los parámetros de espesor de la carcasa de la correa  $d_{Gk}$  y un coeficiente  $c_{Tr}$ , el que está determinado por el material del componente tensor en la correa:

$$D_{Tr} = c_{Tr} \cdot d_{Gk}$$

Material del componente tensor	Coficiente $c_{Tr}$
B (algodón)	80
E (poliéster)	108
P (poliamida)	90
St (cable de acero)	145

Se deberá redondear la medida del diámetro de polea obtenido al valor siguiente más alto de la tabla que se muestra a continuación:



$D_{Tr} = c_{Tr} \cdot d_{Gk}$	Diámetro mínimo de polea en mm (sin carga)											
	Factor de carga de la polea $\frac{k_{max}}{k_N} \cdot 8 \cdot 100$ en %											
	$\geq 100\%$ grupo de poleas			60 % a 100 % grupo de poleas			30 % a 60 % grupo de poleas			$\leq 30\%$ grupo de poleas		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
100	125	100		100								
125	160	125	100	125	100		100					
160	200	160	125	160	125	100	125	100		100	100	
200	250	200	160	200	160	125	160	125	100	125	125	100
250	315	250	200	250	200	160	200	160	125	160	160	125
315	400	315	250	315	250	200	250	200	160	200	200	160
400	500	400	315	400	315	250	315	250	200	250	250	200
500	630	500	400	500	400	315	400	315	250	315	315	250
630	800	630	500	630	500	400	500	400	315	400	400	315
800	1000	800	630	800	630	500	630	500	400	500	500	400
1000	1250	1000	800	1000	800	630	800	630	500	630	630	500
1250	1400	1250	1000	1250	1000	800	1000	800	630	800	800	630
1400	1600	1400	1000	1400	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	800
1600	1800	1600	1250	1600	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	800
1800	2000	1800	1250	1800	1400	1250	1600	1250	1000	1250	1250	1000
2000	2200	2000	1400	2000	1600	1250	1600	1250	1000	1250	1250	1000

$k_{max}$  ancho máximo en relación a la fuerza de tensión de la correa en el área de la polea durante una funcionamiento continuo

$k_N$  ancho relacionado a la fuerza de ruptura nominal de la correa

Tabla 17

Distancia entre el borde de la correa y el nivel más bajo del canal  $h_{k0}$  para estaciones de polines con 3 polines de igual tamaño

Ancho de la correa B en mm	Longitud de superficie que gira de los polines $l_M$ en mm	Ancho de la correa $b_s$ en mm de acuerdo a la Fig. 5	Angulo del canal $\lambda$ de la correa					
			25°	30°	35°	37,5°	40°	45°
500	200	150	63	75	86	91	96	106
650	250	200	85	100	115	122	129	141
800	315	242.5	102	121	139	148	156	171
1000	380	310	131	155	178	189	199	219
1200	465	367.5	155	184	211	224	236	260
1400	530	435	184	218	250	265	280	308
1600	600	500	211	250	287	304	321	354
1800	670	565	239	283	324	344	363	400
2000	740	630	266	315	361	384	405	445
2200	800	700	296	350	402	426	450	495
2400	870	765	323	383	439	466	492	541
2600	940	830	351	415	476	505	534	587
2800	1000	900	380	450	516	548	579	636
3000	1070	965	408	483	554	587	620	682
3200	1140	1030	435	515	591	627	662	728

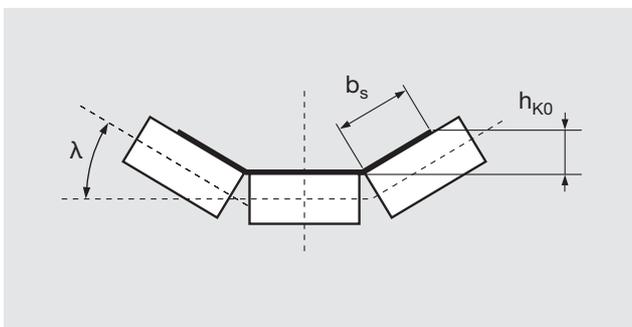
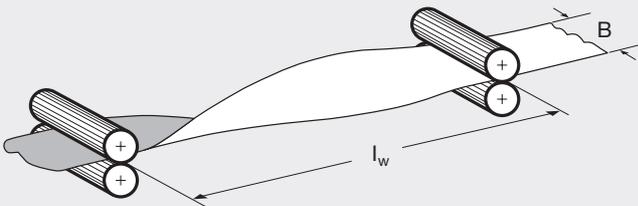
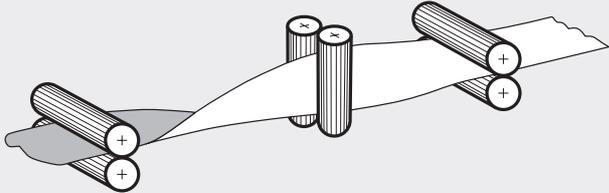
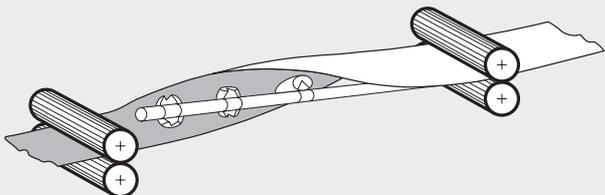


Tabla 18

Valores Guía para el Largo Mínimo en la Torsión  $l_w$  de la Correa como se requiere para Correas Transportadoras con Carcasa Textil y para aquellas con Cables de Acero (de acuerdo a la norma DIN 22101)

Método de torsión	Ancho máximo Correa B en mm	Largo de la torsión de la correa $l_w$	
		Correas con carcasa textil	Correas con cables de acero
<p>Torsión sin ser guiada</p> 	1200	$10 \cdot B$	–
<p>Torsión guiada</p> 	1600	$12.5 \cdot B$	$22 \cdot B$
<p>Torsión con soporte</p> 	2400	$10 \cdot B$	$15 \cdot B$

**Nota:**

Los valores guía dados en la tabla son suficientes cuando la cubierta de retorno está sobre un área de la correa de tensión baja. En caso contrario, se deberá realiza un cálculo más exacto.

**Nota (in addition to DIN 22101):**

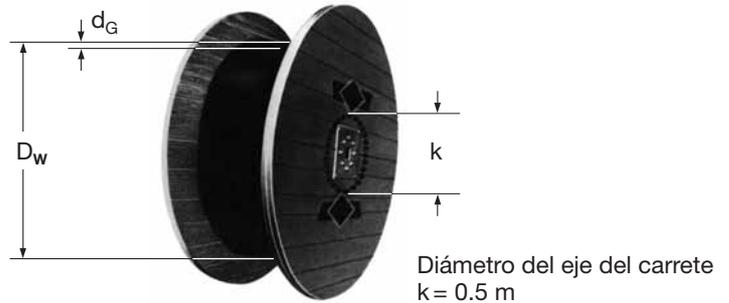
Se debe mantener un mínimo de tensión en la torsión de la correa entre los polines regulares, en forma paralela a la curva de la correa para evitar una curva muy pronunciada, lo que podría llevar a un remachado.



**Tabla 19**

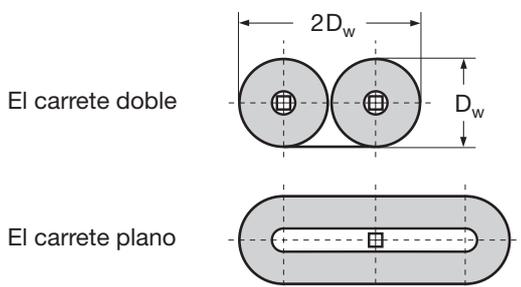
**Diámetro de los carretes donde se enrollan las correas transportadoras**

- $D_w$  : Diámetro del carrete
- $d_G$  : Espesor de la correa
- $L$  : Longitud de la correa
- $k$  : Diámetro del eje del carrete



Los valores del diámetro del carrete  $D_w$  (expresado en mt) dependen del espesor de la correa  $d_G$  y del diámetro del eje del carrete  $k$ .

Longitud de la correa L en mm	Espesor de la correa $d_G$ en mm															
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
10	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87
20	0.71	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.90	0.92	0.96	0.98	1.01	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13
40	0.87	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.44	1.48	1.51
60	1.00	1.08	1.15	1.21	1.27	1.33	1.39	1.44	1.50	1.55	1.59	1.64	1.69	1.73	1.76	1.82
80	1.13	1.21	1.29	1.37	1.44	1.51	1.58	1.64	1.70	1.76	1.82	1.87	1.93	1.98	2.03	2.08
100	1.23	1.33	1.43	1.51	1.59	1.67	1.75	1.82	1.87	1.95	2.02	2.08	2.14	2.20	2.26	2.31
120	1.33	1.44	1.54	1.64	1.73	1.82	1.90	1.98	2.05	2.13	2.20	2.27	2.33	2.40	2.46	2.52
140	1.43	1.55	1.66	1.78	1.86	1.95	2.04	2.13	2.21	2.29	2.37	2.44	2.51	2.58	2.65	2.72
160	1.51	1.64	1.76	1.87	1.98	2.08	2.17	2.27	2.36	2.44	2.52	2.60	2.68	2.75	2.83	2.90
180	1.59	1.73	1.86	1.98	2.09	2.20	2.30	2.40	2.49	2.58	2.66	2.75	2.84	2.92	2.99	3.07
200	1.67	1.82	1.95	2.08	2.20	2.31	2.42	2.52	2.62	2.72	2.81	2.90	2.98	3.07	3.15	3.23
220	1.75	1.90	2.04	2.17	2.30	2.42	2.53	2.64	2.74	2.84	2.94	3.04	3.13	3.21	3.30	3.38
240	1.82	1.98	2.13	2.26	2.40	2.52	2.64	2.75	2.86	2.97	3.07	3.17	3.26	3.35	3.44	3.53
260	1.89	2.05	2.21	2.36	2.49	2.62	2.74	2.86	2.98	3.09	3.18	3.29	3.39	3.49	3.58	3.67
280	1.95	2.13	2.29	2.44	2.58	2.72	2.84	2.97	3.08	3.20	3.31	3.41	3.51	3.62	3.71	3.80
300	2.02	2.20	2.37	2.52	2.67	2.80	2.94	3.07	3.19	3.31	3.42	3.53	3.64	3.74	3.84	3.94
320	2.08	2.27	2.44	2.60	2.75	2.90	3.04	3.17	3.29	3.41	3.53	3.65	3.76	3.86	3.97	4.07
340	2.14	2.33	2.51	2.68	2.84	2.98	3.13	3.26	3.39	3.52	3.64	3.76	3.87	3.98	4.09	
360	2.20	2.40	2.58	2.75	2.92	3.06	3.21	3.35	3.49	3.62	3.74	3.86	3.98	4.09		
380	2.25	2.46	2.65	2.82	2.99	3.15	3.30	3.44	3.58	3.71	3.84	3.97	4.09			
400	2.31	2.52	2.72	2.90	3.07	3.23	3.38	3.53	3.67	3.81	3.94	4.07				
420	2.37	2.58	2.78	2.96	3.14	3.30	3.46	3.62	3.76	3.90	4.04					
440	2.42	2.64	2.84	3.03	3.21	3.38	3.55	3.70	3.85	3.99						
460	2.47	2.70	2.91	3.10	3.29	3.46	3.62	3.78	3.93	4.08						
480	2.52	2.75	2.98	3.17	3.35	3.53	3.70	3.86	4.02							



**Nota:**

Para el transporte de correas transportadoras, el carrete doble o el carrete plano pueden ser de gran ayuda cuando se cuenta con espacios limitados. Se debe contar con un equipo adecuado para desenrollar la correa en el sitio de instalación de ésta.

Si se requiere un carrete especial, éste se debe hacer a pedido.

**Tabla 20**  
**Estándares de la Norma DIN**

---

DIN 7 716 *	Productos de goma, requerimientos de almacenaje, limpieza y mantención
DIN 15 207	Equipos mecánicos para transporte continuo de material; polines de correas transportadoras
DIN 15 220 *	Equipos mecánicos para transporte continuo de material; correas transportadoras; ejemplos para la protección de cortes
DIN 15 223	Equipos mecánicos para transporte continuo de material; ejemplos y soluciones para la protección de polines apretados
DIN 22 100	Material sintético y combustibles para uso en minas de extracción de carbón mineral duro subterráneas
DIN 22 101 *	Equipos mecánicos para transporte continuo de material; correas transportadoras para transporte de material; base para el cálculo y diseño
DIN 22 102 *	Correas transportadoras textiles
DIN 22 103	Correas transportadoras resistentes al fuego; especificaciones y métodos de prueba
DIN 22 104 *	Correas transportadoras antiestáticas; requerimientos, pruebas
DIN 22 107 *	Equipos mecánicos para transporte continuo de material; conjunto de polines; conjunto de polines para transporte de material poco compacto; dimensiones
DIN 22 109 *	Correas transportadoras textiles para mineras de extracción de carbón mineral
DIN 22 110	Pruebas para los empalmes de correas transportadoras
DIN 22 117 *	Correas transportadoras para mineras de extracción de carbón mineral; determinación del índice de oxígeno
DIN 22 118 *	Correas transportadoras textiles para el uso en mineras de extracción de carbón mineral; prueba para las resistentes al fuego
DIN 22 120	Raspadores y gomas laterales para guiar la correa para sistemas transportadores utilizados en mineras de extracción de carbón mineral
DIN 22 121 *	Correas transportadoras textiles para el uso en mineras de extracción de carbón mineral subterráneas; empalmes permanentes de correas transportadoras
DIN 22 129 *	Correas transportadoras con cables de acero para el uso en mineras de extracción de carbón mineral subterráneas
DIN 22 131 *	Correas transportadoras con cables de acero para levantar y transportar

#### **Prueba de la goma**

DIN 53 504 *	Prueba de la goma; determinación de la resistencia de tensión durante la ruptura, tensión durante la producción, elongación en la ruptura y valores de tensión en una prueba de tensión
DIN 53 505 *	Prueba de la goma, elastómeros y plásticos; prueba de dureza Shore A y D
DIN 53 507 *	Prueba de la goma y elastómeros; determinación de la resistencia al desgarro de los elastómeros
DIN 53 516 *	Prueba de la goma y elastómeros; determinación de la resistencia a la abrasión

#### **Nota:**

Los estándares de la norma DIN están disponibles en Beuth-Vertrieb GMBH, Berlín, la edición más actualizada.

\* Ediciones traducidas al inglés están disponibles en manuscrito en el DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Instituto Alemán para Estandarización DIN: Inc., Soc. Berlín) de Beuth Verlag, Berlín (Editores)

**Tabla 21**  
**Factores de Conversión de las Unidades Más**  
**Importantes de fps\* para el sistema SI**

	fps	SI (MKS**)
<b>Longitud</b>	1 ft = 1/3 yd = 12 in	1 ft = 0.3048 m; 1 milla = 1609.34 m
<b>Área</b>	1 ft <sup>2</sup> = 144 in <sup>2</sup>	1 ft <sup>2</sup> = 0.0929 m <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	1 ft <sup>3</sup> = 1728 in <sup>3</sup> = 6.22882 gal (UK) 1 gal (US) = 0.83268 gal (UK)	1 ft <sup>3</sup> = 0.0283 m <sup>3</sup> 1 bu (US) = 35.2393 l; 1 bbl (US) = 115.627 l
<b>Velocidad</b>	1 ft/s 1 knot = 1.150785 mile/h = 1.6877 ft/s	1 ft/s = 0.3048 m/s
<b>Aceleración</b>	1 ft/s <sup>2</sup>	1 ft/s <sup>2</sup> = 0.3048 m/s <sup>2</sup>
<b>Masa</b>	1 lb = cwt/112; 1 sh tn = 2000 lb 1 slug = 32.174 lb; 1 ln tn = 2240 lb	1 lb = 0.453592 kg 1 slug = 14.5939 kg
<b>Fuerza</b>	1 lbf 1 pdl = 0.031081 lbf	1 lbf = 4.44822 N 1 pdl = 0.138255 N
<b>Trabajo</b>	1 ft lb = 0.323832 cal <sub>T</sub> 1 btu = 252 cal <sub>T</sub> = 778.21 ft lb	1 ft lb = 1.35582 J 1 btu = 1.05506 kJ
<b>Presión</b>	1 lb/ft <sup>2</sup> = 6.9444 · 10 <sup>-3</sup> lb/in <sup>2</sup> 1 psi = 0.068046 atm 1 atm = 29.92 in Hg = 33.90 ft agua	1 lb/ft <sup>2</sup> = 47.88 N/m <sup>2</sup> 1 psi = 6894.76 N/m <sup>2</sup> 1 atm = 1.01325 bar
<b>Densidad</b>	1 lb/ft <sup>3</sup> = 5.78704 · 10 <sup>-4</sup> lb/in <sup>3</sup> 1 lb/gal = 6.22882 lb/ft <sup>3</sup>	1 lb/ft <sup>3</sup> = 16.0185 kg/m <sup>3</sup> 1 lb/gal = 99.7633 kg/m <sup>3</sup>
<b>Temperatura</b>	32 deg F = 0°C, 212 deg F = 100°C	1 deg F = 0.5556°C
<b>Potencia</b>	1 ft lb/s = 1.8182 · 10 <sup>-3</sup> hp = 1.28505 · 10 <sup>-3</sup> btu/s	1 ft lb/s = 1.35582 W

\* sistema fps: sistema de pie/pulgada/segundos

\*\* MKS: Sistema de metro/kg/segundo

**Abreviaciones y nombres de las unidades en Inglés**

atm	Atmósfera
bbl	Tonel
btu	Unidad térmica Inglesa
bu	Medida de áridos
cwt	Quintal
cal	Caloría
deg F	Grado Fahrenheit
ft	Pie
gal	Galón
hp	Caballos de potencia
in	Pulgada
lb	Onza
lbf	Fuerza de libra
ln tn	Tonelada larga
pdL	Unidad de fuerza
psi	Libra por pulgada cuadrada
sh tn	Tonelada corta
yd	Yarda
UK	Reino Unido
US	Estados Unidos de América
<hr/>	
in/s	Pulgada por segundo
in <sup>2</sup>	Pulgada cuadrada
in <sup>3</sup>	Pulgada cúbica

Publicado con la autorización de Springer-Verlag Heigdelberg de: Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau (Manual de Ingenieros Mecánicos), edición 17 (1990)

**Nota:**

La resistencia a la tensión de la correa relativa al ancho de ésta se convierte de la siguiente manera:

$$1 \text{ piw} = 0.175 \text{ N/mm}$$



---

El contenido de este catálogo ha sido recopilado con lo mejor de nuestro conocimiento y experiencia. No todos los detalles aquí expuestos son vinculantes, ni siquiera con posibles derechos industriales de terceros. Nos reservamos el derecho de realizar futuras modificaciones técnicas, debido a nuevos avances en la materia. No nos hacemos responsables por las recomendaciones y detalles entregados en este catálogo.



**PHOENIX CONVEYOR BELT  
SYSTEMS GMBH**

Hannoversche Strasse 88  
D-21079 Hamburg, Germany

Teléfono +49-40-7667-03

Fax +49-40-7667-2987

Email [infopcbs@phoenix-ag.com](mailto:infopcbs@phoenix-ag.com)

Web [www.phoenix-conveyor-belts.com](http://www.phoenix-conveyor-belts.com)