MECANISMOS Y ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Ingeniería Electromecánica
2026

Facultad de Ingeniería
OBERA

BIBLIOGRAFÍA

Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett.- “DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA”- Ed. Mc-Graw hill. Decima edición

SHIGLEY- MISCKE.- “DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA”- Ed. Mc-Graw hill.

MOTT, Robert L.- “DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS”.- Ed. Prentice-Hall.

Catalogo de Reinolds

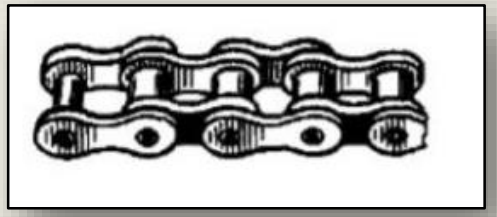
Clasificación

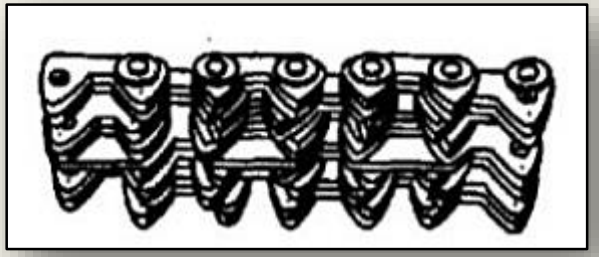
Facultad de Ingeniería OBERA

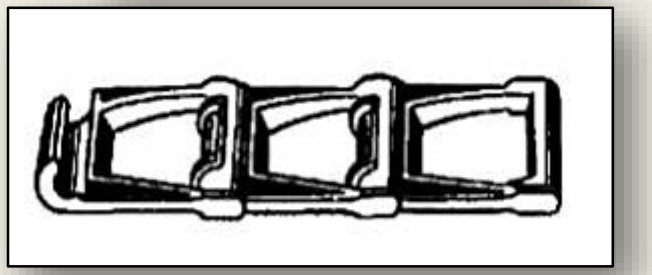
De acuerdo al tipo de cadena que se utilice:

- De rodillos
- De casquillos
- Dentadas
- Abiertas o Vaucanson









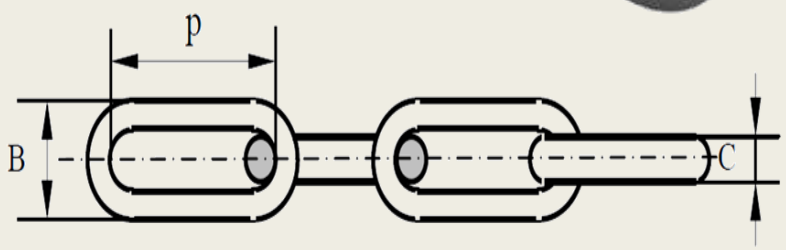
Clasificación

Facultad de Ingeniería OBERA

De acuerdo al trabajo que realizan:

- *Cadenas de tracción:* sirven para mover grandes cargas en maquinas transportadoras. Su rango de velocidades es de 2 a 4 m/s, son de grandes longitudes y pasos amplios.
- *Cadenas impulsoras:* sirven para trasmitir la energía mecánica de un árbol a otro. Son de altas velocidades y pasos pequeños.







CADENAS DE CARGA

- Diseños Robustos
- Bajas velocidades
- Material de acero forjado
- Bajas tolerancias en fabricación

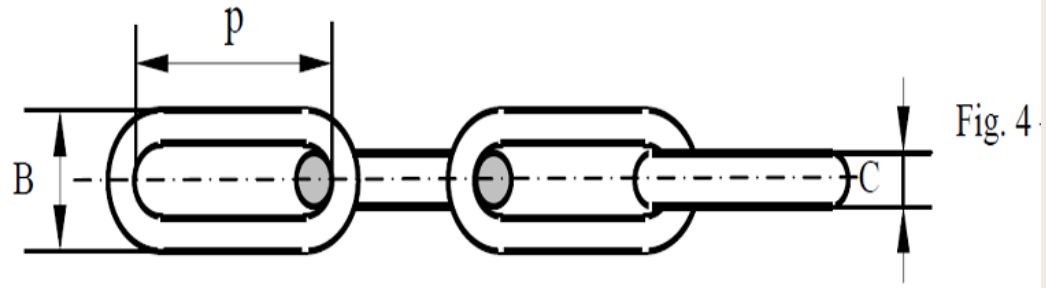
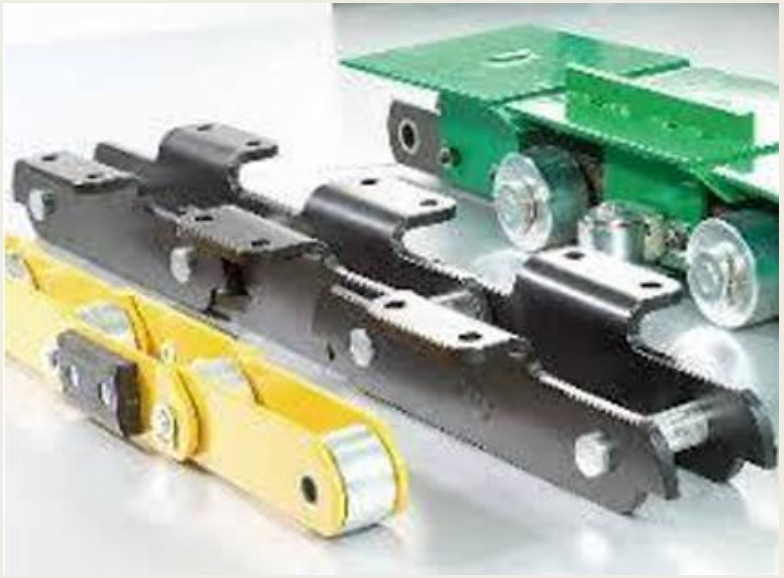


Fig. 4

Tabla 1.1 – Dimensiones de algunas cadenas de carga con eslabones redondos según DIN declarada por la firma española YUK[1].





CADENAS DE CARGA



CADENAS DE CARGA



CADENAS DENTADAS

Transmite potencia sin deslizamiento, con menor ruido y vibración y, mayor capacidad de carga que las cadenas de rodillos.

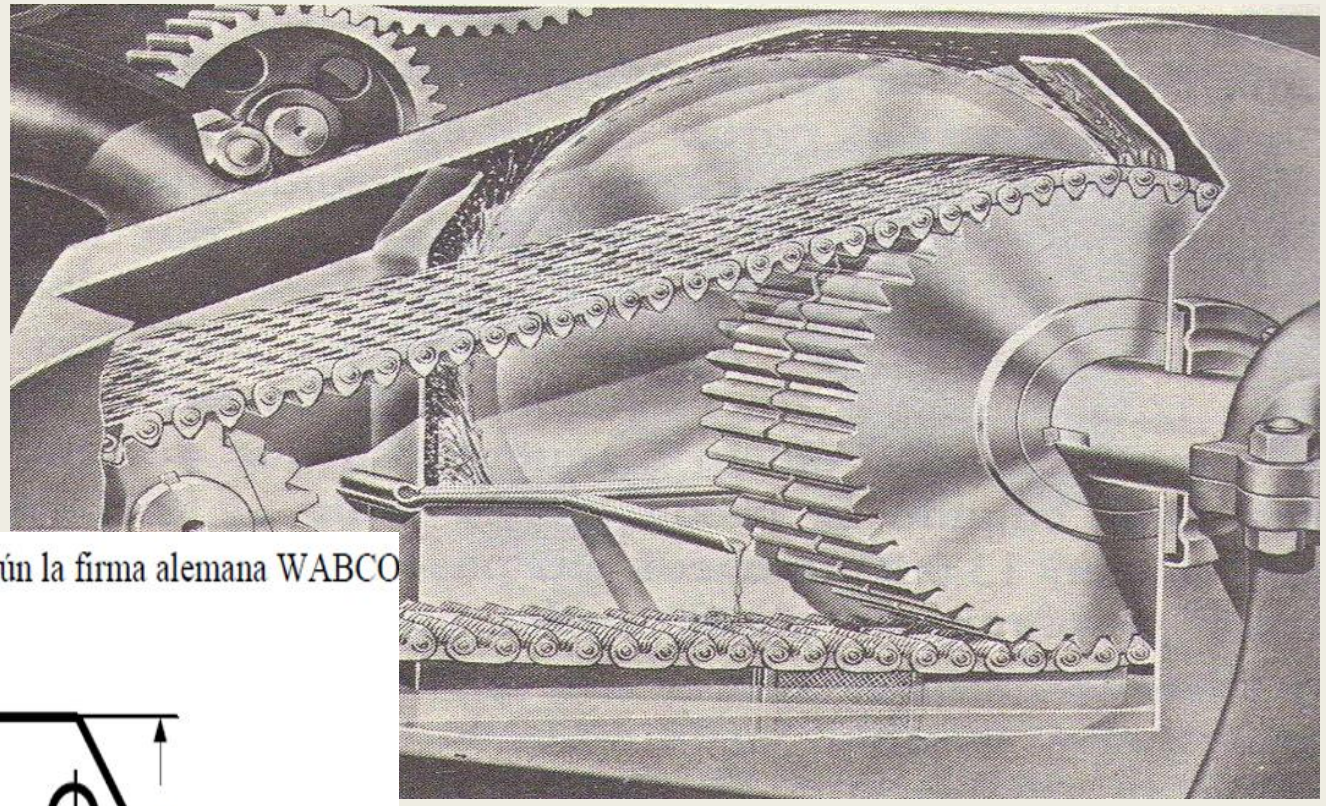
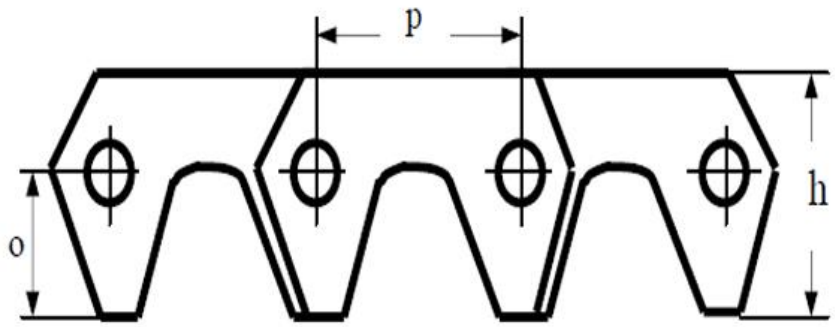


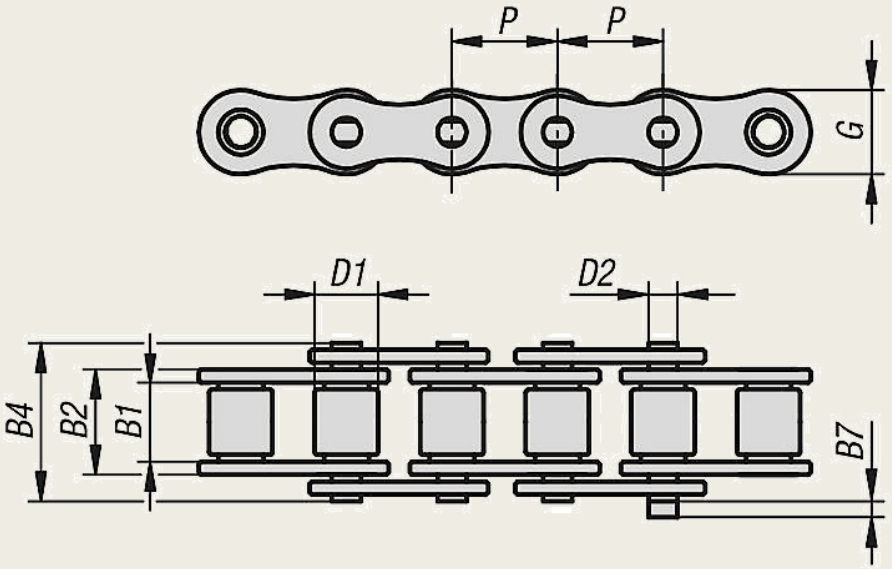
Tabla 1.6 – Dimensiones y capacidad de carga de cadenas dentadas según la firma alemana WABCO



CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Una cadena de rodillos consiste en una serie de eslabones conectados, cada uno de los cuales tiene dos placas exteriores, dos placas interiores y una serie de rodillos. Los rodillos pueden girar libremente dentro de los eslabones, lo que permite a la cadena transferir suavemente la potencia entre los dos ejes.





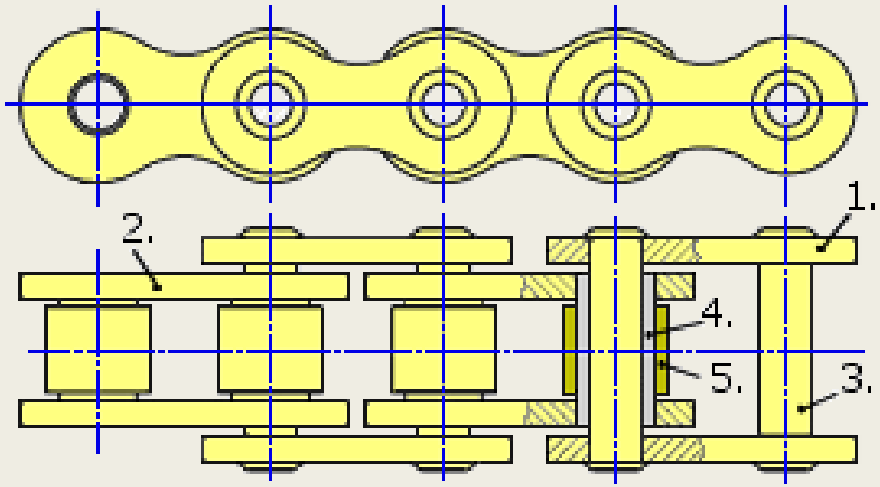


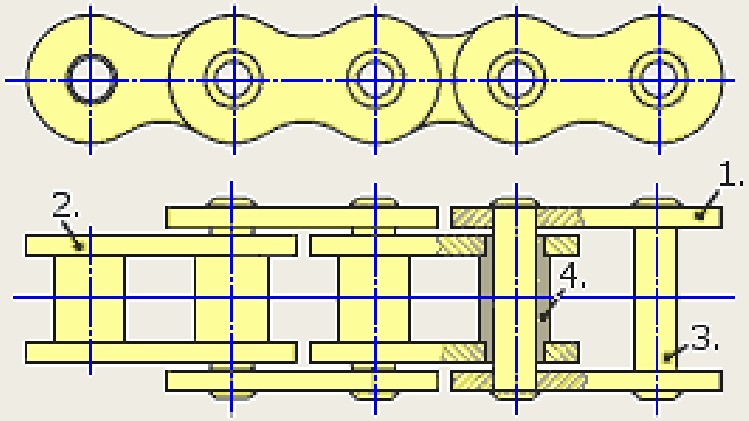


CADENAS DE RODILLOS

Partes de una cadena de rodillo y casquillo:

1. Placa exterior
2. Placa interior
3. Pasadores de rodamiento
4. Casquillo
5. Rodillo





http://www.youtube.com/watch?v=mrVDDQnF05c

CADENAS DE RODILLOS

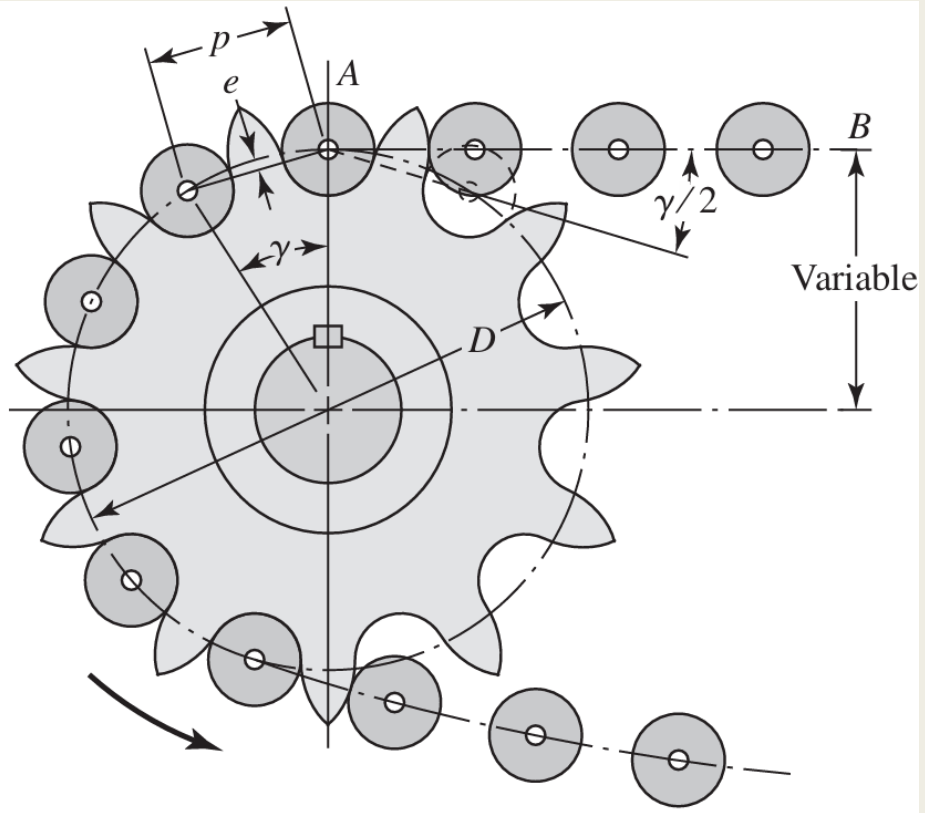
Facultad de Ingeniería OBERA

Análisis de velocidad

Teniendo en cuenta la variables geométricas de la Catarina siendo p el paso de la cadena, el ángulo de paso γ y el diámetro de paso D de la Catarina, se tiene:

$$sen\left(\frac{\gamma}{2}\right) = \frac{p/2}{D/2} \rightarrow D = \frac{p}{sen\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = \frac{p}{sen(180°/N)}$$

El ángulo $\frac{\gamma}{2}$ se denomina *ángulo de articulación*, y su magnitud depende del numero de dientes. Cuanto menor es este ángulo, más resiste la cadena.



CADENAS DE RODILLOS

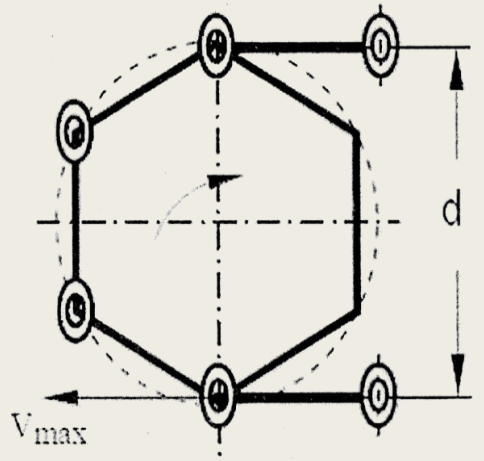
Análisis de velocidad

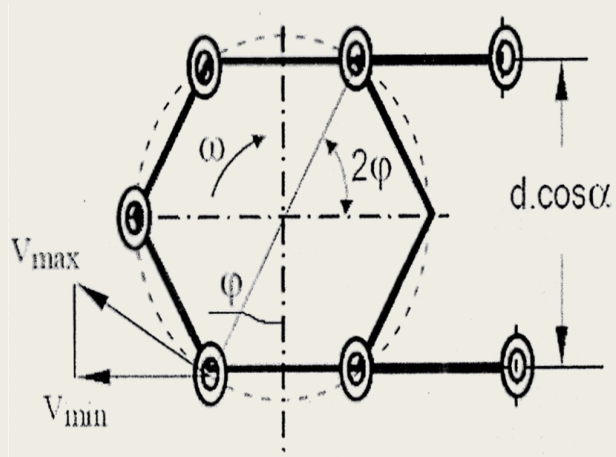
La catarina se la puede considerar como un polígono, en el cual la velocidad cambia en función de su ubicación en dicho polígono.

La velocidad de entrada (o salida) la cadena en pies por minutos es:

$$V = \frac{Npn}{12}$$

Siendo n la velocidad angular de la catarina (rpm), p (pulg) el paso de la cadena y N el numero de dientes de la catarina.





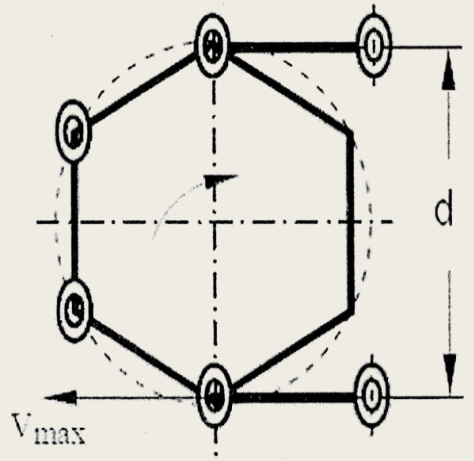
CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Análisis de velocidad

La velocidad máxima se determina mediante el valor máximo del diámetro que es D:

$$V_{max} = \frac{\pi D n}{12} = \frac{\pi n p}{12 sen\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$$

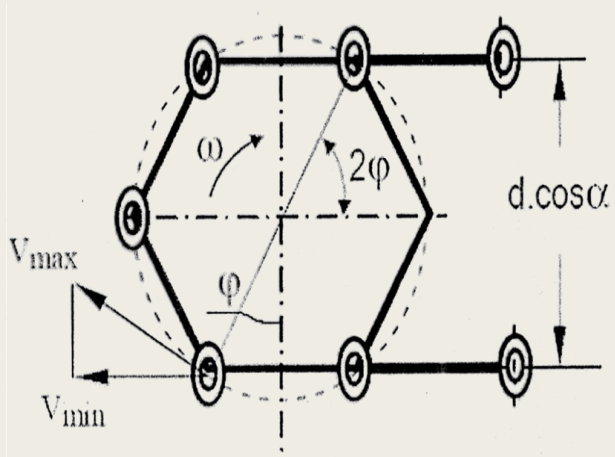


Por geometría sabemos que el diámetro mínimo es:

$$d = D cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

La velocidad mínima es:

$$V_{min} = \frac{\pi d n}{12} = \frac{\pi n p cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)}{12 sen\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$$



CADENAS DE RODILLOS

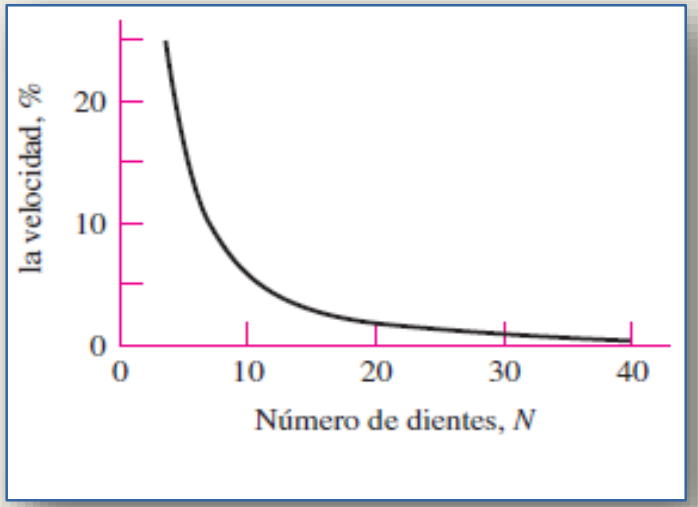
Facultad de Ingeniería OBERA

Análisis de velocidad

Las velocidades calculadas nos permite visualizar la variación de la velocidad de la cadena cuando entra y sale de la catarina, esta variación la llamaremos *variación de velocidad cordal.*

Para operaciones de velocidades suaves, tanto para altas o bajas velocidades, se recomienda emplear catarinas impulsoras de 17 dientes.

Las catarinas no se fabrican en tamaños estándar de mas de 120 dientes, debido a que la cadena podría cabalgar luego de un cierto desgaste.



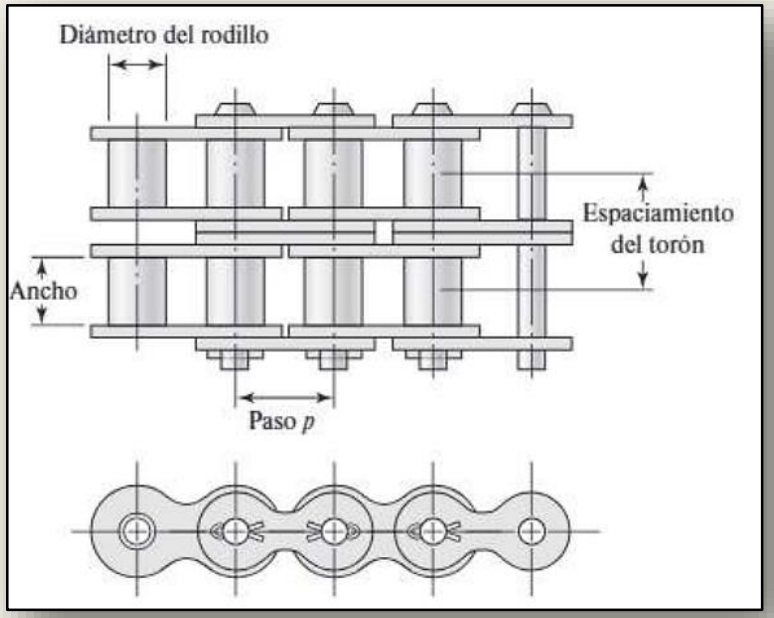
$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{v_{máx} - v_{mín}}{V} = \frac{\pi}{N}\left[\frac{1}{\text{sen}(180°/N)} - \frac{1}{\tan(180°/N)}\right]$$

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Consideraciones de los fabricantes

- 15 000 h a carga completa
- Hilera única
- Proporciones ANSI
- Factor de servicio unitario
- 100 pasos en longitud
- Lubricación recomendada
- Elongación máxima de 3 por ciento
- Ejes horizontales
- Dos catarinas de 17 dientes



CADENAS DE RODILLOS

Las dimensiones de los tamaños estándar

Tabla 17-19

Dimensiones de cadenas estándares de rodillos americanas: torón sencillo. (*Fuente:* Compilada de la norma ANSI B29.1-1975.)

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamiento de hileras múltiples, pulg (mm)
25	0.250	0.125	780	0.09	0.130	0.252
	(6.35)	(3.18)	(3 470)	(1.31)	(3.30)	(6.40)
35	0.375	0.188	1 760	0.21	0.200	0.399
	(9.52)	(4.76)	(7 830)	(3.06)	(5.08)	(10.13)
41	0.500	0.25	1 500	0.25	0.306	–
	(12.70)	(6.35)	(6 670)	(3.65)	(7.77)	–
40	0.500	0.312	3 130	0.42	0.312	0.566
	(12.70)	(7.94)	(13 920)	(6.13)	(7.92)	(14.38)
50	0.625	0.375	4 880	0.69	0.400	0.713
	(15.88)	(9.52)	(21 700)	(10.1)	(10.16)	(18.11)
60	0.750	0.500	7 030	1.00	0.469	0.897
	(19.05)	(12.7)	(31 300)	(14.6)	(11.91)	(22.78)
80	1.000	0.625	12 500	1.71	0.625	1.153
	(25.40)	(15.88)	(55 600)	(25.0)	(15.87)	(29.29)
100	1.250	0.750	19 500	2.58	0.750	1.409

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Potencia o capacidad nominal de potencia

La capacidad nominal de potencia de una cadena esta limitada por la placa del eslabón H_1 y por los rodillos H_2.

$$H_1 = 0.004 N_1^{1.08} n_1^{0.9} p^{(3-0.07p)}$$

$$H_2 = \frac{0.004 K_r N_1^{1.5} p^{0.8}}{n_1^{1.5}}$$

Siendo:

N_1 = número de dientes en la catarina menor
n_1 = velocidad de la catarina, rpm
p = paso de la cadena, pulg
K_r = 29 para números de cadena 25, 35; 3.4 para cadena 41; y 17 para cadenas 40-240

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Tabla 17-20

Capacidad nominal de potencia de cadenas de paso único de torón sencillo de una catarina de 17 dientes
(*Fuente:* Compilada de la norma ANSI B29.1-1975 sección únicamente de información, así como de la norma B29.9-1958.)

Velocidad de la catarina, rpm	Número de ANSI de cadena					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1 000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1 200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1 400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1 600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1 800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2 000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2 500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3 000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76
Tipo A		Tipo B			Tipo C	

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Tabla 17-21

Números de dientes de catarina de una sola hilera disponibles de un proveedor*

Núm.	Números de dientes de catarina disponibles
25	8-30, 32, 34, 35, 36, 40, 42, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
35	4-45, 48, 52, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
41	6-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
40	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
50	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
60	8-60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
80	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 78, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
100	8-60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 74, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
120	9-45, 46, 48, 50, 52, 54, 55, 57, 60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 96, 102, 112, 120
140	9-28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 96
160	8-30, 32–36, 38, 40, 45, 46, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 80, 84, 96
180	13-25, 28, 35, 39, 40, 45, 54, 60
200	9-30, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 54, 56, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 68, 70, 72
240	9-30, 32, 35, 36, 40, 44, 45, 48, 52, 54, 60

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Tabla 17-22

Factores de corrección de dientes, K_1

Número de dientes en catarina impulsora	Potencia preextremo K_1	Potencia posextremo, K_1
11	0.62	0.52
12	0.69	0.59
13	0.75	0.67
14	0.81	0.75
15	0.87	0.83
16	0.94	0.91
17	1.00	1.00
18	1.06	1.09
19	1.13	1.18
20	1.19	1.28
N	$(N_1/17)^{1.08}$	$(N_1/17)^{1.5}$

Tabla 17-23

Factores de hileras múltiples, K_2

Número de hileras	K_2
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3
5	3.9
6	4.6
8	6.0

CADENAS DE RODILLOS

Potencia Permisible

$$H_a = K_1 K_2 H_{tab}$$

K_1 = factor de corrección para un número de dientes distinto de 17 (tabla 17-22)
K_2 = corrección por número de hileras (tabla 17-23)

Potencia de Trasmisión

$$H_d = K_s n_d H_{nom}$$

Tabla 17-15

Factores de servicio sugeridos K_S para transmisiones de banda en V

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia: Características del par de torsión normal	Fuente de potencia: Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Longitud de la cadena

Se recomienda tener un numero impar de dientes en la catarina de impulso y un número par de pasos de la cadena para evitar un eslabón especial.

La longitud de la cadena se aproxima a:

$$L \cong \frac{2C}{P} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C/p}$$

Siendo la distancia entre centros C:

$$C = \frac{p}{4}\left\{-A + \sqrt{A^2 - 8\left(\frac{N_2 - N_1}{2\pi}\right)^2}\right\}$$

Donde:

$$A = \frac{N_1 + N_2}{2} - \frac{L}{p}$$

CADENAS DE RODILLOS

Potencia o capacidad nominal de potencia en función de las horas de trabajo

$$H_2 = 1\,000\left[K_r\left(\frac{N_1}{n_1}\right)^{1.5} p^{0.8}\left(\frac{L_p}{100}\right)^{0.4}\left(\frac{15\,000}{h}\right)^{0.4}\right]$$

$$\frac{H_2^{2.5} h}{N_1^{3.75} L_p} = \text{constante}$$

Al incrementar las horas se requiere hacer lo mismo con la longitud de la cadena si es que queremos mantener constante la potencia.

La velocidad máxima (rpm) de una transmisión de cadena está limitada por la excoriación entre el pasador y el buje, donde F es la tensión de la cadena en lbf.

$$n_1 \leq 1\,000\left[\frac{82.5}{7.95^{p}(1.0278)^{N_1}(1.323)^{F/1\,000}}\right]^{1/(1.59\log p + 1.873)}$$

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Fallas comunes en cadenas

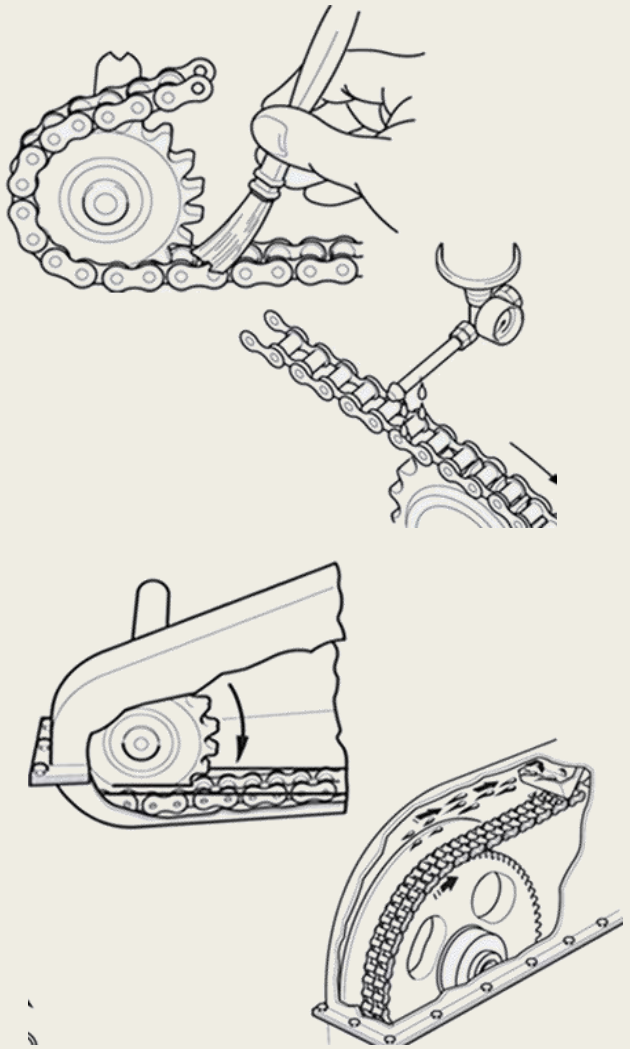


CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Lubricación de cadenas

Es imprescindible lubricar bien la transmisión por cadena para conseguir que las cadenas tengan la mayor vida útil posible. Para que la lubricación sea eficaz, basta con aplicar el lubricante correcto en las zonas que más lo necesiten. El problema fundamental es conseguir que llegue la cantidad suficiente de lubricante limpio a las superficies de rodamiento de los pasadores, los casquillos y los rodillos.



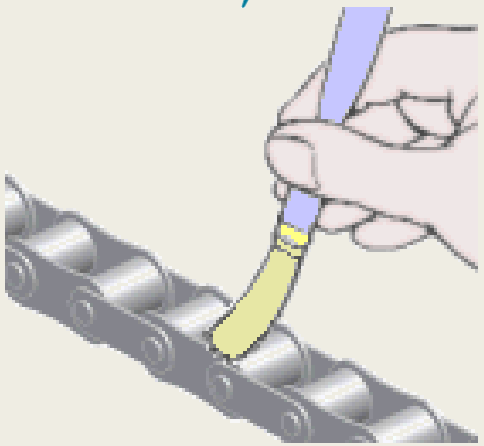
CADENAS DE RODILLOS

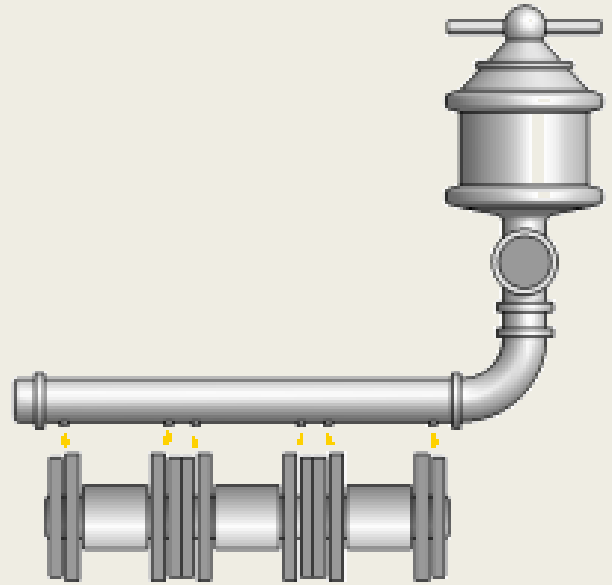
Facultad de Ingeniería OBERA

Tipos de lubricación

Lubricación manual: se aplica aceite generosamente con un pincel o un pulverizador al menos una vez cada 8 horas de funcionamiento.

Lubricación por goteo: el aceite cae de forma continua en las aristas superiores de las placas de eslabón. La velocidad del goteo suele oscilar entre 4 y 20 (o más) gotas por minuto.



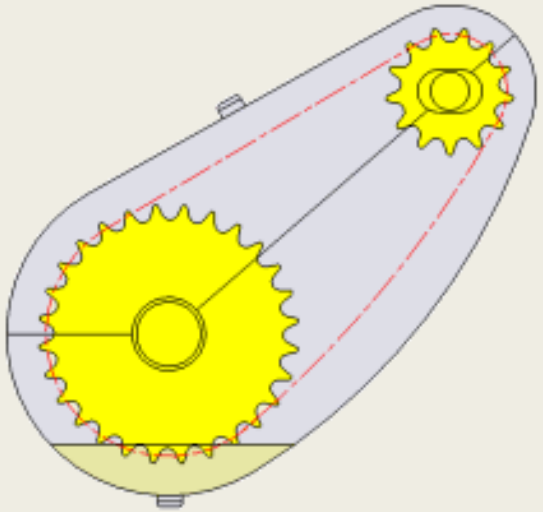


CADENAS DE RODILLOS

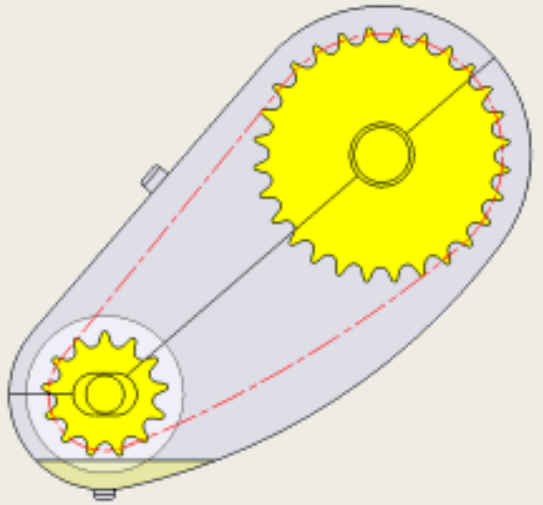
Facultad de Ingeniería OBERA

Tipos de lubricación

Lubricación por baño: el tramo inferior de la cadena pasa por un depósito de aceite en el alojamiento de la transmisión. En funcionamiento, el nivel del aceite debe llegar hasta la línea de pasos de la cadena en su punto más bajo.



Lubricación de disco: la cadena funciona por encima del nivel del aceite. El disco obtiene aceite del depósito y lo vierte en la cadena. El diámetro del disco debe ser el necesario para conseguir una velocidad de rotación adecuada que pueda recoger el aceite correctamente.

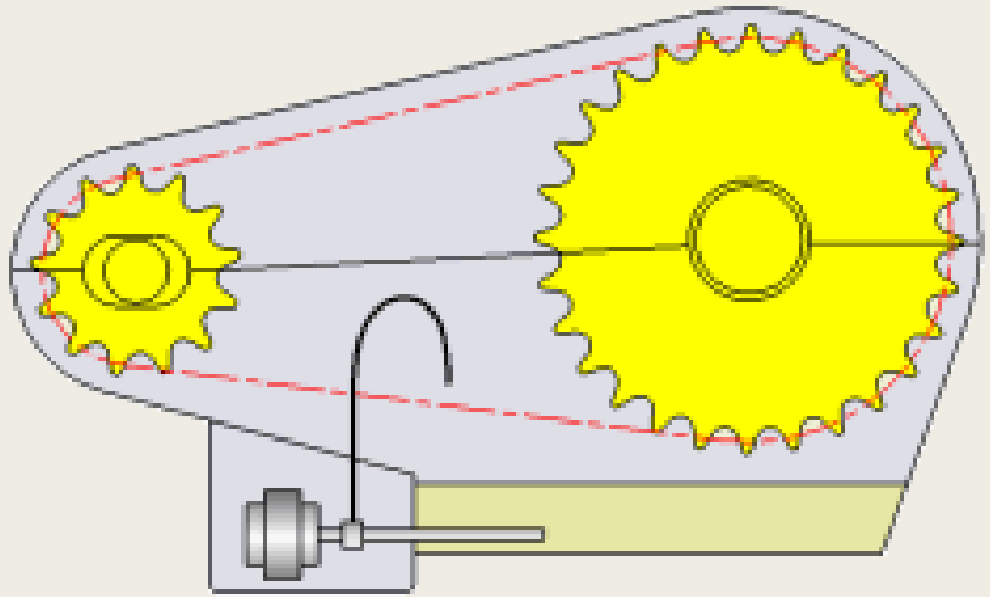


CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Tipos de lubricación

Lubricación por alimentación forzada: el lubricante se aplica a través de una bomba de circulación que suministra a la transmisión por cadena una cantidad constante de aceite.



CADENAS DE RODILLOS

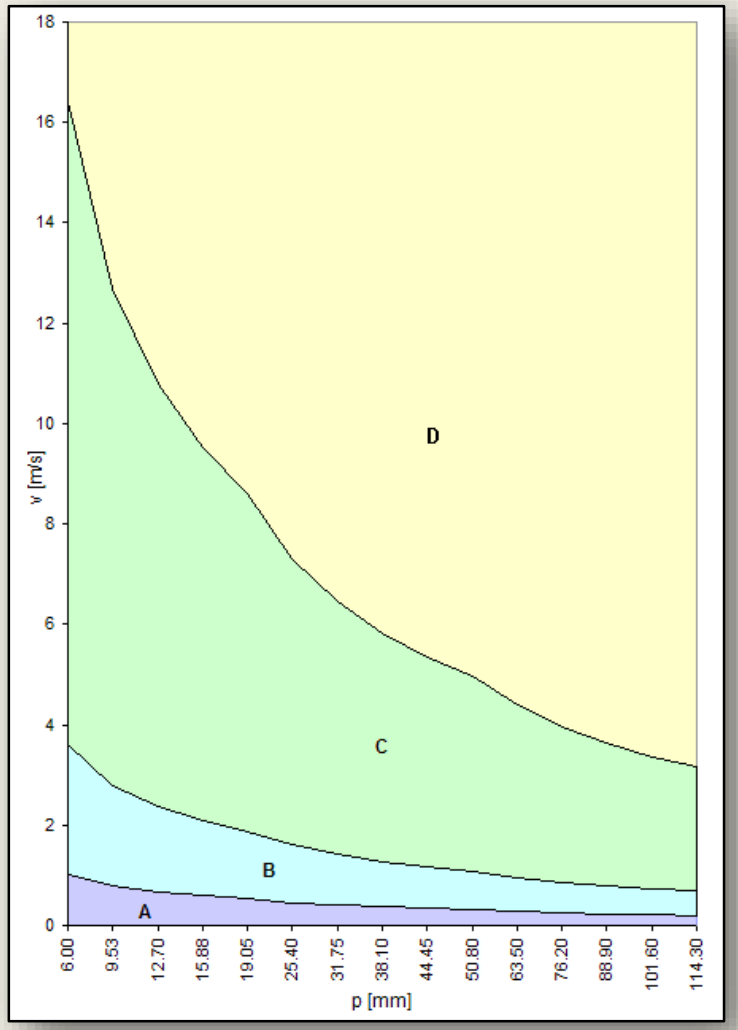
La lubricación recomendada viene dada por el tamaño y la velocidad de la cadena

A) Rango de lubricación manual. La velocidad máxima de la cadena es $\nu = 2.8\,p - 0.56$

B) Rango de lubricación por goteo. La velocidad máxima de la cadena es $\nu = 7\,p - 0.56$

C) Rango de lubricación por baño de aceite o por disco. La velocidad máxima de la cadena es $\nu = 35\,p - 0.56$

D) Rango de lubricación por alimentación forzada



CADENAS DE RODILLOS

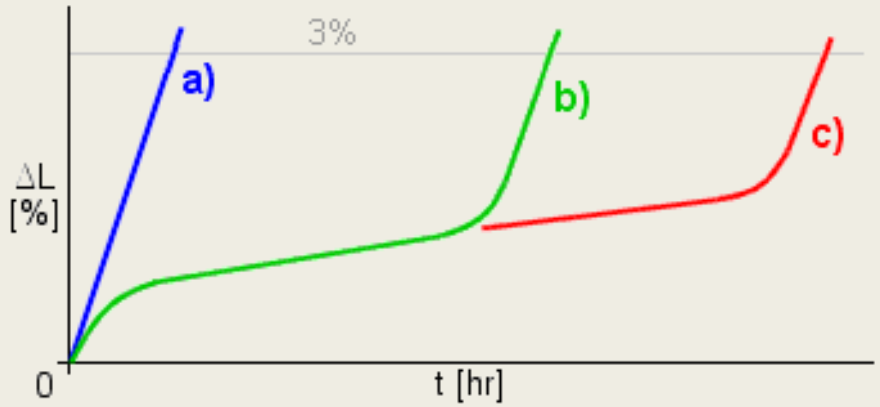
La siguiente gráfica muestra la relación entre el progreso del desgaste de las juntas de la cadena durante su vida útil y la calidad de la lubricación:

a) Cadena sin lubricar en entorno abrasivo con tierra.

b) Cadena con lubricación insuficiente.

c) Cadena con lubricación adecuada.

Normalmente, al principio de la vida útil de la cadena, el desgaste avanza rápidamente. Este estado recibe el nombre de desgaste inicial. El desgaste inicial se puede reducir precargando la cadena (algunos fabricantes lo hacen). La precarga puede aumentar la vida útil de la cadena.



CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Ventajas y desventajas en el uso de cadenas de rodillos:

VENTAJAS DEL USO DE CADENAS DE RODILLOS

- ✓ Relación de velocidad constante.
- ✓ Aptitud de impulsar varios ejes desde una misma fuente de potencia.
- ✓ Pueden unir ejes hasta de 4 mts.- Juego en el ramal flojo.
- ✓ El juego debe ser siempre menor a un paso de la cadena.
- ✓ Son fáciles de cortar y conectar.
- ✓ No hay deslizamiento entre el eje motriz y el conducido.
- ✓ El estiramiento es prácticamente nulo.
- ✓ La vida de operación es larga –mas de 15000hs.
- ✓ Son especiales para trabajar en ambientes hostiles: cálidas o frías, húmedas o secas, polvorientas o que requieran limpieza
- ✓ Es fácil su mantenimiento.

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Ventajas y desventajas en el uso de cadenas de rodillos:

DESVENTAJAS DEL USO DE CADENAS DE RODILLOS

- Elongación provocada por el desgaste de sus componentes.
- Flexibilidad limitada a un solo plano.
- Velocidades también limitadas 1500m/min—25m/seg.
- Efecto de la fuerza centrifuga.
- Se requiere cambiar catarinas junto con la cadena.

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Cuadro comparativo con otros sistemas de trasmisión:

TIPO	CADENA	BANDA	ENGRANE	B. DENTADA
EFICIENCIA	EXCELENTE	BAJA	EXCELENTE	EXCELENTE
SINCRONIZACIÓN	EXCELENTE	BAJA	EXCELENTE	EXCELENTE
CHOQUES	BAJA	EXCELENTE	MUY BAJA	BUENO
RUIDO	BAJA	EXCELENTE	MUY BAJO	EXCELENTE
LUBRICACIÓN	SI	NO	SI	NO

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Algunas marcas de fabricantes:

- *RENOLD CHAINS (INGLATERRA)*
- *IWIS KETTEN,KOBO (ALEMANIA)*
- *MARTIN SPROCKET & GEAR(USA)*
- *REGINA INDUSTRIA (ITALIANA)*
- *RANSEY SILENT CHAIN CO (INGL)*
- *BROWNING MANUFACTURING*
- *IRIS (ESPAÑA)*
- *REXNORD-LINK-BELT-DIAMOND (USA)*

CADENAS DE RODILLOS

Facultad de Ingeniería OBERA

Características fundamentales de la trasmisión por cadena:

- Relación de trasmisión: de 6 a 10.
- Eficiencia: 97-98%
- Funcionamiento sin deslizamiento.
- Menor duración que los engranes.
- Desgastes en las articulaciones.
- La velocidad de trabajo me determina la lubricación.

Facultad de Ingeniería
OBERA

Preguntas?