

Unidad

12

Elementos transmisores del movimiento



12.1. Breve introducción histórica sobre las máquinas

- ❑ Leonardo da Vinci (Italia, año 1600).
- ❑ Christopher Polhem (Suecia, año 1696).
- ❑ Constedt (Suecia, año 1729).
- ❑ Hachette (Francia, año 1811)

Receptores.
Reguladores.
Comunicadores.
Modificadores.
Operadores.



Máquinas simples de la antigüedad.

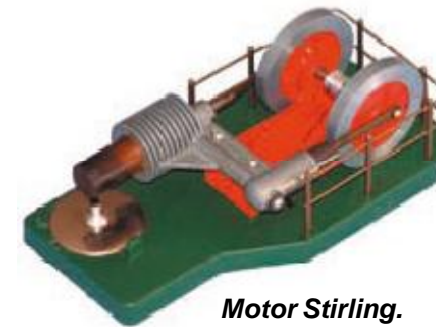
12.2. Máquinas o sistemas técnicos



Una **máquina** o **sistema técnico** es una combinación de mecanismos o dispositivos, agrupados adecuadamente, que aprovechan una forma predeterminada de energía, la transforman y producen un efecto final.




A Elementos motrices

- ❑ Motores primarios.
- ❑ Motores secundarios.
 - ▶ Energía muscular.
 - ▶ Energía térmica.
 - a) Motores de combustión externa.
 - b) Motores de combustión interna.
 - ▶ Energía eléctrica



Motor Stirling.

B Elementos de máquinas

<i>Elementos de máquinas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Clase</i>	<i>Algunas aplicaciones</i>
	<i>Mecánicos</i>	1. Transmisores del movimiento	
		2. Transformadores del movimiento	
		3. Auxiliares	
		4. De unión	
	<i>Eléctricos y electrónicos</i>	1. Generadores	
		2. Conductores (cables)	
		3. Receptores (bombillas, resistencias, motores, electroimanes, etcétera)	
		4. Acumuladores	
		5. Elementos de control (interruptor, conmutador, pulsador, etcétera)	
	<i>Neumáticos y óleo-hidráulicos</i>	1. Compresores, acumuladores, filtros, etcétera	
		2. Tuberías	
3. Válvulas de regulación			
4. Actuadores (motores, cilindros, etcétera)			

12.3. Elementos mecánicos transmisores del movimiento

Elementos mecánicos de transmisión del movimiento	Directos	Acoplamientos entre árboles	Rígidos		Bridas	
			Móviles		Junta elástica	
					Junta cardán	
					Junta homocinética	
		Ruedas	Deslizantes		Eje estriado	
			De fricción		Exteriores	
					Interiores	
					Troncocónicas	
			Dentadas (engranajes)	Montadas en ejes paralelos		Dientes rectos
						Dientes helicoidales
						Dientes en V
						Epicicloidales
				Montadas en ejes perpendiculares	Que se cortan	Engranajes cónicos rectos
					Que se cruzan	Engranajes cónicos helicoidales
			Articulaciones	Movimiento de igual sentido		
Movimiento en sentido contrario						
Otra dirección						
Por cuerda o cable	Mediante polea simple					
	Mediante polea compuesta (polipasto)					
Por cadena	Entre engranajes (piñones)					
Por correa	Entre poleas	Correa plana				
		Correa trapezoidal				
		Correa redonda				
	Entre engranajes	Correa dentada				

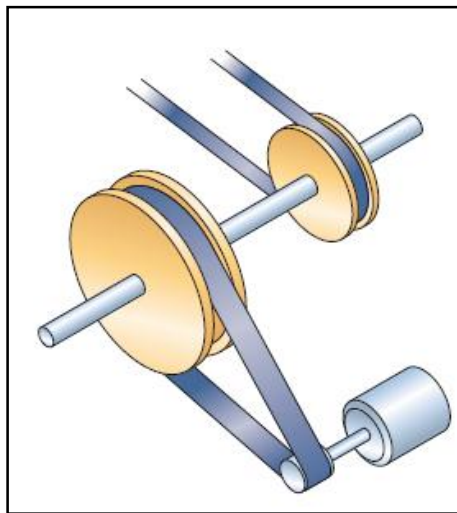
Elementos mecánicos de transmisión del movimiento.

12.4. Acoplamientos entre árboles

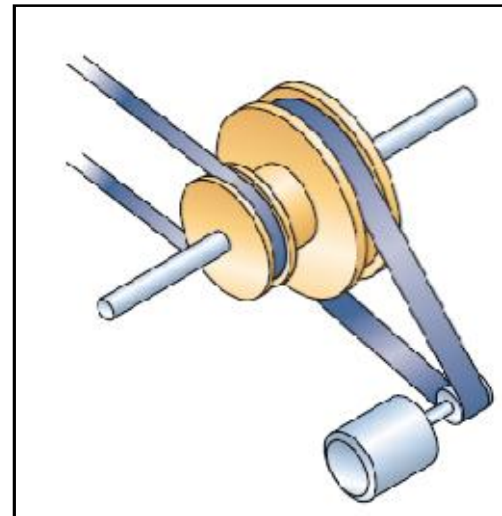


Se define como **árbol de transmisión** a un elemento de revolución que permite transmitir potencia o energía (véase la Figura 12.4).

Se define como **eje** a un elemento de máquinas, generalmente cilíndrico, que soporta diferentes piezas que giran, pero no transmite potencia. Por tanto, no se encuentra sometido a torsión (véase la Figura 12.5).



Árbol de transmisión: está sometido a torsión.



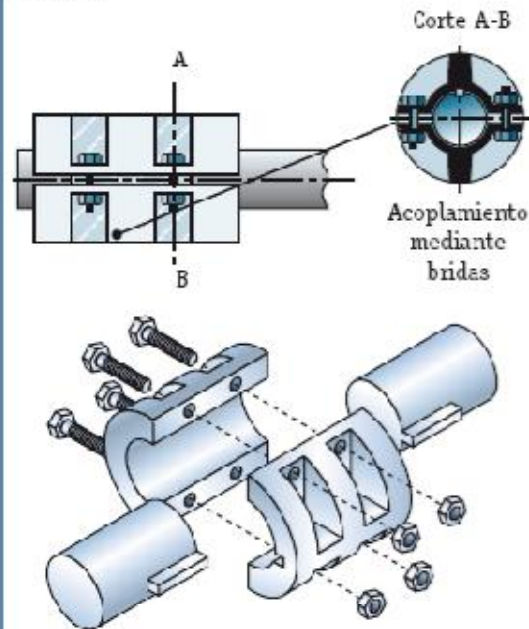
Eje: solamente soporta el peso de las poleas.

Acoplamiento rígido

Los árboles se encuentran colocados en el mismo eje geométrico y no van a sufrir variación de posición durante el giro. Para ello se utilizan dos soluciones: *bridas* y *platinos*.

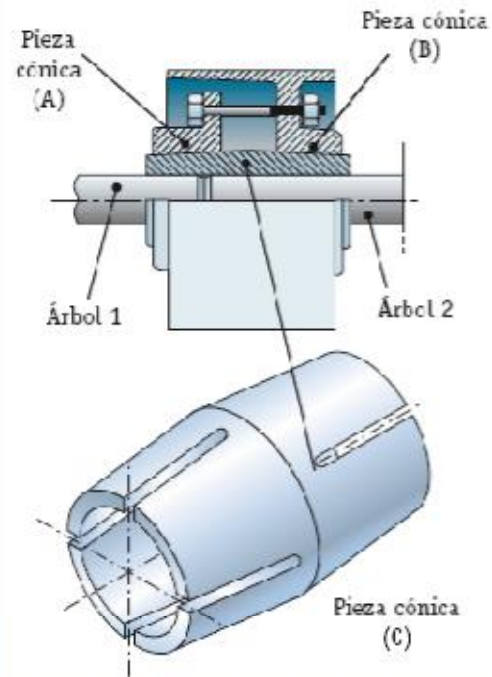
Mediante bridas

Se basa en colocar en los extremos de los dos árboles alineados dos medias bridas, de tal forma que, al apretar los tornillos que las unen, aprisionan los ejes impidiendo que se muevan uno con respecto al otro.



Mediante platinos

Apretando dos piezas cónicas interiores (A y B) entre sí, se comprime la pieza cónica (C) contra los dos árboles (1 y 2). De esta manera, al girar uno de los árboles, arrastrará al otro.



Acoplamiento rígido entre árboles.

Acoplamiento móvil

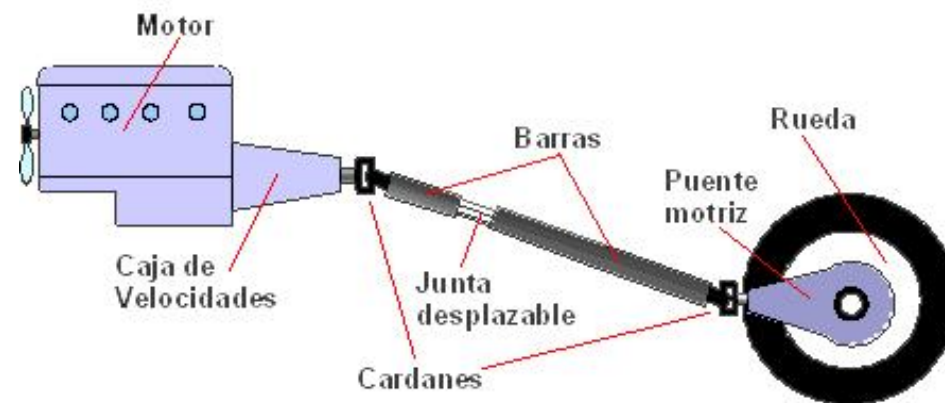
Permite una cierta inclinación entre los árboles de transmisión. Es decir, los ejes geométricos de ambos árboles pueden no estar alineados en algún momento durante el funcionamiento.

Junta	Figura	Características
Juntas elásticas		Se trata de un acoplamiento elástico, generalmente de caucho, goma o neopreno, semejante al de la figura de la izquierda, que absorbe pequeñas irregularidades de giro y permite una variación máxima de 15° de desalineación entre ejes.
Juntas cardán o universales		La junta cardán o junta Hook se utiliza para transmitir el movimiento entre dos árboles no alineados. En la figura se puede ver su composición. En los extremos del eje se colocan dos horquillas (<i>h</i>), que se unen mediante una cruz o cruceña (<i>c</i>). Para permitir el giro entre la cruceña y la horquilla, se colocan unos rodamientos (<i>r</i>). Debido a las oscilaciones que produce este tipo de juntas durante el movimiento de giro, se colocan siempre dos en el mismo árbol.
Juntas homocinéticas		Cumplen la misma misión que las juntas cardán, pero no producen oscilaciones (como su nombre indica: <i>homo</i> , igual; <i>cinética</i> , movimiento). Este tipo de juntas se emplea principalmente en la industria del automóvil y, en concreto, en la transmisión del movimiento a las ruedas. En la figura se puede observar una de ellas.
Junta Oldham		El acoplamiento de las diferentes partes que lo forman se muestra en la figura adjunta. En ambos extremos van colocados los discos (<i>d</i>) solidarios a los árboles (<i>e</i>). Para la transmisión del movimiento entre ambos árboles se coloca otro disco (<i>f</i>). Esta junta se emplea para transmitir movimiento entre dos árboles paralelos, separados por muy poca distancia.
Eje estriado deslizante		Este tipo de acoplamiento permite que el árbol pueda variar su longitud. También se le conoce con el nombre de manguito deslizante .

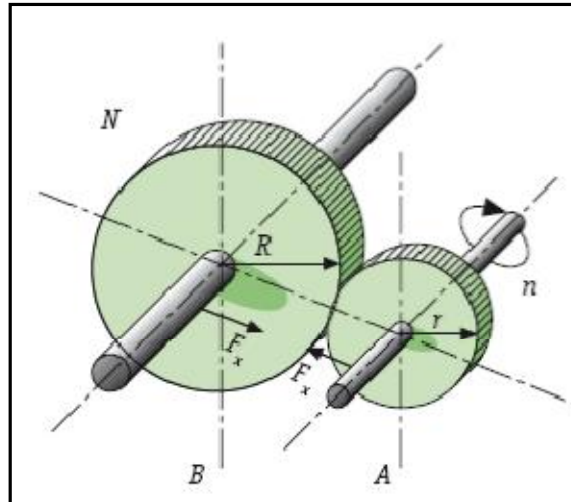
Acoplamiento móvil entre árboles.

Un ejemplo: el automóvil.

Hay que partir de que la barra de transmisión está transmitiendo rotación entre dos puntos que están a notable diferente altura en el automóvil; la caja de velocidades y el puente motriz, de esta forma, no es posible colocar un árbol rígido directamente entre ellos y hay que acudir a una unión mecánica capaz de transmitir las elevadas potencias y velocidades típicas de estas máquinas. Esta unión es el cardán.



12.5. Transmisión por ruedas de fricción



Transmisión de potencia sin deslizamiento mediante ruedas de fricción exteriores.

$$F_x = \frac{60 P}{2 \pi n r \mu} ;$$

n = número de revoluciones por minuto (rpm)

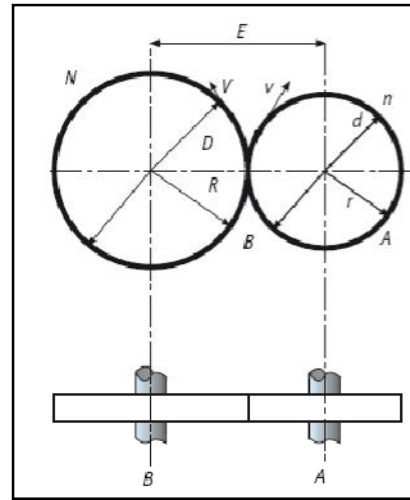
r = radio de la rueda conductora (en m)

μ = coeficiente de rozamiento (entre 0 y 1)

P = potencia a transmitir (en W)

F_x = fuerza axial (en N)

A Ruedas de fricción exteriores



Ruedas de fricción y sus parámetros importantes.

- Distancia entre ejes.

$$E = r + R$$

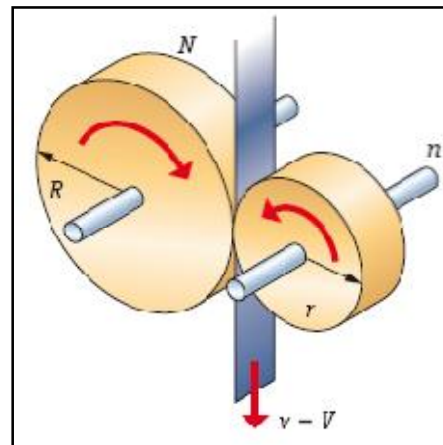
$$E = d / 2 + D / 2 = (d + D) / 2$$

□ Relación de transmisión.

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n}{1000} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot N}{1000} ; r \cdot n = R \cdot N ; \text{ de donde: } \frac{r}{R} = \frac{N}{n}$$

$$\text{Pero como: } r = \frac{d}{2} \text{ y } R = \frac{D}{2}, \text{ se deduce que: } i = \frac{r}{R} = \frac{d}{D} = \frac{N}{n}$$

A i se le denomina **relación de transmisión**.



Velocidad tangencial.

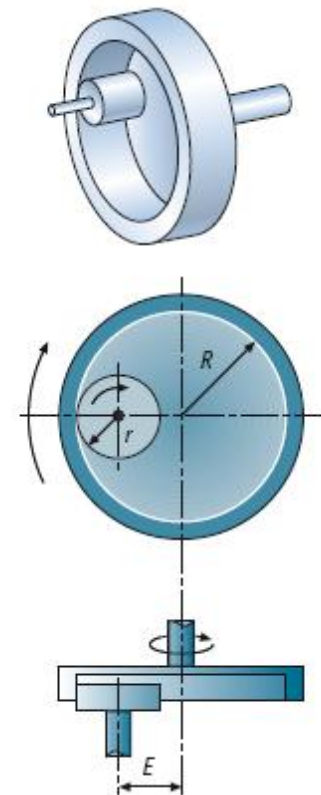
B Ruedas de fricción interiores

- Distancia entre ejes.

$$E = R - r = \frac{(D - d)}{2}$$

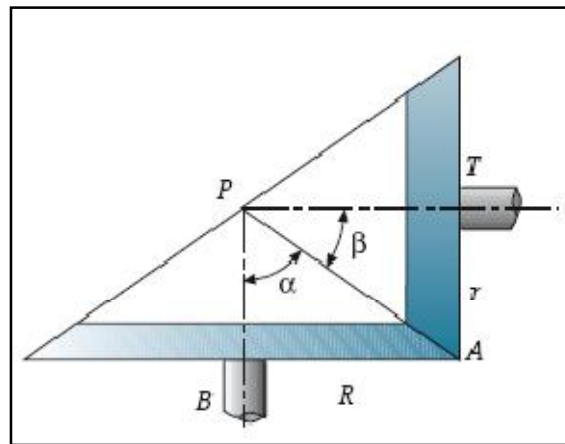
- Relación de transmisión.

$$i = \frac{r}{R} = \frac{d}{D} = \frac{N}{n}$$



Ruedas de fricción interiores.

C Ruedas de fricción troncocónicas

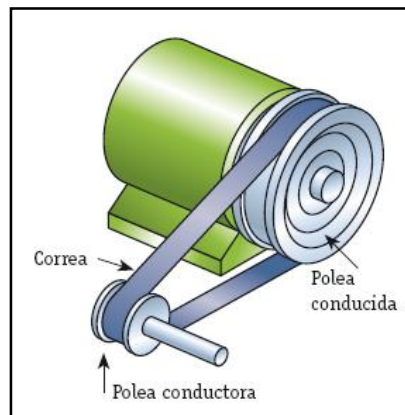


Ruedas de fricción troncocónicas formando un ángulo recto.

$$\frac{r}{R} = \operatorname{tg} \beta$$

$$i = \frac{r}{R} = \frac{d}{D} = \frac{N}{n} = \operatorname{tg} \beta$$

D Transmisión mediante poleas y correas










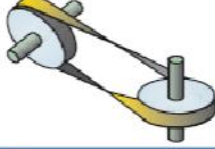
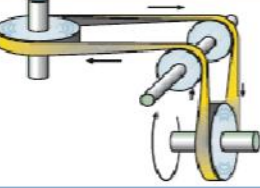


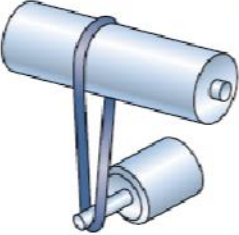
Poleas y correa.

□ Relación de transmisión

$$i = \frac{r}{R} = \frac{d}{D} = \frac{N}{n}$$

Donde r es el radio de la polea conductora y R el radio de la conducida.

□ Tipos de poleas y correas

Tipos	Polea	Correa	Material / aplicaciones	
<p><i>Trapezoidal.</i> Es la más utilizada para usos industriales.</p>				
<p><i>Plana/rectangular.</i> Muy empleada para transmitir pequeñas potencias, como, por ejemplo, en el interior de cassetes, o para transmitir el movimiento entre ejes que no son paralelos. La forma curvada de la polea evita su salida durante el giro (se auto-centra).</p>				<p>Las dos ruedas giran en sentido contrario.</p>
				<p>Ejes que se cruzan.</p>
				<p>Ejes que se cortan formando un ángulo cualquiera.</p>
<p><i>Redonda.</i> Suele emplearse en máquinas que giran a muy pocas revoluciones (por ejemplo, máquinas de coser antiguas) o cuando es necesario transmitir el movimiento entre ejes que no son paralelos.</p>				

Principales tipos de poleas y correas.

12.6. Transmisión por engranajes



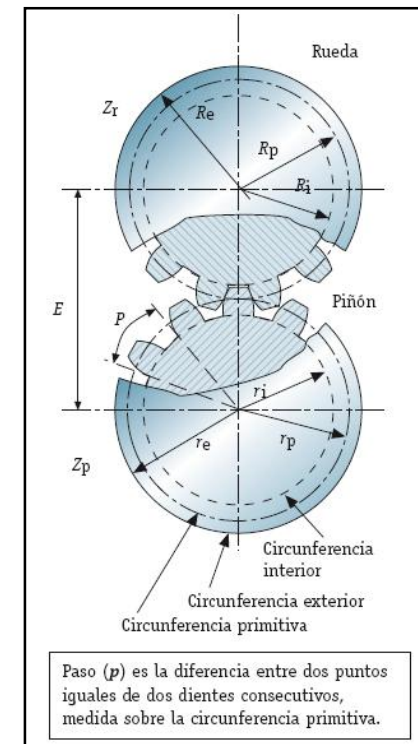
Eje: Relación entre engranajes y ruedas de fricción.

A Transmisión entre árboles o ejes paralelos

□ Engranajes de dientes rectos

- ▶ Tipo de circunferencia:
 - Circunferencia primitiva.
 - Circunferencia interior.
 - Circunferencia exterior.
- ▶ Módulo (m).

$$p = \pi m.$$



Forma y características de los engranajes de dientes rectos.

Módulos normalizados (m), según norma UNE 18001

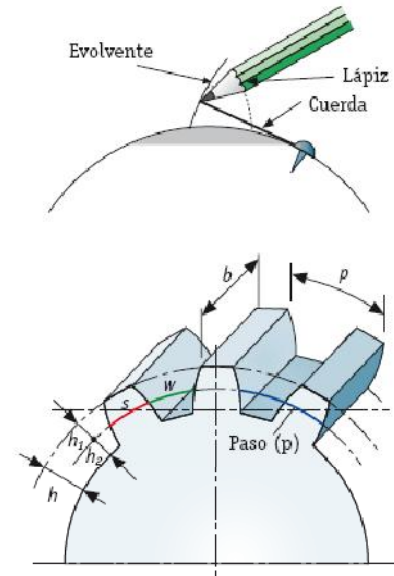
1 - 1,25 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 y 50

► Relación de transmisión.

$$\frac{\pi d_p}{\pi D_p} = \frac{p Z_p}{p Z_r} = \frac{2 \pi r_p}{2 \pi R_p} \quad ; \quad i = \frac{r_p}{R_p} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_p}{Z_r} = \frac{N}{n}$$

► Características del dientes.

$h_1 =$ altura de <i>addendum</i> = 1 <i>m</i> $h_2 =$ altura de <i>dedendum</i> = 1,25 <i>m</i> $h =$ altura del diente = $h_1 + h_2 = 2,25 \text{ m}$ $b =$ longitud del diente = 10 <i>m</i>	$S =$ grueso del diente = $(19/40) p$ $W =$ hueco del diente = $(21/40) p$ Paso = $p = \pi m = W + S$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

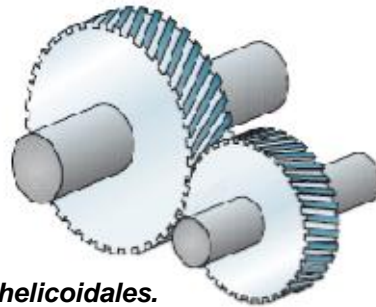


Generación teórica del perfil de un diente y algunas características.

► Valor de los diámetros

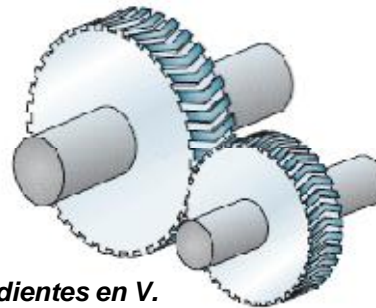
Diámetro	Para la rueda	Para el piñón
Primitivo	Longitud de la circunferencia primitiva = $= \pi D_p = p Z_r = \pi m Z_r ; D_p = m Z_r$	Longitud de la circunferencia primitiva = $= \pi d_p = p Z_p = \pi m Z_p ; d_p = m Z_p$
Exterior	$D_e = D_p + 2 h_1 = m Z_r + 2 m = m (Z_r + 2)$ $D_e = m (Z_r + 2)$	$d_e = d_p + 2 h_1 = m Z_p + 2 m = m (Z_p + 2)$ $d_e = m (Z_p + 2)$
Interior	$D_i = D_p - 2 h_2 = m Z_r - 2 \cdot 1,25 m = m (Z_r - 2,5)$ $D_i = m (Z_r - 2,5)$	$d_i = d_p - 2 h_2 = m Z_p - 2 \cdot 1,25 m = m (Z_p - 2,5)$ $d_i = m (Z_p - 2,5)$

□ Engranajes de dientes helicoidales



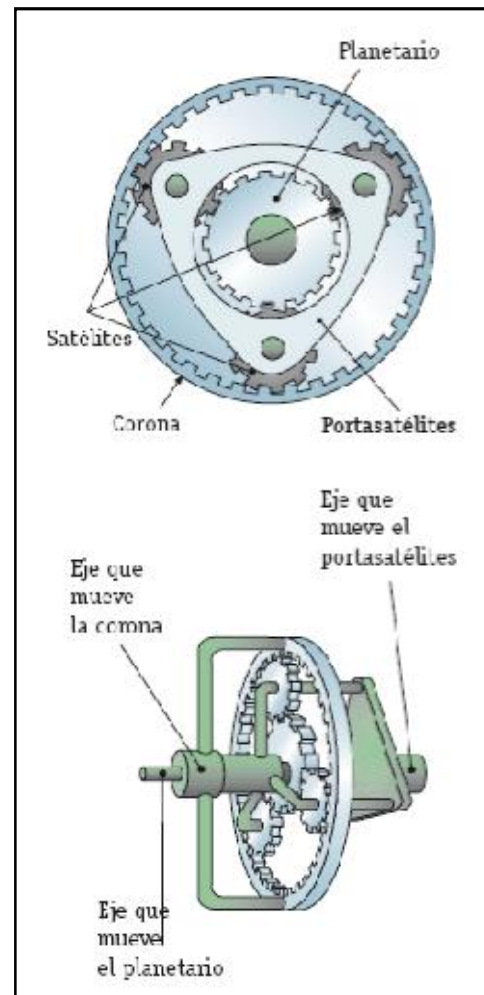
Engranajes helicoidales.

□ Engranajes de dientes en V

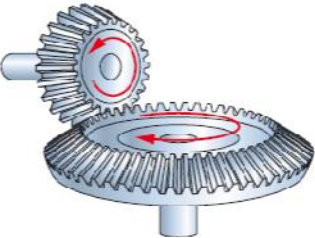
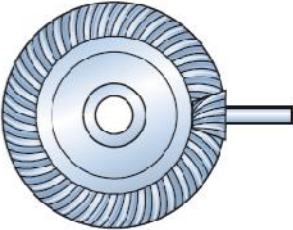


Engranajes de dientes en V.

□ Engranajes epicicloidales



B Transmisión entre ejes perpendiculares que se cortan

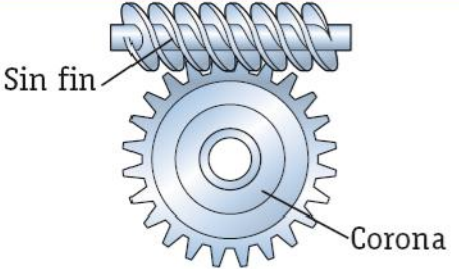
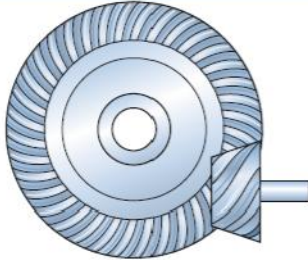
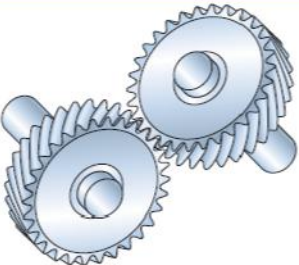
<i>Engranajes cónicos</i>	
<i>De dientes rectos</i>	<i>De dientes helicoidales</i>
	

Engranajes cónicos.



Aplicación directa de los engranajes cónicos.

C Transmisión entre ejes perpendiculares que se cruzan

<i>Tornillo sin fin-corona</i>	<i>Hipoide</i>	<i>Engranaje helicoidal</i>
 <p>Sin fin</p> <p>Corona</p>		
<p>El movimiento solamente se transmite de la corona al tornillo y nunca al revés. Esto lo hace muy adecuado para uso en tornos que suben agua o materiales de construcción, ascensores, etcétera.</p>	<p>Se trata de dos engranajes cónicos helicoidales. Uno de ellos se ha desplazado para que no se corten sus ejes geométricos.</p>	<p>El ángulo que forman los engranajes es opuesto. La suma algebraica (ángulo de uno menos ángulo de otro) es igual al ángulo que forman sus ejes.</p>

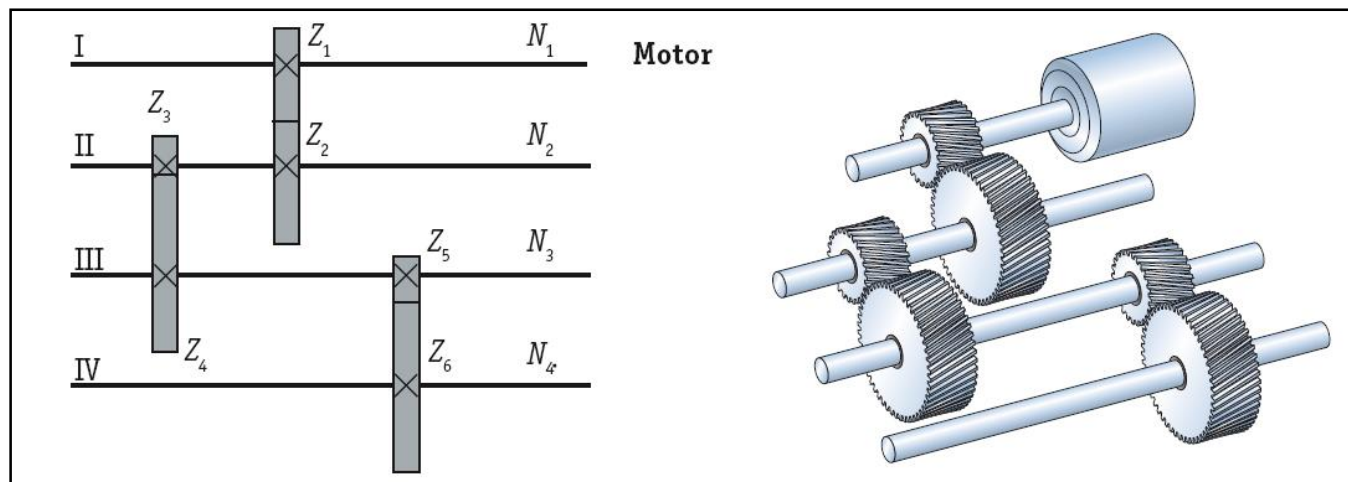
Soluciones para la transmisión entre ejes perpendiculares que se cruzan.

12.7. Cadenas cinemáticas



Una **cadena cinemática** es un conjunto de dos o más pares de engranajes, que engranan entre sí, y que tienen por finalidad variar el número de revoluciones del último eje.

A Representación gráfica



Cadenas cinemáticas.

B Cálculos

- Relación de transmisión entre los ejes I y II:

$$i_{I-II} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad ; \quad N_2 = \frac{Z_1}{Z_2} N_1$$

- Relación de transmisión entre los ejes II y III:

$$i_{II-III} = \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{N_2}{N_3} \quad ; \quad N_2 = \frac{Z_3}{Z_4} N_3$$

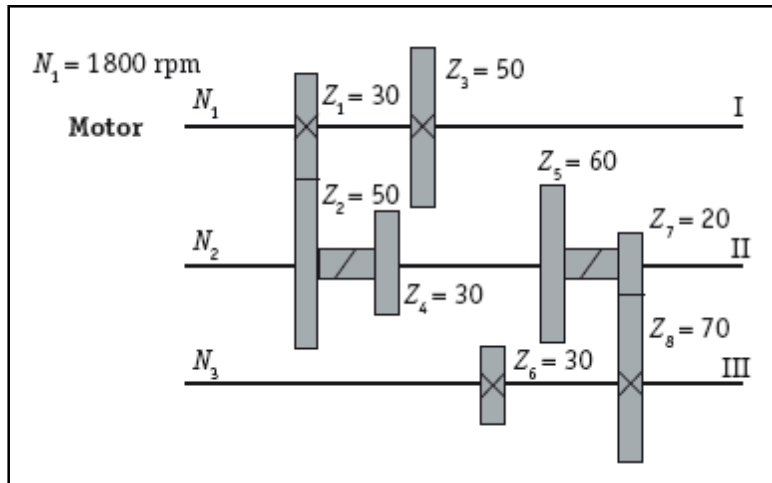
- Relación de transmisión entre los ejes I y III:

$$i_{I-III} = \frac{N_3}{N_1} = \frac{(Z_3 / Z_4) N_2}{N_1} = \frac{(Z_3 / Z_4) (Z_1 / Z_2) N_1}{N_1} = \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} = i_{I-II} i_{II-III}$$



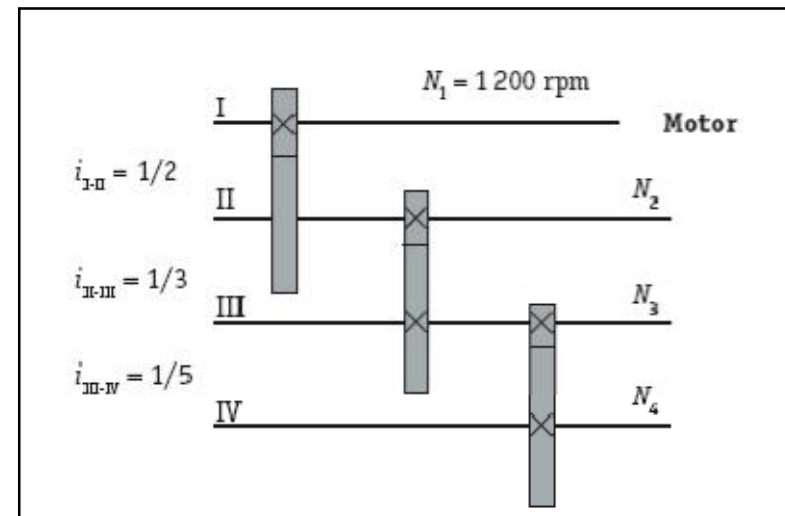
La relación de transmisión entre dos o más árboles o ejes es igual al producto de los dientes de los piñones (ruedas conductoras) dividido por el producto de los dientes de las ruedas (conducidas).

C Caja de velocidades



Ejemplo 7: caja de velocidades con engranajes desplazables.

Ejemplo 8: caja de velocidades con cuatro árboles de transmisión y tres pares de engranajes fijos.



12.8. Relación entre potencia y par

Además del movimiento de giro del motor, también se transmite potencia, energía y *par* (también llamado *momento*) hasta el último árbol.



Se denomina **par** o **momento** (M) al producto de una fuerza por una distancia.

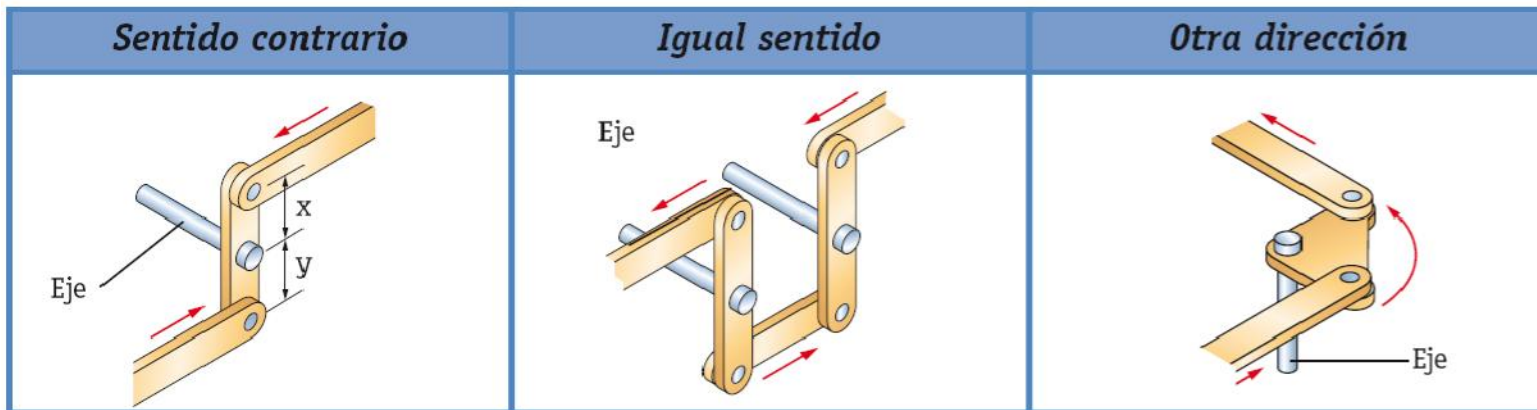
La fórmula que relaciona el par con la potencia es la siguiente:

$$P = \frac{W}{t} = F \frac{e}{t} = F v = F \omega R = F (2 \pi N) R \text{ donde: } F R = M = \text{par}$$

Normalmente, N se expresa en rpm, por lo que: $P = M \omega = M \frac{2 \pi N}{60}$

Despejando el momento o par: $M = \frac{60 P}{2 \pi N}$

12.9. Articulaciones

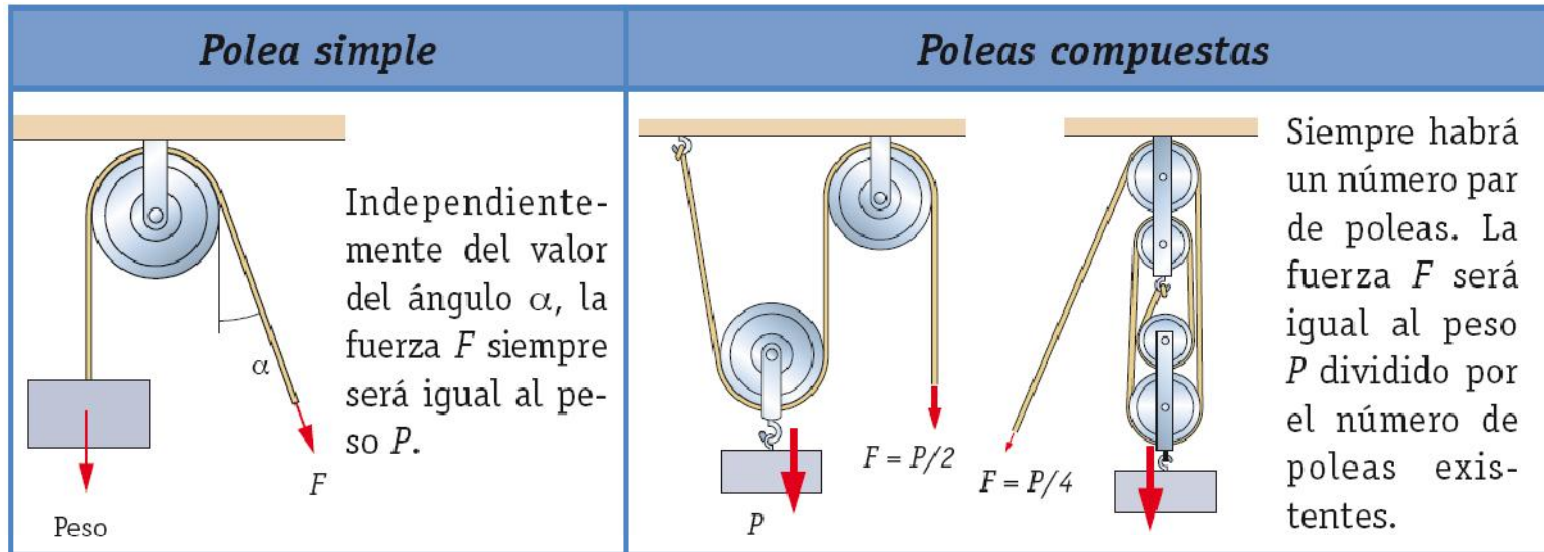


Articulaciones.



Aplicación de las articulaciones.

12.10. Elementos de cuerda o alambre

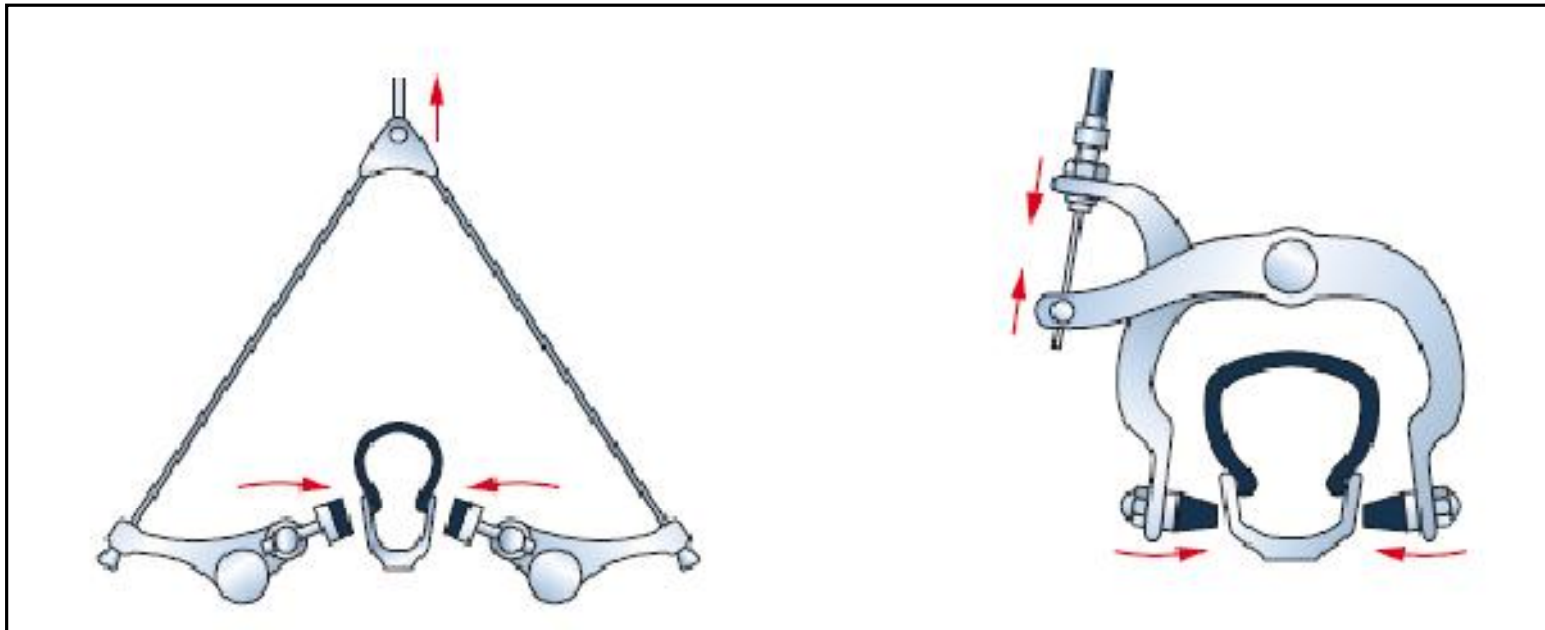


Poleas.



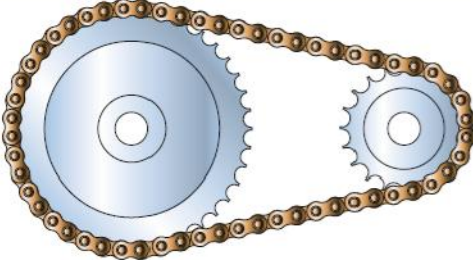
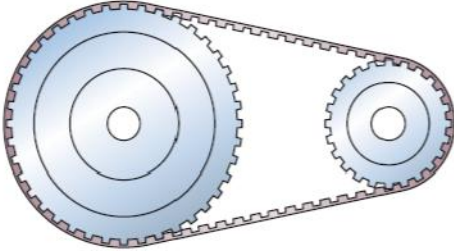
Polipasto de grúa.

12.11. Combinación de cuerdas, alambres y articulaciones



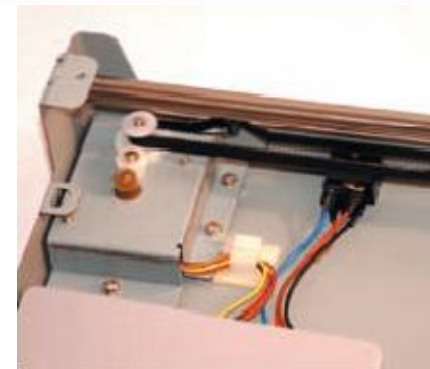
Freno de bicicleta.

12.12. Transmisores por cadena y por correa dentada

<i>Cadena</i>	<i>Correa dentada</i>
	
<p>Idónea para lugares polvorientos en los que se le exige una gran durabilidad a la transmisión.</p> <p>Tiene el inconveniente de ser un poco ruidosa. Ha de estar lubricada.</p>	<p>Es muy silenciosa y no necesita lubricación.</p> <p>Tiene el inconveniente de que se deteriora periódicamente, por lo que exige ser cambiada.</p>



Cadena de bicicleta.



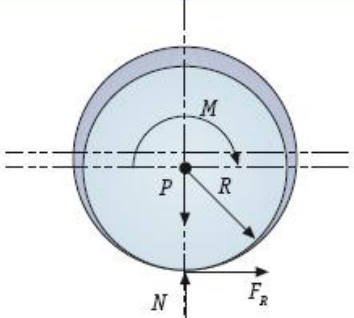
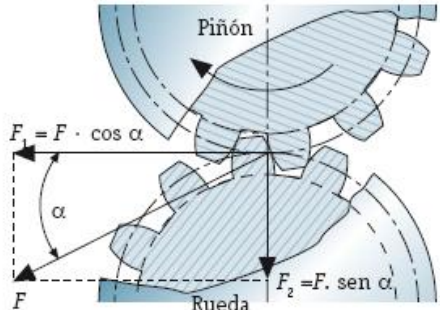
Correa dentada de un escáner.

12.13. Normas de seguridad y uso de elementos mecánicos



Muchas máquinas incorporan un microinterruptor en la caja de velocidades que evita que se pongan en marcha cuando se manejan.

12.14. Rendimiento de máquinas

Algunos factores de que depende el rendimiento		
Rozamiento	Diseño de los engranajes	Deslizamiento
 <p>Todo árbol transmisor de movimiento deberá estar apoyado en la estructura de la máquina mediante un cojinete o rodamiento.</p> <p>Cuando el árbol gira con un par o momento M, estará rozando sobre su base. Este rozamiento se manifiesta como un par de sentido contrario de valor: $M_R = F_r R$</p> <p>F_r = fuerza de rozamiento = $N \mu$</p> <p>Par real transmitido (M_R) = $M - F_r R = M - N \mu R$</p> <p>Potencia teórica (P_t) = $M 2 \pi N / 60$</p> <p>Potencia real (P_r) = $M_R 2 \pi N / 60$</p> <p>Por lo que el rendimiento será:</p> $\eta = \frac{\text{Potencia real } (P_r)}{\text{Potencia teórica } (P_t)} = \frac{M_R}{M} = 1 - \frac{N \mu R}{M}$	 <p>La forma que tienen los dientes de los engranajes rectos provoca que la fuerza que ejerce el piñón sobre la rueda no sea horizontal, sino formando un ángulo $\alpha = 20^\circ$ (denominado <i>ángulo de presión</i>).</p> <p>Por tanto, la fuerza a transmitir no es F, sino: $F_1 = F \cos 20^\circ = F \cdot 0,94$, luego el rendimiento, por cada par de engranajes, es del 0,94 %.</p> <p>La fuerza F se descompone en F_1, F_2. F_2 provoca un esfuerzo de flexión al árbol que contiene a la rueda y pérdida de la potencia por rozamiento.</p>	<p>El deslizamiento se origina en las transmisiones de correa/polea o entre dos ruedas de fricción (de cualquier tipo que sean).</p> <p>Un deslizamiento provoca pérdidas de potencia y energía. Para evitarlo, se deben tensar las correas adecuadamente o presionar fuertemente las ruedas, tal y como se indica en el Apartado 12.5.</p>

Algunos factores de los que depende el rendimiento.