

ELEMENTOS TRANSMISORES DE MOVIMIENTO

1. Breve introducción histórica sobre las máquinas
2. Máquinas o sistemas técnicos
 - a. Elementos motrices
 - b. Elementos de máquinas
3. Elementos mecánicos transmisores de movimiento
4. Acoplamientos entre árboles
5. Transmisión por ruedas de fricción
 - a. Ruedas de fricción exteriores
 - b. Ruedas de fricción interiores
 - c. Ruedas de fricción troncocónicas
 - d. Transmisión mediante poleas y correas
6. Transmisión por engranajes
 - a. Transmisión entre árboles o ejes paralelos
 - b. Transmisión entre ejes perpendiculares que se cortan
 - c. Transmisión entre ejes perpendiculares que se cruzan
7. Cadenas cinemáticas
 - a. Representación gráfica
 - b. Cálculos
 - c. Caja de velocidades
8. Relación entre potencia y par
9. Elementos de cuerda o alambre
10. Transmisores por cadena y por correa dentada
11. Normas de seguridad y uso de elementos mecánicos
12. Ejercicios

1. BREVE INTRODUCCIÓN HISTÓRICA SOBRE LA MÁQUINAS

Las primeras “máquinas” fabricadas por el ser humano se limitaban a utensilios o instrumentos que le permitían sobrevivir frente a animales depredadores con los que competía. Estos utensilios eran hachas, lanzas, cuchillos, etc. Gracias a ellos, pudieron después fabricar máquinas más complejas.

Allá por el año 3500 a. C. en Mesopotamia (actual Irak), ya se conocían lo que los antiguos filósofos denominaron “las cinco máquinas simples”: *la cuña, el plano inclinado, el tornillo, la rueda y la palanca*. Todas las máquinas que empleaban se construían a partir de ellas.

La necesidad de máquinas más complejas llevó a ciertos genios, a partir del Renacimiento, a la recopilación e invención de nuevos mecanismos. Cabe destacar los siguientes:

- **Leonardo da Vinci** (Italia, año 1600): Inventa multitud de mecanismos y máquinas de todo tipo.
- **Christopher Polhem** (Suecia, año 1696): Inventa hasta un total de 80 máquinas simples que manda construir en forma de prototipos. A este conjunto lo denomina *alfabeto mecánico*, donde las cinco máquinas simples de la Antigüedad son las vocales y el resto, las consonantes. Según él, a partir de estos mecanismos se podría formar cualquier máquina compleja, como las frases con el alfabeto de letras.
- **Constedt** (Suecia, año 1729): Amplía el alfabeto mecánico hasta 103
- **Hachette** (Francia, año 1811): Hace una clasificación funcional de todos los mecanismos conocidos hasta entonces, atendiendo a la labor que realizan en la máquina que pertenecen. Esta forma de organizar los mecanismos ha llegado hasta nuestros días y es la siguiente:
 - **Receptores**: Son los elementos que reciben el movimiento de un motor primario
 - **Reguladores**: Interrumpen o no el paso de energía entre distintos mecanismos, por ejemplo, embragues, caja de velocidades, etc.
 - **Comunicadores**: Encargados de transmitir el movimiento.
 - **Modificadores**: Transforman un tipo de movimiento en otro.
 - **Operadores**: Producen el efecto final.

En la actualidad el número de mecanismos existentes es enorme, ya que se combinan dispositivos mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos, etc. Los más importantes se estudian en esta unidad.

2. MÁQUINAS O SISTEMAS TÉCNICOS

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

Las máquinas están compuestas por dos partes fundamentales denominadas: elementos motrices y elementos de máquinas.

a) Elementos motrices

Son los encargados de proporcionar la energía suficiente para que se produzca el movimiento. Dependiendo del tipo de energía aprovechada, los elementos motrices se pueden clasificar en motores primarios o motores secundarios.

- **Motores primarios:** Estos motores raramente proporcionan energía directamente a la máquina. Se limitan a transformarla, generalmente en energía eléctrica para que pueda ser usada por un motor secundario. Corresponden a los generadores que aprovechan la energía hidráulica, eólica, solar, etc., estudiados con anterioridad.
- **Motores secundarios:** Son aquellos cuya energía de salida acciona la máquina directamente. Las energías empleadas por los motores secundarios son:
 - Energía muscular (procedente de animales o personas): carro de caballos, albañil subiendo una polea, etc.
 - Energía térmica: Obtenida al quemar algún combustible. Dependiendo si la combustión se realiza dentro o fuera de un cilindro, tenemos:
 - Motores de combustión externa: El más conocido es la máquina de vapor, de importancia vital en la revolución industrial. También tenemos el *motor Stirling*
 - Motores de combustión interna: Según el principio de funcionamiento y el combustible empleado se clasifican en motores de explosión (de gasolina), motores diesel (de gasóleo), turbinas de gas o turborreactores.
 - Energía eléctrica: Motores eléctricos y electroimanes.

<https://youtu.be/koi1IjGnyyl> (Máquina de vapor: 1:20)

<https://youtu.be/Pv9ZFdfW9M> (Motor Stirling: 1:26)

<https://youtu.be/u13OXMJCES4> (Motor Stirling: 3:12)

b) Elementos de máquinas

Dependiendo de su funcionamiento y energía utilizada, se pueden clasificar en tres grandes grupos: elementos **mecánicos**, **eléctricos-electrónicos** y **neumáticos/oleo-hidráulicos**.

Mecánicos	1. Transmisores de movimiento
	2. Transformadores de movimiento
	3. Auxiliares
	4. De unión
Eléctricos y electrónicos	1. Generadores
	2. Conductores (cables)
	3. Receptores (bombillas, resistencias, motores, electroimanes, etc.)
	4. Acumuladores
	5. Elementos de protección
Neumáticos y oleo-hidráulicos	1. Compresores, acumuladores, filtros.
	2. Tuberías
	3. Válvulas de regulación
	4. Actuadores (motores, cilindros, etc.)

3. ELEMENTOS MECÁNICOS

TRANSMISORES DE MOVIMIENTO

Entre el elemento motriz y el punto o eje de salida es necesario transmitir el movimiento, en algunos casos aumentando la velocidad y en otros casos reduciéndola, según interese. Los elementos que más se emplean son los que se muestran en la siguiente tabla:

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

4. ACOPLAMIENTOS ENTRE ÁRBOLES

Desde el punto de vista mecánico es conveniente diferenciar entre *árboles* y *ejes*.

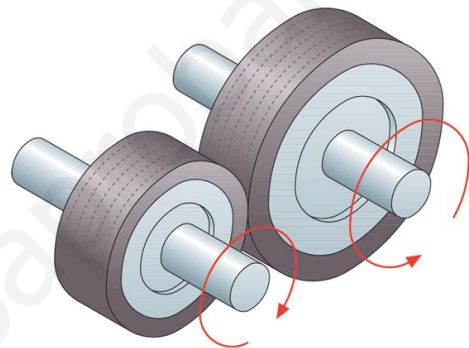
Se define como **árbol de transmisión** a un elemento de revolución que permite transmitir potencia o energía

Se define como **eje** a un elemento generalmente cilíndrico, que soporta diferentes piezas que giran, pero que no transmite potencia, por lo tanto no se encuentra sometido a torsión.

Dependiendo de las condiciones de transmisión, se emplean dos tipos de acoplamiento: *rígido* y *móvil*. En ambos casos son desmontables, para poder cambiarlos en caso de rotura o fallo.



ÁRBOL DE ENGRANAJES



EJES

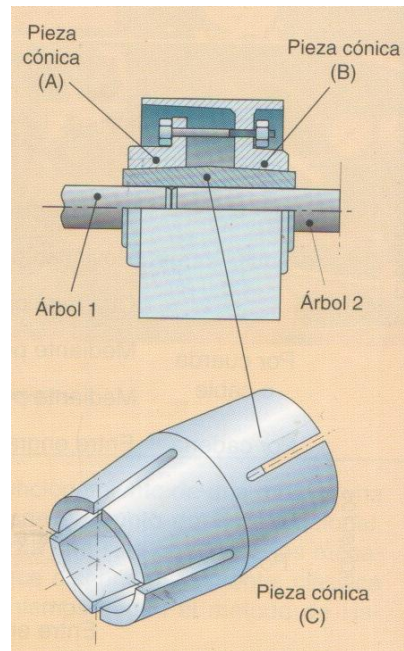
ACOPLAMIENTO RÍGIDO

Cuando hay que unir dos árboles que se encuentran situados en el mismo eje geométrico y que no van a sufrir variación de posición durante el giro, se utilizan las *bridas* y los *platillos*.

- **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 respecto del otro



- **Platillos:** Apretando dos piezas cónicas interiores entre sí (A y B), se comprime otra pieza cónica (C) contra los dos árboles, de manera que al girar uno de los árboles, arrastrará al otro.



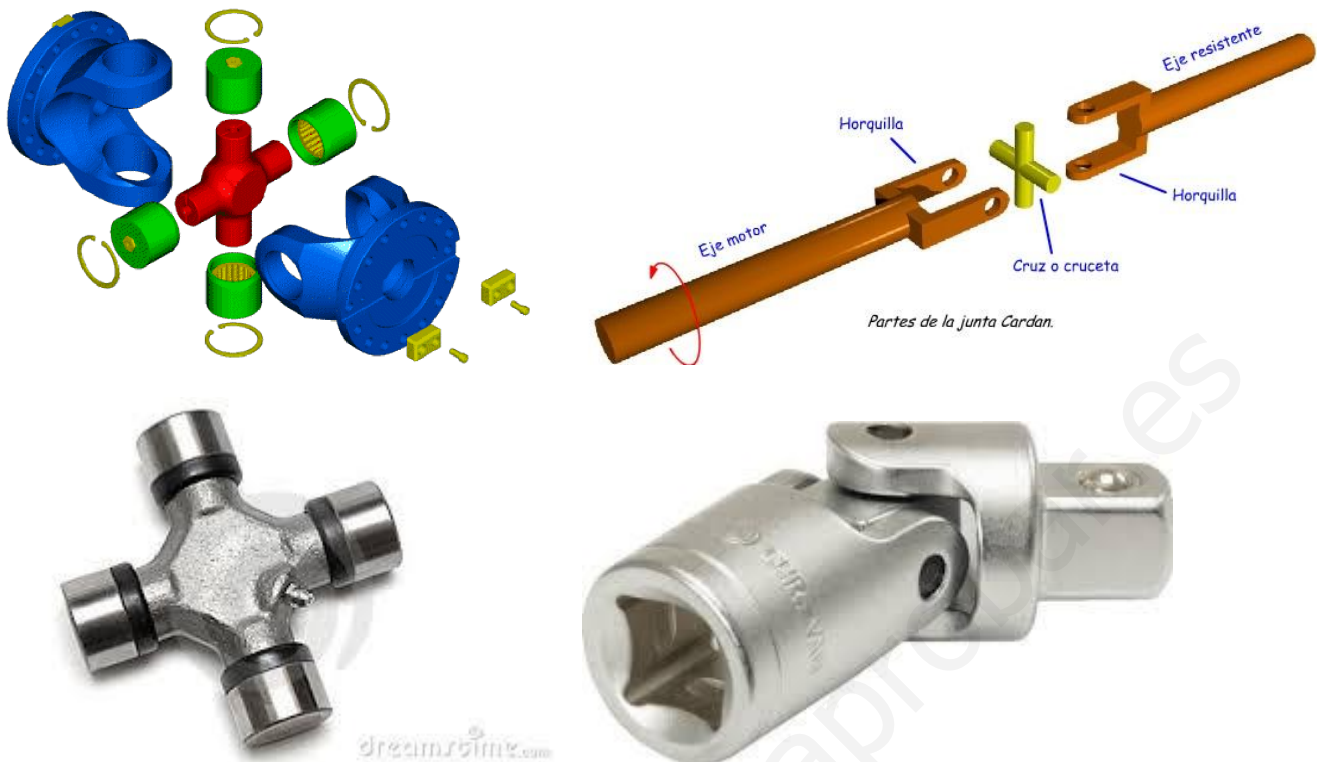
ACOPLAMIENTO MÓVIL

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

- **Juntas elásticas:** Se trata de un acoplamiento elástico, generalmente de caucho, goma o neopreno, que absorbe pequeñas irregularidades de giro y permite una variación máxima de 15° de desalineación entre ejes

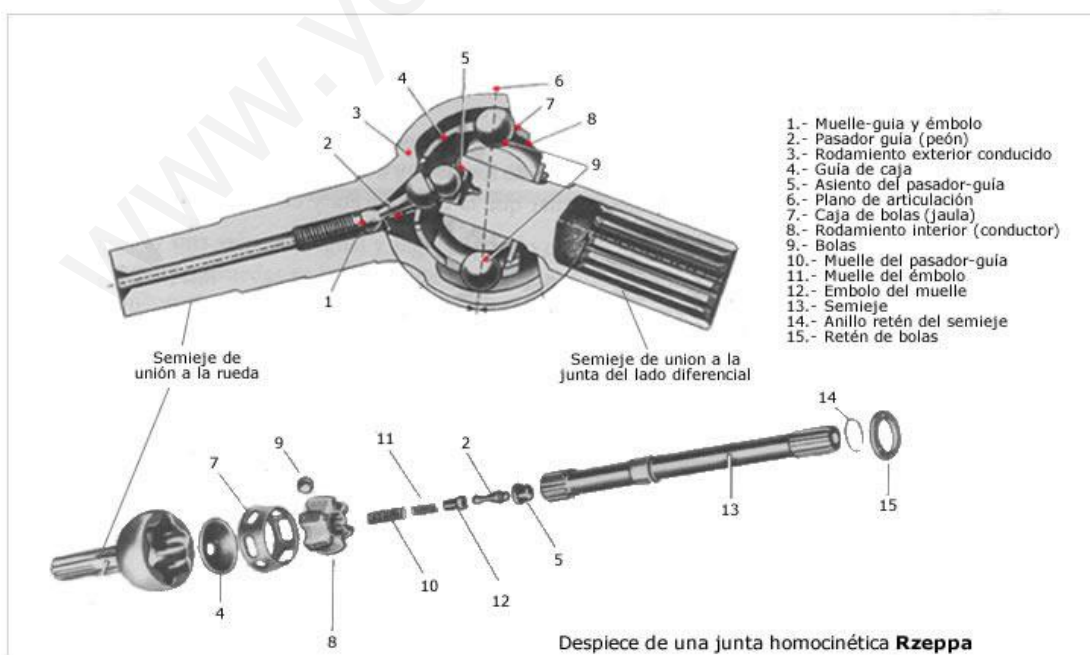


- **Juntas cardan o universales:** Se llama también junta Hook. En los extremos del eje se colocan dos horquillas, que se unen mediante una cruz o cruceta. Para permitir el giro entre la cruceta y la horquilla se colocan dos rodamientos.



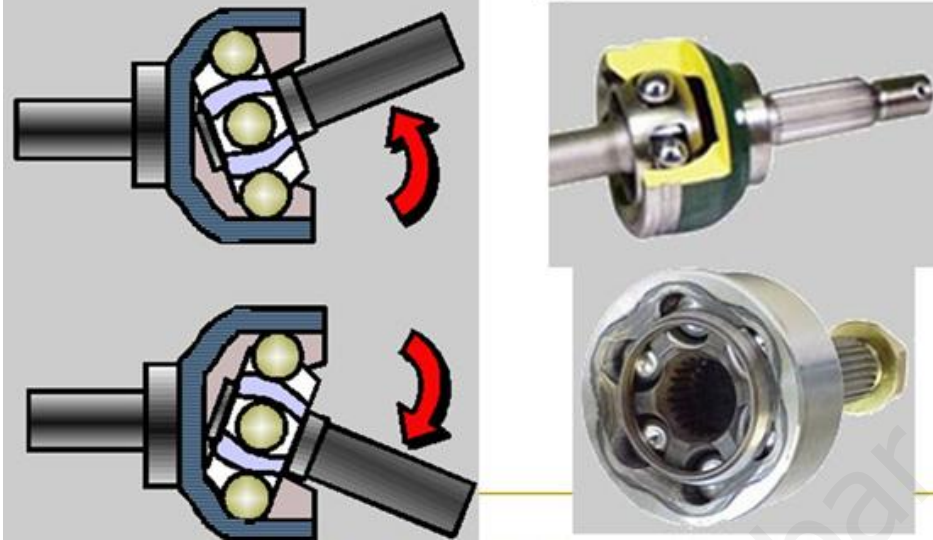
<https://youtu.be/QFb9mrRjfZk> (junta cardan 1:12)

- **Juntas homocinéticas:** Cumple la misma función que la junta cardan pero no produce oscilaciones (homo-igual, cinética-movimiento). Se emplea mucho en la transmisión de movimiento entre el motor y las ruedas de los automóviles.



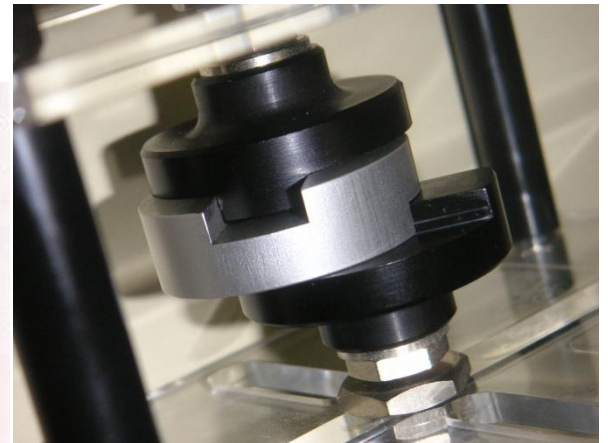
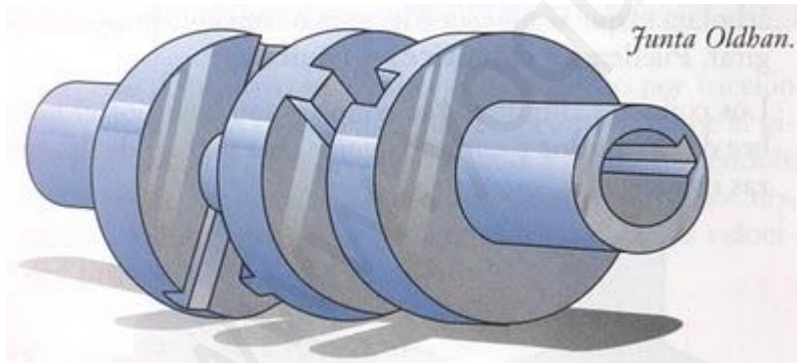
Junta homocinética

Otra junta homocinética es la que se muestra en el esquema típico de la figura, este tipo de junta es la más universalmente utilizada en los vehículos ligeros de tracción delantera y palieres desnudos.



<https://youtu.be/11uYY6s1Xcs> (junta homocinética 0:40)

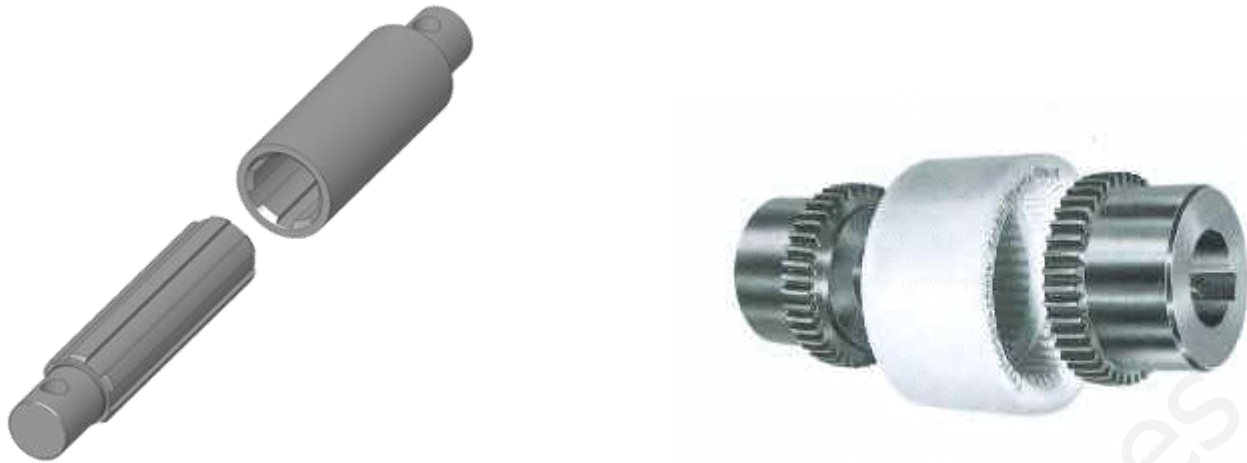
- **Junta Oldham:** En ambos extremos van colocados dos discos solidarios a los árboles. Para la transmisión de movimiento entre ellos se coloca otro disco. Se emplea para transmitir movimiento entre dos árboles paralelos separados muy poca distancia.



<https://youtu.be/ozYEjF4SZhk?list=PL73931D8B9ED29656> (junta Oldham 0:14)

https://youtu.be/jBAECyoH_ZU (junta Oldham 0:20)

- **Eje estriado deslizante:** Permite que el árbol pueda variar su longitud, también se conoce con el nombre de manguito deslizante



5. TRANSMISIÓN POR RUEDAS DE FRICCIÓN

Consiste en transmitir el movimiento entre dos ruedas gracias a la fuerza de rozamiento. Para ello las zonas de contacto deben estar fabricadas en un material con alto coeficiente de rozamiento, con objeto de evitar que deslicen o patinen. Además ambas ruedas deben estar presionadas fuertemente una contra la otra.

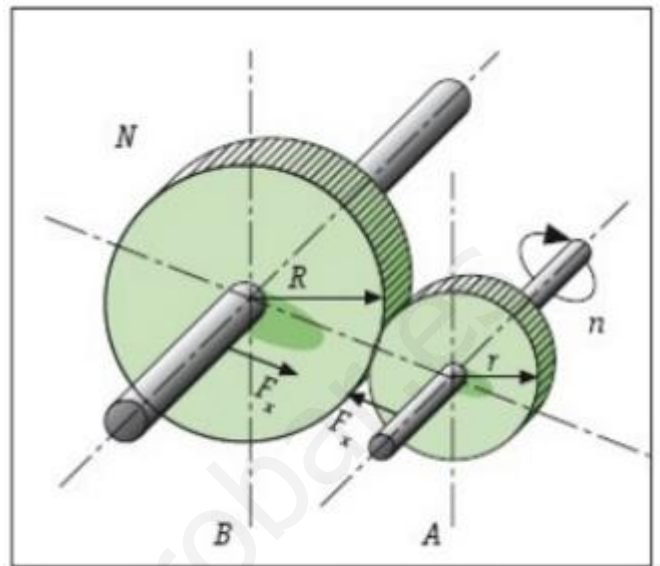
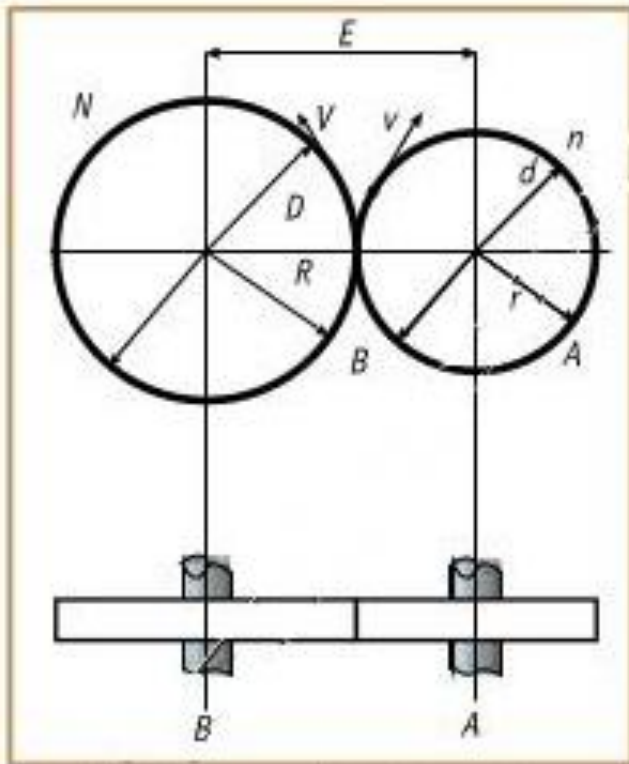
Se puede realizar de dos maneras, dependiendo de la separación entre los árboles o ejes. Si la separación es pequeña se emplean *ruedas de fricción exteriores, interiores y cónicas*. Para separaciones grandes se emplean *poleas y correas trapezoidales, planas y redondas*.

a) Ruedas de fricción exteriores

Están formadas por dos discos que se encuentran en contacto por sus periferias. El contacto se realiza por presión, de forma que la rueda conductora hace girar a la conducida.

La rueda que transmite el movimiento (generalmente más pequeña), recibe el nombre de **piñón** y la conducida recibe el nombre de **rueda**.

Por convenio todos los parámetros referidos al piñón se escriben con minúscula y los referidos a la rueda con mayúscula.



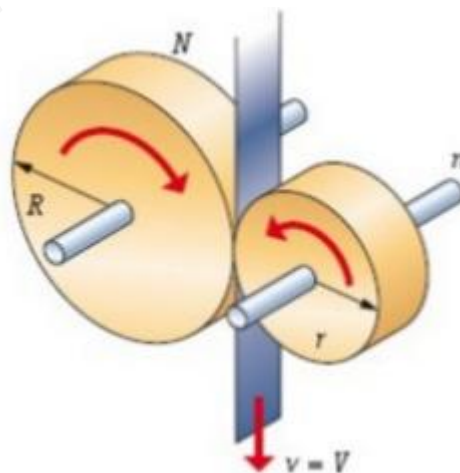
Transmisión de potencia sin deslizamiento mediante ruedas de fricción exteriores.

- **Distancia entre ejes (E):** Viene determinada por la siguiente expresión:

$$E = r + R$$

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

- **Relación de transmisión:** Partiendo del principio de que no existe deslizamiento ($v = V$), podemos asegurar que la velocidad tangencial del piñón y la rueda, en el punto de contacto es la misma



La velocidad lineal (**mm/minuto**) vendrá expresada por la siguiente fórmula:

$$V = 2\pi RN \quad \text{ó} \quad v = 2\pi rn$$

V=v= velocidad lineal en el punto de contacto viene (**mm/minuto**)

r = radio menor (**mm**)

R = radio mayor (**mm**)

n= número de vueltas por minuto del piñón (**RPM...revoluciones por minuto**)

N= número de vueltas por minuto de la rueda (**RPM...revoluciones por minuto**)

Si la velocidad lineal la queremos expresar en **m/minuto** nos quedará:

$$V = 2\pi RN/1000 \quad \text{ó} \quad v = 2\pi rn/1000$$

Si la velocidad lineal la queremos expresar en **m/segundo** nos quedará:

$$V = 2\pi RN/60000 \quad \text{ó} \quad v = 2\pi rn/60000$$

Igualando las dos fórmulas de las velocidades lineales nos queda:

$$V = v = 2\pi RN = 2\pi rn$$

$$RN = rn$$

$$r/R = N/n$$

A esta relación se le llama **relación de transmisión (i)**

$$i = r/R = N/n$$

Por otra parte como tenemos que:

$$R = D/2 \quad \text{y} \quad r = d/2$$

Tendremos que:

$$i = (d/2)/(D/2) = d/D$$

Por lo tanto tendremos tres expresiones finales para definir la relación de transmisión:

$$i = r/R = N/n = d/D$$

b) Ruedas de fricción interiores

Aquí las ruedas de fricción interior y exterior giran en el mismo sentido



Ruedas de fricción interiores.



La distancia entre ejes (E) en este caso valdrá:

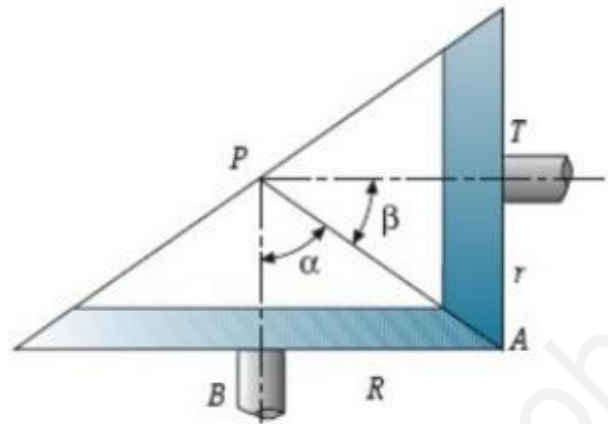
$$E = R - r = \frac{(D - d)}{2}$$

La relación de transmisión conserva la misma fórmula

c) Ruedas de fricción troncocónicas

Sirven para transmitir el movimiento entre ejes cuyas prolongaciones se cortan. La fórmula de la relación de transmisión es la misma que en los casos anteriores, cumpliéndose además que:

Ruedas de fricción troncocónicas formando un ángulo recto.



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

Por lo tanto tendremos que la relación de transmisión tiene una fórmula más:

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

d) Transmisión mediante poleas y correas

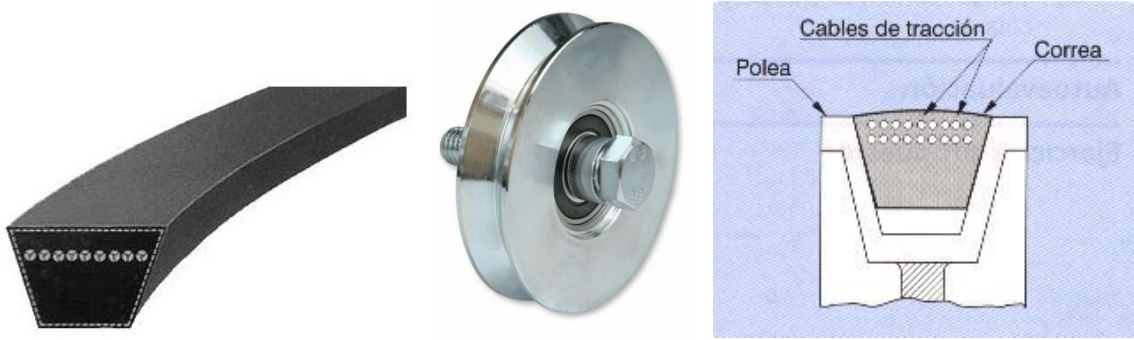
Se denomina **polea** a la rueda que se utiliza en las transmisiones por medio de correa, y **correa** a la cinta o cuerda flexible unida a sus extremos, que sirve para transmitir el movimiento de giro entre una rueda y otra.

Se emplea más que las ruedas de fricción, ya que tiene una mayor superficie de fricción y puede transmitir mayores esfuerzos. Para que el rendimiento sea óptimo, las correas deben estar tensadas adecuadamente.

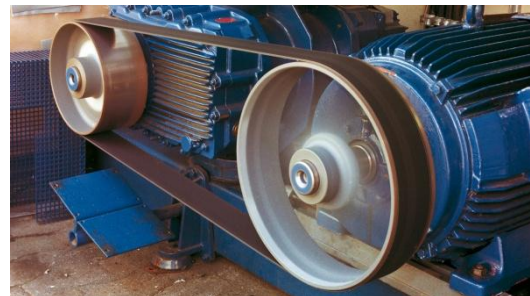
La fórmula de la relación de transmisión no cambia respecto a las ruedas de fricción interiores y exteriores.

Los tres tipos más usados son: *trapezoidal*, *plana/rectangular* y *redonda*

- **Trapezoidal**: Es la más empleada para usos industriales



- **Plana/rectangular**: Muy empleadas para transmitir pequeñas potencias o movimientos entre ejes no paralelos



- **Redonda**: Suele emplearse en máquinas que giran a muy pocas revoluciones o cuando es necesario transmitir el movimiento entre ejes que no son paralelos



6. TRANSMISIÓN POR ENGRANAJES

Se emplean cuando hay que transmitir grandes esfuerzos o se desea que la relación de transmisión se mantenga constante. Consta de dos ruedas a las que se les ha tallado una serie de dientes. Al igual que en las ruedas de fricción, al engranaje conductor se le conoce como **piñón** y al conducido **rueda**.

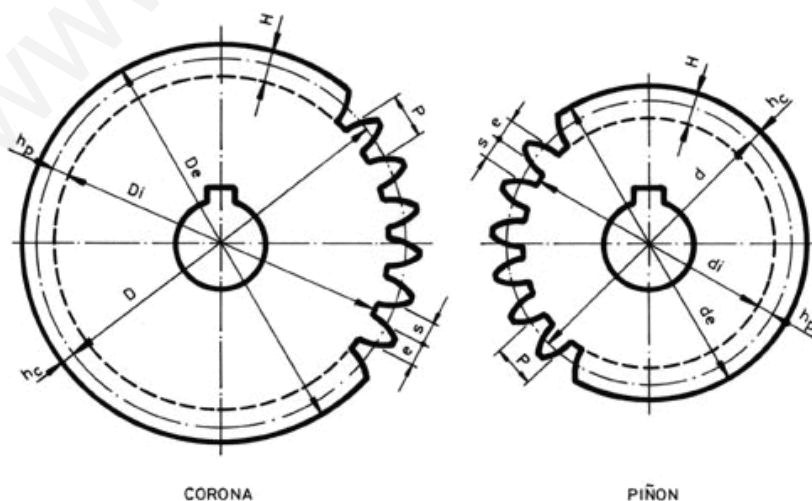
A efectos teóricos y de cálculo, se pueden considerar como dos ruedas de fricción exteriores cuyos diámetros coinciden con los **diámetros primitivos** de los engranajes.

Se pueden usar para transmitir movimiento entre árboles: *paralelos*, *perpendiculares* y *árboles que se cruzan*.

a) Transmisión por árboles o ejes paralelos

Los dientes de las ruedas pueden ser *dientes rectos*, *dientes helicoidales* y *dientes en V*.

- **Engranajes rectos:** Son fáciles de fabricar, pero tienen el inconveniente de ser muy ruidosos y producir vibraciones. Se emplean cuando la potencia y el número de revoluciones con las que giran no es muy grande.



Las ruedas dentadas de dientes rectos quedan determinadas por las siguientes características:

- Circunferencia primitiva: De radio R_p para la rueda y r_p para el piñón, coincide con la circunferencia de las ruedas de fricción
- Circunferencia interior: Limita los dientes por la parte inferior. R_i para la rueda y r_i para el piñón.
- Circunferencia exterior: Limita los dientes por la parte externa. R_e para la rueda y r_e para el piñón.
- Número de dientes(Z): Será Z_p para el piñón y Z_r para la rueda
- Paso (p): Es el arco de circunferencia, sobre la circunferencia primitiva, entre dos puntos iguales de dientes consecutivos.

Por tanto tendremos que para el piñón:

Longitud circunferencia primitiva del piñón = πd_p y

Longitud circunferencia primitiva del piñón = $Z_p p$

Igualando ambas magnitudes tenemos que:

$$\pi D_p = Z_p p$$

$$d_p/Z_p = p/\pi = m$$

Lo mismo se haría para la rueda:

Longitud circunferencia primitiva de la rueda = πD_p y

Longitud circunferencia primitiva de la rueda = $Z_r p$

Igualando ambas magnitudes tenemos que:

$$\pi d_p = Z_r p$$

$$D_p/Z_r = p/\pi = m$$

- Módulo (m): Es un valor característico de las ruedas dentadas que se expresa en milímetros. Es la relación que existe entre el diámetro y el número de dientes de un engranaje, que es el mismo que entre el paso y π . Para que dos engranajes puedan engranar tienen que tener el mismo módulo.

No todos los valores de módulo son normalizados, sólo unos pocos de ellos. En la práctica, son muy útiles los engranajes de **módulo 1**, ya que:

$$D_p/Z_r = 1$$

$$D = Z_r$$

Es decir, nos bastará con medir el diámetro primitivo para saber el número de dientes que tiene

- Relación de transmisión: Para los engranajes es la misma que para las ruedas de fricción refiriéndose siempre a los radios y diámetros primitivos, por tanto tendremos que:

$$i = r_p/R_p = N/n = d_p/D_p$$

También tenemos que:

Longitud circunferencia primitiva del piñón = $\pi d_p = Z_p p$

Longitud circunferencia primitiva de la rueda = $\pi D_p = Z_r p$

Dividiendo miembro a miembro nos quedará:

$$\pi d_p / \pi D_p = Z_p p / Z_r p$$

$$d_p / D_p = i = Z_p / Z_r$$

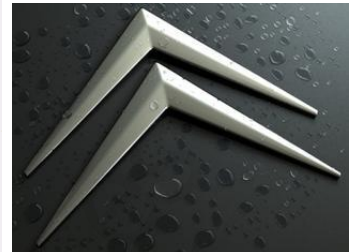
Por lo tanto tenemos otra expresión para la relación de transmisión, que me liga ésta al número de dientes:

$$i = r_p/R_p = N/n = d_p/D_p = Z_p/Z_r$$

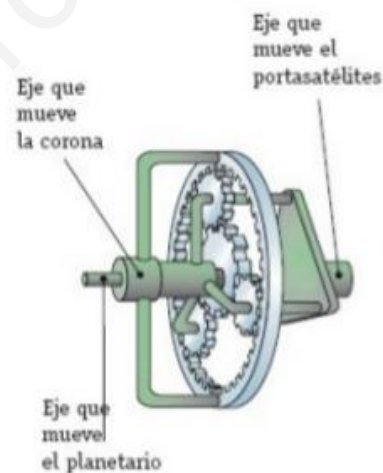
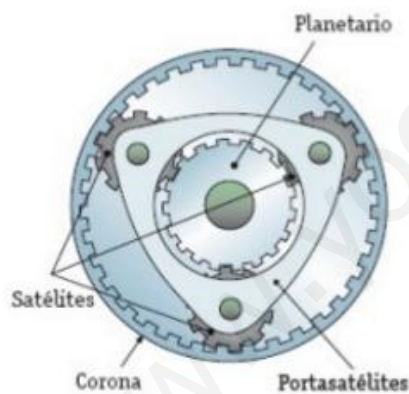
- **Engranajes de dientes helicoidales:** Se caracterizan por tener sus dientes inclinados respecto de su eje. Tienen la particularidad de estar engranando varios dientes a la vez, por lo que el esfuerzo se reparte entre más de un diente, esto hace que puedan transmitir más potencia y que haya menos posibilidades de rotura y menos vibraciones. Pueden funcionar a un número alto de revoluciones. Resultan más caros porque son más difíciles de fabricar, también provocan más esfuerzos sobre el eje, por lo que se pierde más potencia que en los rectos en la transmisión.



- **Engranajes en V:** Tienen las mismas propiedades que los helicoidales, con la ventaja de que las fuerzas sobre el eje están compensadas, pero como inconveniente que son más caros y difíciles de fabricar. Como anécdota, el símbolo de Citroën proviene de este tipo de engranajes.



- **Engranajes epicicloidales:** Se compone de una **corona** dentada interiormente, un piñón central (denominado **planetario**), y otros tres piñones más pequeños, los cuales engranan con el planetario y la corona, que se denominan **satélites**. Estos satélites giran libres sobre sus ejes, que están unidos al **portasatélites**. Si le damos movimiento a uno de los tres elementos, y mantenemos fijo otro, en el tercero obtendremos el movimiento de salida.



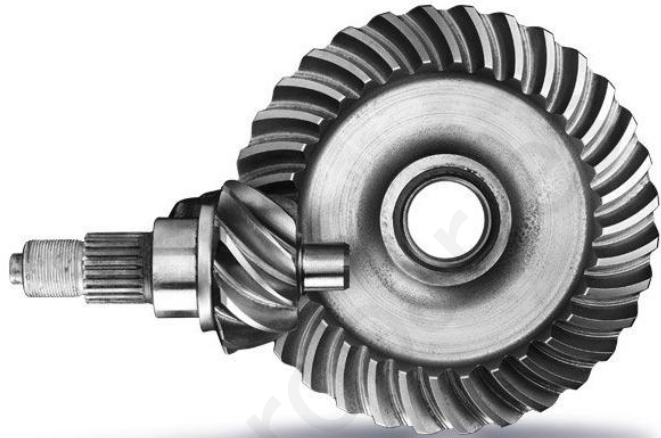
https://youtu.be/-ue_usZqHYs Engranaje planetario (2:02)

b) Transmisión entre ejes perpendiculares que se cortan

Se emplean dos tipos de engranajes: *engranajes cónicos de dientes rectos* y *engranajes cónicos de dientes helicoidales*. Estos últimos son muy complicados de fabricar pero muy silenciosos.



CÓNICO RECTO



CÓNICO HELICOIDAL

b) Transmisión entre ejes perpendiculares que se cruzan

Se emplean tres soluciones: *tornillo sin fin – corona*, *hipoide* y *engranajes helicoidales*.

- **Sin fin – corona:** El movimiento sólo se transmite del sin fin a la corona y no al revés. Esto lo hace adecuado para ascensores, montacargas, etc., ya que dan la seguridad que ante un fallo de alimentación no se cae al suelo la carga. Multiplica mucho la fuerza y disminuye mucho la velocidad.



https://youtu.be/-QUPE-jIM_o (Sin fin corona:0:39)

- **Hipoide**: Son dos engranajes cónicos helicoidales, uno de los cuales está desplazado para que no se corten sus ejes.



- **Engranaje helicoidal**: El ángulo que forman los engranajes es opuesto



7. CADENAS CINEMÁTICAS

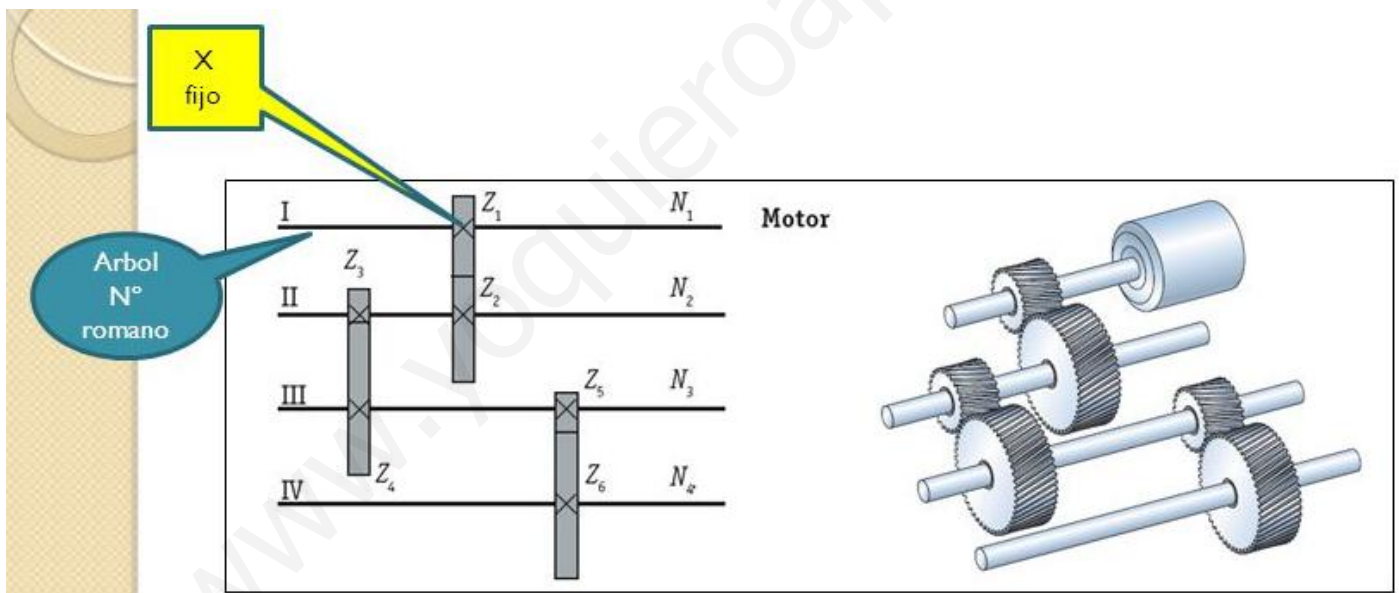
Una **cadena cinemática** es un conjunto de dos o más pares de engranajes, que engranan entre sí, y que tienen por finalidad variar el número de revoluciones del último eje.

A cada uno de los pares de engranajes correlativos se le denomina **tren de engranajes**.

a) Representación gráfica

Hay que resaltar que los engranajes se dibujan mediante un **rectángulo o círculo en cuyo interior se coloca una X**, para indicar que está fijo al árbol, o una **línea inclinada**, para señalar que puede desplazarse longitudinalmente por el árbol.

Las cadenas cinemáticas suelen estar formadas por varios árboles. Cada árbol se indica mediante un número romano. Los engranajes se representan mediante la letra Z seguida de un subíndice que para los engranajes conductores (piñones) será impar, y para los conducidos (ruedas) será par.



b) Cálculos

- Relación de transmisión entre los ejes I y II:

$$i_{I-II} = Z_1/Z_2 = N_2/N_1 \quad N_2 = (Z_1/Z_2)N_1$$

- Relación de transmisión entre los ejes II y III

$$i_{II-III} = Z_3/Z_4 = N_3/N_2 \quad N_3 = (Z_3/Z_4)N_2$$

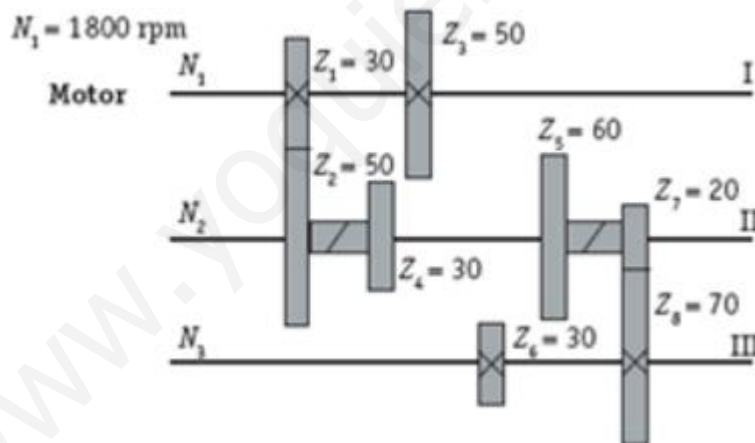
- Relación de transmisión entre los ejes I y III:

$$i_{I-III} = N_3/N_1 = ((Z_3/Z_4)N_2)/N_1 = ((Z_3/Z_4)(Z_1/Z_2)N_1)/N_1 = \boxed{(Z_1Z_3)/(Z_2Z_4) = i_{I-III}}$$

Es decir, 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

Las cajas de velocidades, además de llevar engranajes fijos, también llevan engranajes que se pueden deslizar. Estos engranajes están pareados y unidos entre sí.



8. TRANSMISIÓN POR ENGRANAJES

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 (M)** con la **potencia (P)** es la siguiente:

$$\begin{aligned} P &= W/t & (W &= F e) & P &= \text{Potencia (vatios)} & W &= \text{Trabajo (julios)} \\ P &= W/t = F e/t & (e/t &= v) & e &= \text{espacio (metros)} & t &= \text{tiempo (segundos)} & F &= \text{Fuerza (newtons)} \\ P &= W/t = F e/t = F v & (v &= 2\pi R N) & v &= \text{velocidad lineal (metros/segundo)} \\ P &= W/t = F e/t = F v = F 2\pi R N & (FR &= M) & R &= \text{radio (metros)} & N &= \text{revoluciones por minuto (RPM)} \\ P &= W/t = F e/t = F v = F 2\pi R N = (2\pi N)M & M &= \text{momento o par (newton por metro)} \end{aligned}$$

Las revoluciones por minuto hay que pasarlas a revoluciones por segundo:

$$P = (2\pi N)M/60$$

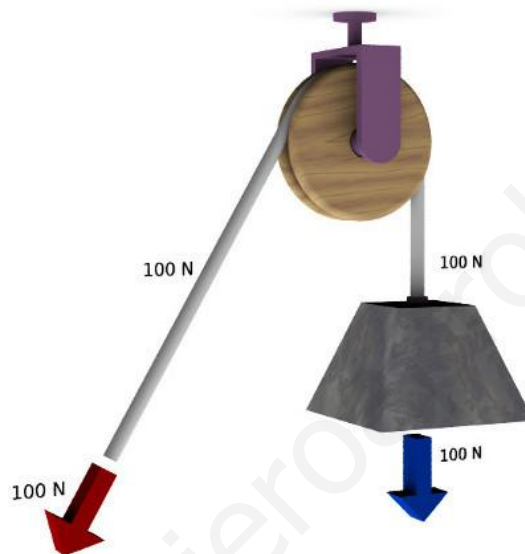
Por tanto:

$$M = 60 P / 2\pi N$$

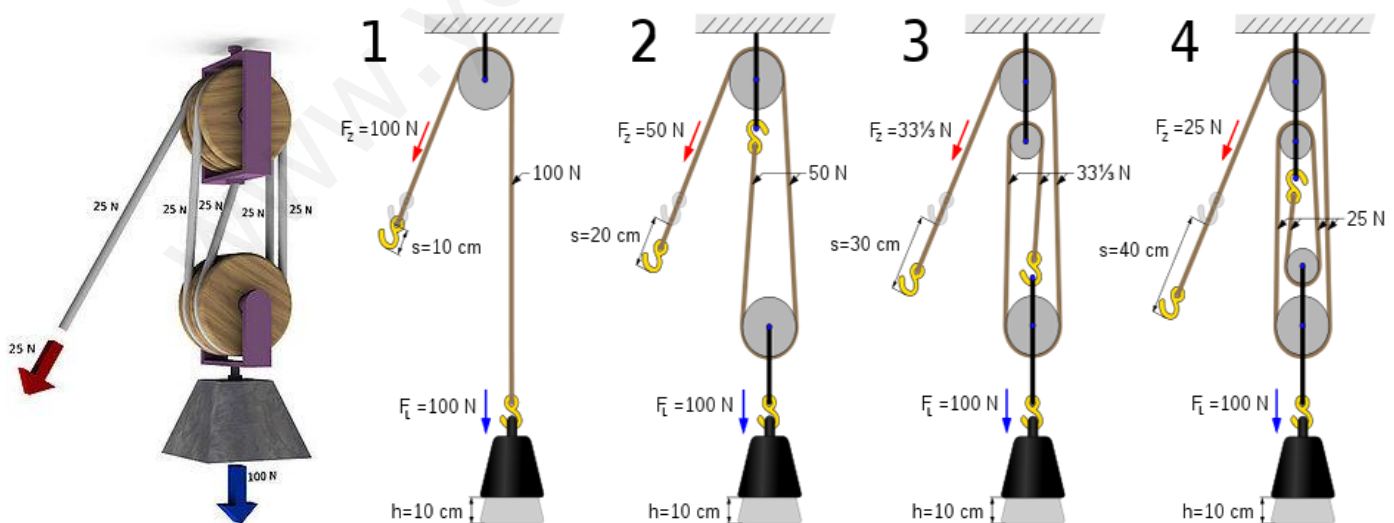
9. ELEMENTOS DE CUERDA O ALAMBRE

Los más importantes son la *polea simple* y la *polea compuesta o polipasto*.

- **Polea simple:** La fuerza ejercida es la misma que el peso que se levanta independientemente del ángulo con el que se haga la fuerza. Es más fácil levantar la carga porque la fuerza se ejerce a favor de gravedad.



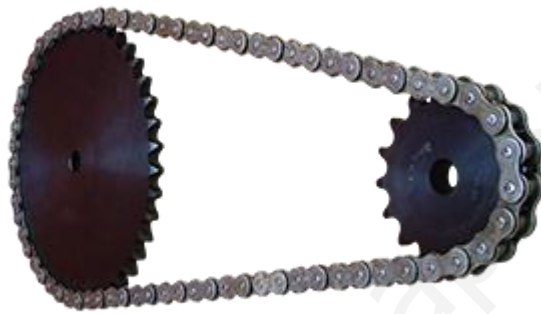
- **Polipasto:** Es una combinación de poleas fijas y móviles. La fuerza ejercida es tanto menor cuanto más poleas móviles haya. La fuerza ejercida se divide entre el número de cuerdas que sostienen al peso.



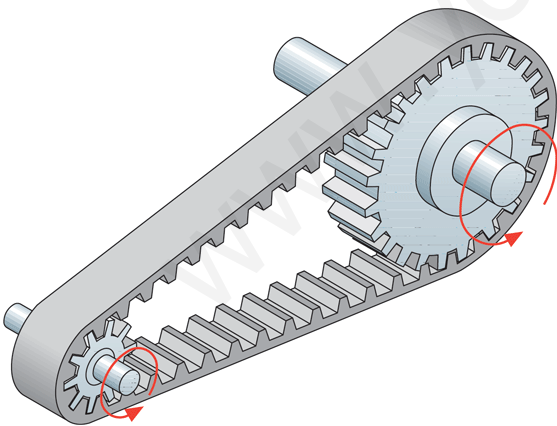
10. TRANSMISIONES POR CADENA Y POR CORREA DENTADA

Estos elementos son ideales para transmitir el movimiento entre ejes muy distantes en los que se requiere una relación de transmisión constante. La relación de transmisión es exactamente igual que para las poleas e independiente de la separación a la que se encuentren los ejes o árboles.

- **Por cadena**: Idónea para lugares en los que se exige una gran durabilidad de la transmisión. Tiene el inconveniente de ser ruidosa. Ha de estar lubricada.



- **Correa dentada**: Es muy silenciosa y no necesita lubricación. Tiene el inconveniente de que se deteriora y hay que cambiarla periódicamente como es el caso de la correa de distribución de los automóviles.



11. NORMAS DE SEGURIDAD Y USO DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Una de las normas básicas para que no ocurran accidentes es no tocar partes móviles hasta que no estén completamente paradas.

La legislación europea es muy exigente con las exigencias de seguridad mínimas que deben cumplir todos los productos que se fabriquen. De manera general:

- Todas las partes móviles de los productos que transmiten movimiento tienen que estar protegidas
- Si la máquina es potencialmente peligrosa en su funcionamiento y los operarios deben estar retirados, tendrá que incorporar sistemas de seguridad que eviten que se ponga en marcha mientras se manipula.



12. EJERCICIOS

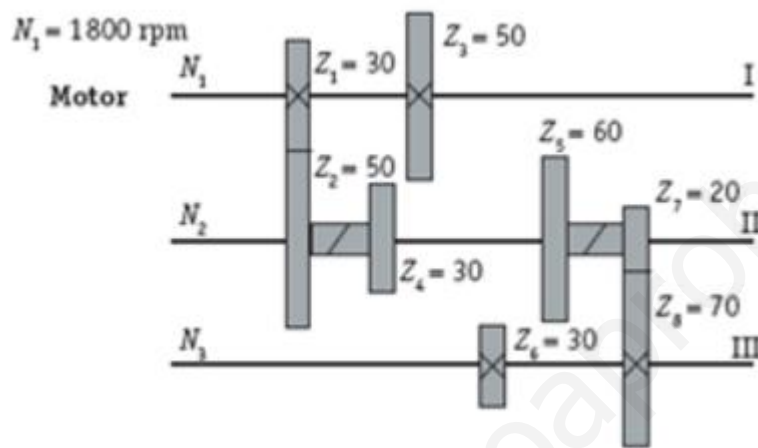
PROBLEMAS DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

1. Dos ruedas de fricción giran entre sí sin deslizamiento, sabiendo que la relación de transmisión vale $i=0'25$, y que la distancia entre sus ejes es de 400 mm, determina el diámetro de ambas ruedas.
2. Dos ruedas de fricción interiores tienen una relación de transmisión $i=0'2$. La distancia entre sus centros es de 800 mm. Calcula los diámetros de sus ruedas.
3. Una máquina dispone de dos ruedas de fricción troncocónicas para transmitir el movimiento desde el motor (que gira a 1200 rpm y se acopla directamente al piñón) hasta el árbol final, cuyo número de revoluciones debe ser 1000 rpm. Calcula el diámetro de la rueda conducida si el piñón es de 50 mm.
4. Se desea efectuar una relación de transmisión troncocónica mediante ruedas de fricción, cuya relación de transmisión es $i=0'2$. Sabiendo que el piñón de la rueda conductora gira a 900 rpm, calcula: a) el ángulo que forman los ejes con las prolongaciones de la superficie de rodadura; b) el número de revoluciones de la rueda conducida.
5. Para el accionamiento de una máquina se han dispuesto dos ruedas de fricción exteriores cuyos ejes se encuentran separados 600 mm. Sabiendo que la relación de transmisión es $i=1/2$ y que es accionado directamente por un motor que gira a 1200 rpm, calcula: a) el diámetro de las dos ruedas; b) el número de rpm con que girará la rueda conducida.
6. El piñón de un par de ruedas de fricción interiores tienen un diámetro de 50 mm y arrastra a una rueda cuyo diámetro es de 500 mm. Si dicho piñón gira a 1400 rpm, calcula: a) la relación de transmisión; b) el número de rpm con que girará la rueda conducida; c) la distancia entre sus ejes.
7. Define qué es la velocidad tangencial. Si tenemos dos ruedas de fricción exteriores de diámetros $d=5$ cm y $D=10$ cm, que están en contacto, ¿qué velocidad tangencial tiene cada una si $n=1000$ rpm?
8. Se quiere transmitir un movimiento desde un engranaje (piñón) de $Z_1=60$ a una rueda $Z_2=80$ de módulo $m=3$. Suponiendo que no se tiene en cuenta las pérdidas de potencia, determinar: a) momento o par que tendrá el árbol que contiene la rueda si la potencia del motor es de 0'3 CV y gira a 1200 rpm; b) número de revoluciones con que girará la rueda.
9. ¿Cuál será la fuerza que ejerce el diente del piñón sobre el diente de la rueda del ejercicio anterior, admitiendo que no existan pérdidas de potencia?
10. La relación de transmisión entre dos ruedas de fricción interiores es de $i=1/3$. El diámetro del piñón es $d=50$ mm y gira a 900 rpm. Calcula: a) el diámetro de la rueda conducida; b) el número de rpm con que gira la rueda; c) la distancia entre ejes.
11. Un piñón cuyo módulo es 2mm y su diámetro primitivo de 90 mm engrana con una rueda de 60 dientes. Calcula: a) número de dientes del piñón (Z_1); b) diámetro primitivo de la rueda (D_p); c) número de revoluciones de la rueda (N) si $n=1000$ rpm

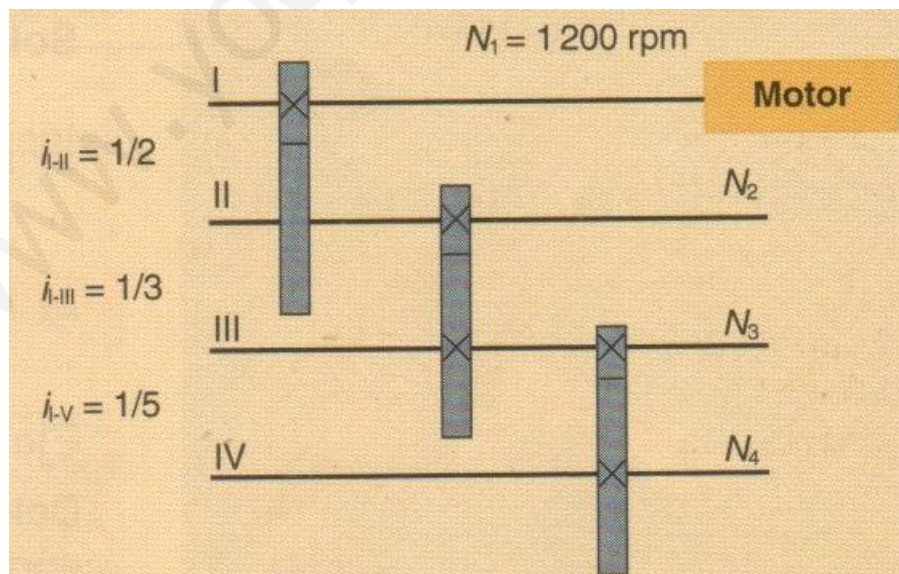
12. Un árbol gira a 1000 rpm y el conducido a 2500 rpm. Si ambos están unidos por un par de engranajes de dientes rectos y separados 70 mm, calcula el diámetro primitivo de ambos y el número de dientes si el módulo es de 2 mm

PROBLEMAS DE CADENAS CINEMÁTICAS Y CAJA DE VELOCIDADES

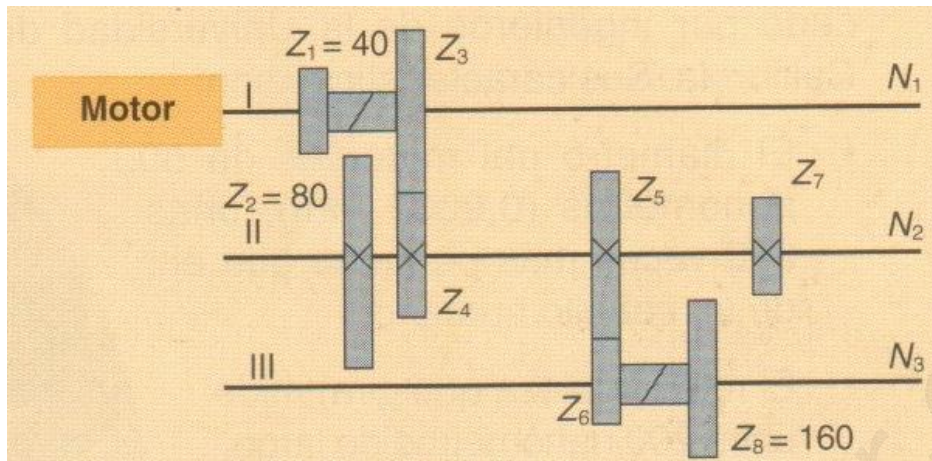
13. El número de dientes de cada uno de los engranajes es el que se muestra en el dibujo, y el número de revoluciones del motor es de 1800, determina el número de revoluciones para el árbol III, dependiendo de la combinación de engranajes.



14. Una caja de velocidades dispone de cuatro árboles de transmisión y tres pares de engranajes fijos. Sabiendo que las relaciones de transmisión entre los tres ejes son: $i_{I-II}=1/2$, $i_{II-III}=1/3$, $i_{III-IV}=1/5$, calcula el número de revoluciones con que gira el árbol IV (N_4) sabiendo que el motor gira a 1200 rpm.



15. Suponiendo que el árbol I de la figura adjunta se conecte un motor que gira a 2200 rpm y tenga una potencia de 3CV, calcula el número de revoluciones con que girará el tercer árbol dependiendo de las distintas combinaciones de engranajes de dientes rectos. Los datos son: $D_{p4}=120$ mm, módulo $m=6$; $i_{II-III}=1/4$ (cuando Z_7 engrana con Z_8) y $D_{p6}=300$ mm



EJERCICIOS VARIOS

16. El primer ingeniero que consiguió recopilar e inventar un total de 80 máquinas simples (mecanismos o elementos de máquinas) y las denominó alfabeto mecánico fue:
a) Da Vinci (italiano) b) Hachette (francés) c) Arquímedes (griego) d) Polhem (sueco)
17. Indica cuál de los siguientes motores no es un motor secundario:
a) Motor diésel b) Motor Stirling c) Turborreactor d) Turbina hidráulica
18. ¿Cuál de los siguientes elementos transmisores del movimiento no es un acoplamiento móvil?
a) Bridas b) Junta homocinética c) Junta elástica d) Junta cardan
19. Do ruedas de fricción troncocónicas tienen una relación de transmisión $i=1/4$. Si la rueda conductora gira a 600 rpm, ¿con qué número de revoluciones girará la rueda conducida?
a) 4 rpm b) 600 rpm c) 150 rpm d) 2400 rpm
20. Para transmitir movimiento entre ejes paralelos, se puede utilizar:
a) Engranajes cónicos b) Tornillo sin fin y corona c) Hipoide d) Cadena y engranajes
21. Si un engranaje tiene módulo 2, podemos asegurar que su diámetro primitivo es igual a:
a) Número de dientes b) Doble del número de dientes c) dos d) πm

22. Si un árbol se le aplica un momento o par de $9'3 \text{ Kp.m}$ y gira a 1000 rpm , ¿qué potencia suministra?
- a) 100 CV b) 10 CV c) No se puede calcular d) 13 CV
23. El cociente entre el diámetro primitivo y el número de dientes de un engranaje se conoce con el nombre de:
- a) Envolverte b) Módulo c) Diámetro interior d) Perfil
24. Señala cuál de los siguientes elementos transmisores del movimiento no permite transmitir un movimiento entre ejes que se cruzan:
- a) Engranaje helicoidal b) Tornillo sin fin-corona c) Hipoide d) Ruedas de fricción cónicas
25. ¿Cuál es la diferencia entre motores primarios y motores secundarios?
26. ¿En qué se diferencia un árbol de transmisión de un eje?
27. ¿Qué misión tienen los acoplamientos móviles?
28. ¿Cómo se indica el diámetro, radio y número de revoluciones de un piñón y una rueda en una transmisión mecánica?
29. Define qué es la velocidad tangencial. Si tenemos dos ruedas de fricción exteriores de diámetros $d=5 \text{ cm}$ y $D=10 \text{ cm}$, que están en contacto, ¿Qué velocidad tangencial tiene cada una si $n=1000 \text{ rpm}$? ¿Por qué?
30. ¿Cuál es el valor de la fórmula que nos indica el valor de la separación entre ejes de dos ruedas de fricción exteriores e interiores?
31. ¿En qué casos se suelen emplear correas y poleas redondas?
32. ¿Qué nombre recibe el engranaje conductor y conducido?
33. Señala tres tipos de engranajes que se empleen para transmitir el movimiento entre ejes paralelos. ¿Qué ventaja supone su uso frente a las correas y ruedas de fricción exteriores e interiores?
34. ¿A qué se define como módulo y paso? ¿Qué es el diámetro primitivo?
35. ¿Qué son los engranajes helicoidales? ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen respecto a los engranajes rectos?
36. ¿Qué tipos de engranajes se pueden utilizar para transmitir movimiento entre ejes que se cortan y entre ejes que se cruzan?
37. ¿Qué características tiene el tornillo sin fin?