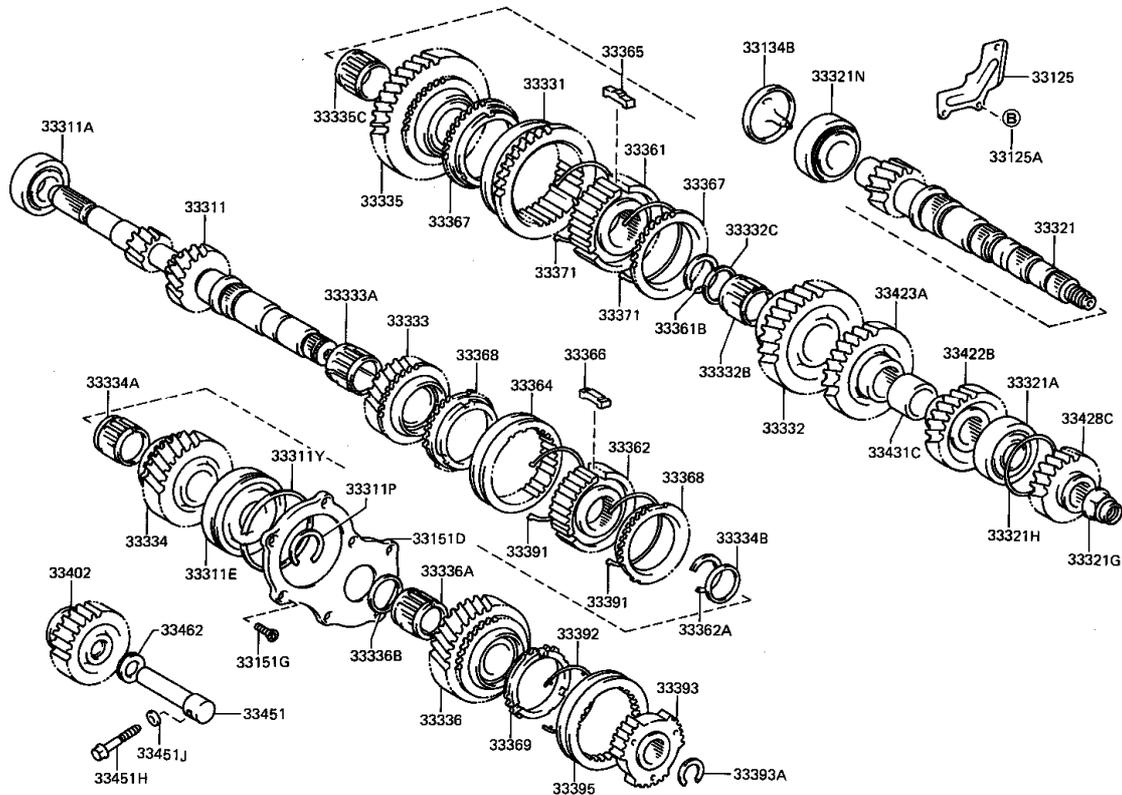


Apuntes: máquinas y sistemas mecánicos.



1. Ventaja mecánica.

2. Elementos mecánicos transmisores de movimiento

- 2.1. Árbol de transmisión.
- 2.2. Ruedas de fricción.
- 2.3. Engranajes.
- 2.4. Poleas y correas.
- 2.5. Cadenas cinemáticas.
- 2.6. Relación entre potencia y par.

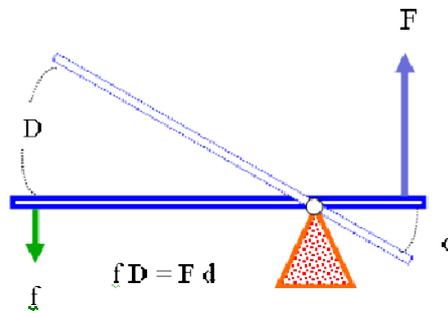
Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

1. Ventaja mecánica

Una máquina es un dispositivo para multiplicar fuerzas o cambiar simplemente la dirección de las fuerzas. El fundamento de toda máquina es la *conservación de la energía*. Por ejemplo la palanca de la figura inferior. Al mismo tiempo que se hace trabajo sobre un extremo de la palanca, el otro extremo hace trabajo sobre una carga. Observa que hay un cambio en la dirección de la fuerza, porque si se empuja hacia abajo, la carga se levanta. Si el calor de las fuerzas de fricción es lo bastante pequeño como para ser considerado insignificante, el trabajo de entrada será igual al trabajo de salida.

Trabajo de entrada = trabajo de salida

$$(\text{Fuerza} \times \text{distancia})_{\text{entrada}} = (\text{fuerza} \times \text{distancia})_{\text{salida}}$$



$$f/F = D/d$$

Si el punto de apoyo de la palanca está relativamente cerca de la carga, entonces una pequeña fuerza de entrada producirá una gran fuerza de salida. La razón es que la fuerza de entrada se ejerce a través de una distancia correspondientemente corta. **De esta manera, una palanca puede multiplicar fuerzas. Pero ninguna máquina puede multiplicar trabajo o energía.**

Cualquier máquina que multiplique la fuerza, lo hace a expensas de la distancia. Asimismo, cualquier máquina que multiplique la distancia, tal como la construcción del antebrazo y el codo, lo hace a expensas de la fuerza. Ninguna máquina o dispositivo puede generar más energía de la que se le suministra. Una máquina puede multiplicar fuerza, pero no energía. Ninguna máquina puede crear energía; solo puede transferir energía de un lugar a otro o transformarla de una forma a otra.

Eficiencia.

Una máquina ideal operaría a 100% de eficiencia. En la práctica esto no sucede y nunca puede esperarse que suceda. En cualquier transformación algo de energía se disipa en energía cinética molecular: calor.

Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía, estos procesos se relacionan del modo siguiente:

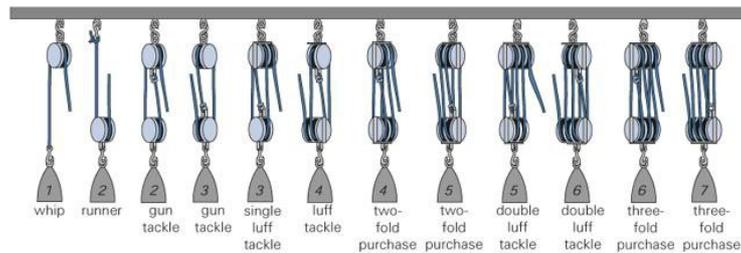
Trabajo de entrada = trabajo contra la fricción + trabajo de salida.

La cantidad de trabajo útil realizado por una maquina, nunca puede ser mayor que el trabajo que se le ha suministrado; siempre habrá cierta pérdida debido a la fricción. Cuanto más podamos reducir la perdida por fricción en una maquina, tanto mayor será la recompensa a nuestro esfuerzo. La eficiencia E de una maquina se define como el cociente entre el trabajo de salida y el trabajo de entrada:

$$E = \text{trabajo de salida} / \text{trabajo de entrada}$$

La eficiencia así definida será siempre entre 0 y 1. La práctica común es expresar esta fracción como un porcentaje multiplicando el número decimal por 100

Ventaja mecánica.



Todas las maquinas simples como el polipasto, la palanca, el montacargas de cadena, los engranes, el plano inclinado y el gato de tornillo, desempeñan un importante papel en la industria moderna.

La **ventaja mecánica real** V_{mr} de una maquina se define como el cociente entre la fuerza de salida F_s y la fuerza de entrada F_e :

$$V_{mr} = F_s / F_e$$

Una ventaja mecánica real mayor que 1, indica que la fuerza de salida es mayor que la fuerza de entrada. Aunque la mayor parte de las maquinas tienen valor de V_{mr} mayores que 1, no siempre este es el caso. Al manejar objetos frágiles y pequeños, es deseable hacer más pequeña la fuerza de salida que la fuerza de entrada.

Definimos la **ventaja mecánica ideal** V_{mi} como el cociente ideal de las distancias correspondientes a las fuerzas de entrada y salida.

$$V_{mi} = d_e / d_s$$

Por lo tanto la eficiencia:

$$E = V_{mr} / V_{mi}$$

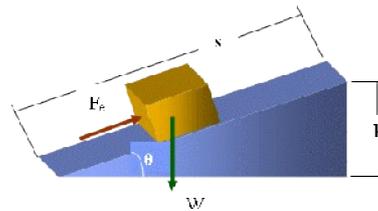
Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.



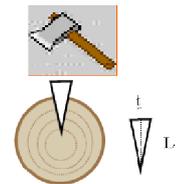
Ejercicio 1. Una barra de hierro de 3 m de largo se utiliza para levantar un bloque de 80 kg. La barra se emplea como palanca y el fulcro está ubicado a 78 cm del bloque. ¿Cuál es la ventaja mecánica ideal del sistema y que fuerza de entrada se requiere?



Ejercicio 2. La caja de madera de 250 lb de la figura de la derecha, se levantara hasta una plataforma de 2 m de altura. Se utiliza una rampa de 4 m para deslizar la caja desde el suelo hasta la plataforma. ¿Cuál es la ventaja ideal de la rampa?



Ejercicio 3. Calcula la ventaja mecánica ideal de una cuña de 10 cm de largo por 2 cm de ancho.



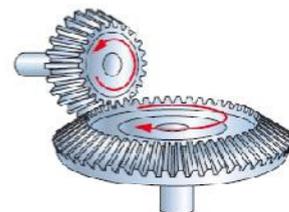
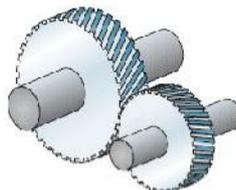
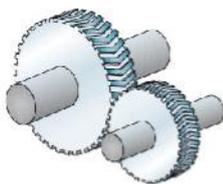
Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

2. Elementos mecánicos transmisores de movimiento

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Típicamente, la transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente. En la vida diaria se asocian habitualmente las transmisiones con los automóviles. Sin embargo, las transmisiones se emplean en una gran variedad de aplicaciones, algunas de ellas estacionarias. Las transmisiones primitivas comprenden, por ejemplo, reductores y engranajes en ángulo recto en molinos de viento o agua y máquinas de vapor, especialmente para tareas de bombeo, molienda o elevación (norias).

Directos	Árboles de transmisión	Acoplamiento móvil	Juntas elásticas Juntas cardán Juntas homocinéticas Juntas oldhan
		Acoplamiento móvil deslizante	
		Acoplamiento rígido	
	Ruedas	De fricción	Exteriores Interiores Troncónicas
		Dentadas (engranajes)	Dientes rectos Dientes helicoidales Dientes en V Dientes epicicloidales Hipoide Tornillo sinfín
Indirectos	Por correa	Trapezoidal	
		Redonda	
		Plana	
		Dentada	
	Por cadena		

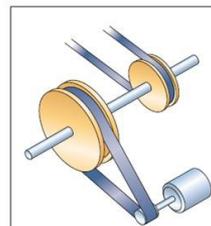


2.1. Árbol de transmisión.

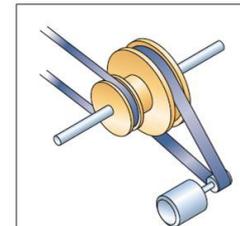
Un árbol de transmisión es un elemento de revolución que permite unir dos ejes, que están en prolongación uno con el otro, separados una cierta distancia, y transmitir el movimiento de giro entre ambos, por tanto, permite transmitir potencia o energía. El árbol de transmisión soporta esfuerzos de torsión y en ocasiones de flexión.

Debemos distinguir entre árbol de transmisión y eje. Un eje se define como un elemento de máquinas, que soporta diferentes piezas que giran, pero que no transmite potencia y por tanto no tendrá que soportar esfuerzos de torsión.

Un acoplamiento es un dispositivo que se utiliza para unir dos ejes en sus extremos con el fin de transmitir potencia. Existen dos tipos generales de acoplamientos: rígidos y flexibles.



Árbol de transmisión: está sometido a torsión.

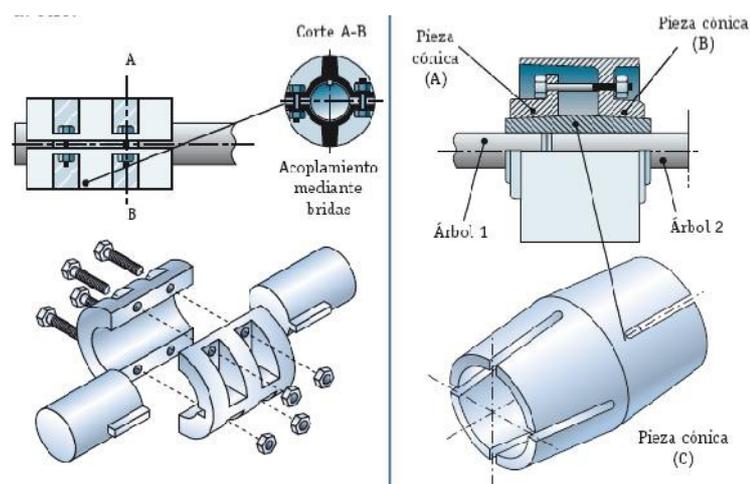


Eje: solamente soporta el peso de las poleas.

Algunos tipos de acoplamientos pueden funcionar como "fusible mecánico", permitiendo su rotura cuando se sobrepase cierto valor de par, salvaguardando así partes delicadas de la instalación que son más caras. Esto se consigue fabricando el acoplamiento o parte de él con materiales menos resistentes o con secciones calculadas para romper con un determinado esfuerzo.

2.1.1. Acoplamiento rígido.

Los elementos se encuentran colocados en la misma línea y no sufren variación de posición durante el funcionamiento. En esta situación se unen de forma rígida mediante bridas o platillos.



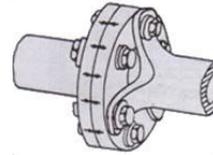
Las principales características que debe reunir un acoplamiento rígido son: que sea resistente, simple, equilibrado, que realice un buen centrado de los árboles a unir y que su montaje y desmontaje puedan realizarse con facilidad.

Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

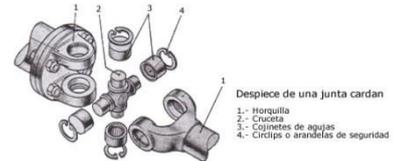
2.1.2. Acoplamiento móvil.

Este tipo de acoplamiento permite una cierta inclinación entre los ejes unidos, es decir, los ejes no están alineados en algún momento durante el funcionamiento. Dependiendo del ángulo que forme el árbol con los ejes se pueden utilizar los siguientes tipos de juntas:

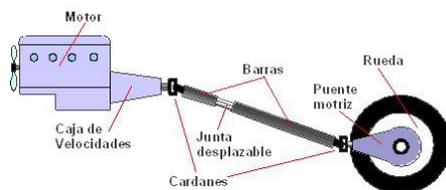
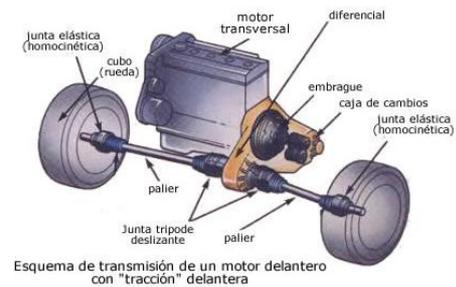
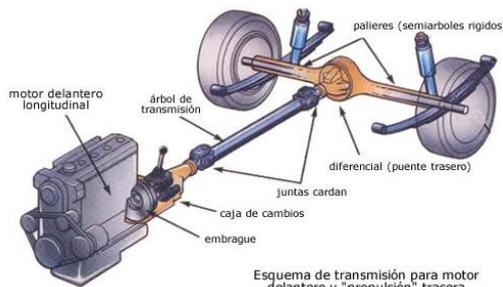
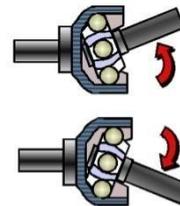
Elásticas. Absorben pequeñas irregularidades y permiten un desalineamiento máximo de 15 grados.



Cardán. Permiten elevados desalineamientos, tanto angulares como radiales. De hecho, se suelen usar para transmitir movimiento entre ejes paralelos.



Homocinéticas. Poseen una pieza intermedia con bolas, lo cual permite elevadas desalineaciones. Son típicas en automoción (caja de cambios-rueda).



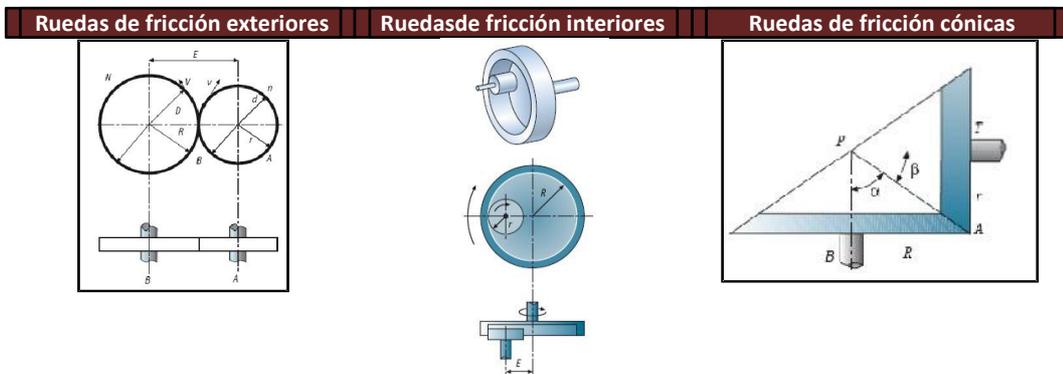
2.2. Ruedas de fricción.

Permiten transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos o perpendiculares, modificando las características de velocidad y/o sentido de giro.

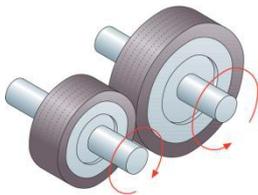
Se realiza mediante dos discos, fijos a sus ejes respectivos, que se encuentran en contacto entre sí, transmitiéndose el movimiento por fricción. Para ello se emplean materiales con alto coeficiente de rozamiento, evitando que resbale uno sobre el otro.

Este tipo de transmisión es fácil de fabricar, casi no necesita mantenimiento y no produce ruidos. Tiene la limitación de que no puede transmitir grandes esfuerzos, al estar limitada por la capacidad de fricción de las ruedas.

Existen tres formas de transmitir el movimiento mediante fricción:



2.2.1. Ruedas de fricción exteriores.



Formadas por dos discos que se encuentran en contacto en su periferia. El contacto se realiza por presión, obligando a la rueda conductora a hacer girar a la conducida. Para realizar cálculos relacionados con este sistema, necesitaremos tener en cuenta lo siguiente:

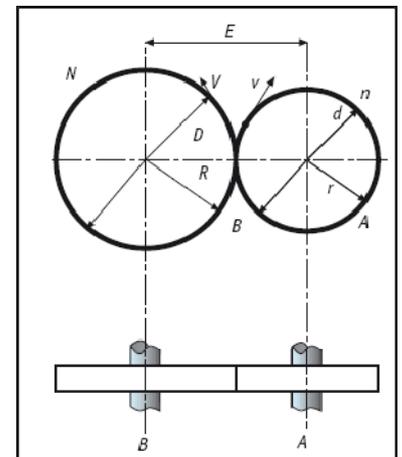
$$E = r + R$$

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

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

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

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



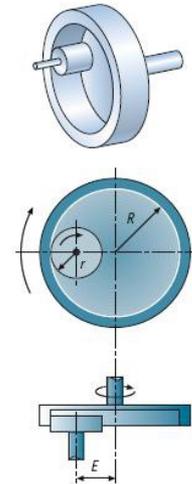
Donde r es el radio y n la velocidad de giro en r.p.m.

2.2.2. Ruedas de fricción interiores.

Se caracterizan porque la rueda conductora y la conducida giran en el mismo sentido. En este sistema la relación de transmisión y la distancia entre ejes vienen dadas por las siguientes expresiones:

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

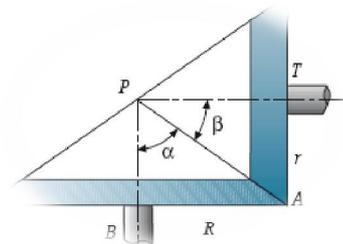
$$i = \frac{r}{R} = \frac{d}{D} = \frac{N}{n}$$



2.2.3. Ruedas de fricción cónicas.

Sirven para transmitir el movimiento entre ejes perpendiculares. En este sistema la relación de transmisión y viene dada por la siguiente expresión:

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



 **Ejercicio 4.** Dos ruedas de fricción exteriores giran entre sí sin deslizamiento. Sabiendo que la relación de transmisión vale $\frac{1}{4}$ y que la distancia entre ejes es de 400 mm, determina el diámetro de ambas ruedas.

 **Ejercicio 5.** La relación de transmisión entre dos ruedas interiores es de $\frac{1}{3}$. El diámetro del piñón es de 50 mm y gira a 900 rpm. Calcula:

- El diámetro de la rueda conducida.
- Las rpm de la rueda conducida.
- La distancia entre sus centros.

2.3. Engranajes.

Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina **corona** y la menor **piñón**.

Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas o por ruedas de fricción es que no patinan, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión y se pueden transmitir grandes esfuerzos.

Por medio de engranajes se puede transmitir movimiento entre árboles o ejes paralelos o perpendiculares.



2.3.1. Transmisión entre ejes paralelos.

Se utiliza para ejes con poca separación, siendo la forma de los piñones o ruedas dentadas cilíndrica. Normalmente el tallado de los dientes es sobre la superficie exterior. Los dientes de las ruedas pueden ser:

Dientes rectos		
Dientes helicoidales		
Dientes en V		

Dientes rectos. Son el tipo de engranajes más comunes. Se utilizan, generalmente, para pequeños esfuerzos y en aplicaciones a bajas y medianas velocidades. Tiene el inconveniente de ser bastante ruidosos y de transmitir el esfuerzo solamente con el diente que está engranado. Para realizar cálculos relacionados con este tipo de engranajes deberemos tener en cuenta las siguientes definiciones:

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 interior.

Circunferencia exterior: limita los dientes por la parte exterior.

Número de dientes: llamamos Z_p al número de dientes del piñón y Z_r al número de dientes de la rueda.

Paso (P): es la diferencia entre dos puntos iguales de dos dientes consecutivos medidos sobre la circunferencia primitiva.

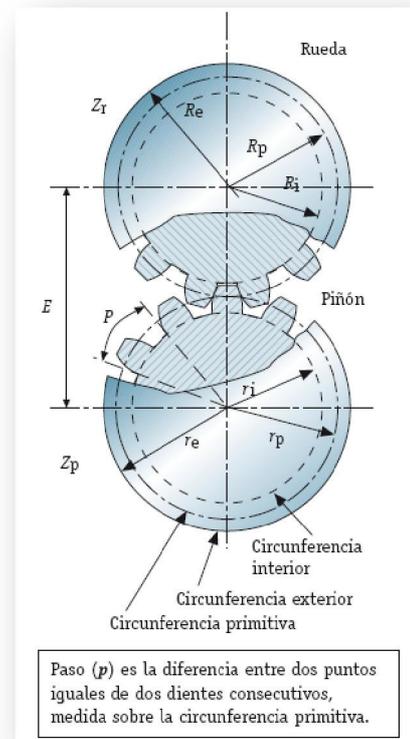
Relación de transmisión: vendrá dada por:

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

Módulo (m): es un valor característico de las ruedas dentadas que se expresa en milímetros. Se define como el valor del diámetro de una circunferencia que tiene como longitud el valor del paso. Es decir

$$P=m$$

Para que dos engranajes puedan engranar entre sí deben tener el mismo módulo.

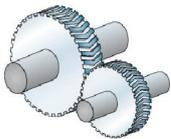
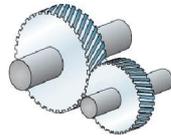


Módulos normalizados (m), según norma UNE 18001

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

Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

Dientes helicoidales. Poseen un dentado oblicuo con relación al eje de rotación. Suelen colocarse paralelos o cruzados a 90 grados. Tienen la particularidad de que varios dientes están engranados a la vez y por tanto son más eficientes que los de dientes rectos, por mantener tanto la potencia como la velocidad. Son duraderos y silenciosos, pero más costosos. Además al estar los dientes inclinados se produce un esfuerzo axial sobre el eje de apoyo.



Dientes en V. Este tipo de engranajes se utilizan para eliminar el empuje axial que tienen los engranajes helicoidales simples y sus dientes forman una especie de "V". Generalmente se forman uniendo dos engranajes de dientes helicoidales cuyos dientes forman un ángulo complementario.

2.3.2. Transmisión entre ejes perpendiculares.

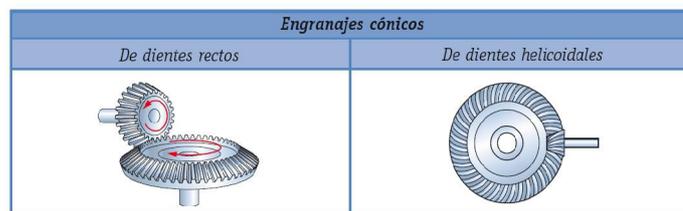
Este tipo de transmisión se puede realizar entre ejes que se cortan y entre ejes que se cruzan.

Entre ejes que se cortan.

En este caso los engranajes suelen ser:

De dientes rectos: Cónicos.

De dientes helicoidales: engranajes cónicos helicoidales.



Entre ejes que se cruzan.

En este caso existen tres posibilidades:

Hipoide.

Tornillo sin fin y rueda cóncava. Tiene la ventaja de que sólo puede transmitir el movimiento del tornillo a la rueda y nunca al revés.

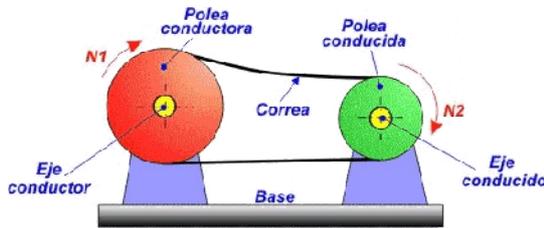
Engranajes helicoidales.

Tornillo sin fin-corona	Hipoide	Helicoidales
<p>Sin fin Corona</p>		
<p>El movimiento solamente se transmite del tornillo a la corona y nunca al revés. Esto lo hace muy adecuado para su uso en tornos que suben agua o materiales de construcción, ascensores, etc.</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>

Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

2.4. Poleas y correas.

Los sistemas de transmisión por correa se emplean para transmitir la potencia y el movimiento, proporcionados por un elemento motor, entre dos ejes que se encuentran alejados uno del otro. Para ello se monta sobre cada uno de los ejes una polea y se enlazan ambas mediante una correa cerrada.



El principal inconveniente del sistema de transmisión por correa es que siempre existen pérdidas de velocidad por el resbalamiento de las correas. Para evitar las pérdidas de velocidad por resbalamiento entre la polea y la correa se pueden emplear correas dentadas. De esta manera, aumenta la sujeción entre la polea y la correa. En este sistema la relación de transmisión vendrá dada por la fórmula:

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

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

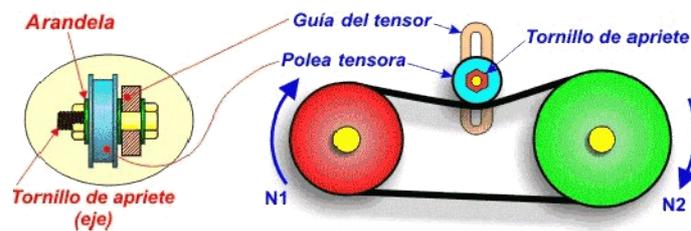
Existen diferentes tipos de correas para llevar a cabo la transmisión del movimiento. Estas correas se clasifican según la forma de su sección transversal, y pueden ser planas, redondas o trapezoidales.

Tipos	Polea	Correa	Material / aplicaciones
<p>Trapezoidal. Es la más utilizada para usos industriales.</p>			<p>Fibras de algodón Nylon Material reforzado Neopreno</p>
<p>Plana/rectangular. Muy empleada para transmitir pequeñas potencias, como, por ejemplo, en el interior de casetes, 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>Redonda. 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>			

Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

Las correas planas y las redondas cada vez se utilizan menos mientras que las trapeciales son las más utilizadas. Las correas trapeciales, al tener su sección en forma de cuña tienden a clavarse en la acanaladura de la periferia de la polea en la que van colocadas, evitando que la correa se salga de dicha acanaladura. Además ejercen mayor presión sobre la polea, y así se evitan los resbalamientos de la correa sobre la polea, lo que produciría pérdidas de velocidad fuerza.

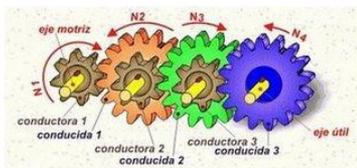
La transmisión por correa se emplea principalmente para transmitir movimiento entre ejes paralelos. Aunque también es posible transmitir movimiento entre ejes que no estén paralelos, como puedes observar en las ilustraciones anteriores.



Si queremos evitar que las correas se salgan de las poleas, es necesario que las correas se mantengan

tensadas. Para ello se emplean rodillos tensores, que ejercen sobre las correas la presión necesaria para mantenerlas en tensión.

2.5. Cadenas cinemáticas.



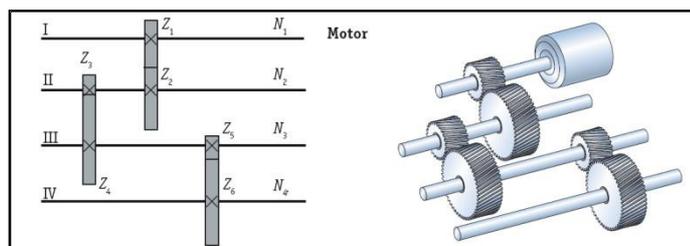
Una cadena cinemática es un conjunto de dos o más pares de engranajes, que engranan entre si, y que tienen por finalidad variar el número de revoluciones del último eje.

En la representación de cadenas cinemáticas debes tener en cuenta las siguientes reglas:

Los engranajes se dibujan mediante un rectángulo con una X en su interior.

Cada árbol se indica mediante un número romano.

A cada engranaje se le asigna una Z seguida de un subíndice que para los engranajes conductores será par y para los conducidos será impar.



Tecnología Industrial: Máquinas y sistemas mecánicos.

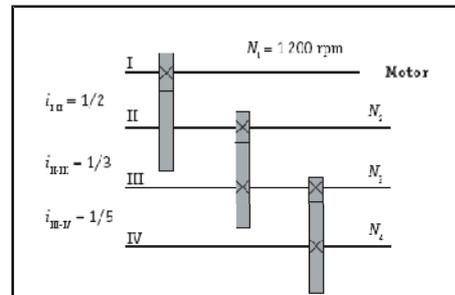
Para la realización de cálculos relacionados con cadenas cinemáticas debes tener en cuenta lo siguiente:

- Relación de transmisión entre los ejes I y II: $i_{I-II} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{N_2}{N_1}; N_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot N_1$
- Relación de transmisión entre los ejes II y III: $i_{II-III} = \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{N_3}{N_2}; N_3 = \frac{Z_3}{Z_4} \cdot N_2$
- Relación de transmisión entre los ejes I y III:

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



Ejercicio 6. Una cadena cinemática dispone de cuatro árboles de transmisión y tres pares de engranajes fijos como se indica en la figura. 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 sabiendo que el motor gira a 1200 rpm.



2.6. Relación entre potencia y par.

El par motor es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro. 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: $M = \frac{60 P}{2 \pi N}$



Ejercicio 7. Calcula el par transmitido por las ruedas de un coche, cuando giran a 800 rpm y cuando giran a 2000 rpm, si la potencia del motor es de 80 CV y no se producen pérdidas de potencia.