



SISTEMAS MECÁNICOS

1. MÁQUINAS. INTRODUCCIÓN

El ser humano siempre intenta realizar trabajos que sobrepasan su capacidad física o intelectual. Algunos ejemplos de esta actitud de superación pueden ser: mover rocas enormes, elevar coches para repararlos, transportar objetos o personas a grandes distancias, extraer sidra de la manzana, cortar árboles, resolver gran número de problemas en poco tiempo...

Para solucionar estos grandes retos se inventaron las *máquinas*: una grúa o una excavadora son máquinas; pero también lo son una bicicleta, o los cohetes espaciales; sin olvidar tampoco al simple cuchillo, las imprescindibles pinzas de depilar, el adorado ordenador o las obligatorias escaleras. Todos ellos son máquinas y en común tienen, al menos, una cosa: son **inventos humanos** cuyo fin es **reducir el esfuerzo necesario para realizar un trabajo**.

Prácticamente cualquier objeto puede llegar a convertirse en una máquina sin más que darle la utilidad adecuada. Por ejemplo, una cuesta natural no es, en principio, una máquina, pero se convierte en ella cuando el ser humano la usa para elevar objetos con un menor esfuerzo (es más fácil subir objetos por una cuesta que elevarlos a pulso); lo mismo sucede con un simple palo que nos encontramos tirado en el suelo, si lo usamos para mover algún objeto a modo de palanca ya lo hemos convertido en una máquina.

1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS

Las máquinas inventadas por el hombre se pueden clasificar atendiendo a tres puntos de vista:

Según su **complejidad**, que se verá afectada por el número de operadores (piezas) que la componen.
Según el **número de pasos** o encadenamientos que necesitan para realizar su trabajo.
Según el **número de tecnologías** que la integran.

1.1.1. SEGÚN SU COMPLEJIDAD SEGÚN EL NÚMERO DE PIEZAS

Analizando nuestro entorno podemos encontrarnos con máquinas **sencillas** (como las pinzas de depilar, el balancín de un parque, un cuchillo, un cortaúñas o un motor de gomas), **complejas** (como el motor de un automóvil o una excavadora) o **muy complejas** (como un cohete espacial o un motor de reacción), todo ello dependiendo del *número de piezas empleadas en su construcción*.

SEGÚN EL NÚMERO DE PASOS O ENCADENAMIENTOS

También nos podemos fijar en que el funcionamiento de algunas de ellas nos resulta muy fácil de explicar, mientras que el de otras solo está al alcance de expertos. La diferencia está en que algunas máquinas solamente emplean un paso para realizar su trabajo (máquinas simples), mientras que otras necesitan realizar varios *trabajos encadenados* para poder funcionar correctamente (máquinas compuestas).

La mayoría de nosotros podemos describir el funcionamiento de una escalera (solo sirve para subir o bajar por ella) o de un cortaúñas (realiza su trabajo en dos pasos: una palanca le transmite la fuerza a otra que es la encargada de apretar los extremos en forma de cuña); pero nos resulta muchos más difícil explicar el funcionamiento de un ordenador, un motor de automóvil o un satélite espacial.

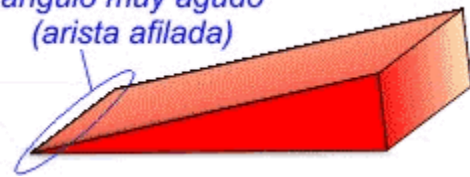


1.1.1.1. MÁQUINAS SIMPLES

Cuando la máquina es sencilla y realiza su trabajo en *un solo paso* nos encontramos ante una **máquina simple**. Muchas de estas máquinas son conocidas desde la prehistoria o la antigüedad y han ido evolucionando incansablemente (en cuanto a forma y materiales) hasta nuestros días. Algunas inventos que cumplen las condiciones anteriores son: cuchillo, pinzas, rampa, cuña, polea simple, rodillo, rueda, manivela, torno, hacha, pata de cabra, balancín, tijeras, alicates, llave fija... Las máquinas simples se pueden clasificar en seis grandes grupos.

LA CUÑA

ángulo muy agudo
(arista afilada)

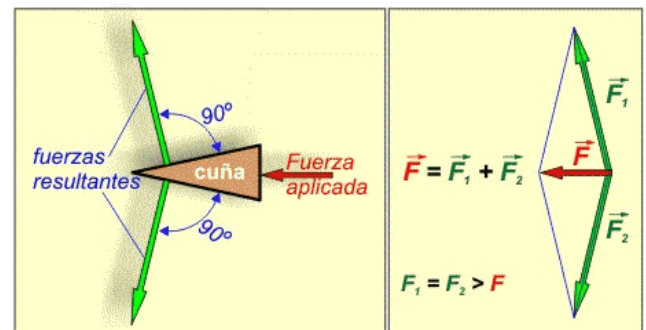


De forma sencilla se podría describir como un prisma triangular con un ángulo muy agudo. También podríamos decir que es una pieza terminada en una arista afilada que actúa como un plano inclinado móvil.

Se encuentra fabricada en madera, acero, aluminio, plásticos...

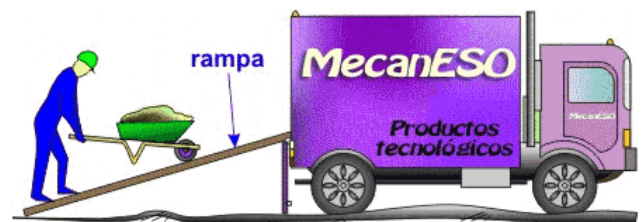
La cuña es un amplificador de fuerzas (tiene ganancia mecánica). Su forma de actuar es muy simple: transforma una fuerza aplicada en dirección al ángulo agudo (F) en dos fuerzas perpendiculares a los planos que forman la arista afilada (F_1 y F_2); la suma vectorial de estas fuerzas es igual a la fuerza aplicada.

Las fuerzas resultantes son mayores cuanto menor es el ángulo de la cuña.



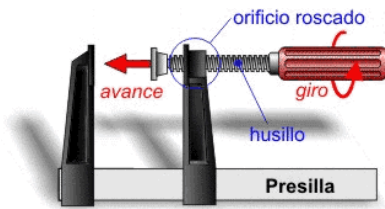
EL PLANO INCLINADO

El plano inclinado es el punto de partida de un nutrido grupo de operadores y mecanismos cuya utilidad tecnológica es indiscutible. Sus principales aplicaciones son tres:



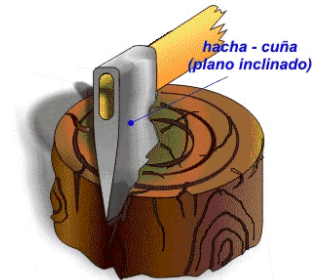


1. Se emplea en forma de **rampa** para reducir el esfuerzo necesario para elevar una masa (carreteras, subir ganado a camiones, acceso a garajes subterráneos, escaleras...)



2. En forma de **hélice** para convertir un movimiento giratorio en lineal (tornillo de Arquímedes, tornillo, sinfín, hélice de barco, tobera...)

3. En forma de **cuña** para apretar (sujetar puertas para que no se cierren, ensamblar piezas de madera...), cortar (cuchillo, tijera, sierra, serrucho...) y separar o abrir (hacha, arado, formón, abrelatas...).

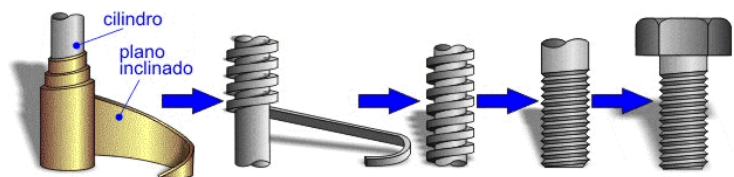


Las rampas que forman montañas y colinas son *planos inclinados*, también pueden considerarse derivados de ellas los dientes y las rocas afiladas, por tanto este operador también se encuentra presente en la naturaleza.

De este operador derivan máquinas de gran utilidad práctica como: broca, cuña, hacha, sierra, cuchillo, rampa, escalera, tornillo-tuerca, tirafondos...

TORNILLO

El **tornillo** es un operador que deriva directamente del plano inclinado y siempre trabaja asociado a un orificio roscado.



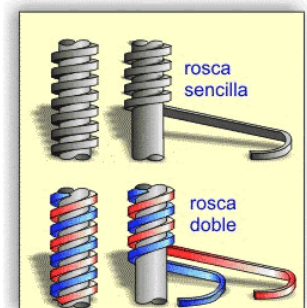
Básicamente puede definirse como *un plano inclinado enrollado sobre un cilindro*, o lo que es más realista, *un surco helicoidal tallado en la superficie de un cilindro* (si está tallado sobre un cilindro afilado o un cono tendremos un tirafondo).



En él se distinguen tres partes básicas: cabeza, cuello y rosca:

Según se talle el surco (o, figuradamente, se enrolle el plano) en un sentido u otro tendremos las denominadas rosca derecha (con el *filete* enrollado en el sentido de las agujas del reloj) o rosca izquierda (enrollada en sentido contrario).

La más empleada es la rosca derecha, que hace que el tornillo avance cuando lo hacemos girar sobre una tuerca o un *orificio roscado* en el sentido de las agujas del reloj (el tornillo empleado en los grifos hace que estos cierren al girar en el sentido de las agujas del reloj, lo mismo sucede con los tapones de las botellas de bebida gaseosa o con los tarros de mermelada).

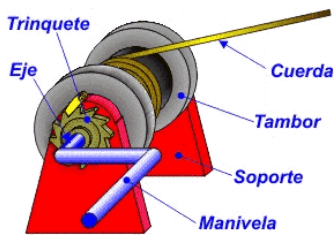




Se pueden tallar simultáneamente uno, dos o más surcos sobre el mismo cilindro, dando lugar a tornillos de rosca sencilla, doble, triple... según el número de surcos tallados sea uno, dos, tres...

La más empleada es la *rosca sencilla*, reservando las *roschas múltiples* para mecanismos que ofrezcan poca resistencia al movimiento y en los que se desee obtener un avance rápido con un número de vueltas mínimo (mecanismos de apertura y cierre de ventanas o trampillas).

TORNO



Permite convertir un movimiento giratorio en uno lineal continuo, o viceversa. Este mecanismo se emplea para la tracción o elevación de cargas por medio de una cuerda.

Ejemplos de uso podrían ser:

- Obtención de un movimiento **lineal a partir de uno giratorio** en: grúas (accionado por un motor eléctrico en vez de una manivela), barcos (para recoger las redes de pesca, *izar* o *arriar* velas, levar anclas...), pozos de agua (elevar el cubo desde el fondo), elevadoras de los automóviles...
- Obtención de un movimiento **giratorio a partir de uno lineal** en: peonzas (trompos), arranque de motores fuera-borda, accionamiento de juguetes sonoros para bebés...

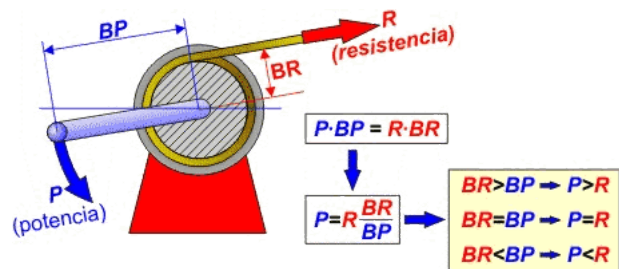
Básicamente consiste en un cilindro horizontal (**tambor**) sobre el que se enrolla (o desenrolla) una **cuerda** o cable cuando le comunicamos un movimiento giratorio a su eje.

Para la construcción de este mecanismo necesitamos, al menos: dos **soportes**, un **eje**, un **cilindro** (tambor) y una **manivela** (el eje y el cilindro han de estar unidos, de forma que ambos se muevan solidarios). A todo esto hemos de añadir una **cuerda**, que se enrolla alrededor del cilindro manteniendo un extremo libre.

Los soportes permiten mantener el eje del torno en una posición fija sobre una *base*; mientras que la manivela es la encargada de imprimirle al eje el movimiento giratorio (en sistemas más complejos se puede sustituir la manivela por un motor eléctrico con un sistema multiplicador de velocidad).

Este sistema suele complementarse con un trinquete para evitar que la manivela gire en sentido contrario llevada por la fuerza que hace la carga.

En la realidad se suele sustituir la manivela por un sistema motor-reductor (*motor eléctrico* dotado de un *reductor de velocidad*).





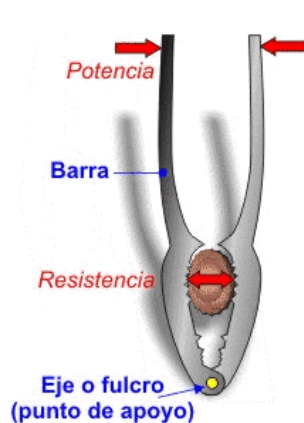
Este mecanismo se comporta exactamente igual que una palanca, donde:

- ... el *brazo de potencia (BP)* es el *brazo de la manivela* (radio de la manivela)
- ...el *brazo de resistencia (BR)* es el *radio del cilindro* en el que está enrollada la cuerda

Para que el sistema tenga *ganancia mecánica* ($P < R$) es necesario que el *brazo de potencia* (*brazo de la palanca*) sea mayor que el *brazo de la resistencia* (*radio del cilindro*).

Si la manivela tuviera el mismo radio que el tambor, tendríamos que hacer la misma fuerza que si tiráramos directamente de la cuerda ($P=R$).

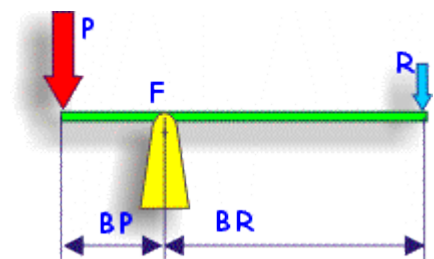
LA PALANCA



La palanca es un operador compuesto de una **barra rígida** que oscila sobre un **eje (fulcro)**. Según los puntos en los que se aplique la **potencia** (fuerza que provoca el movimiento) y las posiciones relativas de **eje** y **barra**, se pueden conseguir tres tipos diferentes de palancas a los que se denomina: **de primero, segundo y tercer género** (o grado).

El esqueleto humano está formado por un conjunto de palancas cuyo **punto de apoyo (fulcro)** se encuentra en las articulaciones y la **potencia** en el punto de unión de los tendones con los huesos; es por tanto un operador presente en la naturaleza.

De este operador derivan multitud de máquinas muy empleadas por el ser humano: cascanueces, alicates, tijeras, pata de cabra, carretilla, remo, pinzas...



Con los cuatro elementos tecnológicos de una palanca se elabora la denominada **Ley de la palanca**, que dice:

La "potencia" por su brazo es igual a la "resistencia" por el suyo.

Matemáticamente se puede poner:

$$\text{POTENCIA} \times \text{BRAZO DE POTENCIA} = \text{RESISTENCIA} \times \text{BRAZO DE RESISTENCIA}$$

$$P \times BP = R \times BR$$

Esta expresión matemática representa una proporción inversa entre la "*potencia*" y *su brazo* por un lado y la "*resistencia*" y *el suyo* por el otro. Por tanto, para una "*resistencia*" dada, aumentos de la "*potencia*" obligan a disminuir su *brazo*, mientras que aumentos del *brazo de potencia* supondrán disminuciones de su intensidad.



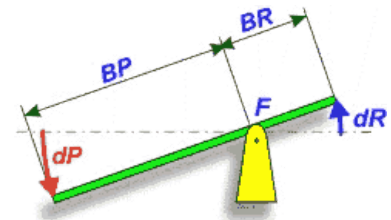
Esta expresión matemática se traduce de forma práctica si pensamos en estos ejemplos:

- La fuerza necesaria para hacer girar una puerta (potencia) es menor cuanto más lejos de las bisagras (brazo de potencia) la aplicamos.
- Es más fácil cortar un alambre (potencia) con unos alicates de corte, cuanto más cerca del eje lo colocamos (brazo de resistencia) y cuanto más lejos de él aplicamos la fuerza (brazo de potencia).
- Al emplear un cascanueces es más fácil romper la nuez (resistencia) cuanto más lejos (brazo de potencia) ejerzamos la fuerza (potencia).
- Es más fácil aflojar los tornillos de las ruedas de un coche (potencia) cuanto más larga sea la llave empleada (brazo de potencia).
- Si en vez de considerar la intensidad de las fuerzas de la "potencia" y la "resistencia" consideramos su desplazamiento, esta ley la podemos enunciar de la forma siguiente:
- **El desplazamiento de la "potencia" es a su brazo como el de la "resistencia" al suyo.**

expresión que matemáticamente toma la forma:

$$\frac{\text{Desplazamiento de la POTENCIA}}{\text{BRAZO POTENCIA}} = \frac{\text{Desplazamiento de la RESISTENCIA}}{\text{BRAZO RESISTENCIA}}$$

Esto representa una proporción directa entre el desplazamiento de la potencia y su brazo, de tal forma que para aumentar (o disminuir) el desplazamiento de la potencia es necesario también aumentar (o disminuir) su brazo, y lo mismo sucedería con la resistencia.

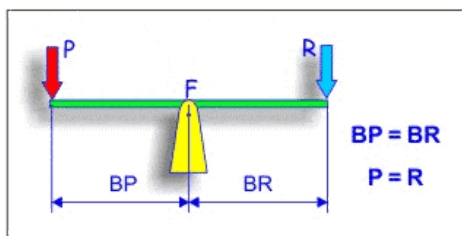


TIPOS DE PALANCAS

PALANCA DE PRIMER GRADO

La **palanca de primer grado** permite situar la carga (**R**, *resistencia*) a un lado del fulcro y el esfuerzo (**P**, *potencia*) al otro, lo que puede resultar muy cómodo para determinadas aplicaciones (alicates, patas de cabra, balancines...). Esto nos permite conseguir que la *potencia* y la *resistencia* tengan movimientos contrarios cuya amplitud (desplazamiento de la *potencia* y de la *resistencia*) dependerá de las respectivas distancias al *fulcro*.

Con estas posiciones relativas se pueden obtener tres posibles soluciones:



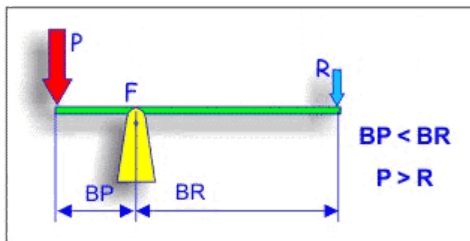
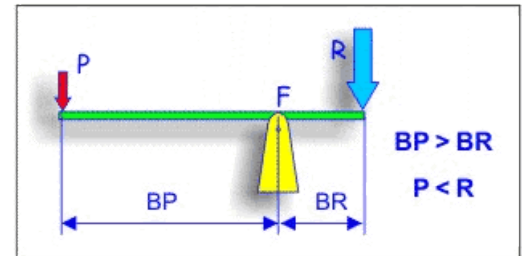
1.- Fulcro centrado, lo que implicaría que los brazos de potencia y resistencia fueran iguales ($BP=BR$)

Este montaje hace que el esfuerzo y la carga sean iguales ($P=R$), como también lo serán los desplazamientos de la potencia y de la resistencia ($DP=DR$). Es una solución que solamente aporta comodidad, pero no ganancia mecánica.



2.- Fulcro cercano a la resistencia, con lo que el brazo de potencia sería mayor que el de resistencia ($BP > BR$)

Esta solución hace que se necesite un menor esfuerzo (*potencia*) para compensar la *resistencia* ($P < R$), al mismo tiempo que se produce aun mayor desplazamiento de la potencia que de la *resistencia* ($DP > DR$). Este sistema aporta ganancia mecánica y es el empleado cuando necesitamos vencer grandes resistencias con pequeñas potencias.



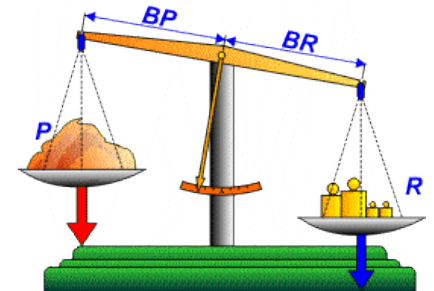
3.- Fulcro cercano a la potencia, por lo que el brazo de potencia sería menor que el de la resistencia ($BP < BR$).

Solución que hace que sea mayor el esfuerzo que la carga ($P > R$) y, recíprocamente, menor el desplazamiento de la *potencia* que el de la *resistencia* ($DP < DR$). Esta solución no aporta ganancia mecánica, por lo que solamente se emplea cuando queremos amplificar el movimiento de la potencia.

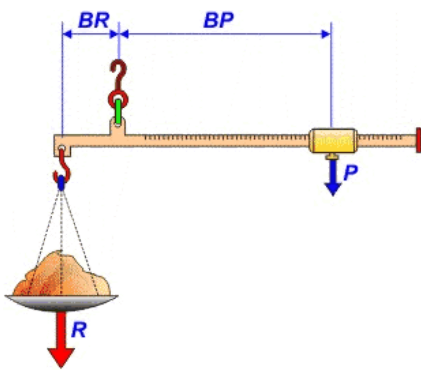
La palanca de primer grado se emplea siempre que queramos invertir el sentido del movimiento. Además:

- Podemos **mantener la amplitud** del movimiento colocando los brazos de potencia y resistencia iguales.

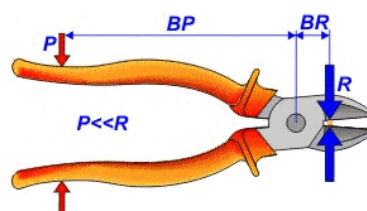
Al ser una disposición que no tiene ganancia mecánica, su utilidad se centra en los mecanismos de comparación o simplemente de inversión de movimiento. Esta disposición se emplea, por ejemplo, en balanzas, balancines de los parques infantiles...



- Podemos **reducir la amplitud** del movimiento haciendo que el brazo de potencia sea mayor que el de resistencia.

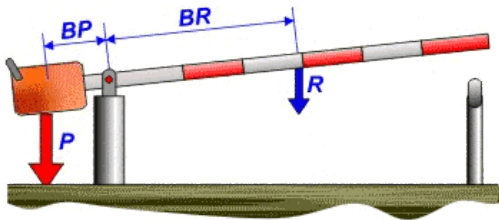


Este montaje es el único de las palancas de primer grado que tiene ganancia mecánica, por tanto es de gran utilidad cuando queremos vencer grandes resistencias con pequeñas potencias, a la vez que invertimos el sentido del movimiento. Se emplea, por ejemplo, para el movimiento de objetos pesados, balanzas romanas, alicates de corte, patas de cabra, timones de barco...





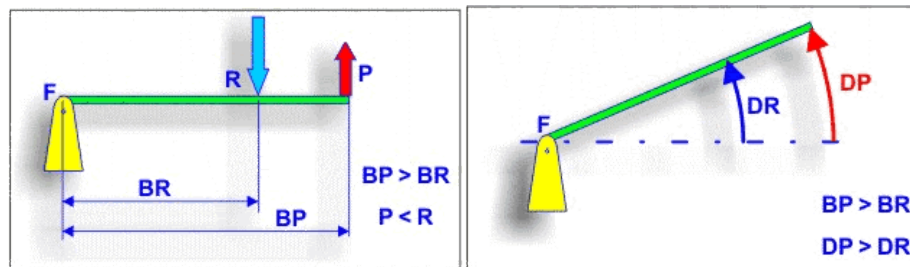
- Podemos **aumentar la amplitud** del movimiento haciendo que el brazo de la resistencia sea mayor que el de la potencia.



Esta solución presenta la ventaja de que a pequeños desplazamientos de la potencia se producen grandes desplazamientos de la resistencia, por tanto su utilidad se centra en mecanismos que necesiten amplificar e invertir el movimiento. Se utiliza, por ejemplo, en barreras elevables, timones laterales, pinzas de cocina...

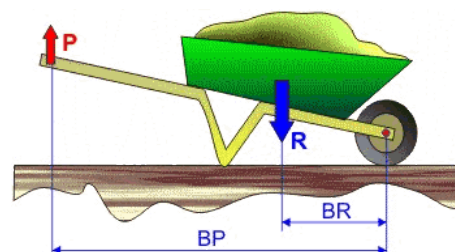
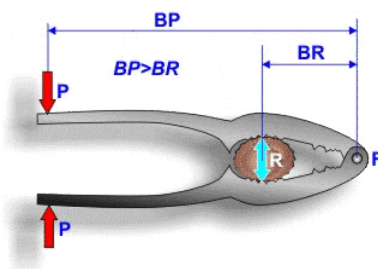
PALANCA DE SEGUNDO GRADO

La **palanca de segundo grado** permite situar la carga (R , *resistencia*) entre el *fulcro* y el esfuerzo (P , *potencia*). Con esto se consigue que el brazo de potencia siempre será mayor que el de resistencia ($BP > BR$) y, en consecuencia, el *esfuerzo menor que la carga* ($P < R$). Este tipo de palancas siempre tiene ganancia mecánica.



Esta disposición hace que los movimientos de la potencia y de la resistencia se realicen siempre en el mismo sentido, pero la carga siempre se desplaza menos que la potencia ($DR < DP$), por tanto es un montaje que atenúa el movimiento de la resistencia.

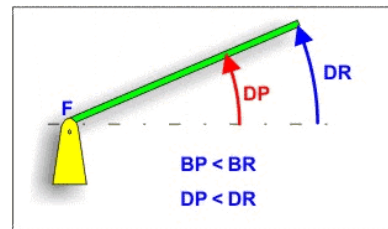
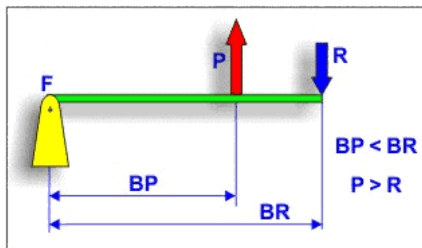
Al ser un tipo de máquina cuya principal ventaja es su ganancia mecánica, su utilidad principal aparece siempre que queramos vencer grandes resistencias con pequeñas potencias. Se emplea en cascanueces, carretillas, cortaúñas, remos...





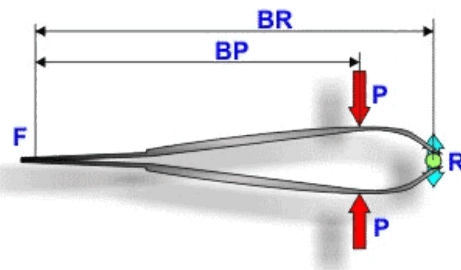
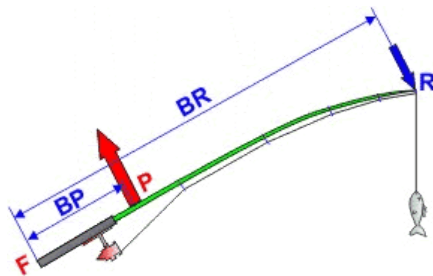
PALANCA DE TERCER GRADO

La **palanca de tercer grado** permite situar el esfuerzo (P , *potencia*) entre el *fulcro* (F) y la carga (R , *resistencia*). Con esto se consigue que el brazo de la resistencia siempre será mayor que el de la potencia ($BR > BP$) y, en consecuencia, el *esfuerzo mayor que la carga* ($P > R$). Este tipo de palancas *nunca tiene ganancia mecánica*.



Esta disposición hace que los movimientos de la potencia y de la resistencia se realicen siempre en el mismo sentido, pero la carga siempre se desplaza más que la potencia ($DR > DP$). Es un montaje, por tanto, que amplifica el movimiento de la potencia, lo que constituye su principal ventaja.

Al ser un tipo de máquina que no tiene ganancia mecánica, su utilidad práctica se centra únicamente en conseguir grandes desplazamientos de la resistencia con pequeños desplazamientos de la potencia. Se emplea en pinzas de depilar, cortaúñas, cañas de pescar.



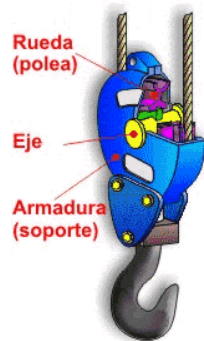
Es curioso que esta palanca sea la única presente en la naturaleza, pues forma parte del sistema mecánico de los vertebrados.

LA RUEDA

La rueda es un operador formado por un cuerpo redondo que gira respecto de un punto fijo denominado eje de giro.

Normalmente la *rueda* siempre tiene que ir acompañada de un *eje* cilíndrico (que guía su movimiento giratorio) y de un *soporte* (que mantiene al eje en su posición).

Aunque en la naturaleza también existen cuerpos redondeados (troncos de árbol, cantos rodados, huevos...), ninguno de ellos cumple la función de la rueda en las máquinas, por tanto se puede considerar que esta **es una máquina totalmente artificial**.

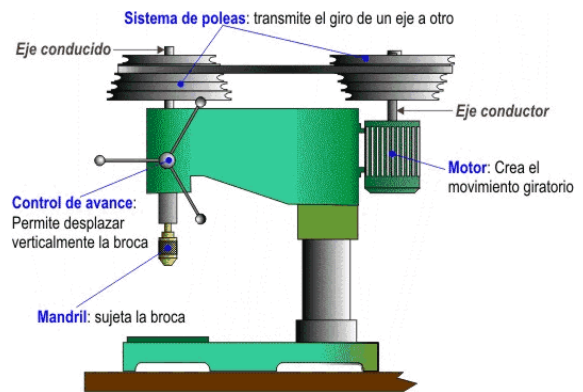


De la *rueda* se derivan multitud de máquinas de las que cabe destacar: polea simple, rodillo, tren de rodadura, noria, polea móvil, polipasto, rodamiento, engranajes, sistema correa-polea...

1.1.1.2. MÁQUINAS COMPUESTAS

Cuando no es posible resolver un problema técnico en una sola etapa hay que recurrir al empleo de una **máquina compuesta**, que no es otra cosa que una sabia combinación de diversas máquinas simples, de forma que la salida de cada una de ellas se aplica directamente a la entrada de la siguiente hasta conseguir cubrir todas las fases necesarias.

Las *máquinas simples*, por su parte, se agrupan dando lugar a los mecanismos, cada uno encargado de hacer un trabajo determinado. Si analizamos un taladro de sobremesa podremos ver que es una máquina compuesta formada por varios mecanismos: uno se encarga de crear un movimiento giratorio, otro de llevar ese movimiento del eje del motor al del taladro, otro de mover el eje del taladro en dirección longitudinal, otro de sujetar la broca, otro...



La práctica totalidad de las máquinas empleadas en la actualidad son compuestas, y ejemplos de ellas pueden ser: polipasto, motor de explosión interna (diesel o gasolina), impresora de ordenador, bicicleta, cerradura, lavadora, video...

1.1.2. SEGÚN LAS TECNOLOGÍAS QUE EMPLEA

Por último podemos ver que algunas de ellas son esencialmente *mecánicas* (como la bicicleta) o *electrónicas* (como el ordenador); pero la mayoría tienen mezcladas muchas tecnologías o tipos de energías (una excavadora dispone de elementos que pertenecen a las tecnologías eléctrica, mecánica, electrónica, hidráulica, neumática, térmica, química... todo para facilitar la extracción de tierras).

1.2. TIPOS DE MOVIMIENTO

En las máquinas se emplean 2 tipos básicos de movimientos, obteniéndose el resto mediante una combinación de ellos:

Movimiento giratorio, cuando el operador no sigue ninguna trayectoria (no se traslada), sino que gira sobre su eje.

Movimiento lineal, si el operador se traslada siguiendo la trayectoria de una línea recta (la denominación correcta sería *rectilíneo*).



Estos dos movimientos se pueden encontrar, a su vez, de dos formas:

Continuo, si el movimiento se realiza siempre en la misma dirección y sentido.

Alternativo, cuando el operador está dotado de un movimiento de vaivén, es decir, mantiene la dirección pero va alternando el sentido.

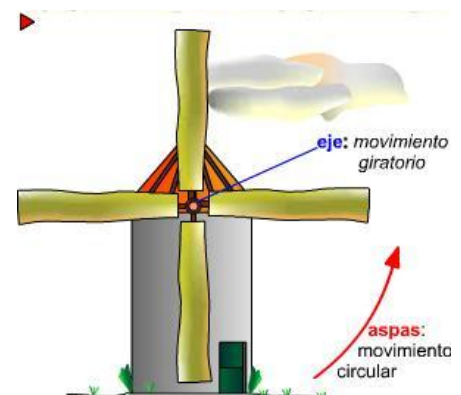
1.2.1. CIRCULAR

Si analizamos la mayoría de las máquinas que el ser humano ha construido a lo largo de la historia: molinos de viento (empleados para moler cereales o elevar agua de los pozos), norias movidas por agua (usadas en molinos, batanes, martillos pilones...), motores eléctricos (empleados en electrodomésticos, juguetes, maquinas herramientas...), motores de combustión interna (usados en automóviles, motocicletas, barcos...); podremos ver que todas tienen en común el hecho de que transforman un determinado tipo de energía (eólica, hidráulica, eléctrica, química...) en energía de tipo mecánico que aparece en forma de **movimiento giratorio continuo en un eje**.



Por otra parte, si nos fijamos en los antiguos *tornos de arco*, los actuales *exprimidores de cítricos*, el mecanismo del *péndulo de un reloj* o el eje del *balancín de un parque infantil*, podemos observar que los ejes sobre los que giran están dotados de un movimiento giratorio de vaivén; el eje gira alternativamente en los dos sentidos, es el denominado **movimiento giratorio alternativo**, también llamado **oscilante**.

Cuando hablamos de **movimiento giratorio** nos estamos refiriendo siempre al movimiento del eje, mientras que cuando hablamos de **movimiento circular** solemos referirnos a cuerpos que giran solidarios con el eje describiendo sus extremos una circunferencia. En los ejemplos anteriores podemos observar que las *aspas del molino* y el *péndulo del reloj* son los que transmiten el movimiento giratorio a los ejes a los que están unidos. Pero los extremos de las *aspas del molino* describen una circunferencia, mientras que el *péndulo del reloj* traza un arco de circunferencia. Se dice entonces que las *aspas* llevan un **movimiento circular** y el péndulo uno **oscilante** (o *pendular*, o *circular alternativo*). Este movimiento circular (sea continuo o alternativo) aparece siempre que combinemos un eje de giro con una palanca.



Se puede afirmar que el **movimiento giratorio** (*rotativo* o *rotatorio*) es el más corriente de los que pueden encontrarse en las máquinas y casi el único generado en los motores.



1.2.2. LINEAL

► Movimiento lineal continuo



Analizando el funcionamiento de una cinta transportadora (como las empleadas en aeropuertos o en las cajas de los supermercados) vemos que todo objeto que se coloque sobre ella adquiere un movimiento lineal en un sentido determinado, lo mismo sucede si nos colocamos en un peldaño de una escalera mecánica. Es el denominado **movimiento lineal continuo**. Este mismo tipo de movimiento lo encontramos también en las lijadoras de banda o las sierras de cinta.

Si ahora nos paramos a estudiar el movimiento de la aguja de una máquina de coser podemos ver que esta sube y baja siguiendo también un movimiento lineal, pero a diferencia del anterior, este es de vaivén; lo mismo sucede con las perforadoras que se emplean para abrir las calles, las bombas de hinchar balones o el émbolo de las máquinas de vapor. A ese movimiento de vaivén que sigue un trazado rectilíneo se le denomina **movimiento lineal alternativo**.



2. POLEAS

2.1. INTRODUCCIÓN

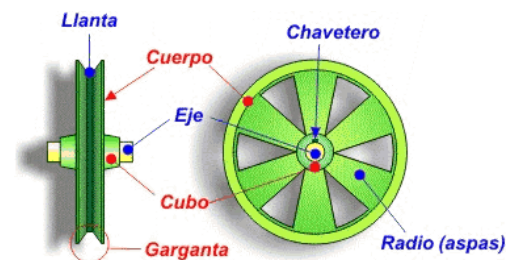
Las **poleas** son ruedas que tienen el perímetro exterior diseñado especialmente para facilitar el contacto con cuerdas o correas.

En toda polea se distinguen tres partes: **cuerpo**, **cubo** y **garganta**.

- El **cuerpo** es el elemento que une el cubo con la garganta. En algunos tipos de poleas está formado por radios o aspas para reducir peso y facilitar la ventilación de las máquinas en las que se instalan.

- El **cubo** es la parte central que comprende el orificio por donde pasa el eje, permite aumentar el grosor de la polea para aumentar su estabilidad sobre el eje. Suele incluir un **chavetero** que facilita la unión de la polea con el eje (para que ambos giren solidarios).

- La **garganta** o **canal** es la parte que entra en contacto con la **cuerda** o la **correa** y está especialmente diseñada para conseguir el mayor agarre posible. La parte más profunda recibe el nombre de **llanta**. Puede adoptar distintas formas (plana, semicircular, triangular...) pero la más empleada hoy día es la **trapezoidal**.

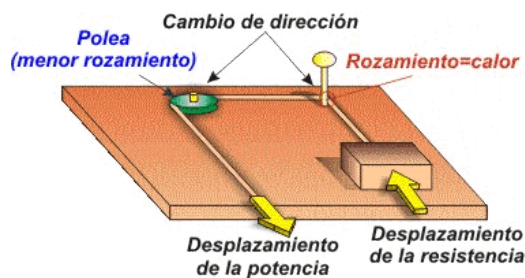




Las poleas empleadas para tracción y elevación de cargas tienen el perímetro **acanalado** en forma de **semicírculo** (para alojar cuerdas), mientras que las empleadas para la transmisión de movimientos entre ejes suelen tenerlo **trapezoidal o plano** (en automoción también se emplean correas *estriadas y dentadas*)

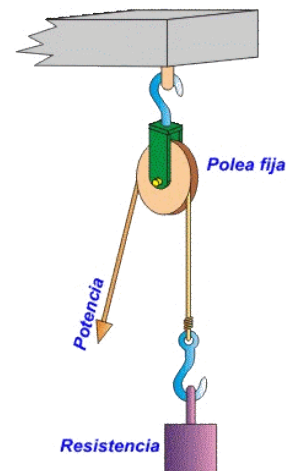
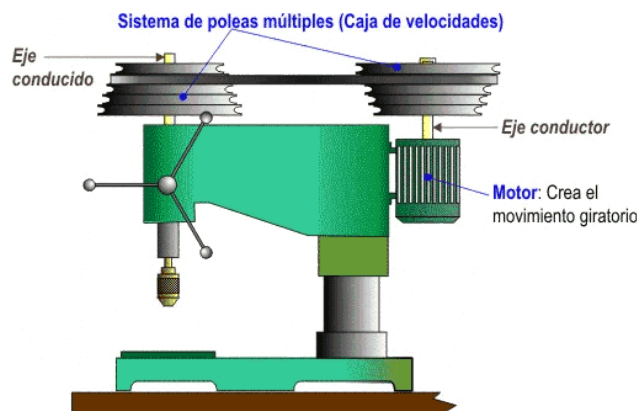
Para cuerdas	Para correas		
Semicircular	Trapezoidal	Plana	Estriada

Básicamente la polea se utiliza para dos fines: *cambiar la dirección de una fuerza mediante cuerdas o transmitir un movimiento giratorio de un eje a otro mediante correas.*



- En el primer caso tenemos una polea de cable que puede emplearse bajo la forma de **polea fija, polea móvil o polipasto**. Su utilidad se centra en la elevación de cargas (pastecas, grúas, ascensores...), cierre de cortinas, movimiento de puertas automáticas, etc.

- En el segundo caso tenemos una polea de correa que es de mucha utilidad para acoplar motores eléctricos a otras máquinas (compresores, taladros, ventiladores, generadores eléctricos, sierras...) pues permite trasladar un movimiento giratorio de un eje a otro. Con este tipo de poleas se construyen mecanismos como el multiplicador de velocidad, la caja de velocidad y el tren de poleas.

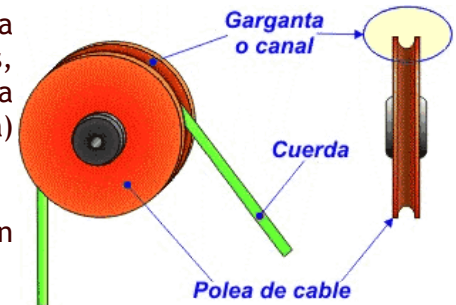




2.2. POLEA DE CABLE

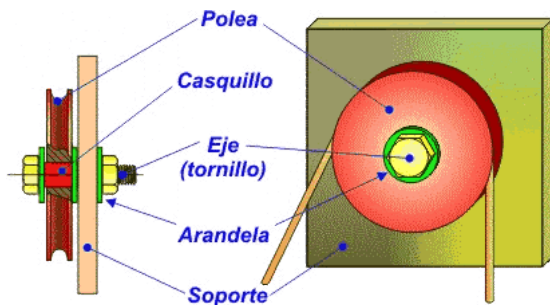
La **polea de cable** es un tipo de polea cuya *garganta (canal)* ha sido diseñada expresamente para facilitar su contacto con cuerdas, por tanto suele tener forma semicircular. La misión de la cuerda (cable) es transmitir una *potencia* (un movimiento o una fuerza) entre sus extremos.

El mecanismo resultante de la unión de una *polea de cable* con una *cuerda* se denomina **aparejo de poleas**.



Esta polea podemos encontrarla bajo dos formas básicas: como polea simple y como polea de gancho.

2.2.1. POLEA SIMPLE

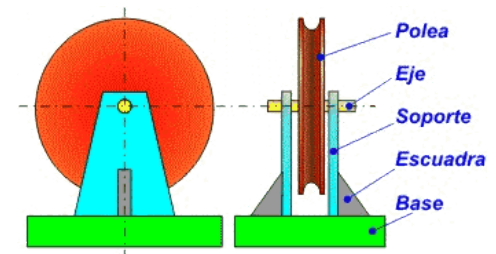


Una **polea simple** es, básicamente, una polea que está unida a otro operador a través del propio eje. Siempre va acompañada, al menos, de un **soporte** y un **eje**.

- El *soporte* es el que aguanta todo el conjunto y lo mantiene en una posición fija en el espacio. Forma parte del otro operador al que se quiere mantener unida la polea (pared, puerta del automóvil, carcasa del video...).
- El *eje* cumple una doble función: *eje de giro* de la polea y *sistema de fijación* de la polea al soporte (suele ser un tirafondo, un tornillo o un remache).

un tirafondo, un tornillo o un remache).

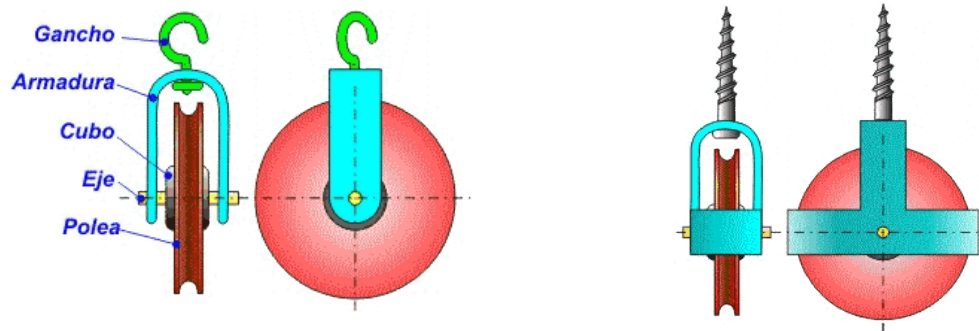
En el aula-taller podemos construir estas poleas en madera siguiendo el plano de conjunto siguiente:



2.2.2. POLEA DE GANCHO

La polea de gancho es una variación de la *polea simple* consistente en sustituir el soporte por una **armadura** a la que se le añade un **gancho**; el resto de los elementos básicos (eje, polea y demás accesorios) son similares a la anterior.

El gancho es un elemento que facilita la conexión de la "*polea de gancho*" con otros operadores mediante una unión rápida y segura. En algunos casos se sustituye el gancho por un tornillo o un tirafondo.



El **aparejo de poleas** (combinación de *poleas de cable* y *cuerda*) se emplea bajo la forma de **polea fija**, **polea móvil** o mediante combinación de poleas fijas y móviles llamadas **polipastos**:

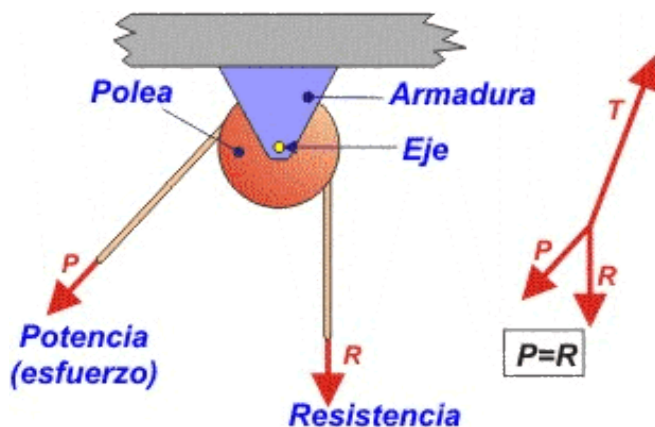
- La **polea fija** de cable se caracteriza porque su eje se mantiene en una posición fija en el espacio evitando su desplazamiento. No tiene *ganancia mecánica*, por lo que su única utilidad práctica se centra en:
 - Reducir el rozamiento del cable en los cambios de dirección (aumentando así su vida útil y reduciendo las pérdidas de energía por rozamiento)
 - Cambiar la dirección de aplicación de una fuerza.

Se encuentra en mecanismos para el accionamiento de puertas automáticas, sistemas de elevación de cristales de automóviles, ascensores, tendales, poleas de elevación de cargas... y combinadas con poleas móviles formando *polipastos*.

- La **polea móvil** de cable es aquella que va unida a la *carga* y se desplaza con ella. Debido a que es un mecanismo que tiene *ganancia mecánica* (para vencer una resistencia " R " es necesario aplicar solamente una potencia " P " ligeramente superior a la mitad de su valor " $P > R/2$ ") se emplea en el movimiento de cargas, aunque no de forma aislada, sino formando parte de polipastos.

- El **polipasto** es una combinación de poleas fijas y móviles. Debido a que tiene *ganancia mecánica* su principal utilidad se centra en la elevación o movimiento de cargas. La podemos encontrar en grúas, ascensores, montacargas, tensores...

2.2.2.1. POLEA FIJA

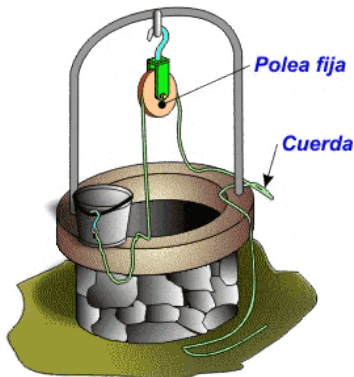


Esta polea se emplea, por ejemplo, para elevar pesos o cargas mediante el cambio de dirección de la fuerza con respecto de la carga. Este sistema no tiene ganancia mecánica, es decir, $P = R$. Y la suma vectorial de ambas es igual a la tensión en el eje de la polea.

Si queremos que el movimiento del objeto que queremos mover (*resistencia*) se realice en dirección o sentido diferente al de la *potencia* (fuerza que nosotros realizamos para mover el objeto) es necesario que la cuerda que une ambas fuerzas presente cambios de dirección en su recorrido.



Esos cambios de dirección de las fuerzas, se pueden conseguir utilizando poleas fijas



La **polea fija de cable** reduce el rozamiento de la cuerda en los cambios de dirección del movimiento y la encontramos bajo la forma de *polea simple de cable* en mecanismos para el *accionamiento de puertas automáticas, sistemas de elevación de cristales de automóviles, ascensores, tendales, poleas de elevación de cargas...*

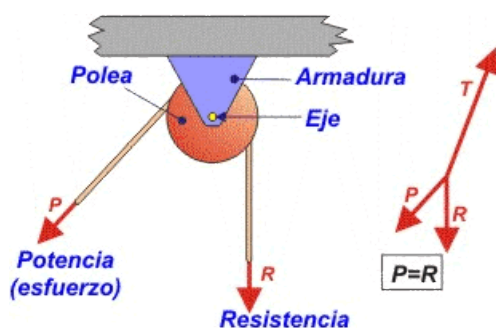
Características

En estas poleas se distinguen los siguientes elementos tecnológicos básicos:

- **Resistencia (R)**. Es el peso de la carga que queremos elevar o la fuerza que queremos vencer.
- **Potencia (P)**. Es la fuerza que tenemos que realizar para vencer la resistencia. Esta fuerza coincide la que queremos vencer.
- **Tensión (T)**. Es la fuerza de reacción que aparece en el eje de la polea para evitar que la cuerda lo arranque. Tiene el mismo valor que la *suma vectorial* de la potencia y la resistencia.



Las poleas de cable soportan una *fuerza de reacción (Tensión, T)* que se compensa con la suma vectorial de las fuerzas de la *Potencia (P)* y la *Resistencia (R)*.



El funcionamiento de este sistema técnico se caracteriza por:

- Potencia y resistencia tienen la misma intensidad (valor numérico), por lo que el mecanismo no tiene ganancia mecánica.
- La potencia se desplaza la misma distancia que la carga (pues está unida directamente a ella a través de la cuerda), pero en diferente dirección o sentido.

De lo anterior deducimos que la ventaja de emplear este mecanismo para *elevar pesos* solo viene de la posibilidad de que podemos ayudarnos de nuestro propio peso corporal ejerciendo la fuerza en dirección vertical hacia abajo, en vez de hacia arriba.



2.2.2.2. POLEA MÓVIL

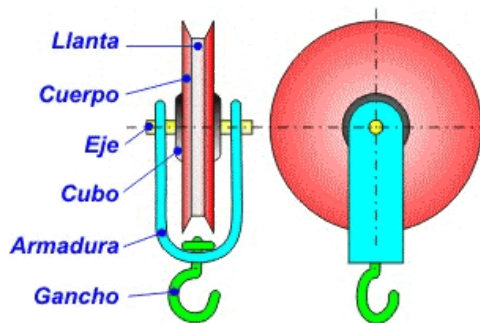
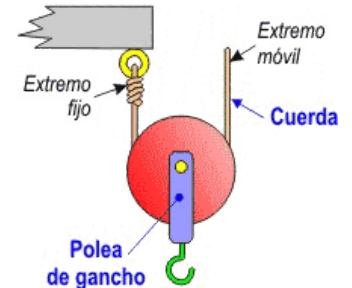
Debido a que es un mecanismo que tiene ganancia mecánica (la potencia empleada es menor que la resistencia que se quiere vencer), se utiliza para reducir el esfuerzo necesario para la elevación o el movimiento de cargas. Se suele encontrar en máquinas como grúas, montacargas, ascensores...

Normalmente se encuentra formando parte de mecanismos más complejos denominados polipastos.

Descripción

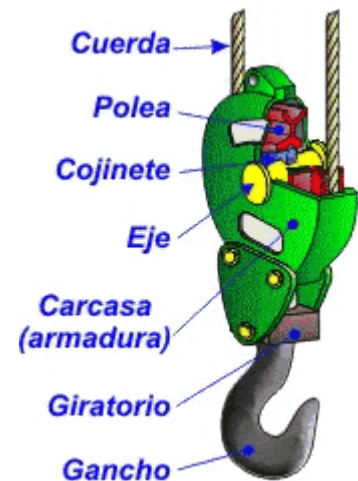
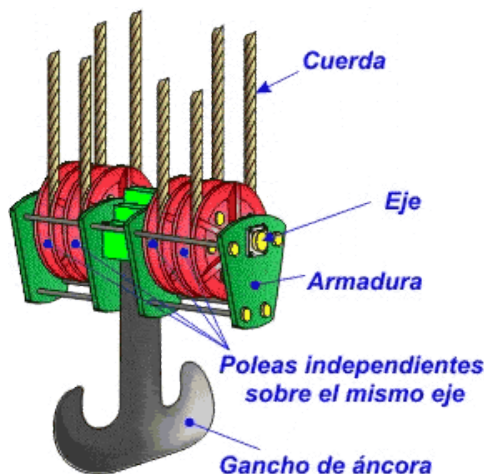
La polea móvil no es otra cosa que una polea de gancho conectada a una cuerda que tiene uno de sus extremos anclado a un punto fijo (*extremo fijo*) y el otro (*extremo móvil*) conectado a un mecanismo de tracción.

Estas poleas disponen de un sistema *armadura-eje* que les permite permanecer unidas a la carga y arrastrarla en su movimiento (al tirar de la cuerda la polea se mueve arrastrando la carga).



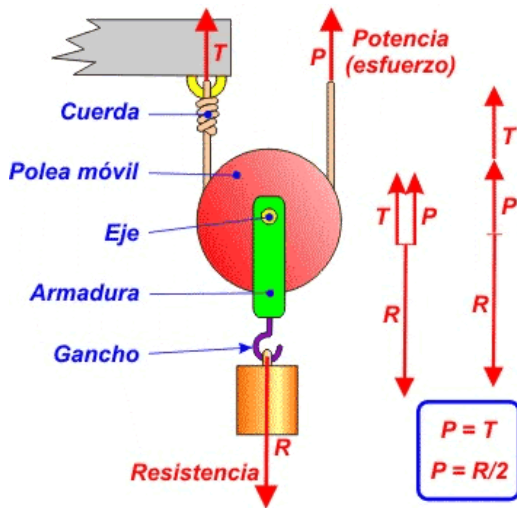
Para su construcción en el aula taller se necesitan, como mínimo, los operadores siguientes: polea, eje, armadura, gancho y cuerda. Su constitución es similar a la *polea fija de gancho*, diferenciándose solamente en su forma de funcionamiento.

La presentación comercial de estas poleas varía según la utilidad a la que vaya destinada.





Características



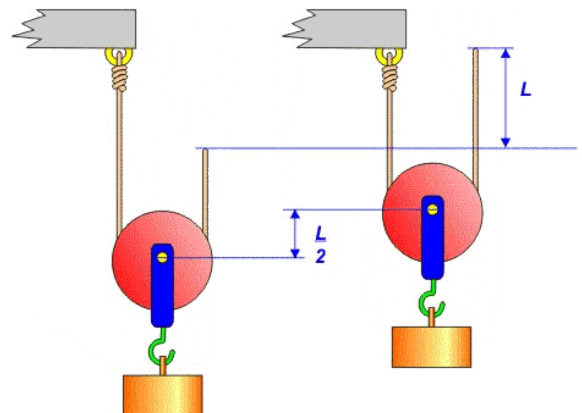
En ellas se distinguen los siguientes elementos tecnológicos básicos:

- **Resistencia (R).** Es el peso de la carga que queremos elevar o la fuerza que queremos vencer.
- **Tensión (T).** Es la fuerza de reacción que aparece en el punto fijo para evitar que la cuerda lo arranque. Tiene el mismo valor que la potencia.
- **Potencia (P).** Es la fuerza que tenemos que realizar para vencer la resistencia. Esta fuerza es la única que nosotros tenemos que aplicar, pues la tensión es soportada por el punto de anclaje de la cuerda.

Podemos ver que la polea móvil está colgando de dos tramos de cuerda; además también vemos que la *resistencia* (R) tira hacia abajo, mientras que la *potencia* (P) y la *tensión* (T) lo hacen hacia arriba, por tanto, en este mecanismo la *resistencia* queda anulada o compensada con las fuerzas de la *potencia* y la *tensión*, cumpliéndose que su suma vectorial es nula.

El funcionamiento de este sistema técnico se caracteriza por:

- Podemos elevar un objeto pesado (resistencia, R) ejerciendo una fuerza (potencia, P) igual a la mitad del peso de la carga ($P=R/2$). La otra mitad del peso (tensión) la soporta el otro extremo de la cuerda, que permanece unido a un punto fijo ($T=R/2$).
- La cuerda solamente soporta un esfuerzo de tracción equivalente a la mitad de la carga ($T=R/2$).
- La carga y la polea solamente se desplazan la mitad del recorrido ($L/2$ metros) que realiza el extremo libre de la cuerda (L metros).



El inconveniente de este montaje es que para elevar la carga tenemos que hacer fuerza en sentido ascendente, lo que resulta especialmente incómodo y poco efectivo. Para solucionarlo se recurre a su empleo bajo la forma de polipasto (combinación de poleas fijas con móviles).

2.2.2.3. COMBINACIONES DE POLEAS FIJAS Y MÓVILES

Es una combinación de poleas fijas y móviles, formando cada una de ellas dos grupos. Se denominan polipastos o aparejos.

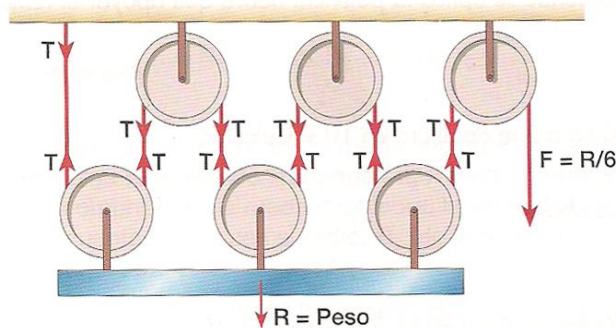
El conjunto de poleas móviles es el que sustenta la carga o resistencia.



Estudiaremos dos ejemplos de polipastos o aparejos: el polipasto potencial y el exponencial.

POLIPASTO POTENCIAL

Está formado por una serie de poleas, la mitad fija y la otra mitad móviles. Por el canal de todas ellas, pasa una única cuerda.



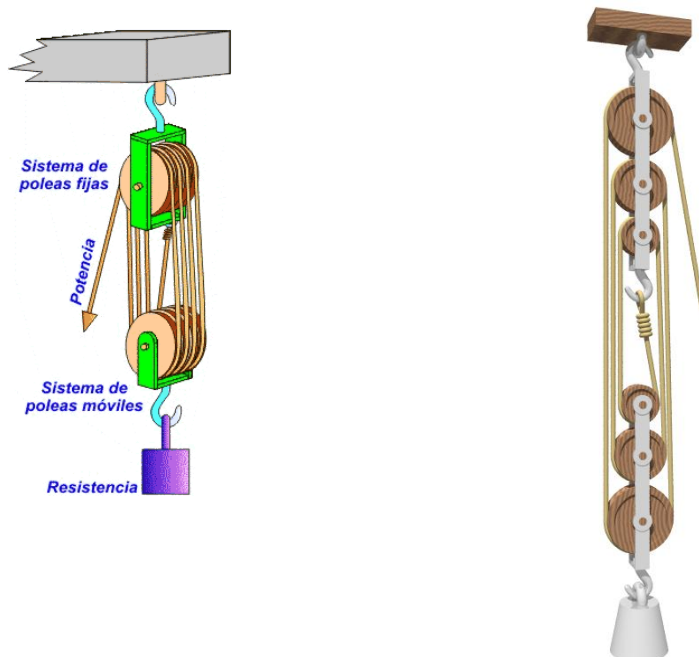
Su funcionamiento se debe a que el peso resistente R (compuesto por la carga R, más el peso de las armaduras y el de las poleas, que suele despreciarse a efectos de cálculo en los problemas que haremos) está contrarrestado por las tensiones que aparecen en los diferentes tramos de cuerda que conectan las poleas fijas y las móviles, como puede verse en el esquema anterior.

Por tanto, la fuerza que tenemos que hacer para elevar la carga es:

Siendo n el número de poleas móviles del polipasto potencial.

$$F = R / 2n$$

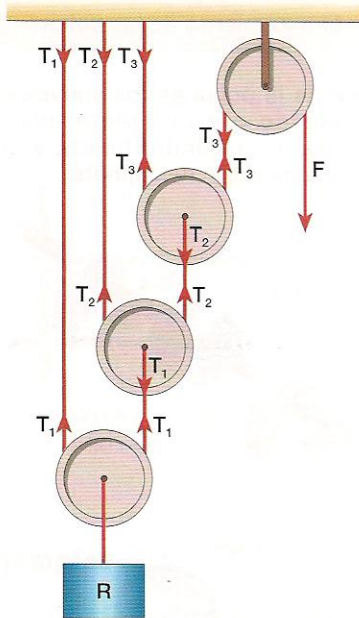
Hay otros tipos de polipastos potenciales:





POLIPASTO EXPONENCIAL

Se caracteriza porque por cada polea móvil pasa una cuerda diferente. Cada una de las cuerdas tiene un punto fijo y el otro es móvil. Este mecanismo tiene ganancia mecánica.



En el polipasto exponencial esquematizado en la figura se cumple que:

$$R = 2 T_1 \quad T_1 = 2 T_2$$

$$T_2 = 2 T_3 \quad T_3 = F$$

Resolviendo este sistema: $F = \frac{R}{8} = \frac{R}{2^3}$

En general: $F = \frac{R}{2^n}$ siendo n el número de poleas móviles.

Cada tramo de cuerda soporta la mitad de la carga que cuelga de ella, por tanto, podemos deducir una fórmula genérica:

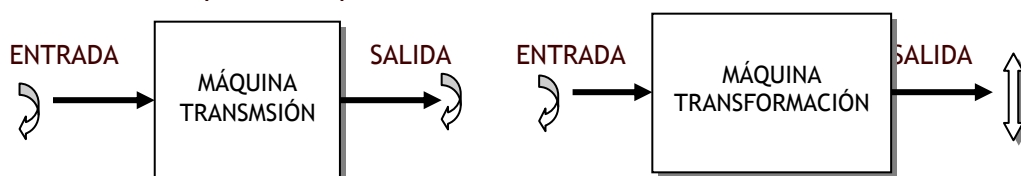
Este sistema tiene el inconveniente de que la altura a la que puede elevarse un objeto depende de la distancia entre poleas (normalmente entre la fija y la primera móvil). Para solucionarlo se recurre a mecanismos en los que varias poleas fijas y móviles acoplados respectivamente en ejes comunes, son recorridos por la misma cuerda, que es el caso de los polipastos potenciales.

3. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DEL MOVIMIENTO

Se llaman sistemas mecánicos de transmisión del movimiento a aquellos que no cambian el tipo de movimiento entre la entrada y la salida de la máquina.

Se llama entrada de la máquina al eje que aporta el movimiento, generalmente por un motor, y salida al eje que está al final de la máquina, que es al que se acopla el objeto que queremos mover. Por ejemplo, en una taladradora, la entrada de la misma será el eje del motor eléctrico, que tiene un movimiento circular y la salida será la broca, que también tiene un movimiento circular, por tanto, los mecanismos que la componen son de transmisión del movimiento.

Si, por el contrario, hay un cambio del tipo de movimiento entre la entrada y la salida de la máquina, los mecanismos que la componen serán de transformación del movimiento.





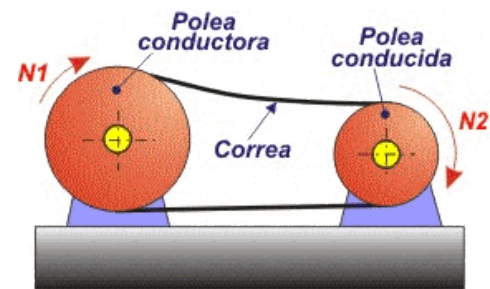
3.1. POLEA DE CORREA

3.1.1. INTRODUCCIÓN

La **polea de correa** trabaja necesariamente como polea fija y, al menos, se une a otra por medio de una correa, que no es otra cosa que un anillo flexible cerrado que abraza ambas poleas.

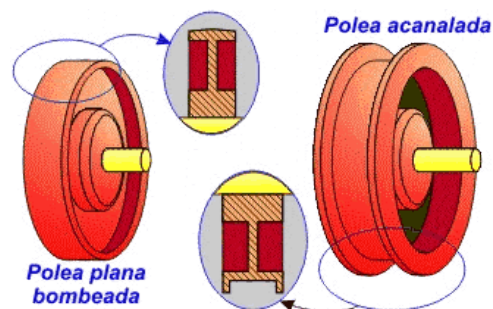
Se emplea para transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes distantes permitiendo aumentar, disminuir o mantener la velocidad de giro del eje conductor, al tiempo que mantener o invertir el sentido de giro de los ejes.

Normalmente los ejes tienen que ser paralelos, pero el sistema también puede emplearse con ejes que se cruzan en ángulos inferiores o iguales a 90° .



Este tipo de poleas tiene que evitar el deslizamiento de la correa sobre ellas, pues la transmisión de potencia que proporcionan depende directamente de ello. Esto obliga a que la forma de la garganta se adapte necesariamente a la de la sección de la correa empleada.

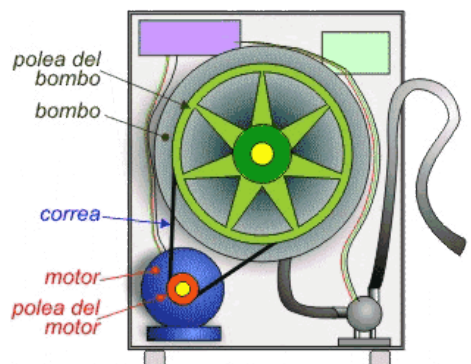
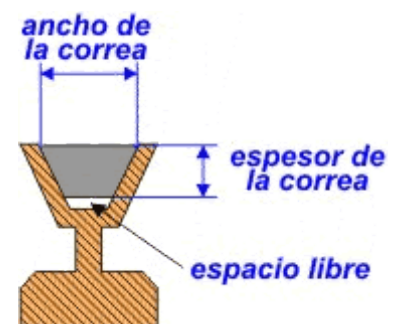
Básicamente se emplean dos tipos de correas: **planas** y **trapezoidales**.



Las **correas planas** exigen poleas con el perímetro ligeramente bombeado o acanalado, siendo las primeras las más empleadas.

En algunas aplicaciones especiales también se emplean *correas estriadas* y *de sincronización* que exigen la utilización de sus correspondientes poleas.

polea y, por tanto, mayor la fuerza de agarre entre ambas). Esto obliga a que la correa no apoye directamente sobre la llanta de la garganta, sino solamente sobre las paredes laterales en forma de "V".



Transmisión de movimiento en una lavadora

Utilidad

Su utilidad se centra en la transmisión de movimiento giratorio entre dos ejes distantes; permitiendo aumentar, disminuir o mantener la velocidad de giro, mientras mantiene o invierte el sentido.

La podemos encontrar en lavadoras, ventiladores, lavaplatos, pulidoras, vídeos, cortadores de carne, taladros, generadores de electricidad, cortadoras de césped, transmisiones de motores, compresores, tornos... en forma de *multiplicador de velocidad*, *caja de velocidades* o *tren de poleas*.



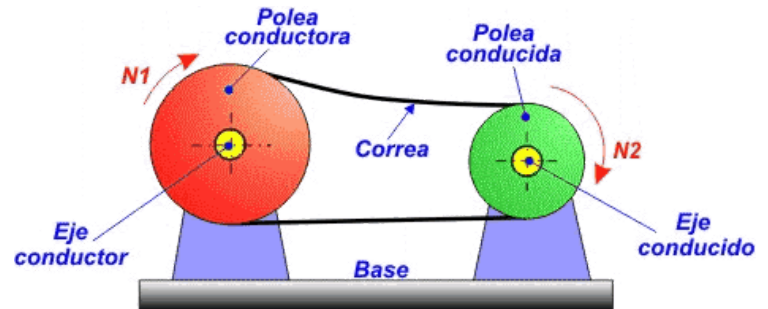
3.1.2. SISTEMAS DE POLEAS. TIPOS Y EJEMPLOS

3.1.2.1. SISTEMA SIMPLE

Es el sistema de poleas más sencillo y está formado por dos ejes (conductor y conducido), dos poleas fijas de correa (conductora y conducida), una correa y una base sobre la que fijar todo el conjunto.

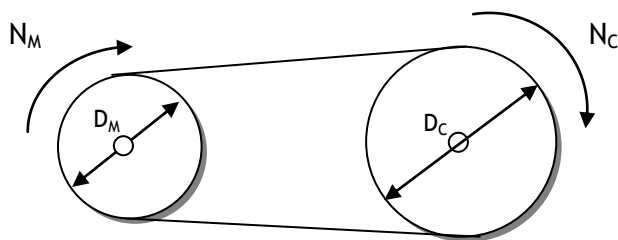
La utilidad de cada operador es la siguiente:

- El **eje conductor** es el eje que dispone del movimiento que queremos trasladar o transformar (en una lavadora sería el propio eje del motor).
- El **eje conducido** es el eje que tenemos que mover (en una lavadora sería el eje al que está unido el bombo).
- **Polea conductora** es la que está unida al eje conductor.
- **Polea conducida** es la que está unida al eje conducido.
- La **correa** es un aro flexible que abraza ambas poleas y transmite el movimiento.



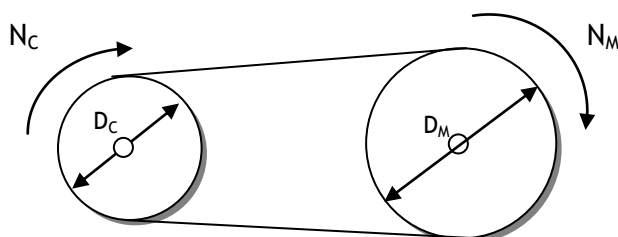
Dependiendo del tamaño de las poleas y de cuál de ellas sea la conductora y la conducida tendremos tres tipos de sistemas simples de poleas:

SISTEMA REDUCTOR de la velocidad: Se caracteriza porque la polea conductora o motriz tiene un diámetro más pequeño que la conducida. La velocidad de la conducida es menor que el de la motriz.



- D_M : diámetro de la polea motriz.
- D_C : diámetro de la polea conducida.
- N_M : velocidad de la polea motriz.
- N_C : velocidad de la polea conducida.

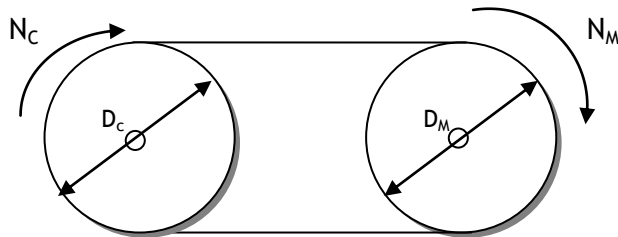
SISTEMA MULTIPLICADOR de la velocidad: Se caracteriza porque la polea motriz tiene un diámetro más grande que la conducida. La velocidad de la conducida es mayor que el de la motriz.



- D_M : diámetro de la polea motriz.
- D_C : diámetro de la polea conducida.
- N_M : velocidad de la polea motriz.
- N_C : velocidad de la polea conducida.



SISTEMA TRANSMISOR de la velocidad: Se caracteriza porque el diámetro de la polea motriz es igual al de la conducida. La velocidad de la conducida es igual que el de la motriz.



D_M : diámetro de la polea motriz.

D_C : diámetro de la polea conducida.

N_M : velocidad de la polea motriz.

N_C : velocidad de la polea conducida.

Todos los problemas de los sistemas simples pueden resolverse mediante la fórmula de la relación de transmisión:

$$D_M N_M = D_C N_C$$

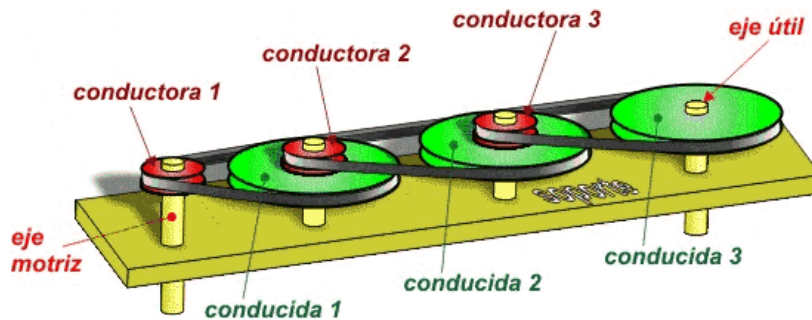
$$R_T = D_M / D_C = N_C / N_M$$

D : se expresa en unidades de longitud del sistema internacional, metros (m)

N : se expresa en rpm, esto es revoluciones partidas por minuto, es decir, el número de vueltas que gira un elemento (eje, polea) en un minuto.

3.1.2.2. SISTEMA MÚLTIPLE

El sistema completo se construye con un soporte sobre el que se instalan varias sistemas de poleas simples con sus respectivos ejes y una correa por cada dos poleas. El sistema se monta en cadena.

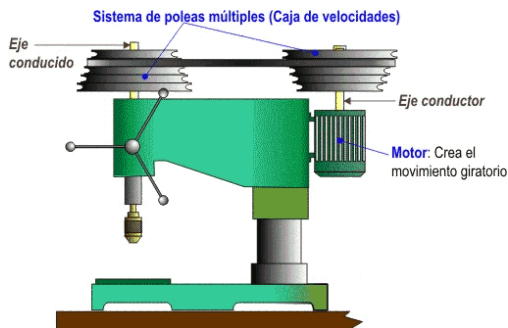


En este sistema también se puede aplicar, por cada sistema simple, la fórmula de la relación de transmisión que hemos visto anteriormente.

Así, si observamos detenidamente, y como la conducida del sistema simple de poleas 1 está acoplada al mismo eje que la motriz del sistema 2: $N_{C1} = N_{M2}$; y como la conducida del sistema simple de poleas 2 está acoplada al mismo eje que la motriz del sistema 3: $N_{C2} = N_{M3}$; etc.



3.1.2.3. SISTEMA DE POLEAS ESCALONADAS



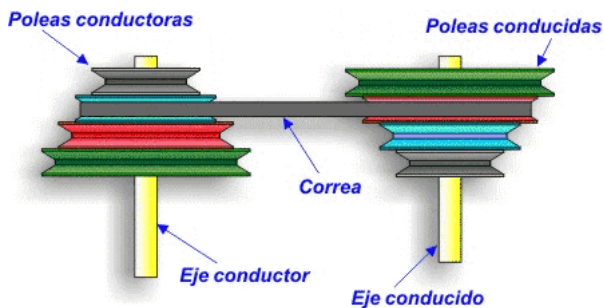
Permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes distantes, pero en este caso su diseño permite obtener, con el mismo mecanismo, diferentes velocidades en el eje conducido (tantas como parejas de poleas tengamos instaladas) sin más que elegir la pareja de poleas más adecuada.

Se emplea en máquinas que necesitan varias velocidades de funcionamiento a partir de una única velocidad del motor y es especialmente apreciado en los taladros sensitivos.

Descripción

Para la fabricación de este mecanismo es necesario emplear varias poleas de diferente diámetro montadas sobre el mismo eje, al que permanecen unidas mediante un sistema de fijación fiable (eje estriado, chaveta, tornillos...)

Con esto se consigue que todas ellas giren solidarias con el eje y a su misma velocidad angular.

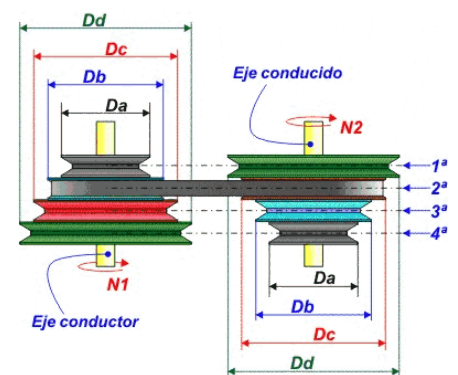


El sistema completo necesita, al menos, los operadores siguientes: dos ejes, una correa y varias parejas de poleas de diferentes.

El número de poleas múltiples de los ejes conductor y conducido tienen que ser iguales, pero han de instalarse invertidas entre sí, de tal forma que la suma de los dos diámetros emparejados sea la misma, pues vamos a emplear una única correa para todo el sistema.

Este mecanismo permite modificar los emparejamientos de las poleas y, por tanto, cambiar fácilmente la velocidad del eje conducido Recordemos que:

- Si $D_1 > D_2$, aumenta la velocidad de giro ($N_2 > N_1$)
- Si $D_1 = D_2$, se mantiene la velocidad de giro ($N_2 = N_1$)
- Si $D_1 < D_2$, la velocidad de giro disminuye ($N_2 < N_1$)





3.2. RUEDAS DE FRICCIÓN

3.2.1. INTRODUCCIÓN

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



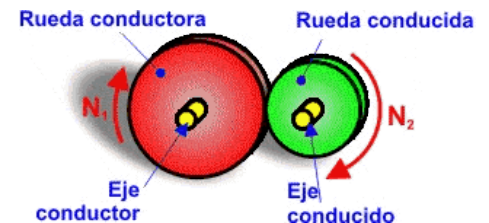
Sus aplicaciones prácticas son muy limitadas debido a que no puede transmitir grandes esfuerzos entre los ejes, pues todo su funcionamiento se basa en la fricción que se produce entre las dos ruedas. Lo podemos encontrar en las dinamos de la bicicletas, sistemas de transmisión de movimiento a norias y balancines, tocadiscos...

3.2.2. SISTEMAS DE POLEAS. TIPOS Y EJEMPLOS

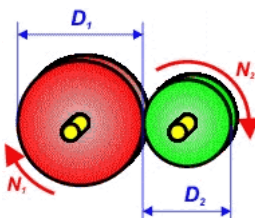
Este sistema consiste en dos **ruedas** solidarias con sus **ejes**, cuyos perímetros se encuentran en contacto directo. El movimiento se transmite de una rueda a otra mediante fricción (rozamiento).

Desde el punto de vista técnico tenemos que considerar, como mínimo, 4 operadores:

- **Rueda conductora:** solidaria con el eje conductor, recoge el giro de este y lo transmite por fricción (rozamiento) a la rueda conducida
- **Rueda conducida:** recoge el giro de la rueda conductora mediante fricción entre ambas.
- **Eje conducido:** recibe el giro de la rueda conducida y lo transmite al receptor.



Desde el punto de vista tecnológico tenemos que considerar cuatro elementos:



D1: Diámetro de la rueda conductora

D2: Diámetro de la rueda conducida

N1: Velocidad del eje conductor

N2: Velocidad del eje conducido

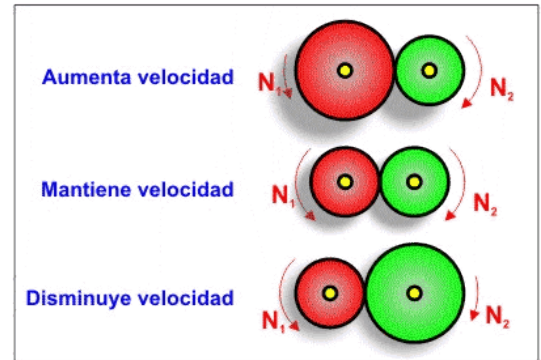


Que están ligados mediante la siguiente relación matemática:

$$D_1 \times N_1 = D_2 \times N_2 \Rightarrow N_2 = \frac{D_1 \times N_1}{D_2}$$

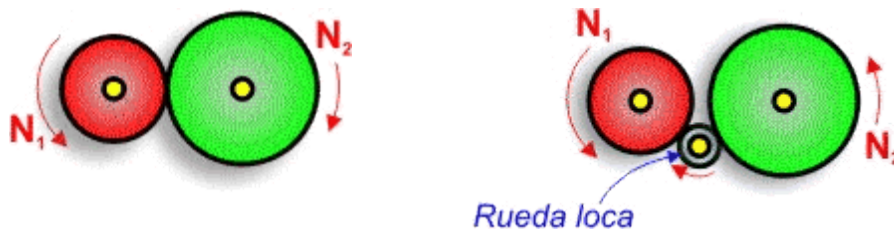
Ecuación que nos dice que podemos:

- Aumentar la velocidad de giro del eje conducido ($N_1 < N_2$) haciendo que la rueda conductora sea mayor que la conducida ($D_1 > D_2$).
- Hacer que los dos ejes lleven la misma velocidad ($N_1 = N_2$) si combinamos dos ruedas de igual diámetro ($D_1 = D_2$)
- Disminuir la velocidad de giro del eje conducido ($N_1 > N_2$) empleando una rueda conductora menor que la conducida ($D_1 < D_2$)



Debido a las características del acoplamiento entre las ruedas, el sentido de giro de dos ejes consecutivos es contrario, siendo necesario recurrir a una *rueda loca* si queremos conseguir que ambos giren en el mismo sentido.

Debido a que el único medio de unión entre ambas ruedas es la fricción que se produce entre sus perímetros, no pueden ser empleadas para la transmisión de grandes esfuerzos. Se suelen encontrar en aparatos electrodomésticos de audio y vídeo, así como en algunas atracciones de feria (norias, vaivenes...) en las que un neumático acciona una pista de rodadura.





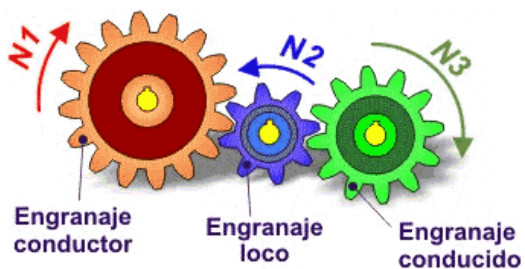
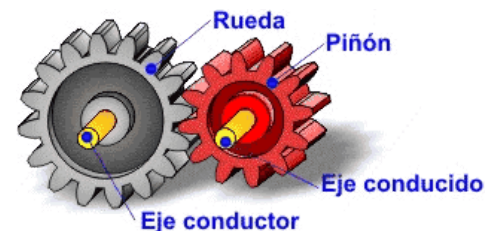
3.3. RUEDAS DENTADAS O ENGRANAJES

3.3.1. INTRODUCCIÓN

Permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes, pudiendo modificar las características de velocidad y sentido de giro. Los ejes pueden ser paralelos, coincidentes o cruzados. Este mecanismo se emplea como reductor de velocidad en la industria (máquinas herramientas, robótica, grúas...), en la mayoría de los electrodomésticos (vídeos, cassetes, tocadiscos, programadores de lavadora, máquinas de coser, batidoras, exprimidores...), en automoción (cajas de cambio de marchas, cuentakilómetros, regulación de inclinación de los asientos...), etc.

3.3.2. SISTEMA SIMPLE

El sistema de engranajes es similar al de ruedas de fricción. La diferencia estriba en que la **transmisión simple por engranajes** consta de una rueda motriz con dientes en su periferia exterior, que engrana sobre otra similar, lo que evita el deslizamiento entre las ruedas. Al engranaje de mayor tamaño se le denomina **rueda** y al de menor **piñón**.

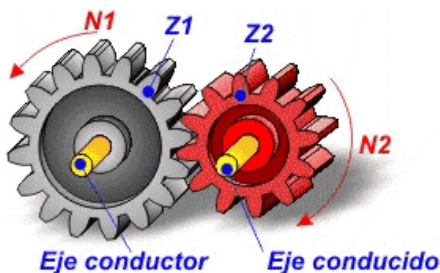


A diferencia de los sistemas de correa-polea, éste no necesita ningún operador (cadena o correa) que sirva de enlace entre las dos ruedas.

Los dientes de los engranajes son diseñados para permitir la rotación uniforme (sin saltos) del eje conducido.

Este sistema de transmisión (como el de *ruedas de fricción*) invierte el sentido de giro de dos ejes contiguos, cosa que podemos solucionar fácilmente introduciendo una *rueda loca* o *engranaje loco* que gira en un eje intermedio.

Las velocidades de entrada (eje conductor) y salida (eje conducido) están inversamente relacionadas con el número de dientes de las ruedas a las que están conectados (igual que en la transmisión por cadena-piñón) cumpliéndose que: $N_1 Z_1 = N_2 Z_2$



- N_1 Velocidad de giro del eje conductor
- N_2 Velocidad de giro del eje conducido
- Z_1 Número de dientes de la rueda
- Z_2 Número de dientes del piñón

La relación de transmisión del sistema es: $R_T = Z_1 / Z_2 = N_2 / N_1$



Respecto al sistema polea-correa, presenta una serie de ventajas e inconvenientes:

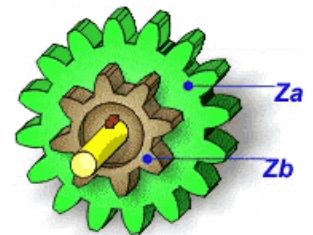
- Las principales ventajas son: mantener la **relación de transmisión constante** incluso transmitiendo grandes potencias entre los ejes (caso de automóviles, camiones, grúas...), lo que se traduce en **mayor eficiencia** mecánica (mejor rendimiento). Además, permite conectar ejes que se cruzan (mediante tornillo sinfín), o que se cortan (mediante engranajes cónicos) y su funcionamiento puede llegar a ser muy silencioso.
- Los principales inconvenientes son: su alto coste y poca flexibilidad (en caso de que el eje conducido cese de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de los dientes de los engranajes). Otro inconveniente importante es que necesita **lubricación** (engrase) adecuada para evitar el desgaste prematuro de los dientes y reducir el ruido de funcionamiento.

3.3.2. SISTEMA MÚLTIPLE

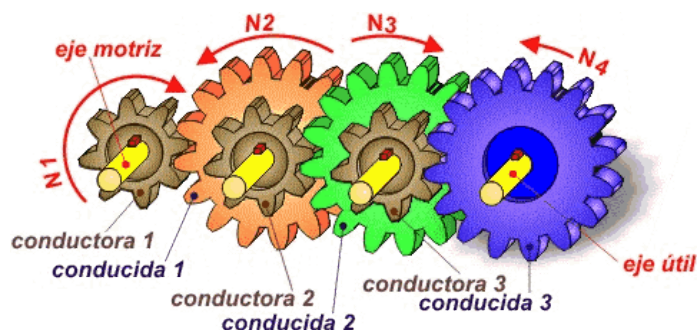
La función principal de este sistema es Transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes, consiguiendo disminuciones o aumentos significativos de la velocidad; también permite mantener o invertir el sentido de giro.

Este tipo de transmisiones se usa mucho como reductor de velocidad en la industria (máquinas herramientas, robótica, grúas...), en la mayoría de los electrodomésticos (vídeos, cassetes, tocadiscos, programadores de lavadora, máquinas de coser, batidoras, exprimidores...), en automoción (para las cajas de cambio de marchas)... y en general en cualquier máquina que precise transmitir elevadas potencias con reducciones de velocidad importante.

El elemento principal de este mecanismo es la **rueda dentada doble**, que consiste en dos engranajes de igual paso, pero diferente número de dientes, unidos entre sí. En la figura podemos ver una rueda de $Z_a=16$ *dientes* y otra de $Z_b=8$ *dientes* unidas al mismo eje mediante una chaveta.



El sistema completo se construye con varias **ruedas dentadas dobles** unidas en *cadena*, de tal forma que en cada *rueda doble* una hace de conducida de la anterior y otra de conductora de la siguiente. Según cual se elija como *conductor* o como *conducida* tendremos un *reductor* o un *multiplicador* de velocidad.



En este mecanismo las velocidades de giro de los sucesivos ejes (N_1 , N_2 , N_3 y N_4) se van reduciendo a medida que se engrana una rueda de menor número de dientes (conductor con Z_b dientes) con una de mayor número (conducida con Z_a dientes).

Si el engrane se produce desde una rueda de mayor número de dientes a una de menor número, obtendremos un aumento de velocidad.

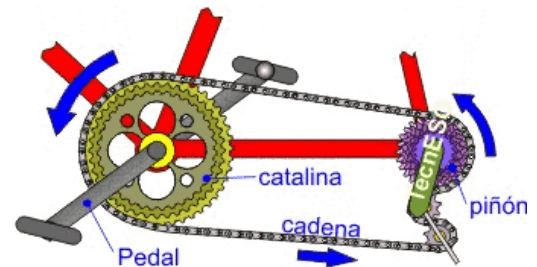
En cuanto a los cálculos de las diferentes magnitudes se trabaja igual que los sistemas múltiples de poleas cambiando el diámetro por el número de dientes.



3.4. PIÑÓN-CADENA

Permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos, pudiendo modificar la velocidad pero no el sentido de giro (no es posible hacer que un eje gire en sentido horario y el otro en el contrario).

En las bicicletas se emplean mucho el "cambio de velocidad" compuesto por varias ruedas en el eje del pedal (catalina) y varias en el de la rueda (piñón), lo que permite obtener diferentes velocidades en función de la combinación que se seleccione entre la catalina y el piñón.

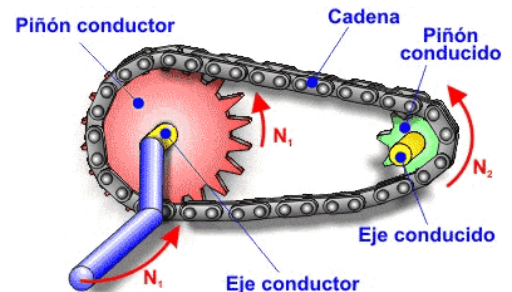


Se emplea en sustitución de los reductores de velocidad por poleas cuando lo importante sea evitar el deslizamiento entre la *rueda conductora* y el mecanismo de transmisión (en este caso una cadena).

Este mecanismo se emplea mucho en bicicletas, motos, motores de automóvil, puertas elevables, apertura automática de puertas...

Este sistema consta de una *cadena sin fin* (cerrada) cuyos eslabones engranan con ruedas dentadas (**piñones**) que están unidas a los ejes de los mecanismos *conductor* y *conducido*.

Los ejes tienen que mantenerse en posición fija uno respecto a otro, por lo que suelen sujetarse mediante soportes, armaduras u horquillas (en el caso de motos y bicicletas)



Relación de velocidades

Para la relación de transmisión valen todas las ecuaciones deducidas para las poleas o para las ruedas dentadas, sin más que sustituir el diámetro de las poleas por el número de dientes de los piñones.

Ventajas e inconvenientes

Este sistema aporta beneficios sustanciales respecto al sistema correa-polea, pues al emplear *cadena que engranan en los dientes de los piñones* se evita el deslizamiento que se producía entre la *correa y la polea*.

Otras ventajas e inconvenientes de este sistema son:

- Presenta la gran ventaja de mantener la **relación de transmisión constante** (pues no existe deslizamiento) incluso transmitiendo grandes potencias entre los ejes (caso de motos y bicicletas), lo que se traduce en **mayor eficiencia mecánica** (mejor rendimiento). Además, **no**



necesita estar tan tensa como las correas, lo que se traduce en menores averías en los rodamientos de los piñones.

- Presenta el inconveniente de ser más **costoso**, más **ruidoso** y de funcionamiento **menos flexible** (en caso de que el eje conducido cese de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de la cadena), así como el **no permitir la inversión del sentido de giro ni la transmisión entre ejes cruzados**; además necesita una **lubricación** (engrase) adecuada.

3.5. TORNILLO SINFÍN-PIÑÓN

Transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes que se cruzan perpendicularmente.

Se emplea en mecanismos que necesiten una gran reducción de velocidad y un aumento importante de la ganancia mecánica: clavijas de guitarra, reductores de velocidad para motores eléctricos, limpiaparabrisas de los coches, cuentakilómetros...

Este mecanismo tiene importantes ventajas:

- Ofrece una **gran reducción de velocidad** y, por tanto, un aumento importante de la ganancia mecánica. Téngase en cuenta que el *sinfín* solamente tiene un diente mientras que el *piñón* puede tener los que queramos.
- Esa gran ganancia mecánica y la posición relativa de los dientes hace que el mecanismo sea **irreversible**, por lo que no es posible hacerlo funcionar si conectamos el *piñón* al árbol motriz y el *sinfín* al conducido.
- El **espacio** que ocupa es **mínimo** en relación a otras opciones (multiplicador de velocidad, tren de engranajes...).

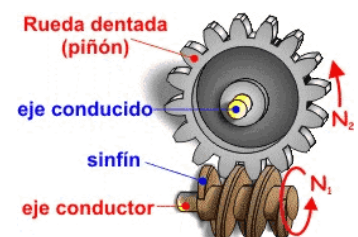
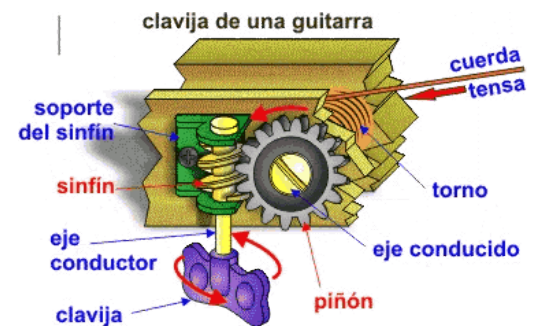
Para la construcción de este mecanismo necesitamos dos ejes (árboles) que se crucen a 90° sin cortarse: uno *motriz* (árbol conductor, a través del que llega el movimiento giratorio) y otro útil (unido al *receptor*); un *piñón* y un *sinfín* que engrane con el *piñón*. Los ejes tienen que tener su propio soporte para mantener en su sitio cada operador (la mayoría de las veces se introduce todo el mecanismo en una caja que hace de soporte y sistema de protección).

- El **piñón** tiene los dientes cóncavos e inclinados y siempre se conecta al *eje conducido*, con el que gira solidario.

El *sinfín* siempre se conecta al *eje motriz* (*eje conductor*), del que obtiene el giro. Este eje suele estar movido por una manivela (para el accionamiento manual) o un motor eléctrico.

Características

En este mecanismo, por cada vuelta completa del *sinfín* se obtiene solamente el avance de un diente del *piñón*. Por tanto, si queremos que el *piñón* de una vuelta completa, el *sinfín* tiene que dar tantas vueltas como dientes tenga aquel, lo que proporciona una gran reducción de velocidad y, consecuentemente, una gran ganancia mecánica.





Como en toda transmisión por ruedas dentadas se cumple:

$N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$, donde:

N_1 es la *velocidad* del eje *motriz*

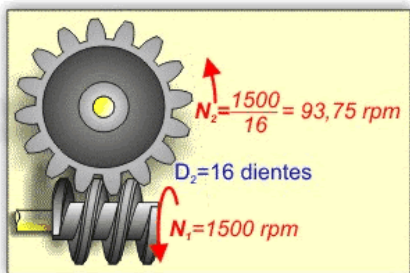
N_2 es la *velocidad* del eje *conducido*

D_1 es el *número de dientes* de la *rueda conductora*

D_2 es el *número de dientes* de la *rueda conducida*

y en este caso $N_1=1$ (pues el sinfín solamente tiene un diente, pero enrollado helicoidalmente), por lo que la velocidad en el eje conducido será:

$$N_2 = N_1/D_2$$



Es decir, en este mecanismo la velocidad del eje conducido (N_2) es la del conductor (N_1) dividido por el número de dientes del piñón (D_2). Por lo tanto, cuanto mayor sea el número de dientes del piñón menor será la velocidad que obtenemos en el eje conducido.

Este mecanismo es especialmente apreciado debido a las altas reducciones de velocidad que permite conseguir (superiores a 60:1). A esto hemos de añadir su capacidad para trabajar con ejes a 90°, su pequeño tamaño en relación a la potencia que puede transmitir y su funcionamiento silencioso.

4. SISTEMAS DE TRANSFORMACIÓN DEL MOVIMIENTO

Se llaman sistemas mecánicos de transformación del movimiento a aquellos que sí cambian el tipo de movimiento entre la entrada y la salida de la máquina.

Se llama entrada de la máquina al eje que aporta el movimiento, generalmente por un motor, y salida al eje que está al final de la máquina, que es al que se acopla el objeto que queremos mover. Por ejemplo, en una taladradora, la entrada de la misma será el eje del motor eléctrico, que tiene un movimiento circular y la salida será la broca, que también tiene un movimiento circular, por tanto, los mecanismos que la componen son de transmisión del movimiento.

Si, por el contrario, hay un cambio del tipo de movimiento entre la entrada y la salida de la máquina, los mecanismos que la componen serán de transformación del movimiento.

