

Materiales, máquinas y sistemas: Mecanismos y máquinas



PAC
Preparación Acceso a CFGS

Tecnología Industrial **Contenidos**

Materiales, máquinas y sistemas: **Mecanismos y máquinas**

Desde sus orígenes, el hombre ha tratado de encontrar soluciones técnicas que satisficieran su necesidad de transmitir movimiento desde el lugar donde éste se generaba hasta los puntos en que se necesitaba aplicar, o de realizar grandes trabajos desarrollando pequeños esfuerzos. Así se fueron desarrollando diversas técnicas y mecanismos que cada vez eran más efectivos. Incluso alguno de ellos no han sufrido cambios significativos con el paso del tiempo.

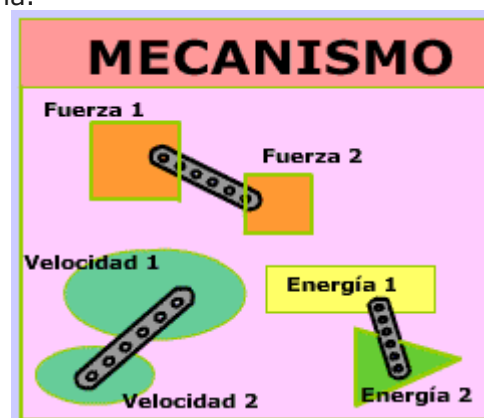
Mucho hablamos de mecanismos, y de máquinas que nos ayudan a hacer trabajos, pero:

- ¿Sabemos qué es un mecanismo?
- ¿Es lo mismo que una máquina?



Imagen en [Mediateca](#). Licencia [CC](#)

Un **mecanismo** es un conjunto de elementos conectados entre si por medio de articulaciones móviles cuya misión es: transformar una velocidad en otra, una fuerza en otra, una energía en otra forma de energía o modificar una trayectoria.



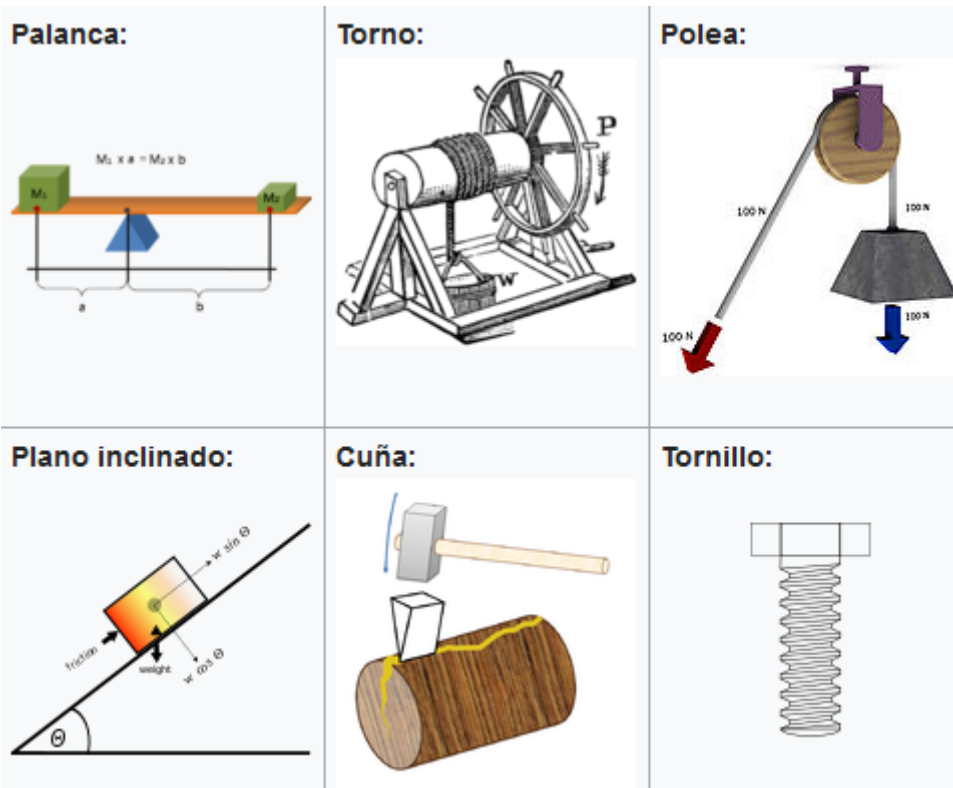
Se define una **máquina** como una combinación de mecanismos convenientemente organizados que se alimentan con un determinado tipo de energía, la transforman en otra y producen un efecto deseado.



Curiosidad

Los grandes filósofos de la antigüedad llamaban a las máquinas simples “las cinco grandes”.

Estas cinco grandes máquinas simples eran: el plano inclinado, la cuña, el tornillo, la palanca y la rueda.



Imágenes en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

El primero en sistematizarlas y en exponer su funcionamiento fue Arquímedes (287-212 a.e.). A él son debidos el conocimiento de la polea compuesta, él fue quien explicó la teoría de la palanca y quien dio nombre al tornillo sinfín empleado para elevar agua de un cauce, procedimiento que aún hoy se conoce como “tornillo de Arquímedes”.



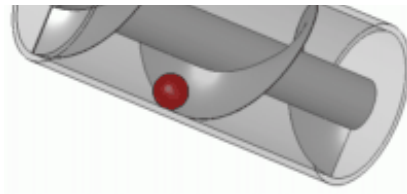


Imagen de Vladislav en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

1. Magnitudes básicas

En este punto vamos a hacer un pequeño repaso de las magnitudes que vamos a utilizar en esta unidad, así como de las expresiones con las que las calcularemos y de sus magnitudes.

Nos centraremos en los conceptos que necesitamos, obviando definiciones más genéricas. Así por ejemplo, lo primero que vamos a repasar es el concepto de velocidad angular, pero no empezaremos recordando que velocidad es el espacio (lineal o angular) recorrido por unidad de tiempo.

Velocidad angular (ω)

Su unidad de medida en el Sistema Internacional es radianes/segundo, **rad/s**.

En las aplicaciones prácticas (por ejemplo para determinar la velocidad del motor de un coche) se expresa en revoluciones por minuto, **r.p.m.**, y en este caso se utiliza la letra **n** para identificarla.

La relación entre ambas es:

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60} \quad n = \frac{60 \cdot \omega}{2\pi}$$

Velocidad tangencial (v)

Para calcular la velocidad angular de un elemento que gira, por ejemplo, la velocidad de un punto de la periferia de una rueda o de un eje, se debe aplicar la fórmula:

$$v = \omega \cdot r$$

Donde la velocidad lineal, v , se expresa en **m/s**, cuando:

- la velocidad angular se expresa en rad/s
- y el radio en m.

Fuerza (F): Fuerza es la causa que produce movimiento, modifica un movimiento existente o deforma un sólido.

La expresión algebraica que nos determina el valor de una fuerza es:

$$F = m \cdot a$$

- Su unidad en el S.I. es el **newton, N**
- Aunque también se emplea como unidad el **kilopondio, kp**, que es la fuerza con que la tierra atrae a una masa de 1 kg
- $1\text{kp} = 9,8 \text{ N}$

Momento de una fuerza o par de una fuerza (M)

El momento de una fuerza respecto a un punto es el producto de la fuerza por la mínima distancia entre el punto y la trayectoria de la fuerza.

Su expresión algebraica es:

$$M = F \cdot d$$

La unidad en el S.I. es el **Newton metro, Nm**

Trabajo (W)

El trabajo realizado por un cuerpo es el producto de la fuerza ejercida por la distancia recorrida.

Su expresión matemática es:

$$W = F \cdot d$$

Su unidad es el **Julio, J**, siendo su equivalencia ($1 \text{ Julio} = 1 \text{ Newton} \cdot 1 \text{ metro}$)

Potencia (P)

La potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

Su expresión es:

$$P = \frac{W}{t}$$

De esta expresión se deduce que: *1 watio = 1 Julio /1 segundo*

En el S.I. la unidad de la potencia es el **watio, w**, aunque en sistemas mecánicos se suele emplear como unidad el **caballo de vapor, CV**, que equivale a 735 watios.

En general, las máquinas presentan una potencia prácticamente constante y emplearemos las siguientes fórmulas:

● Si estamos ante un movimiento lineal: $P = F \cdot v$

● Si se trata de un movimiento rotativo: $P = M \cdot \omega$

2. Sistemas de transmisión de movimiento

2.1. Transmisión por poleas y correas o cadenas.

Como veíamos al principio del tema, el hombre siempre ha tratado de encontrar formas de transmitir movimientos de un lugar a otro y, al mismo tiempo, transformar sus características: obtener movimientos con más o menos velocidad, o con más o menos potencia.

Una forma de transmisión de movimiento es a través de sistemas de poleas.

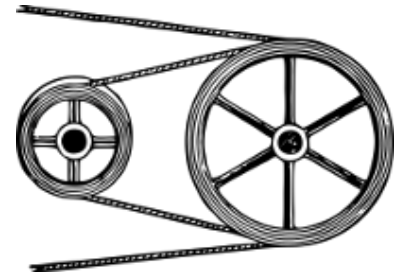


Imagen en [Pixabay](#). CC0

Un **sistema de transmisión por correa** es un conjunto de dos **poleas** acopladas por medio de una **correa** con el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos que se encuentran a una cierta distancia.

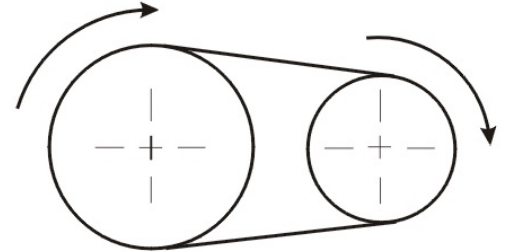
La fuerza se transmite **por efecto del rozamiento** que ejerce la **correa sobre la polea**.

POLEAS

Las poleas no son más que una rueda (llanta) con un agujero en su centro para acoplarla a un eje en torno al cual giran. Para asegurar el contacto entre polea y correa se talla en la polea un canal o garganta que "soporta" a la correa.

En un sistema de transmisión de poleas son necesarias dos de ellas:

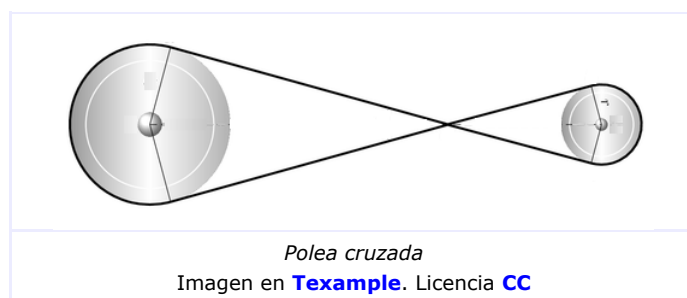
- una **conductora**, de entrada o motora, que va solidaria a un eje movido por un motor.
- otra **conducida**, de salida o arrastrada, también acoplada a un eje y que es donde encontraremos la resistencia que hay que vencer.



En la imagen de la derecha vemos como se representa un sistema de transmisión de movimiento por poleas.

El **movimiento** que se transmite a la rueda **conducida** tiene el **mismo sentido** que el movimiento de la rueda **conductora**, mientras que su módulo, como veremos más adelante, depende de los diámetros de las poleas.

Si nos interesa que el sentido de **giro transmitido se invierta**, deberemos **cruzar la correa**.



TRANSMISIÓN POR CORREA

Como hemos visto, la fuerza que transmiten las poleas es debida al rozamiento que ejerce la correa sobre la polea, por lo que la correa es un elemento decisivo en este sistema de transmisión de movimiento.

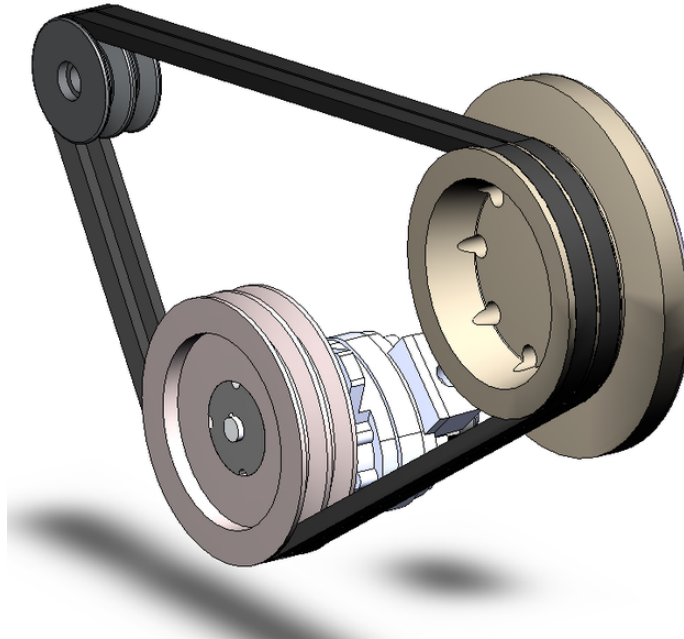


Imagen de Borowski en [Wikimedia](#). Dominio público

La correa en su funcionamiento está sometida a esfuerzos. Pero sus dos tramos no soportan los mismos esfuerzos; el tramo que va de la rueda motriz a la conducida se encuentra flojo, mientras que el otro está totalmente tenso.

Suelen estar fabricadas de caucho resistente al desgaste y reforzadas con cuerdas para mejorar el comportamiento a tracción.

Las correas pueden ser de distintos tipos:

- **Trapezoidales:** Son las más utilizadas, pues se adaptan firmemente al canal de la polea evitando el posible deslizamiento entre polea y correa.
- **Redondas:** Se utilizan correas redondas cuando ésta se tiene que adaptar a curvas cerradas cuando se necesitan fuerzas pequeñas.
- **Planas:** Cada vez de menor utilización, se emplean para transmitir el esfuerzo de giro y el movimiento de los motores a las máquinas.
- **Dentadas:** Las correas dentadas, que además son trapezoidales, se utilizan cuando es necesario asegurar el agarre. En ellas el acoplamiento se efectúa sobre poleas con dientes tallados que reproducen el perfil de la correa. Este tipo es el más empleado en las transmisiones de los motores de los automóviles.

El proceso de transmisión del movimiento con correa es un proceso de elevado rendimiento (95-98%) y precio reducido.

Eso hace que esos mecanismos sean muy empleados en distintos aparatos: electrodomésticos (neveras, lavadoras, lavavajillas...), electrónicos (disqueteras, equipos de vídeo y audio,...) y en algunos mecanismos de los motores térmicos (ventilador, distribución, alternador, bomba de agua...)

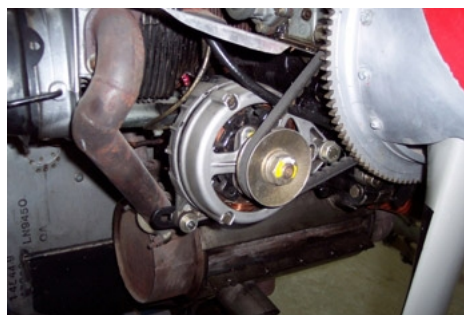


Imagen en [Mediateca](#). Licencia CC

Volvemos a repetir que la finalidad de estos sistemas de transmisión es transmitir movimientos de un lugar a otro pero, sobre todo, modificar sus características: su velocidad y, como consecuencia, la fuerza que puede desarrollar. A continuación vamos a ver la ecuación que nos determina cómo varía la velocidad en esta transmisión.

Importante

Ecuación fundamental de velocidades para transmisiones por correa.

$$\phi_1 \cdot n_1 = \phi_2 \cdot n_2$$

Donde: ϕ_1 es el diámetro de la p Polea motriz y n_1 su velocidad de giro
y ϕ_2 y n_2 son el diámetro y a velocidad de la p Polea conducida.

Ecuación de la relación de transmisión (i)

La relación de transmisión es la relación que existe entre la velocidad de giro del árbol motor y la velocidad del árbol resistente.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

Comprueba lo aprendido

Multiple

En un sistema de transmisión por correa:

- ☐ Se transmite movimiento entre ejes paralelos.
- ☐ Se transmite movimiento entre ejes perpendiculares.
- ☐ Se transmite movimiento entre ejes paralelos o perpendiculares según esté conectada la correa.

Sí. Eso es.

No. El movimiento se transmite entre ejes paralelos.

No. El cómo esté conectada la correa influye en el sentido de giro de la rueda conducida.

Solution

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

Las poleas conductora y conducida son:

- ☐ La conducida la que recibe el movimiento del motor, por eso decimos que es conducida.
- ☐ La conductora es la que va acoplada al eje motor y la conducida no va acoplada a ningún eje.
- ☐ La conductora es la que recibe el movimiento del motor y la conducida la que recibe el movimiento de la conductora.

No. La que recibe el movimiento del motor es la conductora y se lo transmite a la conducida.

No. Ambas deben ir sostenidas por un eje

No. Ambas deben ir sostenidas por un eje.

Si. Así es.

Solution

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta

La correa utilizada en la transmisión:

- ☐ Es la que, por el rozamiento con la polea, transmite el movimiento.
- ☐ Suele patinar en la polea al estar hecha de caucho.
- ☐ Soporta diferentes esfuerzos en sus tramos, lo que hace que se transmita el movimiento.

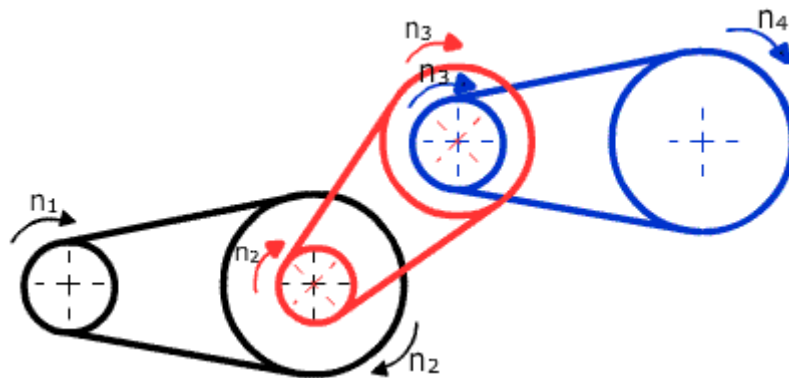
Si. Correcto.

No. Está hecha de caucho para que no patine. Además, si patinara, no podría transmitir el movimiento.

No. Soporta diferentes esfuerzos, pero esa no es la razón de que transmita el movimiento.

Solution

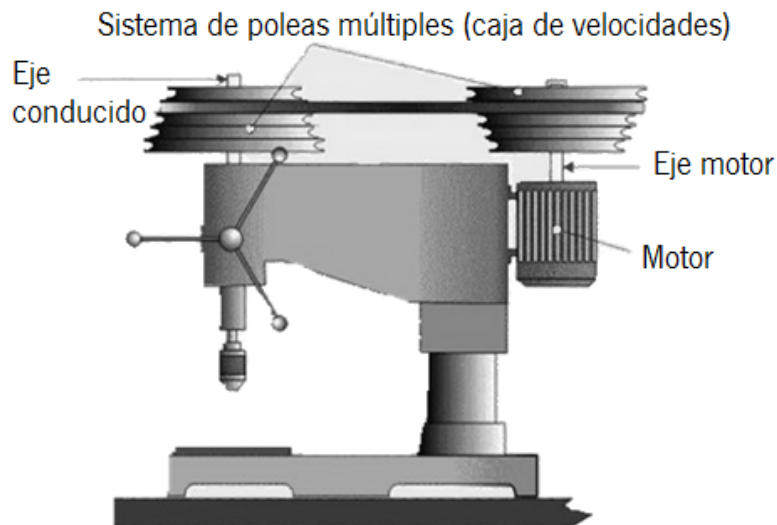
1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto



Cuando se necesitan **grandes relaciones de transmisión** se recurre a montar **trenes de poleas**, que son una sucesión de transmisiones, es decir, pares de poleas enlazadas sucesivamente.

Con las transmisiones de poleas se pueden conseguir **cajas de velocidades** entre dos árboles paralelos que monten varios pares de poleas escalonadas. Es necesario mantener constantes la velocidad de giro del árbol motor y la longitud de la correa.

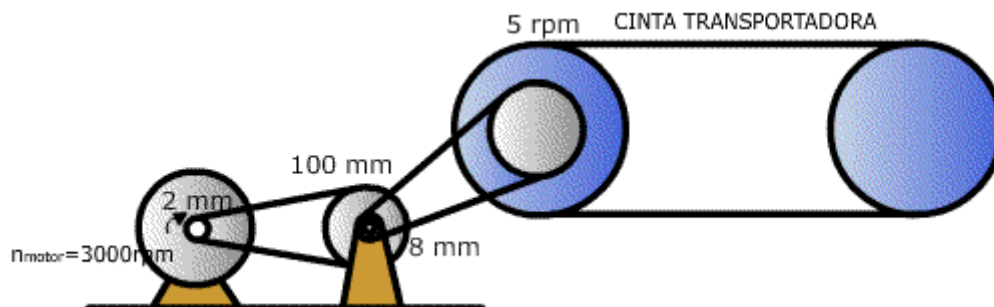
Este es el caso de los taladros de mesa, en los que, con poleas de distinto diámetro, se pueden conseguir velocidades de salida diferentes.



Elaboración propia

Ejercicio resuelto

La cinta transportadora representada en la figura debe girar a 5 rpm. El eje del motor, que gira a una velocidad de 3000 rpm y cuyo diámetro mide 2 mm, está conectado a una polea de 100 mm de diámetro. Sobre el eje de ésta se monta una nueva polea de 8 mm de diámetro que se une, mediante una correa, a la polea que arrastra a la cinta.



Calcula el diámetro de la polea que arrastra al eje de la cinta transportadora.

Mostrar retroalimentación

El diámetro de la polea que arrastra al eje de la cinta transportadora ha de ser de **96 mm**.

TRANSMISIÓN POR CADENA

La transmisión por cadena es similar a la transmisión por correa. Se efectúa también entre **árboles paralelos**, pero en este caso, engarzando los dientes de un piñón con los eslabones de una cadena; el acoplamiento entre cadena y dientes se efectúa sin deslizamiento y engranan uno a uno.

Se emplea cuando se tienen que **transmitir grandes potencias** con **relaciones de transmisión reducidas**.



Imagen de Bladeth en [Wikimedia](#). Dominio público

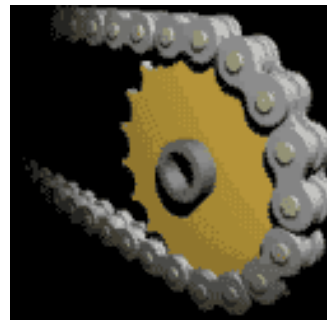


Imagen en [Wikimedia](#). Dominio público

Importante

Ecuación fundamental de velocidades y relación de transmisión para transmisiones por cadena.

La relación de transmisión es igual que en los sistemas por correa, siendo ahora los diámetros de las ruedas unas circunferencias imaginarias que pasan por el centro de los pasadores de los eslabones de la cadena.

Así, en lugar de aplicar la fórmula respecto al diámetro, se hace respecto al número de dientes de las ruedas. Llamando Z_1 al número de dientes de la rueda motora y Z_2 al de la conducida, se tiene que cumplir:

$$n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$$

Y la **relación de transmisión** (i) se define como:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Comprueba lo aprendido

La transmisión por cadena:

- ☐ Puede transmitir más potencia que la de correa.
- ☐ Presenta más problemas de deslizamiento.
- ☐ No permite relaciones de transmisión pequeñas.

Si. Esa es una de las principales razones del uso de cadenas.

No. Al contrario, al engarzar los dientes del piñón con los eslabones de la cadena, no existe deslizamiento. El único riesgo es que la cadena se salga.

No. Es cuando necesitamos relaciones de transmisión pequeñas cuando usamos transmisión por cadena.

Solution

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

Para calcular i en una transmisión por cadena:

- ☐ Utilizamos la misma expresión que cuando es por correa.
- ☐ Utilizamos la misma expresión que cuando es por correa, sustituyendo diámetros por número de dientes.
- ☐ Utilizamos la misma expresión que cuando es por correa, pero expresando la velocidad en rad/s en lugar de en rpm.

No. No es la misma.

Sí. Debemos poner el número de dientes ya que ahora las poleas son dentadas.

No. Las unidades son indiferentes.

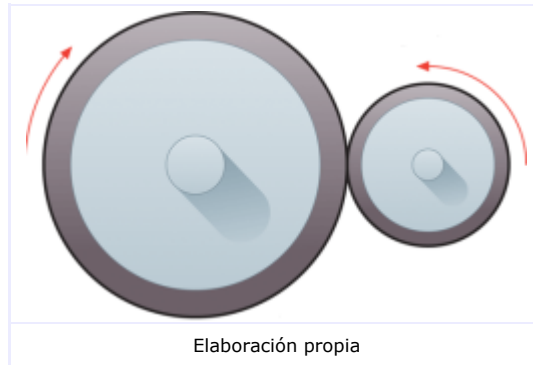
Solution

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto

2.2. Transmisión por ruedas de fricción.

Importante

La transmisión de movimiento por ruedas de fricción consiste en hacer **resbalar dos ruedas en contacto** entre sí al ejercer una cierta **presión** la una sobre la otra.



Este tipo de transmisión se realiza sobre ejes paralelos y, al contrario que en la transmisión por correa o cadena, el **sentido de giro del eje motriz será contrario al del eje conducido**.

Se usa cuando se pretenden transmitir **pequeñas potencias**, ya que al estar en contacto una rueda con otra se produce una pérdida de velocidad.

Al funcionar por rozamiento y presión, las ruedas sufren un continuo desgaste, también pueden ser interiores estas ruedas.

Se utilizan en el campo de la electrónica y de la informática, equipos de sonido, vídeo, impresoras...

Importante

Con las ruedas de fricción se cumplen las **mismas fórmulas** que para las **poleas**:

$$\phi_1 \cdot n_1 = \phi_2 \cdot n_2 \quad i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

La distancia entre ejes de las ruedas será:

$$c = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}$$

En el caso de que las ruedas de fricción también sean interiores, esta distancia será:

$$c = \frac{\phi_1 - \phi_2}{2}$$

Comprueba lo aprendido

¿Son verdaderas las siguientes afirmaciones referidas a las ruedas de fricción?

Las ruedas de fricción transmiten el movimiento entre árboles paralelos.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

Verdadero

Sólo es posible que transmitan el movimiento entre árboles paralelos.

Las ruedas de fricción nos permiten transmitir potencias elevadas.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

Sólo es posible que transmitan pequeñas potencias.

La correa de la transmisión sufre mucho desgaste.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

Esta transmisión no usa correa. Las que se desgastan son las propias ruedas.

La rueda conducida gira en el mismo sentido que la conductora.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

Cada rueda gira en un sentido distinto.

La relación de transmisión es el cociente entre la velocidad del eje de salida y el de entrada.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

Verdadero

En toda transmisión i es el cociente entre la velocidad del eje de salida y el de entrada.

2.3. Transmisión por engranajes.

Importante

Este sistema de transmisión de movimiento está constituido por el acoplamiento, diente a diente, de dos ruedas dentadas, una motriz y otra conducida. A la mayor se le llama **corona** y a la menor **piñón**.

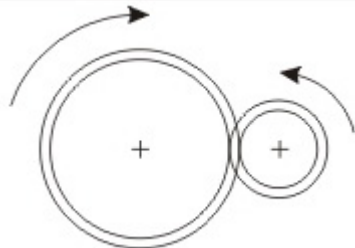


Imagen de Jaohbr en [Wikimedia](#).
CC

Estos mecanismos presentan numerosas ventajas respecto a las correas y poleas, aunque también algunos inconvenientes.

VENTAJAS

- ocupan espacios más reducidos
- no hay posibilidad de deslizamiento
- tienen mayor capacidad de transmisión de potencia
- elevado rendimiento
- bajo mantenimiento

INCONVENIENTES

- son más costosos
- la transmisión se produce con más ruido

Reflexiona

Reflexiona sobre el por qué de estas ventajas e inconvenientes. Por ejemplo, ¿por qué ocupan menos espacio, o por qué son más costosos?

Mostrar retroalimentación

Piénsalo tú, pero, por ejemplo, la cuestión de espacio, ¿cómo de separadas y por qué deben estar las poleas? ¿y los engranajes?

Y en lo que se refiere al coste, ¿con qué proceso de fabricación que viste en la unidad anterior fabricarías una polea y un engranaje? ¿Y cuál crees que es más costoso?.

Piensa lo mismo respecto a las demás ventajas e inconvenientes.

perpendiculares).

Debido a su forma geométrica, su construcción resulta más cara que los anteriores y se utiliza en aplicaciones específicas tales como cajas de cambios, cadenas cinemáticas, máquinas herramientas...

Este sistema de engrane de los dientes proporciona una marcha más suave que la de los engranajes rectos, ya que en el mismo instante hay varios pares de dientes en contacto, lo cual hace que se trate de un sistema más **silencioso**, con una **transmisión de fuerza** y de **movimiento más uniforme y segura**.



Imagen de A. Clarke en [Wikimedia](#). **DP**

Engranajes cónicos

Se emplean para transmitir movimiento entre **ejes perpendiculares**, o para ejes **con ángulos distintos a 90 grados**.

Se trata de ruedas dentadas en forma de tronco de cono, y pueden ser rectos o curvos (hipoides), siendo estos últimos muy utilizados en sistemas de transmisión para automóviles.

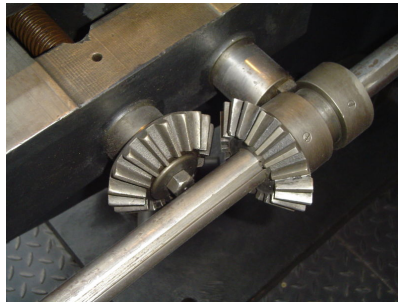


Imagen de [Kolossos](#) en [Wikimedia](#). **CC**



Imagen de Frobles en [Wikimedia](#). **CC**

Importante

Si para realizar la transmisión necesitamos más de un par de ruedas dentadas, entonces el mecanismo, se denomina **tren de engranajes**.



Imagen en [Pixabay](#). Licencia **CC0**

Importante

Respecto a relación de transmisión y velocidades en el movimiento, son válidas las fórmulas que hemos estado considerando hasta ahora, referidas al número de dientes de los engranajes.

$n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$	$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$	$c = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}$
---------------------------------	---	---------------------------------

También puede darse el caso de transmisión por engranajes interiores, como son los **engranajes planetarios o epicicloidales**, que permiten hacer varias desmultiplicaciones con un solo juego de engranajes.

Están formado por cuatro elementos: planeta, satélites, portasatélites y corona.

Entre sus diversos usos destaca el diferencial de casi todos los coches de motor y cambio transversal; también es el engranaje común en las cajas de cambio automáticas con convertidor hidráulico de par. En el vídeo siguiente vemos cómo funciona un planetario.

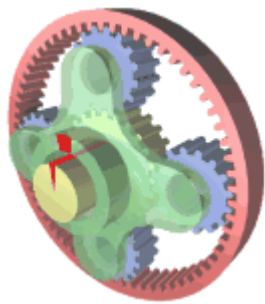


Imagen de Roke en [Wikimedia](#). Licencia [GNU](#)



Vídeo de thielleux alojado en [Youtube](#)

Según la forma de los dientes y del engranaje, éstos pueden ser:

Engranajes rectos

Se utilizan en **transmisiones de ejes paralelos**. Son uno de los mecanismos más utilizados, y se encuentran en cualquier tipo de máquina: relojes, juguetes, máquinas herramientas, etc.



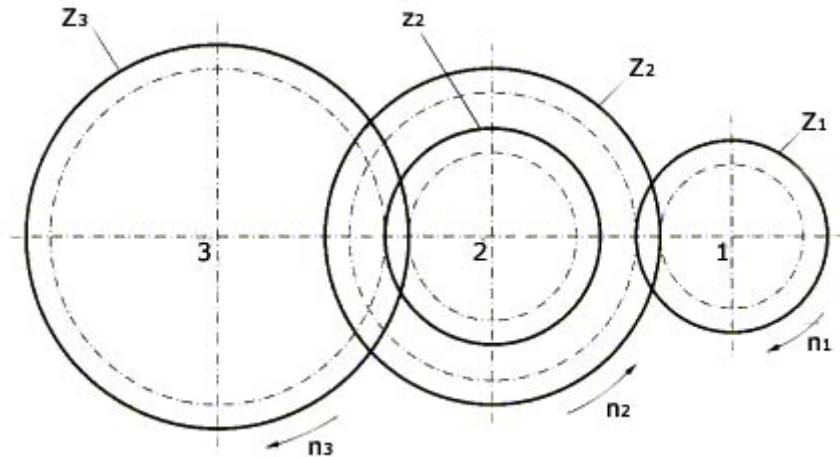
Imagen de JOe deSousa en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

Engranajes helicoidales

Sus dientes están dispuestos siguiendo la trayectoria de hélices paralelas alrededor de un cilindro.

Pueden transmitir movimiento (potencia) entre **ejes paralelos** o entre ejes que **se cruzan** en cualquier dirección (incluso

En este mecanismo la transmisión se realiza entre más de dos ejes simultáneamente, para lo que es necesario que en cada eje intermedio vayan montadas dos ruedas dentadas (Z_2 y z_2). Una de ellas engrana con la rueda motriz, que es la que proporciona el movimiento, y la otra conecta con el eje siguiente al que conduce.



Las velocidad del engranaje de salida, así como la relación de transmisión del sistema se calculará con las expresiones de las transmisiones simples, pero considerando todas las ruedas de entrada y todas las ruedas de salida.

Comprueba lo aprendido últiple

Para transmitir movimiento entre ejes paralelos utilizaremos:

☐ Un tren de engranajes

☐ Engranajes rectos

☐ Engranajes helicoidales

Mostrar retroalimentación

Solution

1. Incorrecto
2. Correcto
3. Correcto

La corona es:

☐ El engranaje grande de una transmisión.

☐ El engranaje conducido en una transmisión.

☐ El engranaje exterior de un planetario.

Mostrar retroalimentación

Solution

1. Correcto
2. Incorrecto
3. Correcto

La relación de transmisión en un tren de engranajes es:

- ☐ El cociente entre la velocidad del último engranaje de salida y la velocidad del engranaje de entrada.

- ☐ El cociente entre el producto de todas las velocidades de los engranajes de salida y el producto de todas las velocidades de los engranajes de entrada.

- ☐ El cociente entre el producto de todos los diámetros de los engranajes de salida y el producto de todos los diámetros de los engranajes de entrada.

Mostrar retroalimentación**Solution**

1. Correcto
2. Correcto
3. Incorrecto

3. Sistemas de transformación de movimiento

Siempre que se diseña una nueva máquina para realizar una actividad concreta es preciso considerar todos y cada uno de los mecanismos que constituirán el sistema mecánico de transmisión, transformación y regulación del movimiento de la misma.

El objetivo final deberá ser diseñar y fabricar una máquina, en la que todos sus componentes realicen sincronizadamente la tarea que tienen encomendada, que el conjunto sea rentable, seguro, eficaz y que cumpla con los requisitos y normativas medioambientales.

En un gran número de ocasiones será necesario transformar el movimiento rotativo del motor que alimenta el equipo en un movimiento de otro tipo, por ejemplo lineal o alternativo. Es pues necesario desarrollar múltiples mecanismos transformadores de movimiento. Estos mecanismos pueden llegar a ser muy variados y complejos, pero todos ellos estarán basados en los distintos principios de transmisión que vamos a estudiar a lo largo de este punto.

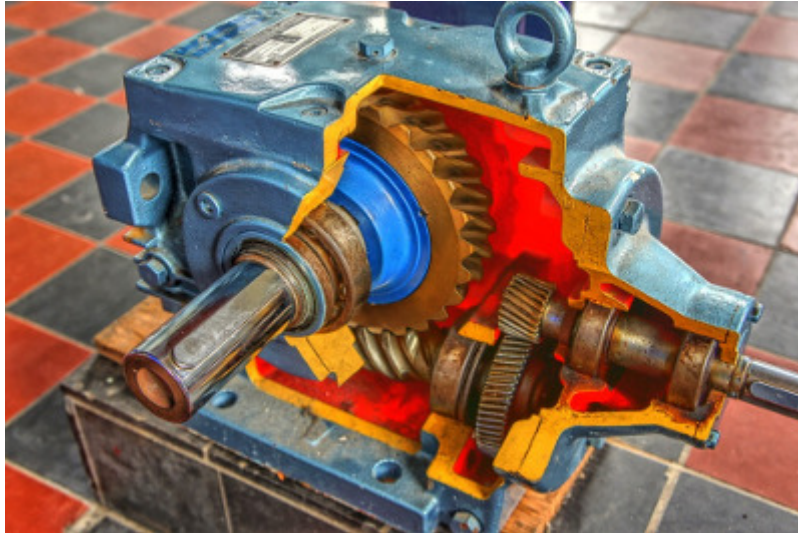


Imagen en [Pixabay](#). Licencia [CC0](#)

3.1. Piñón-Cremallera

Importante

Este mecanismo **transforma** el **movimiento giratorio** de un eje, en el que va montado un piñón, en **movimiento rectilíneo**, al engranar los dientes del piñón con los dientes de una barra prismática (**cremallera**) que se desplaza longitudinalmente.

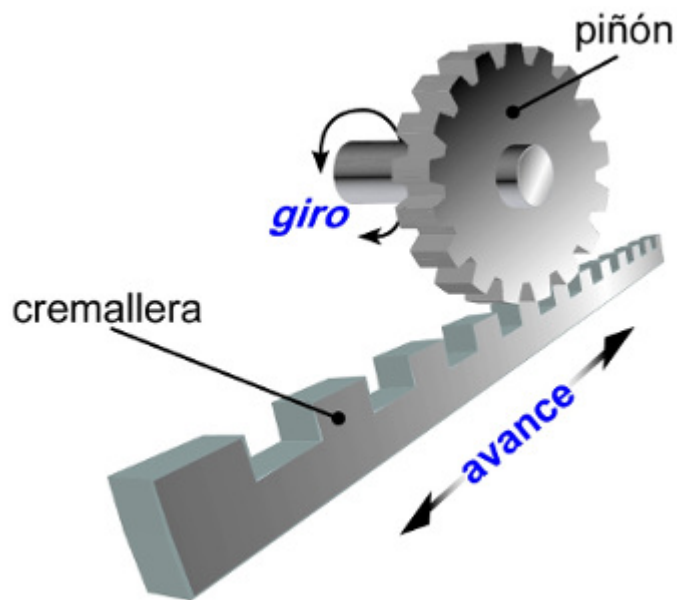
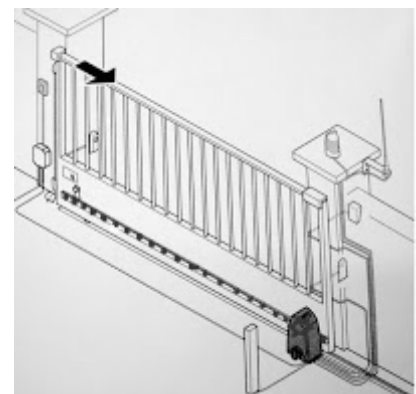


Imagen de Lozano y Soria en [Mecanismos](#). Licencia [CC](#)

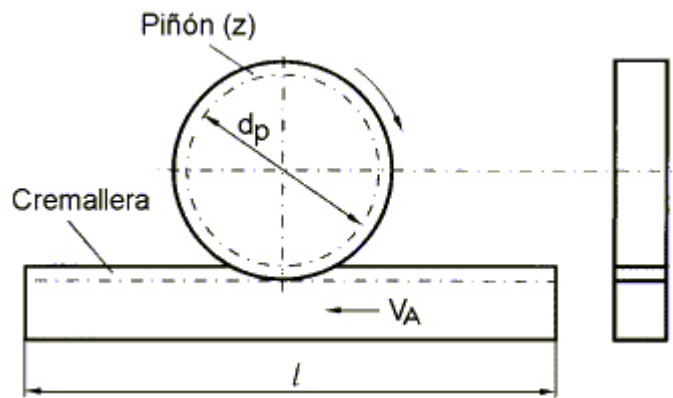
La cremallera es asimilable a una rueda dentada de diámetro primitivo infinito. Para que el engrane sea posible y el piñón pueda deslizarse sobre la cremallera es preciso que tanto piñón como cremallera posean el mismo módulo.

Este tipo de mecanismo es reversible. Es decir puede funcionar aplicando un movimiento de giro al piñón que es transmitido a la cremallera desplazándolos de forma lineal, o viceversa, si se administran movimientos lineales alternativos a la cremallera, éstos se convierten en movimientos rotativos en el piñón.

Se utiliza en la apertura y cierre de puertas sobre guías, y en las direcciones de los automóviles.



Elaboración propia



Elaboración propia

Llamaremos **avance (A)** del piñón a la distancia que avanza la cremallera en una vuelta completa del piñón, su valor coincide con el perímetro de la circunferencia primitiva y vendrá dado por la fórmula:

$$A = \pi \cdot d_p = p \cdot Z$$

Donde:

- **d_p** representa el diámetro primitivo del piñón en metros.
- **p** representa el paso de los dientes del piñón en metros.
- **Z** representa el número de dientes del piñón.

Por otro lado la velocidad de avance (**V_a**) de la cremallera expresada en m/s. Se calculará según la fórmula:

$$V_a = \frac{A \cdot n}{60} = \frac{p \cdot Z \cdot n}{60}$$

Donde **n** es la velocidad de giro del piñón, en rpm.

- El paso **p** representa la distancia en metros entre dos dientes,
- Su inversa representará por lo tanto los dientes que hay en un metro de avance, por lo tanto en un metro de cremallera, se designará por **N**.

$$N = \frac{1}{p} = \frac{Z}{A}$$

Por lo tanto la velocidad de avance (**V_a**) se puede expresar por:

$$V_a = \frac{p \cdot Z \cdot n}{60} = \frac{Z \cdot n}{60 \cdot N}$$

Ejercicio resuelto

El control de apertura/cierre de la puerta de un cercado de 3 m de longitud, se gobierna mediante un sistema de piñón-cremallera. Si el piñón tiene 30 dientes y un paso de 25 mm, el motor que arrastra el eje motriz gira a una velocidad de 40 rpm. Calcula:

- Velocidad de desplazamiento de la puerta.
- Tiempo que tarda en ejecutar cada maniobra.

Sol: a) $V_a = 0,5 \text{ m/s}$ b) $t = 6 \text{ s}$.

Necesitarás utilizar las fórmulas vistas en el capítulo actual.

Mostrar retroalimentación

Los datos necesarios para la resolución del ejercicio son:

- Longitud del desplazamiento (l) = 3 m.
- Número de dientes del piñón (Z) = 30
- Paso (p) = 0,025 m
- Velocidad de giro del piñón (n) = 40 rpm

a) La velocidad de avance de la cremallera viene dada por:

$$V_a = \frac{p \cdot Z \cdot n}{60}$$

Sustituyendo:

$$V_a = \frac{0,025 \cdot 30 \cdot 40}{60} = 0,5 \text{ m/s}$$

b) Teniendo en cuenta que para un movimiento uniforme $v = l/t$. Podemos despejar el valor del tiempo y así:

$$t = \frac{l}{V_a} = \frac{3 \text{ m}}{0,5 \text{ m/s}} = 6 \text{ s}$$

3.2. Tornillo sinfín-Corona

Importante

En este mecanismo un **tornillo sinfín** (1) va montado en el eje motor, haciendo girar la **corona** que es el eje de salida (2). Este mecanismo no puede funcionar en sentido contrario, es decir, es irreversible.

Con este mecanismo, se consigue **transmitir fuerza y movimiento** entre dos **ejes perpendiculares**, con relaciones de transmisión muy elevadas.

Mientras los tornillos de fuerza son generalmente de rosca simple, los tornillos sinfín tienen usualmente roscas múltiples. Al número de roscas de un tornillo sinfín se le llama **número de entradas**. Este valor determina la velocidad de giro de la corona de salida.

Si el sinfín es de una sola entrada, por cada vuelta que gira el tornillo, la corona avanza un diente. O lo que es igual para que la corona de una vuelta completa el tornillo sinfín ha debido girar tantas vueltas como dientes tiene la corona.

En el esquema de la figura superior el sinfín es de dos entradas, por lo que cada vuelta de éste, la corona avanza dos dientes.

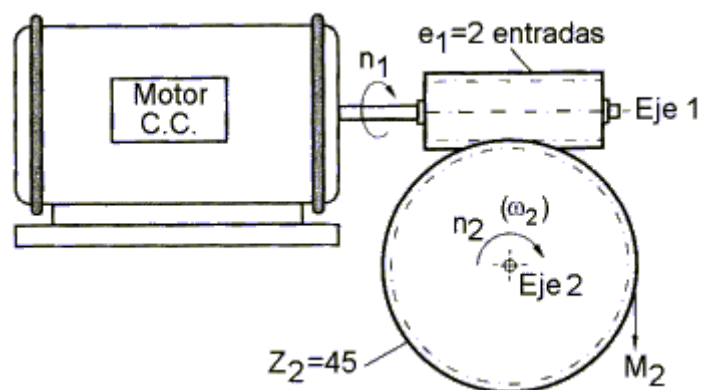
La velocidad de giro de ambos ejes dependerá del número de dientes de la corona (Z_2) como del número de entradas (e_1) del tornillo sinfín y viene dada por:

$$n_1 \cdot e_1 = n_2 \cdot Z_2$$

Por lo tanto la relación de transmisión del sistema es:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{e_1}{Z_2}$$

La relación de transmisión de velocidad siempre será menor que la unidad, es decir el mecanismo producirá reducción de velocidad. Debido a que es el mecanismo que consigue valores elevados de reducción de velocidad se emplea en tacómetros, carros de máquinas herramientas, cremalleras de dirección para automóviles, contadores de agua y eléctricos, juguetería,...



Elaboración propia



Imagen de M. Schweiss en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

Ejercicio resuelto

Es necesario conseguir una reducción de velocidad con una relación de transmisión $i=1/80$, para ello se utiliza un mecanismo tornillo sinfín-corona, si el sinfín es de dos entradas y es arrastrado por un motor que gira a 3000 rpm. Calcula:

- a) Velocidad del eje de salida.
- b) Número de dientes de la corona.

Mostrar retroalimentación

Los datos de partida son:

$$i = 1/80$$

$$e_1 = 2$$

$$n_1 = 3.000 \text{ rpm}$$

a) La velocidad del eje de salida vendrá dada por:

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

Despejando n_2 :

$$n_2 = i \cdot n_1$$

Es decir:

$$n_2 = \frac{1}{80} \cdot 3.000 = 37,5 \text{ rpm}$$

b) Para calcular el número de dientes de la corona (Z_2):

$$i = \frac{e_1}{Z_2}$$

Despejando:

$$Z_2 = \frac{e_1}{i} = \frac{2}{\frac{1}{80}} = 160 \text{ dientes}$$

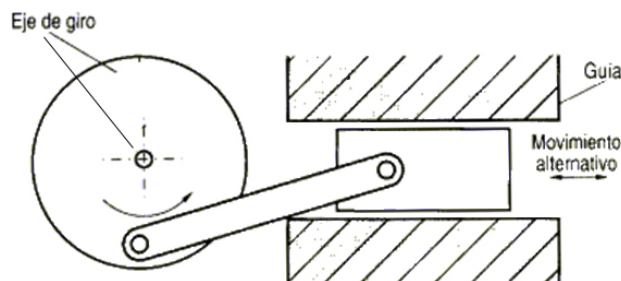
3.3. Biela-Manivela

Importante

Este mecanismo **transforma** el **movimiento circular** en movimiento **rectilíneo alternativo**.

El sistema está constituido por un elemento giratorio denominado **manivela**, conectado a una barra rígida llamada **biela**, de modo que cuando gira la manivela, la biela está forzada a avanzar y retroceder sucesivamente.

Es un sistema reversible, lo que quiere decir que también puede funcionar para convertir un movimiento lineal alternativo en otro de giro, como en el caso de un pistón dentro del cilindro en el motor de un automóvil, donde la manivela se ve obligada a girar.



Elaboración propia

Se consigue así un movimiento alternativo de vaivén en la biela. A la longitud de desplazamiento recibe el nombre de **carrera**, y su valor depende de la longitud de la manivela (radio de giro). Cuando la manivela da una vuelta completa, la biela se desplaza una distancia igual al doble de la longitud de la manivela.

Las posiciones extremas del recorrido se llaman puntos muertos, siendo el punto muerto superior (pms) el que está a mayor distancia del eje de la manivela, y punto muerto inferior (pmi) el que está más próximo.

La distancia entre el pms y el pmi se llama carrera y coincide con el doble de la longitud de la manivela.

Entre sus numerosas aplicaciones destacan sobre todo las utilizadas en el mundo del automóvil. Así por ejemplo el movimiento alternativo producido en los pistones de los cilindros es transformado en giro por medio de sistemas biela manivela.

Mecanismo Biela Manivela



Vídeo de 1autor alojado en [Youtube](#)

3.4. Tornillo-Tuerca

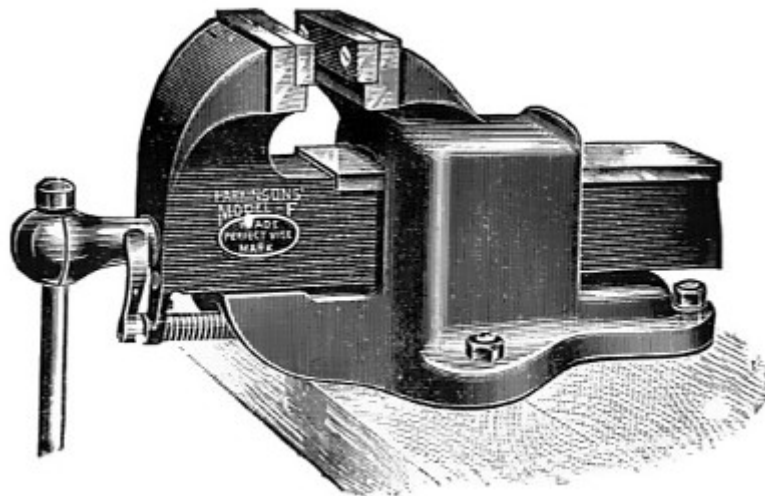
Importante

Mecanismo constituido por un **tornillo** (también llamado husillo) y una **tuerca**. Su funcionamiento se basa en que si se mantiene fija la tuerca, el movimiento giratorio del tornillo produce el desplazamiento longitudinal del tornillo y viceversa.

Mediante este sistema se consigue convertir el **movimiento circular** del **tornillo** en **movimiento rectilíneo** de la **tuerca**.

Los perfiles de rosca redondos y trapezoidales son reversibles, es decir, puede girar el tornillo y desplazarse la tuerca (o viceversa), girar la tuerca y desplazarse longitudinalmente el tornillo.

El movimiento circular no tiene por qué ser suministrado por un motor, sino que se puede producir manualmente mediante una manivela como sucede en el tornillo de banco, o en la tajadera del cauce de un riego o en un gato a manivela.



Gato accionado por un sistema de tornillo tuerca
Imagen de A7N8K en [Wikimedia](#). Dominio público

El husillo, al igual que cualquier otro tornillo, se caracteriza por el **número de entradas (e)** y por el **paso de la rosca (p)**.

Un tornillo de 3 mm de paso y una entrada, cuando gira una vuelta completa sobre una tuerca, produce un avance de ésta de 3 mm.

En cambio un tornillo con el mismo paso y dos entradas, produce un avance de la tuerca en el mismo tiempo de 6 mm.

En general el avance del tornillo viene dado por:

$$A = p \cdot e$$

La velocidad de avance del tornillo es:

$$V_a = \frac{p \cdot e \cdot n}{60}$$



Elaboración propia

- Donde **n** es la velocidad de giro en rpm.

Por último el tiempo que tarda la tuerca en recorrer una distancia L vendrá expresado por:

$$t = \frac{L}{V_a}$$

Ejercicio resuelto

Calcula la velocidad de avance de una tajadera que controla la apertura y cierre de un cauce de riego, si el mecanismo de control es un tornillo-tuerca de triple entrada y 5mm de paso, y la tuerca gira con una velocidad uniforme de 100 rpm.

Mostrar retroalimentación

Los datos del ejercicio son:

$$e = 3$$

$$p = 5 \text{ mm}$$

$$n = 100 \text{ rpm}$$

La velocidad de avance viene dada por:

$$V_a = \frac{p \cdot e \cdot n}{60}$$

Sustituyendo:

$$V_a = \frac{5 \cdot 3 \cdot 100}{60} = 25 \text{ mm/s}$$

3.5. Leva. Excéntrica

Importante

Mecanismo que permite transformar un movimiento **rotatorio** en **lineal alternativo**.

Se basa en un elemento de contorno no circular que gira sobre un punto, al girar el perfil de este elemento provoca la subida o la bajada de un **seguidor de leva** o un palpador.

Este tipo de transformación de movimiento es **irreversible**. Es decir el movimiento alternativo del seguidor no es capaz de producir el giro del elemento rotatorio.

El palpador puede accionar una válvula, un pulsador,...

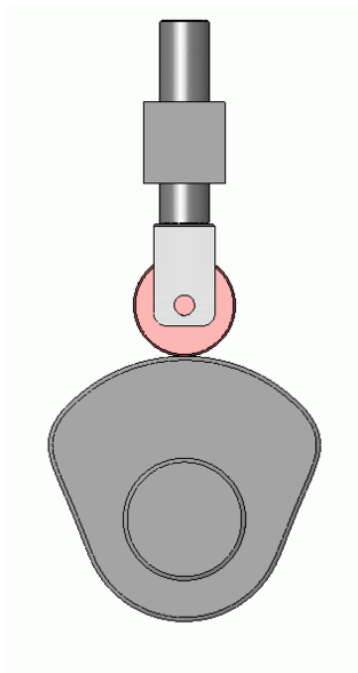


Imagen de Silberwolf en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

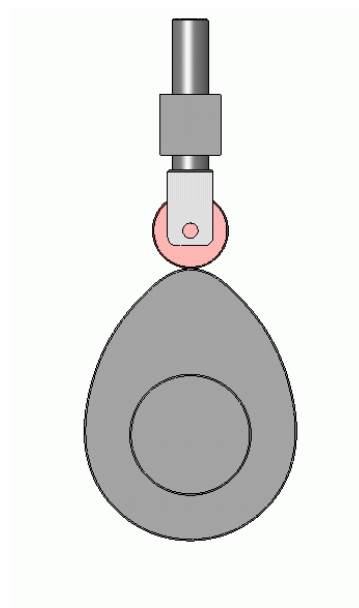


Imagen de Silberwolf en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

Cuando es necesario generar una determinada secuencia sincronizada de apertura/cierre, como ocurre con las válvulas de admisión y escape de los cilindros del motor de un automóvil, se sitúan las levas necesarias sobre un solo eje constituyendo un **árbol de levas**.

El **palpador** en todo momento debe permanecer en contacto con el contorno de la leva. Esto se consigue por medio de la utilización de muelles, resortes o a la propia fuerza de la gravedad.

- El recorrido vertical máximo que efectúa el palpador se llama carrera del palpador.
- Los puntos extremos del recorrido corresponden a los puntos del perfil de la leva con distancia máxima (radio mayor) o mínima (radio menor) respecto al eje de giro.
- El valor numérico de la carrera se obtiene restando, del radio mayor, el radio menor.

Existen perfiles de leva muy diversos siempre determinados por el movimiento que se requiera en el seguidor, pudiendo adoptar formas realmente complejas.

Su función principal es la **automatización de máquinas** (programadores de lavadora, control de máquinas de vapor, apertura y cierre de contactos eléctricos, de las válvulas de los motores de explosión...).

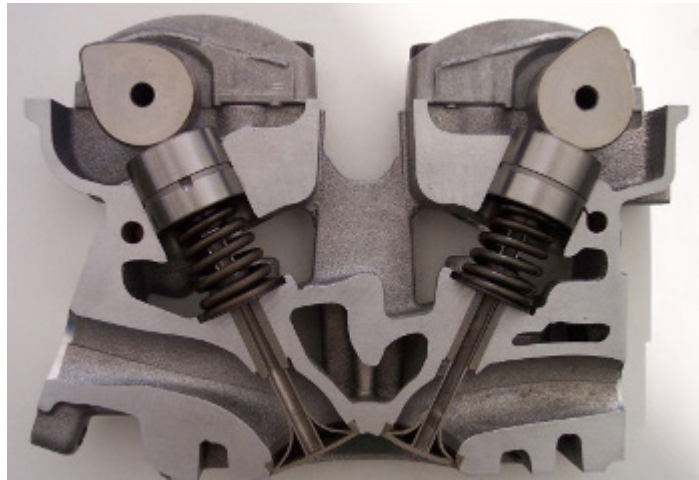


Imagen de Stalhkocher en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

Importante

La **excéntrica**, es una variación del mecanismo leva-seguidor. Consiste en una rueda cuyo eje de giro no coincide con el centro de la circunferencia. Transforma el **movimiento de rotación** de la **rueda** en un **movimiento lineal alternativo** del **seguidor**.

Es como una leva particular, cuyo contorno es una circunferencia en la que el eje de giro no coincide con el eje de la circunferencia, siendo la carrera del seguidor el doble de la distancia que existe entre el centro de la circunferencia y el eje de giro



Imagen de ThreeE en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)

Comprueba lo aprendido **Multiple**

una Leva es un mecanismo que permite:

- ☐ Transformar un movimiento alternativo en lineal rotatorio
- ☐ transformar un movimiento rotatorio en lineal alternativo.
- ☐ transformar un movimiento lineal en rotatorio alternativo.
- ☐ transformar un movimiento rotatorio alternativo en lineal.

Incorrecto

Correcto

Incorrecto

Incorrecto

Solution

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

Comprueba lo aprendido **Blanco**

Lee el siguiente párrafo y completa los huecos.

El movimiento rotatorio de la leva produce un movimiento oscilante en una pieza llamada . La secuenciación sincronizada de este movimiento permite crear una secuencia de apertura/cierre en las de admisión y escape de los del motor de un automóvil. Se utilizan tantas levas como sean necesarias sobre un solo eje constituyendo un .

Enviar

3.6. Cigüeñal

Importante

Eje con codos y contrapesos que, aplicando el principio del sistema de biela-manivela, transforma el movimiento **rectilíneo alternativo en giratorio o viceversa**.

Se utilizan profusamente en los motores de explosión, donde el movimiento lineal de los pistones dentro de los cilindros se transmite a las bielas y se transforma en un movimiento rotatorio del cigüeñal que, a su vez, se transmite a las ruedas y otros órganos del motor.

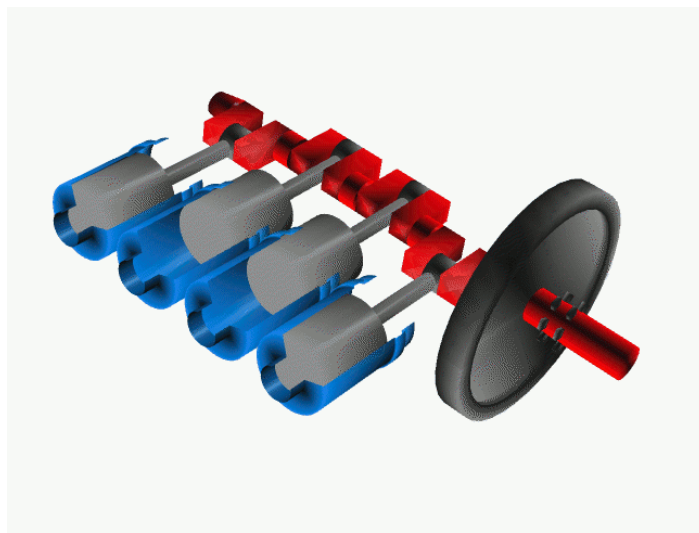


Imagen de NASA en [Wikimedia](#). Dominio público

Para que un cigüeñal funcione de forma correcta, es necesario que presente un **equilibrio estático** distribuyendo su masa uniformemente alrededor del eje, y un **equilibrio dinámico**, para tratar de evitar las posibles vibraciones generadas durante el giro, causadas por la fuerza transmitida por las bielas. Por este motivo llevan contrapesos, con ellos se consigue que la fuerza centrífuga al girar sea completamente uniforme.

En un cigüeñal se distinguen tres partes:

- El **eje** sirve de guía en el giro. Por él llega o se extrae el movimiento giratorio.
- La **muñequilla** sirve de asiento a las cabezas de las bielas.
- El **brazo** es la pieza de unión entre el eje y la muñequilla. Su longitud determina la carrera de la biela.

Cuando el cigüeñal consta de varias muñequillas dispuestas en planos y sentidos diferentes, el movimiento alternativo de las diversas bielas estará sincronizado y la distancia recorrida por el pie de biela dependerá de la longitud del brazo de cada manivela.

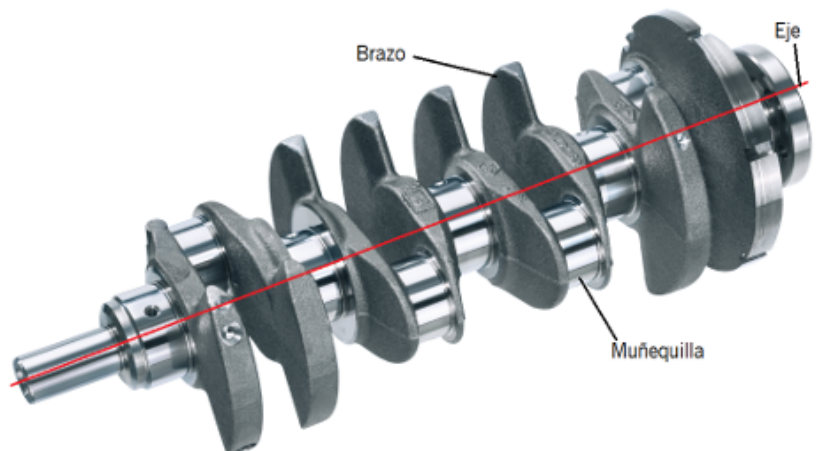
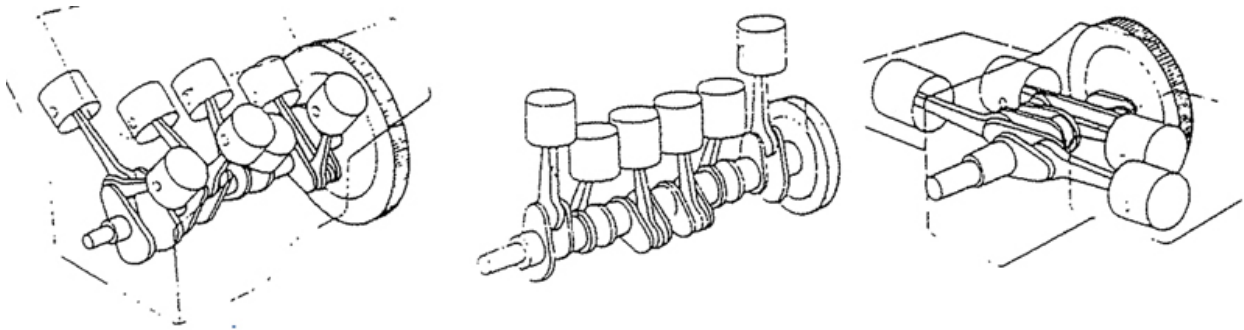


Imagen de Saibo en [Wikimedia](#). Licencia CC

Los cigüeñales se utilizan en todo tipo de mecanismos que precisen movimientos alternativos sincronizados. Se pueden encontrar mecanismos de este tipo desde máquinas tan grandes como los motores de coches, como en juguetes en los que piernas y manos van sincronizados.

El número de muñequillas y la disposición de los brazos puede variar mucho en función de las necesidades y el diseño de la máquina. En las figuras adjuntas se pueden observar un cigüeñal con ocho cilindros en "V", un cigüeñal con seis cilindros en línea y un cigüeñal con cuatro cilindros en oposición.



Elaboración propia

Al final del cigüeñal se sitúa una pieza circular llamada volante de inercia, solidaria al embrague y cuya función principal es arrastrar el cigüeñal cuando éste no tiene el empuje necesario en los pistones debido a los intervalos entre las explosiones.

Ejercicio resuelto

Un motor de explosión de cuatro cilindros y 1600 cm^3 tiene el diámetro de los pistones de 90 mm. Calcula la excentricidad que debe tener el cigüeñal, es decir, la longitud de la manivela del cigüeñal.

Mostrar retroalimentación

El volumen de cada cilindro será el volumen total del motor entre el número de cilindros.

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{V_{\text{motor}}}{n^{\circ} \text{ cilindros}} = \frac{1600 \text{ cm}^3}{4} = 400 \text{ cm}^3$$

Por otro lado teniendo en cuenta el volumen de un cilindro en función de su diámetro y altura.

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} \cdot h = 400 \text{ cm}^3$$

Despejando:

$$h = \frac{4 \cdot 400 \text{ cm}^3}{\pi \cdot 9^2 \text{ cm}^2} = 6,29 \text{ cm}$$

Por lo que la excentricidad del cigüeñal, es decir, su manivela será la mitad que la carrera del pistón, 3,145 cm.

3.7. Cruz de Malta

Importante

Mecanismo que convierte un **movimiento circular continuo** en un movimiento **circular intermitente**. También conocida como rueda de Ginebra.

Consiste en un mecanismo en el que un motor hace girar un volante (luna). Este dispone de una leva, con un vástago (gorrón). Cuando el gorrón en su giro conecta con una pieza en forma de cruz, esta última girará.

Si observas la figura de la derecha te darás cuenta de que la cruz permanece durante la mayor parte del recorrido del volante bloqueada. Tan solo cuando la leva engarza el pivote con la hendidura de la cruz ésta se encuentra libre y puede girar.

El avance del pivote en la ranura de la cruz, la arrastra, provocando que ésta gire hasta que vuelve a desengarzarse el pivote de la leva, de la hendidura de la cruz.

Hasta casi el final de la nueva revolución el volante bloquea de nuevo a la cruz, hasta engarzar en la siguiente hendidura de la cruz; de forma que por cada vuelta que gira el árbol motor, la cruz avanza el ángulo formado por los ejes de dos hendiduras consecutivas de la cruz.

Una aplicación de este mecanismo son los **proyectores de cine**. La película no discurre continuamente ante el proyector, sino que tiene que avanzar fotograma a fotograma, permaneciendo frente a éste un cierto tiempo.

Este movimiento intermitente se consigue utilizando la rueda de Ginebra. (Los proyectores modernos suelen utilizar mecanismos controlados electrónicamente o un motor paso a paso).

También se usa para el cambio de herramienta en las fresadoras automáticas provista de varios útiles. A continuación puedes ver un vídeo sobre el funcionamiento de la cruz de Malta

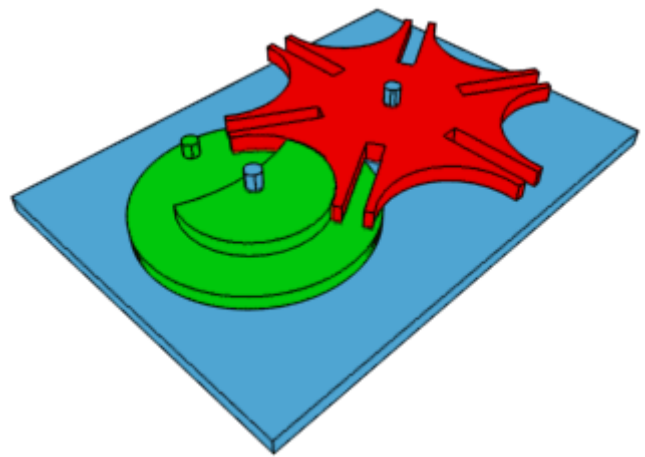


Imagen de Mike1024 en [Wikimedia](#). Dominio público

CRUZ DE MALTA 35MM ANIMACAO timreed.mpg



Vídeo de jotapedroso alojado en [Youtube](#)

4. Elementos mecánicos auxiliares

La mayoría de las máquinas y sistemas técnicos para conseguir que funcionen adecuadamente, deben incorporar una serie de componentes complementarios que llamamos **elementos auxiliares**, con ellos se consigue **optimizar el funcionamiento de las máquinas, sincronizar sus movimientos y regular y gobernar los componentes de los sistemas mecánicos**; es por ello que la correcta elección de estos elementos, es un factor muy a tener presente, para potenciar el correcto funcionamiento, según lo esperado, con la mayor eficacia posible, dentro de las normas de seguridad previstas y procurando alargar la vida útil de los equipos.

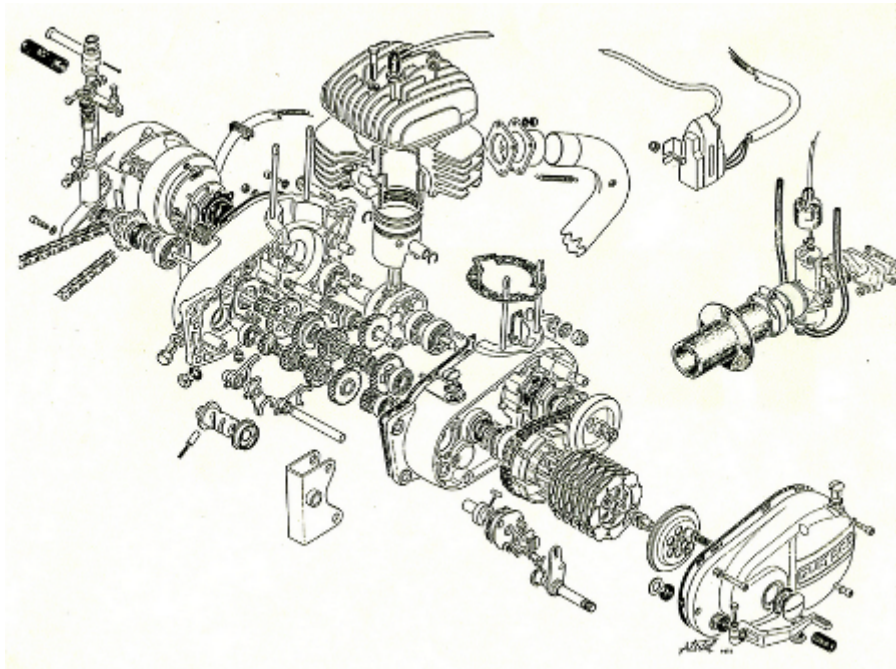


Imagen de Imsomia en [Flickr](#). Licencia [CC](#)

El enorme desarrollo producido en los últimos años en el campo de las técnicas de fabricación y la incorporación de nuevos materiales industriales, han provocado una mejora considerable de este tipo de elementos.

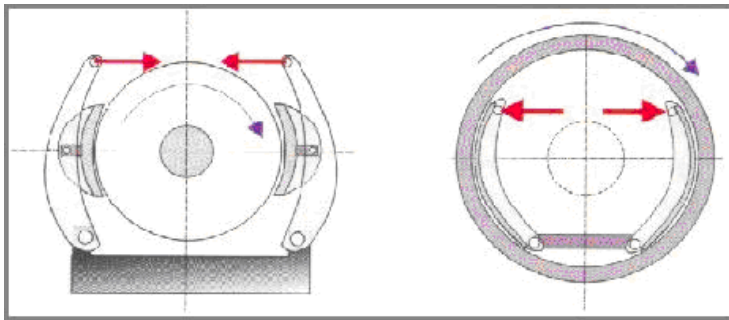
4.1. Frenos

Son **acoplamientos de fricción** cuya misión es **controlar la velocidad angular de los árboles por medio de rozamiento**. Según del modo de actuar de los frenos se pueden distinguir cuatro tipos:

- de zapatas
- cónicos
- de cinta
- de disco

ZAPATAS

Las zapatas pueden ser **exteriores** (usados en grúas, o bicicletas) e **interiores** (empleados en vehículos) en las que éstas van fijadas por medio de bulones a un sistema de palancas que ejercen la fuerza sobre el brazo, presionando sobre el tambor, recuperando su posición de reposo por medio de muelles o resortes cuando se deja de actuar sobre el elemento de freno.



Elaboración propia



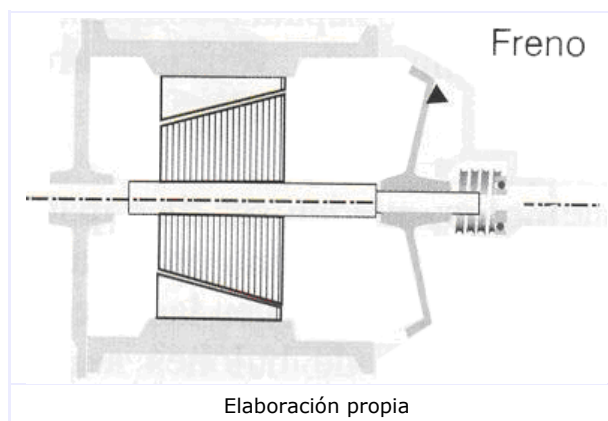
Imagen en [Wikimedia. CC](#)

CÓNICOS

Son muy parecidos a los acoplamientos móviles, se diferencian de ellos en que ahora el objetivo es regular la velocidad del árbol y no el acoplamiento entre dos árboles.

La acción de frenada puede ser efectuada por desplazamiento axial del árbol contra el cubo de freno o por aproximación del freno a la polea montada sobre el árbol.

Al igual que en el caso anterior, la recuperación a la posición de reposo se efectúa por medio de muelles.



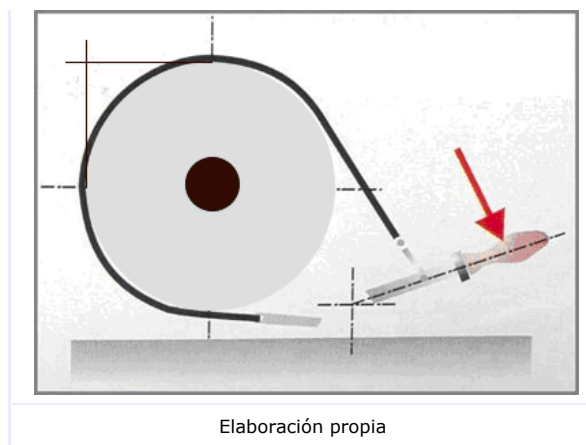
Elaboración propia

DE CINTA

Se basan en provocar rozamiento entre una banda metálica que desliza sobre un cubo montado sobre el árbol, cuya velocidad deseamos regular, al aplicar fuerza sobre la palanca, aumenta la presión sobre el cubo y produce la frenada.

Se suele emplear para el control de los árboles en los aparejos de los barcos pesqueros.



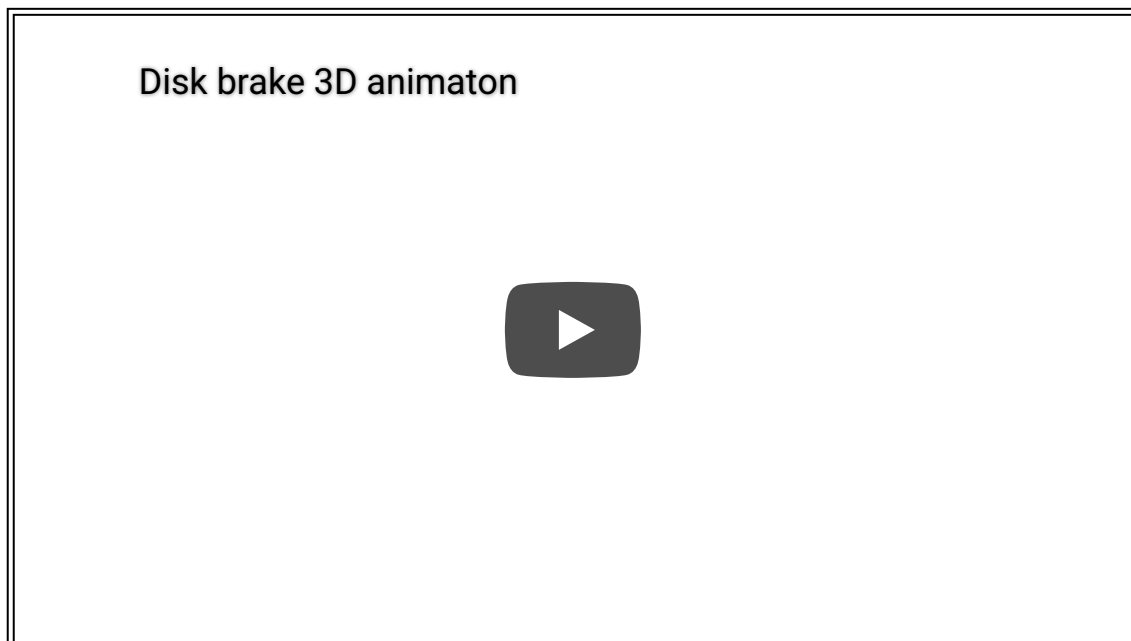


DE DISCO

Su acción consiste en provocar el **rozamiento entre un disco montado sobre el árbol** a regular y ser presionado en sus flancos por dos zapatas (ferodos).

El **control** del mecanismo se suele producir **por medios hidráulicos** (líquido de frenos) aplicando la fuerza sobre un pedal, ésta se transmite mediante una cadena cinemática a un émbolo y a través de conductos hidráulicos a los actuadores que presionan las zapatas sobre el disco. Son los más empleados en los vehículos ligeros.

En el siguiente vídeo puedes ver cómo funciona un freno de disco.



Vídeo de Bartosz alojado en [Youtube](#)

ELÉCTRICO

Lo constituye **un disco de material metálico conductor** (aluminio o cobre), que **gira entre los dos polos de un electroimán fijo**, cuando se hace pasar corriente por la bobina del electroimán, se inducen corrientes parásitas en el disco que intenta arrastrar al electroimán, pero al ser éste fijo y no poder desplazarse, provoca una disminución de la velocidad de giro del disco y por lo tanto del árbol.

Este sistema suele instalarse en **camiones y transporte pesado**, como equipo de frenado paralelo, para reforzar éste durante trayectos de descensos prolongados.



Sabías que...

En la actualidad prácticamente todos los automóviles tienen instalados frenos **ABS**

antibloqueo, que es un sistema controlado electrónicamente, de modo que al actuar sobre el pedal de freno, la zapata no presiona permanentemente sobre el tambor, sino que se produce un frenado, como si se pisase y soltase sucesiva y rápidamente el pedal durante muchas veces consecutivas.

Con esto se consigue que los frenos no queden bloqueados, por lo que se tiene un mayor control del vehículo, conservando el control de la dirección, lo que permite mayor maniobrabilidad, y se evita el deslizamiento de la rueda sobre el firme.

En este vídeo puedes comprobar la eficacia de este sistema ABS.



Video de Edwin Loza alojado en [Youtube](#)

4.2. Embrague

El **embrague** es el mecanismo que debe permitir **desacoplar fácilmente los árboles motor y conducido** total o parcialmente según necesidades del proceso.

Es un mecanismo que está presente en automóviles, motocicletas y en todas aquellas máquinas que tengan varias velocidades de funcionamiento y ésta se selecciona por medio de una caja de cambios.

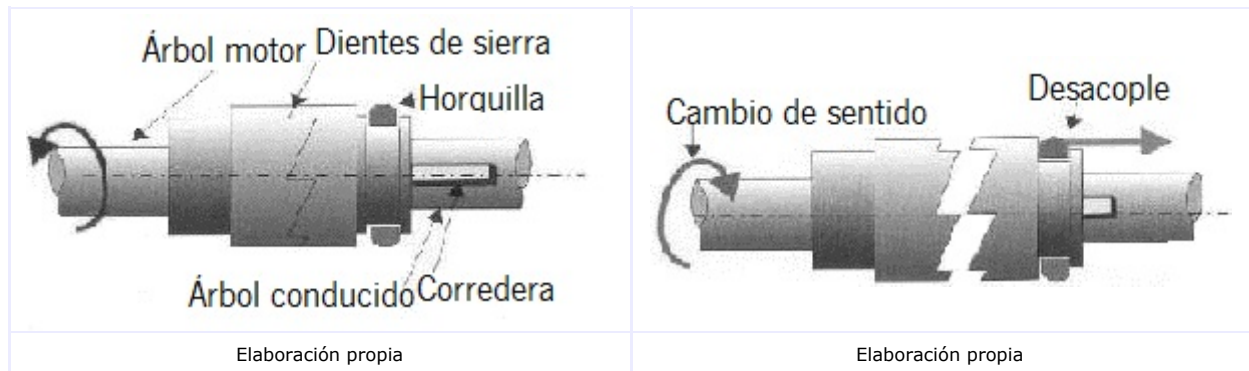
Pueden ser de diversos tipos:

- de dientes
- de acoplamiento

DE DIENTES

Está constituido por un plato con muescas en forma de dientes; en el extremo del árbol conducido se monta otro plato, con las mismas estrías, que puede deslizarse longitudinalmente a lo largo de su eje. Solamente **transmite movimiento en un sentido**.

Para conectar o desconectar los árboles es necesario la parada o reducción significativa de la velocidad.



DE ACOPLAMIENTO

Es independiente de que el árbol motor esté o no detenido; puede haber de fricción e hidráulicos.

Los de fricción disponen de un elemento fijado al eje motor que en una de sus caras dispone de una superficie con alto coeficiente de rozamiento y elevada resistencia al desgaste. El árbol conducido dispone de otro elemento adecuado que acopla con el primero mediante muelles o por efecto de un electroimán de corriente continua. Para aumentar la potencia se suelen disponer de varios discos paralelos.

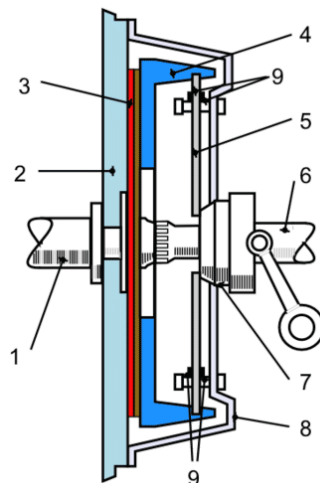


Imagen en [Wikimedia](#). Licencia [Art Libre](#)

Partes del embrague:

1. Eje motor
2. Volante de inercia
3. Disco de embrague

1. Cómo se dice Volante de inercia en inglés --> FLYWHELL
2. Con cuantos tornillos va sujeto el volante de inercia --> SEIS

4.3. Elementos elásticos

Se emplean elementos elásticos para **absorber picos de energía** que se producen en algunas transmisiones de movimiento y **constituyen la suspensión**. En la actualidad, se utilizan tres tipos de elementos elásticos:

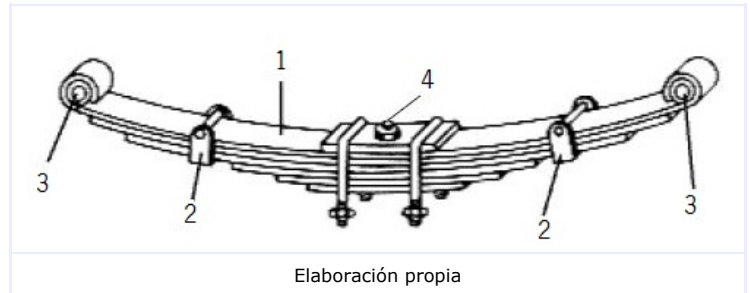
- Ballestas
- Muelles helicoidales
- Barras de torsión

BALLESTAS

Están constituidas por un conjunto de **hojas** (1) de acero especial para muelles, **unidas** mediante unas **abrazaderas** (2) que permiten el deslizamiento entre las hojas cuando éstas se deforman por el peso que soportan.

La hoja superior, llamada maestra, va curvada en sus extremos, formando unos ojos sobre los que se montan unos **casquillos** (3) para su acoplamiento al soporte del bastidor, por medio de pernos o bulones.

El número de hojas y su espesor está en función del esfuerzo que esté previsto que soporten. Todas las hojas se unen en el centro mediante un **tornillo pasante** con tuerca, llamado **capuchino** (4).



La suspensión por ballestas suele emplearse en vehículos dotados de puentes delantero y trasero rígidos.

La ballesta presenta una curvatura, que tiende a ponerse recta al subir la rueda con las desigualdades del terreno, aumentando su longitud por lo que, su unión al chasis deberá disponer de un sistema que permita absorber este alargamiento.

Generalmente, este dispositivo se coloca en la parte trasera de la ballesta y realiza la unión al chasis por medio de un tornillo pasante.

Además, en el ojo de la ballesta, se coloca un casquillo elástico, llamado **silentblock**, formado por dos manguitos de acero unidos entre sí por un casquillo de caucho, que se interpone a presión entre ambos, actúa como articulación para pequeños movimientos, sin generar ruidos ni requerir engrase



MUELLES HELICOIDALES

Son de **varilla de acero** de diámetro entre 10 y 15 mm, **enrollado** en forma de **hélice**. Sus espiras extremas se hacen planas para obtener un buen asiento, tanto en la zona superior como en la inferior. El diámetro del muelle varía en función de la carga que ha de soportar.

La flexibilidad del muelle depende del diámetro de la varilla utilizada, del número de espiras, del ángulo de inclinación de las mismas, del diámetro del muelle y de la calidad del acero empleado para su construcción.

En la figura se ven tres tipos de muelles que trabajan a tracción, compresión y torsión.

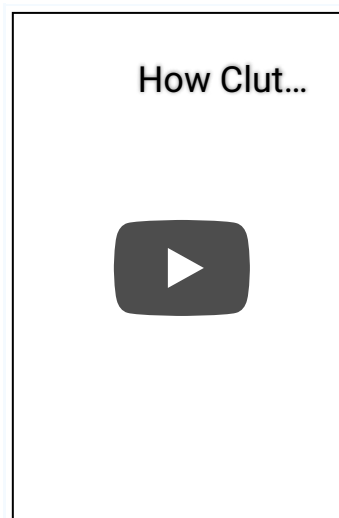
4. Plato de presión
5. Resortes
6. Eje conducido
7. 8. 9. 10 y 11. Elementos auxiliares para el funcionamiento



Vídeo de MotorGiga alojado en [Youtube](#)

Reflexiona

Un pequeño juego: Primero visualiza el siguiente vídeo:



Vídeo [youtube](#) "How clutches work" 1,53 s (
Como trabaja un embrague)

Habrás observado que está en inglés. Independientemente de si sabes mucho o poco, bien sea por tu capacidad de observación o por que dominas el inglés... intenta responder:

1. ¿Cómo se dice Volante de inercia en inglés?
2. ¿Con cuantos tornillos va sujeto el volante de inercia?

No mires la solución hasta no haber visto un el vídeo al menos una vez.

Mostrar retroalimentación

4.4. Volantes de inercia

Importante

Es un **elemento pasivo**, que únicamente aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética.

Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el par motor que lo propulsa. De este modo, el volante de inercia se opone a las modificaciones violentas de un movimiento rotativo.

Así se consiguen amortiguar las variaciones de velocidad angular. Es decir, su misión es suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga.



Imagen de M. Schweiss en [Wikimedia. CC](#)

Es muy utilizado en los automóviles, en su diámetro exterior el volante dispone de una corona dentada que servirá para la puesta en marcha del motor.



Imagen de AdrianYuki en [Wikimedia. Dominio público](#)

Una cara del volante de inercia sirve de zona de fricción para el disco de embrague, el alineado del embrague en el volante, se consigue mediante pernos-guía o un reborde de fijación. El lado motor dispone de la sujeción sobre el cigüeñal, en el centro del volante de inercia se localiza el cojinete para introducir la punta del eje primario de la caja de cambios.

En la actualidad numerosas líneas de investigación están abiertas para encontrar nuevas aplicaciones de los volantes de inercia. Algunos ejemplos son:

- Como dispositivos para suavizar el funcionamiento de instalaciones generadoras de energía eléctrica por medio de aerogeneradores eólicos.

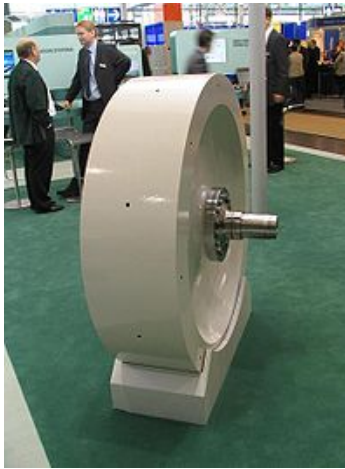


Imagen en [Wikimedia](#). Dominio público

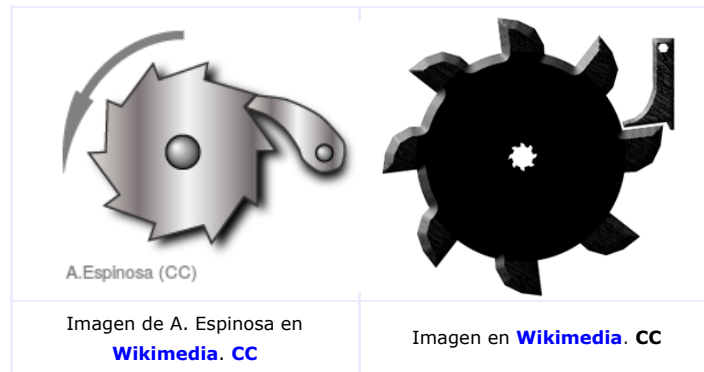
- En el ferrocarril eléctrico son empleados desde hace tiempo un sistema de freno regenerativo que realimenta con la energía extraída del frenado a las líneas de potencia; con el desarrollo de nuevos materiales y diseños se consigue una mayor eficiencia.
- BMW, desde 2007 comercializa algunos modelos de serie con un sistema llamado Efficient Dynamics que incorpora un sistema que aprovecha la energía de frenado "Brake Energy Regeneration", que se utiliza para recargar la batería del vehículo sin tener que recurrir constantemente un alternador que mantenga la batería cargada, por lo que ahorra combustible o gana potencia, según se considere.
- A partir de la temporada 2009 en el campeonato de Fórmula 1 se emplea el sistema KERS, que permite reutilizar la energía que se pierde en forma de calor durante las frenadas, con lo que se logra inyectar picos de energía extra en momentos puntuales. Su funcionamiento es equivalente al de los cochecitos de juguete de los que se arrastran hacia atrás y llevan una rueda que acumula energía, y al liberar el coche, éste sale disparado.

4.5. Trinquetes

Importante

Es un mecanismo que **permite la rotación de un eje en un sentido, pero lo imposibilita en sentido contrario**, se utiliza cuando se requiere asegurar un sentido único de giro, como sucede en gatos o aparatos de elevación, impidiendo que la carga se convierta en elementos motriz cuando la fuerza de elevación cesa.

La utilización de este tipo de trinquete queda limitada a velocidades medias y bajas, para poder ser empleado con mecanismos que transmitan grandes velocidades es necesario un resorte de recuperación de fuerza lo que disminuye el rendimiento del mecanismo.



Pueden ser fijos, cuando solo actúan en una misma dirección, o reversibles, cuando permiten modificar el sentido de actuación, pueden ser interiores o exteriores, de gravedad o con resortes,etc...

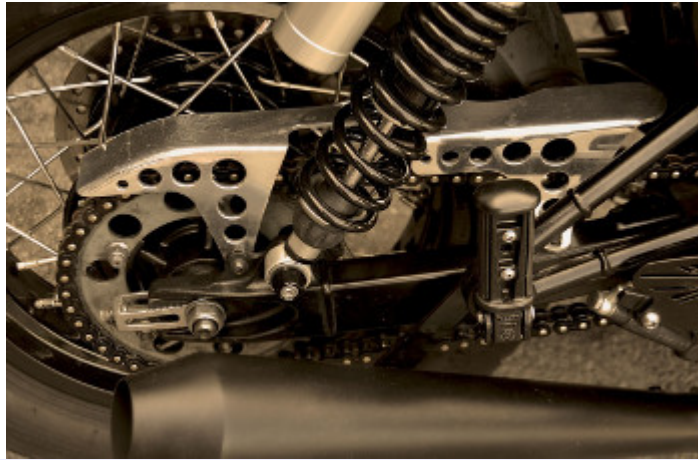
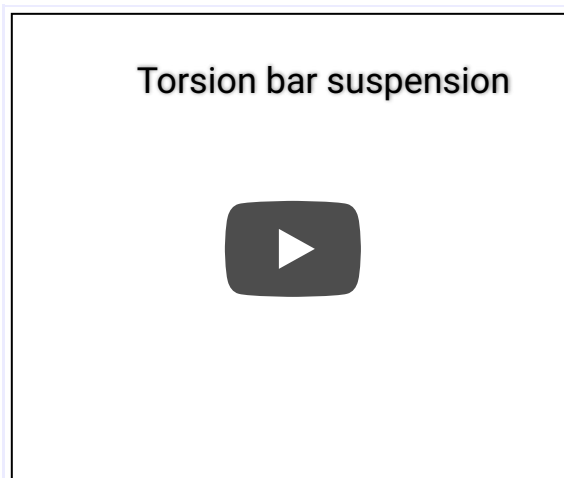


Imagen en [Pxhere](#). Licencia CC0

BARRAS DE TORSIÓN

Con el desarrollo de nuevos materiales se ha conseguido sustituir las ballestas y los muelles helicoidales por las barras de torsión.



Vídeo "Barra de torsión". alojado en [Youtube](#)

Su funcionamiento se basa en que si a una varilla de acero elástico, sujeta por uno de sus extremos, se le aplica por el otro un esfuerzo de torsión, la varilla tenderá a retorcerse, volviendo a su forma primitiva, debido a su elasticidad, cuando cese el esfuerzo de torsión.

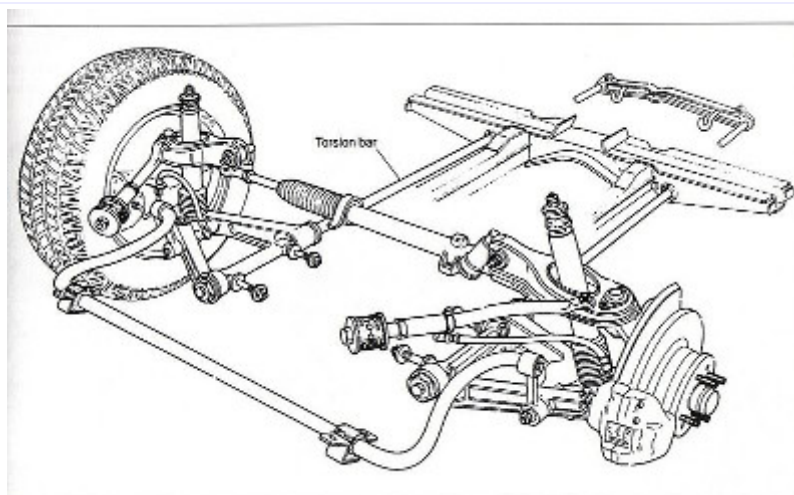


Imagen de Fooldriver24 en [Wikimedia](#). Licencia CC

4.6. Lubricación

Importante

El apoyo entre los órganos móviles de los mecanismos, puede efectuarse en contacto directo de ambas superficies.

Aunque éste no es el modo más adecuado debido al **rozamiento**, lo que produce un calentamiento, pérdida de energía y desgaste.

Para resolver este problema se recurre a procurar mecanizados y acabados superficiales de alta calidad, además de emplear materiales muy duros; este procedimiento resulta costoso y no es totalmente satisfactorio.

Para solucionarlo se recurre a la **lubricación**.



Imagen en [Flickr](#). CC

El lubricante es una sustancia sólida o líquida de distintos orígenes, aunque los más comunes son los aceites minerales que se utilizan para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento.

- En la actualidad se está implantando el uso de **aceites multigrado**, que contienen aditivos que mejoran su capacidad de lubricación, en especial cuando la temperatura de trabajo es muy extrema.
- En condiciones límites, en lugares donde haya mucha suciedad o para cojinetes de lubricación permanente es muy aconsejable utilizar **lubricantes más densos** llamados grasa consistente, que también son aceites minerales espesados por con sales metálicas e incluso arcillas finas, y su utilización se restringe a velocidades de régimen reducidas.

La función de la lubricación, consiste en **interponer un fluido entre las superficies en movimiento** de las máquinas que deben estar en contacto para evitar la fricción en seco de éstas, generando una película separadora que evita el contacto entre ellas y por lo tanto su desgaste, no reduce totalmente el rozamiento, aunque lo limita considerablemente.

De no haber lubricación y debido al fricción se podría producir una elevación de temperatura tal que podría provocar la fusión de los componentes, a esto se le llama **gripaje**.

La lubricación también desempeña otros cometidos que garantizan el funcionamiento optimizado de la maquinaria, manteniéndola en buenas condiciones de uso durante un mayor tiempo, las **funciones de la lubricación son:**

- Refrigeración.
- Sellado.
- Eliminación de impurezas.
- Efecto anticorrosivo y antidesgaste.
- Ahorro energético.

En el siguiente vídeo puedes ver las características de los lubricantes para automóviles.

Lubricantes para carter - Características



Vídeo de Fercol alojado en [Youtube](#)

Reflexiona

Los fabricantes de automóviles indican la necesidad de realizar operaciones de mantenimiento programadas cada 10.000 Km, 15.000 Km, 20.000 Km o más. En estas operaciones la más importante es el cambio de aceite.

1. ¿Por qué crees que se debe hacer este cambio?
 - 1.1. Por que el motor gasta el aceite
 - 1.2. Por que las propiedades del aceite se degradan
2. ¿De qué depende la diferencia en los periodos para realizar cada mantenimiento?

Mostrar retroalimentación

- 1.1. En efecto el aceite se gasta. El aceite, entre otras zonas lubrica el interior del pistón y se mezcla con el combustible que al explosionar, va consumiendo algo de aceite. En cualquier caso, el consumo del aceite en los motores modernos es mínimo.
- 1.2. Es la causa principal del cambio de aceite. Con el uso, las propiedades se degradan y pierden su misión lo que podría llegar a dañar el motor.
2. Los motores modernos son una autentica pieza de relojería de precisión. El consumo es mínimo. Por otra parte, los aceites modernos de origen sintético, mantienen mucho más tiempo las propiedades. La combinación de ambas cosas produce que las operaciones de mantenimiento se puedan espaciar.

4.7. Cojinetes y rodamientos

Importante

Todos los órganos móviles deben estar soportados al menos en dos puntos de apoyo que permitan el giro de los ejes oponiendo la mínima oposición posible, a estos elementos se les llama soportes o bastidores, para facilitar el giro e impedir desplazamientos axiales se emplean unas piezas cilíndricas, dependiendo de la forma de apoyo entre los gorriones y sus soportes, se diferencian dos tipos:

1. Cojinetes de deslizamiento o de fricción, ya que las superficies fija y móvil "friccionan", por deslizamiento, separadas de una película de lubricante.

Están constituidos por un soporte perfectamente acoplado sobre un casquillo de metal duro, que es el cojinete propiamente dicho, dado que siempre se produce rozamiento es necesario recurrir al uso de los cojinetes deben cumplir las siguientes condiciones:

- Una superficie exterior suficientemente lisa para que el lubricante sea arrastrado por el árbol al girar.
- Un elevado coeficiente de transmisión de calor, para disparar el incremento de temperatura producido por el rozamiento.
- Un coeficiente de rozamiento lo menor posible en el deslizamiento en seco con el fin de reducir la resistencia en el momento de arranque.
- Una buena unión entre el casquillo y su soporte.
- Este tipo de cojinete queda limitado por la carga admisible a soportar para poder formar la película lubricante, pero cuando este inconveniente no se presenta, se pueden emplear en órganos giratorios a grandes velocidades y con poco ruido.

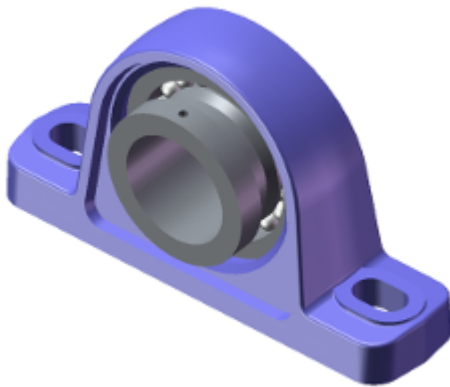


Imagen de C. Lindeke en [Wikimedia. CC](#)

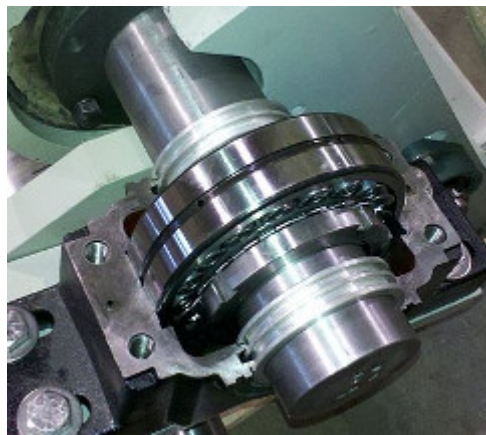
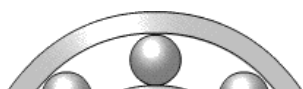


Imagen de SamuelFrelí en [Wikimedia. CC](#)

2. Cojinetes de rodadura o rodamientos, en ellos el gorrón del árbol y la superficie de rodadura del soporte están separados por **elementos rodantes**, de forma que con el giro del gorrón o del cojinete se genera un movimiento de rodadura y no de deslizamiento, como el caso anterior. Están constituidos por dos anillos rodantes separados entre sí por unos cuerpos, también rodantes, interpuestos entre éstos, cuya forma varía según su uso, pueden ser de diferentes formas: bolas, rodillos, cilíndricos, agujas, etc.



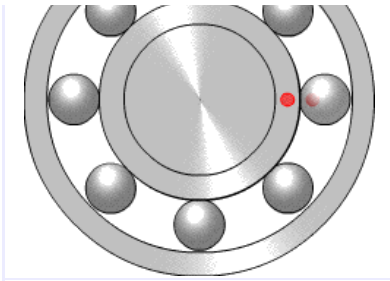


Imagen de Plusminus en [Wikimedia. CC](#)



Imagen de Julo en [Wikimedia. Dominio público](#)

Los rodamientos poseen determinadas **ventajas** frente a los cojinetes de fricción:

- El coeficiente de rozamiento no depende de la carga que deben soportar, ni de la velocidad de giro, ni del tiempo de utilización.
- Su longitud es menor, lo que le hace idóneo en diseños más reducidos.
- Menor necesidad de lubricación.
- Debido al bajo rozamiento, su calentamiento es más reducido, por lo que la temperatura de trabajo es menor.
- Son muy versátiles, pueden ser empleados casi para todas las necesidades.

También presentan **inconvenientes**:

- En su montaje se tiene que ser muy preciso en los ajustes, si no su rotura es inmediata.
- Son más sensibles a los choques o cargas bruscas.
- La suciedad acorta su vida.
- Son más ruidosos.

Según la posición del rodamiento respecto a la carga, se diferencian tres tipos:

- **Axiales**, admiten cargas en sentido de su eje.
- **Radiales**, admiten cargas en sentido perpendicular a su eje y ninguno en sentido longitudinal.
- **De Empuje**, admiten cargas tanto en sentido axial como radial.

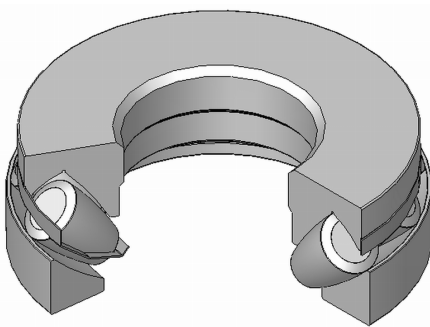


Imagen de Silberwolf en [Wikimedia. CC](#)

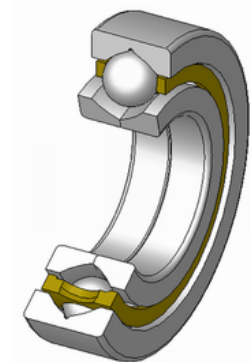


Imagen de Silberwolf en [Wikimedia. CC](#)

Reflexiona

¿Qué ventajas tienen los rodamientos frente a los cojinetes?. ¿y cuáles son los inconvenientes?

Intenta enumerar dichas ventajas e inconvenientes.

Mostrar retroalimentación

Ventajas

- El coeficiente de rozamiento es prácticamente no depende de la carga que deben soportar, ni de la velocidad de giro, ni del tiempo de utilización.
- Su longitud es menor lo que le hace idóneo en diseños más reducidos

- Su longitud es menor lo que le hace útiles en diseños más reducidos.
- Menor necesidad de lubricación.
- Debido al bajo rozamiento, su calentamiento es más reducido, por lo que la temperatura de trabajo es menor.
- Son muy versátiles, pueden ser empleados casi para todas las necesidades.

Inconvenientes

- En su montaje es tiene que ser muy preciso en los ajustes, si no su rotura es inmediata.
- Son más sensibles a los choques o cargas bruscas.
- La suciedad acorta su vida.
- Son más ruidosos.

Fuentes para el profesorado

Descargar [CMAP](#).

Mapa Conceptual

Mapa conceptual (pdf - 349102_B).

TI_U1_T4_mapa_conceptual.pdf

1 / 1

Ejercicio resuelto

Calcula a qué velocidad circula una moto de carreras cuya rueda gira a 1500 rpm, si su diámetro es de 60 cm.

Trabaja siempre en el Sistema Internacional.

Mostrar retroalimentación

Como conocemos la velocidad de giro que proporciona el motor a la rueda (la velocidad angular), calcularemos la velocidad de avance (la lineal o tangencial) con la expresión que nos relaciona a ambas.

$$v = \omega \cdot r$$

No tenemos más que sustituir los datos que conocemos. Pero como nos han indicado que debemos trabajar en el S.I., deberemos primero pasar la velocidad en rpm a rad/s, y los cm a m.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{60} = 157 \text{ rad/s}$$

$$60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$$

Ahora ya podemos sustituir en nuestra expresión:

$$v = \omega \cdot r = 157 \cdot 0.6 = 94.2 \text{ m/s}$$

La velocidad a la que circula la moto es, pues, de **94.2 m/s**.



Imagen en [Pixabay](#). Licencia [CC0](#)

Ejercicio resuelto

Calcula a qué velocidad gira la rueda de un coche que sube una cuesta a 85 km/h, si sus ruedas tienen un diámetro de 50 cm.

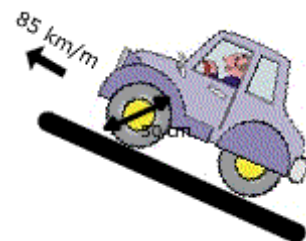
Mostrar retroalimentación

Este ejercicio es igual que el anterior, pero "al revés". Sabemos la velocidad a la que avanza, y nos piden la velocidad a la que giran sus ruedas.

Tendremos que utilizar la misma expresión, pero despejando la velocidad angular.

$$\omega = \frac{v}{r}$$

El único problema que tenemos son las unidades. Lo más cómodo será trabajar en el S.I., así que habrá que



transformarlas.

$$85 \text{ Km/h} = \frac{85 \cdot 1000 \cdot \text{m}}{3600 \cdot \text{s}} = 23.611 \text{ m/s}$$

$$D = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$$

$$r = D/2 = 0.25 \text{ m}$$

Ahora ya podemos sustituir:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{23.611 \text{ m/s}}{0.25 \text{ m}} = 94.44 \text{ rad/s}$$

Ya tenemos la velocidad a la que giran las ruedas del coche. Como estamos acostumbrados a hablar de estas velocidades en rpm, nos hacemos más a la idea de cuál es la velocidad si está expresada en rpm, por lo que la vamos a transformar.

$$n = \frac{60 \cdot \omega}{2\pi} = \frac{60 \cdot 94.44 \text{ rad/s}}{2\pi} = 901.84 \text{ rpm}$$

Luego la solución es **94.44 rad/s** o **901.84 rpm**

Ejercicio resuelto

Calcula la velocidad tangencial que tendrá una rueda de fricción que tiene un radio de 50 mm si gira a una velocidad de 1200 rpm.

Mostrar retroalimentación

Este ejercicio es igual que el primero que hemos hecho. Resuélvelo tú.

La solución es **6.28 m/s** ó **22.62 km/h**. En este caso hemos dado la solución también en km/h, porque, como decíamos antes, nos hacemos más a la idea de cómo es esa velocidad si la expresamos en km/h.

Ejercicio resuelto

Un automóvil de masa 1500 kg se encuentra estacionado y comienza a desplazarse con movimiento uniformemente acelerado. A los 12 segundos su velocidad resulta ser de 95 km/h. Calcula la fuerza que debe desarrollar el motor para alcanzar esa aceleración.

Debes recordar la expresión para calcular la aceleración de un móvil:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

Resumen

Sistemas de transmisión de movimiento

Diapositiva 1	1 / 5

Sistemas de transformación de movimiento

Mostrar retroalimentación

Para aplicar la expresión que nos determina la fuerza, primero deberemos conocer la aceleración que desarrolla ese coche.

¡Pero hay que tener cuidado con las unidades!

$$95 \text{ km/h} = \frac{95 \cdot 1000}{3600} \text{ m/s} = 26.389 \text{ m/s}$$

Ahora ya podemos calcular la aceleración:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{26.389 - 0}{12} = 2.2 \text{ m/s}^2$$

Y, conocida la aceleración, obtenemos la fuerza:

$$F = m \cdot a = 1500 \cdot 2.2 = 3298.61 \text{ N}$$

Ejercicio resuelto

Calcula el trabajo que hay que realizar para desplazar un objeto una distancia de 500 cm sobre el que se aplica una fuerza de 16 kp.



Expresa todas las magnitudes en el S.I.

Mostrar retroalimentación

Como nos indican que trabajemos en el SI, empezaremos por transformar las unidades:

$$16 \text{ kp} = 16 \text{ kp} \cdot 9.8 \text{ N/kp} = 156.8 \text{ N}$$

Pasamos la distancia a metros (500 cm = 5 m)

Y ya podemos aplicar la expresión del trabajo:

$$W = F \cdot d = 156.8 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} = 784 \text{ J}$$

Luego debemos realizar un trabajo de **784 Julios**

Calcula la potencia si el proceso ha transcurrido durante 30 segundos.

Mostrar retroalimentación

Aplicamos la expresión de la potencia:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{784 \text{ J}}{30 \text{ s}} = 26.13 \text{ W}$$

La potencia desarrollada es, pues, de **26.13 vatios**

Ejercicio resuelto

Un automóvil tiene una potencia de 140 CV en un régimen de 3000 rpm. Calcula su par motor en esas condiciones.

Mostrar retroalimentación

¡Cuidado con las unidades! Pásalas al S.I. (CV a W)

Primero calcula la velocidad angular (ω en rad/s) y luego utiliza la expresión $P = M \cdot \omega$

El par motor que debes obtener es de **327.54 Nm**

Ejercicio resuelto

Calcula la velocidad del eje de un motor eléctrico que tiene una potencia de 60 CV y que suministra un par motor de 400 Nm.

Mostrar retroalimentación

En primer lugar deberás calcular la velocidad angular y después ya podrás expresarla en rpm. Trabajando con las unidades adecuadas, obtendrás que el motor gira a 110.25 rad/s, o , lo que es lo mismo, a **1052.81 rpm**.



Imagen de SJ de Waard en [Wikimedia](#). CC

Ejercicio resuelto

Se desea transmitir movimiento, con el mismo sentido de giro, entre dos ejes paralelos situados a 60 cm de distancia. Para ello se emplean dos poleas, una motora, de 15 cm de diámetro y que tiene el eje de entrada unido solidariamente a un motor eléctrico que gira a 1200 rpm, y una conducida de 45 cm de diámetro.

Calcula la relación de transmisión de velocidad.

Mostrar retroalimentación

Utilizaremos la expresión que nos determina i. Como los datos que conocemos son los diámetros, utilizaremos la segunda parte de la expresión.

$$\phi_1$$

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Sustituimos los datos del problema y ya tenemos la solución

$$i = \frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{15}{45} = \frac{1}{3}$$

¿A qué velocidad gira el eje conducido?

Mostrar retroalimentación

Para determinar la velocidad del eje conducido, utilizamos la ecuación de las velocidades:

$$\phi_1 \cdot n_1 = \phi_2 \cdot n_2$$

donde lo que queremos conocer es n_2

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot \phi_1}{\phi_2}$$

y sustituyendo los valores:

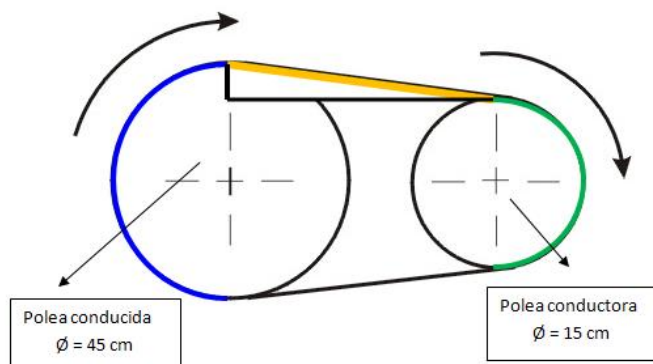
$$n_2 = \frac{n_1 \cdot \phi_1}{\phi_2} = \frac{1200 \cdot 15}{45} = 400 \text{ rpm}$$

¿Qué longitud de correa se necesita?

Mostrar retroalimentación

Para calcular la longitud de la correa tendremos que sumar los tramos azul, verde y naranja de la figura.

Los tramos azul y verde coinciden con media circunferencia, y para calcular la longitud de los tramos naranjas, l , no hay más que aplicar Pitágoras al triángulo que hemos marcado, donde un cateto corresponde a la distancia entre los ejes de las poleas ($60 \text{ cm} = 600 \text{ mm}$) y el otro a la diferencia de los radios de éstas ($225 \text{ mm} - 75 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$).



$$L = l_{\text{azul}} + l_{\text{verde}} + 2 \cdot l_{\text{naranja}} = \pi \cdot R + \pi \cdot r + 2 \cdot \sqrt{d^2 + (R - r)^2}$$

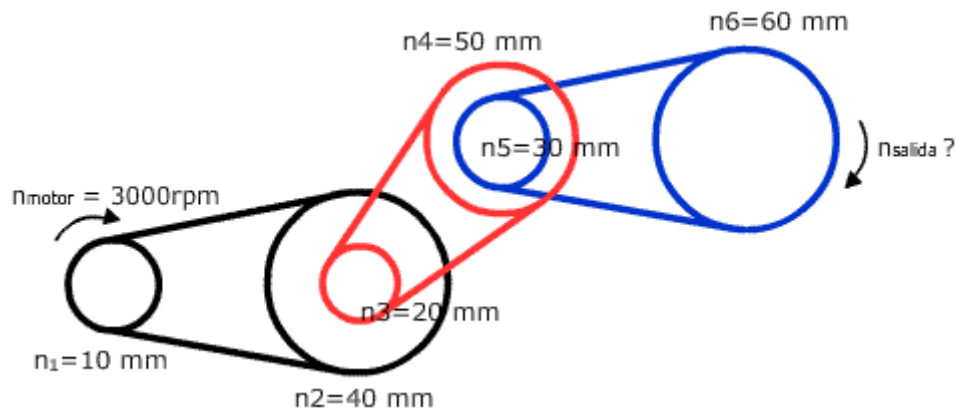
Y sustituyendo:

$$L = \pi \cdot 225 + \pi \cdot 75 + 2 \cdot \sqrt{600^2 + (225 - 75)^2} = 2179.41 \text{ mm}$$

Ejercicio resuelto

Elementos mecánicos auxiliares

Un tren de poleas está constituido por tres escalonamientos, en los que las poleas motoras tienen unos diámetros de 10, 20 y 30 mm. Y las tres poleas conducidas 40, 50 y 60 mm. Si lo arrastra un motor que gira a una velocidad de 3000 rpm, calcula:



a) La relación de transmisión del mecanismo.

Mostrar retroalimentación

La expresión para calcular la relación de transmisión era:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

Como los datos que conocemos son los diámetros de las poleas, usaremos la parte última de la ecuación:

$$i = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

En nuestro problema, al tratarse de un tren de poleas, tenemos más de una rueda conductora y una conducida. En este caso, la fórmula se aplica poniendo en el **numerador** el producto de los diámetros de todas las ruedas **conductoras** y en el **denominador** el producto de los diámetros de todas las ruedas **conducidas**.

$$i = \frac{\phi_1 \cdot \phi_3 \cdot \phi_5}{\phi_2 \cdot \phi_4 \cdot \phi_6}$$

Sustituyendo los valores de nuestro problema:

$$i = \frac{\phi_1 \cdot \phi_3 \cdot \phi_5}{\phi_2 \cdot \phi_4 \cdot \phi_6} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 30}{40 \cdot 50 \cdot 60} = \frac{1}{20}$$

Fíjate en que, como tanto en el numerador como en el denominador de la expresión aparecen las mismas magnitudes, no importa en que unidades pongamos los diámetros, siempre que sean las mismas. Fíjate también en que la relación de transmisión **no** tiene unidades.

b) La velocidad del eje de salida.

Mostrar retroalimentación

Para calcular la velocidad del eje de salida volvemos a utilizar la expresión de la relación de transmisión, pero ahora nos interesa la parte de las velocidades.

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

En nuestro problema, al tratarse de un tren de poleas, n_2 se referirá a la velocidad de la última rueda de salida (es decir, a la rueda 6) y n_1 a la primera rueda de entrada o motriz (a la rueda 1).



Despejaremos n_2 y sustituimos valores

Despejaremos n_6 y sustituimos valores

$$n_6 = i \cdot n_1 = \frac{1}{20} \cdot 3000 = 150 \text{ rpm}$$

Las unidades en que hemos obtenido la velocidad es la misma en que estaba la de entrada; en este caso rpm.

Ejercicio resuelto

Un ciclista lleva montada una relación de cambio de marchas 50/20 y pedalea con una cadencia de 40 rpm. El diámetro de la rueda trasera es de 70 cm.



Imagen de Bladteht en [Wikimedia](#). Dominio público

Calcula la velocidad a la que gira la rueda.

Mostrar retroalimentación

La relación de transmisión ya nos la daba el enunciado: 50/20.

No tenemos, pues, sino aplicar la fórmula:

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

Tendremos

$$n_2 = i \cdot n_1 = \frac{50}{20} \cdot 40 = 100 \text{ rpm}$$

Calcula la velocidad a la que circula.

Mostrar retroalimentación

La relación entre velocidad de giro y de avance era:

$$v = \omega \cdot r$$

No tenemos más que sustituir, pero teniendo cuidado con las unidades; la velocidad de giro en rad/s y el radio en m.

$$v = \omega \cdot r = 100 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{35}{100} = 3.665 \text{ m/s} = 13.195 \text{ km/h}$$

Hemos dado la velocidad también en km/h porque son las unidades que habitualmente usamos, y así nos hacemos a la idea de si va muy despacio o muy

deprisa, algo más de 13 km/h, muy despacito.

Ejercicio resuelto

Un mecanismo reductor de velocidad está accionado por un motor que gira a 2000 rpm está formado por tres escalonamientos de engranajes; el primero es de 15/45 dientes, el segundo 20/40 y el tercero de 10/30.

Calcula la relación de transmisión.

Mostrar retroalimentación

Cuando decimos que un escalonamiento es de 15/45 dientes quiere decir que el engranaje de entrada tiene 15 dientes y el de salida 45.

El resultado que debes obtener es **$i = 1/18$**

Calcula la velocidad del eje de salida.

Mostrar retroalimentación

El resultado que debes obtener es **$n_{\text{salida}} = 111.11 \text{ rpm}$**

Imprimible

Descargar imprimible.

Aviso Legal

El presente texto (en adelante, el "**Aviso Legal**") regula el acceso y el uso de los contenidos desde los que se enlaza. La utilización de estos contenidos atribuye la condición de usuario del mismo (en adelante, el "**Usuario**") e implica la aceptación plena y sin reservas de todas y cada una de las disposiciones incluidas en este Aviso Legal publicado en el momento de acceso al sitio web. Tal y como se explica más adelante, la autoría de estos materiales corresponde a un trabajo de la **Comunidad Autónoma Andaluza, Consejería de Educación y Deporte (en adelante Consejería de Educación y Deporte)**.

Con el fin de mejorar las prestaciones de los contenidos ofrecidos, la Consejería de Educación y Deporte se reserva el derecho, en cualquier momento, de forma unilateral y sin previa notificación al usuario, a modificar, ampliar o suspender temporalmente la presentación, configuración, especificaciones técnicas y servicios del sitio web que da soporte a los contenidos educativos objeto del presente Aviso Legal. En consecuencia, se recomienda al Usuario que lea atentamente el presente Aviso Legal en el momento que acceda al referido sitio web, ya que dicho Aviso puede ser modificado en cualquier momento, de conformidad con lo expuesto anteriormente.

Régimen de Propiedad Intelectual e Industrial sobre los contenidos del sitio
