

MECATRONICA – Apuntes 2021 – Parte 4

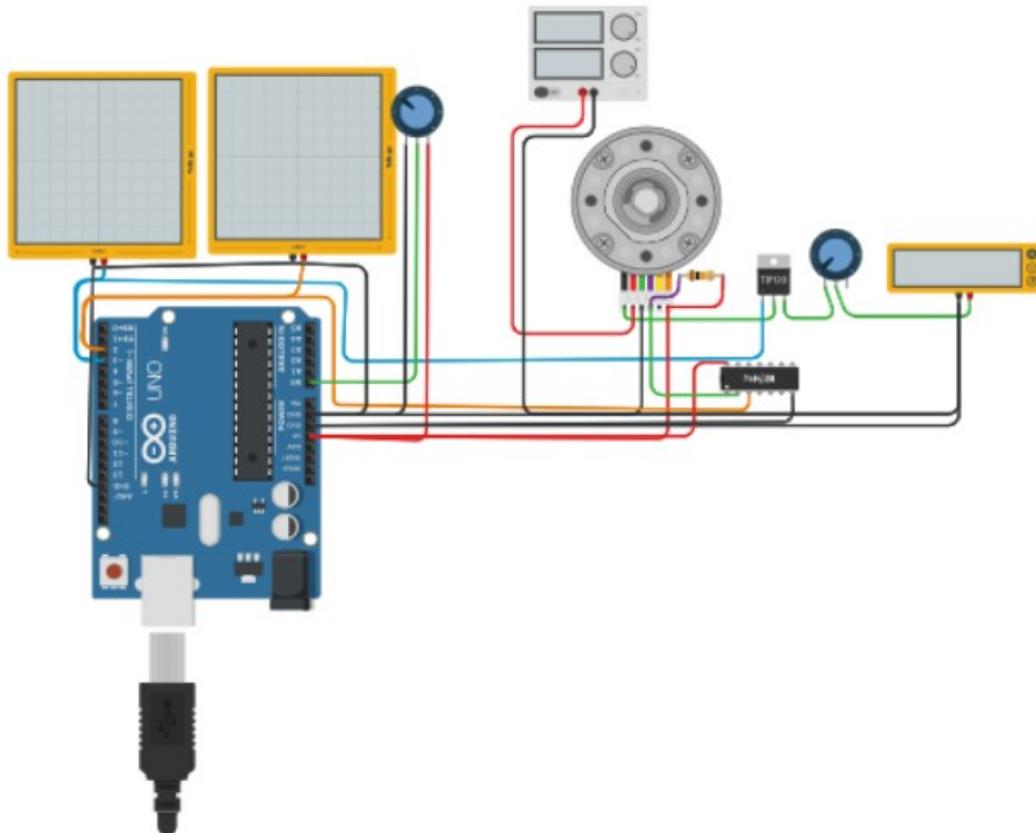
Licenciatura en Artes Electrónicas UNTREF

Transmisión del movimiento

Por transmisión del movimiento se entiende la posibilidad de transferir energía mecánica de un lugar a otro. Esto es, trasladar, en forma continua o periódica, el movimiento generado en un lugar (usualmente un motor) hasta otro lugar donde se desea aplicar: una rueda, un mecanismo de apertura o cierre, una palanca, etc.

Existen muchas formas de clasificar los sistemas de transmisión del movimiento, pero la más usual es en relación al tipo de movimiento que realizan los componentes del mecanismo y comprende cuatro categorías básicas: de rotación, lineal, alternativo y oscilante. Las dos primeras formas mencionadas son las más habituales y particularmente la rotación es la forma empleada por el 90% o más de los mecanismos de generación de movimiento (motores) que habitualmente se usan en Mecatrónica.

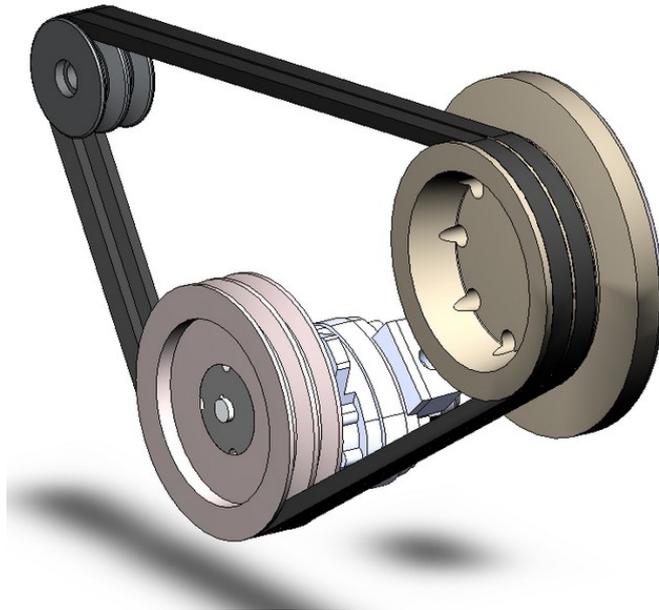
En el caso de las aplicaciones relacionadas con las Artes Electrónicas, encontraremos que casi la totalidad de los movimientos se generan a partir de motores eléctricos, en sus diferentes formas, que oportunamente estudiaremos. Una de las razones es que estos motores resultan fácilmente controlables mediante recursos electrónicos, especialmente desde microcontroladores o placas de desarrollo como Arduino.



Por sus características constructivas, los motores eléctricos suelen entregar un alto número de giros o revoluciones por minuto (rpm) y muy poco torque, de modo que suelen aprovecharse los mecanismos de transmisión del movimiento para cambiar esa relación, llevándola a términos que resulten convenientes para la aplicación deseada, normalmente aumentando el torque y disminuyendo la velocidad de rotación.

Mecanismos de transmisión del movimiento

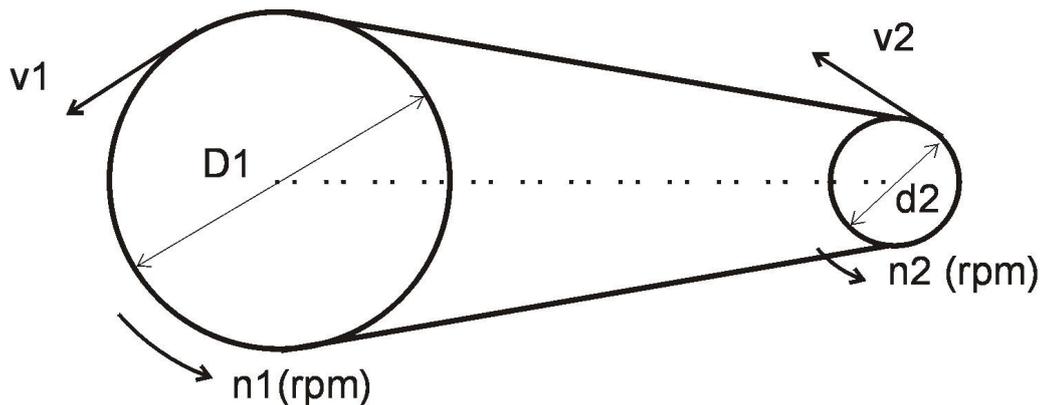
1.- Poleas y Correas



Características generales de la transmisión por correa

La transmisión por correas más sencilla consta de una polea conductora, una polea conducida y una correa montada con tensión sobre las poleas, que transmite la fuerza circunferencial por rozamiento.

El esquema de una transmisión de este tipo se muestra en la siguiente figura.



Las velocidades tangenciales periféricas en cada polea están dadas por las siguientes expresiones:

$$v_1 = \frac{\pi D_1 n_1}{60}$$

$$v_2 = \frac{\pi D_2 n_2}{60}$$

Como las dos poleas están unidas por un mismo vínculo indeformable, como es la correa, sus velocidades periféricas deben ser iguales:

$$v_1 = v_2$$

Por lo tanto se pueden igualar las expresiones de dicha velocidad:

$$\frac{\pi D_1 n_1}{60} = \frac{\pi D_2 n_2}{60}$$

Operando se obtiene:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Relación de transmisión.

El cociente, resultante de dividir el diámetro de ambas poleas o, lo que es lo mismo, el número de rpm de las mismas, se denomina **Relación de transmisión**. Usualmente se calcula dividiendo la velocidad en rpm de la rueda conducida por la de la rueda conductora o, lo que es más común, expresando la cantidad de vueltas que debe dar la rueda conductora para que la conducida complete una vuelta, dando lugar a la expresión n:1 (léase “n a uno”).

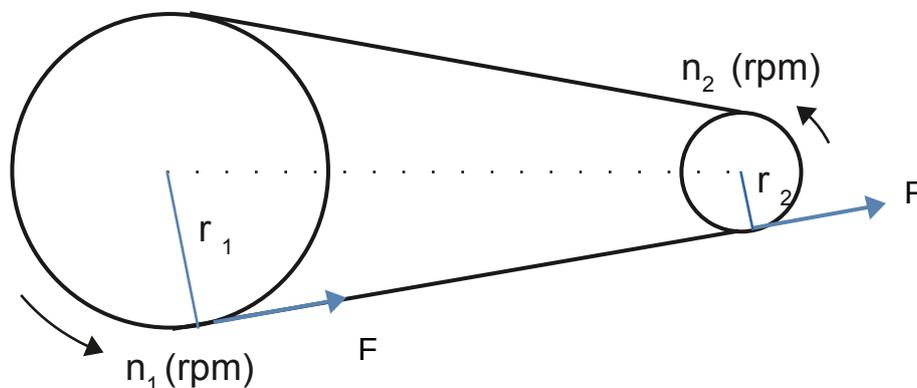
Es decir, si la rueda conductora girara 5 veces más rápido que la conducida, se expresaría la relación como “cinco a uno”. Tratándose de expresiones convencionales, se sugiere verificar bien de que lado se tomaron las relaciones expresadas, ya que no es raro encontrar literatura o material informativo donde la relación se exprese en forma inversa.

Para recordar fácilmente, en cada una de las poleas del sistema se mantiene constante el producto del número de vueltas de su eje por el diámetro de su propia polea.

$$n_1 \cdot D_1 = n_2 \cdot D_2$$

Análisis de fuerzas y torque.

El torque que el motor entrega a la polea motora (en el siguiente ejemplo, la rueda 2) por medio de su eje, hará que esta polea “tire” de la correa con una determinada fuerza, que indicada como F.



A su vez, la correa “tirará” entonces del borde de la polea conducida con la misma fuerza F, que le entregó la polea conductora.

En el caso de la polea conductora, podemos calcular la fuerza F, en función del torque T que le entrega el motor, considerando que la fuerza en la correa es perpendicular al radio de la polea correspondiente y que el torque es el producto de la fuerza multiplicada por la distancia al centro de giro, medida perpendicularmente. Tendremos entonces que, en la polea 2, será:

$$T_2 = F \cdot r_2$$

Asimismo, en la polea conducida (la 1 en este ejemplo) tendremos que el torque producido en su eje será el producto de la fuerza F que le imprime la correa, multiplicada por la distancia al centro, es decir, el radio de la polea 1:

$$T_1 = F \cdot r_1$$

Como la fuerza F es la misma, podemos despejarla en ambas expresiones e igualar así las ecuaciones:

$$F = \frac{T_2}{r_2} = \frac{T_1}{r_1}$$

De donde se puede deducir que:

$$T_2 \cdot r_1 = T_1 \cdot r_2$$

Como el diámetro es igual al doble del radio, en ambos casos, podemos multiplicar ambos miembros de la igualdad por 2 podemos y concluir, en forma análoga a la expresión hallada para las rpm, que:

$$T_2 \cdot D_1 = T_1 \cdot D_2$$

Se puede comprobar entonces que el Torque en cada polea es proporcional a su diámetro e inversamente proporcional a su velocidad angular (rpm) o, lo que es lo mismo, que en la misma proporción que un sistema de poleas reduce la velocidad de rotación, aumenta su Torque, y viceversa. Esto se condice con lo visto en Máquinas simples, respecto a la incapacidad de los mecanismos de generar trabajo por si mismos. Lo que se gana en un sentido, se pierde en otro.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Parámetros habituales en las transmisiones por correas.

Las transmisiones por correas se caracterizan por su forma especialmente sencilla, marcha silenciosa y una considerable capacidad de absorber elásticamente los choques. Sus componentes tienen generalmente un precio reducido, sin embargo las dimensiones de las ruedas son mayores, así como las distancias entre centros y la carga sobre los cojinetes.

La relativamente poca duración de las correas las cataloga como una transmisión de mediana durabilidad y generalmente existe cierto deslizamiento elástico (patinado) durante su funcionamiento. Son transmisiones por fricción, es decir que el movimiento de la polea conductora se transmite a la conducida gracias a la fuerza de rozamiento que surge en el contacto entre la polea y correa, dado por el tensado de esta última. Esta tensión, necesaria para el funcionamiento, determina que árboles y cojinetes sufran un desgaste mayor que el que tienen en transmisiones sin tensión mutua entre los ejes (engranajes, por ejemplo).

Una ventaja importante de las correas es su posibilidad de actuar como un elemento “fusible” dentro de un mecanismo más complejo. Esta denominación, análoga al fusible de un circuito eléctrico, se refiere a que, ante un eventual bloqueo accidental del eje conducido, la polea comenzará a deslizarse sobre la polea (“patinar”) y evitará daños mayores como la rotura de una

pieza mecánica de mayor costo o el fundido del motor. Si el bloqueo permanece por mucho tiempo, la correa podría quemarse por la fricción o romperse, pero esto no es tan grave por tratarse de un elemento de bajo costo y simple reposición. Ante bloqueos circunstanciales de pequeña duración, la polea podría inclusive retomar su servicio normal una vez desaparecido el obstáculo, convirtiéndose en algo así como un fusible mecánico de reposición automática.

Potencias típicas.

Los valores de las potencias transmisible por sistemas de correas van desde valores muy pequeños hasta medios (0.3 kW hasta 50 kW), aunque pueden llegar a transmitir hasta 1500 kW con transmisiones de gran tamaño y varias correas, correas multi-V de gran ancho.

Velocidades

Las velocidades máximas varían para cada tipo de correa:

- Planas comunes : < 50 m/s
- Planas especiales sinfinn: < 100 m/s (Tienen poca duración)
- Trapezoidales normales: <25 m/s
- Trapezoidales múltiples: <100 m/s

El límite superior de las velocidades se determina por el empeoramiento de las condiciones de funcionamiento de las correas debido al incremento de las fuerzas centrífugas y el calentamiento, lo que produce una reducción notable de la longevidad y de la eficiencia de la transmisión.

Eficiencia

La eficiencia en correas planas y dentadas puede ser de 0.98 y en correas trapeziales de 0.94 a 0.96.

Relación de transmisión

Por lo general se emplean razones de transmisión cinemática de hasta 4 y 5 a 1, aunque pudiera llegarse incluso hasta 10 o 15 a 1. No se recomiendan razones de transmisión muy elevadas porque las dimensiones exteriores aumentan considerablemente y disminuye el ángulo de contacto en la polea menor, en ausencia de rodillos tensores y esquemas semejantes.

Campo de aplicación

Usualmente, las transmisiones por correas se emplean cuando se necesita:

- Altas velocidades de rotación.
- Rigurosas exigencias de suavidad de trabajo.
- **Distancias entre centros relativamente grandes.**
- Transmisión de rotación a varias poleas.
- Transmisiones con bajo costo de inversión y mantenimiento.

Ventajas y desventajas de las transmisiones por correas.

Ventajas

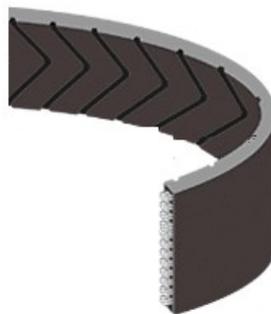
- Marcha silenciosa.
- Posibilidad de acoplar ejes distantes
- Buena absorción y amortiguación de choques.
- Disposición sencilla, sin cárter ni lubricación.
- Múltiples posibilidades de instalación para diferentes aplicaciones.
- Desacoplamiento sencillo.
- Bajo costo.

- Variación sencilla de la relación de transmisión. Esto se logra con poleas escalonadas que permiten variar el diámetro efectivo de las poleas.
- Posibilidad de trabajar a altas velocidades de rotación.
- Funcionamiento como elemento “fusible”

Desventajas

- Grandes dimensiones exteriores.
- Posibilidad de deslizamiento de la correa, lo que puede provocar variaciones en la relación de transmisión
- Grandes fuerzas sobre los árboles y cojinetes debido a que la tensión total en la correa es considerablemente mayor que la fuerza circunferencial a transmitir.
- Susceptible a fallas por causa del polvo, suciedad, aceite o humedad.
- Baja duración de las correas en transmisiones rápidas.

Diferentes tipos de correas



Correa Plana



Correa trapezoidal (en V)



Correa dentada o sincrónica



Correa trapezoidal múltiple (Poly V)

Correas sincrónicas

Con la popularización de las impresoras 3D y de la cultura maker/DIY que las caracteriza, ha aparecido una interesante oferta de algunos modelos de correas y poleas de aplicación habitual en este tipo de proyectos, a precios sumamente convenientes, si se los compara con los precios tradicionales del mercado industrial.

Dado que este tipo de correas guardan ciertas similitudes con los engranajes, desarrollaremos algunos detalles constructivos sobre éstas luego de estudiar las transmisiones por engranaje, que es el tema que viene a continuación.

2. Transmisiones por Engranaje

Introducción.

Las transmisiones por engranajes son el grupo de transmisiones mecánicas más difundido e importante desde los inicios de la Revolución Industrial hasta nuestros días. Estos mecanismos pueden ser empleados en los más diversos campos y condiciones de trabajo: desde relojes y equipos de precisión hasta máquinas de grandes dimensiones.

Según una encuesta realizada en 1996 por los editores de la revista norteamericana Gear Technology, se afirma que: la rueda dentada más pequeña en uso fue producida en Albuquerque (EUA) para un micromotor de silicón y tiene un diámetro de cresta de 0.05 mm. A la fecha, la introducción de los nanomecanismos generados con las mismas técnicas que se utilizan para producir chips, han batido largamente también esta marca. La siguiente imagen muestra una cadena de nano-engranajes producidos en los laboratorios Sandia, del gobierno norteamericano, capaces girar a 250.000 revoluciones por minuto.



En cambio la mayor rueda dentada en explotación está instalada en el accionamiento final de un agitador en Toronto (Australia) y presenta un diámetro de referencia de 93 m.

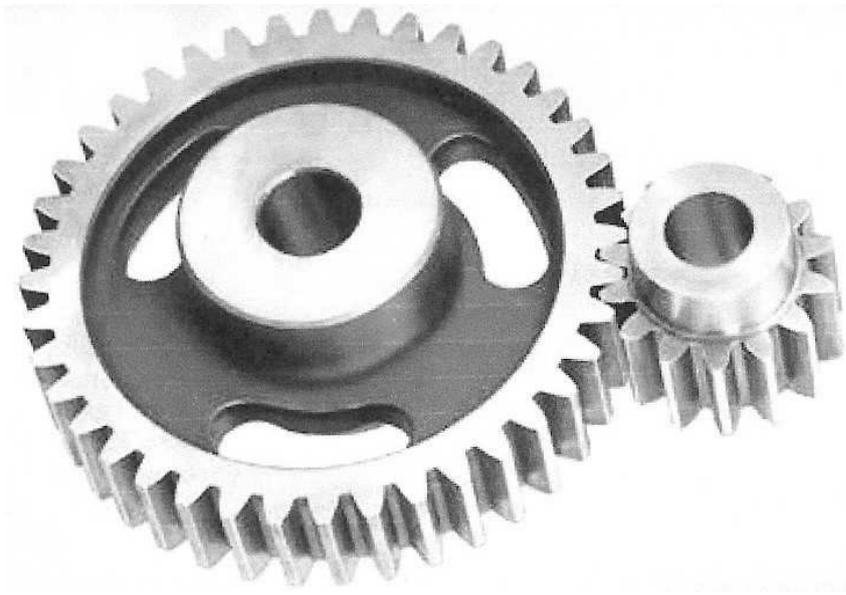
Lo anterior brinda una medida del amplio uso que en la actualidad tienen las transmisiones por engranajes, las cuales son capaces de soportar fuerzas circunferenciales comprendidas entre 0.001 N y miles de kN, con posibilidad de transmitir momentos torsores de hasta miles de kNm o potencias de hasta decenas de miles de kW en las transmisiones mayores.

Algunas de las características generales de las transmisiones por engranajes son:

- Gran capacidad de carga
- Construcción compacta
- Transmisión de fuerza sin deslizamiento (relación de transmisión constante e independiente de las cargas)
- Alta eficiencia
- Distancias entre centros pequeñas y medias.
- Seguridad de funcionamiento y gran duración
- Sencillez en el mantenimiento
- Costosas y complejas de fabricar
- Nivel de ruido elevado

Generalidades

Los engranajes son, en general, cilindros con resaltos denominados dientes, conformando ruedas dentadas, las que permiten, cuando giran, transmitir el movimiento de rotación entre sus ejes, colocados a una distancia relativamente reducida entre sí.



Engranajes rectos

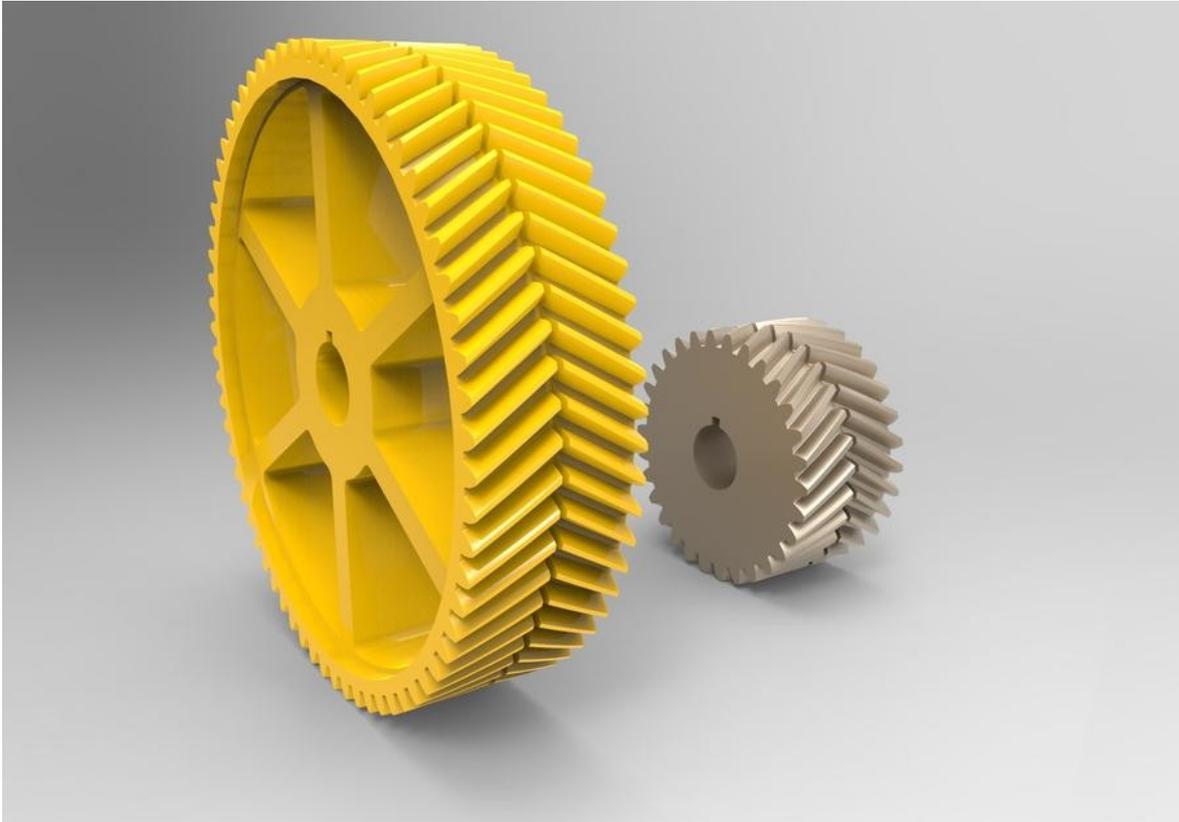
Esta transmisión se realiza mediante la presión que ejercen los dientes de una de las ruedas, denominada motora o conductora sobre los dientes de la otra rueda, denominada conducida, cuando engranan entre ambas, estando durante el movimiento en contacto uno o varios dientes sin choques ni interferencias que lo impidan o entorpezcan.



Engranajes Helicoidales

Los engranajes cilíndricos pueden ser de dientes rectos, cuando éstos son paralelos al eje de giro del cilindro, o de dientes helicoidales, cuando son parte de una hélice que envuelve a dicho eje.

Si bien estos últimos son más eficientes, resultaban muy costosos y difíciles de fabricar en pequeñas cantidades o a nivel artesanal. El advenimiento de la impresión 3D ha modificado parcialmente esta situación. Aunque los materiales utilizados habitualmente para la técnica de fusión por deposición de material fundido no son los ideales para fabricar engranajes, por su baja resistencia mecánica, desgaste frente al rozamiento y otras características que analizaremos en el módulo de Materiales, resultan suficientes para ciertas necesidades y su uso se ha popularizado.



Engranajes helicoidales dobles, tipo herringbone

A consecuencia de ello, han resurgido formatos casi abandonados, de muy difícil producción mediante técnicas mecánicas tradicionales, pero perfectamente posibles de ser impresos. El ejemplo más conocido son los engranajes doble helicoidales, tipo esqueleto de pez (“*herringbone*”) que presentan numerosas ventajas como el autocentrado y la capacidad de transmitir torques importantes con tamaño compacto.

Relación de transmisión

Se llama así al cociente entre las velocidades de la rueda conducida y conductora (generalmente medidas en rpm's)

Ejemplo: Si la rueda conductora tiene una velocidad de rotación de 300 rpm y la rueda conducida una velocidad de 60 rpm la relación de transmisión será:

$$R = n_2 / n_1 = 60 / 300 \implies R = 1/5$$

lo que usualmente se denomina una relación 5 : 1 (léase “de 5 a 1”), e indica la cantidad de vueltas que debe dar la rueda conductora para que la conducida complete una vuelta.

Al igual que sucedía con los sistemas de transmisión basados en poleas y correa, la relación de transmisión está en función inversa de los diámetros y son válidos los razonamientos y deducciones que hicimos en aquel momento.

Como restricción adicional, en este caso no podemos establecer diámetros arbitrarios debido a que los engranajes deberán tener un número entero de dientes y que esos dientes son siempre de igual tamaño en ambas ruedas (si no, no engranarían).

Por esa razón, resulta más conveniente plantear la relación que originalmente era:

$$n_1 \cdot D_1 = n_2 \cdot D_2$$

en función ya no del diámetro sino de la cantidad de dientes (Z) de cada rueda (en definitiva es lo mismo, ya que a mayor diámetro, mayor será, proporcionalmente, el número de dientes)

Esta nueva expresión será entonces:

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

que es la expresión que usaremos para el cálculo de engranajes.

Si la relación de transmisión es menor que 1 el sistema se denomina Reductor, mientras que si la misma es mayor que 1, el sistema se denomina Multiplicador. El término elegido es en referencia a **la velocidad angular**, (multiplica o reduce las rpm) no al torque, cuya relación será, por supuesto, inversa a la de las rpm.

Torque

El razonamiento es análogo al hecho anteriormente para las poleas, aunque por lo explicado conviene tomar, en lugar del diámetro, el número de dientes, de modo que la expresión final sería:

$$T_2 \cdot Z_1 = T_1 \cdot Z_2$$

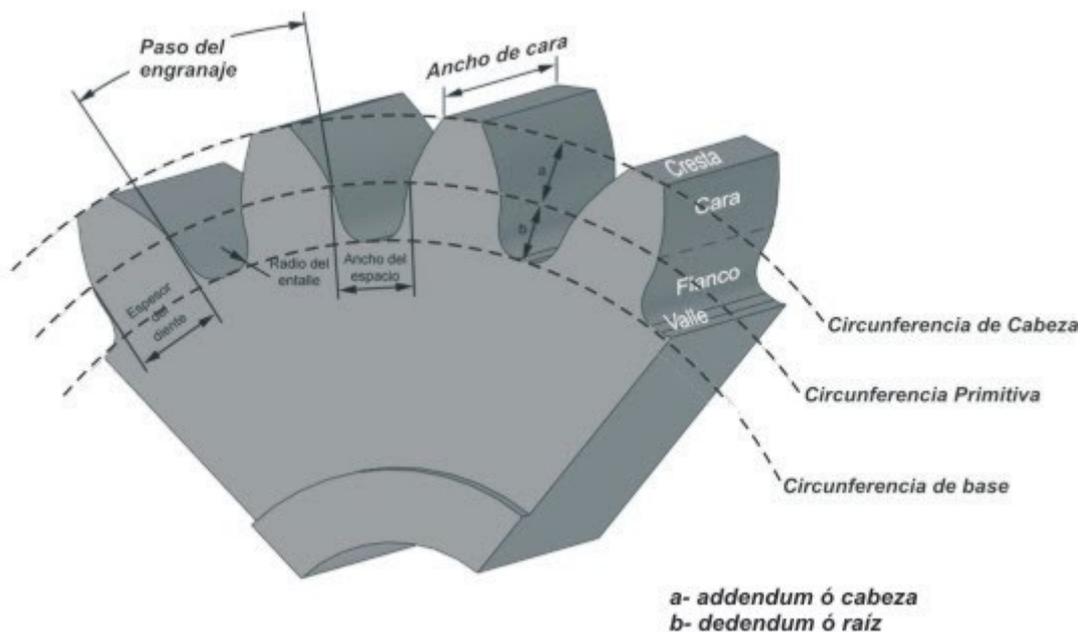
Parámetros y nomenclatura de los engranajes

Como se ha visto, la relación de transmisión, de un sistema de engranajes, al igual de lo que sucede en las poleas, puede expresarse en función de sus diámetros. Dado que las circunferencias de los engranajes está dentada, resulta difícil determinar cuál es el diámetro exacto de los mismos.

No se trata del diámetro externo (de punta a punta de los dientes opuestos o diámetro de cabeza), ni del diámetro menor que se podría medir de base a base de los dientes opuestos (diámetro de base), sino de una medida intermedia entre ambos valores, denominada **Diámetro Primitivo**, o **Circunferencia Primitiva** y que corresponde al punto en que un engranaje hace contacto con el otro al rodar. El diámetro primitivo de un engranaje es equivalente entonces al diámetro que tendría una polea que cumpla la misma función, con idéntica relación de transmisión.

Otro parámetro importante es el **Paso**, que mide la distancia que hay entre puntos homólogos de dos dientes sucesivos. Se puede medir entre cualquier diente y el siguiente, ya sea de centro a centro, o de borde externo a borde externo, etc.

También es importante el **Ancho de cara** del diente, que definirá la fuerza y potencia mecánica que el engranaje es capaz de transmitir. Dado que todo el esfuerzo mecánico pasa por el perfil de un diente que empuja el diente correspondiente del otro engranaje, aumentar el cuerpo de los dientes incrementando su ancho de cara permite transmitir más potencia sin variar el diámetro primitivo ni los demás parámetros del sistema de transmisión.



Módulo

Se define como módulo M de un engranaje, a la relación que hay entre el diámetro de la circunferencia primitiva de éste y su número de dientes. En definitiva, el módulo determinará el tamaño del diente, de modo que todas las ruedas dentadas de un sistema deberán tener el mismo módulo para poder engranar entre sí.

$$M = \frac{D_p}{Z}$$

Al calcular un sistema se puede definir la relación de transmisión deseada para lograr el torque y rpm necesarias para el caso, determinar así los diámetros primitivos de las ruedas, calcular el módulo resultante y fabricar los engranajes con ese valor.

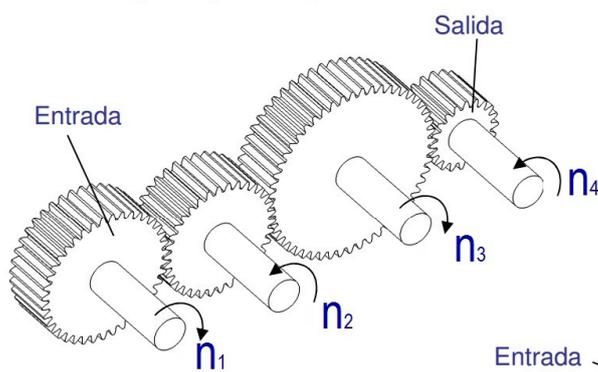
En la práctica, los engranajes suelen fabricarse con medidas de módulo standard, de modo que lo más conveniente es calcular la relación de transmisión necesaria usando los números de diente Z , elegir un módulo M de valor standard razonable y que el valor del Diámetro primitivo quede determinado por el resultado de multiplicar M por Z . En definitiva, para lo único que resultará relevante el valor del Diámetro primitivo es para determinar la distancia entre los centros de ambos ejes, que resultará ser la suma de ambos radios primitivos.

Trenes de engranajes

Cuando se desea obtener relaciones de transmisión muy elevadas (1:50, 100:1, 500:1, etc.), no es posible resolverlas con solamente dos engranajes, ya que resultaría uno muy grande y el otro muy pequeño, con las consiguientes dificultades, tanto para su fabricación como para su funcionamiento.

Se recurre entonces al denominado Tren de engranajes que permita sucesivas reducciones (o multiplicaciones) de un engranaje a otro. En la figura siguiente, se muestran las dos formas básicas en que se presentan estos trenes.

Tren de engranajes simple



Tren de engranajes compuesto

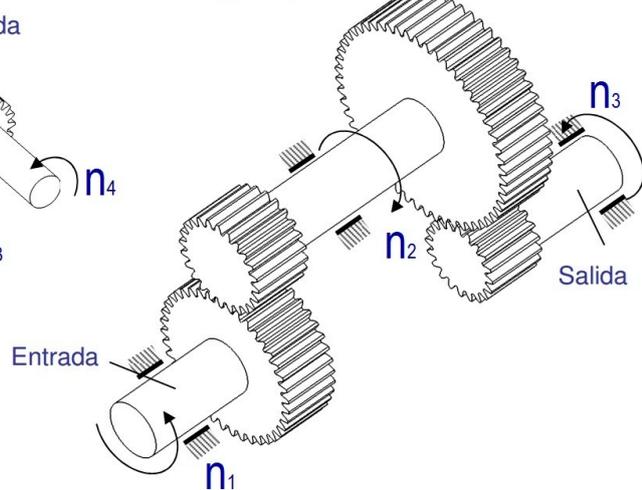


Imagen de OCW Cinemática y dinámica de máquinas, Universidad de Cantabria. Licencia CC-BY-NC-SA.

Cuando todas las ruedas dentadas están en un mismo plano, es decir, una sola rueda por eje se dice que se trata de un **Tren Simple**. Cuando en un mismo eje se acolan más de una rueda, se trata de un **Tren de engranajes Compuesto**, que permite lograr relaciones altas en un tamaño más reducido, con una disposición geométrica más conveniente

Diferencias entre poleas y engranajes

Hemos visto ya que entre ambos sistemas de transmisión del movimiento existen múltiples similitudes, en lo que hace a propósito, cálculo de las relaciones, reversibilidad del mecanismo, etc. puntualizamos a continuación algunas diferencias y particularidades de uno u otro.

- **Sentido de giro.**

Todos las poleas de un sistema giran en el mismo sentido, mientras que dos engranajes consecutivos giran en sentido contrario. En general, si un tren simple de engranajes tiene un número par de ruedas, el eje de salida girará en sentido contrario al de entrada. Si el número de engranajes es impar, girarán en el mismo sentido, como se observa en la figura anterior.

- **Distancia entre ejes.**

Las poleas permiten flexibilidad en la determinación de la distancia entre ejes y son adecuadas para distancias grandes entre los mismos. En los engranajes, la distancia entre ejes está determinada por la exacta suma de los radios primitivos de las ruedas, será por lo tanto relativamente pequeña y establecida en forma muy estricta (o el sistema no funcionará).

- **Sonido.**

Los sistemas de engranajes son considerablemente más ruidosos que las poleas.

- **Costo y conveniencia.**

Las poleas y correas son mucho más baratas, fáciles de recambiar y de producir en formas artesanal o "low tech", con diferentes sistemas que desarrollaremos en clase.

Datos constructivos

Sistemas de correas de perfil circular (correas “redondas”)

Son los tipos de transmisión por poleas y correa más fáciles de construir de manera artesanal. Las correas pueden obtenerse de máquinas de coser y otras máquinas similares, en diversas medidas. Para sistemas de baja velocidad, se pueden utilizar juntas toroidales conocidas en las ferreterías como O-rings, que pueden conseguirse en diversos materiales y medidas con facilidad.



Existen también correas genéricas, que pueden ser tanto macizas como tubulares, en medidas que van de los 2 a los 10 mm de diámetro, construidas de poliuretano.



Esta correas pueden comprarse por metro lineal (abiertas) para luego ser cortadas a la medida deseada y soldarse por los extremos mediante la aplicación de calor. Las correas tubulares se pueden unir también mediante un pequeño accesorio que se inserta en ambas puntas, provisto por el fabricante.

Para calcular con comodidad el largo de la correa necesaria para la distancia entre ejes que requiera nuestro proyecto, podemos utilizar una calculadora OnLine como esta:

<https://www.sudenga.com/practical-applications/figuring-belt-lengths-and-distance-between-pulleys>

En cuanto a la construcción artesanal de las poleas pueden utilizarse varios métodos, de mayor o menor calidad. Si se dispone de un torno de carpintero, pueden tornearse con facilidad, tanto en madera como en plástico de ingeniería. Muchas carpinterías cuentan con un torno simple y, tratándose de una tarea sencilla, no resultará muy costoso encargarles ese trabajo.

Una de las formas más usuales de construir poleas para este tipo de correas es adhiriendo varios discos, cortados manualmente o por laser, en madera, acrílico plástico u otro material similar, como muestra la imagen.

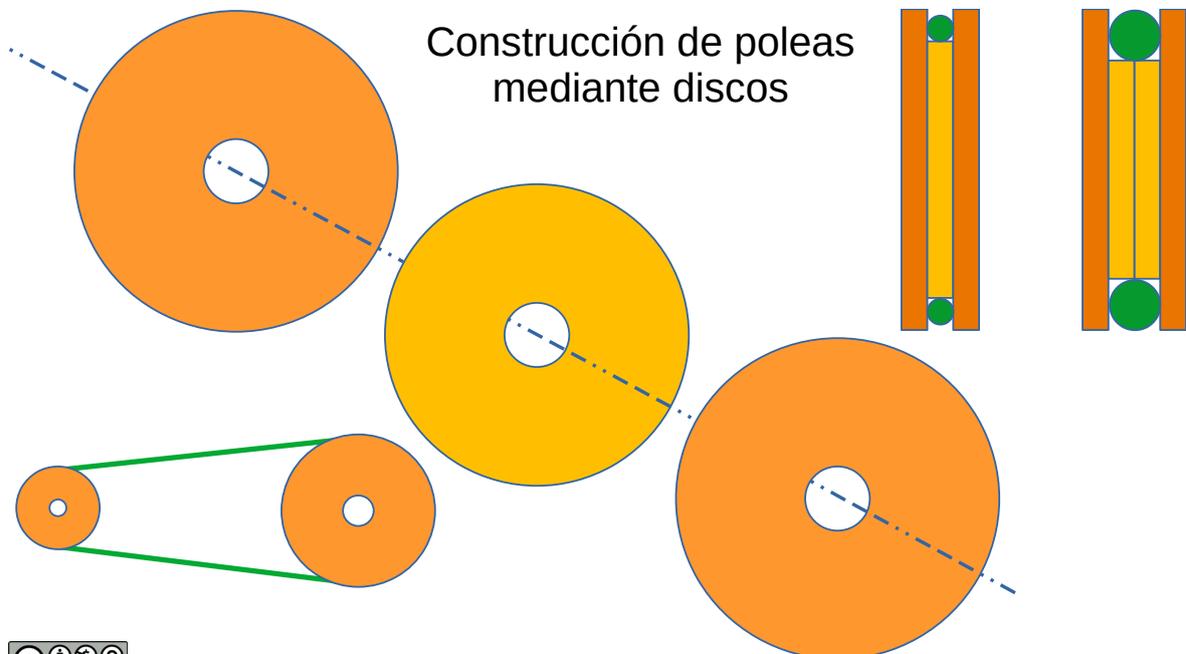


Imagen by Miguel Grassi (miguelgrassi.com.ar). Uso libre bajo licencia Creative Commons BY-NC-SA

Existen también algunas otras formas más artesanales, basadas en elementos existentes, yuxtapuestos mediante algún adhesivo:



Otra opción es la de la impresión 3D, adecuada para necesidades más específicas, incluyendo poleas para correas sincrónicas. Si no se dispone de un software adecuado para generar el stl necesario para la impresión (aunque hay muchos productos libres) se pueden descargar los modelos ya desarrollados en páginas como <https://www.thingiverse.com/> y otras similares.

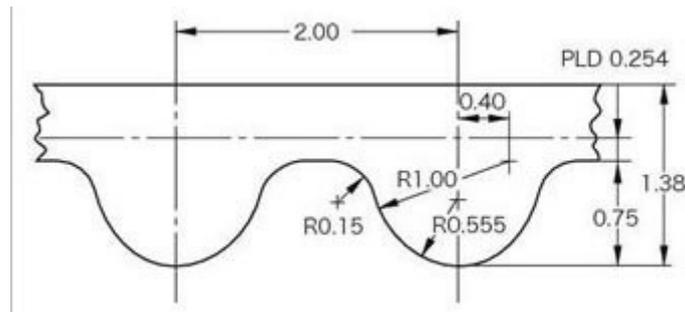
En este video, <https://www.youtube.com/watch?v=u1NzKnOy1Ec> se demuestra el procedimiento necesario para parametrizar una polea sincrónica GT2 (ver el tema siguiente) usando el software libre OpenSCAD, sin necesidad de conocimientos previos en el uso del mismo.

Sistemas de polea y correa sincrónicos

Como ya se dijo, en la actualidad se dispone en el mercado de una interesante oferta de algunos modelos de correas y poleas de aplicación habitual en la fabricación de impresoras 3D.

Particularmente, dado que las impresoras 3D deben garantizar la correcta localización del cabezal extrusor, se utilizan correas sincrónicas de pequeño formato, siendo particularmente preferidas las denominadas GT2, por ser especialmente adecuadas para la transformación del movimiento rotativo de un motor en el movimiento lineal de una pieza sujeta a la correa.

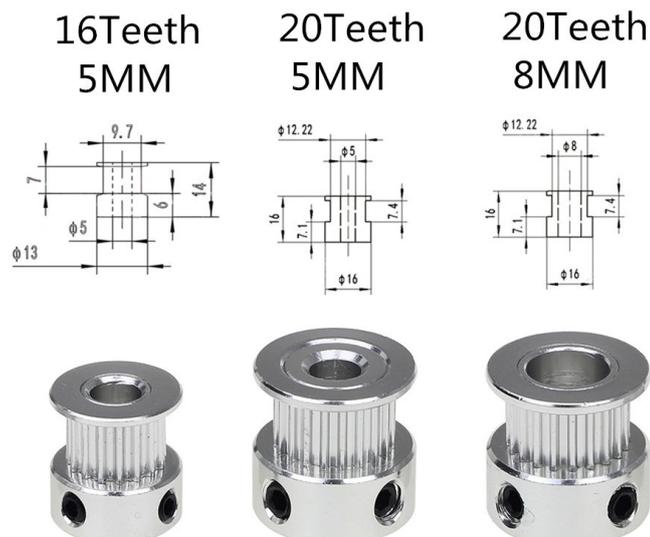
El perfil de las correas GT2 es el siguiente:



Uno de los datos más importantes es la distancia entre dientes (*pitch* o paso), que en este caso es de 2 mm. También son comunes las de 3 y 5 mm (siempre en formato GT) y una infinidad de otros formatos, tanto con medidas milimétricas como imperiales. El ancho típico de estas correas es de 6 mm aunque pueden conseguirse más anchas con facilidad.

El largo de la correa puede ser establecido tanto en mm como en cantidad de dientes, y existe una equivalencia directa, dado que el paso está prefijado por la norma. Es decir, por ejemplo, una correa de 140 dientes, con un paso de 2 mm, tendrá un perímetro igual a 280 mm. Las correas pueden comprarse por metro lineal (abiertas), o cerradas, en medidas estándar.

En cuanto a las poleas, tal como sucede con el módulo de los engranajes, el paso y la cantidad de dientes determinan el diámetro, de modo que es usual referirse a las mismas directamente por su cantidad de dientes.



Otro dato importante, por supuesto, es el diámetro del agujero central, que estará determinado por el diámetro del eje del motor en que se montará la polea

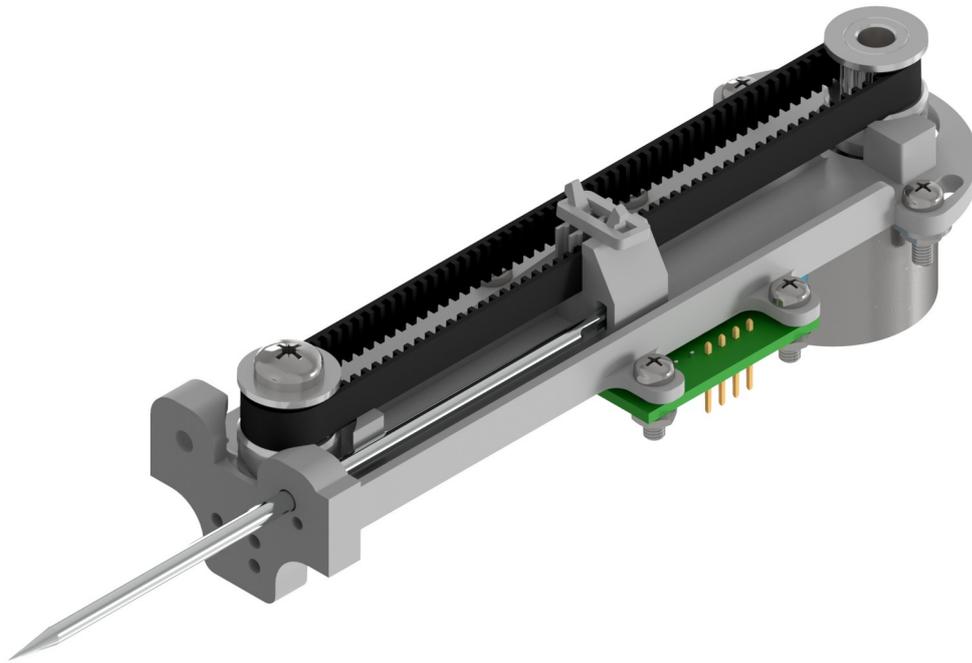
Es importante notar que debe prestarse especial atención a la distancia entre ejes, ya que ésta quedará estrictamente determinada por la cantidad de dientes de la correa y poleas intervinientes. La forma más simple de establecer este valor, así como de calcular la correa necesaria, si la distancia estuviera prefijada por el proyecto, es por medio de las múltiples Calculadoras que los fabricantes suelen ofrecer para este fin.

Ejemplos:

- <https://www.bbman.com/belt-length-calculator/>
- <https://www.technobotsonline.com/timing-pulley-distance-between-centres-calculator.html>

En la figura, un ejemplo de uso de un mecanismo basado en correa y poleas GT2 para el movimiento lineal de una aguja, cuyo funcionamiento se explicará en clase, desarrollado por el autor en 2017, para la obra "Estados de alerta", de Mariela Yeregui.

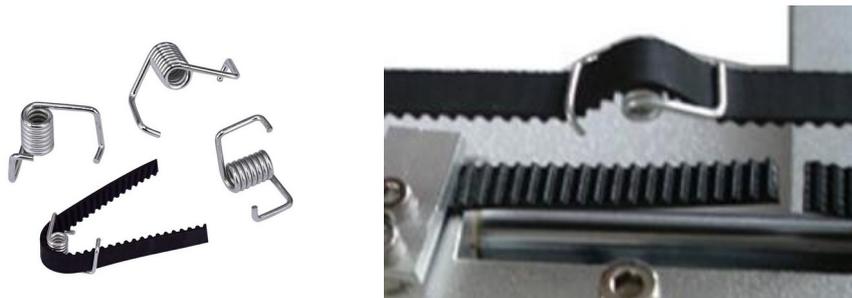
(<https://yereguimariela.wordpress.com/2020/01/27/estados-de-alerta-states-of-alert-2016-2017/>)



Video de la obra: <https://youtu.be/h7jTKVUktjc>

Aunque las calculadoras pueden dar un valor exacto de la distancia entre ejes necesaria, es conveniente que el mecanismo diseñado contemple alguna forma de ajuste de esa distancia, con el fin de brindar la posibilidad de regular la tensión de la correa, así como facilitar su recambio. En la imagen del ejemplo, puede observarse que los tornillos que sujetan el motor no están montados en agujeros sino en ranuras, para permitir este ajuste.

En aquellos mecanismo del tipo lineal con "va y viene", que no requieran completar un giro completo de la correa, es posible incluir un tensor del tipo resorte de torsión, que mantiene la correa con la tensión adecuada sin demasiadas complicaciones.



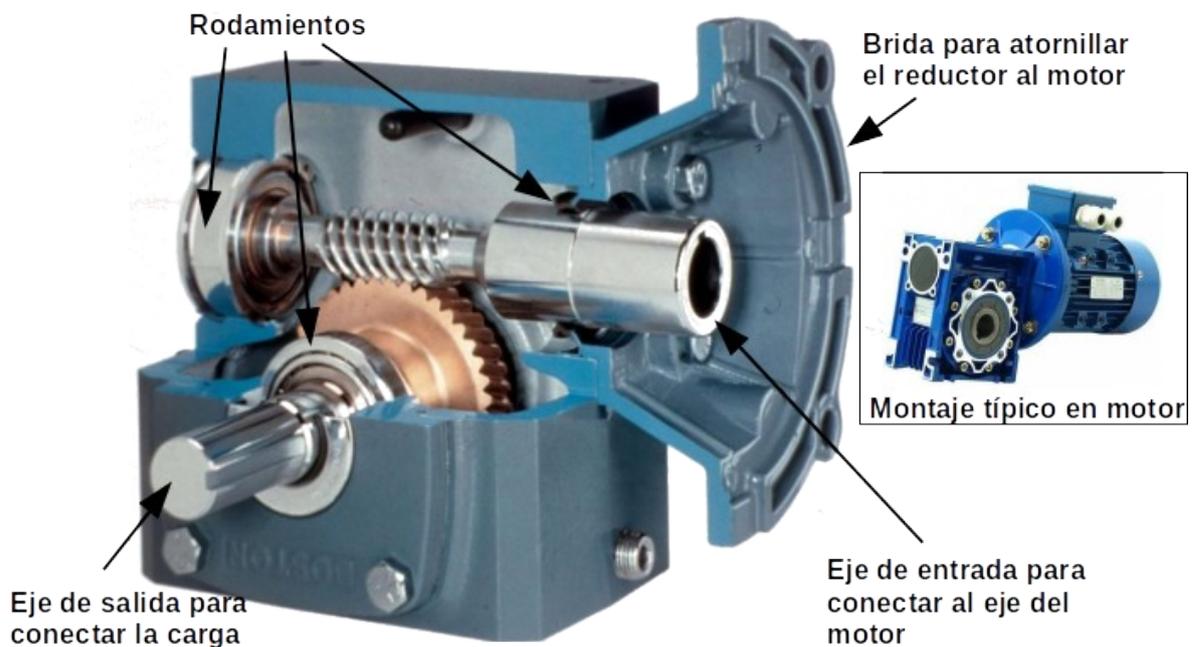
3. Transmisiones a tornillo

Las transmisiones a tornillo son análogas a las de los engranajes. Se trata de un tornillo denominado “sinfin” es decir, que rota en el lugar sin posibilidad de desplazarse, que engrana con una rueda dentada, del mismo paso que la rosca del tornillo.



El elemento conductor es siempre el tornillo y el elemento conducido es el engranaje, que normalmente se denomina corona. Como puede verse en la figura, **cada vez que el tornillo gira una vuelta completa, el engranaje avanza apenas un diente**, dado que son del mismo paso. De este modo, se necesitan tantas vueltas del tornillo como dientes tenga la corona, para que esta gire apenas una vuelta, por lo que se logran relaciones de transferencia de gran magnitud en un tamaño muy compacto, con funcionamiento bastante silencioso.

Dado el tipo de mecanismo, la relación es siempre del tipo reductora, es decir, las rpm de salida son menores a las de entrada, mientras el torque aumenta en la misma proporción. El eje de salida resulta siempre ortogonal al eje de entrada y la salida puede ser hacia cualquiera de los lados, o hacia ambos simultáneamente.



A diferencia de los mecanismos de engranajes o los de correa, la relación no es reversible, es decir, si se quiere hacer girar la rueda dentada para multiplicar la velocidad del tornillo, no será posible. Más que una desventaja, esta condición es aprovechada para construir mecanismos “autoenclavados”, es decir, mecanismos que permanecen fijos en una posición, sosteniendo la carga, aunque el motor o la fuerza de tracción original dejen de actuar, con las consecuentes ventajas de simpleza y seguridad (no se necesitan frenos adicionales), y ahorro energético: se puede apagar el motor una vez terminado el movimiento y la carga permanecerá donde quedó.

La principal desventaja de los mecanismos a sinfín y corona es su bajo rendimiento. En general será del orden de 0,7, es decir que la potencia total de salida será alrededor de un 30% menor a la que se entregue en el eje de entrada.

En la figura anterior podemos ver un típico reductor industrial a sinfín y corona. Están disponibles en una muy amplia variedad de tamaños y relaciones de transmisión, son de producción standard, lo que ha permitido abaratar su costo, y son sumamente utilizados en todo tipo de aplicaciones.

La aplicación del tornillo como método de transformación del movimiento (de rotativo a lineal) será vista en el apunte sobre mecanismos auxiliares.

Transformación del movimiento

Se mencionó al principio que los movimientos mecánicos se pueden clasificar en cuatro categorías básicas: de rotación, lineal, alternativo y oscilante. Existen infinidad de mecanismos cuyo propósito es cambiar de una a otra forma de movimiento. Antes del desarrollo de los motores eléctricos de corriente continua y los sistemas de control electrónico, los mecanismos alternativos y oscilantes resultaban sumamente relevantes debido a que permitían mecanismos automáticos “de ida y vuelta”, a partir de un motor girando siempre en el mismo sentido.

Dado que para explicar más claramente este tema es conveniente recurrir a ilustraciones animadas, se ha desarrollado en formato web, lo que permite la inclusión de las animaciones y videos necesarios.

Puede accederse a esa página en: <https://miguelgrassi.com.ar/mecatronica/tdmov/>

Potencia en mecanismos de transmisión

Es importante notar que los mecanismos de transmisión del movimiento no incrementan ni disminuyen la potencia que es capaz de entregar el motor, salvo por la pérdida, producto del calentamiento por rozamiento que pueda existir. Es claro entonces que, si el mecanismo incrementa el torque T obtenido a su salida, reducirá la velocidad angular n (las rpm) en la misma proporción, de modo que la potencia entregada sea la misma.

En general, se verificará que, **en cada eje del sistema**, la potencia será proporcional al producto de ambas magnitudes:

$$P \propto T \cdot n$$

En particular, si expresamos la Potencia en watts y el Torque en Newton metro, se verificará que:

$$P(\text{watts}) = \frac{T(N.m) \cdot n(\text{rpm})}{10}$$

que será la expresión más cómoda para nuestros cálculos y que usaremos en la resolución de los ejercicios. Nótese que la constante 10 se aplica para expresar la velocidad angular en rpm en lugar de hacerlo en radianes por segundo. Se trata de un redondeo del valor $(60 / 2\pi)$ y puede

usarse 9,55 para un resultado más preciso, pero la diferencia es despreciable en la práctica y usar el número 10 facilita mucho los cálculos.

En poleas y trenes de engranajes cortos, se puede despreciar la pérdida por rendimiento. En trenes más largos o tornillos, habrá que descontar el porcentaje correspondiente a la salida.