

Tipos de movimientos y mecanismos, y consejos de su modelado

Cristian González García
gonzalezcristian@uniovi.es

Basado en el material original de Jordán Pascual
Espada

v 1.3 Octubre 2021

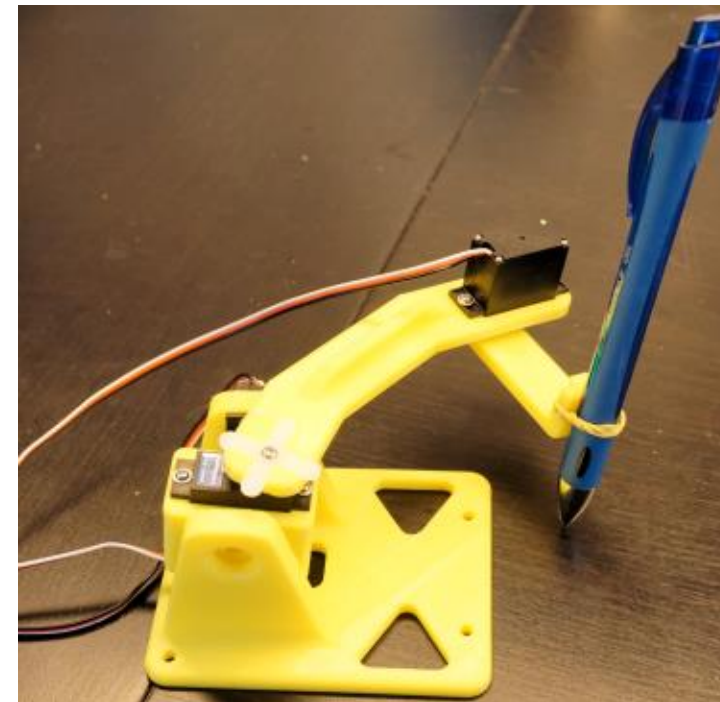
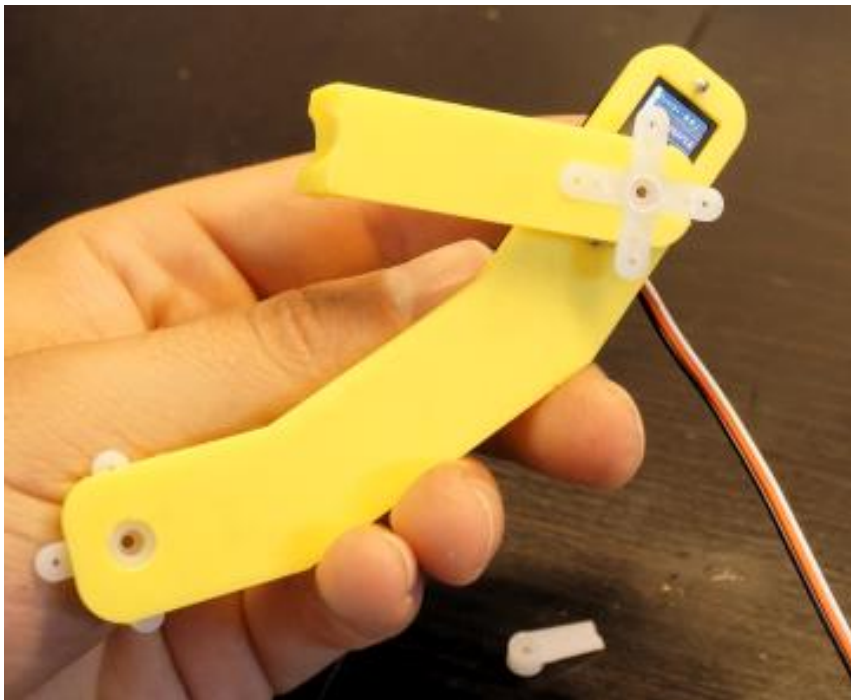
Introducción

- **Diferentes mecanismos móviles** que se suelen utilizar en el prototipado con impresoras 3D
 - Movimiento directo, Excéntrica - biela, Correa y piñón, Varilla roscada, Mecanismo de cremallera, Engranajes
 - **Ejemplos de mecanismos**, sistemas y otros productos comerciales similares
- **Librerías de OpenScad** útiles
- **Consideraciones para el modelado en 3D**

Movimiento directo

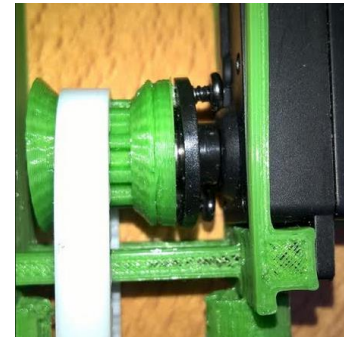
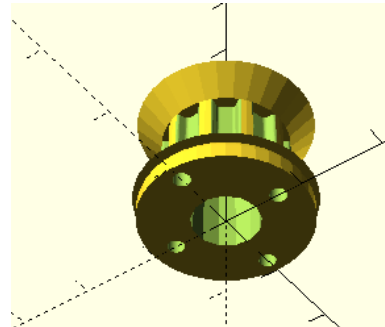
Movimiento directo I

- La **pieza** está **unida al motor**
- Al moverse el motor, la pieza se mueve de igual forma



Movimiento directo II

- Pieza que **aprovecha el brazo original del motor** (recomendado)



Movimiento directo III

- Atornillar las **piezas directamente al motor no es muy recomendable**
 - La cabeza del motor **tiene unos dientes muy finos que agarran perfectamente el brazo**
 - De estropear, se estropea el brazo, no el agarre del motor

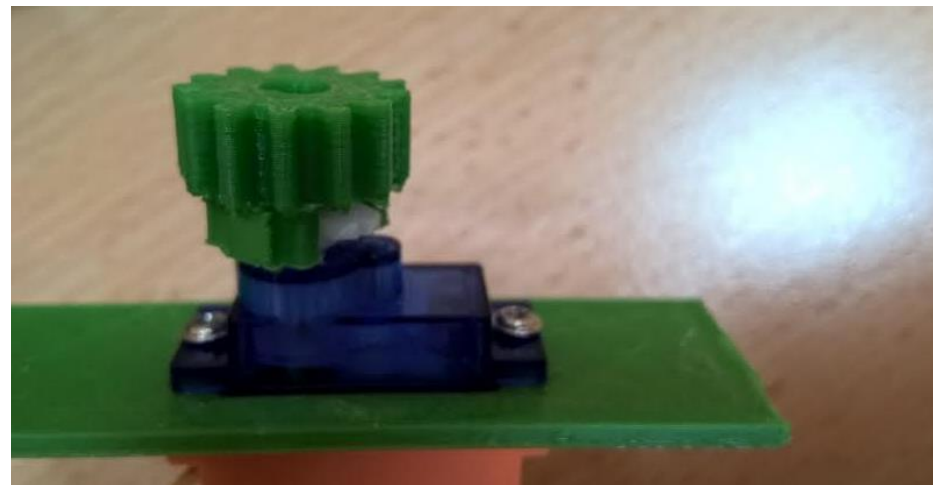
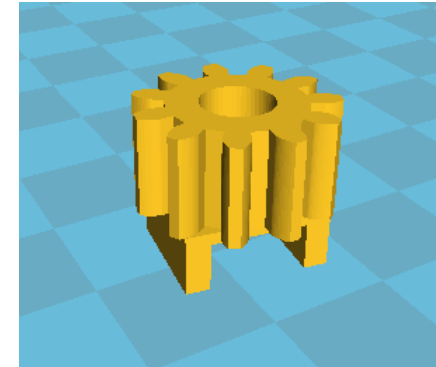
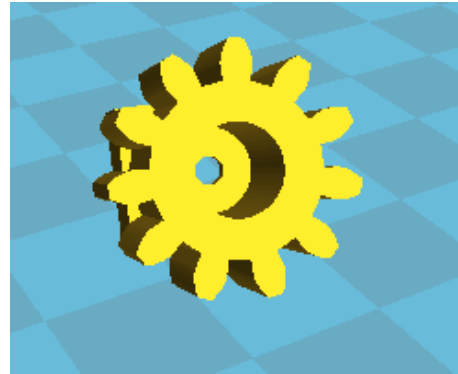
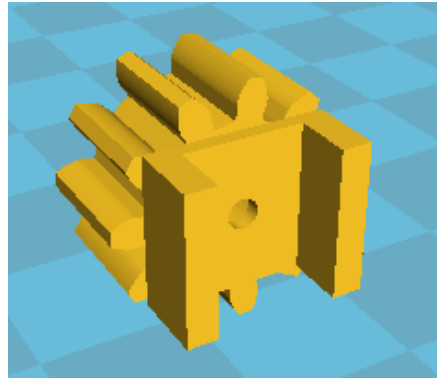


- **Difícil conseguir la precisión de impresión para que una pieza encaje en esa cabeza**
 - Posible resultado: la cabeza gira y la pieza patina
 - Sobre todo si la pieza tiene peso o presión



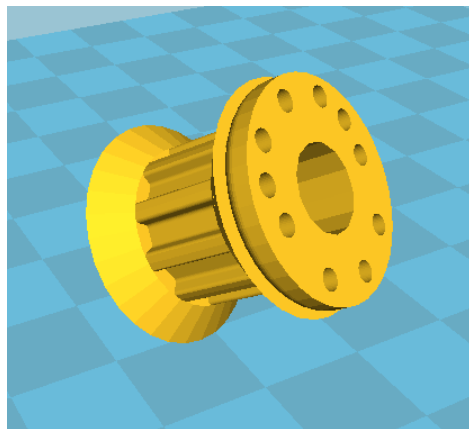
Anclaje I – Brazo

- Aprovechando el brazo (recto) original del motor



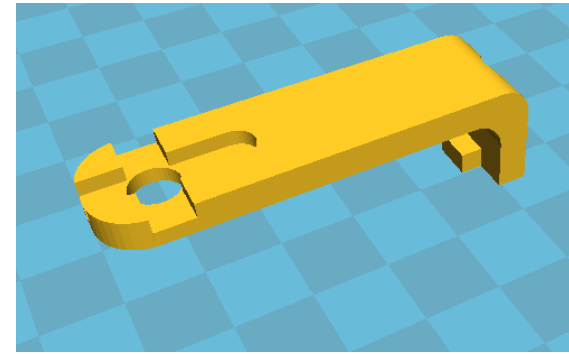
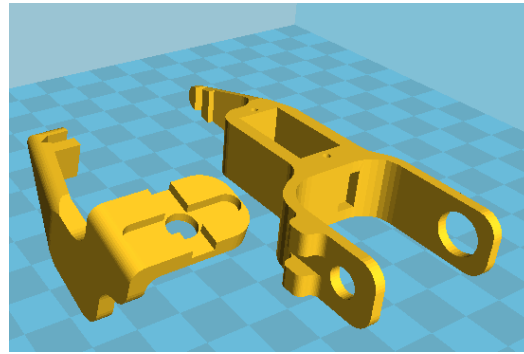
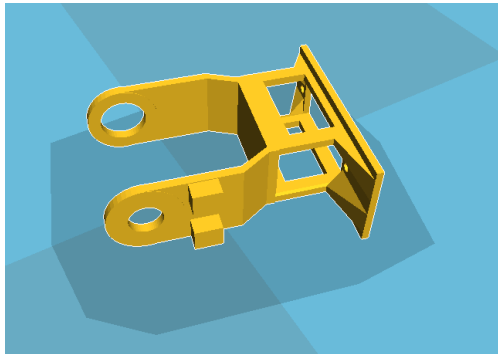
Anclaje II – Tornillos

- Aprovechando el brazo (**tornillos**) original del motor



Diseño de piezas I

- Las piezas **se pueden diseñar de forma casi directa**



- Teniendo en cuenta**

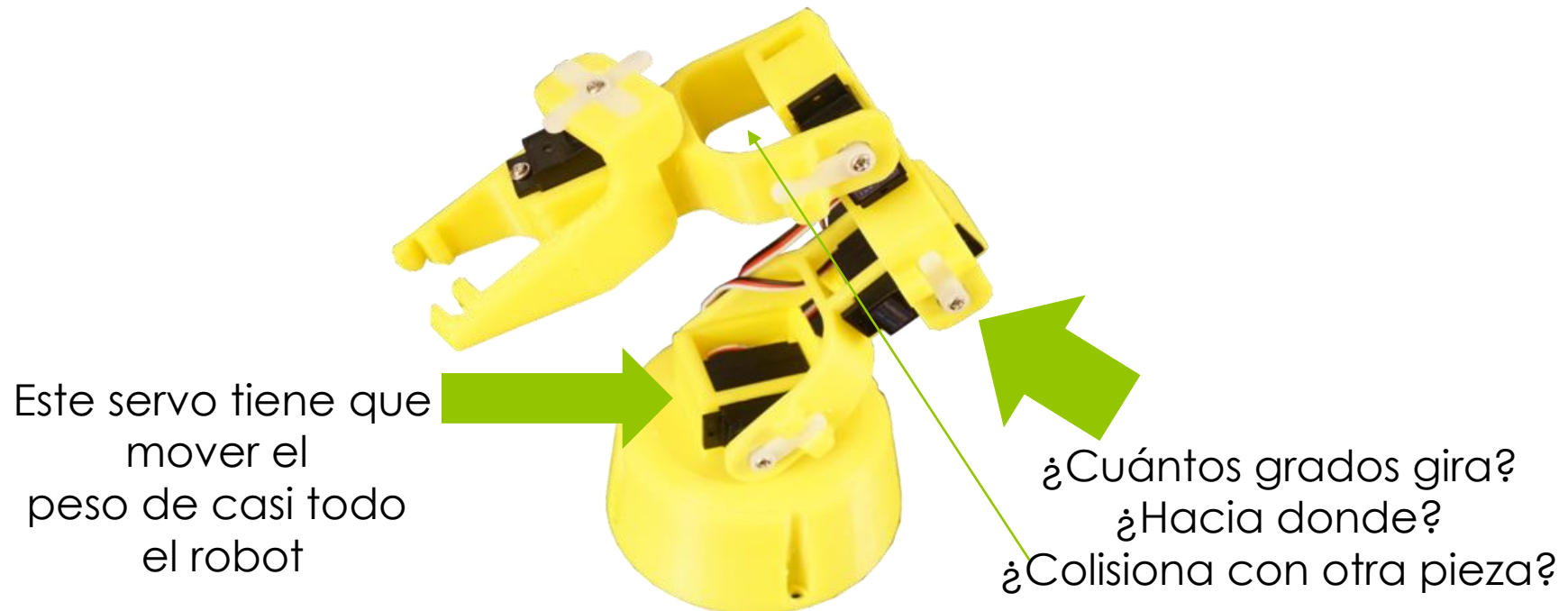
- Dimensiones del servomotor (tamaño de la caja + cables, ejes, etc.)
- El servomotor debe estar bien fijado (presión o tornillos)
- Integración con los brazos del motor



Diseño de piezas II

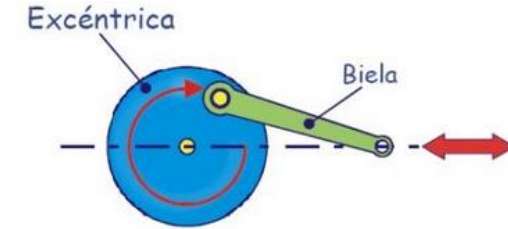
o Teniendo en cuenta

- o Potencia del motor: **¿Va a ser capaz de mover el peso de sus propias piezas?** (Caso del brazo robot)
- o Ángulo de giro suficiente para la funcionalidad (180°, 360°, ...)



Excéntrica - biela

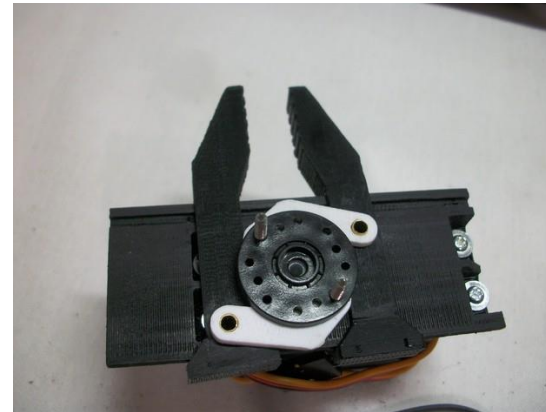
Excéntrica-Biela I



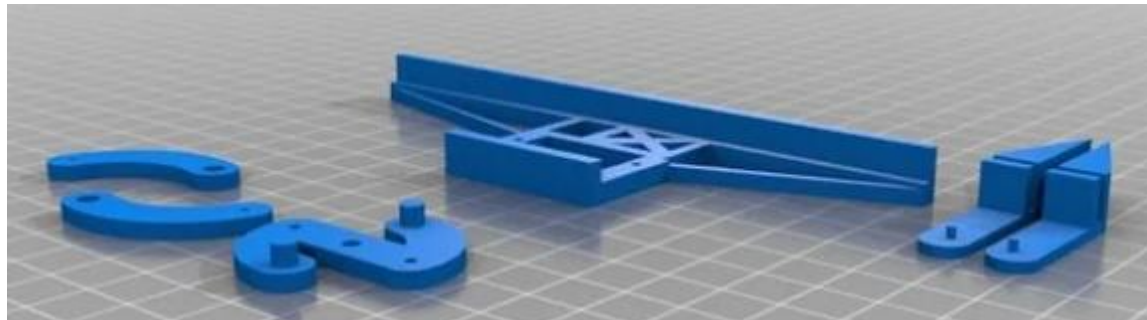
- Transforma un movimiento circular en una translación lineal, o viceversa
- El brazo se une a otra pieza mediante un elemento rígido, por ejemplo una varilla
 - El movimiento del motor traslada la pieza
 - Giro continuo o varias posiciones



Ejemplo Pinza I



Similar en <https://www.thingiverse.com/thing:33774/>



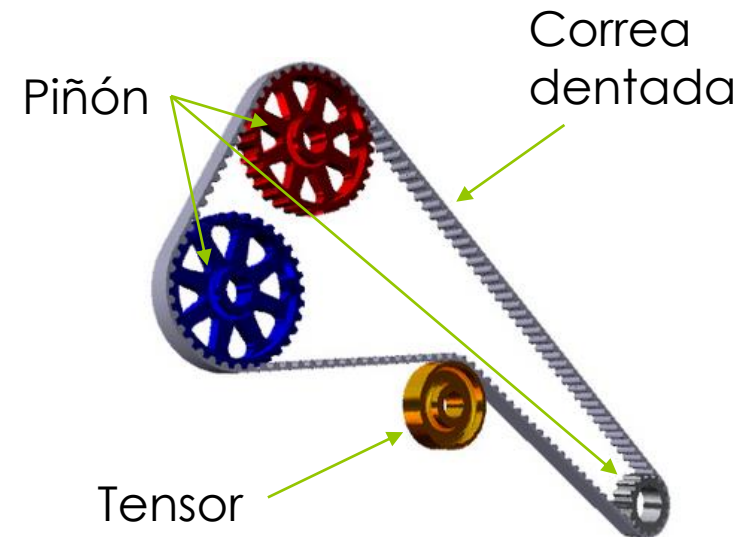
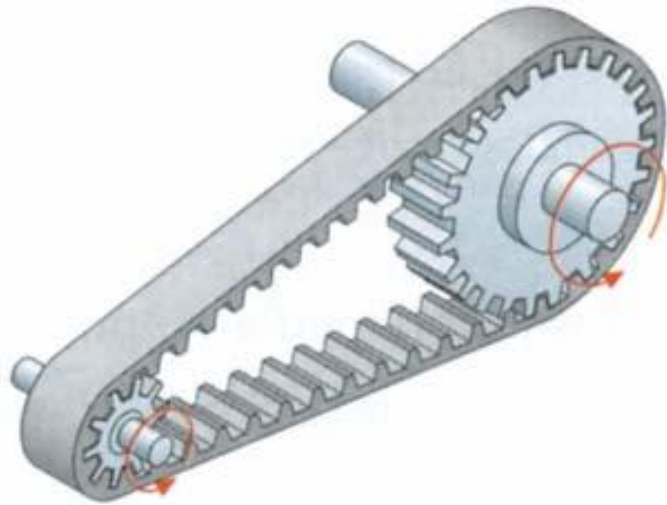
Ejemplo Pinza II



Correa y piñón

Correas dentadas I

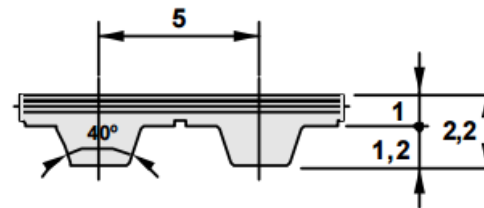
- El mecanismo se conoce como **transmisión por poleas dentadas / piñón**
- Son utilizadas** comúnmente **para**
 - Mover otras poleas
 - Mover un elemento conectado a la cinta



Correas dentadas II

- Mantienen la exactitud en la relación de transmisión
- Evitan que patine
 - Problema habitual de las no dentadas **cuando necesitan mucha fuerza**
- Diferentes especificaciones
 - T2.5, T5, T10, T20, AT5, AT10, etc.
 - Simple o doble, largo, etc.
 - Materiales: poliuretano, etc.
- Especificaciones completas y usos

DENTADO SIMPLE "S"

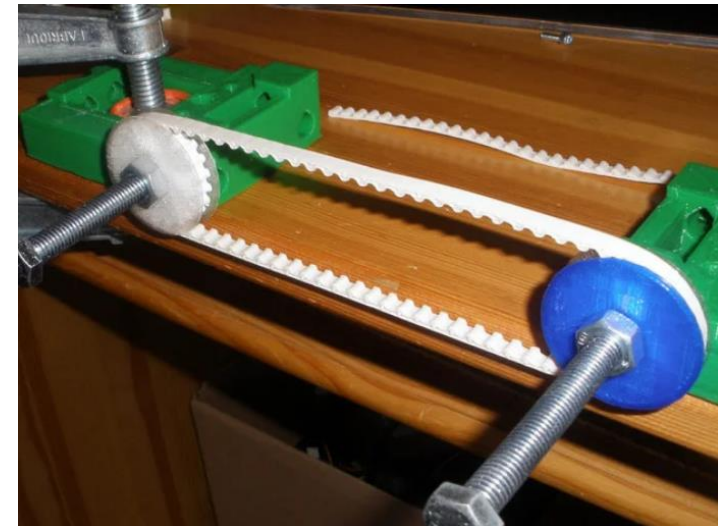
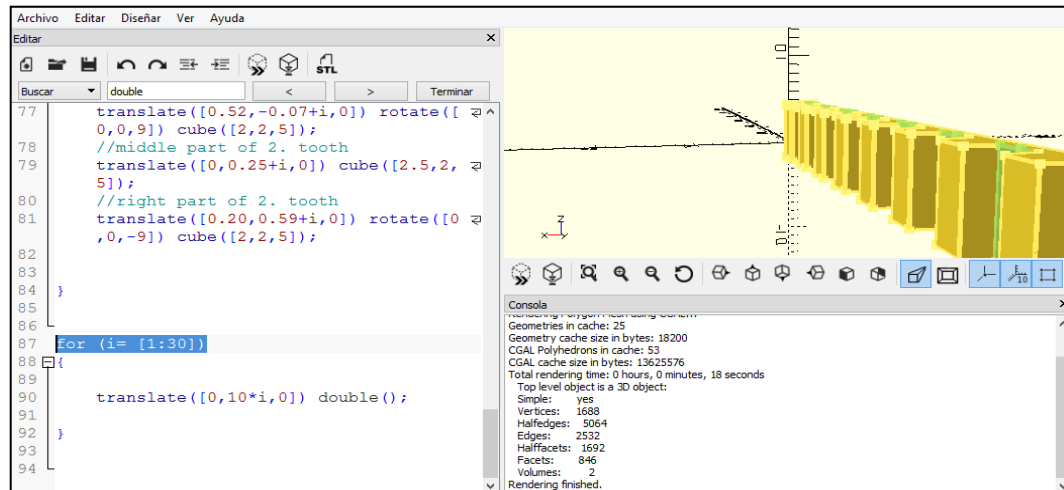


Correa dentada T5

- <http://masanes.com/data/eshop/masanes/uploads/docs/componentes-y-accesorios/correas/correas-dentadas.pdf?1442343066>
- https://www.dinamica.net/wp-content/uploads/_documents/en/SIT-Timing-belts.pdf
- <https://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Transmission/Optibelt/Manual%20tecnico%20correas%20trapeciales.pdf>

Diseño e impresión de correas dentadas

- Especificaciones de diseño simples
- Librerías OpenScad
 - <http://www.thingiverse.com/thing:6800>
- **Material elástico como FilaFlex**
- Puede resultar **más cómodo comprarlas**
 - Diferente material, resistencia, tiempo de impresión, calidad de la impresión, etc.



Rueda dentadas para correas

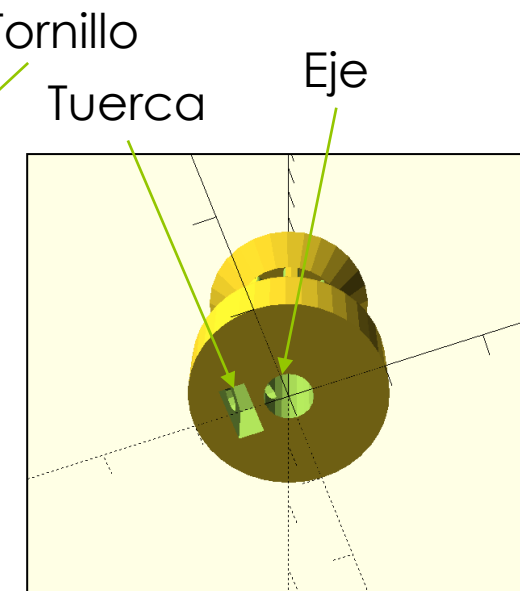
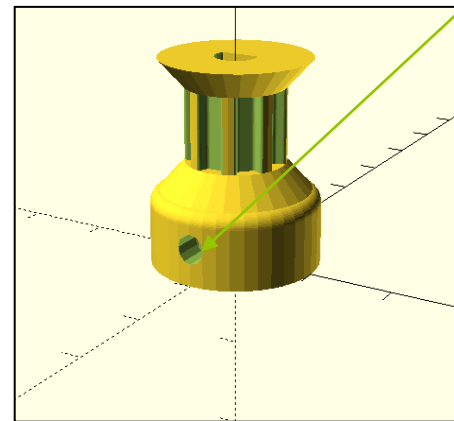
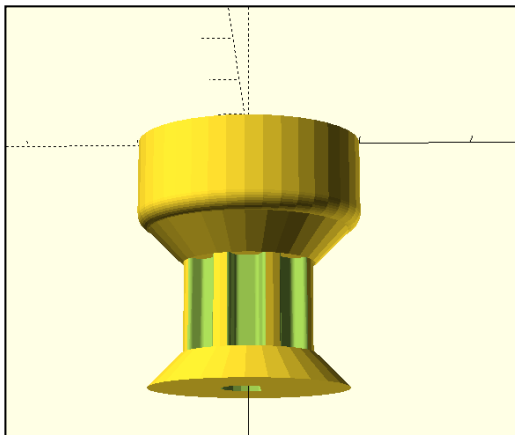
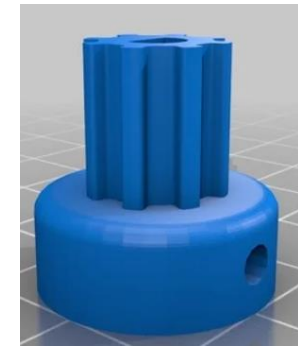
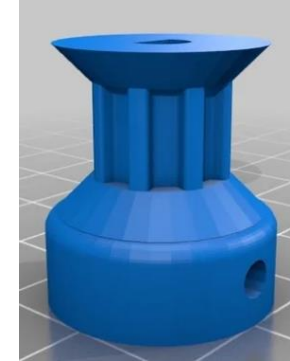
Características

- Número de dientes, tipo de correa, paso, ancho de la polea, borde, etc.
- La cabeza **evita que la correa se salga debido al borde**
- **Se suelen atornillar para ajustarlas al eje** (aunque existen otros tipos)

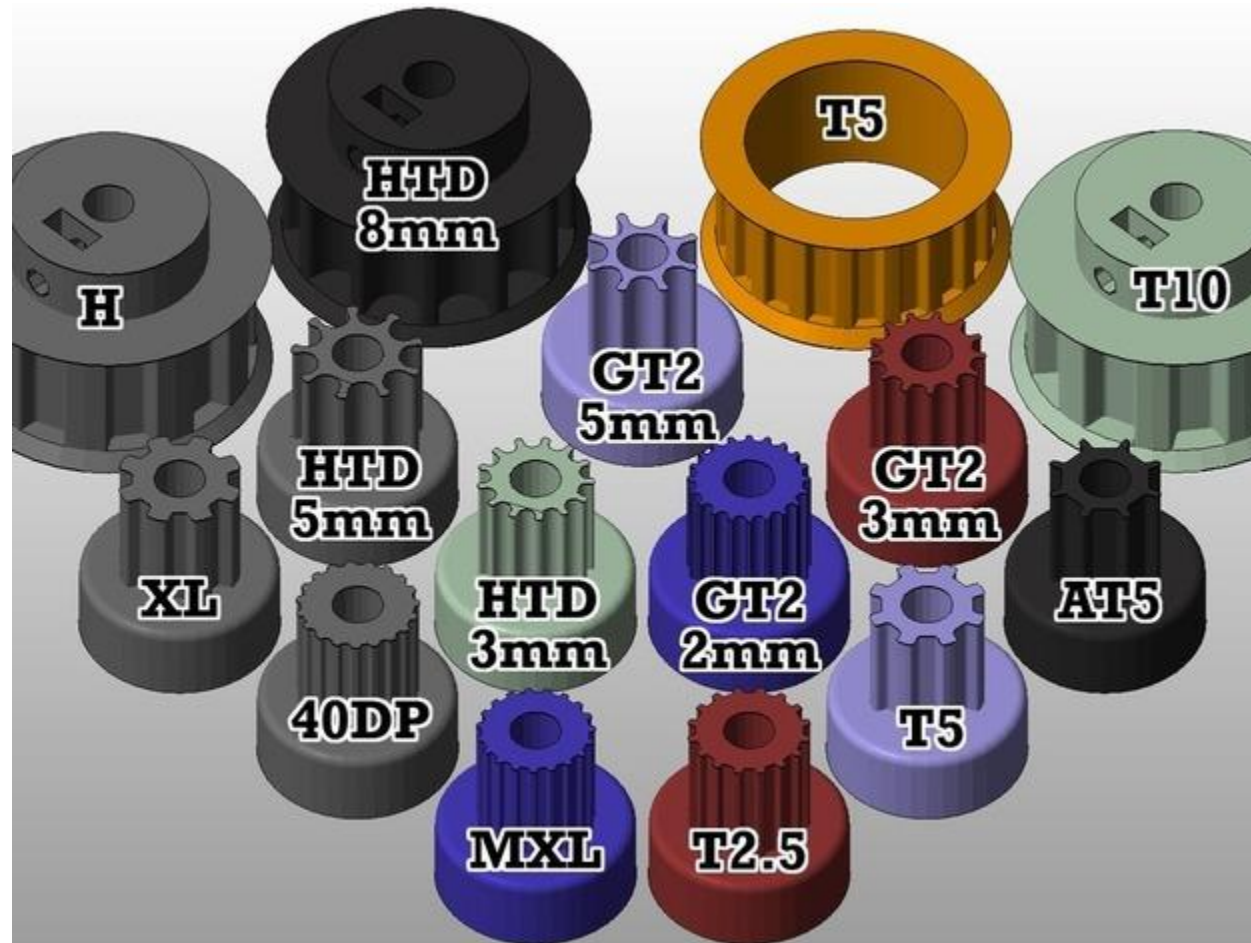


Diseño e impresión de poleas dentadas para correas I

- Muchas librerías OpenScad
 - <http://www.thingiverse.com/thing:60433>
- **Especificamos**
 - Número de dientes: 10 (con esto calcula el diámetro).
 - Tipo de correa: T2.5, T5, ...
 - Tipo de tornillo para la fijación: M3, ...
 - Otras: altura, diámetro de la base, etc.

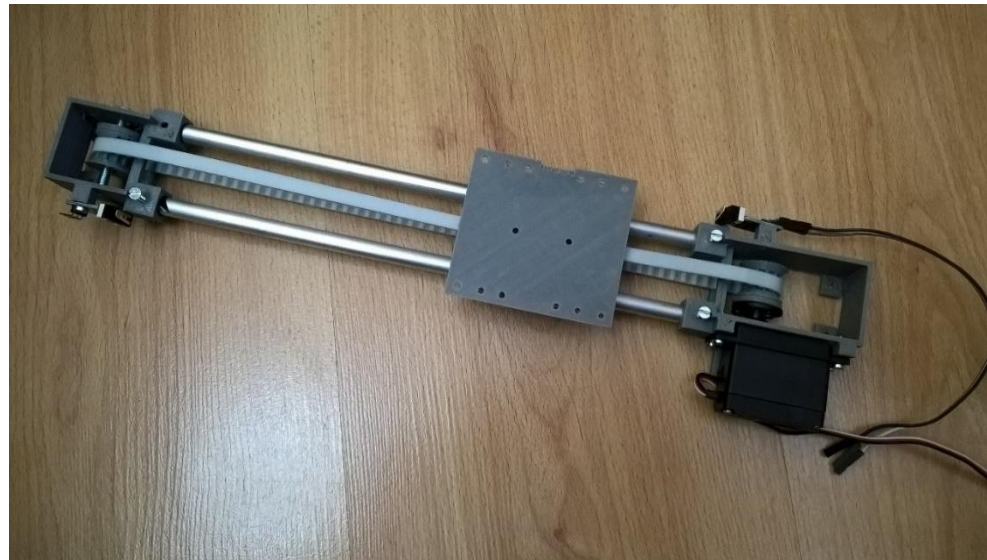


Diseño e impresión de poleas dentadas para correas II



Correas dentadas

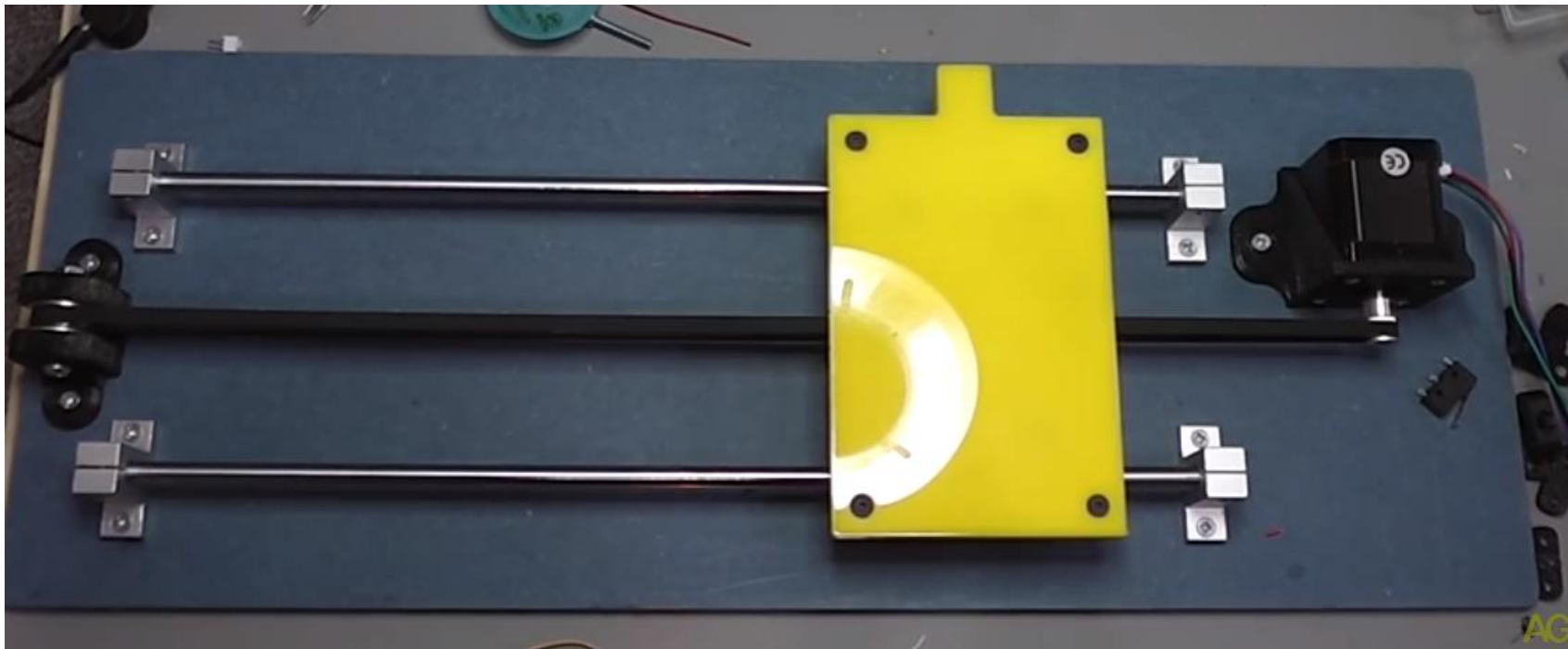
- **Funcionan como un sistema de poleas**, pero son **más resistentes al esfuerzo**
- **Los dientes evitan que la correa patine**, y mantienen la relación de transmisión
- El tamaño de las poleas **también aplica multiplicadores / reductores de velocidad**
- **Muy empleado en actuadores lineales** en cualquier eje (X, Y, Z)
 - Moviendo un elemento conectado a la cinta



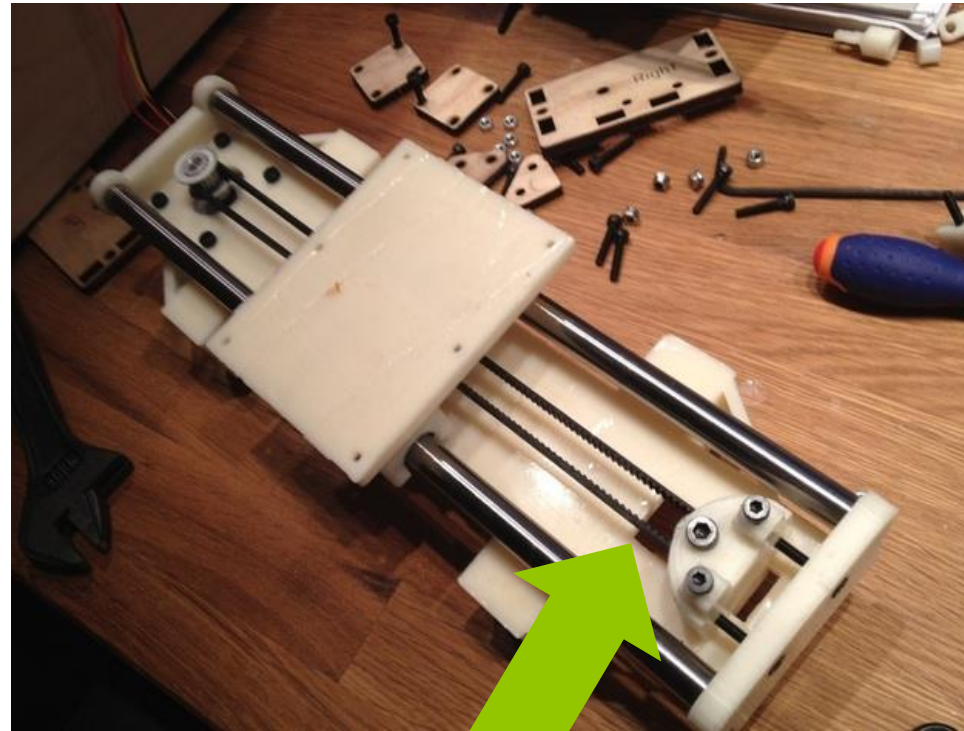
Ejemplo I – Actuador lineal básico (correa + raíl tubo)

- <https://youtu.be/hGCxUjjvIBk>

Vídeo



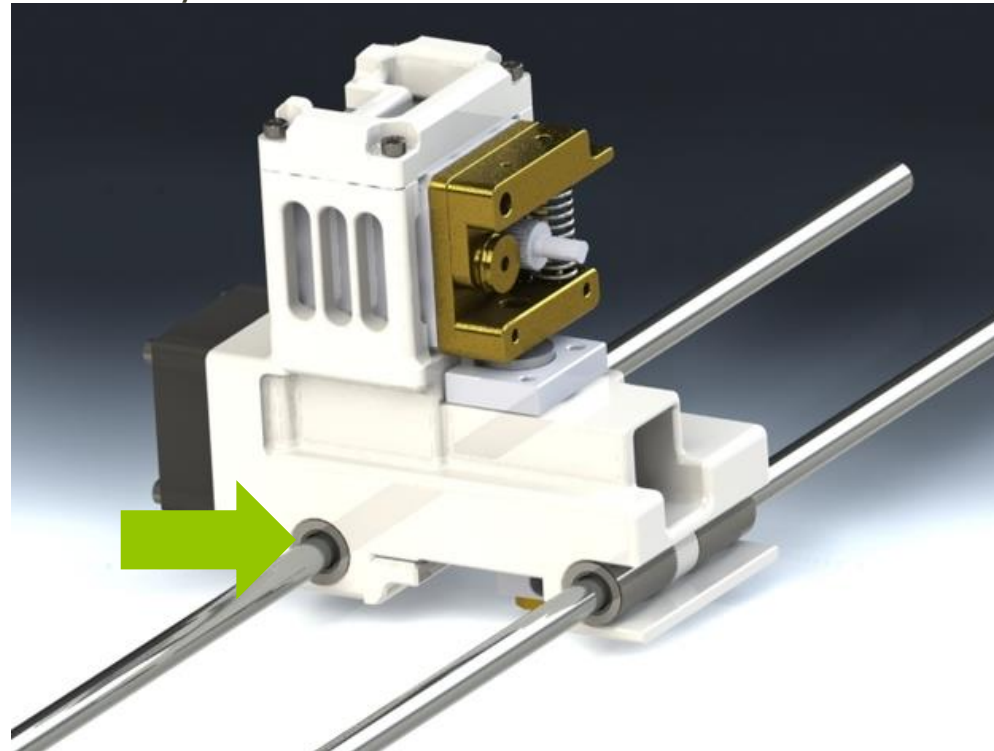
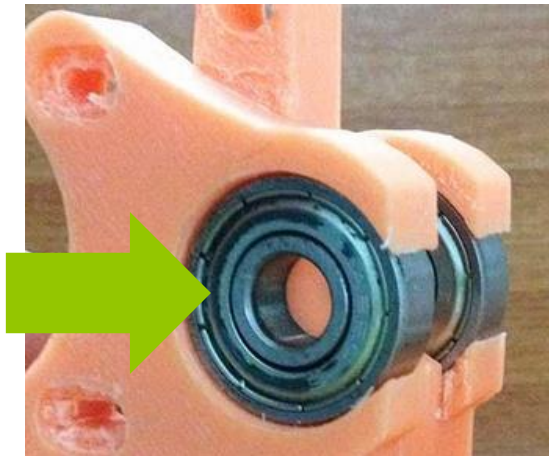
Ejemplo II – Actuador lineal impresora 3D



<http://www.thingiverse.com/thing:514582>

Unión de los tubos

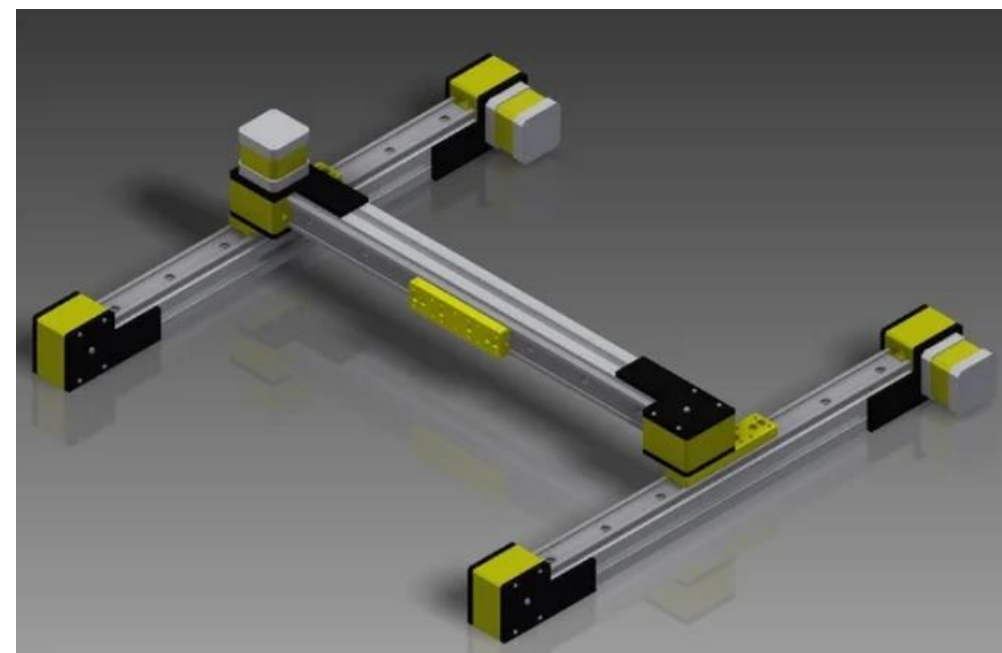
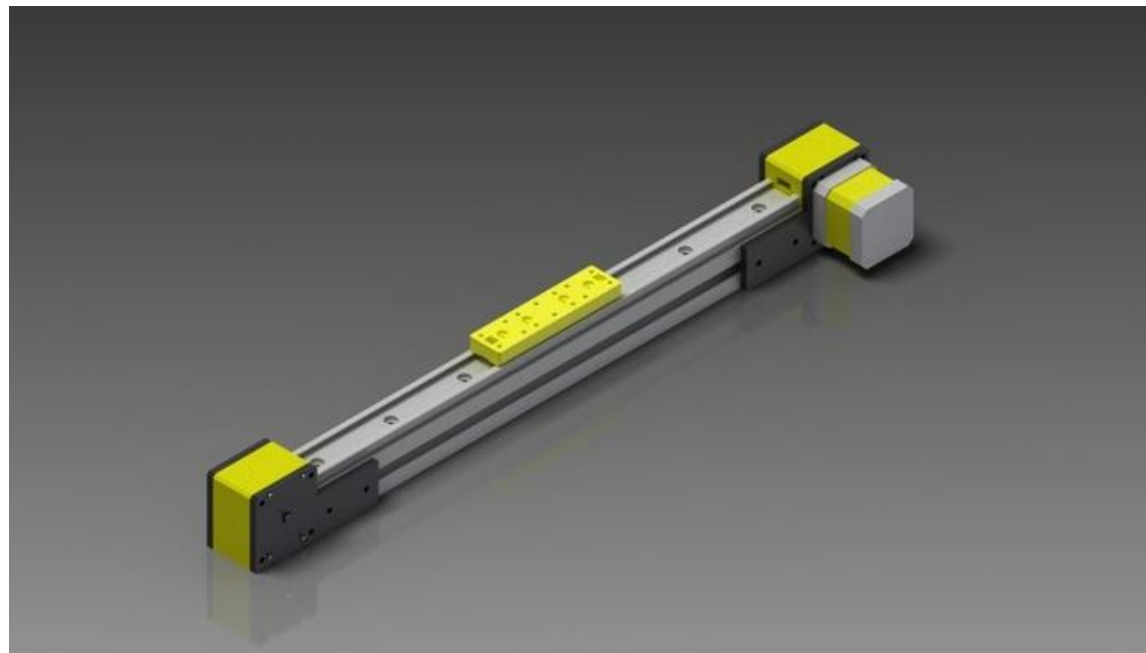
- o La unión directa del modelo al tubo no es optima
- o Utilizan rodamientos lineales (baja fricción)



Mini actuador lineal impresora 3D

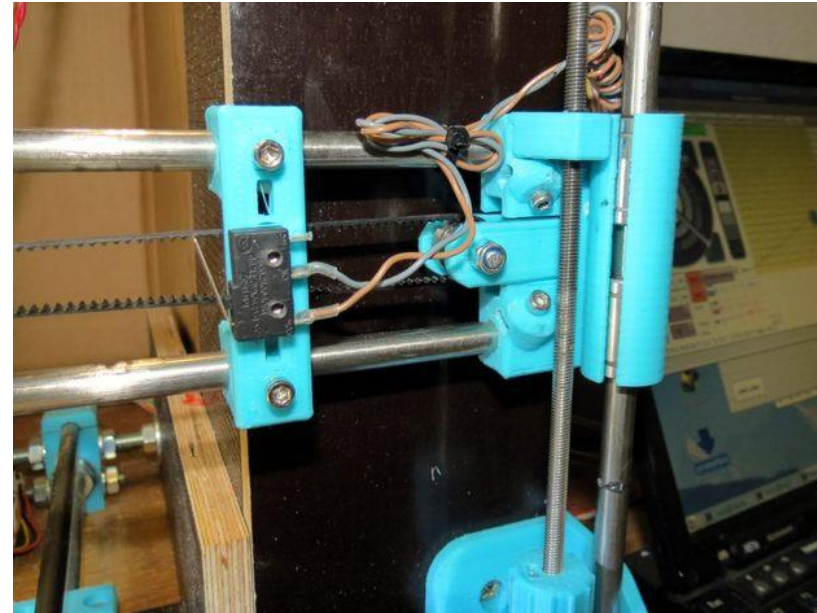
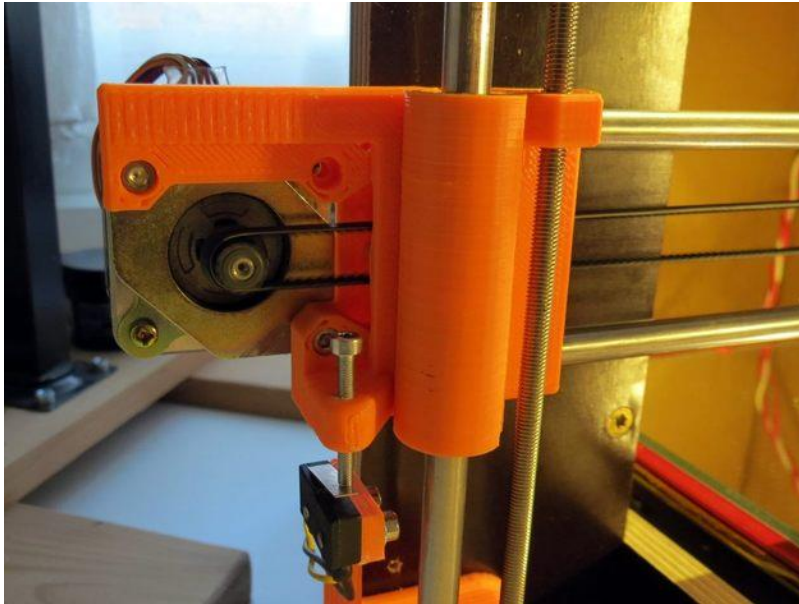
◉ <https://youtu.be/wONTvwHLHqI>

Vídeo



<http://www.thingiverse.com/thing:359068>

Actuador lineal en impresoras 3D



<http://www.thingiverse.com/thing:514582>

Cámara motorizada con Arduino

• <https://youtu.be/1ki-vVdqjng>

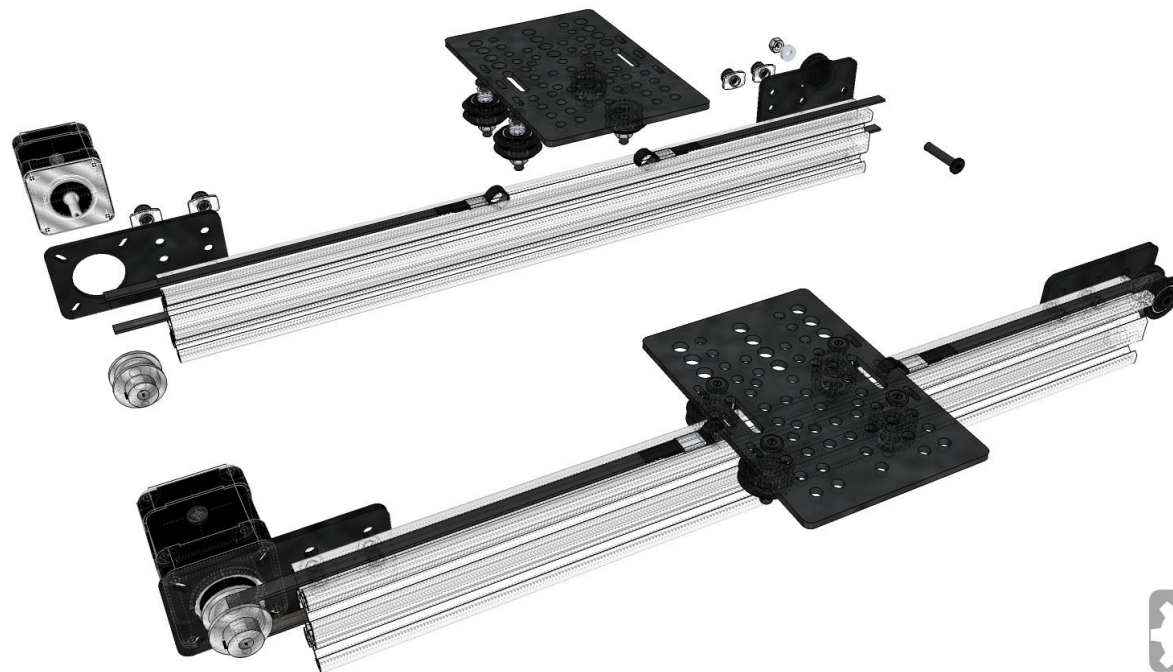
Vídeo



Mini actuador lineal (correa + raíl cuadrado)

- Después veremos como se combina en un GIF
- <https://youtu.be/eCr1ogUuNPA>

Vídeo



<https://www.thingiverse.com/thing:69004>





vevox

Audience Engagement

Join at vevox.app

Or search **Vevox** in the app store




ID: 127-713-930



Join: vevox.app ID: 127-713-930

¿Qué hay que tener en cuenta para articular una pieza?

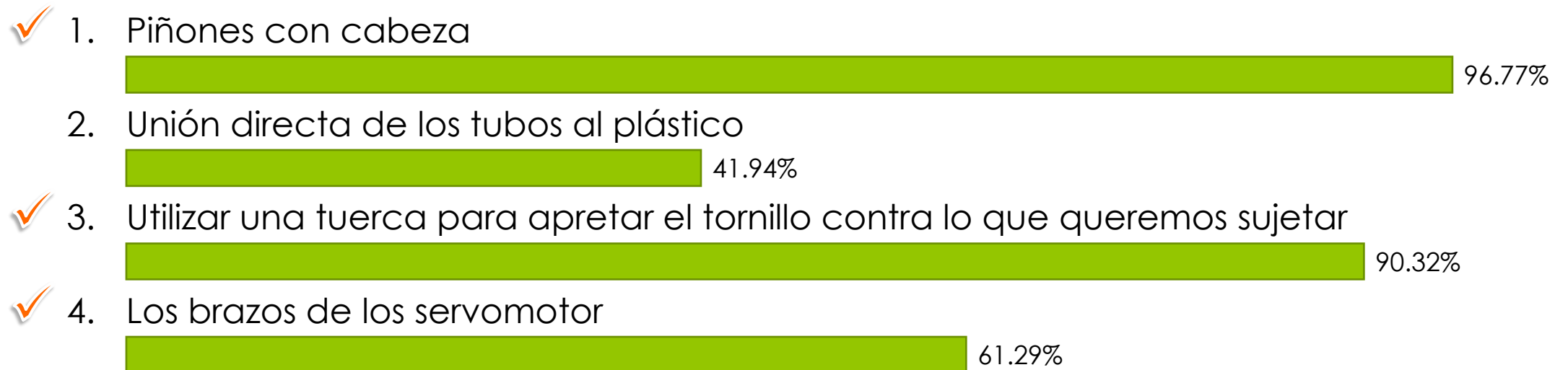
Vote for up to 2 choices

1. Atornillarla directamente al eje del motor
 11.11%
- ✓ 2. Potencia del motor para mover el peso de su articulación
 88.89%
- ✓ 3. La movilidad de la articulación (grados, posibles obstáculos)
 97.22%
4. No utilizar brazos del servomotor, pues se pueden romper
0%

(% = Percentage of Voters)

¿Qué sistemas de seguridad en la construcción de los mecanismos podemos utilizar?

Vote for up to 3 choices

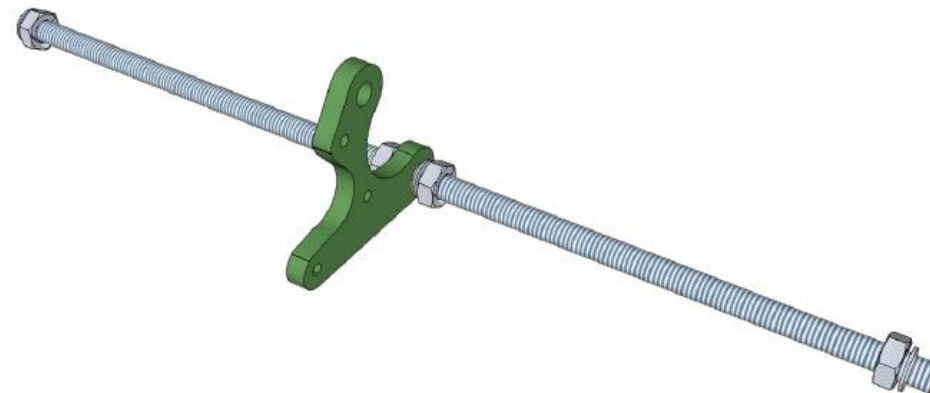


(% = Percentage of Voters)

Varilla roscada

Varilla roscada

- Varilla roscada, poste o roscado
- Misma especificación que los tornillos
 - M3, M4, etc.
 - <https://tornillos.enlinea.plus/especificaciones-tornillos/>
- Se pueden utilizar para **transmitir movimiento lineal**

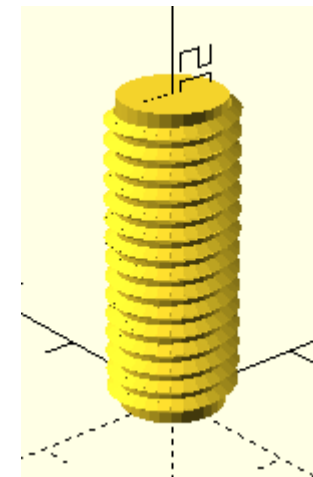


Diseño e impresión de varillas roscadas y tuercas

- Librerías OpenScad
 - <http://www.thingiverse.com/thing:311031>
- Especificamos**
 - Tipo de rosca 8 (8mm diámetro -> M8), largo 16 mm
- No** suele ser **recomendable imprimir estas pieza**
 - Posibles problemas de precisión
 - Largo de la pieza
 - Lijarla



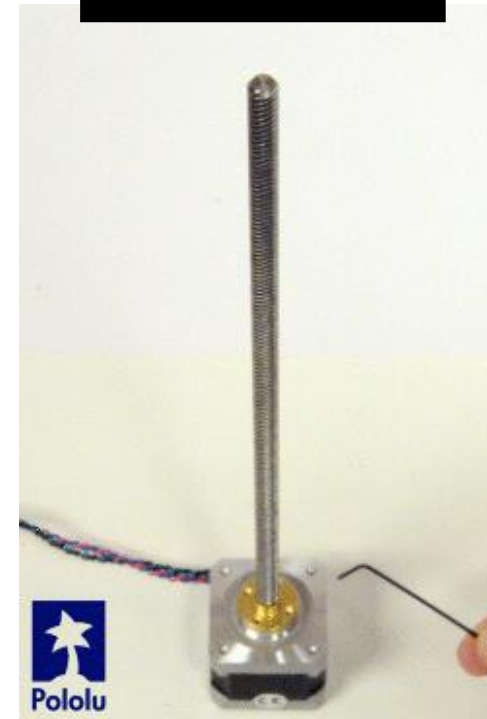
```
324 thread_out(8, 20); // Rosca del tornillo M8
    15mm de largo
325 thread_out_centre(8, 20); // Cilindro
    interior de la rosca
```



Ejemplo de uso

- **El motor gira la varilla roscada**
 - Directamente, por medio de engranajes, etc.
- **Un elemento con tuerca** se conecta a la varilla
- **Se bloquea el giro de la tuerca**
 - Para que no gire sobre si misma
- **Giro del motor**
 - Se enrosca – avanza
 - Se desenrosca – retrocede
- **Construcción de actuadores lineales X,Y, Z**

Animación



Actuador lineal (Varilla roscada + raíl tubo)

- ◉ <https://youtu.be/c5EvLZAwPVc>

Vídeo



Actuadores lineales

- ◉ <https://youtu.be/3CB1puS8vao>

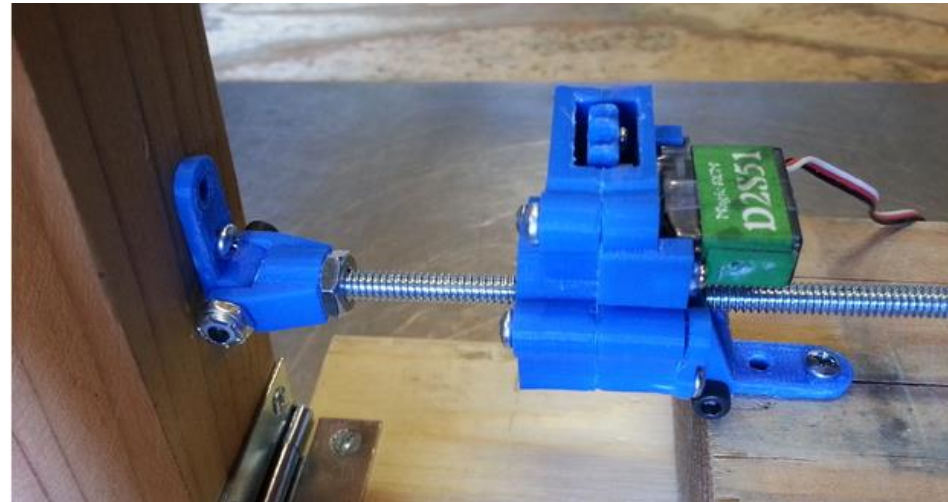


Ejemplo de uso de la varilla roscada

- Actuador lineal
- Buen nivel de precisión



<http://www.thingiverse.com/thing:570158>



<http://www.thingiverse.com/thing:549983>

Tornillo sin fin o tornillo infinito I

- **Transmite el movimiento entre ejes perpendiculares**
- Mezcla un tornillo sin fin y un engranaje circular
 - **El giro del tornillo mueve la polea, o viceversa**

Vídeo



<https://youtu.be/tHC8TtmQfes>

Tornillo sin fin o tornillo infinito II

- <https://youtu.be/gZ7W4M-OSXI>



<http://www.thingiverse.com/thing:45103>

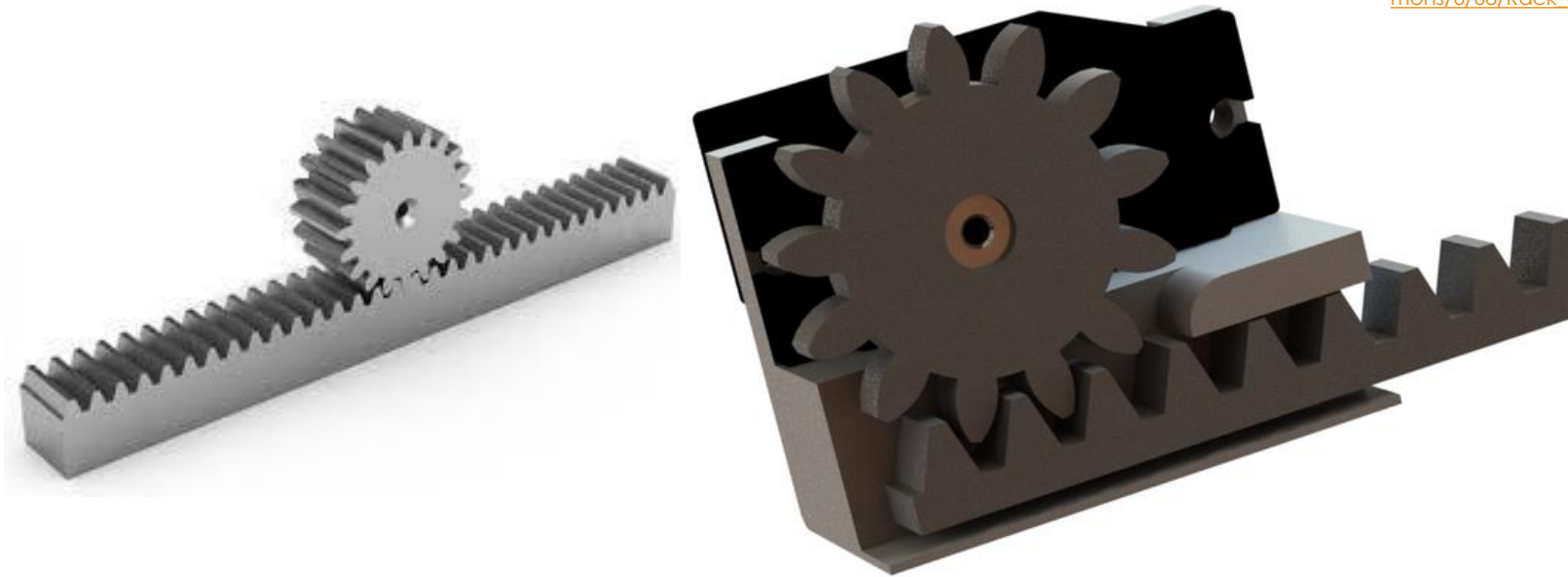
Mecanismo de cremallera

Cremallera

- ◉ **Polea dentada** (piñón) + **barra dentada** (cremallera)
- ◉ **Transforma el movimiento de rotación en lineal**

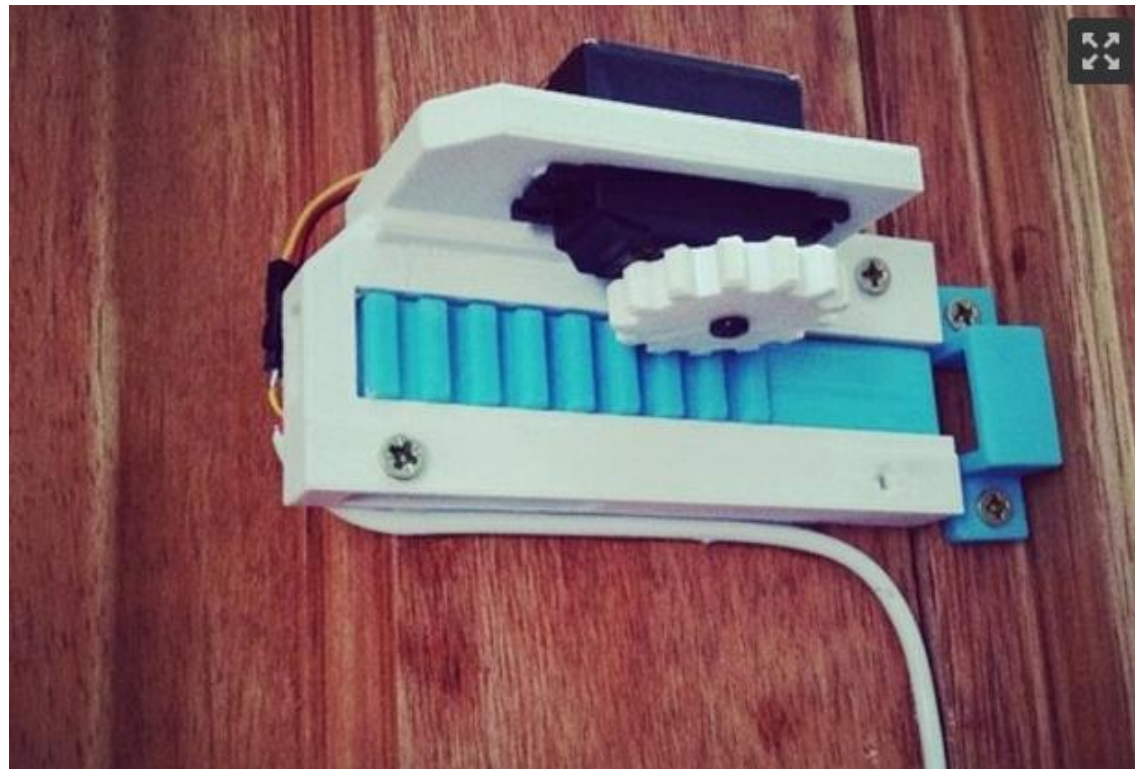


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Rack_and_pinion_animation.gif



<http://www.thingiverse.com/thing:896781>

Ejemplo – Cerradura de puerta motorizada



<http://www.thingiverse.com/thing:465349>

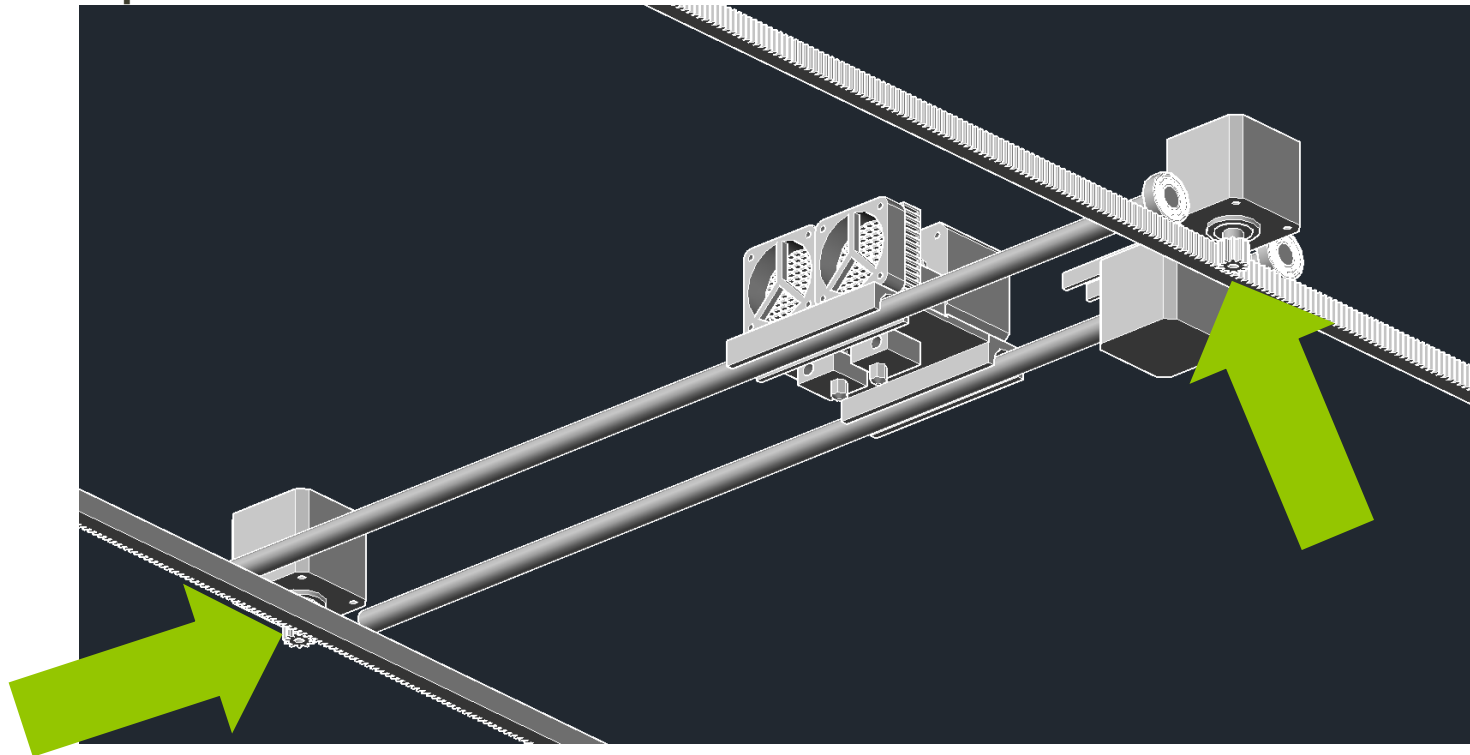
Ejemplo – Pinzas para grúa

- Pinza para brazo robot: doble cremallera



Partes móviles

- La parte móvil puede ser
 - El bloque de **la cremallera**
 - El bloque del **piñón**



Actuador lineal comercial con cremallera

- Diferentes combinaciones
 - Dos cremalleras
 - Piñón móvil, cremallera móvil
 - Otros
- <https://youtu.be/-G-Spa11OD8?t=6>
- https://youtu.be/HsWtYm_z3po?t=8
- <https://youtu.be/6HF5eB1Yji4?t=5>

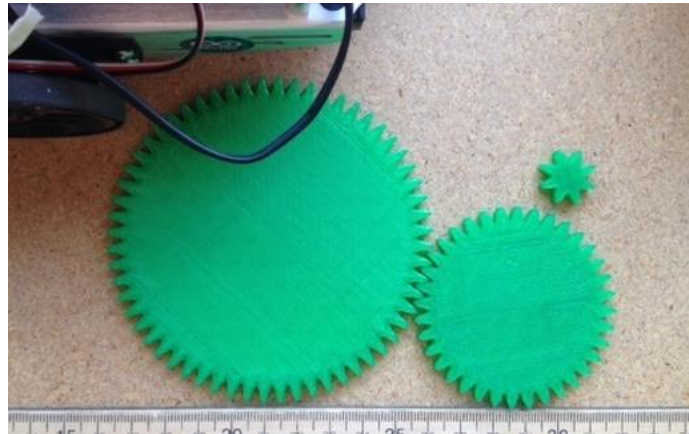
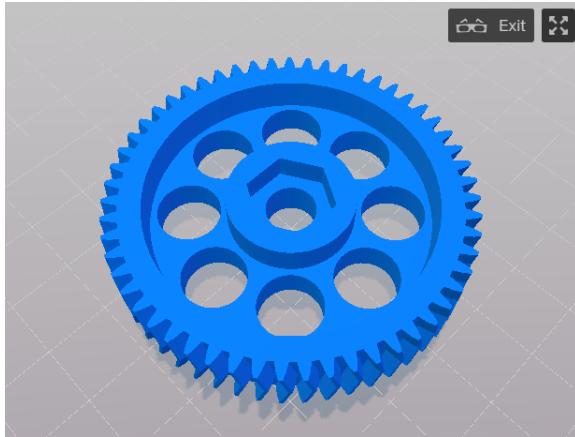
Vídeo



Engranajes

Engranajes

- Son **rueda con dientes**



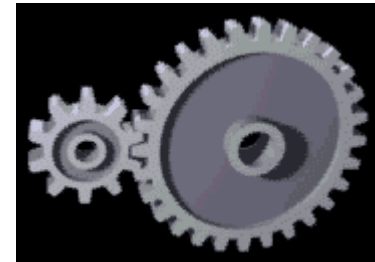
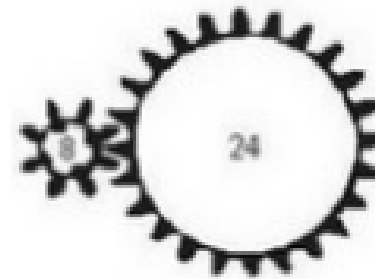
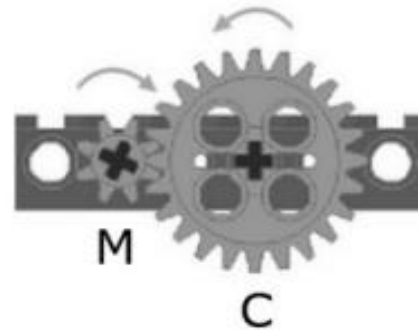
https://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje#/media/Archivo:Gears_large.jpg



- Se utilizan para **transmitir movimiento**
 - **Con cambios de velocidad, potencia o dirección**
- Los dientes de los engranajes **transmiten el movimiento sin deslizamiento**

Transmisión de movimiento

- Engranaje M (motriz) y C (Conducido) giran en sentido contrario



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Gears_animation.gif

- La **relación de transmisión** es

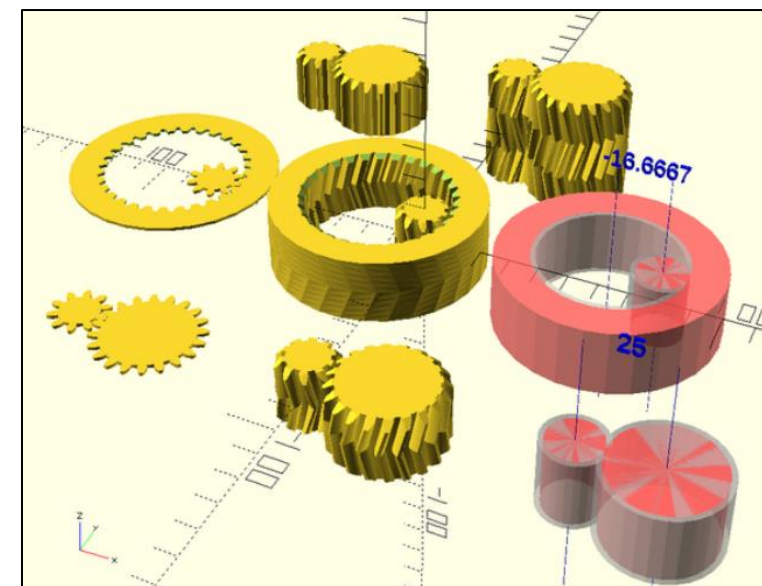
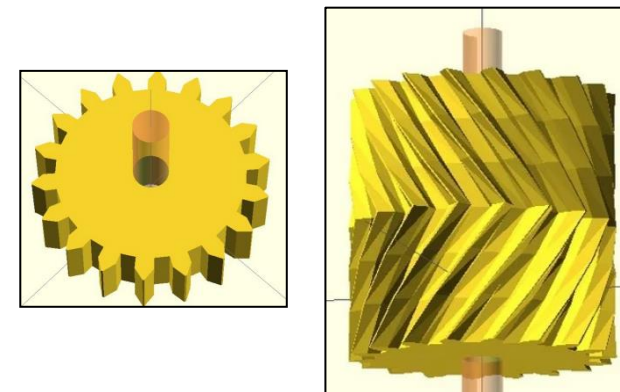
- Z: número de dientes
 - Z_c: dientes de entrada
 - Z_m: dientes de salida

$$\frac{Z_C}{Z_M} = i$$

- 24 / 8 = 3
- 3 vueltas del engranaje M produce 1 en C
 - Cambiando la motriz sería 1 vuelta en C produce 3 en M
- Aumento de la velocidad -> reducción de la potencia**
- Aumento de la potencia -> reducción de la velocidad**

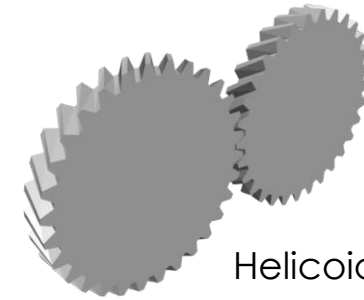
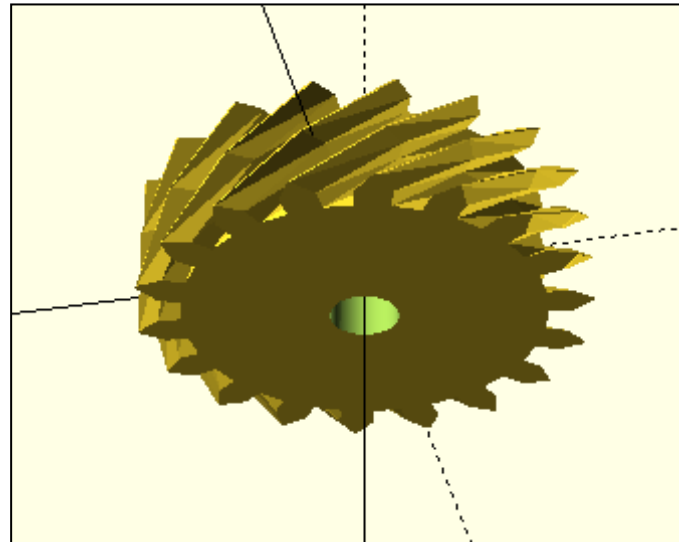
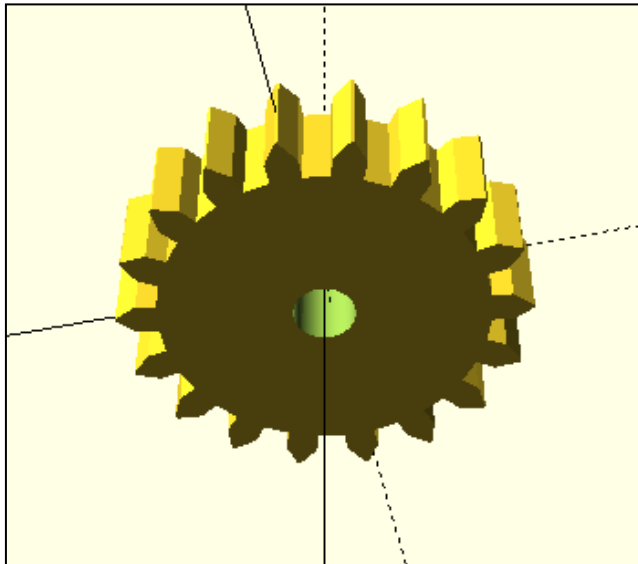
OpenScad

- <https://www.thingiverse.com/thing:268787>
 - Nueva versión en: <https://www.thingiverse.com/thing:3022677>
- Permite **definir**
 - height: alto del engranaje
 - type: tipo de engranaje
 - Spur - normal, Cog - 2D, Double/Single Helix, con hélice, etc.
 - teeth: número de dientes
 - **Calcula el diámetro del engranaje en función del nº de dientes**
 - **Todos los engranajes** creados con la librería **son interoperables**
 - hole: incluir eje
 - holeSize: radio del eje
 - No confundir con el diámetro



Algunos tipos de engranajes cilíndricos I

- o **Dientes rectos**
- o **Dientes helicoidales**
 - o Similares a los rectos, pero con un ángulo de inclinación



Helicoidal

https://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje#/media/Archivo:Anim_engrenages_helicoidaux.gif



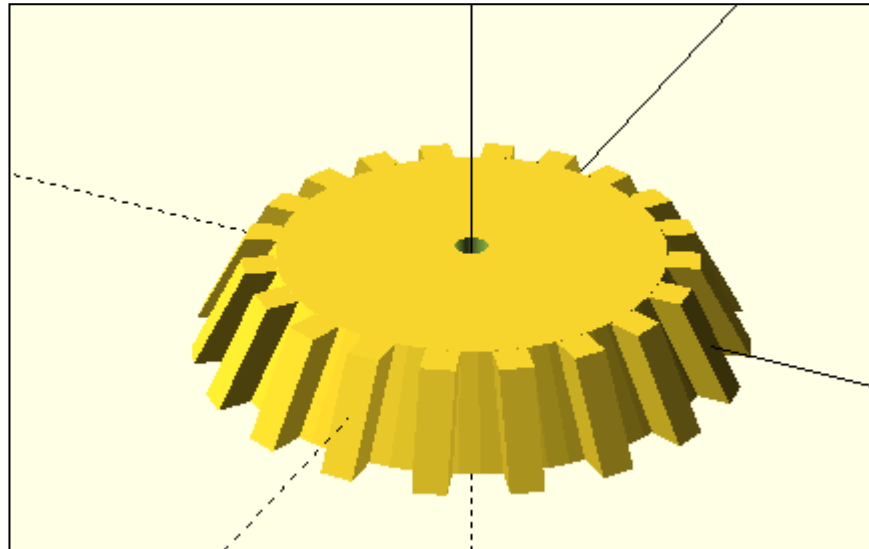
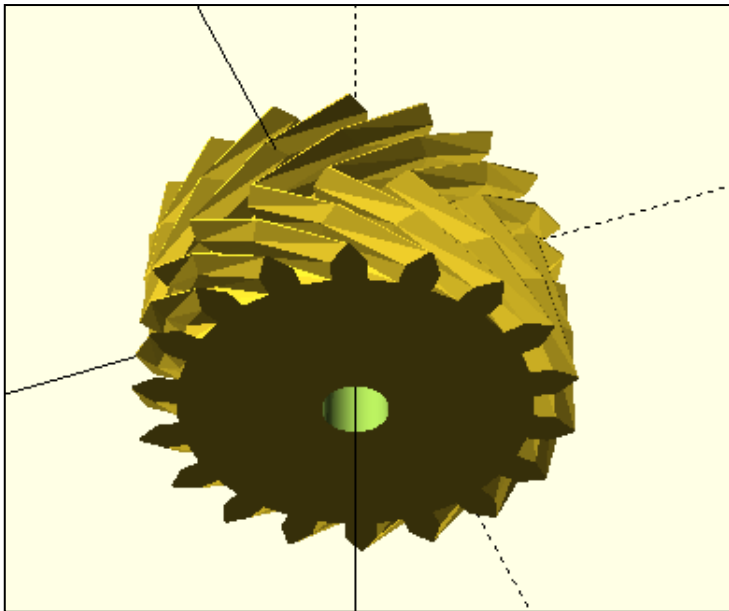
https://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje#/media/Archivo:Helical_Gears.jpg

Algunos tipos de engranajes cilíndricos II

- **Doble helicoidales**
- **Cónicos**
 - Con dientes rectos o helicoidales
- Librería: <https://www.thingiverse.com/thing:2085>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Herringbone_gears_\(Bentley_Sketches_of_Engine_and_Machine_Details\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Herringbone_gears_(Bentley_Sketches_of_Engine_and_Machine_Details).jpg)

Doble helicoidal

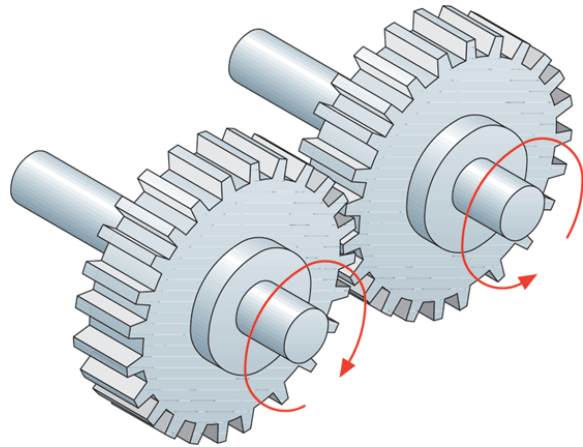


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Engranaje_c%C3%B3nico,_Nymphenburg,_M%C3%A4nchen,_Alemania3.JPG

Según la dirección en la que transmiten el movimiento I

- **Ejes paralelos**

- La colocación más simple



Según la dirección en la que transmiten el movimiento II

- **Helicoidales en ejes cruzados o perpendiculares**
 - El movimiento cambia de eje

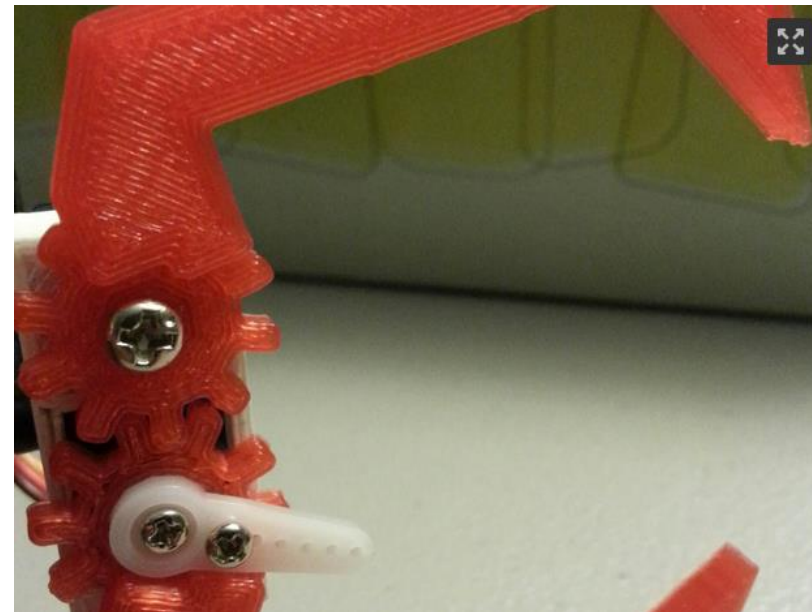
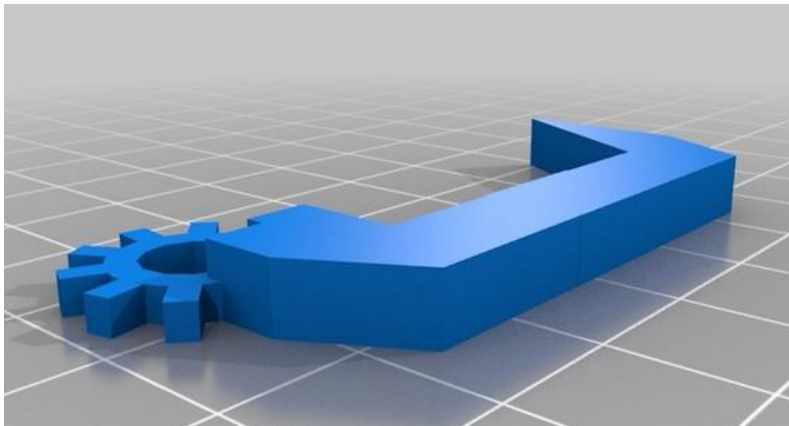


Según la dirección en la que transmiten el movimiento III

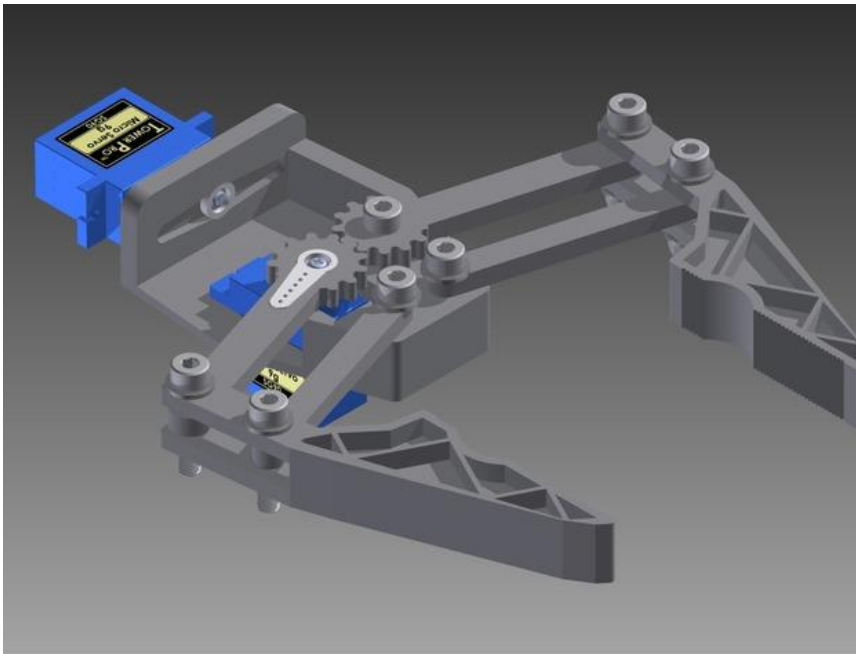
- **Cónicos en ejes cruzados o perpendiculares**
 - De dientes rectos o helicoidales



Ejemplo 1 – Pinzas



Ejemplo 2 – Pinzas



<http://www.thingiverse.com/thing:715525>



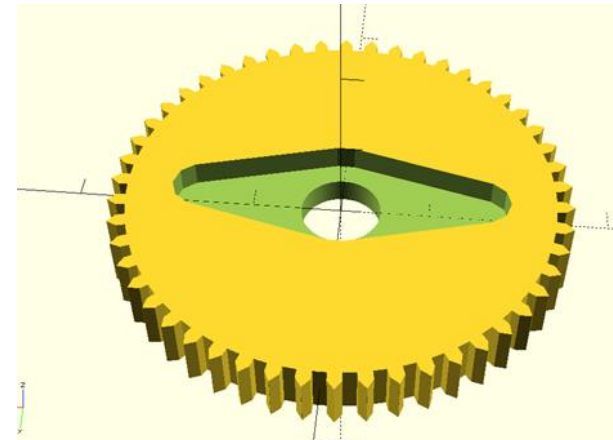
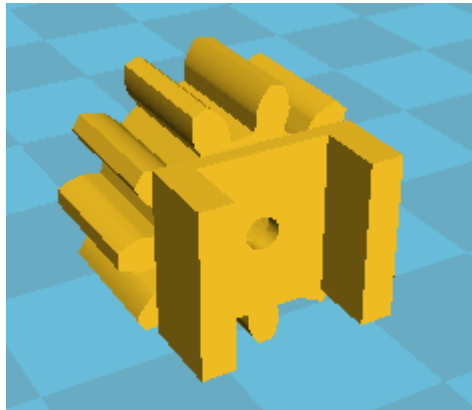
<http://www.thingiverse.com/thing:7109>

<https://youtu.be/-3l8lXD45wl>

Vídeo

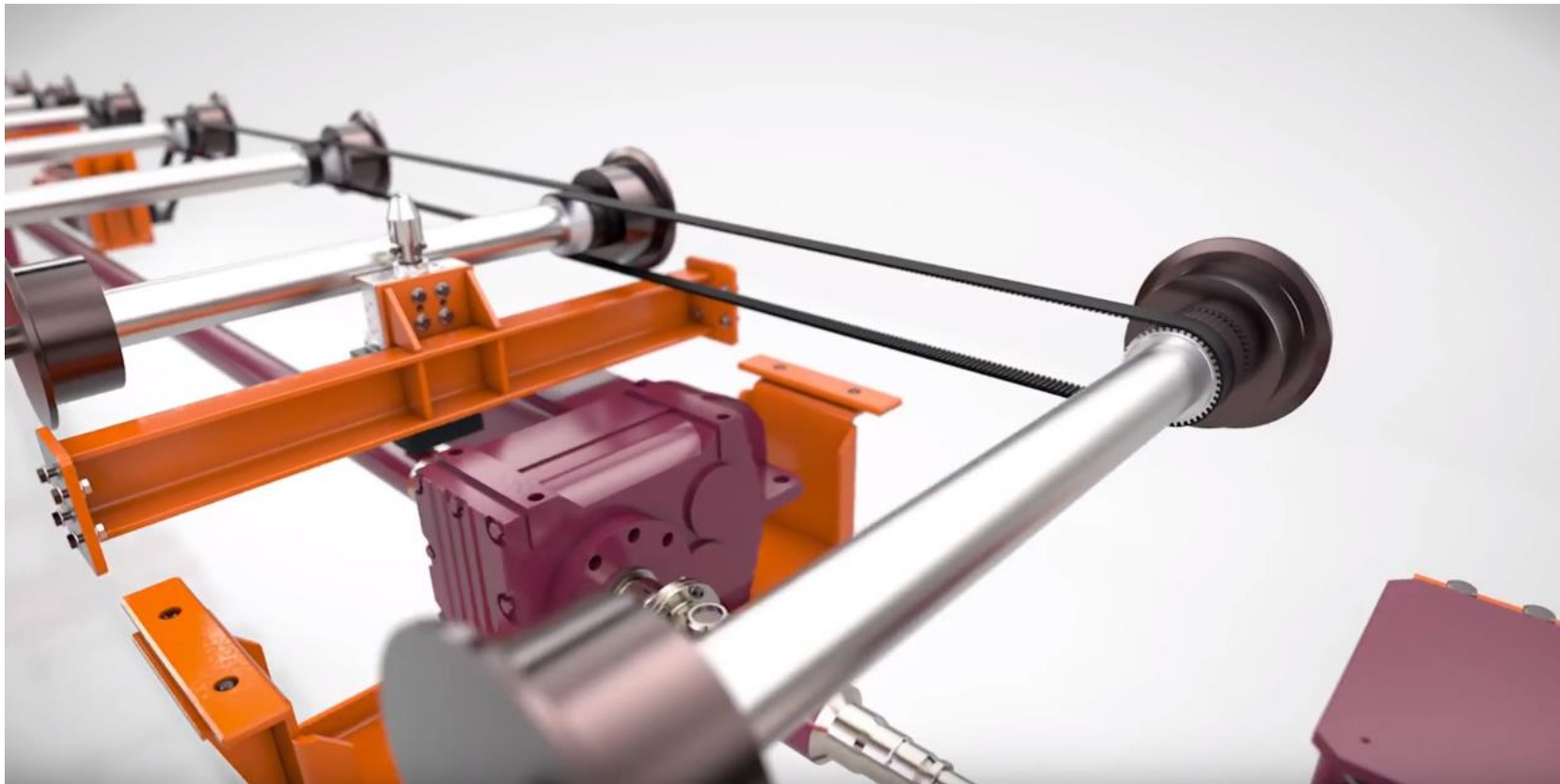
Resumen

- Útil para
 - Transmitir movimiento
 - Modificar velocidades, direcciones o potencia
- Deben fijarse al motor de una forma adecuada
 - Transmitir la fuerza correctamente
 - Evitar que patine



Vídeo con diferentes movimientos y mecanismos

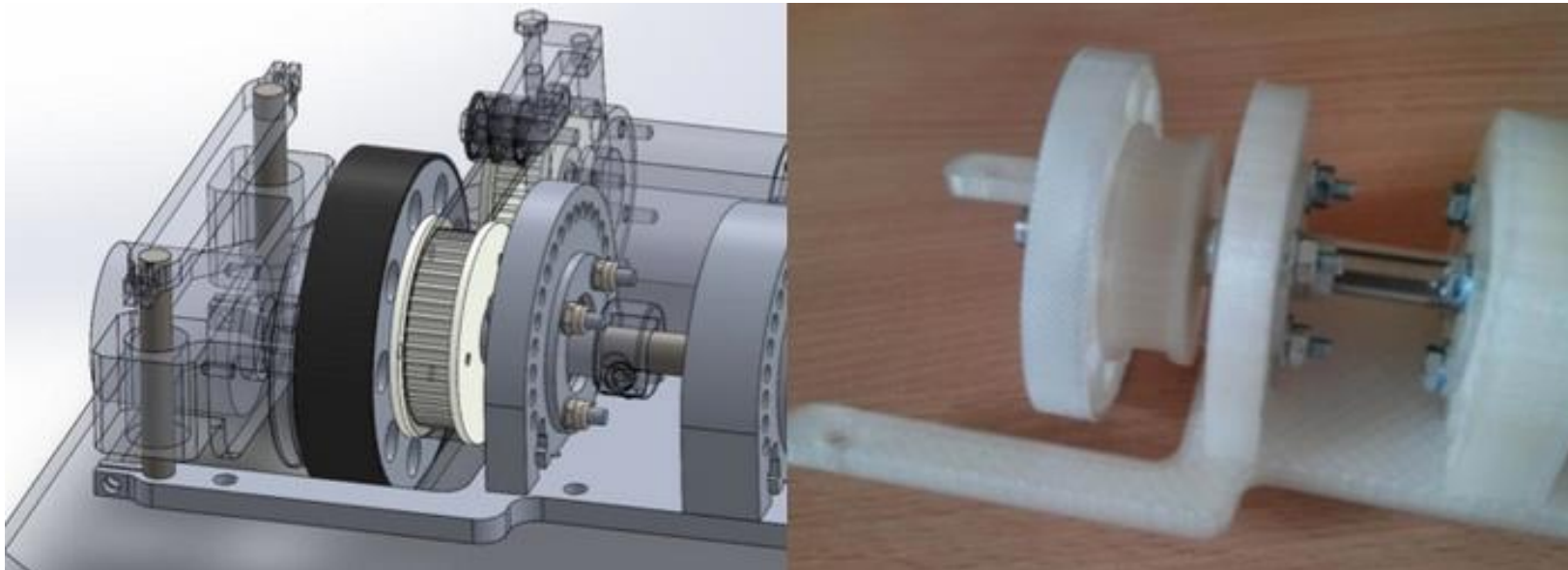
- <https://youtu.be/n9nq3p6rNZg>



Consideraciones de modelado

Modelo

- **Nuestro objetivo es modelar prototipos funcionales**, no productos duraderos
 - Salvo que usemos materiales muy resistentes (metal)
 - O sean piezas con poco desgaste

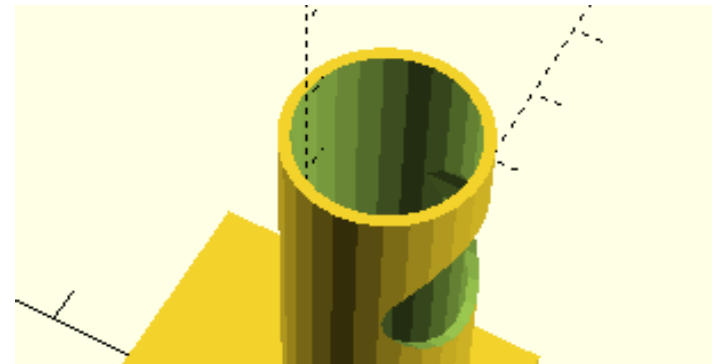
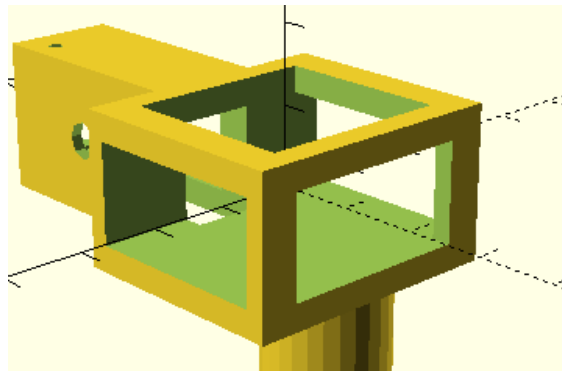


Recomendaciones OpenScad

- **Revisar todas las medidas cuidadosamente**
- **Revisar la pieza** una vez **compilada**
 - Huecos, uniones, etc.
 - Los modelos que deberían estar unidos realmente lo están
- **Comprobar que se ha tenido en cuenta**
 - Medidas de tornillos y arandelas
 - Medidas de motores
- **Comprobar que realmente hay espacio para encajar las piezas**
 - Quiero encajar un motor, pero otra parte del modelo me esta estorbando...

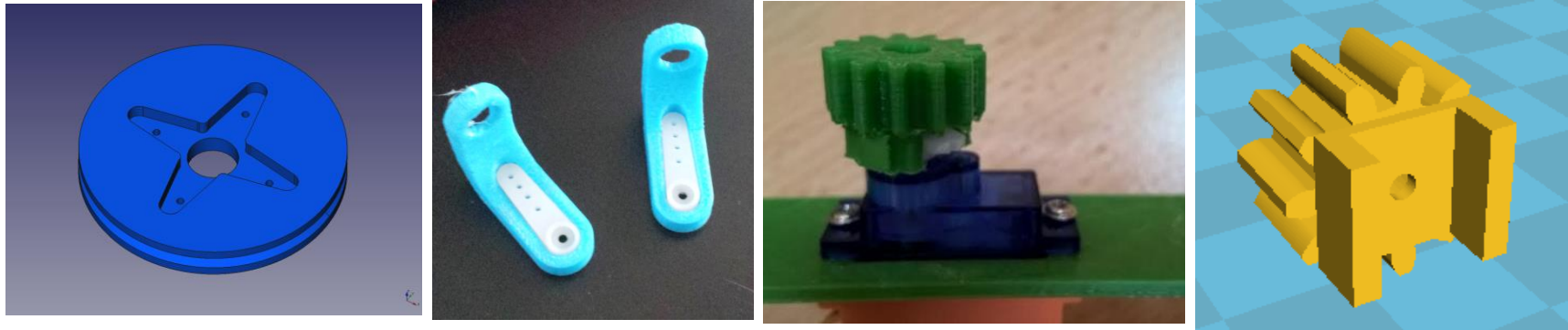
Qué no hacer

- **No diseñar modelos excesivamente complejo**, mejor varios modelos simples
 - Igual que con el código fuente
- **No abusar de superficies macizas** que realmente **no** son **necesarias** (si es posible incluir agujeros)
 - Menos uso de material y más rapidez de impresión
 - Menos peso
 - Salvo casos excepcionales
 - Debe soportar cargas o fuerzas «extremas»



Brazos y espesor

- Utilizar los brazos de los motores para transmitir el movimiento

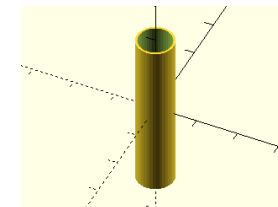


- No hacer superficies demasiado finas para evitar roturas
 - Mínimo 2mm de espesor
 - Cuidado con los cilindros, manejan diámetros
 - Exterior 9 – interior 7 = 2mm de borde, solo 1mm para cada lado

```

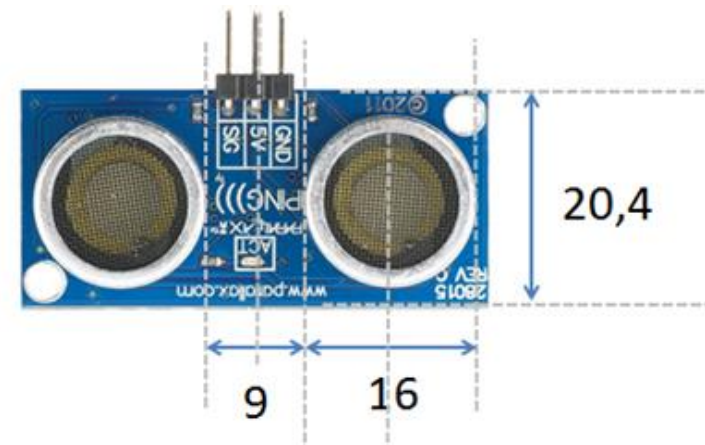
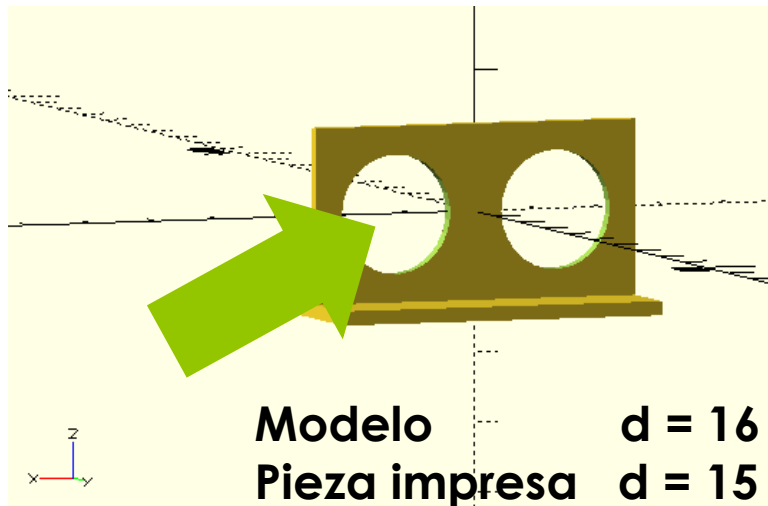
2 difference() {
3   cylinder(h=40, d = 9, $fn= 40, center = true);
4   cylinder(h=45, d = 7, $fn= 40, center = true);
5 }

```



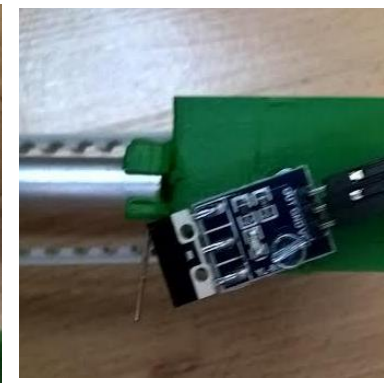
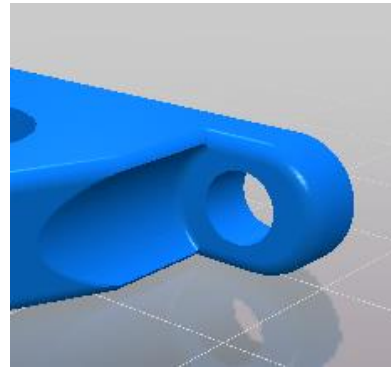
Precisión

- Considerar la posible falta de precisión en la impresión
 - Sobre todo, cuando haya que «encajar piezas»
 - Igual hay que lijar/limar...
 - El tamaño de los «huecos» puede ser ligeramente menor
 - Recomendado poner algún mm de más (Probar impresora)



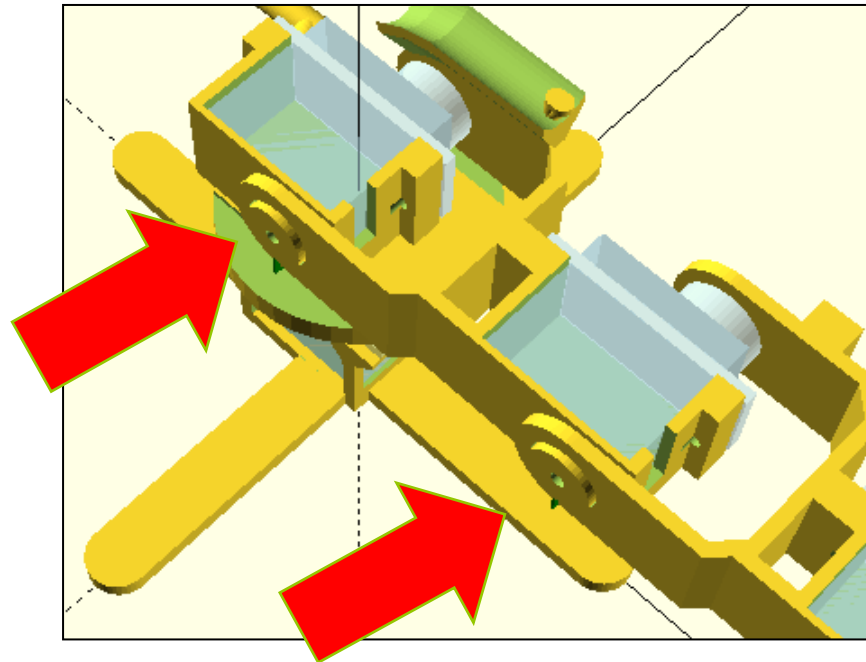
Unión de piezas I (y sensores / actuadores)

- **Tornillo y tuercas es lo más recomendado**
 - Tanto para uniones fijas como móviles (rotación)



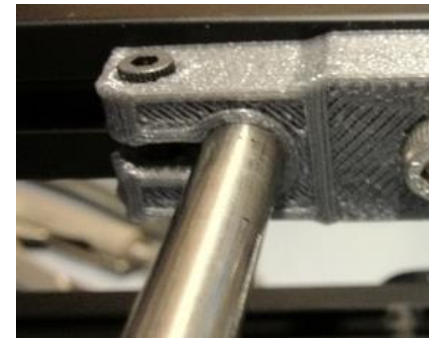
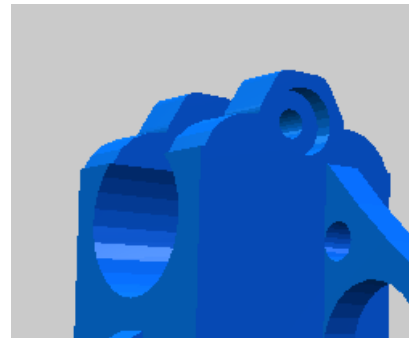
Unión de piezas II

- **Encajar a presión** (útil dependiendo del caso)
 - Hay que diseñar la pieza con mucha precisión
 - Cuidado si hay que desmontar la pieza
 - Ej.: módulos del brazo robótico, cajas para motores, etc.

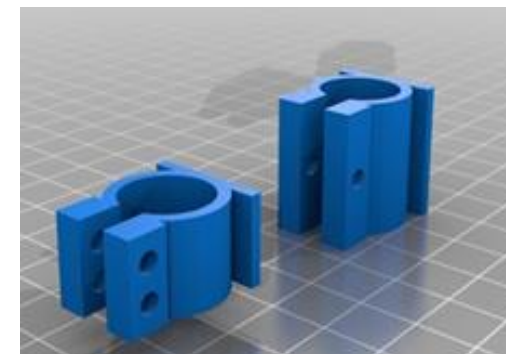
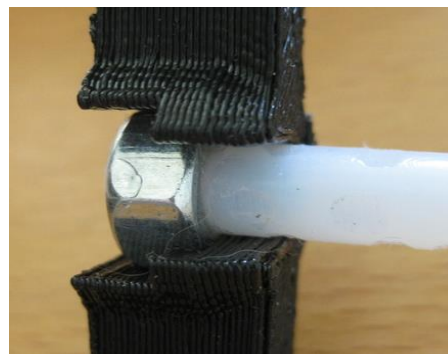


Unión de piezas III

- **Encajes elásticos** (con o sin tornillo para regular la presión)

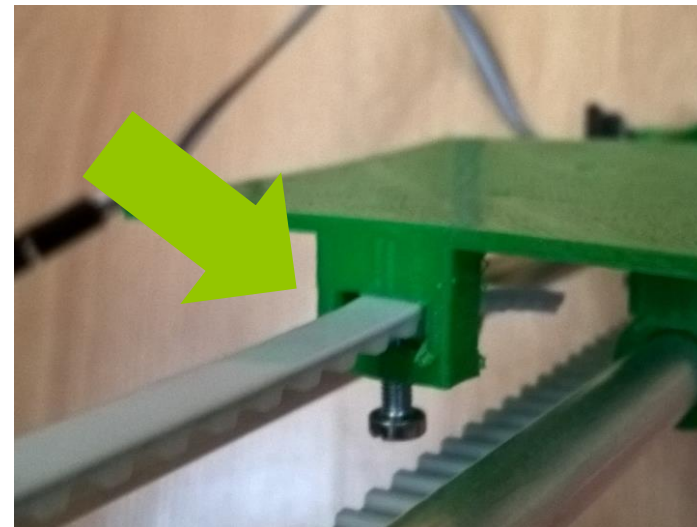
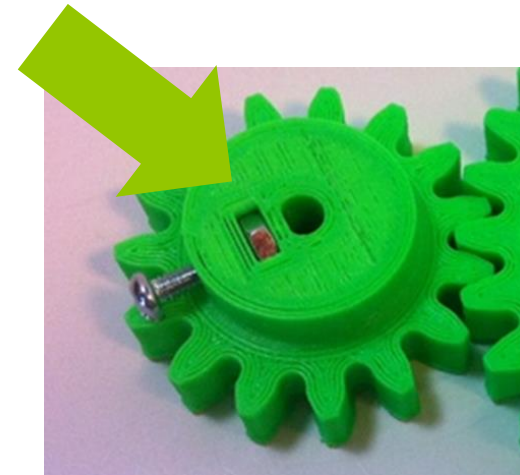
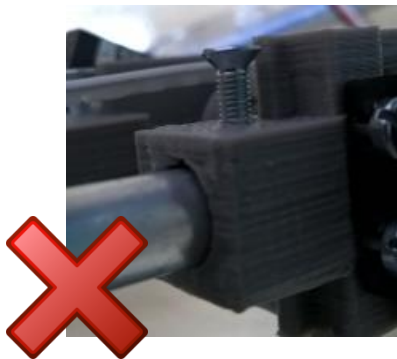


- **Otros mecanismos:** bridas, silicona, cinta, pegamento, etc.



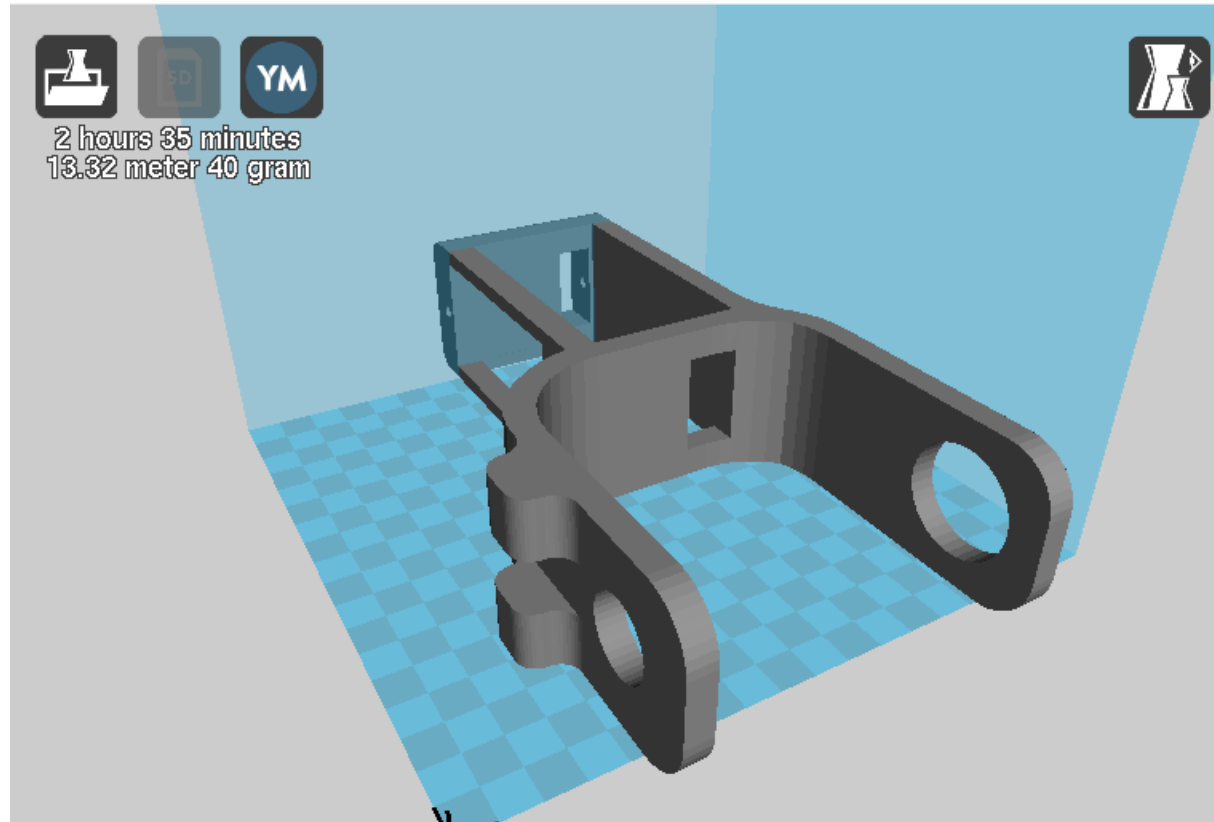
Presión

- Tornillos M3 (3mm) y tuercas
 - Cuanto más atornillamos más presiona el eje
 - El engranaje se fijará mejor al eje del motor
- Recomendado casi siempre usar una tuerca
 - Sino el plástico se iría desgastando
 - Ofrecería menos presión



Limitaciones de espacio de la impresión

- Unos 11x11x11 cm (es algo más)



Revisar y comprobar

- **Revisar el modelo** al menos dos veces tratando de mejorarlo
 - **Partes que se pueden mejorar**, sobre todo en las primeras revisiones
 - **Búsqueda de dimensiones más apropiadas**, otras formas de unión, otros componentes, etc.
 - **El 90% de la construcción de la pieza debería ser «pensar» y el 10% modelar la pieza**
- **Comprobar** que todas **las diferencias** están bien realizadas
 - Problema: la diferencia solo afecta a un elemento, pero queremos que afecte a varios, o viceversa
 - Los elementos a los que va a afectar tienen que estar unidos



vevox

Audience Engagement

Join at vevox.app

Or search **Vevox** in the app store





ID: 127-713-930



Join: vevox.app ID: 127-713-930

¿Qué consideraciones tenemos que tener a la hora de diseñar la pieza en 3D?

Vote for up to 2 choices

- ✓ 1. Tener cuidado con el espesor de las piezas, pues si es muy fino, será frágil
 94.59%
- 2. Usar siempre que podamos superficies macizas para que sean más robustas
 59.46%
- 3. Que el tornillo no lleve tuerca para así haga mejor presión sobre el eje
 16.22%
- ✓ 4. Utilizar encajes elásticos
 29.73%

(% = Percentage of Voters)

Tipos de movimientos y mecanismos, y consejos de su modelado

Cristian González García
gonzalezcristian@uniovi.es

Basado en el material original de Jordán Pascual
Espada

v 1.3 Octubre 2021