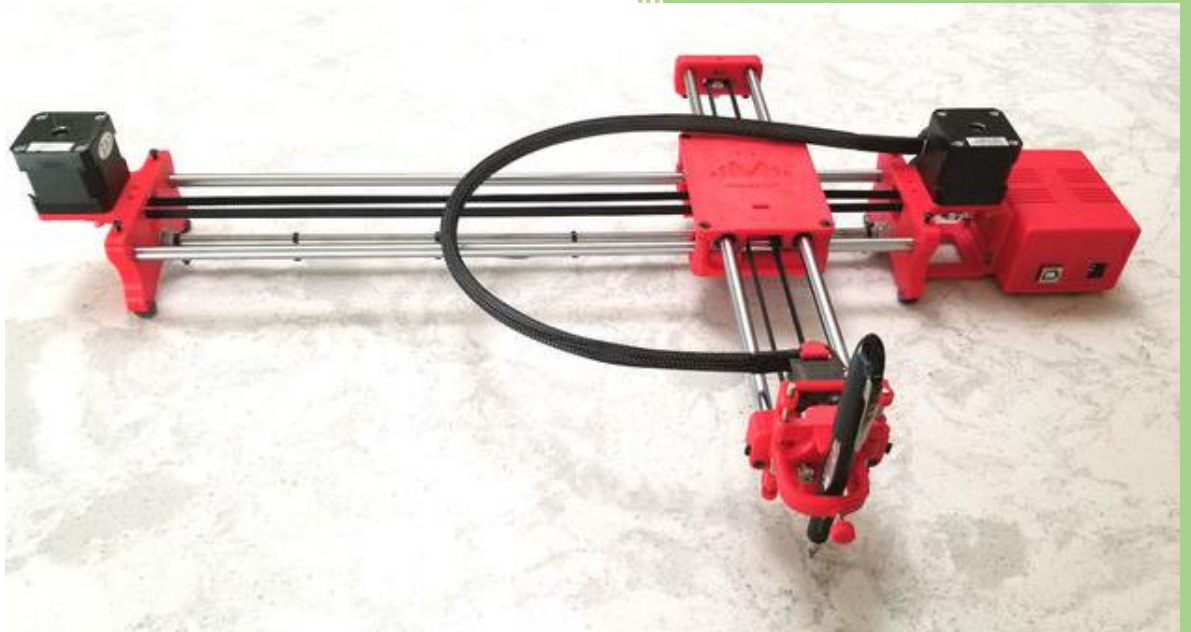


# Drawing machine



Miguel Ángel López

I.E.S. Fernando III

16-3-2020

## Contenido

Introducción.....	2
Materiales necesarios .....	2
Componentes.....	2
Electrónica .....	3
Tornillería.....	3
Piezas 3D.....	4
Cortar las varillas lisas.....	4
Montaje.....	5
Montaje del carro central.....	5
Montaje del eje X y las varillas lisas .....	6
Montaje del eje Y .....	8
Montaje de la correa.....	10
Montaje del eje Z.....	12
Conexiones eléctricas .....	13
Instalación de Software. ....	15
Instalación de GRBL en el Arduino.....	15
Testeo del robot.....	16
Instalación de INK Scape y su extensión .....	16
Guía de uso .....	17
Generar nuevos Gcode .....	17
Enviar Gcode a nuestro robot .....	19
Recomendaciones finales y solución de problemas .....	20
Agradecimientos finales.....	21

## Introducción

Se tarda aproximadamente 2 horas en construir el robot de dibujo, pero las piezas 3D tardan aproximadamente 20 horas en imprimirse. Su tiempo de construcción puede variar, dependiendo de su experiencia con la impresión 3D, GRBL, Arduino, etc.

El costo de construir el Robot de dibujo es de aproximadamente 70€ dependiendo de dónde compra sus piezas o si ya posee algunas de ellas.

El Robot de dibujo resultante es una máquina muy capaz que tiene una forma similar y funciona con el robot AxiDraw disponible en el mercado.

En el siguiente github podremos encontrar todo lo necesario para la realización de este proyecto.  
<https://github.com/Radeon91/Draw-Machine>

## Materiales necesarios

En este apartado vamos a hacer una lista de todos los materiales necesarios, así como enlaces de donde comprarlos y/o donde encontrarlos, he intentado hacer la lista con todos los componentes en la misma web, que tiene precios económicos y así ahorramos envíos.

### Componentes

2x Motor Nema 17

<https://www.hta3d.com/es/motor-paso-a-paso-nema-17-17hs3401-eje-5mm-en-d>

2x Varilla lisa M8 x 450mm

<https://www.hta3d.com/es/varilla-lisa-calibrada-diametro-8-cortada-a-medida>

2x Varilla lisa M8 x 350mm

<https://www.hta3d.com/es/varilla-lisa-calibrada-diametro-8-cortada-a-medida>

2x Varilla lisa M3 x 75mm

Se pueden conseguir en unidades de CD-ROM viejas de PC

1x Varilla roscada M8 x 480mm

<https://www.hta3d.com/es/varilla-roscada-metrica-8-m8-cortada-a-medida>

8x Rodamientos LM8UU

<https://www.hta3d.com/es/rodamiento-lineal-lm8uu>

1x Servo SG90

<https://www.hta3d.com/es/microservo-towerpro-sg90-mini-9g-accesorios>

Miguel Ángel López Jiménez  
I.E.S Fernando III

2x Muelles

Sacados de bolígrafos, son perfectos

2x Polea GT2 16 dientes

<https://www.hta3d.com/es/polea-gt2-16-dientes>

5x Rodamientos 624zz

<https://www.hta3d.com/es/rodamiento-624zz>

1x Correa GT2 de 2m

<https://www.hta3d.com/es/correa-dentada-gt2-6mm-1m>

## Electrónica

1x Arduino Uno

<https://www.hta3d.com/es/placa-desarrollo-uno-r3-compatible-arduino>

1x CNC Shield

<https://www.hta3d.com/es/placa-expansion-arduino-uno-cnc-shield-v3>

2x Drivers A4988

<https://www.hta3d.com/es/a4988-controlador-motor-paso-a-paso-pololu-driver>

6x Jumpers

Incluidos con el CNC Shield

1x Transformador 12v 2A

## Tornillería

Podemos comprarla en cualquier ferretería, aunque hay algunas medidas que no encontrareis, siempre podéis cortar el sobrante o dejarlo así siempre y cuando no estorbe.

7x Tuerca M3

5x Tuerca M4

4x Tuerca M8

4x Arandela M3

4x Arandela M8

4x Tornillos M3 x 6mm

14x Tornillos M3 x 16mm

5x tornillo M3 x 20mm

5x Tornillos M4 x 35mm

## Piezas 3D

Podrás encontrar todos los archivos necesarios en el github del proyecto.

<https://github.com/Radeon91/Draw-Machine>

Es necesario imprimir una pieza de cada salvo los espaciadores, que necesitaremos cuatro.

Yo he utilizado simplify para generar los Gcode, pero puedes usar cualquier slicer, recomiendo usar estos ajustes.

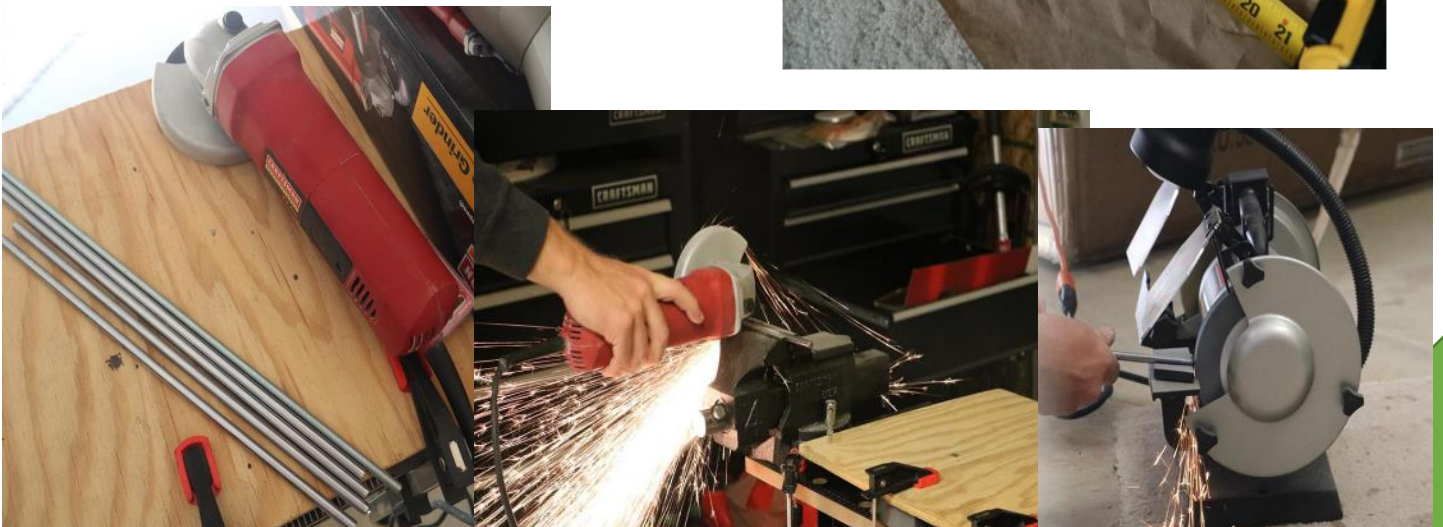
- Usar en todas las piezas mínimo un 75% de relleno, aunque lo ideal es un 100%
- Imprimir todas las piezas a una altura de capa entre 0.10 y 0.20 mm
- Usar soportes en el Pen Holder, slider, X\_Support\_L y X\_Support\_R, quitar los soportes una vez finalizado.

La pieza más grande toma alrededor de 9 horas de impresión y la más pequeña sobre 30 minutos.

## Cortar las varillas lisas.

Si has comprado las varillas a la medida indicada puedes saltarte este paso, de lo contrario, te cuento como lo he hecho yo.

- Usa un metro y marca en la varilla con un rotulador la medida deseada. Recuerda que necesitas dos de 350mm y dos de 450mm
- Sujeta las varillas en un tornillo de banco de manera que no se meneen, pero cuidado con marcarlas o luego no deslizaran bien.
- Con ayuda de la radial y los Epis necesarios cortamos la varilla para después comerte las rebabas y suavizar el ángulo en la piedra de esmeril.





## Montaje

Lo iremos haciendo por partes. En cada una de ellas iremos diciendo los materiales necesarios.

### Montaje del carro central.

Introducimos los rodamientos lineales LM8UU en el carro central de forma que queden así. Van cuatro en el superior y 4 en el inferior



Cogemos los 4 rodamientos 624zz y los introducimos en las 4 piezas impresas que harán de guía de la correa.

Ahora cogemos los 4 tornillos M3 x 20mm, 4 tuercas M3 y 4 arandelas M3 y atornillamos los rodamientos a la parte inferior del carro, la tuerca ira por fuera para asegurar el conjunto.



## Montaje del eje X y las varillas lisas

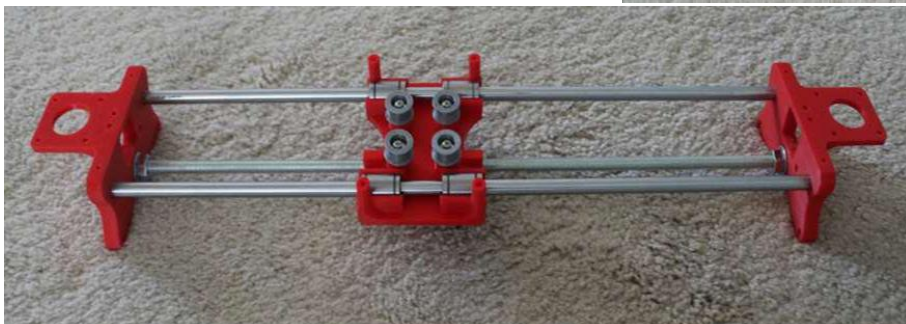
Cogemos las piezas laterales y las varillas lisas de 450mm, también necesitaremos dos tornillos M3 x 16mm, dos tuercas M3, la varilla roscada, dos tuercas M8 y dos arandelas M8

Insertamos las varillas lisas en los dos agujeros superiores



Ahora insertamos una tuerca en la varilla roscada y una arandela y lo insertamos en el agujero inferior del soporte lateral, luego insertamos la otra arandela y tuerca y lo apretamos para que nos quede como en la imagen.

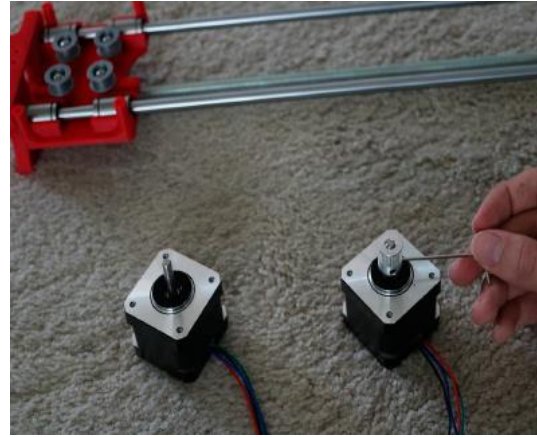
Insertamos la parte inferior del carro y comprobamos que deslice bien



Repetimos el paso anterior e introducimos las varillas en el otro soporte, apretamos las tuercas M8

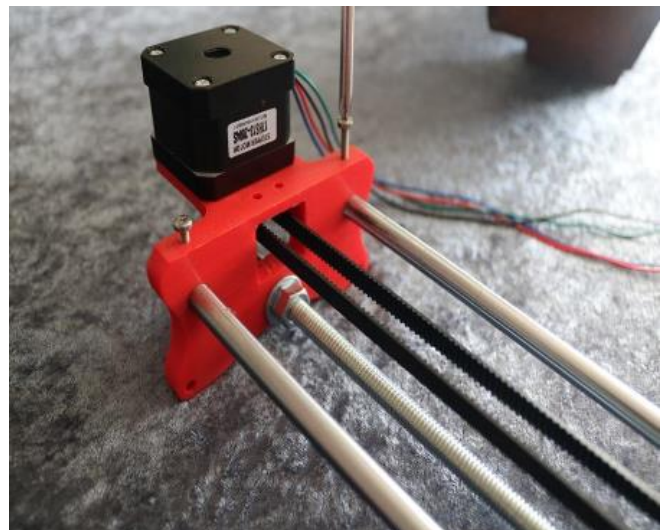


Ahora vamos a montar las dos poleas GT2 de 16 dientes en los motores Nema 17, para ello necesitaremos una llave Allen del tamaño adecuado.



Damos la vuelta y colocamos los motores Nema 17 en los soportes laterales, aquí necesitaremos 8 tornillos M3 x 6mm

Para acabar, cogemos 4 tornillos M3 x 16mm y 4 tuercas M3 para asegurar las varillas, introducimos las tuercas en las ranuras laterales y apretamos los tornillos, de esta manera nos aseguramos que las varillas queden fijas, repetimos el proceso en el otro lado.

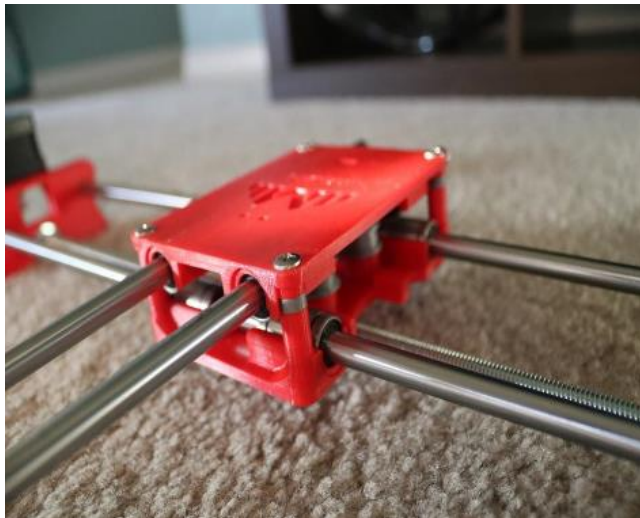




## Montaje del eje Y

Llega el turno del otro eje, en este apartado necesitaremos los 4 tornillos M4 x 35mm y las 4 tuercas, además de los espaciadores

Insertamos los espaciadores impresos en la ranura e insertamos los tornillos.



Colocamos la parte superior encima de la inferior y con la ayuda de las 4 tuercas M4 cerramos el carro.

Ahora vamos a montar la parte trasera, para ello necesitaremos un rodamiento 624zz, un tornillo M4 x 35mm, una tuerca M4, 2 tuercas M3 y 2 tornillos M3 x 16mm.

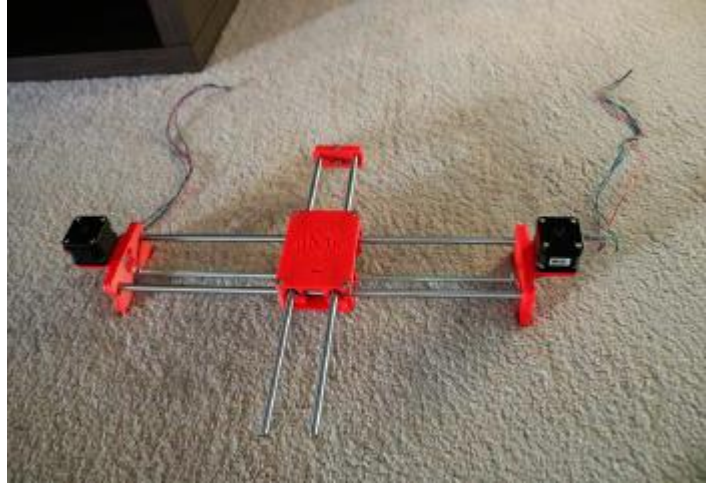
Cogemos la parte trasera impresa y colocamos el tornillo M4, la tuerca M4 y el rodamiento de la siguiente forma.

Cogemos los dos tornillos M3 x 16mm y las dos tuercas y aseguramos las varillas.



Introducimos las varillas en el carro con cuidado de que el rodamiento quede en la parte inferior.

Nos debe quedar algo así.



Le toca el turno a la parte frontal, cogemos la parte frontal impresa y la insertamos en las dos varillas, cogemos dos tornillos M3 x 16mm y dos tuercas y aseguramos el conjunto.

En este momento, habríamos acabado la estructura básica, nos quedaría colocar la correa, la electrónica y el soporte de escritura.

## Montaje de la correa.

Este apartado es a la vez el más sencillo y a la vez el más complejo, este tipo de instalación con una sola correa es mucho más preciso que los sistemas basados en dos correas, además de que el soporte escritor no tendrá apenas peso y por tanto menos vibraciones.

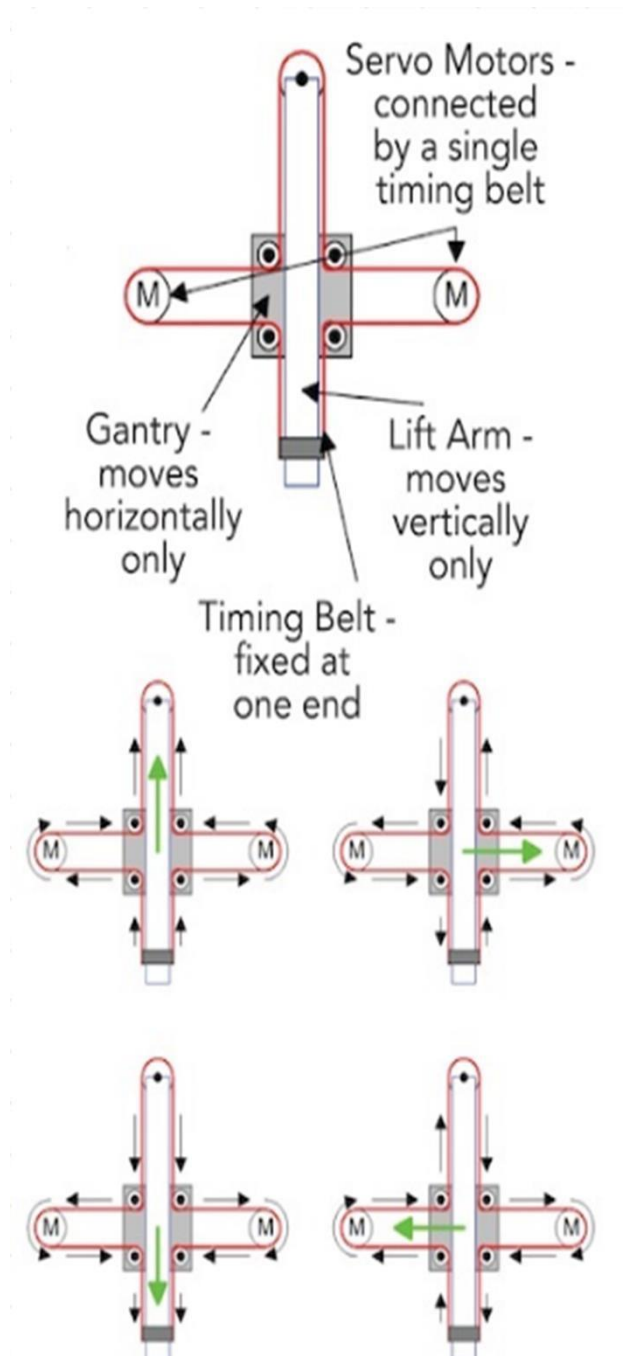
Para entender cómo funciona podemos estudiar la siguiente imagen.

Al estar los dos motores en el mismo eje si jugamos con su sentido de giro podemos conseguir que se mueva en dos ejes.

- Si ambos motores giran de manera horaria, el eje X se desplazará hacia la derecha.
- De igual modo, si ambos motores giran en sentido antihorario, el conjunto del carro se desplazará hacia la izquierda.
- Si, por el contrario, un motor gira en sentido horario y el otro en sentido antihorario, será el eje Y el que se mueva hacia atrás.
- De esta manera, si un motor gira en sentido antihorario y el otro lo hace en sentido horario, el conjunto del carro se desplazará hacia delante.

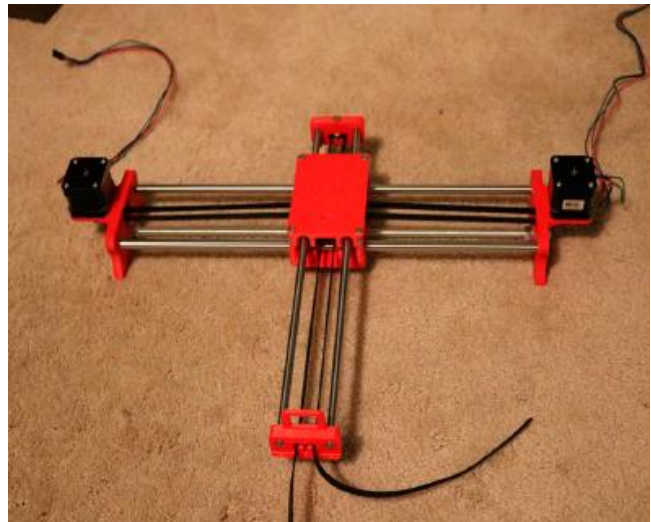
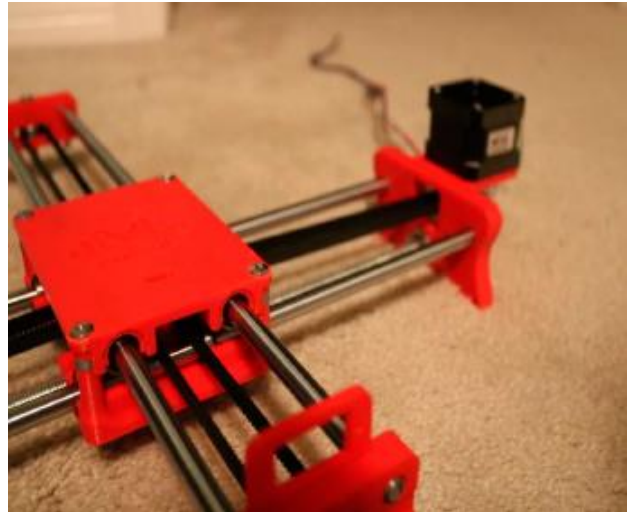
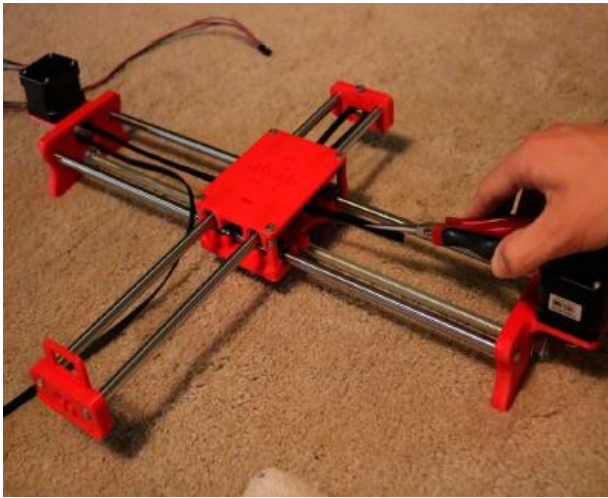
Pero esto no es todo, puesto que, si los motores varían su velocidad, conseguiremos movimientos oblicuos.

¿No es maravilloso?





Vamos introduciendo la correa de manera que nos quede como en la imagen. Con los dientes hacia adentro siempre. Cuando la tengáis posicionada, os daré un par de consejos.



Ahora que ya tenemos la correa en su sitio, os doy cuatro consejos:

- Utiliza unas pinzas pequeñas, así podrás ir introduciendo la correa por su sitio de manera fácil.
- Deja bastante correa sobrante en el frontal, así tendrás margen de maniobra.
- La correa debe estar tensa, pero no demasiado o estropearemos los motores, lo ideal es que al apretar la correa con ella misma lleguen a tocarse, pero cueste un poco.
- Una vez que la correa está instalada, es normal que cueste más mover el carro.



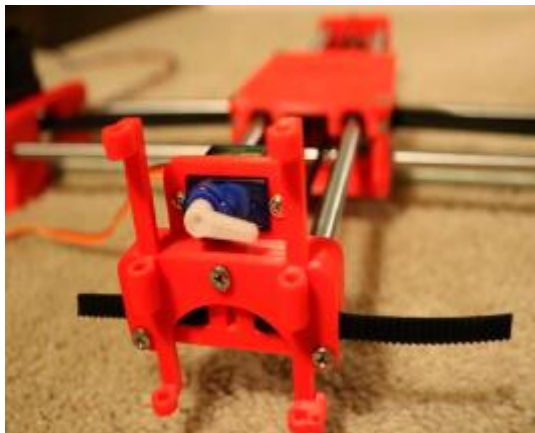
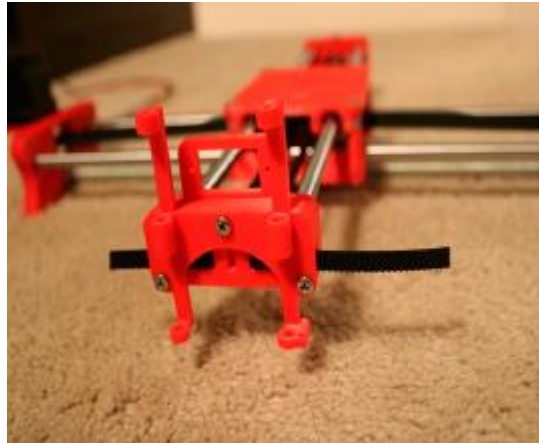
## Montaje del eje Z

Este apartado es el que más piezas tiene y hay que ser más cuidadoso.

Necesitaremos las 3 piezas impresas:

- Slider
- Pen Holder
- Base Slide

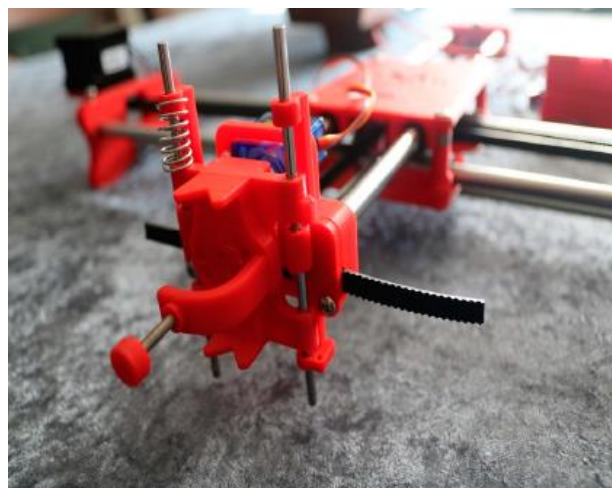
Cogemos Base Slide y tres tornillos M3 x 20mm y 3 tuercas y lo atornillamos al frontal.



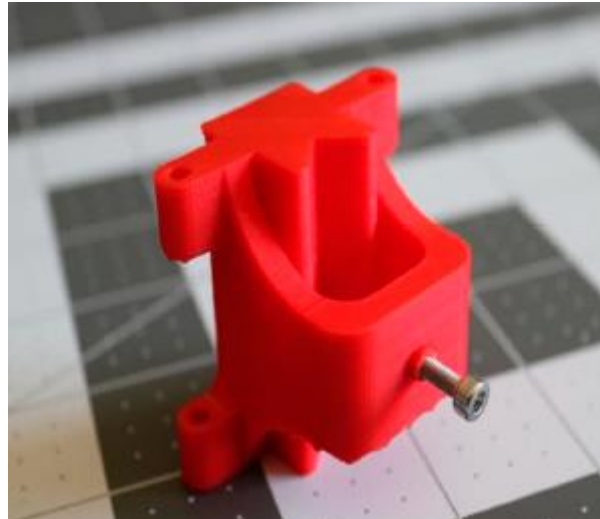
Es el turno del servo SG90, lo introducimos de la siguiente manera y lo atornillamos

Necesitaremos las dos varillas lisas M3 x 75mm y dos muelles, además del Pen Holder Impreso.

Introducimos los muelles en la parte superior, presentamos el Pen Holder e introducimos las varillas lisas, el movimiento del Pen Holder debe ser fino, es decir, no estar muy apretado ni tener holgura.



De manera opcional, podemos imprimir el Pen Holder Mejorado, que añade rigidez al soporte y por tanto precisión.



Nuestra máquina de dibujar ya estaría montada, solo nos faltaría realizar las conexiones necesarias e introducir el código en el arduino.

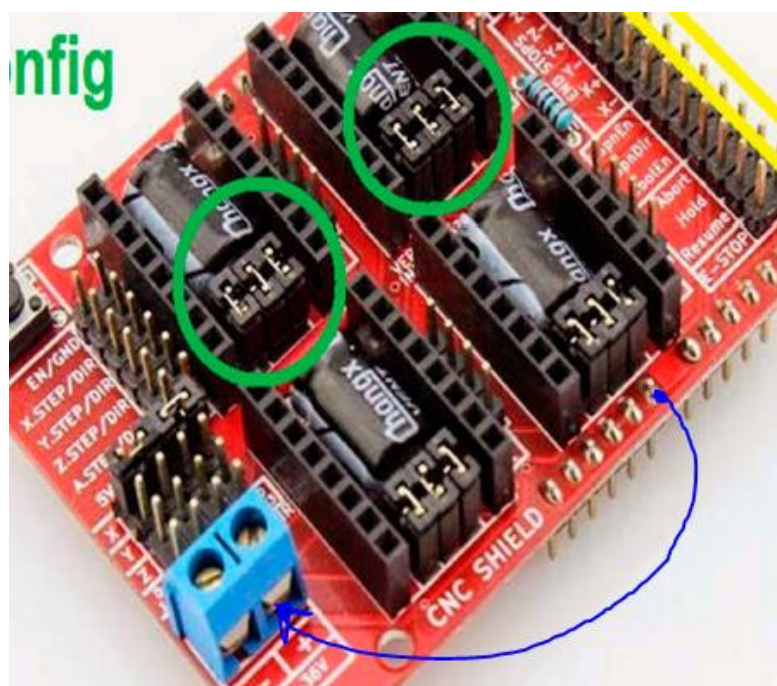
### Conexiones eléctricas

Es muy importante que realicemos estos pasos sin tensión, de lo contrario podríamos causar cortos y quemar el CNC Shield o el Arduino.

El primer paso es fácil solo tenemos que colocar todos los jumpers de detrás de los cuatro condensadores del CNC Shield como se ve en la imagen y luego colocar los drivers de X e Y.

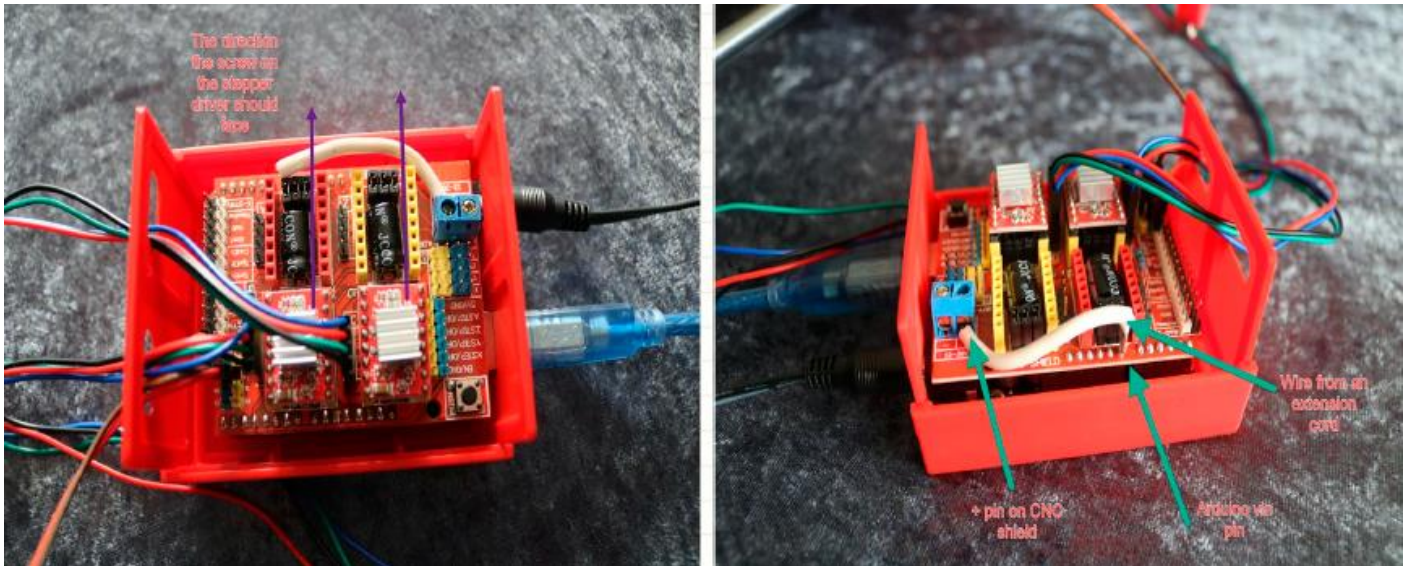
También soldaremos un cable en el pin Vin y lo llevaremos hasta el positivo del CNC Shield, así podremos alimentar todo el conjunto desde el arduino

0 y nos ahorraremos cables.

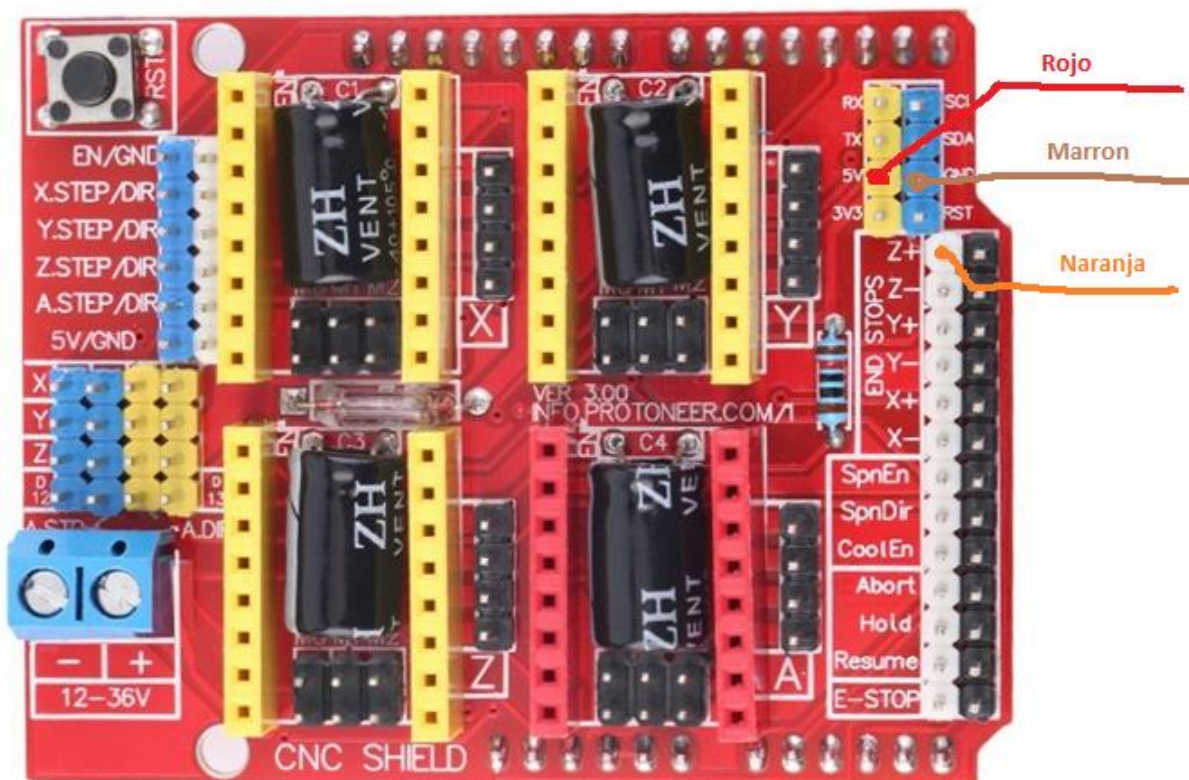




El conexionado de los dos motores Nema 17 lo haremos teniendo en cuenta que el motor de la izquierda ira en el apartado Y y el de la derecha en el apartado X, el conector se inserta de manera que el cable azul quede lo más cerca posible de las letras X/Y del CNC Shield.



La conexión del servo la haremos de acuerdo a la siguiente imagen, es importante no invertir la polaridad o de lo contrario quemaremos la electrónica.



Cerramos la caja de la electrónica y ya habríamos terminado de montar El robot de dibujar. Vamos a instalar el software, que lo dividiremos en varias partes.

## Instalación de Software.

Haremos varios apartados, el de instalación del software del Arduino y testeo y el de software necesario para controlar el robot.

De nuevo indicamos que todos los programas y el código necesario están disponibles en el siguiente github

<https://github.com/Radeon91/Draw-Machine>

## Instalación de GRBL en el Arduino.

GRBL tiene una forma curiosa de instalarse, primero necesitamos descargar El código fuente, pero debemos tener cuidado, no nos sirve el GRBL de su web, sino que necesitamos una versión modificada para funcionar con un servo en el eje Z, además, tenemos que cambiar unos parámetros en el archivo config.h

Podemos descargar una versión ya modificada en el github del proyecto

Descargamos todo el repositorio y lo extraemos

Abrimos Arduino IDE

Pulsamos en la pestaña programa → Incluir librería → Añadir biblioteca Zip

Seleccionamos la carpeta GRBL y aceptamos

Para comprobar si todo ha ido bien debemos pinchar en la pestaña archivo → ejemplos → grbl-servo-master → grblUpload y debemos tener una ventana parecida a esta

Solo nos quedaría seleccionar el puerto de nuestro arduino y subir el código.

En este punto, estamos listos para testear el robot.

```
grblUpload Arduino 1.8.10
Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda

grblUpload
*****
This sketch compiles and uploads Grbl to your 328p-based Arduino!

To use:
- First make sure you have imported Grbl source code into your Arduino
  IDE. There are details on our Github website on how to do this.

- Select your Arduino Board and Serial Port in the Tools drop-down menu.
  NOTE: Grbl only officially supports 328p-based Arduinos, like the Uno.
  Using other boards will likely not work!

- Then just click 'Upload'. That's it!

For advanced users:
If you'd like to see what else Grbl can do, there are some additional
options for customization and features you can enable or disable.
Navigate your file system to where the Arduino IDE has stored the Grbl
source code files, open the 'config.h' file in your favorite text
editor. Inside are dozens of feature descriptions and #defines. Simply
comment or uncomment the #defines or alter their assigned values, save
your changes, and then click 'Upload' here.

Copyright (c) 2015 Sungeun K. Jeon
Released under the MIT-license. See license.txt for details.
*****

#include <grbl.h>

// Do not alter this file!
```

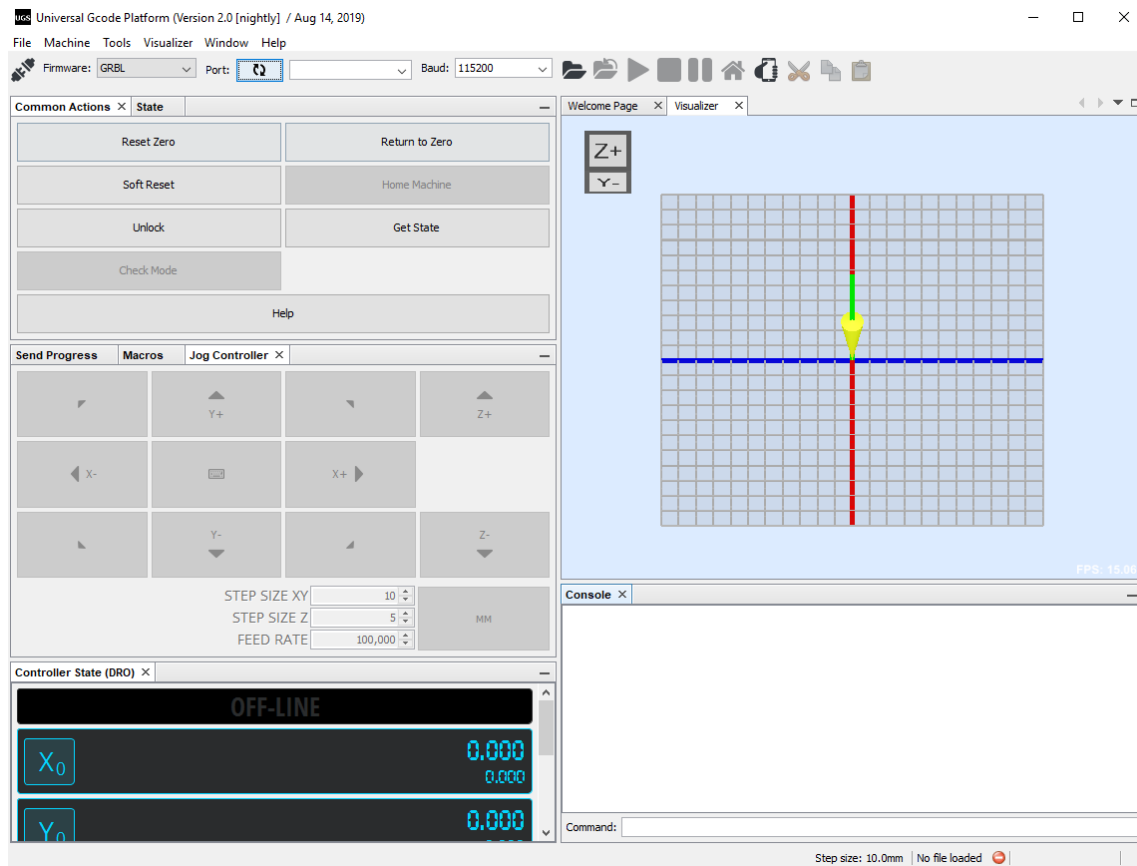


## Testeo del robot

Necesitaremos el programa Universal Gcode Sender que podremos encontrar en el repositorio.

Abrimos la carpeta programas → Universal Gcode Sender → bin y abrimos el archivo ugsplatform.exe o ugsplatform64.exe dependiendo de nuestro sistema operativo.

Conectamos el robot al pc y a la alimentación, seleccionamos el puerto y damos al botón conectar. Si todo ha ido bien, el icono habrá cambiado y nos permitirá mover el robot en la pestaña Jog Controller. También podemos cargar un archivo de ejemplo y darle al play, así realizaremos nuestro primer dibujo.



## Instalación de INK Scape y su extensión

Vamos a la carpeta programas → Inkscape y abrimos el archivo inkscape-0.92.4-x64.exe

Una vez instalado, vamos a la carpeta programas → extensión y copiamos su contenido en la siguiente dirección:

C:\Program Files\Inkscape\share\extensions

Nos pedirá sobrescribir, le decimos que sí y ya habríamos acabado la instalación.

## Guía de uso

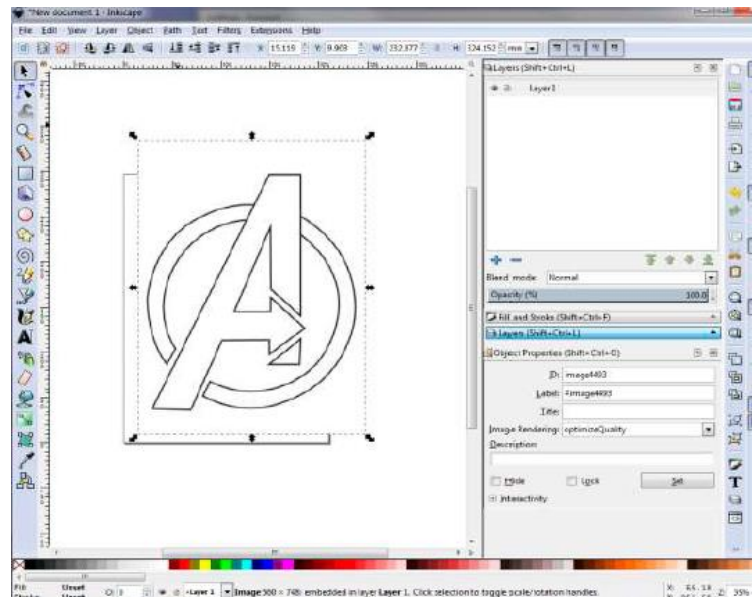
### Generar nuevos Gcode

En este apartado vamos a explicar cómo generar nuevos Gcodes para dibujar con nuestro robot.

Pulsamos en la pestaña archivo →  
importar

Buscamos el archivo que queremos  
importar

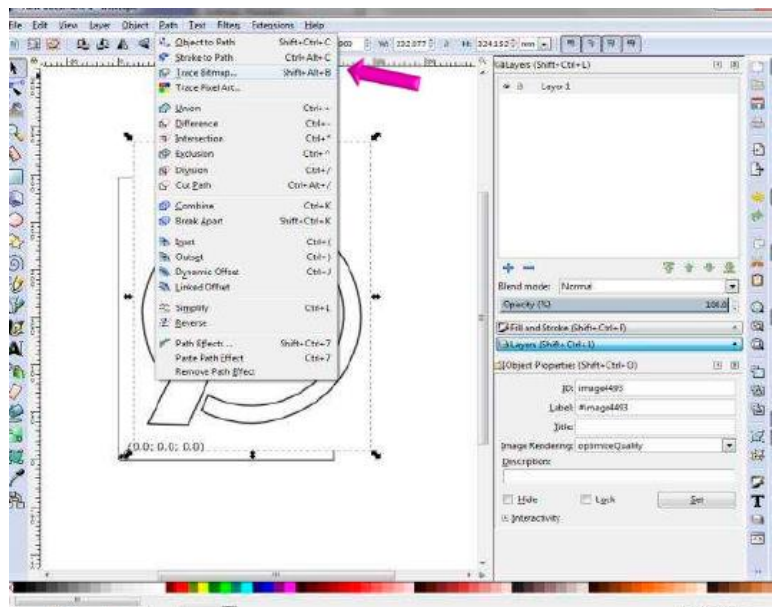
Ajustamos tamaño y la localización  
que queremos



El archivo que hemos importado es  
un mapa de bits, necesitamos que  
Inkscape busque los bordes del  
grafico para crear los trazos.

Seleccionamos la pestaña trayecto y  
pulsamos en vectorizar mapa de bits

Aparecerá la siguiente ventana.

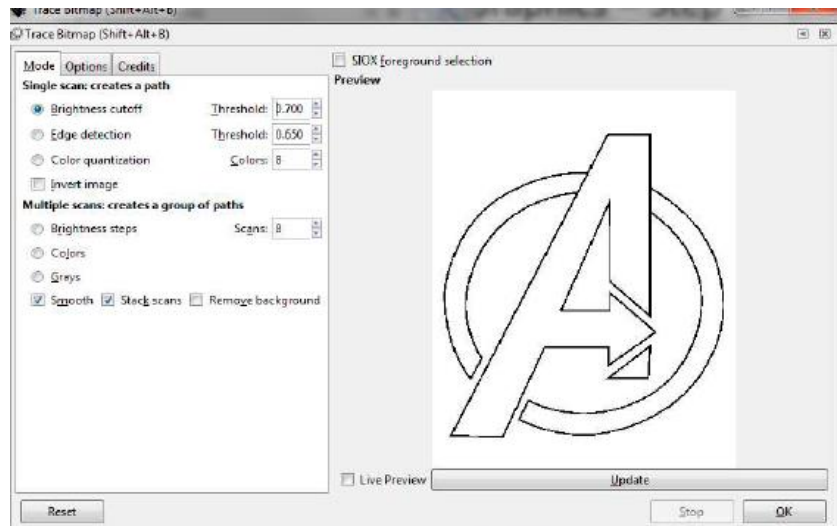


Miguel Ángel López Jiménez  
I.E.S Fernando III

Esta opción de Inkscape busca las líneas de tu dibujo. Suelo usar corte de luminosidad, pero detección de bordes también funciona bien.

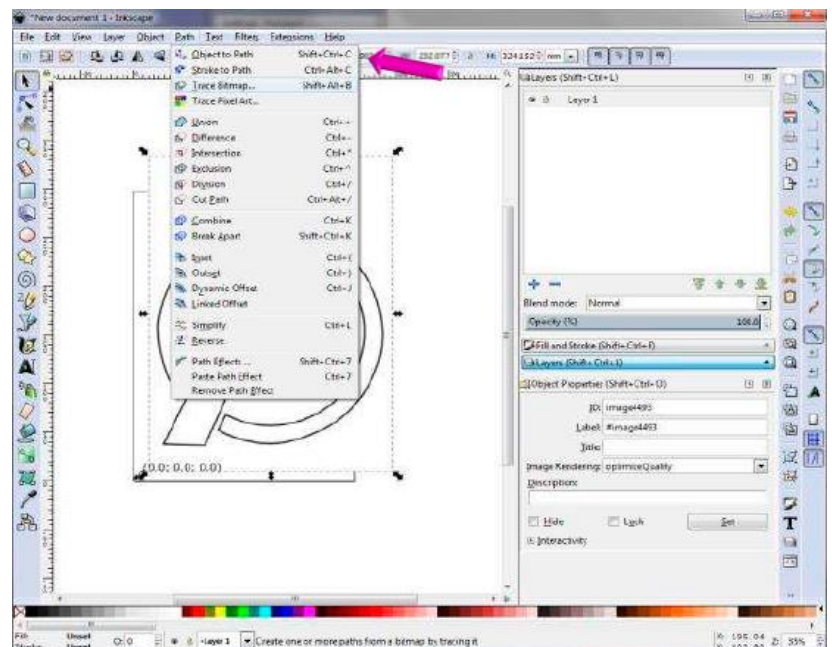
Para ver el resultado puedes pulsar actualizar o habilitar la casilla vista en directo.

Una vez estés satisfecho con el resultado pulsa X y cierra la ventana.



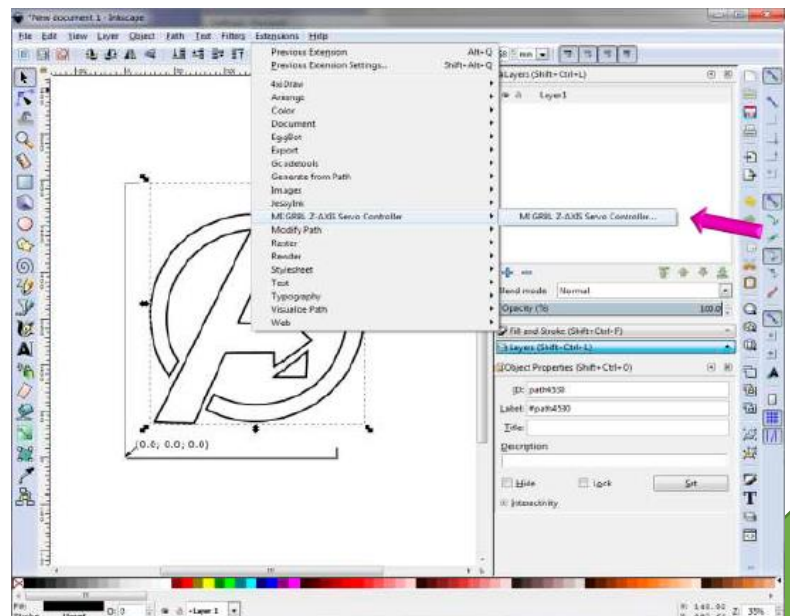
Ahora que Inkscape conoce los bordes de nuestro dibujo, queremos que Inkscape seleccione los caminos de las líneas, para ello, pulsamos en la pestaña trayecto y en la opción objeto a trayecto

Esta vez no hay ventana emergente, la magia sucede detrás de las cámaras.



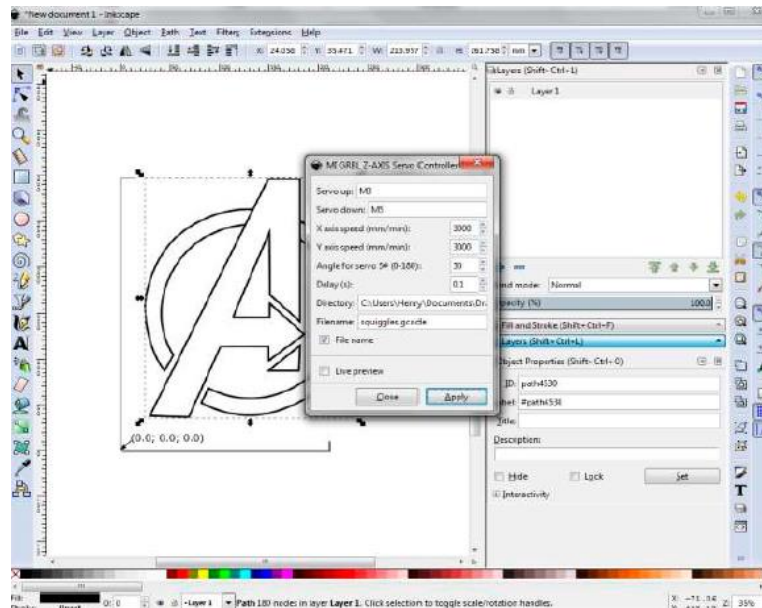
Ahora que tenemos un dibujo con los bordes definidos y convertidos en líneas que queremos dibujar, vamos a convertir estas líneas en un Gcode que nuestro robot es capaz de interpretar.

Para ello, seleccionamos la pestaña extensiones → MI GRBL Z-AXIS servo controller → MI GRBL Z Axis Servo Controller



Se nos abrirá esta ventana en la que debemos poner los siguientes parámetros

Servo Up M3  
Servo Down M5  
X axis Speed 3000  
Y axis Speed 3000  
Angle for Servo 30  
Delay 0.1  
Directory  
El que tu prefieras  
File name marcada



Estas casillas se guardarán para siguientes usos, ahora seleccionamos apply y ya tendríamos nuestro Gcode generado, listo para enviar a nuestro robot con Universal Gcode Sender.

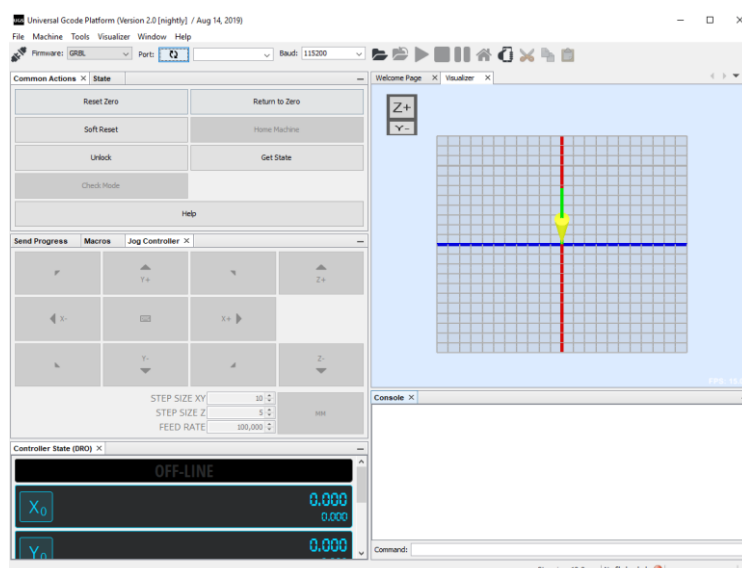
## Enviar Gcode a nuestro robot

Usar el robot es muy fácil gracias a Universal Gcode Sender

Abrimos la carpeta programas → Universal Gcode Sender → bin y abrimos el archivo ugsplatform.exe o ugsplatform64.exe dependiendo de nuestro sistema operativo.

Conectamos el robot al pc y a la alimentación, seleccionamos el puerto y damos al botón conectar. Una vez conectado, colocamos el robot en nuestro 0,0 y pulsamos Reset To Zero, así nos aseguramos que nuestro robot sabe dónde está.

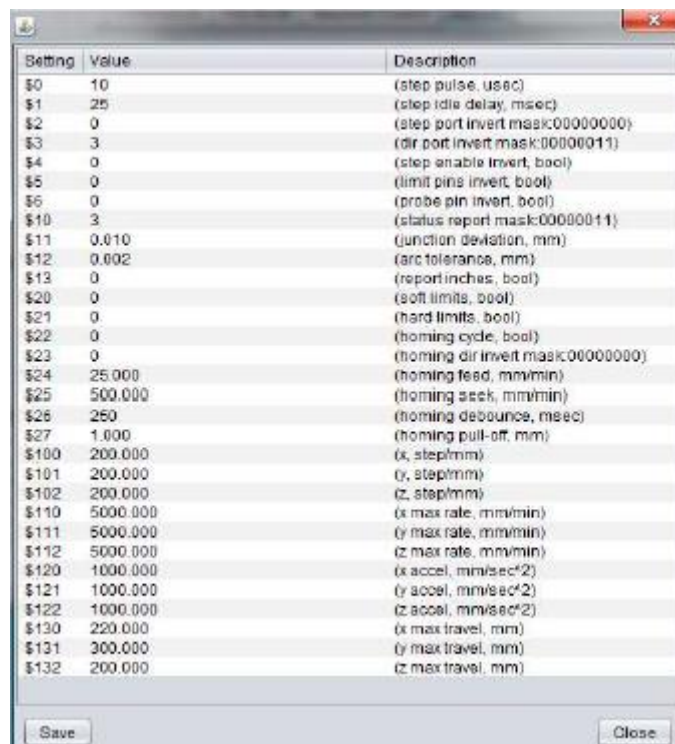
Una vez preparado todo esto, abrimos nuestro Gcode y pulsamos play, el robot empezara a dibujar





## Recomendaciones finales y solución de problemas

- Asegúrate de usar el comando Reset To Zero para que el robot conozca donde quieres que este el origen. De lo contrario, el robot empezara en lugares aleatorios.
- Si tienes problemas, no tengas miedo de desconectar y conectar de Universal Gcode Sender o incluso de cortar la alimentación del robot.
- Asegúrate de que tu lápiz toca el papel con la macro C2 y que se levanta con la macro C3
- La consola de Universal Gcode Sender muestra el comando utilizado para cada movimiento. Puedes aprender mucho sobre los Gcodes simplemente mirando la consola o la tabla de comandos.
- Si tienes algún problema con un Gcode puedes probar la opción Verbose activando su casilla
- Si aun así tienes problemas extraños, asegúrate de que tus parámetros de GRBL están de acuerdo a los siguientes. Para abrirlos, tienes que pinchar en la pestaña settings → Firmware settings → GRBL



Setting	Value	Description
\$0	10	(step pulse, usec)
\$1	25	(step idle delay, msec)
\$2	0	(step port invert mask:00000000)
\$3	3	(dir port invert mask:00000011)
\$4	0	(step enable invert, bool)
\$5	0	(limit pins invert, bool)
\$6	0	(probe pin invert, bool)
\$10	3	(status report mask:00000011)
\$11	0.010	(junction deviation, mm)
\$12	0.002	(arc tolerance, mm)
\$13	0	(report inches, bool)
\$20	0	(soft limits, bool)
\$21	0	(hard limits, bool)
\$22	0	(homing cycle, bool)
\$23	0	(homing dir invert mask:00000000)
\$24	25.000	(homing feed, mm/min)
\$25	500.000	(homing seek, mm/min)
\$26	250	(homing debounce, msec)
\$27	1.000	(homing pull-off, mm)
\$100	200.000	(x, step/mm)
\$101	200.000	(y, step/mm)
\$102	200.000	(z, step/mm)
\$110	5000.000	(x max rate, mm/min)
\$111	5000.000	(y max rate, mm/min)
\$112	5000.000	(z max rate, mm/min)
\$120	1000.000	(x accel, mm/sec^2)
\$121	1000.000	(y accel, mm/sec^2)
\$122	1000.000	(z accel, mm/sec^2)
\$130	220.000	(x max travel, mm)
\$131	300.000	(y max travel, mm)
\$132	200.000	(z max travel, mm)

- Si tu servo no levanta el lápiz asegúrate de que este cableado correctamente
  - Naranja → Z+
  - Rojo → 5V
  - Marrón → GND
- Bajo ninguna circunstancia cambies la polaridad del servo o quemaras el CNC Shield

- Para comprobar el servo puedes enviar los comandos M5 que bajará el lápiz o M3 S040 que lo subirá
- Si aun así el servo esta invertido, puedes darle la vuelta físicamente y se habrá solucionado el problema.

## Agradecimientos finales

Debo dar las gracias al usuario henryarnold de thingiverse, él es el creador de todo esto y yo solo me he limitado a hacer unas pocas mejoras y explicar todo el proceso en español.

La versión original puedes encontrarla en el siguiente enlace.

<https://www.thingiverse.com/thing:2349232>