

**Universidad Tecnológica Nacional**

Proyecto Final

---

# Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas

---

*Autores:*

- *Rodríguez, Alejo Francisco*
- *Schmidt, Marcos Martin*

*Director:*

- *Ing. Cabral, Alejandro*

*Proyecto final presentado para cumplimentar los requisitos académicos  
para acceder al título de Ingeniero Electrónico  
en la*

**Facultad Regional Paraná**

Octubre de 2023

Declaración de autoría:

Nosotros declaramos que el Proyecto Final “Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medida” y el trabajo realizado son propios. Declaramos:

- Este trabajo fue realizado en su totalidad, o principalmente, para acceder al título de grado de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná.
- Se establece claramente que el desarrollo realizado y el informe que lo acompaña no han sido previamente utilizados para acceder a otro título de grado o pregrado.
- Siempre que se ha utilizado trabajo de otros autores, el mismo ha sido correctamente citado. El resto del trabajo es de autoría propia.
- Se ha indicado y agradecido correctamente a todos aquellos que han colaborado con el presente trabajo.
- Cuando el trabajo forma parte de un trabajo de mayores dimensiones donde han participado otras personas, se ha indicado claramente el alcance del trabajo realizado.

Firmas:

- 
- 
- 

Fecha:

## **Agradecimientos:**

Queremos agradecer enormemente a nuestro docente director, Ing. Alejandro Cabral, por las horas dedicadas en nuestro proyecto en apoyo y asesoría, así como recomendaciones para no cometer errores.

A nuestras familias, por su apoyo a lo largo de la carrera, que tantas horas y esfuerzo nos llevó, sin ellas esto habría sido imposible de realizar.

A nuestras respectivas parejas, las cuales han sido un pilar, sobre todo en esta última etapa donde cada decisión hacía temblar todo ideal que traíamos, y ellas siempre dando un empujón para no caer y abandonar.

Y finalmente a nuestros colegas y amigos que hicimos a lo largo de la carrera, demás esta decir que esto fue un trabajo en equipo, donde en estos últimos años convivimos más con ellos que con nuestras familias, donde vivimos tantas experiencias juntos que sería imposible enumerarlas, a ellos que nos hicieron crecer y mejorar como profesionales, forjándonos de compañerismo y paciencia en muchas ocasiones.

Schmidt Marcos Martin  
Rodríguez Alejo Francisco



## *Abstract*

Facultad Regional Paraná

Ingeniería en Electrónica

### **Abstract:**

The following work presents the development of a calculation software, which provides a list of materials, for the implementation of 3D printers at home, aimed at a general public, and not exclusively technical. In addition to the calculation software, instructions are provided for assembling these printers, the already designed 3D printable parts and the firmware to start the printer.

The calculation software allows the user to calculate the printer based on the desired printing dimensions, as well as based on the space available to assemble the printer in its total size. The instructions include details of all the parts. Also, the firmware is edited by the same software without need of the user to write any modifications.

To achieve what was previously explained, homemade 3D printer projects were investigated, models were developed for taking measurements and deduction of formulas to relate the different constructive parts. Later the equations were dumped in the calculation software, which was developed in C ++ in Qt Designer environment.

### **Keywords:**

3D printing, Marlin, Prusa, Qt Designer, Rep Rap

## **Resumen:**

El siguiente trabajo presenta el desarrollo de un software de cálculo, que entrega una lista de materiales, para la implementación de impresoras 3D de manera casera, orientado a un público general, y no exclusivamente técnico. Además del software de cálculo, se entrega un instructivo para el armado de dichas impresoras, las piezas 3D imprimibles ya diseñadas y el firmware para poner en marcha la impresora.

El software de cálculo permite al usuario calcular las piezas para la impresora en base a las dimensiones de impresión deseadas, como así mismo calcular en base al espacio disponible para armar la impresora en su tamaño total. El instructivo incluye el detalle de todas las piezas. También, el firmware es editado por el mismo software sin necesidad que el usuario deba escribir ninguna modificación.

Para lograr lo explicado previamente, se investigaron proyectos de impresoras 3D caseras, se desarrollaron modelos para toma de medidas y deducción de formulas para relacionar las distintas partes constructivas. Posteriormente se volcaron las ecuaciones en el software de cálculo, el cual fue desarrollado en C++ en entorno de Qt Designer.

## **Palabras Clave:**

Impresión 3D, Marlin, Prusa, Qt Designer, Rep Rap

## Indice

Agradecimientos: .....	3
Abstract:.....	5
Keywords:.....	5
Resumen: .....	6
Palabras Clave: .....	6
Indice .....	7
Lista de Figuras: .....	9
Capítulo 1: Introducción .....	1
Proyecto RepRap - Prusa .....	1
Proyecto Protos.....	4
Capítulo 2: Desarrollo .....	6
2.1 Requerimientos.....	6
2.1.1 Casos de prueba .....	6
2.2 Plan .....	8
Toma de medidas.....	9
Deducción de ecuaciones .....	13
Creación de Réplica 3D .....	14
Interfaz del software .....	15
Edición de tabla.....	17
Visor de imágenes.....	19
Volcado de ecuaciones .....	20
Exportado y edición de archivos.....	21
2.3 Componentes .....	22
Arduino mega: .....	23
Shield RAMPS:.....	24
Driver Pololu:.....	33
Motor nema: .....	39
Endstop Mecánico:.....	41
Hotend:.....	42
Cama caliente: .....	44
2.4 Problemas .....	46
Pruebas y experiencias .....	46
Problemas y Soluciones implementadas.....	47
2.5 Análisis del software .....	53
2.5.1 Funciones Principales .....	53
2.5.2 Funciones Auxiliares .....	55

2.6 Análisis del firmware.....	56
Capítulo 3: Resultados.....	59
Capítulo 4: Discusión y Conclusión. ....	60
4.1 Discusión.....	60
4.2 Mejoras propuestas.....	61
Capítulo 5: Literatura Citada. ....	62
Capítulo 6: Anexos.....	63

## Lista de Figuras:

Figura 1: Rep Rap Wallace, primera en ser auto imprimible .....	2
Figura 2: Impresora 3D Original Prusa i3 MK3S+ .....	3
Figura 3: Impresora 3D OpenProtos terminada .....	4
Figura 4: Ensamblaje de Impresora 3D por OpenProtos .....	5
Figura 5: Impresora 10x10x10cm .....	9
Figura 6: Impresora 20x20x20cm .....	11
Figura 7: Interfaz del Software .....	15
Figura 8: Área de interacción con usuarios del software .....	16
Figura 9: Previsualización de la Impresora .....	19
Figura 10: Shield RAMPS 1.3 .....	24
Figura 11: Conexión para control de Drivers .....	25
Figura 12: Pinout de la Placa RAMPS 1.3 .....	26
Figura 13: Esquemático Arduino Mega .....	27
Figura 14: Esquemático Power, Reset y Servos de la Ramps .....	28
Figura 15: Esquemático Heaters y Fans Ramps .....	28
Figura 16: Esquemático LED y Endstops .....	29
Figura 17: Esquemático Termistores y I2C de RAMPS .....	29
Figura 18: Esquemático Drivers PaP RAMPS .....	30
Figura 19: Diagrama Conexión RAMPS .....	32
Figura 20: A4988 vs DRV8825 .....	33
Figura 21: Esquemático Driver Pololu .....	35
Figura 22: Módulos de los Driver Pololu .....	36
Figura 23: Motor Nema 17 .....	39
Figura 24: Pinout Nema 17 .....	40
Figura 25: Endstop Mecánico .....	41
Figura 26: Hotend E3D .....	42
Figura 27: Composición del Hotend E3D .....	43
Figura 28: Cama Caliente MK2 .....	44
Figura 29: Cubo de calibración .....	46
Figura 30: Calibración de cama .....	47
Figura 31: Pie extra para eje y .....	48
Figura 32: Regulador de tensión del Arduino Mega .....	50
Figura 33: Diagrama Marlin .....	56

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Capítulo 1: Introducción

En los últimos tres años el espectro de la impresión 3D creció y facilitó la reproducción en serie de productos con la facilidad de realizarlos desde la casa de uno. Antiguamente para hacer una pieza en plástico había que enviarla a una matricería para luego terminarla en una máquina especial. Hoy, la tarea es más sencilla e implica una inversión de dinero mucho menor, así como también los tiempos de finalización, dependiendo el tamaño y la materia prima.<sup>1</sup>

### Proyecto RepRap - Prusa

El proyecto RepRap es un movimiento que surgió en 2005 en Inglaterra con la idea de fabricar impresoras 3D de bajo costo y que, además, fueran capaces de replicar la mayor cantidad posible de las propias piezas.

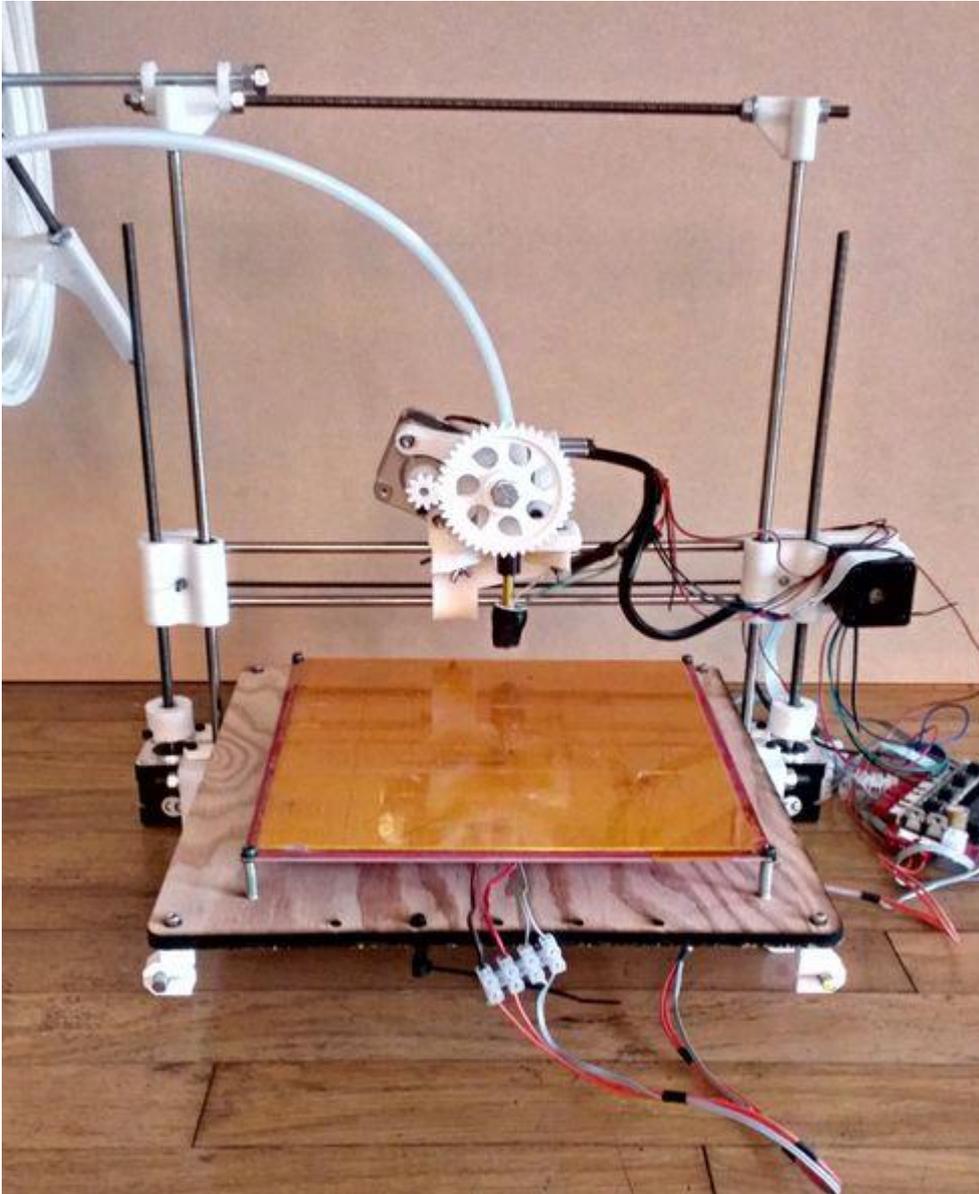
Se hizo tan popular en la comunidad de creadores en 3D, que se expandió a nivel mundial, y hoy podemos encontrar blogs del proyecto en diferentes países e idiomas, en donde es posible conseguir toda la información necesaria para armar un equipo.

Inicialmente el proyecto contaba con tres equipos funcionales: Darwin, Mendel y Wallace.

A partir de estos tres modelos luego surgieron una gran cantidad de variaciones. Una de las más destacables es la Prusa, particularmente la iteración 3, que es la máquina más difundida del proyecto hasta la actualidad y fue diseñada por Josef Prusa. (Guagliano, 2019)

---

<sup>1</sup> [Emprendimientos con impresoras 3D: cada vez más vecinos usan esa tecnología para trabajar \(eldiariosur.com\)](http://eldiariosur.com)



*Figura 1: Rep Rap Wallace<sup>2</sup>, primera en ser auto imprimible*

---

<sup>2</sup> <https://reprap.org/wiki/Wallace/es>

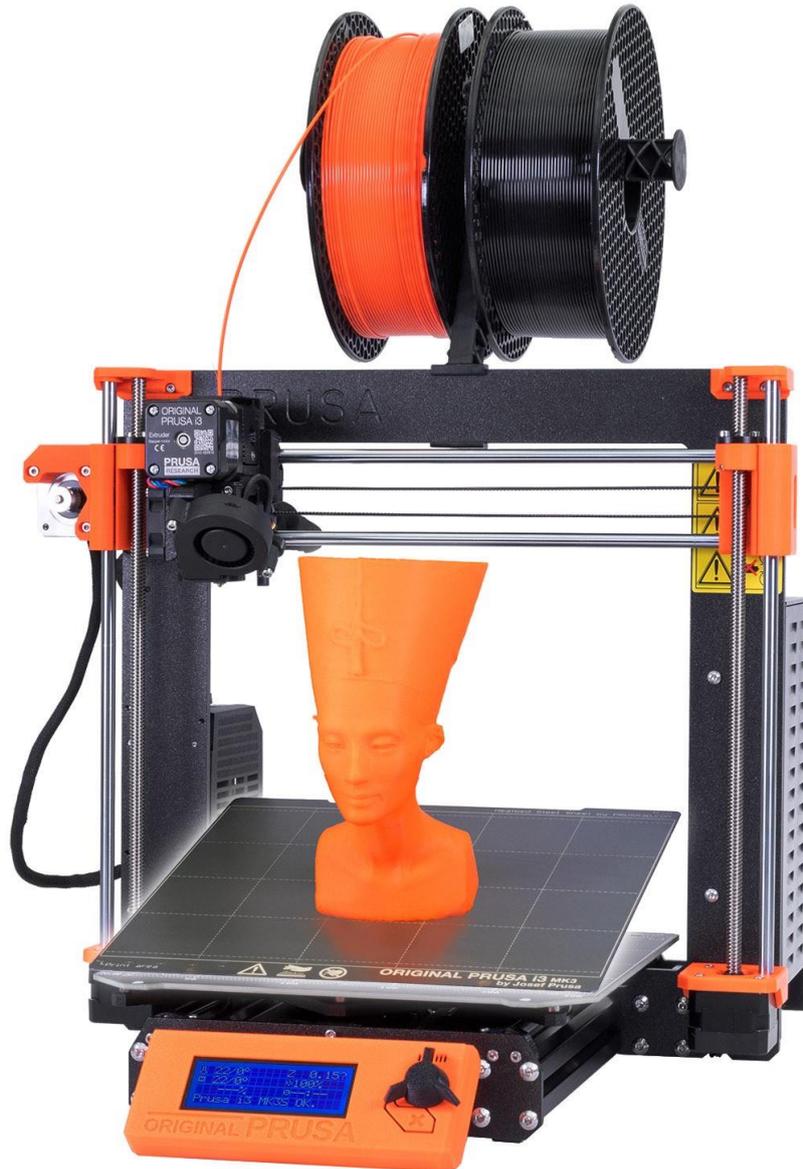


Figura 2: Impresora 3D Original Prusa<sup>3</sup> i3 MK3S+

<sup>3</sup> <https://www.prusa3d.com/es/>

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Proyecto Protos

Durante la investigación realizada, se pudo observar que el Proyecto Open Protos, el cual, estaría basado en RepRap, también buscaría que toda persona pueda armar su impresora 3D, utilizándose materiales que deberían poder obtenerse sin complicaciones para el usuario.

A pesar de que el proyecto se encuentra discontinuado, habría sentado las bases para un nuevo tipo de impresoras 3D: las domesticas.

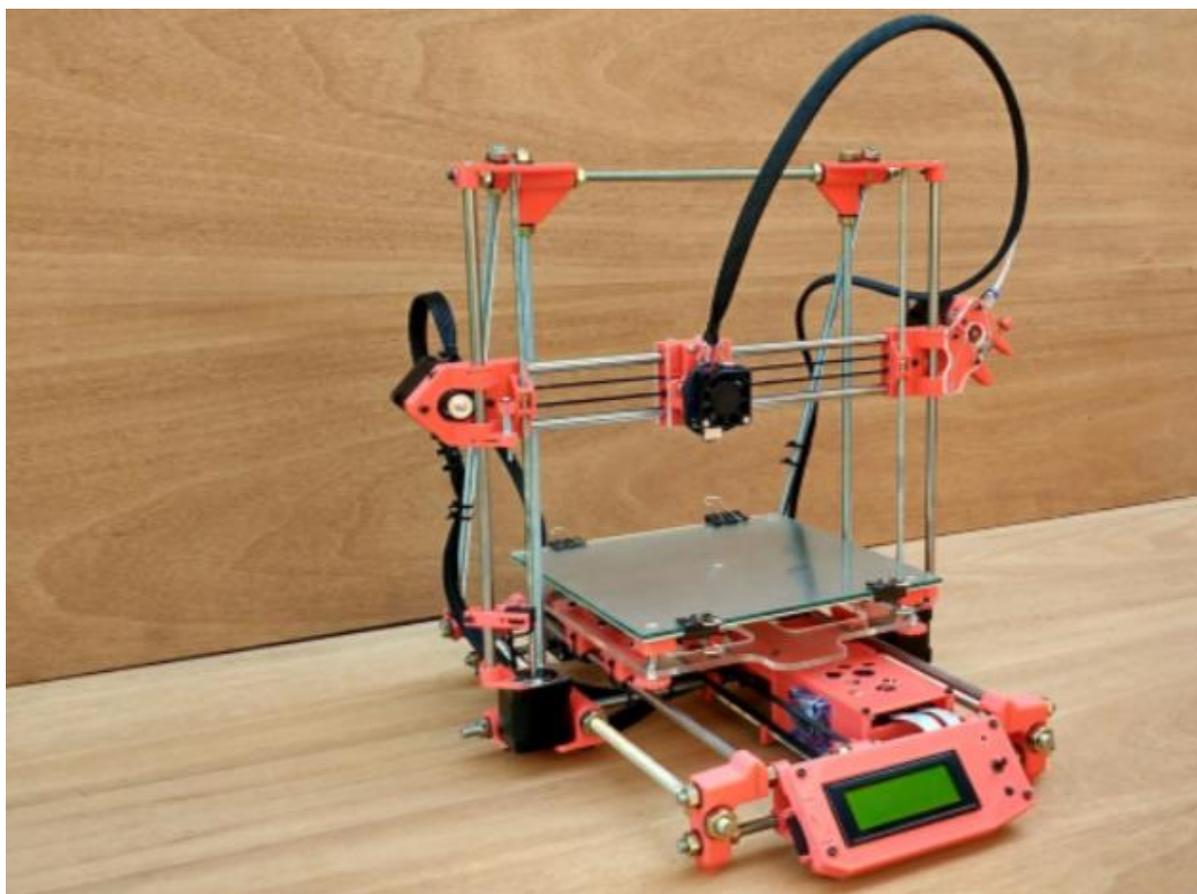


Figura 3: Impresora 3D OpenProtos<sup>4</sup> terminada

---

<sup>4</sup> <https://www.thingiverse.com/thing:2376190/files>

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023



Figura 4: Ensamblaje de Impresora 3D por OpenProtos<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> <https://www.facebook.com/ProtosImpresion3d/>

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Capítulo 2: Desarrollo

### 2.1 Requerimientos

- a- Que el software entregue lista de materiales acorde al tamaño de impresión o de impresora deseada.
- b- Que el kit entregue un instructivo de armado
- c- Que el kit brinde los archivos imprimibles y el modelo 3D como anexo
- d- Dimensiones de la zona de impresión posible entre 10 y 50 cm de lado.
- e- Compatibilidad con SO Windows 10 y 11.
- f- Que el software cuente con una sección de ayuda
- g- Que el software avise ante fallos en la edición de archivos

#### 2.1.1 Casos de prueba

Caso de prueba para el requerimiento “a”: Ejecutar el programa, solicitar que calcule los materiales para una impresora e intentar guardar el archivo .csv que debería entregar.

Caso de prueba para el requerimiento “b” y “c”: Ejecutar el programa,

Casos de prueba para el requerimiento “d”:

Caso d1: verificar que el programa calcule para  $x=9, y=9, z=9$ .

Caso d2: verificar que el programa calcule para  $x=10, y=10, z=10$ .

Caso d3: intentar que el programa calcule para  $x=50, y=50, z=50$ .

Caso d4: intentar que el programa calcule para  $x=51, y=51, z=51$ .

Caso de prueba para el requerimiento “e”:

Caso e1: Ejecutar el software en una computadora con el sistema operativo Windows 10.

Caso e2: Ejecutar el software en una computadora con el sistema operativo Windows 11.

Caso de prueba para el requerimiento “f”:

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

Verificar que el botón “Ayuda” este visible en la interfaz gráfica y al presionarlo funcione correctamente.

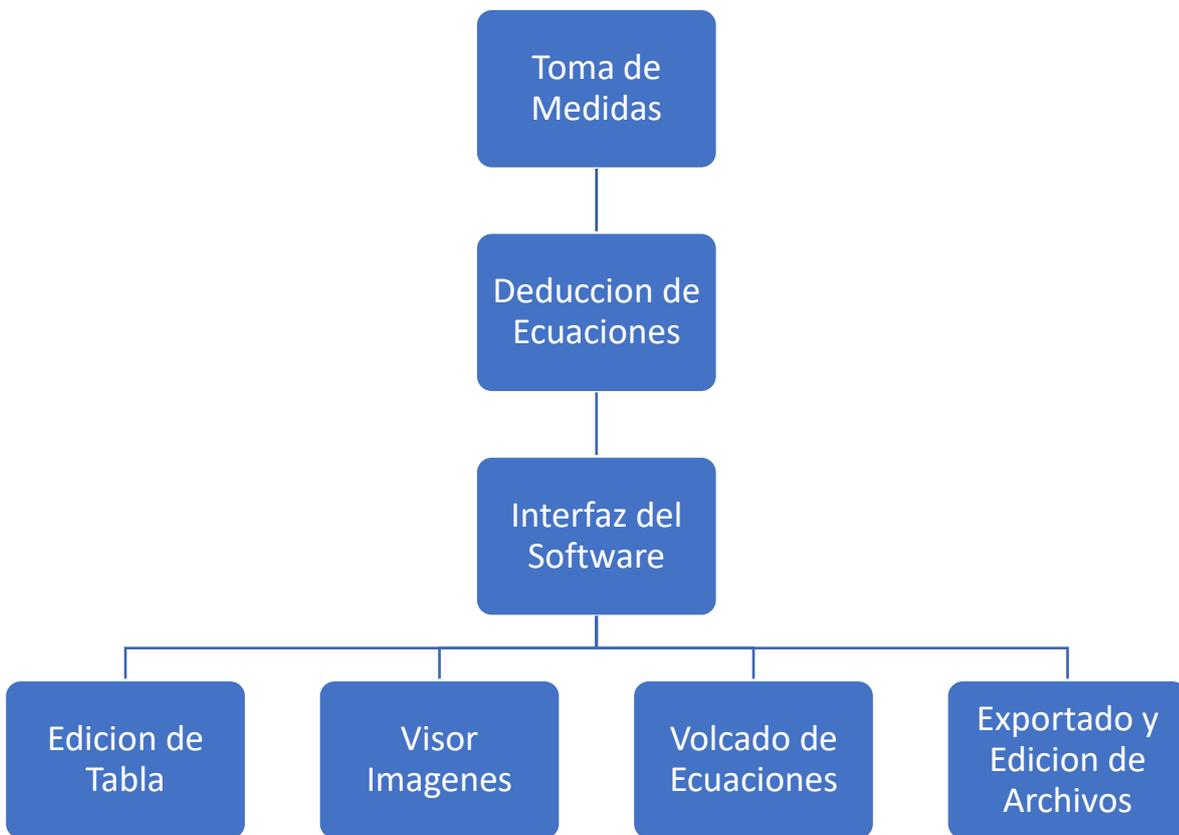
Caso de prueba para el requerimiento “g”:

Verificar que al guardar el firmware y la carpeta Marlin no esté en los anexos, de mensaje de error.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## 2.2 Plan

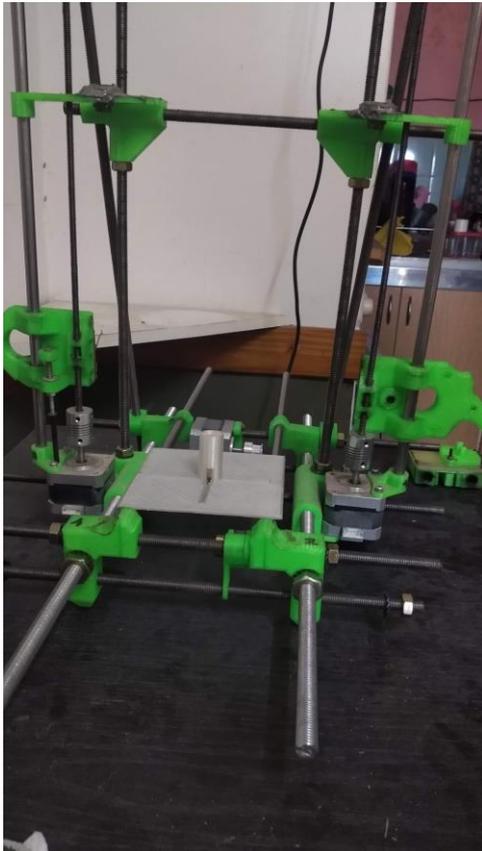
El plan de abordaje de la consigna es el siguiente:



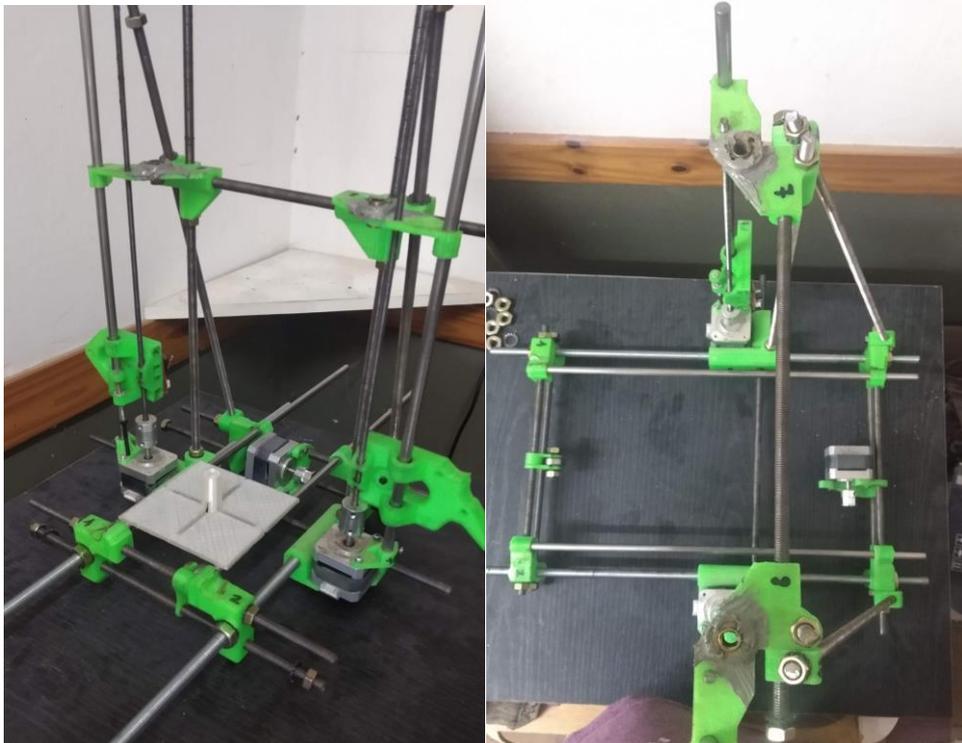
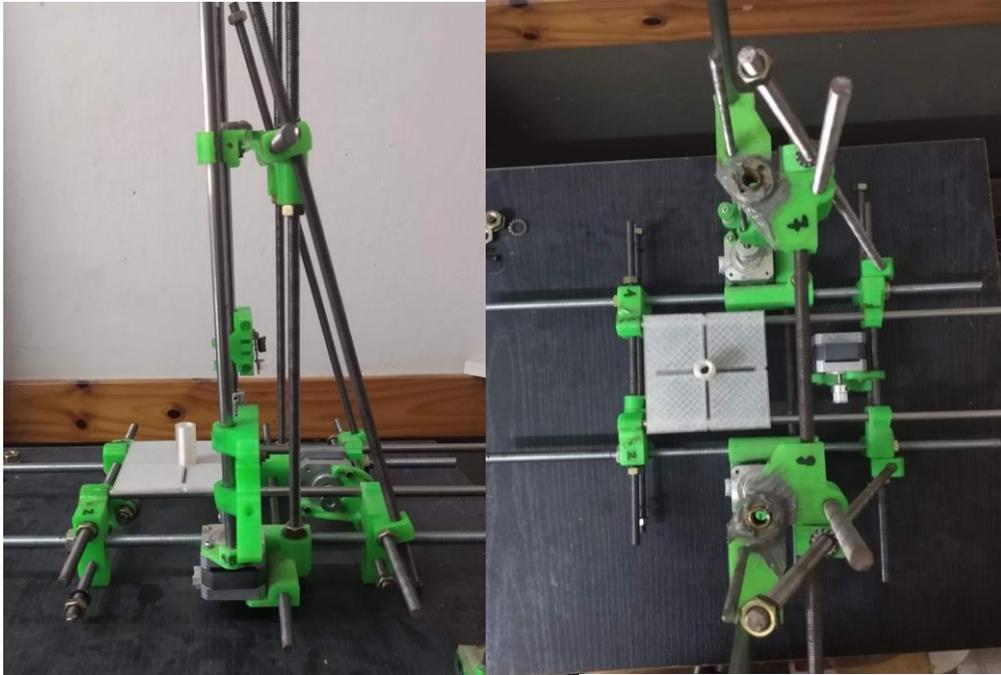


## Toma de medidas

El primer paso fue analizar una impresora 3d, previamente realizada, la cual se fue modificando para deducir la manera en que las medidas estaban relacionadas unas con otras, y de esta manera encontrar las ecuaciones que rigen la forma de la máquina:



*Figura 5: Impresora 10x10x10cm*



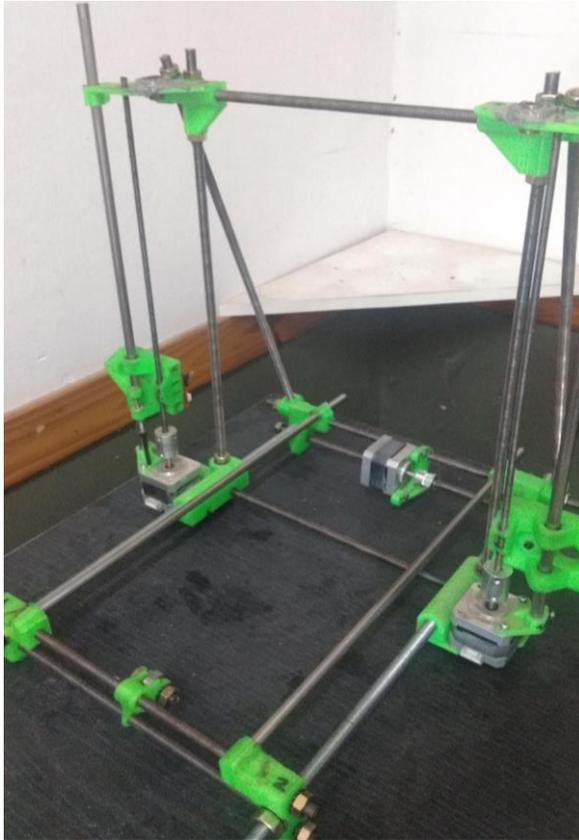
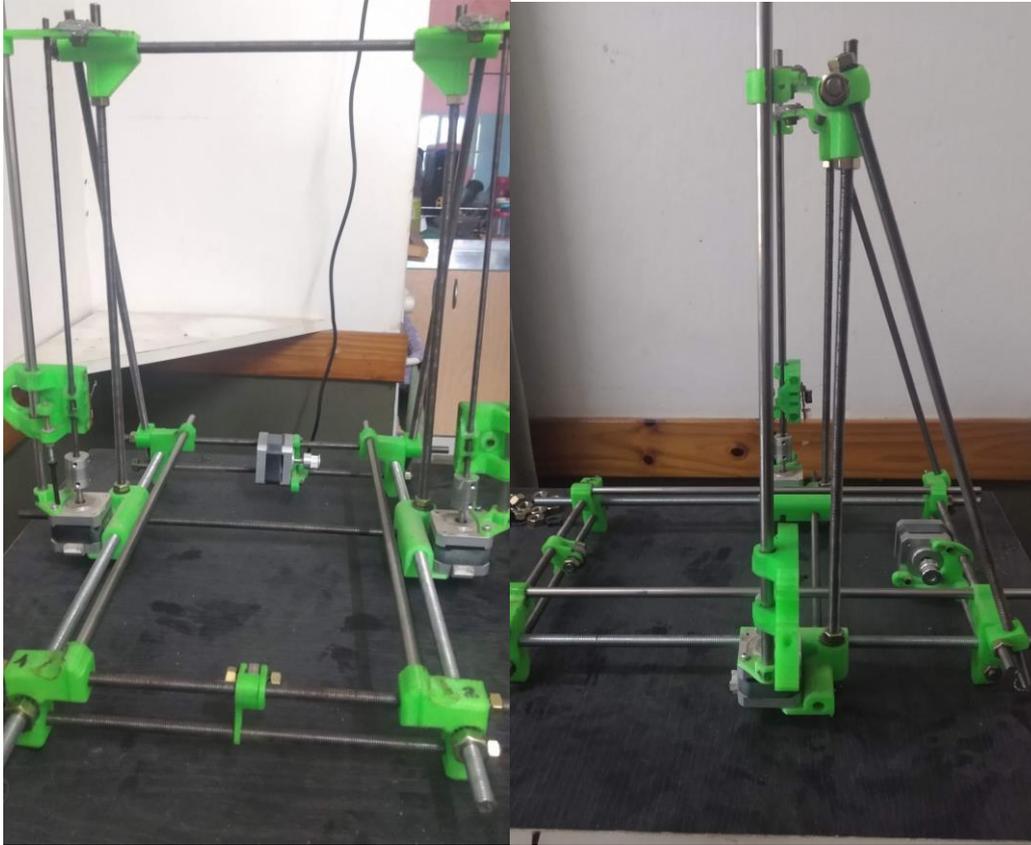


Figura 6: Impresora 20x20x20cm





### Deducción de ecuaciones

	total	cama	extras	correa/varilla	barra lisa	estructura			rodamiento	
x	38,0	10,0	28,0	58,0	29,0	18,0	22,0	27,0	total-1	0,0
z	32,0	10,0	21,0	25,0	26,0	32,0			total	
y	23,5	10,0	13,5	34,0	21,0	23,5			total	1,3 cama/2)-2.5)/.
diagonal						28,4		-	1,5)^2	0,0
x	43,0	15,0	28,0	68,0	34,0	23,0	27,0	32,0	total-1	0,0
z	36,0	15,0	21,0	29,0	30,0	36,0			total	
y	31,0	15,0	16,0	49,0	28,5	31,0		-	total	2,5 cama/2)-2.5)/.
diagonal						33,4		-	1,5)^2	0,0
x	48,0	20,0	28,0	78,0	39,0	28,0	32,0	37,0	total-1	0,0
z	41,0	20,0	21,0	34,0	35,0	41,0			total	
y	38,5	20,0	18,5	64,0	36,0	38,5		-	total	3,8 cama/2)-2.5)/.
diagonal						39,4		-	1,5)^2	0,0
x	78,0	50,0	28,0	138,0	69,0	58,0	62,0	67,0	total-1	0,0
z	71,0	50,0	21,0	64,0	65,0	71,0			total	
y	83,5	50,0	33,5	154,0	81,0	83,5		-	total	11,3 cama/2)-2.5)/.
diagonal						76,2		-	1,5)^2	0,0

Para lograr una deducción de ecuaciones se tomaron medidas con la máquina confeccionada desde dos extremos valores: en 10x10x10 cm como medida mínima, hasta llegar a 50x50x50 cm como medida máxima; con saltos de 10cm entre medidas.

Con estas medidas se confeccionó una tabla en Excel que nos permitió encontrar estas ecuaciones para poder volcarlas en nuestro software.

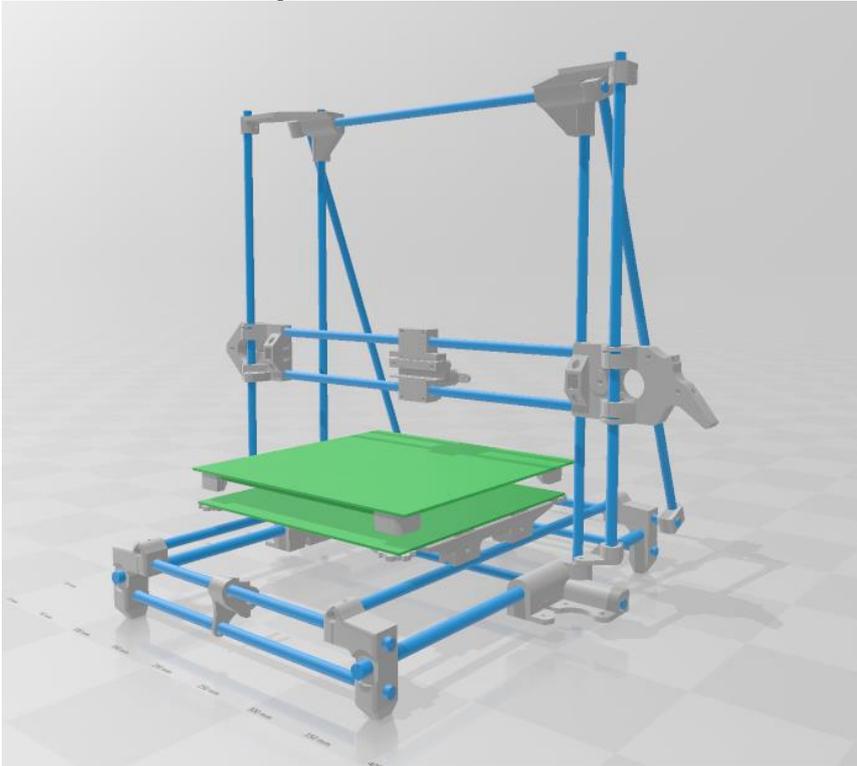
Una deducción importante, es aquella obtenida para determinar los pasos por milímetros (teórico) que llevan los ejes:

Pasos x milímetro(correa)= N°pasos por vuelta del motor/ (micropasos del driver\* pasos de la correa\* N°dientes polea).

Pasos x milímetro(varilla)= N°pasos por vuelta del motor/ (micropasos del driver\* pasos de la varilla).



## Creación de Réplica 3D



Para su posterior incorporación en el software se diseñó una réplica o modelo de lo que será la impresora final a disposición de los usuarios para que vean previamente el resultado que tendrán.

Para realizarlo se usó el software 3D Builder, en el cual mediante diseño gráfico se procedió a crear las piezas imprimibles, editarlas, y luego unir todo en un diseño final lo más parecido al resultado esperado.

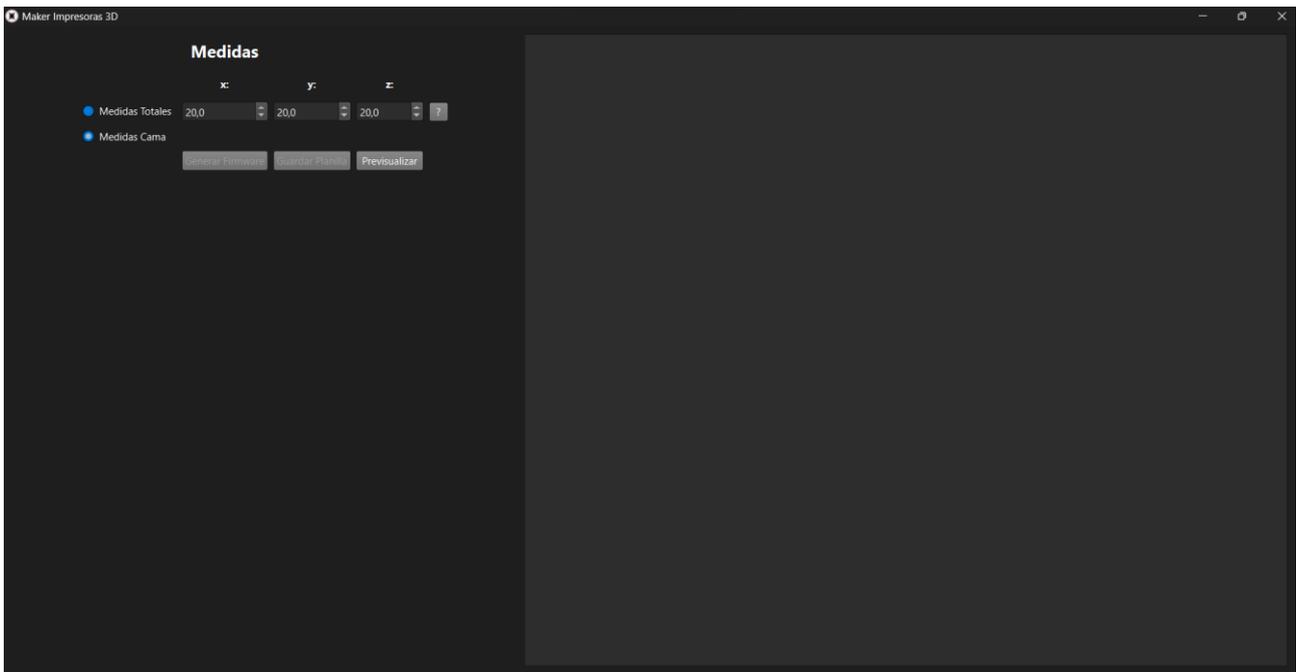
La idea principal, fue con esta réplica realizar un modelo 3D editable e incorporarlo al software para que este se vaya moviendo en tiempo real.

En la realidad nos encontramos con el problema de que no pudimos integrar este modelo 3D con nuestro software funcional, a falta de conocimientos y tiempo.

Como solución a este inconveniente, decidimos reemplazar este modelo editable por imágenes de nuestra réplica, y suministrar el modelo como anexo a los archivos.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Interfaz del software



*Figura 7: Interfaz del Software*

A la hora de empezar en QT nuestro software, lo primero fue tener en cuenta que decidimos realizar un programa fácil e intuitivo, que permita a cualquier usuario entenderlo y con ello fabricar su propia impresora.

Al pensar en una interfaz sencilla, nos referimos a una donde encontremos una mínima disposición de botones, los cuales serán de un tamaño importante, repleto de cuadros de ayuda, y con la mayor cantidad posible de gráficos y diseños coloridos, todo en búsqueda de que su uso sea del agrado de todo usuario.

Afortunadamente el software elegido para la creación del programa cuenta con una herramienta para el diseño de interfaces gráficas, el cual nos permite editar estos parámetros y obtener una interfaz con los requerimientos antes mencionados.

Para la interacción con los usuarios, nuestro programa cuenta con la siguiente lista de botones e interacciones en su interfaz:

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

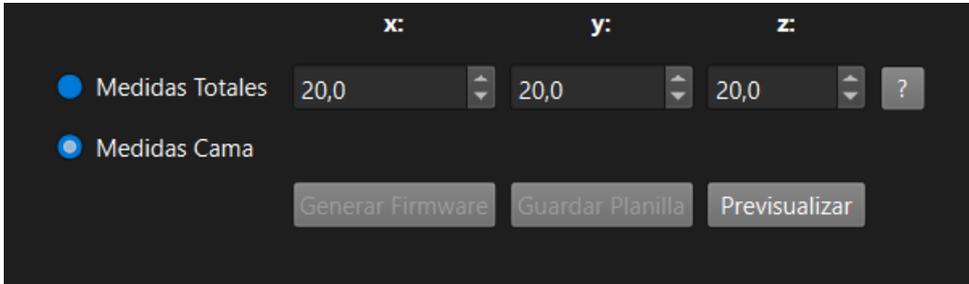


Figura 8: Área de interacción con usuarios del software

- Dos selectores de medidas a utilizar: si será con Medidas totales o con medidas de la cama.
- Tres scrolls para elegir los tamaños
- Tres botones de acción
- Un botón de ayuda



### Edición de tabla

Categoría	Parte	Tipo	Cantidad (cm)
Eje x	Guia 1: Varilla Rectificada Lisa	Diam: 8mm	39
Eje x	Guia 2: Varilla Rectificada Lisa	Diam: 8mm	39
Eje x	Eje: Correa	GT2 de 6mm	78
Eje y	Guia 1: Varilla Rectificada Lisa	Diam: 8mm	37
Eje y	Guia 2: Varilla Rectificada Lisa	Diam: 8mm	37
Eje y	Eje: Correa	GT2 de 6mm	63
Eje z	Guia 1: Varilla Rectificada Lisa	Diam: 8mm	38
Eje z	Guia 2: Varilla Rectificada Lisa	Diam: 8mm	38
Eje z	Eje 1: Varilla Roscada	Diam: 5mm	37
Eje z	Eje 2: Varilla Roscada	Diam: 5mm	37
Armazon	Eje x Delantero, Arriba: Varilla Roscada	Diam: 8mm	28
Armazon	Eje x Delantero, Abajo: Varilla Roscada	Diam: 8mm	28
Armazon	Eje x Trasero, Arriba: Varilla Roscada	Diam: 8mm	32
Armazon	Eje x Trasero, Abajo: Varilla Roscada	Diam: 8mm	28
Armazon	Eje x Medio: Varilla Roscada	Diam: 8mm	39
Armazon	Eje x Superior: Varilla Roscada	Diam: 8mm	32
Armazon	Eje y 1: Varilla Roscada	Diam: 10mm	38
Armazon	Eje y 2: Varilla Roscada	Diam: 10mm	38
Armazon	Eje y 1, Caja Electronica: Varilla Roscada	Diam: 5mm	0
Armazon	Eje y 2, Caja Electronica: Varilla Roscada	Diam: 5mm	0
Armazon	Eje z 1: Varilla Roscada	Diam: 8mm	44

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

Al querer mostrar al usuario los materiales y piezas necesarias para la construcción de la impresora, no encontramos mejor manera que mostrarlo mediante una tabla, la cual muestre en tiempo real las piezas que irá necesitando, así como también una opción para que los usuarios más experimentados puedan borrar o alterar estos parámetros. La incorporación de una tabla editable a nuestro software fue un gran problema a resolver, ya que no es un ítem que se puede incorporar directamente. Para lograrlo se procedió al uso de librerías propias de QT, que nos permitieron leer una tabla previamente creada, y editarla luego mediante el manejo celda por celda de la tabla.



## Visor de imágenes

La imagen creada a partir de nuestra réplica debía ser mostrada al usuario al solicitar una previsualización. Para lograrlo se le dio gran prioridad a la muestra de esta imagen, tanto así que se le cedió la mitad de la interfaz visible del programa.

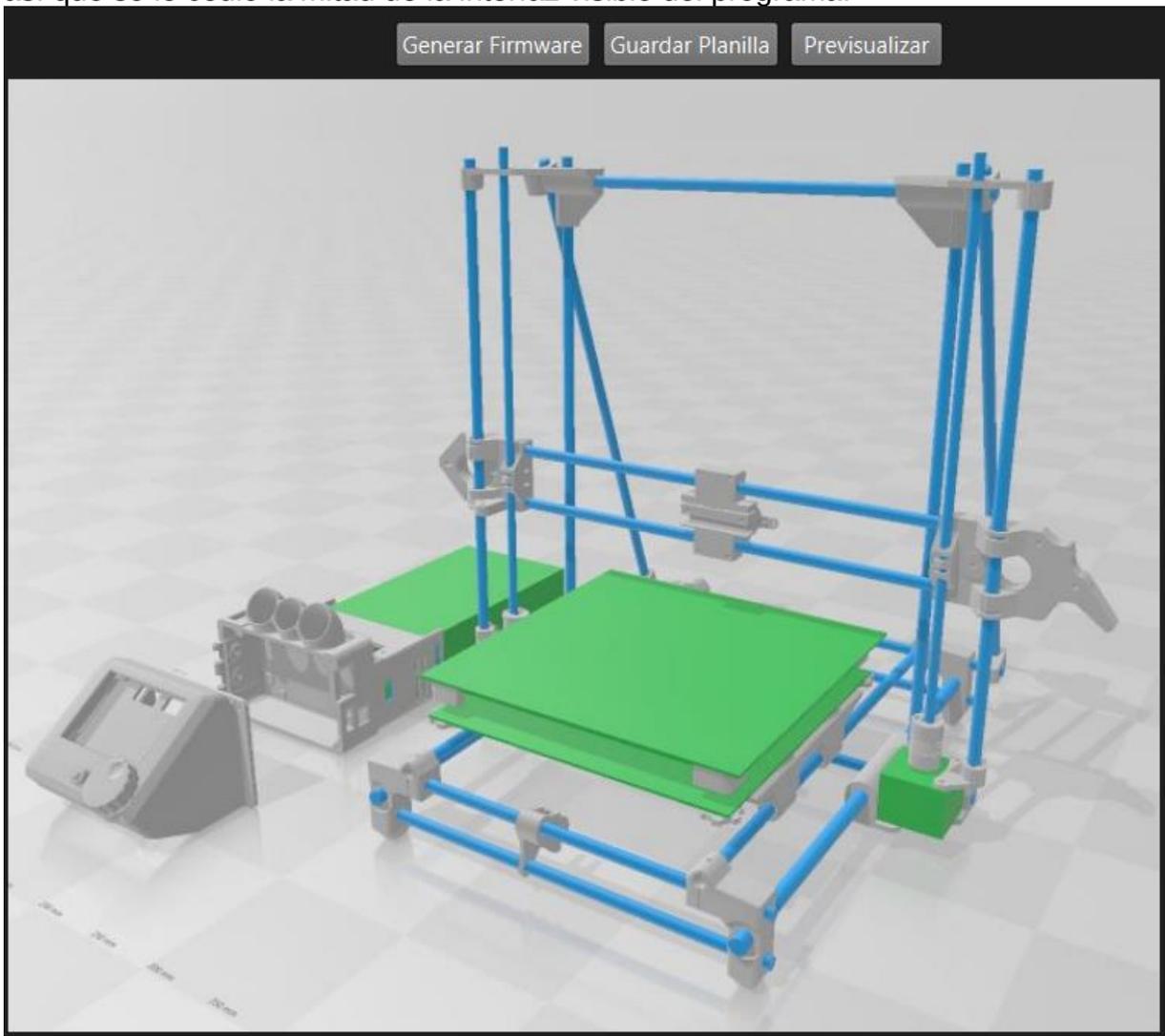


Figura 9: Previsualización de la Impresora



## Volcado de ecuaciones

El siguiente paso fue incluir en el software las ecuaciones previamente encontradas, y cada una de estas se colocó en la función “doCalculos()” del programa:

```
void MainWindow::doCalculos()
{
    if (ui->radioTotales->isChecked()) { ... }
    else { ... }
    CorreaX= (TotalX-9)*2;
    CorreaY= (TotalY-6.5)*2;
    CorreaZ= (TotalZ-7);
    RefX1= TotalX-30;
    RefX2= RefX1+3.4;
    RefX3=RefX2+5;
    RefY1= TotalY-1;
    RefY2= (TotalY/2)-7;
    RefZ=TotalZ-9.5;
    Hipo=sqrt(pow(RefY2+2,2)+pow(RefZ+3.5,2));
    BarraX=CorreaX/2;
    BarraY= (CorreaY/2)+6;
    BarraZ= CorreaZ+1;
    VarillaXcorta= TotalX-20;
    VarillaXmedia= TotalX-16;
    VarillaXlarga= TotalX-9;
    VarillaZ=TotalZ;
    VarillaY=TotalY;
    VarillaD= Hipo + 6;

    generarvector();
}
```

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Exportado y edición de archivos

Una gran dificultad encontrada a la hora de crear el programa fue determinar la manera en qué se administrará la gestión de los diversos archivos usados: La tabla .csv, el firmware .txt, las piezas .stl, y el modelo .3mf.

Tanto para la tabla como para el firmware, el procedimiento fue igual, dado que nativamente QT los lee a ambos como archivos de texto, permitiendo a partir de ahí su edición.

Para las piezas y el modelo, se optó por excluir al software de esta edición, y brindar los archivos ya terminados como anexos al programa.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## 2.3 Componentes

Luego de analizar las opciones del mercado, se decidió elegir para el control de la impresora el Arduino Mega, dada su compatibilidad con la *Shield Ramps* para el manejo de periféricos que el proyecto requiere.

Para el suministro de potencia a los motores, existen dos drivers en el mercado, el A4988 y el DRV8825, y ambos cumplen los requerimientos para que la maquina funcione. De lo motores paso a paso en el mercado, elegimos el Nema 17 bajo torque, dado que es el recomendado por el proyecto en que nos basamos, con un diseño reducido que contribuye a la reducción de tamaños en la impresora. Sin embargo, es posible utilizar otro motor paso a paso que cumpla con las características de corriente, tensión y torque.

De los distintos métodos de finales de carrera, cualquier opción es viable. Recurrimos al uso de finales de carrera mecánicos, dado su amplio uso en las impresoras 3D del mercado.

En cuanto al *Hotend* el mismo no presenta limitaciones dentro del rango de salida de la *Shield Ramps*.

La selección de la cama caliente está limitada al tamaño de la impresora en dimensiones, y así mismo, al igual que el *hotend*, está limitada en potencia por la *shield ramps*.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Arduino mega:

El Arduino Mega<sup>6</sup> es una placa de microcontrolador basada en el Atmega 2560. Tiene:

- 54 pines de I/O.
- Puertos Series
- 1 oscilador cristal de 16mhz
- Conexión USB
- Alimentación con conexión de 2.1mm, con tensión CA o CC de entre 6 a 20V
- Cabezal ICSP
- Botón reinicio
- Tiene 256Kb de memoria flash, 8kb SRAM, 4kb EEPROM

Cada uno de los 54 pines digitales del Mega se puede usar como entrada o salida. Funcionan a 5V. Cada pin puede proporcionar o recibir 20 mA como condición de funcionamiento recomendada y tiene una resistencia pull-up interna de 20-50 k ohm.

El Mega 2560 tiene 16 entradas analógicas, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). De manera predeterminada, miden desde tierra hasta 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango usando el pin AREF y la función analogReference ().

---

<sup>6</sup> <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3?selectedStore=us>



## Shield RAMPS:

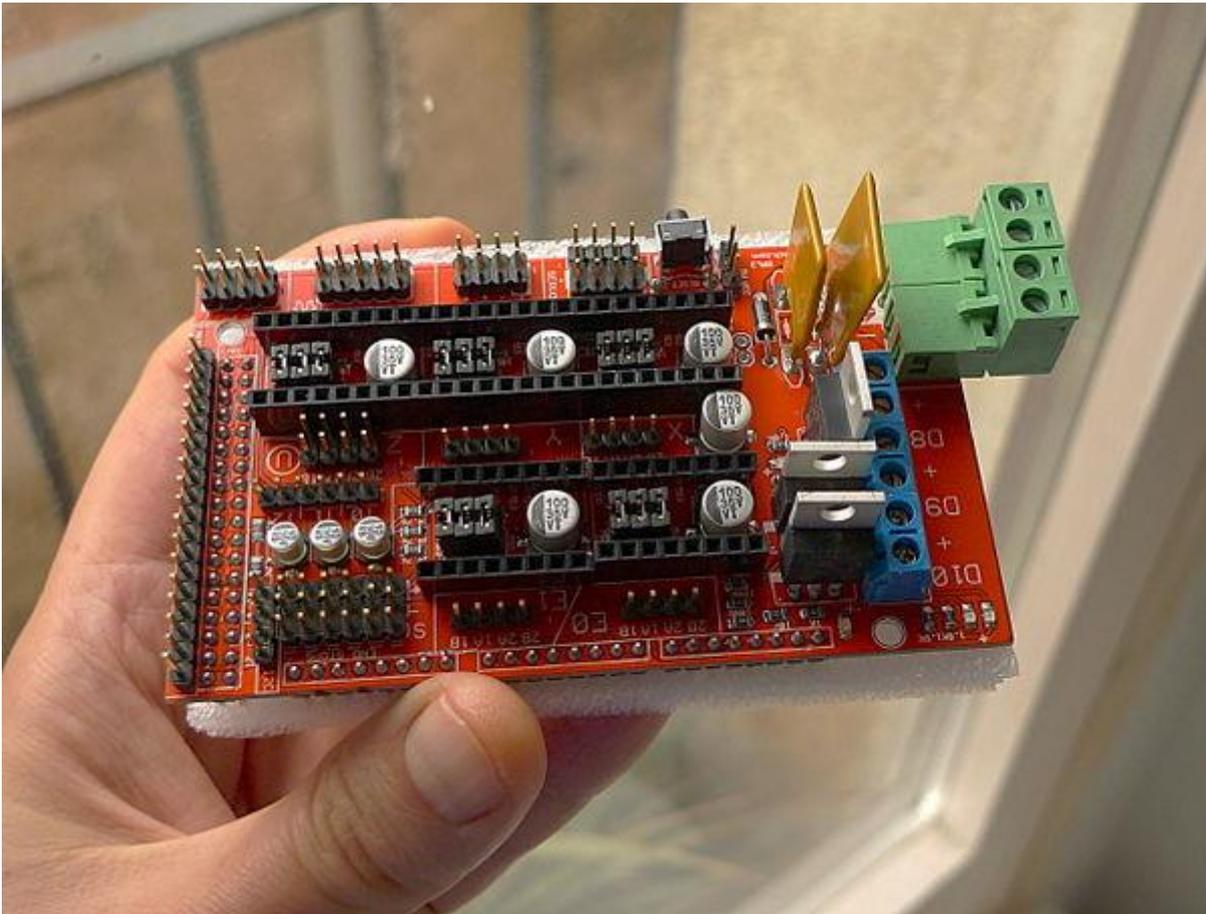


Figura 10: Shield RAMPS 1.3<sup>7</sup>

RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) es un Shield para Arduino Mega, que aprovecha el poder del Mega y deja espacio para futuras expansiones. Su diseño modular permite insertar Drivers Paso a Paso (A4988 o DRV8825) y el control electrónico para un extrusor, por lo que es sencillo reemplazar partes, realizar mejoras y hacer expansiones. Adicionalmente se pueden añadir más Shields siempre y cuando RAMPS se coloque encima de los demás Shields. Ideal para desarrollar proyectos como Impresora 3D, Router CNC, Cortadoras Láser, Brazo robótico y hasta una Máquina Pick&Place.

<sup>7</sup> [https://reprap.org/wiki/A4988\\_vs\\_DRV8825\\_Chinese\\_Stepper\\_Driver\\_Boards](https://reprap.org/wiki/A4988_vs_DRV8825_Chinese_Stepper_Driver_Boards)

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

El shield Ramps permite manejar 5 motores paso a paso (pap/stepper) de forma independiente (X, Y, Z, E0 y E1). Es compatible con los drivers para motores paso a paso Pololu A4988 (Allegro) o los DRV8825 (Texas Inst.). Podemos configurar de forma independiente la resolución de microstepping de cada driver con los 3 jumpers correspondientes:

JUMPER			DRIVER	
M0	M1	M2	A4988	DRV8825
-	-	-	FULL STEP	FULL STEP
J	-	-	1/2 STEP	1/2 STEP
-	J	-	1/4 STEP	1/4 STEP
J	J	-	1/8 STEP	1/8 STEP
-	-	J	-	1/16 STEP
J	-	J	-	1/32 STEP
-	J	J	-	1/32 STEP
J	J	J	1/16 STEP	1/32 STEP

Figura 11: Conexión para control de Drivers<sup>8</sup>

Se alimenta con una fuente independiente de 12V, que debe tener capacidad de corriente de aprox. 1.2A por cada motor, 3.5A para el hotend y 12.5A por la cama caliente, entonces si utilizamos 5 motores, cama caliente y hotend. necesitaremos una fuente de 22A. La RAMPS 1.3 cuenta con:

- Mosfet para controlar Heater/Ventilador
- Circuitos para termistor
- Fusible de 5A para componentes
- Fusible de 11A para el Heatbed

<sup>8</sup> <https://naylormechanics.com/ardusystem-shields/69-shield-ramps-impresora-3d.html>



- Soporte para hasta 5 Drivers A4988 o DRV8825
- I2C e SPI disponibles para expansiones (pantalla, memoria microSD)

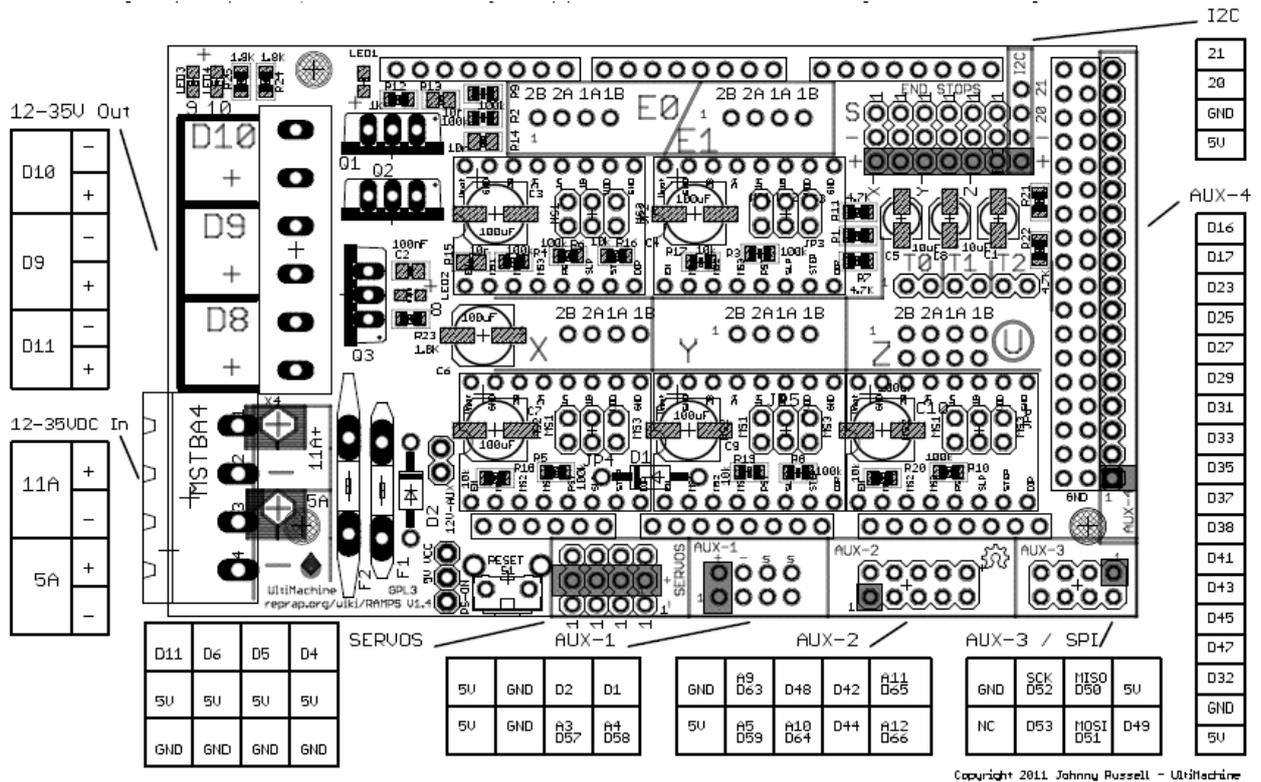


Figura 12: Pinout de la Placa RAMPS 1.3



# MEGA Conn.

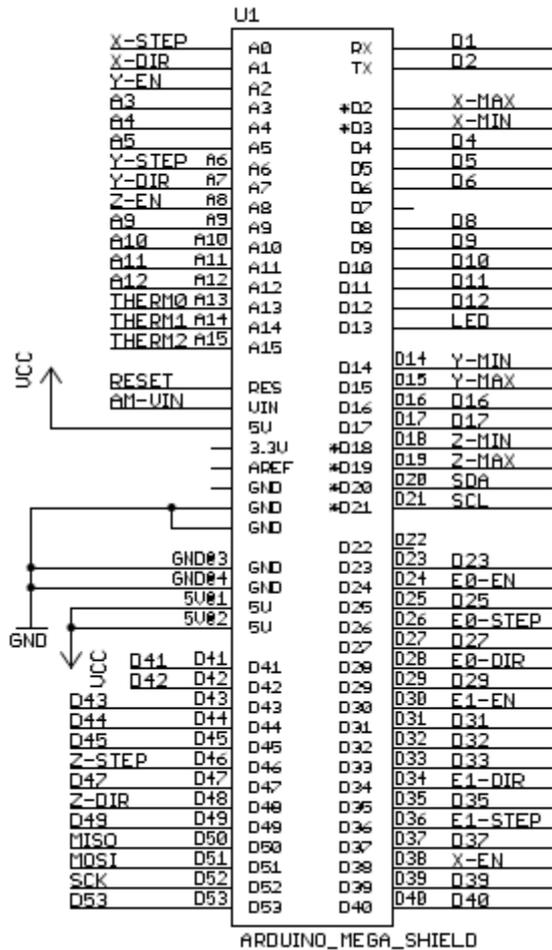


Figura 13: Esquemático Arduino Mega

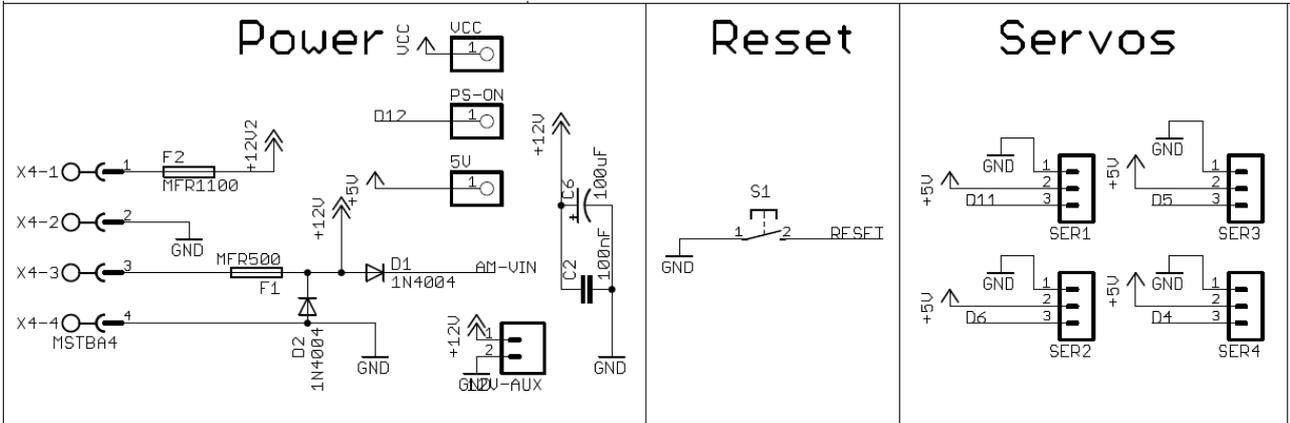


Figura 14: Esquemático Power, Reset y Servos de la Ramps

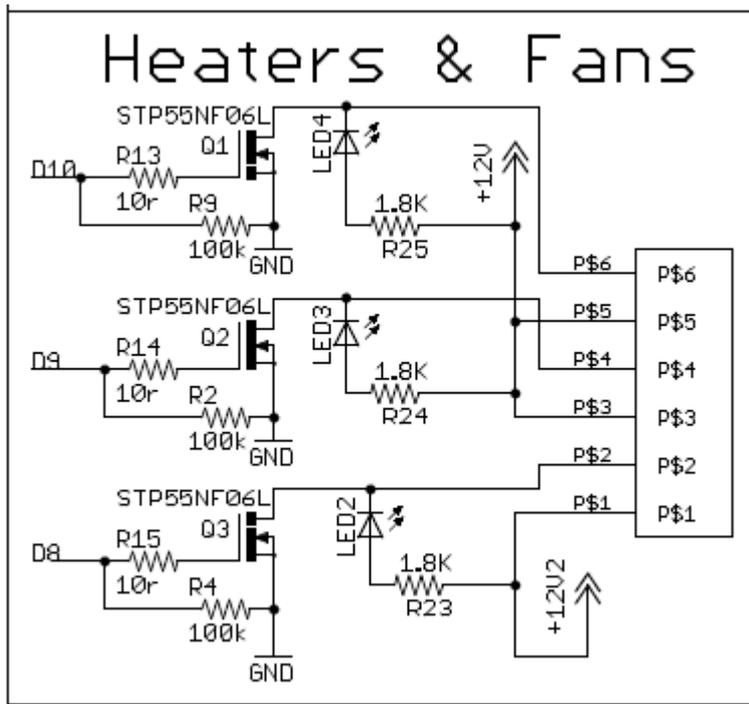


Figura 15: Esquemático Heaters y Fans Ramps

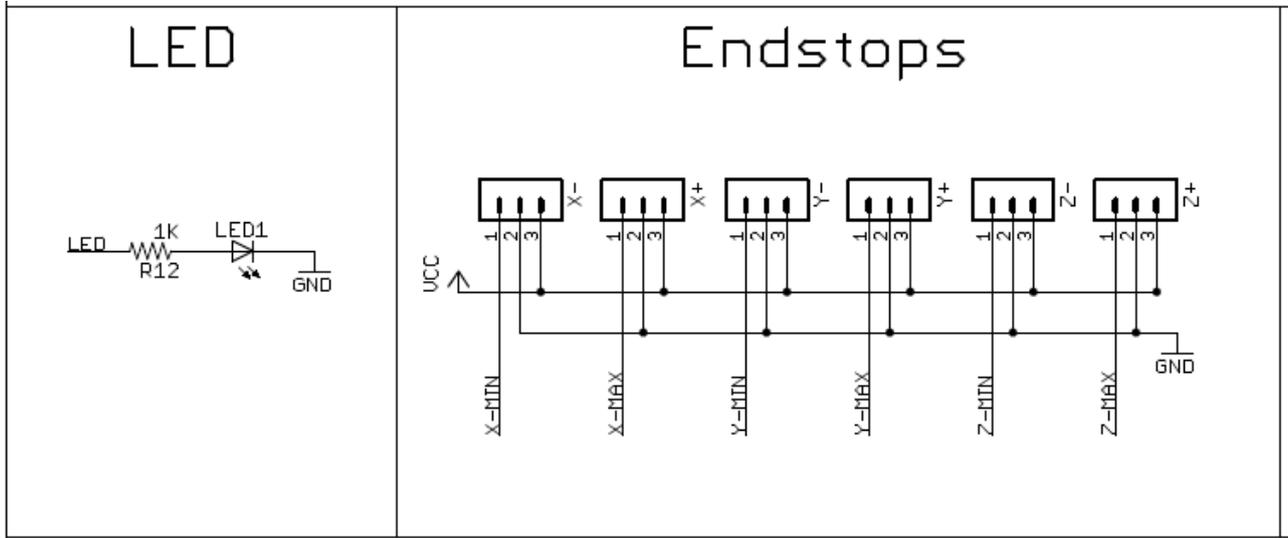


Figura 16: Esquemático LED y Endstops

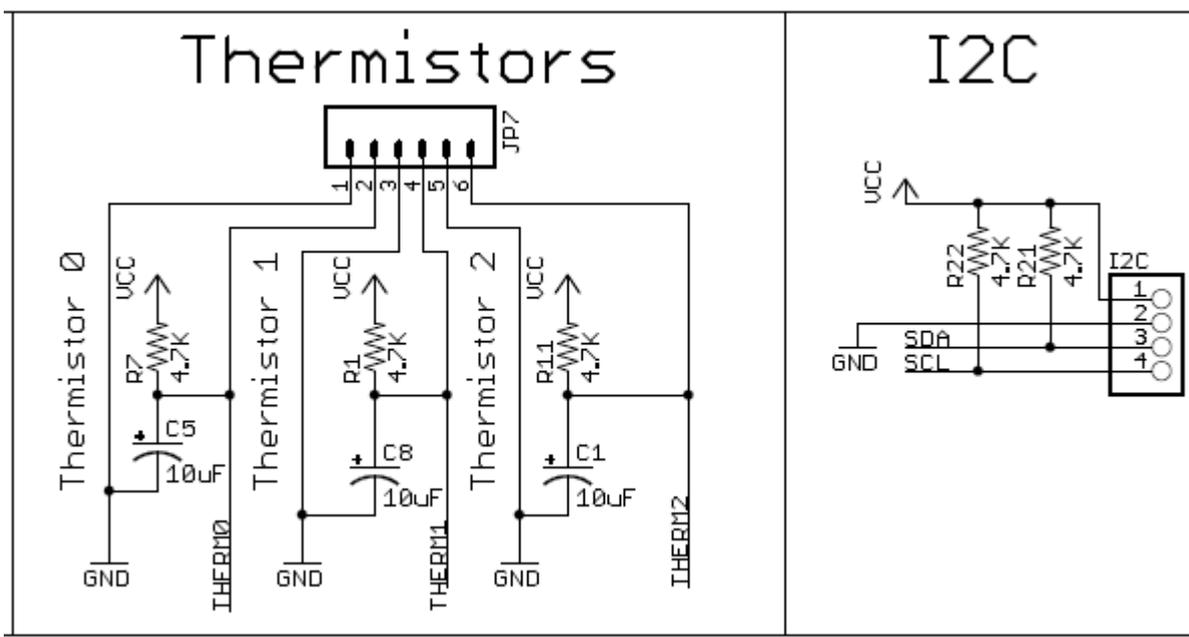


Figura 17: Esquemático Termistores y I2C de RAMPS



# Stepper Drivers

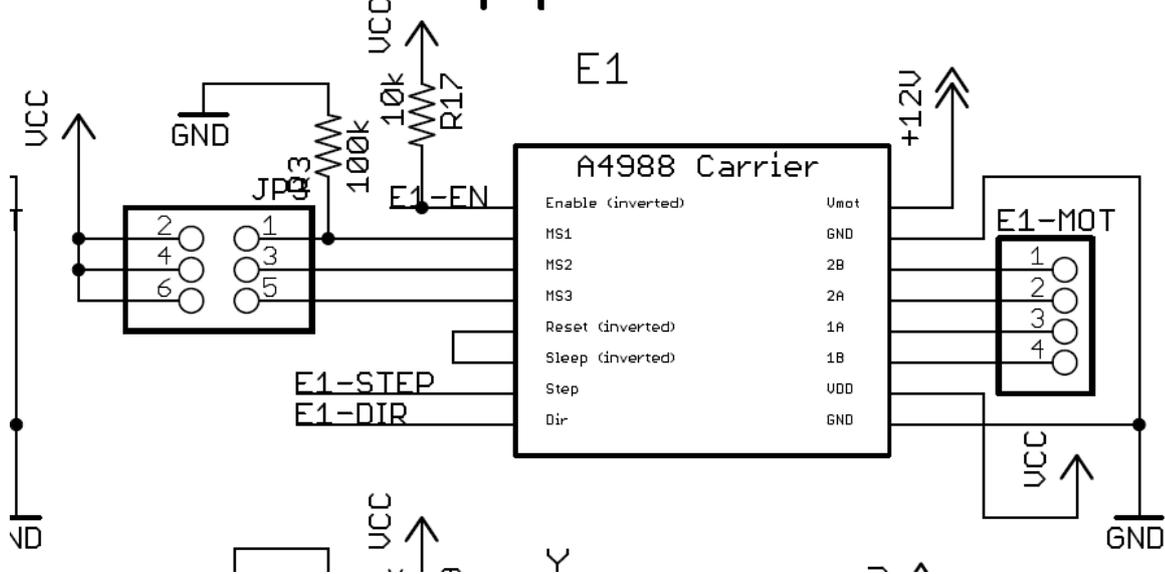
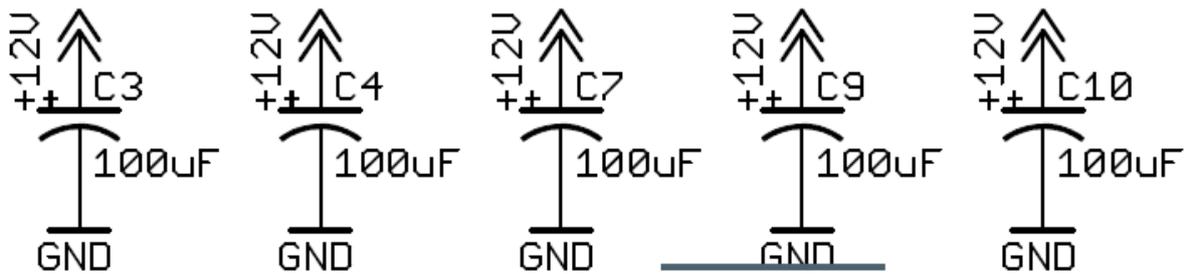
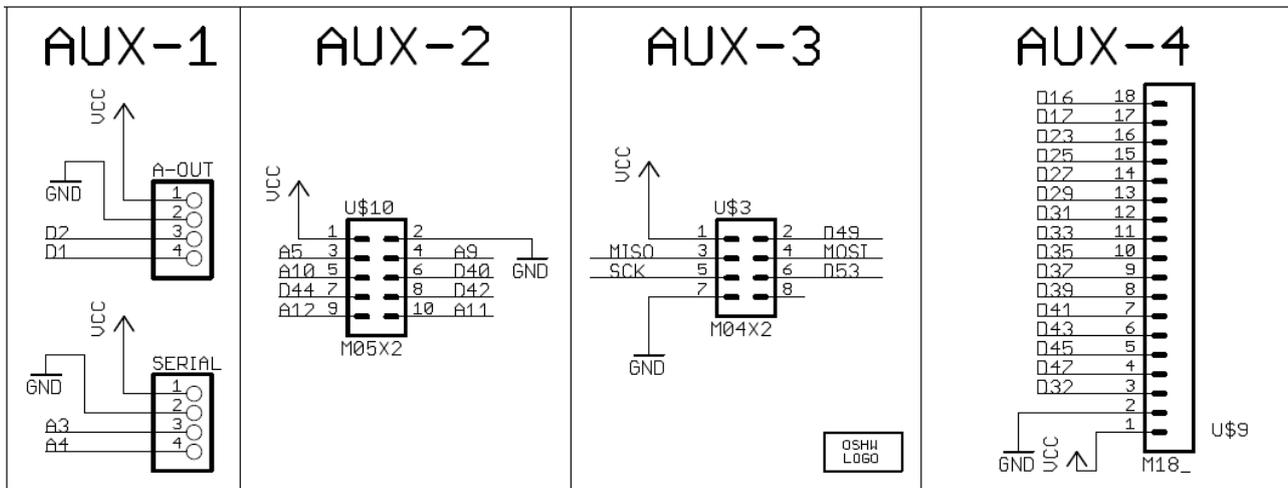
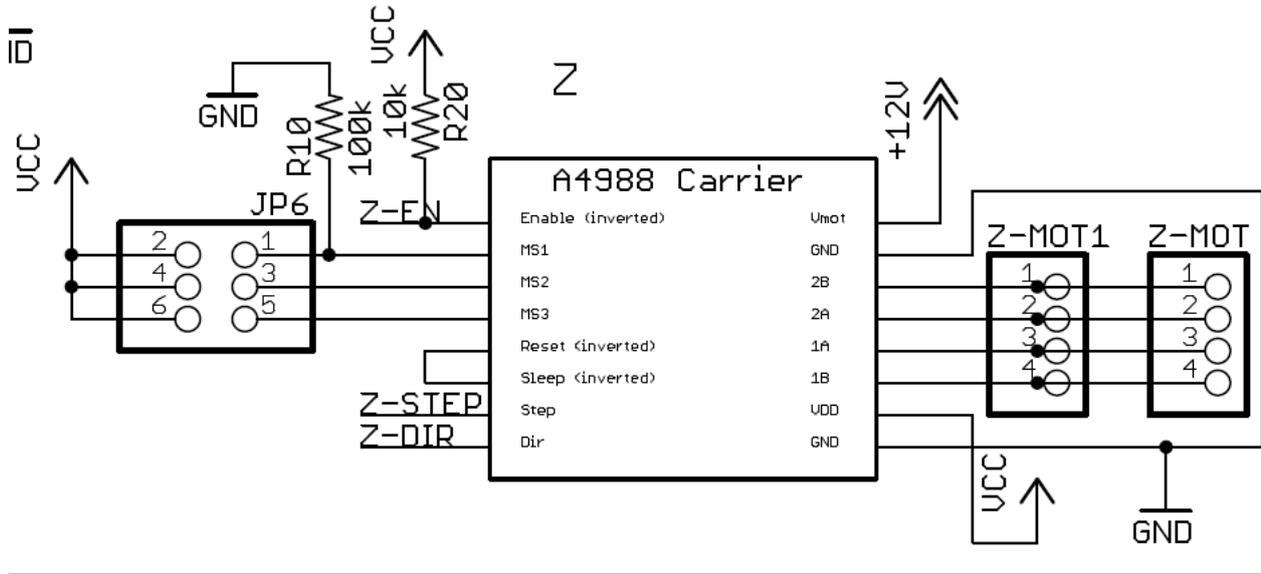
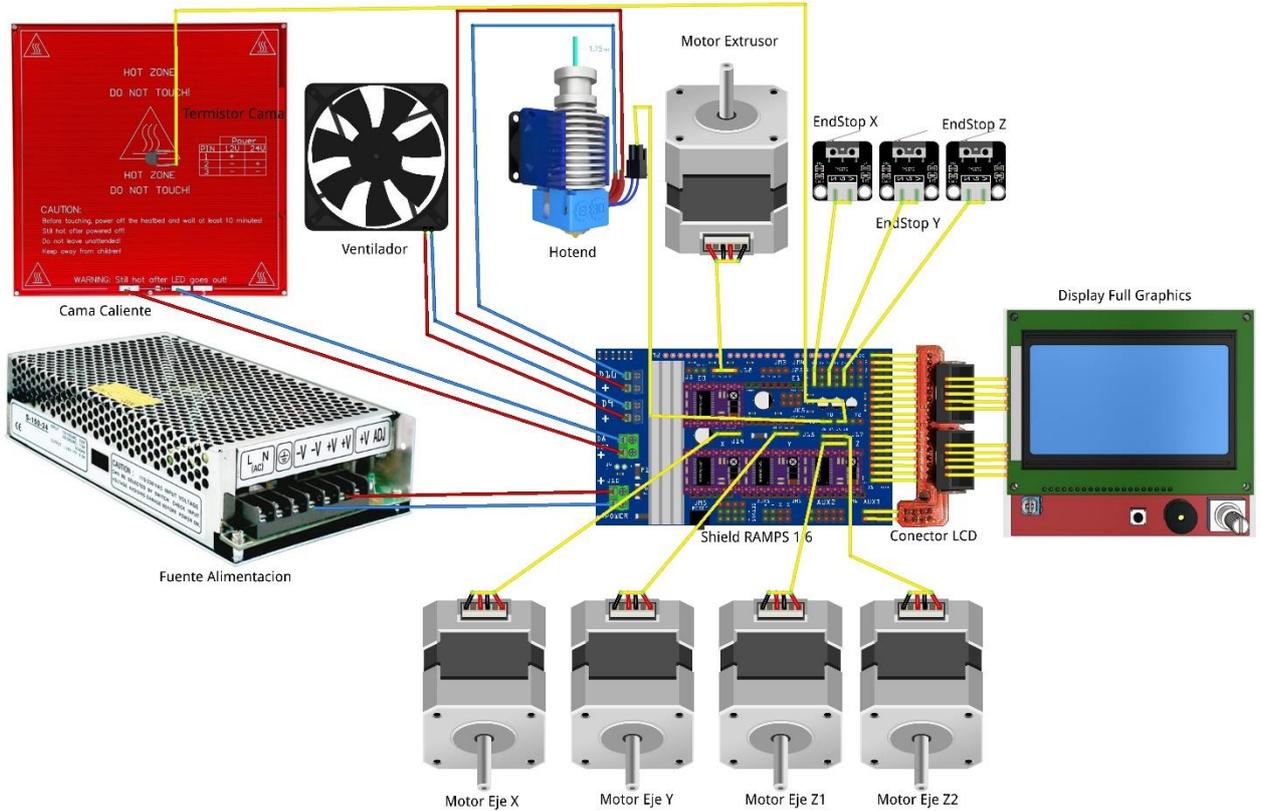


Figura 18: Esquemático Drivers PaP RAMPS







fritzing

Figura 19: Diagrama Conexión RAMPS



### Driver Pololu:

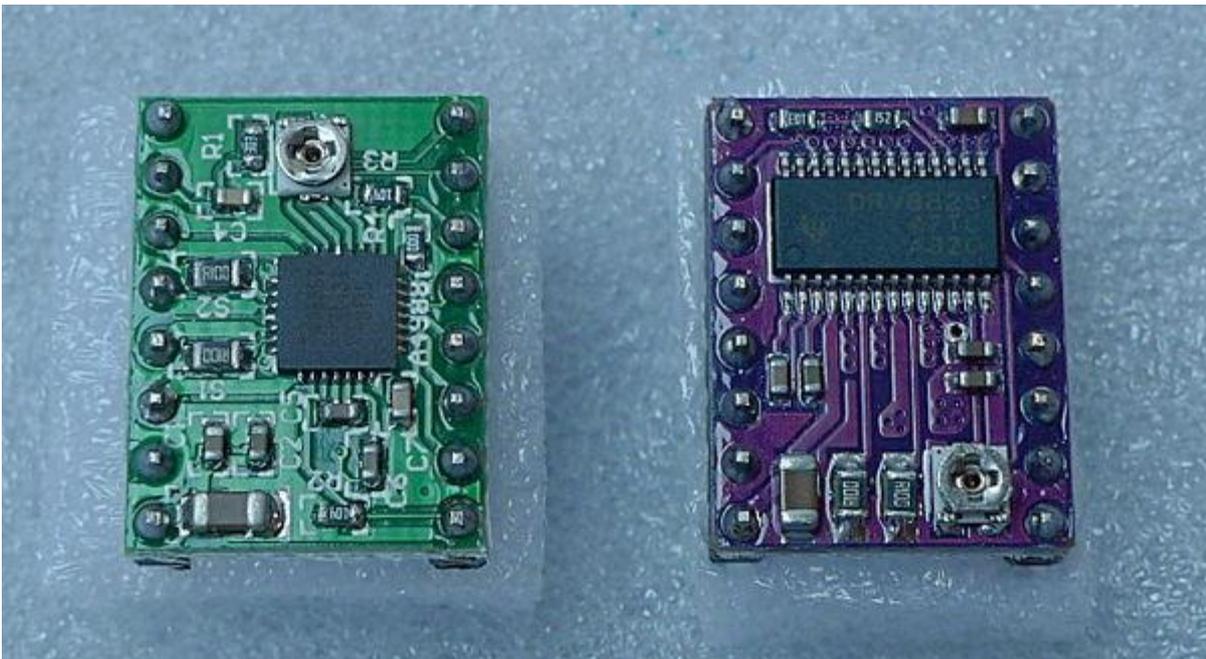


Figura 20: A4988 vs DRV8825

El A4988 y el DRV8825<sup>9</sup> son controladores permiten manejar los voltajes e intensidades que requieren los motores PaP, limitar la corriente que circula por el motor, y proporcionar las protecciones para evitar que la electrónica pueda resultar dañada.

Para su control únicamente requieren dos salidas digitales, una para indicar el sentido de giro y otra para comunicar que se desea que el motor avance un paso. Además, permiten realizar microstepping, una técnica para conseguir precisiones superiores al paso nominal del motor.

Comparativamente tenemos:

Tabla 1: Comparativa Drivers

A4988	DRV8825
Control de hasta 2A	Control de hasta 2.5A

<sup>9</sup> <https://www.luisllamas.es/motores-paso-paso-arduino-driver-a4988-drv8825/>

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

Alimentación de hasta 35V	Alimentación de hasta 45V
Micropasos máximo 1/16	Micropasos máximo 1/32

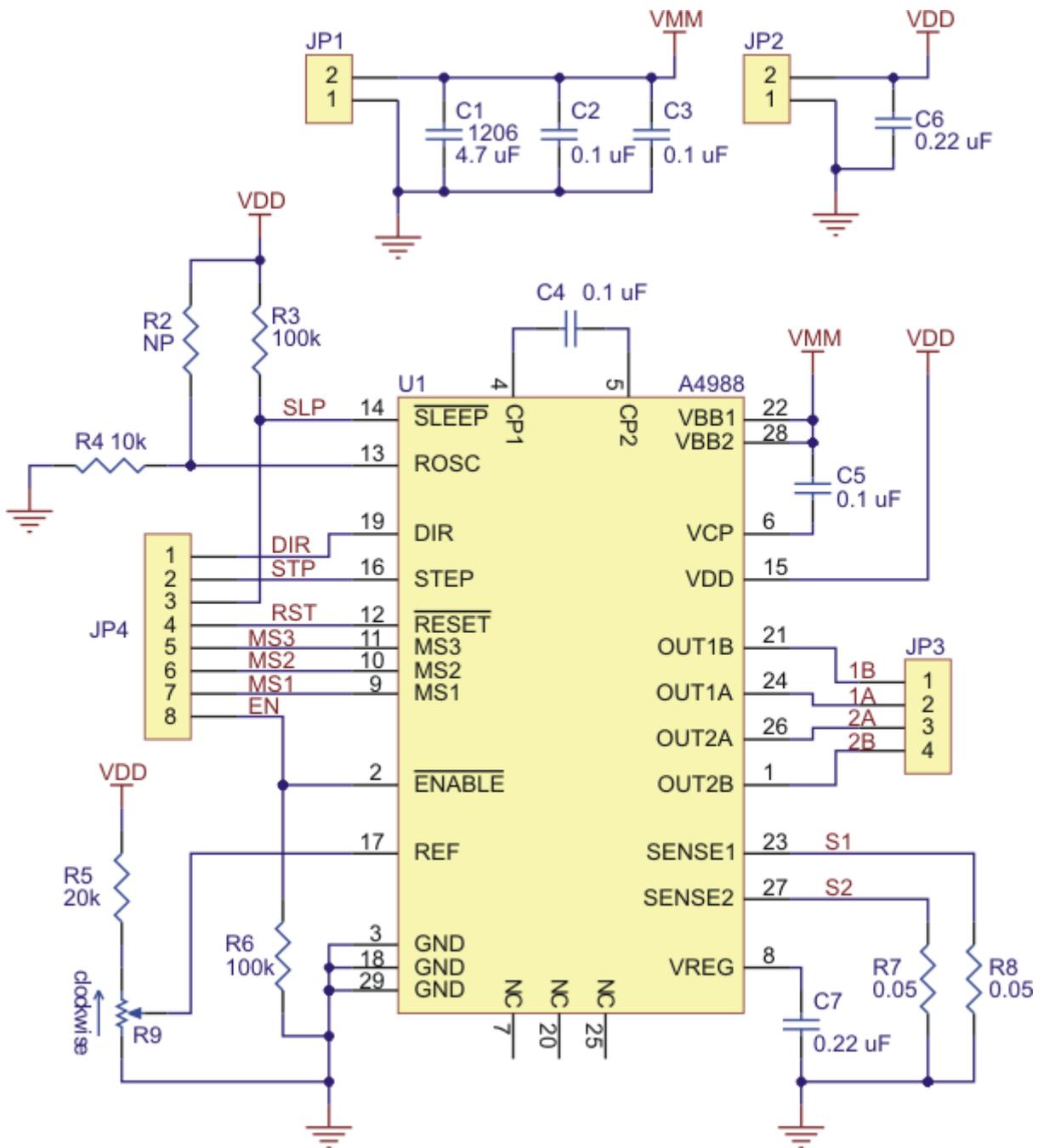


Figura 21: Esquemático Driver Pololu

Como en la mayoría de los controladores de motores el componente fundamental es un puente-H. En el caso del A4988 y DRV8825, destinados a controlar motores paso a paso, se dispone de dos puentes-H (uno por canal) constituidos por transistores MOSFET.



Sin embargo, a diferencia de controladores más simples como el L298N o el TB6612FNG, que presenta una electrónica relativamente simple, el A4988 y el DRV8255 tienen una electrónica considerablemente más compleja.

A modo de ejemplo, la siguiente imagen tenemos el esquema del DRV8255 y, como vemos, los puentes-H (remarcados en azul) representan una parte muy pequeña del conjunto.

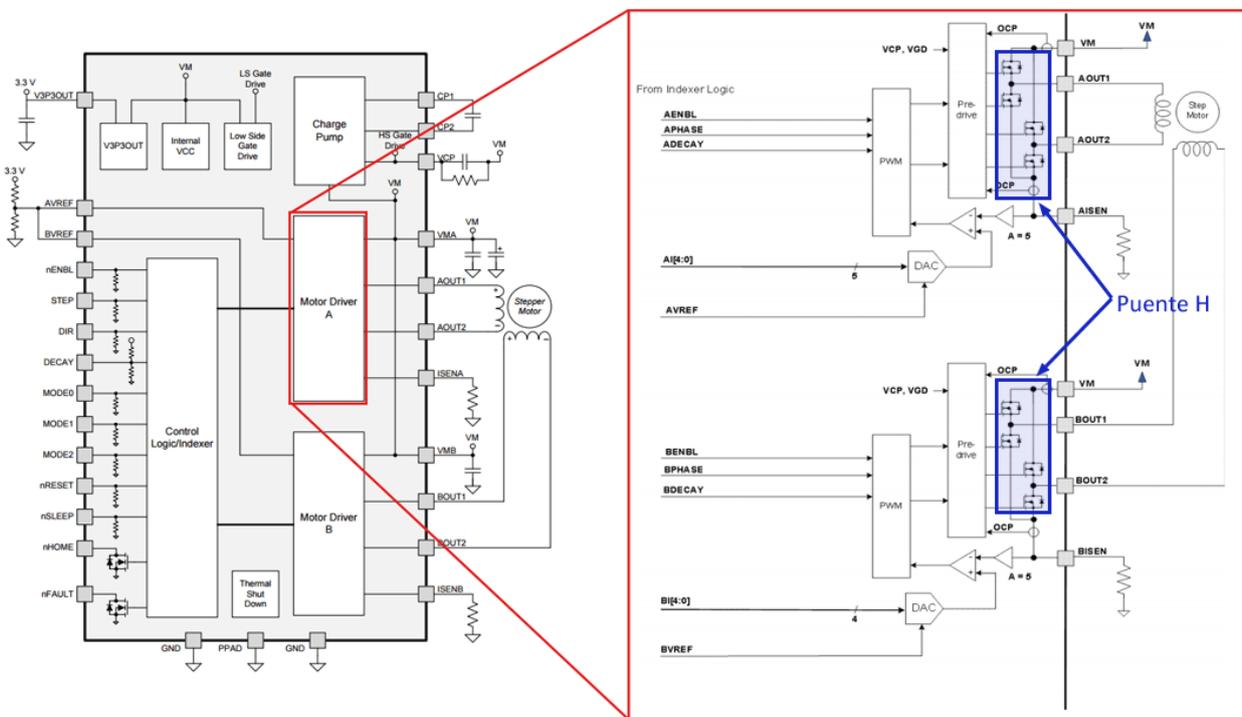


Figura 22: Módulos de los Driver Pololu

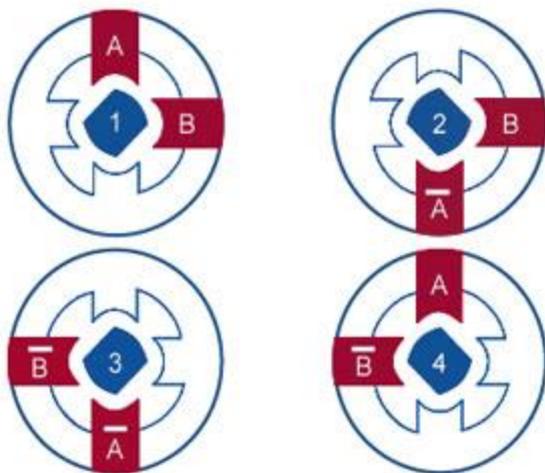
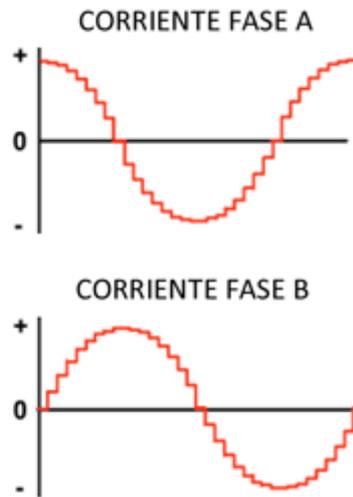
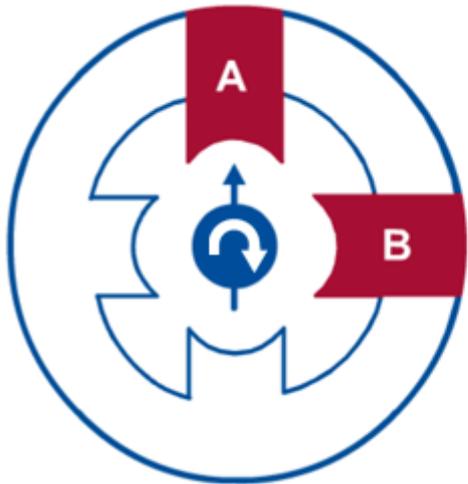
Uno de los motivos para esta complejidad es que únicamente requieren dos señales digitales de control para hacer funcionar el motor, y que incorporan las protecciones necesarias para su manejo. Además, incorporan funciones especialmente diseñadas para el control de motores paso a paso, como son el regulador de intensidad y el Microstepping.

Como hemos dicho, el microstepping es una técnica que permite obtener pasos inferiores al paso nominal del motor paso a paso que vamos a controlar.

El microstepping hace variar la corriente aplicada a cada bobina emulando un valor analógico. Si pudiéramos a ambas bobinas dos señales eléctricas senoidal perfecta



desfasadas 90° conseguiríamos un campo magnético rotatorio perfecto en el interior del motor.



Sin embargo, si aplicamos microstepping en cualquier de sus modos de funcionamiento, el controlador llega a aplicar el 100% de la corriente a una de las bobinas en un determinado paso. La cantidad de corriente concreta aplicada a cada bobina varía con cada paso.

El hecho de que sin microstepping la corriente aplicada es siempre el 71%, y si aplicamos microstepping (en cualquier resolución) la corriente aplicada llegará a ser del 100% en

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

algún paso, es muy importante a la hora de calibrar la intensidad que circula por las bobinas.

Finalmente, la resolución con la que queremos que funcione el controlador se controla aplicando tensión a los Pines M0, M1 y M2. Estos pines están puestos a tierra mediante resistencias de Pull-Up, por lo que si no conectamos nada estarán a Low, y sólo deberemos forzar los pines en High.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Motor nema:



Figura 23: Motor Nema 17<sup>10</sup>

El motor paso a paso Nema 17 cuenta con:

- 200 pasos por revolución (1.8° por paso)
- Cuerpo: ancho: 42mm alto: 28mm
- Voltaje: 4.8 V
- Corriente: 0.6 A
- Torque: 1200 g/cm
- Temperatura de trabajo: -20 a 50 °C

Además, el motor Nema 17 es robusto, por eso se emplea en aplicaciones como las impresoras 3D caseras y otros robots que necesitan tener una consistencia considerable. También es usado en cortadoras láser, máquinas de CNC, máquinas pick & place, etc.

<sup>10</sup> <https://www.hwlibre.com/nema-17/?msclkid=6e28dfa8d08b11ec910cbd7099728ac8>

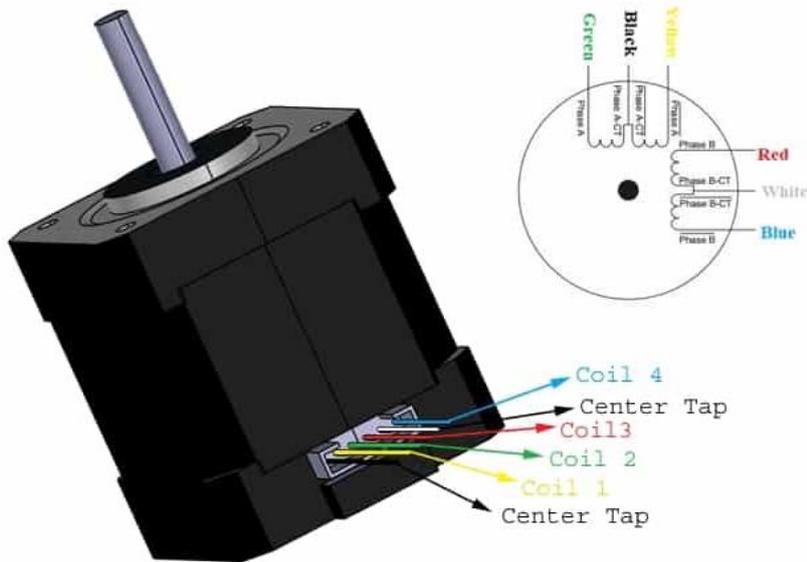


Figura 24: Pinout Nema 17

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Endstop Mecánico:

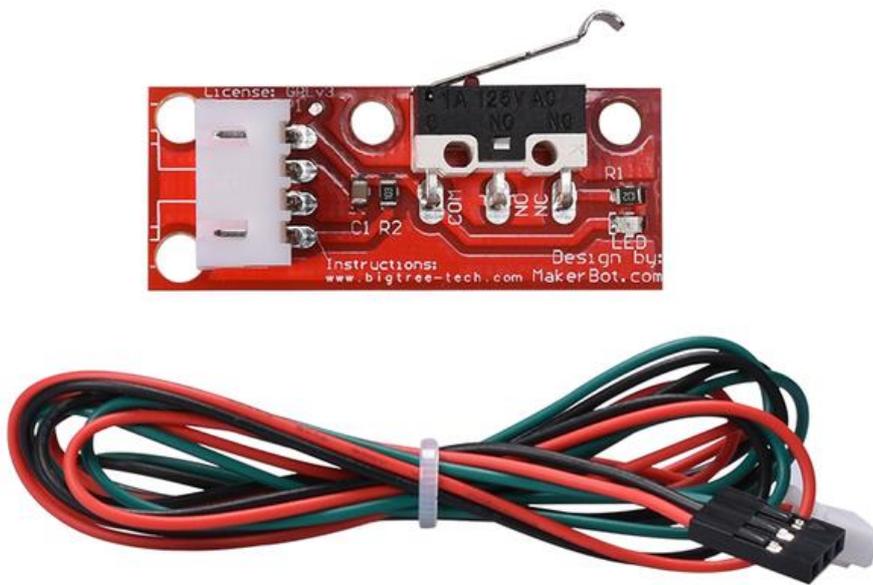


Figura 25: Endstop Mecánico<sup>11</sup>

Este sensor de contacto mecánico, llamado también como final de carrera, es un dispositivo que es capaz de cambiar el estado de sus contactos internos NA (normalmente abierto) y NC (normalmente cerrado), según si se ejerce una presión en su brazo metálico.

El módulo incluye los cables de conexión, que puede ser conectado a un puerto de 4 pines, de los cuales, los 2 centrales son para GND, otro para la señal del final de carrera y el último para la alimentación, ya que la placa tiene un pequeño LED que se encenderá cuando sea pulsado el final de carrera.

---

<sup>11</sup> <https://joled.com.ar/productos/fin-de-carrera-endstop-mecanico-impresora-3d-cnc-arduino/>

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

**Hotend:**



*Figura 26: Hotend E3D*

El hotend, o “punta caliente”, es donde el filamento se funde para ser depositado en la cama de impresión.

De esta pieza dependen distintos factores de la impresión; por un lado, la resolución de impresión depende del tamaño de la boquilla de extrusión, a menor tamaño más definición, así mismo y de manera inversa interfiere en la velocidad de impresión. Por otro lado, también la temperatura que alcance el hotend afecta en la definición final de la pieza, puesto que una temperatura demasiado alta haría perder consistencia al filamento a la hora de depositarse, en contra parte una temperatura fría podría llevar a inconvenientes con la impresora en la sección extrusora.

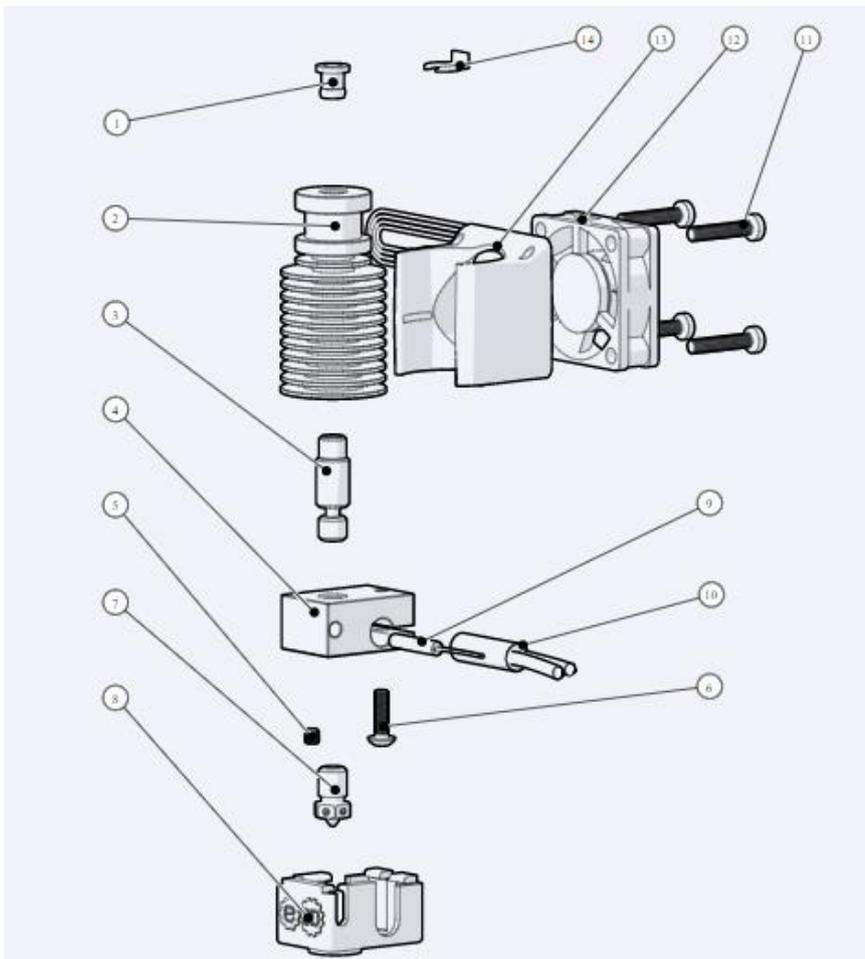
Hay mucha variedad de estos, y todo son aptos para la impresora, teniendo en cuenta los factores previamente mencionados.



Se escogió el hotend E3D <sup>12</sup>por ser le mas usado en el mercado.

El mismo cuenta con:

- Resistencia calefactora de 12V, 2.8A
- Termistor pt100, para monitoreo de temperatura desde el firmware.
- Cooler 12V, 80mA de 30x30mm, para refrigerar el aislante de aluminio y el tubo de PTFE para evitar empastamientos en la entrada del hotend.
- Capacidad de filamentos de 1.75mm
- Extrusión con boquilla de 0.4mm



- 1- Acople para manguera PTFE
- 2- Aislante aluminio
- 3- Tubo PTFE
- 4- Bloque calefactor
- 5- Tornillo prensa resistencia
- 6- Tornillo prensa termistor
- 7- Nozzle
- 8- Cubre Nozzle
- 9- Termistor
- 10- Resistencia calefactora
- 11- Tornillo prensa cooler
- 12- Cooler
- 13- Soporte cooler
- 14- Soporte acople

Figura 27: Composición del Hotend E3D<sup>13</sup>

<sup>12</sup> [https://e3d-online.zendesk.com/hc/en-us/article\\_attachments/360016249998](https://e3d-online.zendesk.com/hc/en-us/article_attachments/360016249998)

<sup>13</sup> <https://e3d-online.com/products/v6-all-metal-hotend>

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## Cama caliente:

La cama caliente es una pieza opcional en la impresión 3D, dado que sin ella es posible de igual manera la impresión; exceptuando la situación en la que se utiliza ABS como filamento. Sin embargo, es frecuentemente utilizada, ya que facilita la terminación de las piezas y con una inversión inicial ya se obtiene una impresora sin limitaciones en el tipo de filamentos.

Hay muchos modelos y tamaños, pero en general se dividen en dos grupos: de 12V o 24V.

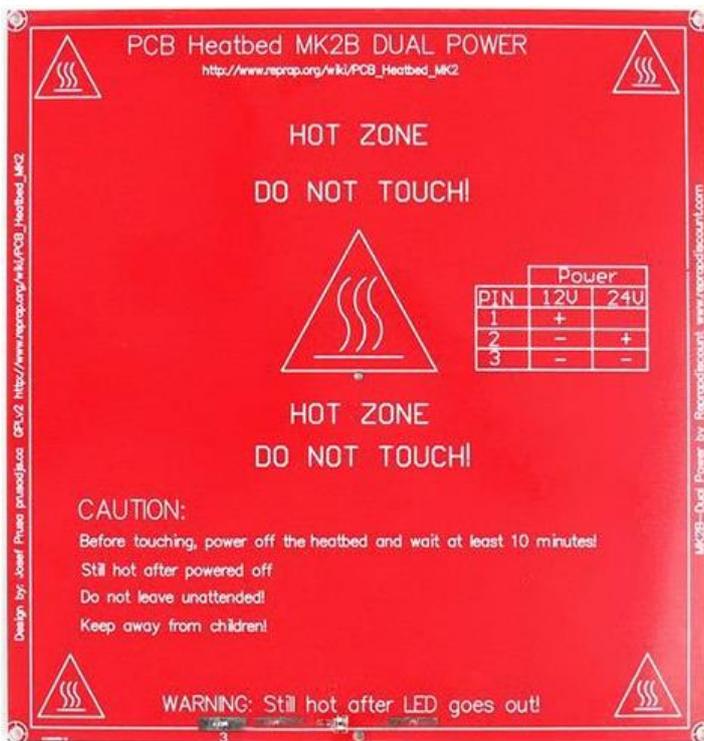


Figura 28: Cama Caliente MK2

Al trabajar con 12V, es posible alimentar la cama directamente con las conexiones que usamos en la Shield RAMPS, dado que esta trabaja a 12V. Pero en contraprestación, tenemos que requerirá consumos de corriente tan elevados que la mayoría de las placas no las soportará.

Al trabajar con 24V, reducimos a la mitad la corriente circulante, pero en su contra tenemos que para suministrar estos 24V necesitaremos una fuente exclusiva que nos brinde esta tensión.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

En este caso se trabajó con un MK2<sup>14</sup>, siendo seleccionada por disponibilidad dentro del mercado.

La misma presenta las siguientes características:

- Alimentación de 12V o 24V
- Consumo de 11A a 12V o 7A a 24V
- Dimensiones variables.

Es importante aclarar que nuestro diseño de impresora cuenta con una plataforma de metal (aluminio) que expande el calor producido por la cama caliente a toda la zona de impresión, permitiendo diferir en el tamaño una de otra.

---

<sup>14</sup> <https://www.geekfactory.mx/tienda/robotica/piezas-para-cnc-e-impresoras-3d/cama-caliente-para-impresora-3d-mk2/>

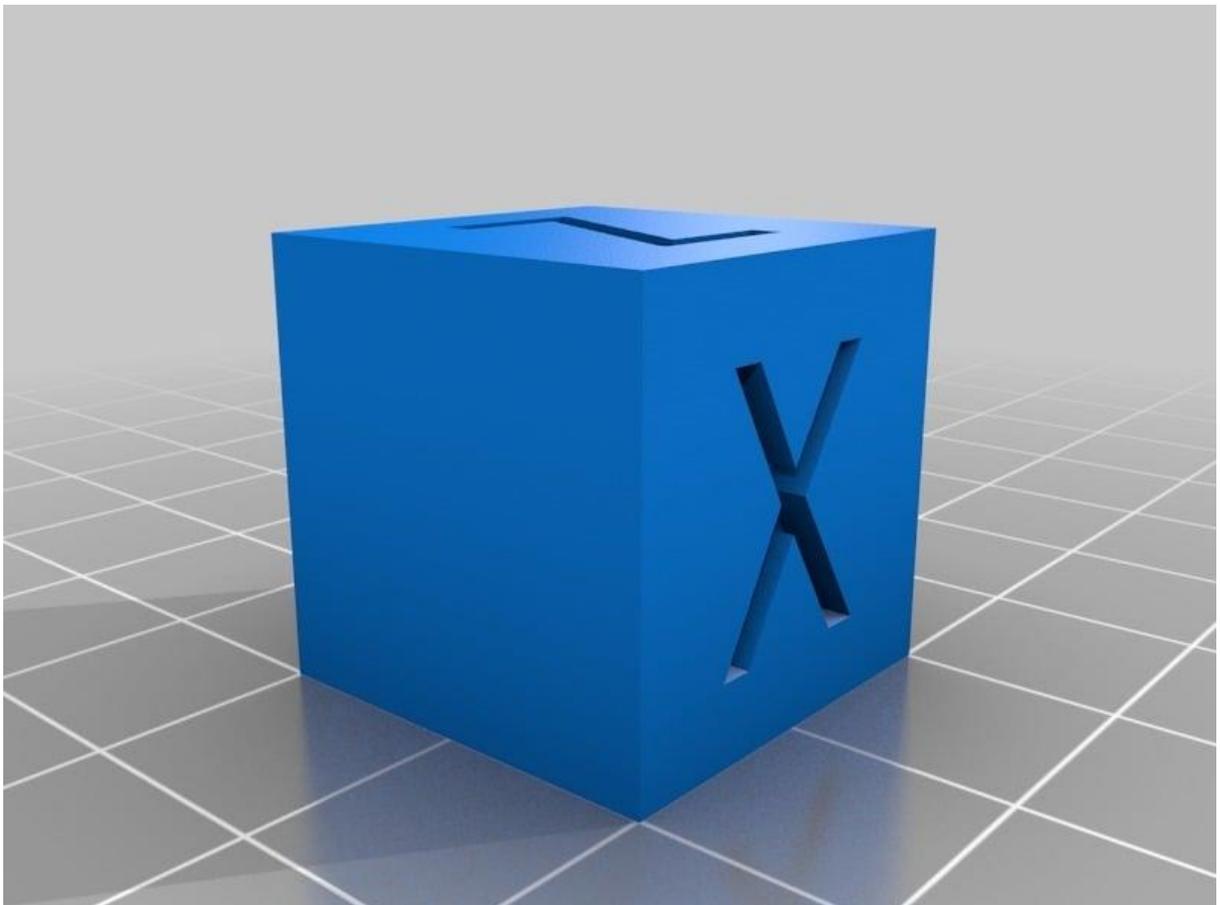
 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## 2.4 Problemas

### Pruebas y experiencias

#### - Cubo de 20x20x20mm

El mismo es utilizado para determinar los pasos por milímetro correctos de cada impresora recién ensamblada, dado que los valores pueden variar, aunque las piezas sean las mismas:

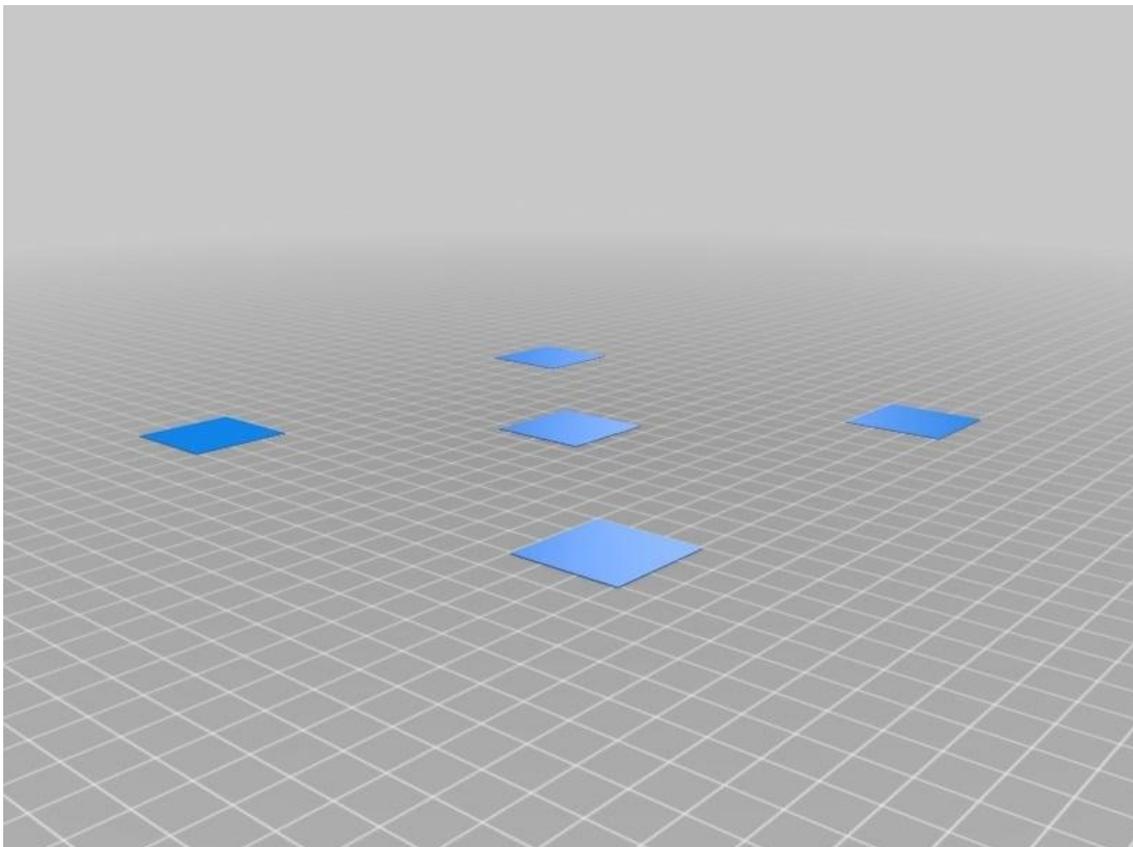


*Figura 29: Cubo de calibración*

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

- Plataforma de 5 puntos para calibrar nivel de la cama

Luego, se utiliza una impresión de 5 puntos para nivelar la cama en todas sus esquinas:



*Figura 30: Calibracion de cama*

## **Problemas y Soluciones implementadas**

- Curvatura por peso en eje Y:

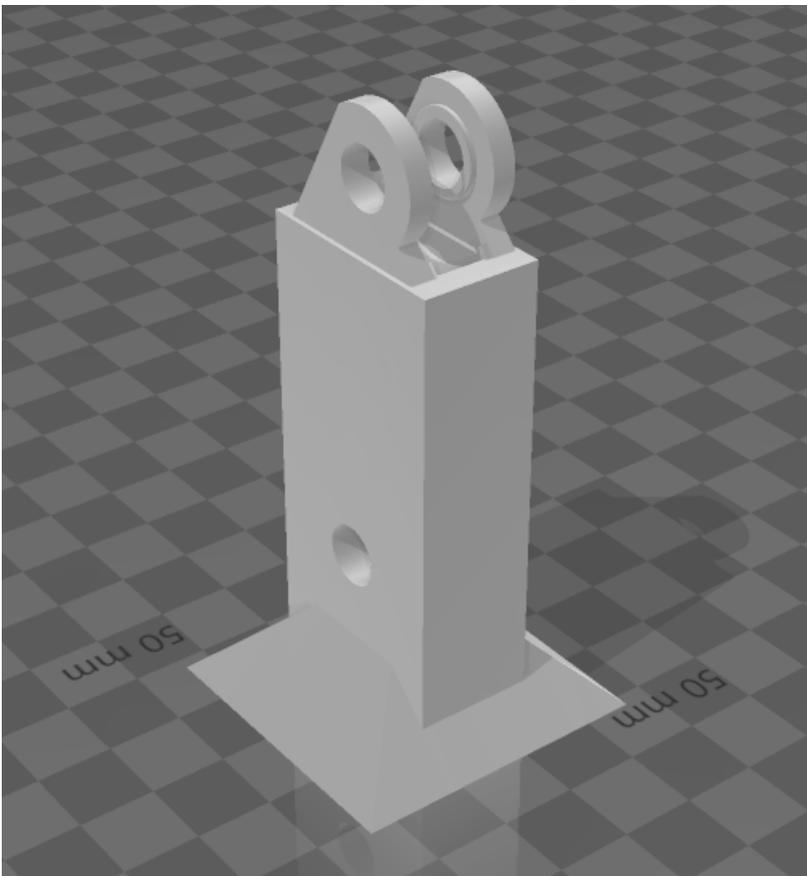
Al probar empíricamente los tamaños posibles de la impresora, se encontró que el eje Y es el que más sufría el cambio de tamaños, dado que, al

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

aumentar el tamaño de la cama, el tamaño final en Y es el doble que el cambio implementado. Esto es a causa de el recorrido que el eje Y da.

Para solucionarlo se propusieron dos soluciones:

- la creación de un pie extra, posicionado en el medio del eje Y, para sostener el peso extra que la cama genera, la cual no resulto:



*Figura 31: Pie extra para eje y*

- la restricción del tamaño de impresión a un límite que no deforme este eje.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

- Problemas para lograr una correcta alimentación de la cama:

La cama caliente, es el periférico de la impresora que más consumo eléctrico tiene, siendo este de 12.5A promedio, por lo que, al estar en funcionamiento, generaba parpadeos en la alimentación del resto de dispositivos, y en ocasiones la rotura de su fusible de protección, el cual es de 11A.

Para solucionar esto hay diversas posibilidades analizadas:

- Utilizar una cama caliente de 24V: el uso de una cama caliente de más tensión que los 12v comunes, permite que requiera un menor consumo de corriente, lo que al final de cuentas es el motivo de los parpadeos de los dispositivos.

Esta solución, si bien es económica en el sentido que una cama caliente de 12v y una de 24v tienen un costo similar, conlleva la necesidad de conseguir una alimentación de 24v para dicha cama, la cual en las impresoras convencionales no se encuentra.

- Alimentar la cama con un relé independiente: esto permitiría que la corriente que la cama utiliza provenga directamente de la fuente, sin pasar por los MOSFET de potencia, ni quitando corriente a los demás periféricos.

Esta solución es costosa e impráctica, ya que el relé, por lo general de estado sólido, debe anexarse a los dispositivos externamente. Aun así, es la solución más implementada y mundialmente aceptada como la mejor.

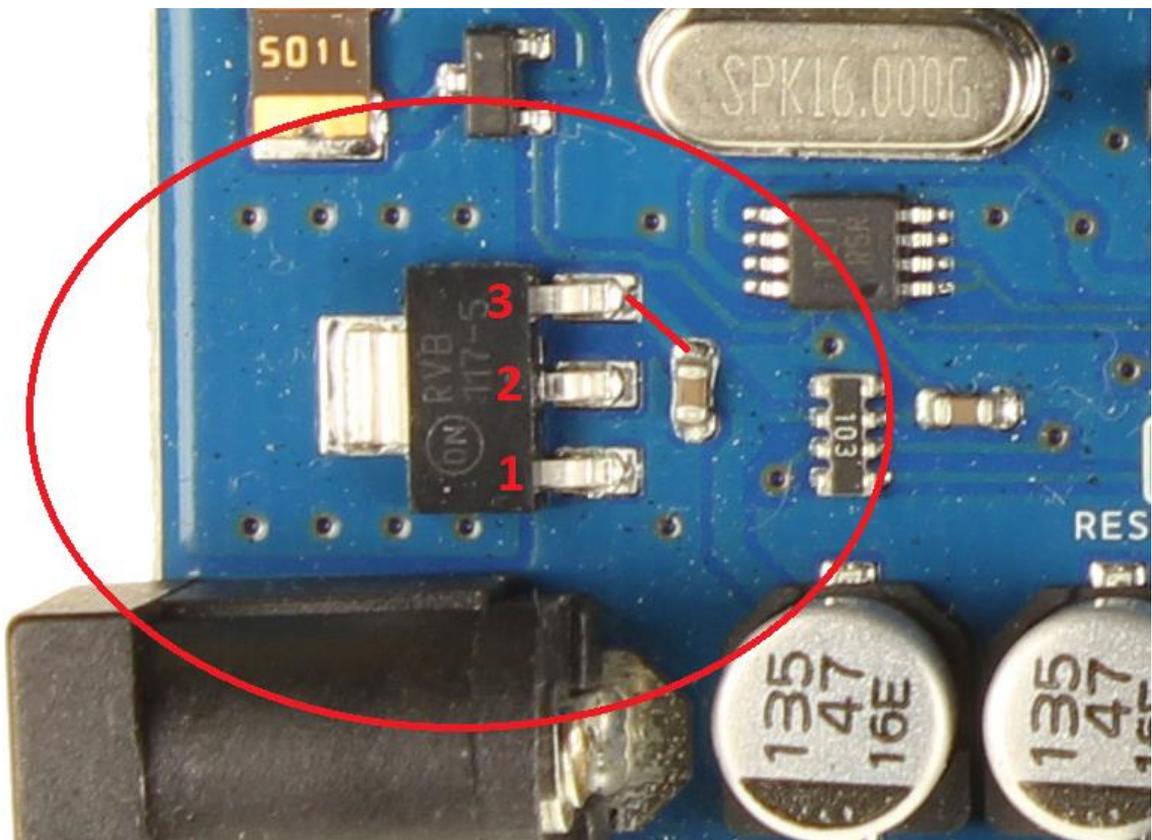
- Actualizar la Shield Ramps: utilizar la última versión de la Shield Ramps asegura el uso de los últimos elementos de control de potencia, así como mejoras en los Mosfet y disipaciones de calor.

En la versión 1.6, se logra una mejora en todos estos ítems, mostrando un resultado muy aceptable, por lo que fue la opción utilizada.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

- Falla en el regulador de tensión de la placa de desarrollo:

Al trabajar con la impresora y maniobrar los cables, se generó un corto en la parte de la Shield ramps que controla los Endstop, provocando que la impresora no encienda más.



*Figura 32: Regulador de tensión del Arduino Mega*

Luego de revisar y comprobar que al alimentar la placa por el puerto USB si encendía, se determinó que el corto provoco el deterioro del regulador de tensión del propio Arduino.

Se busco el repuesto del integrado encargado de esto, un AMS117 5v, que al reemplazarlo soluciono la falla.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

- Falla en el fusible reseteable de la Shield RAMPS:

En diversos intentos de lograr el correcto PID para la cama caliente, en un ensayo se encontró que la cama no elevó nunca temperatura, dado que su Mosfet no accionaba.

Luego de rastrear el sistema, se determinó que el fusible que protege la cama había sido quemado.

Se lo reemplazó por uno externo reemplazable.

- La impresión comienza con una altura de 1.5cm por defecto:

Todos los intentos de impresión comenzaban con una altura de 1.5cm por defecto, sin importar la pieza a imprimir.

Luego de rastrear la falla, se encontró que el problema está en el creador de GCODE, en nuestro caso el software Ultimaker Cura, el cual, al generar el código, incorporaba por defecto este desnivel.

Al editar los parámetros del software, el problema se solucionó.

- Falla al subir modificaciones al firmware:

En una ocasión se encontró que, al intentar subir modificación al firmware, el mismo no era reconocido por la pc.

Para solucionar esto se cambió el cable de datos de programación, solucionando el problema.

- Fallo que deforma en X las piezas impresas:

Las piezas impresas mostraban deformaciones/solapamientos/corrimientos en el eje x.

Luego de analizarlo y hacer pruebas, se determinó que el problema estaba en la sujeción del motor del eje x, el cual, al estar suelto, permitía su

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

incorrecto desplazamiento de la zona de anclaje, convirtiéndose esto en las deformaciones vistas.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## 2.5 Análisis del software

### 2.5.1 Funciones Principales

Las funciones principales están vinculadas a la interfaz gráfica del programa y se ejecutan acorde con las interacciones del usuario en el interfaz. Estas funciones se encuentran en el archivo de programación mainwindow.cpp, el cual es el archivo donde se programa la ventana principal del ejecutable.

#### **MainWindow(QWidget \*parent)**

Constructor del programa, donde se inicializa la interfaz de usuario, se establece el título de la ventana principal, como su icono. Además, se inicializan los spinbox con los valores mínimos y máximos que se pueden utilizar, y los botones se deshabilitan. Como último agregado, se ocultó el botón que generaba la previsualización 3D, dado que esta se encuentra en desarrollo.

#### **~MainWindow()**

Destructor del programa, cierra la interfaz de usuario del programa

#### **on\_buttonGenerar\_clicked()**

Es el encargado de generar el Firmware de la impresora. Se divide en 4 etapas:

Lectura de firmware: en esta etapa, abrimos para lectura el archivo de recursos que contiene el archivo original del firmware que se editará.

A su vez guarda, línea por línea, el texto que este archivo contiene.

Edición de firmware: escribimos en las líneas determinadas, los valores de cama de los Spinbox, y luego cerramos el archivo original de recursos.

Escritura de firmware: se guarda el archivo Configuration.h junto con los recursos del Marlin ya editado

Cuadro de aviso: Es un cuadro de aviso que, como su nombre lo indica, alerta el guardado o no del firmware modificado

#### **on\_buttonPrevisualizar\_clicked()**

Esta función inicialmente llama a la función auxiliar “docalculos()”

Posteriormente cuenta con 4 etapas

Lectura .csv: Aquí abre una planilla modelo que tiene el programa como un recurso interno para poder armar la planilla definitiva de materiales.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

Escritura .csv: Se escribe el archivo con la lista de materiales necesarios para la impresora deseada.

Edición de grafico: Se muestra la imagen prototipo de impresora 3D.

Retoges a tabla: Se le da a la tabla, que se muestra en el interfaz, la forma deseada para que sea legible.

Finalmente se habilitan los botones de “Guardar” y “Generar firmware”.

### **on\_buttonGuardar\_clicked()**

Esta función esta correlacionada al botón Guardar, la cual guarda la tabla generada en previsualizar como un archivo .CSV separado por punto y coma “ ; ”.

### **on\_ayuda\_clicked()**

Es la función del botón ayuda el cual muestra una imagen con definiciones de lo que el software presenta en su pantalla.

### **on\_button3d\_clicked()** - función deshabilitada -

Esta función debería mostrar un prototipo de la impresora en 3 dimensiones, pero dicha función no se pudo lograr, puesto que se vio limitado a la hora de editar el archivo .stl correspondiente a la impresora y que tenga las dimensiones adecuadas.

Se logro ejecutar un programa externo, OpenSource y portable, que muestra un modelo 3D de la impresora, pero esta siempre de tamaños estáticos.

### **on\_XspinBox\_valueChanged(); on\_YspinBox\_valueChanged(); on\_ZspinBox\_valueChanged()**

Estas 3 funciones detectan un cambio en los valores de alguno de los spinbox, deshabilitando los botones de generación de firmware y de guardado de planilla. Esto se mantiene así, hasta que se realicen nuevamente los cálculos mediante la función previsualizar.

### **on\_radioCama\_toggled()**

En esta función se detecta la selección de la opción de cálculo, decidiendo en función del tamaño de cama de impresión o de tamaño total de la impresora, adaptando así los valores cuando se pase de uno a otro y viceversa.

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## 2.5.2 Funciones Auxiliares

Las funciones auxiliares, como su nombre lo indica, están para auxiliar las funciones principales, además se crearon para evitar el código repetitivo. Estas funciones se encuentran en el archivo funciones.cpp.

### **void MainWindow::SetSpines ()**

Esta función 'setea' los valores máximos y mínimos de los "Spines" como así mismo le coloca el valor actual correspondiente, por llamado de alguna función superior.

### **void MainWindow::SetBotones()**

Esta función habilita y deshabilita los botones "Generar" y "Guardar" según corresponda.

### **void MainWindow::generarvector()**

Esta función genera el vector que va a administrar todos los valores involucrados en la lista de materiales, tanto los valores iniciales como los calculados y valores auxiliares que serán exhibidos como guía para el armado de la impresora.

### **void MainWindow::doCalculos()**

Esta función calcula todo lo previamente mencionado, lee directamente de los estados de los de los botones de selección entre tamaño de cama y de impresora, como así también los valores de los spinbox, y los utiliza para calcular usando las ecuaciones previamente deducidas, posteriormente llama a generarvector() para dejarle al programa todos los valores listos para manipular

 <b>UTN Regional Paraná</b>	Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas
Ingeniería en Electrónica	Octubre de 2023

## 2.6 Análisis del firmware

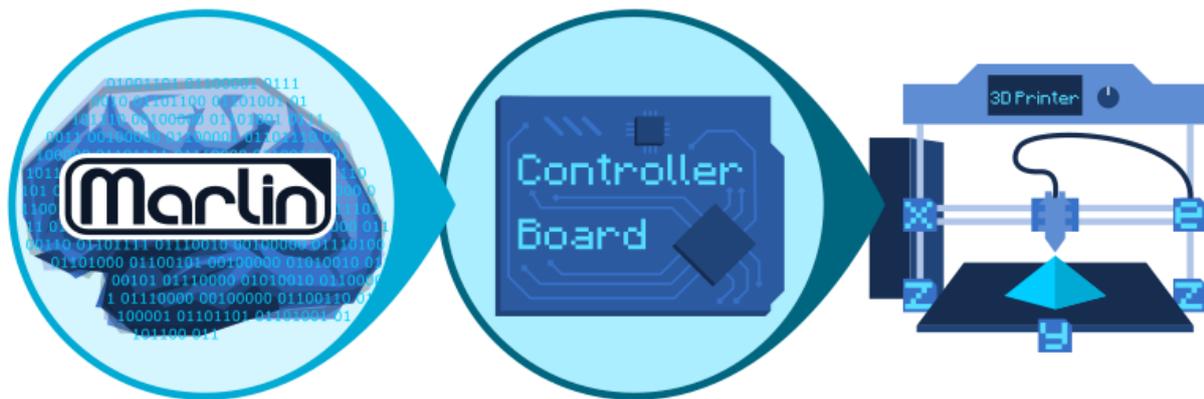


Figura 33: Diagrama Marlin<sup>15</sup>

El proyecto utilizó el firmware Marlin para su funcionamiento, del cual utilizamos su archivo Configuration.h para editar los parámetros necesarios:

- En su primera línea, definimos el nombre que se mostrará en el display LCD:
- ```
1 | #define CUSTOM_MACHINE_NAME "SyR Proyect"
```
- El tipo de Shield a utilizar se modifica en la línea 124, en caso de usar una Shield RAMPS 1.4 debe quedar así:

```
123  #ifndef MOTHERBOARD
124  #define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EFB
125  #endif
126
```

<sup>15</sup> <https://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |

```

140
141 // Generally expected filament diameter (1.75)
142 #define DEFAULT_NOMINAL_FILAMENT_DIA 1.75
143

```

- El parámetro de la línea 142 se altera para determinar el tamaño del filamento a utilizar, dado que también existen de 3mm en adelante.

En caso de utilizar 1.75mm, se deja como esta

```

359 // Ultimaker
360 #define DEFAULT_Kp 16.32
361 #define DEFAULT_Ki 1.07
362 #define DEFAULT_Kd 73.56
363

```

```

404 #define DEFAULT_bedKp 204.93
405 #define DEFAULT_bedKi 15.44
406 #define DEFAULT_bedKd 679.82
407

```

- Los parámetros anteriores, determinan los parámetros del control proporcional integral y derivativo de la cama y la punta caliente.

Los valores dados son, por defecto, funcionales a toda impresora, pero su correcto establecimiento asegura el mejor rendimiento.

```

531 /** Override with M92
532 *          X, Y, Z, E0 [, E1[, E2[, E3[, E4]]]]
533 */
534 #define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 81.87, 81.87, 3102.25, 94.76 }
535
536 /**

```

- En la línea 534 editamos los pasos por milímetro de nuestra impresora.

El mismo no debe editarse a menos se cambie algún parámetro constructivo de la impresora.

Para cambiarlo se debe realizar una impresión de cubo de prueba, descrito en la sección de Pruebas



```
783
784 // The size of the print bed
785 #define X_BED_SIZE 240
786 #define Y_BED_SIZE 240
787
788 // Travel limits (mm) after homing
789 #define X_MIN_POS 0
790 #define Y_MIN_POS 0
791 #define Z_MIN_POS 0
792 #define X_MAX_POS X_BED_SIZE
793 #define Y_MAX_POS Y_BED_SIZE
794 #define Z_MAX_POS 200
```

En sus líneas 785, 786 y 794 establecemos los tamaños de la cama

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |

### Capítulo 3: Resultados

Se obtuvo un software ejecutable en dos sistemas operativos diferentes, “Windows 10” y “Windows 11”, que permite calcular la lista de materiales necesarios para construir una Impresora 3D casera.

El programa previamente mencionado puede calcular según la zona de impresión o según tamaño de impresora, para zonas de impresión desde 10cm. de lado hasta 35cm. de lado. También el programa se encarga de modificar el firmware que utilizara la lógica de control de la impresora.

En cuanto la interfaz lograda, se logró una interfaz con un botón de ayuda que explica el mismo interfaz al usuario.

Además, el kit brinda un instructivo de armado, el listado de piezas imprimibles y el modelo 3D de la impresora.

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |

## Capítulo 4: Discusión y Conclusión.

En base a los resultados obtenidos se puede destacar que se cumplió con la mayoría de los requerimientos planteados al inicio del proyecto.

El software hace adecuadamente los cálculos requeridos y entrega la lista de materiales. Por su parte el kit brinda todos los archivos necesarios para el armado de la impresora, tales como, los imprimibles 3D y el instructivo de armado.

Además, el software es ejecutable en Windows 10 y 11 como lo solicitaba en requerimientos.

Sin embargo, no se logró un diseño de impresora 3D de hasta 50cm de lado de impresión, por un problema estructural de materiales, que es un problema que se deja abierto a cálculo de un estudiante o profesional con conocimiento en cálculos de materiales que desee continuarlo.

### 4.1 Discusión

Comparando el presente proyecto con lo que han sido los proyectos Protos y Prusa, se puede decir que se alcanzó una mayor versatilidad, debido a que los mencionados, limitaban la impresora a un solo tamaño de superficie imprimible. La versatilidad surge del software de cálculo, el cual no se ha encontrado en el mercado de momento, y permite calcular las piezas para distintos tamaños de impresora.

Por otro lado, el proyecto Prusa, entrega un empaquetado de piezas que dan un acabado más estético a la impresora final respecto a el diseño planteado en este proyecto.

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |

## 4.2 Mejoras propuestas

Como posibles mejoras y/o hilos de investigación para futuros de proyectos se propone:

- Crear una versión del software para Android, que permita con realidad aumentada visualizar la impresora en el lugar deseado.
- Visualización del modelo 3d en el software base, sin recurrir a terceros.
- Incluir más opciones específicas tales como, nivelación automática, tamaño de extrusor, tamaño de filamento, etc.
- Mejorar eje y, dado que es el eje que soporta todo el peso de la cama

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |

## Capítulo 5: Literatura Citada.

- Brolin, G. (2013). *Programacion en C*. Buenos Aires: Red Users.
- Guagliano, C. (2019). *USERS, Informe 21: Impresoras 3D*. Buenos Aires: Red Users.
- Prusa, J. (2020). *Principios Basicos de Impresion 3D*. Praga: Prusa Research.
- Queipo, G. C. (2019). *Fabricacion de impresoras 3d en Argentina*. General San Martin: INTI.
- Ruiz, D. (2014). *C++ Programacion Orientada a Objetos*. Buenos Aires: Red Users.

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |

## Capítulo 6: Anexos.

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |

|                                    |                                          |
|------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>IMPRESORA 3D – CONSTRUCCION</b> | <b>Rev.: A</b><br><b>Fecha: 8/4/2023</b> |
|------------------------------------|------------------------------------------|

### 1- PROPOSITO Y ALCANCE

Establecer la metodología para la construcción de la Impresora 3D, con los materiales recomendados de la aplicación

### 2- DEFINICIONES

Varilla

Vara

Tuerca

Hotend

Endstop

### 3- ACCIONES Y METODOS

#### 3.1- RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

En caso de necesitar cortar alguno de los elementos, se recomienda utilizar correcta protección ocular y auditiva, así como guantes de trabajo.

Evitar hacer conexiones con el equipo conectado a la alimentación de su tomacorriente.

#### 3.2- MATERIALES Y EQUIPO

Llave francesa, destornillador plano de instrumentación, destornillador allen

|                                                                                                              |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  <b>UTN Regional Paraná</b> | Kit de Desarrollo para la Realización de Impresoras 3D a Medidas |
| Ingeniería en Electrónica                                                                                    | Octubre de 2023                                                  |



### 3.3- ARMADO

Para comenzar, es necesario contar con todas las piezas impresas, las varillas cortadas a la medida que el software indique, el archivo de Valores de Referencia a mano.

Anexo 2: [Proyecto Final.xlsm](#)

### 4- REVISIONES

| Rev. | Fecha    | Modificaciones  |
|------|----------|-----------------|
| A    | 8/4/2023 | Primera emisión |