

# Foldarap Escalable:

## Manual de Montaje

Isidoro Gayo Vélez

<stinkyjoe@mailo.com>

Versión: 1.1

22 de enero de 2022

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Estructura del proyecto . . . . .	4
1.2. Descripción de los ficheros fuente . . . . .	7
<b>2. Ensamblado</b>	<b>7</b>
2.1. Información previa . . . . .	7
2.2. Lista de Materiales . . . . .	7
2.3. Cuna . . . . .	11
2.4. Pórtico . . . . .	11
2.5. Grupo cinemático . . . . .	11
2.5.1. Del Eje X . . . . .	11
2.5.2. Del Eje Y . . . . .	11
2.6. Extrusor . . . . .	11
2.7. Fuente de Alimentación . . . . .	11
2.8. Electrónica . . . . .	11
2.9. Portabobinas . . . . .	11
2.10. Pantalla LCD . . . . .	11
2.11. Configuración . . . . .	11
<b>3. Apéndices</b>	<b>15</b>
3.1. Registro de cambios . . . . .	15
3.2. Presupuesto . . . . .	15
3.3. Galería . . . . .	18
3.4. Contribuyendo al proyecto . . . . .	23
3.4.1. Solicitar Soporte . . . . .	23
3.4.2. Informar de un error . . . . .	23
3.4.3. Contribuir con tu trabajo . . . . .	23
3.5. FAQ . . . . .	24

# 1. Introducción

En este manual se describe el proceso de montaje de la impresora 3D ***Foldarap Escalable***. La Foldarap Escalable es una versión modificada de la versión 1.0 de la impresora *Foldarap* original realizada por Enmanuel Gillot.

Las principales diferencias respecto de la impresora original es que, en este caso, se utiliza un extrusor directo, en lugar del extrusor de hilo encaamisado (aunque también se puede montar extrusor *bowden*).

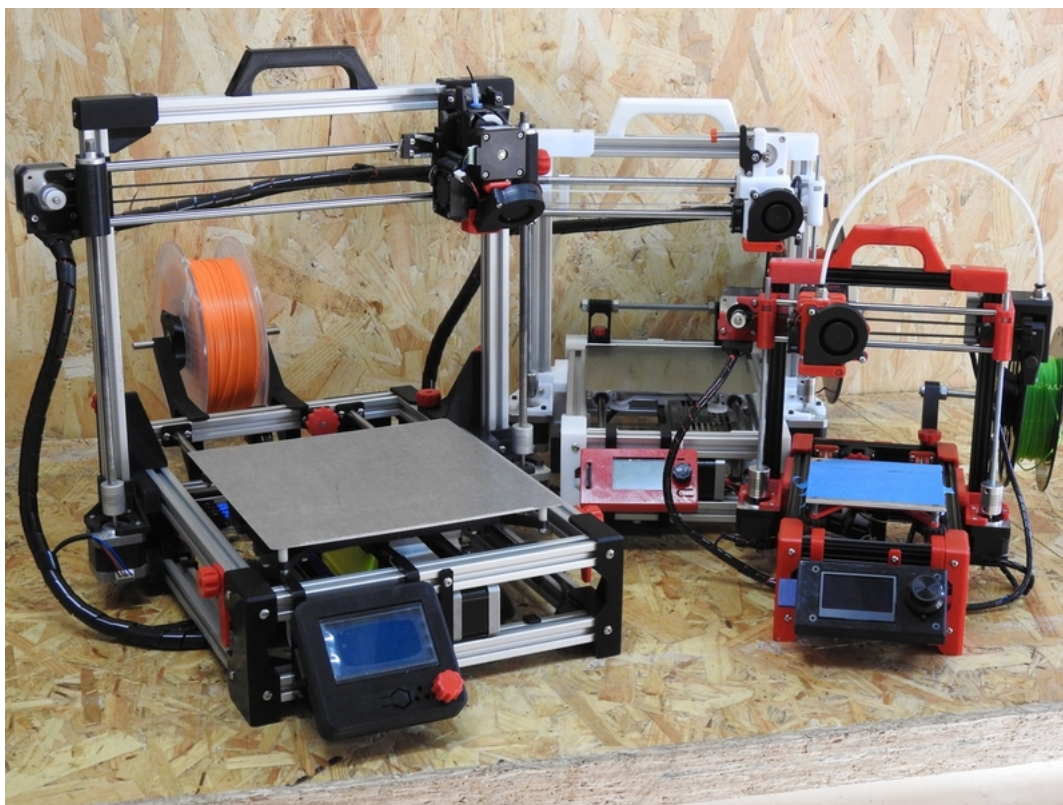


Figura 1: Los 3 modelos de Foldarap que se incluyen en este proyecto.

También se ofrecen las piezas para poder montar 3 impresoras foldarap con un volumen de impresión que oscila entre los 10x10x10cm del modelo más pequeño, los 15x15x15cm del mediano y los 25x25x25cm del grande. Además se indica la forma de calcular la cantidad y tipo de perfil de aluminio nece-

sario para personalizar el tamaño de la impresora según las necesidades del usuario.

Si estás interesado en replicar alguno de los modelos de impresora mostrados en este manual, en las carpetas **/stl** del proyecto figuran las piezas que se deben imprimir para conseguir ensamblar el modelo correspondiente. Y si quieres hacer cambios en la estructura de la impresora, utiliza las piezas de las carpetas **/step** como fichero base para obtener tu pieza personalizada. Las particularidades de cada modelo se describen en el apartado 2.1.

## 1.1. Estructura del proyecto

El árbol de directorios del proyecto se muestra a continuación:

```
->foldrap_escalable
| ->15x15
| | ->step
| | | ->common
| | | | ->boardH
| | | | ->displays
| | | | ->extruder
| | | | ->fan
| | | | ->IECplates
| | | | ->knobs
| | | | ->misc
| | | | ->reinf
| | | | ->SpoolH
| | | | ->x-axis
| | | | ->y-axis
| | | | ->z-axis
| | | ->linearg
| | | | ->x-axis
| | | | ->y-axis
| | | ->smoothr
| | | | ->x-axis
| | | | ->y-axis
| | ->stl
| | | ->misma estructura que en carpeta step/
```

```

|->20x20
|   |->misma estructura que en carpeta 15x15/
|->docs
|   |---<assembly_manual.pdf>
|->pics
|   |---<imágenes de documentación de las impresoras>
|---LICENSE
|---README.md

```

Como se puede ver, y en términos generales, el proyecto está compuesto de 4 subcarpetas con los nombres */15x15*, */20x20*, */docs* y */pics*. La primera de ellas incluye en su interior las piezas imprimibles y editables del modelo S (Mini Foldarap) que utiliza perfiles de aluminio de 15x15mm. La carpeta */20x20*, como se puede deducir de manera análoga, contiene las piezas correspondientes a los modelos que usan el perfil de aluminio de 20x20. El manual de montaje que estás leyendo se incluye en la carpeta */docs* y en la */pics*, hay algunas imágenes de las impresoras empleadas en la redacción de la documentación que las acompaña.

En esta versión, la distribución de los directorios es completamente distinta a la empleada en versiones anteriores. Las razones de este cambio se explican con más detalle en el Apéndice 3.1. No dejes de echarle un vistazo si tienes curiosidad.

Continuando con la estructura de carpetas, si profundizamos más en el modelo S, nos vamos a encontrar con el par de carpetas que se ha mencionado al comienzo de esta documentación: las carpetas */step*, */stl*.

Ambas carpetas comparten una estructura similar, por lo que sólo se mencionarán los detalles de una de ellas. La subcarpeta */common*, contiene todas aquellas piezas que son comunes a todos los modelos de impresoras, independientemente del **Grupo Cinemático** que empleen para desplazar los ejes. El grupo cinemático se definirá como el sistema de movimiento que usa un determinado eje, e.g., *guías lineales*, *varilla lisa* o *perfil V SLOT*. A continuación se da una breve descripción del contenido de las subcarpetas incluidas en la carpeta */common*.

- **/boardH:** Piezas para fijar la tarjeta de control al perfil de la impresora.
- **/displays:** Como su nombre indica, contiene las piezas que sirven de caja para la pantalla de control local de la impresora. Se incluyen modelos para la MKSmini, la Tinyboy2 y la TFT24.
- **/extruder:** Aquí van las piezas del extrusor/fusor empleado en las impresoras. Se ha usado el extrusor Aero de E3D como referencia para la extrusión directa, y el BMG bowden para la versión de hilo encamisado.
- **/fan:** Todas las piezas relacionadas con la ventilación de las impresoras están en esta carpeta.
- **/IECplates:** Aquí se incluyen las piezas de las placas que sirven para fijar el enchufe de alimentación y el interruptor a la estructura de las máquinas.
- **/knobs:** Las ruletas que sirven para tensar las correas, para el potenciómetro de las pantallas, etc... van en esta carpeta
- **/reinf:** Piezas que ayudan a reforzar la rigidez de la estructura de la impresora.
- **/SpoolH:** Estas son las piezas de los portabobinas.
- **/x-axis:** Aquí están las piezas comunes que se utilizan en el Eje X, e.g., el guarda-cable del extrusor.
- **/y-axis:** Las patas de la impresora, el portamotor y el portatensor de correa están en esta carpeta.
- **/z-axis:** En esta carpeta están las piezas comunes del Eje Z, los portamotores, las bisagras, las uniones del pórtico, el asa y el porta-final de carrera.
- **/misc:** Todo lo que no está incluido en las otras carpetas lo está en ésta.

En las carpetas */linearg*, */smoothr* y */vslot* (que se incluirá en próximas versiones) figuran las piezas necesarias para montar cada uno de los grupos

cinemáticos que se han mencionado anteriormente. Estas piezas están disponibles tanto para el Eje X como para el Y. Una característica particular es que el uso de estas piezas es independiente en cada eje, es decir, se pueden utilizar grupos cinemáticos diferentes en cada eje; e.g., en el Eje X se puede usar varilla lisa y en el Eje Y guía lineal para una misma impresora.

## 1.2. Descripción de los ficheros fuente

Explicar por qué no se adjuntan los ficheros fuente FreeCAD y a continuación, dar lista con las piezas y su función.

## 2. Ensamblado

### 2.1. Información previa

Indicar también las limitaciones del diseño, así como las de cada modelo particular.

### 2.2. Lista de Materiales

Mini Foldarap

![Mini Foldarap](pics/minifolda.jpg)

Características \*\*Volumen de Impresión:\*\* 10x10x10cm

\*\*Tamaño plegada:\*\* 30x42x12cm (ancho x alto x fondo)

\*\*Tamaño desplegada:\*\* 30x32x27cm (ancho x alto x fondo)

\*\*Peso:\*\* 2,9Kg

\*\*Perfil de aluminio usado:\*\* 15x15mm con ranura de 3mm (Makerbeam/Openbeam)

\*\*Velocidad de impresión:\*\* 50-60mm/s (máx.)

\*\*Tipo de extrusor:\*\* Bowden Directo

\*\*Diámetro de Boquilla:\*\* 0.4mm

\*\*Cama Caliente:\*\* No (Se puede instalar como mejora)

\*\*Pantalla LCD:\*\* No (se puede instalar como mejora)

\*\*Tipo de filamento:\*\* PLA, TPU

---

Materiales - 2 x 20 cm varilla lisa 6mm de diámetro (eje X) - 2 x 23 cm varilla lisa 6mm de diámetro (eje Y) - 2 x 18 cm varilla roscada M5 (eje Z)

- 2 x acoples de 5mm de diámetro interno (eje Z) - 8 x rodamientos lineales LM6 ó Igus LM6 (ejes X e Y) - 6 x perfiles de aluminio 15x15 de 24cm - 5 x perfiles de aluminio 15x15 de 14cm - 8 x Posicionadores de bola con resorte
- 3 x finales de carrera mecánicos - 4 x poleas síncronicas
- 2 x poleas de tracción - 1 x 1m de correa GT2 de 6mm de ancho - 4 x motores NEMA14 para los ejes - 1 x motor NEMA17 para el extrusor - 1 x bolsa de 100 tornillos M3 allen de 8mm - 1 x bolsa de 100 tuercas M3
- 8 x tornillos M3 allen de 20mm (fusor y ajustes de los finales de carrera)
- 2 x tornillos M5 de 16 ó 20mm de largo (preferible phillips ó allen) - 2 x tuercas M5 autoblocantes (para las bisagras de plegado) - 2 x prisioneros M3 de 16mm - 4 x muelles para la cama - 1 x fuente de alimentación 24v/240w - 1 x interruptor bipolar de 220v/10A - 1 x clavija jack hembra de 2.1mm de diámetro para montar en panel - 1 x tarjeta electrónica de control (arduino+ramps ó equivalente) - 4 x amplificadores(drivers) para motor A4988/DRV8825/TMC2280 ó equivalentes - 1 x fusor de tipo E3D para bowden ó similar. - 1 x extrusor directo para bowden - 1 x set de piezas impresas (ver apartado 1.2)

#### Materiales Opcionales

- 1 x cama [caliente flexible 10x10cm 24v, 100w. - 1 x sensor inductivo con rosca M8. - 1 x panel LCD de control con selector (y lector de tarjetas, si la placa de control no lo tiene integrado). - 1 x ventilador axial de capa a 24v/0.1A.

---

#### FoldaRap DDE

![Foldarap DDE](pics/foldaDDE.JPG)

Características \*\*Volumen de Impresión:\*\* 14x14x14cm

\*\*Tamaño plegada:\*\* 34x55x15cm (ancho x alto x fondo)

\*\*Tamaño desplegada:\*\* 34x36x38cm (ancho x alto x fondo)

\*\*Peso:\*\* 5.8Kg

\*\*Perfil de aluminio usado:\*\* 20x20 Tipo I (ranura de 6mm) T-slot.

\*\*Velocidad de impresión:\*\* 40-50mm/s (máx.)

\*\*Tipo de extrusor:\*\* Extrusor Directo (Extrusor Bowden Directo opcional)

\*\*Diámetro de Boquilla:\*\* 0.4mm

\*\*Cama Caliente:\*\* Sí

\*\*Pantalla LCD:\*\* No (se puede instalar como mejora)

\*\*Tipo de filamento:\*\* PLA, ABS, PETG, TPU

---



Materiales - 2 x 26 cm varilla lisa 6mm de diámetro (eje X) - 2 x 29 cm varilla lisa 6mm de diámetro (eje Y) - 2 x 23 cm varilla roscada M5 (eje Z)  
 - 2 x acoples de 5mm de diámetro interno (eje Z)  
 - 8 x rodamientos lineales LM6 ó Igus LM6 (ejes X e Y)  
 - 6 x perfiles de aluminio 20x20 de 30cm - 5 x perfiles de aluminio 20x20 de 20cm  
 - 8 x Posicionadores de bola con resorte.  
 - 3 x finales de carrera mecánicos  
 - 4 x poleas síncronicas de 16mm/3mm (dia. ext./dia. int.)  
 - 2 x poleas de tracción para los ejes X e Y  
 - 1 x 1.5m de correa GT2 de 6mm de ancho  
 - 5 x motores NEMA17 para los ejes y el extrusor (de al menos 36Ncm de par)  
 - 1 x bolsa de 100 tornillos M4 allen de 8mm - 1 x bolsa de 100 tuercas-T M4 - 8 x tornillos M3 allen de 20mm (fusor y ajustes de los finales de carrera)  
 - 2 x tornillos M5 de 16 ó 20mm de largo (preferible phillips ó allen) - 2 x tuercas M5 autoblocantes (para las bisagras de plegado) - 2 x prisioneros M3 de 16mm  
 - 1 x cama caliente flexible 24v 100w - 4 x muelles para la cama  
 - 1 x fuente de alimentación 24v (al menos 240w) - 1 x interruptor bipolar de 220v/10A para montar en panel - 1 x conector IEC de 220v para montar en panel  
 - 1 x tarjeta electrónica de control (arduino+ramps ó equivalente)  
 - 4 x amplificadores(drivers) para motor A4988/DRV8825 ó equivalentes, dependiendo del tipo de ellos que soporte tu tarjeta de control.  
 - 1 x fusor de tipo E3D directo universal ó similar.  
 - 1 x extrusor directo (no-bowden)  
 - 1 x set de piezas impresas 1.2

Materiales Opcionales - 1 x sensor inductivo con rosca M8 (se podría usar un M12) - 1 x panel LCD de control con selector (y lector de tarjetas si la placa de control no lo tiene integrado) - 1 x ventilador axial de capa a 24v

---

Super FoldaRap

Foto de superfolda aquí

Características \*\*Volumen de Impresión:\*\* 22x22x18cm

\*\*Tamaño plegada:\*\* 45x71x17cm (ancho x alto x fondo)

\*\*Tamaño desplegada:\*\* 45x48x48cm (ancho x alto x fondo)

\*\*Peso:\*\* 7.5Kg

**\*\*Perfil de aluminio usado:\*\*** 20x20 Tipo I (ranura de 6mm) T-slot.  
**\*\*Velocidad de impresión:\*\*** 50-60mm/s (máx.)  
**\*\*Tipo de extrusor:\*\*** Extrusor Directo o Extrusor Bowden Directo (opcional)  
**\*\*Diámetro de Boquilla:\*\*** 0.4mm  
**\*\*Cama Caliente:\*\*** Sí  
**\*\*Pantalla LCD:\*\*** Sí  
**\*\*Tipo de filamento:\*\*** PLA, ABS, PETG, TPU

---

Materiales - 2 x 38 cm varilla lisa 8mm de diámetro (eje X) - 2 x 39 cm varilla lisa 8mm de diámetro (eje Y) - 2 x 40 cm varilla roscada M5 (eje Z) ó husillo TR8x8 de la misma medida (se podría usar un par de 35cm si fuera el caso)

- 2 x acoples de 5mm de diámetro interno para eje Z (o de 8mm si es husillo)

- 8 x rodamientos lineales LM8 ó Igus LM8 (ejes X e Y)

- 6 x perfiles de aluminio 20x20 de 40cm - 5 x perfiles de aluminio 20x20 de 30cm

- 8 x Posicionadores de bola con resorte

- 4 x poleas síncronicas de 16mm/3mm (dia. ext./dia. int.)

- 2 x poleas de tracción para los ejes X e Y

- 1 x 2m de correa GT2 de 6mm de ancho

- 5 x motores NEMA17 para los ejes y el extrusor (de al menos 36Ncm de par)

- 1 x bolsa de 100 tornillos M4 allen de 8mm - 1 x bolsa de 100 tuercas-TM4 - 8 x tornillos M3 allen de 20mm (fusor y ajustes de los finales de carrera)

- 2 x tornillos M5 de 16 ó 20mm de largo (preferible phillips ó allen) - 2 x tuercas M5 autoblocantes (para las bisagras de plegado) - 2 x prisioneros M3 de 16mm

- 1 x cama caliente de 24v. - 4 x muelles para la cama

- 1 x fuente de alimentación 24v (al menos 240w) - 1 x interruptor bipolar de 220v/10A para montar en panel - 1 x conector IEC de 220v/10A para montar en panel

- 1 x tarjeta electrónica de control (arduino+ramps ó equivalente)

- 4 x amplificadores(drivers) para motor A4988/DRV8825/TMC2208 ó equivalentes, dependiendo del tipo de ellos que soporte tu tarjeta de control.

- 1 x fusor de tipo E3D directo universal ó similar.

- 1 x extrusor directo (o extrusor bowden, según preferencias del usuario)
- 2 x finales de carrera mecánicos
  - 1 x sensor inductivo con rosca M8 (ó un M12), o también sonda BL-Touch.
- 1 x panel LCD de control con selector (y lector de tarjetas si la placa de control no lo tiene integrado).
- 1 x ventilador axial de capa a 12v/24v según la tensión de la fuente de alimentación usada.
- 1 x set de piezas impresas 1.2

## 2.3. Cuna

## 2.4. Pórtico

## 2.5. Grupo cinemático

### 2.5.1. Del Eje X

### 2.5.2. Del Eje Y

## 2.6. Extrusor

## 2.7. Fuente de Alimentación

## 2.8. Electrónica

## 2.9. Portabobinas

## 2.10. Pantalla LCD

## 2.11. Configuración

Como viene siendo habitual, en este apartado se indicarán de forma genérica, los pasos a seguir para **comprobar, configurar y poner en marcha** la impresora recientemente montada.

### **PASO 1: Instalación del Firmware**

En este manual se utilizará Marlin como firmware de control para las impresoras. No es el único, ni probablemente el mejor, pero sí es el más extendido/utilizado. Si utilizas otro firmware como Repetier por ejemplo, sigue las instrucciones que encontrarás en su página web. También se va a utilizar

como referencia la combinación **Arduino+RAMPS** para ilustrar los ejemplos. Con cualquier otra combinación de hardware se procedería de forma análoga. Si estás usando una tarjeta de 32 bits, existe un vídeo tutorial muy completo en español en el que se muestra cómo preparar una (SKR v.1.3) con Marlin. El proceso es similar para cualquier tarjeta de 32 bits. No dudes en consultarlo.

Dependiendo de si tu tarjeta de control es de 8 ó 32 bits, tendrás que descargar o bien Arduino (8 bits), o bien Platformio para 32 bits. Ambos programas son entornos de programación para poder **modificar, compilar y cargar** software en tarjetas de control. Consulta cómo instalar dichos programas en sus páginas web respectivas. Arduino no soporta (de momento) tarjetas de 32 bits, por lo que es necesario usar Platformio.

Descargaremos la versión estable de Marlin para evitar problemas con errores sin corregir. En el momento de redactar este manual la versión estable es la 2.0.8.

Con Arduino instalado, abrimos el proyecto Marlin (*Archivo->Abrir*) y nos deben aparecer abiertos varios ficheros. De todos ellos los que más nos interesan son ***Configuration.h*** y ***Configuration-adv.h***. Como se puede deducir, son los ficheros de configuración y configuración avanzada del proyecto.

Si seleccionamos el fichero *Configuration.h* haciendo clic en él y bajamos un poco, la primera línea que podemos modificar es la que pone:

```
#define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EFB
```

Esta línea le indica a Marlin que vamos a usar una tarjeta de control con la versión de RAMPS v.1.4. Las letras *EFB* indican que se utilizará la configuración de RAMPS con 1 fusor, 1 ventilador y 1 cama caliente. Si no vas a usar cama caliente es mejor usar las letras *EFF* (fusor, ventilador 1, ventilador 2). Comprueba esto en el fichero *boards.h* del proyecto Marlin. Si tu versión de RAMPS es la 1.3, debes cambiar el número *14* por un *13*. Si la versión de RAMPS es más antigua, utiliza

```
#define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_OLD
```

Si es una versión de RAMPS mayor de la 1.4 (1.5, 1.6 ó 1.6+) puedes dejar la primera línea que se mostró anteriormente.

La siguiente línea que vamos a cambiar es la referente al LCD (si no vas a usar LCD puedes saltarte esta explicación). Ve casi al final del fichero, a la línea

```
#define REPRAP_DISCOUNT_FULL_GRAPHIC_SMART_CONTROLLER
```

Descomenta la línea eliminando los dos caracteres `//` que hay al principio. Guarda los cambios que has hecho. Esto te permitirá utilizar una pantalla LCD con lector de tarjetas SD integrado como la que se puede ver aquí. Si tienes otra, busca el modelo entre los que hay soportados en el código. El modelo L (mediano) de impresora que se ha montado para este manual usa una pantalla MKSmini, por ejemplo.

Selecciona la placa *Arduino Mega o Mega 2560* del menú *Herramientas*. Selecciona el procesador *ATmega 2560 (Mega2560)* en la opción de más abajo. Dile a Arduino que verifique el código (menú *Programa*, opción *Verificar/Compilar*). Si todo ha ido bien, Arduino habrá podido compilar Marlin, lo que significa que se puede cargar en la tarjeta.

Si la compilación ha dado errores, seguramente se debe a que falta alguna biblioteca/librería por instalar en el entorno. Ve al menú *Programa->Incluir librería->Administrar bibliotecas* e instala algunas de ellas. Bibliotecas como *Liquid crystal*, *SD* y *U8g2* suelen ser las más usadas. Prueba a repetir el proceso de compilación/verificación hasta que te compile sin errores.

Ahora conecta tu tarjeta al ordenador donde estás trabajando con Arduino mediante un cable USB adecuado y sube el programa compilado recientemente (menú *Programa*, opción *Subir*). Arduino establecerá comunicación con la tarjeta y le enviará el firmware en unos segundos. Ya tienes cargada una versión de Marlin básica en tu tarjeta, ¡bien hecho!.

**PASO 2: Instalar los drivers de los motores** Antes de configurar la impresora necesitamos saber si el hardware que utiliza (motores, finales de carrera, fusor, etc) funciona correctamente. Por tanto, es preciso instalar en la placa los drivers de los motores. Si has elegido una tarjeta de control con

los drivers integrados, este paso no sería necesario. Por tanto, puedes pasar al paso 3. Sobre este punto hay que tener en cuenta dos cosas importantes:

1. **Tipo de driver a instalar:** Dependiendo del tipo de driver que se haya elegido para instalar se tendrá que fijar la cantidad de micropasos que realizará el motor en cada movimiento. Esto es importante porque de este valor dependerá la calibración final de la impresora (la precisión de sus movimientos). En este enlace se habla de la configuración de los micropasos, qué es y por qué es necesaria. Está centrado en los drivers A4988 y los DRV8825. Para instalar los TMC2130 ó TMC2208 este vídeo-tutorial en español es mucho más adecuado. Ambos tutoriales te permitirán profundizar sobre el tema.
2. **Configuración de la corriente máxima en el driver:** Es importante saber que cada tipo de driver tiene una *corriente máxima de trabajo* por encima de la cual se puede acabar quemando. Esto también tiene su influencia en el motor, ya que con una corriente inadecuada, o bien perderemos pasos por falta de corriente, o bien se calentará en exceso por trabajar con demasiada. En los enlaces mencionados arriba también se habla de la corriente máxima en los drivers y todas sus implicaciones. En el vídeo tutorial se habla incluso de la posibilidad de trabajar con ciertas características específicas de los drivers TMC, como son el no necesitar finales de carrera con los TMC2130 y el modo silencioso.

Como siempre, se recomienda utilizar internet como fuente de consulta para profundizar en estos temas.

### **PASO 3: Configurar la impresora**

Con el firmware cargado en la tarjeta en su configuración básica ya podemos empezar a ajustar el resto de parámetros. Usaremos el firmware cargado como punto de verificación, de esta manera podremos localizar de forma rápida cualquier error producido por un cambio inadecuado de parámetros.

Se dará por sentado que ya se tienen los drivers instalados y configurados correctamente según se indica en el paso anterior.

CONTINUARÁ!

## 3. Apéndices

### 3.1. Registro de cambios

### 3.2. Presupuesto

Es realmente difícil ofrecer un valor concreto del precio para un modelo de impresora que tiene muchísima variación en tamaño, calidad del material empleado en su montaje, variaciones que cada usuario quiera implementar por su cuenta, etc... Sin embargo, en este documento se ofrece un presupuesto estimado para el montaje de una impresora Foldarap Escalable.

Este *presupuesto es meramente orientativo*, pues los precios pueden variar fuertemente dependiendo de dónde se compren los materiales y cuándo, así como la cantidad de los mismos (compra conjunta). Se han usado como referencia los precios de cadenas de venta como [Amazon], [Ebay.com], [Aliexpress.com], etc..., por su disponibilidad a nivel mundial, así como algunas tiendas dedicadas a la venta exclusiva de material para impresoras 3D.

Se insiste de nuevo, en el hecho de que los precios son *orientativos* y *promedio* de todos los puntos de venta consultados, al mismo tiempo que *se recalca el hecho del diseño abierto del proyecto*, que permite que cada usuario pueda adquirir el material que quiera dentro de sus posibilidades económicas.

Para la confección de este presupuesto, se ha tomado como promedio el coste de los materiales para cualquiera de los 3 modelos disponibles, teniendo en cuenta la variación de precios existente de un vendedor a otro. De ahí que existan dos precios, **uno mínimo**, en el que se han contabilizado los precios promedio más bajos de cada pieza de la máquina, y **un precio máximo** que incluye el promedio de los precios más altos. No obstante, se ofrecen también una serie de notas aclaratorias complementarias referentes a algunos de los apartados del presupuesto que podrían necesitar explicación.

#### NOTAS ACLARATORIAS

- **Apartado Fusor:** Se ha tomado el E3D V6 como referencia de facto, ya que es uno de los más empleados. El resto de fusores tienen precio

parecido. El precio corresponde a la versión de imitación, no al original, que ronda los 65€ en adelante.

- **Apartado *Varillas roscadas*:** Se refiere al uso de varilla roscada de métrica 5 u 8 (M5 o M8), o bien al uso de husillo TR8. El husillo es más caro.
- **Apartado *Electrónica*:** Se ha evitado incluir placas como la DUE1, Einsy Rambo, etc..., por su elevado coste. Se han incluido placas como la SKR v.1.3 (32bits) y el estandar de facto Arduino+RAMPS (8 bits).
- **Apartado *Extrusor*:** Se incluye desde las versiones directo y bowden del Mk8, hasta las versiones imitación del Bondtech BMG.
- **Apartado *Motores*:** Promedio del precio de los NEMA14 para el modelo Mini y de los NEMA17 para el resto de modelos.
- **Apartado *Fuente CC*:** Se incluyen los precios para fuentes de alimentación de 12v y 24v.
- **Apartado *Cama caliente*:** El precio mínimo correspondería al de los calentadores adhesivos de 12v-24v para los modelos L (mediana) y S (mini), el precio máximo es el de camas tipo Mk3 y similares para el modelo XL.
- **Apartado *Conector IEC*:** Incluye tanto el conector jack para corriente continua que utiliza el modelo S, como el conector de corriente alterna de los otros modelos.
- **Apartado *Correas*:** Sólo se han incluido los metros de correa GT2 necesarios para cada modelo (1m para el modelo Mini y 1,7m para el XL). Se puede comprar una bobina de 5m ó 10m por entre 12-15€ y así se tiene para repuesto.
- **Apartado *Kit fleje de acero*:** El kit incluye el imán flexible adhesivo y el fleje de acero del tamaño de la cama. Más tamaño, más precio.
- **Apartado *Ventiladores*:** El precio mínimo es para 2 ventiladores (capa+fusor) convencionales, el máximo es para 3 (fusor+capa+electrónica) silenciosos.



- **Apartado *LCD*:** Se incluyen precios de modelos MiniMKS, Full Graphics 12864 y similares, además de táctiles TFT.

<b>Material</b>	<b>Precio Mín. (€)</b>	<b>Precio Máx.(€)</b>
Fusor E3D V6	12,45	15,90
Varillas lisas	16	22
Varillas roscadas	0,9	30
Electrónica	25	35
Perfil aluminio	24,3	35,1
Extrusor	25	43
Motores	50	70
Fuente CC	35	55
Cama Caliente	7,83	35
Interruptor CA	3,5	4,25
Conector IEC	2,5	3,35
Correas	1,2	2,72
Kit fleje acero	20	35
Ventiladores	11	33,5
LCD	13,5	23,39
Poleas	7	7
Rodamientos	8,7	9
Tornillería	12	12
Cables	15	15
Posicionadores	15,2	16,8
<b>TOTAL</b>	<b>306,08</b>	<b>508,01</b>

Cuadro 1: Presupuesto estimado.

### 3.3. Galería

En este apéndice se muestran ejemplos de modelos de impresora Foldarap montados por algunos usuarios.

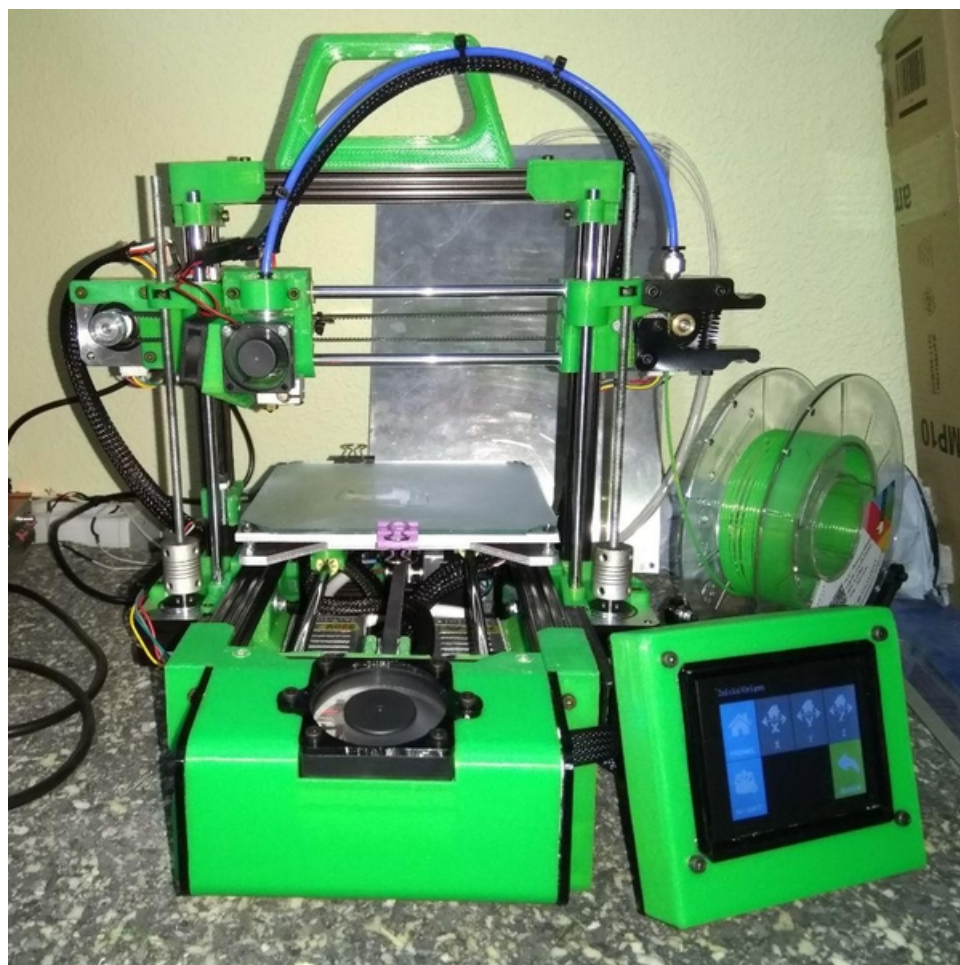


Figura 2: Modelo S personalizado montado por José Miguel Benito. Incluye doble fuente de alimentación independiente para electrónica de control+cama caliente y pantalla TFT48.

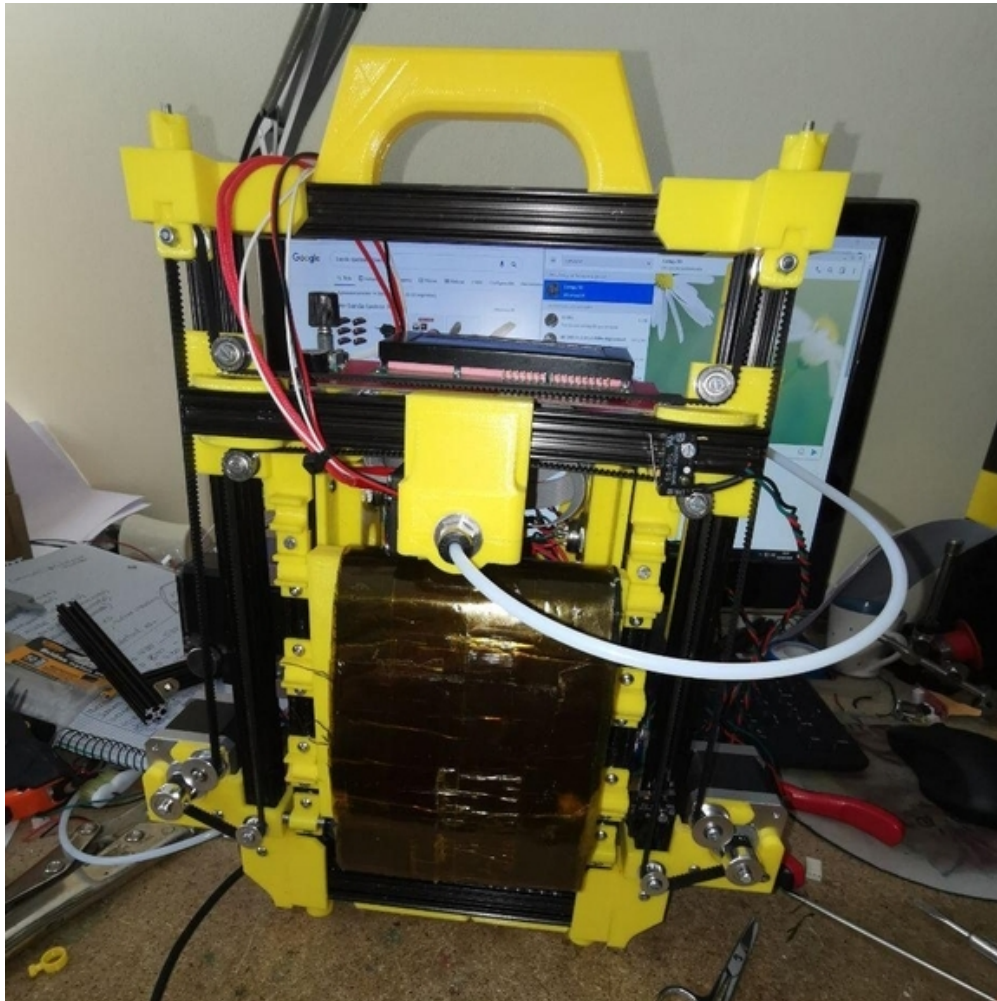


Figura 3: Modelo S de Eje Y infinito y configuración CoreXZ montado por Sergio Benito

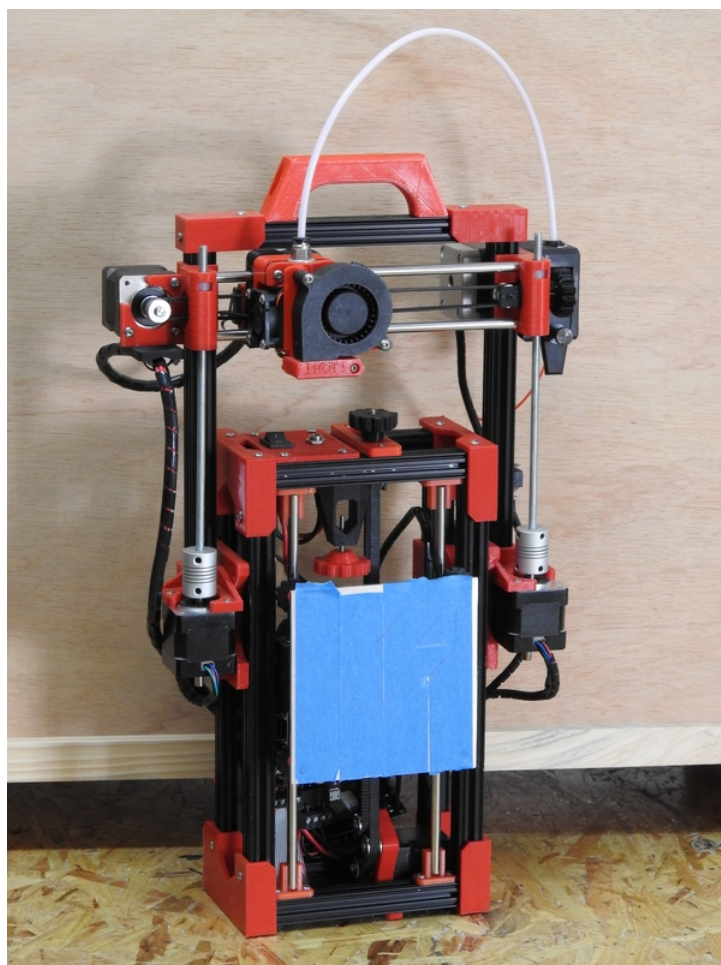


Figura 4: Modelo S estándar montado por el autor.



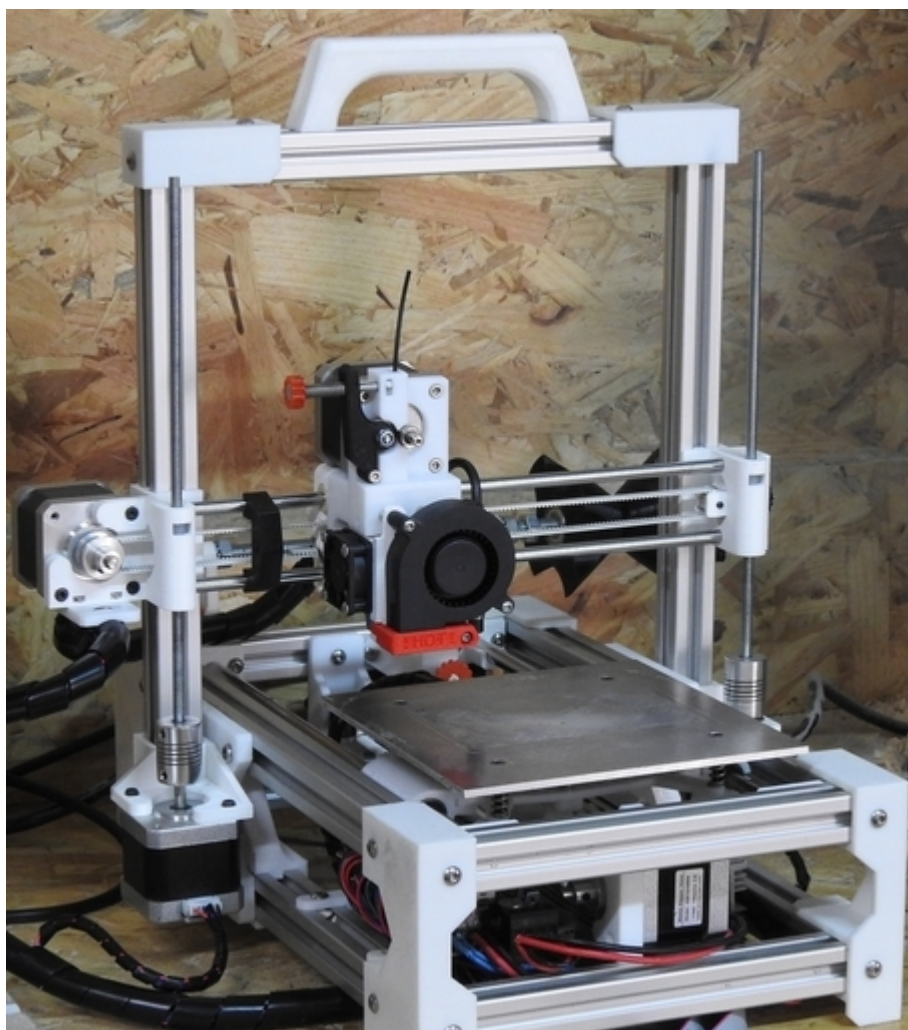


Figura 5: Modelo L estándar montado por el autor.

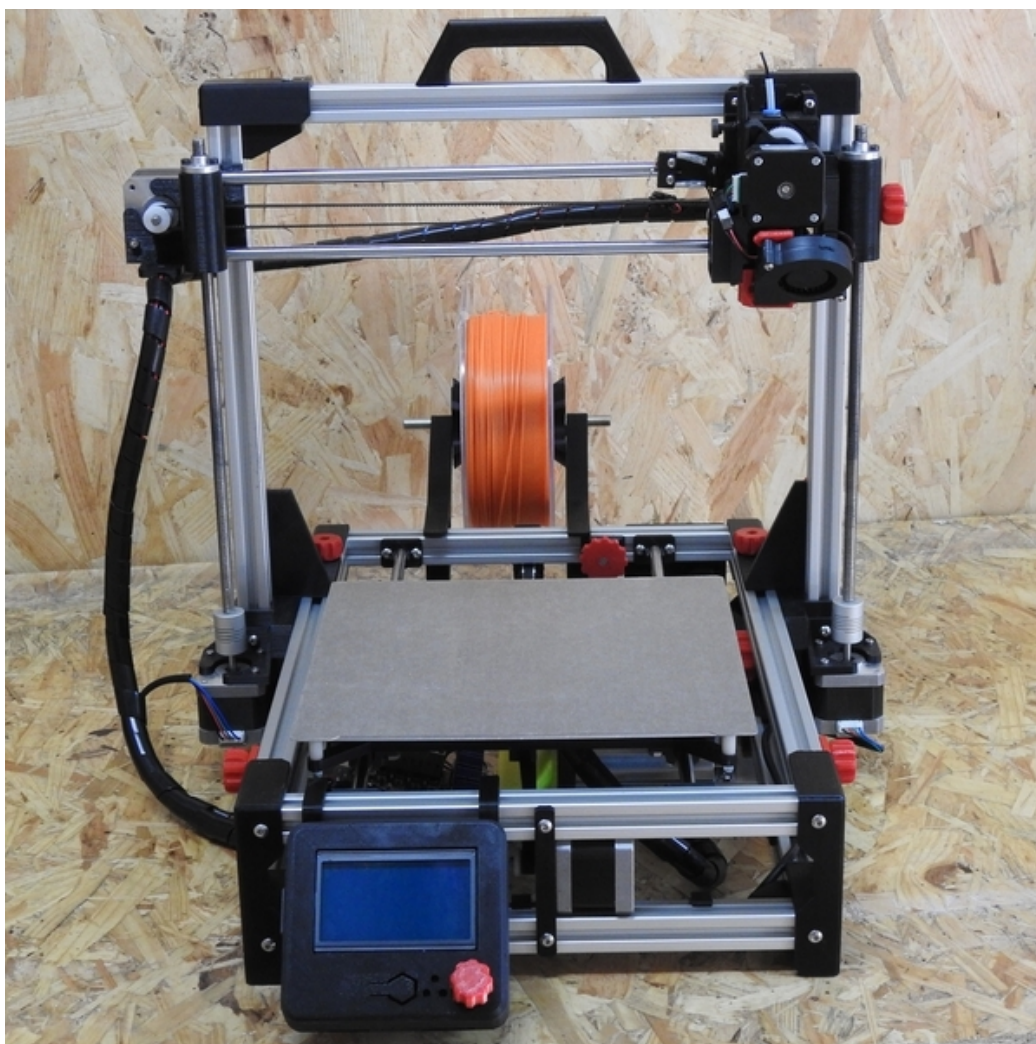


Figura 6: Modelo XL estándar montado por el autor.

## 3.4. Contribuyendo al proyecto

¡¡Gracias por tu interés en contribuir a este proyecto!!. Toda colaboración es valiosa y se anima a ello en todos los sentidos. A continuación se citan las diferentes formas de ayudar/colaborar con este proyecto y los detalles sobre cómo se gestiona el mismo.

### 3.4.1. Solicitar Soporte

La mejor y más rápida forma de solicitar soporte sobre algún problema surgido con las piezas del proyecto es pasarte por el grupo de Telegram. Allí se te pedirá información precisa de lo que te está ocurriendo y de lo que deberías comprobar/hacer para solucionarlo.

### 3.4.2. Informar de un error

Si encuentras un error/errores en los ficheros de cualquiera de los modelos de impresora disponibles, o en esta documentación (no está clara o faltan cosas que deberían estar), tienes dos opciones:

- Reportar el error (issue) a través de github...
- ... o contactar con el grupo de Telegram para informar de lo sucedido.

En cualquier caso, el proceso de corrección no será inmediato, por lo que se solicita de tu parte paciencia y comprensión.

### 3.4.3. Contribuir con tu trabajo

Si lo que deseas es incluir en este repositorio las piezas personalizadas de tu modelo de impresora, puedes actuar también de dos formas:

- Solicitando una petición de inclusión (Pull Request) desde Github.
- Contactando con el grupo de Telegram para informar de la solicitud.

Para ambos casos es necesario seguir las siguientes directrices:

- Será **imprescindible incluir** los ficheros fuente en formato .STEP de aquellas piezas que hayan sido modificadas. La finalidad de esto es dar la posibilidad al resto de usuarios de poder añadir mejoras a esos cambios en sus diseños.

- Se **deberá incluir** los ficheros .STL de dichas piezas modificadas/nuevas para que quien no quiera/pueda modificarlas, tenga la posibilidad de imprimirlas directamente.
- Desde el proyecto se alienta a utilizar herramientas libres que faciliten el intercambio de conocimiento/información sin esfuerzo ni problemas de incompatibilidades. Emplear herramientas que requieren licencia privativa o similar, limita este flujo de información, por lo que este tipo de formatos no es del agrado del equipo del proyecto. Por tanto, se deja a decisión del contribuidor la opción de incluir o no los ficheros fuente editados con su aplicación CAD favorita (Fusion 360, Solid Works, etc...)
- Se incluirá una descripción precisa del tipo de contribución que se hace. Es decir, será necesario agregar un fichero de texto con la información relativa a qué piezas son las que se han modificado, qué se consigue con la modificación, para qué modelo de impresora está destinado de los 3 disponibles (si está destinado a alguno de ellos en concreto), etc...
- Se incluirá, al menos, 1 foto (o render) de cada pieza afectada por la modificación, así como de la pieza una vez montada y funcionando.
- Finalmente, deberá figurar de forma clara el nombre del contribuidor (o su alias) para poder incluir su nombre en la lista de contribuidores (créditos).

¡¡Gracias, otra vez, por tu colaboración!!

### 3.5. FAQ

- **¿Por qué otra Foldarap?** ¡¡Porque no!! Si no te gusta –como a mí– el diseño original de la Foldarap propuesto por su autor [Enmanuel Gillot], puedes personalizar el tuyo a tu gusto con éste.
- **¿Qué piezas imprimo?** Las del modelo de impresora que mejor se ajuste a tus necesidades. Tienes 3 modelos de impresora preconfigurados por defecto, de manera que sólo tienes que ver en el apartado de 2.1 cuál es el modelo que mejor se ajusta a lo que tu necesitas tener. En la carpeta stl de cada impresora tienes las piezas .STL listas para



usar en tu programa de laminado. Así que sólo tienes que descargar los ficheros .STL adecuados, laminarlos y ¡a imprimir!.

Y si no te gusta ninguno de los tres modelos, modifica las piezas para que se ajusten a tus gustos. Tienes disponibles los ficheros fuente para poder personalizar la impresora en función de lo que necesites.

#### ■ ¿Cómo puedo personalizar las piezas?

Es muy fácil personalizar las piezas, basta con instalar en tu ordenador el programa de diseño [FreeCad](<https://www.freecadweb.org/>) y modificar los parámetros que se adjuntan en la hoja de cálculo de configuración.

FreeCad es un programa libre para diseño 3D por ordenador, por lo que se puede descargar e instalar sin cargo económico para tu bolsillo. Además, dispones de su código fuente por si quieres contribuir con alguna modificación al mismo.

Si no quieres usar FreeCad, puedes importar y modificar las piezas en formato .STEP con tu programa de diseño 3D favorito. Estas piezas se incluyen en la carpeta step de cada modelo de impresora.

#### ■ ¿Cuántas copias de cada pieza tengo que imprimir?

Cada pieza incluye al final de su nombre un sufijo con el número de veces que tienes que imprimirla. Por ejemplo, la pieza *x-motor-holder-x1.stl* que sujeta el motor del eje X, te indica, mediante el sufijo **-x1**, que debes imprimirla sólo una vez. Sin embargo, la pieza *y-rod-holder-x4.stl* tendrás que imprimirla 4 veces.

#### ■ ¿Puedo usar cualquier perfil de aluminio?

En principio sí. Sin embargo tienes que tener en cuenta que las piezas que hay en los modelos preconfigurados están hechas para perfil de **20x20 con ranura de 6mm**. Si tu perfil no es de estas características, deberás modificar los ficheros liberados para personalizar las piezas.

La otra opción sería devolver los perfiles para que te los cambien por los adecuados, si te lo puedes permitir.

Si aún así quieres seguir adelante, necesitarás saber que los **posicionadores** elegidos para los modelos ofrecidos, no serán válidos para el tuyo. Los posicionadores son 8 piezas con un muelle y una bola que se encajan en la ranura de los perfiles del Eje Y y ayudan al plegado de la máquina (Eje Z). Cualquier posicionador con una bola de 8mm de diámetro, que asome/sobresalga unos 2,6/2,7 mm desde el borde del casquillo del posicionador, debería servir para un perfil de 6mm de ranura.

Para otras ranuras (5,3mm, 5,5mm, etc...) se puede establecer un cálculo matemático básico basado en el diámetro de la bola y "lo que asoma" desde el borde del casquillo (Ver figura 7).

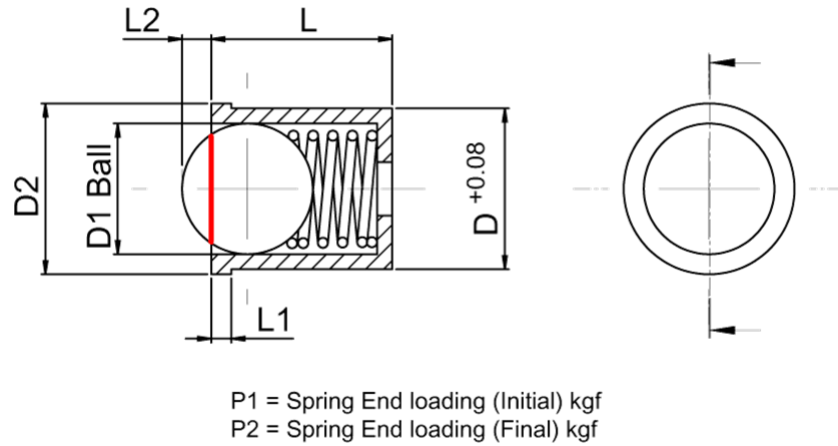


Figura 7: Posicionador de bola con muelle.

Si en la imagen anterior tenemos que **D1** es el diámetro de la bola y **L2** es "lo que asoma" desde el borde del casquillo, se puede ver que el ancho de la ranura del perfil debe coincidir con la línea roja. Entonces, tomando el centro de la bola como origen de coordenadas, y aplicando la ecuación de una circunferencia ( $X^2 + Y^2 = R^2$ ), podemos encontrar la distancia L2 que haría encajar la bola en el ancho de nuestro perfil, sin que el muelle esté comprimido o existan holguras.

### ■ ¿Cuánto aluminio necesito?

Depende del volumen de impresión que quieras tener en tu máquina. En el apartado 2.2 se indica la cantidad y el tipo de aluminio que se necesita para montar cada uno de los modelos que se incluyen en este proyecto.

Pero si quieres montar una máquina personalizada, lo mejor es calcular la cantidad de perfil en función del volumen de impresión que quieras tener. Sólo hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

1. En términos generales, una impresora Foldarap tiene 2 tipos de piezas de aluminio: las piezas **transversales**, que suelen ser las más cortas y van montadas de izquierda a derecha de la máquina; y las piezas **longitudinales**, más largas y que se montan de adelante hacia atrás.
2. La longitud de las piezas transversales son **función del ancho del Eje X**. Por tanto, su distancia se calcula sumando al ancho del Eje X el doble del ancho del perfil que se va a usar, es decir, si necesitas un ancho en el Eje X de 200mm, las 5 piezas transversales de la máquina tendrán una longitud de, al menos,  $200 + 20 + 20\text{mm}$  suponiendo un perfil de 2020 típico.
3. La longitud de las piezas longitudinales son **función del ancho del Eje Y**. Si nuestro Eje Y es de 200mm de recorrido, se debe emplear piezas longitudinales con, al menos, el doble de distancia que el recorrido del Eje Y, en este caso 400mm.
4. El cálculo del recorrido del Eje Z **es más complejo**, por lo que usar piezas de aluminio de la misma distancia que las piezas longitudinales calculadas para el Eje Y es una buena aproximación. Que se pueda abarcar el mismo recorrido que en el Eje Y con la misma longitud de piezas para el Eje Z, dependerá de lo alto que esté la cama y la posición del fusor.

Como ejemplo, si se quiere montar una máquina con un volumen de impresión de  $200 \times 300 \times 200$ , se necesitarán 5 tramos de  $200 + 20 + 20$  (240mm) y 6 tramos de  $2 * 300$  (600mm), lo que hace un total de  $5 * 240 + 6 * 600 = 4800\text{mm}$  (casi 5m de aluminio 2020).

Pero se puede considerar la posibilidad de cambiar las dimensiones de los ejes de la siguiente forma:  $300 \times 200 \times 200$ . De esta manera el aluminio necesario sería:  $5 * (300 + 20 + 20) + 6 * (2 * 200) = 4100mm$ , lo que se traduce en un ahorro de aluminio que nos dejaría un poco de dinero más para otras cosas, al mismo tiempo que aligera el peso de la máquina.

■ ***¿Puedo usar material sobrante de otros proyectos?***

Sí, pero es posible que tengas que personalizar algunas piezas dependiendo del material reciclado que vayas a usar. Y puesto que los ficheros .STEP de las piezas están disponibles, no debería resultarte difícil.

■ ***¿Dónde consigo los materiales?***

En el apartado 2.2 se indica dónde conseguir algunos de los materiales que resultan más complicado encontrar. Materiales simples como los tornillos y tuercas, por ejemplo, se pueden conseguir en la ferretería de tu localidad.

En el Apéndice 3.2 se dan precios y lugares de compra de referencia. No dejes de consultar esa información.

No obstante, consulta este documento en línea para tener una mejor idea sobre el tema de los suministros.

■ ***¿Tiene cama caliente? ¿Tiene sensor inductivo/BLTouch?***

Depende del modelo. Por defecto, sólo la Foldarap de tamaño medio (modelo L), y la Foldarap grande (modelo XL) usan cama caliente. El modelo pequeño no la usa pero se le puede incluir como mejora.

En cuanto al sensor de altura en el Eje Z, se incluyó en los modelos L y XL inicialmente, pero actualmente se ha optado por no incluirlo en ningún modelo. En relación con el modelo S (Mini Foldarap), no se incluye debido al reducido tamaño de la bandeja de impresión. En los otros dos modelos, no se incluye por que depende del tipo de extrusor/fusor que cada usuario quiera montar. Y dado que es algo que no es estrictamente necesario para que la impresora funcione correctamente, pues un buen nivelado de la cama es suficiente, se ha optado por

dejar que sea el usuario quien lo diseñe si lo necesita. De esta manera se fomenta la colaboración entre usuarios de este tipo de impresora.

■ ***¿Qué tipo de material puedo imprimir con esta impresora?***

Depende del tipo de impresora que hayas montado y del extrusor/fusor que vayas a instalar. El PLA se puede imprimir con cualquier impresora del mercado, incluso en cama fría. El ABS es más complicado de imprimir, ya que requiere cierto conocimiento de las técnicas de impresión. Además necesita obligatoriamente cama caliente y que la impresora esté cerrada para evitar que las capas se despeguen. El resto de materiales dependerá de tus conocimientos y el fusor que hayas montado.

■ ***¿Cómo es posible que se pliegue?***

El plegado de la impresora se debe a la acción de un par de bisagras que, junto con un par de juegos de posicionadores de bola, permiten con un giro de 90º, colocar el eje Z de la máquina en horizontal o vertical sin apenas esfuerzo.

■ ***¿Dónde puedo seguir los avances del proyecto?***

En el [repositorio] se pueden ver las actualizaciones que se suben para corregir errores en las piezas o diseño de la impresora. Y si quieres seguir los avances de cerca, participar en los debates sobre mejoras, consultar problemas que te hayan surgido, busca el canal de Telegram "*Foldarap Escalable*" (sin las comillas).

■ ***¿Cómo monto las piezas/impresora?***

En el apartado 2[Ensamblado] hay instrucciones genéricas para montar cualquiera de los 3 modelos de impresora que figuran en el repositorio. Sigue las indicaciones y si te atascas... ¡pregúntanos en el grupo de [Telegram]!

■ ***¿Cuánto cuesta montar una Foldarap?***

El precio de la Foldarap depende mucho de los materiales que quieras emplear en ella. No es lo mismo utilizar piezas originales en el extrusor, fusor o electrónica de control, por ejemplo, que usar imitaciones. El hecho de usar imitaciones no implica necesariamente que la calidad de las impresiones hechas con esta impresora sea menor que las realizadas

con los originales, pues todo dependerá del tiempo que se dedique a su calibrado fino y a su mantenimiento.

El Apéndice 3.2 ofrece un desglose de la factura de montaje de una impresora Foldarap. A modo de resumen, se estima que el coste del material para una impresora como ésta oscilará entre los 300 y 500 Euros.

■ *¿Por qué montar una impresora como ésta si hay otros modelos más baratos ya montados?*

¡¡Muy buena pregunta!! Si lo que quieres conseguir con tu impresora es, simplemente, enchufarla e imprimir, la mejor opción es sin duda alguna, adquirir una ya montada y probada. Modelos como la **Ender 3**, la **CR-10** o la **Artillery X1**, por nombrar unas pocas, ofrecen la posibilidad de obtener resultados de impresión muy buenos con un desembolso económico aceptable. Son máquinas hechas para que el usuario apenas tenga que preocuparse por su mantenimiento/montaje y pueda centrarse desde el principio en lo que realmente le interesa: **¡imprimir!**

En el otro extremo se encuentran las impresoras que, como la Foldarap, no sólo te permiten imprimir (¡¡estaría bueno!!), si no también aprender los fundamentos en los que se basa un dispositivo como éstos. Saber cómo funciona una impresora 3D, saber en qué principios se basan sus mecanismos, te permite adquirir un conocimiento que te habilita para poder montar una impresora con el material disponible que tengas a tu alrededor.

También te permite, en la mayoría de las ocasiones, un análisis rápido y certero de los problemas que pueden surgir durante la operación de una máquina como ésta, y cómo te pueden arruinar una impresión que estaba quedando muy bien. Montar una impresora pieza a pieza es una experiencia tremendamente formativa y enriquecedora, que también tiene sus inconvenientes, por supuesto, como son el esfuerzo que conlleva aprender conceptos nuevos y el tiempo que hay que dedicarle.

Dependerá de tu perfil *Maker* decidirte por una opción u otra. La postura del autor de este proyecto es que, a pesar de todo lo dicho anteriormente, se recomienda a todo usuario que desee profundizar en el campo

de las impresoras 3D, que se lance a montar una impresora desde cero.  
Si se decide por ello, aquí hay un buen modelo para empezar.

¡Que lo impruses bien!