

# DISEÑO Y DESARROLLO DE MAQUINA DE PROTOTIPADO MULTIFUNCIONAL A PARTIR DE IMPRESORA 3D

---

Berlanga-Arbea, Iñaki<sup>1</sup>, Ranz-Angulo David<sup>1\*</sup>, Miralbés-Buil Ramón<sup>1</sup>

1) Departamento de ingeniería de Diseño y Fabricación, Escuela de Ingeniería y  
Arquitectura, Universidad de Zaragoza, C/ María de Luna s/n, 50018, Zaragoza,  
Zaragoza

\*dranz@unizar.es

## RESUMEN

El presente trabajo de innovación tecnológica consiste en el diseño y desarrollo de una máquina multifunción para la fabricación de prototipos a partir de una impresora 3D convencional. Para abordar este reto se parte de una impresora modelo “Prusa P3Steel”, de tecnología FDM, para convertirla en una máquina de prototipado multifuncional, con extrusor doble, fresadora de 500W y corte con diodo laser de 2,5W.

Se ha mantenido la estructura original, y se han incluido los refuerzos necesarios para poder soportar los requerimientos mecánicos de todas las operaciones, así como el redimensionado de los sistemas de tracción y transmisión. Para facilitar el intercambio de la herramienta, el carro móvil cuenta con un sistema de clipaje por pestañas y muelles. La mesa de trabajo es desmontable y a doble cara, dotando a la máquina de una superficie para impresión y otra para fresado y corte laser

Se han incluido sistemas complementarios, como la autolimpieza de la boquilla para evitar restos de filamento al comienzo de cada impresión, sistema de nivelación del eje Z por sensor capacitivo, lámina adherente “buildtak” para mejorar las impresiones y una pantalla táctil para un manejo autónomo de la máquina. Para evitar riesgos de seguridad y mantener un entorno estable de trabajo, se cierra la máquina mediante una carcasa compuesta de piezas impresas.

**PALABRAS CLAVE:** Impresión 3D, FDM, Prusa, multiherramienta.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se basa en el diseño y fabricación de una máquina multiherramienta, destinada al sector de la educación, tanto profesores como estudiantes, y al colectivo “maker”. Con ella se pretende dar solución a las necesidades de prototipado de colectivos que tienen un

acceso limitado a maquinaria industrial, pero que por las características de los proyectos que abordan, necesitan trabajar diferentes materiales. Para la resolución de la misma se ha utilizado para el desplazamiento un sistema cartesiano de 3 ejes X, Y y Z. El objetivo es crear una máquina versátil para prototipado, capaz de realizar procesos aditivos y sustractivos en multitud de materiales. Para ello la máquina consta de una estructura común, donde se pueden intercambiar 3 cabezales: un extrusor doble, una fresadora y un diodo de corte laser.

El diseño parte como base de una impresora 3D "Prusa P3Steel", que se amplía convenientemente para cumplir con los objetivos planteados. Todo el diseño de la máquina se basa en la filosofía "RepRap". Esta filosofía es código abierto y recibe su nombre de autoreplicante, porque son sistemas que utilizan piezas normalizadas imprescindibles, como rodamientos, motores, correas, etc, y el resto de piezas pueden fabricarse con la propia impresora (1-9).

## **2. OBJETIVOS**

Se pretende conseguir una máquina con la estabilidad y robustez necesaria para permitir trabajar con las 3 herramientas. El sistema de intercambio deberá fijar perfectamente las herramientas a la máquina y ser cómodo para el usuario, permitiendo un fácil intercambio de cabezales, sin necesidad de utilizar herramientas auxiliares como destornilladores o llaves.

El extrusor deberá ser doble para permitir la impresión simultánea de dos materiales diferentes, la fresadora poder trabajar maderas blandas y metacrilato, y el corte laser poder grabar y cortar papel, cartulina, cartón, cuero y espumas. Se diseñará un sistema versátil de superficie de trabajo, ya que cada herramienta necesita unas condiciones. El sistema de nivelación deberá ser automático o semiautomático. Se emplearán en la medida de lo posible los sistemas de tracción y transmisión de la máquina original, así como la parte electrónica. Para finalizar, se diseñará y dotará a la máquina de una carcasa que la cierre, mejorando su seguridad de uso y posibilitando un mejor control de las condiciones de procesado.

## **3. METODOLOGÍA**

Para la consecución de los objetivos, vamos a utilizar la metodología de diseño y desarrollo, descrita en el siguiente diagrama de bloques de la figura 1, donde se ven las diferentes etapas y sus interdependencias. La metodología de trabajo se ha diseñado para, primero, conocer en profundidad el funcionamiento de la máquina, tanto teórico como en funcionamiento real.

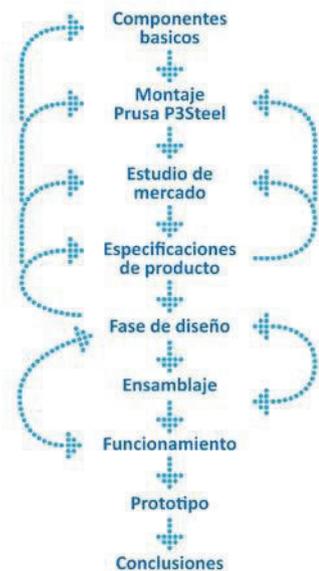


Figura 1. Metodología de diseño

Es entonces cuando se realiza el estudio de mercado, para aprovechando esa base previa de conocimiento, permita establecer las especificaciones de producto reales que se le pueden solicitar a la máquina multiherramienta. A dichas especificaciones se les da cumplimiento a lo largo de las etapas de diseño, ensamblaje y pruebas de funcionamiento de la máquina, siendo estas tres etapas las que presentan una mayor interdependencia. Finalmente se desarrollará un primer prototipo funcional, que permitirá mejorar las siguientes versiones del producto.

## 4. DESARROLLO DE LA MÁQUINA

### 4.1. ESTRUCTURA Y CARCASA

La estructura es el elemento principal de la máquina, sobre la que se ensamblan el resto de componentes. Se ha mantenido el chasis principal, y se han diseñado los nuevos soportes para los motores del eje, se han incorporado unos tirantes delanteros en cada lateral, para formar un conjunto sólido y estable, sobre el que se moverá todo el eje X y Z. Todas las piezas están fabricadas en acero de 3 mm, y se ensamblan con machihembrados y tornillería de M3.

La carcasa se ensamblará totalmente sobre la estructura. Se ha diseñado con piezas impresas de plástico y placas de metacrilato transparente, para poder controlar todos los elementos de la máquina mientras trabaja y mantener un entorno de trabajo más estable. La carcasa se ha segmentado en tres zonas, el volumen de trabajo y los dos laterales, para evitar que la suciedad no interfiera en el funcionamiento del eje Z. Todas las zonas cuentan con aperturas para poder acceder a los componentes de la máquina.

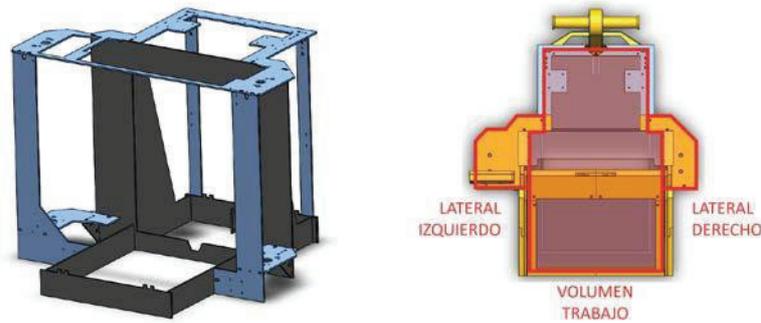


Figura 2. Detalle de la nueva estructura y el cerramiento de la carcasa

## 4.2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y TRACCIÓN

La máquina utiliza como sistema de transmisión rodamientos lineales de 8mm sobre varilla calibrada lisa, y como sistema de tracción, correa dentada GT2 en el eje X e Y y husillos de 8mm P2 en el eje Z. Se ha mantenido el sistema de tracción original, pero para soportar el aumento de peso y fuerzas resultantes en el proceso de fresado, se ha redimensionado el sistema de transmisión. En el eje X se ha incluido una tercera varilla lisa, consiguiendo que el apoyo de la herramienta se produzca en el plano horizontal XY, y no en el vertical XZ. Para mejorar el guiado del eje Z, se ha incluido una varilla adicional. Para determinar los esfuerzos y desplazamientos, que proporcione un dimensionado óptimo para garantizar unas tolerancias adecuadas durante el funcionamiento de la máquina, se ha llevado a cabo el estudio dinámico de los diferentes casos de carga con el software SolidWorks, apoyado por cálculos según información de las referencias 10 a 12 de este documento.

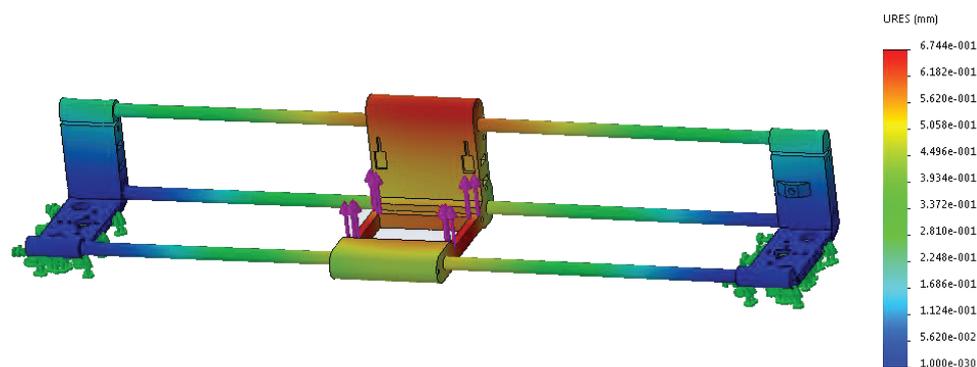


Figura 3. Detalle cálculo de deflexión vertical bajo cargas de fresado.

## 4.3. SISTEMA MULTIHERRAMIENTA

El carro del eje X es el encargado de soportar las herramientas de trabajo. Para ello se ha diseñado un sistema de clipaje que fijara a cada herramienta, sin necesidad de utilizar elementos externos. Las herramientas incorporadas son: Extrusor doble con ventilador de capa

independiente, fresadora de 500W con rango de 3000 a 12000 rpm con mandril ER11 y diodo laser de 3,5W y 445nm de frecuencia de onda.

#### 4.4. BASE DE TRABAJO

La máquina va a tener dos superficies de trabajo. La superficie para impresión 3D está compuesta por una plancha de corcho de 3mm, una placa calefactable de 12V y un cristal de borosilicato. La superficie para fresado y corte laser es una plancha de MDF de 8mm, que sirve como base desechable. Ambas superficies se anclan a una plancha de acero, quedando cada una por una de las caras, eligiendo la superficie en función del trabajo a realizar.

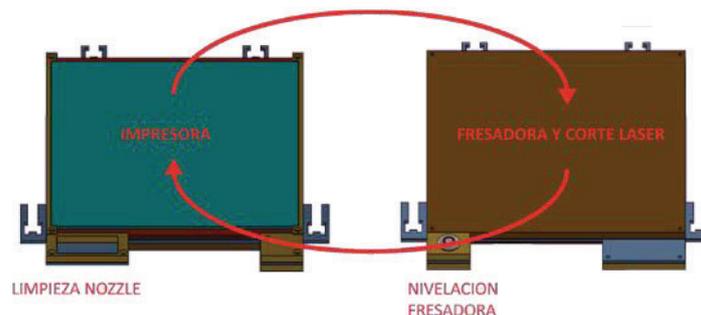


Figura 4. Detalle de la posición de las superficies de trabajo.

#### 4.5. NIVELACIÓN AUTOMÁTICA DE SUPERFICIES DE TRABAJO

Para la correcta nivelación de las superficies de trabajo se ha instalado un sensor capacitivo, que toma la medida del eje Z en las 4 esquinas de la cama, generando una matriz del plano XY. A la hora de trabajar, el firmware de la maquina es capaz de compensar la desviación del plano XY, subiendo o bajando el eje Z.



Figura 5. Detalle de nivelación de superficies de trabajo.

#### 4.6. ELECTRÓNICA, CONECTIVIDAD E INTERFACE

En el desarrollo de la parte electrónica, se ha mantenido la placa original, ArduinoMega + Ramps 1.4, pero se ha modificado el firmware para poder trabajar con las 3 herramientas. Se

ha incorporado un nuevo motor paso a paso con su driver para el control del segundo extrusor, y se ha instalado y conectado el sensor capacitivo para la función de nivelación de superficies de trabajo. También se ha instalado una pantalla táctil con entrada USB, volviéndose una maquina autónoma, sin necesitar conectar el PC para poder imprimir.

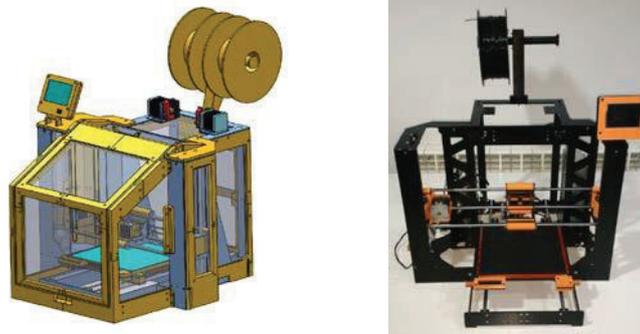


Figura 6. Renders de la solución final (izq.); Prototipo funcional (drch.).

## 5. RESULTADO FINAL Y CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto se ha desarrollado una máquina multiherramienta funcional que amplia considerablemente las opciones de fabricación de prototipos y maquetas respecto a una impresora 3D básica. Permite la posibilidad de trabajar sobre materiales plásticos, maderas, acrílicos, espumas, papel, cartón, cartulina y cuero, ofreciendo soluciones variadas para el mundo de la maquetación y el prototipado, con la modificación de un único equipo.

Las futuras vías de desarrollo en las que se está trabajando, están relacionadas con la regulación de temperatura de la cámara de impresión, la instalación de un extractor de humos y de viruta para la fresadora, la colocación de engrasadores automáticos para los ejes y la implementación de un sistema de escaneado 3D para fotocopiar objetos.

## 6. REFERENCIAS

- |  |  |
|--|--|
| (1) <a href="http://www.spainlabs.com">www.spainlabs.com</a>         | (8) <a href="http://www.reprap.org">www.reprap.org</a>                                   |
| (2) <a href="http://www.cnccontrol.com">www.cnccontrol.com</a>       | (9) <a href="http://www.thingiverse.com">www.thingiverse.com</a>                         |
| (3) <a href="http://www.instructables.com">www.instructables.com</a> | (10) Maquinas, cálculos de taller – Arcadio Lopez Casillas                               |
| (4) <a href="http://www.dima3d.com">www.dima3d.com</a>               | (11) Mecanizado de piezas con maquinas y herramientas especializadas – Ed. Ideas Propias |
| (5) <a href="http://www.staticsboard.es">www.staticsboard.es</a>     | (12) Ingeniería de fabricación, mecanizado por arranque de viruta – Ed. Vision Libros    |
| (6) <a href="http://www.e3d-online.com">www.e3d-online.com</a>       |  |
| (7) <a href="http://www.3despaña.es">www.3despaña.es</a>             |  |



## DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA MAQUINA DE PROTOTIPADO MULTIFUNCIONAL A PARTIR DE IMPRESORA 3D

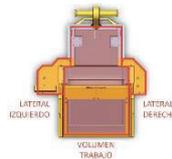
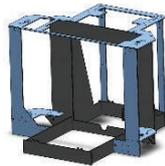
El presente trabajo de innovación tecnológica consiste en el diseño y desarrollo de una máquina multifunción para la fabricación de prototipos a partir de una impresora 3D convencional. Para abordar este reto se parte de una impresora modelo "Prusa P3Steel", de tecnología FDM, para convertirla en una máquina de prototipado multifuncional, con extrusor doble, fresadora de 500W y corte con diodo láser de 2,5W, capaz de realizar procesos aditivos y sustractivos en multitud de materiales. El proyecto está destinado al sector de la educación y al colectivo "maker", y se pretende dar solución a sus necesidades de prototipado.

La metodología de trabajo se ha diseñado para conocer en profundidad el funcionamiento de la máquina, tanto teórico como en funcionamiento real. Se realiza un estudio de mercado y se establecen las especificaciones de producto reales que se pueden solicitar a la máquina. Dichas especificaciones se cumplen a lo largo de las etapas de diseño, ensamblaje y pruebas de funcionamiento. Finalmente se desarrollará un primer prototipo funcional, que permitirá mejorar las siguientes versiones del producto.



### ESTRUCTURA Y CARCASA

- Mantiene el chasis principal
- Estructura reforzada para nuevos trabajos
- Carcasa cerra impresa en 3D
- Carcasa dividida en 3 sectores



### NIVELACION

- Sensor capacitivo
- Compensación del desnivel de la superficie de trabajo

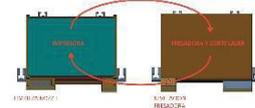


### ELECTRONICA

- ARDUINO MEGA
- Ramps 1.4 + DRV8825
- Pantalla táctil, control independiente

### BASE DE TRABAJO

- Superficie calefactada de impresión
  - Superficie para láser y fresado
  - Intercambiables



### TRANSMISION Y TRACCION

- Rodamientos lineales y varilla lisa de 8 mm
  - Correas GT2 para eje X e Y
  - Husillo para eje Z
- Redimensionada para esfuerzos de fresado

