



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Electrónica y Automática**

**Desarrollo de un sistema de control de  
una impresora 3D**

**Autor:**

**Guijarro Hernández, Julio**

**Tutor:**

**González Sánchez, José Luis  
Departamento de ingeniería de  
sistemas y Automática**

**Valladolid, Julio de 2015.**



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# Resumen

En el presente proyecto se van a tratar distintos aspectos de la impresión tridimensional, realizando un recorrido por los distintos tipos de impresiones que existen actualmente en el mercado, al igual que de los distintos tipos de materiales de los que se disponen para la impresión.

También se montará y explicará la experiencia del montaje de la impresora Velleman K8200, analizando sus componentes, comportamiento y softwares utilizados para la realización de modelos.

Finalmente se llevará a cabo diseño de piezas mediante software CAD y fotomodelado.

Montaje impresora 3D y modelado



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



**Universidad de Valladolid**

Resumen..... 3

Introducción ..... 9

Motivaciones del proyecto..... 11

Objetivos del presente proyecto..... 13

Capítulo 1: Estado del arte ..... 15

    1.1    Concepto de impresora 3D..... 15

    1.2    Proceso de creación de una pieza ..... 16

    1.3    Historia de las impresoras 3D ..... 17

    1.4    El proyecto RepRap ..... 19

Capítulo 2: Tipos de impresión 3D ..... 23

    2.1.    Impresión estereolitografía (SLA) ..... 23

    2.2.    Impresión 3D por láser (SLS)..... 24

    2.3.    Impresión por inyección múltiple ..... 25

    2.4.    Impresión por deposición de material fundido (FDM)..... 26

Capítulo 3: Elementos de la impresora 3D..... 29

    3.1 ABS ..... 29

        3.1.1    Estructura ..... 30

        3.1.2    Propiedades del material ..... 31

        3.1.3    Impresión con ABS ..... 31

    3.2    PLA..... 32

        3.2.1    Estructura ..... 32

        3.2.2    Impresión con PLA..... 33

    3.3    Comparación PLA con ABS..... 33

    3.4    Otros materiales ..... 34

        3.4.1    PVA ..... 34

        3.4.2    PC (Policarbonato)..... 35

        3.4.3    Soft PLA ..... 36

        3.4.4    HDPE (Polietileno de alta densidad)..... 36

        3.4.5    Nailon ..... 36

        3.4.6    Laybrick ..... 37

        3.4.7    Laywo-D3..... 38

        3.4.8    FilaFlex..... 38



**Universidad de Valladolid**

Capítulo 4: Elementos de la impresora 3D ..... 41

- 4.1 Estructura de soporte..... 41
  - 4.1.1 Construcción de soporte para bobinas ..... 41
  - 4.1.2 Montaje del carrito en eje X ..... 42
  - 4.1.3 Montaje del chasis ..... 44
  - 4.1.4 Montaje del perfil vertical izquierdo..... 46
  - 4.1.5 Montaje perfil vertical derecho ..... 47
  - 4.1.6 Montaje del soporte superior del cuadro y brazo del extrusor ..... 47
  - 4.1.7 Instalación del soporte para movimiento en el eje Z..... 48
- 4.2 Extrusión ..... 51
  - 4.2.1 Descripción del hotend y nozzle ..... 53
- 4.3 Ventilación ..... 54
- 4.4 Cama caliente..... 55
- 4.5 Relés..... 61
  - 4.5.1 Funcionamiento de los relés ..... 61
- 4.6 Motores paso a paso ..... 61
  - 4.6.1 Introducción ..... 61
  - 4.6.2 Características comunes de los motores paso a paso ..... 63
  - 4.6.3 Tipos de motores paso a paso ..... 64
  - 4.6.4 Tipos de motores según su modo de construcción ..... 65
  - 4.6.5 Principio de funcionamiento..... 66
  - 4.6.6 Introducción de motores paso a paso en la impresora ..... 67
- 4.7 Conexionado de los componentes..... 69
- 4.8 Instalación de la placa ..... 69
- 4.9 Conexionados..... 70
- 4.10 Conexionado a la red eléctrica..... 75

Capítulo 5: Guía de usuario..... 77

- 5.1 Instalación del software en el PC ..... 77
- 5.2 Calibración..... 81
- 5.3 Slic3r..... 82
  - 5.3.1 Printer settings..... 83
  - 5.3.2 Filament settings..... 91



**Universidad de Valladolid**

5.3.3	Printer settings .....	93
Capítulo 6: Modelado 3D mediante uso de software CAD .....		95
6.1	Herramientas para el diseño digital de piezas .....	95
6.2	Conceptualización del proyecto .....	99
6.3	Diseño de las piezas mediante software .....	100
6.4	Exportación del modelo al host Repetier .....	102
6.5	Generación del G-code .....	104
6.6	Impresión.....	106
Capítulo 7: Fotomodelado.....		111
7.1	Técnica de escaneado láser.....	111
7.1.1	Fundamentos del láser escáner.....	112
7.1.2	Métodos de toma de datos .....	112
7.2	Técnicas de fotogrametría para fotomodelado.....	115
7.2.1	Parámetros a tener en cuenta para una buena calidad en la fotogrametría....	116
7.3	Realización de un modelo 3D mediante fotogrametría .....	117
Capítulo 8: Proyectos futuros.....		121
Capítulo 9: conclusiones .....		125
Bibliografía .....		129
Anexos .....		131



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES





Universidad de Valladolid

# Introducción

En el presente proyecto se va a tener como tema fundamental de estudio el extenso mundo y ramas de aplicación que toma el ámbito de la impresión tridimensional.

La impresión tridimensional o mejor dicho, como el ser humano ha conseguido llevar a cabo un método para que partiendo de una idea, un simple concepto o matiz presente en su imaginación o bien en su afán de buscar nuevas metas y sentirse realizado con ellas, tiene hoy en día gracias a estos dispositivos, un soporte aún más sencillo que el ya presente como podrían ser matrices de control descomunales o procesos de optimización técnicos muy complicados, para llevar a cabo sus ideas.

Con este nuevo proceso, se abre un mundo de posibilidades para que cualquier persona con talento y dedicación pueda dar forma a sus proyectos de una manera óptima, siendo rápida y económica.

Por tanto este campo nace claramente de la robótica, pues es esta misma quien la da un soporte teórico y práctico para llevar a cabo un desarrollo tan exponencial como el que está teniendo en la actualidad.

La impresión 3D ha utilizado estos fundamentos mecánicos, electrónicos y eléctricos para obtener unos resultados fantásticos, en un periodo de tiempo muy corto, llegando a suponer para el sector tecnológico actual toda una revolución tecnológica, como ya lo fue en su día la invención de la imprenta o de las primeras computadoras digitales comerciales.

Me gustaría finalizar esta introducción mencionando a uno de los grandes padres de la ciencia que la humanidad ha tenido la suerte de poseer. Dijo Arquímedes de Siracusa, “Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo”, y quién le iba a decir a él que hoy en día, tendríamos tantos puntos de apoyo desde donde moverlo.

Pero estoy convencido de que vería en las impresoras tridimensionales un punto de movimiento para este mundo de proporciones y límites inimaginables, una revolución tecnológica, una forma de hacer precisamente lo que la humanidad necesita y debe buscar, seguir avanzando hacia un futuro mejor.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid

# Motivaciones del proyecto

Como ya se ha dado a entender en la introducción claramente mi principal motivación es llevar a cabo una introducción en este apasionante mundo que es el de las impresoras tridimensionales.

Antes del comienzo de este proyecto pensaba que la impresión en 3D era algo tan pionero que tal vez, llegaría a escapar a mis conocimientos y podría suponer una gran complicación adaptarme a este nuevo sector, lo cual me motivó a anteponerme a estos miedos e indagar en todo lo que pudiese para asimilar estas nuevas tecnologías y mejorar como ingeniero y como persona innovadora.

Otra gran motivación que vi en este proyecto fue el hecho de que me daba la opción de combinar tanto un trabajo de montaje hardware con un trabajo de diseño y programación. Buscaba algo que me permitiera tocar, ver cómo era en realidad y no basarme simplemente en una serie de simuladores, que yo introduciendo una serie de parámetros me calculara unos resultados los cuales me tendría que creer debido a los complejos algoritmos que en un segundo plano tendrían introducidos y yo no los pudiese tocar.

Finalmente, creo que la motivación prioritaria de este proyecto fue la de poder dar rienda suelta a mi creatividad a la hora de llevar a cabo mis ideas, mediante un diseño tridimensional y ver cómo podrían ser realizadas con esta serie de mecanismos, al mismo tiempo que descubría un nuevo conjunto de componentes, y como interaccionaban entre ellos para obtener el resultado final buscado.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# Objetivos del presente proyecto

En el presente proyecto se va a llevar a cabo:

- En primer lugar una introducción al mundo de las impresoras tridimensionales, buscando antecedentes históricos, desarrollo a lo largo de estos años mundo actual, futuro e innovación. Se buscará también el dar una noción de los diferentes tipos de impresoras y sus aplicaciones.
- Se realizará un estudio de los diferentes materiales presentes en el mercado actual, con los que se puede llevar a cabo los distintos tipos de impresión tridimensional.
- Otro punto a desarrollar es la realización del montaje de una impresora tridimensional completa, la de la casa comercial Velleman, modelo K8200. Se buscará llevar a cabo todo el montaje de la misma, analizando en profundidad cada uno de los componentes que posee y ver la influencia que estos tienen en el resultado final de la pieza.
- También se busca analizar como es el control que implementa esta impresora, la cual trabaja con el host Repetier, analizando su comportamiento
- Explicado ya todos los componentes de la impresora se pasara a explicar el software que actúa como host con la impresora 3D y nos permite importar nuestros modelos tridimensionales a un objeto físico creado por la misma. Se describirán parámetros de ajuste, funcionamientos manuales y automáticos de la misma...
- Una vez descrito ya todo lo relacionado a implementación de modelos tridimensionales, se pasará a describir el proceso de modelado 3D mediante software. Se hará un análisis tanto de su evolución a lo largo de los años hasta ahora, como de los fundamentos que usan para el diseño, explicando también una serie de softwares utilizados para el desarrollo de piezas.
- Seguidamente se estudiará el mundo del fotomodelado comparando las dos técnicas actuales que se tienen para la obtención de modelos tridimensionales, mediante escáneres o fotografías, buscando realizar una serie de piezas usando fotografías de la pieza y describiendo el software utilizado para ello.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## ESTADO DEL ARTE

### 1.1 Concepto de impresora 3D

Se conoce a la impresora 3D o de prototipado rápido a aquella máquina que es capaz de, a partir de un diseño virtual de un objeto tridimensional, llevar a cabo la elaboración de dicho objeto mediante la deposición de material obteniendo como resultado final ese objeto virtual en un objeto real.

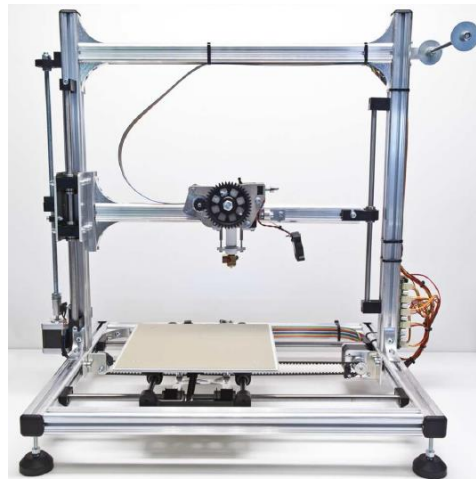


Figura 1.1- Impresora 3D Velleman, que se construirá en este proyecto

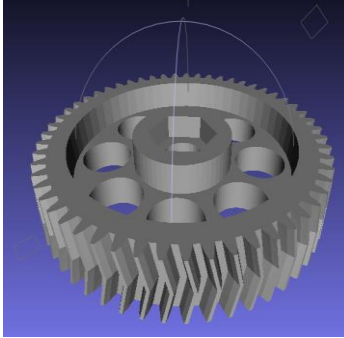
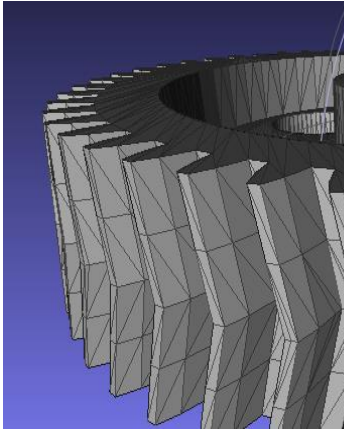
Una cualidad que poseen las impresoras tridimensionales, es la de que a la hora de llevar a cabo la creación del objeto, no retira material de un bloque o se basa en el uso de moldes, sino que para su elaboración lo que hace es depositar material sobre el propio modelo en construcción.

Esta característica lo que aporta al elemento final es que se consiguen formas con una mayor flexibilidad a la hora de fabricar geometrías complejas, abaratando por otro lado los procesos al prescindir de elementos como moldes, material sobrante...

Universidad de Valladolid

## 1.2 Proceso de creación de una pieza

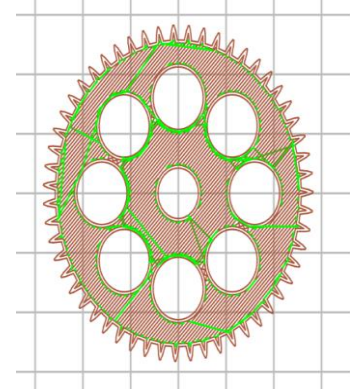
Cuando queremos llevar a cabo la creación de una pieza mediante el método de impresión tridimensional, se deben de seguir una serie de pasos que podríamos considerar obligados para que el resultado sea correcto, evitando complicaciones a lo largo del proceso.

Paso	Descripción	Ilustración
<b>Creación del objeto</b>	Como es de suponer, lo primero que se debe hacer es la pieza que se busca generar. Para este paso se usarán softwares de diseño CAD digital para la generación de objetos tridimensionales. También se pueden optar por otras tecnologías como sería el uso del fotomodelado.	
<b>Formato estandarizado</b>	Tras tener el diseño virtual ya creado, se debe introducir tener este archivo en un formato estandarizado en el cuál se pueda trabajar posteriormente en el host de la impresora para realizar la impresión del objeto. Usualmente se convierten todos los modelos en archivos de extensión .STL los cuales representan las superficies de los objetos con mallas de triángulos.	

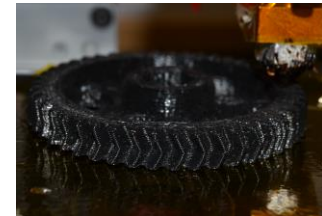


**Universidad de Valladolid****Generación de  
Gcode**

Tras tener el diseño virtual ya creado, se debe introducir este archivo en un formato estandarizado en el cuál se pueda trabajar posteriormente en el host de la impresora para realizar la impresión del objeto. Usualmente se convierten todos los modelos en archivos de extensión .STL los cuales representan las superficies de los objetos con mallas de triángulos.

**Impresión del  
objeto**

Finalmente el último paso que nos queda es el de la realización del objeto mediante las ordenes que la impresora va recibiendo de la computadora de control, siguiendo esta una ruta con el extrusor que nos permite ir obteniendo el modelo final idéntico al generado en el CAD del paso 1.



### 1.3 Historia de las impresoras 3D

Todo comenzó en 1984, cuando Charles Hull inventa el método de la estereolitografía (SLA), proceso de impresión orientado a maquetas para la prueba de prototipos antes de su fabricación en cadena. Ese mismo año crea 3Dsystems, empresa líder en el mercado que permitió la utilización a nivel industrial de este proceso.

Varios años más tarde, entre 1989 y 1990, S. Scott Crump, fundador a su vez de Stratasys, desarrolló la técnica de Fused Deposition Modeling (FDM), que consistía en la creación de objetos tridimensionales mediante la superposición de capas de material fundido que posteriormente solidificaba con la forma deseada.

Con el tiempo este método permitió una mayor difusión de la impresión 3D abaratando costes y permitiendo a pequeños usuarios y talleres no industriales tener acceso a esta tecnología para fines propios.

**Universidad de Valladolid**

Durante la década de los noventa se refinan gran parte de estas tecnologías a nivel industrial y surgen interesantes proyectos paralelos, destacando el de dos jóvenes estudiantes del MIT, que diseñaron un modelo de impresión 3D por inyección trucando una vieja impresora tradicional.

Al año siguiente fundaron su propia empresa Z Corporation, hasta ser adquiridos en 2012 por 3DSystems, su principal colaborador. A partir de ahí, la impresión 3D comenzó a perfilarse como una revolución en el mercado doméstico a través del proyecto RepRap, y es donde entra en juego la comunidad Maker.

Ante los altos precios de las impresoras 3D, en 2005 el Dr. Bowyer (Universidad de Bath, UK) desarrolla la primera impresora 3D con capacidad de imprimir casi la totalidad de las piezas que la componen. Este hecho constituye la entrada del Open-Source en la historia de la impresión tridimensional y un gran paso hacia su normalización en el mercado.

Basándose en el proyecto RepRap, surgen a su vez varios proyectos con la misma idea, favorecer el desarrollo de esta tecnología y acercarla al mayor número posible de comunidades. De entre todos sobresale Makerbot Industries, y su modelo Makerbot.



Figura 1.2- Creadores de MarketBot, junto a uno de los primeros modelos

En paralelo con toda esta evolución, desde los modelos más primitivos hasta su sofisticación con el tiempo, también se han ido utilizando estas tecnologías de impresión en ámbitos muy diversos. Uno de los que más crecimiento y en los que más esfuerzo se ha puesto para obtener unos resultados aceptables, es el mundo de la biotecnología.

A lo largo de los años se han tenido ciertos hitos los cuales merecen una mención en este espacio. La primera creación importante se realizó en el año 1999 cuando se produjo el primer implante en un ser humano de un órgano

**Universidad de Valladolid**

creado en un laboratorio. Se trataba de un aumento de la vejiga urinaria utilizando recubrimientos sintéticos con sus propias células.

La tecnología utilizada por los científicos del Instituto de Wake Forest de Medicina Regenerativa, abrió las puertas al desarrollo de otras estrategias para los órganos de la ingeniería, el cual pasaba por la impresión de los mismos. Debido a que están fabricadas con células propias del paciente, el riesgo de rechazo es prácticamente nulo.

El siguiente paso que se dio fue el de la creación de un riñón en miniatura completamente impreso en 3D y el cual destilaba sangre y generaba orina.

A lo largo de los años las tecnologías siguieron avanzando y se consiguieron resultados asombrosos para la elaboración de elementos que facilitaban la vida de las personas que sufrían algún tipo de problema, como es el caso de la generación de prótesis en 3D completamente personalizadas para el paciente y que se adaptaban a la perfección.

Más recientemente, Doctores e ingenieros holandeses están trabajando con una impresora 3D especialmente diseñada por la empresa LayerWise, la cual permite imprimir prótesis de mandíbulas personalizadas. Este grupo ha podido implantar una mandíbula a una mujer de 83 años de edad que sufría una infección de hueso crónica. Se cree que esta tecnología se podría seguir estudiando para la generación de tejido óseo.

También se han llevado a cabo ciertas impresiones como la de vasos sanguíneos mediante bio-impresoras 3D.

En la actualidad el uso de la impresión tridimensional se está expandiendo en todas las direcciones y ya se lleva a cabo impresiones de modelos completos de aviones no tripulados o de coches impresos completamente en 3D.

Otro espacio en el cuál se encuentra un desarrollo creciente de este tipo de máquinas es en el de la joyería, mediante la realización de joyas con impresiones de plata u oro en 3D y consiguiendo auténticas obras de arte con formas geométricas muy complejas, de una manera muy sencilla.

## 1.4 El proyecto RepRap

Como se mencionó en las líneas superiores, existe un proyecto el cual tiene una gran popularidad en muchos centros docentes de España y todo el mundo, el conocido como proyecto RepRap.

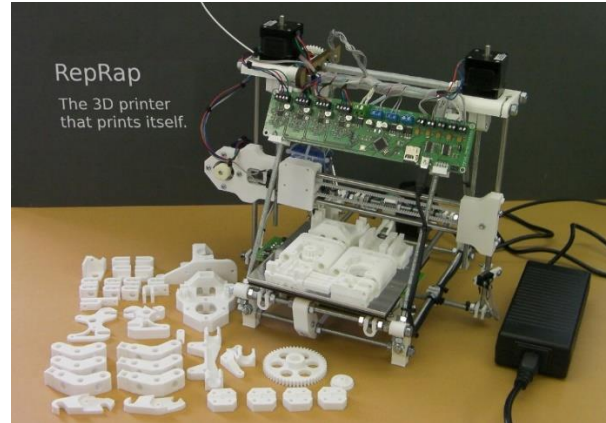


Figura 1.3- Impresora RepRap autorreplicante

Este proyecto consiste en la creación de una máquina autorreplicable de prototipado rápido. Esta autorreplicación es la capacidad de producir los componentes necesarios para construir otra versión de sí mismo.

La principal meta del proyecto por tanto, es generar estas máquinas autorreplicantes para poder dar una disponibilidad de esta tecnología a un gran número de gente, de una manera fácil y con una mínima inversión de capital.

El Proyecto RepRap nace en el año 2005 gracias a la idea del ingeniero Adrian Bowyer de la Universidad de Bath, en el Reino Unido. El nombre RepRap proviene de “Replicating Rapid prototyper” y su filosofía desde el inicio estuvo basada en diseños y desarrollos Open Source, motivados por su idea de que la industria nunca desarrollará una máquina auto-replicable porque no le saldría rentable.

Al cabo de tres años consiguieron desarrollar el primer modelo de impresora 3D del Proyecto Reprap, y así, en Febrero del año 2008, crearon la primera impresora 3D, el modelo conocido como Darwin; nombre inspirado del creador de La Teoría de la Evolución, Charles Darwin, pues tenían la idea de crear una sucesión de modelos que evolucionen más rápido que las especies de seres vivos. A su vez, esta impresora consiguió crear su primera réplica en Mayo de ese mismo año.

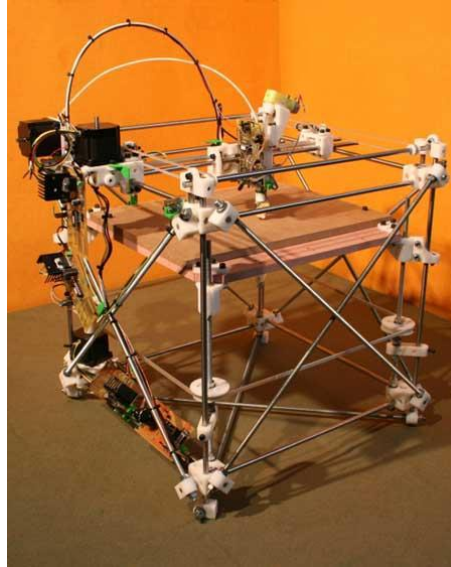


Figura 1.4- Modelo Darwin del proyecto RepRap

El siguiente hecho importante del Proyecto Reprap se dio en Octubre del año 2.009, cuando terminaron el diseño del modelo Mendel. Este nuevo modelo supuso el mayor avance para Reprap, pues suponía haber conseguido una impresora 3D aún más compacta y fácil de montar y replicar que las que ya existían.

Para concluir con la historia del Proyecto Reprap, cabe destacar que tiene su propia página web .Esta web fue creada el 1 de Octubre del año 2008 y hoy en día está adaptada a varios idiomas.

En la página inicial de la web, en castellano, hablan de en qué consiste el Proyecto Reprap y, hablan de que la motivación fue la creación de máquinas capaces de crear objetos, llegando incluso a replicarse a sí mismas. Comentan, que aunque todavía se necesita la ayuda de un ser humano, el objetivo es llegar a un modelo capaz de auto-replicarse por completo de manera autónoma.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



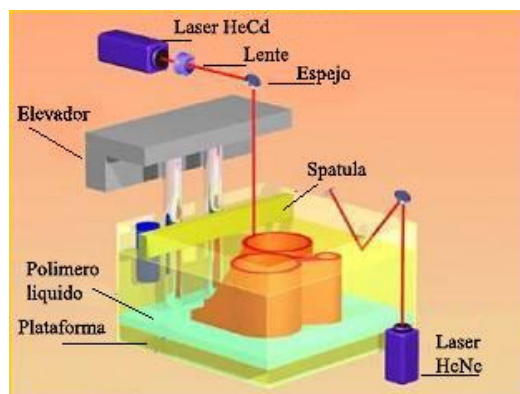
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## TIPOS DE IMPRESIÓN 3D

En la actualidad se puede diferenciar entre una serie de impresoras 3D las cuales poseen diferentes características en función del material que pueden emplear para la creación del objeto o de la técnica empleada para ir depositando el material sobre el mismo. Por lo tanto podemos distinguir:

### 2.1. Impresión estereolitografía (SLA)

Fue el método inventado por Charles Hull, inventor de la primera impresora 3D, y consiste en crear las piezas utilizando un rayo láser ultravioleta para endurecer una resina, que se tratará de un fotopolímero, es decir, un polímero que se endurece cuando se le aplica este tipo de luz.



La generación de la pieza se va realizando capa a capa y según se acaba una de estas, una plataforma que también se encuentra sumergida en la resina, mueve verticalmente hacia abajo a la pieza, permitiendo la realización de una nueva capa de material mediante el láser.

Este proceso suele requerir el uso de soportes para estabilizar superficies sobresalientes, lo cual genera un sobrante de material que podrá reutilizarse para proyectos futuros. Este tipo de impresión requiere un tratamiento químico



**Universidad de Valladolid**

posterior de la pieza en el cual se limpiará y acabará de compactar gracias a un horno de luz intensa (Post-Curing).

Este proceso de impresión es el que aporta una mayor precisión y mejor acabado superficial. Suele emplear un láser de entre 100-500 mW, dependiendo de la velocidad de impresión que se quisiese lograr (a mayor precisión sería necesario una mayor potencia).

El uso de estos fotopolímeros suele ser tóxico, por lo cual todo el proceso se debe realizar en un entorno cerrado y con ventilación para evacuar los vapores generados en el proceso.

Este tipo de impresoras están evolucionando en la actualidad y algunos fabricantes están comenzando a sustituir el láser por un proyector digital de luz.

Este tipo de impresión presenta las ventajas de ser precisa, detallada y con propiedades mecánicas excelentes, pero también tenemos que tener en cuenta que es un método muy caro de implementar, que utiliza productos tóxicos y un elevado mantenimiento.

## 2.2. Impresión 3D por láser (SLS)

Esta técnica nació entorno a los años 80, y a pesar de tener grandes características semejantes a las que posee la impresión SLA, este tipo de impresión nos permite llevar a cabo las impresiones que buscamos en una amplia variedad de materiales en polvo, como podría ser cerámica, nylon, poliestireno...

Para esta tecnología de impresión, se utiliza un láser que debe poseer una alta potencia para llevar a cabo la fusión de las pequeñas partículas del material en polvo que se pretende compactar.

Este laser irá seleccionando las zonas en las que se desea compactar, y llevará a cabo barridos bidimensionales con la intención de crear capas transversales, para generar el objeto tridimensional final.

Una vez que se completa de realizar un barrido bidimensional y de compactar todo el material de esa capa, se lleva a cabo el mismo proceso que en el método SLA, moviendo verticalmente hacia abajo el objeto para depositar otra capa. Tras cada desplazamiento vertical hacia abajo unos rodillos introducen una nueva capa uniforme de polvo a compactar por parte del láser, el cual volverá a repetir el proceso.



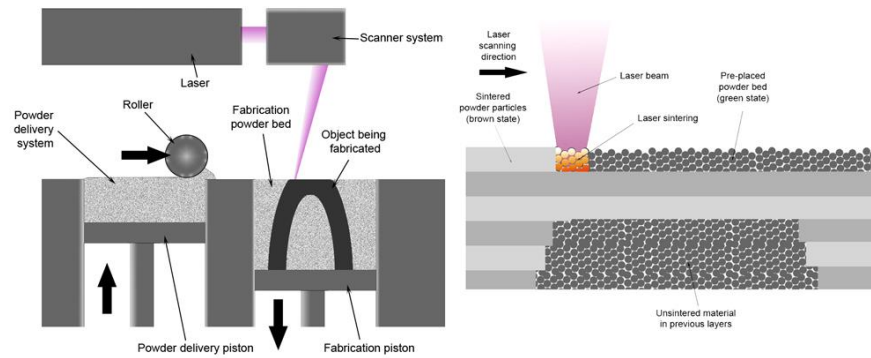


Figura 2.1- Esquema de la impresión por láser (SLS)

Las piezas terminadas tendrán una densidad que depende de la potencia pico del láser más que de su duración, los equipos SLS usan un láser de pulso. El equipo SLS precalienta el material polvo base en la cubeta a una temperatura ligeramente inferior a la de fusión de dicho material. De esta forma hace que la fusión del material por calentamiento sea más sencilla.

Una de las grandes ventajas que presentan estas impresoras frente a otras presentes en el mercado actual es el hecho de que no requieren de soportes para realizar ninguna estructura, debido a que el objeto se encuentra continuamente recubierto de polvo que no se está sintetizando, y actúa como soporte de la pieza.

### 2.3. Impresión por inyección múltiple

Es el tipo de impresión tridimensional más similar a la impresión convencional de toda la vida.

Este tipo de impresoras, poseen una serie de cabezales de impresión que se encuentran en un soporte, el cual va recorriendo un plano bidimensional e inyectando un fotopolímero, el cuál es canalizado por una corriente líquida que se inyecta en una bandeja de construcción para formar las diferentes capas.

Se usa también un material de soporte, como podría ser el caso de una cera o gel, para apoyar voladizos y geometrías complejas de la pieza.

Una vez depositado el material sobre la superficie, una luz ultravioleta disponible en el cabezal, permite endurecer el material tras su inyección y queda lista para que se imprima encima de ella. Este proceso se va repitiendo capa a capa.

**Universidad de Valladolid**

Una vez finalizada la impresión se eliminan estas ceras o geles empleados para la generación de soportes durante la impresión, se elimina fácilmente con el uso de agua, aplicada mediante un pulverizador a presión.

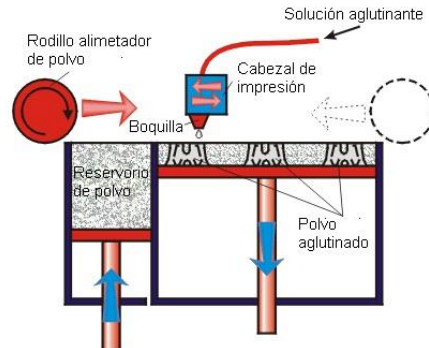


Figura 2.2- Esquema de la impresión mediante inyección múltiple

Este tipo de impresoras nos da la opción de llevar a cabo una impresión multi-material, lo cual es un punto a su favor contra otro tipo de tecnologías. En sus softwares internos, estas impresoras poseen una serie de opciones de configuración en las cuales podremos seleccionar que tipo de materiales queremos que se viertan por cada extrusor.

Una aplicación de este tipo de selección de varios materiales de construcción distintos para la pieza sería la de llevar a cabo objetos que tuviesen partes rígidas y partes flexibles, gracias a la selección de materiales distintos para cada zona.

Otra ventaja que presentan, es el hecho de que la pieza está prácticamente lista una vez sale de la máquina de impresión al contrario que las técnicas anteriormente descritas las cuales si que precisan de unos tratamientos posteriores de cura o limado obligado.

Como desventajas de esta técnica, se tiene la limitación de los materiales con los que se pueden imprimir, pues no permite ningún tipo de elemento metálico o similar, y que para conseguir distintos colores en la impresión serían necesarios distintos materiales, no se pueden usar pigmentos de coloración.

## 2.4. Impresión por deposición de material fundido (FDM)

Finalmente, el tercer tipo de tecnología empleada para la generación de objetos en 3D, y la cual implementa el modelo de Velleman el cuál se va a utilizar y analizar en este trabajo, es la de deposición de material fundido.

**Universidad de Valladolid**

Esta técnica consiste en depositar un polímero fundido sobre una base plana, capa a capa. Trabajan fundiendo el insumo, que es un filamento de 3 mm o 1,75 mm de ABS o PLA. Este filamento es empujado a través de una boquilla caliente, con lo que se produce un pequeño hilo plástico que luego se deposita sobre la cama caliente de la máquina.

La deposición del material es tarea del cabezal de la impresora, y lo debe situar en los lugares correctos, logrando así conformar la primera capa de material. Tras terminar con la primera capa, lo que se hace es trasladar este cabezal a la siguiente capa, subiéndolo una cierta anchura de capa y comienza con la nueva capa.

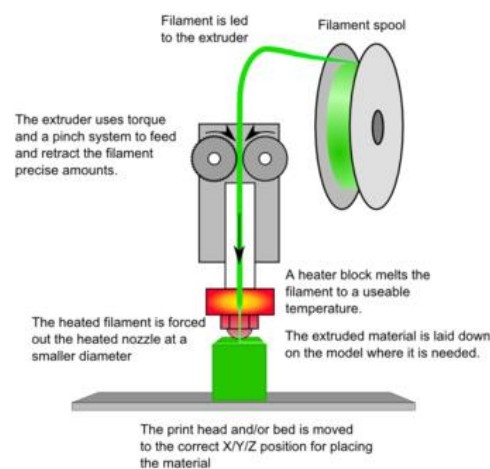


Figura 2.3- Esquema de funcionamiento de la impresión mediante deposición de material

Este tipo de impresoras son las más extendidas y utilizadas a lo largo de todo el mundo, debido a sus buenos resultados y su relativo bajo costo.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Capítulo 3

---

# MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN

---

En este apartado se va a hablar de los diferentes materiales empleados por nuestra impresora para la creación de los objetos. Se van a tratar el ABS y el PLA.

### 3.1 ABS

El ABS o acrilonitrilo butadieno estireno es un termoplástico derivado del petróleo. Es conocido como plástico de la ingeniería, debido a que es un plástico cuya elaboración y procesamiento es más complejo que los plásticos comunes, como son las polioleofinas (polietileno, polipropileno).

El nombre de ABS proviene de sus tres componentes, tres monómeros que diferentes usados para su producción: acrilonitrilo, butadieno y estireno. Por tener tres monómeros diferente se le conoce como terpolímero (copolímero compuesto de tres bloques). Cada monómero le aporta unas características diferentes.

Los bloques de acrilonitrilo le proporcionan rigidez, resistencia a ataques químicos y estabilidad a alta temperatura así como dureza.

Los bloques de butadieno, proporcionan tenacidad a cualquier temperatura, muy útil cuando se busca trabajar con este material en ambientes fríos donde otros materiales se vuelven más frágiles.

Finalmente el bloque estireno le proporciona resistencia mecánica y rigidez.

Esta mezcla nos proporciona por tanto una sinergia, un producto final con unas características mejores que las que se tienen con la suma de las propiedades individuales.

**Universidad de Valladolid**

Para su fabricación en un principio se procedía a la mezcla mecánica de las sustancias en seco, o se mezclaba un látex de un caucho basado en butadieno y la resina del copolímero acrilonitrilo-estireno (SAN). Pero, pese a que este material generado presentaba características mejores respecto a otros productos presentes en la época, presentaba carencias a la hora de ser procesado y de conseguir una buena homogeneidad.

En la actualidad el ABS se produce, preponderantemente, por medio de la polimerización del estireno y el acrilonitrilo en presencia de polibutadieno, quedando como producto una estructura de polibutadieno, conteniendo cadenas de SAN (estireno acrilonitrilo) injertados en él.

### 3.1.1 Estructura

Su estructura es una mezcla de un copolímero vítreo (estireno y acrilonitrilo) y un compuesto elástico principalmente el polímero de butadieno. La estructura con la fase elastómera del polibutadieno proporciona una dura y rígida matriz SAN.

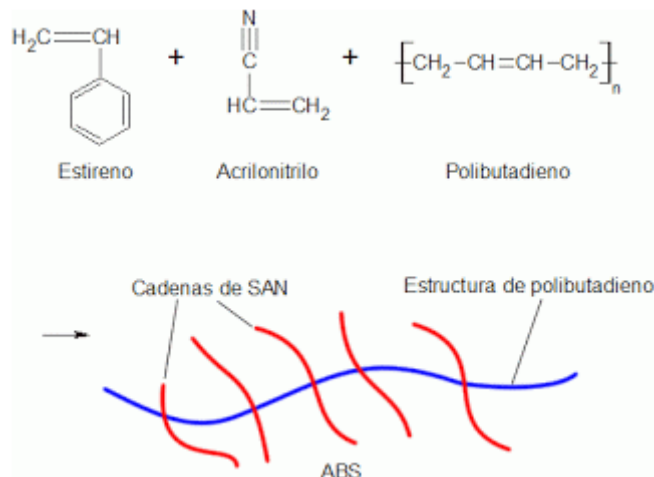


Figura 3.1- Estructura del ABS comercial

Universidad de Valladolid

### 3.1.2 Propiedades del material

Como ya se ha mencionada con anterioridad, los elementos construidos con estos materiales poseen una serie de características muy útiles para el mundo de la ingeniería como puede ser una buena resistencia mecánica y al impacto combinado con facilidad para el procesado. Cada material nos aporta por tanto:

Componente	Acrilonitrilo	Butadieno	Estireno
Características	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resistencia térmica</li><li>- Resistencia química</li><li>- Resistencia a la fatiga</li><li>- Dureza y rigidez</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ductilidad a baja temperatura</li><li>- Resistencia al impacto</li><li>- Resistencia a la fusión</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Facilidad de procesamiento</li><li>- Brillo</li><li>- Dureza y rigidez</li></ul>

El ABS se puede mecanizar, pulir, lijar, limar agujerear, pintar, pegar... con extremada facilidad, y el acabado sigue siendo bueno. Gracias a su extremada resistencia y su pequeña flexibilidad hace que sea el material perfecto para infinidad de aplicaciones industriales, como en la construcción de componentes de automóviles, componentes electrónicos piezas de juguete...

### 3.1.3 Impresión con ABS

A la hora de llevar a cabo impresiones con este material se debe tener en cuenta que al ser un derivado del petróleo, durante su extrusión se genera un ligero olor a plástico quemado y algunos vapores tóxicos, por lo que es recomendable tener una buena ventilación.

Debido a su alto punto de fusión, el cual se encuentra entre los 230 y 245 grados centígrados, lo cual depende del hot-end que utilicemos en nuestra impresora y del diámetro que posea el filamento empleado para la impresión. Por norma general se deberá imprimir a una temperatura superior a los 240°C si se utiliza un filamento de 1,7 mm, sin embargo si usamos un filamento de 3 mm se empleará una temperatura de unos 245°C.

Por su parte, la cama caliente donde se depositará el material debe de poseer una temperatura igual o superior a 90°C. Si no conseguimos obtener esta temperatura en la cama caliente, el material o no se adherirá a la cama o

Universidad de Valladolid

provocará una deformación del material, dándose por tanto una impresión final fallida.

## 3.2 PLA

El ácido poli-láctico es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables al 100%, como son el maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón.

Uno de los principales impedimentos que ha tenido la evolución del PLA es el alto coste de su producción. Pero gracias a los avances en la fermentación de la glucosa para obtener ácido láctico, ha experimentado una bajada importante su coste y por consiguiente su interés en él.

### 3.2.1 Estructura

El punto de partida para generar el PLA, es el ácido láctico (2-hidroxipropanoico)

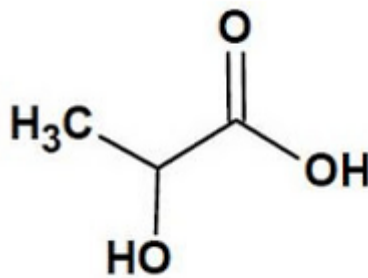


Figura 3.2- Estructura del ácido láctico

Este componente fue descubierto en torno a 1780 por el químico Carl Wilhelm Scheele pero solo fue obtenido a escala industrial hacia 1880 en Estados Unidos por Charles Avery.

Sus principales aplicaciones industriales, se han desarrollado en el ámbito de la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Para su fabricación existen dos métodos de generación del ácido láctico, que consisten en rutas químicas y biotecnológicas. Actualmente la ruta biotecnológica es la más utilizada en el mundo.

El PLA es un polímero versátil que tiene muchas aplicaciones, incluyéndose en la industria textil, en la industria médica y sobretodo en la del empaquetado. Se tienen 4 tipos de ácidos polilácticos disponibles para empaquetar, cada uno de ellos con características especiales:

- 4041D: gran estabilidad hasta los 265°F (130°C)



**Universidad de Valladolid**

- 4031D: también se utiliza a gran temperatura hasta 130°C
- 1100D: se utiliza para hacer tazones, las cajas de las patatas fritas, empaquetado de congelado vegetal.
- 2000D: se utiliza en envases transparentes de alimentos, para fabricar tazas, envases de leche.

Dentro de la industria textil, son conocidas las aplicaciones del PLA para la creación de telas empleadas en la tapicería, la elaboración de trapos y la confección de toldos y cubiertas resistentes a la luz U.V.

### 3.2.2 Impresión con PLA

El PLA se ha convertido en un material un poco más fácil de imprimir, debido a su capacidad de impresión en temperaturas más bajas que el ABS y la no necesidad de adherirse a una plataforma de impresión a temperatura demasiado elevada.

El PLA necesita una temperatura de extrusión de entre 190° y 200° centígrados, aunque no sea necesaria la utilización de una cama caliente, muchos usuarios la utilizan para evitar posibles problemas debido al contraste térmico, a la que le configuran una temperatura de 70° C.

Cabe destacar que es más lento para enfriarse, por lo que se recomienda usar un ventilador para poder acelerar el proceso de endurecimiento.

## 3.3 Comparación PLA con ABS

Vamos a comparar las posibilidades que nos pueden ofrecer estos dos materiales a la hora de llevar a cabo nuestras impresiones, viendo que características nos aporta cada uno de ellos, y en que situaciones es más apropiado utilizar el uno frente al otro

Actualmente el PLA tiene dos ventajas principales sobre el ABS: no emite gases nocivos (se pueden tener varias impresoras funcionando en un espacio cerrado y no hay problema) y hay un rango más amplio de colores (fluorescente, transparente, semitransparente...). Se puede imprimir con todo tipo de impresoras (no necesita base de impresión caliente) y se puede imprimir sin base.

Sus inconvenientes respecto al ABS son básicamente dos: no resiste las altas temperaturas (se empieza a descomponer a partir de 50-60 grados centígrados) y el postproceso (mecanizar, pintar y, sobre todo, pegar) es mucho más complicado. Se utiliza básicamente en el mercado doméstico.



### Universidad de Valladolid

Realmente a la hora de llevar a cabo las piezas, nos será muy complicado diferenciar realmente de que producto está hecha, por lo que las diferencias entre ambos materiales en el resultado final son muy pequeñas.

El mayor problema que nos puede presentar el ABS en el aspecto sobre la calidad de impresión, es su tendencia a curvarse o deformarse en la parte inferior de la pieza. Otro problema sería la generación de pequeños detalles, los cuales no se acaban de lograr a la perfección.

Para mejorar las impresiones ABS, muchas personas utilizan los baños de acetona o vapor de acetona en sus piezas, con estos métodos se consiguen piezas más suaves y brillantes.

En comparación con el ABS, las impresiones en PLA sufren menos deformaciones y se pueden imprimir detalles mucho más finos. La refrigeración activa permite al PLA imprimir detalles mucho más nítidos, sin riesgo de deformación ni agrietamientos.

Otro aspecto importante a considerar es el cómo almacenar estos materiales. Un mal almacenamiento provocará que tanto el ABS como el PLA absorban la humedad del aire, esto podemos evitarlo colocando el filamento en lugares secos, preferiblemente en bolsas envasadas al vacío o recipientes sellados.

Las consecuencias de no tener nuestras bobinas bien conservadas pueden llegar a hacer que aparezcan burbujas en el filamento. La humedad puede hacer reducir la calidad y velocidad de impresión, además de cambios en la fuerza de la pieza e incluso daños o atascos en la boquilla del extrusor.

Cuando hablamos de diferencia de precio entre ambos materiales podemos encontrar que, en ocasiones, el PLA puede tener precio mayor que el ABS. Pero en la mayoría de los casos podemos adquirirlos al mismo precio.

## 3.4 Otros materiales

A parte de estos materiales que son los que se han empleado para realizar los primeros experimentos y puesta en marcha de nuestra impresora, también existen una serie de materiales los cuales se van a describir brevemente a continuación. Sus usos son muy variados, y aumentan las posibilidades que se pueden obtener con estas máquinas.

### 3.4.1 PVA

Es un plástico especial, usado como estructura de soporte para zonas críticas susceptibles a caer e ideal para objetos con formas complejas o usadas en aplicaciones especiales.

**Universidad de Valladolid**

Es soluble en agua por lo que su eliminación tras finalizar la impresión es muy sencilla. Se debe tener cuidado pues tiende a absorber gran humedad, y se debe controlar la humedad del ambiente de impresión.



- Temperatura de fusión: 180°C-200°C
- Temperatura de cama caliente: 50°C
- Biodegradable

Figura 3.3- Bobina de PVA

### 3.4.2 PC (Policarbonato)

El PC es un material del grupo de los termoplásticos se caracteriza porque es fácil de moldear y por su acabado superficial blanco. Es utilizado con la tecnología de FDM.

Tiene una gran resistencia al impacto y a la deformación térmica. Posee cualidades que lo hacen idóneo para el aislamiento eléctrico, también es adecuado para prototipos que tengan que sufrir condiciones ambientales como los rayos ultravioletas.

Como desventajas indicar que es sensible al entallado y a las sustancias químicas.



- Temperatura de fusión: 180°C-200°C
- Temperatura de cama caliente: 50°C
- Biodegradable

Figura 3.4- bobina de Policarbonato

Universidad de Valladolid

### 3.4.3 Soft PLA

Es un filamento gomoso, derivados del PLA, que permite imprimir objetos flexibles, como las partes mecánicas gomosas, juegos, sandalias y otros artículos gomosos.



Figura 3.5- cadenas construidas con material flexible soft PLA

- Temperatura de fusión: 200°C-220°C
- Temperatura de cama caliente: 60°C
- Biodegradable

### 3.4.4 HDPE (Polietileno de alta densidad)

Es el material del cuál esta hecho los botes de detergente o champú. No es un material muy usado debido a sus limitaciones estructurales, dado que presenta problemas de curvado y tiende a encogerse. Como puntos positivos de este material, se puede indicar que es un material a casi todos los disolventes y pegamentos que existen.

- Temperatura de fusión: 225°C-230°C
- Temperatura de cama caliente: 25°C
- No biodegradable

### 3.4.5 Nailon

Es quizás uno de los materiales más complejos para la impresión 3D. Su principal problema es la falta de adhesión de la pieza a la bandeja, que causa muchos fallos además de un warping muy difícil de controlar.

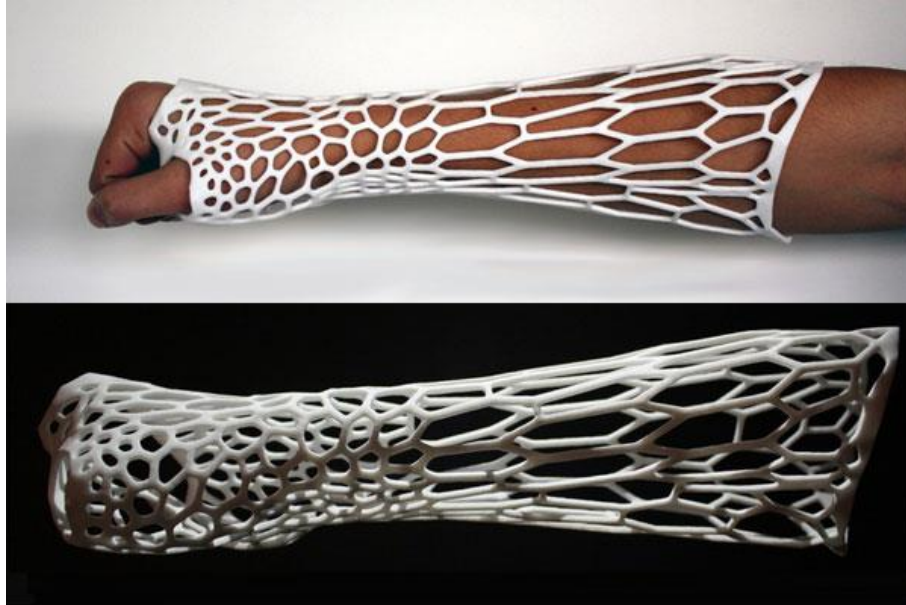


Figura 3.6- Prótesis a medida construida con Nailon mediante deposición de material.

Además suele coger fácilmente humedad, por lo que previamente a la impresión 3D deberemos secarlo en el horno durante 3 o 4 horas. A cambio de todas estas dificultades, el nylon es un material muy resistente, poco viscoso, muy resistente a la temperatura y con distintas variedades que le aportan flexibilidad, transparencia y otras cualidades.

- Temperatura de fusión: 240°C-250°C
- Temperatura de cama caliente: 25°C
- No biodegradable

### 3.4.6 Laybrick

Es una mezcla de polímeros y polvo de yeso, patentado por FormFutura, que aporta al material final una textura muy característica, la cual dependerá en gran medida de la temperatura a la cual se lleve dicha impresión.

Como norma general, se obtendrá un superficie lisa si la impresión se realiza en torno a los 165°C. En caso de llevarse a cabo a unos 210°C el tacto será rugoso. Una ventaja que presenta este material es el hecho de que no se genera el problema del warping.

### Universidad de Valladolid

Es un material que permite llevar a cabo sobre él lijadura y puede pintarse con facilidad.



Figura 3.7- Jarrón construido con este material

- Temperatura de fusión: 160°C-220°C
- Temperatura de cama caliente: 20°C
- No biodegradable

### 3.4.7 Laywo-D3

Material que también está patentado por FormFutura, y en su composición se tiene una mezcla de polímero y polvo de madera, dándose un acabado final como si de madera se tratase. Una característica importante de este material, es que dependiendo de la temperatura a la cual se lleve a cabo la impresión el material tendrá un color más oscuro o claro. Es un filamento frágil pero no presenta problemas de warping.



Figura 3.8- Búho construido con este material específico

- Temperatura de fusión: 240°C-250°C
- Temperatura de cama caliente: 25°C
- No biodegradable

### 3.4.8 FilaFlex

Para acabar con esta sección, mencionar este filamento desarrollado en España, el cual nos proporciona unas características de flexibilidad sorprendentes. El filamento posee la consistencia de un hilo de goma, y las piezas generadas pueden deformarse ampliamente.

**Universidad de Valladolid**



- Temperatura de fusión: 220°C-230°C
- Temperatura de cama caliente: 25°C



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES





## Capítulo 4

---

# ELEMENTOS DE LA IMPRESORA 3D

---

### 4.1 Estructura de soporte

Una parte esencial, y que es muy importante a la hora de llevar a cabo el diseño de una impresora 3D, es la del diseño de su estructura de soporte. Esta estructura nos servirá de base para la construcción de la impresora, desde sus conexiones hasta el posicionamiento de los motores paso a paso y relés.

Las características de esta estructura deben ser principalmente las de aportarnos firmeza, para que cuando llevemos a cabo la impresión no suframos ningún tipo de vibraciones transmitidas al cabezal del extrusor, lo cual podría crear defectos en el objeto final.

Por consiguiente, esta estructura será lo primero en construir para montar la impresora 3D.

#### 4.1.1 Construcción de soporte para bobinas

Lo primero que se va a montar será la estructura de soporte que va a albergar nuestros bobinados de material para impresión, ya sea ABS o PLA.

Esta estructura es muy simple y consiste en un conjunto formado por una varilla roscada y un conjunto de tuercas y tornillos que servirán de topes para los rollos de material.

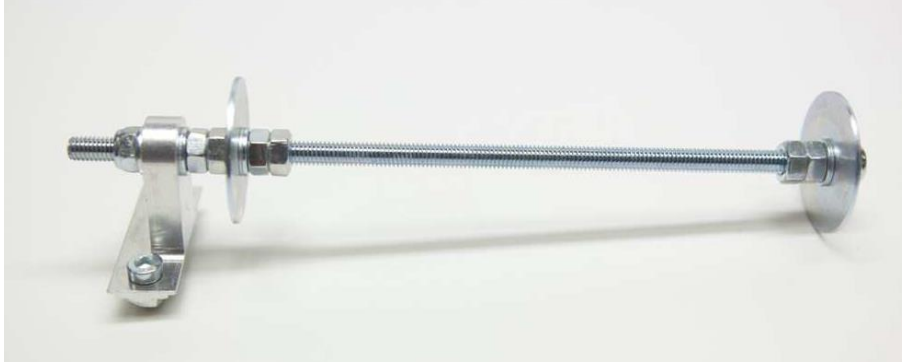


Figura 4.1- Soporte para la colocación de la bobina de filamento

Este soporte se colocará en un lugar más elevado en la estructura, pues su función es alimentar de filamento al extrusor y colocándolo en una posición elevada favorecemos la caída de este.

#### 4.1.2 Montaje del carrito en eje X

El siguiente paso que se llevará a cabo, será el montaje de las piezas que compongan el soporte que nos dará un movimiento en el eje X. Para ello se utilizarán una serie de soportes y de guías de vías para limitar el movimiento en solo un eje.

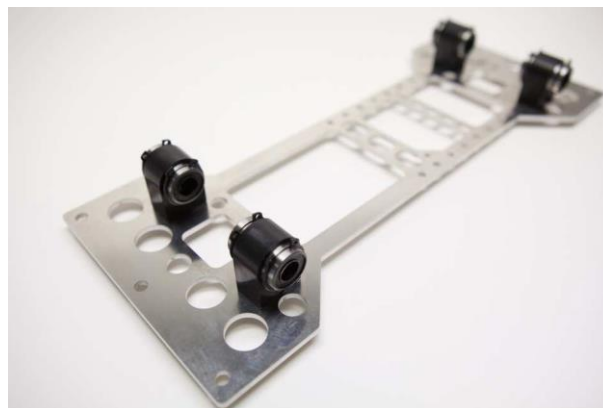


Figura 4.2- Carrito para movimiento sobre el eje X.

Sobre esta plataforma se montará el soporte para un tornillo, que activará el relé que tendremos controlando las posiciones del eje Y.

Universidad de Valladolid

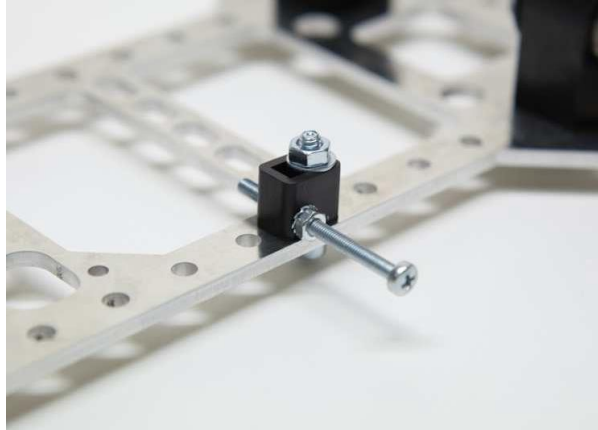


Figura 4.3- Soporte para activación del relé fin de carrera

Lo siguiente a realizar será montar sobre esta plataforma, otra plataforma la cual será la encargada de realizar los movimientos en el eje Y. Sobre esta nueva plataforma se montará también un soporte para el relé que tiene como misión la de activar el final de carrera del eje Y.

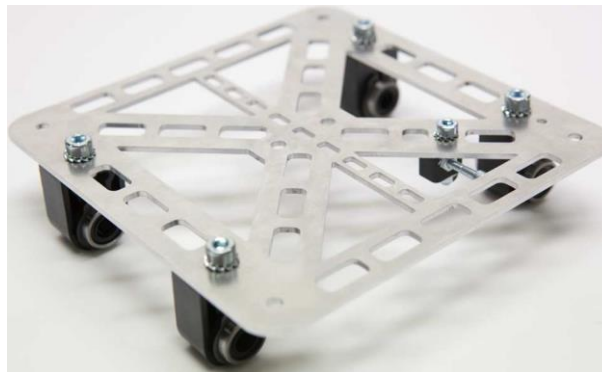


Figura 4.4- Carrito para movimientos sobre eje Y

Para conectar esta plataforma con la del eje Y, se utilizarán unas abrazaderas y unas barras cilíndricas que serán sobre las que se mueva el carrito en el eje Y.

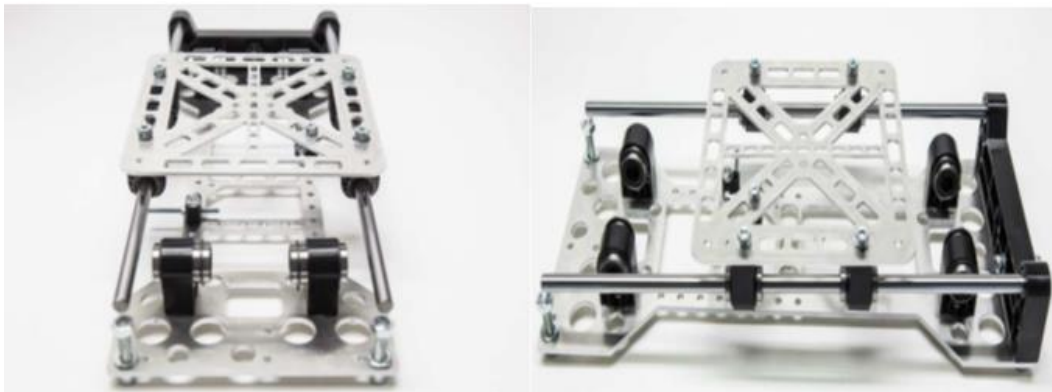


Figura 4.5- Conjunto de ambos carritos para llevar a cabo movimientos en un plano bidimensional

**Universidad de Valladolid**

Se deberá colocar sobre la plataforma del eje X, en el lado opuesto a las abrazaderas, el motor paso a paso que llevará a cabo el movimiento en el eje. Para llevar a cabo el movimiento en el eje X se utilizara una correa dentada la cual se moverá mediante este motor de paso a paso.

Se debe colocar un adaptador en el eje del motor (será un adaptador dentado) el cual permitirá la transmisión del movimiento del motor paso a paso a la correa.

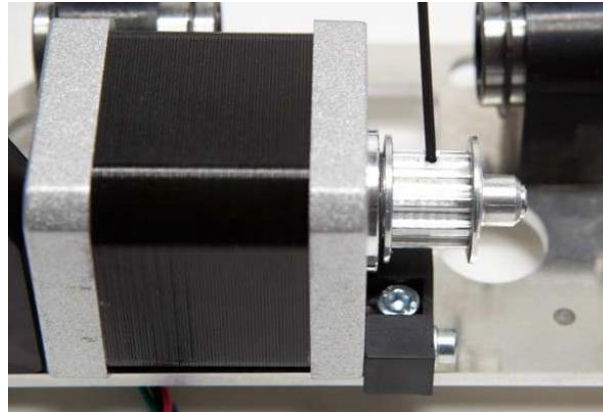


Figura 4.6- Motor de paso a paso que llevará a cabo el movimiento en el eje

En el lado opuesto se coloca un rodamiento para pasar por ahí la correa y finalmente esta se conecta a la plataforma superior del conjunto. De esta manera el motor nos moverá el carrito superior a lo largo del eje X y permitirá el posicionamiento del extrusor en los puntos de este eje que queramos obtener.

Finalmente se colocará el relé para el fin de carrera del eje. Este deberá ir sobre la primera plataforma, instalado justo al lado del motor paso a paso de este eje.

#### 4.1.3 Montaje del chasis

El siguiente elemento de la estructura que se debe montar es el chasis sobre el cuál van montadas las piezas que nos permiten el movimiento en el eje X y en el eje Y, las cuales ha sido montadas en el apartado anterior.

Este chasis está compuesto por perfiles de aluminio de 450mm y 416 mm. Para la interconexión entre ellos se usan soportes angulares, los cuales dan una rigidez mayor que bridas u otros elementos de conexión, y no nos obligan a complicar el proceso mediante soldaduras.

Universidad de Valladolid



Figura 4.7- Soporte angular sobre un perfil

La estructura resultante será:



Figura 4.8- Estructura con tres perfiles y dos conectores angulares

Una vez tengamos esta estructura lo que se debe hacer es colocar los soportes de las mismas. Estos soportes acabarán en una superficie de goma con un área apropiada para absorber vibraciones durante la impresión de las piezas. Se colocaran cuatro soportes a modo de patas como los de la siguiente figura:



Figura 4.9- patas de soporte del chasis

La colocación final quedará:



Figura 4.10- Chasis con patas de soporte colocadas

Para finalizar con el montaje de la planta del soporte lo que se debe realizar es introducir un par de varillas por los rodamientos del carro Y, acoplando en los extremos unas piezas que nos permitirán el enclavamiento del conjunto sobre los perfiles. Para finalizar esta parte, se colocará otro perfil de aluminio y se cierra el cuadrado.

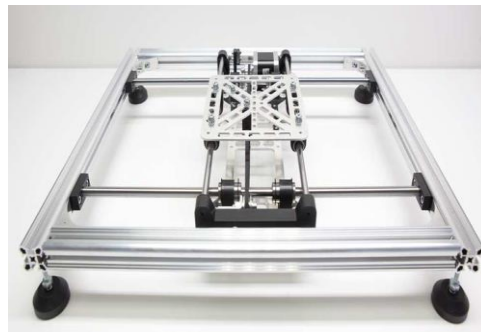


Figura 4.11- Chasis con carritos de movimiento bidimensional finalizado

#### 4.1.4 Montaje del perfil vertical izquierdo

El proceso será similar a lo hablado con anterioridad pero en este caso será necesario añadir un carrito con unos rodamientos para poder sostener en el eje Z.



Figura 4.12- Carrito para la construcción del soporte en eje Z

#### 4.1.5 Montaje perfil vertical derecho

El procedimiento para esta parte del soporte vertical es similar al de la parte izquierda, pero en esta ocasión no se va a construir un carrito. En esta parte, solamente se colocará una guía en la parte interna del perfil, y en esta colocaremos una abrazadera para poder soportar luego el brazo del extrusor.



Figura 4.13- Perfil vertical derecho para soporte del brazo del movimiento en Z

#### 4.1.6 Montaje del soporte superior del cuadro y brazo del extrusor

Se cogerá un perfil de 400 mm, usándose para fijarlo en la parte superior cuatro soportes angulares (dos en cada extremo), finalizando con ello el chasis superior.





Figura 4.14- Estructura de soporte para extrusor y que dará el movimiento en el eje Z

Para el brazo del extrusor se empleará otro perfil metálico que se encajará a la plataforma del perfil lateral izquierdo mediante dos agarres angulares y se colocará en el soporte del perfil angular derecho apoyado sobre el rodamiento previamente colocado



Figura 4.15- Conexiones del soporte a los diferentes perfiles verticales de la impresora

#### 4.1.7 Instalación del soporte para movimiento en el eje Z

Para finalizar con el montaje del chasis, se colocara una varilla roscada la cual transmitirá el movimiento desde el motor paso a paso que da este movimiento, al carrito instalado en el perfil izquierdo que soporta el brazo del extrusor. Para ello se empleará una varilla roscada, una serie de soportes de plástico y un conjunto de tuercas y rodamientos.





Figura 4.16- Elementos para la construcción de la transmisión del movimiento en el eje Z  
En primer lugar conectamos al motor Z la varilla usando una tuerca y arandela, y el adaptador cilíndrico



Figura 4.17- Colocación del motor paso a paso que nos dará movimiento a lo largo del eje Z  
Luego, se conectará mediante un par de adaptadores de plástico, una tuerca y dos tornillos a la placa móvil que sujeta el brazo del extrusor.



Figura 4.18- conexionado del motor al carrito del perfil izquierdo

**Universidad de Valladolid**

Para finalizar con la instalación de esta varilla se colocará en el extremo superior un rodamiento con su pieza de plástico adaptativa para el perfil, fijándose mediante una tuerca el tope de la varilla.



Figura 4.19- Fijación de la transmisión del movimiento en el eje Z

Finalmente el resultado obtenido es el siguiente:



Figura 4.20- Chasis que soportará los elementos de la impresora

Con esta serie de perfiles y plataformas, damos soporte a todos los elementos necesarios para la colocación futura del cableado, placas de control, extrusor y cama caliente que compondrán en su totalidad el resultado final de la impresora.

Universidad de Valladolid

## 4.2 Extrusión

Una de las partes más importantes y a la vez delicadas de la impresora 3D es el mecanismo de extrusión de material que lleva incorporado el sistema.

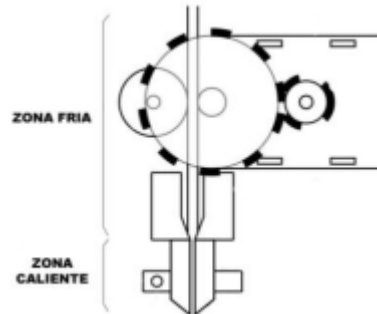


Figura 4.21- Esquema de las partes de la extrusión

Nuestra impresora contiene un extrusor convencional el cual se divide en dos zonas fácilmente apreciables:

1. En primer lugar se tiene una zona fría que es la encargada de realizar la alimentación del material al hot-end, y por lo tanto está compuesta por un mecanismo de empuje, que consiste en una serie de ruedas dentadas y rodillos dentados los cuales se encargan de ir gestionando las cantidades de material que se deben ir aportando, en función de las necesidades de la pieza que se esté construyendo.



Figura 4.22- Mecanismo de extrusión de material

Todo este mecanismo es movido gracias a la acción de un motor paso a paso, el cual es controlado al igual que el resto de motores que se emplean para el movimiento de la cama caliente y los carriles en las distintas coordenadas tridimensionales que se desean alcanzar.

Este motor recibirá las señales de control de empujar el filamento o retirar el filamento en función de las necesidades. En nuestra impresora también ponemos de un tornillo estrangulador que limitara la aportación de material en caso de error.

2. La segunda parte del mecanismo de extrusión es el conocido como hot-end, que compone la zona caliente del mecanismo. Esta zona se sitúa debajo de la zona fría y recibe la alimentación que va considerando

**Universidad de Valladolid**

apropiada en cada instante la zona fría por requerimientos de la pieza. La función principal de esta parte es la de fundir el material y reducir su sección. Sus componentes principales son el bloque calentador y la boquilla.

Entre estas dos partes se sitúa una vía de aislante cuya función será la de separar la parte de extrusión con la parte de fundición y deposición.

En el mercado existen una gran variedad de estos tipos de hot-end los cuales aportan un soporte para la función y control de material. Los más importantes son:

- **J-head:** es el más común y su función es la de imprimir en un solo tamaño de boquilla. Cumple su función a la perfección pero en ciertas ocasiones no nos permite sacar el máximo partido a nuestra impresora.



Figura 4.23- Cabezal tipo J-head

- **Full-Metal:** poseen una mejor refrigeración pues se disipa mejor el calor y se tendrá una mayor eficiencia a la hora de gestionar el calor. Este tipo permite el intercambio de boquillas por lo que se puede conseguir una mayor precisión en la impresión.



Figura 4.24- Cabezal tipo Full-metal

- **Buda:** es el más complejo y sofisticado pero el que da mejores resultados a la hora de evitar obstrucciones y otros problemas.



Figura 4.25- Cabezal tipo buda

#### 4.2.1 Descripción del hotend y nozzle

Por tanto es importante explicar de una manera detallado los componentes que componen la parte caliente de nuestro mecanismo de extrusión. Nuestro hotend se basa en los mismos principios:

- **Nozzle (boquilla):** debe ser de latón para evitar el rozamiento. Puede ir roscado como en nuestro caso o a presión e incluso ser intercambiable. El diámetro de esta boquilla suele ir desde los 0.5 mm a los 0.2 mm.
- **Heater block:** es el bloque calentador, sobre el que va la resistencia y el termistor.
- **Cuerpo de nozzle:** es la parte encargada de dirigir el plástico hacia la boquilla. Es de latón para así evitar rozamientos.
- **Insulator head:** es el cuerpo propiamente del nozzle. Suele ser de PEEK (Polyether ether ketone), al ser este un plástico que no dilata con las altas temperaturas y permite que la rosca con el nozzle sea fuerte. Además requiere medidas adicionales de sujeción, pues el hotend, por lo que aparte de esta pieza se colocan un par de tornillos en para sujetar las piezas.

Por tanto el funcionamiento que tendrá este hot-end será el de calentar mediante el material como ya se dijo arriba. Esto se consigue usando una resistencia, la cual nos permite obtener unas temperaturas superiores a los 200°C en el hot-end y pudiendo variarse en función del control que se vaya implementando.

El control de esta temperatura, es llevado a cabo por un termistor, el cual va dando los datos a la placa de control para establecer cuáles son las acciones de control a implementar sobre la resistencia.

**Universidad de Valladolid**

A la hora de realizar la impresión, primero se calentará gradualmente la cama caliente, de una manera lenta y sin cambios bruscos, como ya se explicará, y una vez esta termine su proceso de calentamiento, se permitirá el calentamiento del extrusor.

El calentamiento del extrusor es mucho más rápido que el de la cama caliente, y se llega a la referencia mucho más rápida que en el caso de la cama caliente.



Figura 4.26- Curva de crecimiento de la temperatura en extrusor.

Una vez llegado a la temperatura de referencia, la temperatura se mantendrá oscilando entono a este valor variando en uno o dos grados centígrados por encima o por debajo del valor previamente fijado. Eso es consecuencia directa del hecho de implementar un controlador que nos proporcione unos tiempos de subida tan pequeños, que el modelo a controlar nunca llegue a tener un error estacionario nulo y por consiguiente se tenga esta pequeña oscilación.

Sin embargo este error estacionario no nos preocupa en absoluto, pues se está trabajando con temperaturas que rondan los 200-230 °C, y por consiguiente un grado más o menos no nos va a influir en el resultado final de la pieza.

### 4.3 Ventilación

Una parte importante a la hora de llevar a cabo la impresión es la de poder controlar la temperatura que posee el hot-end. Si se desea obtener una temperatura mayor, lo que se hará será aumentar la corriente por la resistencia y así aumentará de temperatura. Pero si es necesario una reducción de la temperatura que se tiene, a veces no basta solo con disminuir la corriente por esta resistencia.

**Universidad de Valladolid**

También es necesario, dependiendo del material con el que se esté trabajando, el uso de algún tipo de refrigeración que nos permita mejorar la adhesión que posee el material sobre la superficie de la cama caliente.

Por lo tanto se instala un ventilador cerca de la resistencia que nos aporta el calor y así conseguir que si fuese necesario bajar la temperatura debido a que queramos por ejemplo bajar la temperatura pasadas una serie de capas de material depositado, se activa este ventilador y se reduce la temperatura de una manera más rápida a la temperatura deseada.

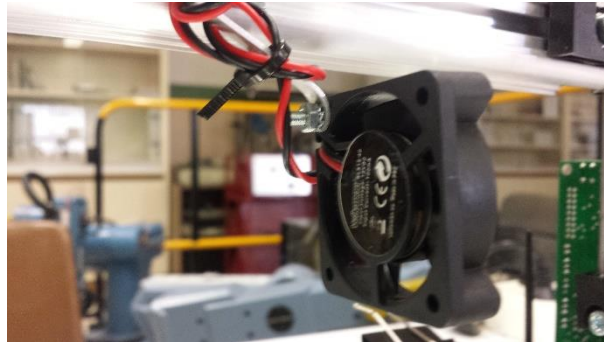


Figura 4.27- Ventilador para la refrigeración a la salida del extrusor.

Este ventilador también es útil para reducir la temperatura del extrusor una vez se finalice la impresión, pues estamos a unas temperaturas de unos 200°C y dependiendo del ambiente en el que nos encontremos imprimiendo, podría tardar mucho en enfriarse..

## 4.4 Cama caliente

Una parte muy importante de la impresora 3D será la superficie sobre la cual se irá generando la pieza. Esta es denominada como cama caliente y su temperatura es un factor clave a controlar a la hora del resultado final que presentará la pieza que se quiere imprimir.

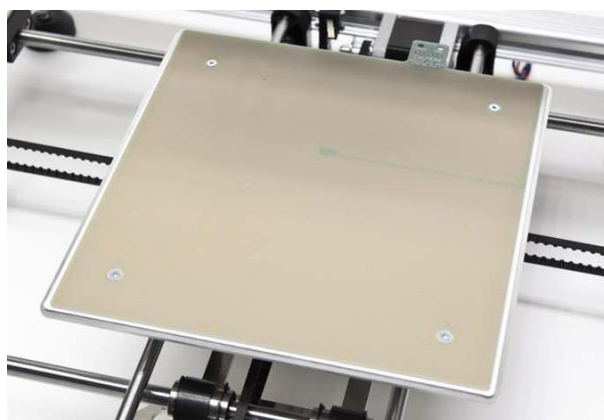


Figura 4.28- Cama caliente.



**Universidad de Valladolid**

Esta superficie está instalada sobre un carro, el cual es el artífice de ir colocando en las distintas posiciones que queremos obtener una deposición de material por parte del extrusor en el plano horizontal de la pieza.

Este carro está sujeto a una serie de vías las cuales sirven para guiar y sujetar el carro y permitir el movimiento en los ejes x e y.

La función principal que debe tener la cama caliente es mantener caliente la superficie de la pieza que se encuentra en contacto con la misma, para así mejorar la adhesión que hay y evitar que se nos mueva la pieza a la hora de estar realizándose la impresión lo que conllevaría una pérdida de todo el trabajo realizado hasta ese momento.

Otro factor muy importante, aparte de la temperatura, para que no se produzca movimiento de la pieza, es ser muy cuidadosos en el momento del calibrado de la pieza, sobre todo cuando se efectúa la del eje Z.

Una mala configuración de este eje, lo que provocara será que el extrusor pueda pegar con alguna rebaba de la pieza mientras se está creando y producir un desplazamiento de la misma.

La temperatura de la cama caliente se controla por parte del software, y deberá tener una serie de valores dependiendo del material con el que se trabaje, pues las condiciones del ABS y PLA no son las mismas y por tanto si mantenemos la configuración de un material en otro, lo que se producirá será que nuestro material no se adhiera a la superficie debido a que la temperatura de la cama es muy baja y no llega a hacer un buen contacto, o por el contrario puede ser demasiado elevada y generar deterioros en ella.

Uno de estos deterioros es el warping, que consiste en que ciertas capas de la pieza se levantan y se contraen. Esto lo que provoca, es que la pieza se deforme hacia arriba curvándose, llegando en algunos casos incluso a rajarse.



Figura 4.29- Pieza que sufre los efectos de warping



**Universidad de Valladolid**

Este defecto en la pieza ocurre principalmente debido al cambio brusco de temperatura en el plástico, sobre todo en el ABS. Tendremos un filamento de plástico saliendo del extrusor a una temperatura que rondará los 230°C, mientras que se deposita sobre una superficie que rondará los 60°C, lo cual provocará que se contraiga.

Ara evitar este problema tan común se han llevado a cabo una serie de trucos, recomendaciones y precauciones:

- Como este problema suele originarse en las esquinas de las piezas, se añadieron soportes circulares en las esquinas de las piezas para evitar el problema.
- Un aspecto en el que se tuvo mucho cuidado, y el cual es muy influyente en el resultado final de la pieza, es el de realizar una correcta calibración de la superficie de impresión en la cama caliente. La cama caliente posee 4 tornillos de rosca que según lo apretados que estén se variará más o menos la inclinación de la superficie, pudiéndose de esta manera regular totalmente la superficie.

Pero no solo será necesario tener cuidado con la superficie de la cama caliente, también es vital que el extrusor este situado a una distancia óptima para la correcta deposición de filamento en cada momento. Este proceso es el conocido como calibración, el cual se explicará más adelante

- Una recomendación que se da en los foros de aficionados a la impresión 3D, la cual no se ha visto necesaria de instalar en nuestro modelo, es la de incorporar una cubierta que aisle a la impresora y mantenga unas características ambientales dentro de la zona de impresión constantes. En materiales como el ABS, los cuales son muy sensibles a los cambios de temperatura esto es puede ser una buena solución.
- Es muy recomendable colocar un cristal o espejo encima de la base de impresión. Esto es porque con el calor puede producirse variaciones (menos de 1mm) de un la lado a otro en la nivelación de la base. Colocando el cristal esto se soluciona en gran medida ya que es mucho más resistente al calor y no se deforma. En nuestra impresora, la Velleman K8200, se incorporó un espejo, sujeto mediante cuatro pinzas metálicas para asegurar su estabilidad y que no se moviese, notándose resultados mucho más satisfactorios.

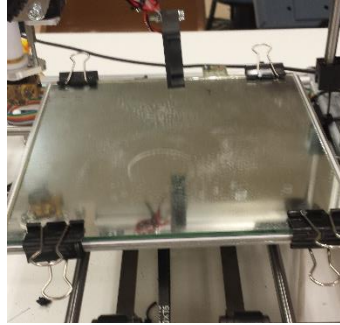


Figura 4.30- espejo con pinzas de agarre situado sobre la cama caliente.

- En complemento a la modificación del apartado anterior, también se optó por incorporar una serie de materiales, o productos, que mejorarían la adherencia de la pieza a la cama caliente. Los más recomendados son:
  - Cinta azul: Es una cinta mejorada de la cinta de pintores. Se debe colocar sobre el cristal o espejo para mejorar la adherencia. Se pegan las piezas muy bien a ella (sobre todo nylon y PLA) y se puede combinar con laca para mejorar la adherencia. Soporta altas temperaturas y es la opción más barata. A veces cuesta despegar las piezas.
  - Laca: es una opción económica y de resultados excelentes. Durante los ensayos se probaron con dos lacas. Una de la marca unilever, y también con una de marca Nelly. El uso de este producto mejoró mucho la adhesión, aunque tenía que realizarse de un modo limpio, evitando dejar impurezas de impresiones pasadas, y aplicando el producto de manera uniforme sobre la superficie del cristal.
  - Pasta de ABS: Se obtiene disolviendo pedazos de ABS (restos de otras impresiones) en acetona concentrada. Se impregna directamente sobre la base (sin que queden restos sólidos que puedan dañar la impresión). Funciona muy bien, pero no recomendable si después no tienes pensado hacer post-procesado (lijar y pintar). También hay que limpiar la base lo que es engorroso. En nuestros experimentos no se ha probado esta mezcla.

Tras analizar las alternativas de las que se disponía para solucionar el tema del warping, también se estudiaban esas mismas soluciones para otros problemas, referentes a las piezas impresas.

**Universidad de Valladolid**

Las variaciones, por tanto, también se enfocaron a la resolución de los problemas que se tenían a la hora de mantener en la posición inicial la pieza, sin que se moviese y se perdiese las referencias. Lo primero que se dedujo (y se aceptó) es que era necesario tener un área inferior mínima para poder imprimir nuestras creaciones.

En los primeros intentos, se probó con una serie de piezas las cuales se buscaron más por sus cortos tiempos de impresión, para comprobar que las piezas eran realizadas correctamente, que por su utilidad.

Estas piezas poseían unas dimensiones muy pequeñas, las cuales no llegaban a los dos centímetros cuadrados de superficie, y por tanto se estaba dando una superficie de sujeción mínima. En los múltiples intentos que se intentaron para la realización de estas piezas no se llegó a conseguir que estas no se desplazaran de su posición.

Por consiguiente se optó por desechar ese tipo de piezas y se vieron claras mejorías al comenzar a imprimirse piezas que poseían un tamaño mayor de base. Con estas nuevas piezas la sujeción era mejor pues se poseían unas mayores áreas de apoyo y por consiguiente una mejor adhesión.

Como solución al problema de las pérdidas de referencia, que se producían en el objeto cuando su área era demasiado pequeña, se optó por llevar a cabo el diseño de peanas para los objetos, aumentando de esta manera la superficie de apoyo sobre la cama caliente y de esta manera no se movía la pieza.

Otro punto en el que el control de la cama caliente fue necesario fue el de variar su temperatura en función de que capa nos encontrábamos imprimiendo en cada momento.

La técnica que se empleó, fue la de modificar la temperatura en función de la capa en la que se estuviese depositando material en ese momento desde el extrusor. Esto lo que busca conseguir es que la base de la pieza aumente su rigidez y sea un mejor soporte para seguir construyendo la pieza, evitando que pueda existir una degradación por calor en la base de la misma.

Las temperaturas para la cama caliente han variado en función del elemento empleado para imprimir sobre la cama. Las características térmicas son diferentes tanto en ABS como en PLA, por lo que se debía modificar en función de que impresión se quería realizar.

**Universidad de Valladolid**

Como ya se vio en el apartado de materiales de impresión, cada material posee una serie de propiedades únicas que le hacen dar una serie de características particulares.

En los ensayos llevados a cabo para el material de ABS se tomó una temperatura para la cama caliente de 60°C, y para el filamento del extrusor se usaron unas temperaturas entorno a los 195°C.

En el caso de los ensayos con Pla la temperatura de la cama seleccionada fue de 90°C y una temperatura en el extrusor de unos 240°C.

A la hora de calentar la cama caliente y el extrusor, se le dan las órdenes desde el computador mediante el control que realiza el host.

En el calentamiento de la cama caliente, la velocidad que lleva para alcanzar la temperatura es mucho más baja que la que se tendrá en el extrusor. Una de las razones para esto es porque se tiene una superficie mucho más amplia que en el caso del extrusor y se quiere ir asegurando en todo momento de que la temperatura que se va teniendo en la plataforma sea uniforme.

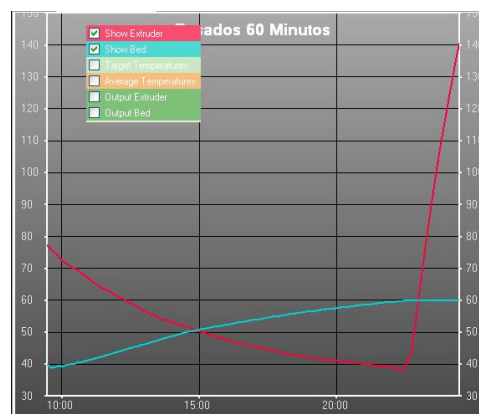


Figura 4.31- En azul, gráfica de calentamiento de la cama caliente.

A la hora de concluir con la impresión, la cama caliente se debe de ir enfriando gradualmente, realizando este enfriamiento de manera lenta para no dañar la estructura de la pieza, o generar algún tipo de contracción en ella.

Una vez la cama caliente se encontrase a la temperatura ambiente podemos proceder a retirar la pieza de la superficie, ayudándonos si fuese necesario de una espátula o algo semejante.

## 4.5 Relés

### 4.5.1 Funcionamiento de los relés

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Este electroimán es una barra de hierro dulce, a la cual se la conoce como núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Lo que ocurre es que al atravesar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán, más potente cuanto mayor sea la intensidad que lo atraviesa y el número de vueltas que posea la bobina.

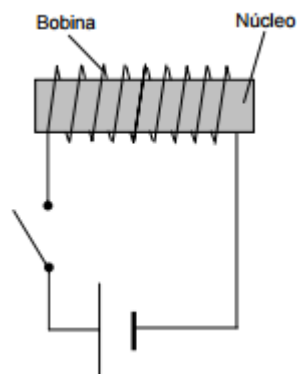


Figura 4.32- Esquema de funcionamiento de un relé

Si se quita el interruptor de la bobina se abre el circuito, deja de circular intensidad por la bobina desapareciendo consigo el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

El relé más sencillo que existe es el formado por un electroimán como el descrito y un interruptor de contactos. Al pasar una pequeña corriente por la bobina, el núcleo se imanta y atrae el inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan permitiendo el paso de la corriente a través de ellos.

## 4.6 Motores paso a paso

### 4.6.1 Introducción

Como ya se ha dicho, en nuestra impresora 3D se van a introducir este tipo de motores, y la razón fundamental es por el gran control que nos ofrecen y su precisión.

En numerosas ocasiones es necesario convertir la energía eléctrica en energía mecánica, esto se puede lograr, por ejemplo, usando los motores de corriente continua. Pero cuando lo deseado es posicionamiento con un elevado grado de

**Universidad de Valladolid**

exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad, se puede contar con una gran solución: utilizar un motor paso a paso.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde  $90^\circ$  hasta pequeños movimientos de tan solo  $1.8^\circ$ , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso ( $90^\circ$ ) y 200 para el segundo caso ( $1.8^\circ$ ), para completar un giro completo de  $360^\circ$ .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

El motor paso a paso está constituido esencialmente por dos partes:

- **Estator:** construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas que excitadas convenientemente formarán los polos norte-sur de forma que se cree un campo magnético giratorio.



Figura 4.33- Estator

- **Rotor:** parte móvil construida mediante un imán permanente, con el mismo número de pares de polos, que el contenido en una sección de la bobina del estator; este conjunto va montado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente.



Figura 4.34- Rotor

Si se consigue excitar el estator creando los polos N-S, y hacemos variar dicha excitación de modo que el campo magnético formado efectúe un movimiento giratorio, la respuesta del rotor será seguir el movimiento de dicho campo, produciéndose de este modo el giro del motor.

Puede decirse por tanto que un motor paso a paso es un elemento que transforma impulsos eléctricos en movimientos de giro controlados, ya que podremos hacer girar al motor en el sentido que deseemos y el número de vueltas y grados que necesitemos.

#### 4.6.2 Características comunes de los motores paso a paso

- **Voltaje:** Los motores paso a paso tienen una tensión eléctrica de trabajo. Este valor viene impreso en su carcasa o por lo menos se especifica en su hoja de datos. Algunas veces puede ser necesario aplicar un voltaje superior para lograr que un determinado motor cumpla con el torque deseado, pero esto producirá un calentamiento excesivo y/o acortará la vida útil del motor.
- **Resistencia eléctrica:** Otra característica de un motor paso a paso es la resistencia de los bobinados. Esta resistencia determinará la corriente que consumirá el motor, y su valor afecta la curva de torque del motor y su velocidad máxima de operación.
- **Grados por paso:** Generalmente, este es el factor más importante al elegir un motor paso a paso para un uso determinado. Este factor define la cantidad de grados que rotará el eje para cada paso completo. Una operación de medio-paso o semi-paso (half step) del motor duplicará la cantidad de pasos por revolución al reducir la cantidad de grados por paso. Las cantidades más comunes de grados por paso son:  $0,72^\circ$ ,  $1,8^\circ$ ,  $3,6^\circ$ ,  $7,5^\circ$ ,  $15^\circ$  y hasta  $90^\circ$ . A este valor de grados por paso usualmente se le llama la resolución del motor.
- **Par dinámico de trabajo (Working Torque):** Depende de sus características dinámicas y es el momento máximo que el motor es capaz de desarrollar sin perder paso, es decir, sin dejar de responder a algún impulso de excitación del estator y dependiendo, evidentemente, de la carga.



**Universidad de Valladolid**

- **Par de mantenimiento (Holding Torque):** Es el par requerido para desviar, en régimen de excitación, un paso el rotor cuando la posición anterior es estable. Es mayor que el par dinámico y actúa como freno para mantener el rotor en una posición estable dada
- **Par de detención ( Detention Torque):** Es una par de freno que siendo propio de los motores de imán permanente, es debida a la acción del rotor cuando los devanados del estator están desactivados.
- **Frecuencia de paso máximo (Maximum pull-in/out):** Se define como el máximo número de pasos por segundo que puede recibir el motor funcionando adecuadamente.

### 4.6.3 Tipos de motores paso a paso

Hay dos tipos básicos de motores paso a paso, los bipolares que se componen de dos bobinas y los unipolares que tienen cuatro bobinas. Externamente se diferencian entre sí por el número de cables.

**Motores Unipolares** En este tipo de motores, todas las bobinas del estator están conectadas en serie formando cuatro grupos.

Esta a su vez, se conectan dos a dos, también en serie, y se montan sobre dos estatores diferentes, tal y como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Del motor paso a paso salen dos grupos de tres cables, uno de los cuales es común a dos bobinados.

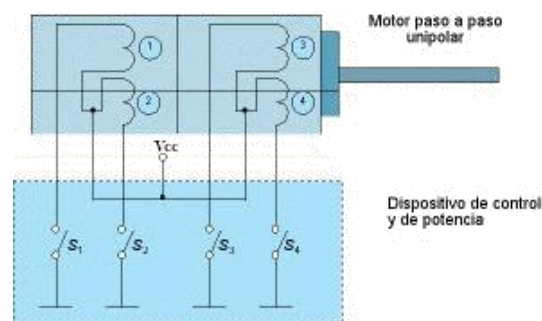


Figura 4.35- Esquema de motor unipolar

Los seis terminales que parten del motor, deben ser conectados al circuito de control, el cual, se comporta como cuatro conmutadores electrónicos que, al ser activados o desactivados, producen la alimentación de los cuatro grupos de bobinas con que está formado el estator.

Si generamos una secuencia adecuada de funcionamiento de estos interruptores, se pueden producir saltos de un paso en el número y sentido que se desee.



Universidad de Valladolid

**Motores Bipolares:** En este tipo de motores las bobinas del estator se conectan en serie formando solamente dos grupos, que se montan sobre dos estatores.

Necesitan ciertos trucos para ser controlados debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia

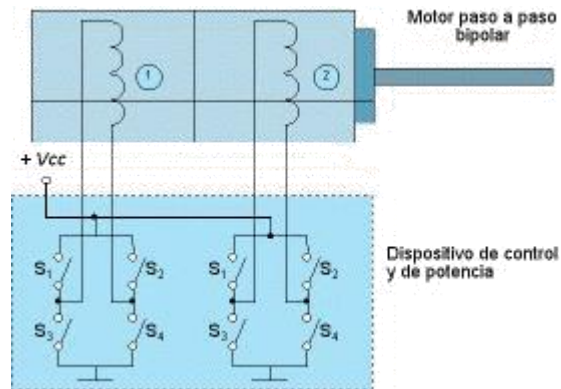


Figura 4.36- Esquema de motor bipolar

apropiada para realizar un movimiento. Esto hace que la controladora se vuelva compleja y costosa. Su uso no es tan común como en el caso de los de tipo unipolar.

#### 4.6.4 Tipos de motores según su modo de construcción

Desde el punto de vista de su construcción existen los siguientes tipos de motores paso a paso:

- **De reluctancia variable (V.R.):** Los motores de este tipo poseen un rotor de hierro dulce que en condiciones de excitación del estator y bajo la acción de su campo magnético, ofrecen menor resistencia a ser atravesado por su flujo en la posición de equilibrio. Su mecanización es similar a los de imán permanente y su principal inconveniente radica en que en condiciones de reposos (sin excitación) el rotor queda en libertad de girar y, por lo tanto, su posicionamiento de régimen de carga dependerá de su inercia y no será posible predecir el punto exacto de reposo.

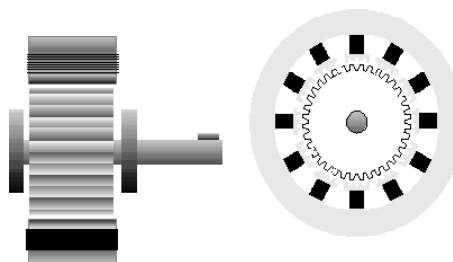


Figura 4.37- Esquema de motor e reluctancia variable

- **De imán Permanente:** Es el modelo en el que rotor es un imán permanente en el que se mecanizan un número de dientes limitado por su estructura física. Ofrece como principal ventaja que su posicionamiento no varía aún sin excitación y en régimen de carga. El motor de magneto permanente

Universidad de Valladolid

(PM) o tipo enlatado es quizá el motor por pasos más ampliamente usado para aplicaciones no industriales.

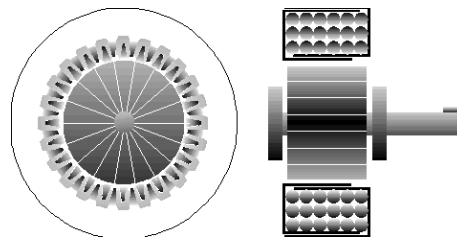


Figura 4.38- Esquema de motor de imán permanente

- **Híbridos:** Son combinación de los dos tipos anteriores. El rotor suele estar constituido por anillos de acero dulce dentado en un número ligeramente distinto al del estator y dichos anillos montados sobre un imán permanente dispuesto axialmente.

El rotor de apilado simple contiene dos piezas de polos separados por un magneto permanente magnetizado, con los dientes opuestos desplazados en una mitad del salto de diente, para mejorar así la resolución.

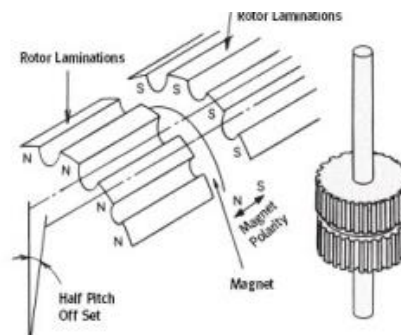


Figura 4.39- Esquema de motor híbrido.

## 4.6.5 Principio de funcionamiento

### Motor bipolar

Suelen poseer tres cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

### Motor unipolar

Existen tres secuencias de movimientos que se pueden llevar a cabo con estos motores.

**Universidad de Valladolid**

Secuencia de paso completo doble (normal):

consiste en mantener activadas dos bobinas consecutivas al mismo tiempo, de modo que el eje del motor se oriente hacia el punto medio de ambas bobinas. Con este método, que es el más utilizado, el motor avanza un paso cada secuencia, y al poseer dos bobinas activadas posee un alto par de paso y de retención.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	OFF	

Figura 4.40- secuencia de paso completo doble

Secuencia de paso completa básica (wave drive):

consiste en activar solo una bobina en cada instante, orientandose por tanto el motor hacia ella en cada momento. Se consiguen movimientos más suaves pero se pierde par de paso y de retención.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Figura 4.41- Secuencia de paso completo básica

Secuencia de medio paso: si se combinan las dos técnicas anteriores, se consigue un paso un poco más corto (la mitad) y se coloca al motor en todas las posiciones como en el caso anterior. Esta técnica se desarrolla activando primero 2 bobinas y luego solo 1 de las activadas se mantiene activada.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Figura 4.42- Secuencia de medio paso

### 4.6.6 Introducción de motores paso a paso en la impresora

En nuestra impresora, se han colocado tres motores paso a paso, uno para cada eje en el cual se quiere conseguir movimiento a la hora de realizar la deposición del material por parte del extrusor.

Estos motores, por tanto, deben transmitir el movimiento a la impresora, para ello se instalan una serie de adaptadores a la salida del motor como los de la siguiente figura:

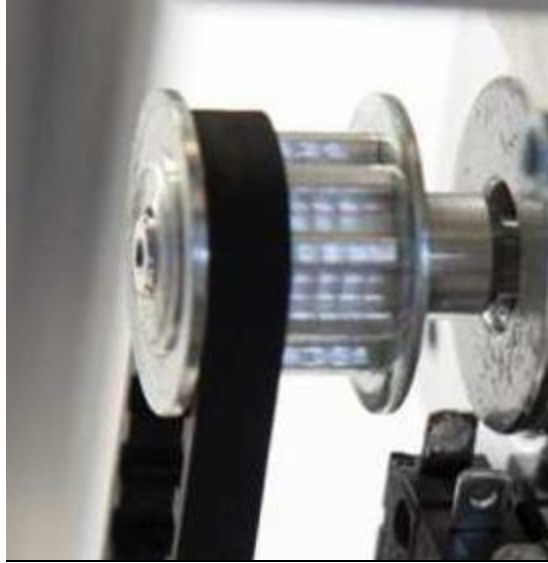


Figura 4.43- Rosca a la salida del motor para transmitir movimiento a la plataforma

Esto será para el caso de los motores que nos proporcionan el movimiento del eje X y del eje Y. Sin embargo para el caso del movimiento en el eje Z se utilizará una varilla roscada para la transmisión del movimiento, como ya se mostro en la sección de estructura de soporte.

Las correas de transmisión de movimiento para el eje X y para el eje Y se acoplarán directamente sobre la plataforma que moverá y sostendrá a la cama caliente, mientras que en el caso de la varilla roscada, su conexión se hará con el carrito que sostiene el brazo del extrusor.

La explicación de estas conexiones es muy sencilla, pues a la hora de llevar a cabo la impresión, las posiciones que se deben de tomar por parte del extrusor han de ser descompuestas en tres coordenadas cartesianas.

Para llevar a cabo la colocación del extrusor, no se opta por desplazar este en un plano tridimensional, si no que se desplaza la superficie de la cama caliente en un plano bidimensional, en el cuál se irán obteniendo las posiciones que se quieren ir tomando en cada capa, y con la finalización de cada deposición por capa, se llevará a cabo el movimiento por parte del motor en el eje z para continuar con la impresión en la siguiente capa.

Esto nos da una base para confirmar lo necesario que son, en este tipo de máquinas, los motores paso a paso y no los de corriente continua, pues un motor de paso a paso nos permite obtener una variación en el eje z que será milimétrica, lo cual irá en relación con la resolución de capa que se haya elegido. Normalmente se pondrá una resolución de capa de unos 0.3 mm.

**Universidad de Valladolid**

Este valor podrá variar entre 0.5 mm y 0.25 mm, con lo que se determinara la precisión de la pieza. Para obtener estas precisiones tan pequeñas se debe tener cuidado con el proceso de calibración de motores y finales de carrera, sobre todo con el del eje z.

## 4.7 Conexión de los componentes

A lo largo de los distintos apartados que se han ido abordando en este trabajo, se ha ido haciendo mención en numerosas ocasiones al hecho de que se lleva a cabo un control sobre ciertos dispositivos ya descritos, como podrían ser el control de los motores paso a paso que controlan las posiciones tridimensionales que el extrusor va tomando a lo largo del proceso de impresión, el ventilador que nos permite regular la temperatura a la salida del filamento, el motor paso a paso que controla el empuje de la extrusión de material desde la zona fría, y controla por tanto la cantidad de material que precisa en cada momento la pieza, al igual que los controles de temperatura en la superficie de la cama caliente y en el hot-end de la boquilla del extrusor.

Para llevar a cabo dicho control el controlador tendrá que tener en cuenta unas ciertas señales, las cuales serán proporcionadas por termistores y finales de carrera colocados en la impresora estratégicamente.

## 4.8 Instalación de la placa

Antes de llevar a cabo cualquier conexión con el circuito, es preciso colocar este en la impresora, pues no se va a tener el circuito aislado o por separado.



Figura 4.44- Placa de circuito impreso incluido en la impresora para el control

**Universidad de Valladolid**

Se instalará en la parte baja del perfil vertical derecho, en el lado opuesto de donde se encuentra el motor que mueve el brazo del extrusor a lo largo del eje z.

Para su colocación se emplearán dos tornillos con anillos de plástico para evitar cualquier tipo de daño a la hora de ajustar los tornillos y fijar la estructura de la placa. Por otra parte, se deberán colocar un par de adaptadores, también de plástico en el interior del perfil de aluminio para poder asegurar la sujeción de los tornillos.

La placa instalada y sin ninguna conexión realizada por el momento quedará de la siguiente forma:

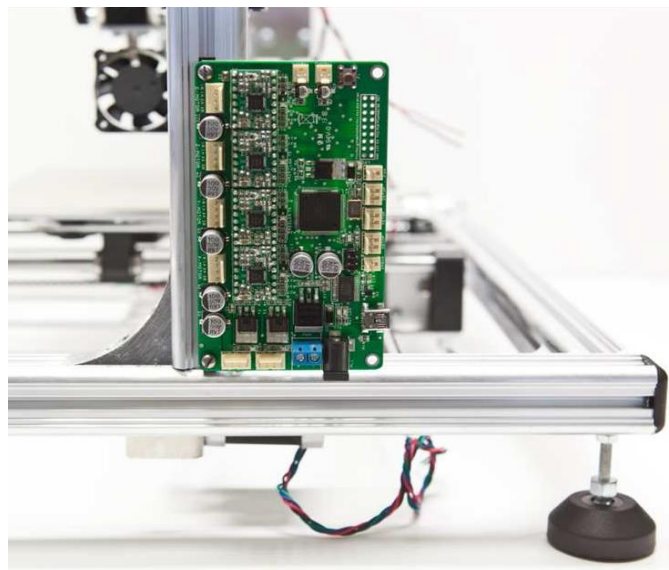


Figura 4.45- Placa de circuito impreso instalada en la impresora

## 4.9 Conexionados

Una vez el circuito impreso se instale, se procederá a llevar a cabo el conexionado de las distintas piezas que se buscará controlar, o de las que se querrá obtener una referencia para ejercer control sobre otras partes.

Por tanto con esta placa base lo que se busca es traducir las órdenes que se recibirán por parte del computador a una serie de estímulos eléctricos hacia la impresora 3D, llevando a cabo así el proceso de impresión de una manera correcta.

Para el cableado de los distintos componentes se va a emplear cable plano multicolor:



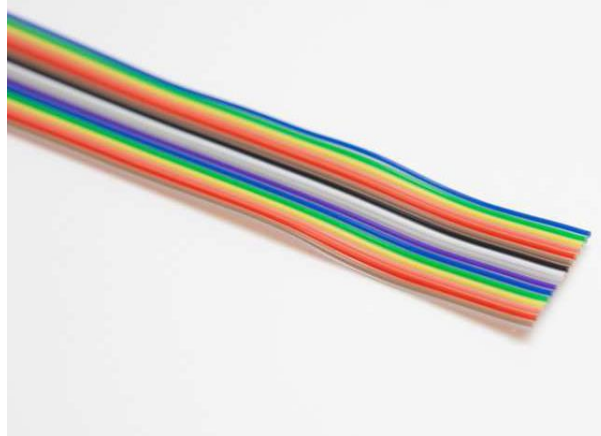


Figura 4.46- Cable plano utilizado para el conexionado

El empleo de este cable para llevar a cabo se fundamenta en que es un cable muy flexible y de dimensiones muy pequeñas. Lo que estamos buscando es un cable que nos permita llevar a cabo las diferentes conexiones que necesitamos pero que a la vez no nos incomode en ningún momento con los elementos móviles de nuestra impresora.

Otra ventaja es que al de ser de una sección tan pequeña cada uno de los cables, se pueden llevar en un par de centímetros, un gran número de conexiones y reducir de este modo el posible fallo que se podría producir si algún cable es arrastrado en algún movimiento de la plataforma de la impresora.

También se ha hecho uso de una serie de bridas las cuales nos ayudarán a mantener de una forma sencilla sujetos los cables a las diferentes zonas de los perfiles de aluminio que se busque conectar.

Por tanto, las conexiones que se van a llevar a cabo a esta placa base serán:

- Conexión del motor paso a paso que lleva a cabo el movimiento de la correa encargada de los desplazamientos en el eje x.
- Conexión del motor paso a paso que lleva a cabo el movimiento de la correa encargada de los desplazamientos en el eje y.
- Conexión del motor paso a paso que lleva a cabo el movimiento de la varilla roscada que realizará el movimiento de capa a capa a lo largo del eje z.
- Conexión del motor paso a paso que controlará la cantidad de material expulsado hacia la salida del extrusor.
- Conexión del ventilador para la refrigeración a la salida del extrusor.

**Universidad de Valladolid**

- Conexión del termistor que ofrecerá lecturas de la temperatura que se posee en todo momento de la temperatura de trabajo en la cama caliente.
- Conexión del termistor que controlará la temperatura de trabajo presente en el extrusor.
- Conexión de la resistencia que producirá un aumento de la temperatura que se tendrá en el extrusor.
- Conexión de los controladores de temperatura sobre la temperatura de la cama caliente.
- Conexión del final de carrera que marca la referencia de posición que se tendrá a lo largo del eje X.
- Conexión del final de carrera que marca la referencia de posición que se tendrá a lo largo del eje Y.
- Conexión del final de carrera que marca la referencia de posición que se tendrá a lo largo del eje Z.

Para llevar a cabo las conexiones entre los distintos componentes y el cable plano se tendrá que llevar a cabo un proceso de soldadura entre el cable pelado (previamente pelado) y el final de conexión que posea el elemento.

Este final de conexión por parte del elemento, será obviamente distinto en función del elemento, pues no es la misma la conexión que se tiene para un final de carrera que para un motor paso a paso.

La conexión con los finales de carrera, se realizarán directamente sobre los terminales que estos poseen (patillas).



Figura 4.47- Conexionado a patillas del relé.



**Universidad de Valladolid**

Sin embargo en el caso de los motores y en el del ventilador la conexión se llevará a cabo usando los cables que estos poseen, los cuales se deberán recortar previamente para tener un mejor ajuste.

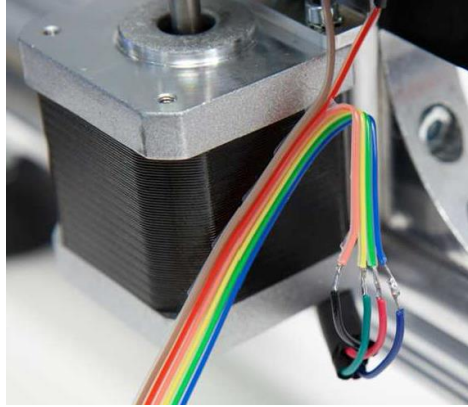


Figura 4.48- Conexión de los terminales del motor.

Las conexiones llevadas en la cama caliente se realizan directamente sobre ella en los lugares indicados sobre la misma. En ella también se tendrá a toma de la señal de control del termistor que está instalado en ella.

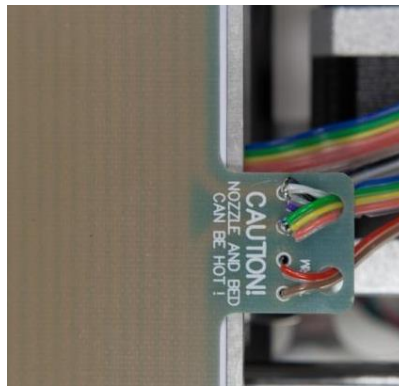


Figura 4.49- Conexión del control de temperatura a la cama caliente

Estas conexiones, como ya se ha mencionado con anterioridad, se llevarán a cabo mediante soldadura, empleando para ello hilo de estaño el cual se fundirá gracias a un soldador.



**Universidad de Valladolid**

Figura 4.50- Soldador e hilo de estaño empleado para realizar las distintas conexiones en la impresora.

Finalmente para asegurar estas conexiones se deberán de colocar una serie de tubos termoretráctiles, los cuales poseen tres diámetros diferentes, dependiendo de la cantidad de cables que vaya a sujetar.

Estos tubos se colocarán sobre la zona de soldadura y su función será la de aislar de contactos eléctricos entre los distintos cables que componen el cable plano multicolor, y que estarán en contacto entre sí continuamente.

Una vez visto todas las conexiones que se deben de realizar y la forma de llevarse a cabo, pasamos al otro extremo del cable, el que unirá el mismo cable con los adaptadores de la placa de circuito impreso.

Para llevar a cabo la conexión cable plano con circuito impreso se usarán estos conectores

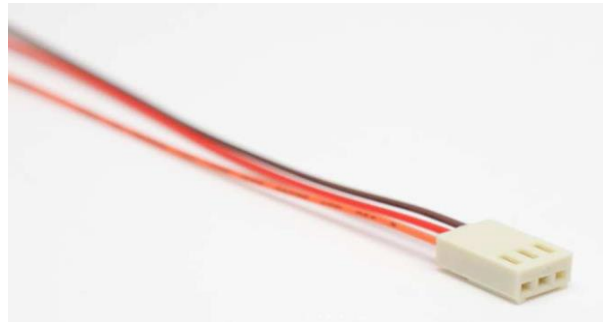


Figura 4.51- Conector de tres hilos para realizar las conexiones

Pese a que estos conectores posean 3 hilos, se cortará siempre el del medio, pues no nos es necesario, y se trabajará con los dos restantes.



Figura 4.52- Conector de cuatro hilos para llevar a cabo las conexiones

La placa de circuito impreso posee una serie de puertos o conectores, teniendo cada uno de ellos una función específica y una correspondencia asignada.

1. Conector para motor del extrusor
2. Conector para motor del eje Z.
3. Conector para motor del eje Y.
4. Conector para motor del eje X.
5. Conector para ventilador.
6. Conector para fin de carrera del eje Z.
7. Conector para fin de carrera del eje Y.
8. Conector para fin de carrera del eje X.
9. Salida de conexión USB para transmisión de datos con el PC
10. Terminales de corriente para conexión a red eléctrica.
11. Control de temperatura sobre la cama caliente.
12. Control de temperatura sobre el extrusor.
13. Conector para termistor del extrusor
14. Conector para termistor de la cama caliente.
15. Botón de reseteo/puesta en marcha.

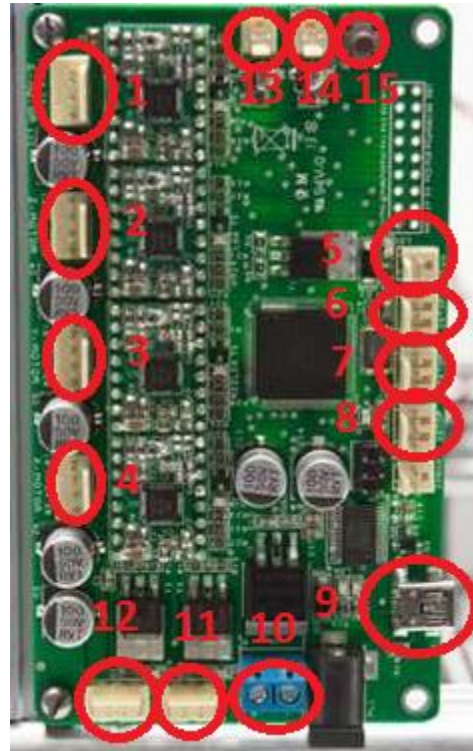


Figura 4.53- Conexiones de la placa de circuito impreso indicadas

## 4.10 Conexionado a la red eléctrica

Para finalizar con los conexiones que se le deben de realizar a la impresora 3D, se conectará a esta a la red eléctrica mediante una conexión estándar.

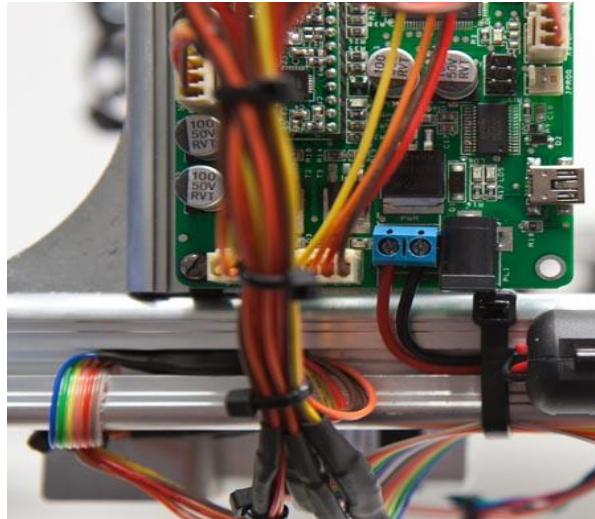


Figura 4.54- Conexión de la red eléctrica al circuito impreso

Esta conexión se realizará mediante el cable que la propia impresora incluye y el único trabajo que supone es el de estañar y apretar los extremos de los cables a los conectores situados en el circuito impreso.

---

## GUÍA DEL USUARIO

---

Como ya se dijo en la introducción, entre los pasos que se llevaban a cabo cuando se buscaba desarrollar una pieza mediante impresión 3D, se encontraba el paso de coger el modelo tridimensional ya diseñado por completo en CAD y transformarlo en órdenes que la impresora 3D pudiese comprender y utilizar.

Por tanto, se necesitará una interface que actúe entre nosotros desde el PC y la impresora. Para ello se utilizará un host de carácter comercial y gratuito, el Repetier Host:



Figura 5.1- Logotipo del software Repetier

La última versión de este host se puede encontrar en <http://www.repetier.com/download/> la cual está disponible tanto para Linux, como para Windows o Mac.

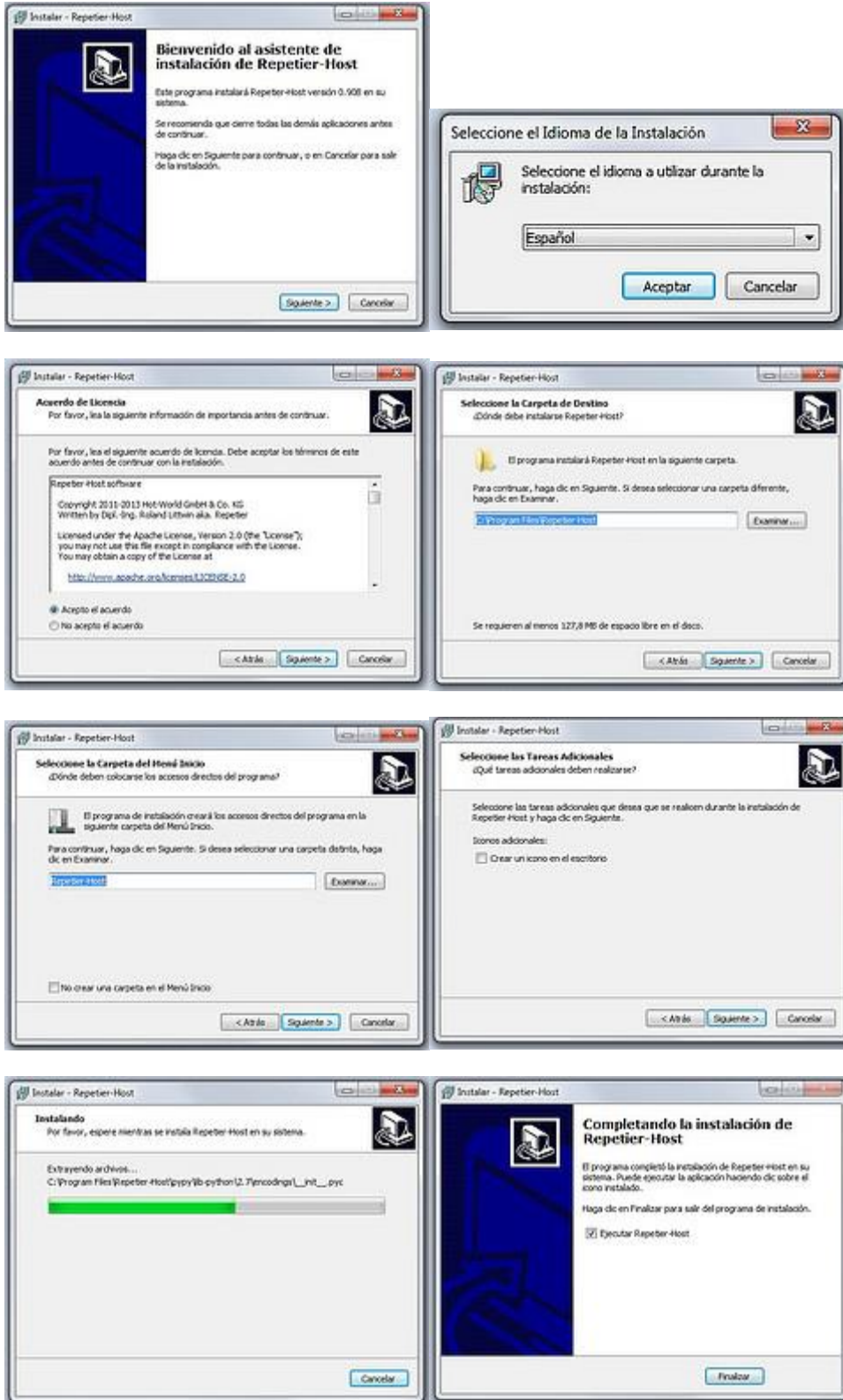
### 5.1 Instalación del software en el PC.

En el caso que abarca el proyecto se instaló la versión para Windows, pues es el sistema que se posee. Para la instalación del software lo que se debe hacer es descargar el archivo del enlace previamente mencionado y ejecutar el archivo “.exe” que tiene.

Se iniciará con esto el proceso de instalación del host Repetier, en el cual nos ira mostrando los siguientes pasos. Nos debemos limitar a aceptar los términos de licencia y uso del software y de



### Universidad de Valladolid



Una vez se tiene instalado el host, se debe proceder a configurar los parámetros que caracterizarán nuestra impresora. Para ello vamos al apartado configurar impresora, donde nos aparecerá este menú:

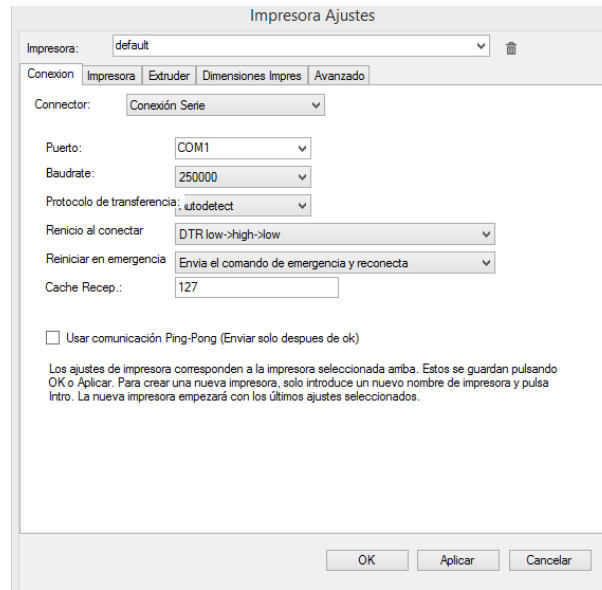


Figura 5.2- Ventana de configuración de conexión a PC

En esta pestaña, lo que se debe de cambiar es el puerto en el cuál se tiene conectado la impresora, el cual lo encontraremos en el panel de control del PC, en el apartado de “Administrador de dispositivos”.

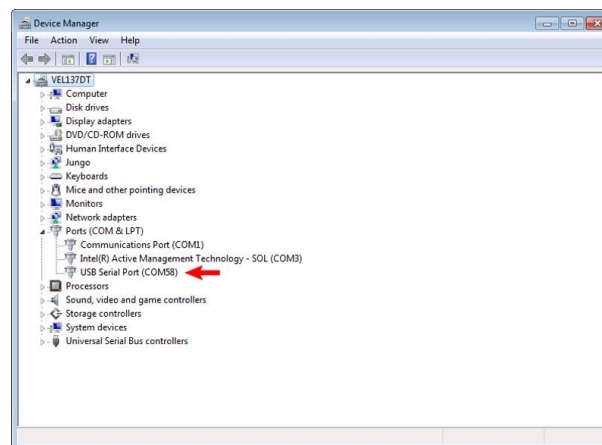


Figura 5.3- Puerto en el que se encuentra conectada la impresora al PC.

En la pestaña “Impresora” hay que configurar los parámetros que tendrá nuestra impresora:

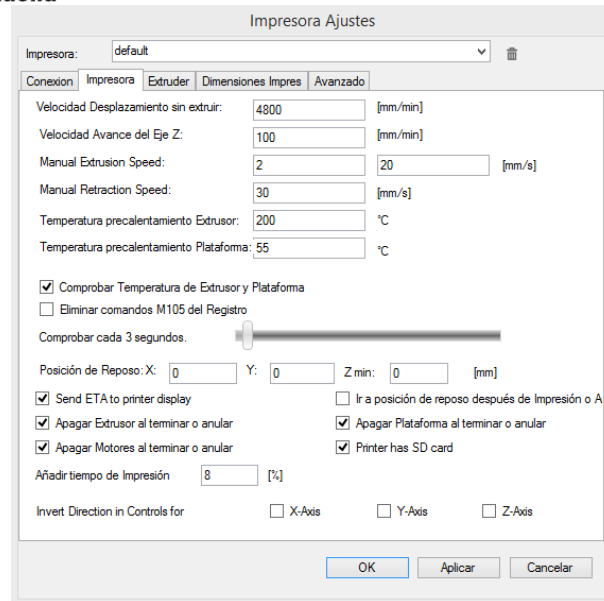


Figura 5.4- Ventana de configuración de parámetros de la impresora

En esencia, se deberá modificar y estar atento con las temperaturas del extrusor y la cama caliente y las velocidades que se tendrán en caso de no estar extruyendo y el avance en el eje Z.

En nuestro caso no es necesario pero si por ejemplo, la impresora poseyese dos extrusores aquí es donde se debería decir, en el apartado “Number of extruders”.

Finalmente queda por confirmar la pestaña de “Dimensiones Impresora”, en donde se indicará las dimensiones que posee la zona de impresión de nuestra impresora:

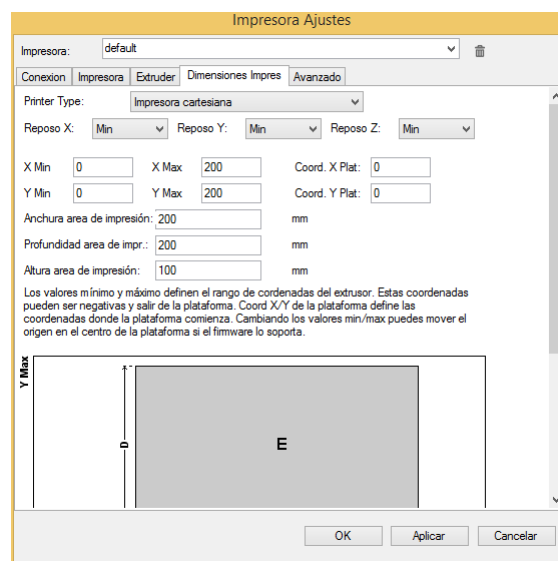


Figura 5.5- Ventana de configuración de dimensiones de la impresora



Tras esto todos los parámetros de la impresora desde el host estarán configurados para comenzar con la calibración de la impresora.

## 5.2 Calibración

A la hora de llevar a cabo la primera impresión, se realizó una puesta a punto de la misma. Una buena calibración es vital para que el resultado final de nuestras piezas fabricadas sean buenos, y evitar posibles defectos como rebabas o detalles más pequeños.

Por consiguiente, los puntos aspectos a calibrar en el proceso, serán principalmente los de las coordenadas de trabajo de la máquina, es decir, el eje de trabajo X, el Y y el Z. es necesario tener una buena colocación de las coordenadas pues estas serán fundamentales para que la pieza o se nos salga de las dimensiones de la cama caliente instalada y para que el material se deposite justo donde corresponde.

El primer eje que se va a calibrar será el eje Z, con que tendremos que tener un gran cuidado, pues es el eje que marcará la resolución de la pieza final. Queremos que la posición de inicio de este eje sea del tamaño de capa que vamos a configurar posteriormente en Slic3r, para que la cantidad de material que se va extrayendo corresponda con la necesaria para que la capa quede perfectamente rellena y el material se deposite directamente.

Colocamos la cama caliente de forma que el extrusor se encentre en el centro de la misma y desplazamos el extrusor a mano (moviendo el motor del eje Z a mano, la rosca que usa) hasta colocarlo a una distancia de 1 mm respecto a la cama. Posteriormente ajustaremos la medida, pero primero se configurará las coordenadas X e Y de la cama.

Para ello se tomará como punto de referencia, la esquina inferior izquierda de la cama caliente. Se lleva manualmente la cama a esta posición y desde ahí se buscará activar con los tornillos los finales de carrera que se disponen para ambos ejes.

Ya con los ejes X e Y calibrados, solo falta la calibración del eje Z, la cual hay que afinar para que quede a una distancia respecto a la cama caliente de 0.25 mm. Una vez que se tiene esta distancia, se moverá y ajustará el tornillo que active el fin de carrera de este eje, finalizando con ello el ajuste de todos los ejes.



### Universidad de Valladolid

El siguiente paso, sería la comprobación de que toda la superficie de la cama caliente posee una distancia de 0.25 mm hasta el extrusor. Para ello desde el host Repetier iremos moviendo, con los comandos de la pestaña “Control manual”, en todas las direcciones posibles y observando que la distancia se mantiene.

En caso de encontrar zonas en las cuales la distancia variase, se deberán ajustar los tornillos que se poseen en la cama para poder tener una superficie completamente uniforme.

Una cosa a destacar es que como en nuestra impresora se ha introducido un espejo para la mejora de la distribución del calor, también nos ofrece una superficie ya plana, sin necesidad de llevar a cabo este ajuste de apretar o aflojar tornillos, facilitando y mejorando la impresión.

## 5.3 Slic3r

Una vez conectada la impresora y calibrada, será necesario llevar a cabo el proceso, que se indicó al comienzo del presente trabajo, de cargar un modelo tridimensional en formato .stl y realizar el Gcode.

Slic3r es un software de código abierto, el cuál va a coger nuestro modelo 3D e irá haciéndolo rebanadas horizontales, es decir, va a ir separando el modelo 3D generado en capas que luego se irán transmitiendo como posiciones de deposición de material en cada una de las mismas.

Para acceder a la configuración de Slic3r en Repetier, que es donde le daremos los parámetros de velocidades de extrusor, temperaturas de cama caliente y extrusión, tipo de filamento que se va a utilizar... accedemos mediante la pestaña “Slicer” del menú principal del host Repetier y seguidamente damos a “Activar”. Con esto podríamos entrar ya finalmente a configurar los parámetros pulsando en “Configurar”.

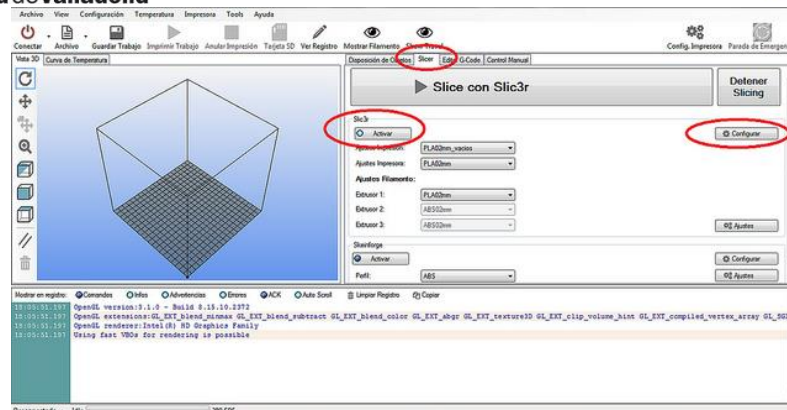


Figura 5.6- Ruta de acceso a la configuración de Slicer desde el host Repetier

Se nos abrirá la siguiente ventana:

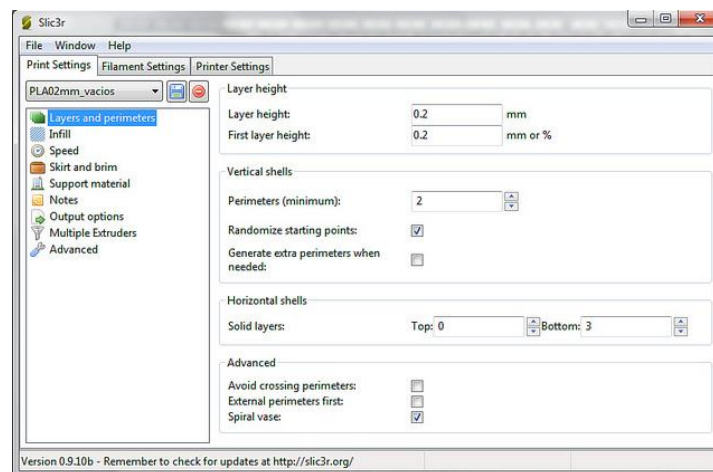


Figura 5.7- Ventana de configuraciones de impresión de las capas

Como se puede observar tenemos tres pestañas: Print Settings, Filament Settings y Printer Settings. Cada una de estas pestañas nos permitirán configurar distintos tipos de factores que influirán en la calidad y optimización del proceso.

### 5.3.1 Printer settings

- **Layer height:** este parámetro nos configurará que altura poseerá cada una de las capas. Cuanto mayor sea la altura de la capa, menor será el tiempo de impresión y también se gastará menos material en su fabricación, sacrificando eso si calidad en la resolución final de la pieza. Cuando se imprime con PLA se colocó aquí una resolución de 0.35 mm, siendo las recomendaciones que se mantuviese esta altura entre 0.25 y 0.4 mm. En el caso del ABS las alturas de la resolución eran más pequeñas, en torno al 20% de los valores que se llevan para el PLA.



Universidad de Valladolid

- **First layer height:** aquí configuraremos la altura de la primera capa de la impresión. Se debe expresar en tanto por ciento o en mm. Normalmente lo que se ha hecho ha sido hacer las primeras capas de una altura menor al resto de capas, para de este modo tener una mejor adhesión a la superficie de la cama caliente. Se suele dejar esta altura idéntica a las demás capas, aunque se puede introducir un parámetro del 90-100%.
- **Perimeters (minimum):** en este apartado se pueden configurar el número de perímetros que puede tener la pieza. Hay que tener en cuenta que Slic3r modifica este número a más perímetros si detecta que hacer infill en algunas zonas es difícil. Por defecto se puede dejar perfectamente a 3 perímetros. Si se desea un poco más de estructura externa de la pieza se puede aumentar a 4.
- **Randomize starting points:** esta opción obliga a Slic3r a empezar cada capa en un lado o posición diferente de la pieza. Esto ayuda a disminuir el exceso de rebabas en la pieza al no tener que empezar siempre la pieza desde el mismo punto.
- **Generate extra perimeters when needed:** con esta opción permite generar los perímetros en aquellas zonas donde el relleno o infill sea más complicado.
- **Solid layers(Top/Bottom):** en este apartado se indican cuantas capas solidas queremos tener en nuestra pieza, tanto en la parte baja como en la parte alta de la misma. El hecho de tener más capas generará que la pieza final impresa sea más sólida, pero también nos implicará un mayor gasto de material.
- **Avoid crossing perimeters:** esta casilla hace que durante los movimientos, se reduzcan al máximo los cruces que realiza el cabezal. Es un parámetro experimental y se recomienda mantener desactivado.
- **External perimeters first:** con esta casilla, activamos que los perímetros externos sean los primeros en crearse.
- **Spiral base:** si se activa esta opción se realizará la pieza en forma de espiral. Su uso se reduce a piezas las cuales son huecas, como podría ser un vaso.

## Universidad de Valladolid

## 5.3.1.1 Infill

Con los parámetros de esta pestaña se controlará el relleno de las piezas

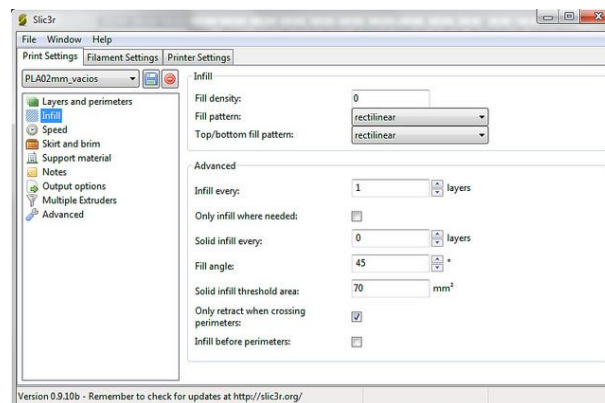


Figura 5.8- Ventana de configuraciones del relleno de las capas

- **Fill density:** en este parámetro se dirá el tanto por ciento de relleno que deseamos en las capas. Para piezas que serán simplemente decorativas, valdrá con utilizar aproximadamente un 40%. Si las piezas van a estar sometidas a un desgaste mecánico se deberá tener más del 60% de relleno. No es bueno que este parámetro sea muy pequeño, pues se generará una impresión más rápida pero a costa de tener unas piezas prácticamente huecas y con mlas características mecánicas.
- **Fill pattern:** aquí se configurará el patrón de relleno. Se recomienda el relleno rectilíneo para piezas normales y los concéntricos para geometrías con círculos o circulares.
- **Top/bottom fill pattern:** es idéntico al parámetro anterior pero aplicado a estas capas en específico.
- **Infill every:** este parámetro nos indica cada cuantas capas se realizará un relleno o infill. Se recomienda que el parámetro se mantenga en 1, pues es recomendable que cada capa contenga relleno.
- **Solid infill every:** esta opción, selecciona cada cuantas capas se realiza un relleno sólido. Se recomienda que el parámetro sea 0, para piezas qque requieran una resistencia normal o media. Si buscamos que tenga una mayor resistencia podemos colocar aquí el número de capas entre capas sólidas. Una capa sólida conlleva una mayor cantidad de material a introducir y una impresión más lenta.
- **Fill angle:** aquí se puede configurar el ángulo con el que deseamos obtener el infill. El parámetro óptimo será 45 °.

## Universidad de Valladolid

- **Solid infill threshold área:** define el mínimo en milímetros cuadrados que se han de rellenar con relleno sólido con el fin de asegurar su resistencia mecánica. Por defecto está configurado en 70 y se recomienda mantener este valor.
- **Only retract when crossing perimeters:** permite hacer que solo se produzca retracción del filamento cuando hay un cruce de perímetros. Lo más recomendable es desactivar esta opción.
- **Infill before perimeters:** con esta opción lo que hacemos es imprimir el relleno antes de los perímetros.

## 5.3.1.2 Speed

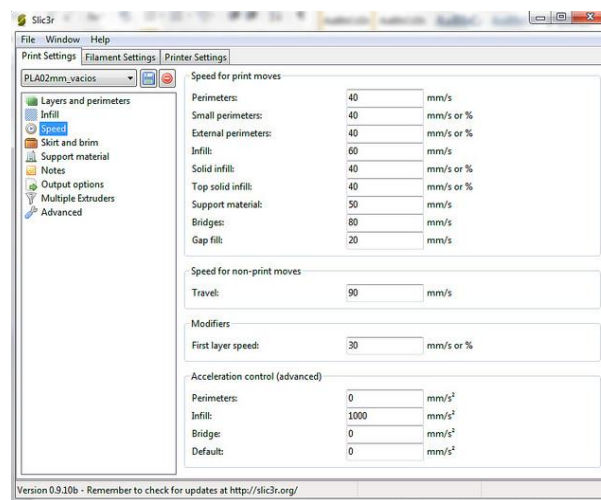


Figura 5.9- Ventana de configuraciones de las velocidades de la impresión

- **Perimeters:** es la velocidad a la que se realizarán los perímetros. El valor óptimo ronda los 40 mm/s
- **Small perimeters:** velocidad de los perímetros que sean inferiores a los 6.5 mm.
- **External perimeters:** es la velocidad con la que se realizarán los perímetros más externos de la pieza, los que quedan a la vista en la pieza final.
- **Infill:** es la velocidad con la que se realizarán los rellenos de las piezas. Estas velocidades pueden ser un poco superiores a las utilizadas durante la realización de los perímetros. Este valor suele rondar entre los 40 y los 80 mm/s.
- **Solid infill:** define la velocidad de impresión de las capas sólidas de la pieza. Sus valores deben ser similares a la velocidad de relleno convencional.

**Universidad de Valladolid**

- **Top solid infill:** es la velocidad de relleno de las capas sólidas superiores. Este parámetro puede ser un poco más pequeño que el de relleno normal para mejorar el acabado.
- **Support material:** define la velocidad de impresión en el material que servirá de soporte para ciertas partes de la pieza final.
- **Bridges:** velocidad de creación de los puentes.
- **Gap fill:** es la velocidad de impresión de áreas pequeñas. Esta velocidad debe ser pequeña, pues el cabezal va a realizar en esta zona muchos movimientos en un espacio muy pequeño y podría repercutir a la calidad de la pieza.
- **Travel:** este parámetro es el que nos da la velocidad del extrusor en aquellos momentos en los que se tiene al cabezal sin extruir material. Esta velocidad podrá ser alta dado que no tendrá influencia sobre el resultado final de la pieza, pero se recomienda que no supere nunca los 150 mm/s por temas de durabilidad de la máquina.
- **First layer speed:** es la velocidad con la que se realizará la impresión en la primera capa. Se recomienda que esta velocidad sea menor, en torno a los 20-30 mm/s para así asegurarnos una mejor adherencia de la pieza a la superficie.

### 5.3.1.3 Skirt & Brim

En esta ventana se tienen un conjunto de parámetros, para configurar una serie de características de los perímetros que servirán para purgar la boquilla. Brim son perímetros extra pero en la pieza, lo cual sirve para mejorar la adherencia.

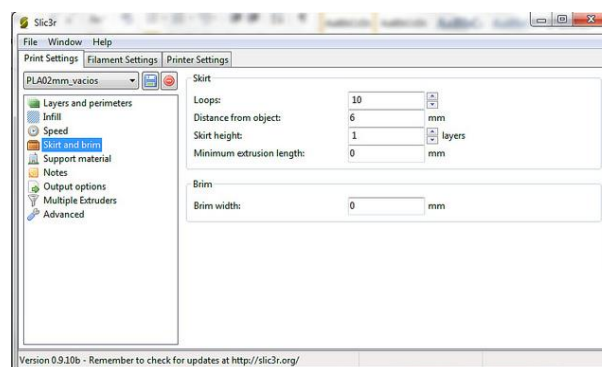


Figura 5.10- Ventana de configuraciones de los perímetros y purga de material

- **Loops:** se definen el número de perímetros externos que queremos hacer. Con uno suele ser suficiente y de este modo marcar el área de impresión donde se va a trabajar y a la vez purgar la boquilla.



**Universidad de Valladolid**

- **Distance from object:** es la distancia que habrá desde la pieza hasta los perímetros externos.
- **Skirt height:** podemos marcar también durante cuantas capas se quieren mantener estos perímetros externos en la pieza.
- **Brim width:** Mediante este parámetro, marcamos cual queremos que sea la anchura de nuestro perímetro extra de la pieza. Por defecto se recomienda mantener a 0, si notamos falta de adherencia en alguna pieza debido a su geometría, podemos ir aumentando este valor hasta conseguir un buen agarre.

**5.3.1.4 Support material**

En este apartado se configurarán los parámetros para la deposición de los materiales de soporte de la pieza.

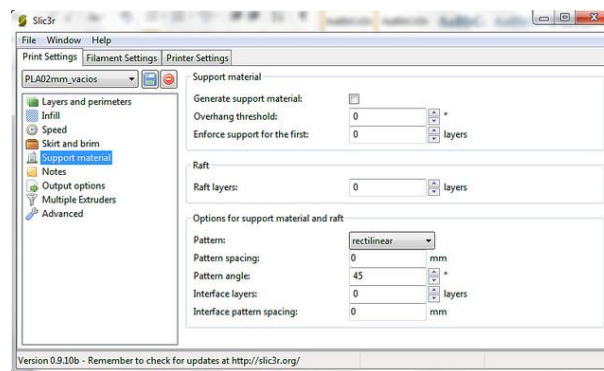


Figura 5.11- Ventana de configuraciones para el empleo de materiales de soporte

- **Generate support material:** activando esta opción se le dará la opción de decidir a Slic3r si cree necesario, la generación de estructuras de soporte para la pieza.
- **Overhang threshold:** aquí definimos a partir de que grados detectados, se generarán estructuras de soporte. Se suelen realizar a partir de 45° de inclinación.
- **Enforce support for the first:** podemos decir que se genere material de soporte durante ciertas capas que creamos que tengamos una falta de estabilidad. Esto es muy útil en el caso de piezas con una estabilidad pequeña o con poca estabilidad, como recurso al diseño de peanas para ellas.
- **Raft layers:** es una capa de material plana que se suele colocar en las piezas que tienen una base extraña o poca estabilidad. Podemos elegir cuantas capas de soporte queremos.
- **Pattern:** se definirá el tipo de estructura que poseen los soportes



**Universidad de Valladolid**

- **Pattern spacing:** define el espacio entre las líneas de la estructura del soporte, a mayor distancia, mayor rigidez del soporte pero más difícil será retirarlo.
- **Pattern angle:** permite definir el ángulo de rotación entre las diferentes capas horizontales del soporte.
- **Interface layers:** Podemos definir cómo hacemos la unión entre el soporte y nuestra pieza, en este parámetro definimos cuántas capa de unión queremos.
- **Interface pattern spacing:** Aquí es donde marcamos la distancia entre las líneas del relleno de esta parte de unión entre la pieza y el relleno.

### 5.3.1.5 Notes

En este apartado se podrán dejar anotaciones acerca de la configuración llevada a cabo por si lo necesitamos en un futuro

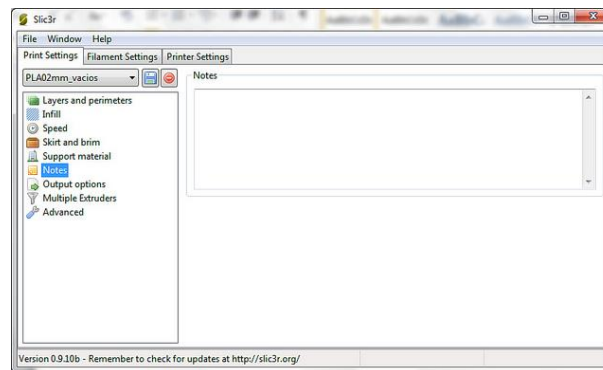


Figura 5.12- Ventana de inserción de notas

### 5.3.1.6 Output options

En este apartado se dan opciones para máquinas más modernas que la que se está utilizando en este trabajo y por tanto no se analizarán. Estas opciones se encuentran en una fase experimental.

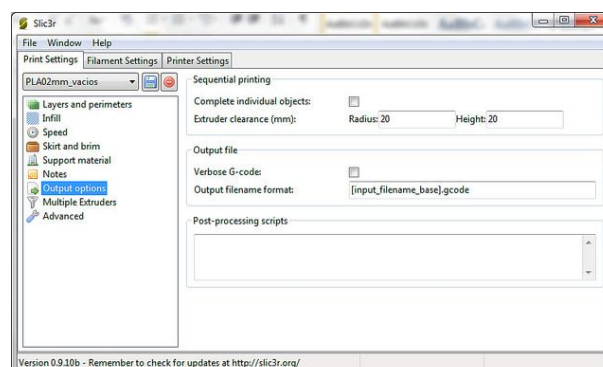


Figura 5.13- Ventana de configuraciones en las opciones de salida

**Universidad de Valladolid****5.3.1.7 Multiple extruders**

En este apartado se realizarán configuraciones para aquellas máquinas que posean dos extrusores, las cuales no nos interesan en este trabajo.

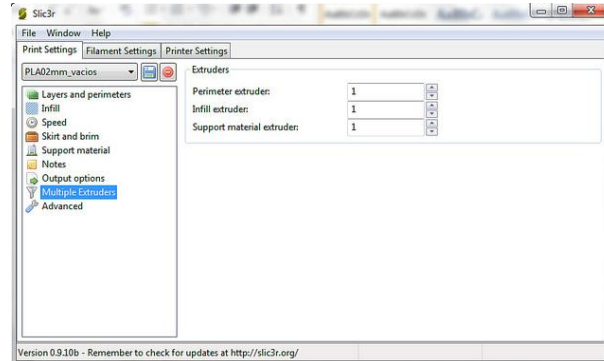


Figura 5.14- Ventana de configuración para el uso de extrusores múltiples

**5.3.1.8 Advanced**

En esta pestaña se dan una serie de opciones para la impresión las cuáles todavía no se tienen una fiabilidad total de ellas pues están en desarrollo. En el proyecto actual no se han modificado ni experimentado con ninguna de estas opciones, por lo que no se van a analizar.

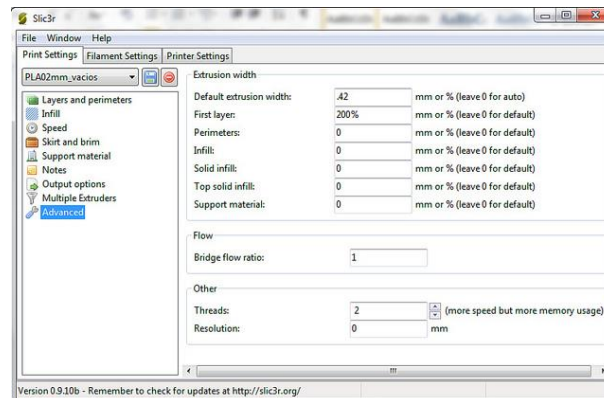


Figura 5.15- Ventana de configuraciones avanzadas

Universidad de Valladolid

### 5.3.2 Filament settings

En esta pestaña tendremos tan solo dos opciones, las cuales se refieren únicamente al filamento con el que se va a trabajar.

#### 5.3.2.1 Filament

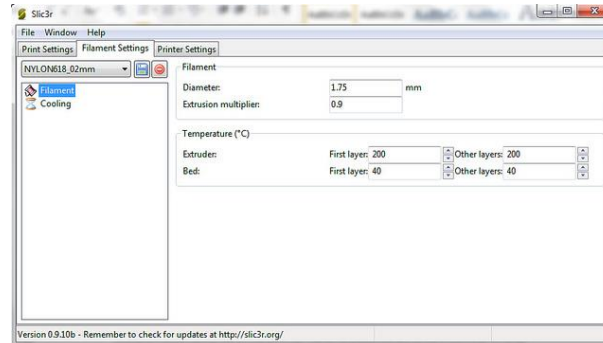


Figura 5.16- Ventana de configuraciones del filamento empleado

- **Filament:** se debe de configurar el diámetro del filamento que se está usando para la impresión. En ocasiones cuando la boquilla extruye demasiado material o insuficiente, es debido a que este parámetro no corresponde con la realidad y es necesario llevar a cabo un cambio en el. Esto es debido a que si el filamento es mejor que lo indicado, Slic3r extruirá material para ir dando suficiente material con esas proporciones, proporciones que no se tienen y se producirá una carencia de material, o al revés, se tiene un diámetro mayor del indicado y se está soltando demasiado material para la pieza.
- **Extrusión multiplier:** es la relación que existe entre el engranaje grande y el engranaje pequeño del extrusor. Este parámetro no se debe modificar, pues lo define directamente slicer al conectarse con la K8200.
- **Extruder (Temperature):** define la temperatura del extrusor, esto es función de cada material. No se tiene un valor estipulado de que temperatura usar con cada material y la forma más apropiada de obtener un buen resultado es la de ir haciendo pruebas y ver cuando se obtienen los mejores resultados.
- **Bed (Temperature):** la temperatura que se le asignará a la cama caliente. Se han usado en torno a los 50 ° para el Pla y 90° para el ABS.

#### 5.3.2.2 Cooling

Esta sección llevará a cabo el control de la ventilación de la máquina.

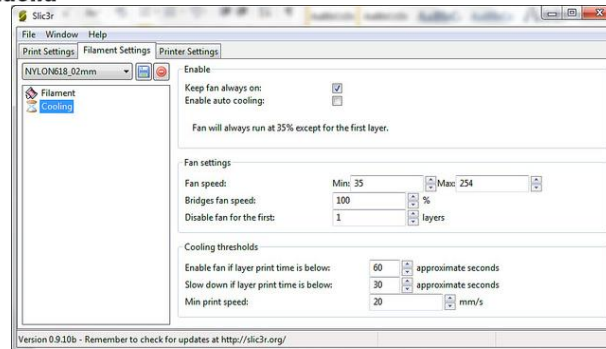


Figura 5.17- Ventana de configuraciones para la ventilación durante la impresión

- **Keep fan always on:** si se activa esta casilla, tendremos operando durante todo el proceso el ventilador, incluso cuando no fuese necesario este se mantendrá a una velocidad de rotación mínima pero sin parar. Esta opción es positiva para la impresión con PLA, pero no es recomendable cuando se está trabajando con ABS, pues reduce la temperatura y no favorece en absoluto la adhesión a la cama.
- **Enable auto cooling:** con esta opción activada se llevará a cabo una ventilación optimizada en función del tiempo de impresión que se tenga programado. De este modo, nos aseguramos que cada capa finalizada este lo suficientemente sólida como para que se pueda construir de manera segura sobre ella la siguiente.
- **Fan speed:** aquí definimos el máximo y mínimo PWM que el ventilador necesita para funcionar.
- **Bridges fan speed:** es la ventilación que se tendrá durante la elaboración de los ventiladores. Se suele instaurar el 100% de la velocidad de ventilación que se lleve.
- **Disable fan for the first:** se puede desactivar la ventilación en las primeras capas de la impresión, para mejorar la adhesión de las piezas.
- **Enable fan if layer print time is below:** si el tiempo de impresión de la capa actual es menor que el que se da, el ventilador comenzará a funcionar en una interpolación entre el máximo y el mínimo de los límites impuestos.
- **Slow down if layer print time is below:** con este parámetro, se reduce la ventilación en el caso de que el tiempo de impresión sea inferior al tiempo especificado en este campo.
- **Min print speed:** se relaciona con el parámetro anterior, y nos indica la velocidad a la que se deben imprimir las capas que cumplen lo anterior. Suele imponerse un valor de entre 10 mm/s y 20 mm/s.

Universidad de Valladolid

### 5.3.3 Printer settings

Finalmente en esta pestaña se darán las características principales de la impresora.

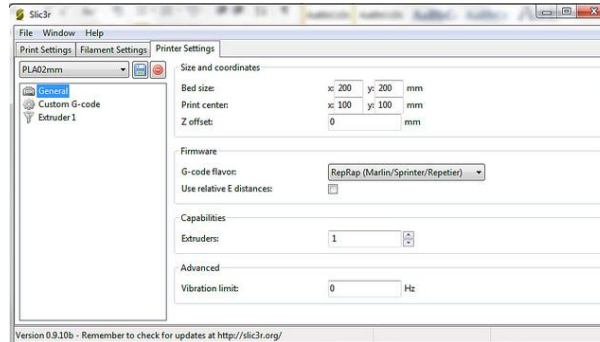


Figura 5.18- Ventana de características principales de la impresora

- **Bed size:** se indicará el tamaño que posee la superficie de impresión. En nuestro caso se trata de un cuadrado de 200mm de lado.
- **Print center:** se indicará el punto en el cual se quiere centrado el extrusor a la hora de comenzar con la impresión. En nuestro caso se seleccionó el punto medio de la superficie.
- **Z offset:** es un parámetro que ajusta mediante software el calibrado del extrusor en el eje z. en condiciones normales, cuando el extrusor está bien calibrado se pondrá 0 en este parámetro. En caso de que se note una mala calibración se pueden dar valores aquí para que se lleve a cabo un ajuste óptimo.
- **G-code flavor:** se seleccionará el firmware con el que trabajaremos. En nuestro caso será el Marlin.
- **Use relative E distances:** se activará en el caso de que el firmware trabajase con distancias relativas. En nuestro caso, se mantiene desactivado.
- **Extruders:** definimos cuantos extrusores posee la máquina.
- **Vibration limit:** es un parámetro experimental que busca eliminar la resonancia mecánica producida por las vibraciones. Se mantuvo en 0, para evitar su influencia.

#### 5.3.3.1 Custom G-code

Esta ventana, permite la introducción de modificaciones al G-code al comienzo o al final del código, en nuestro caso no se usó.

#### 5.3.3.2 Extruder 1

Se definirán los parámetros relativos al extrusor de la impresora.

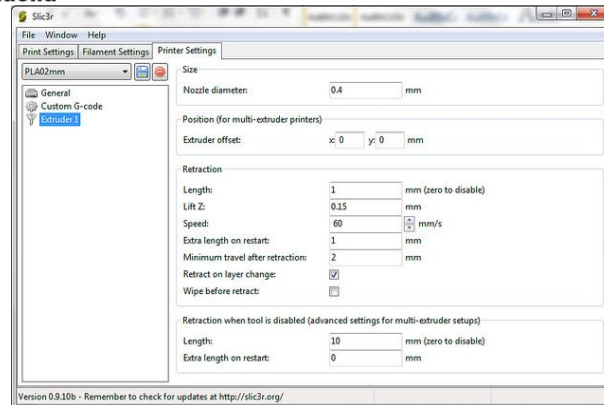


Figura 5.19- Ventana de configuración para el extrusor

- **Nozzle diameter:** se introducirá aquí el diámetro del agujero de la boquilla. Este parámetro lo configura la carga de las especificaciones dadas por Velleman.
- **Extruder offset:** se usa en caso de tener dos extrusores para ver cual es la distancia entre las dos boquillas.
- **Length:** se le indicará a la impresora que contraiga el material cuando se encuentre realizando desplazamientos en vacío. Es un parámetro que conviene ajustar bien pues evita la generación de pegotes en la pieza. Se suele tener entre 1 y 2 mm.
- **Lift Z:** se le indica a Slic3r que levante unos milímetros el cabezal cuando realice movimientos en vacío para evitar el choque con rebabas o partes construidas ya. Su valor oscila entre los 0.15 y 0.3 mm.
- **Speed:** parámetros de la retracción de material por parte del extrusor. Se asignan valores altos para cortar bien el hilo.
- **Extra length on restart:** Definimos la cantidad de material extra que debe inyectar el extrusor después de haber hecho una retracción. El material al estar fundido cae hacia abajo por efecto de la gravedad, por lo que este valor debe ser pequeño o incluso cero.
- **Minimum travel after retraction:** en este parámetro marcamos la distancia mínima que se debe recorrer para que se lleve a cabo la retracción. Es un parámetro que depende de la temperatura de trabajo y del material con el que se esté trabajando.
- **Retract on layer change:** con esta opción se realizará retracción del material cada vez que se empieza la impresión de una nueva capa.
- **Wipe before retract:** opción experimental para mover el extrusor durante la retracción y evitar que pueda coger algo de material y hacer pequeñas burbujas en la punta de la aguja. No se ha utilizado.



## Capítulo 6

---

# MODELADO 3D MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE CAD

---

### 6.1 Herramientas para el diseño digital de piezas

Como ya se dijo al comienzo del trabajo, se llevará a cabo un estudio de cómo realizar el diseño de lo que deseemos crear, partiendo desde una idea, hasta llegar a la pieza creada.

En esta sección se explicará el proceso de creación mediante software comercial de diseño en tres dimensiones. Más adelante se explicará este proceso pero utilizando software de fotomodelado.

En la actualidad, se tiene un gran marco de softwares, tanto de libre adquisición o gratuitos, como también los hay de pago. Se debe saber diferenciar entre estos softwares, pues si se busca llevar a cabo las primeras impresiones, realizando modelos propios y no otros sacados de internet o bases de datos, podemos tener complicaciones a la hora de manejar el programa y crear nuestras piezas.

Cada software nos ofrece unas características, y un modo de trabajar específico en cada uno de ellos, siendo tal vez más apropiados unos que otros para el diseño de piezas tridimensionales y generación de planos.

Los softwares más utilizados para el diseño en impresión tridimensional, sobre todo para principiantes, o gente que no tiene un gran dominio de este sistema pero quiere obtener buenos resultados de forma rápida, son:

- **3Dtin**: no es un programa como tal, sino una dirección web donde llevar a cabo las creaciones. Es muy básico y nos permite generar piezas muy básicas como rectángulos y círculos. Se puede acceder a él desde <http://www.3dtin.com/>.





Figura 6.1- Logotipo de 3DTin

- **Tinkercad:** también es un sitio web, pero permite llevar a cabo creaciones más complejas. Basa su funcionamiento en tres herramientas, posicionamiento de objetos básicos como cilindros, cubos o formas prediseñadas por el propio programa, una herramienta de ajuste de posiciones para poder darle la orientación correcta a la pieza y su posición y finalmente una herramienta que nos permite combinar distintas piezas en una sola.

La página permite al usuario el descargar la pieza en formato stl directo para su impresión. Se puede acceder a este software en la siguiente dirección <https://www.tinkercad.com/>.



Figura 6.2- Logotipo de Tinkercad

- **K-3D:** este programa es más potente y nos da opciones de modelado 3DD y animación. Es un software que se centra en el diseño de modelos poligonales y permite llevar a cabo animaciones.

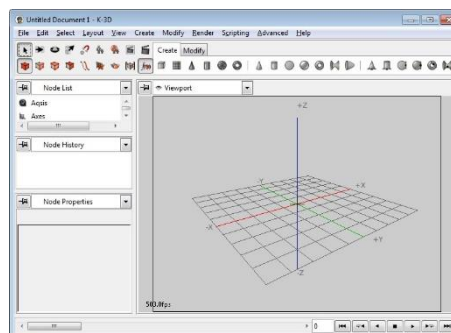


Figura 6.3- Interfaz de trabajo de K-3D

- **TopMod3D:** la generación de modelos se basa en la creación de modelos mediante mallas topológicas y generar sólidos.



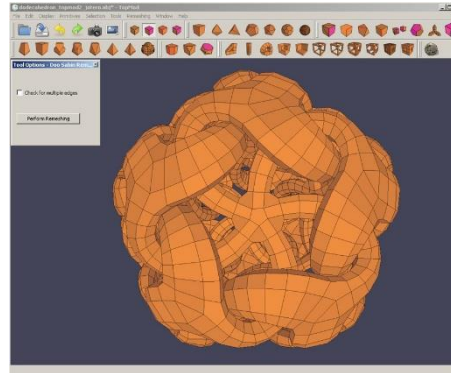


Figura 6.4- Interfaz de TopMod3D

- **Google SketchUp:** es probablemente el software más utilizado por la gente que comienza con el diseño de piezas 3D. es sencillo de utilizar y proporciona, mediante simples herramientas la posibilidad de crear piezas complejas, mediante extrusión de superficies o relleno de áreas.

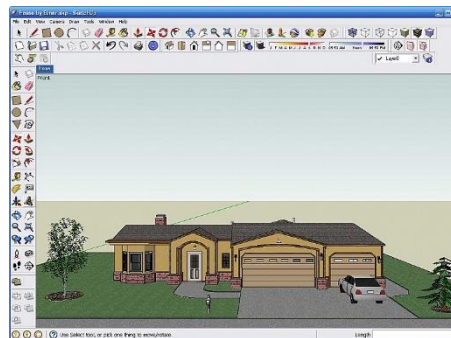


Figura 6.5- interfaz de Google Sketchup

- **Sculptris:** esta aplicación, difiere un poco de las anteriores, pues en ella se modelará en 3D pero no nos dará la opción de introducir formas sencillas o poligonales. En esta aplicación se permite al usuario modelar sus creaciones esculpiendo una esfera de material, como si de arcilla se tratase. Es un programa intuitivo y que permite generar modelos de forma rápida y diferente.



Figura 6.6- Logotipo de Sculptris

- **Autodesk inventor:** es un paquete de aplicaciones, las cuales permiten realizar tanto el modelado de piezas como su estudio posterior. Es un modelador paramétrico, pues permite modelar la geometría,

**Universidad de Valladolid**

dimensiones y material de manera que si se alteran las dimensiones se alterará la geometría directamente. También posee un amplio marco de tareas, para poder llevar a cabo extrusados, roscados...

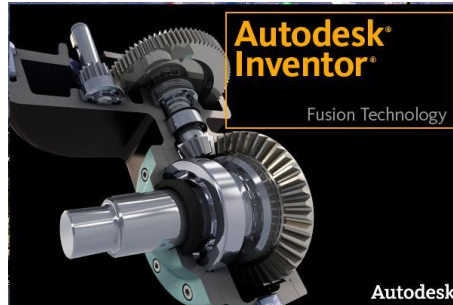


Figura 6.7- Logotipo de Autodesk Inventor

- **SolidWorks:** es un programa que se basa en las técnicas de modelado CAD, es decir, realizando una vista de la pieza y comenzar a extruirla para generar volúmenes casi de manera automática. Nos permite posteriormente de la creación de la pieza, la generación automática de planos para caracterizar a la misma.



Figura 6.8- Logotipo de SolidWorks

Una vez vistas las distintas opciones que el mercado actual brinda para la realización de las piezas, se seleccionará la opción que se crea conveniente, en función de las características de la pieza, la información que queramos obtener de ella y los conocimientos de diseño que se posean.

En el presente proyecto se ha trabajado principalmente con SolidWorks, principalmente porque es una herramienta sencilla, potente, con un interfaz muy intuitivo y accesible, generándose piezas de forma rápida y con pequeños periodos de aprendizaje.

También se eligió este software debido a que tiene una aplicación que nos permite generar los planos de las piezas a crear, lo cual nos ha resultado interesante para de este modo documentar en este proyecto todas las piezas que se han creado en los distintos experimentos.

Por tanto, ya seleccionado nuestro software de diseño 3D, podemos comenzar con los pasos que se deben de seguir a la hora de llevar a cabo la generación

**Universidad de Valladolid**

de piezas 3D. Para hacer más llevadero este proceso, se irá explicando simultáneamente con ejemplos del primer proyecto realizado con la impresora.

## 6.2 Conceptualización del proyecto

Lo primero que se debe hacer es saber que se quiere hacer. Esto suena redundante, pero es una afirmación muy a tener en cuenta para el proceso de impresión 3D. Todo surgirá de una idea, un boceto que se quiera llevar a algo más formal, como cuando se diseña un edificio, pero en este caso a una escala más reducida aunque pudiendo llegar a un nivel de detallismo superior.

Una vez sepamos qué forma queremos que posea la pieza, se deberán de dar unas cotas y unas dimensiones a las piezas para caracterizarlas.

El último paso de esta fase sería el pensar en un futuro si se podría realizar esta pieza por nuestra impresora, es decir, si cumple con una geometría capaz de ser desarrollada por nuestra impresora de deposición de material o será necesario emplear soportes que se tendrán que eliminar posteriormente, o podría optarse por separar el objeto en varias piezas o partes e imprimirlas por separado, ensamblándolas posteriormente.

Para el primer proyecto, esta fase ya se dio hecha, pues se pidió del departamento, si sería posible realizar una serie de piezas para realizar el juego de la torre de Hanoi, para que un brazo robótico de la sede jugase con ello mediante una programación de trayectorias.

Se dio una serie de parámetros en un croquis:

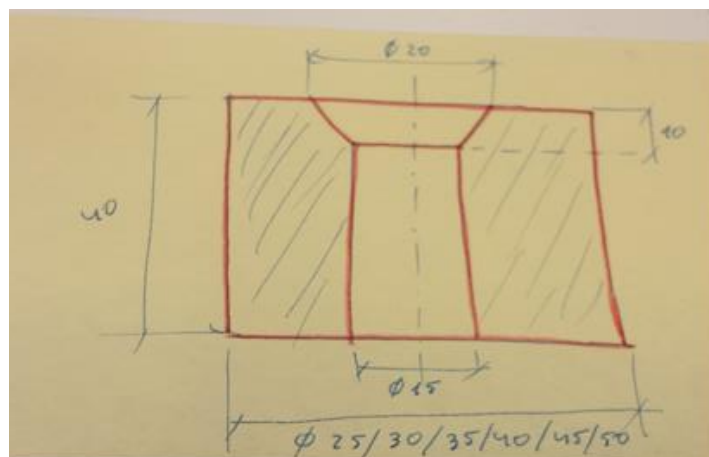


Figura 6.9- Boceto del proyecto propuesto

Y se aceptó el proyecto, pues para empezar era un proyecto en el que las piezas no requerían una definición muy grande.

Universidad de Valladolid

## 6.3 Diseño de las piezas mediante software

Por tanto una vez que ya tenemos la idea conceptualizada y dimensionada, el siguiente paso será el diseño del modelo en un software de diseño 3D. Como ya se ha dicho en anteriormente, en este proyecto se utilizará la herramienta de diseño CAD SolidWorks.

Con esta herramienta se nos da la oportunidad de dimensionar una de las vistas (alzado, planta, perfil...), extruyendo luego las vista, ejecutar cortes sobre algunas caras, ejercer una revolución en torno a un eje...

Por tanto los pasos a seguir en esta sección son muy similares a los que se han dado en el apartado anterior, de dimensionar y dibujar la pieza, pero aquí ya nos encontramos en un ámbito más formal, que exige y a la vez nos da una mayor precisión.

En este tipo de softwares comenzaremos a construir la pieza desde una de sus vistas y a partir de la realización de diferentes cortes, extrusiones de material o rotaciones sobre ejes, se completarán las distintas partes de la pieza total.

Para el caso de la pieza de este boceto, se consideró que lo más sencillo sería llevar a cabo la vista del corte de la sección que conforma la pieza y se dimensiona:

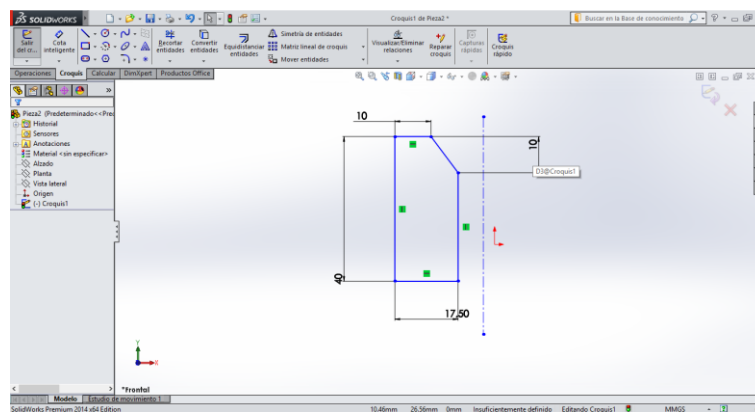


Figura 6.10- Perfil de la sección del elemento a construir

Tras esto se genera una revolución en torno a un eje de simetría y la pieza estaría realizada.

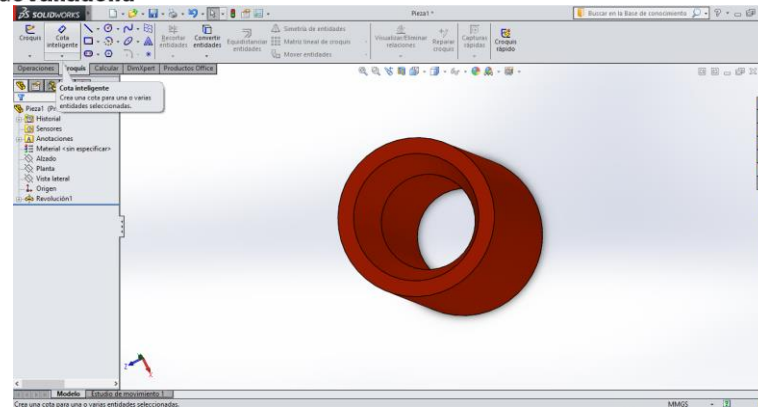


Figura 6.11- Figura ya creada en la interfaz de SolidWorks

Como se comentó anteriormente, mediante esta aplicación se pueden generar los planos de las vistas de las piezas y documentarlas.

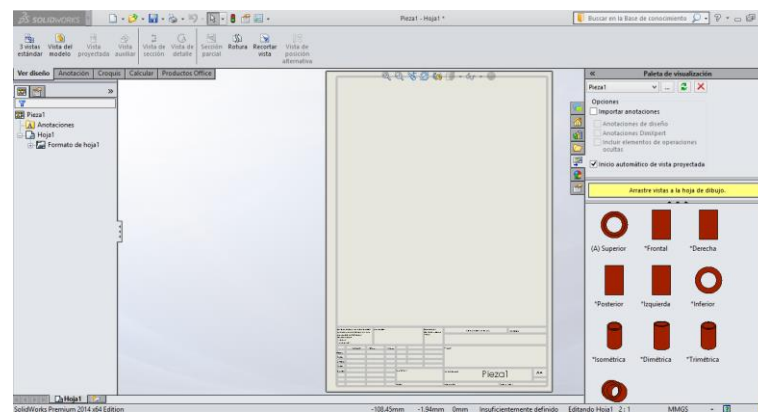


Figura 6.12- Interfaz en SolidWorks para la generación de planos

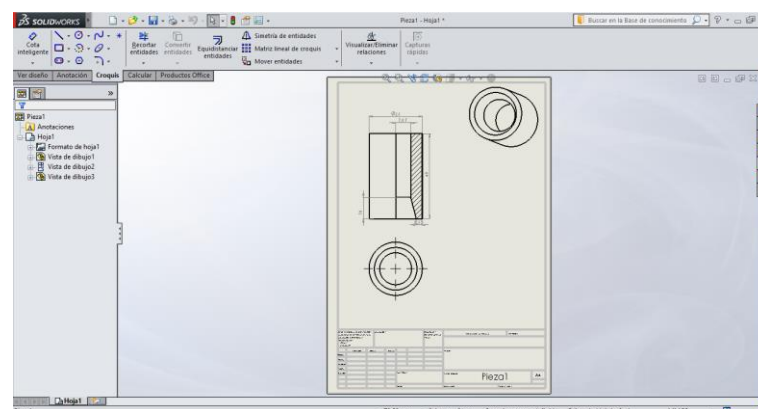


Figura 6.13- Plano de la pieza creada

Una vez este hecho el modelo, tenemos que hacer que el programa nos de este archivo pero de una manera que posteriormente el host nos sepa tratar la pieza, para ello se le dirá al programa que esta pieza sea guardada en formato .stl, que es un tipo de formato caracterizado por representar la superficie de los objetos mediante uniones de triángulos. Este tipo de archivos no tiene en

**Universidad de Valladolid**

cuenta características como podrían ser el color del material, texturas o características físicas del mismo.

Cuanto más pequeños son estos triángulos, mayor será la resolución de la pieza, pero también se poseerá un mayor peso en el archivo de creación, por lo que debemos encontrar un punto medio en el cual se tenga un tamaño razonable y una resolución buena.



Figura 6.14- Distintas piezas con distintos grados de definición y peso

En el caso de las piezas que nos ocupan en el proyecto, este es el resultado:

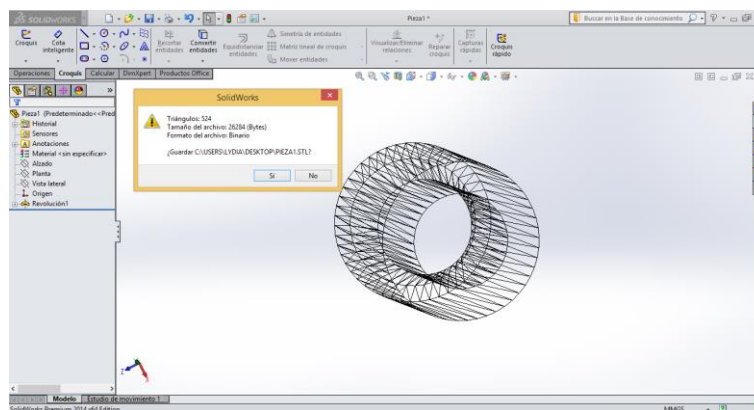


Figura 6.15- Archivo .STL de la pieza generada

## 6.4 Exportación del modelo al host Repetier

Por tanto una vez diseñada la pieza y en el formato adecuado, se procede a cargar el archivo en el host. Para ello vamos a la pestaña de archivo y le damos a añadir pieza. Buscamos la pieza en cuestión y aceptamos.



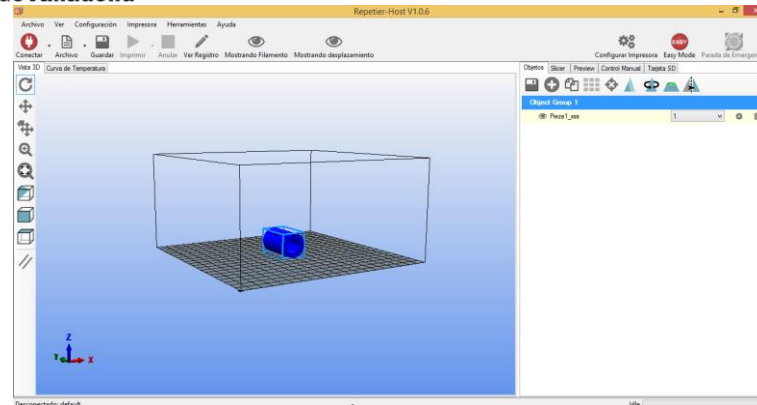


Figura 6.16- Interfaz de Repetier con la pieza situada

Con el archivo cargado, se visualizará la pieza en un espacio cubico con las dimensiones correspondientes al volumen hábil de impresión que nuestra impresora posee. La pieza se situará por defecto en la zona central de la cama caliente, pero nosotros podemos moverla mediante los parámetros que se encuentran a la derecha.

Estos comandos también permitirán el colocar la pieza en una posición adecuada para que la impresión sea más fácil de realizar y reducir al máximo el uso de soportes. Con esta colocación se deberán evitar por ejemplo voladizos.

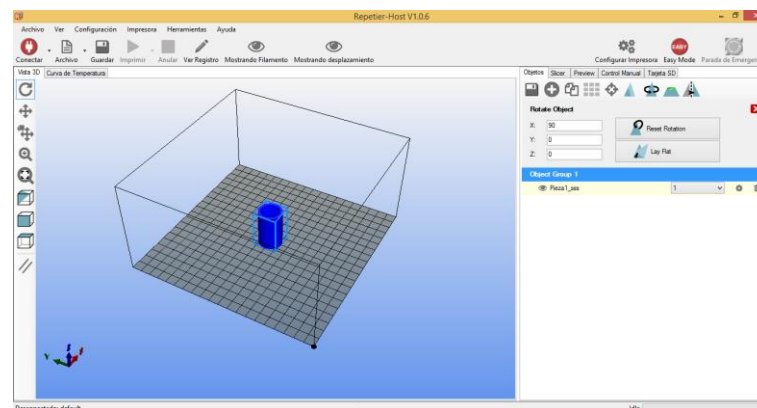


Figura 6.17- Pieza bien situada sobre el espacio de impresión gracias al uso de los comandos del host.

Otra opción que ofrecen estos comandos, es la de escalar la pieza a otros tamaños. Por ejemplo, si no se dimensionó la pieza de forma correcta en pasos anteriores y creemos que será demasiado pequeña ahora podemos aumentar su tamaño con estos comandos.

Este proceso que se realiza para una sola pieza, es realizable para varias piezas a la vez, pudiendo colocar más de una pieza a la en la cama caliente durante la impresión.

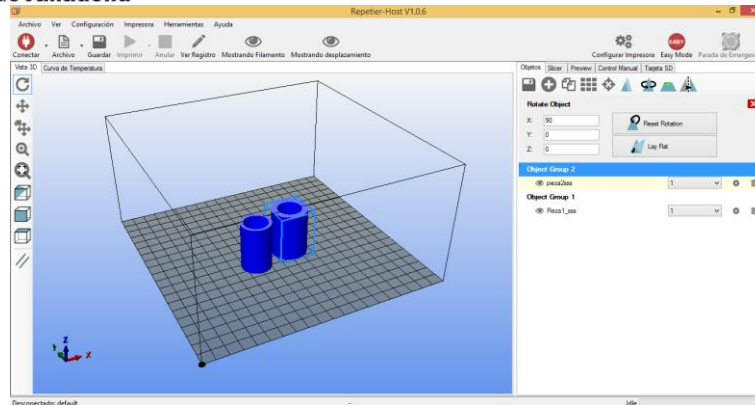


Figura 6.18- Varias piezas dispuestas a la vez sobre el area de impresión

Optar por este método de situar varias piezas a la vez para la impresión puede traer las consecuencias de generar una mayor cantidad de rebabas en las piezas debido al material que se va desprendiendo con el viaje que hace el extrusor de una pieza a otra.



Figura 6.19- Piezas impresas a la vez con rebabas en los puntos de paso.

Como se puede observar en la imagen se tiene una serie de rebabas en los laterales de la pieza producidos por el viaje del extrusor lo que reduce la calidad de la misma. Para evitar este problema podemos optar por separar lo máximo posible las piezas entre sí en la cama caliente, aunque esto aumentará los tiempos de impresión.

## 6.5 Generación del G-code

Ya diseñada y situada la pieza en la superficie de la cama caliente, habiéndose corregido posibles fallos en el posicionamiento o en la orientación de la pieza, se debe generar el conjunto de órdenes que se darán a la impresora para realizar la impresión.

Esto, como ya se dijo anteriormente, es trabajo del software Slic3r, el cual cogerá el modelo tridimensional, lo irá dividiendo por capas, y en función de las configuraciones impuestas generará unas trayectorias.



**Universidad de Valladolid**

El G-code es el lenguaje de programación más utilizado para realizar configuraciones sobre todo en máquinas de CNC. Un G-code luce de la siguiente manera:

```
1 ; generated by Slic3r 1.1.7 on 2015-07-01 at 11:47:40
2
3 ; perimeters extrusion width = 0.50mm
4 ; infill extrusion width = 0.52mm
5 ; solid infill extrusion width = 0.52mm
6 ; top infill extrusion width = 0.52mm
7
8 G21 ; set units to millimeters
9 M107
10 M190 S65 ; wait for bed temperature to be reached
11 M104 S205 ; set temperature
12 G28 ; home all axes
13 G1 Z5 F5000 ; lift nozzle
14
15 M109 S205 ; wait for temperature to be reached
16 G90 ; use absolute coordinates
17 G92 E0
18 M82 ; use absolute distances for extrusion
19 G1 F1800.000 E-1.00000
20 G92 E0
21 G1 Z0.500 F7800.000
22 G1 X66.646 Y70.971 F7800.000
```

Figura 6.20- G-code generado por Slic3r para llevar a cabo la impresión

Este código podrá incluir ciertas modificaciones realizadas por nosotros mismos si lo, indicamos a la hora de configurar Slic3r, pero si no se generarán las trayectorias de manera automática. Como se puede observar en la siguiente imagen, la pieza nos queda ahora dividida por capas:

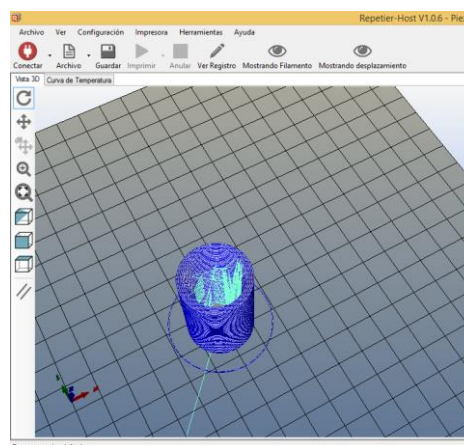


Figura 6.21- Ruta de las trayectorias que se llevarán a cabo durante la impresión del objeto

Universidad de Valladolid

## 6.6 Impresión

Una vez que ya están las trayectorias calculadas y los comandos generados, se comienza a transmitir las trayectorias a la impresora y se generan las piezas sobre la cama caliente, dándose por finalizado el proceso de generación de piezas.

Durante este proceso de impresión siempre se llevarán a cabo las mismas acciones, las cuales solo variarán en función de cómo se varíen los parámetros que introduzcamos en Slic3r, los cuales influirán mucho en la calidad final de la impresión.

En un primer momento, se calienta la cama caliente y el extrusor. Se comprobará que los parámetros de temperatura están bien configurados, se debería ver cómo va saliendo un fino hilo de material por el extrusor mientras se calienta.

Lo primero que hará la impresora será purgar estos posibles excesos de material que se encuentren en la boquilla del extrusor. Para ello llevará a cabo una serie de vueltas perimetrales a una distancia determinada del perímetro exterior de nuestra pieza, como se puede observar en la siguiente imagen:

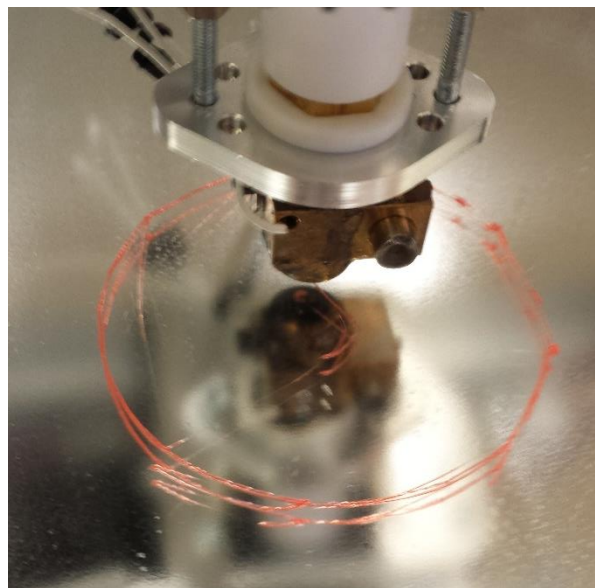


Figura 6.22- Círculo de purga de material.

Mediante este proceso se garantiza que a la hora de comenzar con la impresión de la base de la pieza, no se encuentren rebabas en ella y la fijación sea óptima.

**Universidad de Valladolid**

Las primeras capas que se realicen de la pieza, serán sólidas, es decir, toda la capa estará cubierta de material, sin utilizar ningún tipo de relleno. Lo mismo sucederá en la parte superior de la pieza.

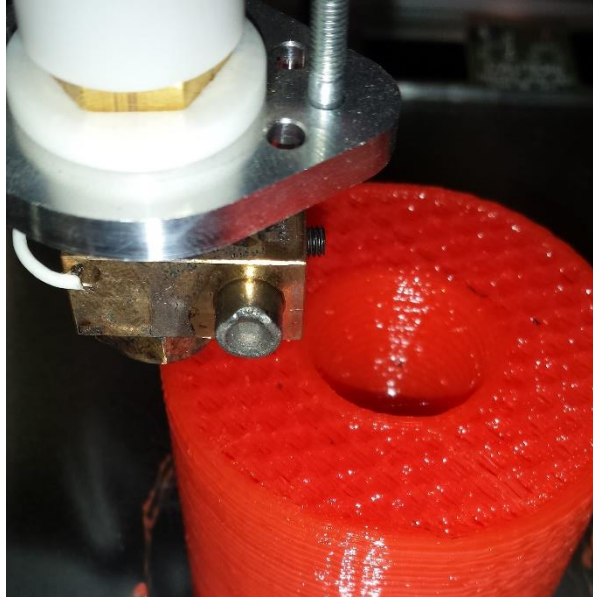


Figura 6.23- Capa de relleno completo.

Pasadas las primeras capas y hasta llegar a las últimas, se irá realizando un relleno (perimetral en nuestro caso) en las capas del material, para reducir de esta manera el gasto de material.

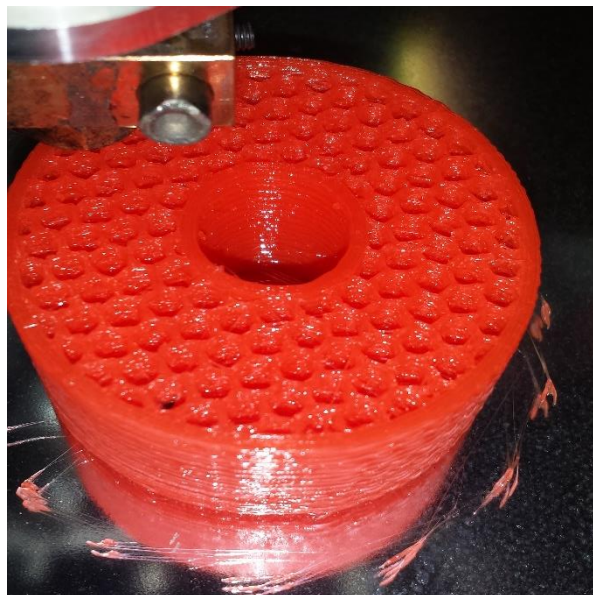


Figura 6.24- Relleno de capas intermedias en las piezas.

Una vez la pieza ya se ha finalizado, el extrusor subirá y se retirará. Tras la conclusión de la impresión se debe dejar un tiempo reposar la pieza para que el

**Universidad de Valladolid**

material de las últimas capas se enfríe correctamente y no se deforme al tocarlo.

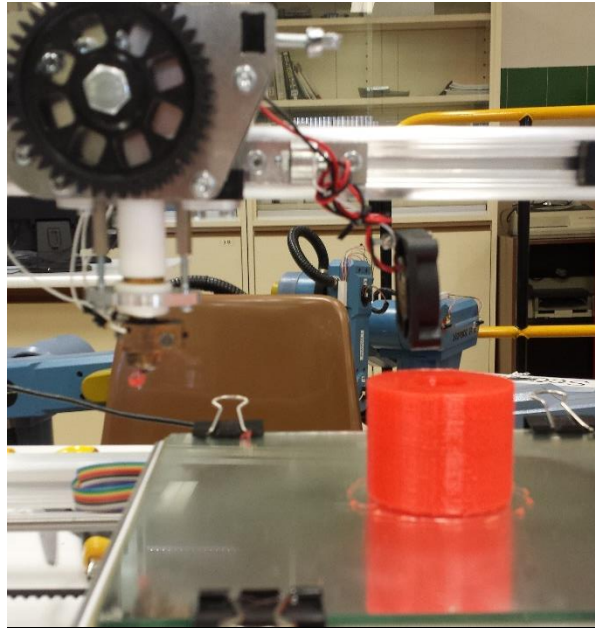


Figura 6.25- impresora en reposo tras finalizar la impresión.

Concluido con esto se procede a retirar la pieza, valiéndonos para separarlo de la superficie del cristal una espátula o cuchillo, teniendo cuidado de no apretar demasiado y cascar la pieza.

En algunas ocasiones, como ya se mencionó con anterioridad, los elementos anteriormente expuestos para la fijación de la pieza en la superficie de la cama caliente, no acaban de bastar para que esta se mantenga fija en la misma durante todo el proceso, requiriéndose por tanto el diseño de una base para la pieza.

Cuando se realizaron los primeros intentos sin peana los resultados fueron malos:



Figura 6.26- Fallo en pieza al moverse durante la impresión.



**Universidad de Valladolid**

Esta base fue utilizada por el ejemplo para la realización de las piezas que poseían un área menor para mejorar la adhesión de la primera capa, diseñada mediante SolidWorks e impresa:

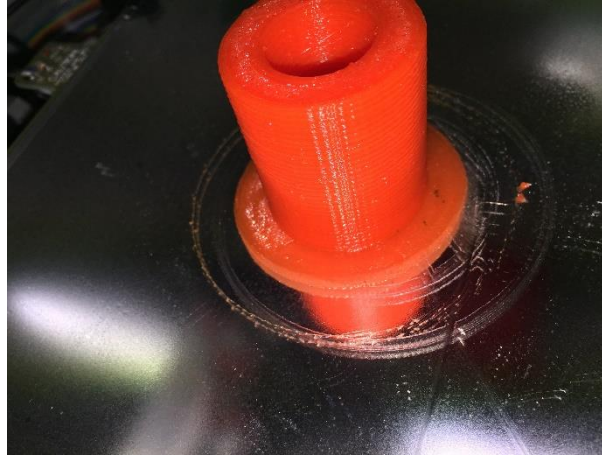


Figura 6.27- Peana diseñada para la mejora de la fijación sobre la cama caliente de la pieza.

Finalmente, vemos como se ha pasado de una conceptualización de una serie de piezas, a un conjunto de piezas reales.

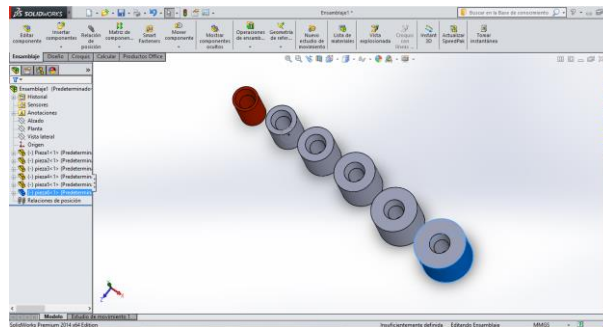


Figura 6.28- Todas las piezas diseñadas para la torre de Hanoi en SolidWorks.



Figura 6.29- Piezas ya impresas.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Capítulo 7

# FOTOMODELADO

En este último apartado se quiere hacer un breve estudio acerca de las técnicas de fotomodelado que se poseen en la actualidad para el desarrollo de modelos tridimensionales y obviamente su aplicación en el campo de la impresión 3D.

En la actualidad se poseen dos claros medios para llevar a cabo el objetivo de desarrollar un modelo tridimensional de algún objeto ya físico presente en nuestro entorno, mediante el uso de un haz de láser o mediante el uso de cámaras fotográficas las cuales aplican la fotogrametría digital.

Estas técnicas abarcan desde realizar modelos de piezas tan pequeñas como una moneda, hasta llegar a modelar edificios enteros como catedrales o estadios de fútbol.

### 7.1 Técnica de escaneado láser

El escaneado láser describe un método mediante el cual una superficie se muestra o escanea usando tecnología láser. Se analiza un entorno u objeto real para tomar datos de su forma y de su apariencia, como por ejemplo el color. Estos datos recopilados podrán ser utilizados más tarde para la realización de modelos digitales o realización de planos.

Por consiguiente, la mayor ventaja que nos proporciona esta técnica es el poder tomar una gran cantidad de puntos con una alta precisión en un tiempo relativamente corto. Es necesario al igual que en el caso de la fotogrametría el realizar diversos barridos desde distintos puntos de vista, para obtener una cobertura completa de la pieza.

Este escaneado de superficies se podrá realizar de dos maneras: de manera estática o de manera dinámica.

**Universidad de Valladolid**

- **Escaneado estático:** consiste en mantener fijo el escáner en un punto y desde ahí llevar a cabo la toma de puntos. Nos asegura una gran precisión y puntos de información.
- **Escaneado dinámico:** es un escaneado más sofisticado en el cuál el láser debe ir moviéndose alrededor de la pieza. Este mecanismo requiere otros sistemas a parte del láser como pueden ser GPS, lo cual incrementa los costes de esta técnica de escaneado.

### 7.1.1 Fundamentos del láser escáner.

Los láseres son instrumentos capaces de generar ondas de luz usando una estrecha banda del espectro. Un láser típico emite luz en un estrecho y poco divergente haz de longitud de onda bien definida. Esto sería todo lo contrario a lo que nos sucede en el caso de una bombilla que emite en un amplio y muy divergente haz de longitudes.

El propósito por tanto de estos aparatos, será el de crear una nube de puntos a partir de la toma de muestras geométricas en la superficie del objeto. Con estos puntos se podrá extrapolar la forma del objeto (mediante reconstrucción).

Estos puntos también podrán contener cierta información como podría ser el color de ese punto, como se mencionó anteriormente y de este modo obtener los colores de la pieza.

La diferencia que se tiene con las cámaras es que, pese a que los dos aparatos empleen un campo de visión cónico, la cámara reúne información de color acerca de las superficies que se encuentran en su campo de visión, los escáneres reúnen información geométrica de este.

Para que un láser cumpla satisfactoriamente con su cometido, será necesario que realice múltiples tomas de datos, variando en cada una de ellas la posición e inclinación de toma de datos. Estos escaneos se deben tomar siempre respecto a un mismo sistema de referencia universal para todas las tomas y de este modo poder referenciar en procedimientos posteriores los puntos.

### 7.1.2 Métodos de toma de datos

#### 7.1.2.1 Basada en la triangulación

Esta técnica utiliza el siguiente fundamento geométrico para la toma de información:



Universidad de Valladolid

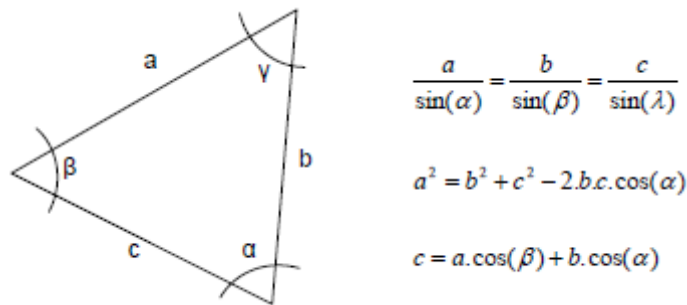


Figura 7.1- Fundamento geométrico para la triangulación.

Se dirigirá un patrón láser sobre el objeto y se emplea una cámara para buscar la localización de la proyección del mismo. El mismo laser y la cámara se instalan con un ángulo constante, creando un triángulo entre ellos y la proyección del láser sobre el objeto. El modelo de toma de datos resultante sería:

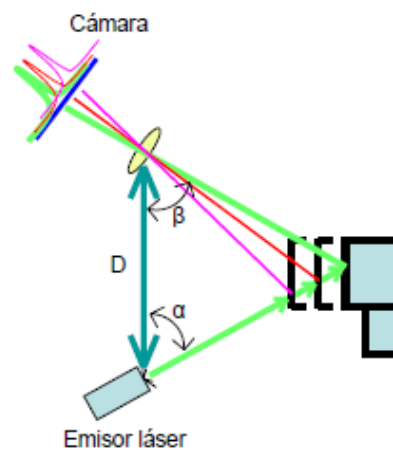


Figura 7.2- Esquema del funcionamiento de toma de datos mediante láser.

El lado D del triángulo es conocido y también se conocerá el ángulo alpha de emisión del láser. Por su parte el ángulo beta puede determinarse mediante la localización del haz láser en el campo de visión de la cámara.

Estos tres elementos son los que nos proporcionarán en verdad la profundidad exacta del objeto medido.

En la practica el método más utilizado con este fundamento es el de utilizar una luz láser que posee un patrón de puntos o líneas que cubren toda la pieza. Estos patrones son muy variados, y pueden ir desde líneas rectas hasta patrones especialmente codificados que modulan su frecuencia o su fase en el tiempo para mejorar la precisión.

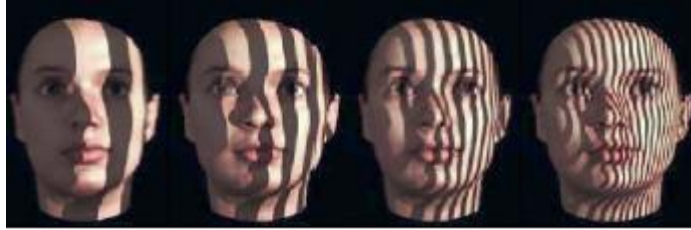


Figura 7.3- Patrones pasados por una cara la cual se quiere modelar.

### 7.1.2.2 Medición basada en el tiempo

Los láseres de medición basada en tiempos son escáneres que miden un intervalo de tiempo entre dos sucesos. En este tipo de láseres se debe diferenciar entre dos tipos de técnicas de medición:

- **Escáneres basados en pulsos:** las ondas del láser viajan a una velocidad finita y constante a través de un medio. Por consiguiente, si se mide el tiempo durante el cual la luz viaja de una fuente a un objeto reflectante y regresará a la fuente, la distancia a dicha superficie puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{(C \cdot t)}{2}$$

Siendo  $c$  la velocidad de la luz en el aire,  $t$  el tiempo que tarda en ir y volver la señal y  $D$  la distancia que se quiere calcular.

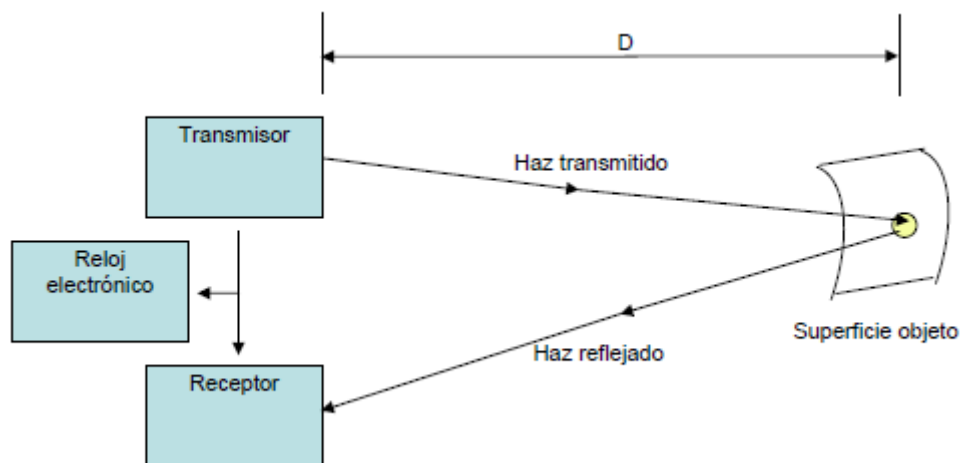


Figura 7.4- Esquema de funcionamiento para la toma de datos.

- **Escáneres basados en la fase:** en este método, se emite una luz, la cual está modulada en amplitud y se envía a una superficie. La reflexión dispersa se captura y un circuito mide la diferencia de fase entre las ondas enviadas y recibidas, obteniendo por tanto la demora. Se suelen modular mediante señales senoidales:

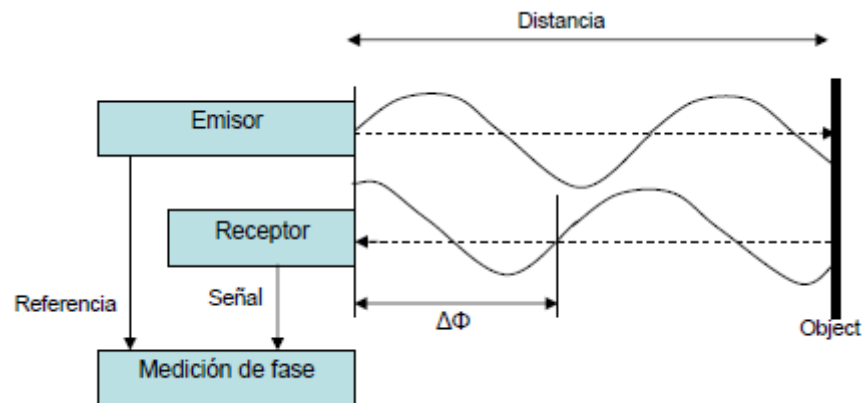


Figura 7.5- Esquema del funcionamiento para la toma de datos mediante desfase de fases.

## 7.2 Técnicas de fotogrametría para fotomodelado

La fotogrametría es el arte, ciencia y tecnología de obtención de información confiable sobre los objetos físicos y el medio ambiente a través del proceso de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas, patrones de imágenes de radiancia electromagnética y otros.

En otras palabras se podría decir que es la ciencia desarrollada para obtener medidas reales de objetos a partir de fotografías del mismo.

En el fotomodelado se emplearán estas técnicas con la finalidad de dar una serie de medidas a las piezas que se quieren obtener y de este modo sacar sus modelos tridimensionales.

La fotogrametría nos proporciona una serie de métodos para obtener información cualitativa de los objetos a estudiar, es decir, nos dará dimensiones y formas, pero no colores y acabados por ejemplo.

Obviamente de una sola foto solo se podrían obtener dos dimensiones coordenales. Por lo tanto, como se necesitan tres dimensiones para poder obtener los modelos que queremos, se tendrá que optar por este método para conseguir esa tercera dimensión.

El fundamento por tanto será igual al que usa la vista humana, realizando captaciones mediante cada uno de los ojos que se encuentran en diferentes posiciones, ofreciendo una perspectiva centrada al cerebro.

Este principio es conocido como visión estereoscópica y es el método con el que se obtiene la tercera dimensión. Si tenemos dos fotos del mismo objeto,



**Universidad de Valladolid**

pero realizadas desde diferentes posiciones, se podrá calcular de una manera sencilla la tercera dimensión coordinada de cualquier punto que se encuentre representado en ambas fotos.

### 7.2.1 Parámetros a tener en cuenta para una buena calidad en la fotogrametría

Para poder tener una buena fotogrametría y no perder información a la hora de realizar la toma de fotos se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros.

- **Distancia focal o posición de la cámara:** este parámetro hace referencia a la distancia y la amplitud de ángulo focal que se tiene a la hora de tomar las fotos. Deberá escogerse un punto medio en el cual no se posea pérdida de información de las superficies y en el cual las perspectivas sean correctas y tengan una buena simetría de desplazamiento radial. Esto es un requisito esencial para generar modelos tridimensionales pues es lo que nos permitirá obtener una gran cantidad de detalles en el modelo.
- **Orientación de la imagen:** para poder llevar a cabo la reconstrucción de la pieza, será imprescindible que a cada una de las fotos que se saque se le de una posición exacta respecto a un eje de coordenadas de la pieza. Esto servirá para más adelante poder llevar a cabo las correlaciones entre los
- **Posición relativa de la cámara:** como ya se ha dicho anteriormente, para poder obtener la tercera coordenada de un punto correspondiente a un objeto, será necesario por lo menos dos imágenes del objeto sacadas de dos posiciones diferentes.

Lo ideal en fotogrametría sería conseguir imágenes de la superficie tomadas desde dos puntos de vista los cuales fuesen convergentes, obtenidos por ejemplo con cámaras que posean un gran angular, para así mejorar la resolución de las superficies del objeto.

## 7.3 Realización de un modelo 3D mediante fotogrametría

En este apartado se va a proceder a explicar el procedimiento que se ha llevado a cabo para obtener el modelo tridimensional de ciertos objetos físicos que teníamos a nuestro alcance, y los cuales cumplían con unos requisitos de dimensiones y detalles que considerábamos viables para poder ser realizados por nuestra impresora 3D.

El objetivo de este procedimiento será la comprobación de estas técnicas antes explicadas mediante softwares libres y que se pueden adquirir de manera sencilla.

En nuestro caso se utilizó el software 123D CATCH, de Autodesk, el cual podemos adquirir desde su página web: <http://www.123dapp.com/catch>. Este software también tiene aplicaciones disponibles para los sistemas operativos de Android y Apple.



Figura 7.6- Logotipo de 123D Catch.

Mediante este software se podrá realizar el objetivo que se está persiguiendo. Llevar a cabo el diseño tridimensional de objetos mediante la toma de fotografías del mismo.

Por tanto una vez instalado el software en el ordenador, se procederá a ir a su interfaz de usuario y seleccionar “Realizar un nuevo proyecto” para poder comenzar con el proceso:



Figura 7.7- interfaz de usuario de 123D CATCH.

Una vez dentro de la aplicación nos pedirá que seleccionemos las fotos realizadas para generar el modelo del objeto en cuestión. Estas fotos han sido tomadas mediante un teléfono móvil sobre este objeto.

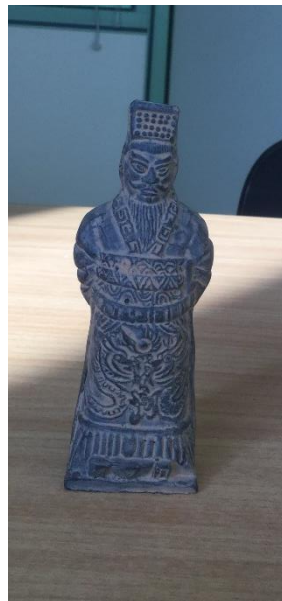


Figura 7.8- Pieza que se busca reproducir mediante fotomodelado.

Como ya se ha dicho anteriormente estas fotos serán tomadas desde distintas posiciones con distintos ángulos de inclinación, cubriendo todos los lados posibles de la pieza para captar todos los detalles superficiales de la misma.

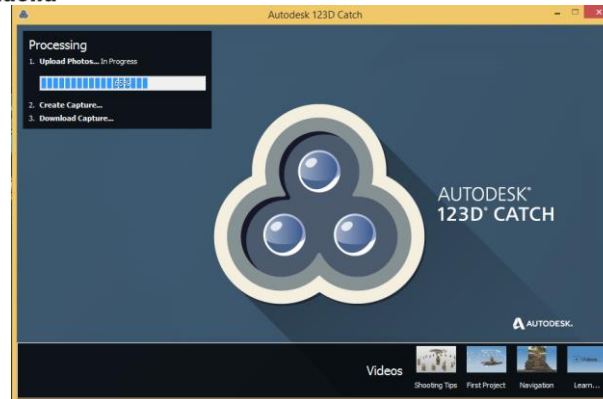


Figura 7.9 Proceso de subida de fotos.

Subidas ya las fotos, se generará el modelo de la pieza por el software, que cogerá un modelo tridimensional del objeto, pero también de la sala en la cual se tomaron las fotos.

Por ello, cosas como la superficie de la mesa o paredes, las cuales nos molestan para la hora de realizar el modelo en la impresora deben ser quitadas del boceto inicial mediante herramientas de edición que nos proporciona la propia interfaz de 123D CATCH.



Figura 7.10- Barra de herramientas para edición.

Tras varios retoques se obtiene el siguiente modelo:

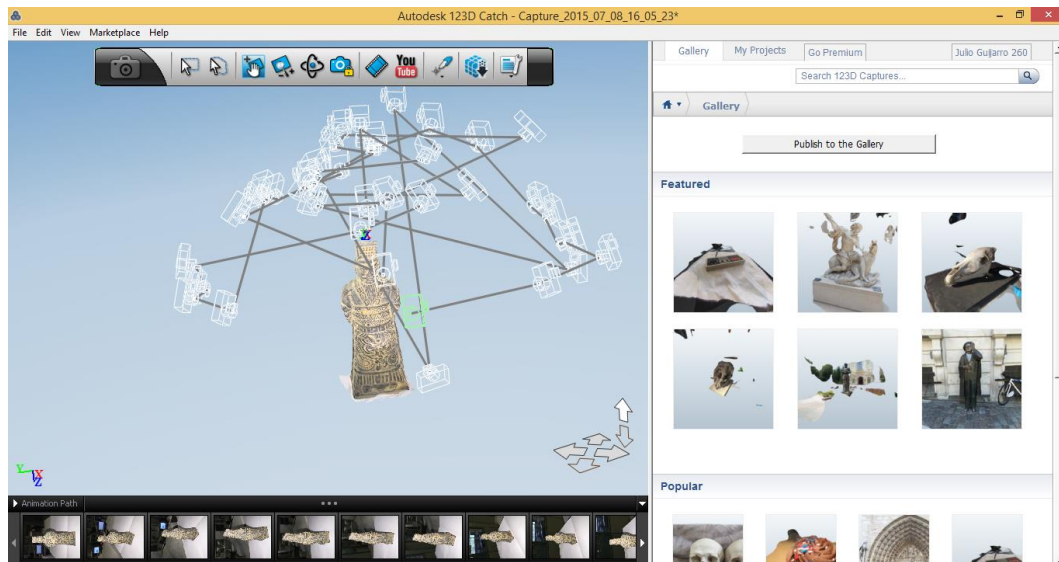


Figura 7.11- modelo 3D de la figura que se busca modelar.

Una vez que ya se tiene el modelo desarrollado se procederá a generar el archivo stl para poder exportarlo al host Repetier para poder realizar la impresión.



**Universidad de Valladolid**

Para generar el archivo .STL, se necesitará usar otro producto de Autodesk, el Autodesk Meshmixer, el cual nos permitirá además suavizar zonas y aumentar la resolución en ciertas zonas de la pieza.

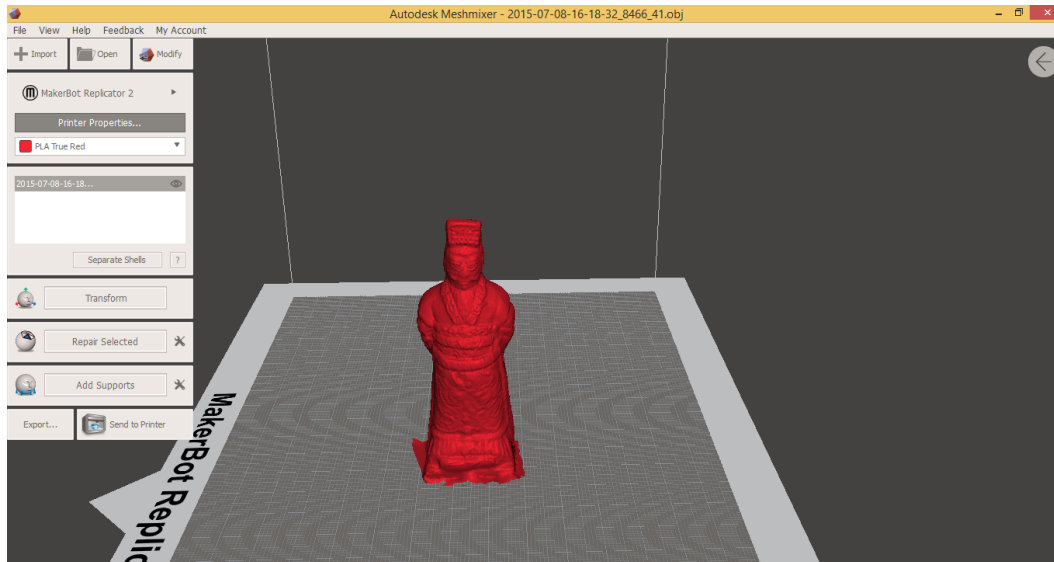


Figura 7.12- Modelo tridimensional del objeto.

Es muy importante remarcar, que para la correcta realización de estos pasos, será necesaria una gran cantidad de imágenes tomadas del objeto, al igual que poseer una buena iluminación en la sala donde se llevará a cabo el experimento.

Un aspecto muy importante también será la cámara con la que se tomen las fotos, pues a mayor resolución mayor serán la cantidad de puntos que se disponga para las correlaciones y se tendrá una mejor calidad.

A continuación se muestra un experimento en el cuál se hicieron menos fotos y con una cámara de peor resolución, obteniendo resultados negativos.

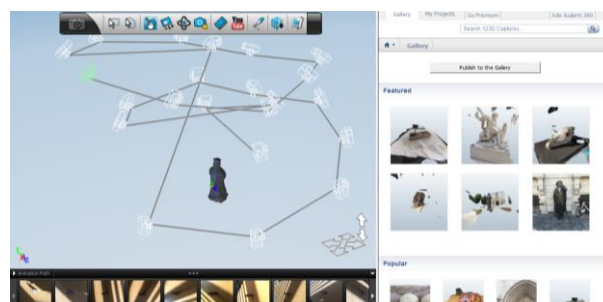


Figura 7.13- Interfaz con menos fotos de las que deberían haber sido usadas.



Universidad de Valladolid

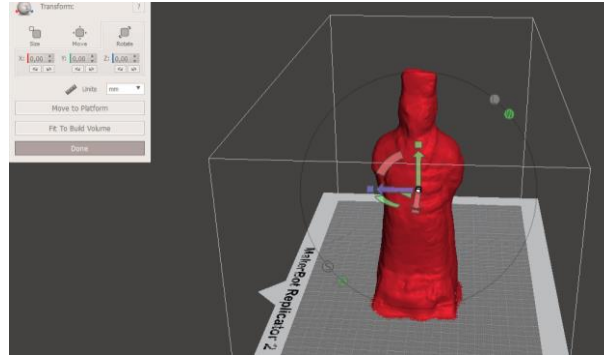


Figura 7.14- Modelo tridimensional con una mala definición por falta de correlaciones.

Finalmente, una vez generado el archivo stl y cargado el modelo en el host de repetir, vamos a seguir los mismos pasos que en el caso de la impresión mediante software CAD, generando el Gcode con Slicer e imprimiendo, obteniendo los siguientes resultados:

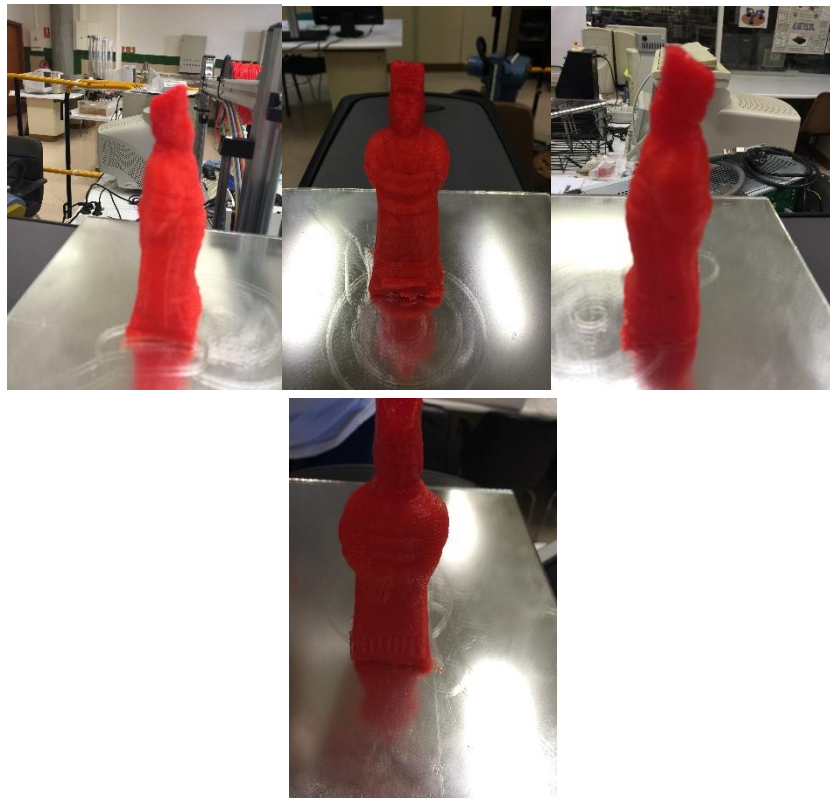


Figura 7.15- Resultado de la impresión del modelo

Como se puede observar, el resultado es bastante bueno, posiblemente se habría mejorado mediante el uso de una cámara de mejor calidad, pues se utilizó la de un teléfono móvil, y el uso de una iluminación más profesional.



---

**Universidad de Valladolid**

También hay que remarcar la importancia que tiene pa precisión de la impresora a la hora de hacer la impresión influida en gran medida por el tamaño de la boquilla del extrusor.

Los detalles de brazos cara y cinturón, que son detalles más grandes se han captado a la perfección, al igual que la forma de laq pieza.

Para finalizar, indicar que el tamaño de la pieza no lo reproduce bien, pues el programa solo toma puntos relativos de la figura y da un tamaño aproximado, pero para un resultado como el de la realidad será necesario un buen escalado en el host de Repetier.



## Capítulo 8

---

# PROYECTOS FUTUROS

---

En vista del trabajo realizado con la impresora, se ha tenido en cuenta una serie de trabajos futuros que se podrían realizar sobre la impresora.

- Creación de un controlador en Raspberry pi arduino para la impresora.
- Instalación y prueba de un nuevo extrusor K8203 en la impresora.
- Prueba y contraste de resultado usando diferentes tipos de materiales adhesivos en la cama caliente para mejorar la fijación.
- Creación de una capsula de aislamiento ara la impresora que le permitiera el aislamiento de la misma frente a cambios en las condiciones ambientales de la sala.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Capítulo 9

# CONCLUSIONES

Para finalizar con el proyecto, sería conveniente un repaso a los objetivos propuestos, y ver como a lo largo del presente trabajo se han ido cumpliendo todos y cada uno de estos objetivos, remarcando ciertas ideas.

- Se buscaba obtener una idea acerca de la evolución que han tenido a lo largo de los años y sus aplicaciones en distintos campos. Se ha visto como esta evolución ha sido meteórica y como se posee una proyección meteórica en la actualidad, tanto con las impresoras que cada vez comercializan más empresas, como el conjunto de impresoras open source que podemos conseguir realizar prácticamente de manera propia.

A la vista de toda la información obtenida y analizada, está claro que las impresoras tridimensionales tendrán un papel fundamental en los desarrollos tecnológicos que se llevarán a cabo a lo largo de los próximos años y realmente no se puede tener una meta clara para estas máquinas, pues como se ha podido comprobar se están incorporando en todos los aspectos existentes de la ciencia y la tecnología logrando resultados rapidísimos y de una calidad sorprendente.

- También se querían analizar distintos materiales que se encuentran disponibles en el mercado para realizar la impresión mediante nuestra impresora de FDM. Se han encontrado a lo largo del estudio una cantidad increíble de estos materiales, superior a la que este propio trabajo posee, pero se prefirió no incluirlos debido a que eran de marcas muy específicas con características muy particulares y no se consideraron importantes o que aportaran algo importante para la conceptualización de los términos que se buscaban conocer.

Está claro que los diversos materiales ofrecen distintas propiedades, desde los que simplemente nos sirven para llevar a cabo el soporte de la que será la pieza buscada, hasta materiales que nos proporcionan una flexibilidad impresionante o una dureza asombrosa. En nuestros

**Universidad de Valladolid**

desarrollos solo se utilizó impresión mediante PLA, pues la impresión con PLA era más lenta y se requerían unas condiciones para la cama caliente respecto a temperaturas, demasiado altas y forzaban mucho a la impresora. Por ello se optó por realizar las piezas mediante PLA, pues las características que debían tener estas, eran meramente ilustrativas y se buscaba comprobar que la impresora imprimía correctamente y la adhesión era correcta a la cama caliente, utilizando distintos adhesivos.

- Tras esto se pasó a la explicación de los elementos de la impresora 3D con la cual se ha estado trabajando a lo largo de todo este tiempo. La construcción del chasis y de las conexiones no se complicó, y se pudo ver desde dentro como funcionaba cada elemento y como interactuaba con el resto de elementos de la propia máquina para obtener un resultado correcto.

También es interesante analizar el aspecto hardware que ha representado este proyecto.

Al trabajar con aparatos reales como motores paso a paso y relés, se ha visto las complicaciones que estos elementos pueden incluir a un proyecto. Cuando se tenían ciertas dificultades y no se sabía muy bien porque era, ya fuese una mala adhesión o una mala deposición de material por parte del extrusor, debíamos analizar y experimentar diferentes configuraciones a lo largo del tiempo y elegir la más óptima para cada momento.

- El siguiente apartado del que se quiso ilustrar fue el de guiar al usuario por los distintos parámetros configurables desde el PC para optimizar la impresión, para lo cual se buscó información de cada uno de estos parámetros y se probó y saco conclusiones propias de en qué momento era más conveniente utilizar estas opciones y cuando no. También se ilustró los potenciales que se presentaban en el host de trabajo pudiendo ajustar las piezas a los tamaños y orientaciones más convenientes.

Lo cierto es que el trabajo con este tipo de host es muy intuitivo y realmente no supuso un gran esfuerzo su entendimiento y el poder plasmar las configuraciones óptimas, aunque sí es cierto que fue necesario una gran cantidad de tiempo y ensayos para un entendimiento óptimo de los mismos.

- Finalmente se llevaron a cabo diseños mediante una serie de softwares comerciales tanto mediante las técnicas de diseño CAD empleando SolidWorks, como mediante 123D CATCH, para la elaboración de los modelos tridimensionales mediante fotomodelado. Esta parte tal vez

**Universidad de Valladolid**

fuese la que más miedo en un primer instante me daba, pues jamás había diseñado piezas mediante software CAD, y mucho menos me había propuesto el realizar un modelado tridimensional mediante fotografías.

A la vista de los resultados durante los diferentes experimentos se pueden sacar ciertas conclusiones sobre el uso de estas técnicas.

En primer lugar, la diferencia más importante que a mi criterio existen entre estas dos técnicas es las formas que se pueden obtener mediante un método u otro. Llevar a cabo las formas que posee algún tipo de piezas u objetos que se quieran desarrollar o copiar pueden ser muy difíciles de desarrollar mediante un software CAD o muy laborioso. Sin embargo mediante el uso de un fotomodelado, el proceso se simplifica mucho y se consiguen formas muy difíciles de manera fácil.

En el otro lado, los puntos positivos que se le podrían asignar al diseño CAD para su posterior impresión tridimensional, son la facilidad que nos ofrece para comenzar a perder el miedo con el diseño gráfico, que partimos de un lienzo en blanco, dándonos una gran potencia y precisión de desarrollo de piezas partiendo de la nada. A parte, el resto de procedimientos para exportar modelos y desarrollarlos, ya está muy automatizado y en principio no debería suponer una molestia.

Y para finalizar, como nota negativa o a tener en cuenta en el fotomodelado, se debería remarcar el hecho de que se ve muy influenciado por la calidad del hardware que se utilice para la captación de imágenes y datos, lo cual repercutirá de manera importante en la cantidad de detalles que se tenga sobre la pieza, los acabados superficiales y por tanto el resultado final. Se podría decir que es un procedimiento que exige un mayor conocimiento de las técnicas y de otros ámbitos, como podrían ser fotografía o iluminación de la pieza.





**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# Bibliografía

- [1]. T. ROWE PRICE, *A Brief History of 3D Printing*.
- [2]. REPRAP COMMUNITY, <http://reprap.org/>
- [3]. VELLEMAN CORPORATION, *Velleman assembly manual k8200*
- [4]. PORTAL IMPRIMALIA, <http://www.imprimalia3d.com/>
- [5]. IMPRESORAS3D.COM, *Análisis, información y comparativa de las impresoras 3d existentes en el mercado*.
- [6]. 3D PRINTER PLANS, <http://3dprinterplans.info/>
- [7]. FORMIZABLE.COM, *Guía de plásticos y otros materiales de impresión*.
- [8]. SILICONWEEK.ES, *Materiales de impresión, uso y comparación*.
- [9]. PROYECTO CLONE WARS, [http://www.reprap.org/wiki/Proyecto\\_Clone\\_Wars](http://www.reprap.org/wiki/Proyecto_Clone_Wars).
- [10]. PLATEA, *Teoría de los motores paso a paso*,  
[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/sistema/motores\\_p-p.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/sistema/motores_p-p.htm).
- [11]. IMPRESORAS3D.COM, *El problema del warping*, <http://impresoras3d.com/>.
- [12]. ULTRA-LAB, *Parámetros de Slic3r*, <http://www.ultra-lab.net/>.
- [13]. WILFRIED LINDER, *Digital Photogrammetry, A Practical Course*.
- [14]. JOSE LUIS LERMA GARCÍA & JOSEP MIQUEL BIOSCO TARONGERS, *Teoría y práctica de*



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Anexos

- **Anexo 1:** Planos de piezas impresas.
- **Anexo 2:** Manual de usuario corto de Velleman k8200. Instrucciones de seguridad importantes.



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



---

# ANEXO 1

---



**Universidad de Valladolid**

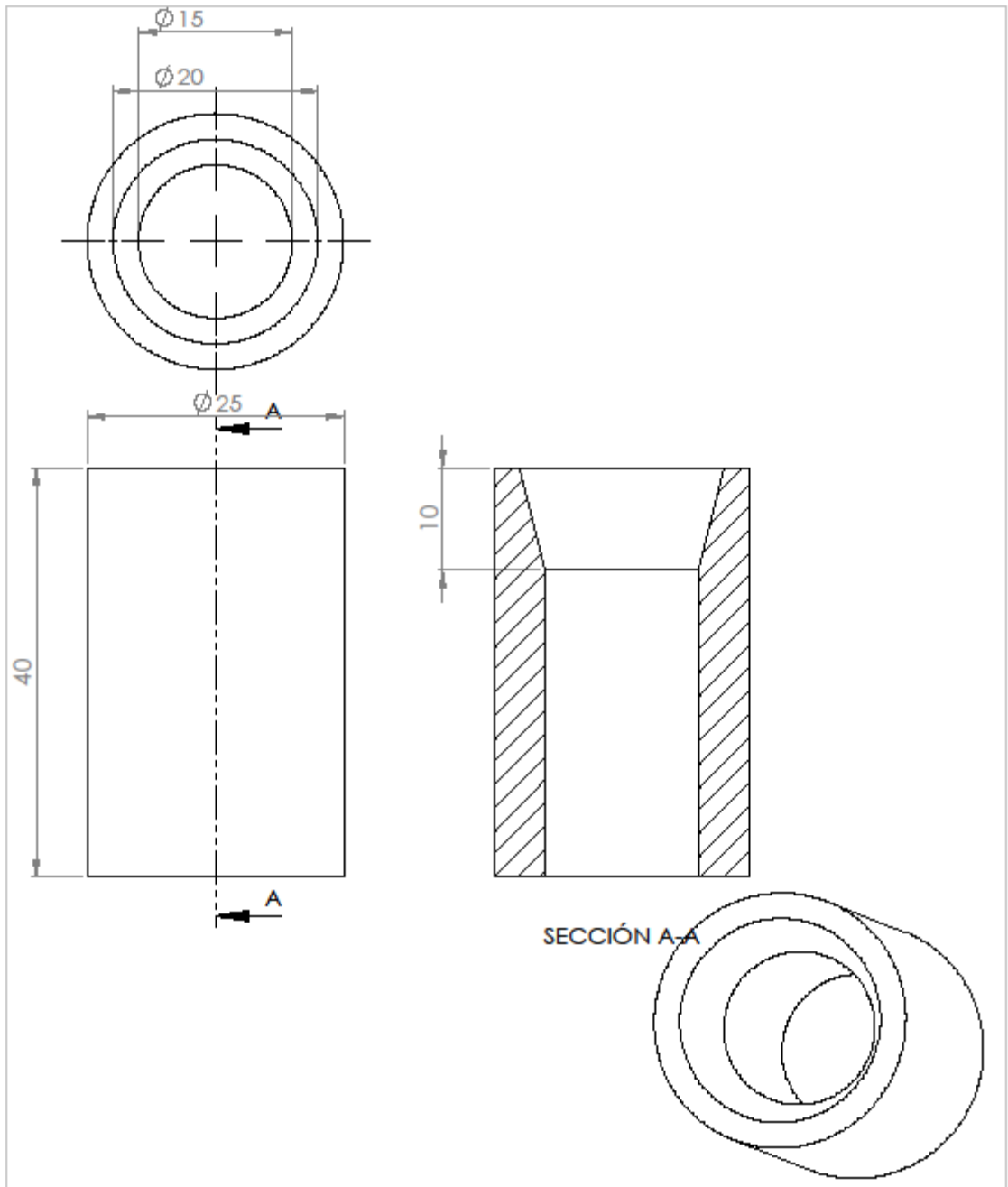
JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



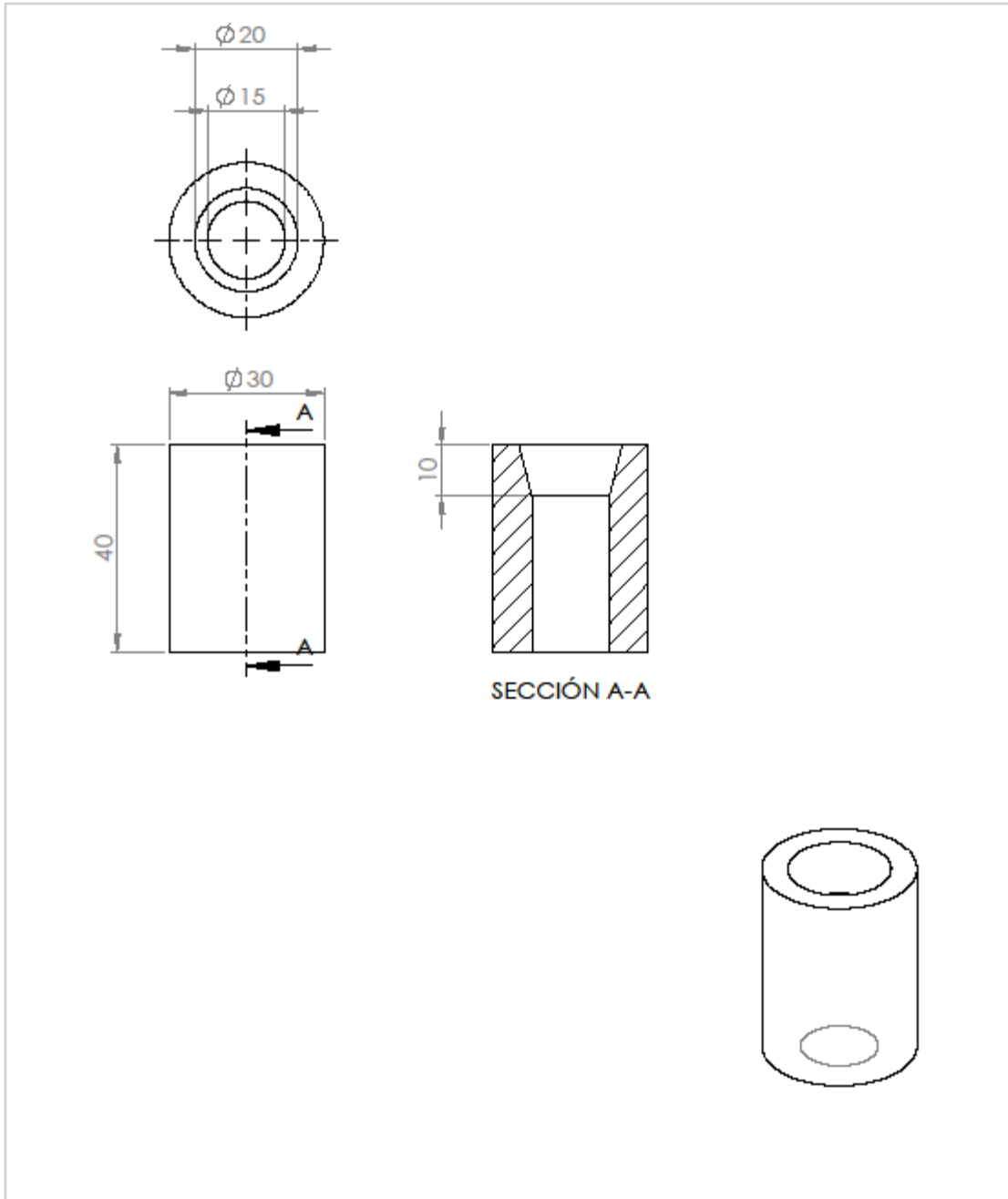
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



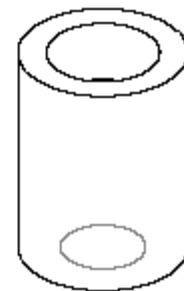
Universidad de Valladolid



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	RIBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA				TÍTULO:	
DELL.							
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL:		Nº DE DIBUJO	Pieza1
				PESO:		ESCALA:2:1	A4
						HOJA 1 DE 1	

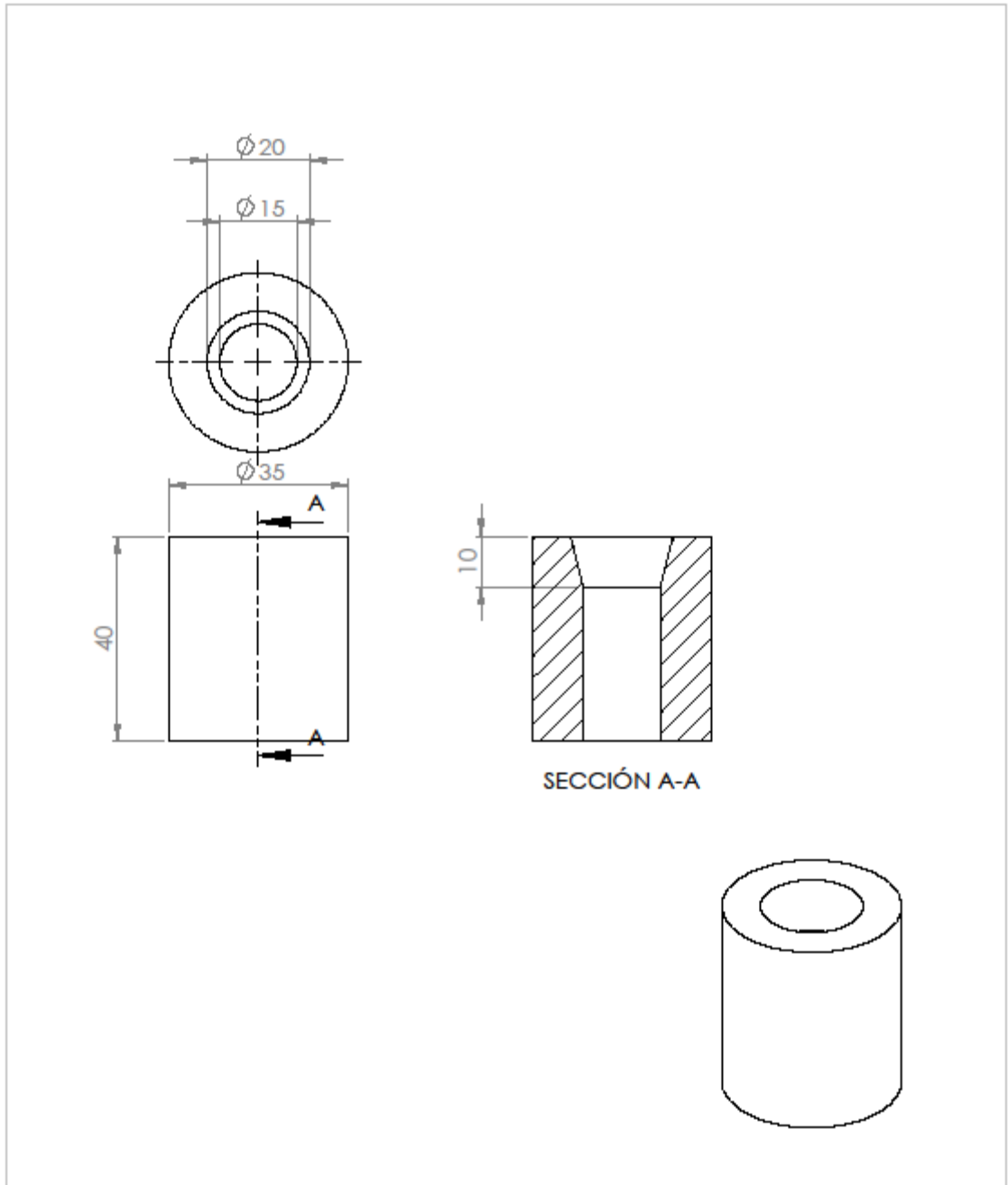


SECCIÓN A-A



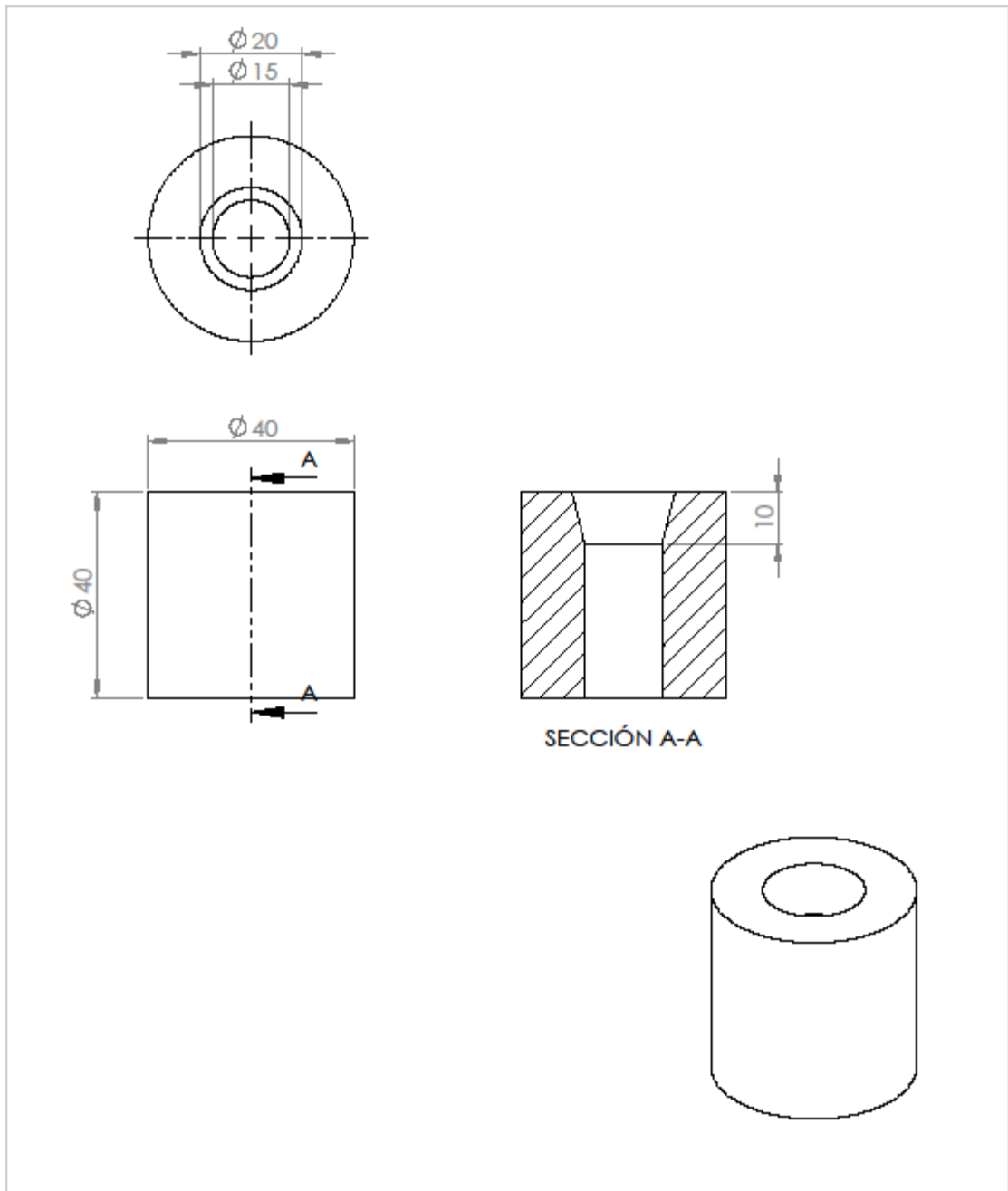
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
DIBUJ.					N.º DE DIBUJO <b>pieza2</b>	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALED.				MATERIAL:	A4	
				PESO:	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1

Universidad de Valladolid



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	RIBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA				título:	
DELL.							
VERF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	A4
				PESO:		ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1

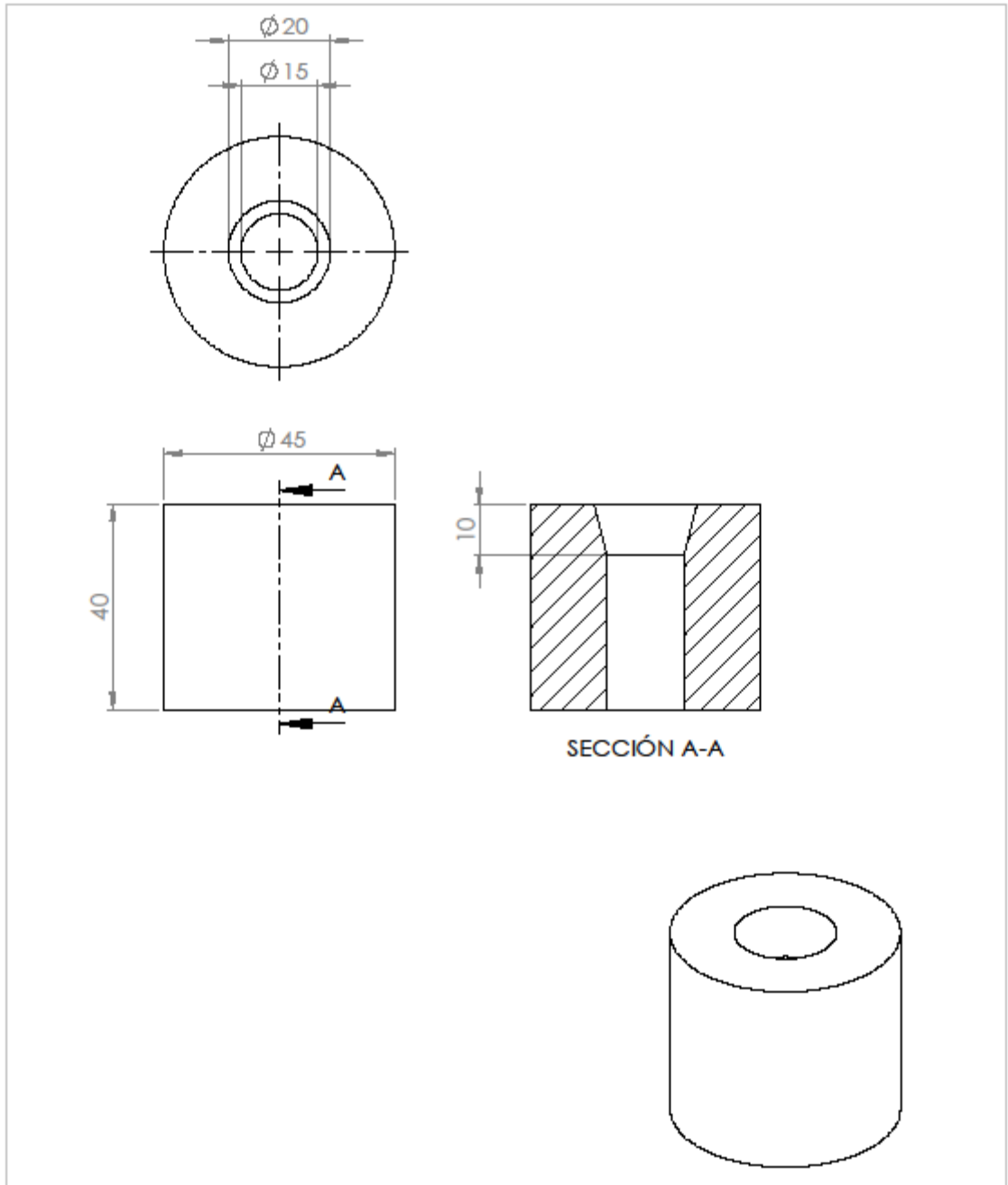
pieza3



SECCIÓN A-A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE: _____ FIRMA: _____ FECHA: _____				TÍTULO: _____		
DIBUJ.				N.º DE DIBUJO: <b>pieza4</b>		
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALED.			MATERIAL:	ESCALA: 1:1		
			PESO:	HOJA 1 DE 1		
						A4

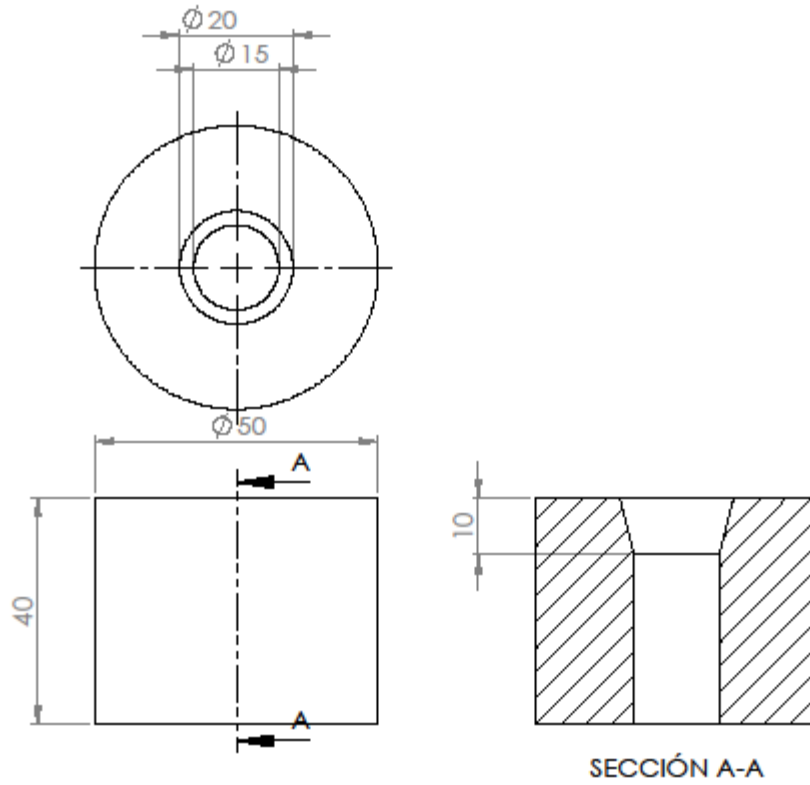
Universidad de Valladolid



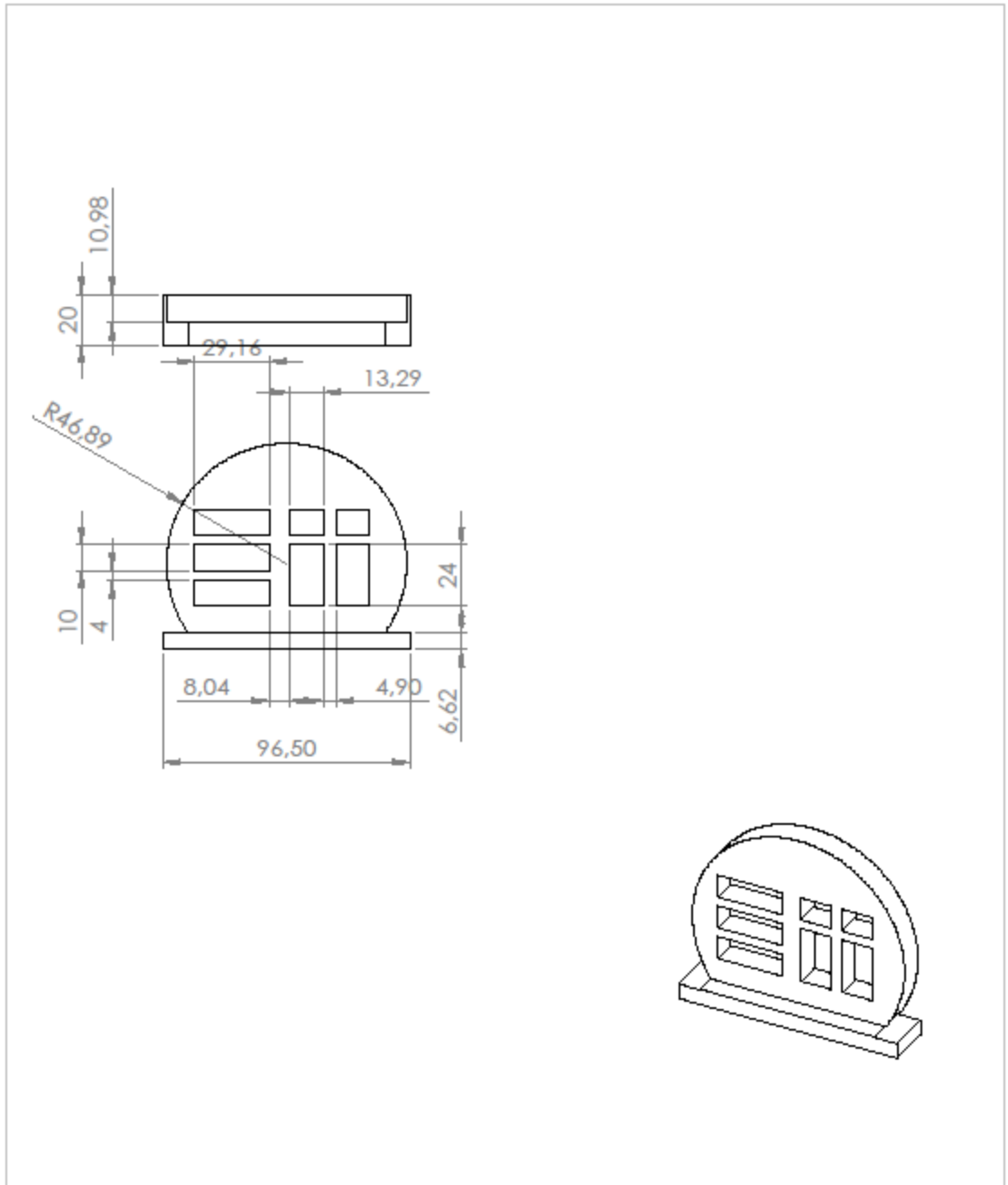
SECCIÓN A-A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	RIBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
DELL.						
VERF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO		A4
			PESO:	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	

pieza5



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PAER.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.				VERIF.				APROB.				PAER.				TÍTULO:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																							
DIBUJ.																										
VERIF.																										
APROB.																										
PAER.																										
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	pieza6																				
				PESO:	ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1																				
						A4																				



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	RIBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
DELL.						
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO		A4
				simbolofacultad		
			PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	



**Universidad de Valladolid**

JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES





---

# ANEXO 2

---



**Universidad de Valladolid**

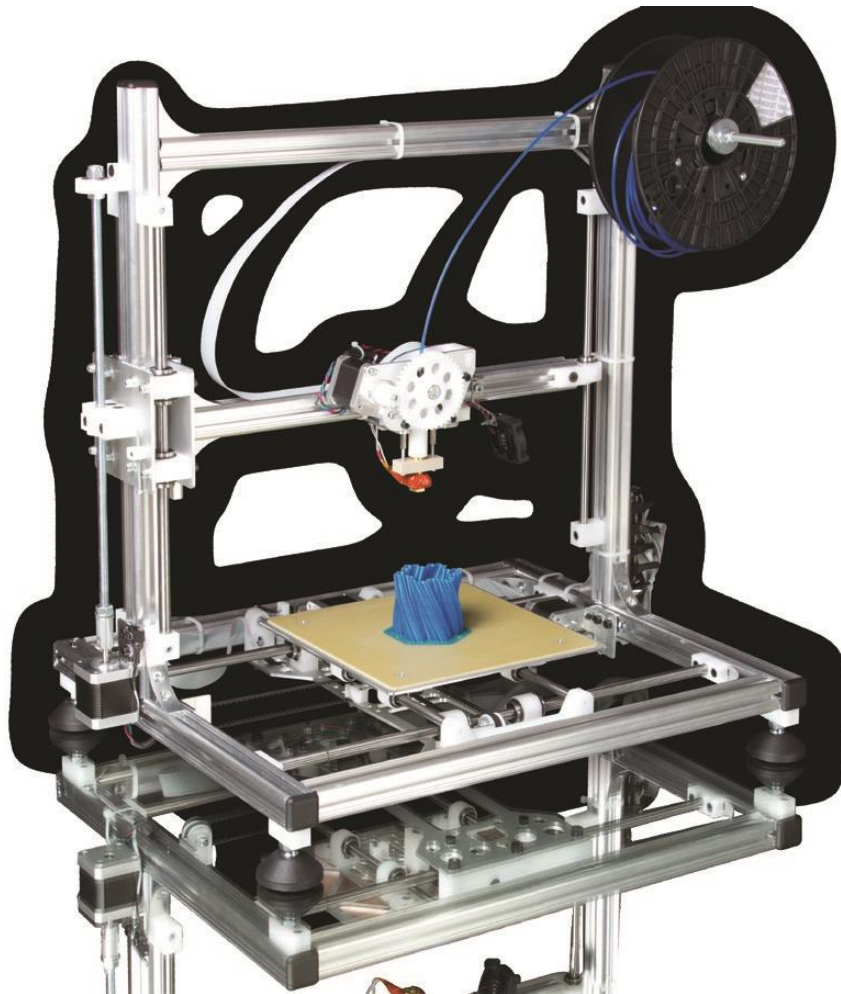
JULIO GUIJARRO HERNANDEZ



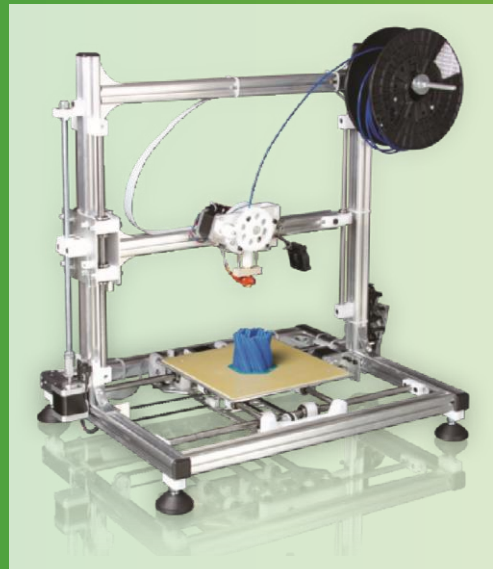
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# 3D PRINTER K8200



		English .....	2
		Nederlands .....	5
		Français .....	8
		Deutsch .....	11
		Espanöl .....	14



**VELLEMAN-KIT**  
**3D Printer kit**  
**Order code: K8200**

**manufactured by:**

VELLEMAN NV.  
Legen Heirweg, 33  
9890 Gavere  
Belgium

velleman<sup>®</sup>.eu

## Important safety instructions


### 10.1 CE conformity information:

The K8200 is a DIY 3D printer kit, it contains all the bits and pieces to construct your own 3D printer but does not contain additional protection. As it is a kit and not a finished product, compliance with the CE regulations depends on the build-quality; also the following notes must be taken into account.

### 10.2 Electrical safety:

The included power supply meets all the applicable European requirements and bears the CE-mark.

It is protected against overload and short circuit and nothing needs to be modified. The working voltage of the 3D printer is 15Vdc (extra low voltage) and therefore it's outside the scope of the Low voltage directive.

 Always unplug before maintenance or modification.

### 10.3 Electromagnetic radiation (EMC):

Conductive EMC towards the public distribution network is not an issue as this is related to the power supply.

**Universidad de Valladolid**

Radiated EMC depends substantially on the build quality, it might be required to add shielding but this cannot be predicted. A built K8200 should comply with EN50081 normation


## 10.4 Mechanical safety and protection:

The 3D printer contains a lot of moving parts, but the force of the stepper motors is too low to cause serious injuries. Nevertheless it is recommended to provide additional protection against mechanical risks.

The easiest way to make your 3D printer “accident proof” is to put it inside a protective enclosure which completely covers the 3D printer – with or without an access door and fume extraction. (numerous designs can be found on the internet)

To make it extra safe a switch which interrupts the power supply of the printer when the enclosure or door is opened can be added. It is also advisable to install an external emergency stop switch, which also cuts off the power supply.

Providing adequate protection is the responsibility of the assembler.


 Always cut power before maintenance or modification.

## 10.5 Risk of burns:

There is a potential risk of burns as the Printer head (extruder) can reach up to 270°C.

The use of common sense should be sufficient to prevent burns, but in some environments it is highly recommended to provide additional protection. (see § Mechanical safety and protection)

The max. temperature of the heated bed is 60°C, this is below the 1 min. burn threshold for plastic surfaces according to CENELEC Guide 29. Normal reflexes prevent long contact periods with hot surfaces

 Always let the 3D printer cool down for 60 min. before maintenance or modification.

## 10.6 Health:


This printer is designed for use with PLA and ABS filament (MSDS for the Velleman filament is available).



**Universidad de Valladolid**

PLA: is a safe and non-toxic material, there are no known health safety risks when used in 3D printers.

ABS: when printing with ABS there is a distinctive 'burned plastic' smell. This is quite normal but it may also cause headaches, respiratory- and eye irritation with sensitive people (although it is not toxic)

 Only use the printer in a well-ventilated area, if printing with ABS it is advisable to add a fume hood (with active carbon filtering for ductless extraction). Fume extraction is mandatory for use in offices, classrooms and alike.

Never burn printer filament, toxic gasses and vapors will be generated if exposed to fire.

## 10.7 General safety information:

**The 3D printer is not intended for use by persons (including children) with reduced physical, or mental capabilities, or lack of experience and knowledge, unless they have been given supervision or instruction concerning the use of the appliance by a person responsible for their safety**

**Children should be supervised to ensure that they do not play with the appliance.**

The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide.

The information in this document was obtained from sources which we believe are reliable.

However, the information is provided without any warranty, express or implied, regarding its correctness.

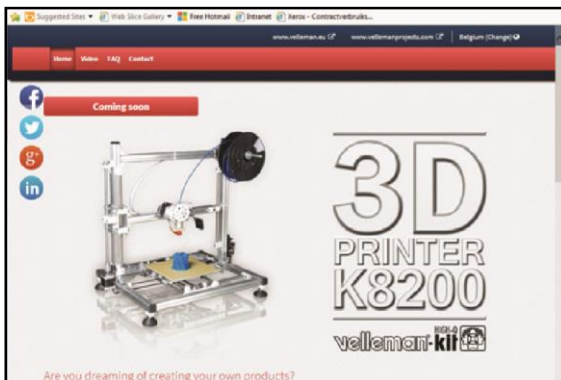
The conditions or methods used for assembling, handling, storage, use or disposal of the device are beyond our control and may be beyond our knowledge. For this and other reasons, we do not assume responsibility and expressly disclaim liability for loss, injuries, damage, or expense arising out of or in any way connected with the assembly, handling, storage, use or disposal of the product.

# Getting started



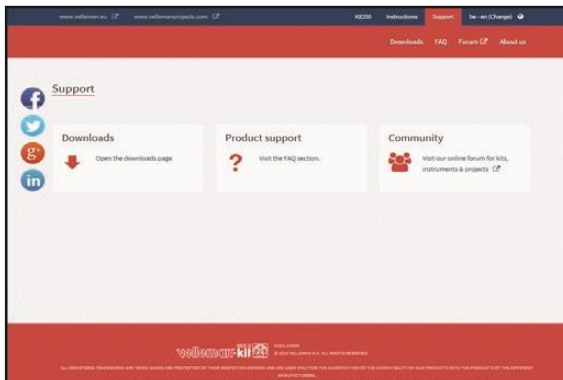
**Illustrated assembly  
instructions:**

[www.k8200.be/manual/  
building/](http://www.k8200.be/manual/building/)



**3 D-printer info,  
specifications, ...**

[www.K8200.be](http://www.K8200.be)



**Support  
(Downloads, Product  
support, Community)**

[www.k8200.be/support/](http://www.k8200.be/support/)



**VELLEMAN-KIT  
3D Printer kit  
Bestelcode: K8200**

**Geproduceerd door:**

VELLEMAN NV.  
Legen Heirweg, 33  
9890 Gavere  
Belgium

**velleman<sup>®</sup>.eu**

## 10.8 CE-conformiteitsverklaring:

De K8200 is een bouwkit met 3D-printer en bevat alle benodigde onderdelen om uw eigen 3D-printer te bouwen. Deze bouwkit bevat geen extra bescherming. Aangezien dit een kit is en geen afgewerkt product, hangt de conformiteit met de regelgeving voor CE-markering van de bouwkwaliteit af. Respecteer ook de volgende richtlijnen:

## 10.9 Elektrische veiligheid:

De meegeleverde voeding voldoet aan alle van toepassing zijnde Europese richtlijnen en draagt het CE-keurmerk. Het toestel is tegen overbelasting en kortsluiting beveiligd en hoeft niet te worden gewijzigd. De werkspanning van de 3Dprinter is 15Vcc (zeer lage spanning) en valt bijgevolg niet onder de laagspanningrichtlijn.

 Ontkoppel het toestel altijd voor elk onderhoud of vervanging.

## 10.10 Elektromagnetische straling (EMC):

Geleidende EMC naar het distributienetwerk vormt geen probleem omdat dit aspect met de voeding verbonden is.



**Universidad de Valladolid**


Elektromagnetische stralingen hangen vooral van de bouwkwaliteit af. Misschien hebt u een extra bescherming nodig maar dit kan men niet op voorhand weten. Een gemonteerde K8200 moet aan de EN50081-normering voldoen.

## 10.11 Mechanische beveiliging en bescherming

De 3D-printer bevat veel bewegende delen, maar de kracht van de stappenmotor is te laag om ernstige verwondingen te veroorzaken. Het is echter aanbevolen om extra bescherming tegen mechanische risico's te installeren. De beste manier om het gebruik van de 3D-printer te beveiligen, is het plaatsen van een beschermkap over de 3D-printer – met of zonder toegangsluik en afzuigstelsel. (Er zijn vele modellen beschikbaar op het internet)

Het toevoegen van een schakelaar die de printer uitschakelt wanneer de beschermkap wordt verwijderd of het toegangsluik wordt geopend, zorgt voor extra beveiliging. We raden u ook aan om een externe noodstop-schakelaar te installeren, om de stroomtoevoer uit te schakelen.

Het is de verantwoordelijkheid van de monteur om voldoende bescherming te voorzien.

 Ontkoppel het toestel altijd voor elk onderhoud of vervanging

## 10.12 Risico op brandwonden:

De temperatuur van de printerkop (extruder) kan oplopen tot 270°. Het risico op brandwonden is dan ook reëel.

Gezond verstand moet voldoende zijn om brandwonden te voorkomen, maar in sommige omgevingen, is extra bescherming sterk aanbevolen. (Zie § Mechanische beveiliging en bescherming)

De maximumtemperatuur van het verwarmd printbed bedraagt 60°C. Raak kunststofoppervlakken niet langer dan 1 min. aan, volgens de CENELEC

 Laat de 3D-printer altijd 60 min. afkoelen voor elk onderhoud of vervanging..


## 10.13 Gezondheid:

Deze printer is ontworpen voor gebruik met PLA- en ABS-draad (het veiligheidsinformatieblad voor de Velleman-draad is beschikbaar).

PLA: is een veilig en niet-giftig materiaal. Er zijn geen gezondheidsrisico's gekend.

**Universidad de Valladolid**

ABS: verspreidt een kenmerkende geur van “verbrand plastic”. Dit is een normaal verschijnsel maar het kan ook hoofdpijn, de luchtwegen en ogen irriteren bij gevoelige personen (ABS zelf is niet giftig).

 Gebruik de printer in een goed geventileerde ruimte. Installeer een zuurkast (met actieve koolfilter voor het afzuigen zonder aansluiting ) wanneer u ABS-draad gebruikt. Rookafzuiging is verplicht in kantoorruimtes, klaslokalen en gelijkaardige ruimtes.

Brand nooit printerdraad want dit zal tijdens het branden giftige dampen en gassen afgeven.

## 10.14 Algemene veiligheidsinformatie:

**De 3D-printer is niet geschikt voor gebruik door personen (kinderen inbegrepen) met verminderde fysieke, zintuiglijke of geestelijke capaciteiten of gebrek aan ervaring en kennis, tenzij zij onder toezicht staan of instructie hebben gekregen over het gebruik van het toestel van een persoon die verantwoordelijk is voor hun veiligheid.**

**Houd toezicht op kinderen om te voorkomen dat ze met het apparaat spelen.**

De hierboven vermelde informatie wordt verondersteld juist te zijn, maar vormt geen uitputtende opsomming en dient alleen als richtlijn.

De informatie in dit document is afkomstig van bronnen die wij betrouwbaar achten.

Maar de juistheid, volledigheid en nauwkeurigheid ervan kan niet door ons worden gegarandeerd.

De condities of methoden die worden gebruikt voor de montage, de behandeling, de opslag, het gebruik of de verwijdering van het product vallen buiten onze controle en kunnen ook buiten onze kennis liggen. Om deze en ook om andere redenen, wijzen wij elke verantwoordelijkheid af in geval van verlies, schade, of onkosten, die op welke wijze dan ook ontstaan zijn tijdens of verbonden zijn met de montage, de behandeling, de opslag, het gebruik of de verwijdering van het product.

# Aan de slag



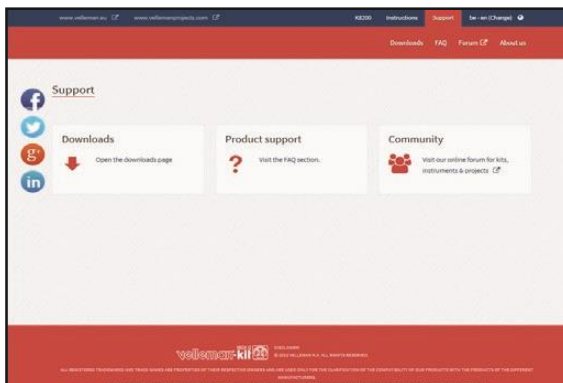
**Geïllustreerde  
montage-instructies**

**[www.k8200.be/manual/  
building/](http://www.k8200.be/manual/building/)**



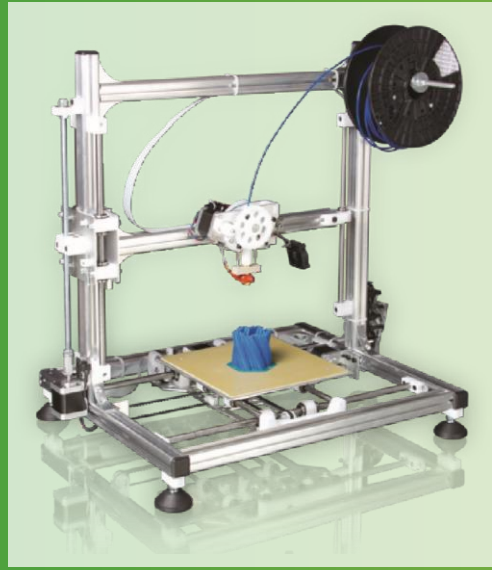
**3D-printer informatie,  
specificaties ...**

**[www.k8200.be](http://www.k8200.be)**



**Ondersteuning  
(downloads, pro -  
ductondersteuning,  
community):**

**[www.k8200.be/support/](http://www.k8200.be/support/)**



**VELLEMAN-KIT**  
**Kit imprimante 3D**  
**Référence: K8200**

**Fabriqué par:**

VELLEMAN NV.  
Legen Heirweg, 33  
9890 Gavere  
Belgium

velleman<sup>®</sup>.eu

## Consignes de sécurité importantes

### 11.1 Consignes de conformité CE :

Le K8200 est un kit d'assemblage d'imprimante 3D. Ce kit inclut tous les éléments nécessaires à la construction mais ne contient aucune protection supplémentaire. Etant donné qu'il s'agit d'un kit et non d'un produit fini, la conformité à la réglementation CE dépend de la qualité de construction; il est recommandé de prendre en compte les notes ci-dessous.

### 11.2 Sécurité électrique :

L'alimentation fournie répond à toutes les exigences européennes en vigueur et porte la marque CE. L'alimentation est protégée contre les surcharges et courts-circuits et ne nécessite aucune modification. La tension de fonctionnement de l'imprimante 3D est de 15V (très basse tension) et n'est donc pas sujette à la Directive basse tension

⚠ Toujours débrancher l'appareil avant d'entreprendre un entretien ou une modification.

### 11.3 Rayonnement électromagnétique (CEM):

L'EMC conducteur vers le réseau public de distribution ne constitue pas un problème, étant donné que cet aspect concerne l'alimentation.


L'émission rayonnée dépend essentiellement de la qualité de construction; l'ajout d'une protection peut être nécessaire mais est difficile à prévoir. Un K8200 construit est supposé répondre à la norme EN50081.

### 11.4 Sécurité et protection mécanique:

meilleure façon de sécuriser l'utilisation de l'imprimante 3D est de l'installer à l'intérieur d'une enceinte de protection recouvrant entièrement l'imprimante - avec ou sans porte d'accès et système d'aspiration de fumées (de nombreux modèles peuvent se trouver sur l'internet).

L'ajout d'un interrupteur coupant l'alimentation de l'imprimante lors de l'ouverture de l'enceinte ou de la porte d'accès peut constituer une sécurité supplémentaire. Il est également recommandé d'installer un interrupteur d'arrêt d'urgence externe qui permet de couper l'alimentation électrique.


La mise en place d'une protection adéquate tombe sous la responsabilité de l'assembleur.

 Always cut power before maintenance or modification.

### 11.5 Risque de brûlures:

La tête de l'imprimante (extrudeuse) pouvant atteindre 270 ° C, le risque de brûlures est réel. Une utilisation raisonnable doit suffire à éviter les brûlures, mais dans certains environnements, il est fortement recommandé de prévoir une protection supplémentaire (voir le point 'Sécurité et protection mécanique' pour plus d'informations).

La température maximale du lit chauffé s'élève à 60 ° C, température inférieure au seuil de brûlure fixé à 1 minute pour les surfaces en plastique stipulé dans le Guide CENELEC 29. Les réflexes normaux doivent éviter de longues périodes de contact avec une surface chaude.


 Toujours débrancher l'appareil avant d'entreprendre un entretien ou une modification.

## 11.6 Santé:

L'imprimante K8200 est conçue pour être utilisée avec du filament PLA ou ABS. La fiche de sécurité (FDS) pour le filament Velleman est disponible.

PLA : est un matériau sûr et non toxique; aucun risque de santé n'est connu dans le cadre d'une utilisation avec une imprimante 3D.

ABS : une odeur distinctive de "plastique brûlé" se dégage lors de l'impression avec du matériau ABS. Ceci est un phénomène normal, mais l'impression ABS peut aussi entraîner maux de tête, troubles respiratoires et irritations aux yeux auprès des personnes sensibles (l'ABS même n'est pas toxique).

 N'utiliser votre imprimante que dans un endroit bien aéré; en cas d'impression ABS, il est conseillé d'ajouter un système d'aspiration de fumée (avec filtrage au charbon actif pour une aspiration sans raccordement). Un système d'aspiration est obligatoire en cas d'utilisation dans des bureaux, locaux de classes ou autres lieux similaires.

Ne jamais brûler le filament de l'imprimante; l'exposition aux flammes peut engendrer des gaz et vapeurs toxiques.

## 11.7 Consignes générales de sécurité :

**L'imprimante 3D ne convient pas aux adultes ou enfants dont les capacités physiques ou mentales sont réduites, ou qui manquent d'expérience ou de connaissances, sauf si ces personnes bénéficient d'une supervision ou ont reçu des instructions portant sur l'utilisation de l'appareil de la part d'une personne responsable de leur sécurité.**

**Surveiller les enfants pour s'assurer qu'ils ne jouent pas avec l'appareil.**

Les informations ci-dessus sont considérées comme correctes mais ne peuvent en aucun cas être considérées comme exhaustives et doivent uniquement être prises à titre indicatif.

Les informations contenues dans ce document ont été obtenues de sources que nous croyons fiables. Ces informations sont cependant fournies sans aucune garantie, ni explicite ni implicite, de leur exactitude.

Les conditions ou méthodes utilisées pour l'assemblage, la manutention, le stockage, l'utilisation ou l'élimination de l'appareil sont hors de notre contrôle et

**Universidad de Valladolid**

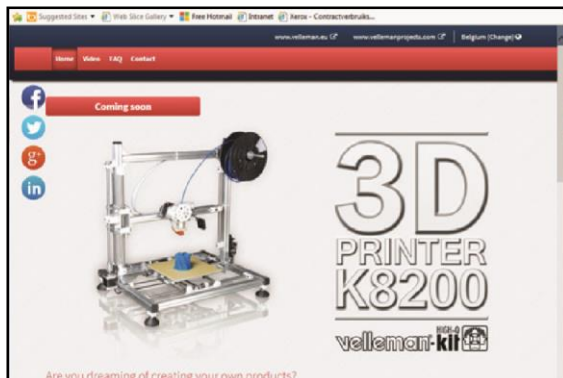
peuvent dépasser nos connaissances. Pour ces raisons et d'autres, nous rejetons toute responsabilité portant sur les pertes, blessures, dommages ou frais découlant de ou liés de quelque façon que ce soit à l'assemblage, à la manutention, au stockage, à utilisation ou à l'élimination du produit.

## Instructions en bref



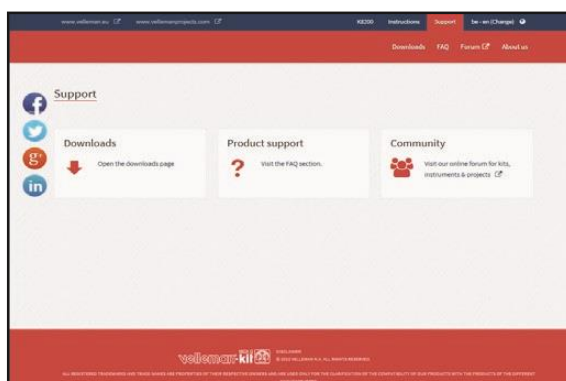
### Instructions d'assemblage illustrées:

[www.k8200.be/manual/  
building/](http://www.k8200.be/manual/building/)



### Détails, spécifications... de l'imprimante 3D

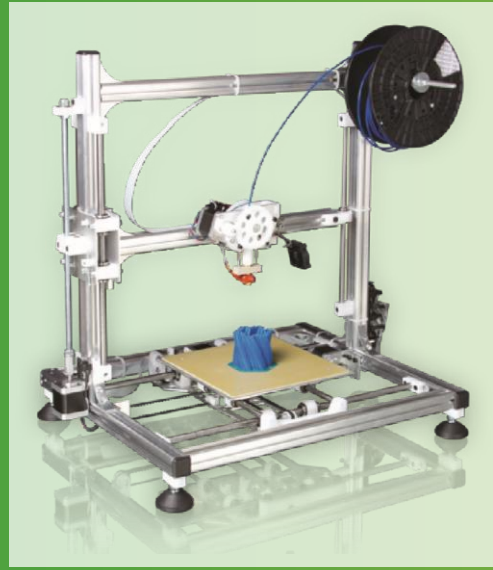
[www.k8200.be](http://www.k8200.be)



### Support (télécharge- ments, support pro- duit, communauté):

[www.k8200.be/support/](http://www.k8200.be/support/)





**VELLEMAN-KIT**  
**3D-Drucker Bausatz**  
**Bestell-Nr.: : K8200**

**Hergestellt von:**

VELLEMAN NV.  
Legen Heirweg, 33  
9890 Gavere  
Belgium

**velleman<sup>®</sup>.eu**

### Wichtige Sicherheitshinweise

#### 12.1 CE-Konformitätserklärung:

Der K8200 ist ein Bausatz mit 3D-Drucker und enthält alle notwendigen Komponenten, um Ihren eigenen 3D-Drucker zu bauen. Dieser Bausatz enthält aber keinen zusätzlichen Schutz.

Weil es sich um einen Bausatz handelt und nicht um ein Fertigprodukt handelt, hängt die Erfüllung der CE-Vorschriften von der Bauqualität ab. Beachten Sie auch nachfolgende Richtlinien.

#### 12.2 Elektrische Sicherheit:

Die mitgelieferte Stromversorgung entspricht allen geltenden Europäischen Anforderungen und trägt das CE-Kennzeichen.

Das Gerät ist gegen Überlast und Kurzschluss geschützt und es sind keine Änderungen notwendig. Die Betriebsspannung des 3D-Druckers ist 15Vdc (sehr niedrige Spannung) und fällt also nicht in den Anwendungsbereich der Niederspannungsrichtlinie

Trennen Sie das Gerät vor Wartung oder Änderungen immer vom Netz.




### 12.3 Elektromagnetische Welle (EMV):

Leitfähige EMV gegenüber dem Verteilungsnetzwerk ist kein Problem weil dieser Aspekt mit der Stromversorgung verbunden ist. Störeinstrahlungen hängen vor allem von der Bauqualität ab. Vielleicht brauchen Sie einen zusätzlichen Schutz aber dies kann man nicht im Voraus wissen. Ein montierter K8200 sollte den EN50081-Normen entsprechen.

### 12.4 Mechanische Sicherheit und Schutz:

Der 3D-Drucker enthält bewegende Teile. Die Kraft der Schrittmotoren ist aber zu niedrig, um schwere Verletzungen zu verursachen. Jedoch wird empfohlen, einen zusätzlichen Schutz gegen mechanische Risiken zu installieren. Die einfachste Art und Weise, um den 3D-Drucker unfallsicher zu machen, ist ihn in einem Schutzgehäuse, das ihn völlig bedeckt, zu installieren – mit oder ohne Zugangstür oder Absaugsystem. (Viele Modelle finden Sie im Internet).

Für noch mehr Sicherheit installieren Sie einen Schalter, der dafür sorgt, dass sich die Stromversorgung ausschaltet wenn das Gehäuse oder die Tür geöffnet wird. Es wird ebenfalls empfohlen, einen Nothaltschalter, der auch die Stromversorgung ausschaltet, zu installieren. Das Gewähren von einem ausreichenden Schutz liegt in der Verantwortung des Benutzers.


 Trennen Sie das Gerät vor Wartung oder Änderungen immer vom Netz.

### 12.5 Verbrennungsgefahr:

Die Verbrennungsgefahr ist reell weil der Druckerkopf (Extruder) 270°C erreichen kann.

Der Gebrauch von gesundem Menschenverstand genügt normalerweise, um Brandwunden zu vermeiden. In einigen Umgebungen, raten wir aber einen zusätzlichen Schutz zu installieren. (Für mehr Informationen, siehe § Mechanische Sicherheit und Schutz)

Die Höchsttemperatur des Heizbetts beträgt 60°C und liegt also unter der 1 Min. Verbrennungsschwelle für Kunststoffoberflächen gemäß CENELEC Guide 29. Normale Reflexe vermeiden lange Kontaktperioden mit heißen Oberflächen.

 Lassen Sie den 3D-Drucker vor Wartung oder Änderungen zuerst 60 Min. abkühlen.


## 12.6 Gesundheit:

Dieser Drucker eignet sich für den Gebrauch mit PLA und ABS-Filament (Das Sicherheitsdatenblatt für das VellemanFilament ist verfügbar).

PLA: sicheres und nicht toxisches Material. Bringt keine erkennbaren Gesundheitsrisiken mit sich.

ABS: verbreitet ein charakteristischer Geruch von verbranntem Plastik. Dies ist normal aber kann Kopfschmerzen, Atemprobleme und Augenreizung bei empfindlichen Menschen verursachen. (obwohl ABS nicht toxisch ist)

Verwenden Sie den Drucker nur in gut belüfteten Räumen. Installieren Sie eine Absauganlage (mit Aktivkohlefilter) wenn Sie ABS verwenden. Eine Absauganlage ist verpflichtet in Büros, Klassenzimmer, usw.

 Verbrennen Sie nie Filament, weil es giftige Gase entwickeln kann.

## 12.7 General safety information:

**Dieses Gerät ist nicht für Personen mit körperlich, sensorisch oder geistig eingeschränkten Fähigkeiten, oder für unerfahrene und unwissende Personen geeignet, es sei denn, diese wurden von einer schutzbefohlenen Person in Bezug auf den Gebrauch des Geräts beaufsichtigt oder angeleitet**

**Das Produkt ist kein Spielzeug, es gehört nicht in Kinderhände. Lassen Sie in Anwesenheit von Kindern besondere Vorsicht walten.**

Die obige Information ist nach unserem besten Wissen korrekt; es wird jedoch nicht behauptet, dass diese vollständig ist, und sie darf daher nur als Richtlinie betrachtet werden.

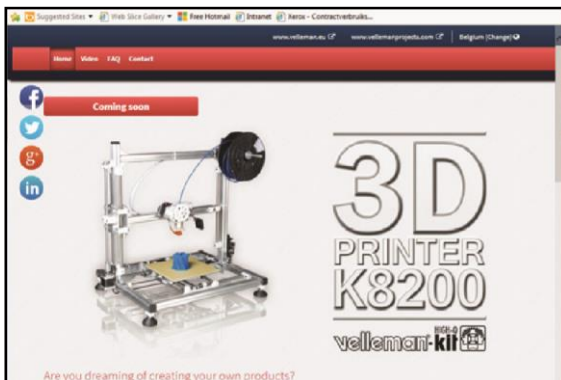
Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen stammen aus Quellen, die wir für zuverlässig halten. Jedoch wird keine Gewähr für deren Richtigkeit und Vollständigkeit übernommen.

Die Bedingungen oder Methoden der Handhabung, Lagerung, Benutzung oder Entsorgung des Produkts liegen außerhalb unserer Kontrolle, und eventuell auch außerhalb unseres Informationsbereichs. Aus diesen und anderen Gründen übernehmen wir keine Verantwortung und lehnen ausdrücklich Haftung für Verlust, Schaden oder Unkosten ab, die aus der Handhabung, Lagerung, Verwendung oder Entsorgung des Produkts entstehen könnten oder damit in irgendeiner Weise verbunden sind.



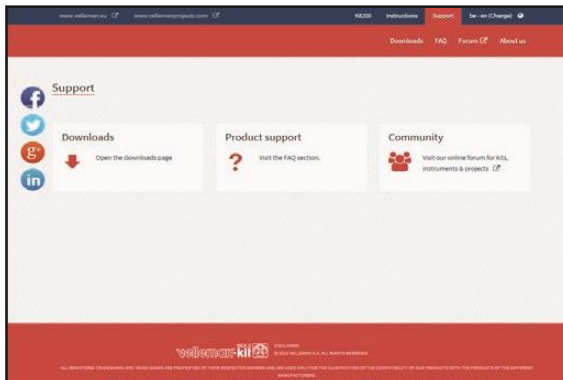
## Illustrierte Bedienungsanleitung:

[www.k8200.be/manual/  
building/](http://www.k8200.be/manual/building/)



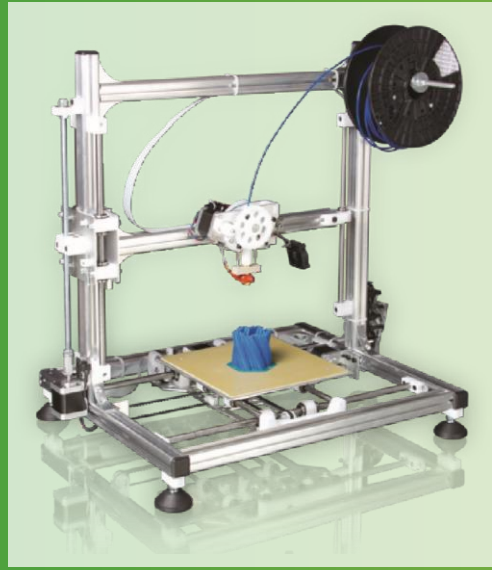
## Information über den 3D-Drucker, technische Daten, usw.

[www.k8200.be](http://www.k8200.be)



## Support (Downloads, Produktberatung, Gemeinschaft

[www.k8200.be/support/](http://www.k8200.be/support/)



**VELLEMAN-KIT**  
**Kit impresora 3D**  
**Referencia: K8200**

**Fabricada por**

VELLEMAN NV.  
Legen Heirweg, 33  
9890 Gavere  
Belgium

velleman<sup>®</sup>.eu

## 12.8 Declaración de conformidad CE:

La K8200 es un kit con impresora 3D que incluye todos los componentes necesarios para construir su propia impresora 3D.

Sin embargo, no contiene una protección adicional.

Como se trata de un kit y no de un producto terminado, el cumplimiento de las normas CE depende de la calidad de la construcción. Tenga en cuenta también las siguientes notas.

## 12.9 Seguridad eléctrica:

La alimentación incluida cumple con todos los requisitos europeos aplicables y lleva la marca CE. Está protegida contra sobrecargas y cortocircuitos y no necesita ninguna modificación. La tensión de funcionamiento de la impresora 3D es de 15V (tensión muy baja) y, por tanto, queda fuera del ámbito de la Directiva de Baja Tensión.

⚠ Desconecte el aparato siempre de la red eléctrica antes del mantenimiento o una modificación.

## 12.10 Radiación electromagnética (CEM):

La CEM conductora hacia la red pública de distribución no causa un problema, porque este aspecto está relacionado con la alimentación.


Rayos electromagnéticos dependen sustancialmente de la calidad de la construcción. Puede ser requerido añadir una protección adicional pero esto no se puede predecir. Una K8200 montada debe cumplir con la norma EN50081.

## 12.11 Seguridad mecánica y protección:

La impresora 3D incluye muchas piezas móviles, pero la fuerza de los motores paso a paso es demasiado baja para causar lesiones graves. Sin embargo, se recomienda instalar una protección adicional contra riesgos mecánicos. La mejor manera para proteger la impresora 3D es instalarla dentro de una carcasa protectora que la cubra completamente – con o sin puerta de acceso y sistema de aspiración de humos. (varios modelos están disponibles en internet)

Para aún más seguridad, puede también añadir un interruptor que desactiva la impresora si la carcasa o la puerta se abra. Instale también un interruptor de parada de emergencia externa, que desactiva la alimentación.


El usuario es responsable de suministrar una protección adecuada.

 Desconecte siempre el aparato de la red eléctrica antes del mantenimiento o una modificación.

## 12.12 Riesgo de quemaduras:

El riesgo de quemaduras es real porque la cabeza de la impresora (extrusor) puede alcanzar 270 °. Normalmente, basta con utilizar el sentido común para evitar las quemaduras, pero en algunos ambientes es recomendado procurar una protección adicional. (para más información, véase § Seguridad mecánica y protección)

La temperatura máxima de la cama caliente es de 60 ° C, lo que es una temperatura inferior al umbral de quemadura para las superficies de plástico según la Guía CENELEC 29. Reflejos normales evitarán períodos de contacto prolongados con superficies calientes.


 Deje que la impresora 3D se enfríe durante mín. 60 minutos antes del mantenimiento o una modificación.

## 12.13 Salud:

Esta impresora ha sido diseñado para un uso con filamento PLA y ABS (la hoja de datos para el filamento Velleman está disponible).

PLA: es un material seguro y no tóxico. No hay riesgos de seguridad conocidos al utilizar filamento PLA.

ABS: despiden un olor característico de “plástico quemado”. Eso es normal, pero puede causar dolores de cabeza, problemas respiratorios, irritación ocular con gente sensible (aunque no es tóxico).

 Utilice la impresora sólo en lugares bien ventilados. Si utiliza ABS, añada un extractor de humo (con filtro de carbón activo para una aspiración sin conducto). Un extractor de humo es obligatorio en oficinas, clases, etc.

Nunca quema el filamento de la impresora porque podría causar gases y humos tóxicos.

## 12.14 Instrucciones de seguridad generales :

**Este aparato no es apto para personas (niños incl.) con capacidades físicas, sensoriales o mentales reducidas ni personas con una falta de experiencia y conocimientos del producto, salvo si están bajo la vigilancia de una persona que pueda garantizar la seguridad.**

**Para proteger a los niños de los peligros de los aparatos eléctricos, nunca los deje solos con el aparato sin supervisión.**

La información contenida en este documento se considera correcta pero no pretende incluirlo todo y sólo debe ser utilizada como guía.

Las informaciones contenidas en este documento se han obtenido de fuentes consideradas como fiables.

No obstante, la información se proporciona sin una garantía, ya sea expresa o implícita, de calidad, precisión o exactitud para motivo alguno.

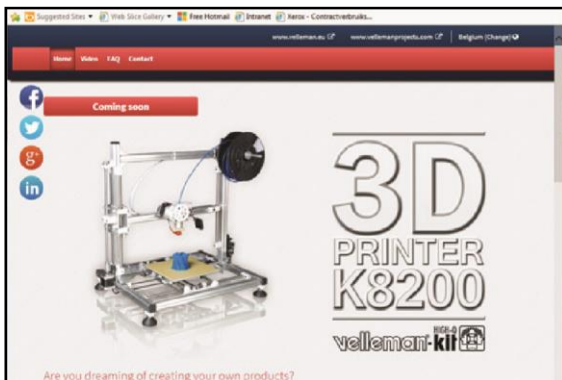
Las condiciones o métodos utilizados para montar, manejar, almacenar, utilizar o desechar están fuera de nuestro control y pueden ser más allá de nuestros conocimientos. Por estas y otras razones, Velleman no será responsable de pérdidas, lesiones, daños o gastos que surjan de o estén conectados de alguna manera con el montaje, el manejo, el almacenamiento, el uso o la eliminación del producto.

# Instrucciones breves



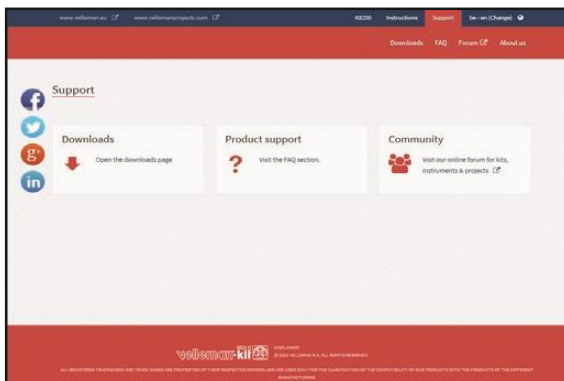
## Manual del usuario ilustrado

[www.k8200.be/manual/  
building/](http://www.k8200.be/manual/building/)



## Información sobre la impresora 3D, especificaciones, etc.

[www.k8200.be](http://www.k8200.be)



## Soporte (descargas, soporte para los pro- ductos, comunidad):

[www.k8200.be/support/](http://www.k8200.be/support/)