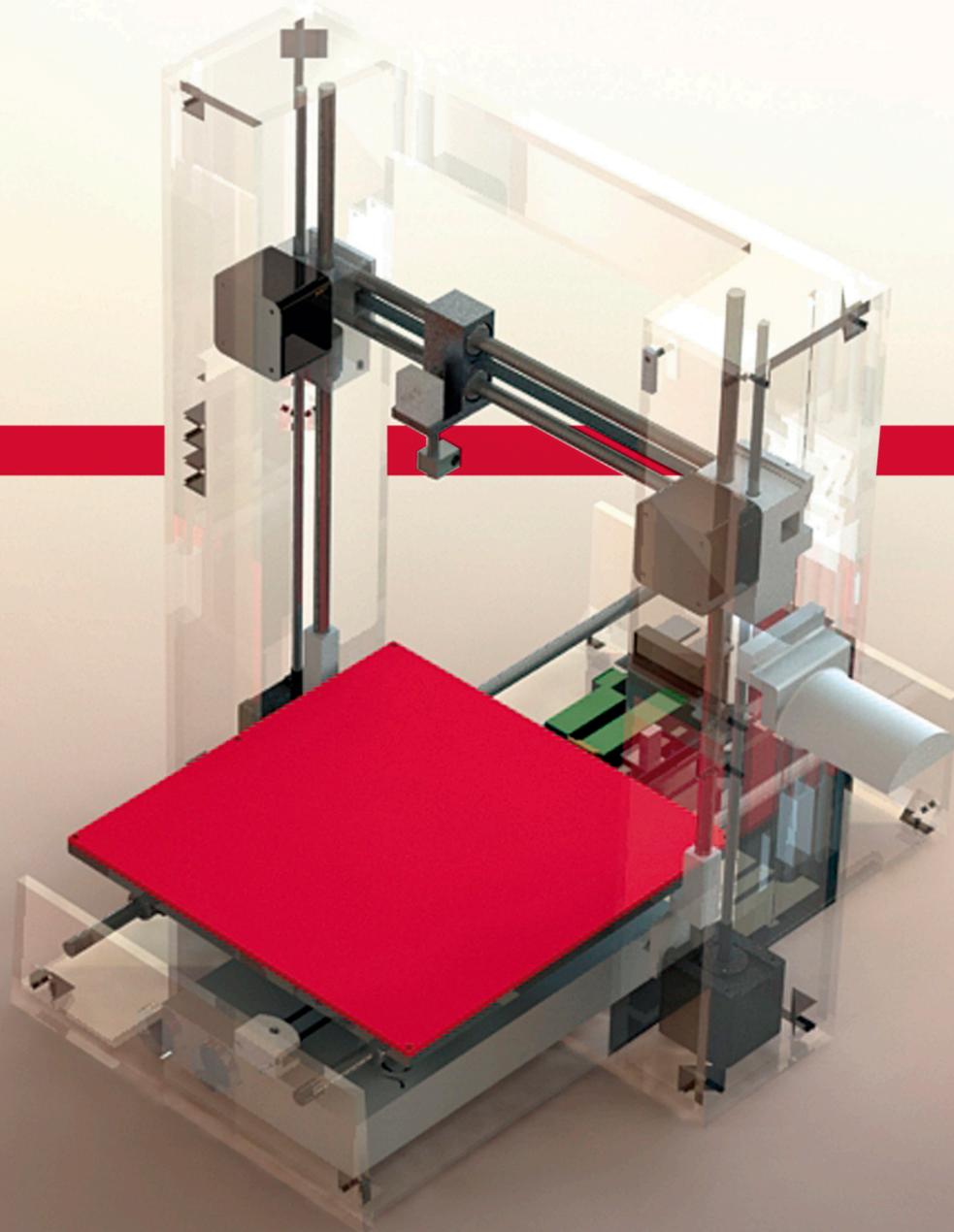


DISEÑO DE UNA IMPRESORA 3D TIPO FFF PLEGABLE

AUTOR: Joan Polo Úbeda
TUTOR: Joaquin L. Sancho Bru



UNIVERSITAT
JAUME·I

Grado en Ingeniería Mecánica
TRABAJO FINAL DE GRADO
Castellón, Noviembre 2016



UNIVERSITAT JAUME I

Grado en Ingeniería Mecánica

Diseño de una impresora 3D tipo FFF plegable

TRABAJO FINAL DE GRADO

AUTOR: Joan Polo Úbeda
TUTOR: Joaquin L. Sancho Bru

Castellón, Noviembre 2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer toda la ayuda recibida por parte de Ximo Sancho Bru, pues se ha involucrado totalmente en el trabajo desde el principio, resolviendo las dudas que tuviera.

Por otro lado me gustaría agradecer la ayuda recibida por parte de Miquel Maria Gomez-Fabra Gómez en la realización y comprobación de los planos.

También agradecer la ayuda de Francisco José Colomer Mendoza en la comprobación de la inversión económica y del presupuesto.

Por último, agradecer a mi familia por todo el apoyo, paciencia y comprensión a lo largo de este tiempo de dedicación a la realización del trabajo.

ÍNDICE GENERAL

I. MEMORIA

II. ANEJOS

III. PLANOS

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

V. PRESUPUESTO

I. MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
2. ALCANCE.....	6
3. ANTECEDENTES.....	7
3.1 HISTORIA DE LAS IMPRESORAS 3D	7
3.2 IMPRESIÓN CON UNA IMPRESORA 3D	8
3.3 FUNCIONAMIENTO DE UNA IMPRESORA 3D.....	9
3.4 IMPRESORAS PLEGABLES DEL MERCADO	10
3.5 CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE IMPRESIÓN	13
3.6 COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN TENIENDO EN CUENTA EL ACABADO DE LA IMPRESIÓN.....	21
3.7 MATERIALES DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN.....	22
4. NORMATIVA APLICADA	23
5. SOFTWARE UTILIZADO	24
6. BIBLIOGRAFÍA.....	25
7. DISEÑO DE LA IMPRESORA 3D	27
7.1 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	28
7.1.1 Funciones básicas de una impresora 3D.....	30
7.2 EXPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS EN EL DISEÑO Y JUSTIFICACIÓN DE SU ELECCIÓN.	31
7.2.1 Elección del programa informático.....	31
7.2.2 Elección del tipo de tecnología de impresión 3D.....	33
7.2.3 Elección de los materiales de impresión.....	34
7.2.4 Tipo de impresora FFF.....	35
7.2.5 Configuración de los ejes	37
7.2.6 Configuración general.....	39
7.2.7 Elección del sistema de plegado	43
7.2.8 Estructura externa de la impresora	46
7.2.9 Tipo de extrusor	48
7.2.10 Suministrar el filamento hacia la boquilla	52
7.2.11 Boquilla	54
7.2.12 Plataforma de impresión	57
7.2.13 Deposición del filamento extruido.....	59
7.2.14 Mecanismo para desplazar el extrusor por el área de impresión y mecanismo para desplazar la plataforma de impresión.	60
7.2.15 Guiado del extrusor y la plataforma de impresión	63

7.2.16 Rodamientos y cojinetes a utilizar	64
7.2.17 Motores.....	66
7.2.18 Sistema de control	70
7.2.19 Componentes electrónicos de control.....	71
7.2.20 Fuente de alimentación	76
7.2.21 Pantalla LCD	77
7.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LAS PIEZAS	79
7.4 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO FINAL.....	87
7.4.1 Vista general de la impresora	87
7.4.2 Descripción de la carcasa externa.....	88
7.4.3 Descripción de la estructura de impresión	94
7.4.4 Descripción del carro impresión	102
8. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	112
8.1 DIAGRAMA DE GANTT.....	113
9. VIABILIDAD TÉCNICA, LEGAL Y ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	114
9.1 VIABILIDAD TÉCNICA	114
9.2 VIABILIDAD LEGAL.....	114
9.3 VIABILIDAD ECONÓMICA	114
9.3.1 Materia prima	114
9.3.2 Inversión inicial	115
9.3.3 Maquinaria.....	115
9.3.4 Personal	115
9.3.5 Consumos.....	116
9.3.6 Estimación anual de ventas	116
9.3.7 Ingresos y gastos	116
9.3.8 Estudio financiero	118
10. CONCLUSIONES	120

1. OBJETO DEL PROYECTO

Las impresoras 3D que hay en el mercado actual tienen como característica común el hecho de ocupar un gran volumen. Dado que una impresora 3D no suele adquirirse para imprimir grandes series, sino para prototipados, la empresa que encarga el diseño ha pensado que una impresora 3D plegable puede ser más atractiva para el comprador, ya que así cuando haya finalizado la impresión del objeto, podrá plegar y guardar la impresora hasta la siguiente impresión sin que ocupe espacio ni moleste.

Otro motivo de la realización de este trabajo es llenar un vacío en el mercado de las impresoras 3D plegables, identificado tras un estudio de mercado. Si bien hay empresas que anuncian impresoras de estas características, normalmente están en fase de preventa o de diseño, o si están a la venta son muy complejas de utilizar, tienen un precio excesivo, además de no permitir imprimir con material ABS por no disponer de cama caliente.

2. ALCANCE

El propósito de este proyecto es el diseño de una impresora 3D plegable de bajo coste para su uso en cualquier ámbito, ya sea en el mundo empresarial o doméstico. Partiendo de unos requisitos establecidos por la empresa (poco peso, volumen de la impresora pequeño y buena calidad de impresión), el diseñador ha procedido a realizar el diseño de la impresora completa. Dicha impresora está pensada tanto para emprendedores que quieran materializar sus ideas de forma económica, como para su uso en el hogar.

En lugar de que el posible cliente tenga que ir a una tienda de impresión 3D y deba pagar un alto precio por las impresiones que quiera realizar, puede optar por la compra de este equipo que le permitirá conseguir unos acabados de buena calidad a un precio razonable.

No se ha optado por intentar diseñar una impresora que pueda realizar impresiones con tolerancias muy pequeñas, pues para conseguir calidades de impresión altas es imprescindible el uso de componentes de mayores calidades, lo que provocaría que el precio de la impresora no fuera competitivo.

3. ANTECEDENTES

3.1 HISTORIA DE LAS IMPRESORAS 3D

En 1984, 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.

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 modificando una 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.

El proyecto RepRap, que comenzó en el año 2008, se caracteriza por el propósito de crear un dispositivo que sea capaz de replicarse a sí mismo, y permitir a la vez fabricar objetos físicos de modelos generados mediante un ordenador. La filosofía de este proyecto es Open Source, en donde los diseños y desarrollos, hechos por usuarios, se cuelgan en las páginas web que apoyan esta iniciativa para que otros usuarios puedan utilizarlos, modificarlos o mejorarlos. A nivel económico/social el proyecto RepRap plantea grandes cambios: menos fábricas, menos necesidad de transporte de bienes, menos necesidad de dinero, más autonomía, más desarrollos tecnológicos locales, etc.

Es en este año cuando la compañía Makerbot lanza al mercado kits para fabricarse uno mismo la impresora, lo que supuso un éxito total de ventas, por el precio que tenía y por la comunidad que apoyaba este proyecto.

A partir del año 2010 se empezó a crear modelos interesantes, como los primeros vasos sanguíneos, en el 2011 se crea la primera impresora capaz de imprimir material comestible, y en el año 2012 se imprimió por parte de LayerWise el primer implante de una mandíbula. En el año 2013 fue cuando más hitos importantes se dieron a conocer, pues se creó la primera arma de fuego, componentes de motores a reacción y prótesis de manos. Destacar que en el año 2014 la NASA probó en la estación espacial internacional la impresora ZeroG, capaz de imprimir objetos en ausencia de gravedad.

Por último, en el año 2015 la empresa Winsun creó una impresora 3D capaz de imprimir casas a tamaño real, con la que podían construir 10 casas en 24h. Esto permitió abaratar los costes de fabricación de las casas y que fueran accesibles a más gente.

3.2 IMPRESIÓN CON UNA IMPRESORA 3D

Una impresora 3D es una máquina que permite llevar a cabo la construcción de objetos tridimensionales mediante modelos digitales previamente procesados con el software de impresión. La idea es parecida a la impresión de un texto con una impresora tradicional, de forma que mediante el uso de un ordenador se envían las órdenes en forma de archivo a la impresora, y ésta realiza la operación.

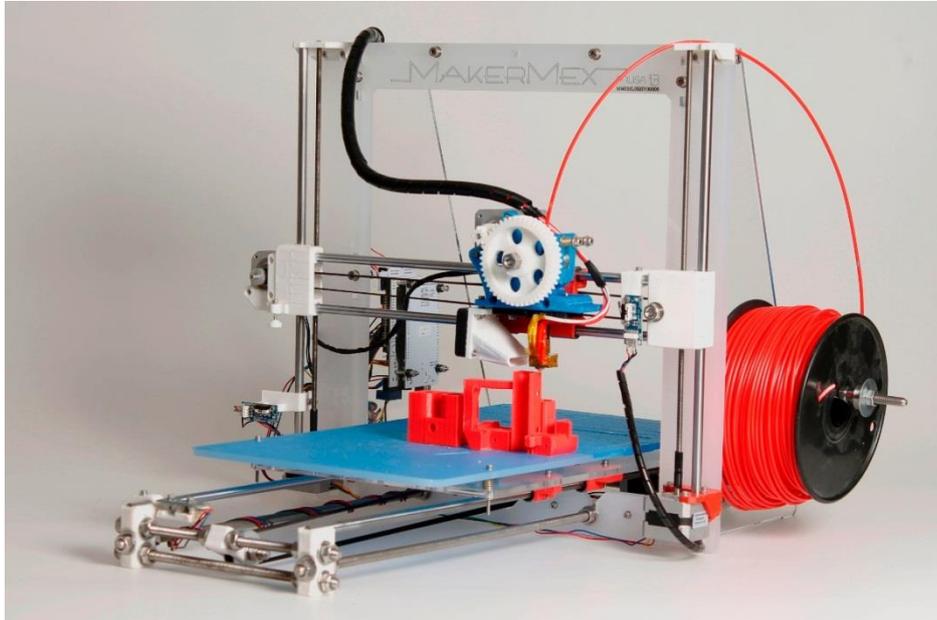


Ilustración 1 – Impresora RepRap

Las impresoras 3D, como la que se muestra en la Ilustración 1 se fundamentan en la técnica de “fabricación aditiva”. Este tipo de técnica se basa en crear un objeto mediante la deposición de material capa a capa, en la coordenada Z, creando así un objeto en tres dimensiones. La impresora sigue una serie de comandos, los cuales son enviados desde un ordenador, en los que se le indica a la impresora por dónde debe desplazarse, la velocidad a la que debe hacerlo y la cantidad de material que debe depositar, para crear el objeto deseado.

La ventaja de esta técnica de fabricación radica en la posibilidad de crear piezas con geometrías complejas, difícilmente alcanzables con otras técnicas de fabricación. Aunque con esta técnica los tiempos de fabricación no se ven reducidos frente a otras técnicas, sí que se reduce el tiempo de preparación y acabado de la pieza. Además, el espacio que ocupan las máquinas es muy reducido en comparación al utilizado en otras técnicas de fabricación, por lo que, de forma directa, se obtiene una gran flexibilidad para poder diseñar y llevar a cabo piezas complejas, y se reducen los costes en cuanto a moldes, herramientas y el material sobrante, pues en este tipo de fabricación no se desperdicia material.

También es importante comentar las desventajas, que no son muchas, pero sí son importantes. Por una parte, los objetos a imprimir requieren un tiempo de fabricación elevado, haciendo que no sea rentable para la producción de grandes series de piezas.

Y por otra parte los materiales a utilizar están limitados, no siendo aptos en el caso en que se requieran piezas con grandes aptitudes mecánicas (resistencia mecánica y capacidad de soportar altas temperaturas).

Es por ello que la impresión 3D se utiliza sobre todo para desarrollar prototipos de nuevas piezas, antes de ser producidas en serie con otra técnica de fabricación, aunque también se utiliza para elaborar piezas o componentes únicos, por ejemplo, piezas de máquinas ya descatalogadas.

3.3 FUNCIONAMIENTO DE UNA IMPRESORA 3D

El proceso de funcionamiento de una impresora 3D se podría resumir en seis pasos:

1. **Modelado en tres dimensiones:** se crea un modelo 3D a partir de un plano, idea, etc. En esta etapa se utiliza un software de modelado.
2. **Exportar el modelo:** para que el software que maneja la impresora sea capaz de comprender toda la información geométrica, se debe exportar el modelo CAD a formato ". STL".
3. **Rebanado:** se convierte el modelo digital con formato ". STL" en una lista de comandos que la impresora 3D sepa interpretar y ejecutar. Es en este paso en donde el modelo será dotado de estructuras de soporte si son necesarias. En el rebanado se genera un archivo en formato ". gcode".
4. **Conexión con la impresora:** una vez listo el archivo ". gcode", este es enviado a la impresora por medio de una conexión USB o de lector de tarjetas, y el procesador de la impresora se encarga de leer las instrucciones y llevarlas a cabo.
5. **Impresión:** se prepara la impresora 3D (limpieza de la plataforma de impresión, calibración e introducción del filamento) y comienza la impresión.
6. **Acabado:** una vez el modelo físico esté finalizado, debe extraerse de la plataforma de impresión y eliminar las estructuras de soporte si la pieza disponía de las mismas.

En la siguiente imagen (Ilustración 2) se pueden observar los pasos necesarios para obtener la pieza:



Ilustración 2 – Proceso de impresión

3.4 IMPRESORAS PLEGABLES DEL MERCADO

Se puede ver a continuación unas ilustraciones de las diferentes impresoras plegables que se pueden encontrar en el mercado.

En la Ilustración 3 se muestra la impresora FoldaRap, la cual tiene un precio de 600 €. Permite la impresión en ABS y PLA, además tiene un peso aproximado de 4 Kg, el inconveniente es que no la comercializa ninguna empresa española, pues es un proyecto de Crowdfunding.

En la Ilustración 4 se muestra la impresora Foldie, es un proyecto que se puede encontrar en Thingiverse. Esta impresora tiene las partes estructurales hechas de ABS o PLA, por lo que las calidades de impresión pueden no ser las mejores.

En la Ilustración 5 se muestran otras impresoras plegables:

- La primera es la impresora 3D by Flow, la cual va en una caja y es plegable. Posee un sistema de autocalibrado pero tiene dos inconvenientes, no puede imprimir en ABS y no se puede comprar todavía.
- La segunda impresora es la impresora Lumifold, usa la tecnología DLP y busca financiación por Crowfundig.
- La tercera impresora es la impresora Portabee, de tamaño muy compacto pero que solo puede imprimir en PLA, aunque posee autocalibración, una característica diferenciadora. Se puede adquirir por 595 dólares.
- La cuarta impresora es la impresora Tobeca 2. Esta impresora se monta y se desmonta, no se pliega. La plataforma de impresión va colocada sobre la caja negra. Puede imprimir tanto en ABS como en PLA, pues dispone de cama caliente para posibilitar la impresión en ABS. El problema es que solamente se vende en Francia y Luxemburgo, a un precio de 799 €
- Por último, se muestra la impresora Clondex Bamboo. Esta impresora utiliza la misma idea de portabilidad que la Tobeca 2. Cuando se va a usar se monta la parte donde va alojado el extrusor, y cuando se ha finalizado la impresión se desmonta. La característica diferenciadora de esta impresora es que posee doble extrusor, para poder imprimir con materiales de diferentes colores, o bien usar un material para soportes y otro material para la pieza. Esta impresora está hecha por una compañía española, pero por ahora no está prevista su comercialización.

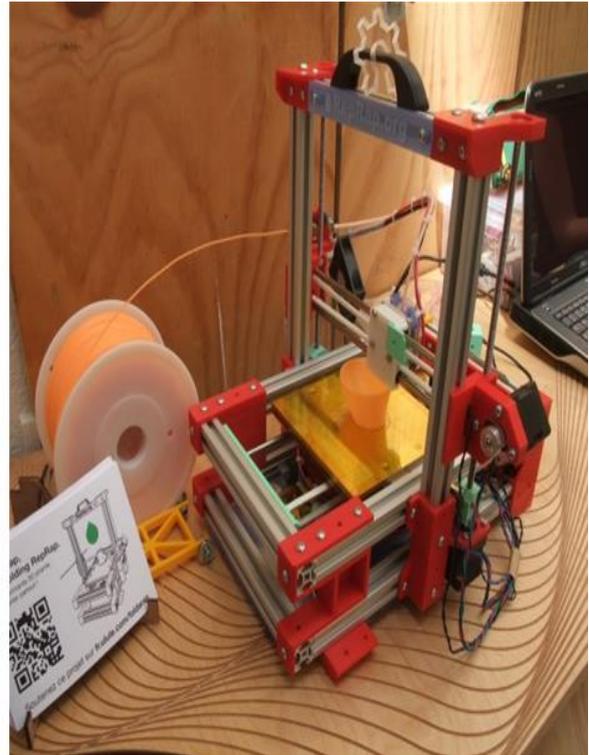
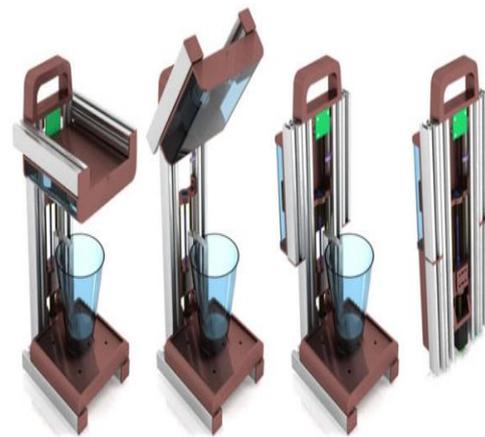


Ilustración 3 – Impresora FoldaRap



Ilustración 4 – Impresora Foldie



LUMIFOLD & HOLODOCK: THE OVERHEAD UNIT

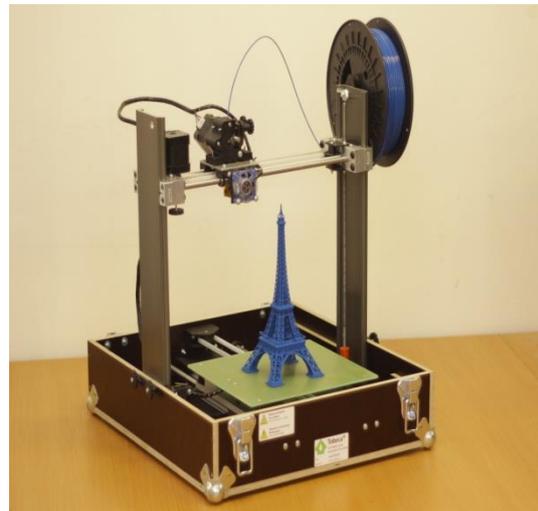
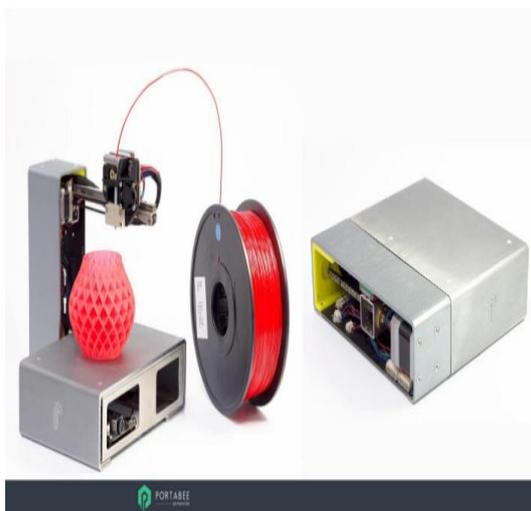


Ilustración 5 - Impresora 3D by Flow , Impresora Lumifold, Impresora Portabee, Impresora Tobeca 2 , Impresora Clondex Bamboo

3.5 CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE IMPRESIÓN

En el mercado hay diversas tecnologías de impresión, las cuales se pueden observar en la Tabla 1, junto con el tipo de procedimiento en el que se basan.

TIPO	TECNOLOGÍA
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM ó FFF)
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF3)
Granulado	Sinterizado de metal por láser (DMLS) Sinterizado selectivo por calor (SHS) Sinterizado selectivo por láser (SLS) Fusión por haz de electrones (EBM) Proyección aglutinante (DSPC)
Fotoquímico	Estereolitografía (SLA) Fotopolimerización ultravioleta (SGC)
Laminado	Laminado por capas (LOM)

Tabla 1 – Tipos de tecnología de impresión

A continuación, se realiza una breve explicación de los diferentes métodos de impresión:

Método 1: modelado por deposición fundida (FDM ó FFF)

El **modelado por deposición fundida (MDF)** es un proceso de fabricación utilizado para el modelado de prototipos y la producción a pequeña escala (Ilustración 6).

El modelado por deposición fundida utiliza una técnica aditiva, depositando el material en capas, para conformar la pieza. Un filamento plástico o metálico que inicialmente está en una bobina, es introducido en una boquilla. La boquilla se encuentra por encima de la temperatura de fusión del material y puede desplazarse en tres ejes, controlada de forma electrónica. Esta boquilla se mueve mediante motores paso a paso o servomotores, y la pieza es construida con finos hilos del material que solidifican inmediatamente después de salir de la boquilla, y que son depositados en la plataforma de impresión por los comandos que ha sido introducidos en la impresora.

El término en inglés, *Fused Deposition Modeling*, y sus siglas, *FDM*, son marcas registradas de Stratasy Inc. El término equivalente, ***fused filament fabrication*** (fabricación con filamento fundido) y sus siglas ***FFF***, fueron acuñados por la comunidad de miembros del proyecto RepRap para disponer de una terminología que pudieran utilizar legalmente sin limitaciones.

A pesar de que el modelado por deposición fundida es una tecnología muy flexible, y es capaz de realizar piezas muy diversas, existen algunas restricciones sobre las

características de lo que se puede fabricar con esta técnica, especialmente en lo referente a la pendiente de los voladizos. Es por ello que se utilizan estructuras de soporte, con la finalidad de ayudar a que el objeto sea impreso. Estas estructuras son generadas con el software de procesamiento de forma automática si son necesarias. También es habitual el uso de “raft” o “brim”, que es una especie de cimentación, para permitir que la pieza se agarre bien a la plataforma de impresión. Estas ayudas son fácilmente eliminables de forma posterior a la finalización de la pieza.

Hay algunos modelos de impresoras que disponen de un doble extrusor, o de un extrusor con doble entrada, y que permiten el uso de dos filamentos. Un filamento es el que será utilizado para imprimir la pieza y el otro filamento será el que sea utilizado para generar los apoyos y sujeciones. Este último filamento puede ser de material soluble, pudiendo ser eliminado con agua o algún disolvente especial, según la marca de filamento. Destacar que el uso de dos extrusores en una impresora aumenta el tiempo de impresión, disminuye la calidad de la pieza (pues normalmente suele haber una parte donde se mezclan los dos filamentos), aumenta el coste de la impresora y dificulta el manejo del software de impresión.

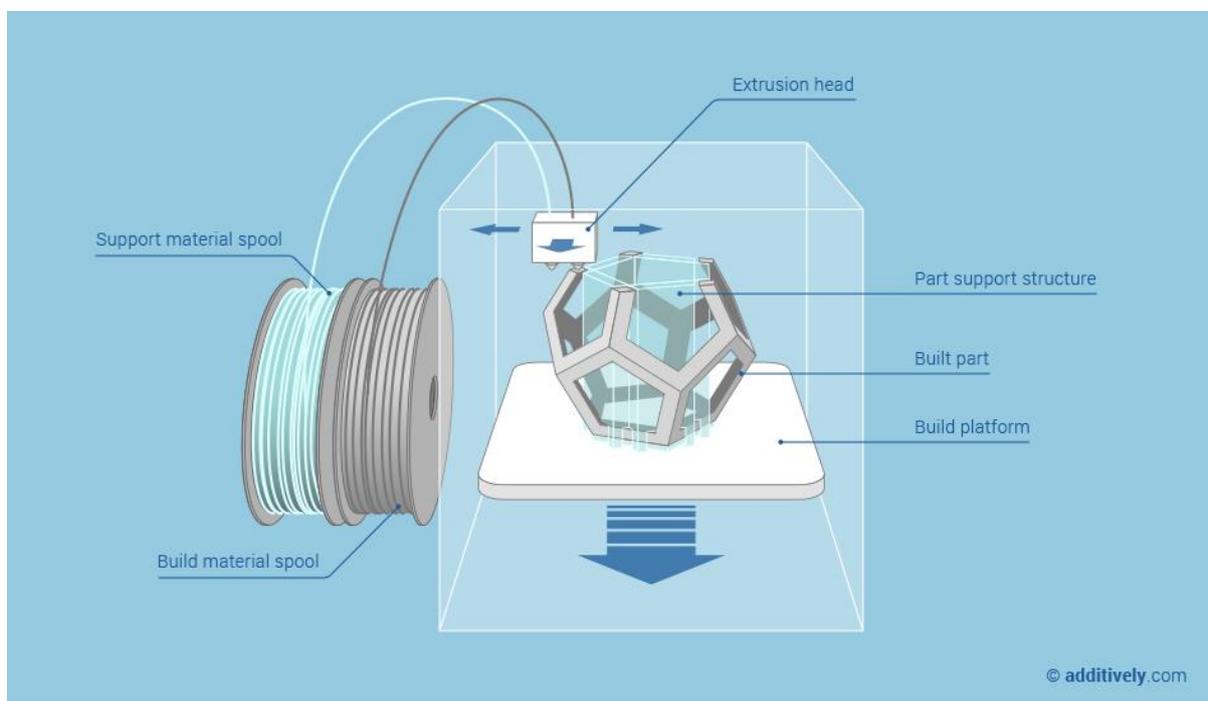


Ilustración 6 – Tecnología FFF

Método 2: fabricación por haz de electrones (EBF3)

El método de fabricación por haz de electrones consiste en la construcción de una pieza metálica en forma de red directamente desde un archivo de diseño (CAD) asistido por ordenador. Ilustración 7

Se utiliza un haz de electrones en una cámara de vacío para crear un baño de fusión sobre un sustrato metálico. El depósito se solidifica inmediatamente después de que el haz de

electrones haya pasado, y que tenga suficiente resistencia estructural para soportar otra capa. La secuencia se repite siguiendo las trayectorias descritas en el “.gcode” hasta alcanzar la geometría necesaria. El proceso EBF3 está limitado principalmente por el tamaño de la cámara de vacío y la cantidad de material de alimentación de alambre disponible.

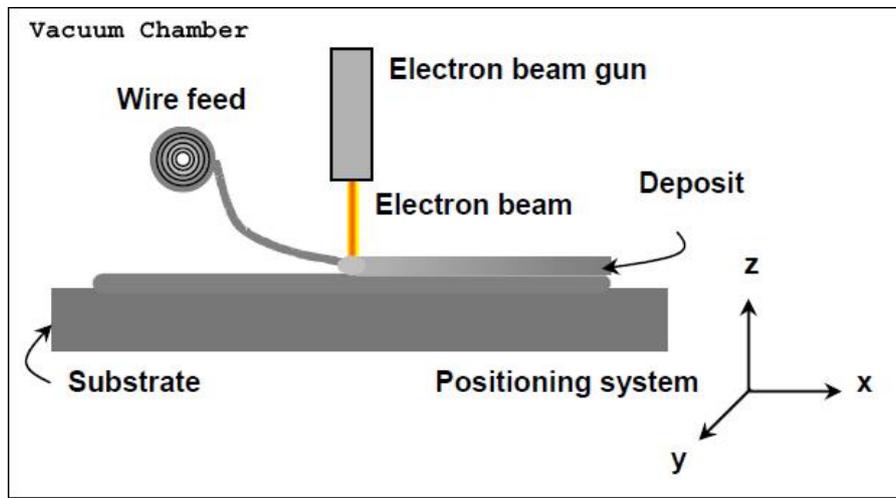


Ilustración 7 – Tecnología EBF3

Método 3: sinterizado de metal por láser (DMLS)

Esta tecnología de impresión se basa en la obtención de piezas, normalmente con geometrías complejas, de la mezcla de un láser y un polvo metálico. Ilustración 8

El láser va describiendo una trayectoria que ha sido previamente definida con el programa de control, y que tiene la geometría del archivo CAD. El láser, al pasar por encima del polvo, va secándolo, y mediante el aumento de distancia en el eje Z, que es donde se encuentra el polvo, se consigue que la pieza se construya capa a capa.

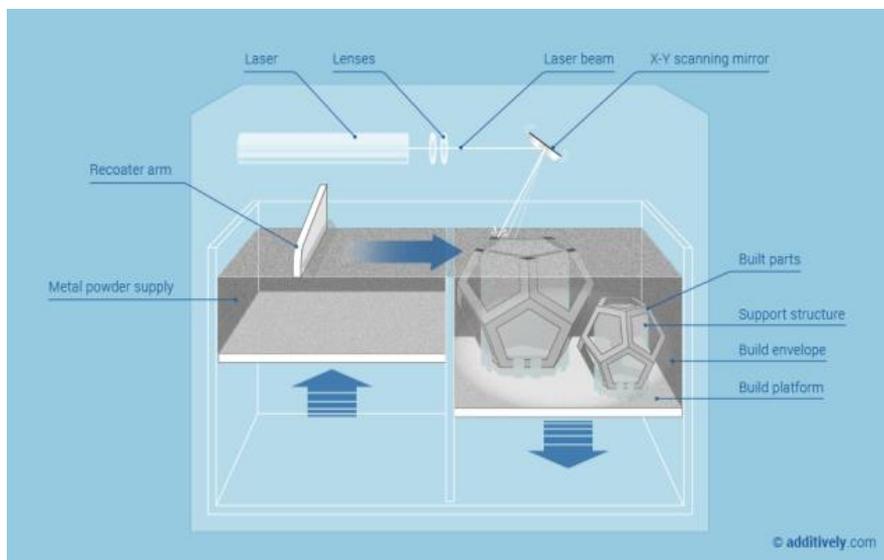


Ilustración 8 – Tecnología DMLS

Método 4: sinterizado selectivo por calor (SHS)

El sinterizado selectivo por calor (SHS) es un tipo de proceso de fabricación aditivo. Funciona mediante el uso de un cabezal de impresión térmico, y que aplica calor a las capas de polvo termoplástico. Ilustración 9

Cuando se termina una capa, el lecho de polvo se mueve hacia abajo, y un rodillo automatizado añade una nueva capa de material que se sinteriza para formar la sección transversal. El SHS es mejor para la fabricación de prototipos de bajo coste, y la principal diferencia con el SLS (posteriormente será descrito) es que emplea un cabezal de impresión térmica de menor intensidad, en lugar de un láser, por lo tanto, es una solución más barata y permite tener impresoras de tamaño más reducido.

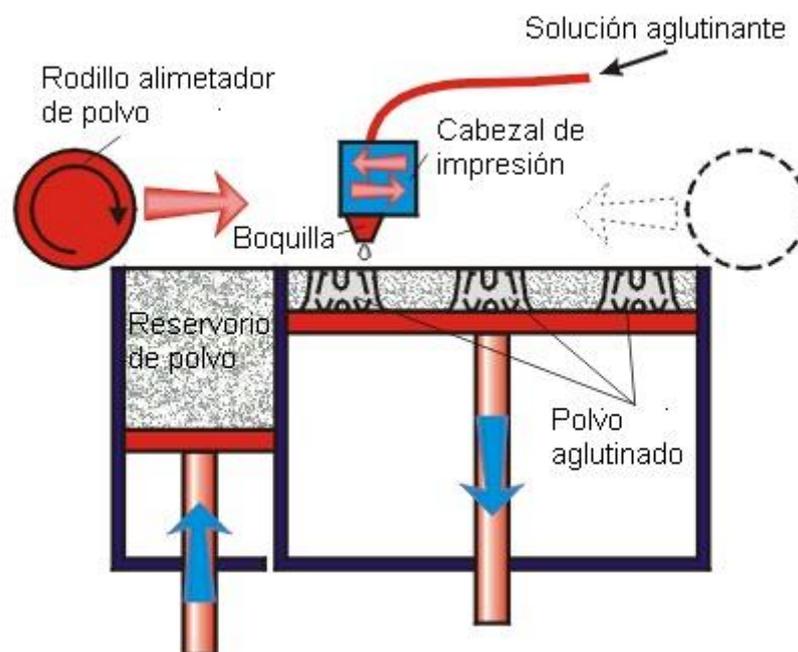


Ilustración 9 – Tecnología SHS

Método 5: sinterizado selectivo por láser (SLS)

Consiste en la colocación de una fina capa de material en polvo en un recipiente a una temperatura ligeramente inferior a la de fusión del material. Ilustración 10

Un láser sinteriza las áreas seleccionadas causando que las partículas se fusionen y solidifiquen. Se van añadiendo y sintetizando sucesivas capas de material hasta obtener el prototipo deseado. El polvo no solidificado actúa de material de soporte y puede ser reciclado para posteriores trabajos.

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 polvo 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. Se utiliza para pequeños volúmenes de piezas que requieran ser funcionales.

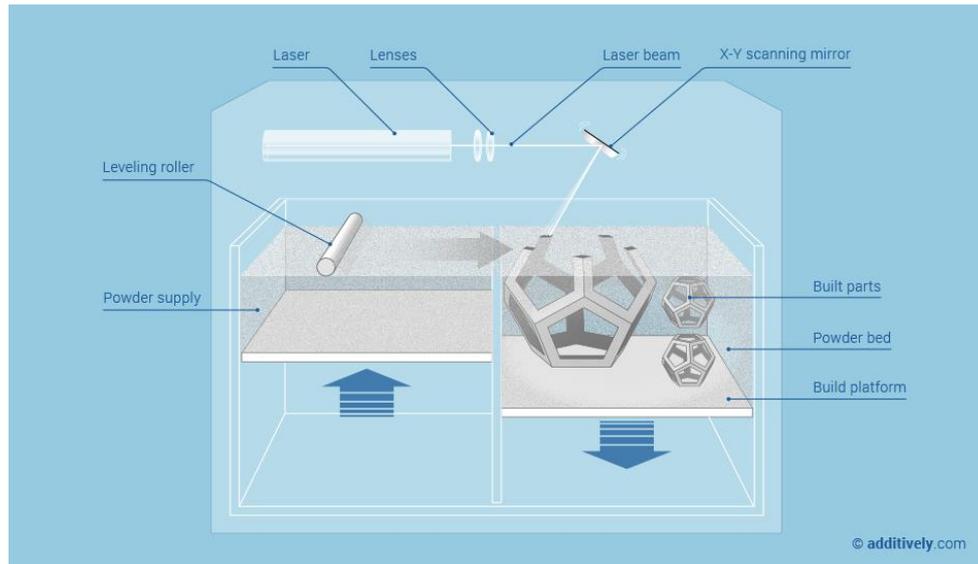


Ilustración 10 – Tecnología SLS

Método 6: fusión por haz de electrones (EBM)

Una fina capa de polvo de metal se funde selectivamente por un haz de electrones. Las piezas se construyen capa a capa en un lecho de polvo. Ilustración 11

La fusión por haz de electrones es similar a la fusión por láser, pero trabajando con un haz de electrones en lugar de un láser. La máquina distribuye una capa de polvo de metal en una plataforma de construcción, y el haz de electrones funde el polvo de forma selectiva. La plataforma de construcción baja y se vuelve a fundir otra capa de polvo de metal.

La fusión por haz de electrones requiere de estructuras de apoyo, que ancle las piezas y estructuras en voladizo a la plataforma de construcción. Las piezas están construidas en una cámara de vacío.

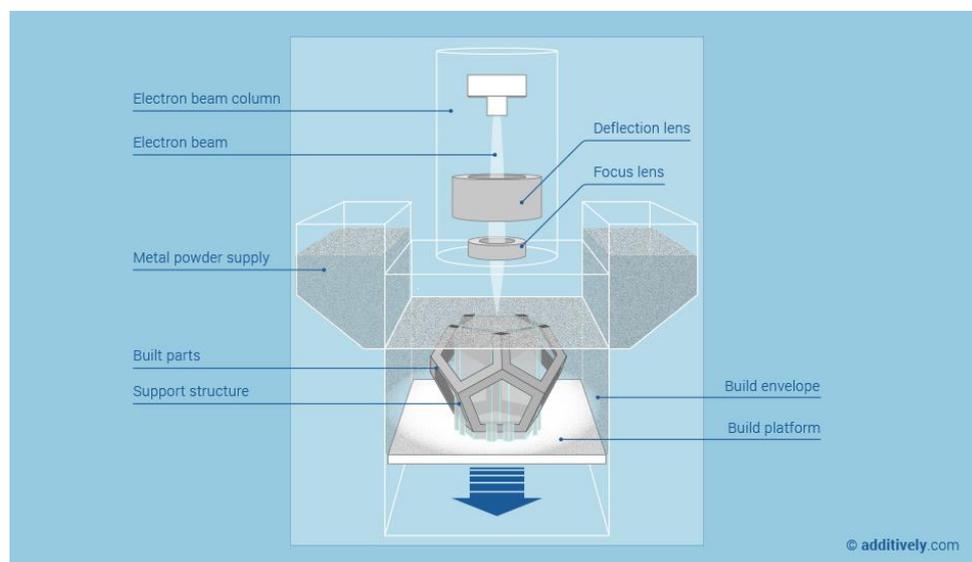


Ilustración 11 – Tecnología EBM

Método 7: proyección aglutinante (DSCP)

El proceso de fabricación consta de tres pasos por capa. En primer lugar, el modelo en tres dimensiones se rebana con un programa informático para producir una sección transversal del molde de cerámica. En segundo lugar, una capa de polvo fina, se transmite por un mecanismo de rodillos a una plataforma. En tercer lugar, un cabezal de impresión multijet mueve a través de la capa de polvo, el depósito de aglutinante en regiones que corresponden a la sección transversal del molde. Ilustración 12

El aglutinante adhiere las partículas entre sí en una estructura rígida. Una vez que se completa una capa dada, el modelo de capas de cerámica se secciona de nuevo en una posición ligeramente más alta, y se baja la plataforma de construcción, repitiendo el proceso hasta que se forman todas las capas. Una vez finalizado el proceso, la pieza se aspira para eliminar el polvo sobrante que pueda contener.

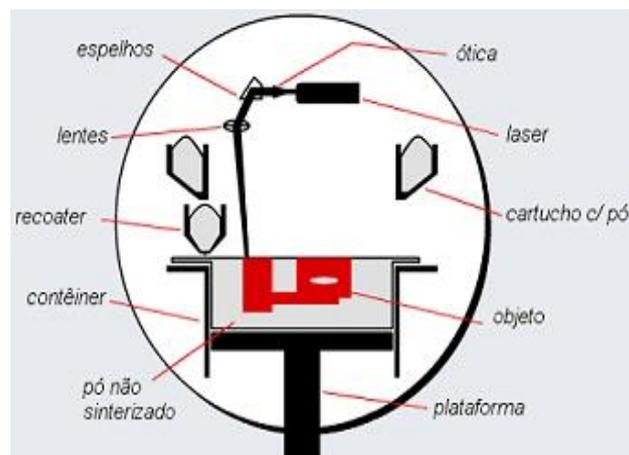


Ilustración 12 – Tecnología DSCP

Método 8: estereolitografía (SLA)

Las máquinas que utilizan la técnica de estereolitografía tienen cuatro partes principales: un tanque que se llena con líquido (fotopolímero), una plataforma a la que se adhiere el modelo, un láser ultravioleta (UV) y un ordenador que controla la plataforma y el láser. Ilustración 13

En la etapa inicial del proceso de SLA, una fina capa de fotopolímero (normalmente entre 0,05 a 0,15 mm) se expone por encima de la plataforma perforada. El láser UV ilumina la bandeja perforada, "imprimiendo" el patrón del objeto que se está iluminando.

El líquido curable por UV se endurece instantáneamente cuando se expone a la luz que emite el láser, formándose así una capa.

Una vez que la capa inicial del objeto se ha endurecido, la plataforma se baja, y se expone de nuevo el fotopolímero a la luz del láser. El láser traza de nuevo una sección transversal del objeto que está siendo impreso, que se une de forma instantánea a la sección previamente impresa. Este proceso se repite una y otra vez hasta que todo el objeto se ha formado. Una vez ha finalizado el proceso, la plataforma se eleva entonces para exponer el

objeto tridimensional. Después se limpia con un disolvente líquido para liberarlo del exceso de resina, y se cuece en un horno ultravioleta para curar adicionalmente el plástico. Los objetos hechos utilizando estereolitografía generalmente tienen superficies lisas.

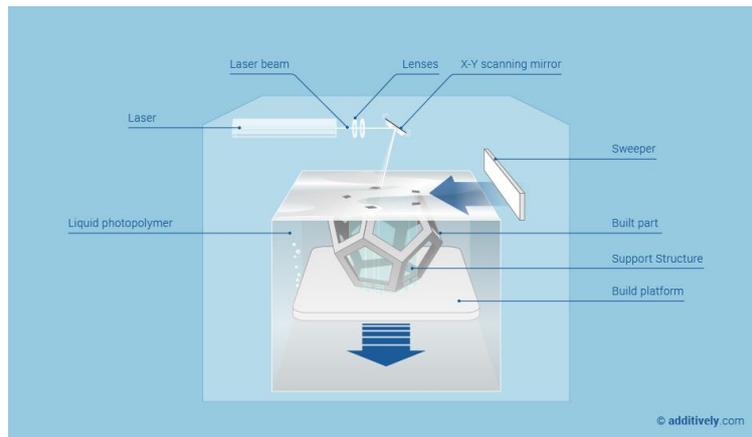


Ilustración 13 – Tecnología SLA

Método 9: fotopolimerización ultravioleta (SGC)

Esta técnica es muy parecida a la estereolitografía, pues usa una resina fotosensible, llamada también fotopolímero.

Ilustración 14

Esta resina se vierte en un tanque, y se va secando capa a capa por medio de la proyección de una imagen de un proyector DLP. Cuando se proyecta la imagen, hay una plataforma de impresión que está sumergida en el tanque con resina, y a cada capa que se seca, la plataforma de impresión va subiendo los milímetros que corresponden a la anchura de la capa. En la Ilustración 15 se puede observar una pieza finalizada.

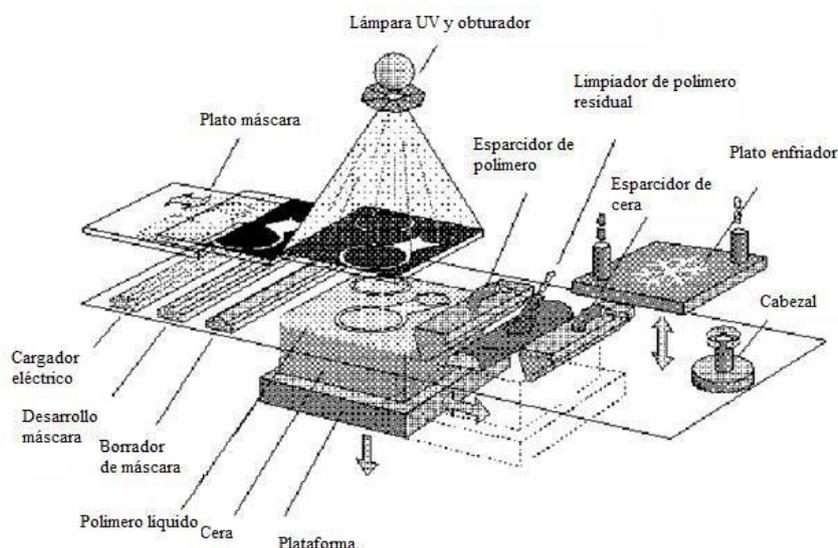


Ilustración 14 – Tecnología SGC



Ilustración 15 – Impresión con tecnología SGC

Método 10: laminado de capas (LOM)

Un aparato LOM utiliza una hoja continua de material - plástico, papel o metal (este último menos frecuente) - que se extrae a través de una plataforma de construcción por un sistema de rodillos de alimentación. Ilustración 16

Para formar un objeto, un rodillo caliente se hace pasar sobre la hoja de material en la plataforma de construcción, presionándola a la plataforma. Un láser o cuchilla controlado por ordenador corta el material en el patrón deseado.

Después de dar forma al objeto, la plataforma de construcción baja el espesor de la capa especificado, y se repite el proceso tantas veces como sea necesario hasta que el objeto esté formado.

Una vez que un objeto se realiza, se retira de la plataforma de construcción, y cualquier exceso de material se corta. Objetos impresos en papel adquieren propiedades similares a la madera, y se pueden lijar, estos objetos generalmente se sellan con una pintura o barniz para evitar la humedad.

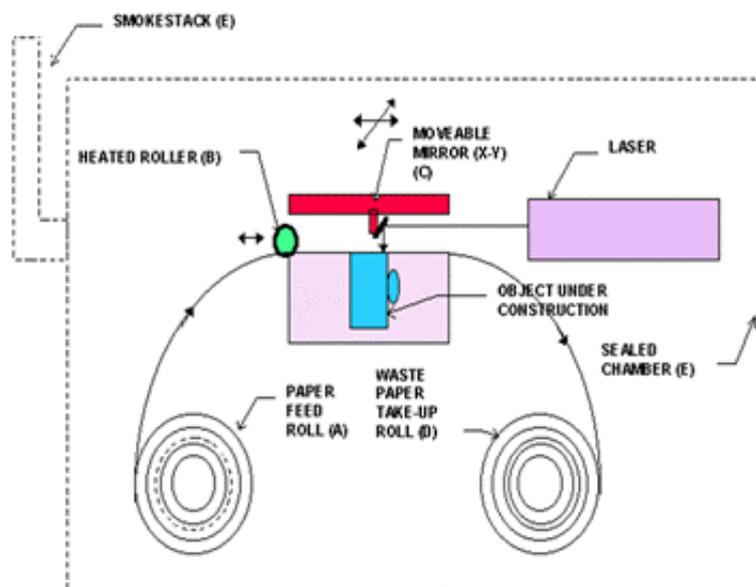


Ilustración 16 – Tecnología LOM

3.6 COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN TENIENDO EN CUENTA EL ACABADO DE LA IMPRESIÓN

Se presenta en la Tabla 2 una clasificación de las tecnologías de impresión teniendo en cuenta la calidad de los acabados que se pueden conseguir.

Calidad baja	Calidad media	Calidad alta
FFF (proyectos RepRap)	FFF SLA SGC	EBF DMLS SHS DSPC LOM SLA SGC

Tabla 2 – Calidades de impresión de las diferentes tecnologías

Calidad baja: son impresoras que, por su método de construcción, el uso de software libre, y las piezas con las que están hechas, no permiten una resolución de capa de alta calidad. Las resoluciones que se pueden conseguir están en torno a 0.2-0.3 mm por capa.

Calidad media: estas impresoras son versiones comerciales, por lo que disponen de marcado CE, están fabricadas en materiales que no se deforman con el calor, a diferencia de las de calidad baja, y algunas disponen de software propio. Con estas impresoras se pueden conseguir alturas de capa de 0.05 mm.

Calidad alta: impresoras orientadas al sector industrial, permiten la creación de piezas con una alta precisión y tolerancias muy bajas. Poseen software propio y las resoluciones que pueden alcanzar son muy bajas, en torno a 0.02 - 0.03 mm por capa.

Destacar que a medida que se requieren de unos acabados mayores y unas menores tolerancias, el precio de las impresoras se incrementa de forma exponencial, pues una impresora de calidad baja, está entorno a los 200 €, mientras que una impresora de calidad alta supera fácilmente el medio millón de euros, tal y como se puede ver en la Tabla 3.

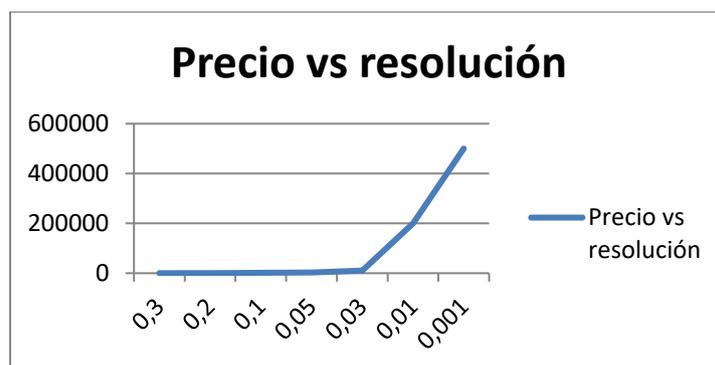


Tabla 3 – Gráfica calidad impresión vs precio

3.7 MATERIALES DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN

En la Tabla 4 se presentan los diversos tipos de materiales que utilizan las tecnologías de impresión expuestas en la Tabla 1.

Tecnología de fabricación	Material que se utiliza
Modelado por deposición fundida (FDM ó FFF)	Termoplásticos (PLA, ABS, TPU son los más comunes y no requieren de una boquilla especial), luego está el Nylon, HDPE, los materiales comestibles y los metales eutécticos
Fabricación por haz de electrones (EBF3)	Níquel, aceros, tungsteno y titanio
Sinterizado de metal por láser (DMLS)	Aluminio, titanio, acero inoxidable y acero para herramientas
Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
Sinterizado selectivo por láser (SLS)	Polvo metálico, polvo termoplástico y polvo cerámico
Fusión por haz de electrones (EBM)	Metales no magnéticos
Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Estereolitografía (SLA)	Resina fotosensible
Fotopolimerización ultravioleta (SGC)	Resina fotosensible
Laminado por capas (LOM)	Plástico, papel y metal

Tabla 4 – Materiales de las distintas tecnologías de impresión

4. NORMATIVA APLICADA

Para la realización de este proyecto se ha llevado a cabo una búsqueda de normativa aplicable al diseño de una impresora 3D. Se han seguido las siguientes directivas:

1. Directiva de máquinas 2006/42/CE
2. Directiva de máquinas 98/37/CE
3. Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CE
4. Directiva de Baja Tensión 2006/95/CE
5. Directiva de utilización de equipos 2001/45/CE (RD1215/97)
6. RD 1644/2008 Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas

La finalidad de seguir los requisitos expuestos en cada una de las directivas es conseguir el mercado CE, para que el producto pueda comercializarse de forma legal.

Una vez que se elabore la documentación técnica, se fabrique el producto y un organismo notificado acredite que cumple los requisitos, se procedería a la firma de declaración de conformidad, al mercado CE y por último a su comercialización.

5. SOFTWARE UTILIZADO

Para el desarrollo del proyecto se ha hecho uso de diversos programas, ya sean programas de cálculo, de diseño y programas para la redacción del documento. Estos programas junto con una breve descripción se pueden observar en la Tabla 5.

SOFTWARE	VERSIÓN	DESCRIPCIÓN
Solidworks	Premium, SP04, 2014	Programa de diseño asistido por ordenador (CAD). Además, con el módulo Premium se han realizado los cálculos de esfuerzos.
Paquete Office (Word y Excel)	2013	Programa de procesador de textos y bases de datos.
Microsoft Project	2013	Se ha utilizado para la planificación temporal del proyecto.
Repetier-Host	1.6.2	Programa de impresión 3D, que permite comprobar el correcto funcionamiento. Se ha comprobado que sería capaz de manejar la impresora 3D por medio de su control manual.

Tabla 5 – Relación de los distintos softwares utilizados

6. BIBLIOGRAFÍA

- | | | |
|-----------------------------|--|--|
| [1] Historia impresión 3D | Wordpress | Disponible en: https://goo.gl/bNO9uA |
| [2] Historia impresión 3D | Bage | Disponible en: https://goo.gl/SfjRbX |
| [3] Tecnología FFF | Wikipedia | Disponible en: https://goo.gl/EgRrhI |
| [4] Tecnología SHS | Wikipedia | Disponible en: https://goo.gl/IC021G |
| [5] Tecnología SLS | Bage | Disponible en: https://goo.gl/SfjRbX |
| [6] Tecnología SLS | Wikipedia | Disponible en: https://goo.gl/bpzwlx |
| [7] Tecnología EBM | Additively | Disponible en: https://goo.gl/HgayGb |
| [8] Tecnología DSCP | Soligen | Disponible en: https://goo.gl/zqCuqs |
| [9] Tecnología SLA | Livescience | Disponible en: https://goo.gl/bmXAIQ |
| [10] Tecnología LOM | Livescience | Disponible en: https://goo.gl/JTFa8k |
| [11] Normativa | CIM | Disponible en: https://goo.gl/HQv7HJ |
| [12] Normativa | Marcado CE | Disponible en: https://goo.gl/EIDMHc |
| [13] Normativa | GOV UK | Disponible en: https://goo.gl/vC8edI |
| [14] Normativa | AENOR. Seguridad de las máquinas. AENOR. | |
| [15] Diseño | RIBA ROMEVA, C. Disseny de màquines I. Mecanismes. UPC. 1997. | |
| [16] Especificaciones | Peter R. Childs, Mechanical Design | |
| [17] Programa informático | Ultralab | Disponible en: https://goo.gl/oxCfxM |
| [18] Tipo impresora FFF | BQ | Disponible en: https://goo.gl/jPH4oR |
| [19] Tipo impresora FFF | All3dp | Disponible en: https://goo.gl/PFm9HN |
| [20] Tipo de extrusor | Fabbaloo | Disponible en: https://goo.gl/fN6IWO |
| [21] Tipo de extrusor | Frax3D | Disponible en: https://goo.gl/yFk5oG |
| [22] Boquilla | Wordpress | Disponible en: https://goo.gl/iBL1S4 |
| [23] Sistema de transmisión | Almez | Disponible en: https://goo.gl/IO2bnq |
| [24] Sistema de guiado | Thomson | Disponible en: https://goo.gl/QiUza6 |
| [25] Motores | Dima 3D | Disponible en: https://goo.gl/1EDlca |

- [26] Motores **Dima 3D** Disponible en: <https://goo.gl/ky8n3K>
- [27] Motores **NEMA** Disponible en: <https://goo.gl/Kj4kYb>
- [28] Motores **UPV** Disponible en: <https://goo.gl/4qUrww>
- [29] Sistema de control **Zonamaker** Disponible en: <https://goo.gl/pFvUME>
- [30] Nociones básicas **Richard Horne and Kalani Kirk Hausman, 3D Printing for Dummies**
- [31] Cálculos **Den Hartog, J.P., *Mechanical vibrations*. Dover, 1985.**
- [32] Cálculos **Weaver, W., Timoshenko, S.P., *Vibration problems in engineering*. Wiley, 1990.**
- [33] Cálculos **Inman, D.J. *Engineering vibration*. E. Prentice Hall, 3ª ed. 2006**
- [34] Cálculos **ULLMAN, D.G. *The Mechanical Design Process*. McGraw-Hill, 2003.**
- [35] Cálculos **AKIN, J.E. *Finite Element Analysis Concepts, via Solid Works*. World Scientific. 2010.**
- [36] Materiales de impresión **Miguel Fernandez-Vicente, *Effect of Infill Parameters on Tensile Mechanical Behavior in Desktop 3D Printing*.**

7. DISEÑO DE LA IMPRESORA 3D

La metodología empleada en este trabajo es de diseño como un proceso. Se han seguido una serie de fases previamente planificadas en orden cronológico, las cuales son las siguientes:

- Fase 1: Planteamiento de las especificaciones
- Fase 2: Fase de diseño conceptual
- Fase 3: Fase de diseño preliminar
- Fase 4: Fase de diseño detallado.

No obstante, dentro de cada fase de diseño se ha utilizado el diseño como un ciclo, el cual consiste en realizar una serie de tareas de forma repetitiva. En este caso sólo se ha llevado a cabo una tarea, depurar errores. Cuando se ha realizado el primer ciclo, se vuelve a empezar con las tareas, pero manteniendo el diseño obtenido anteriormente. Este tipo de metodología permite obtener mejores resultados, eso sí, a costa de incrementar los tiempos en el proceso de diseño. En total cada fase ha sido revisada tres veces, con lo que se ha conseguido solventar problemas de diseño que en los dos primeros ciclos habían pasado desapercibidos.

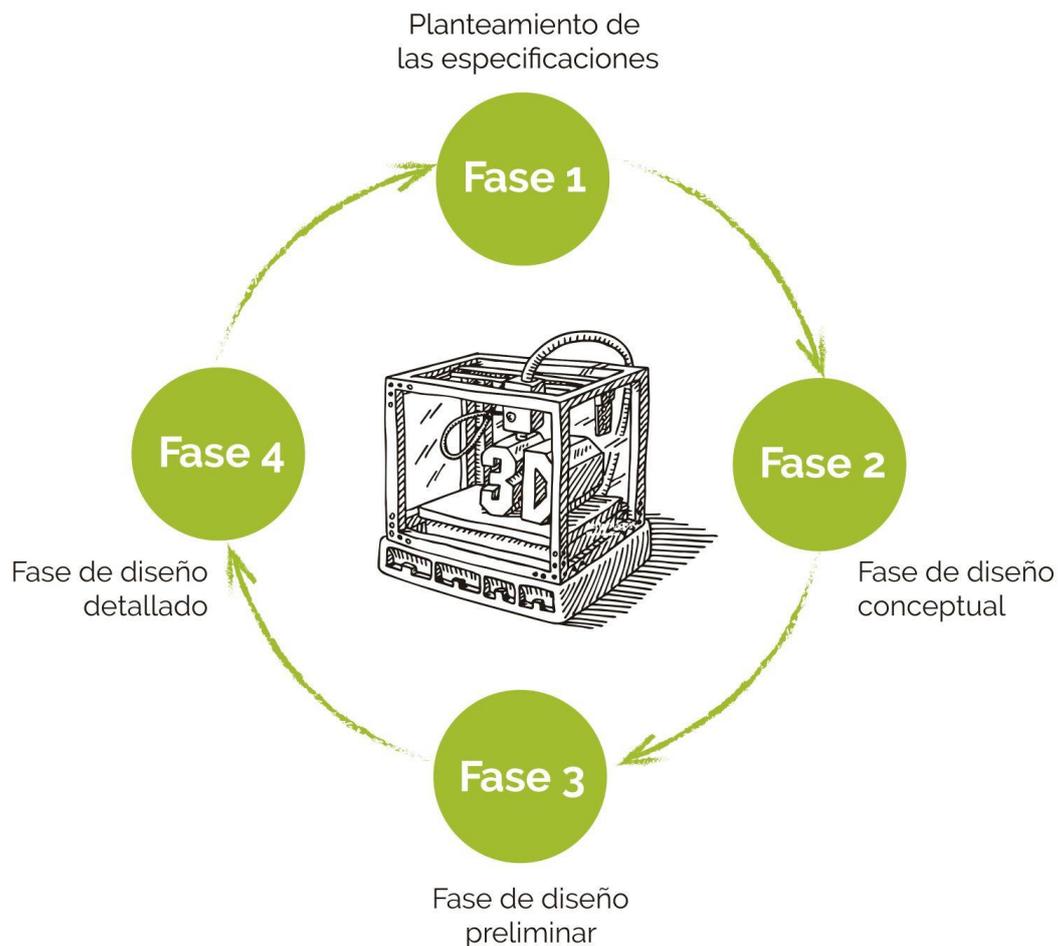


Ilustración 17 – Fases de diseño utilizadas

7.1 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

La empresa que encarga el diseño de una impresora 3D plegable ha considerado que las características que debe cumplir la impresora para asegurar unas mínimas ventas son:

- Sencillez de uso en el proceso de plegado y desplegado
- Bajo peso y facilidad en el transporte (ergonómica)
- Facilidad en el mantenimiento y fácil limpieza de la impresora

No obstante, el diseñador del proyecto ha optado por incluir más características, pues ha considerado ciertos aspectos que el equipo de marketing no había tenido en cuenta. Estas características son las siguientes:

- Alta fiabilidad
- Máquina segura para el usuario
- Precio asequible
- Obtención de piezas con un buen acabado
- Baja rumorosidad
- Bajo consumo
- Uso de diferentes materiales de impresión
- Posibilidad de modificar por parte del usuario algunos componentes y compatibilidad con las distintas marcas de filamentos existentes en el mercado

Los requisitos están relacionados con ideas. Para poder plantear análisis cuantitativos se utilizan las especificaciones, que son medibles. A continuación, en la Tabla 6 se describen las especificaciones de diseño, es decir, los puntos clave que debe satisfacer el producto para que cumpla su propósito.

CONCEPTO	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	CONDICIONES DE ENSAYO
Ergonomía	Tamaño reducido	La impresora debe tener unas dimensiones reducidas (406 x 342x 90)	Medir las dimensiones de la impresora con el programa SolidWorks
Uso de la máquina	La máquina debe ser fácil de plegar y desplegar	Deben utilizarse 90 segundos como máximo en realizar la operación, sin ayuda de herramientas	Medir el tiempo de montaje con una animación en 3D, y medir el tiempo de montaje del prototipo
Mantenimiento	Fácil mantenimiento	Un usuario medio debe poder realizar el mantenimiento sin previa formación, sólo con la información del manual.	Mediante la ayuda de 3 sujetos, observar si pueden realizar el mantenimiento preventivo correctamente

Fiabilidad	Los componentes no fallen tras varias impresiones	Los componentes deben permanecer en perfectas condiciones tras más de 100 horas de uso	Con el prototipo, observar si tras 100 horas de uso la impresora está en perfectas condiciones
Limpieza	Facilidad de limpieza	La impresora debe poder limpiarse con un paño húmedo	Probar con el prototipo si con un paño húmedo se puede limpiar correctamente
Acabado de las piezas	Acabado estético de las piezas impresas	La impresora debe ser capaz de imprimir piezas con una altura de capa de 0.1 mm	Probar con el prototipo si es posible de conseguir dicha resolución
Seguridad	La máquina debe ser segura para el usuario	La impresora debe disponer de un mecanismo de seguridad para prevenir accidentes	Diseño atendiendo a la descripción
Sonoridad	La impresora debe realizar el menor ruido posible	El nivel sonoro debe ser como máximo de 60 dB a 1m de la impresora	Medir el nivel sonoro de la impresora a la distancia de 1m
Materiales de impresión	La impresora debe ser capaz de imprimir con diferentes materiales	La impresora debe ser capaz de imprimir piezas en ABS, PLA y TPU	Prueba del prototipo con los diversos materiales
Coste	Precio asequible	El precio de venta de la impresora debe ser inferior a 1500 €	Comprobar que se consigue el precio de 1500 € con el coste de los componentes
Adaptabilidad	Adaptable a diferentes usuarios	La impresora debe permitir el uso de componentes compatibles	Comprobar con el prototipo la compatibilidad de componentes críticos
Peso	Peso ligero	El conjunto de la impresora no debe exceder los 10 kg	Pesar el prototipo y comprobar que cumple la descripción

Consumo	Consumo eléctrico	El consumo eléctrico de la impresora no debe ser superior a 400 W	Comprobar el consumo eléctrico del prototipo
---------	-------------------	---	--

Tabla 6 – Requisitos de la impresora

7.1.1 Funciones básicas de una impresora 3D.

Mediante el uso de un diagrama funcional (Ilustración 18), se puede representar gráficamente las funciones básicas de una impresora 3D, las cuales están representadas por entradas y salidas, que explican los flujos de energía, los flujos de material y la información necesaria.

Observando el diagrama funcional, la impresora empezará a imprimir material siempre y cuando un programa informático cree los archivos necesarios para la impresión, además de controlar la impresora. Después el sistema de control se encargará de suministrar material (filamento de ABS, PLA o TPU) al extrusor. El extrusor, a la temperatura adecuada, derretirá el material. Para evitar variaciones de temperatura, el sistema de control se encarga de comprobar en todo momento que la temperatura del extrusor es la adecuada. Cuando se esté fundiendo el material, el sistema de control también se encargará de desplazar el extrusor y la plataforma de impresión según indique el archivo creado por el programa informático. Por último, una vez finalizada la extrusión de material, el sistema de control desactiva el calentamiento del extrusor y de la plataforma de impresión, para que así el material pueda ser extraído de forma segura.

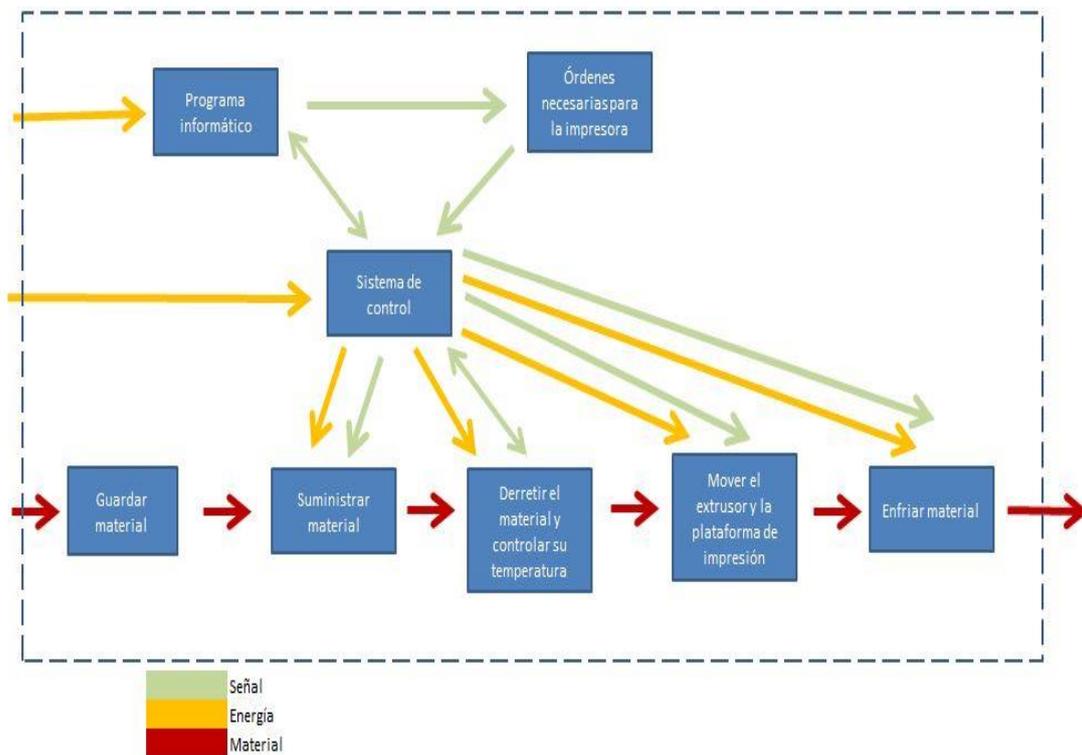


Ilustración 18 - Diagrama funcional de la impresora

7.2 EXPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS EN EL DISEÑO Y JUSTIFICACIÓN DE SU ELECCIÓN.

En este apartado del diseño se van a dar a conocer las diferentes alternativas y propuestas para el diseño de la impresora 3D. También se justificará la selección final de las alternativas. El proceso de selección de alternativas se ha hecho de forma secuencial, por lo que cada paso está relacionado con el anterior.

7.2.1 Elección del programa informático

El programa informático es el encargado de hacer el laminado del objeto 3D, crear las órdenes necesarias para que el sistema de control haga su trabajo (archivo G-code).

Además, en el programa informático se pueden ver curvas de temperatura (del extrusor y de la plataforma de impresión), para comprobar el correcto funcionamiento de la impresora, así como tener acceso al control manual de los motores que manejan el extrusor y la plataforma de impresión.

Es necesario que también permita la creación de perfiles de impresión, así como que sea compatible con los diferentes sistemas operativos del mercado.

En internet hay multitud de programas que permiten desde crear archivos gcode hasta poder controlar manualmente la impresora. Para poder realizar una correcta selección del programa informático que controlará la impresora, se presentan en la Tabla 7 una serie de programas gratuitos donde se pueden observar sus características y/o capacidades.

Programa informático	Control manual	Guardar perfiles	Gratuito	Soporte dos extrusores	Interfaz intuitiva	Incorporar otros programas de laminado
Repetier-Host	Sí	Sí	Sí	Sí	Si	Si
Cura	Sí	Sí	Sí	No	Si	No
Craftware	No	No	Sí	No	Si	No
Replicator G	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Makerware	No	No	Sí	No	Si	No

Tabla 7 – Programas de control

Teniendo en cuenta la Tabla 7, se escoge el programa Repetier-Host debido a que permite laminar la pieza, imprimir directamente desde la impresora, controlar manualmente la impresora, es fácil configurar el tamaño de impresión, y además se puede distribuir con unos perfiles estándares adaptados a la impresora. Destacar que el programa es el único que puede incluir otros programas de laminado como pueden ser el Slicer y el Cura.

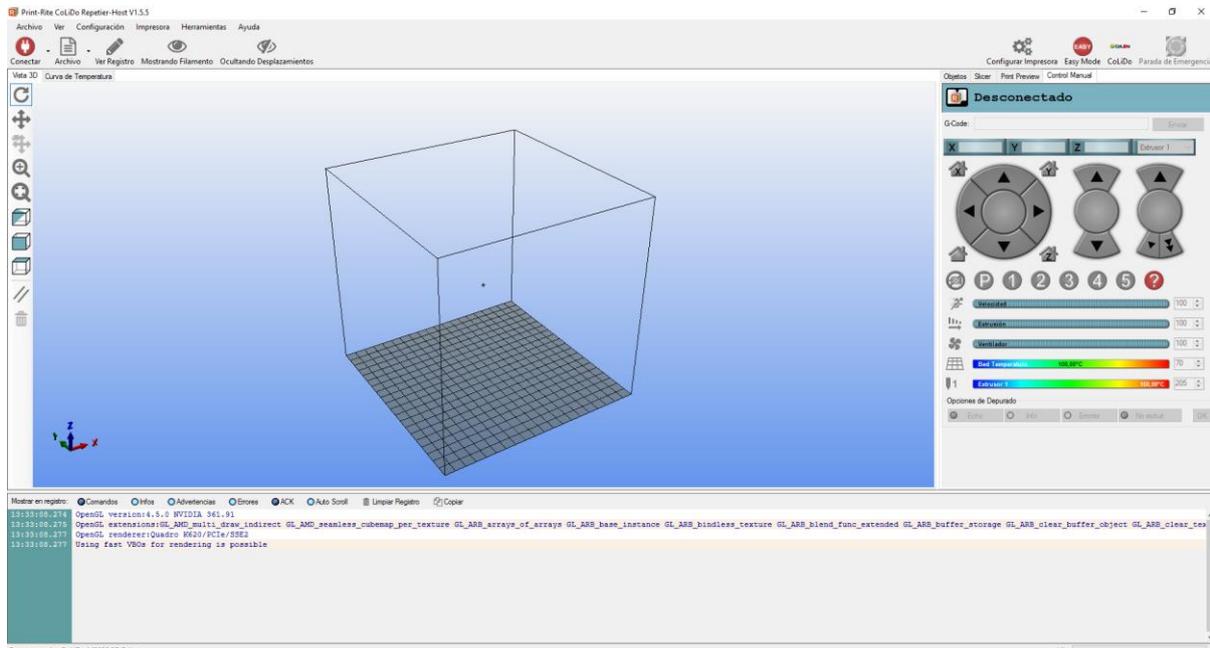


Ilustración 19 - Programa Repetier-Host

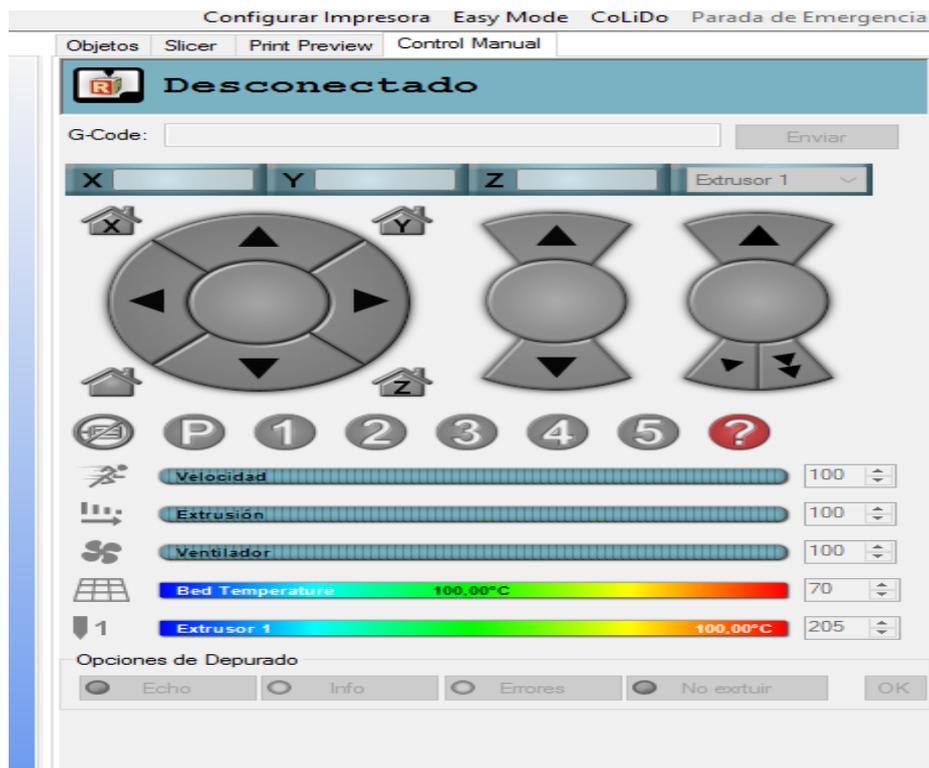


Ilustración 20 – Detalle del control manual

7.2.2 Elección del tipo de tecnología de impresión 3D

Como se ha visto anteriormente, en el mercado actual existen diferentes tecnologías de impresión 3D. Para poder decidir el tipo de tecnología más adecuado que se va a utilizar en el diseño de la impresora, se procede a realizar un análisis de valor (Tabla 8) de las diferentes tecnologías de impresión respecto a ciertas características comunes a todas ellas.

Se toma como referencia la tecnología FFF, y se aplica +1 si el precio es menor, la sencillez de uso es menor, y su mantenimiento es menor. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora a la tecnología FFF en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Precio -> 2; Muy importante
- Precio del material -> 1; Importante
- Sencillez de uso -> 1.5; Bastante importante
- Mantenimiento -> 0.5; Poco importante

Características /Tipo de tecnología	Precio	Precio del material	Sencillez de uso	Mantenimiento	TOTAL
FFF	0	0	0	0	0
EBF3	-2	-1	0	0	-3
DMLS	-2	0	0	0	-2
SHS	-2	+1	-1.5	-0.5	-3
SLS	-2	0	0	0	-2
EBM	-2	-1	0	-0.5	-3.5
DSCP	-2	0	-1.5	0	-3.5
SLA	-2	-1	0	+0.5	-2.5
SGC	-2	+1	-1.5	0	-2.5
LOM	-2	0	0	-0.5	-2.5

Tabla 8 – Análisis de valor del tipo de tecnología de impresión

Dado que la máquina que se quiere diseñar debe de tener un coste bajo, y debe ser utilizada por gente sin conocimientos previos, la elección de la tecnología FFF es la más apropiada para este proyecto. También se ha seleccionado esta tecnología de impresión porque los materiales que utiliza son económicos, a la vez que permiten realizar piezas de geometrías complicadas.

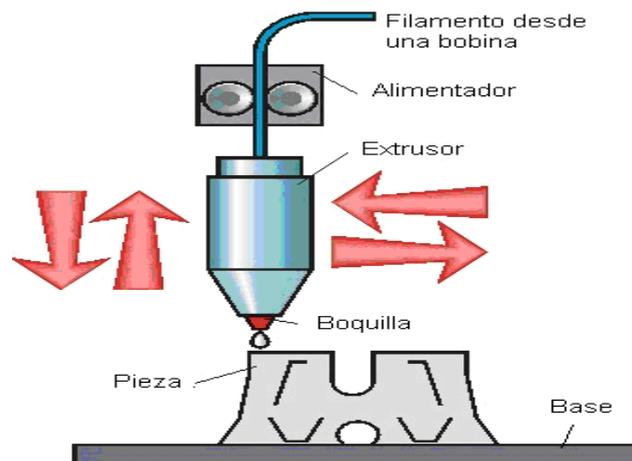


Ilustración 21 – Tecnología FFF

7.2.3 Elección de los materiales de impresión

La tecnología FFF puede imprimir con diversos materiales como metales, termoplásticos, materiales comestibles. En este proyecto, se busca el diseño de una impresora de bajo coste, por lo que el uso de materiales como metales o materiales comestibles implica el uso de boquillas especiales, o el uso de altas temperaturas, lo que hace que el coste de la impresora se incremente, ya sea el coste del producto, o el consumo de energía.

Así pues, son seleccionados como materiales de impresión los termoplásticos ABS y PLA, porque pese a ser termoplásticos, tienen unas características físico-mecánicas muy apropiadas para ser usadas como materiales de prototipado además de tener similitud con metales como el acero. Teniendo en cuenta las características de la Tabla 9, se puede observar como son materiales que pueden soportar grandes esfuerzos a tracción, casi como el Acero, además pueden ser impresos con una impresora FFF por tener una temperatura de fusión bastante baja, comparada con el Acero. En la Ilustración 22 se puede observar dos piezas impresas, en ABS (izquierda) y en PLA (derecha).

Nombre del material / Propiedades	Ácido poliláctico (PLA)	Acrinitrilo butadieno estireno (ABS)	Acero
Punto de fusión	175 °C	205 °C	1375 °C
Densidad	1.24 g/cm ³	1.04 g/cm ³	7.8 g/cm ³
Resistencia a tracción	57.9 MPa	32 MPa	48-90 MPa

Tabla 9 – Comparación de materiales de impresión

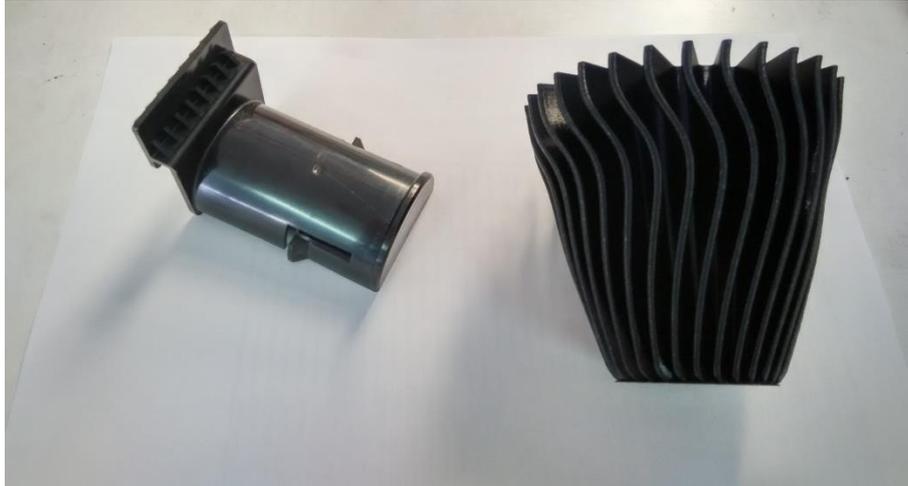


Ilustración 22 – Objetos impresos en ABS (izquierda) y PLA (derecha)

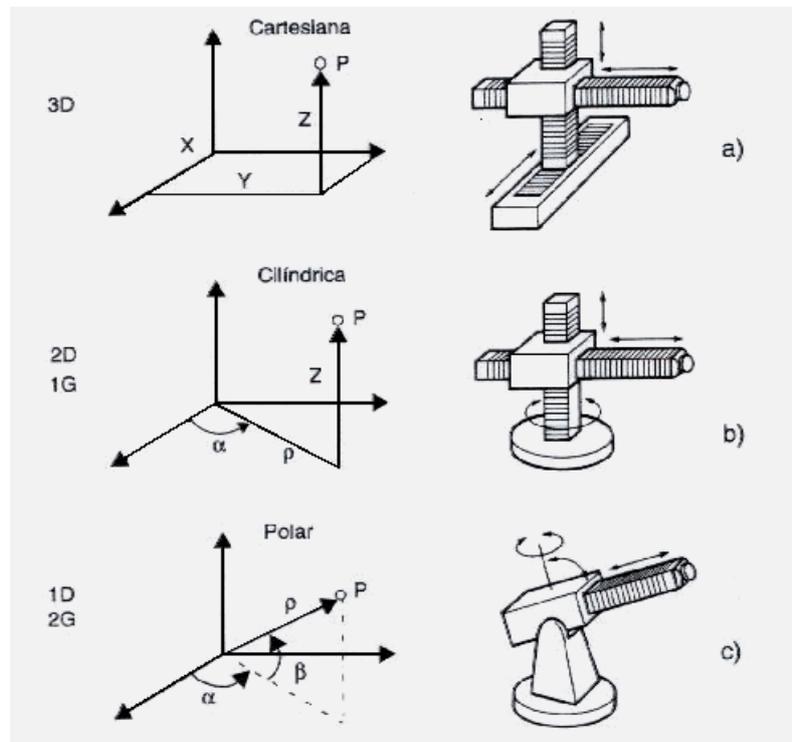
7.2.4 Tipo de impresora FFF

En el mercado actual se pueden encontrar diversas configuraciones de impresoras, que se diferencian entre ellas en el tipo de coordenadas que utilizan. Existen tres tipos de configuraciones (Ilustración 23), las cuales son: Cartesiana, Delta y Polar

-Configuración Cartesiana: esta configuración permite 3 grados de libertad, los cuales corresponden a los ejes X, Y, Z. Esta configuración es muy simple, y hay gran cantidad de software libre que está adaptado a este tipo de configuración.

-Configuración Delta: las impresoras 3D de tipo Delta se caracterizan por alcanzar mayor rapidez en comparación con las tradicionales Cartesianas, así como por su gran estabilidad. Además, cuentan con la posibilidad de incrementar la altura de fabricación de forma espectacular sin mermar la calidad de ésta. Sin embargo, necesitan una buena calibración inicial y no existe demasiada información disponible en la red.

-Configuración Polar: esta categoría utiliza un sistema de coordenadas polar. Es similar a la configuración cartesiana, excepto que los conjuntos de coordenadas describen puntos en una rejilla circular en lugar de un cuadrado. La gran ventaja de una impresora 3D polar es que la impresora puede funcionar con sólo dos motores paso a paso. Si se compara con una impresora 3D cartesiana típica que requiere un mínimo de un motor paso a paso para cada eje - por lo general al menos cuatro - se puede apreciar un ahorro tanto de material como de energía. Por otra parte, las impresoras Polar pueden tener un mayor volumen de construcción dentro de un espacio más pequeño, pero tienen el inconveniente de que no hay software libre, además el hecho de disponer de una plataforma circular giratoria dificulta el uso de cama caliente.



Con el fin de escoger el tipo de impresora FFF a utilizar, se realiza un análisis de valores (Tabla 10) para decidir cuál se adapta mejor a las características que se requieren. Se toma como referencia la configuración cartesiana, y se aplica +1 si el precio es menor, así como su mantenimiento y la complejidad del software, en cuanto a la precisión, se aplica +1 si es capaz de imprimir piezas más precisas. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora a la configuración cartesiana en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Precio -> 1.5; Bastante importante
- Mantenimiento -> 1; Importante
- Software complejo -> 2; Muy importante
- Precisión -> 0.5; Poco importante

Características / Tipo de impresora FFF	Precio	Mantenimiento	Software complejo	Precisión	TOTAL
Cartesiana	0	0	0	0	0
Delta	-1.5	-1	-2	+0.5	-4
Polar	-1.5	+1	-2	0	-2.5

Tabla 10 – Análisis de valor del tipo de impresora FFF

Observando todo lo anterior, pese a que las configuraciones Delta y Polar tienen aspectos positivos que no tiene la configuración Cartesiana, ambas se descartan y se procede a elegir como tipo de impresora FFF una impresora cartesiana. Ilustración 24

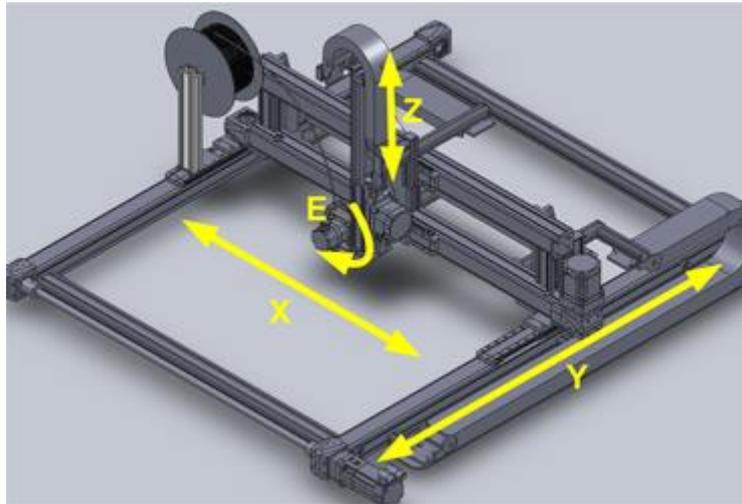


Ilustración 24 – Movimientos de una impresora cartesiana

7.2.5 Configuración de los ejes

Teniendo en cuenta la elección del sistema de coordenadas cartesianas, ahora se debe decidir el sistema de ejes que va a tener la impresora, considerando el diseño plegable de la misma. Dado que la configuración cartesiana dispone de tres ejes, X, Y, Z, hay ocho posibles configuraciones. Para poder dar cabida a estas configuraciones, cabe indicar que hay un movimiento relativo entre el extrusor y la cama. Estas configuraciones globales se muestran en la Tabla 11.

En la Tabla 11 se ha diferenciado entre el movimiento del extrusor y la plataforma de impresión. Las almohadillas representan los ejes que se han escogido para el movimiento.

Movimiento	Extrusor			Plataforma de impresión		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Conf 1	#				#	#
Conf 2		#		#		#
Conf 3			#	#	#	
Conf 4	#	#				#
Conf 5	#		#		#	

Conf 6		#	#	#		
Conf 7	#	#	#			
Conf 8				#	#	#

Tabla 11 – Configuraciones globales

Dadas las configuraciones siguientes, se estima que, para obtener unas reducidas dimensiones, la plataforma de impresión debe moverse únicamente en un eje, por lo que sólo las configuraciones 4, 5 y 6 son las que se van a estudiar. Estas configuraciones se presentan en la Tabla 12. Se ha diferenciado entre el movimiento del extrusor y la plataforma de impresión. Las almohadillas representan los ejes que se han escogido para el movimiento.

Movimiento	Extrusor			Plataforma de impresión		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Conf 4	#	#				#
Conf 5	#		#		#	
Conf 6		#	#	#		

Tabla 12 – Configuraciones posibles de una impresora 3D

Observando la Tabla 12, las configuraciones 4, 5 y 6 corresponden a las configuraciones de impresoras FFF que hay en el mercado. Ilustración 25

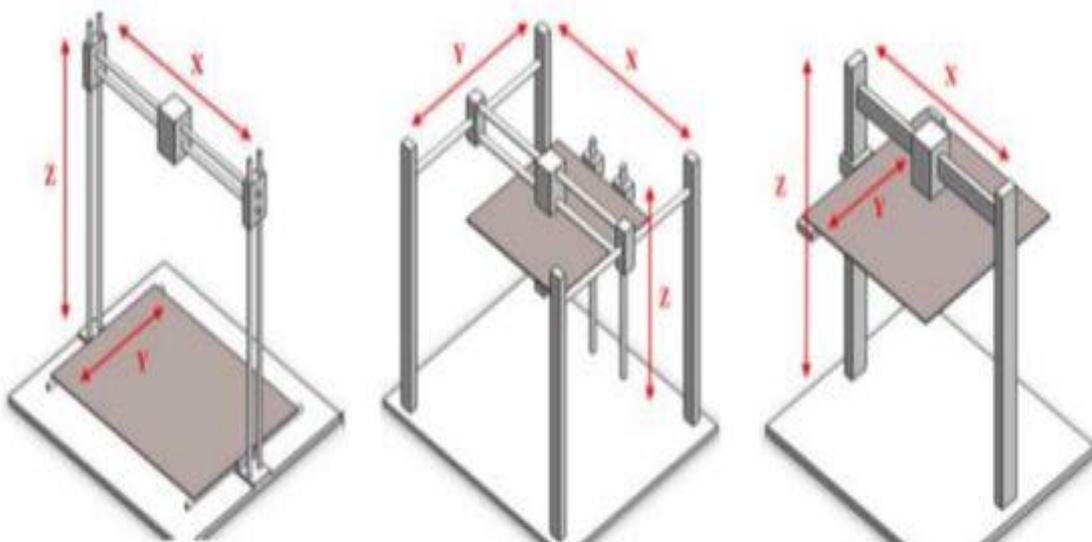


Ilustración 25 - Configuraciones posibles de una impresora FFF

Para decidir qué configuración de ejes utilizar en la impresora 3D, se decide realizar un análisis de valores (Tabla 13). Se toma como referencia la configuración 4, y se aplica +1 si el número de motores es menor, si es posible el plegado de la máquina con esta configuración de ejes, su mantenimiento es menor y si no hay que adaptar el firmware. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora a la configuración 4 en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Número de motores -> 1; Importante
- Posibilidad de plegado -> 2; Muy importante
- Mantenimiento -> 0.5; Poco importante
- Adaptar firmware-> 1.5; Bastante importante

Características / Configuración ejes	Número de motores	Posibilidad de plegado	Mantenimiento	Adaptar firmware	TOTAL
Configuración 4	0	0	0	0	0
Configuración 5	-1	+2	+0.5	0	+1.5
Configuración 6	-1	+2	+0.5	-1.5	0

Tabla 13 – Análisis de valor de la configuración de ejes

Aunque la configuración 5 y 6 es la misma sólo que con los ejes girados 90°, se ha decidido escoger la configuración 5 porque no es necesario adaptar el firmware, pues es la configuración que adoptan las impresoras DIY.

7.2.6 Configuración general

Considerando que la mejor opción para desarrollar una impresora plegable es tener la configuración de ejes que se ha visto en el apartado anterior, así como también se ha decidido que la impresora utilizará una configuración cartesiana, se ha pensado en tres conceptos diferentes para definir la configuración general de la impresora.

La idea del primer boceto (Ilustración 26) es que la base de impresión se mueve en el eje Y por medio de un motor, mientras que el mecanismo de extrusión se mueve tanto en el eje X como en el eje Z. La boquilla está en voladizo. Cuando ha finalizado la impresión, el mecanismo de extrusión se pliega, rotando alrededor del eje X, y luego desplazándose por el eje Y, hasta tocar la base de impresión.

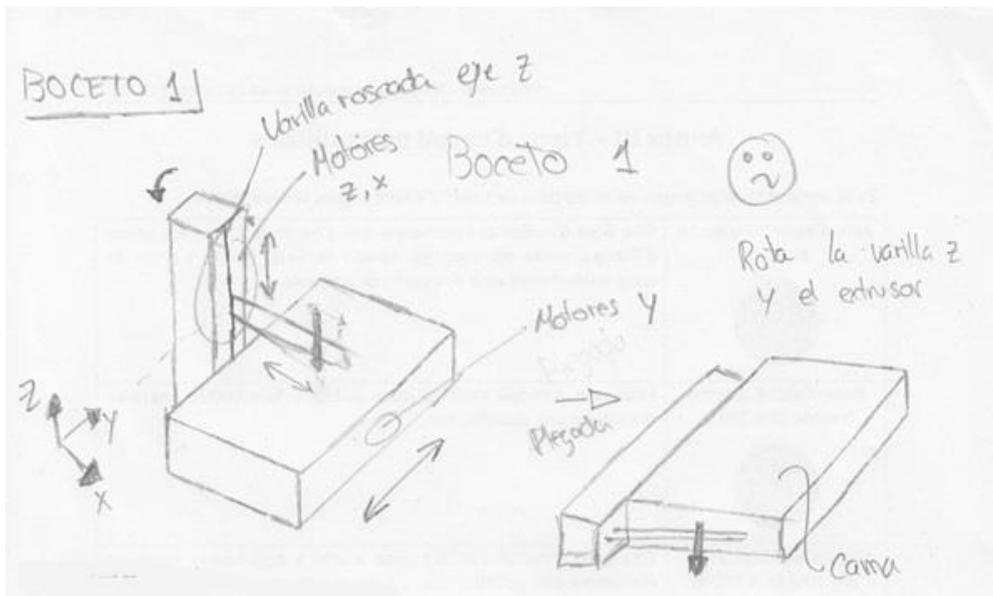


Ilustración 26 – Boceto 1

En el boceto 2 (Ilustración 27), se tiene una carcasa externa que protege los elementos, la cual está fija. La base de impresión, que se desplaza en el eje Y, está encajada en una base más grande, mientras que la boquilla se desplaza tanto en el eje X como en el eje Z. Una vez finalizada la impresión, la carcasa permanece inmóvil, y lo que rota es la base donde está encajada la base de impresión alrededor del eje X, que a su vez se desplaza en el eje Z para quedar acoplada a la carcasa.

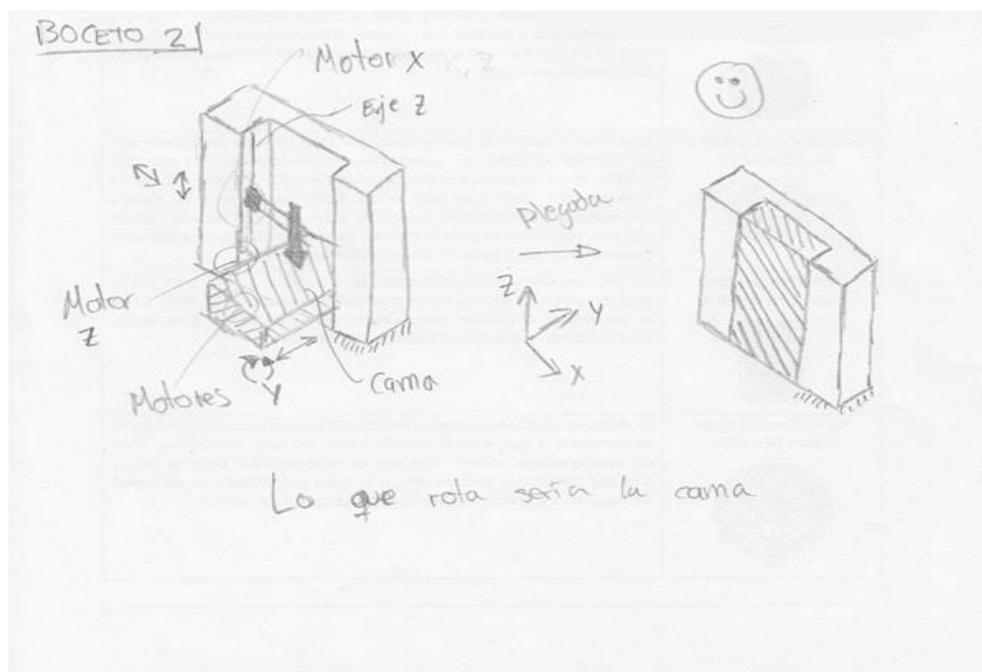


Ilustración 27 – Boceto 2

La idea del boceto 3 (Ilustración 28) es que la impresora se apoya sobre una base, y dentro de esa base está la base de impresión que se mueve en el eje Y. Después está la boquilla, que se mueve tanto en el eje X como en el eje Z. La boquilla está sujeta entre dos pilares, los cuales, cuando ha finalizado la impresión, se pueden desencajar de la posición vertical, y encajarse en una posición horizontal gracias a unos orificios que hay en la base de la impresora.

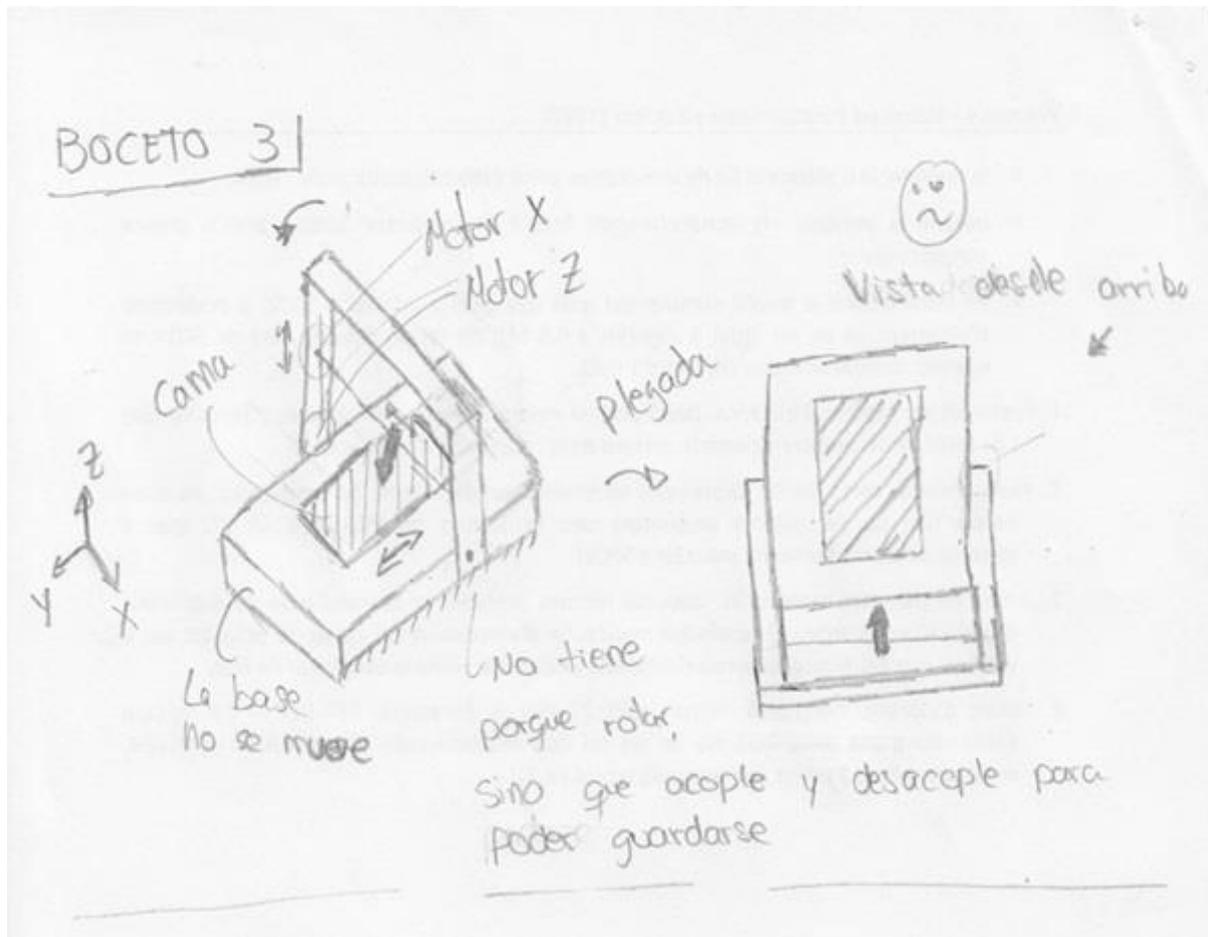


Ilustración 28 – Boceto 3

Para elegir qué boceto es el más apropiado para llevar a cabo la idea de una impresora 3D plegable, se procede a realizar un análisis de valores, el cual se puede ver en la Tabla 14. Se toma como referencia el boceto 1, y se aplica +1 si la complejidad es menor, la seguridad de uso es mayor, y si su mantenimiento es menor. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al boceto 1 en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Complejidad -> 1; Importante
- Seguridad de uso -> 0.5; Poco importante
- Tamaño -> 2; Muy importante

Características / Boceto	Complejidad	Seguridad de uso	Tamaño	TOTAL
Boceto 1	0	0	0	0
Boceto 2	-1	+0.5	+2	+1.5
Boceto 3	0	0	-2	-2

Tabla 14 – Análisis de valor del tipo de concepto a elegir

Por lo que del análisis de valores se obtiene que el mejor concepto es el expuesto en el boceto 2.

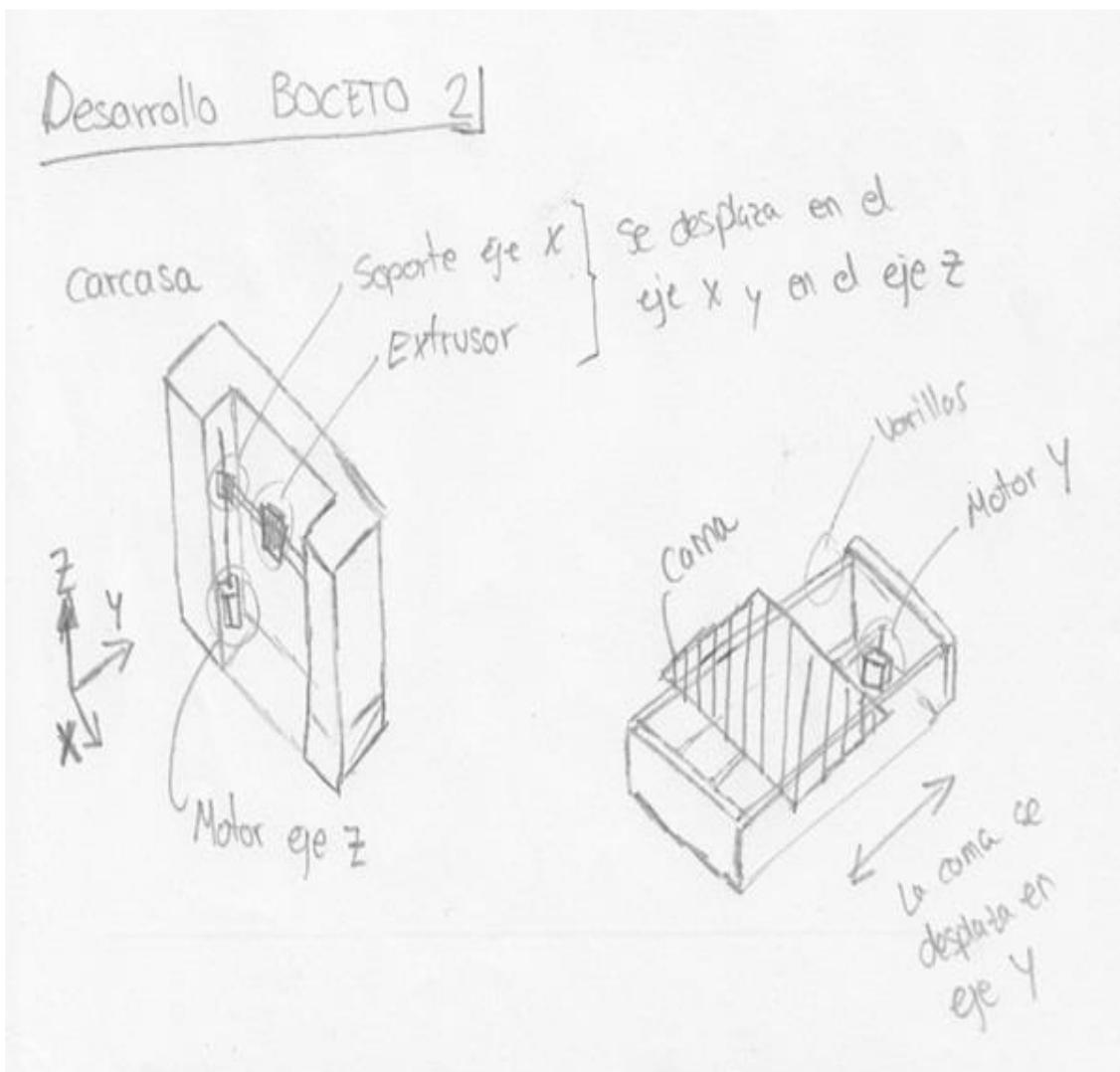


Ilustración 29 – Desarrollo boceto 2

En la Ilustración 29 se aprecia cómo es la base y cómo está encajada en la base la plataforma de impresión.

7.2.7 Elección del sistema de plegado

Tomando como concepto de diseño el boceto 2 (Ilustración 27 e Ilustración 29), se procede ahora a elegir la forma de plegar la impresora. Primero se han hecho unos bocetos de dos formas de plegar la impresora.

BOCETO 1

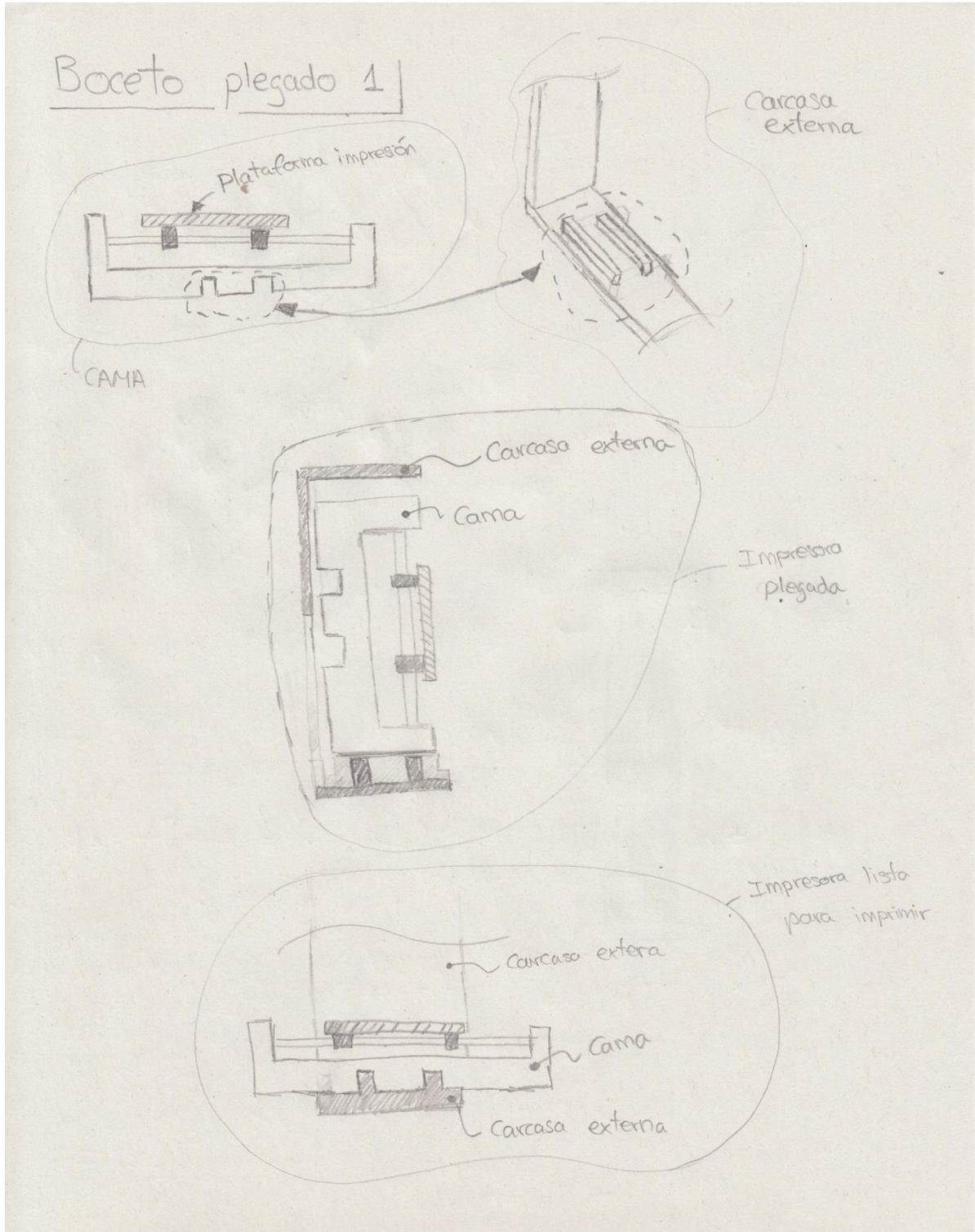


Ilustración 30 – Boceto plegado 1

BOCETO 2

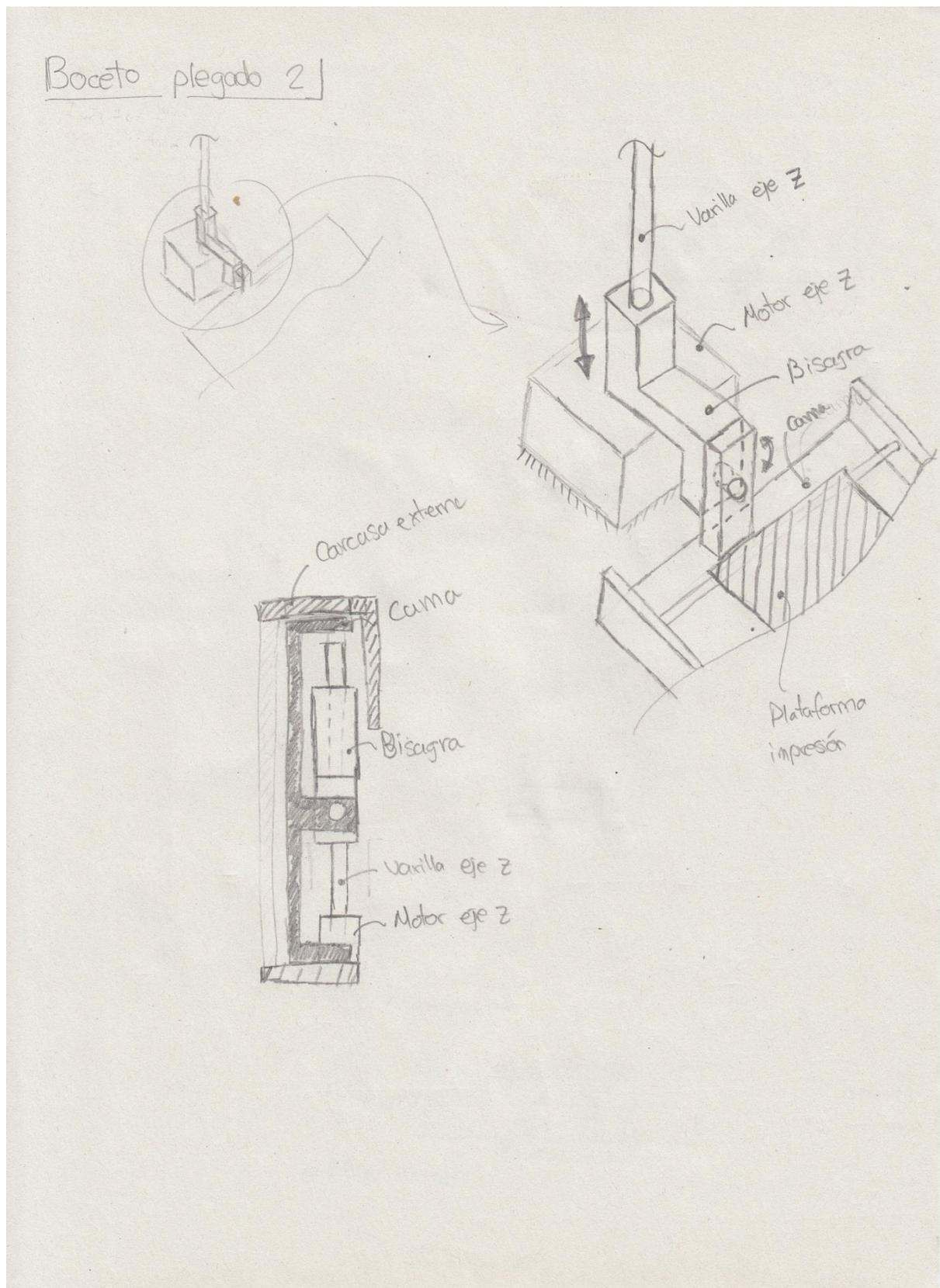


Ilustración 31 – Boceto plegado 2

En el boceto 1 (Ilustración 30) se ha pensado en que la cama se monta y se desmonta cada vez que se quiera llevar a cabo la impresión. La cama se colocaría sobre unos rieles presentes en la carcasa externa. Esta idea tiene como ventaja principal la simplicidad de uso y diseño de los componentes, pero a su vez tiene una desventaja muy importante, pues las piezas de la cama y de la carcasa externa son más grandes, lo que conlleva un aumento de las dimensiones.

En el boceto 2 (Ilustración 31) se ha pensado en una bisagra que discurre a través de la varilla del eje Z, pues cuando se ha finalizado la impresión y el extrusor sube, permite que la bisagra también pueda recorrer una cierta distancia. La bisagra al estar conectada con la cama por medio de un tornillo posibilita que la cama suba y rote alrededor del eje X para quedar acoplada en la carcasa externa. Esta solución es un poco más complicada mecánicamente, pero permite mantener unas dimensiones ajustadas.

Para poder decidir qué tipo de sistema de plegado se va a emplear en el diseño de la impresora, se opta por realizar un análisis de valores. Se toma como referencia el boceto 2, y se aplica +1 si el peso es menor, la complejidad del mecanismo es menor, y si su tamaño es menor. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al boceto 2 en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Peso -> 0.5; Poco importante
- Complejidad -> 1; Importante
- Tamaño impresora -> 2; Muy importante

Características / Plegado	Peso	Complejidad	Tamaño impresora	TOTAL
Boceto 2	0	0	0	0
Boceto 1	-0.5	+1	-2	-1.5

Tabla 15 – Análisis de valor del modo de plegado de la impresora 3D

Por lo tanto, visto el análisis de valores de arriba (Tabla 15), se opta por emplear en el diseño de la impresora el sistema de plegado del boceto 2 (Ilustración 31), el cual es una bisagra.

7.2.8 Estructura externa de la impresora

La carcasa de la impresora es el elemento principal de la impresora, pues permite albergar todos los componentes electrónicos. Es por ello que se debe tener en cuenta la seguridad del usuario en todo momento, para que no pueda acceder a las partes peligrosas de la máquina.

Aparte, la carcasa permite dar rigidez estructural y sirve para que la impresora pueda ser plegada. Este aspecto es el más importante, pues supone el desarrollo del proyecto que se está comentando. Se busca que la carcasa de la impresora sea ergonómica para el usuario una vez sea plegada, pues debe ser de fácil transporte y colocación. Además, debe ser estéticamente agradable. Otro aspecto a destacar es que la estructura debe minimizar el ruido generado por los motores, correas y fuentes de alimentación, por lo que todos estos elementos, excepto el motor del extrusor, estarán protegidos del exterior. Una última característica es que la estructura debe facilitar el acceso o desmontaje de las piezas para posibles reparaciones, y que debe ser de fácil montaje y desmontaje.

El aspecto negativo de crear una impresora 3D plegable es que no se va a poder encerrar el área de impresión, por lo que el uso de material ABS y PLA va a tener que hacerse en entornos controlados, pues las variaciones de temperatura del entorno afectarán a la calidad de la impresión. No obstante, si se coloca la impresora en un lugar alejado de fuentes de frío o calor, y de corrientes de aire, se podrá imprimir sin ningún problema.

Se ha buscado en el mercado diferentes materiales que permitan la construcción de la estructura externa. Después de la búsqueda, se ha optado por tres materiales diferentes:

- **Estructura de Aluminio:** el aluminio destaca por ser ligero, además de ser resistente a los impactos y ser estable. Es fácil de ensamblar y posee una alta rigidez, pero es un buen conductor del calor y de la electricidad. Así mismo, su precio es elevado. Ilustración 32.

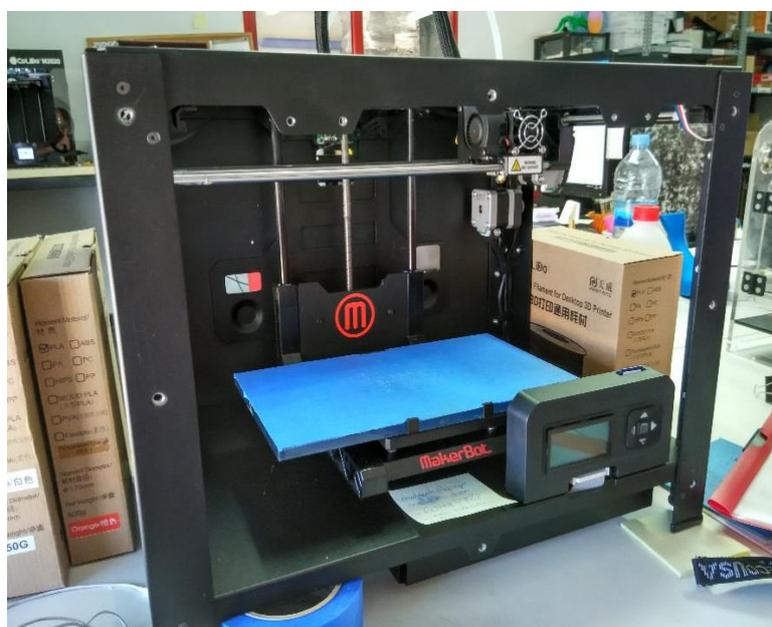


Ilustración 32 – Estructura de aluminio

-Estructura de Madera: la madera es un material que posee una buena resistencia y rigidez, es fácil de mecanizar, además de ser un buen aislante tanto térmico, acústico y eléctrico. También destaca su bajo precio en comparación con el aluminio, pero es un material que absorbe humedad si no se trata adecuadamente, y que con las vibraciones se puede deformar, además si se produce una fractura, es difícil de reparar. Ilustración 33.

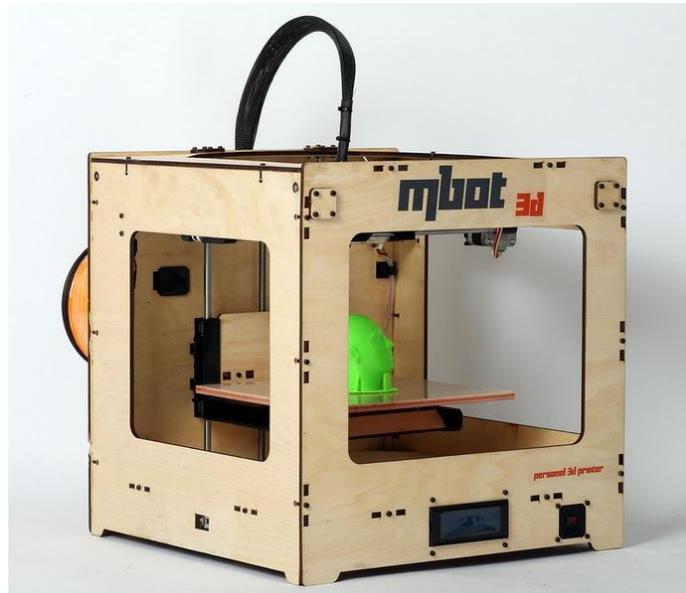


Ilustración 33 – Estructura de madera

-Estructura de Polimetacrilato: el polimetacrilato o PMMA destaca por ser resistente a la intemperie, así como su transparencia. Es ligero y no es tóxico, además tiene una fácil mecanización. Por contra, se raya con facilidad (aunque las rayaduras son fácilmente reparables), es combustible pero los gases que produce no son tóxicos. No es compatible con los siguientes compuestos: Acetato de etilo, acetona, ácido acético, ácido sulfúrico, alcohol amílico, bencol, butanol, diclorometano, triclorometano (cloroformo), tolueno, etanol, por lo que si se trabaja con ABS y se quiere limpiar la pieza con acetona, debe hacerse lejos de la impresora. Ilustración 34.

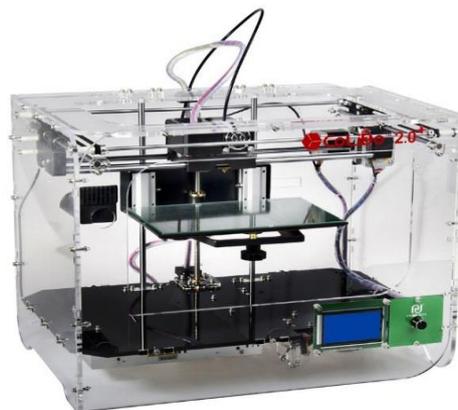


Ilustración 34 – Estructura de metacrilato

Para decidir qué solución escoger, se decide realizar un análisis de valores, el cual se puede observar en la Tabla 16. Se toma como referencia el material de polimetacrilato, y se aplica +1 si el precio es menor, la maquinabilidad de las piezas es menor, si tiene mayor rigidez y si la reparación de las piezas es más fácil. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al material de polimetacrilato en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Peso -> 2; Muy importante
- Maquinabilidad -> 1.5; Bastante importante
- Rigidez -> 1; Importante
- Fácil reparación -> 0.5; Poco importante

Características / Materiales	Peso	Maquinabilidad	Rigidez	Fácil reparación	TOTAL
Polimetacrilato	0	0	0	0	0
Madera	+2	-1.5	-1	-0.5	-1
Aluminio	-2	-1.5	+1	+0.5	-2

Tabla 16 – Análisis de valor del tipo de material a emplear en la estructura

Después de exponer las diferentes alternativas que hay en el mercado y comparando las ventajas y desventajas de cada una, se opta por la elección de Polimetacrilato como elemento para la estructura. Las razones de su elección han sido su precio bajo, su fácil mecanización y el hecho de que sea transparente, pues a la gente le causa interés ver cómo funcionan los elementos de una impresora 3D.

7.2.9 Tipo de extrusor

En el mercado existen dos tipos de diseños de extrusores, uno en el cual el motor de extrusión y la boquilla están juntos (Extrusor directo) y otro en el cual el motor de extrusión está colocado en un sitio, y la boquilla en otro, unidos con una funda (Extrusor Bowden). Se procede a analizar cada uno de ellos con la finalidad de elegir el que más se ajuste a las necesidades del proyecto. En la Ilustración 35 se muestra el esquema de funcionamiento de cada tipo de extrusor. En la parte izquierda está el extrusor directo (se puede ver que la boquilla y el motor están juntos), mientras que en la parte derecha de la ilustración está el extrusor tipo Bowden, el cual tiene el motor separado de la boquilla.

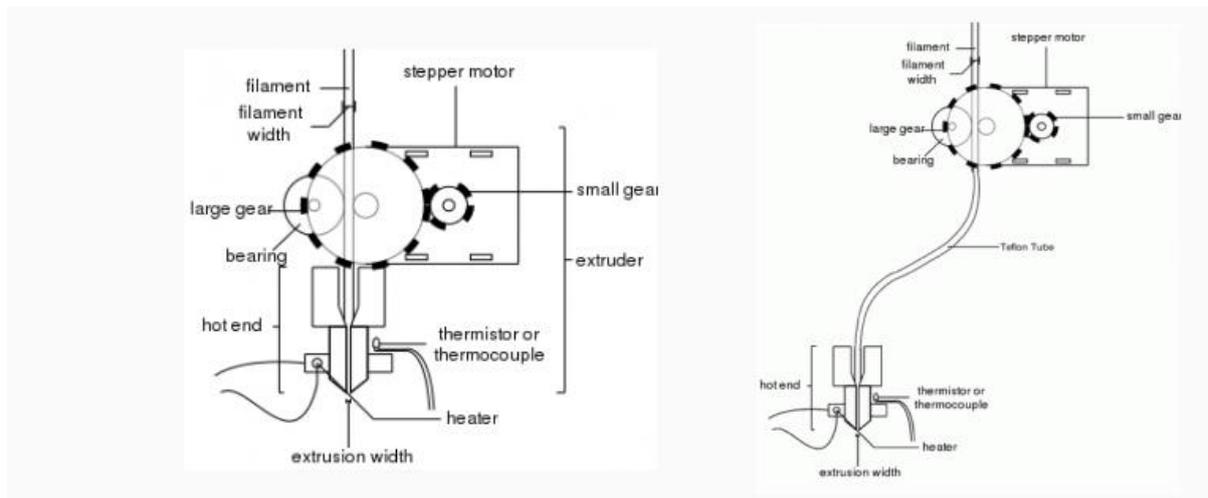


Ilustración 35 - Extrusor directo a la izquierda y extrusor Bowden a la derecha

-Extrusor directo: el extrusor en sí está montado normalmente en la parte superior de la boquilla. El filamento está firmemente agarrado por un engranaje y un rodamiento. El engranaje gira de forma precisa por un motor paso a paso, conduciendo el filamento hacia abajo en un viaje corto a la boquilla. El engranaje puede girar en un sentido u otro si es necesario para un cambio de filamento. Las ventajas de este tipo de extrusor es que está muy implementado en el mercado, lo que prueba su eficiencia, además de haber recambios y precios muy competitivos para este tipo de configuración, por otro lado tiene pocos problemas de obstrucciones y permite imprimir con cualquier tipo de material. La desventaja de este tipo de extrusores es que al estar montado sobre el carro de extrusión tanto el motor como la boquilla, hay un mayor peso, lo que hace que las inercias sean mayores en los cambios de dirección, impidiendo velocidades de impresión altas. Ilustración 36

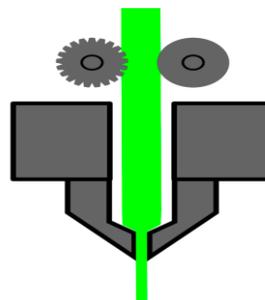


Ilustración 36 - Esquema extrusor directo

-Extrusor Bowden: Aquí la boquilla se separa físicamente del motor extrusor. Normalmente el extrusor se coloca en la parte posterior o interior de la impresora 3D. El motor "a distancia" funciona exactamente de la misma manera que la extrusión directa, recibe el filamento y lo empuja. Sin embargo, la diferencia es que el filamento debe recorrer una distancia a través de un tubo para llegar finalmente a la boquilla. Ilustración 37

El enfoque Bowden podría parecer a primera vista un poco más complejo, y lo es. Sin embargo, puede haber algunas ventajas en utilizarlo.

Al colocar el extrusor fuera del carro, el motor se encuentra lejos de la boquilla, lo que reduce significativamente el peso de las partes móviles, siendo sólo la boquilla la que se mueve cuando se realiza la impresión. Esta disminución de peso debería, en teoría, dar lugar a impresiones más precisas, sobre todo a altas velocidades, pues hay menos inercia que superar al cambiar de dirección.

Este tipo de extrusores se encuentran típicamente en las impresoras 3D tipo delta, pero con menos frecuencia en las impresoras 3D cartesianas.

No obstante hay inconvenientes en los extrusores tipo Bowden, uno es la longitud del tubo, pues puede presentar un poco de "juego" en el filamento, sobre todo en las máquinas más grandes con tubos más largos, por lo que se tiene que ajustar de forma manual la retracción mediante el software de control.

Otra desventaja del enfoque Bowden se produce cuando hay un fallo en el filamento, cuando se tapona la boquilla, el filamento al no ser extruido con tanta fuerza, no podrá superar la obstrucción y ocasionará una más grande.

Para algunos usuarios, otra desventaja del extrusor Bowden es que los filamentos flexibles son difíciles de imprimir. Esto se debe a que el motor del extrusor puede tener dificultades para empujar un filamento flexible a una larga distancia con una fuerza suficiente para entrar en la boquilla. Básicamente, el filamento se puede flexionar en lugar de ser empujado hacia adelante.

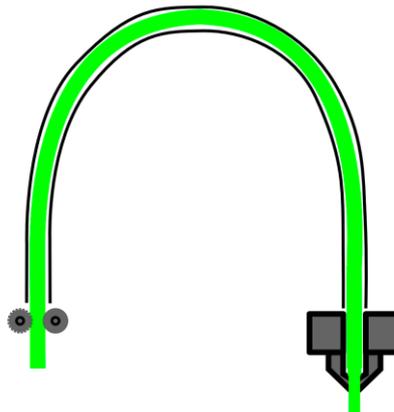


Ilustración 37 - Esquema extrusor tipo Bowden

Con el fin de elegir la mejor opción para la impresora, se decide realizar un análisis de valores (Tabla 17), el cual arrojará la mejor solución para implementar en la impresora. Se toma como referencia el extrusor Bowden, y se aplica +1 si el peso es menor, la complejidad es menor, si se pueden alcanzar mayores velocidades de impresión y si el tamaño de esta configuración es menor. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al extrusor Bowden en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Peso -> 1.5; Bastante importante
- Complejidad -> 1; Importante
- Velocidad de impresión -> 0.5; Poco importante
- Tamaño -> 2; Muy importante

Características / Tipo de extrusor	Peso	Complejidad	Velocidad de impresión	Tamaño	TOTAL
Extrusor Bowden	0	0	0	0	0
Extrusor directo	-1.5	+1	-0.5	-2	-3

Tabla 17 – Análisis de valor del tipo de extrusor a emplear

Teniendo en cuenta la Tabla 17, se decide optar por el extrusor tipo Bowden, pues debido al diseño de la impresora y a su reducido tamaño, es complicado hacer uso de un extrusor directo. Además la principal ventaja del Bowden respecto al directo es la velocidad de impresión, pues se pueden alcanzar velocidades de hasta 60 mm/s, aunque para alcanzar estas velocidades, no solo influye la configuración mecánica de la impresora, sino también a nivel de software, y esto es solo es recomendable para usuarios con experiencia en el mundo de la impresión 3D, por lo que en un futuro esta impresora permitirá a los usuarios que hayan adquirido más experiencia hacer impresiones con desplazamientos en el eje X de forma más rápida, algo que no se podría conseguir con un extrusor directo.



Ilustración 38 – Extrusor bowden completo

7.2.10 Suministrar el filamento hacia la boquilla

Una vez elegido el tipo de extrusor, se debe escoger el tipo de accionamiento que habrá en el motor para que el filamento vaya desde la bobina hasta la punta de la boquilla.

En el mercado hay dos opciones, una opción es el uso de un engranaje colocado directamente al motor y la otra opción es el uso de un tornillo sin fin.

-Engranaje: el filamento pasa entre un engranaje y una guía la cual está tensada con un muelle hasta la boquilla. Se utiliza un engranaje y no un sistema de desmultiplicación porque este añadiría peso y complejidad mecánica a la solución, además de que el motor puede girar a pequeñas velocidades. La implementación de este tipo de accionamiento permite el uso de materiales como PLA, ABS y TPU. Este tipo de configuración permite el uso de diferentes diámetros de filamentos, pues basta con cambiar el acople necesario para el diámetro que se utilice. Ilustración 39



Ilustración 39 – Extrusor con mecanismo de engranaje

-Tornillo sin fin: en este tipo de configuración, el eje del motor debe colocarse de forma paralela a la dirección del filamento, lo cual dificulta el montaje. El filamento se mueve hacia la boquilla por la acción giratoria del tornillo sin fin. El tornillo sin fin va conectado al eje del motor, por lo que la velocidad de entrada del filamento a la boquilla depende del par y la velocidad que tenga el motor. Este tipo de configuración provee mayor par que el engranaje, pues hay mayor número de dientes en contacto con el filamento, pero se necesita un diseño especial para poder soportar el motor en posición vertical, además de un rediseño del programa de control para que reconozca el uso de un tornillo sin fin.



Ilustración 37 – Vista de un tornillo sin fin



Ilustración 38 – Mecanismo para el tornillo de potencia

Para decidir qué solución escoger, se decide realizar un análisis de valores (Tabla 18). Se toma como referencia el engranaje, y se aplica +1 si el peso es menor, la complejidad del mecanismo es menor, y si el tamaño del conjunto es menor. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al engranaje en estas características. Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Peso -> 2; Muy importante
- Complejidad -> 1; Importante
- Tamaño -> 1.5; Bastante importante

Características / Tipo de mecanismo	Peso	Complejidad	Tamaño	TOTAL
Engranaje	0	0	0	0
Tornillo sin fin	-2	-1	-1.5	-4.5

Tabla 18 – Análisis de valor del tipo de mecanismo para extruir el filamento

Sopesando las ventajas e inconvenientes de cada configuración, se elige el uso de un engranaje conectado a un motor, y ayudado por una guía tensada con un muelle para el suministro de filamento desde la bobina a la boquilla, pues es la configuración que menor complejidad de diseño tiene, además de que no hay que modificar el software de control.

7.2.11 Boquilla

Conocido en inglés como “hotend”, es la pieza más importante de la impresora pues dependiendo del tipo de boquilla, el material de la boquilla y el diámetro, las impresiones serán más o menos precisas. Los hotends 100% de metal (All metal en inglés) son los que aportan mayores calidades de impresión, pues se pueden alcanzar temperaturas muy altas para trabajar materiales como el Policarbonato o el Nylon, además de soportar largos períodos de impresión en PLA o ABS sin la preocupación de estropear las partes internas de Teflón.

Los agujeros de la boquilla varían desde 0.1 – 0.5 mm. Agujeros más pequeños permiten imprimir detalles más pequeños, pero se incrementan los tiempos de impresión y la dificultad de configuración.

En la boquilla se encuentran el calentador y el termistor. El calentador sirve para incrementar la temperatura de la boquilla hasta la necesaria para fundir el material que se vaya a utilizar, por lo que el cableado de este elemento debe hacerse de forma segura para evitar problemas futuros. Respecto al termistor, es el encargado de medir la temperatura de la boquilla y mandar la señal a la placa base para que regule la potencia con la que el calentador debe funcionar. Ambos elementos deben escogerse teniendo en cuenta que deben soportar altas temperaturas (sobre todo el termistor) y largos tiempos de operación, pues una impresión puede durar días, y estos dos elementos están trabajando durante todo el tiempo.

Como se ha comentado, los componentes estarán trabajando durante largos periodos de tiempo, por lo que es recomendable aislarlos térmicamente, para que por una parte el calentador no tenga que estar funcionando al 100% todo el tiempo, y para que el termistor de unas lecturas lo más correctas posibles. Para esta función se utiliza la cinta Kapton, pues por sus características químicas, esta cinta soporta altas cargas de trabajo a altas temperaturas durante un largo periodo. En la unión entre la punta de la boquilla y donde van alojados los componentes se utiliza una cinta de PTFE (comúnmente conocido como Teflón) para asegurar una selladura estanca, y que el filamento no salga por ninguna junta.

Para prevenir los atascos se utiliza un disipador y un ventilador, cuya función es mantener el filamento que está entrando en el conducto de la boquilla lo más parecido posible a su estado en la bobina, pues si en este punto la temperatura aumenta, el filamento se vuelve blando y se producen atascos a la entrada de la boquilla.

Destacar también que, en el tramo del conducto a la boquilla, el filamento es conducido a través de un tubo de PTFE para asegurar que no pierde sus propiedades químicas antes de llegar a la boquilla. Este tubo de PTFE sólo se encuentra en las boquillas tipo MK8 y J-head, las boquillas All-metal no tienen el tubo de PTFE. Ilustración 40 e Ilustración 41.

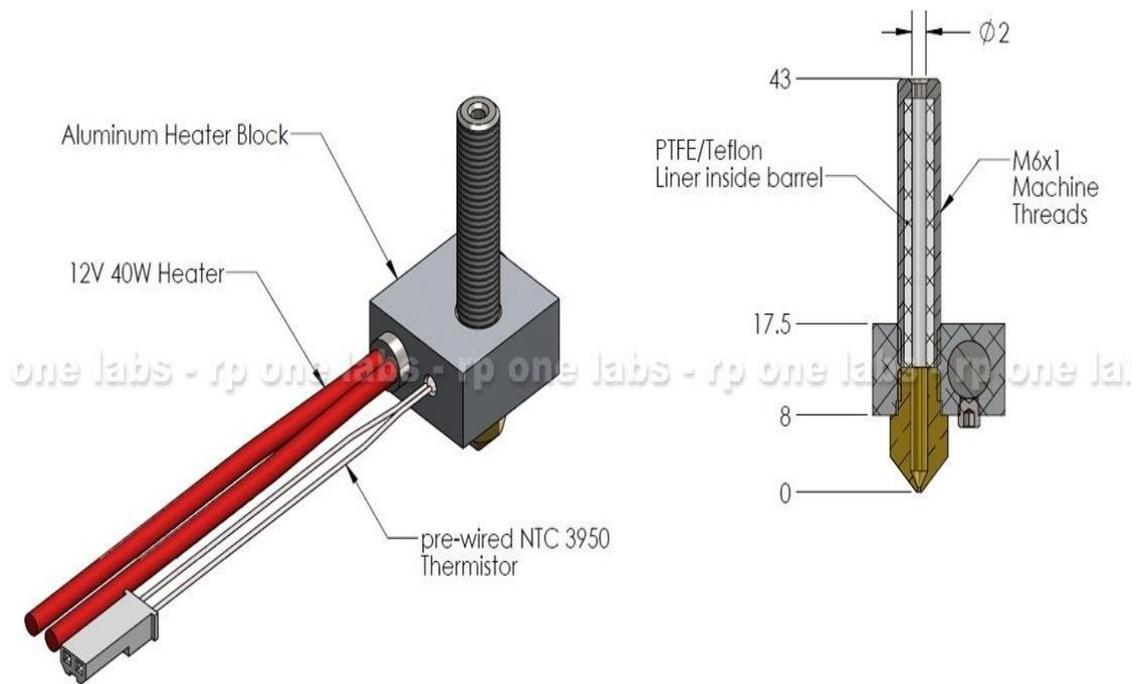


Ilustración 40 - Despiece boquilla, donde se aprecia el uso de PTFE dentro del tubo (Tipo MK8 y J-Head)

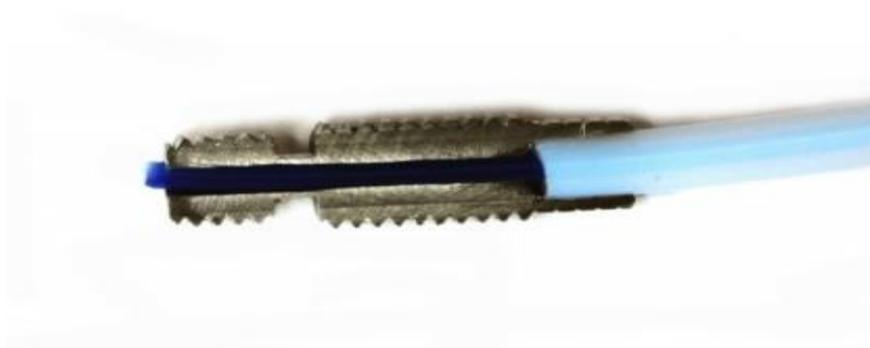


Ilustración 41 - Detalle del conducto All-Metal sin tubo PTFE

En la Ilustración 42 se pueden observar los distintos tipos de boquillas que se van a analizar.



Ilustración 42 – Boquilla MK8, Boquilla J-Head , Boquilla All-metal

Para elegir qué tipo de boquilla se va a utilizar, se realiza un análisis de valores (Tabla 19). Se toma como referencia la boquilla mk8, y se aplica +1 si tiene menos obstrucciones, si se pueden conseguir más horas de uso, y si el tamaño es menor. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora a la boquilla mk8 en estas características. Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Obstrucción -> 2; Muy importante
- Horas de uso -> 1; Bastante importante
- Tamaño -> 0.5; Poco importante

Características / Tipo de boquilla	Obstrucción	Horas de uso	Tamaño	TOTAL
Boquilla mk8	0	0	0	0
Boquilla J-head	0	+1	-0.5	+0.5
Boquilla All-metal	+2	+1	-0.5	+2.5

Tabla 19 – Análisis de valor del tipo de boquilla a emplear

Dado que el diseño de este componente es de una dificultad elevada, y que se puede encontrar por un precio bajo, se decide escoger una boquilla tipo All-metal, con un diámetro del agujero de la boquilla de 0.3 mm. Destacar que debido a que se va a utilizar un extrusor tipo bowden, la boquilla deberá incorporar un acople para sujetar el tubo bowden. Ilustración 43



Ilustración 43 – Acople para extrusor tipo bowden

7.2.12 Plataforma de impresión

Dado que una de las finalidades de este proyecto es imprimir con material ABS, se precisa de una plataforma de impresión que sea calefactable, o como se llama en el mundo de la impresión 3D, de cama caliente. El uso de la cama caliente, además de permitir imprimir con ABS, mejora la adherencia de la pieza a la plataforma de impresión, por lo que se consiguen mejores acabados y un mejor control dimensional de la pieza, pues se minimizan muchos fallos de impresión, como el warping y que la pieza no se pegue correctamente.

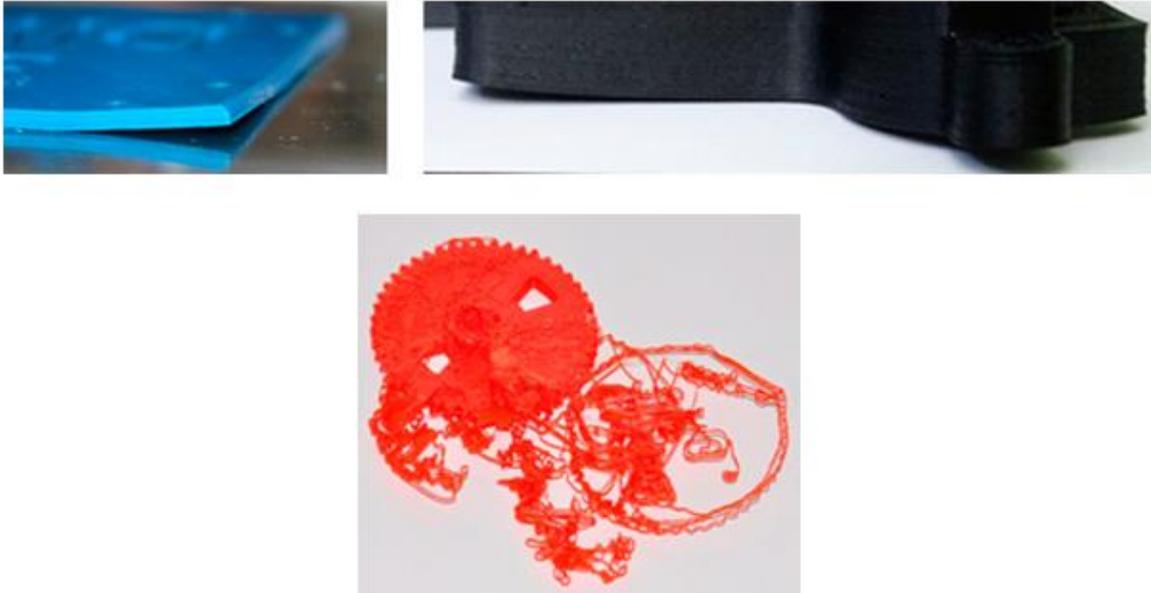


Ilustración 44 – Problemas comunes al no utilizar cama caliente

En el mercado hay diversas alternativas en cuanto a plataformas de impresión calefactoras:

-PCB: es una placa de circuito impreso (en inglés Printed Circuit Board), la cual tiene unas pistas de cobre que hacen de resistencia, y cuando pasa una corriente eléctrica a través de estas pistas, hace que la temperatura aumente. Encima de estas pistas hay una base no conductora, normalmente de silicona. Este es el diseño que más se utiliza en la actualidad. Ilustración 45, arriba a la izquierda.

-Cama de aluminio: en este caso, se trata de una plataforma de aluminio que en su parte baja tiene resistencias cerámicas. Este tipo de cama no distribuye la temperatura de forma tan uniforme como la placa PCB. Ilustración 45, arriba a la derecha.

-Cama de silicona: el concepto es el mismo que la cama caliente de aluminio, solo que la superficie donde van alojadas las resistencias es de silicona, por lo que el problema de distribución de temperatura es el mismo. Ilustración 45, abajo.

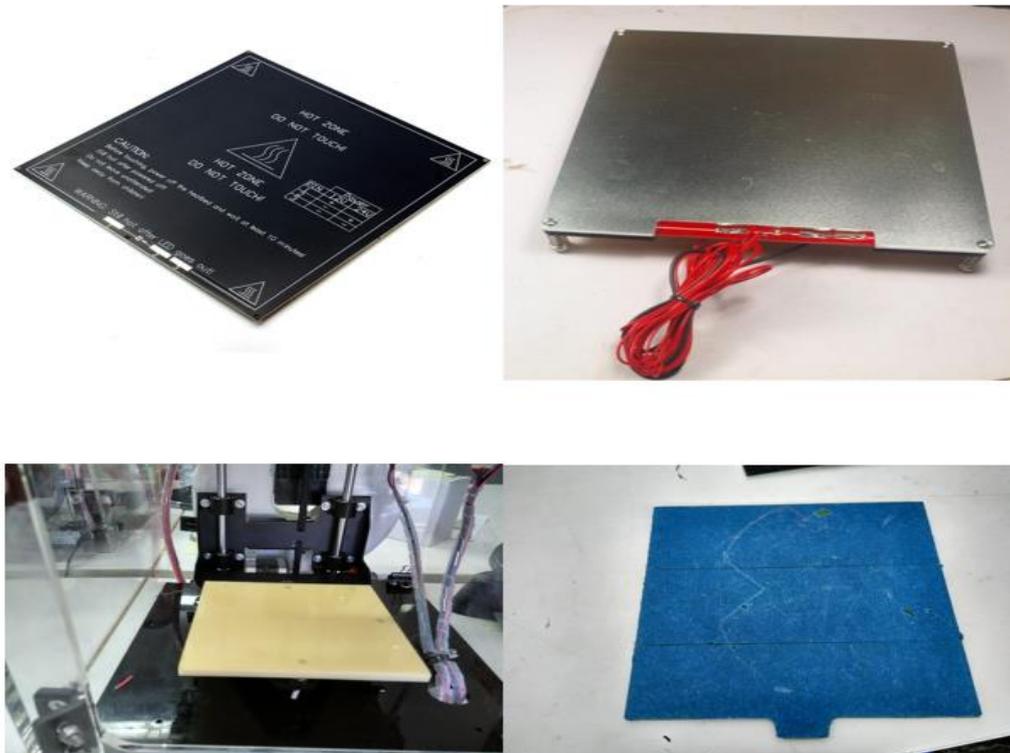


Ilustración 45 – De izquierda a derecha y de arriba abajo. Plataforma PCB, cama de Aluminio y cama de silicona

Se realiza para la elección de la mejor solución un análisis de valores (Tabla 20). Se toma como referencia la cama PCB, y se aplica +1 si el peso es menor, si la distribución del calor es mejor, si tiene menor precio y si su vida útil es mayor. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora a la cama PCB en estas características. Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Peso -> 1.5; Bastante importante
- Distribución del calor -> 2; Muy importante
- Precio -> 1; Importante
- Vida útil -> 0.5; Poco importante

Características / Tipo de cama	Peso	Distribución del calor	Precio	Vida útil	TOTAL
Cama PCB	0	0	0	0	0
Cama aluminio	-1.5	-2	-1	0	-4.5
Cama silicona	0	-2	+1	-0.5	-1.5

Tabla 20 – Análisis de valor del tipo de cama a utilizar

Según los resultados del análisis de valores (Tabla 20), se opta por la elección de la placa PCB como plataforma de impresión.

7.2.13 Deposición del filamento extruido

Con el fin de conservar la plataforma de impresión y alargar su vida útil, además de hacer más fácil la extracción de la pieza una vez finalizada la impresión, en lugar de que la impresión se realice sobre la placa de PCB, la impresión se debe realizar sobre una superficie que pueda ser removida con facilidad y que sea lo más lisa posible. En el mercado sólo existe una opción, y es el uso de un vidrio. Después este vidrio puede ser tratado con materiales químicos para que el filamento se adhiera con mayor facilidad, como pueden ser lacas o adhesivos. Existe otra opción que es el uso de cinta de carroceros.

Para este proyecto se elige un vidrio que lleva ya un recubrimiento especial para que el filamento se adhiera correctamente, y que permite unas 500 impresiones en el mismo lugar. Ilustración 46

Para la sujeción entre el vidrio y la placa PCB se opta por utilizar unos clips y así evitar el movimiento del vidrio durante la impresión. Ilustración 47.

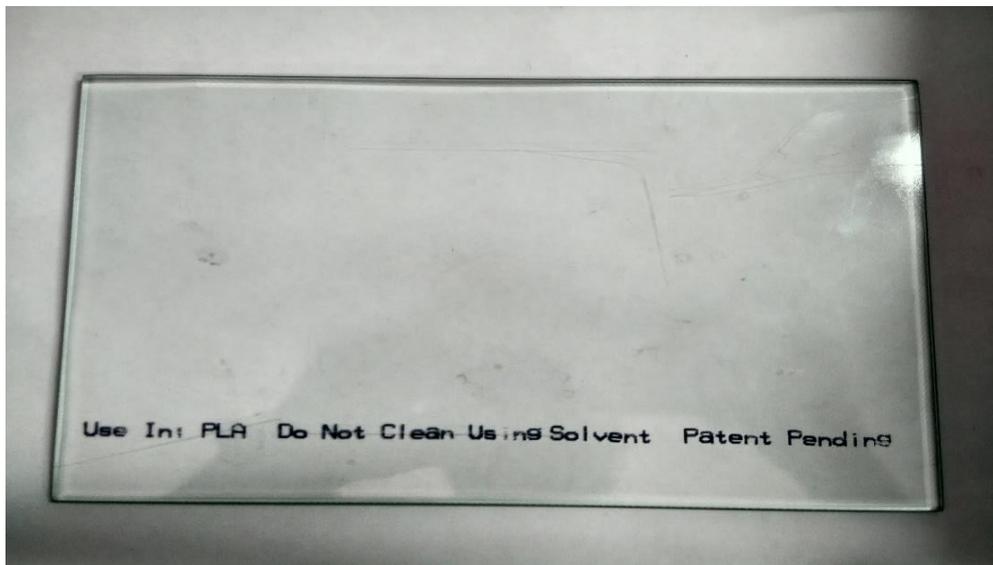


Ilustración 46 – Cristal de impresión de borosilicato, con recubrimiento especial



Ilustración 47 – Clip para sujetar el cristal de impresión

7.2.14 Mecanismo para desplazar el extrusor por el área de impresión y mecanismo para desplazar la plataforma de impresión.

La elección del sistema de movimiento es de gran importancia pues de él dependerá en gran parte la precisión de las piezas, el peso del conjunto, la facilidad de mantenimiento, el tipo de motor necesario y la cantidad necesaria de motores

Dado que en un apartado anterior se ha decidido la configuración de los ejes, la elección del sistema de movimiento debe ser acorde a esta configuración.

Los sistemas de transmisión de movimientos más usados en son los siguientes:

Opción 1: Transmisión por correas

Los sistemas de transmisión de poleas y correas se emplean para transmitir la potencia mecánica proporcionada por el eje del motor entre dos ejes separados entre sí por una cierta distancia. La transmisión del movimiento por correas se debe al rozamiento de éstas sobre las poleas, de manera que ello sólo será posible cuando el movimiento rotórico y de torsión que se ha de transmitir entre ejes sea inferior a la fuerza de rozamiento.

Las correas son cintas cerradas de cuero y otros materiales que se emplean para transmitir movimiento de rotación entres dos ejes generalmente paralelos. Pueden ser de forma plana, redonda, trapezoidal o dentada. Este sistema se emplea cuando no se requiere transmitir grandes potencias de un eje a otro. Ilustración 48

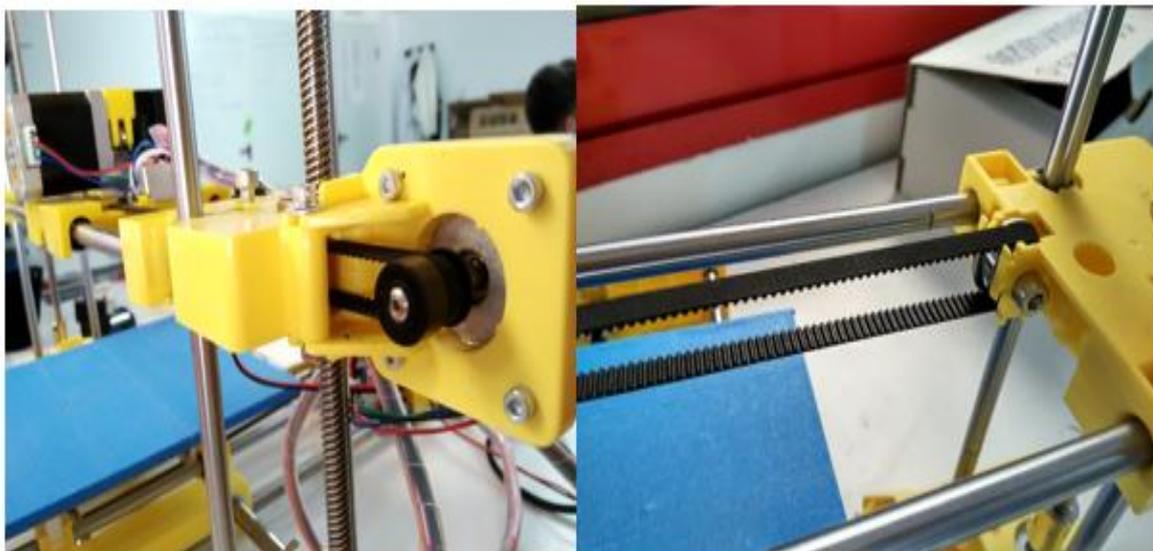


Ilustración 48 – Transmisión por correas dentadas

Su principal inconveniente es el resbalamiento de la correa sobre la polea, lo que produce pérdidas considerables de potencia; sobre todo en el arranque. Para evitar esto parcialmente se puede utilizar una correa dentada, que aumenta la sujeción.

Otra inconveniente del uso de correas es que para evitar que las correas se salgan de las poleas, será necesario que las primeras se mantengan lo suficientemente tensas como para que sean capaces de transmitir la máxima potencia entre ejes sin llegar a salirse ni romperse. Para evitar este problema se emplean a veces rodillos tensores, los cuales ejercen sobre las correas la presión necesaria para mantenerlas en tensión. Además, sufren un mayor deterioro, pues los factores ambientales como la luz, el calor o la humedad degradan las correas. Por otro lado, para su correcto funcionamiento es preciso que haya una buena alineación entre los ejes

Como aspectos positivos se pueden encontrar que tienen un rendimiento elevado (0.98), son silenciosas y el mantenimiento que necesitan es mínimo, pues no necesitan lubricación. Así mismo, permiten alcanzar grandes velocidades.

Opción 2: Transmisión por cadena

Este sistema de transmisión está formado por una cadena, una rueda conductora y una rueda conducida. La vida útil de este sistema de transmisión es muy elevada, más que la transmisión por correas, también permiten transmitir grandes cantidades de potencia entre ejes que estén distanciados. Por el contrario, requiere un mantenimiento más elevado, es más ruidosa y el coste es más elevado. Así mismo, el peso de este sistema de transmisión es más elevado que el de la transmisión por correa. Ilustración 49



Ilustración 49 – Transmisión por cadena

Opción 3: Tornillo de potencia

Los tornillos de potencia son una de las formas de materializar un par cinemático helicoidal o de tornillo, constando de dos piezas, un tornillo o husillo y una tuerca, entre las cuales existe un movimiento relativo de traslación y rotación simultáneas respecto al mismo eje. Los movimientos de rotación y traslación están relacionados por el paso de rosca del tornillo. Gracias a ello los tornillos de potencia son mecanismos de transmisión capaces de transformar un movimiento de rotación en otro rectilíneo y transmitir potencia. En las imágenes siguientes se muestra un tornillo de potencia con tuerca de poliuretano y un detalle de una tuerca con la parte externa de acero y la interna de bronce, para un menor rozamiento. Ilustración 50

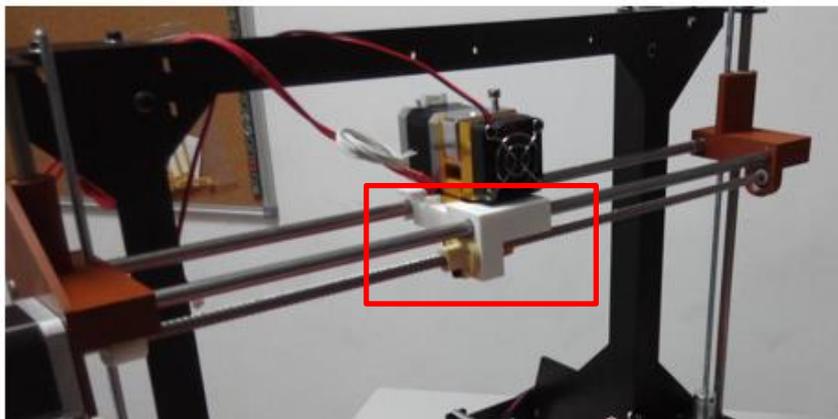


Ilustración 50 – Transmisión por tornillo de potencia

Este sistema se utiliza para la realización de grandes fuerzas y el levantamiento de pesos, pero su eficiencia es muy baja (0.3) y el peso comparado con las poleas es mucho mayor, aunque permite mayores precisiones.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se decide que para realizar el movimiento de la plataforma y en el eje X, se utilizará la configuración de transmisión por correa dentada, pues el peso es menor comparado con el tornillo de potencia, su eficiencia es más elevada, y permite alcanzar grandes velocidades. Mientras, para el eje Z, se utilizará el tornillo de potencia, pues es donde se necesita mayor precisión, y no se requieren altas velocidades.

7.2.15 Guiado del extrusor y la plataforma de impresión

Una vez seleccionado el mecanismo de transmisión de potencia, es necesario seleccionar el tipo de guías que se van a utilizar. En el mercado hay dos tipos de guías lineales, de riel redondo y de riel cuadrado:

-Guías con riel redondo: tienen un menor coste, una mayor ligereza, y un menor coeficiente de fricción, lo que permite utilizar menor fuerza para desplazar el objeto por el rail y mayores velocidades. Si se utilizan para aplicaciones de mucha carga, se pueden tener casos de deflexión importantes. Ilustración 51



Ilustración 51 – Guías de riel redondo

-Guías con riel cuadrado: son más rígidos y compactos, por lo que tienen una menor deflexión en el punto medio, lo que aporta mayor precisión, pero son más caros y les afectan más los contaminantes externos, además el soporte donde debe ir montado debe ser rígido. Ilustración 52



Ilustración 52 – Guías de riel cuadrado

Se procede a elegir un sistema de guiado por medio de un análisis de valores (Tabla 21). Se toma como referencia el riel redondo, y se aplica +1 si el peso es menor, si su coste es menor, y si permite mayores velocidades de desplazamiento. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al riel redondo en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Peso -> 0.5; Poco importante
- Coste -> 2; Muy importante
- Velocidad de desplazamiento -> 1; Importante

Se presenta a continuación la tabla con el análisis de valores realizado para elegir el tipo de riel que se debe utilizar en la impresora.

Características / Tipo de riel	Peso	Coste	Velocidad de desplazamiento	TOTAL
Riel redondo	0	0	0	0
Riel cuadrado	-0.5	-2	-1	-3.5

Tabla 21 – Análisis de valor del tipo de riel a emplear

Expuestos ambos sistemas y teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno, se opta por elegir el sistema de guiado con perfil circular, pues las cargas que se van a tener son de poca importancia (la boquilla más el soporte pesa 150 gr aproximadamente), además de que son necesarias velocidades grandes, incapaces de conseguirse con un sistema de guiado cuadrado.

7.2.16 Rodamientos y cojinetes a utilizar

El rodamiento es un elemento mecánico que se coloca entre dos partes (una o las dos móviles) y permite un movimiento de rotación/traslación entre ambas, con un coeficiente de rozamiento bajo. En función del tipo de elemento rodante que incorpora, y por tanto el tipo de movimiento que puede efectuar se clasifican en: rodamientos de bolas, de rodillos y de agujas.

-Rodamiento de bolas: capaces de operar en altas e incluso muy altas velocidades y requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Estas características, unidas a su ventaja de precio, conllevan que sean los rodamientos más utilizados. Dichos rodamientos son capaces de soportar grandes cargas radiales y menores empujes axiales. Ilustración 53



Ilustración 53 – Rodamiento de bolas

-Rodamiento de rodillos: el rodamiento de rodillos cónicos, debido a la posición oblicua de los rodillos y caminos de rodadura, es especialmente adecuado para resistir cargas radiales y axiales simultáneas. Ilustración 54



Ilustración 54 – Rodamiento de rodillos

-Rodamiento de agujas: son rodamientos con rodillos cilíndricos muy delgados y largos en relación con su menor diámetro. A pesar de su pequeña sección, estos rodamientos tienen una gran capacidad de carga y son eminentemente apropiados para las aplicaciones donde el espacio radial es limitado. Ilustración 55



Ilustración 55 – Rodamiento de agujas

Dado que el movimiento que se va a efectuar en el sistema de guiado es de traslación, se va a seleccionar un rodamiento de bolas. Para el caso que se estudia aquí, es recomendable utilizar un rodamiento de bolas lineal con recirculación y que sean con lubricación periódica, como el que se muestra en la Ilustración 56.

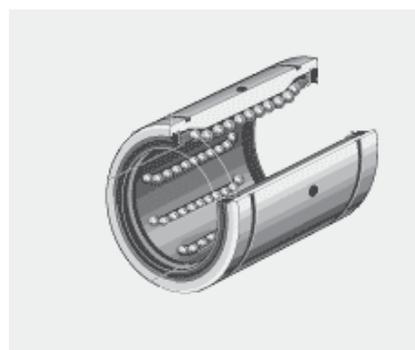


Ilustración 56 – Rodamiento de bolas lineal

En cuanto a la unión entre la estructura y la polea, aquí también será necesario el empleo de rodamientos para permitir el juego entre la correa y la polea. Para este requerimiento, dado que no se necesitan grandes capacidades de carga, que sean de poco mantenimiento y de coste bajo, se eligen los rodamientos de bolas. Ilustración 57



Ilustración 57 – Rodamientos a utilizar en las uniones entre estructura y polea

7.2.17 Motores

La elección del motor es una de las etapas más importantes, pues se necesita de un motor que tenga un consumo eléctrico adecuado, que tenga una relación de par elevado respecto al tamaño del motor, que sea fácil de controlar electrónicamente, que tenga precisión en sus movimientos y que su velocidad de rotación sea baja, pues estos motores están destinados a convertir un movimiento de rotación en un movimiento lineal. Se presentan en la Ilustración 58 los diversos tipos de motores que hay en el mercado.

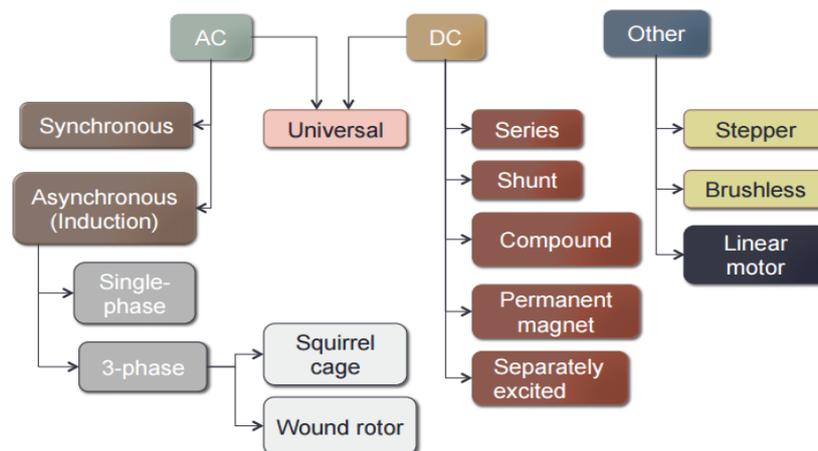


Ilustración 58 – Motores que se pueden encontrar en el mercado actual

Los motores de corriente alterna (AC) están enfocados para usos industriales y tienen gran cantidad de potencia, por lo que no se van a exponer los tipos que hay. En cuanto a los motores de corriente continua (DC) dado que es necesario un control de bucle cerrado para controlarlos, y que requieren un mantenimiento porque por su configuración necesitan unas escobillas para transmitir la corriente al rotor también son descartados.

- **Motores paso a paso:** es un tipo de motor de corriente continua sin escobillas en el que los electroimanes del estator tienen una secuencia de encendido / apagado de manera ordenada, haciendo que el rotor dentado gire hasta alcanzar un ángulo fijo (paso, en función del número de dientes) para cada secuencia. Se necesita un control electrónico para enviar la secuencia al estator. Estos motores tienen una gran precisión y una buena regulación de la velocidad, además funcionan en bucle abierto, por lo que no precisan de un controlador especial para controlar la posición del rotor respecto al estator. Ilustración 59

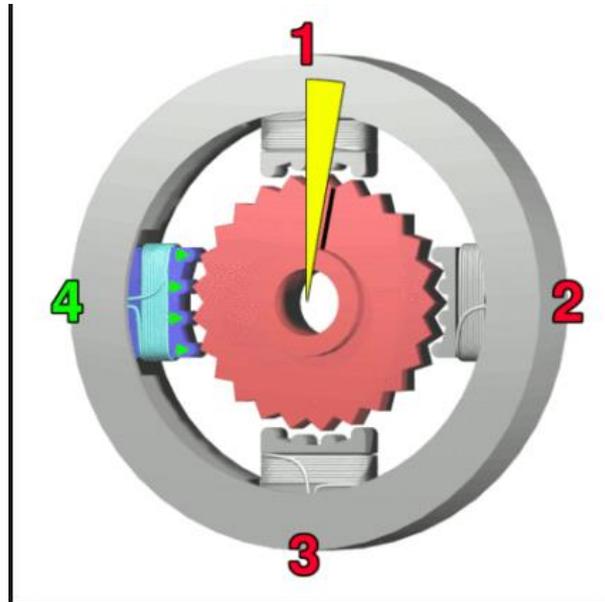


Ilustración 59 – Esquema pasos de un motor paso a paso

En los motores paso a paso, se distinguen 3 tipos desde el punto de vista de su construcción: los de reluctancia variable, los de imán permanente, y los híbridos.

- Reluctancia variable: su rotor está fabricado por un cilindro de hierro dentado y el estator está formado por bobinas. Este tipo de motor trabaja a mayor velocidad que los de imán permanente.
- Imán permanente: su rotor es un imán que posee una ranura en toda su longitud y el estator está formado por una serie de bobinas enrolladas alrededor de un núcleo o polo. Son los más sencillos de utilizar.
- Híbridos: son una combinación de los anteriores, logrando un alto rendimiento a una buena velocidad.

Una vez vistos los distintos tipos de motores paso a paso desde el punto de vista físico, se debe hacer una distinción en función de la forma de conexión y excitación de las bobinas del estator. Existen 2 tipos

- Unipolares
- Bipolares.

A diferencia de los unipolares que son más sencillos de utilizar, en los bipolares su dificultad reside en el control de la alimentación y el cambio de polaridad.

- **Motores sin escobillas:** estos motores son de corriente continua, tienen un devanado en el estator y un rotor sin escobillas. Utilizan la electrónica para modificar la entrada de corriente continua en corriente variable a los devanados del estator. Tienen sensores que se utilizan para conocer la posición del rotor con respecto al estator. Las ventajas de este tipo de motores son la versatilidad en el control de velocidad y par motor (aplicaciones donde se necesite gran control de la posición, por lo que utilizan un bucle cerrado), menos mantenimiento, una mayor eficiencia (85-90%) a diferentes velocidades y un mayor par en relación al peso. Ilustración 60

SIDE BY SIDE COMPARISON

Comparing the DYNALYT Brushless motor to a standard motor.



Ilustración 60 – Motores sin escobillas

- **Motores lineales:** su funcionamiento es similar a los motores sin escobillas, solo que tienen una configuración lineal en lugar de circular, pueden obtenerse altas precisiones y velocidades, además de grandes fuerzas, pero no se pueden utilizar para movimientos verticales además de tener un coste muy elevado. Ilustración 61

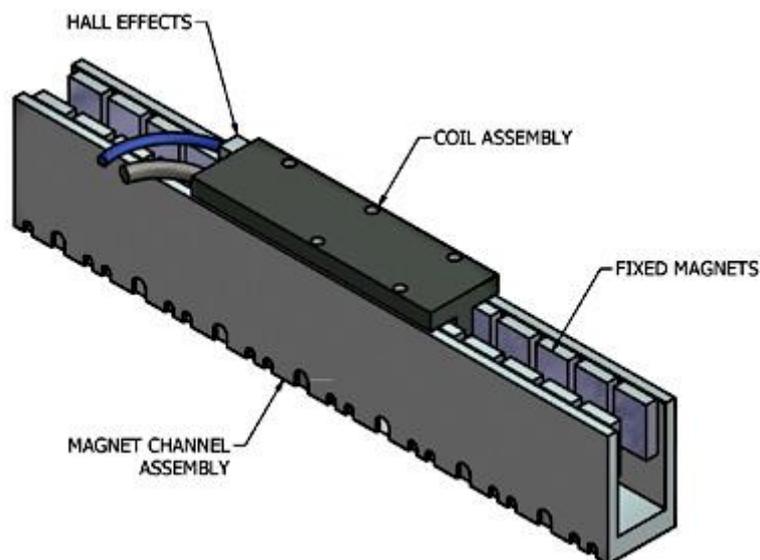


Ilustración 61 – Motores lineales

Para escoger el motor más adecuado, se procede a realizar un análisis de valores (Tabla 22). Se toma como referencia el motor paso a paso, y se aplica +1 si el peso es menor, si el coste es menor, si no requiere de un sistema de control, si tiene mayor precisión de movimientos y si permite el desplazamiento vertical. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al motor paso a paso en estas características. Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Peso -> 1.5; Bastante importante
- Coste -> 2; Muy importante
- Sistema de control -> 1; Importante
- Precisión -> 0.5; Poco importante
- Desplazamiento en vertical -> 1; Importante

Características / Tipo de motor	Peso	Coste	Sistema de control	Precisión	Desplazamiento en vertical	TOTAL
Motor paso a paso	0	0	0	0	0	0
Motor sin escobillas	-1.5	-2	-1	+0.5	0	-4
Motor lineal	0	-2	0	+0.5	-1	-2.5

Tabla 22 – Análisis de valor del tipo de motores a emplear

Teniendo en cuenta toda la información expuesta anteriormente, el motor que se escoge es un motor paso a paso (Ilustración 62). De entre todos los tipos de motores paso a paso, se elige el de imán permanente bipolar, pues, aunque se ha comentado que es más complicado de controlar, la placa de control se encarga de este proceso. El motor más compacto y que produce un mayor par es el motor NEMA 17, ampliamente utilizado en impresoras 3D y máquinas CNC.

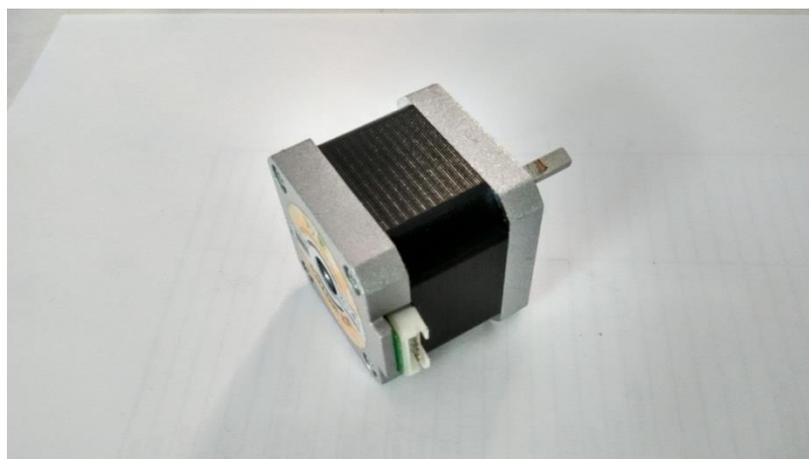


Ilustración 62 – Motor NEMA 17

7.2.18 Sistema de control

Toda impresora 3D debe de tener un sistema que se encargue de dirigir y regular todos los componentes que necesitan alimentación. En una impresora 3D, así como en cualquier máquina industrial se pueden encontrar dos tipos de sistemas de control; sistema de bucle abierto y sistemas de bucle cerrado. Para elegir qué sistema de control se utilizará en los elementos importantes de la impresora, se tiene que conocer primero cada sistema.

Sistema de bucle cerrado: en un sistema con bucle cerrado, la salida del sistema tiene un efecto directo sobre el control del mismo, por lo que cualquier diferencia entre la entrada de información al sistema y la salida de información del sistema será detectada por el controlador.

Sistema de bucle abierto: en este tipo de sistemas la salida no tiene ningún efecto sobre la entrada de información al sistema, por lo que, si hay alguna diferencia entre la entrada y la salida, el sistema no detectará nada y pese a no estar cumpliendo con los requisitos establecidos, el sistema seguirá funcionando.

Sistemas de control

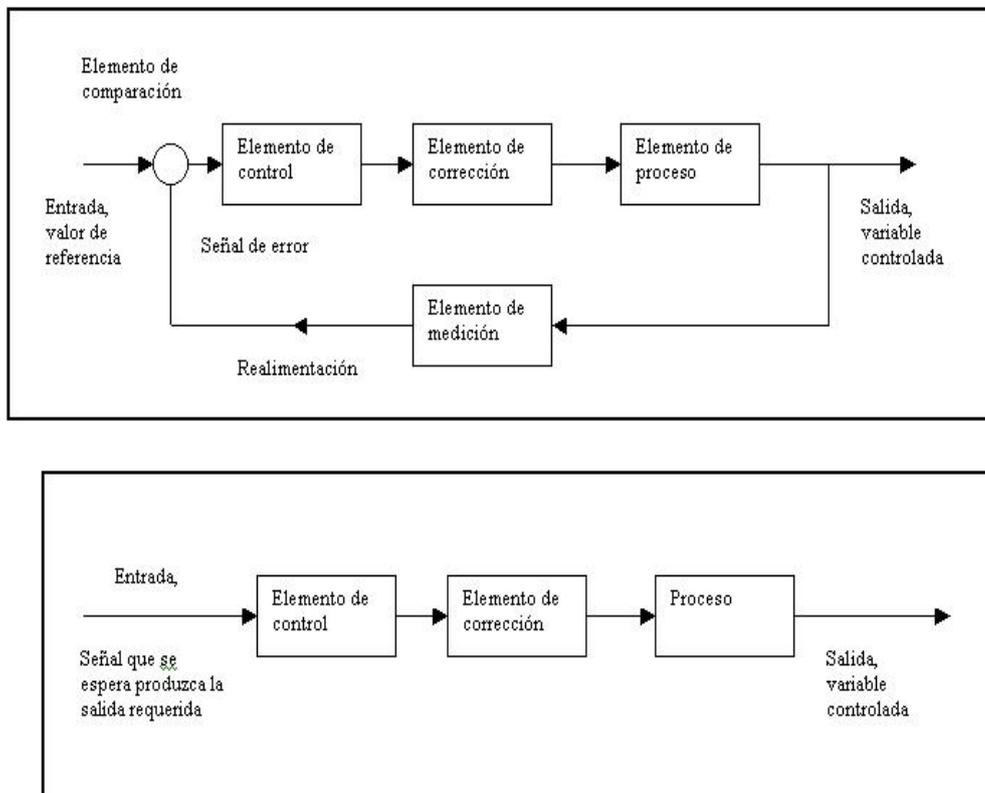


Ilustración 63 – Arriba sistema de control de bucle cerrado, abajo sistema de control de bucle abierto

Por lo tanto, visto que funciones tiene cada sistema, se detalla qué sistema se va a utilizar para controlar cada elemento.

1. Motores paso a paso: por su configuración, los motores utilizarán un sistema de bucle abierto, pues el controlador manda una señal al motor, y éste gira un ángulo determinado.
2. El sensor de temperatura de la plataforma de impresión y del extrusor utiliza un sistema de bucle cerrado, debido a que es necesario conocer la temperatura a la que se está calentando y para que no se supere en ningún momento una temperatura límite, pues podría dañar algún elemento si no se tiene controlada. Si existe diferencia entre la información que llega del sensor y la temperatura que ha fijado el usuario, el controlador mantendrá el proceso activo hasta que se llegue al valor fijado. Si fuese un sistema de lazo abierto el proceso se mantendría activo el tiempo que estuviera prefijado, independientemente de si se hubiese alcanzado la temperatura objetivo o no. La regulación de temperatura la hace la placa de control, por medio de un regulador PID que tiene programado en su interior y que funciona muy bien, llegando a estabilizar la temperatura con variaciones de 1°C.

7.2.19 Componentes electrónicos de control

Para poder controlar electrónicamente una impresora 3D se necesitan una serie de componentes, los cuales se encargan de transformar señales digitales en órdenes, o información del exterior en señales digitales. Los componentes necesarios son:

Placa de control: La placa Arduino es una placa capacitada para controlar todos los procesos de la impresora, para una impresora 3D se suele emplear un Arduino Mega 2560, debido a que tanto por la extensión del programa que se le carga, como por la gran cantidad de entradas / salidas que se necesitan no se podría hacer con otra placa Arduino. La placa Arduino puede funcionar de dos maneras, recibiendo y ejecutando la información que le llega directamente del ordenador a través del puerto USB ó de manera autónoma leyendo los datos que le carguemos en la pantalla mediante la tarjeta SD. Ilustración 64

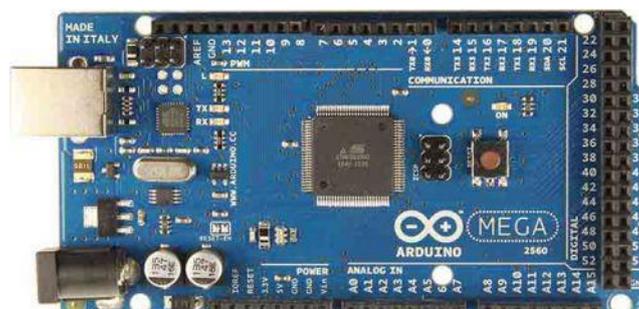


Ilustración 64 - Arduino MEGA 2560

Todo esto también se podría conseguir implementando los diseños que las comunidades DIY han creado, pero no se podría garantizar la calidad de la placa, pues si hubiera una conexión mal hecha, provocaría un fallo en todo el circuito.

Controlador de potencia: conectar los motores, termistores, calentadores, finales de carrera y la pantalla LCD a la placa de control Arduino es imposible, por lo que es necesario una RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield), que es una placa adicional la cual va conectada a la placa Arduino y se encarga de controlar los elementos de potencia sin dañar el Arduino. El controlador de potencia más utilizado en impresoras 3D es la RAMP 1.4, por lo que está más que probada su compatibilidad y versatilidad. Esta RAMP permite conectar hasta dos boquillas, por si en un futuro el usuario decidiera hacer unas mejoras en su impresora 3D. Ilustración 65

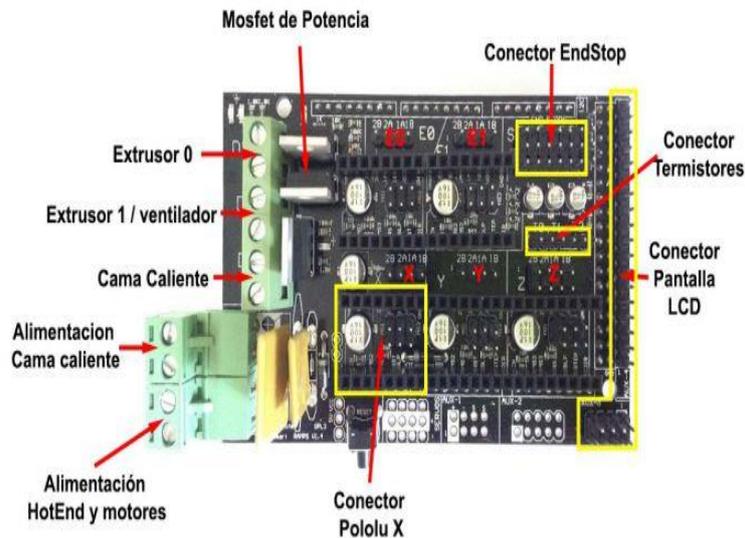


Ilustración 65 – Controlador de potencia

Potenciómetros: son necesarios para variar y regular la corriente del motor, ya que cada motor necesitará una corriente distinta, pues no todos tendrán que mover la misma carga. Ilustración 66



Ilustración 66 - Potenciómetros

Se necesitarán tantos potenciómetros como motores vaya a tener la impresora, y estos van conectados a la placa RAMP, que a su vez va conectada a la placa Arduino.

Otra opción es dotar a la impresora de un sistema de control que englobe todos estos componentes a la vez, pues ofrece protección contra cortocircuito y sobrecargas, más entradas y salidas de las que puede ofrecer la placa Arduino Mega 2560 junto con la RAMPS. Viene con el software Marlin precargado, así mismo, no es necesario estar regulando los potenciómetros para controlar correctamente los motores. También dispone de lector de tarjetas microSD para posibilitar la impresión de forma autónoma. Ilustración 67



Ilustración 67 – Placa LionHeart

Se toma como referencia la placa de control Arduino, y se aplica +1 si el precio es menor, si la complejidad de montaje es menor, si tiene precargado el software y si incluye lector de tarjetas. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora a la placa de control Arduino en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Precio -> 1; Importante
- Complejidad de montaje -> 2; Muy importante
- Software precargado -> 1.5; Bastante importante
- Lector de tarjetas -> 0.5; Poco importante

Características / Placa de control	Precio	Complejidad de montaje	Software precargado	Lector de tarjetas	TOTAL
Arduino + RAMPS	0	0	0	0	0
Placa LionHeart	-1	+2	+1.5	+0.5	+3

Tabla 23 – Análisis de valor del tipo de placa de control

Observando el análisis de valores de la Tabla 23, se escoge la placa LionHeart.

Sensores de proximidad: son los elementos necesarios para que el extrusor se mueva dentro de la plataforma de impresión. Van a indicar a la impresora donde está el punto 0,0,0 y conociendo el punto de partida, sólo hay que indicarle a la impresora mediante el archivo Gcode cuanto se debe de mover en cada dirección para crear la pieza. Se necesitarán tres sensores, uno para cada eje de la impresora. En el mercado se pueden encontrar diversos sensores de proximidad, los cuales pueden ser clasificados en dos grupos:

- **Sensores de proximidad con contacto:** son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Estos sensores tienen un número de ciclos limitado (unos 10 millones de ciclos), además de requerir un contacto directo para enviar la señal, por lo que según en qué diseños no es posible implementarlos. En la Ilustración 68 se muestra un final de carrera, que es el sensor de proximidad por contacto más utilizado.
- **Sensores de proximidad sin contacto:** estos dispositivos no requieren de un contacto directo para detectar objetos o procesos, por lo que se puede estimar que tienen un número de ciclos ilimitado. En el mercado hay varios dispositivos, aunque la forma de detectar los objetos es diferente.
 - **Capacitivos:** se utiliza para detectar objetos no ferrosos, con un rango de distancias entre 1 mm y 30 mm. Ilustración 69
 - **Inductivos:** se utiliza para detectar objetos ferrosos, con un rango de distancias entre 1 mm y 30 mm. Ilustración 71
 - **Fotoeléctricos:** buenos para detectar pequeños objetos entre dos puntos con una larga distancia entre ellos, el objeto debe ser opaco y con una forma determinada (para que pueda reflejar la luz emitida por el sensor). Ilustración 70
 - **Ultrasónicos:** con un alcance mínimo y máximo de precisión de 6 mm. El problema que presentan estos dispositivos son las zonas ciegas y las falsas alarmas. La zona ciega es la zona comprendida entre el lado sensible del detector y el alcance mínimo en el que ningún objeto puede detectarse de forma fiable. Ilustración 72
 - **Magnéticos:** ideal para la detección de objetos en rangos de temperaturas elevados, además detectan imanes permanentes a través de materiales no ferrosos. Ilustración 73

A continuación, se muestran las ilustraciones de los distintos tipos de sensores que se han citado anteriormente.

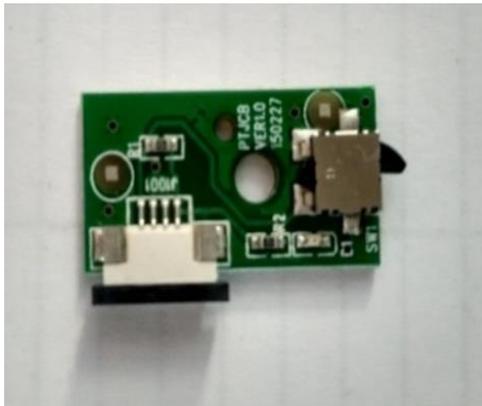


Ilustración 68 – Sensor por contacto

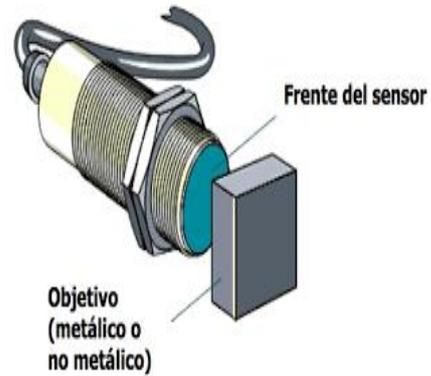


Ilustración 69 – Sensor capacitivo

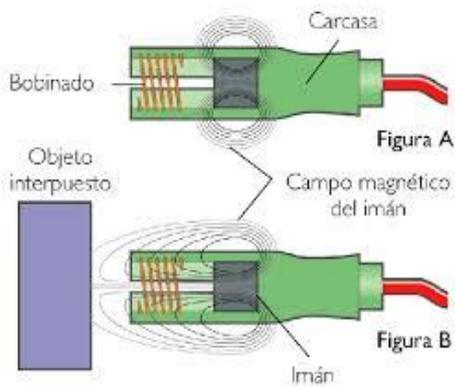
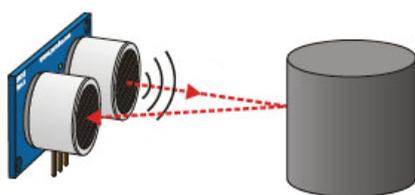


Ilustración 71 – Sensor inductivo



Ilustración 70 – Sensor fotoeléctrico



$$\text{Tiempo} = 2 \cdot (\text{Distancia} / \text{Velocidad})$$

$$\text{Distancia} = \text{Tiempo} \cdot \text{Velocidad} / 2$$

Ilustración 72 – Sensor ultrasónico



Ilustración 73 – Sensor magnético

Para elegir que sensor es mejor implementar en la impresora, se ha realizado un análisis de valores (Tabla 24). Se toma como referencia el sensor por contacto, y se aplica +1 si el precio del componente es menor, si tiene una complejidad tanto de montaje como configuración del firmware menor, y si tiene mayor precisión que el sensor por contacto. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora al sensor por contacto en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Precio -> 2; Muy importante
- Complejidad -> 1.5; Bastante importante
- Precisión-> 1; Importante

Características / Tipo de sensor	Precio	Complejidad	Precisión	TOTAL
Contacto	0	0	0	0
Capacitivo	-2	0	0	-2
Inductivo	-2	-1.5	+1	-2.5
Fotoeléctrico	-2	0	0	-2
Ultrasónico	-2	-1.5	0	-3.5
Magnético	-2	0	0	-2

Tabla 24 – Análisis de valor del tipo de sensores a utilizar

Observando el análisis de valores de la Tabla 24, se eligen los sensores de proximidad por contacto porque cumplen a la perfección con los requisitos de diseño, son los más económicos, además de adaptarse perfectamente a la placa de control por los drivers. Los finales de carrera son los sensores de proximidad elegidos para controlar los límites del extrusor y de la plataforma de impresión. La impresora contará con tres finales de carrera, uno por cada eje de la impresora. La placa de control permite el uso de un sensor inductivo, para lograr el autocalibrado, por lo que en un futuro se podría implementar esta función.

7.2.20 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación (Ilustración 74) es la encargada de transformar la corriente eléctrica doméstica (230 V) en una corriente continua de 12V, para así abastecer de energía a todo el equipo.

Es necesario que la fuente de alimentación vaya refrigerada con un ventilador para así evitar un sobrecalentamiento, además de ser capaz de suministrar una corriente mínima de 20 A.

Para este proyecto, se ha elegido una fuente de alimentación de una potencia superior a la necesaria, pues con ella el usuario podrá en un futuro incorporar un segundo extrusor, modificar la plataforma de impresión para obtener mayores temperaturas en menor tiempo, incluir ventiladores de capa, implementar luces LED o incorporar a la impresora una Raspberry Pi para controlarla remotamente.



Ilustración 74 – Fuente de alimentación

7.2.21 Pantalla LCD

La finalidad de utilizar una pantalla LCD en la impresora es poder imprimir los archivos sin necesidad de un ordenador, además de poder ver y modificar diversos parámetros de la impresora como pueden ser la temperatura del extrusor y la temperatura de la plataforma de impresión, la velocidad de impresión y la activación o no del ventilador del extrusor entre otros parámetros. Todas las pantallas LCD incorporan un lector de tarjetas SD y un altavoz pequeño que indicará al usuario si se produce algún error.

En el mercado se pueden encontrar dos tipos de pantallas LCD (Ilustración 75):

- Smart controller: dispone de 4 líneas y puede mostrar 20 caracteres por línea.
- Full graphic smart controller: dispone de una matriz multipunto de 128x64 puntos.

La diferencia entre las pantallas es el tamaño y el controlador que se utilizará en la placa Arduino para que se muestren los datos en la pantalla.



Ilustración 75 - Pantalla Full graphic smart controller a la izquierda y Smart controller a la derecha

Para seleccionar que componente se va a utilizar en la impresora 3D, se realiza un análisis de valores (Tabla 25). Se toma como referencia la pantalla full graphic Smart controller, y se aplica +1 si el precio es menor, si el tamaño es menor, y si dispone de lector de tarjetas. En cambio, se aplica 0 si los parámetros son iguales. Por el contrario, se aplica -1 si no mejora a la la pantalla full graphic Smart controller en estas características.

Se han considerado las siguientes importancias para cada característica:

- Precio -> 1.5; Bastante importante
- Tamaño -> 2; Muy importante
- Lector de tarjetas-> 1; Importante

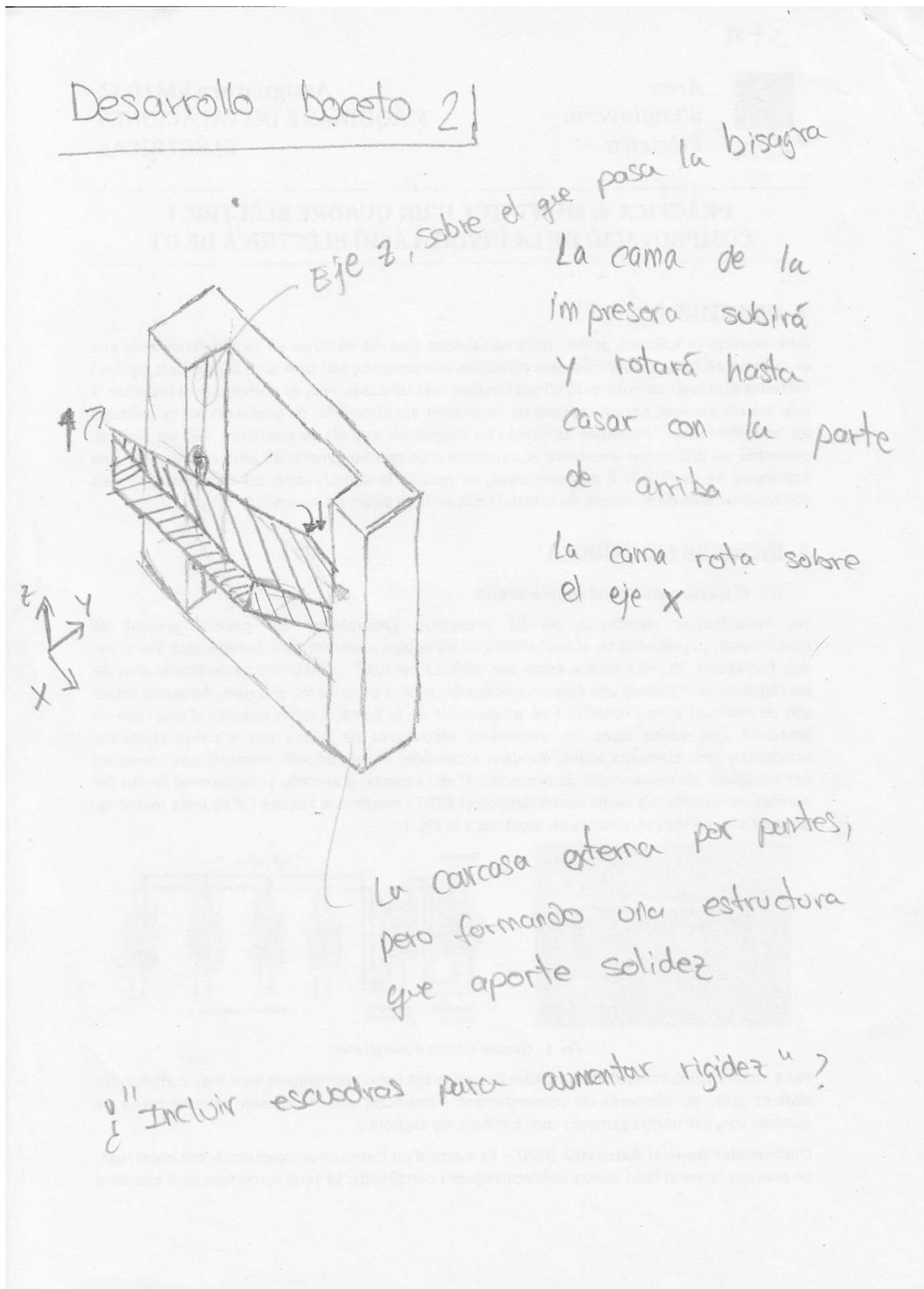
Características / Placa de control	Precio	Tamaño	Lector de tarjetas	TOTAL
Full graphic smart controller	0	0	0	0
Smart controller	0	+2	0	+2

Tabla 25 – Análisis de valor del tipo de panel LCD a emplear

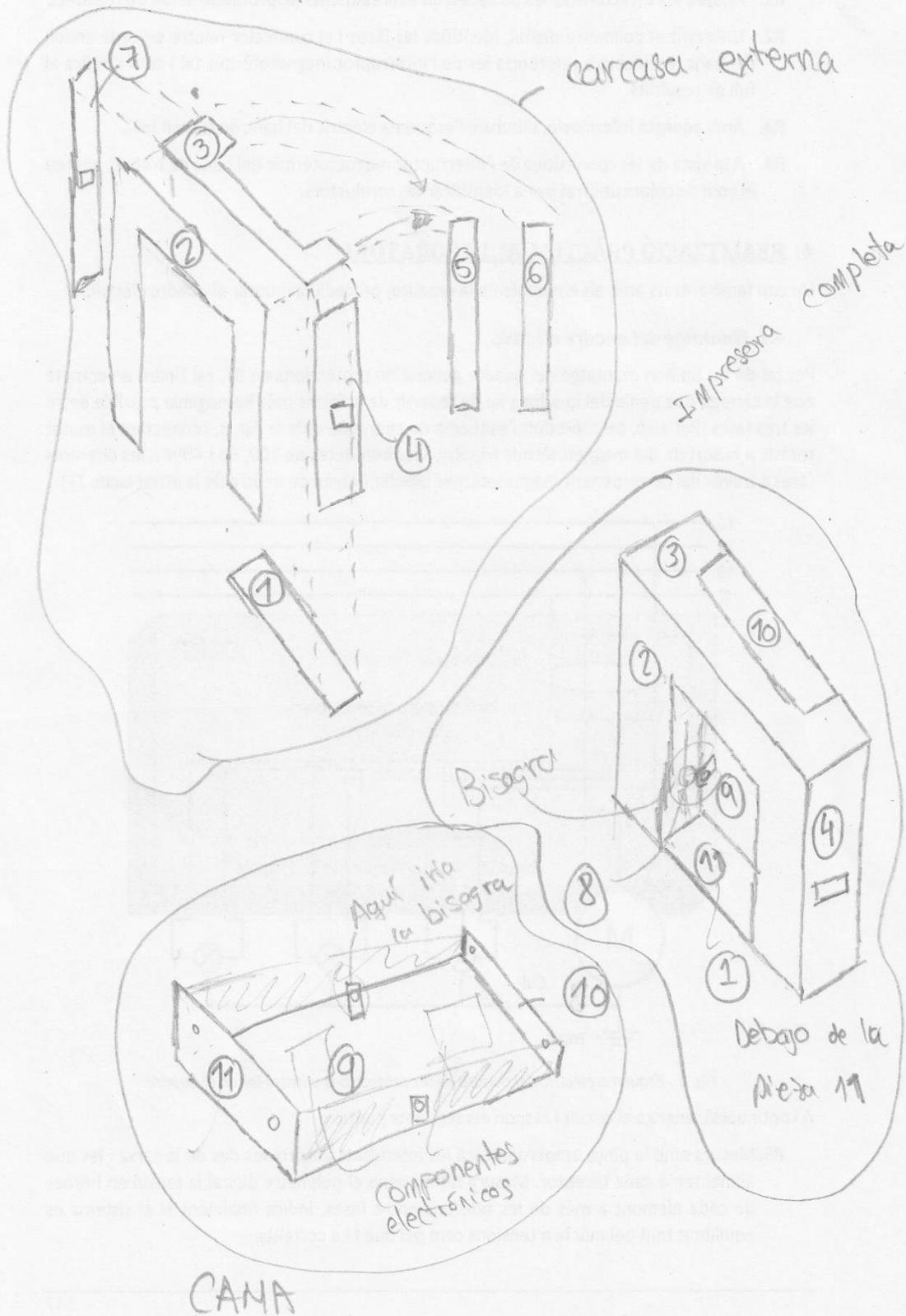
Teniendo en cuenta el análisis de valores de la Tabla 25, se opta por la elección de una pantalla tipo Smart controller.

7.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LAS PIEZAS

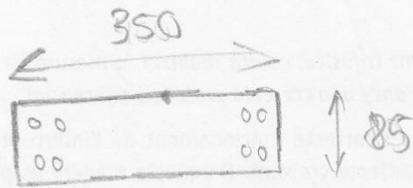
A continuación, se muestran los bocetos realizados previamente al diseño en CAD.



Despiece de la impresora (vista explosionada)

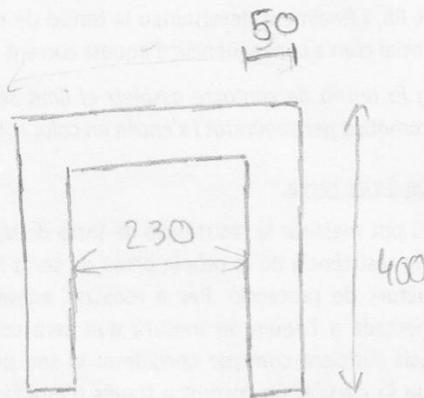


Pieza 1 | Grosor 6mm para todas



++
Depende de los agujeros del motor

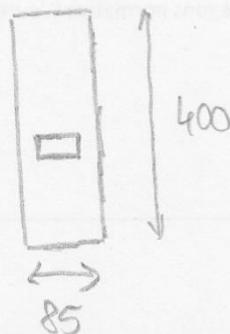
Pieza 2 |



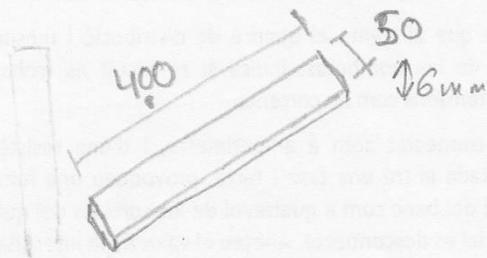
Pieza 3 |



Pieza 4 y 7 |



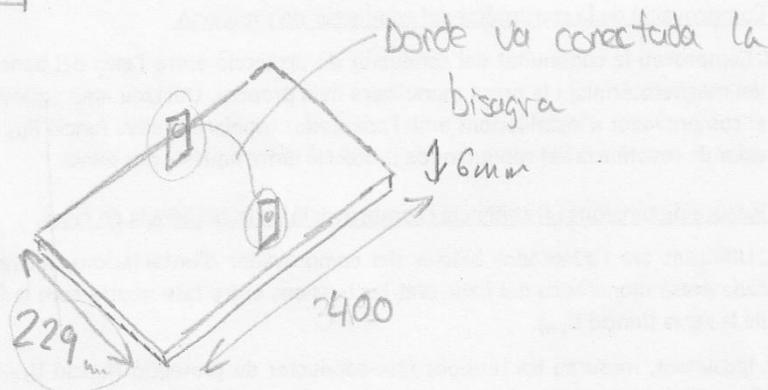
Pieza 5 y 6



Pieza 8 -> Bisagra

- CANA -

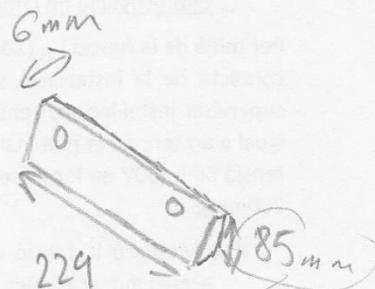
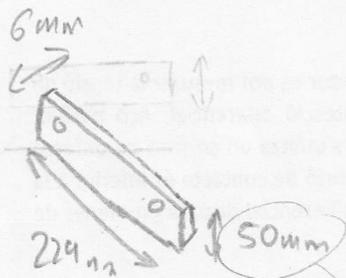
Pieza 9



Pieza 10

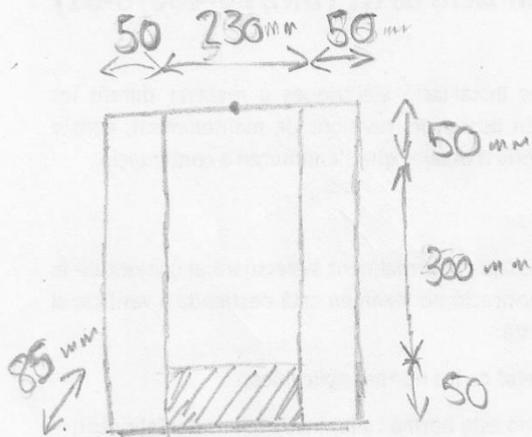
UN POCO MENOS PARA QUE ENTRE DENTRO

Pieza 11

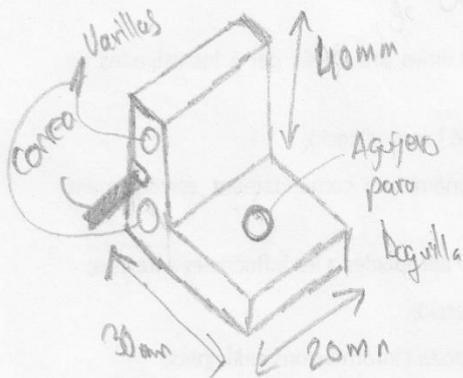


Más pequeña la pieza 10 porque se acopla a la pieza 3

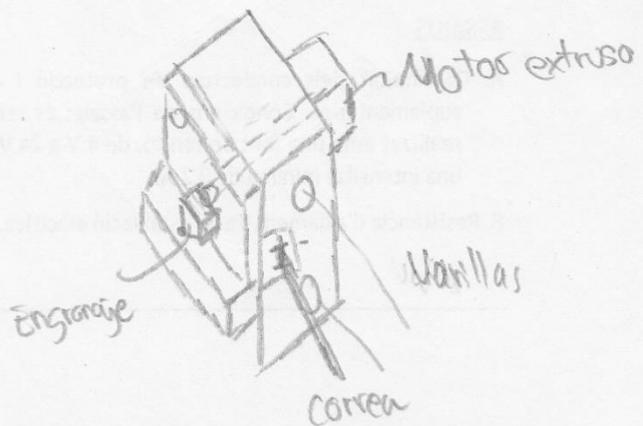
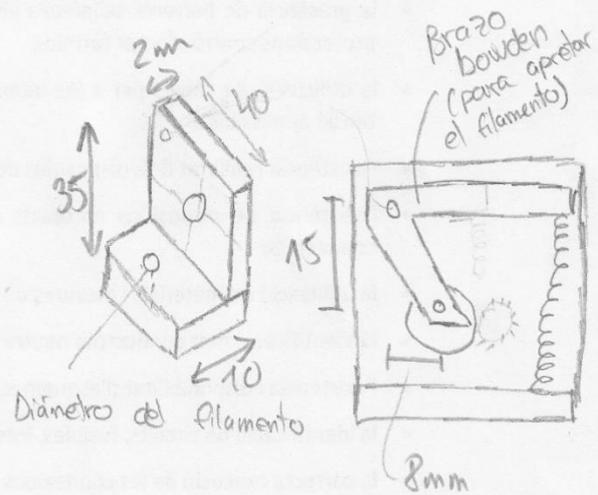
TAMAÑO ESTIMADO



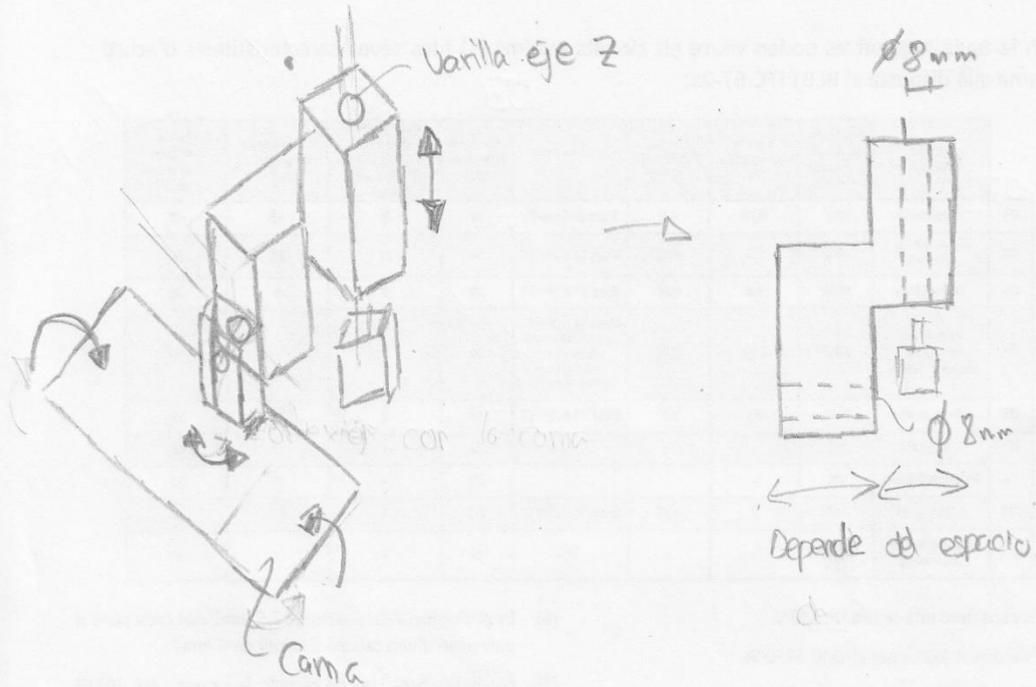
Soporte extrusor



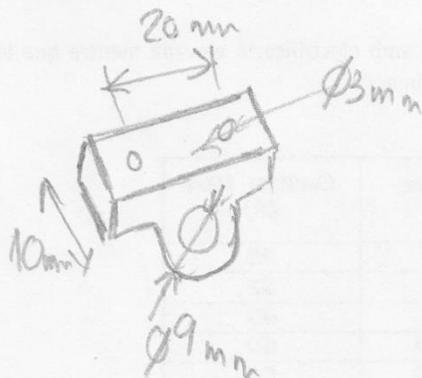
Bowden | eje x



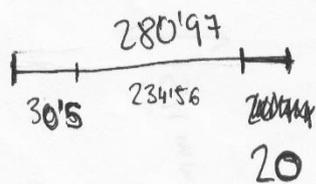
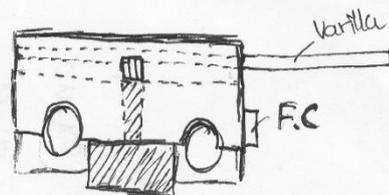
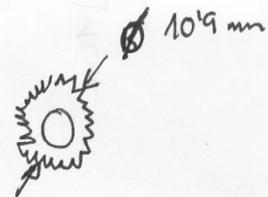
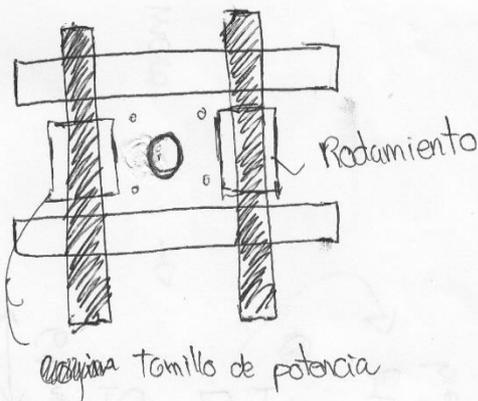
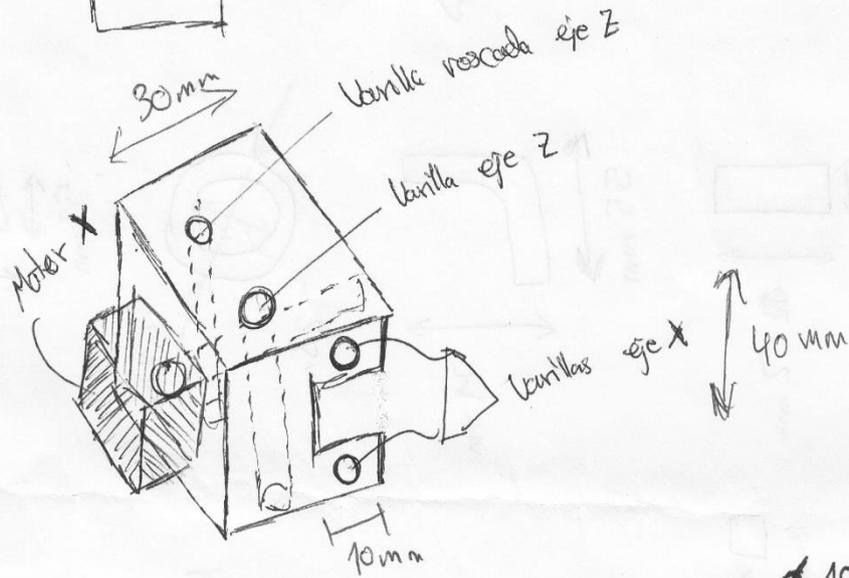
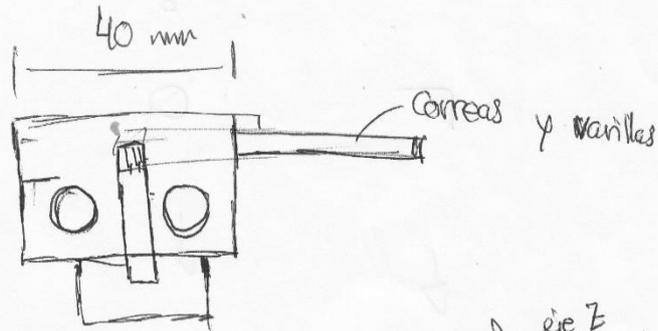
Bisagra para plegar impresora | Pieza 8.



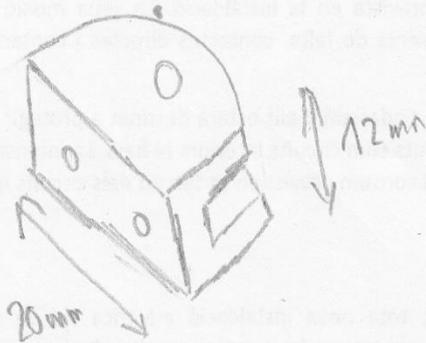
Soporte rotamientos para la cama



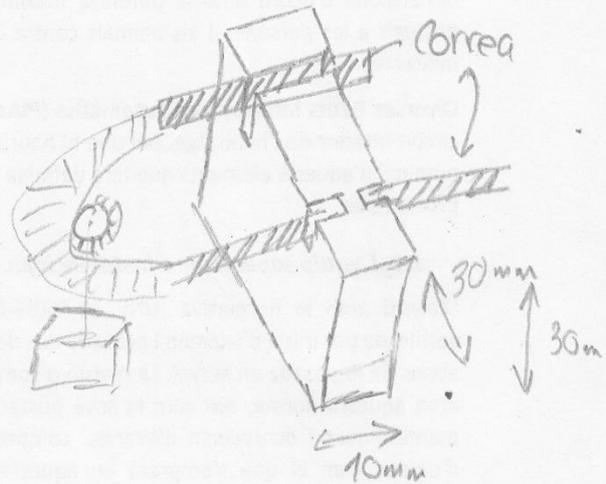
Soporte eje X1



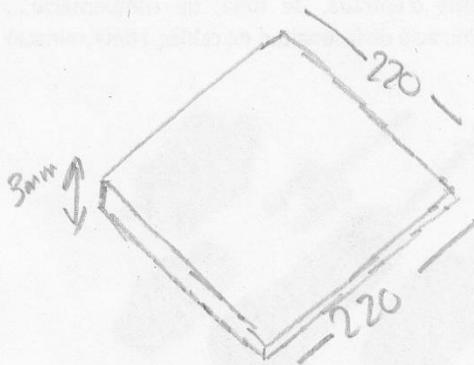
Soporte polea eje Y



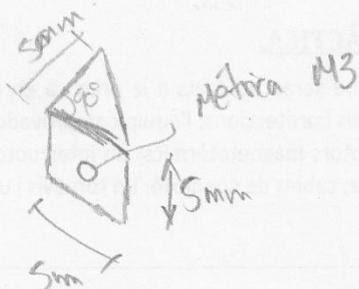
Soporte correa Y



Soporte plataforma impresión



Escuadras interiores



7.4 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO FINAL

Después de seleccionar la disposición de la impresora y los componentes que utilizará, se procede a la descripción de los conjuntos y subconjuntos de la impresora, así como de las piezas diseñadas.

7.4.1 Vista general de la impresora

Tanto en la Ilustración 76 como en la Ilustración 77 se puede apreciar la impresora completa. En la Ilustración 76 se muestra la impresora desplegada, es decir, lista para imprimir, mientras que en la Ilustración 77 se puede observar el resultado de plegar la impresora completamente.

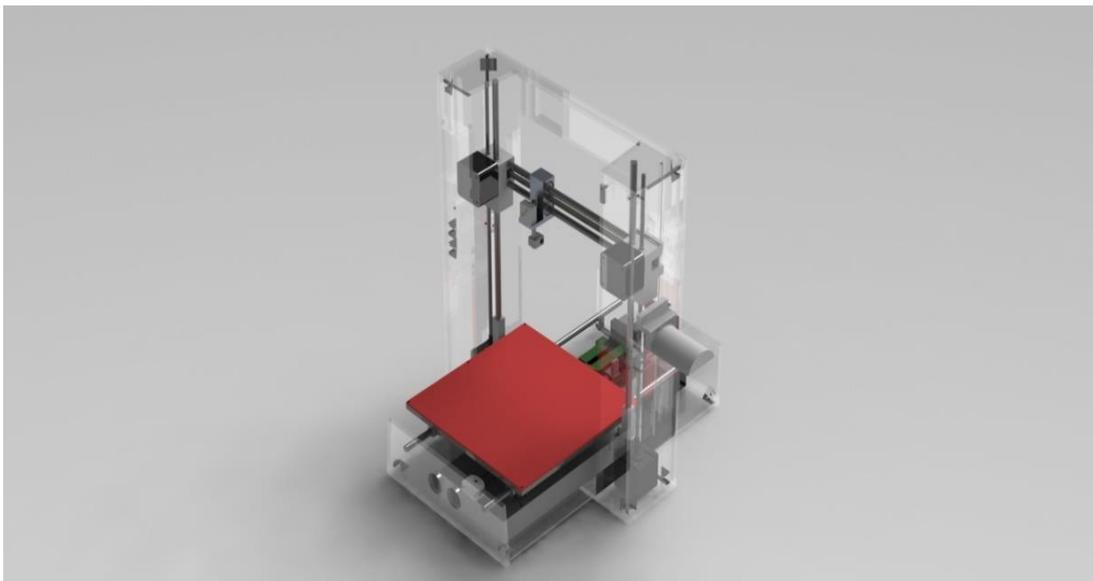


Ilustración 76 – Impresora lista para imprimir

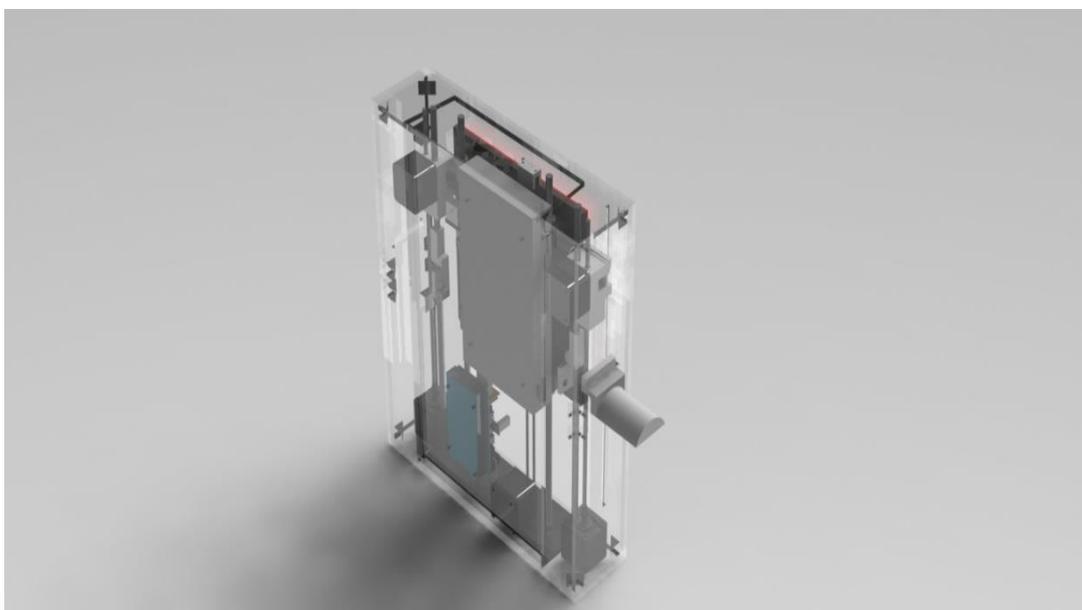


Ilustración 77 – Impresora plegada

La estructura de la impresora se puede dividir tres subconjuntos que unidos forman el esquema básico de la máquina. Estos subconjuntos son:

- A. Carcasa externa: a la vez que protege los componentes internos, aporta rigidez estructural.
- B. Estructura de impresión: en ella se alojan los componentes de control de la impresora, así como la plataforma caliente de impresión. Es el subconjunto que se mueve para permitir que se pliegue la impresora.
- C. Carro impresión: este subconjunto es el que se desliza tanto en el eje X como en el eje Z para permitir la correcta deposición de material.

7.4.2 Descripción de la carcasa externa

La carcasa externa está formada por siete planchas de polimetacrilato de 6 mm de grosor unidas entre sí mediante adhesivo especial para metacrilato, Acrifix. Se utiliza este método de unión porque es más fácil de ensamblar que si se utilizan tornillos, ya que el espesor de las planchas no es lo suficientemente grande como para asegurar la unión entre dos piezas que estén a escuadra. Las medidas de estas planchas pueden consultarse en el apartado de planos, pues cada plancha tiene unas medidas diferentes.

Además, para reforzar la unión de las piezas y otorgar a la estructura de mayor rigidez, han sido colocadas escuadras en las uniones a 90° de las planchas. Estas escuadras están pegadas con el adhesivo especial para metacrilato, asimismo están unidas con tornillos de métrica M3 y de longitud 10 mm para asegurar la unión. Aquí si se ha optado por utilizar tornillos para la unión porque es más fácil para el usuario efectuar esta operación de ensamblado que la anterior.

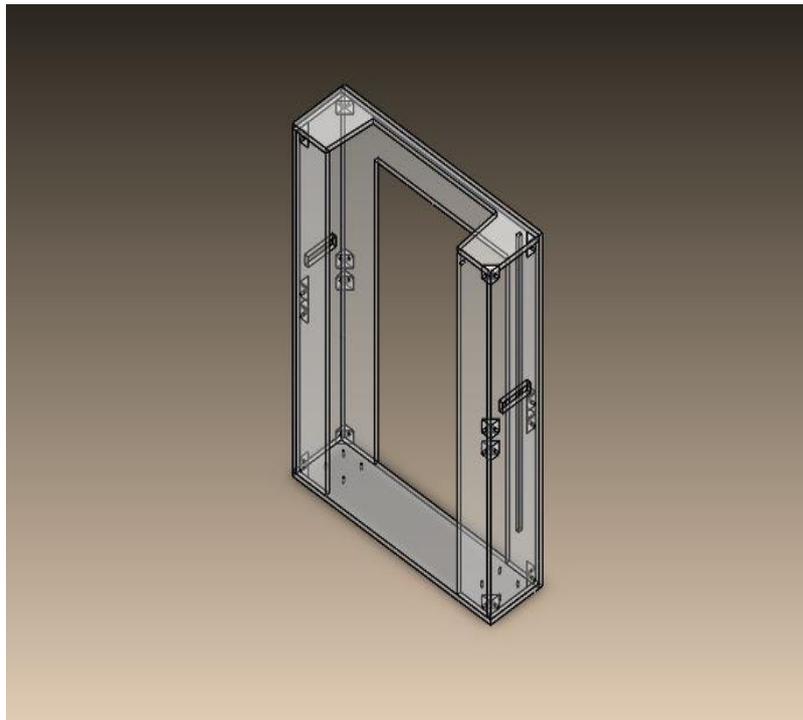


Ilustración 78 – Carcasa externa de la impresora

En la Ilustración 78 se puede apreciar como el conjunto está formado por siete planchas, reforzadas con escuadras interiores. Se han incluido dos acanaladuras en los laterales para permitir el acople del portabobinas.

Se ha realizado un análisis modal para verificar que no se generan vibraciones de elevada amplitud durante el funcionamiento de la máquina. Este análisis se puede consultar en el apartado de anexos.

Igualmente se ha incluido un coliso en una de las planchas para que no haya ningún problema de aplastamiento ni enredo con el filamento, pues está en el lado donde está situado el motor que se encarga de suministrar el filamento a la boquilla.

Así mismo, y para prevenir el despliegue de la cama de forma involuntaria, se ha incluido un pasador de seguridad en la carcasa externa, el cual impide que la cama se abata.

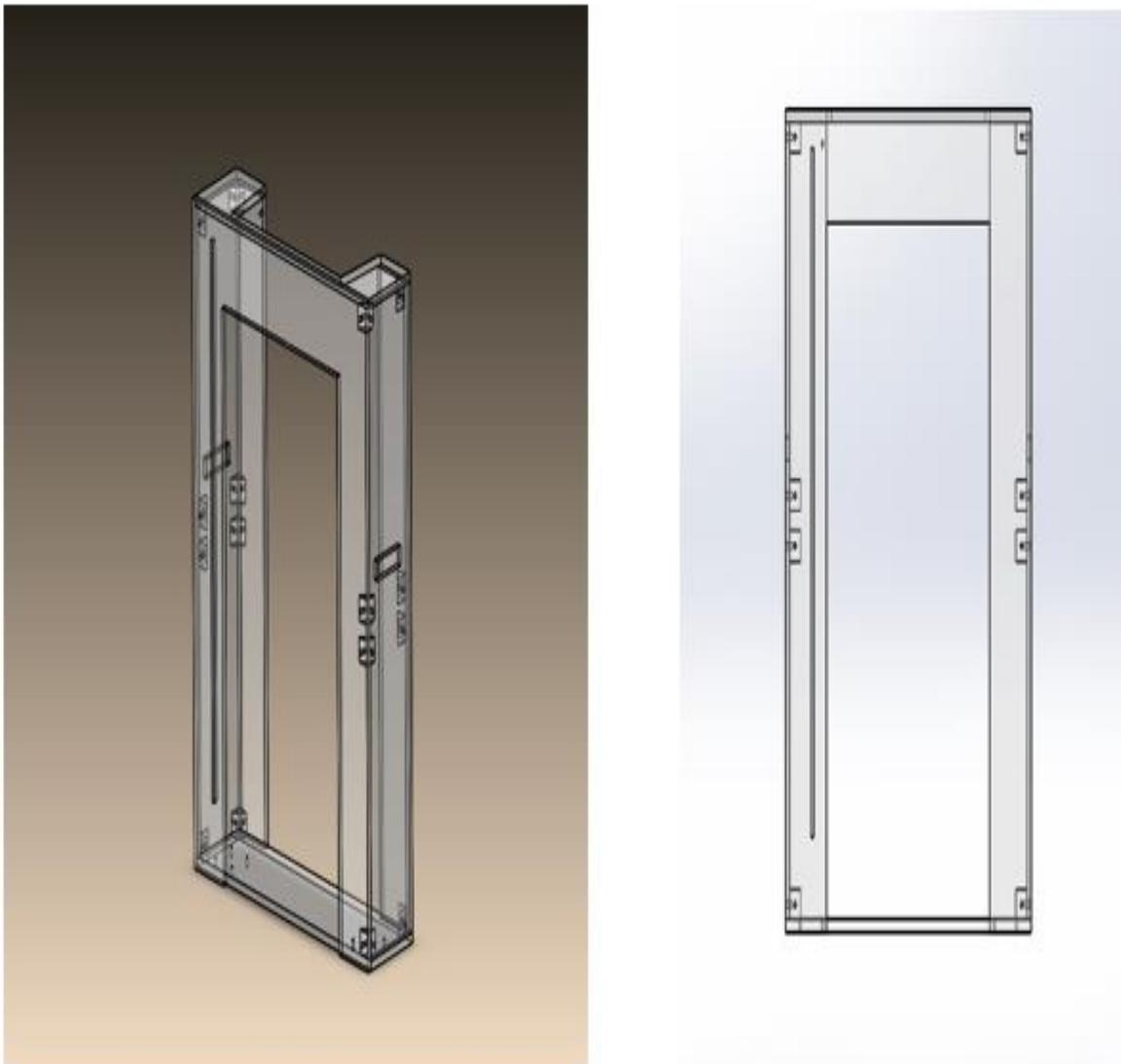


Ilustración 79 – Coliso para dirigir correctamente el filamento.

La Ilustración 79 muestra la parte contraria de la impresora, donde se aprecia el coliso para el filamento. En la Ilustración 80 se aprecia el pasador de seguridad, cuya función es prevenir la apertura involuntaria de la cama mientras la impresora esté plegada.

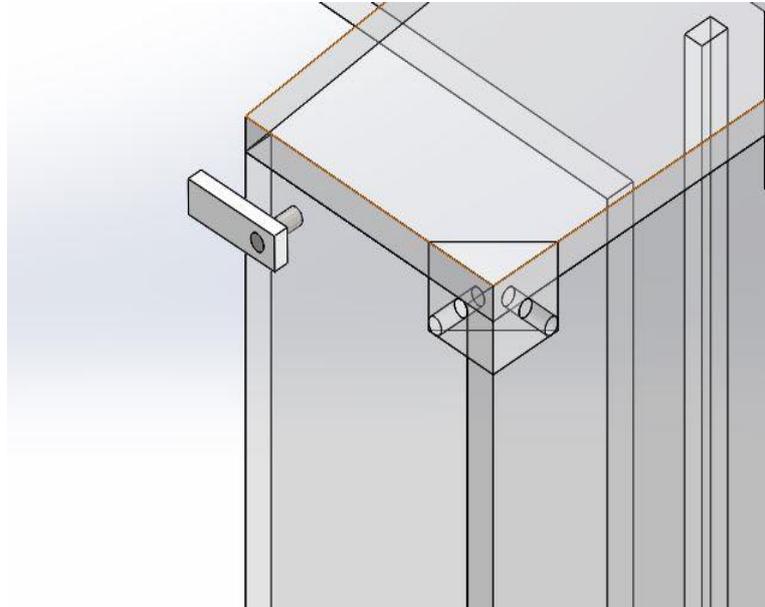


Ilustración 80 – Pasador de seguridad

En la Ilustración 81 se aprecia el uso de las escuadras (resaltadas en negro para apreciarse mejor)

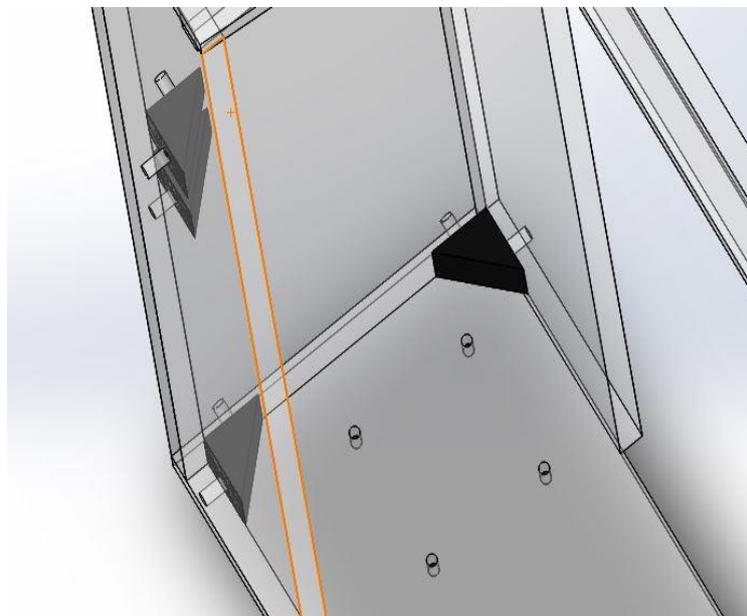
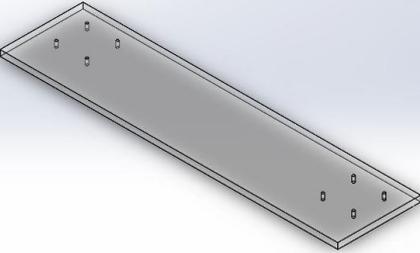
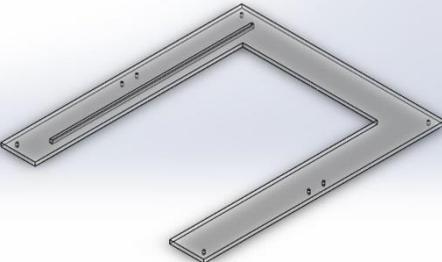
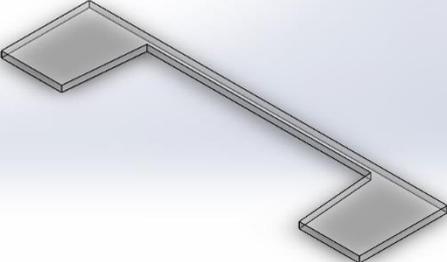
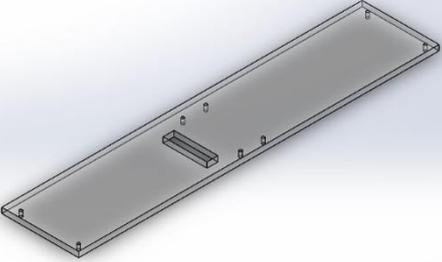
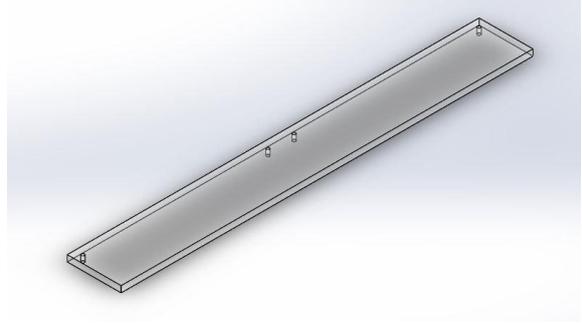
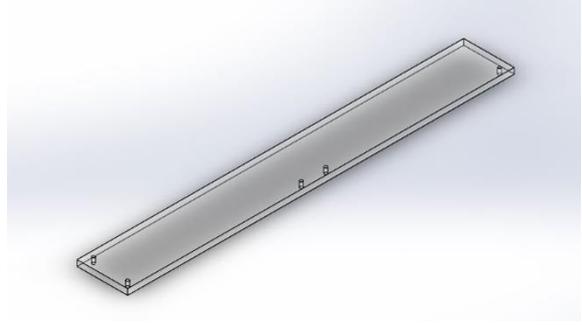
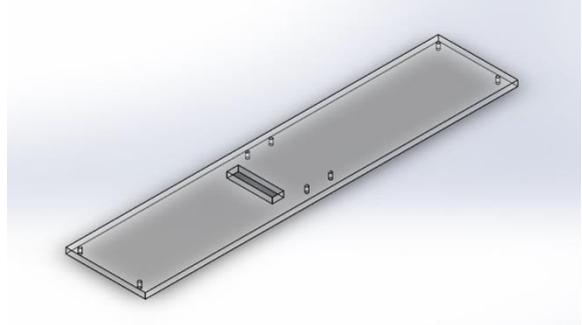
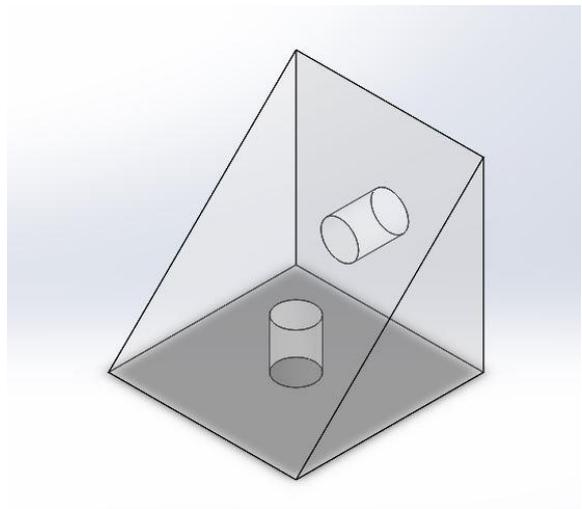


Ilustración 81 – Escuadras interiores

En la Tabla 26 se presenta un inventario de las piezas que forman la estructura externa:

Nombre de la pieza y breve descripción	Imagen de la pieza
<p>Pieza 1: Elemento estructural, hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Se precisa 1 pieza.</p>	
<p>Pieza 2: Elemento estructural, hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Se precisa 1 pieza.</p>	
<p>Pieza 3: Elemento estructural, hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Se precisa 1 pieza.</p>	
<p>Pieza 4: Elemento estructural, hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Tiene una ranura para facilitar el acople del portabobina. Se precisa 1 pieza.</p>	

<p>Pieza 5: Elemento estructural, hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Se precisa 1 pieza.</p>	
<p>Pieza 6: Elemento estructural, hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. En esta pieza es donde va colocado el pasador de seguridad. Se precisa 1 pieza.</p>	
<p>Pieza 7: Elemento estructural, hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Tiene una ranura para facilitar el acople del porta bobina. Se precisa 1 pieza.</p>	
<p>Escuadra interior: pieza encargada de unir las planchas y aportar rigidez a la estructura. Hecha de polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Se precisan 16 piezas.</p>	

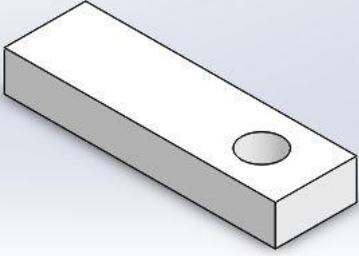
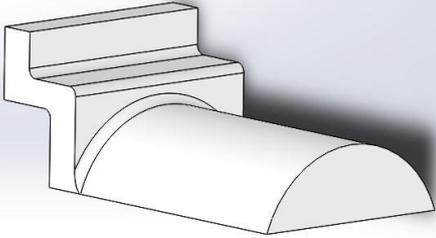
<p>Pasador seguridad: pieza encargada de impedir la apertura de la impresora cuando está plegada. Está fabricada en ABS. Se precisa 1 pieza.</p>	
<p>Eje pasador seguridad: esta pieza permite la rotación del pasador de seguridad. Está fabricada en acero. Se precisa 1 pieza.</p>	

Tabla 26 – Lista de materiales que forman la carcasa

Además, en la carcasa externa va acoplado a uno de sus laterales el porta bobina, el cual ha sido sometido a un análisis de tensiones para observar si la máxima tensión que se produce en la pieza sobrepasa la tensión admisible del material.

Nombre de la pieza y breve descripción	Imagen
<p>Porta bobina: Sirve para sostener la bobina de filamento, debe aguantar alrededor de 2 kg de peso. Está fabricada en ABS. Se precisa 1 unidad para la impresora.</p>	

7.4.3 Descripción de la estructura de impresión

La estructura de impresión es la parte del sistema que gira sobre unas bisagras para permitir que se pliegue o se despliegue. Toda la parte de electrónica como es la placa de control y la fuente de alimentación está alojada en este subconjunto. Para la comprobación de esta parte de la estructura se ha realizado un análisis de deformaciones, con el fin de identificar si el peso de los objetos impresos puede deformar tanto la cama caliente como las varillas que la sujetan. En la Ilustración 82 se observan las planchas de polimetacrilato, las escuadras interiores y los dos ejes de diámetro 6 mm que permiten el desplazamiento de la plataforma caliente de impresión.

En cambio, en la Ilustración 83 están incluidos todos los componentes que forman la estructura de impresión.

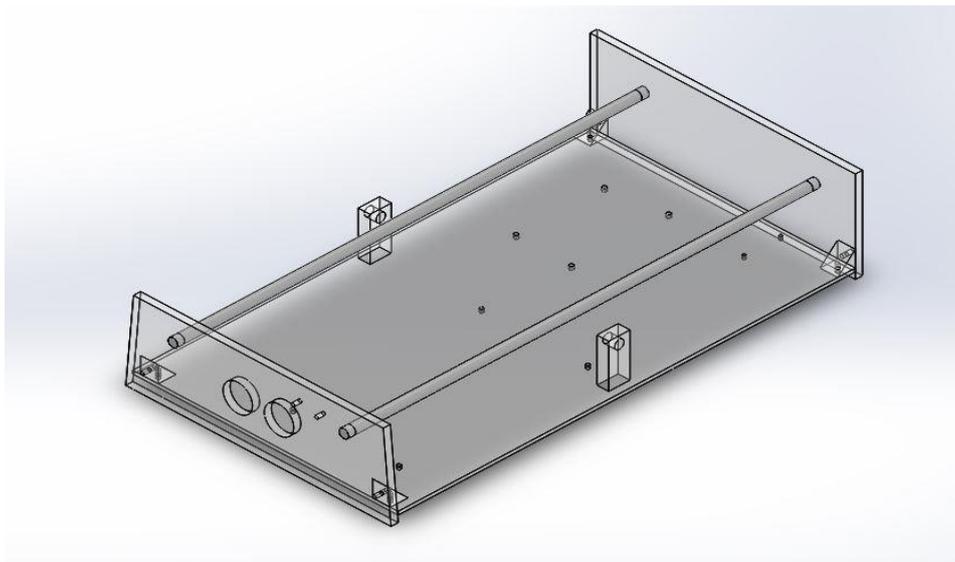


Ilustración 82 – Carcasa del subconjunto

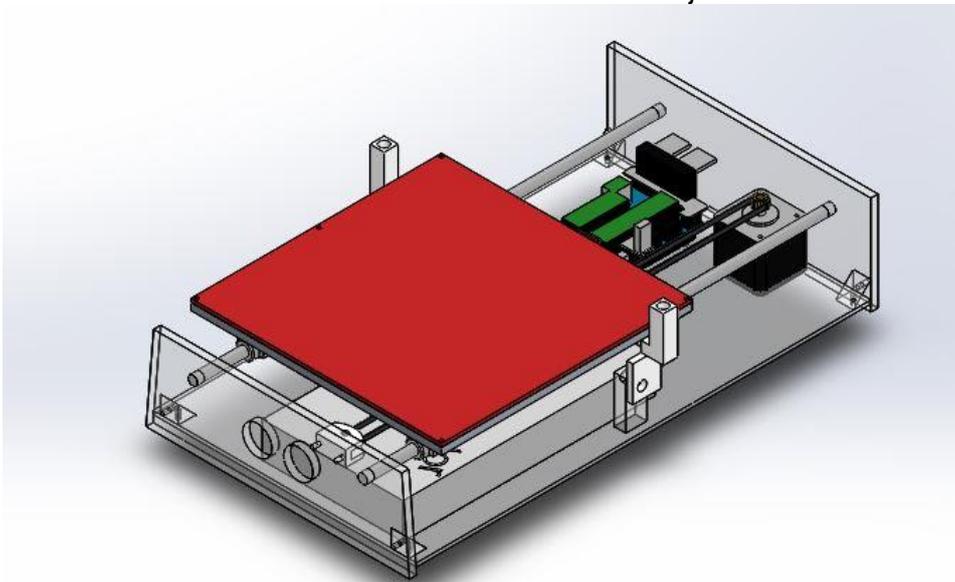


Ilustración 83 – Conjunto estructura de impresión

En la Ilustración 84 se observa en detalle la bisagra, y cómo está unida a la plancha de polimetacrilato. Las bisagras están coloreadas para que se aprecie el diseño de la pieza.

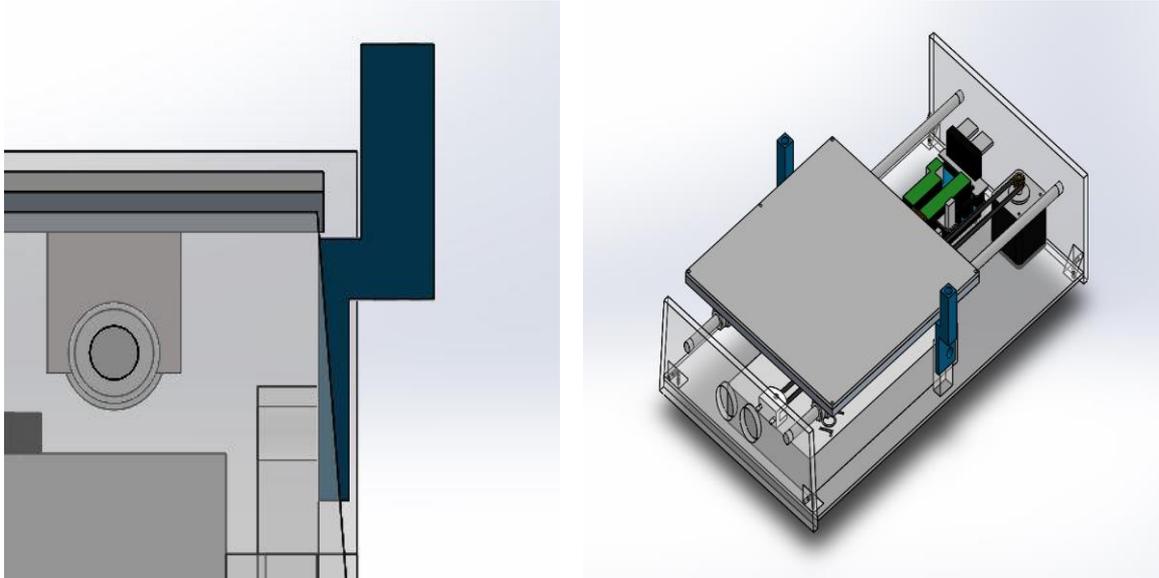


Ilustración 84 – Detalle unión bisagras

Aunque no se ha añadido en las fotografías, sobre la plataforma calefactable o placa PCB irá un cristal para que el filamento se deposite sobre él y no sobre la placa PCB con el fin de evitar dañar la placa PCB. Ilustración 85

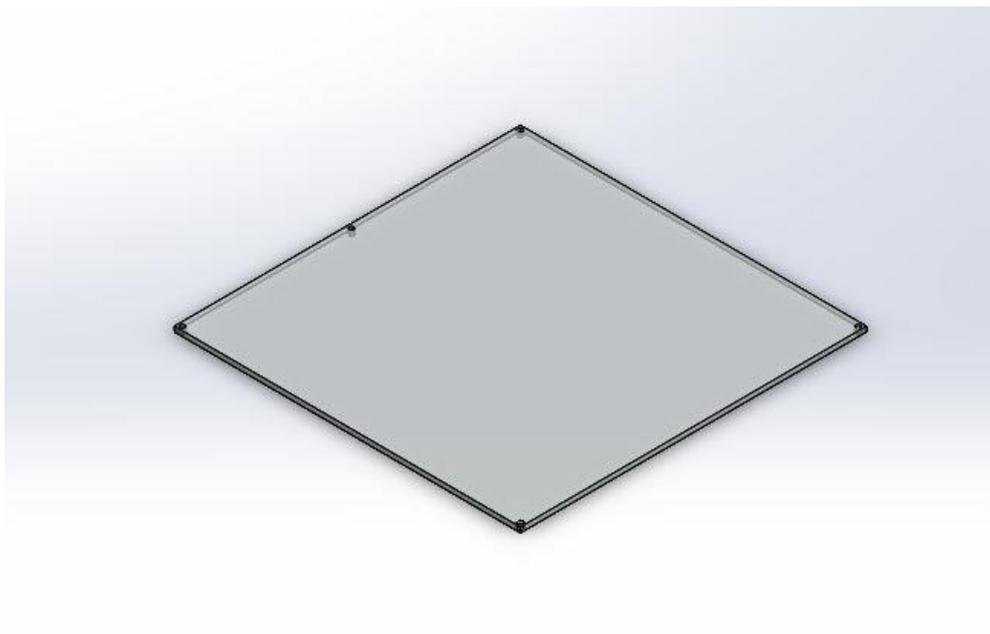
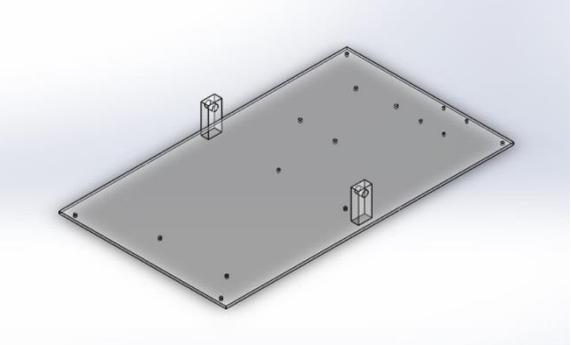
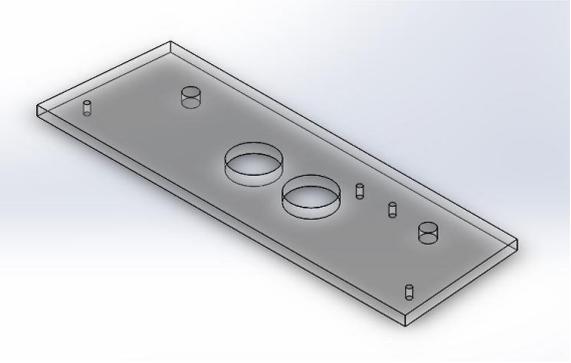
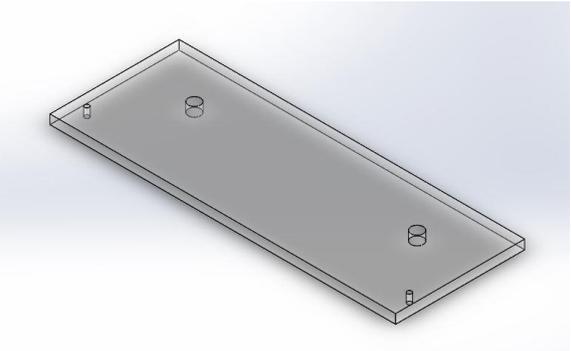
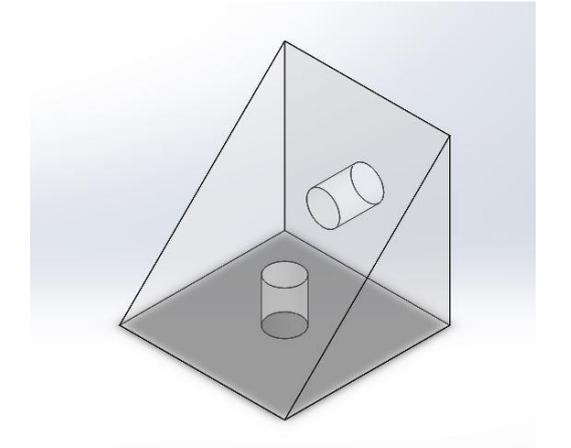
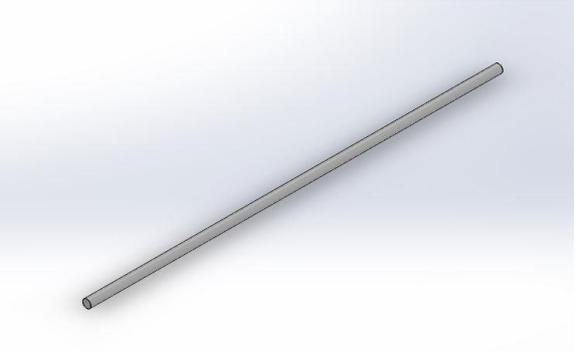
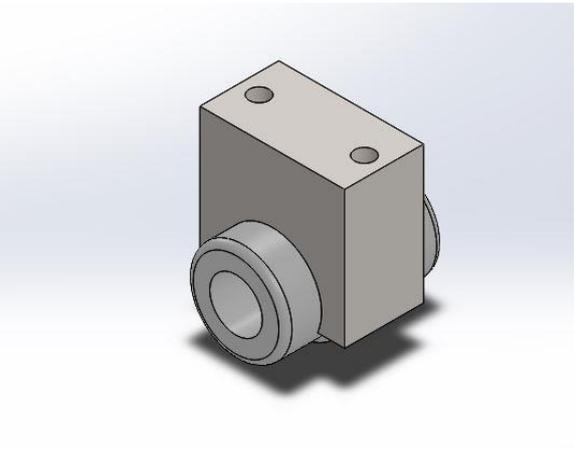
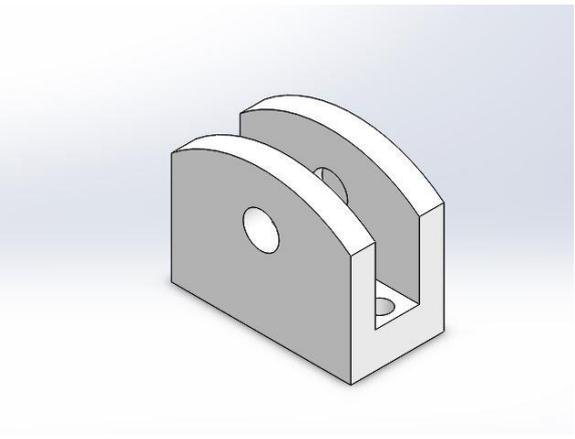
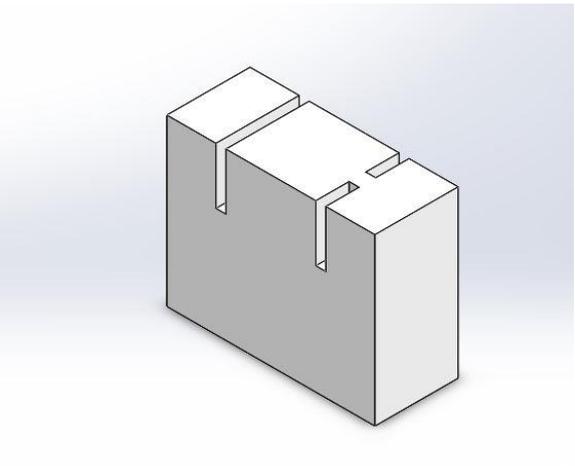
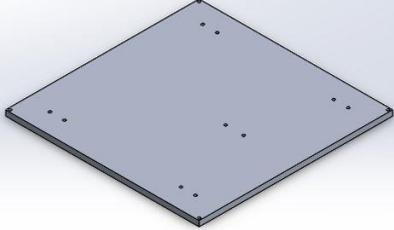
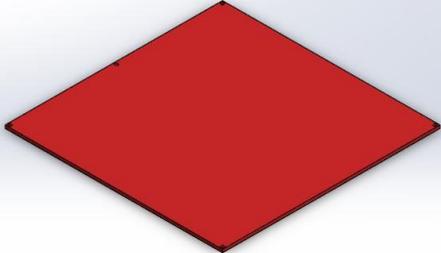
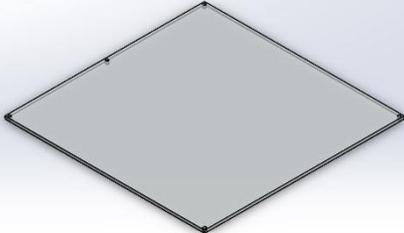
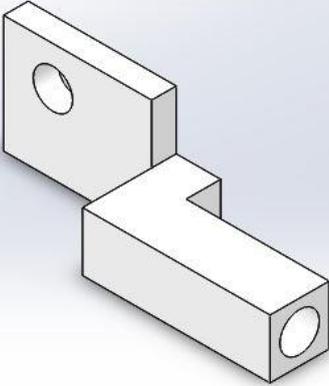


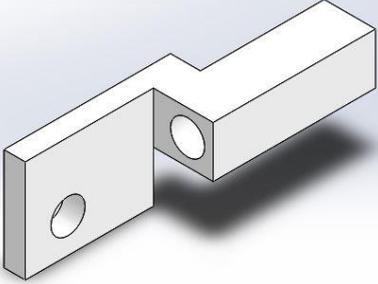
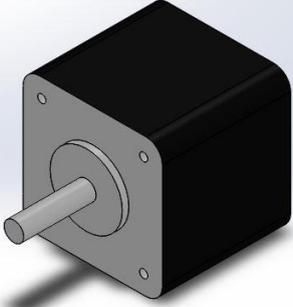
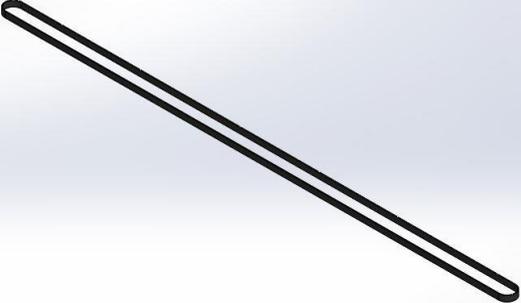
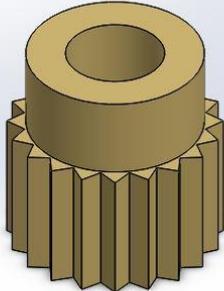
Ilustración 85 – Detalle cristal borosilicato

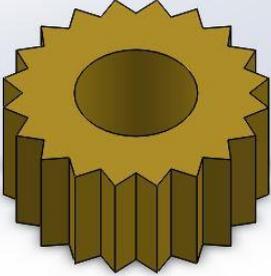
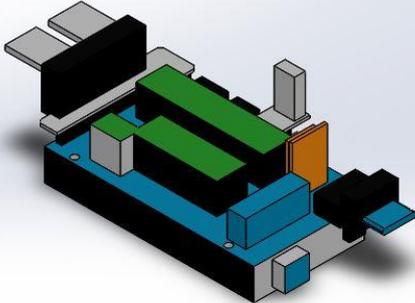
En la Tabla 27 se presenta un inventario de las piezas que forman la estructura de impresión:

Nombre de la pieza y breve descripción	Imagen
<p>Pieza 9: Elemento estructural. Los agujeros son de métrica M3. Está fabricada en polimetacrilato. Sobre esta pieza va colocada toda la electrónica, las piezas 10 y 11 y en las protuberancias las bisagras para permitir la rotación. Como particularidad el grosor de esta pieza es de 3 mm. Se precisa 1 unidad.</p>	
<p>Pieza 10: Elemento estructural. Los agujeros son de métrica M3. Está fabricada en polimetacrilato. Tiene unos agujeros más grandes para permitir al usuario tirar de la pieza y facilitar la operación de plegado y desplegado. En esta pieza va colocado el soporte para la polea del eje Y, además de las dos varillas. Se precisa 1 unidad.</p>	
<p>Pieza 11: Elemento estructural. Los agujeros son de métrica M3. Está fabricada en polimetacrilato. En esta pieza van colocadas las dos varillas del eje Y. Se precisa 1 unidad.</p>	
<p>Escuadra interior: pieza encargada de unir las planchas y aportar rigidez a la estructura. Está fabricada en polimetacrilato. Los agujeros son de métrica M3. Se requieren 4 unidades.</p>	

<p>Varilla eje Y: Elemento encargado de soportar la cama y a su vez permitir la traslación sobre ella. Está fabricada en acero, y tiene un diámetro de 8 mm. Se requieren 2 unidades.</p>	
<p>Soporte y rodamiento eje Y: Pieza que sirve de apoyo y guía de los componentes que están encima suya (cama). El rodamiento va colocado en la varilla eje Y, de forma que comparten el mismo eje virtual. Está fabricado de acero. Se requieren 4 unidades.</p>	
<p>Soporte polea eje Y: Fabricado en ABS, esta pieza sirve de soporte para la polea del eje Y. Va montada en la pieza 10 por medio de dos tornillos de métrica M3. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Soporte correa bajo cama eje Y: Este componente está situado debajo del soporte cama, de forma que al moverse la correa del eje Y y ésta estar sujeta en este componente, mueve toda la plataforma de impresión. Está fabricada en ABS y se sujeta al soporte cama por medio de dos tornillos métrica M3. Se requiere 1 unidad.</p>	

<p>Soporte cama: Pieza que hace de nexo entre el soporte correa bajo cama eje Y, los rodamientos y la placa PCB. Los agujeros que tiene son de métrica M3. Está fabricada en acero. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Placa calefactora (Placa PCB): la finalidad de este componente es proporcionar una plataforma de impresión calefactada para mejorar los acabados en las impresiones. Es un compuesto electrónico, por lo que está formada de diversos materiales. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Cristal impresión: Vidrio de borosilicato que permite no dañar la placa PCB y sobre el que se adhieren las piezas impresas. Se puede extraer con facilidad. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Bisagra lado bowden: Fabricada en ABS, la función de esta pieza es permitir la rotación alrededor del eje X de la estructura de impresión a la vez que se traslada en el eje Z de forma vertical. Se requiere 1 unidad.</p>	

<p>Bisagra lado no bowden: Fabricada en ABS, la función de esta pieza es permitir la rotación alrededor del eje X de la estructura de impresión a la vez que se traslada en el eje Z de forma vertical. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Motor eje Y: motor paso a paso de precisión 1.8° con el que se traslada con la ayuda de un sistema de transmisión la plataforma de impresión a lo largo del eje Y. Se escoge un NEMA 17 de 48 N·cm de par. En el anexo de cálculos está el estudio realizado para elegir este motor. Se necesita 1 unidad.</p>	
<p>Correa eje Y: Fabricada en caucho, sirve para trasladar el movimiento desde el motor hasta el soporte bajo cama eje Y. El tipo de correa que se ha elegido es una correa GT2 de 9 mm de anchura y 2mm de distancia entre dientes, pues es lo que se ha estimado en los cálculos. Se necesita 1 unidad.</p>	
<p>Rueda conductora motor eje Y: Esta pieza sirve para transmitir el movimiento de rotación del motor a la correa eje Y. Se sujeta al eje del motor por medio de un tornillo prisionero. Fabricada en latón. Se requiere 1 unidad.</p>	

<p>Rueda conducida eje Y: La función de esta pieza es aportar un punto de apoyo a la correa del eje Y, pues no transmite ningún movimiento. Se sujeta al eje soporte polea eje Y por medio de un tornillo prisionero. Fabricada en latón. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Eje soporte polea eje Y: Fabricado en acero, es donde va colocada la rueda conducida eje Y. A su vez, este eje va colocado en el soporte polea eje Y. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Fuente de alimentación: Este elemento se encarga de transformar la corriente de entrada de 230 V de corriente alterna en 12 V de corriente alterna. Se ha elegido una fuente de alimentación de 360 W. El detalle de cómo se ha elegido esta fuente de alimentación se puede encontrar en los anexos de cálculos. Se precisa 1 unidad.</p>	
<p>Placa de control: Sirve para controlar todos los componentes electrónicos que contiene la impresora 3D. Se necesita 1 unidad</p>	

<p>Final de carrera: Sirve para marcar el límite de la base de impresión. Se necesita 1 unidad.</p>	
<p>Clip: este elemento sirve de sujeción entre el cristal y la placa PCB. Se necesitan 4 unidades</p>	

Tabla 27 – Componentes estructura de impresión

7.4.4 Descripción del carro impresión

Este subconjunto es el que proporciona movimiento al extrusor tanto en el eje X como en el eje Z y además tiene incluido el motor del extrusor tipo bowden. Para el movimiento en el eje Z (desplazamiento vertical) se emplean dos motores de idénticas características. En el eje del motor va acoplado una varilla roscada, y cuando se acciona el motor, la varilla roscada transmite su rotación al tornillo de potencia alojado en los soportes del eje X (hay uno en cada soporte) y es el tornillo de potencia el que transforma el movimiento de rotación de la varilla roscada en un movimiento de translación. Para el desplazamiento de la boquilla y la extrusión de filamento se emplean otros dos motores, pero con menos par. Se emplea una correa dentada para poder llevar a cabo el desplazamiento de la boquilla. Ilustración 86



Ilustración 86 – Componentes carro de impresión

Dado el tamaño de la impresora, no ha sido posible incluir un extrusor directo en el carro de impresión, es por ello que se ha optado por elegir un extrusor tipo bowden, en el cual el motor de extrusión está separado de la boquilla. En la Ilustración 87 se puede apreciar el mecanismo encargado de suministrar el filamento. El soporte sobre el que apoya esta pieza tiene un agujero pasante entre la varilla roscada y la varilla lisa para permitir el paso del eje del motor.

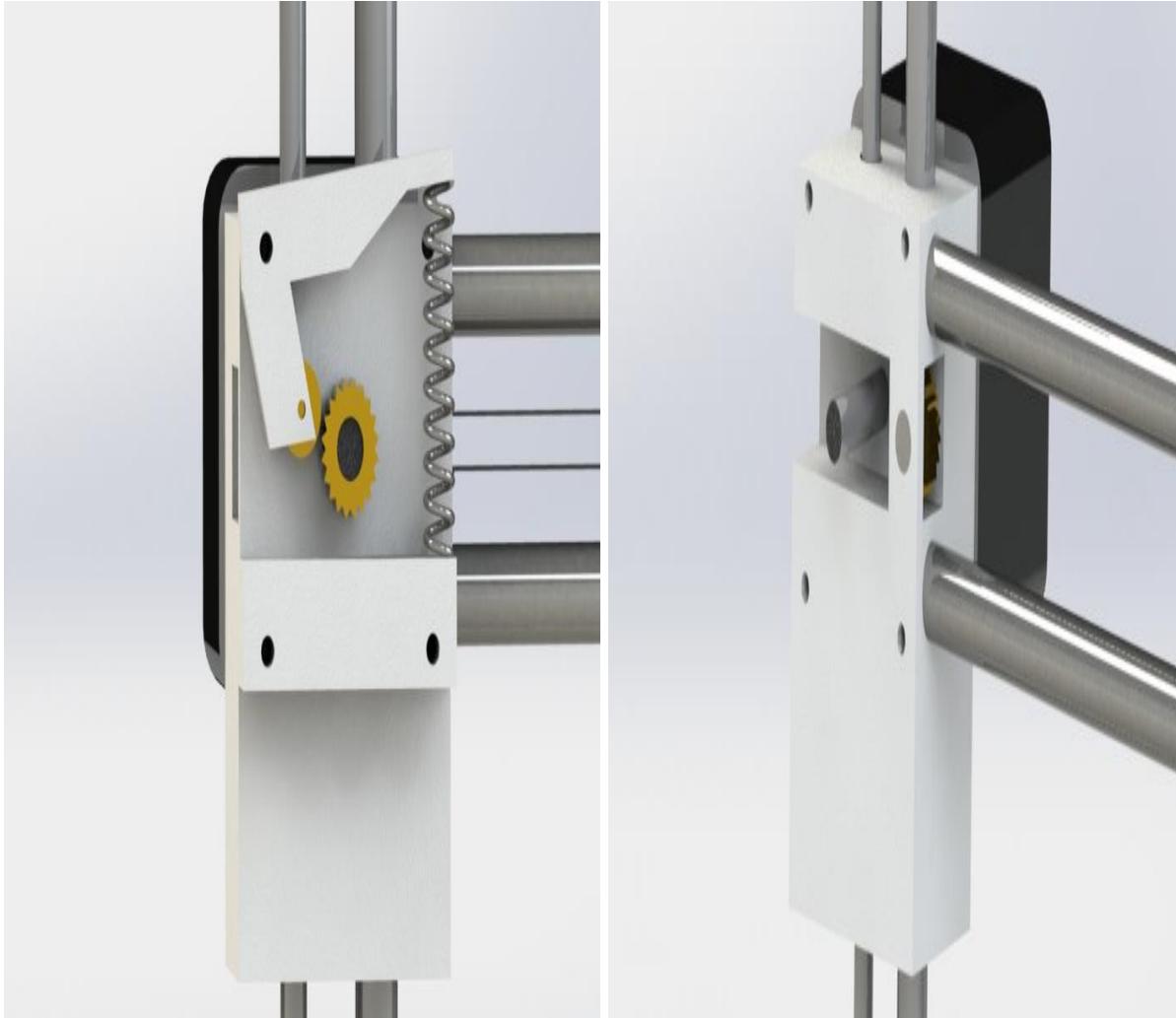


Ilustración 87 – Detalle soporte eje X lado bowden con el conjunto del extrusor y detalle soporte eje X lado bowden sin el conjunto del extrusor

Así mismo, en la Ilustración 87 se puede observar la polea por la que discurre la correa del eje X y que ayuda a desplazar el extrusor a lo largo de este eje. Esta polea no transmite movimiento, sólo sirve como punto de apoyo.

En el lado opuesto ocurre algo similar, la pieza también tiene un agujero pasante por el cual pasa el eje del motor, pero en este caso es el motor que se encarga de mover la boquilla. Al final del eje está colocado un engranaje dentado que mueve la polea. Todo esto va cubierto con una tapa para evitar posibles accidentes. (Ilustración 88)

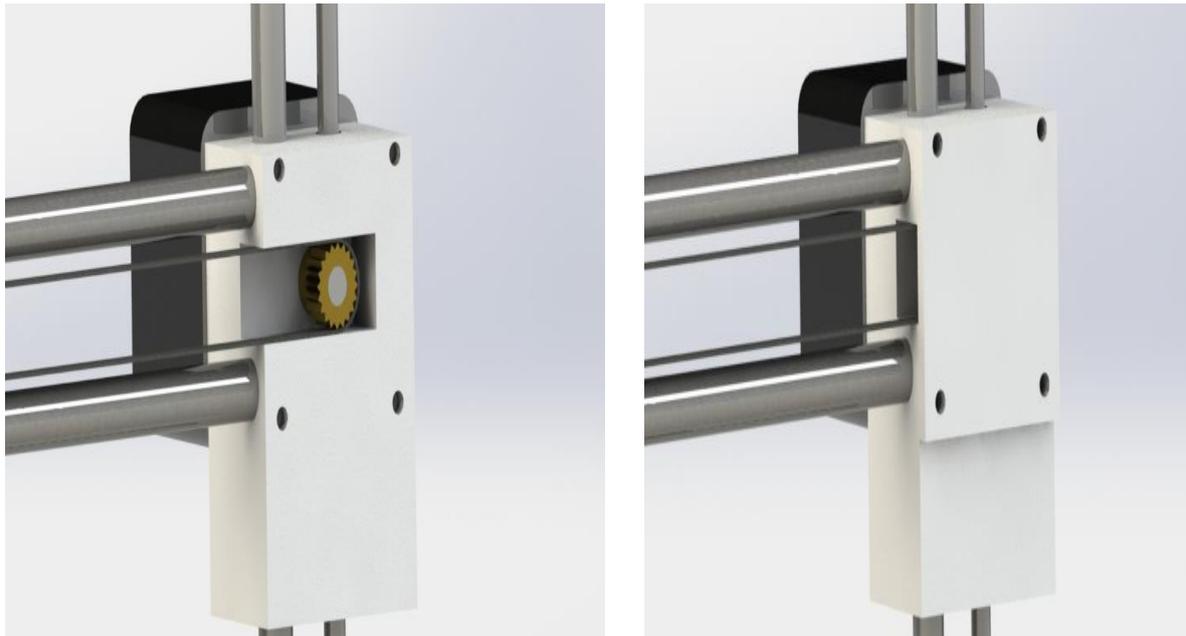


Ilustración 88 – Soporte eje X lado motor con vista de la correa y soporte eje X lado motor con tapa protectora

Ambas piezas tienen en su parte inferior el tornillo de potencia que se encarga de transformar la rotación de la varilla roscada en una traslación de los soportes. También está el rodamiento encargado de guiar y hacer más suave el movimiento del soporte. Los dos soportes tienen un protector en la parte de abajo para sujetar el tornillo de potencia y el rodamiento. (Ilustración 89)

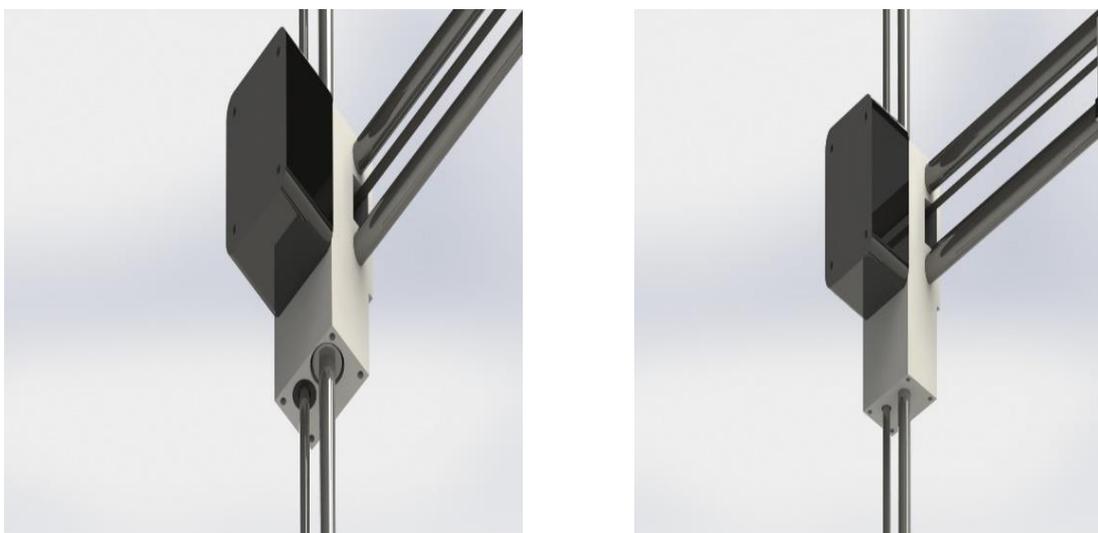


Ilustración 89 – Detalle parte inferior soporte eje X sin tapa protectora y detalle parte inferior soporte eje X sin tapa protectora

Respecto a la boquilla y al soporte donde va alojada, comentar que el soporte tiene dos agujeros en los que se alojan los rodamientos. En la parte trasera de este soporte hay dos ranuras, una pasante por todo el soporte y que permite que se deslice por ella la correa y otra ranura que está dividida en dos partes, en las que se alojan los extremos de la correa dentada (Ilustración 91). La unión de la correa con el soporte se realiza con pegamento. En la parte delantera del soporte va alojado un ventilador y la boquilla, la cual va sujeta por medio de un tornillo prisionero.

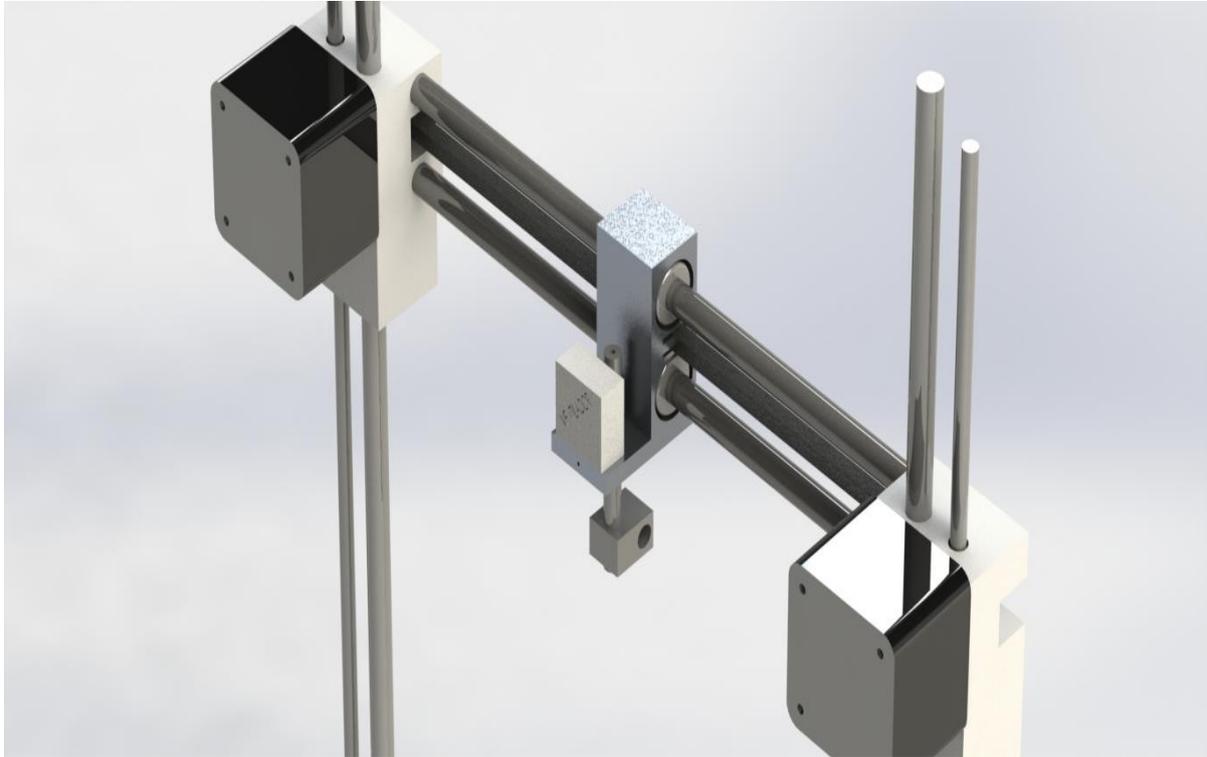


Ilustración 90 – Conjunto boquilla y soporte

La unión de los rodamientos con el soporte se realiza por presión, ya que el diámetro del hueco es 0.1 mm más pequeño que el diámetro externo del rodamiento.

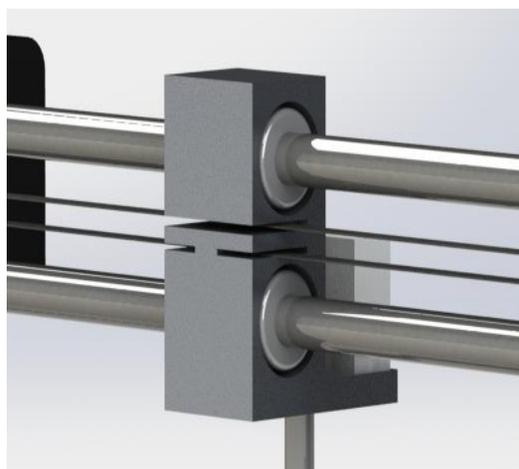
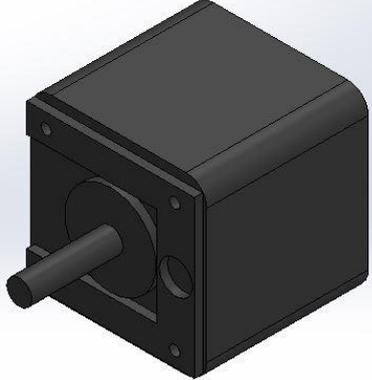
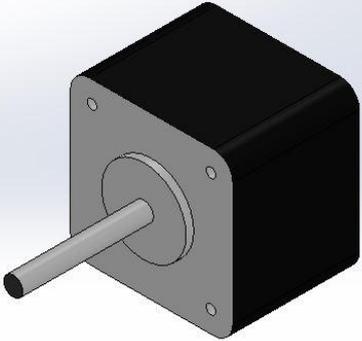
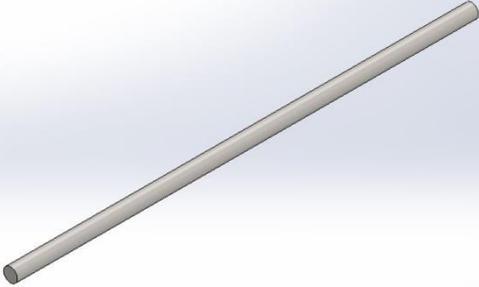
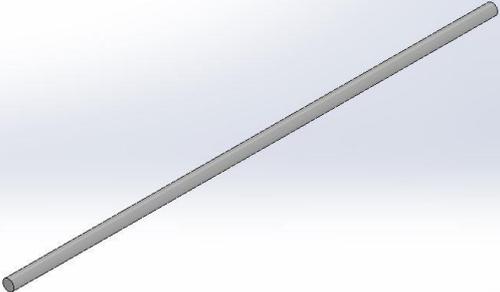
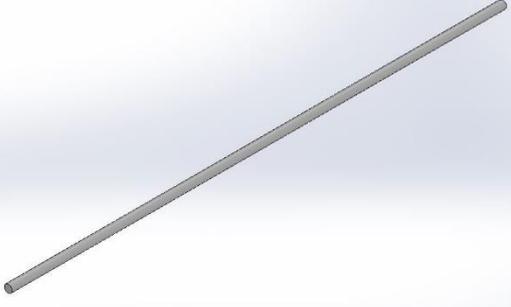
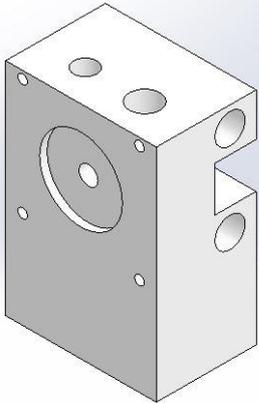
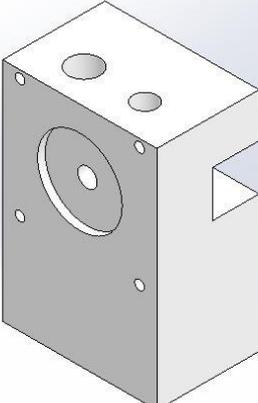
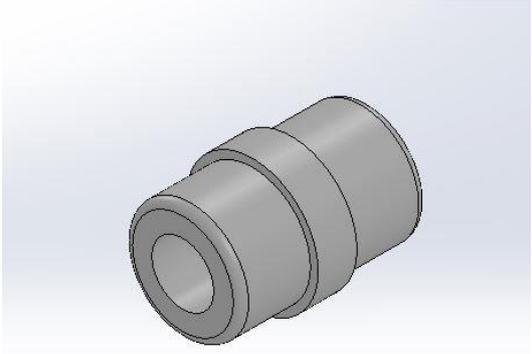
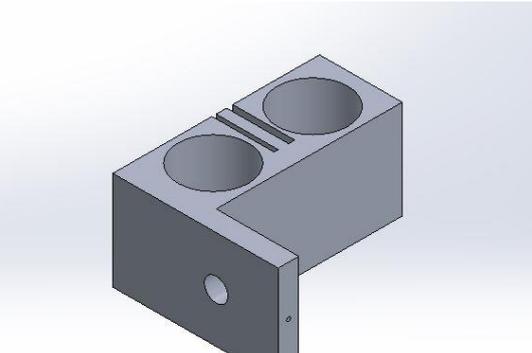
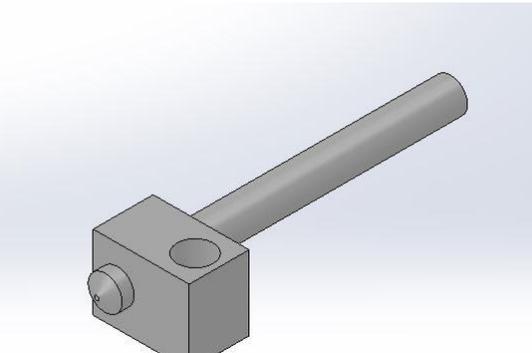


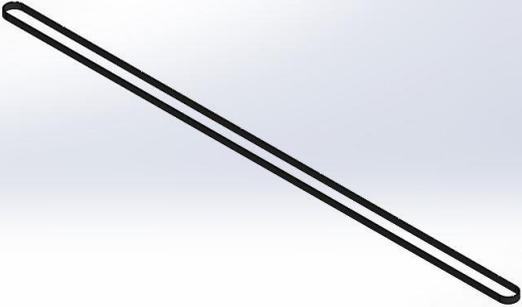
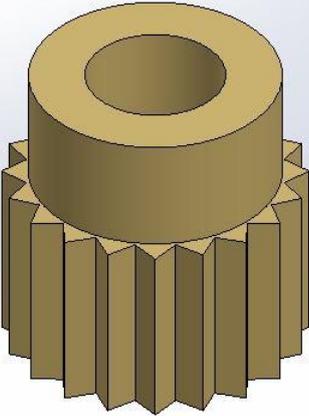
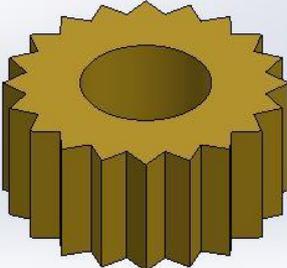
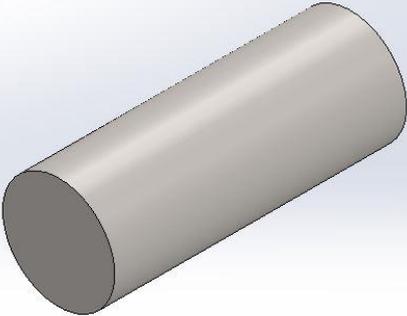
Ilustración 91 – Detalle unión rodamientos con el soporte boquilla

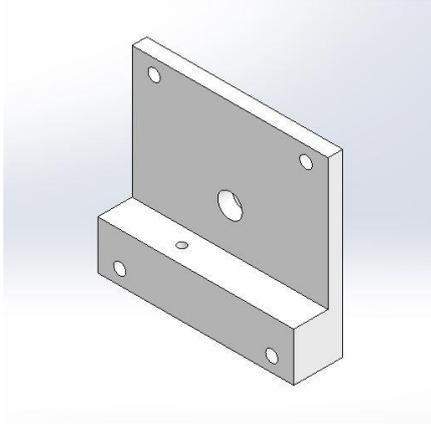
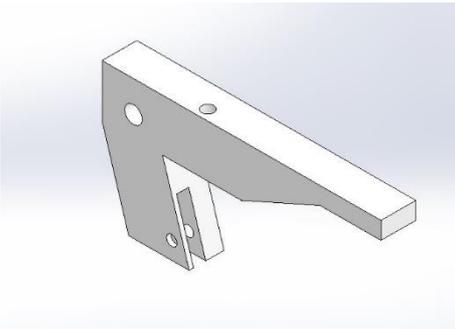
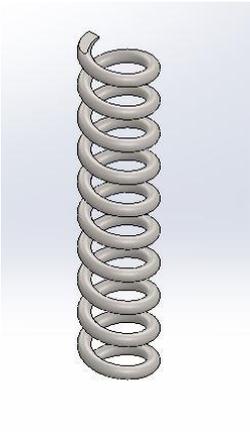
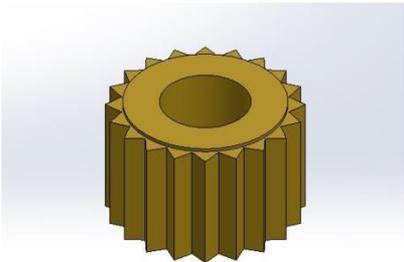
En la Tabla 28 se presenta un inventario de las piezas que forman el carro de impresión:

Nombre de la pieza y breve descripción	Imagen
<p>Motor eje Z: motor paso a paso de precisión 1.8° con el que se traslada con la ayuda de un sistema de transmisión los soportes del eje X. Tiene una pieza acoplada sobre la que apoya la varilla eje Z. Se atornilla a la pieza 1 por medio de cuatro tornillos de métrica M3. Se escoge un NEMA 17 de 83 N·cm de par. En el anexo de cálculos está el estudio realizado para elegir este motor. Se necesitan 2 unidades</p>	
<p>Motor eje X y motor extrusor bowden: motor paso a paso de precisión 1.8° con el que se traslada con la ayuda de un sistema de transmisión el soporte de la boquilla. Este motor es el mismo que se utiliza en el extrusor para suministrar filamento. Se atornilla al soporte eje X y soporte eje X lado bowden por medio de cuatro tornillos de métrica M3. Se escoge un NEMA 17 de 48 N·cm de par. En el anexo de cálculos está el estudio realizado para elegir este motor. Se necesitan 2 unidades.</p>	
<p>Varilla eje X: Elemento encargado de guiar el soporte de la boquilla. Va insertada en ambos los orificios que tienen los soportes del eje X. Está fabricada en acero, y tiene un diámetro de 8 mm. Se requieren 2 unidades.</p>	
<p>Varilla eje Z: Elemento encargado de guiar los soportes eje X verticalmente. Está fabricada en acero, y tiene un diámetro de 8 mm. Se requieren 2 unidades.</p>	

<p>Varilla roscada: Elemento encargado de transmitir el movimiento del motor hasta el tornillo de potencia. Está fabricada en acero, y tiene un diámetro de 5 mm, y un paso de 0,8 mm. Se ha elegido este paso para satisfacer la calidad de impresión que se requiere. En el anexo de cálculo se puede encontrar el estudio realizado. Se requieren 2 unidades.</p>	
<p>Soporte eje X: Pieza fabricada en ABS, su función es la de soportar el motor que se encarga de la traslación de la boquilla, además de alojar en su interior tornillo de potencia del eje Z, para que al girar la varilla roscada sube o baja esta pieza. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Soporte eje X lado bowden: Pieza fabricada en ABS, su función es la de soportar el motor que se encarga del suministro de filamento, además de alojar en su interior tornillo de potencia del eje Z, para que al girar la varilla roscada sube o baja esta pieza. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Tornillo potencia eje Z: Esta pieza es la encargada de transformar el movimiento giratorio de la varilla roscada en un movimiento de traslación (vertical u horizontal). Está fabricada en hierro. Se requiere 1 unidad.</p>	

<p>Rodamiento bolas lineal: Pieza que sirve de guía para el guiado para los soportes eje X y para el soporte de la boquilla. Está fabricado de acero. Se requieren 4 unidades.</p>	
<p>Soporte boquilla: Esta pieza aloja la boquilla y el ventilador. En la parte trasera tiene unas ranuras para la conexión de las correas. Está fabricada en hierro. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Boquilla: Fabricada en Aluminio y sin tubo de teflón, incorpora el calentador y el termistor. Se necesita 1 unidad.</p>	
<p>Ventilador: Esta pieza es la encargada de refrigerar el tubo de la boquilla para evitar que se dilate el filamento en el interior del tubo. Se necesita 1 unidad.</p>	

<p>Correa eje X: Fabricada en caucho, sirve para trasladar horizontalmente el soporte de la boquilla. El tipo de correa que se ha elegido es una correa GT2 de 9 mm de anchura y 2mm de distancia entre dientes, pues es lo que se ha estimado en los cálculos. Se necesita 1 unidad.</p>	
<p>Rueda motriz correa: Esta pieza sirve para transmitir el movimiento de rotación del motor a la correa eje X. Se sujeta al eje del motor por medio de un tornillo prisionero. Fabricada en latón. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Rueda conducida correa: La función de esta pieza es aportar un punto de apoyo a la correa del eje X, pues no transmite ningún movimiento. Se sujeta al pasador rueda conducida correa por medio de un tornillo prisionero. Fabricada en latón. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Pasador rueda conducida correa: Fabricado en acero, es donde va rueda conducida correa. A su vez, este eje va colocado en el soporte eje X lado bowden. Se requiere 1 unidad.</p>	

<p>Soporte bowden: Pieza fabricada en ABS, va atornillada al soporte eje X lado Bowden. Tiene un orificio de diámetro 2 mm para que entre el filamento, además de tener otro orificio para permitir el paso del eje del motor extrusor. En esta pieza va colocado el brazo bowden y el resorte para el extrusor. Se atornilla al soporte eje X lado bowden por medio de cuatro tornillos de métrica M3. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Brazo bowden: La función de esta pieza es servir como palanca para la polea extrusor bowden, y así presionar el filamento contra el engranaje para asegurar un suministro constante. Se atornilla al soporte eje X lado bowden por medio de 1 tornillo de métrica M3. Está fabricada en ABS. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Resorte extrusor: Fabricado en acero, la función de este componente es aplicar una fuerza en el brazo bowden para presionar el filamento contra el engranaje.</p>	
<p>Engranaje extrusor bowden: La función de esta pieza es agarrar el filamento y suministrarlo hacia la boquilla. Se sujeta al eje del motor por medio de un tornillo prisionero. Fabricada en latón. Se requiere 1 unidad.</p>	

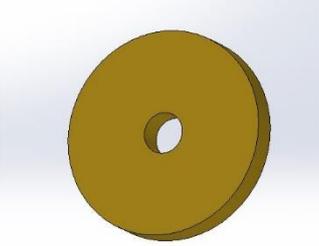
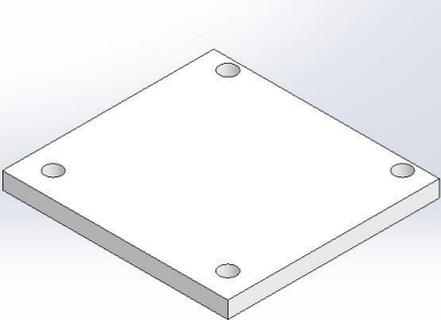
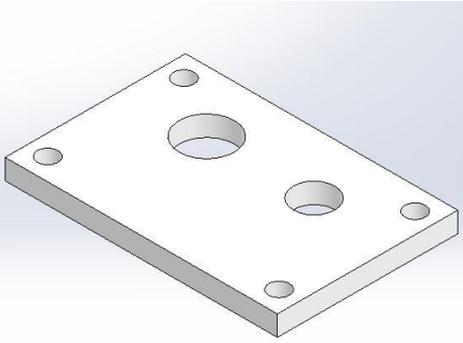
<p>Polea extrusor bowden: Este componente sirve para acercar el filamento al engranaje extrusor bowden, para así asegurar un mejor agarre. Fabricada en latón. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Tapa soporte eje X: Esta pieza está fabricada en ABS y va colocada en el soporte eje X, su función es cubrir la rueda motriz correa para evitar posibles accidentes. Se atornilla al soporte eje X por medio de cuatro tornillos de métrica M3. Se requiere 1 unidad.</p>	
<p>Tapa inferior soporte eje X y soporte eje X lado bowden: Esta pieza está fabricada en ABS y va colocada en la parte inferior de ambos soportes eje X. Su función es sujetar tanto el tornillo potencia eje Z como el rodamiento lineal de bolas. Se atornilla al soporte eje X por medio de cuatro tornillos de métrica M3. Se requieren 2 unidades.</p>	
<p>Final de carrera: Sirve para marcar el límite de la base de impresión. Se requieren dos unidades, una para controlar el límite en el eje X y otra para controlar el límite en el eje Z.</p>	

Tabla 28 – Componentes carro de impresión

8. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para la realización del proyecto se ha hecho una planificación de las tareas a cumplir durante las diversas etapas, así como una fecha estimada de duración. Estas tareas junto con su duración se pueden encontrar en la Tabla 29.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Búsqueda de impresoras 3D plegables	3 días	lun 04/07/16	mié 06/07/16
Estimación de los requisitos de la impresora	2 días	jue 07/07/16	vie 08/07/16
Búsqueda de tipos de tecnología de impresión 3D	5 días	lun 11/07/16	vie 15/07/16
Búsqueda de materiales para la tecnología FFF	2 días	lun 18/07/16	mar 19/07/16
Búsqueda de información relativa a los componentes de la impresora	25 días	mié 20/07/16	mar 23/08/16
Desarrollo de ideas y bocetos	25 días	lun 18/07/16	vie 19/08/16
Elección de los materiales y piezas a utilizar	10 días	mié 24/08/16	mar 06/09/16
Diseño detallado de las piezas de la impresora	24 días	lun 22/08/16	jue 22/09/16
Ensamblaje de la impresora	3 días	vie 23/09/16	mar 27/09/16
Redacción de la memoria	80 días	jue 07/07/16	mié 26/10/16
Cálculos para la elección de componentes	7 días	mié 24/08/16	jue 01/09/16
Análisis CAE	7 días	vie 02/09/16	lun 12/09/16
Rediseño de piezas y componentes	8 días	mar 13/09/16	jue 22/09/16
Planos de las piezas	10 días	mié 28/09/16	mar 11/10/16
Presupuesto y viabilidad económica	4 días	mié 12/10/16	lun 17/10/16
Pliego de condiciones	4 días	mar 18/10/16	vie 21/10/16
Revisión de documentos	4 días	lun 24/10/16	jue 27/10/16

Tabla 29 – Distribución de las horas y las tareas realizadas

8.1 DIAGRAMA DE GANTT

Se muestra también en la Ilustración 92 el diagrama de Gantt para una visualización más fácil del tiempo que se ha invertido para la realización del proyecto.

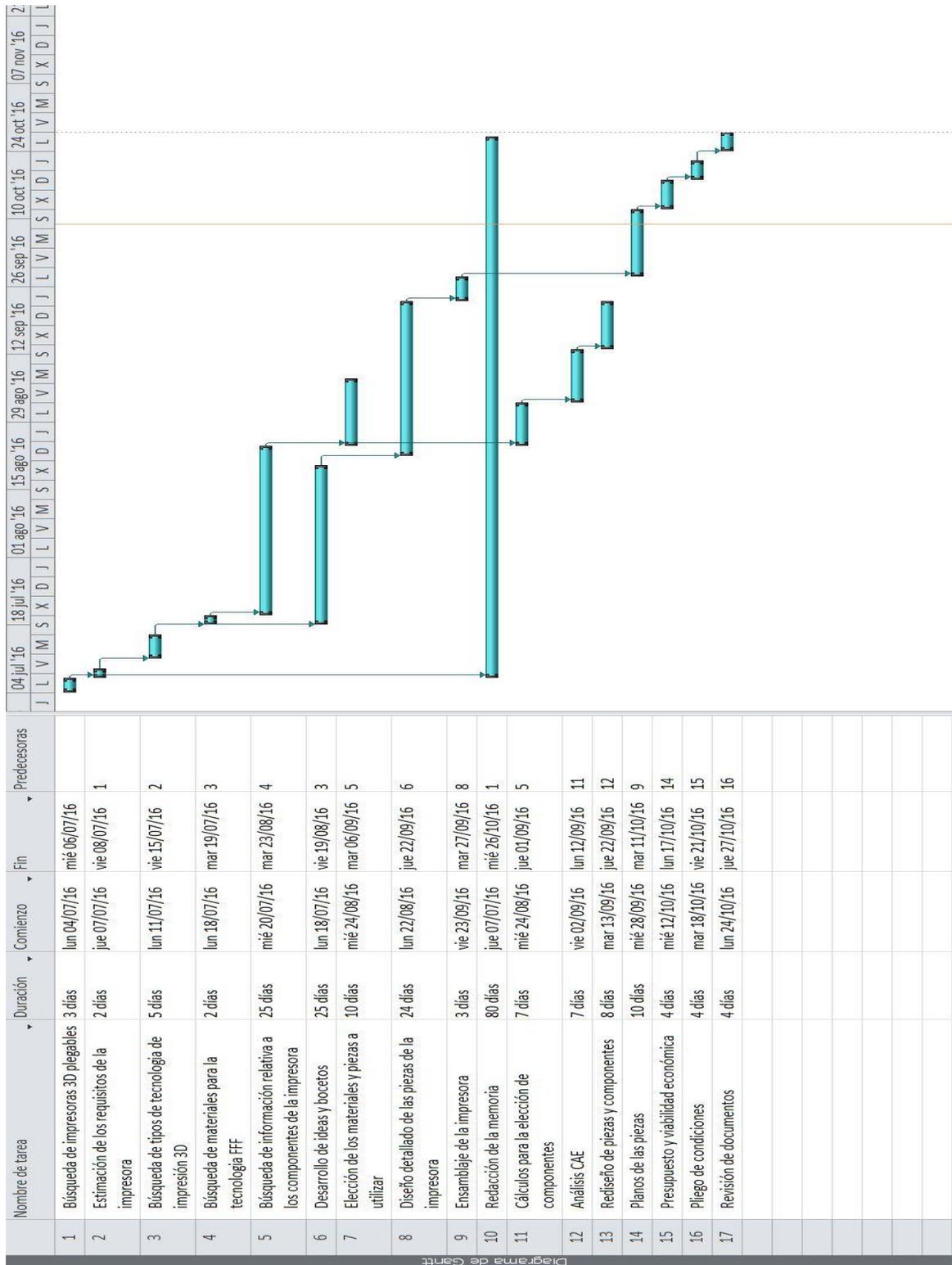


Ilustración 92 – Diagrama de Gantt

9. VIABILIDAD TÉCNICA, LEGAL Y ECONÓMICA DEL PROYECTO

En este apartado de la memoria se detallan tres aspectos importantes, como son la viabilidad técnica, la viabilidad legal y la viabilidad económica.

9.1 VIABILIDAD TÉCNICA

Después de analizar cómo se fabrica la impresora, los componentes que utiliza, y el proceso de ensamblaje, se puede afirmar que el proyecto es viable técnicamente, por los siguientes motivos:

- Los procesos de fabricación necesarios para la obtención de las piezas que se usan en la impresora son fácilmente realizables.
- Por otro lado, el ensamblaje de la impresora lo puede realizar cualquier persona siempre y cuando siga las instrucciones de montaje.

9.2 VIABILIDAD LEGAL

Dado que para la realización del diseño de la impresora se ha seguido la normativa consultada y expuesta en el apartado 4 del proyecto, se puede certificar que el proyecto cumple con todas las directivas españolas y europeas necesarias.

9.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se presenta la viabilidad económica del proyecto, para el cual es necesario estudiar el periodo de retorno de la inversión (PR), así como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

Para poder calcular el periodo de retorno (PR), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR) se han realizado una serie de investigaciones en cuanto a costes de materia prima, personal, maquinaria, consumos y previsión de ventas a un plazo vista de 15 años.

9.3.1 Materia prima

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS	CANTIDAD	PRECIO
Caja	1	1,66 €/unidad
Palet	1	4 €/unidad
Film transparente	1	6,35 €/unidad
Componentes impresora	1	1093,29 €/unidad
TOTAL (€)		1105,45

Tabla 30 – Materias primas utilizadas

9.3.2 Inversión inicial

El desglose de estos conceptos se puede consultar en el apartado V del proyecto.

CONCEPTO	COSTE (€)
Coste de la obra civil e instalaciones	27683,17
Coste del personal	4000
Coste del equipo y licencias de software	1956,30
TOTAL (€)	33639,47

Tabla 31 – Inversión inicial a realizar

9.3.3 Maquinaria

MAQUINARIA NECESARIA	Cantidad	PRECIO (€)	PRECIO (€)
Transpaleta	1	482,79	482,79
TOTAL (€)			482,79

Tabla 32 – Maquinaria necesaria

Dado que no se necesitan herramientas para el empaquetado de la impresora, sólo se ha estimado la compra de una transpaleta para transportar los palets dentro del almacén.

9.3.4 Personal

PERSONAL	CANTIDAD	HORARIO	HORAS/DIA	SALARIO ANUAL (€/AÑO)
Mozo de almacén	1	09:00-18:00	4	20000
Marketing	1	09:00-18:00	4	25000
Personal de compras y ventas	1	09:00-18:00	4	21000
TOTAL (€/año)				33000
TOTAL (€/mes)				2750

Tabla 33 – Personal necesario

En cuanto al apartado del personal, se prevé necesario tanto un mozo de almacén, que hará las funciones de empaquetador, como de dos personas de oficina, que se encargarán de la publicidad, compra y venta del producto.

9.3.5 Consumos

Maquinaria	Unidades	Potencia (kW)	Horas funcionamiento	Energía (kWh)	Precio kWh	Consumo (€)
Ordenadores	2	0,08	4	0,64	0,15361	0,10 €
Luces	30	0,065	4	7,8	0,15361	1,20 €
Varios		2	1	2	0,15361	0,31 €
Consumo mensual maquinas						23,96 €
Coste mensual oficinas						8,11 €

Tabla 34 - Consumo

Teniendo en cuenta que la empresa es pequeña, y que sólo tiene tres empleados, el gasto en consumo tanto eléctrico como de agua mensual es mínimo.

9.3.6 Estimación anual de ventas

Haciendo un estudio de mercado, se estima que cada año se podrá ir incrementando la venta de este tipo de impresoras, hasta alcanzar un máximo de 55 impresoras.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Numero ventas	5	10	15	20	25	30	40	45	55	45	40	30	25	20	10

Tabla 35 – Estimación de ventas

9.3.7 Ingresos y gastos

Los valores de la Tabla 36 se han obtenido de la siguiente forma:

- Gastos directos por impresora: es la materia prima más los gastos de envío por impresora.
- Gastos directo anuales: es el resultado de multiplicar los gastos directos por impresora por el número estimado de impresoras que se venderán.
- Gastos indirectos anuales: son los gastos que produce la impresora. Las amortizaciones han sido extraídas de la parte V del proyecto. En las amortizaciones se ha elegido un periodo de amortización de 20 años para la maquinaria y de 10 años para todo lo relacionado con la instalación de la nave industrial. El resto de gastos están detallados previamente.

- Gastos indirectos anuales por impresora: se ha tenido en cuenta que debido a que la empresa incrementará sus beneficios un 10 % por la venta de las impresoras, cada impresora deberá acarrear con un porcentaje del 10% sobre los gastos indirectos anuales.
- Precio coste por impresora: es la suma de los gastos directos por impresora más los gastos indirectos por impresora.
- PVP: el precio de venta al público está obtenido teniendo en cuenta el beneficio de un 30% sobre el precio coste por impresora.
- Para calcular los ingresos, se ha tomado el PVP y se ha multiplicado por el número estimado de impresoras que se venderán anualmente.
- Para los gastos, se han sumado los gastos directos anuales y los gastos indirectos anuales por impresora, y este último valor multiplicado por el número de impresoras que se prevé vender.
- Por último, para el cálculo del BB (Beneficio bruto) se han restado a los ingresos los gastos.

Gastos directos por impresora	
Materia prima	1093,29
Material auxiliar	12,01
Agencia de envíos	15
Numero impresoras anuales	55
Gastos directos anuales	61616,5
Gastos indirectos anuales	
Amortizaciones	6876,558
Energía luz y equipos	120,96
Sueldos	33000
Agua	76,8
Gastos generales	1200
Gastos indirectos anuales por impresora	75,04421455
Precio coste por impresora	1126,553685
Beneficio	30%
PVP	1464,51979
Beneficio bruto anual	
Ingresos	80548,58845
Gastos	61691,54421
Bb anual	18857,04423

Tabla 36 – Ingresos y gastos

9.3.8 Estudio financiero

Todos estos datos detallados a continuación son necesarios para la obtención de los valores que arrojarán si un proyecto es viable o no económicamente.

Se considera para el estudio financiero los siguientes parámetros:

IPC (%)	2,2
In (%)	3,5
Inversión inicial (€)	33639,47
ir	0,0159

Tabla 37 – Valores para el estudio económico

- IPC: índice precios de consumo
- In: interés nominal
- Inversión inicial (I_0): detallada en el apartado 9.3.2 Inversión inicial.
- Ir: interés real, resultado de la división del In entre el IPC

Para hallar el VAN, el TIR y el PB (periodo de retorno), se han estimado unas previsiones a 15 años, basándose en el apartado 9.3.6 Estimación anual de ventas.

	Inversión inicial (I_0)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Beneficio bruto		1302,102	3395,295	5213,326	6962,567	8684,291	10392,26	13787,55
Beneficio neto		911	2377	3649	4874	6079	7275	9651
Flujo de caja	-33639	7788	7959	8134	8313	8496	8683	8874
VAN		7666	7712	7758	7805	7852	7899	7946

Tabla 38 – Estudio de flujo de caja parte 1

	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Beneficio bruto	15479,47	18857,04	15479,47	13787,55	10392,26	8684,291	6962,567	3395,295
Beneficio neto	10836	13200	10836	9651	7275	6079	4874	2377
Flujo de caja	9070	9269	9473	9681	9894	10112	10334	10562
VAN	7994	8042	8090	8138	8187	8236	8156	8468

Tabla 39 – Estudio de flujo de caja parte 2

Teniendo en cuenta la Tabla 38 y la Tabla 39 se realiza el estudio económico sobre el VAN, el TIR y el periodo de retorno para comprobar la rentabilidad del proyecto.

Para obtener el valor del TIR (Tabla 40), se ha procedido a hallar el valor que hace que el VAN sea cero, con una interpolación este es el resultado.

ir	VAN
0	103005
0,1	33084
0,2	6180
0,23	1480
0,24	122
0,2409	5
0,24094	0
0,241	-8
0,242	-138
0,243	-267
0,25	-1145
0,27	-3441
0,3	-6382
0,4	-13219
0,5	-17398
0,7	-22158
0,8	-23631
1	-25677

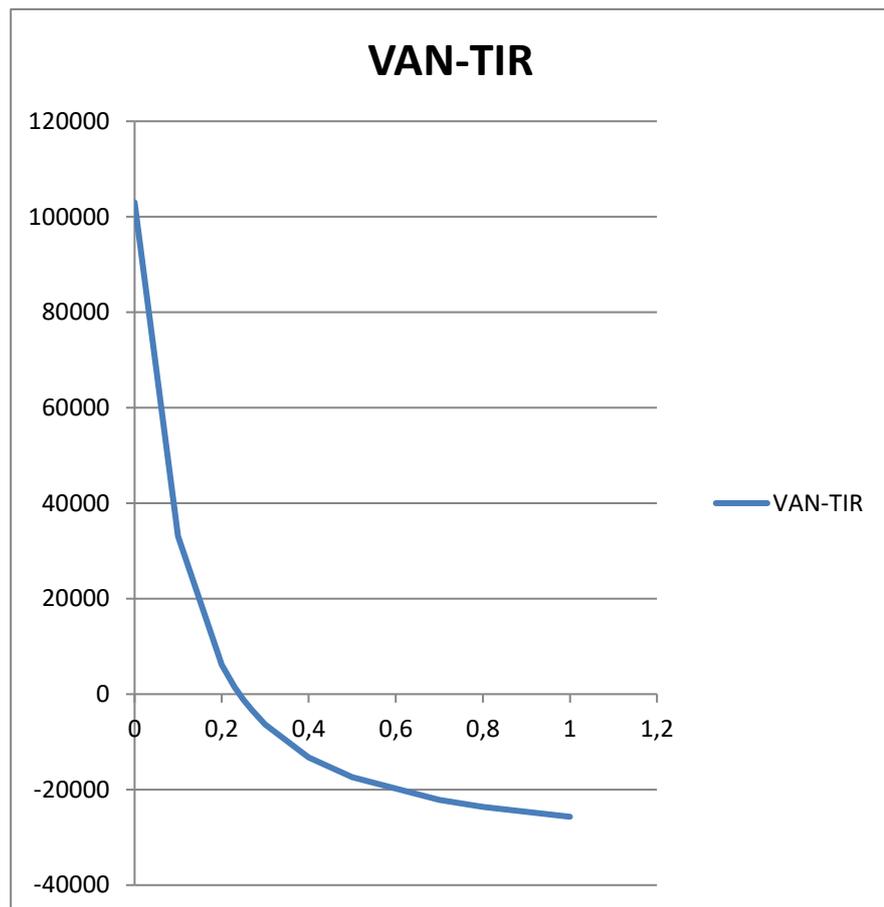


Tabla 40 – Cálculo del TIR

VAN	86308
TIR	24,094%
PB	5,048811735

Tabla 41 – Resultado del estudio económico

Dado que el TIR que se puede observar en la Tabla 41 tiene un valor del 24,094% podríamos aceptar una financiación hasta el 24,094% TAE para obtener beneficios. El periodo de retorno se sitúa en 5 años y 15 días aproximadamente, una vez transcurrido este periodo, la inversión total estará cubierta con los beneficios obtenidos, por lo que, a partir de entonces, los beneficios serán destinados para reservas de la empresa o ganancias para los socios.

Por lo tanto, dados los datos anteriormente citados, la realización de este proyecto sería rentable, siempre y cuando se pueda conseguir la expectativa de conseguir la previsión de ventas anual de las impresoras.

10. CONCLUSIONES

La impresora 3D presentada en este proyecto final de grado se ha acometido tras un análisis de mercado para detectar oportunidades.

La impresora propuesta tiene un diseño diferenciador, permite la impresión en materiales diversos gracias al uso de la cama caliente y emplea un extrusor tipo Bowden para la impresión, lo que posibilita mayores velocidades de impresión para gente con experiencia. También es destacable que utiliza una boquilla All-metal para minimizar posibles problemas de taponamientos ocasionados por un incorrecto mantenimiento del usuario. Destacar por último el empleo de la placa de control LionHeart, que permite mayores velocidades de carga de archivos y además tiene múltiples conexiones para futuras actualizaciones (auto calibrado o inclusión de bombillas LED).

Los datos presentados en el presupuesto, así como el estudio económico, permiten asegurar su viabilidad económica.

No obstante, para hacer realidad el proyecto primero sería necesario fabricar un prototipo de la máquina y observar cómo funciona, haciendo pruebas de impresión y comprobando que las piezas tengan la calidad deseada, ya que un proyecto real tiene muchas más variables que no se han podido tener en cuenta en la realización de este proyecto

II. ANEJOS

ÍNDICE ANEJOS

1. ANEJO ECONÓMICO.....	4
1.1 PIEZAS A FABRICAR	4
1.2 PIEZAS COMERCIALES.....	6
1.3 COSTE TOTAL DE UNA IMPRESORA	7
2. ANEJO DE CÁLCULOS.....	8
2.1 ELECCIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA.....	8
2.2 ELECCIÓN DE MOTOR.....	9
2.3 ELECCIÓN DE LAS CORREAS	10
2.4 ELECCIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	10
2.5 ANÁLISIS CAE DE LOS ELEMENTOS	11
2.5.1 Análisis modal de todo el conjunto de la estructura.....	11
2.5.2 Análisis de deformaciones en la estructura de impresión	17
2.5.3 Análisis de tensiones del porta bobina	19
3. CATÁLOGOS.....	21

1. ANEJO ECONÓMICO

En este apartado se puede consultar el desglose de los materiales utilizados para la elaboración de la impresora así como su precio. Se ha realizado una diferenciación entre las piezas comerciales y las piezas diseñadas, las cuales se deben fabricar a medida.

1.1 PIEZAS A FABRICAR

En este punto se procede a presentar el desglose de costes de las piezas diseñadas que deben fabricarse para que sean incluidas en la impresora. Hay tres tipos de piezas; las piezas fabricadas en polimetacrilato, las piezas fabricadas en ABS y las piezas de metal.

Para conocer el coste de las piezas fabricadas en polimetacrilato se ha contactado con un proveedor local, y atendiendo a los parámetros fijados (espesor de 6mm y el área especificada) se ha obtenido el siguiente presupuesto.

COSTE MATERIAL POLIMETACRILATO		
Cantidad (mm2)	Coste unitario(€/mm2)	Coste total (€)
723755,29	0,00007	50,67

Tabla 1 – Coste material polimetacrilato

Para conocer el coste de las piezas fabricadas en ABS se ha contactado con un proveedor local, y atendiendo a los parámetros fijados (volumen total de las piezas) se ha obtenido el siguiente presupuesto.

COSTE MATERIAL ABS		
Cantidad (mm3)	Coste unitario(€/mm3)	Coste total (€)
5790042,32	0,0000105	60,80

Tabla 2 – Coste material ABS

Para conocer el coste de las piezas fabricadas en metal (Aluminio y Acero) se ha contactado con un proveedor local, y atendiendo a los parámetros fijados (volumen total de las piezas) se ha obtenido el siguiente presupuesto.

COSTE MATERIAL ALUMINIO		
Cantidad (mm3)	Coste unitario(€/mm3)	Coste total (€)
219348	0,000262	57,58
COSTE MATERIAL ACERO		
Cantidad (mm3)	Coste unitario(€/mm3)	Coste total (€)
329022	0,000117	38,38

Tabla 3 – Coste material Aluminio y Acero

Una vez conocido el coste del material, se presenta el cálculo del coste de fabricación de las piezas de polimetacrilato. Se ha contactado con un proveedor local, y atendiendo a los parámetros fijados (espesor de 6mm y el área especificada) se ha obtenido el siguiente presupuesto.

COSTE FABRICACIÓN PIEZAS DE POLIMETACRILATO		
Cantidad (mm²)	Coste unitario(€/mm²)	Coste total (€)
723755,29	0,00013	94,09

Tabla 4 – Coste fabricación piezas de polimetacrilato

Una vez conocido el coste del material, se presenta el cálculo del coste de fabricación de las piezas de ABS. Se ha contactado con un proveedor local, y atendiendo a los parámetros fijados (volumen total de las piezas) se ha obtenido el siguiente presupuesto.

COSTE FABRICACIÓN PIEZAS DE ABS		
Cantidad (mm³)	Coste unitario(€/mm³)	Coste total (€)
5790042,32	0,0000195	112,91

Tabla 5 – Coste fabricación piezas de ABS

Una vez conocido el coste del material, se presenta el cálculo del coste de fabricación de las piezas de metal (Aluminio y Acero). Se ha contactado con un proveedor local, y atendiendo a los parámetros fijados (volumen total de las piezas) se ha obtenido el siguiente presupuesto.

COSTE FABRICACIÓN PIEZAS DE METAL		
Cantidad (mm³)	Coste unitario(€/mm³)	Coste total (€)
548370	0,000325	178,22

Tabla 6 – Coste fabricación piezas de metal

1.2 PIEZAS COMERCIALES

Seleccionar componentes estándar permite reducir el presupuesto final, a la vez que garantiza una seguridad en el comportamiento de estas piezas. Estos componentes se pueden encontrar en multitud de páginas web y en catálogos de proveedores.

COSTE PIEZAS COMERCIALES			
Cantidad	Nombre de la pieza	Coste unitario (€)	Coste total (€)
1	Muelle extrusor	0,7	0,7
2	Acoplador motor-varilla	5,99	11,98
1	Correa eje X	8,99	8,99
1	Correa eje Y	8,99	8,99
1	Cristal impresión	17,99	17,99
1	Engranaje extrusor	2,8	2,8
1	Kit Hotend + ventilador + acoples bowden y tubo bowden	79,99	79,99
1	Motor eje X	9,99	9,99
1	Motor eje Y	9,99	9,99
2	Motor eje Z	9,99	19,98
1	Motor extrusor	9,99	9,99
1	Placa calefactable	13,4	13,4
1	Placa LionHeart	115	115
1	Polea conducida eje X	1	1
1	Polea conducida eje Y	1	1
1	Polea extrusor	1	1
4	Rodamiento SC8UU	2,2	8,8
4	Rodamiento LM8UU	0,8	3,2
1	Rueda motriz correa eje X	1	1
1	Rueda motriz correa eje Y	1	1
2	Tornillo potencia eje Z	5,99	11,98
1	Transformador	25,5	25,5
2	Varilla eje X 8x240	3,1	6,2
2	Varilla eje Y 8x400	3,9	7,8
2	Varilla eje Z 8x352	3,5	7
2	Varilla roscada ZM5x320	5,99	11,98
3	Final de carrera con cables	1,3	3,9
4	Clips	0,2	0,8
1	Adaptador C14 220V	3,9	3,9
1	Fusible adaptador C14 220V	0,2	0,2
1	Cable corriente PC 186	5,2	5,2
1	Pantalla LCD con carcasa	25,99	25,99
1	Cable USB A-B	6,99	6,99
1	Kit Cables internos impresora	18,7	18,7
80	Pernos M3x8mm	0,3	24
25	Pernos M3x38mm	0,5	12,5
2	Pernos M8x18mm	0,6	1,2
		TOTAL	500,63

Tabla 7 – Coste piezas comerciales

1.3 COSTE TOTAL DE UNA IMPRESORA

Este apartado es la suma del apartado 1.1 PIEZAS A FABRICAR y el apartado 1.2 PIEZAS COMERCIALES.

CONCEPTO	COSTE (€)
Piezas fabricadas en polimetacrilato	144,76
Piezas fabricadas en ABS	173,71
Piezas fabricadas en metal	274,19
Piezas comerciales	500,63
TOTAL (€)	1093,29

Tabla 8 – Coste total de la impresora

2. ANEJO DE CÁLCULOS

2.1 ELECCIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA

El tornillo de potencia es el elemento que determina la calidad dimensional de la pieza, pues en relación al paso del tornillo, se puede calcular la altura de capa mínima que se puede conseguir.

Se pretende tener una resolución mínima de 0,1 mm, por lo que se tiene que elegir una varilla roscada de métrica M5, la cual tiene un paso de 0,8 mm.

Dado que los motores elegidos son motores paso a paso, se tiene que hallar el número de pasos necesarios para dar una vuelta. Observando el catálogo de motores adjunto, se advierte que cada paso del motor equivale a 1,8°, por lo que se tiene:

$$360^{\circ}/vuelta \div 1,8^{\circ}/paso = 200 \text{ pasos}/vuelta$$

Por lo que para hallar la altura de capa que se desea, se procede de la siguiente forma:

$$0,8 \text{ mm}/vuelta \div 200 \text{ pasos}/vuelta = 0,004 \text{ mm}/paso$$

Las alturas de capa que se podrán conseguir serán múltiplos de este último valor. Estas alturas de capa se pueden ver en la Tabla 9.

Valor original (mm)	Múltiplos	Alturas de capa (mm)
0,004	20	0,08
0,004	25	0,1
0,004	30	0,12
0,004	35	0,14
0,004	40	0,16
0,004	45	0,18
0,004	50	0,2
0,004	55	0,22
0,004	60	0,24
0,004	65	0,26
0,004	70	0,28
0,004	75	0,3

Tabla 9 – Valores de altura de capa

Con la elección de un tornillo de potencia con métrica M5, es posible obtener una altura de capa de 0,1 mm. Esto correspondería con un control de los pasos del motor en múltiplos de 25.

2.2 ELECCIÓN DE MOTOR

Tomando como referencia que se utilizará una polea GT2, con un diámetro entre dientes de 0,572 inch, que son 1,45288 cm, se transportará una masa de 3 Kg, peso muy superior al del conjunto boquilla-soporte boquilla, y también superior al conjunto de la plataforma de impresión. La velocidad a la que será transportada se ha estimado en 150 mm/s, mucho más rápido que la velocidad máxima recomendada para traslaciones en vacío. Por lo tanto, la potencia que debe tener el motor es de:

$$P = m * g * v = 3 (Kg) * 9,81 (m/s^2) * 0,15 (m/s) = 4,4145 (W) ; P = 4,4145 W$$

Sabiendo que $P = T * w$; y que la velocidad angular se puede escribir como $w = v / r$

$$\text{Se tiene } 4,4145 (W) = T * 0,15 (m/s) / 1,45288/2 (cm) ; \text{ por lo que } T = 21,38 N \cdot cm$$

Con este valor, se busca un motor NEMA 17 que pueda suministrar el par necesario, y se observa que el motor más pequeño (single) es capaz de suministrar un par de 48 N·cm, por lo que se elige este motor para los ejes X e Y. Este valor se puede encontrar en el catálogo adjunto.

Para el cálculo del motor en el eje Z se procede de forma análoga. En este caso el peso a elevar se incrementa hasta los 6 Kg, pero la velocidad de elevación es menor, 80 mm/s. Aquí no hay ninguna polea conectada, sino que la varilla roscada está conectada al eje de la impresora. Esta varilla tiene un diámetro de 5mm.

$$P = m * g * v = 6 (Kg) * 9,81 (m/s^2) * 0,08 (m/s) = 4,7088 (W) ; P = 4,7088 W$$

Sabiendo que $P = T * w$; y que la velocidad angular se puede escribir como $w = v / r$

$$\text{Se tiene } 4,7088 (W) = T * 0,08 (m/s) / 5/2 (cm) ; \text{ por lo que } T = 147,15 N \cdot cm$$

Para este valor de par, no hay ningún motor NEMA 17 que sea válido, sino que se debería de usar un motor NEMA 23. No obstante, la configuración que se tiene es de dos motores para el eje Z, por lo que cada motor debe suministrar un par de: $T = 73,575 N \cdot cm$, y observando el catálogo de motores, el motor NEMA 17 triple cumple los requisitos, pues es capaz de aportar un T=83 N·cm. Este valor se puede encontrar en el catálogo adjunto.

2.3 ELECCIÓN DE LAS CORREAS

Observando el catálogo de correas, la fuerza necesaria para que ocurra la rotura de la correa se sitúa en 86 N/mm correa. Se ha optado por la elección de una anchura de correa de 9mm, pues es la que acopla perfectamente en la polea GT2. Las dimensiones de la polea GT2 se pueden encontrar en el catálogo adjunto.

Con esta anchura, se tiene que la correa puede resistir 774 N antes de que se produzca la rotura.

El valor del par que suministra el motor del eje X y del eje Y se puede encontrar en el apartado anterior, y es de 48 N·cm, mientras que el diámetro de la polea es de 1.45288 cm, con lo que se puede hallar la fuerza a la que estaría sometida la correa.

$$F = T/r = 48 (N \cdot cm) / 1,45288/2 (cm) = 66,08 \text{ N}$$

Por lo tanto, la fuerza a la que se verá sometida la correa está muy lejana a la fuerza necesaria para que se rompa.

2.4 ELECCIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para la elección de la fuente de alimentación hay que calcular primero cuál es la potencia eléctrica mínima que debe suministrar.

Hay que tener en cuenta varios posibles consumos, los cuales vienen determinados por la placa de control:

- Placa PCB y extrusor. Voltaje 12V, y como máximo un amperaje de 17,5 A.
- Motores. Cada motor funciona a 5V y 2 A. En total hay 5 motores.
- Ventilador. Funciona a 12V y 0,08 A. En total hay 1 ventilador

Por lo tanto, el consumo que habrá de todo el conjunto aproximadamente es de:

$$P=V \cdot I=12 \cdot 17,5 + 5 \cdot (5 \cdot 2) + 12 \cdot 0,08 = 260,96 \text{ W}$$

Aplicando un factor de seguridad de 1,2 se obtiene un consumo de 313,2 W, y teniendo en cuenta las posibilidades de ampliación de la placa de control (tira de leds, más ventiladores y más extrusores), se opta por elegir una fuente de alimentación de 360W.

2.5 ANÁLISIS CAE DE LOS ELEMENTOS

Se han realizado tres análisis CAE: un análisis modal de todo el conjunto de la estructura, un análisis de deformaciones en la estructura de impresión, y por último un análisis de tensiones en el porta bobina.

2.5.1 Análisis modal de todo el conjunto de la estructura

El objetivo del análisis realizado es asegurar que las posibles vibraciones generadas por el giro de las aspas del ventilador, alojado en el soporte del extrusor, vayan a ser de baja amplitud, para lo cual se comprobará que la frecuencia de giro esté alejada de las frecuencias naturales del conjunto.

Para descartar cualquier problema, se ha realizado un análisis de los 15 primeros modos de vibración. Para el análisis se han considerado las siguientes restricciones:

- Entre las diferentes piezas de la estructura se han considerado uniones rígidas.
- La unión de los rodamientos a las piezas de la estructura también se han modelado como uniones rígidas, así como en la unión entre las varillas y la estructura.
- Para el contacto de las varillas sobre los rodamientos se han considerado sujeciones de rodamiento con autoalineación.
- Finalmente, se ha considerado una sujeción de geometría fija en las bases de las piezas 10 y 11.

Las ilustraciones de los diferentes modos de vibración se pueden observar a continuación.

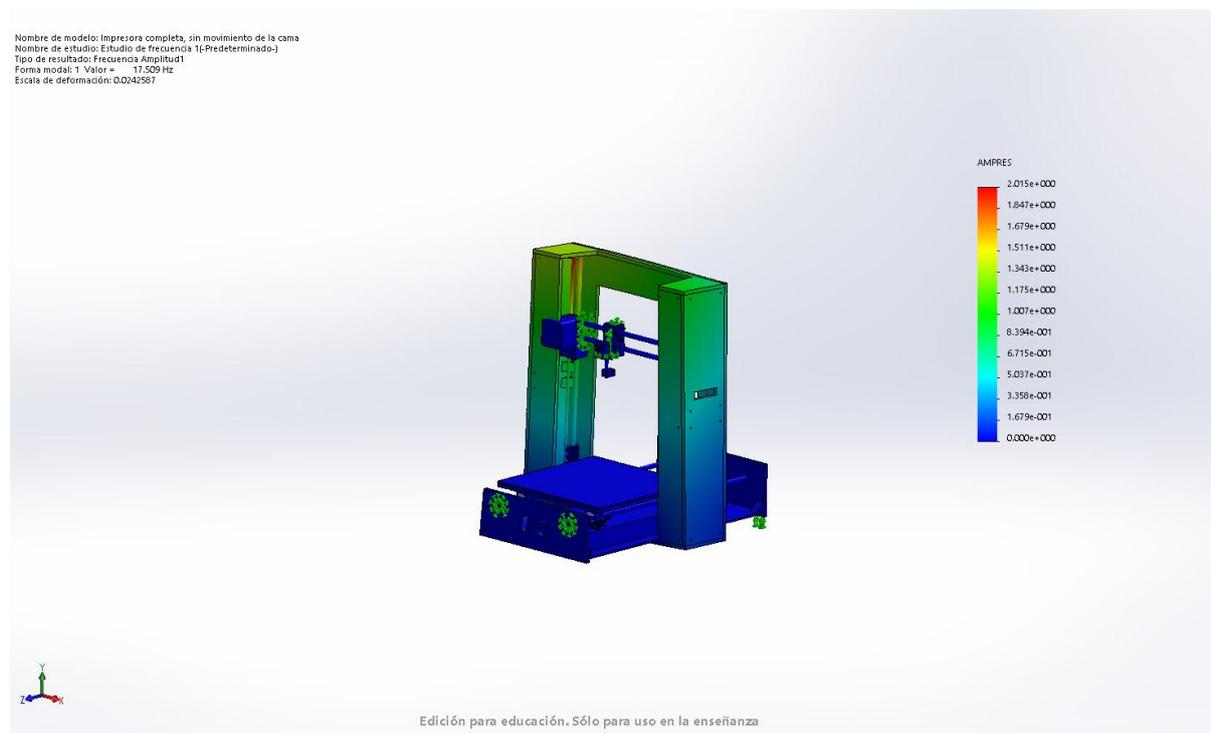


Ilustración 1 – Modo vibración 1

Nombre de modelo: Impresora completa, sin movimiento de la cama
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 11-Predeterminado-
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud2
 Forma modal: 2 Valor = 30,329 Hz
 Escala de deformación: 0.0263135

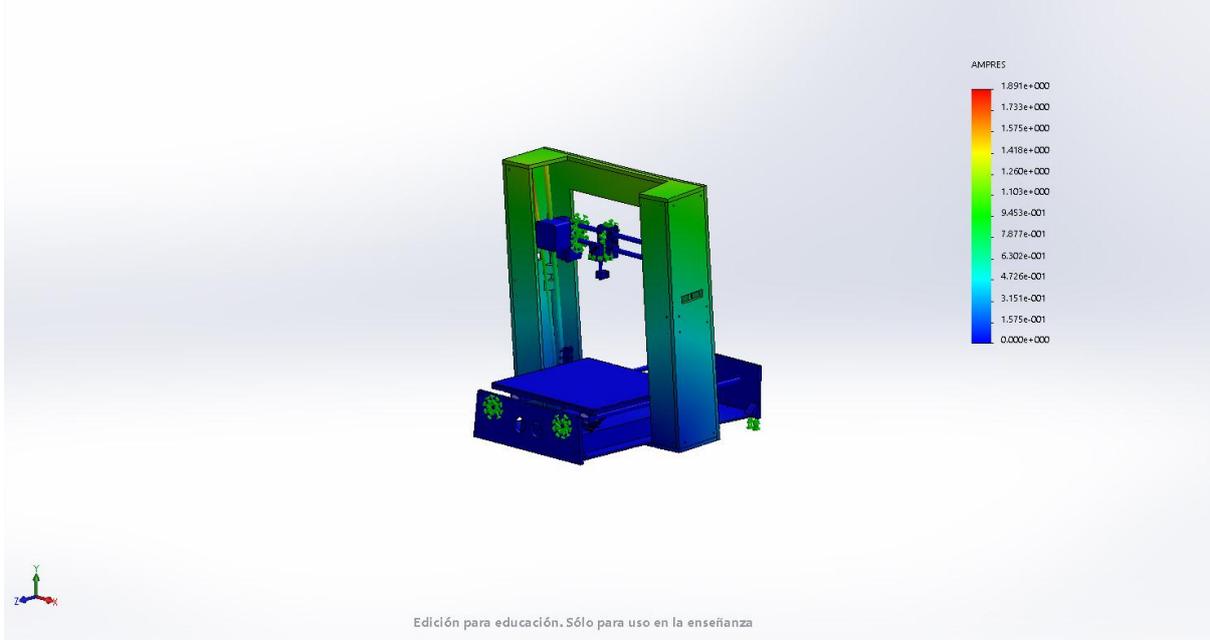


Ilustración 2 – Modo vibración 2

Nombre de modelo: Impresora completa, sin movimiento de la cama
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 11-Predeterminado-
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud5
 Forma modal: 3 Valor = 30,533 Hz
 Escala de deformación: 0.00694569

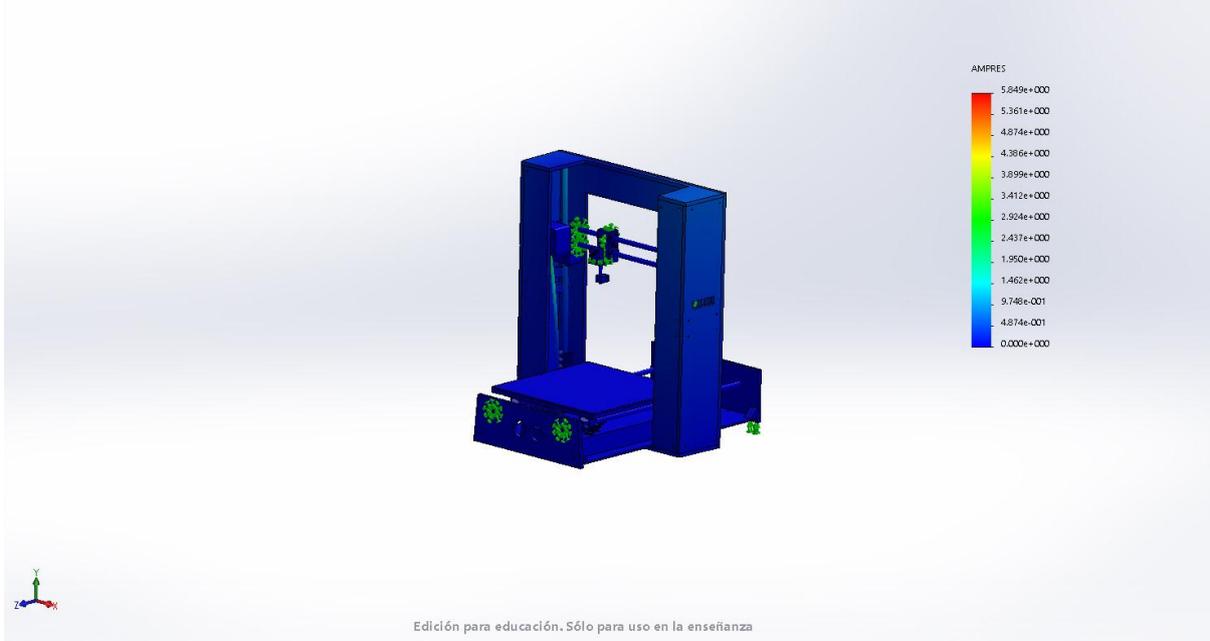


Ilustración 3 – Modo vibración 3

Nombre de modelo: Impresora completa, sin movimiento de la cama
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 11-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud4
 Forma modal: 4 Valor = 31.753 Hz
 Escala de deformación: 0.00627505

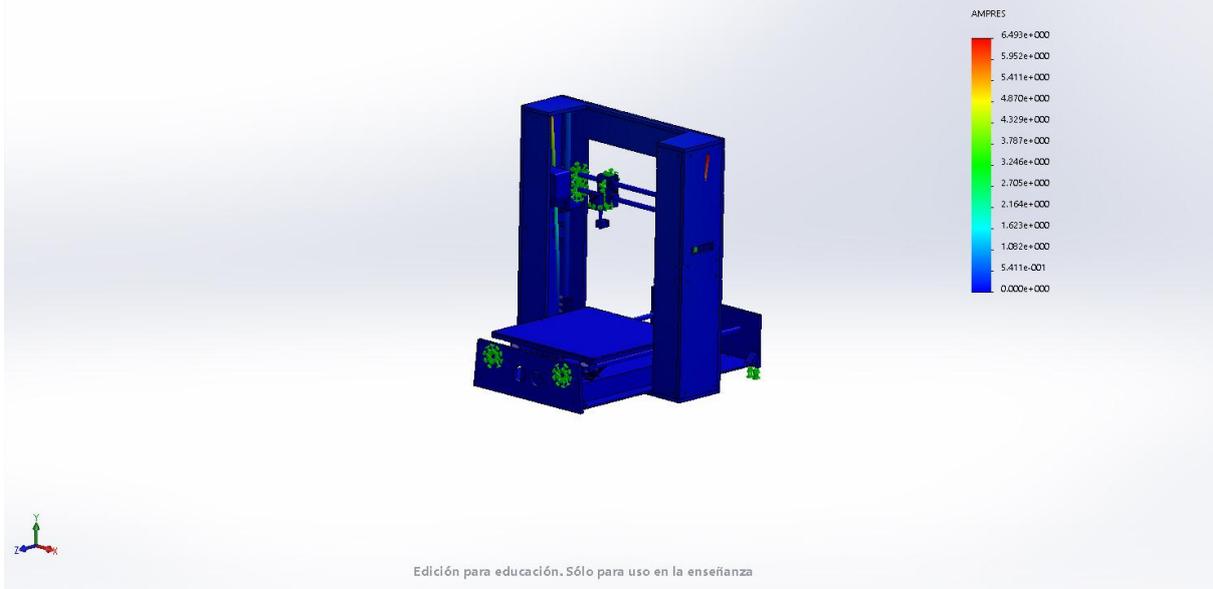


Ilustración 4 – Modo vibración 4

Nombre de modelo: Impresora completa, sin movimiento de la cama
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 11-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud5
 Forma modal: 5 Valor = 33.073 Hz
 Escala de deformación: 0.00614362

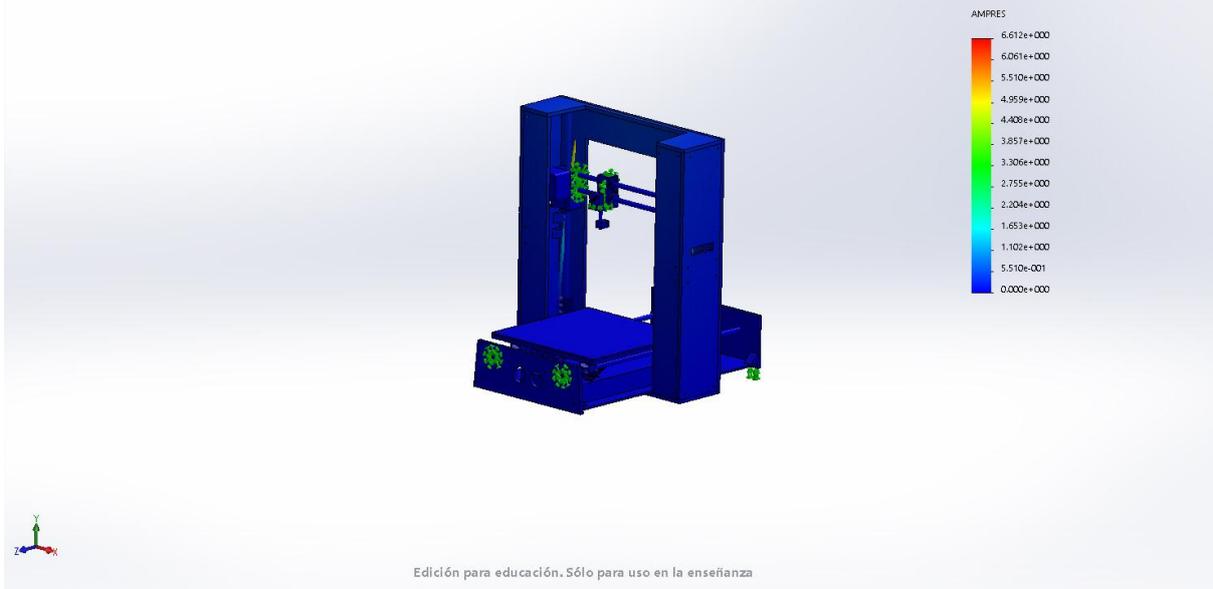


Ilustración 5 – Modo vibración 5

Nombre de modelo: Impresora completa, sin movimiento de la cama
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 11-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud
 Forma modal: 6 Valor = 33.614 Hz
 Escala de deformación: 0.00666134

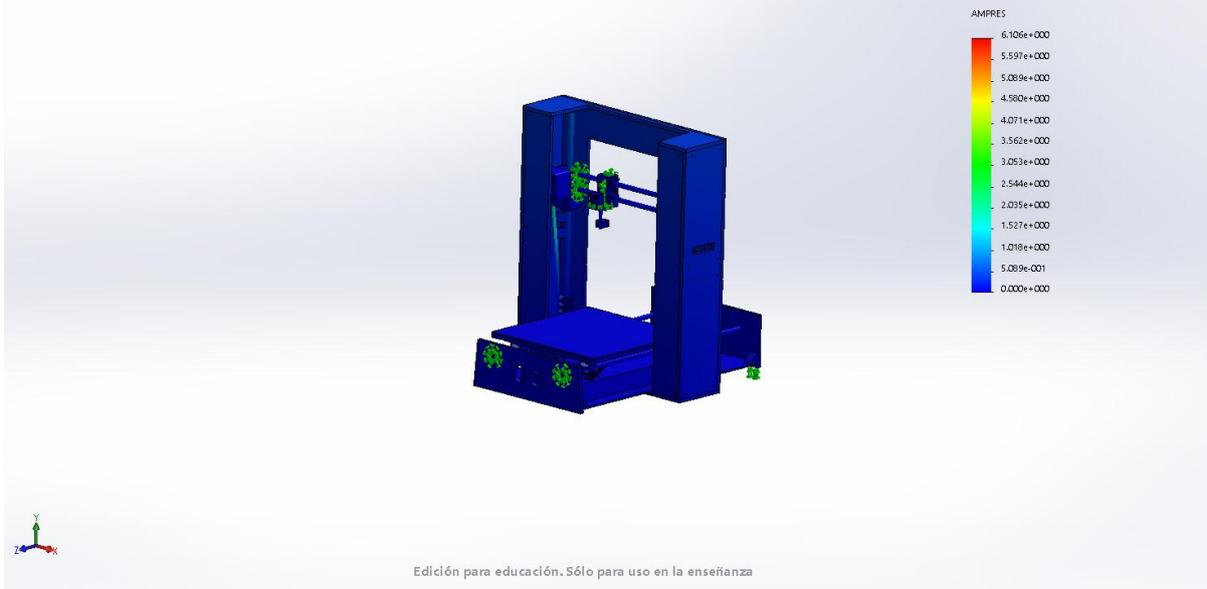


Ilustración 6 – Modo vibración 6

Nombre de modelo: Impresora completa, sin movimiento de la cama
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 11-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud
 Forma modal: 7 Valor = 37.321 Hz
 Escala de deformación: 0.0131382

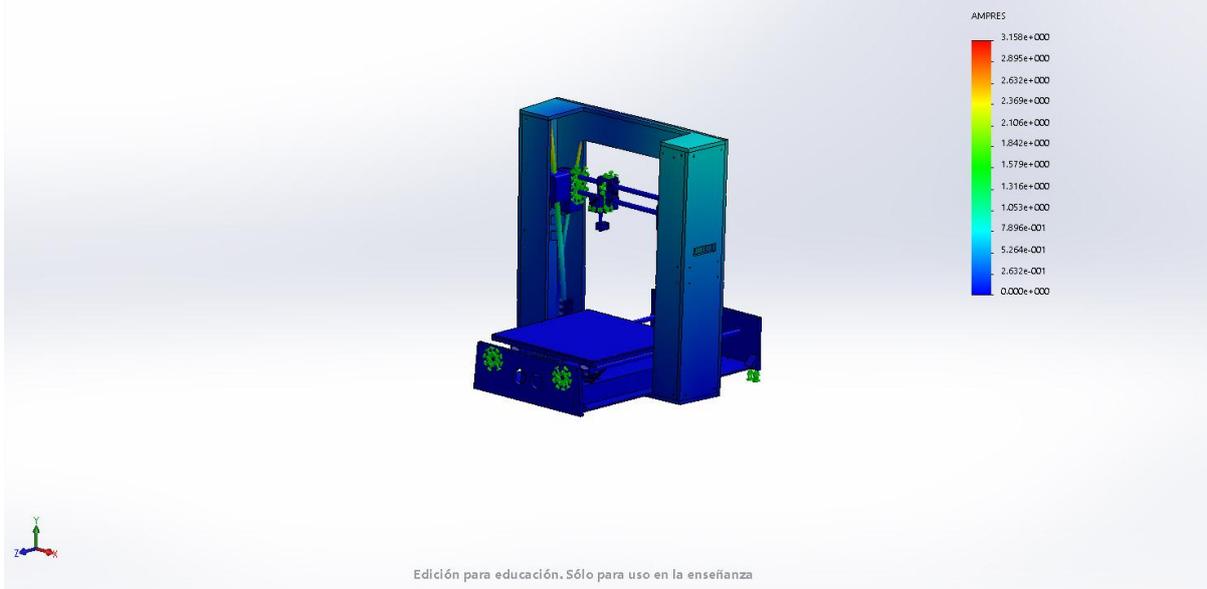


Ilustración 7 – Modo vibración 7

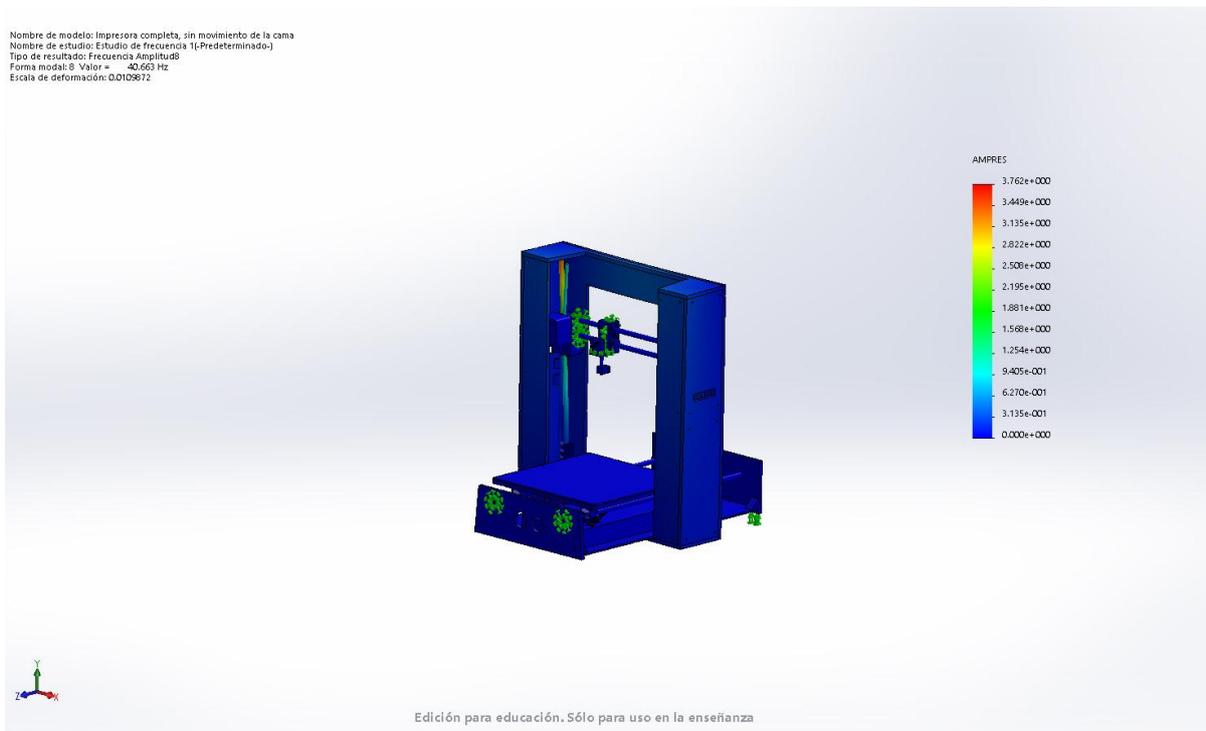


Ilustración 8 – Modo vibración 8

A continuación se procede a realizar una breve descripción de las deformadas anteriores:

- Ilustración 1: en el modo de vibración 1 la parte afectada es la carcasa externa y las varillas del eje Z, tanto la varilla roscada como la varilla lisa. La carcasa externa sufre una deformación en forma de torsión alrededor del eje Y, mientras que las varillas sufren una deformación en forma de flexión respecto al eje X.
- Ilustración 2: en el modo de vibración 2 la parte afectada es la carcasa externa y las varillas del eje Z, tanto la varilla roscada como la varilla lisa. Ambas partes sufren una deformación en forma de flexión respecto al eje X.
- Ilustración 3: en el modo de vibración 3 la parte afectada son las varillas del eje Z, tanto la varilla roscada como la varilla lisa, las cuales sufren una deformación en forma de flexión respecto al eje X.
- Ilustración 4: en el modo de vibración 4 la parte afectada es la varilla lisa del eje Z, la cual sufre una deformación en forma de flexión respecto al eje X.
- Ilustración 5: en el modo de vibración 5 la parte afectada es la varilla lisa del eje Z, la cual sufre una deformación en forma de flexión respecto al eje X.
- Ilustración 6: en el modo de vibración 6 la parte afectada son las varillas del eje Z, tanto la varilla roscada como la varilla lisa, las cuales sufren una deformación en forma de flexión respecto al eje X.

II. ANEJOS

- Ilustración 7: en el modo de vibración 7 la parte afectada es la carcasa externa y las varillas del eje Z, tanto la varilla roscada como la varilla lisa. La carcasa externa sufre una deformación en forma de torsión alrededor del eje Y, mientras que las varillas sufren una deformación en forma de flexión respecto al eje X.
- Ilustración 8: en el modo de vibración 8 la parte afectada es la carcasa externa y las varillas del eje Z, tanto la varilla roscada como la varilla lisa. La carcasa externa sufre una deformación en forma de torsión alrededor del eje Y, mientras que las varillas sufren una deformación en forma de flexión respecto al eje X.

En la siguiente tabla (Tabla 10), se puede ver una lista de cada modo de vibración con la frecuencia natural correspondiente.

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	110,02	17,509	0,057112
2	128,12	20,391	0,049041
3	191,84	30,533	0,032752
4	199,51	31,753	0,031493
5	207,8	33,073	0,030236
6	211,2	33,614	0,029749
7	234,49	37,321	0,026795
8	255,49	40,663	0,024593

Tabla 10 – Listado de modos y su frecuencia natural

Considerando que el ventilador gira a 10000 rpm, eso significa que podrá generar excitaciones de frecuencias 166 Hz y múltiplos. Como los primeros modos están alejados de estas frecuencias de excitación, no se espera que se generen problemas. En caso de que modos posteriores se den a frecuencias mayores, la energía de deformación necesaria para excitarlos será muy elevada, por lo que se descarta que se puedan generar problemas de deformaciones.

2.5.2 Análisis de deformaciones en la estructura de impresión

El objetivo del análisis realizado es comprobar si las deformaciones generadas por el peso de una pieza impresa, alojada en la plataforma de impresión, afectan a los componentes y al estado de la impresión.

Para descartar cualquier problema, se ha realizado un análisis de deformaciones, para ello se ha supuesto el peor de los casos, tener una pieza impresa que tenga un pequeño contacto con la superficie de la plataforma de impresión, y que luego tenga una parte en voladizo que genere un gran peso. Se ha elegido una carga de 20 N (equivalente al peso de una pieza impresa con dos bobinas de filamento) colocada en un rectángulo de 10 cm x 10 cm situado en el centro de la plataforma de impresión. Se han añadido las restricciones siguientes para conseguir los resultados correctos:

- Entre las diferentes piezas de la estructura se han considerado uniones rígidas.
- La unión de los rodamientos a las piezas de la estructura también se han modelado como uniones rígidas, así como en la unión entre las varillas y la estructura.
- Para el contacto de las varillas sobre los rodamientos se han considerado sujeciones de rodamiento con autoalineación.
- Finalmente, se ha considerado una sujeción de geometría fija en las bases de las piezas 10 y 11.

Las ilustraciones de las deformaciones y las tensiones se pueden observar a continuación.

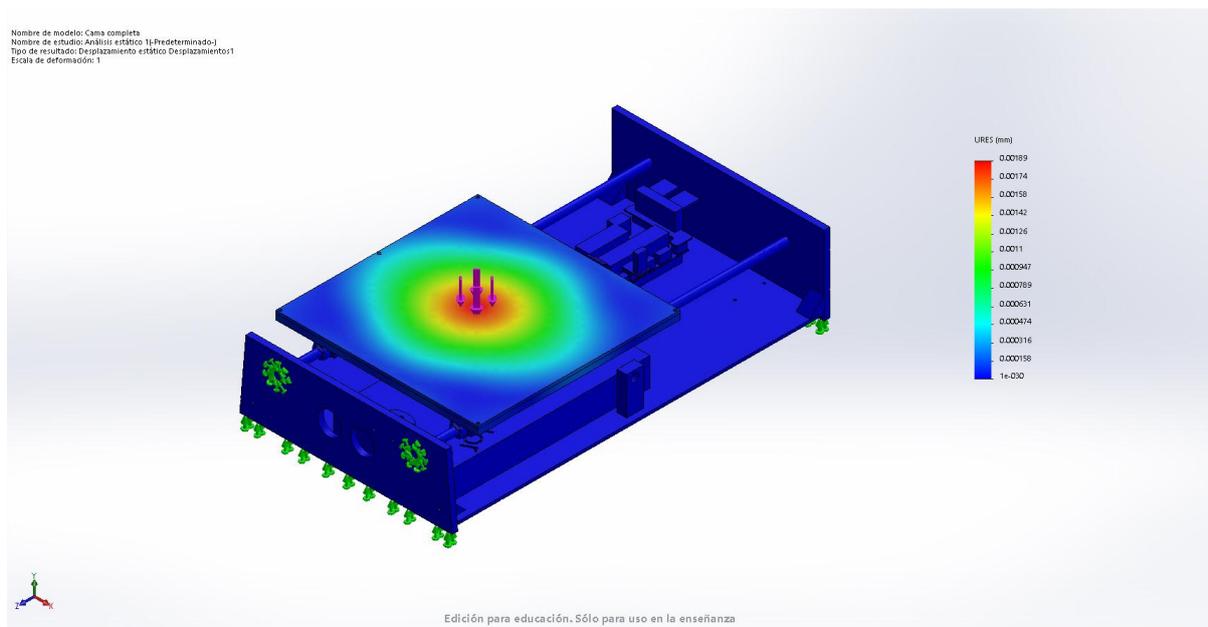


Ilustración 9 – Desplazamientos estructura de impresión

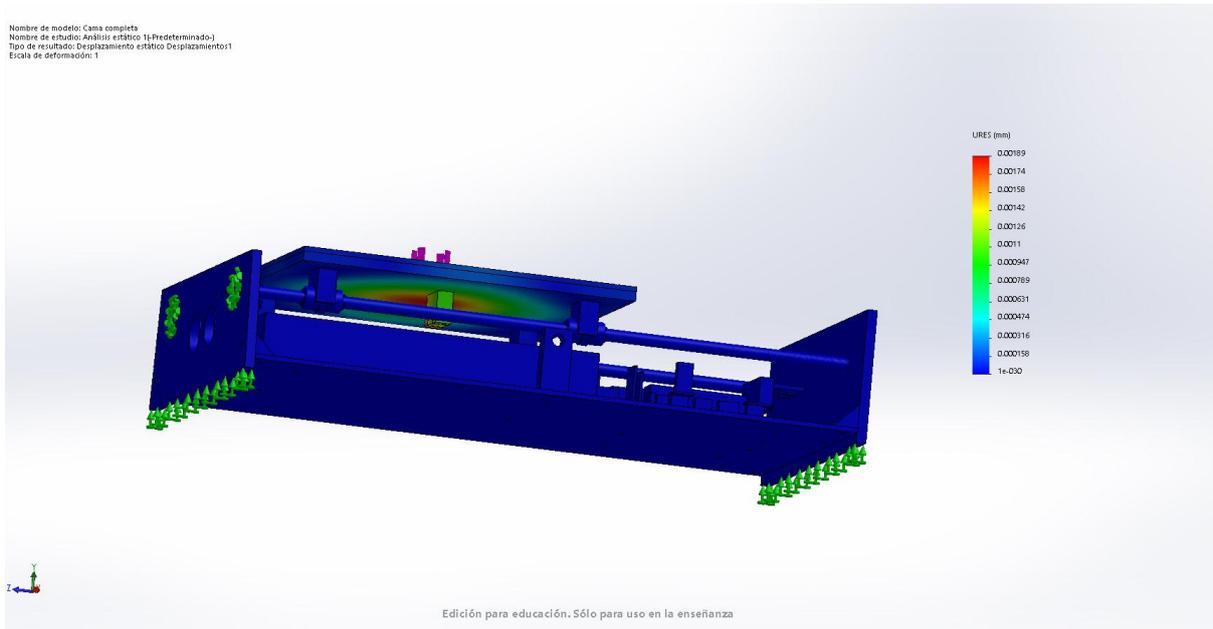


Ilustración 10 – Desplazamientos estructura de impresión

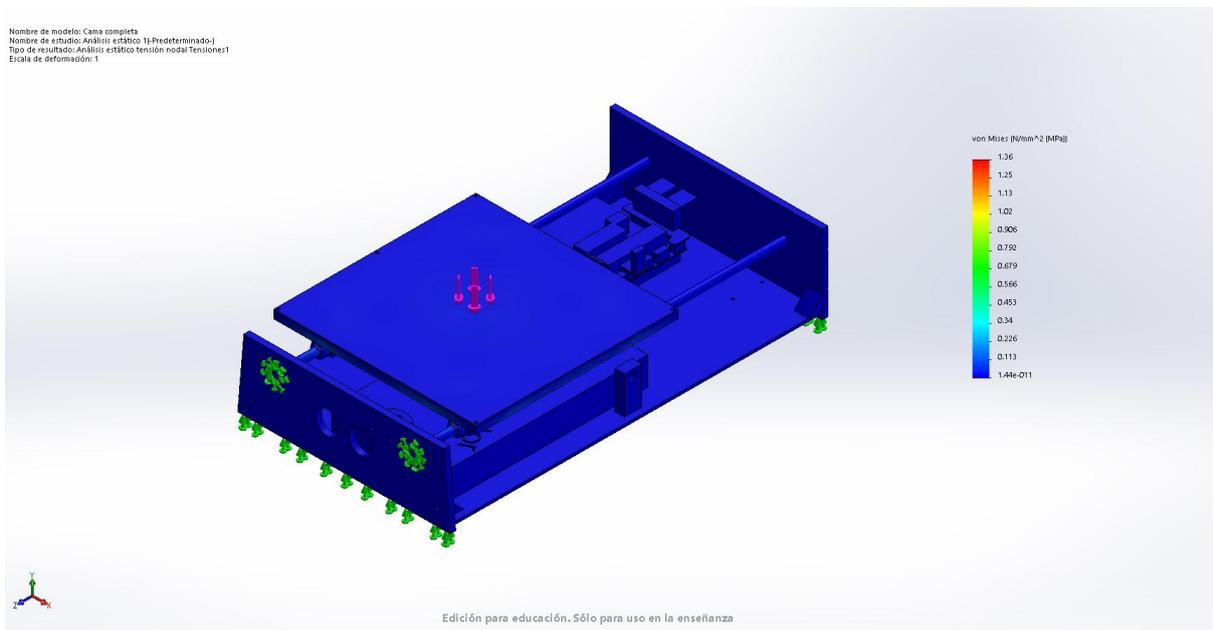


Ilustración 11 – Tensiones estructura de impresión

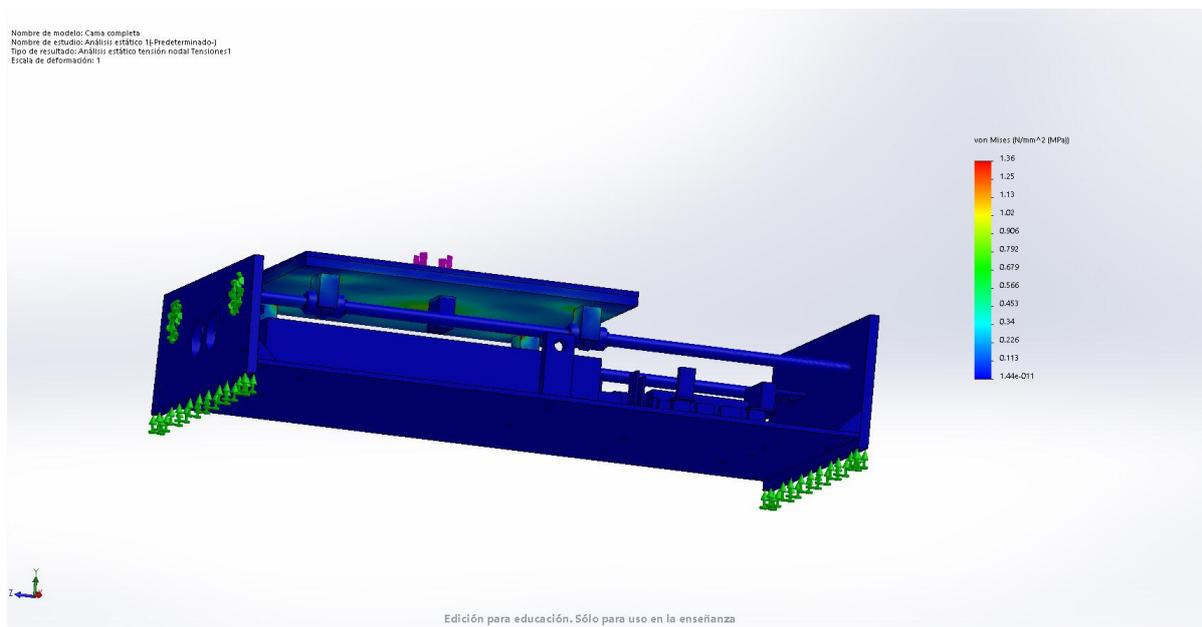


Ilustración 12 – Tensiones estructura de impresión

Observando las ilustraciones anteriores, se advierte que el máximo desplazamiento que se da es de 0,00189 mm en el centro de la plataforma de impresión, y en sentido contrario al eje Y. Dado que la máxima resolución por capa que se puede conseguir con esta impresora es de 0,1 mm, se puede asegurar que no afectará a la calidad de impresión. Por otro lado, la máxima tensión que hay en el conjunto es de 1,36 Mpa, justo en la pieza que soporta la plataforma de impresión, que está hecha de acero 16NiCr4, cuyo límite elástico es de 295 Mpa, por lo que se puede descartar que haya posibles problemas de rotura de este elemento.

2.5.3 Análisis de tensiones del porta bobina

El objetivo del análisis realizado es comprobar si las deformaciones generadas por el peso de la bobina hacen que las tensiones en la pieza sean mayores que el límite elástico del material ABS. Si esto ocurriera, provocaría que la pieza se rompiera.

Para descartar cualquier problema, se ha realizado un análisis de tensiones, con una fuerza aplicada en la superficie de apoyo del porta bobina de 19 N, que es dos veces el peso que tiene una bobina de filamento. En el análisis resistente se ha considerado tensiones de Von Mises, y como tensión máxima admisible el límite elástico. Se han añadido las restricciones siguientes para conseguir los resultados correctos:

- Se ha generado una sujeción de geometría fija en la cara que apoya en la carcasa de la impresora.

Las ilustraciones de las deformaciones y tensiones se pueden observar a continuación.

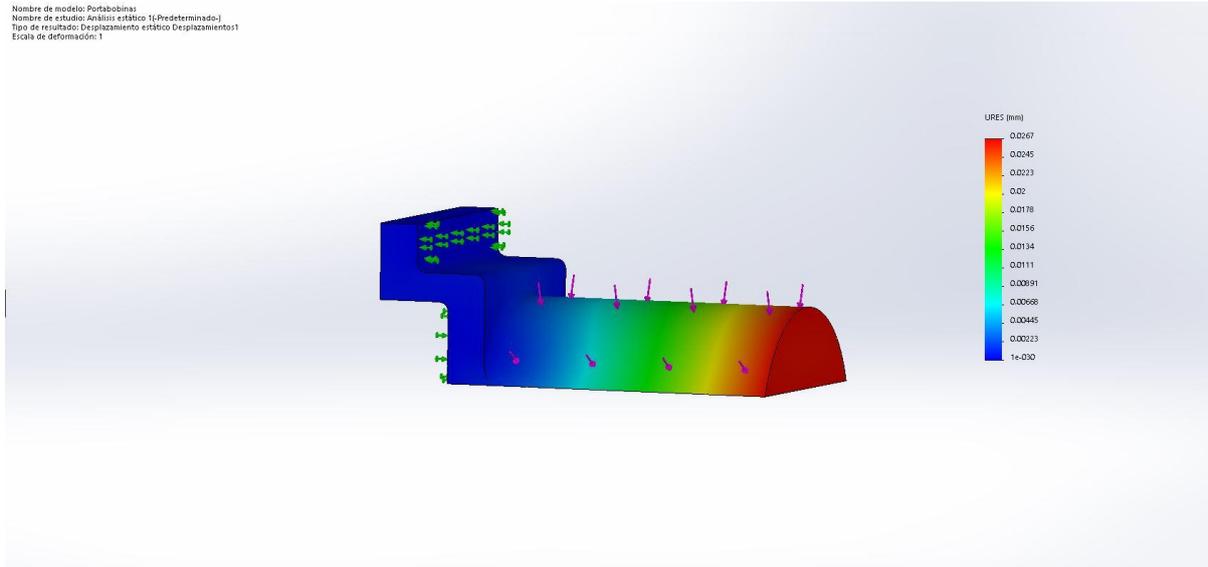


Ilustración 13 - Desplazamientos

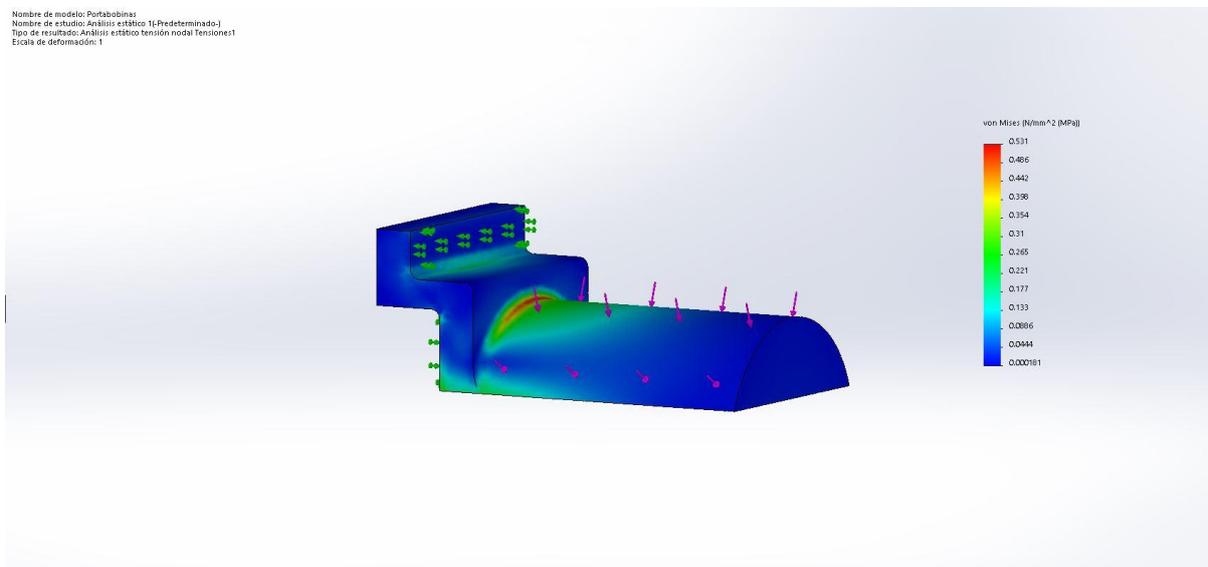


Ilustración 14 - Tensiones

Tal y como se puede observar en la Ilustración 14, la máxima tensión que se da en la pieza es de 0,534 MPa, y teniendo en cuenta que el material ABS tiene un límite elástico de 32 MPa, se puede asegurar que el porta bobina no se deformará debido al peso de la bobina.

3. CATÁLOGOS

Especificaciones ventilador extrusor



Ilustración 15 – Especificaciones ventilador extrusor

Especificaciones varilla roscada

Diámetro	paso de rosca		BRONCE W	Diámetro	pasos MA	IZQUIERDA
	W	SAE				Y
					Métricas	
1/8.	40hilos	-----		-----		
5/32.	32hilos	-----		5	0,80	
3/16.	24hilos	32hilos		6	1	
7/32.	24hilos	-----		7	1	
1/4.	20hilos	28hilos		8	1,25	
5/16.	18hilos	-----		10	1,50	p1/p1,25
3/8.	16hilos	24hilos		12	1,75	p1/p1,25/p1,5
7/16.	14hilos	20hilos		14	2	p1,25/p1,50
1/2	12hilos	20hilos		16	2	p1/p1,50
1/2	13hilos	-----		18	2,50	p1/p1,50 /p2
9/16.	12hilos	18hilos		20	2,50	p1/p1,50 /p2

Ilustración 16 – Especificaciones varilla roscada

TECARAN ABS grey - División de semielaborados

Designación química

ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno copolímero)

Color

gris opaco

Densidad

1.04 g/cm³

Características principales

- aislante eléctrico
- alta rigidez
- buena resistencia química
- baja densidad
- absorbe bien los golpes y vibraciones
- Alta tenacidad
- baja absorción de la humedad
- buena adhesividad y soldabilidad

Sectores estratégicos

- ingeniería eléctrica
- automoción
- ingeniería mecánica
- ingeniería de precisión
- ingeniería de seguridad
- tecnología de transporte
- electrodoméstico
- alimentación

Propiedades mecánicas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario	
Módulo de elasticidad (ensayo a tracción)	1mm/min	1700	MPa	DIN EN ISO 527-2	1)	(1) Para ensayo de tracción: probeta tipo 1b
Resistencia a tracción	50mm/min	32	MPa	DIN EN ISO 527-2		(2) Para ensayo a flexión: distancia entre apoyos 64mm, probeta normalizada.
Tensión límite elástico	50mm/min	32	MPa	DIN EN ISO 527-2		(3) Probeta 10x10x10mm
Elongación a la fluencia	50mm/min	3	%	DIN EN ISO 527-2		(4) Probeta 10x10x50mm, rango del módulo entre 0.5 y 1% de compresión.
Elongación a rotura	50mm/min	49	%	DIN EN ISO 527-2		(5) Para el ensayo Charpy: separación soportes 64mm, probeta normalizada. n.b: no rompe
Resistencia a flexión	2mm/min, 10 N	49	MPa	DIN EN ISO 178	2)	(6) Probeta espesor 4mm
Módulo de elasticidad (ensayo a flexión)	2mm/min, 10 N	1600	MPa	DIN EN ISO 178		
Resistencia a compresión	1% / 2% 5mm/min, 10 N	15 / 26	MPa	EN ISO 604	3)	
Módulo de compresión	5mm/min, 10 N	1400	MPa	EN ISO 604	4)	
Resistencia al impacto (Charpy)	máx. 7,5J	n.b.	kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1eU	5)	
Resistencia al impacto entallado (Charpy)	máx. 7,5J	34	kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1eA		
Dureza por indentación de bola		74	MPa	ISO 2039-1	6)	
Propiedades térmicas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario	
Temperatura de transición vítrea		104	°C	DIN 53765	1)	(1) Encontrado en dominio público.
Temperatura de servicio	corto tiempo	100	°C		2)	(2) Encontrado en dominio público. Se recomienda probar el material en las condiciones de la aplicación.
Temperatura de servicio	servicio continuo	75	°C			
Propiedades eléctricas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario	
Resistencia superficial específica		10 ¹⁴	Ω	DIN IEC 60093		
Resistencia volumétrica específica		10 ¹⁴	Ω*cm	DIN IEC 60093		
Otras propiedades	parámetro	valor	unidad	norma	comentario	
Absorción de agua	24h / 96h (23°C)	0.07 / 0.2	%	DIN EN ISO 62	1)	(1) Ø ca. 50mm, h=13mm
Resistencia al agua caliente		-	-	-	2)	(2) poca resistencia
Resistencia a la intemperie		-	-	-		(3) No aparece en el listado de UL. La información se ha obtenido de la resina, el semielaborado o de una estimación. Se recomienda hacer un ensayo en las mismas condiciones de la aplicación.
Resistencia a la llama (UL94)	corresponde a	HB		DIN IEC 60695-11-10;	3)	

Toda nuestra información refleja el estado actual de nuestros conocimientos acerca de nuestros productos y sus aplicaciones. No aseguran ni garantizan la resistencia química, calidad de los productos y su comercialización de forma jurídicamente vinculante. No están diseñados para su uso en implantes médicos o dentales. Las patentes comerciales existentes han de ser respetadas. Los valores aportados son valores medios aproximados y sólo se pueden emplear para la comparación entre materiales. Estos valores están dentro del rango de tolerancia del producto. Por lo tanto, no deben emplearse en aplicaciones con requisitos específicos. Desde Ensinger siempre recomendamos que se pruebe el material antes de utilizarlo en la aplicación. A menos que se indique lo contrario, estos valores se han determinado a partir de materiales fabricados por extrusión y posteriormente mecanizados (barras de Ø40-60mm acorde con la DIN EN 15860). Como las propiedades dependen de las dimensiones y de la orientación del material (especialmente los reforzados con fibra de vidrio), el material no puede utilizarse sin un ensayo aparte bajo circunstancias específicas. El cliente es el único responsable de la calidad e idoneidad de los productos para la aplicación y tiene que probar la viabilidad y procesamiento antes de su uso. Las fichas técnicas están sujetas a una revisión periódica, la actualización más reciente la encontrará en www.ensinger.es. Se reserva el derecho a realizar cambios técnicos.

Technical data sheet

Product name: Bio-Flex® V 135001 (trial grade)
Date of issue: 28 July 2014

Version: 4.0

Designation of product, preparation and manufacturer

Trade name: Bio-Flex® V 135001 (trial grade)
Use of product: Polymer blend based on poly lactid acid, suitable for the production of 3D printing filaments.
Manufacturer: FKUR Kunststoff GmbH
 Siemensring 79
 D - 47 877 Willich
 Phone: + 49 (0) 2154 / 92 51-0
 Fax: + 49 (0) 2154 / 92 51-51
 Mail: info@fkur.com
 Web: www.fkur.com

Mechanical properties

Modulus of elasticity	2,960	[MPa]	ISO 527
Tensile strength	61.5	[MPa]	ISO 527
Tensile strain at tensile strength	5.3	[%]	ISO 527
Tensile stress at break	38	[MPa]	ISO 527
Tensile strain at break	10.5	[%]	ISO 527
Flexural modulus	3,295	[MPa]	ISO 178
Flexural strain at break	no break	[%]	ISO 178
Flexural stress at 3.5 % strain	88.8	[MPa]	ISO 178
Notched impact strength (Charpy), RT	2.8	[kJ/m ²]	ISO 179-1/1 eA
Impact Strength (Charpy), RT	30.8	[kJ/m ²]	ISO 179-1/1 eU
Shore D hardness	n/a	[-]	DIN 53505
Density	1.24	[g/cm ³]	ISO 1183
Bulk density	n/a	[kg/m ³]	ISO 60

The values listed have been established on standardized test specimens (DIN EN ISO 3167, type A) at standard temperature and humidity conditions.

Thermal properties

Melting temperature	> 155	[°C]	ISO 3146-C
Vicat A softening temperature	n/a	[°C]	ISO 306
Heat distortion temperature HDT B	n/a	[°C]	ISO 75
Melt volume rate (190 °C/2.16 kg)	n/a	[cm ³ /10 min]	ISO 1133
Melt flow rate (190 °C/2.16 kg)	3.0 - 5.0	[g/10 min]	ISO 1133

Legal notice

The figures should be regarded as guide values only. Under certain conditions the properties can be influenced to a significant extent by the processing conditions.

Neither FKUR Kunststoff GmbH nor its marketing affiliates shall be responsible for the use of this information or of any product, method or equipment mentioned. Customers must undertake their own determination of this product's suitability and completeness for their own use, for the protection of the environment, for the health and safety of their employees and purchasers of their products. No warranty is made of the merchantability or fitness of any product, and nothing herein waives any of the seller's conditions of sale.

The current version of General Conditions of Sale of FKUR Kunststoff GmbH is valid.

The brands „FKuR – Plastics made by nature“ and “BIO-FLEX” are registered trademarks of FKUR Kunststoff GmbH, according to the international 'Nice-Classifications' (NCL9), no. 01, 02 and 17.

Stepper Motor NEMA 17

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.

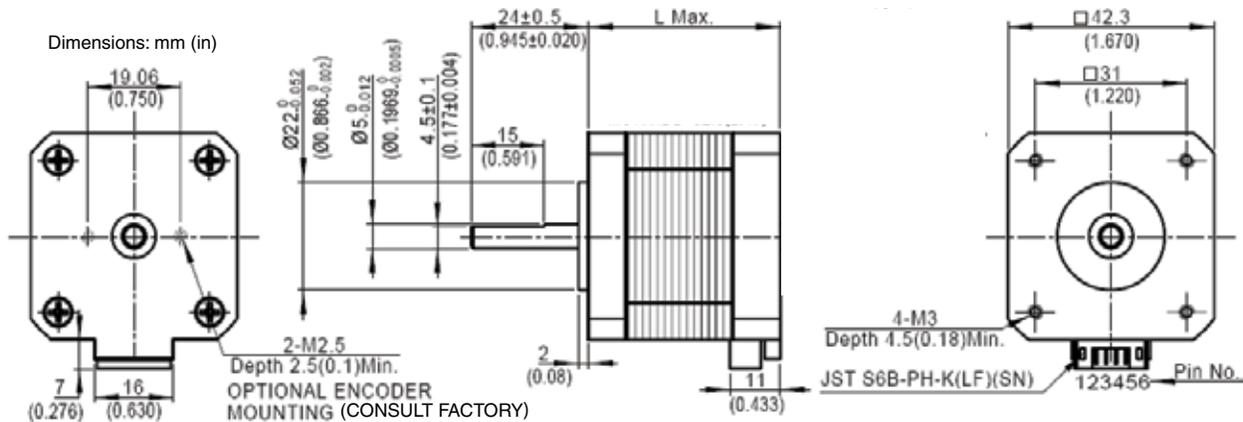


Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	25 N (5.6 lbs.) Push 65 N (15 lbs.) Pull
Radial	29 N (6.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

Standard shaft motor shown.

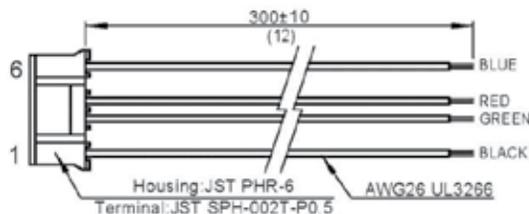
Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque		Winding Ohms mH		Detent Torque		Rotor Inertia		Motor Weight	
			Nm Typ.	oz-in Typ.	±10% @ 20°C Typ.	Typ.	mNm	oz-in	g cm2	oz-in2	kg	lbs
(Stack)	"L" Max	Amps										
Single	39.8 mm (1.57 in)	2	0.48	68	1.04	2.2	15	2.1	57	0.31	0.28	0.62
Double	48.3 mm (1.90 in)	2	0.63	89	1.3	2.9	25	3.5	82	0.45	0.36	0.79
Triple	62.8 mm (2.47 in)	2	0.83	120	1.49	3.8	30	4.2	123	0.67	0.6	1.3

*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.



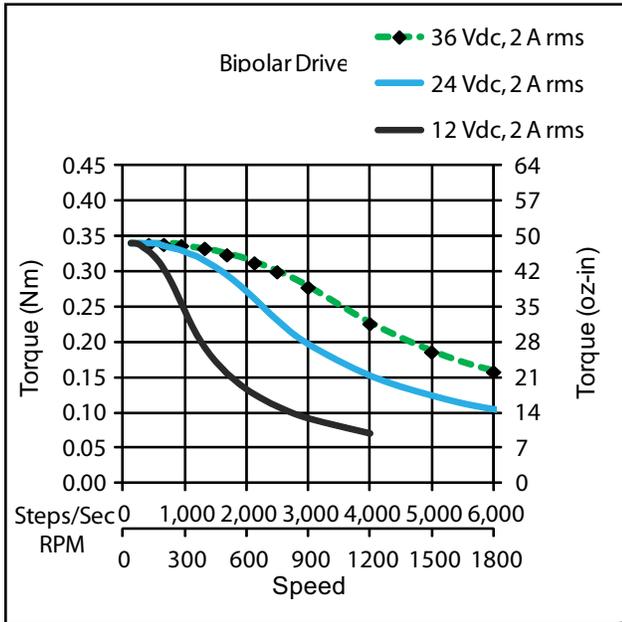
Standard shaft dimensions shown. All other dimensions apply to hollow and extended shaft options.

Dimensions: mm (in)
4 Lead Connector, PBC Part#6200490
(Consult factory for optional motor connectors)

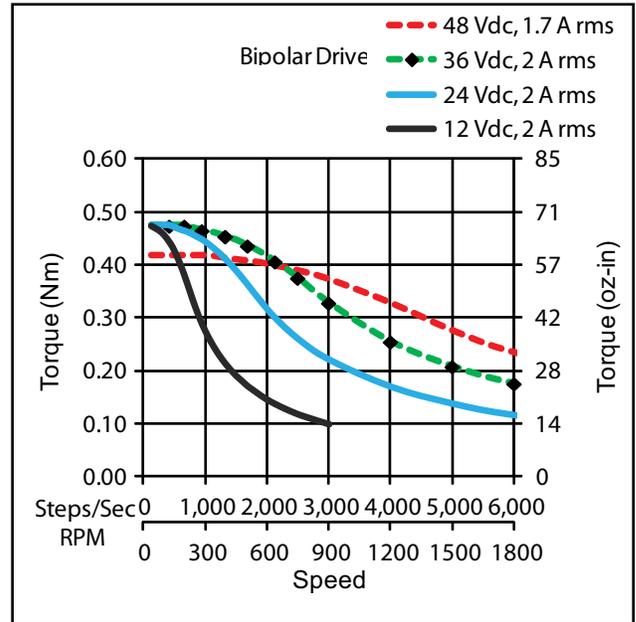


NEMA 17 Stepper Motor

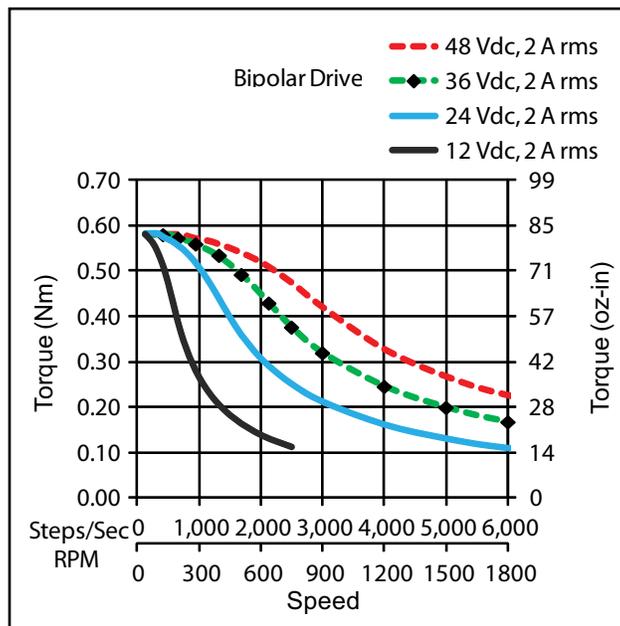
*Performance curves apply to continuous duty cycles.
Consult factory for intermittent cycles or other voltages.



Single Stack



Double Stack



Triple Stack

Stepper Motor NEMA 23

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.

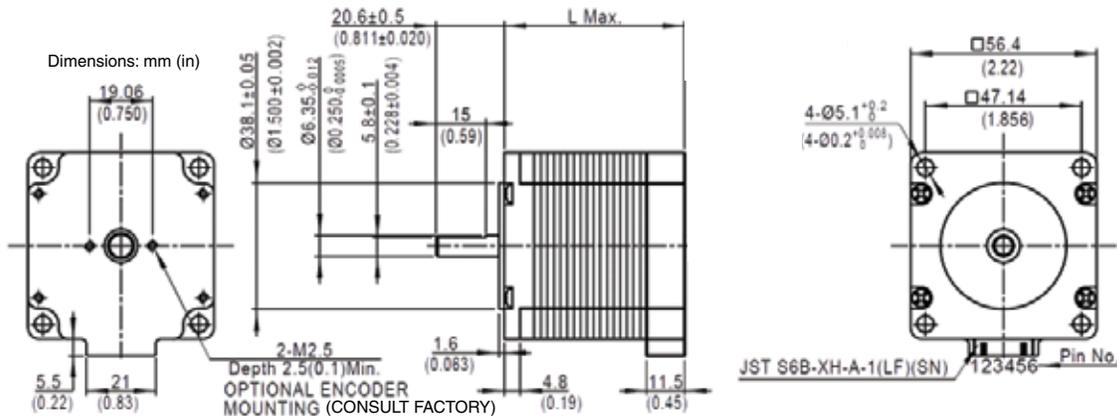


Standard shaft motor shown.

Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	40 N (9 lbs.) Push 130 N (30 lbs.) Pull
Radial	70 N (15.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque		Winding Ohms mH		Detent Torque		Rotor Inertia		Motor Weight	
			Nm Typ.	oz-in Typ.	±10% @ 20°C	Typ.	mNm	oz-in	g cm2	oz-in2	kg	lbs
(Stack)	"L" Max	Amps										
Single	55.0 mm (2.17 in)	2.2	1.50	210	1.6	6.9	45	6.4	220	1.2	0.6	1.3
Double	77.0 mm (3.03 in)	3	2.30	330	1.1	4.5	75	11	390	2.1	1	2.2
Power Plus (Triple)	77.0 mm (3.03 in)	3	3.30	470	1.1	3.7	150	21	390	2.1	1.1	2.4

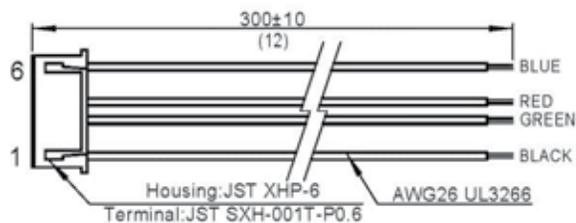
*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.



Motor with leads: Lead wire is 22 AWG UL3266, 300 ±10 (12 ±.5) long

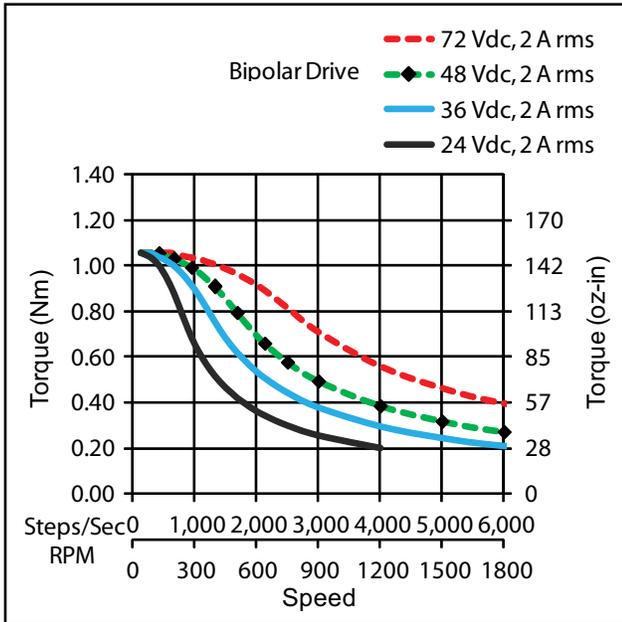
Standard shaft dimensions shown. All other dimensions apply to hollow and extended shaft options.

Dimensions: mm (in)
4 Lead Connector, PBC Part#6200491
(Consult factory for optional motor connectors)

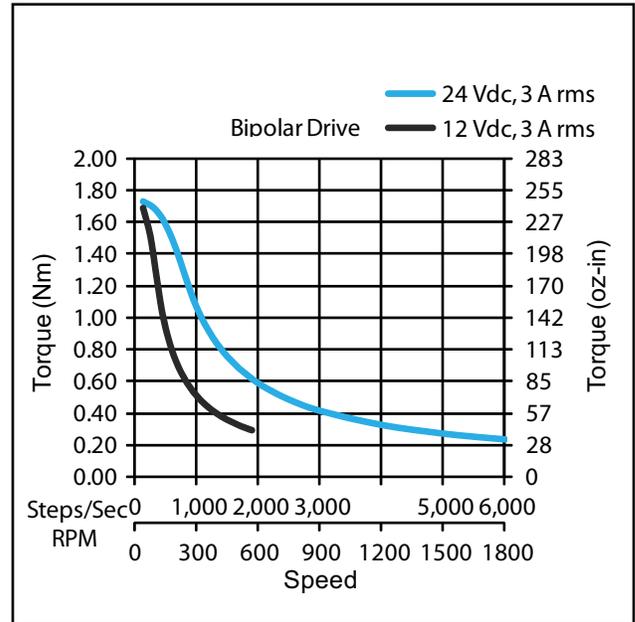


NEMA 23 Stepper Motor

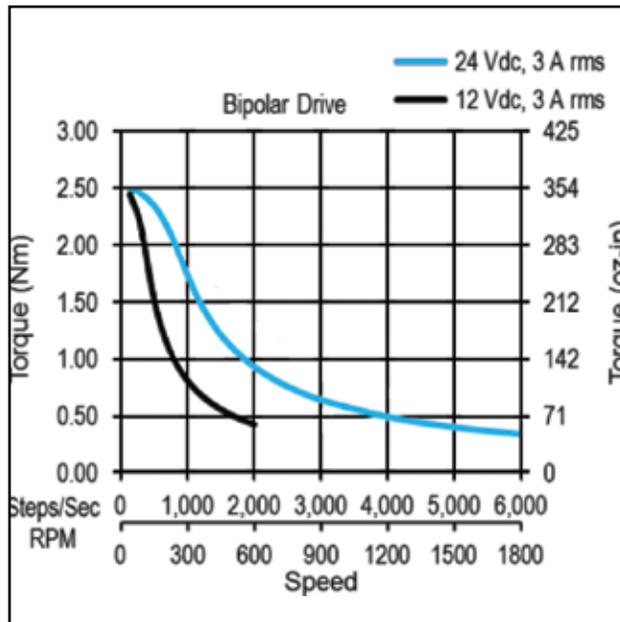
*Performance curves apply to continuous duty cycles.
Consult factory for intermittent cycles or other voltages.



Single Stack



Double Stack



Power Plus (Triple Stack)

BELT WIDTHS

METRIC - 3, 6 & 9 mm

TRUE METRIC® PROFILE

➤ MATERIAL:

Neoprene - Nylon Covered, Fiberglass Reinforced

➤ SPECIFICATIONS:

Breaking Strength:

86 N per 1 mm (62 lbf per 1/8 in.) Belt Width; not representative of the load-carrying capacity of the belt.

Working Tension:

111 N for 25.4 mm belt (25 lbf for 1 in. belt)

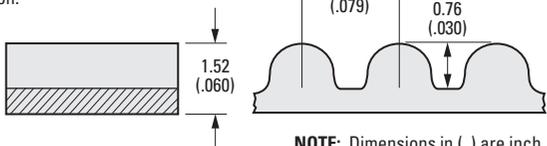
For more information, see the technical section.

Temperature Range:

-34°C to +85°C (-30°F to +185°F)

➤ MODIFICATIONS:

Special Widths - cut to size from sleeves available from stock.



- I
- R
- T
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

METRIC COMPONENT CATALOG NUMBER

A 6 R 5 1 M

No. of Grooves Code

Belt Width mm	Width Code
3 (.118)	030
6 (.236)	060
9 (.354)	090

Gates GT®2 and GT®3 Belts

GT®3 is an equivalent and direct replacement for GT®2 belts. As inventories of GT®2 belts are exhausted, they will be replaced with the GT®3 equivalent. GT®3 belts will not be available until GT®2 belts are depleted. Call for special requests and additional information.

Groove Code	Pitch Length	
	mm	Inch
027	54	2.126
029	58	2.283
030	60	2.362
033	66	2.598
036	72	2.835
037	74	2.913
038	76	2.992
039	78	3.071
041	82	3.228
042	84	3.307
043	86	3.386
044	88	3.465
045	90	3.543
046	92	3.622
047	94	3.701
048	96	3.780
049	98	3.858
050	100	3.937
051	102	4.016
053	106	4.173
054	108	4.252
055	110	4.331
056	112	4.409
057	114	4.488
058	116	4.567
059	118	4.646
060	120	4.724
061	122	4.803
062	124	4.882
063	126	4.961
064	128	5.039
065	130	5.118
066	132	5.197
067	134	5.276
068	136	5.354
069	138	5.433
070	140	5.512
071	142	5.591

Groove Code	Pitch Length	
	mm	Inch
072	144	5.669
073	146	5.748
074	148	5.827
075	150	5.906
076	152	5.984
077	154	6.063
078	156	6.142
079	158	6.220
080	160	6.299
081	162	6.378
082	164	6.457
083	166	6.535
084	168	6.614
085	170	6.693
086	172	6.772
087	174	6.850
088	176	6.929
089	178	7.008
090	180	7.087
091	182	7.165
092	184	7.244
093	186	7.323
094	188	7.402
095	190	7.480
096	192	7.559
097	194	7.638
098	196	7.717
100	200	7.874
101	202	7.953
102	204	8.031
103	206	8.110
104	208	8.189
105	210	8.268
106	212	8.346
107	214	8.425
108	216	8.504
110	220	8.661
112	224	8.819

Continued on the next page



Groove Code	Pitch Length	
	mm	Inch
113	226	8.898
114	228	8.976
115	230	9.055
116	232	9.134
118	236	9.291
120	240	9.449
121	242	9.528
122	244	9.606
124	248	9.764
125	250	9.842
126	252	9.921
127	254	10.000
128	256	10.079
129	258	10.157
130	260	10.236
132	264	10.394
133	266	10.472
134	268	10.551
135	270	10.630
137	274	10.787
139	278	10.945
140	280	11.024
141	282	11.102
142	284	11.181
143	286	11.260
144	288	11.339
145	290	11.417
146	292	11.496
147	294	11.575
150	300	11.811
151	302	11.890
152	304	11.969
154	308	12.126
155	310	12.205
157	314	12.362
159	318	12.520
160	320	12.598
161	322	12.677
162	324	12.756
163	326	12.835
164	328	12.913
165	330	12.992
166	332	13.071
168	336	13.228
169	338	13.307
170	340	13.386
171	342	13.465
172	344	13.543
173	346	13.622
175	350	13.779
176	352	13.858
177	354	13.937
178	356	14.016
179	358	14.094
180	360	14.173
182	364	14.331
183	366	14.409
185	370	14.567

Groove Code	Pitch Length	
	mm	Inch
186	372	14.646
188	376	14.803
190	380	14.961
191	382	15.039
193	386	15.197
196	392	15.433
197	394	15.512
200	400	15.748
203	406	15.984
206	412	16.220
210	420	16.535
213	426	16.772
214	428	16.850
215	430	16.929
218	436	17.165
220	440	17.323
222	444	17.480
223	446	17.559
224	448	17.638
226	452	17.795
228	456	17.953
230	460	18.110
233	466	18.346
235	470	18.504
237	474	18.661
239	478	18.819
240	480	18.898
242	484	19.055
243	486	19.134
244	488	19.213
246	492	19.370
247	494	19.449
250	500	19.685
251	502	19.764
252	504	19.842
253	506	19.921
258	516	20.315
262	524	20.630
264	528	20.787
265	530	20.866
267	534	21.024
272	544	21.417
275	550	21.654
276	552	21.732
279	558	21.969
280	560	22.047
285	570	22.441
286	572	22.520
288	576	22.677
289	578	22.756
293	586	23.071
299	598	23.543
300	600	23.622
303	606	23.858
308	616	24.252
315	630	24.803
317	634	24.961
320	640	25.197

Groove Code	Pitch Length	
	mm	Inch
323	646	25.433
330	660	25.984
335	670	26.378
338	676	26.614
345	690	27.165
348	696	27.401
351	702	27.638
363	726	28.583
371	742	29.213
372	744	29.291
376	752	29.606
380	760	29.921
386	772	30.394
391	782	30.787
400	800	31.496
405	810	31.890
408	816	32.126
424	848	33.386
426	852	33.543
430	860	33.858
433	866	34.094
446	892	35.118
450	900	35.433
465	930	36.614
475	950	37.402
488	976	38.425
497	994	39.134
502	1004	39.528
514	1028	40.472
516	1032	40.630
533	1066	41.969
534	1068	42.047
555	1110	43.701
570	1140	44.882
582	1164	45.827
590	1180	46.457
605	1210	47.638
614	1228	48.346
617	1234	48.583
628	1256	49.449
655	1310	51.575
660	1320	51.969
672	1344	52.913
680	1360	53.543
693	1386	54.567
717	1434	56.457
762	1524	60.000
779	1558	61.339
830	1660	65.354
844	1688	66.457
850	1700	66.929
905	1810	71.260
915	1830	72.047
925	1850	72.835
930	1860	73.228
955	1910	75.197
*1109	2218	87.323

* The catalog number for this length belt is **A 6R51MB09**

Continued from the previous page

GT² / GT³ TIMING BELT PULLEYS • 3 mm PITCH



FOR 9 mm BELTS (.354 INCH)
FOR USE WITH GT², GT³ and FHT[®]-3 BELTS
 MOLDED WITH INSERT
 DOUBLE FLANGE
TRUE METRIC[®] PROFILE

PHONE: 516.328.3300 • FAX: 516.326.8827 • WWW.SDP-SI.COM



> MATERIAL:

Pulley - Polycarbonate, Fiberglass Reinforced

Insert - Aluminum, Knurled

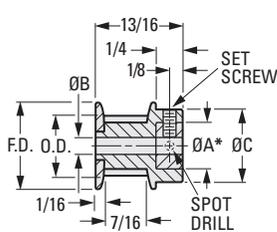


Fig. 1

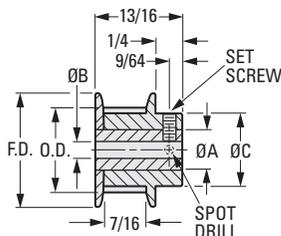


Fig. 2

INCH COMPONENT

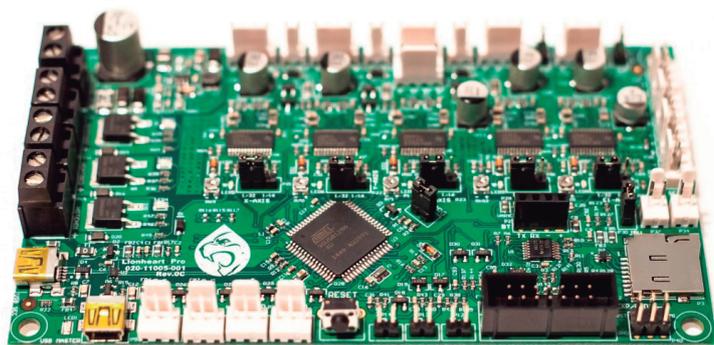
Catalog Number	No. of Grooves	P.D.	O.D.	F.D.	B Bore +.001 -.000	A Dia.	C Hub Dia.	Set Screw
Fig. 1								
A 6Z53-016DF0906	16	.602	.572	.82	.1875	7/16 *	11/16	#6-32
Fig. 2								
A 6Z53-017DF0906	17	.639	.609	.87	.1875	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-017DF0908	17	.639	.609	.87	.250	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-018DF0906	18	.677	.647	.93	.1875	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-018DF0908	18	.677	.647	.93	.250	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-019DF0906	19	.714	.684	.93	.1875	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-019DF0908	19	.714	.684	.93	.250	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-020DF0906	20	.752	.722	.93	.1875	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-020DF0908	20	.752	.722	.93	.250	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-022DF0906	22	.827	.797	1.06	.1875	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-022DF0908	22	.827	.797	1.06	.250	3/8	11/16	#6-32
A 6Z53-025DF0908	25	.940	.910	1.19	.250	1/2	3/4	#8-32
A 6Z53-025DF0910	25	.940	.910	1.19	.3125	1/2	3/4	#8-32
A 6Z53-025DF0912	25	.940	.910	1.19	.375	1/2	3/4	#8-32
A 6Z53-028DF0908	28	1.052	1.023	1.24	.250	1/2	3/4	#8-32
A 6Z53-028DF0910	28	1.052	1.023	1.24	.3125	1/2	3/4	#8-32
A 6Z53-028DF0912	28	1.052	1.023	1.24	.375	1/2	3/4	#8-32

* 1/4" long insert in hub end only.

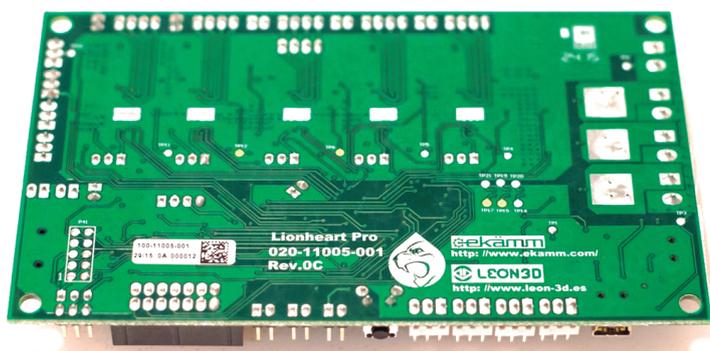
Continued on the next page

LIONHEART PRO

Electrónica All-in-one de tamaño compacto



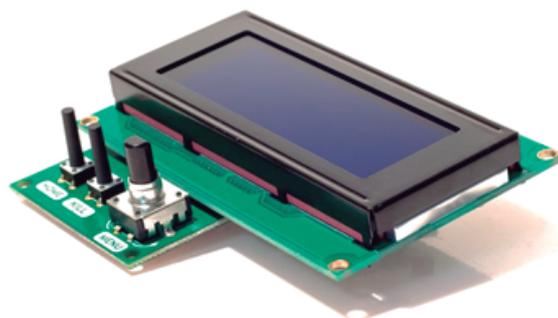
Cara superior de la electronica LIONHEART PRO



Cara inferior de la electronica LIONHEART PRO

PANTALLA LCD

Como complemento a la electrónica de control, hemos desarrollado una pantalla LCD de 4 líneas y 20 caracteres en cada una de ellas. Este dispositivo nos permite visualizar y controlar todos los parametros de la impresora 3D. Incluso programar funciones adicionales.



Pantalla LCD

UNA ELECTRÓNICA QUE NO DEJA INDIFERENTE

LIONHEART PRO, es una de la electrónicas más avanzadas del mercado, diseñada para todo tipo de impresoras 3D con componentes de alta calidad.

Un producto diseñado por EKAMM ENGINEERING SOLUTIONS (www.ekamm.com) en exclusiva para LEON3D.

LIONHEART PRO ofrece la tranquilidad de trabajar probablemente con la controladora para impresoras 3D mas fiable del mercado gracias a la calidad de sus componentes y a los sistemas de protección.

Destacan sus multiples puertos incluyendo 5 drivers protegidos contra sobrecargas de temperatura y tensión. Así como la seguridad contra conexiones incorrectas de cualquier dispositivo.

Disfrute de una electronica con carácter unico. 100% Fabricación Española.

EL FUTURO SE IMPRIME

Mejor Empresa Joven Castilla y León 2015

LEON3D

Avda. Párroco Pablo Díez, 17

24010 León · Spain

Tel. +34 987 178 246

info@leon-3d.es

www.leon-3d.es

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

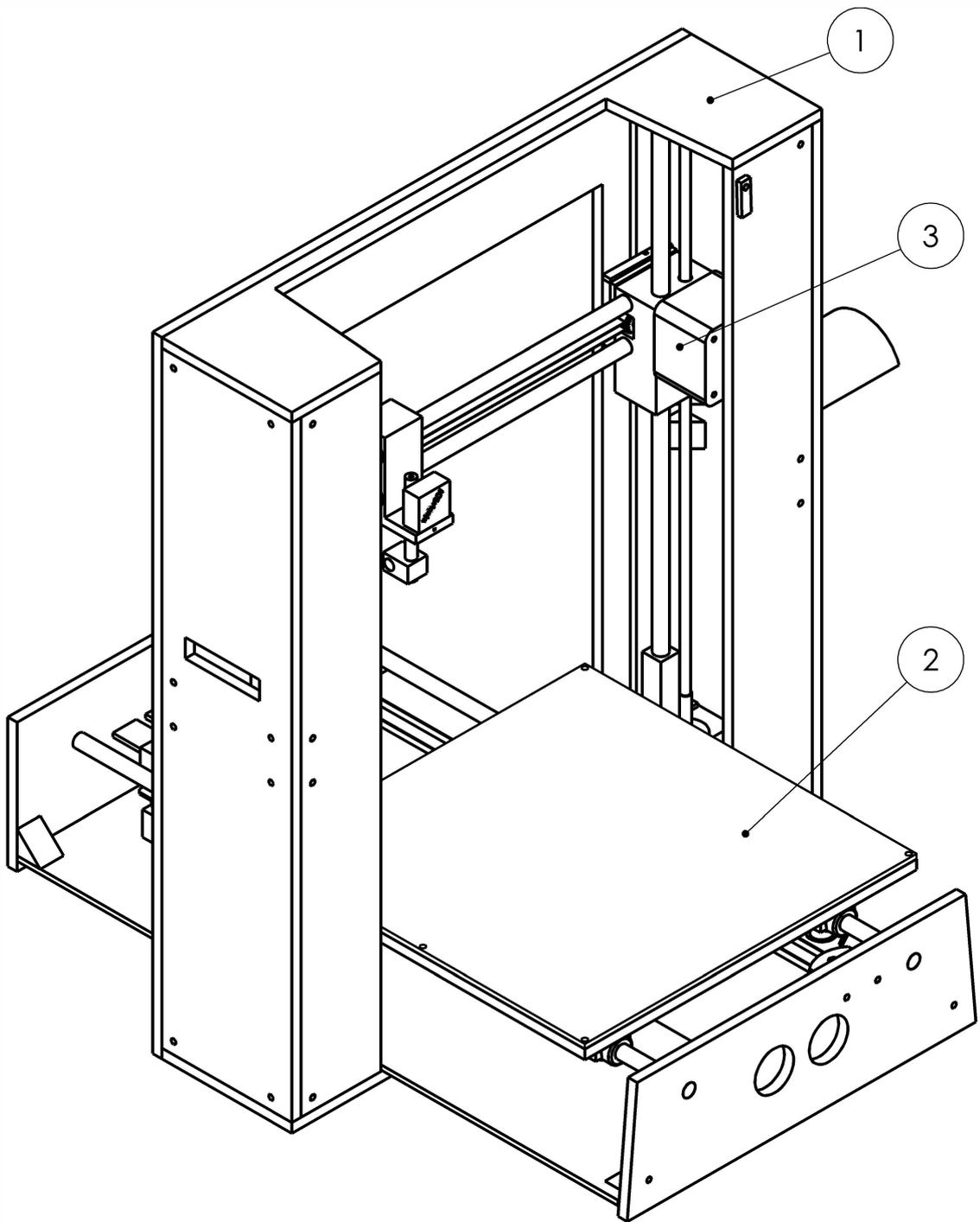
- **Solución all-in-one de tamaño compacto.**

- Procesador Atmel AT90USB1286 con conectividad USB Full-Speed nativa (hasta 12 Mbps).
- Firmware Marlin precargado.
- Pulsador de reset del equipo accesible en el borde de la placa.
- Alimentación: desde 10.8 V hasta 26.4 V. Int. fuente conmutada de 5V @ 1.5 A.
- Posibilidad de hasta **5 drivers DRV8825 integrados en la PCB** (microstepping 1/16 ó 1/32 configurable mediante un único jumper).
- Conector microSD (push-in / push-out) para impresión autónoma.
- Conector de expansión de 14 pines (2x7) para conectar un LCD (4 filas x 20 caracteres).
- **3 salidas PWM** (+, -) para heat bed, hotend1 y hotend2 (hasta 17.5 A) con indicación LED.
- MOSFETS de potencia con muy baja resistencia (no son necesarios disipadores).
- **3 salidas PWM adicionales** (+, -): 2 para ventiladores (FAN1 y FAN2) y una salida para conectar una tira de LEDs (u otra función, como por ejemplo un tercer ventilador).
- Preparado para conectar un módulo Bluetooth tipo HC-06 (huella en la PCB).
- 2 conectores USB multiplexados (1 maestro y otro secundario). El conector secundario está pensado para conectar una Raspberry Pi con la solución Octoprint (WiFi + cámara). El USB maestro es para conectar un PC. El USB maestro tiene prioridad sobre el secundario si ambos están conectados.
- **4 entradas para final de carrera:** eje X, eje Y, eje Z (5V) y eje Z (VCC), este último para conectar un sensor inductivo (auto nivelado de cama caliente).
- **4 salidas digitales para servo RC** (con alimentación de 5V).
- Entrada de alimentación externa de 5V, configurable para alimentación de los servos RC o como salida de 5V para alimentar un circuito externo.
- Salida PS-ON (comando del encendido/apagado de una fuente ATX).
- 2 salidas de VCC (+, -) para alimentar dispositivos adicionales.
- 3 entradas para lectura de termistores (NTC): heatbed, hotend1 y hotend2.
- **Protecciones:** Electrónica protegida contra cortocircuito, sobretensiones e inversión de polaridad. Conectores polarizados para evitar conexiones erróneas.
- PCB de 4 capas, con espesor de cobre de 70 um, acabado ENIG. Dimensiones: 135 x 80 mm.

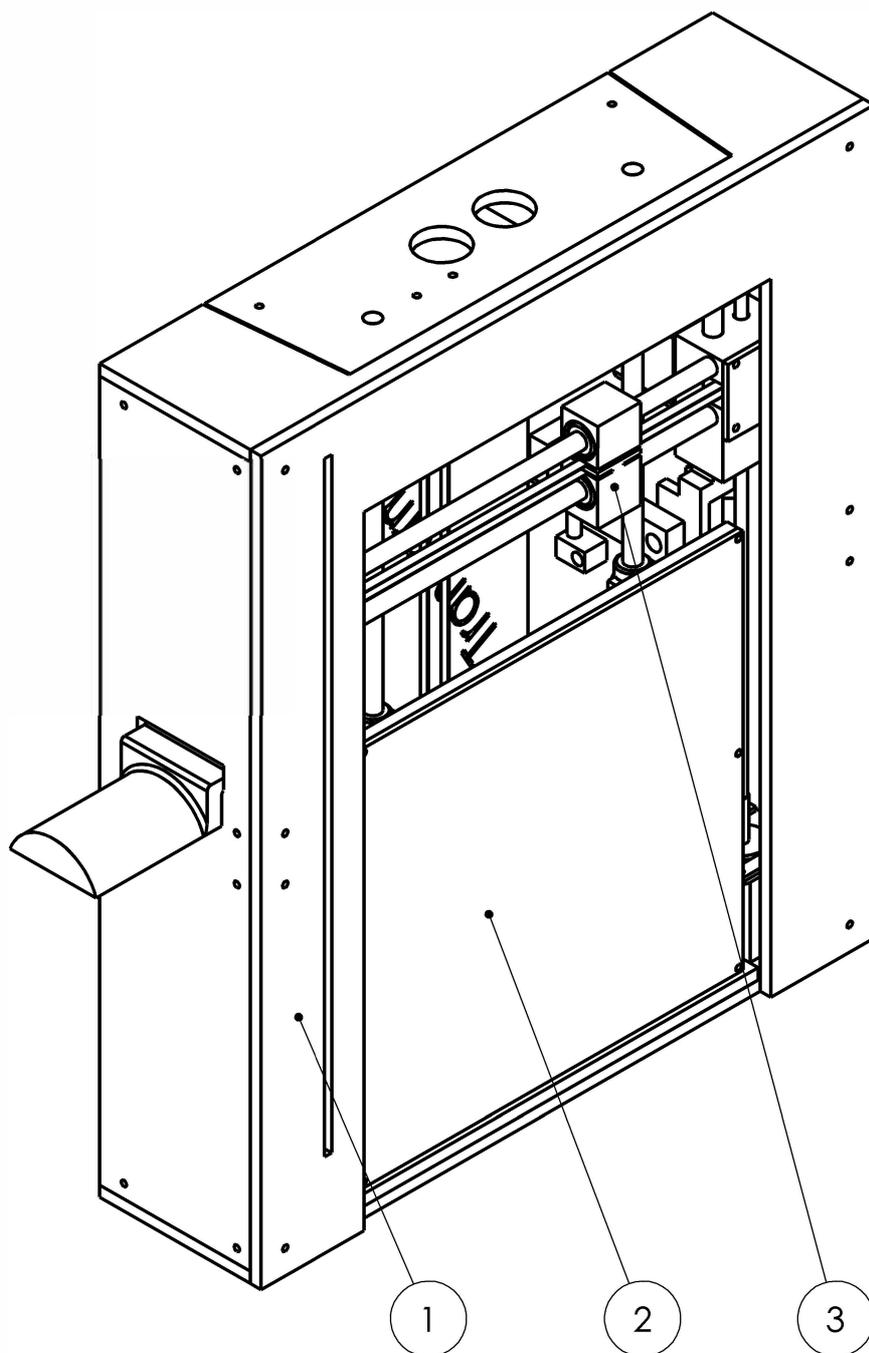
III. PLANOS

ÍNDICE

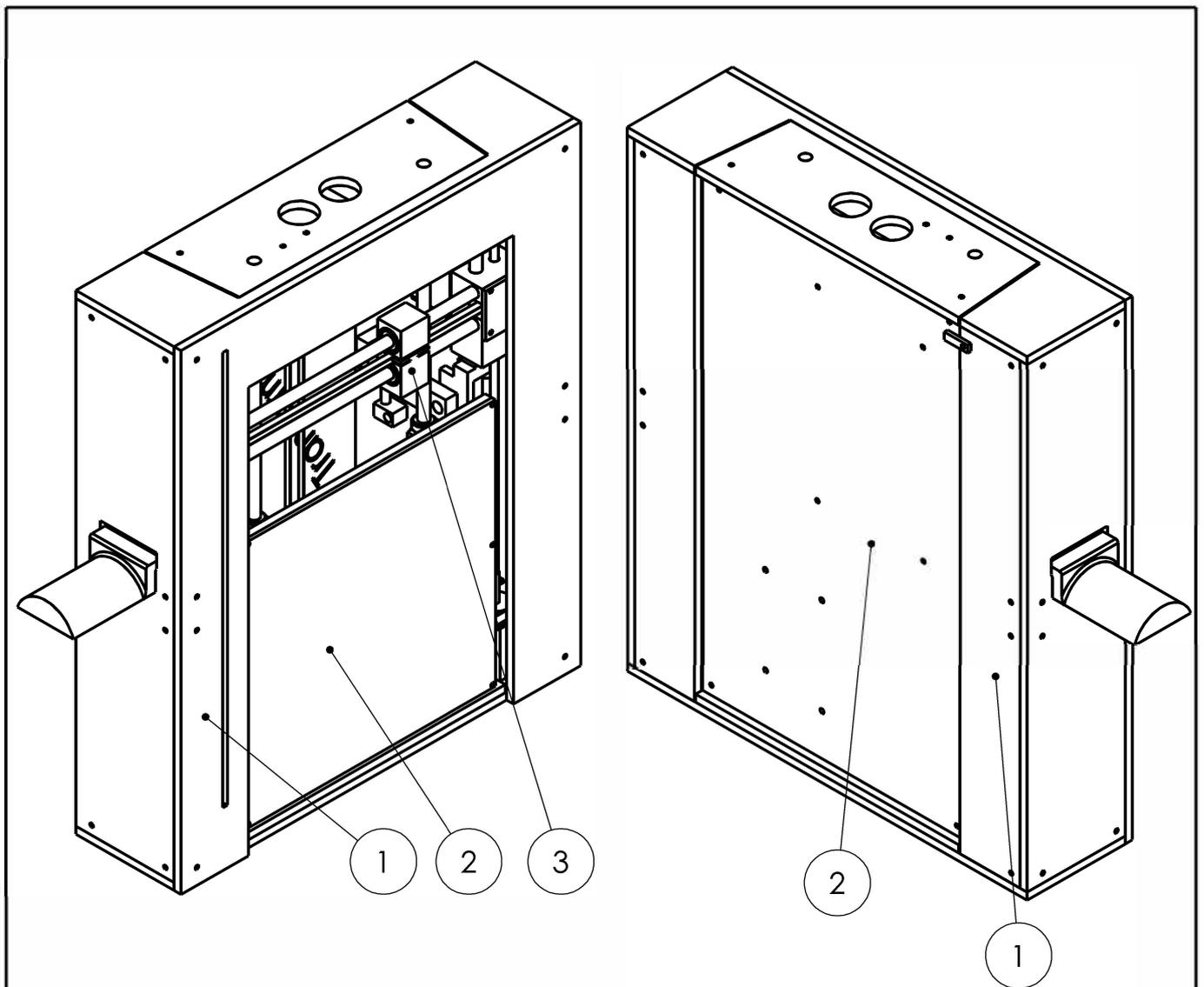
PLANO 1: IMPRESORA DESPLEGADA.....	5
PLANO 2: IMPRESORA PLEGADA 1 VISTA.....	6
PLANO 3: IMPRESORA PLEGADA 2 VISTAS.....	7
PLANO 4: CARCASA EXTERNA – SUBCONJUNTO 1.....	8
PLANO 5: CARCASA EXTERNA EXPLOSIONADA – SUBCONJUNTO 1.....	9
PLANO 6: ESTRUCTURA DE IMPRESIÓN – SUBCONJUNTO 2.....	10
PLANO 7: ESTRUCTURA DE IMPRESIÓN EXPLOSIONADA – SUBCONJUNTO 2.....	11
PLANO 8: CARRO DE IMPRESIÓN – SUBCONJUNTO 3.....	12
PLANO 9: CONJUNTO EXTRUSOR – SUBCONJUNTO 3.....	13
PLANO 10: PIEZA 1 – SUBCONJUNTO 1.....	14
PLANO 11: PIEZA 2 – SUBCONJUNTO 1.....	15
PLANO 12: PIEZA 3 – SUBCONJUNTO 1.....	16
PLANO 13: PIEZA 4 – SUBCONJUNTO 1.....	17
PLANO 14: PIEZA 5 – SUBCONJUNTO 1.....	18
PLANO 15: PIEZA 6 – SUBCONJUNTO 1.....	19
PLANO 16: PIEZA 7 – SUBCONJUNTO 1.....	20
PLANO 17: PIEZA 9 – SUBCONJUNTO 2.....	21
PLANO 18: PIEZA 10 – SUBCONJUNTO 2.....	22
PLANO 19: PIEZA 11 – SUBCONJUNTO 2.....	23
PLANO 20: PIEZA PASADOR DE SEGURIDAD – SUBCONJUNTO 1.....	24
PLANO 21: PIEZA SOPORTE CORREA BAJO CAMA EJE Y – SUBCONJUNTO 2.....	25
PLANO 22: PIEZA SOPORTE POLEA EJE Y – SUBCONJUNTO 2.....	26
PLANO 23: PIEZA BISAGRA LADO BOWDEN – SUBCONJUNTO 2.....	27
PLANO 24: PIEZA BISAGRA LADO NO BOWDEN – SUBCONJUNTO 2.....	28
PLANO 25: PIEZA SOPORTE EJE X – SUBCONJUNTO 3.....	29
PLANO 26: PIEZA SOPORTE EJE X LADO EXTRUSOR – SUBCONJUNTO 3.....	30
PLANO 27: PIEZA SOPORTE BOWDEN – SUBCONJUNTO 3.....	31
PLANO 28: PIEZA BRAZO BOWDEN – SUBCONJUNTO 3.....	32
PLANO 29: PIEZA TAPA SOPORTE INFERIOR EJE X – SUBCONJUNTO 3.....	33
PLANO 30: PIEZA TAPA SOPORTE EJE X – SUBCONJUNTO 3.....	34
PLANO 31: PIEZA SOPORTE EXTRUSOR – SUBCONJUNTO 3.....	35



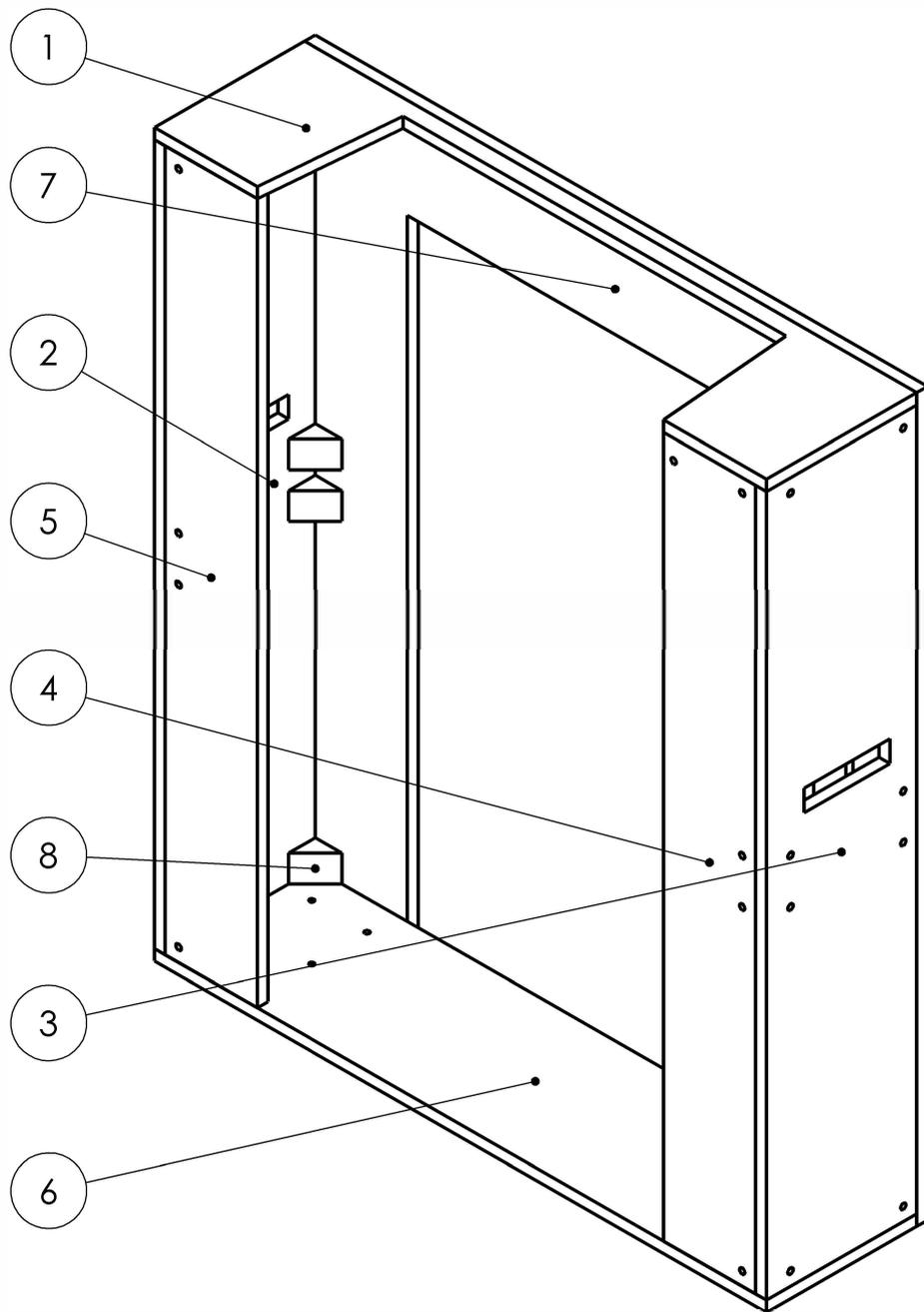
3	CARRO DE IMPRESIÓN	1
2	ESTRUCTURA DE IMPRESIÓN	1
1	CARCASA EXTERNA	1
N.º DE SUB	NOMBRE DE SUBCONJUNTO	CANTIDAD
Observaciones	Título: Impresora desplegada	Plano nº: 1
		Hoja nº:
Escala 1:3	Un. dim. mm	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan
		Comprobado por:
		Fecha: 10/2016
		Fecha:



3	CARRO DE IMPRESIÓN	1
2	ESTRUCTURA DE IMPRESIÓN	1
1	CARCASA EXTERNA	1
N.º DE SUB	NOMBRE DE SUBCONJUNTO	CANTIDAD
Observaciones	Título: Impresora plegada 1 vista	Plano nº: 2
		Hoja nº:
Escala 1:4	Un. dim. mm	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan
		Comprobado por:
		Fecha: 10/2016
		Fecha:

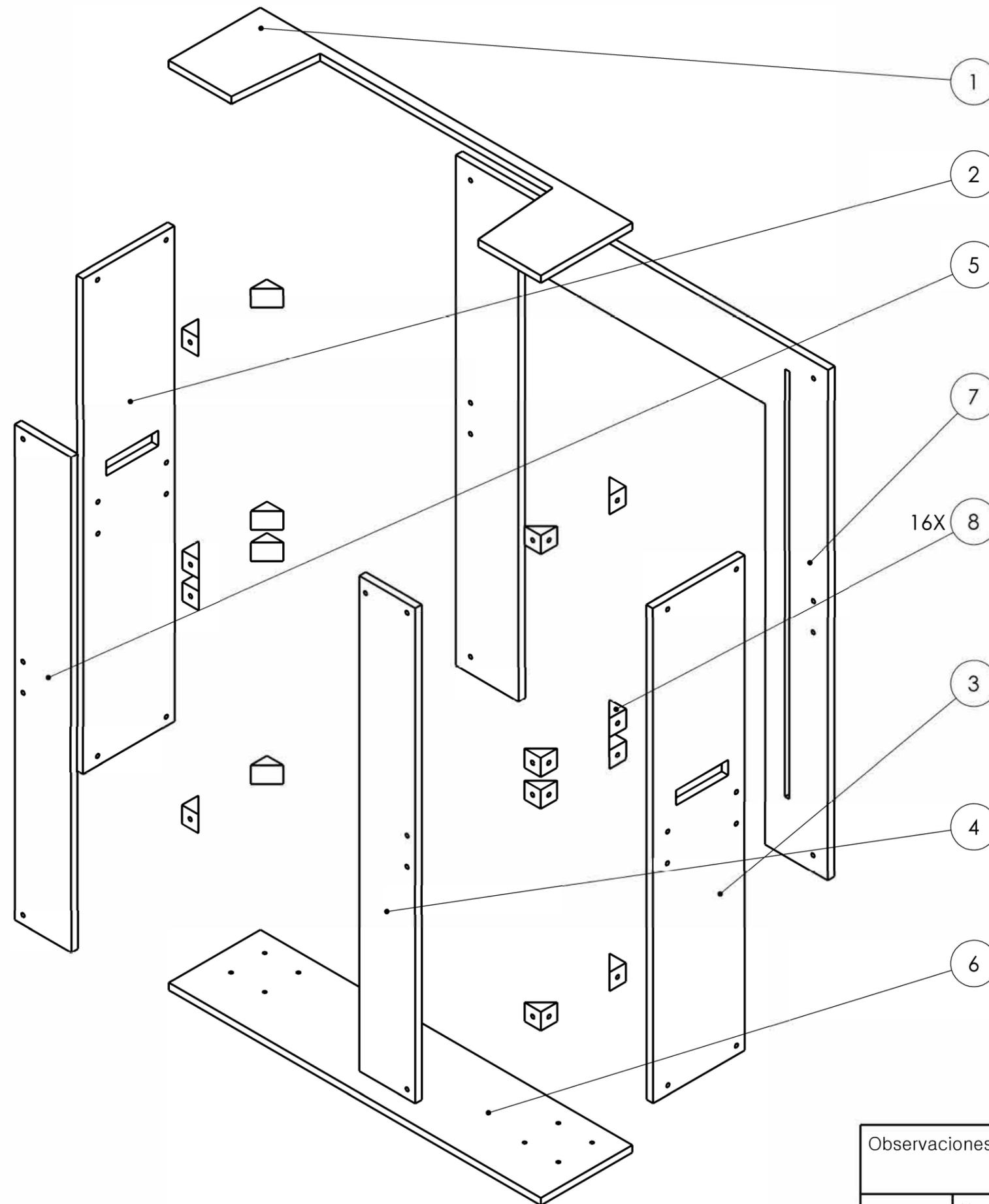


3	CARRO DE IMPRESIÓN	1
2	ESTRUCTURA DE IMPRESIÓN	1
1	CARCASA EXTERNA	1
N.º DE SUB	NOMBRE DE SUBCONJUNTO	CANTIDAD
Observaciones	Título: Impresora plegada 2 vistas	Plano nº: 3
		Hoja nº:
Escala 1:4	Un. dim. mm	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan
		Comprobado por:
		Fecha: 10/2016
		Fecha:



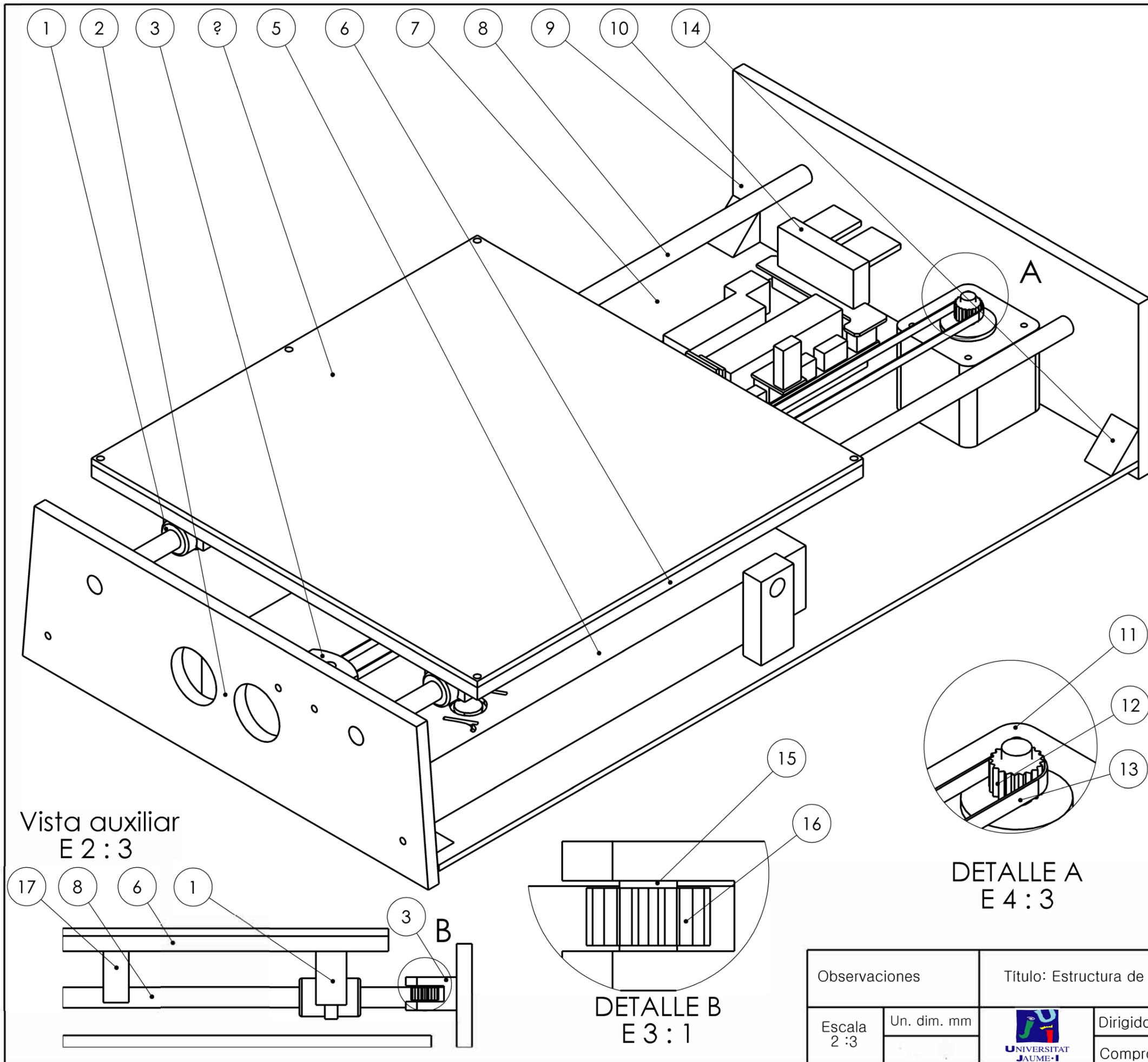
8	Escuadra interior	16
7	Pieza 2	1
6	Pieza 1	1
5	Pieza 5	1
4	Pieza 6	1
3	Pieza 4	1
2	Pieza 7	1
1	Pieza 3	1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
Observaciones	Título: Carcasa externa	Plano nº: 4
		Hoja nº:
Escala 1:3	Un. dim. mm	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan
		Comprobado por:
		Fecha: 10/2016
		Fecha:



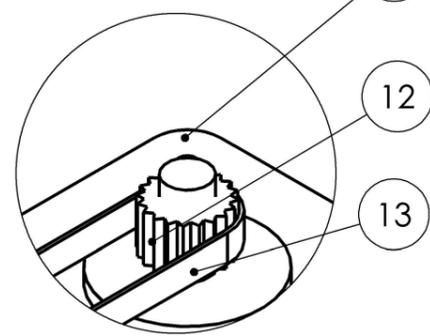
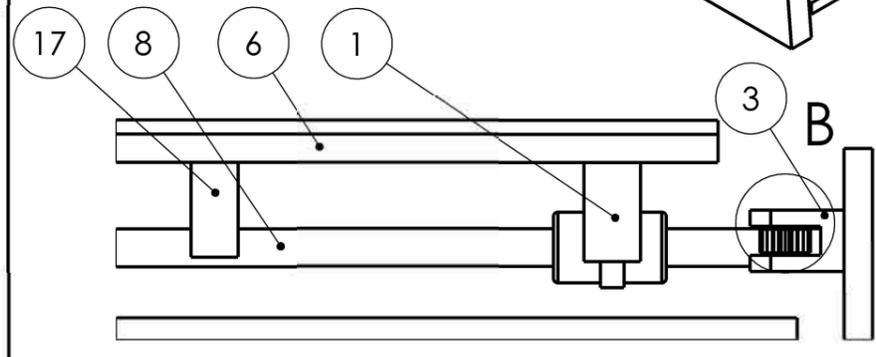
8	Escuadra interior	16
7	Pieza 2	1
6	Pieza 1	1
5	Pieza 5	1
4	Pieza 6	1
3	Pieza 4	1
2	Pieza 7	1
1	Pieza 3	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

Observaciones		Título: Carcasa externa explosionada		Plano nº: 5
Escala 1:3		Un. dim. mm		Dirigido por: Polo Úbeda, Joan
			Comprobado por:	Fecha: 10/2016
				Fecha:

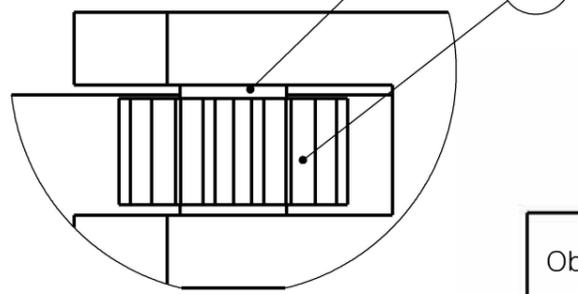


17	Soporte correa bajo cama eje Y	1
16	Rueda conducida polea eje Y	1
15	Eje soporte polea eje Y	1
14	Escuadra interior	4
13	Correa eje Y	1
12	Rueda motriz polea eje Y	1
11	Motor eje Y	1
10	Placa de control	1
9	Pieza 11	1
8	Varilla eje Y 8x400	2
7	Pieza 9	1
6	Soporte cama	1
5	Fuente de alimentación	1
4	Plataforma calefactable	1
3	Soporte polea eje Y	1
2	Pieza 10	1
1	Soporte rodamiento eje Y	4
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

Vista auxiliar
E 2 : 3

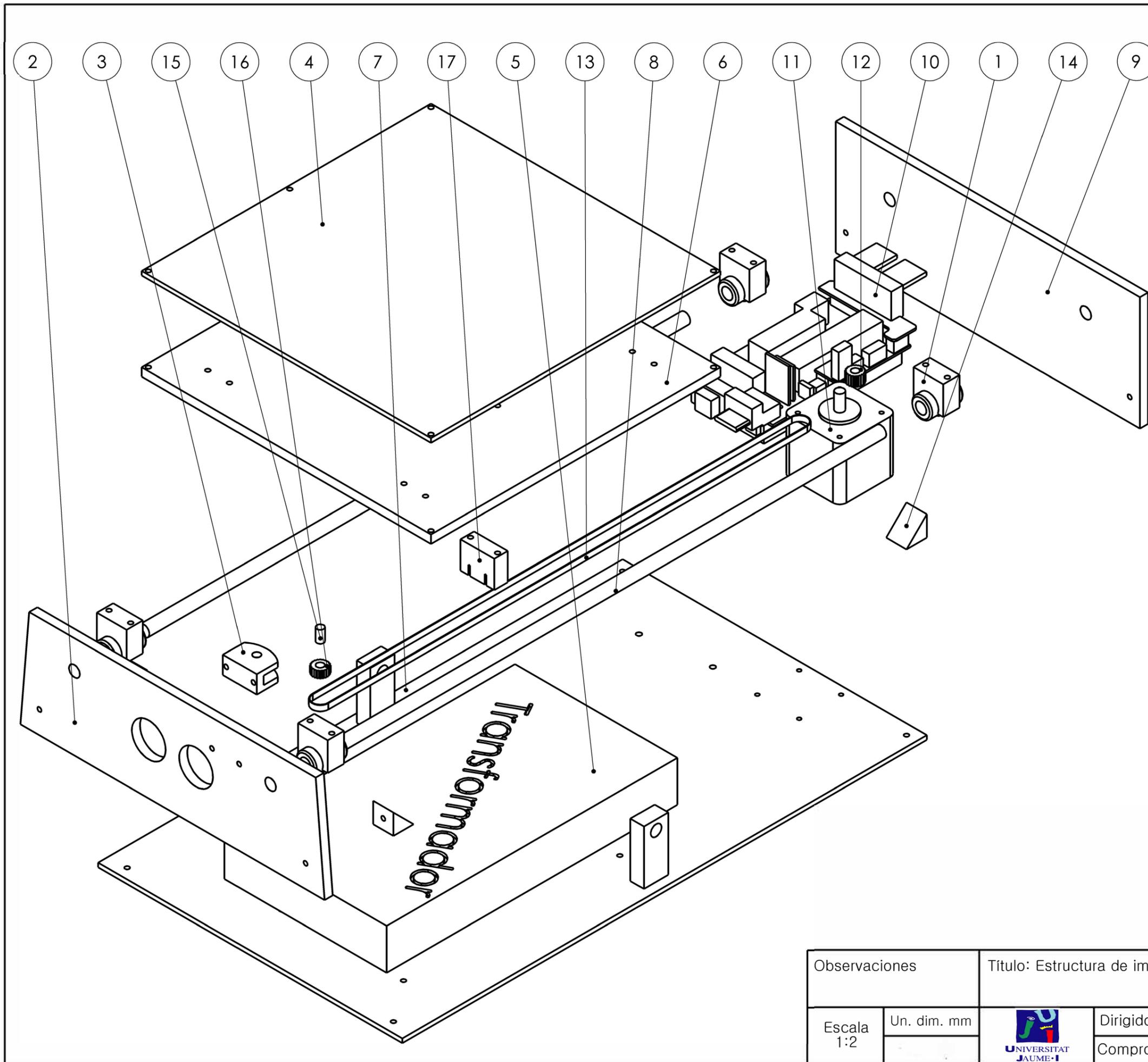


DETALLE A
E 4 : 3



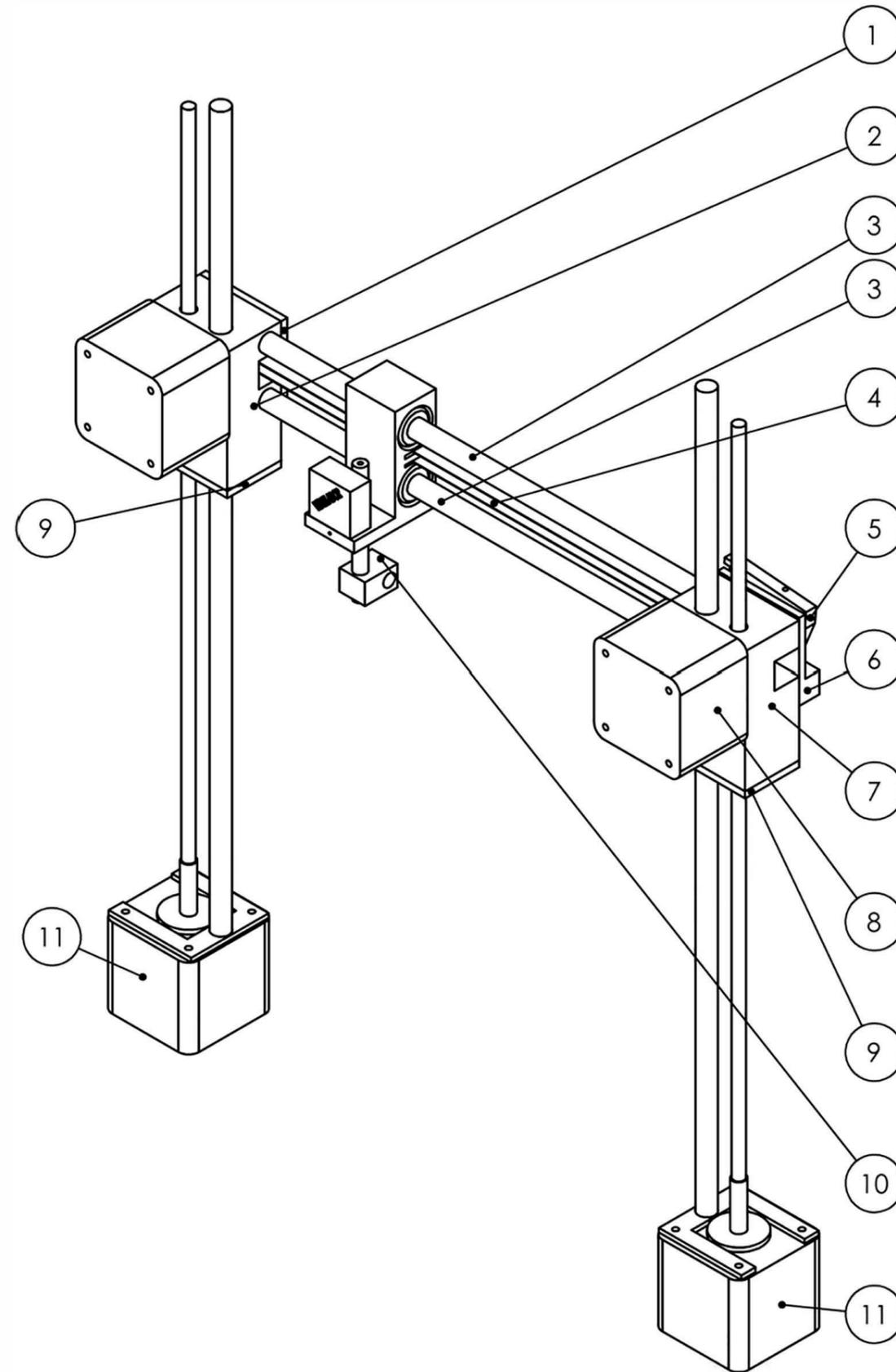
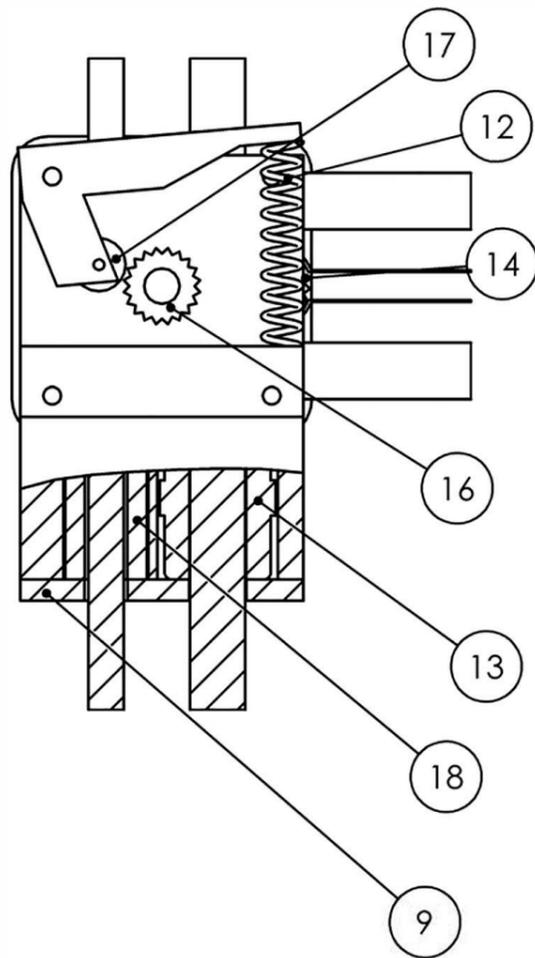
DETALLE B
E 3 : 1

Observaciones	Título: Estructura de impresión		Plano nº: 6
Escala 2 : 3	Un. dim. mm	 Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Hoja nº:
			Comprobado por:
			Fecha:



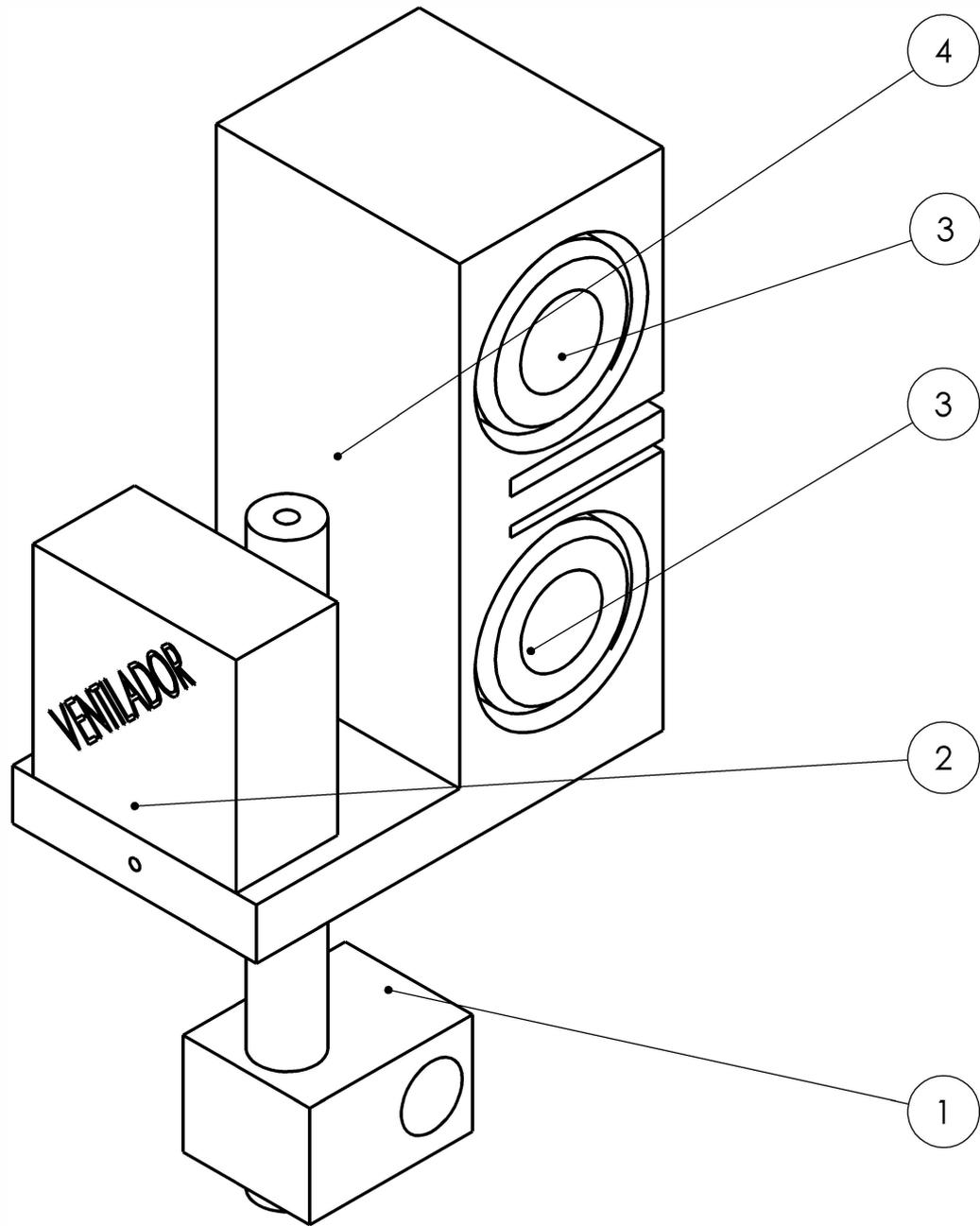
17	Soporte correa bajo cama eje Y	1
16	Rueda conducida polea eje Y	1
15	Eje soporte polea eje Y	1
14	Escuadra interior	4
13	Correa eje Y	1
12	Rueda motriz polea eje Y	1
11	Motor eje Y	1
10	Placa de control	1
9	Pieza 11	1
8	Varilla eje Y 8x400	2
7	Pieza 9	1
6	Soporte cama	1
5	Fuente de alimentación	1
4	Plataforma calefactable	1
3	Soporte polea eje Y	1
2	Pieza 10	1
1	Soporte rodamiento eje Y	4
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

Observaciones		Título: Estructura de impresión explosionada		Plano nº: 7	
				Hoja nº:	
Escala 1:2	Un. dim. mm		Dirigido por: Polo Úbeda, Joan		Fecha: 10/2016
			Comprobado por:		Fecha:



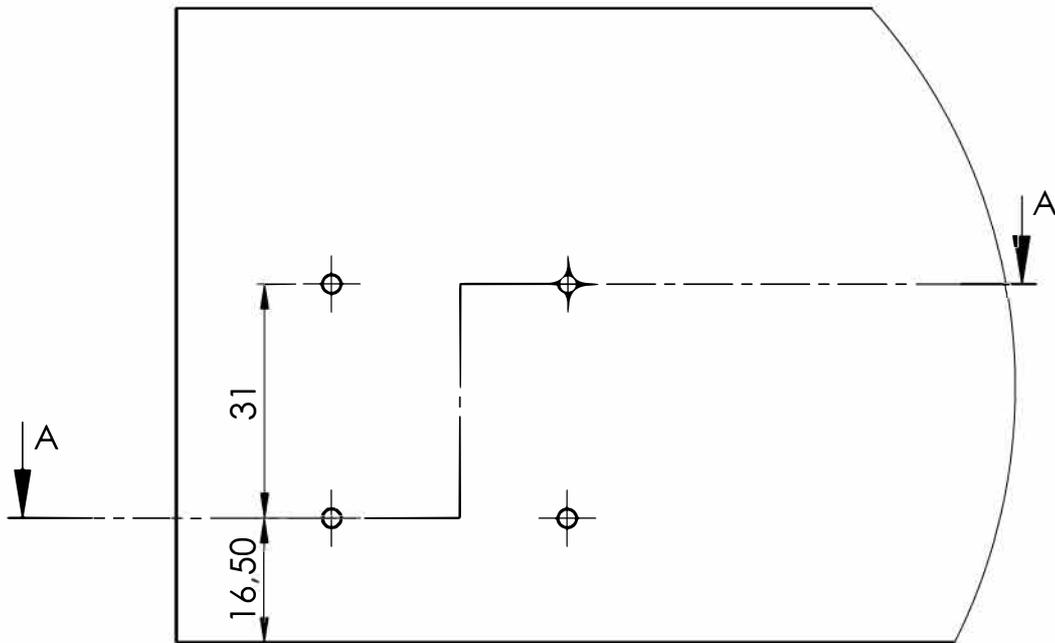
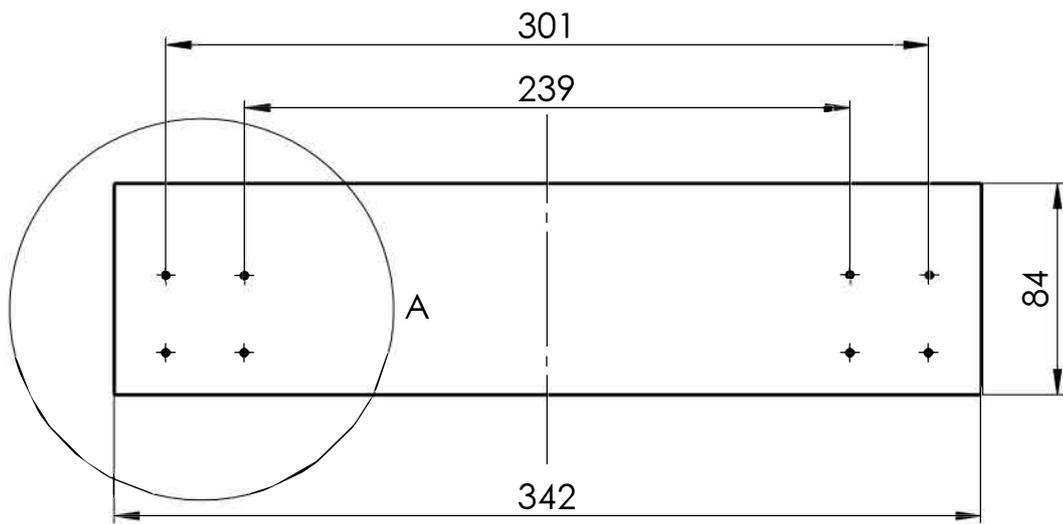
18	Tornillo potencia eje Z	2
17	Polea extrusor bowden	1
16	Engranaje extrusor bowden	1
15	Pasador polea correa bowden	1
14	Polea correa eje X lado bowden	1
13	Rodamiento bolas para varillas LM8UU	2
12	Muelle extrusor	1
11	Motor eje Z con varillas	2
10	Conjunto extrusor	1
9	Tapa inferior soporte eje X	2
8	Motor extrusor	1
7	Soporte eje X lado extrusor	1
6	Soporte bowden	1
5	Brazo bowden	1
4	Correa eje X	1
3	Varilla eje X 8x240	2
2	Soporte eje X	1
1	Tapa soporte eje X	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

Observaciones		Título: Carro impresión		Plano nº: 8
Escala 1:2		Un. dim. mm	Dirigido por: Polo Úbeda. Joan	Hoja nº:
		UNIVERSITAT JAUME I	Comprobado por:	Fecha: 10/2016
				Fecha:

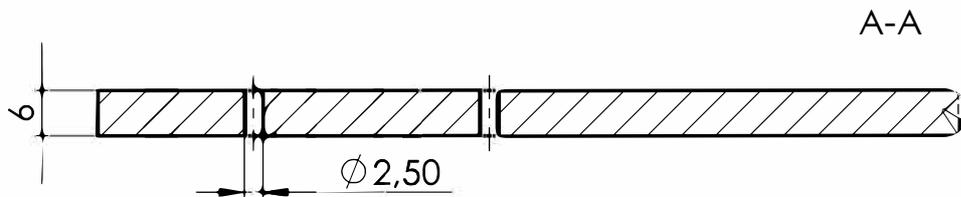


4	Soporte extrusor	1
3	Rodamiento bolas para varillas LM8UU	2
2	Ventilador	1
1	Hotend	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

Observaciones		Título: Conjunto extrusor		Plano nº: 9
				Hoja nº:
Escala 2:1	Un. dim. mm	 UNIVERSITAT JAUME I	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Fecha: 10/2016
			Comprobado por:	Fecha:



DETALLE A
E 1 : 1



Observaciones :Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza 1

Plano nº: 10

Hoja nº:

Escala
1:3

Un. dim. mm

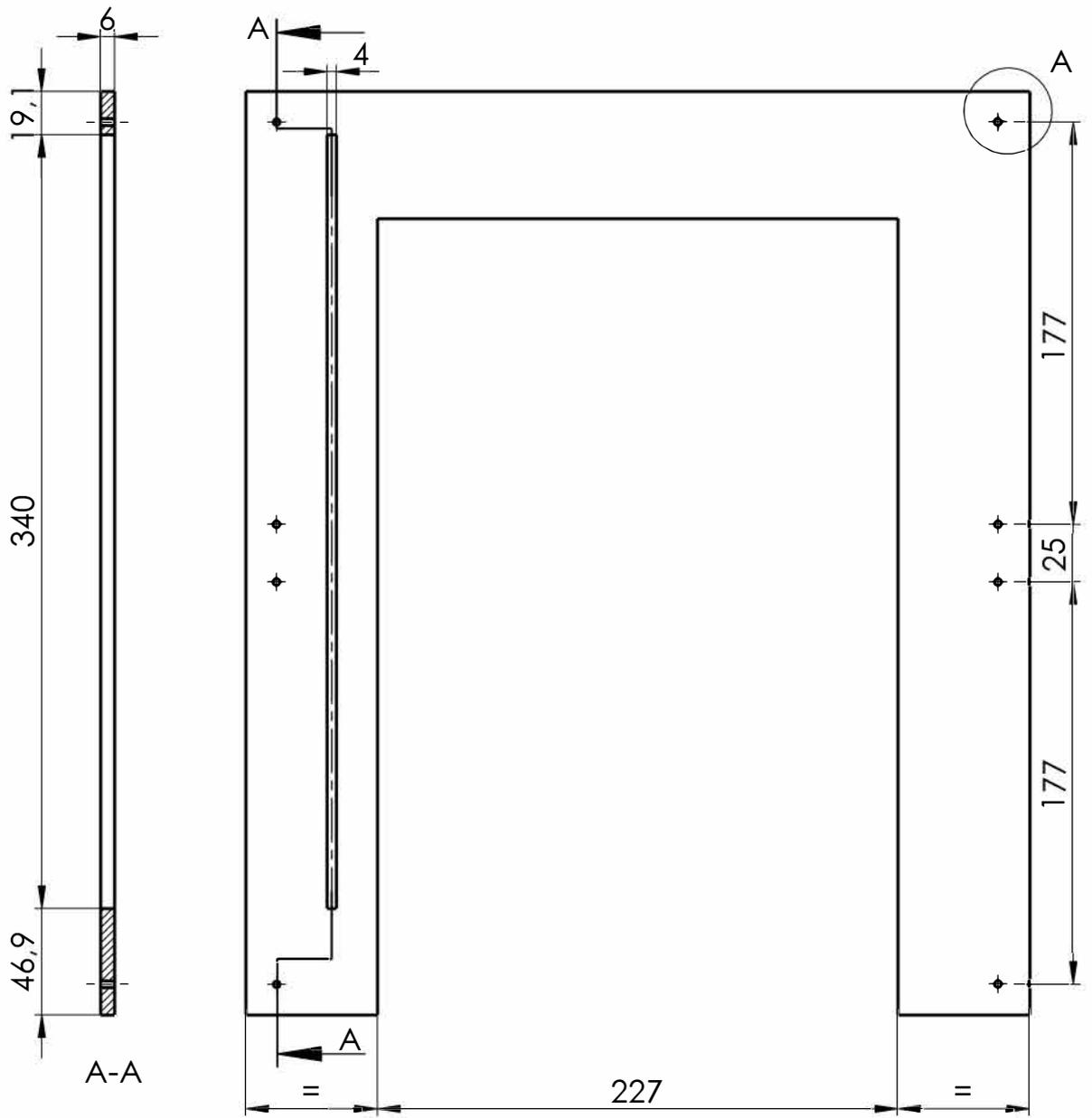
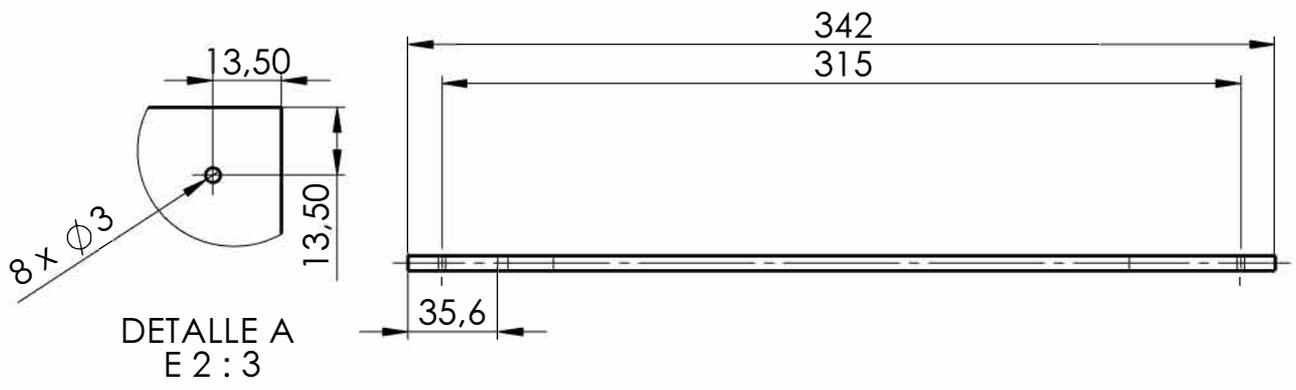


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza 2

Plano nº: 11

Hoja nº:

Escala
1:3

Un. dim. mm

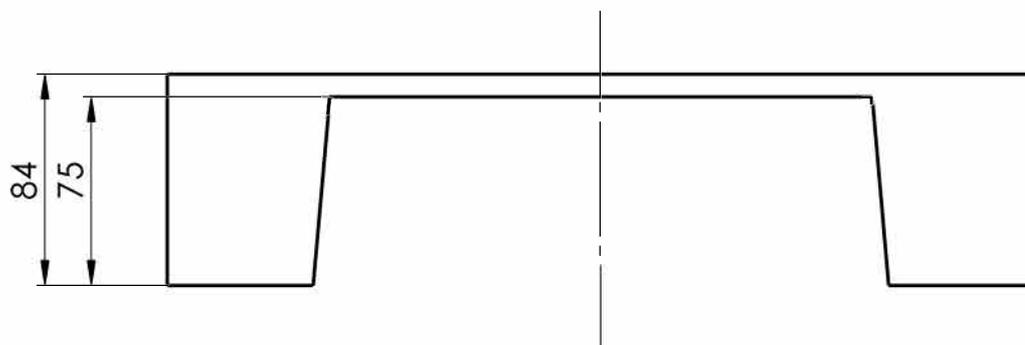
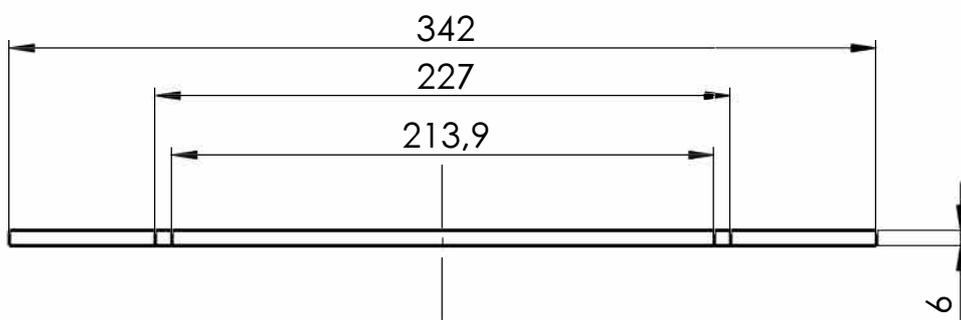
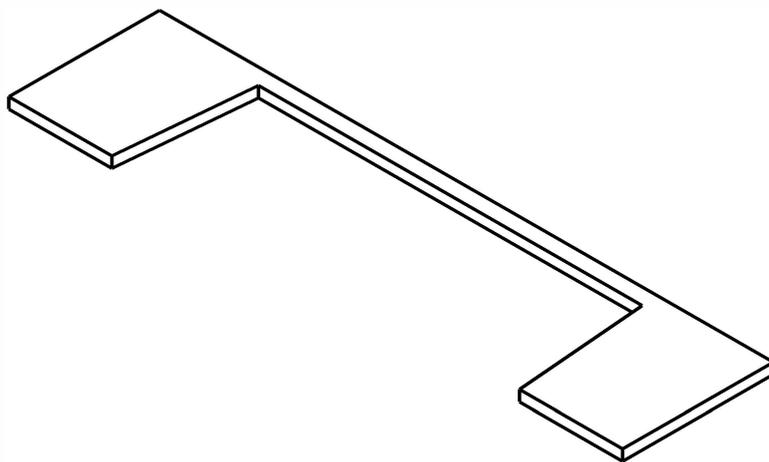


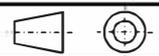
Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

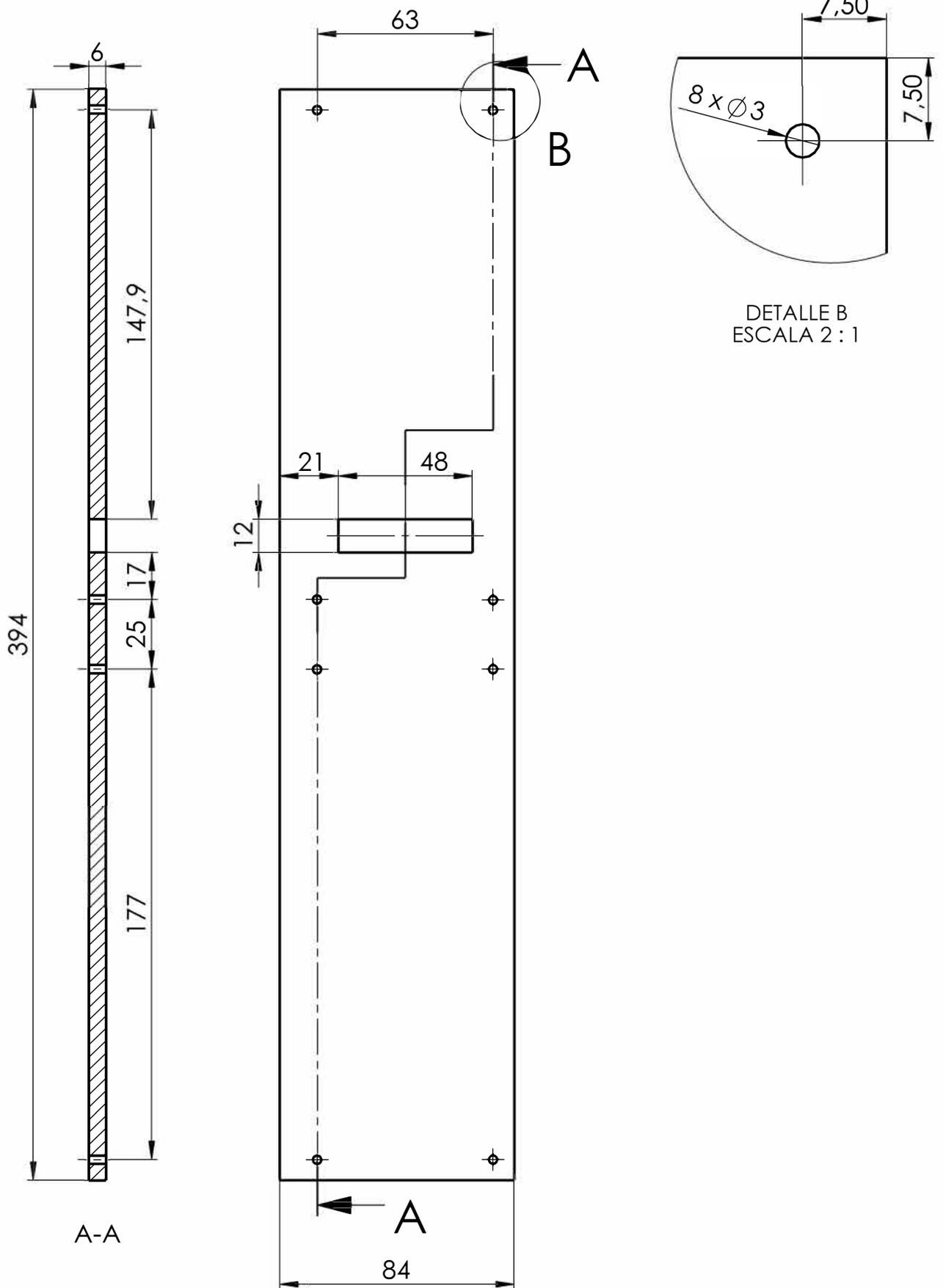
Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f		Título: Pieza 3		Plano nº: 12
				Hoja nº:
Escala 1:3	Un. dim. mm		Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Fecha: 10/2016
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

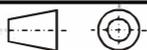
Título: Pieza 4

Plano nº: 13

Hoja nº:

Escala
1:2

Un. dim. mm

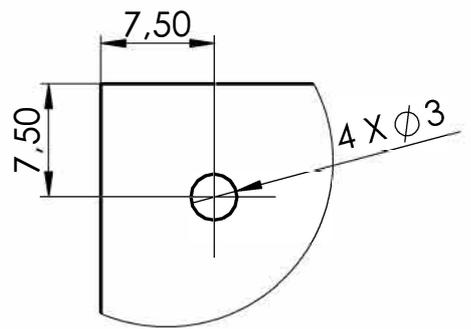
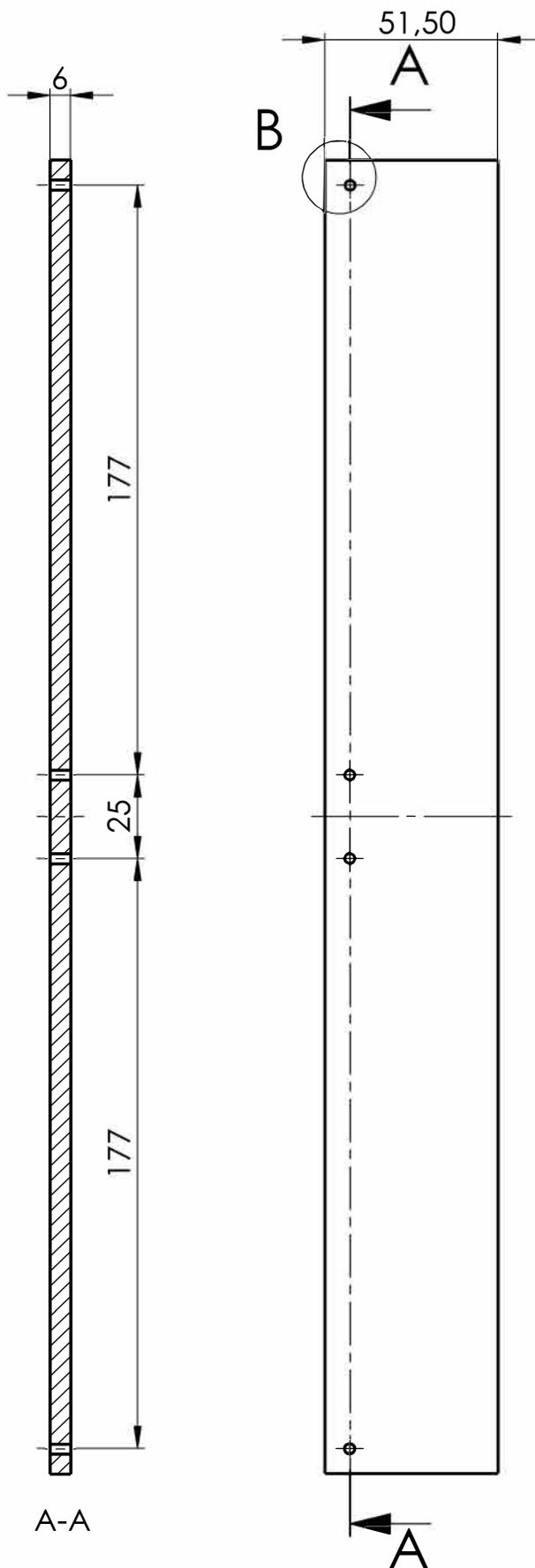


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

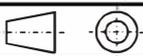
Fecha: 10/2016

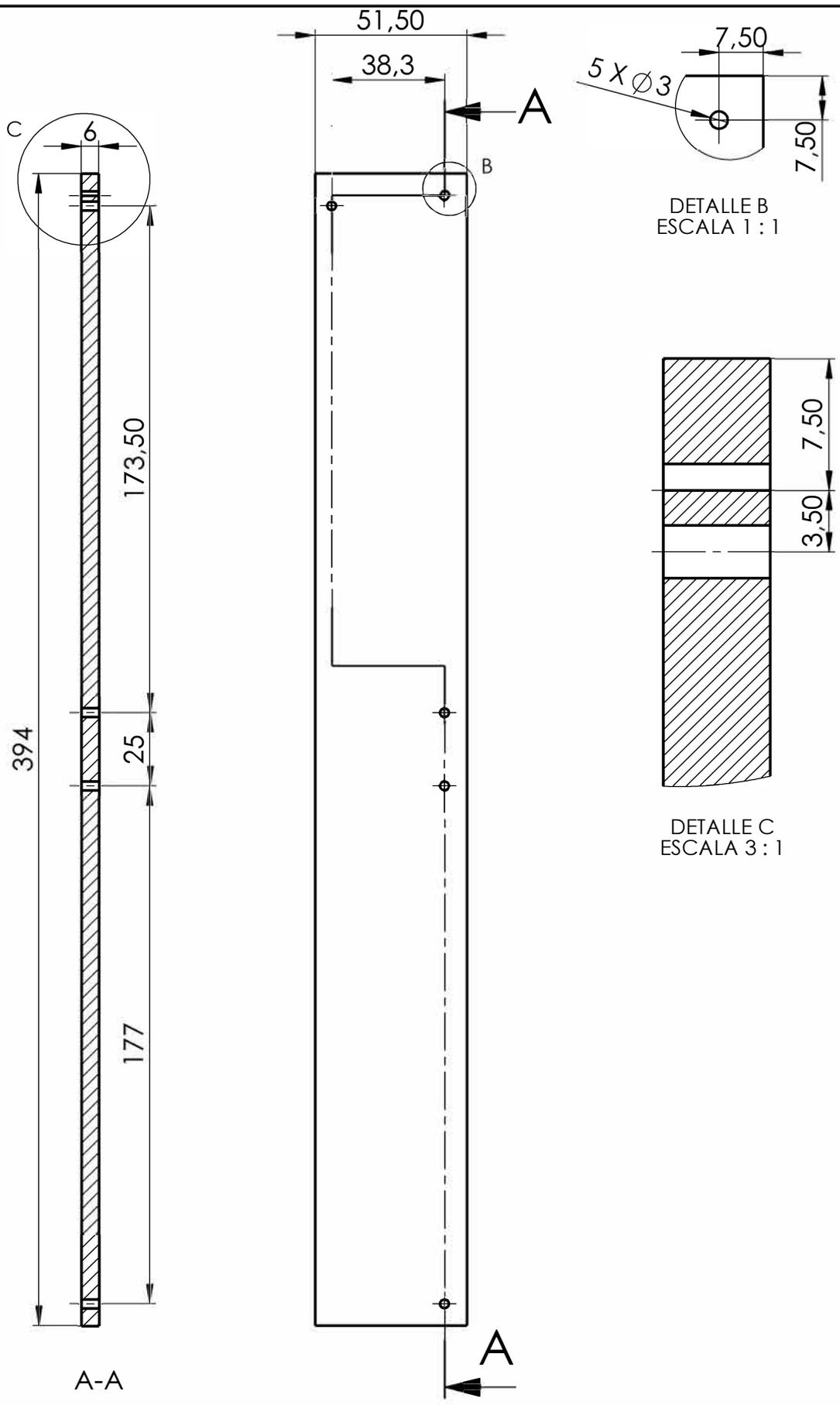
Comprobado por:

Fecha:



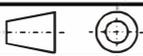
DETALLE B
E 2:1

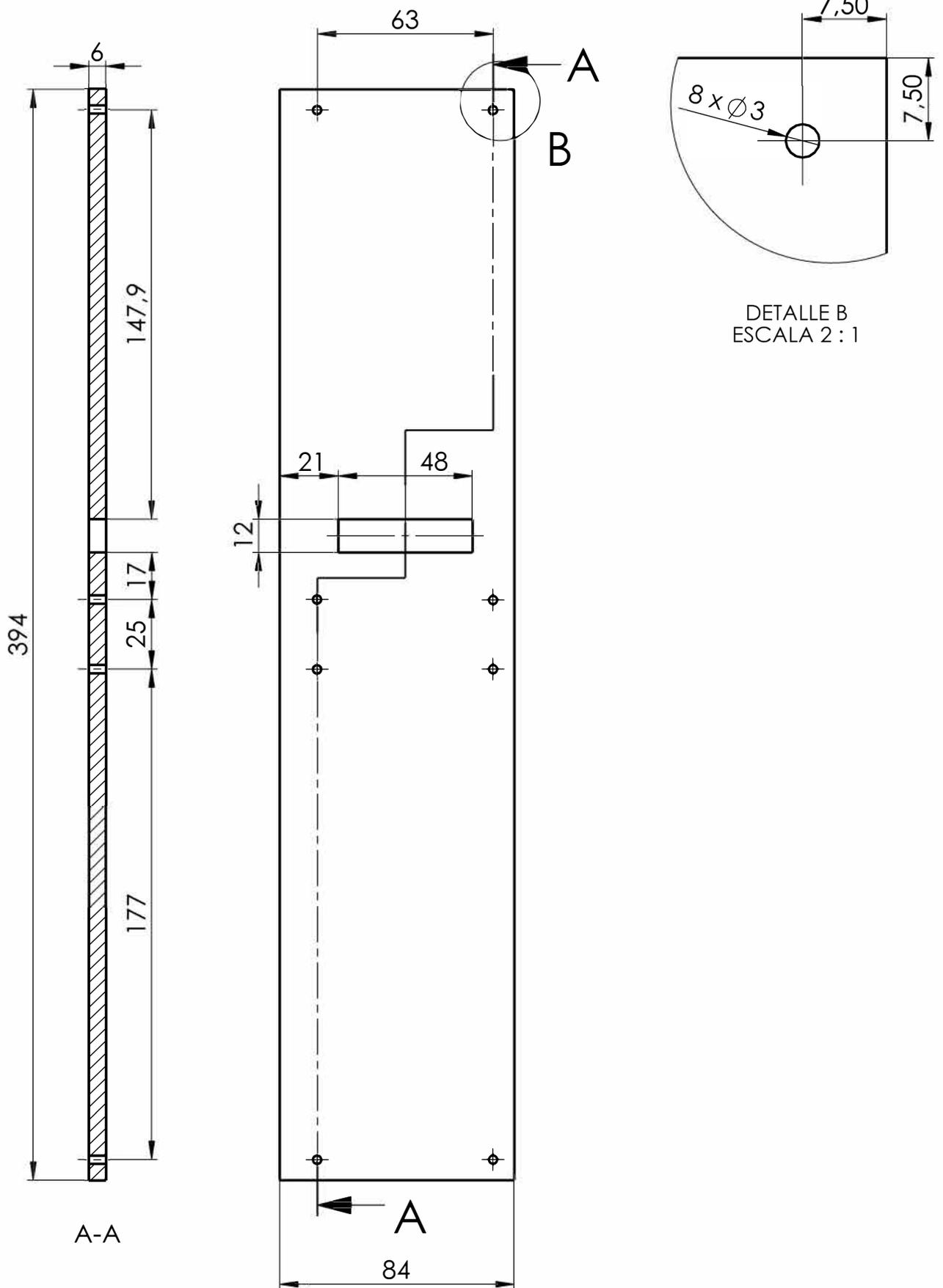
Observaciones :Tolerancias según ISO 2768 - f		Título: Pieza 5		Plano nº: 14
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm	 UNIVERSITAT JAUME·I	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Fecha: 10/2016
			Comprobado por:	Fecha:



DETALLE B
ESCALA 1 : 1

DETALLE C
ESCALA 3 : 1

Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f		Título: Pieza 6		Plano nº: 15
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm		Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Fecha: 10/2016
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza 7

Plano nº: 16

Hoja nº:

Escala
1:2

Un. dim. mm

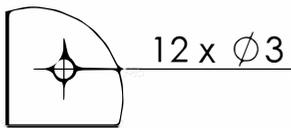
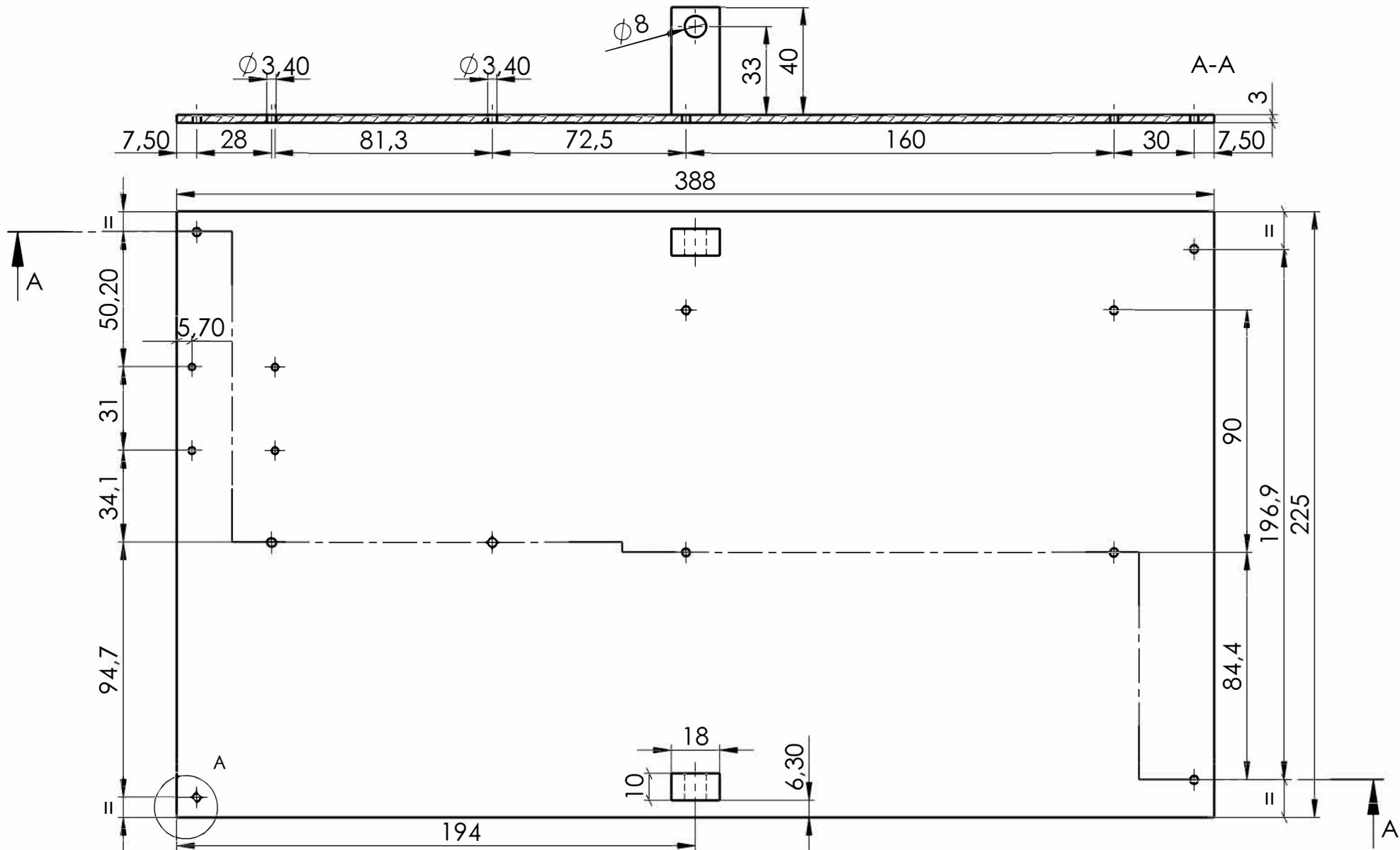


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



DETALLE A
E 1:1

Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza 9

Plano nº: 17

Hoja nº:

Escala
1:2

Un. dim. mm

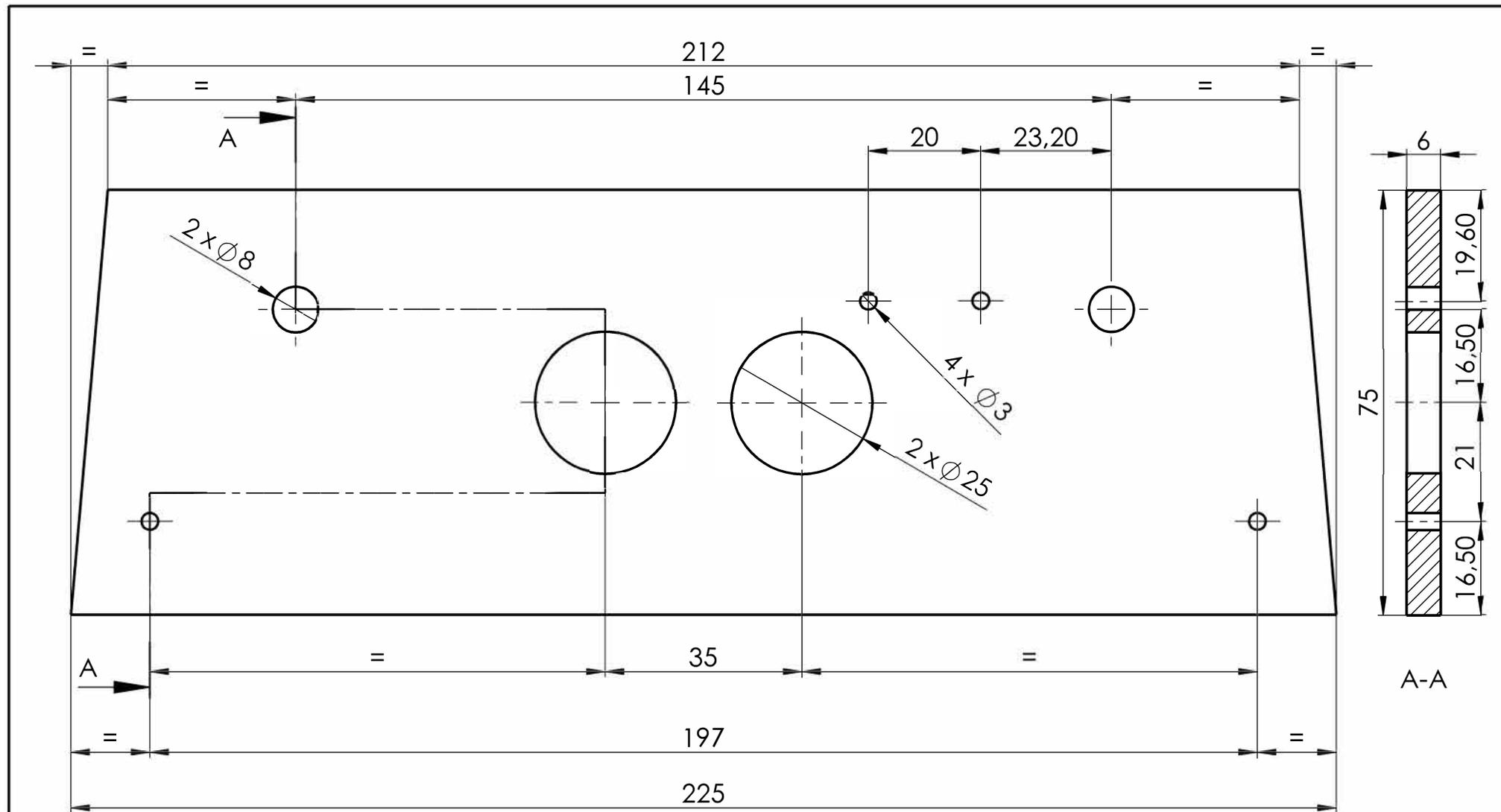


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Comprobado por:

Fecha: 10/2016

Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza 10

Plano nº: 18

Hoja nº:

Escala
1:1

Un. dim. mm

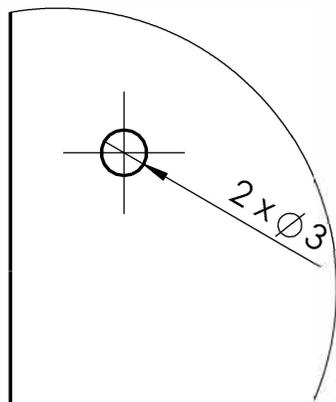
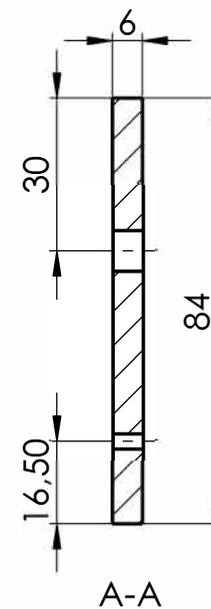
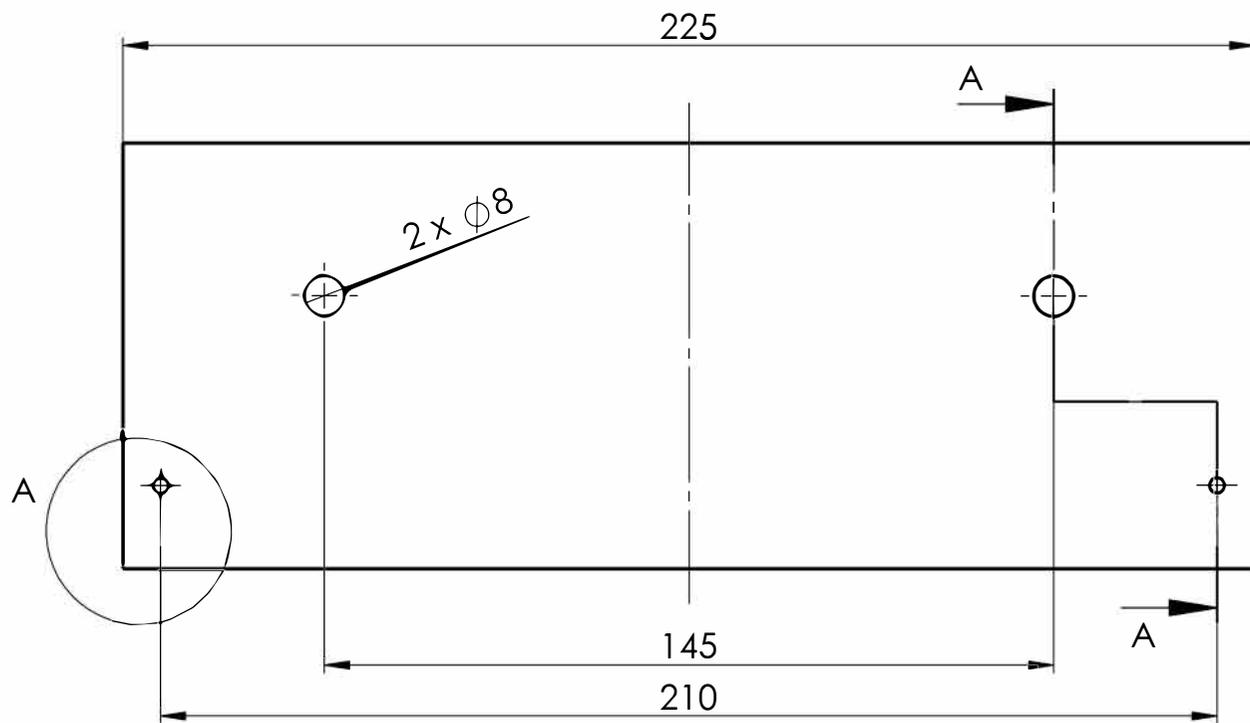


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Comprobado por:

Fecha: 10/2016

Fecha:



DETALLE A
ESCALA 2 : 1

Observaciones :Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza 11

Plano nº: 19

Hoja nº:

Escala
2:3

Un. dim. mm

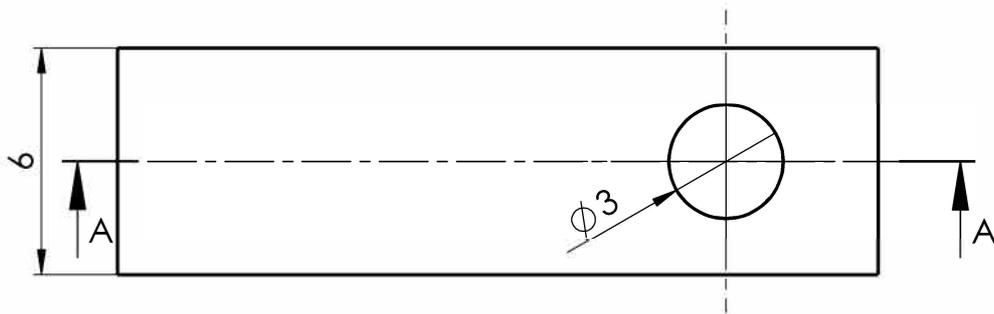
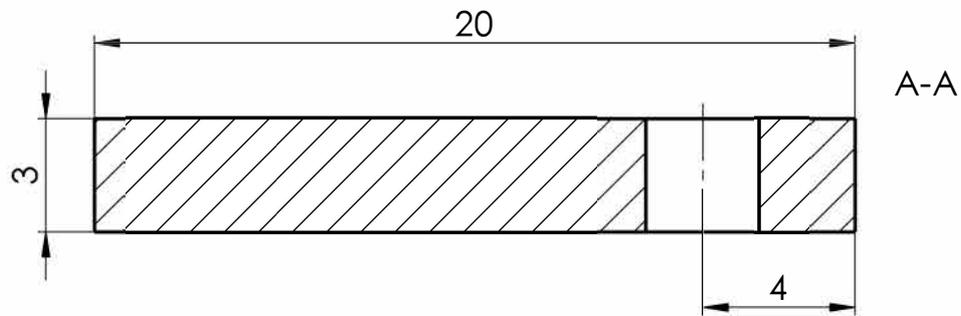


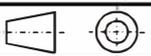
Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

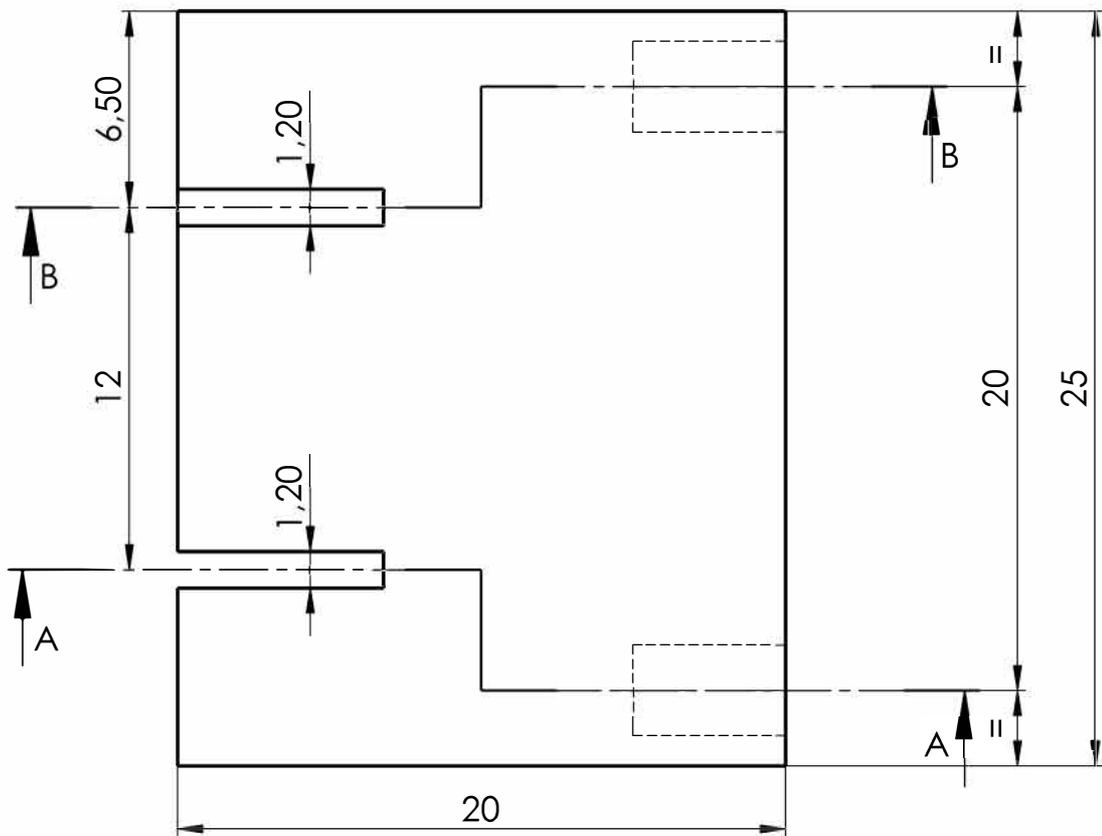
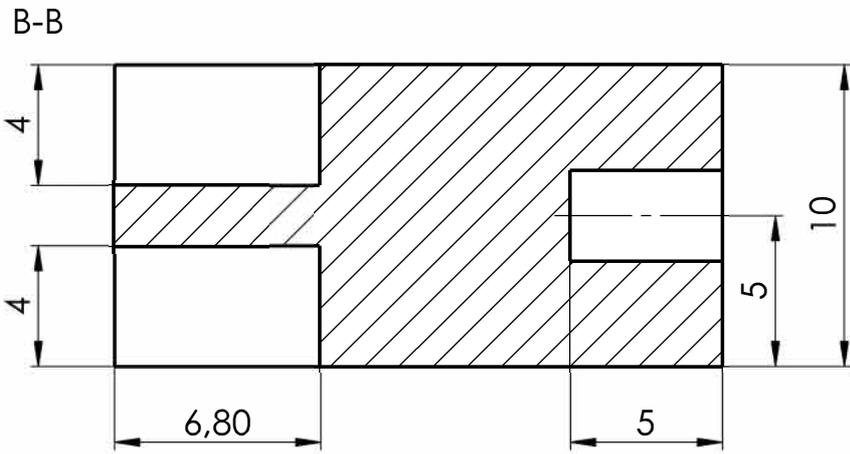
Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f		Título: Pieza pasador de seguridad		Plano nº: 20
				Hoja nº:
Escala 5:1	Un. dim. mm		Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Fecha: 10/2016
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza soporte correa bajo cama eje Y

Plano nº: 21

Hoja nº:

Escala
4:1

Un. dim. mm

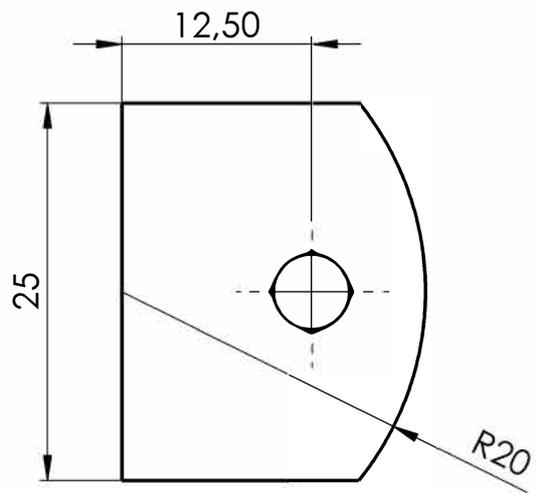
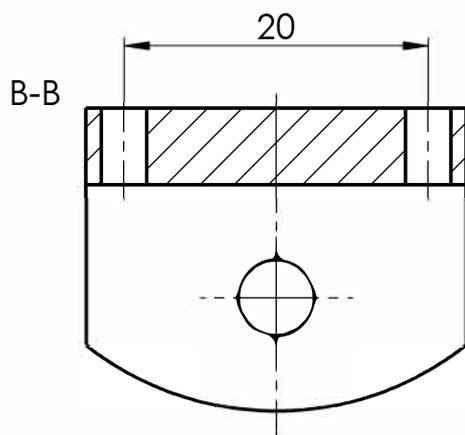
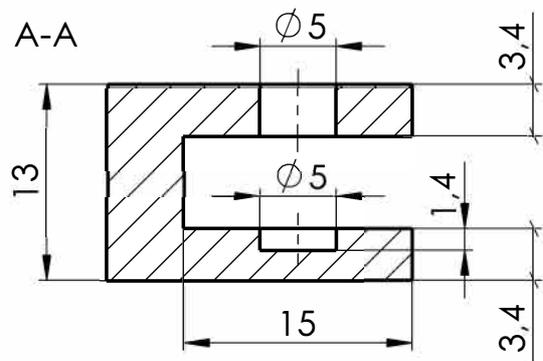
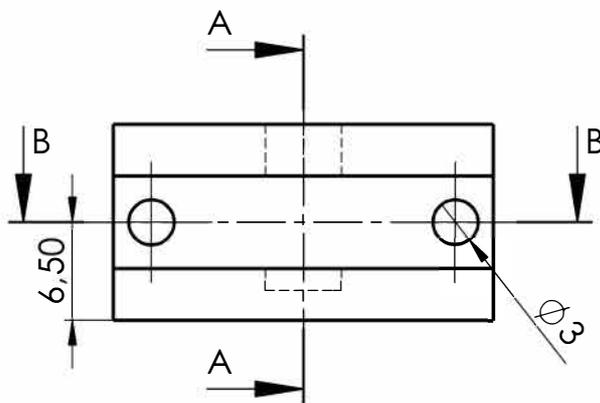
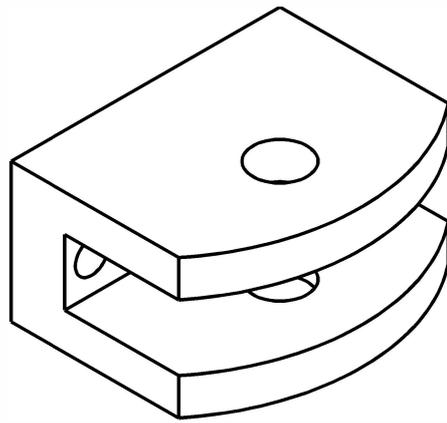


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza soporte polea eje Y

Plano nº: 22

Hoja nº:

Escala
2:1

Un. dim. mm

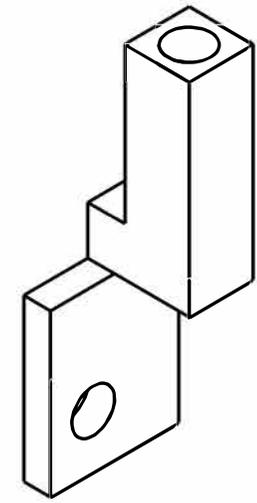
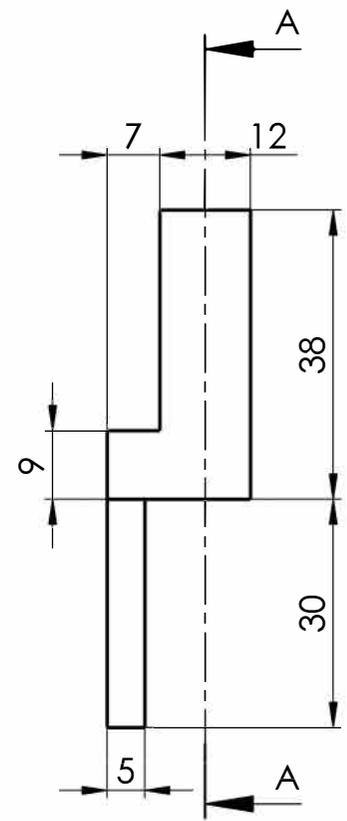
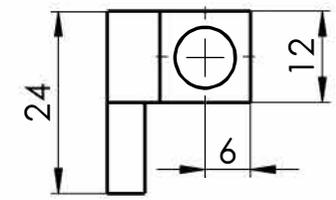
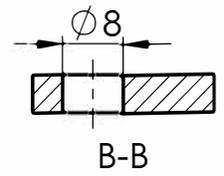
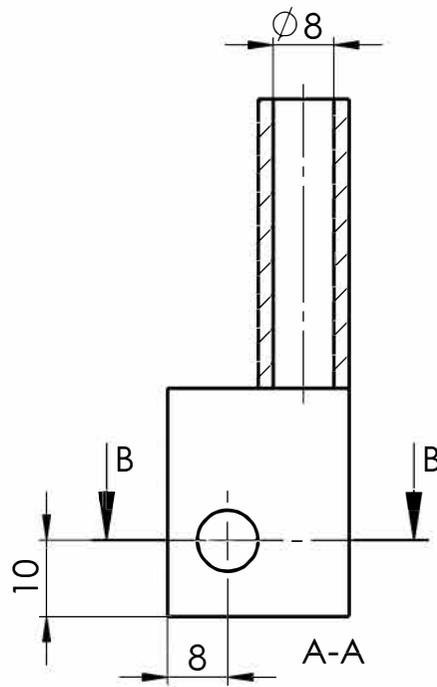


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



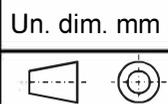
Observaciones :Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza bisagra lado Bowden

Plano nº: 23

Hoja nº:

Escala
1:1

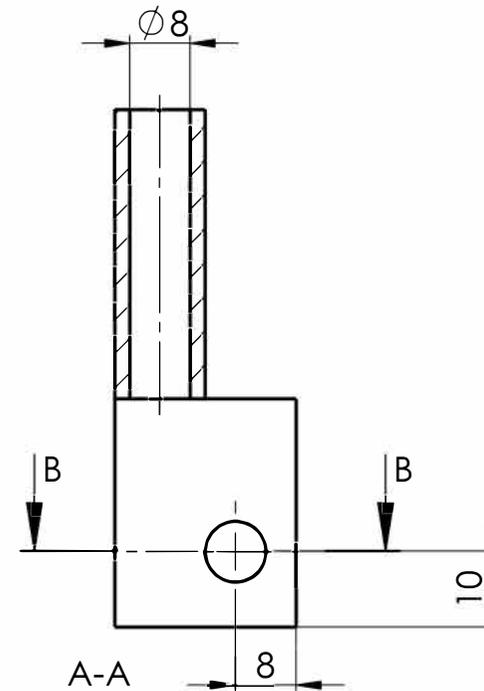
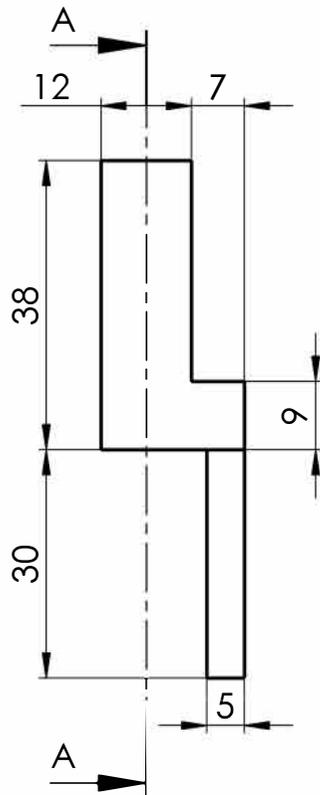
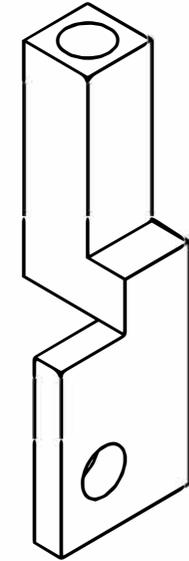
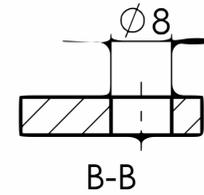
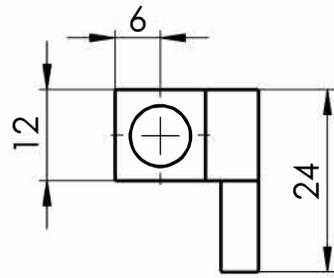


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



Observaciones :Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza bisagra lado no Bowden

Plano nº: 24

Hoja nº:

Escala
1:1

Un. dim. mm

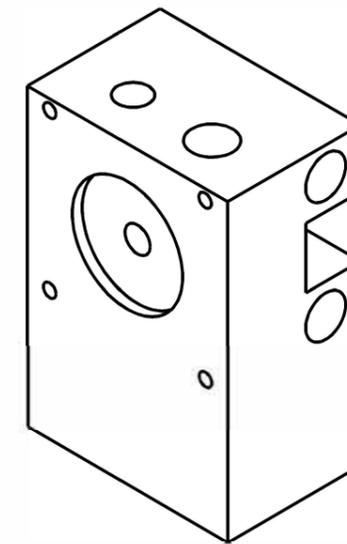
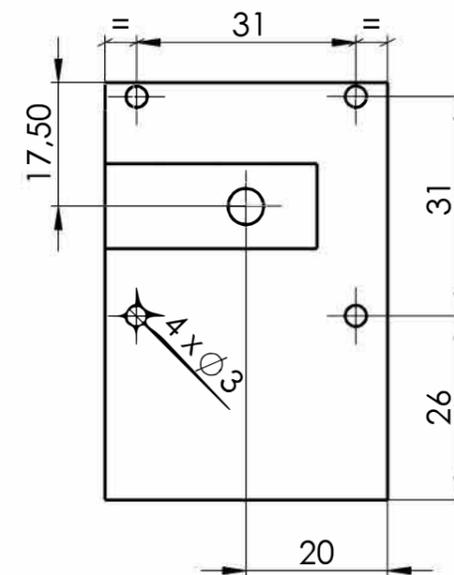
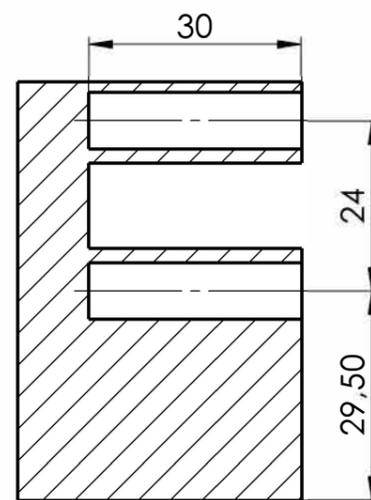
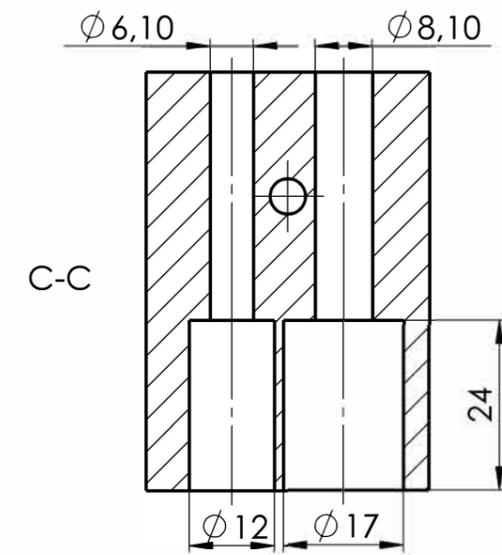
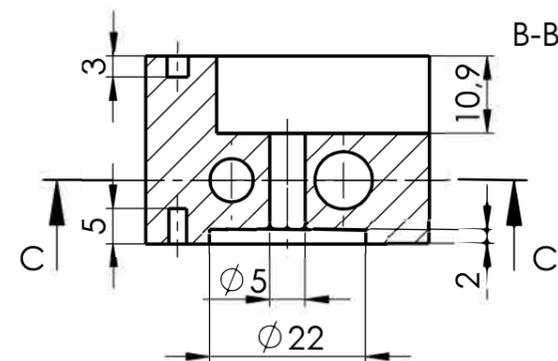
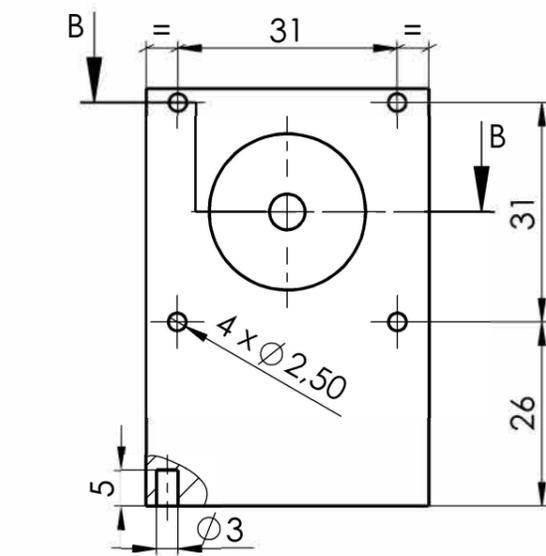
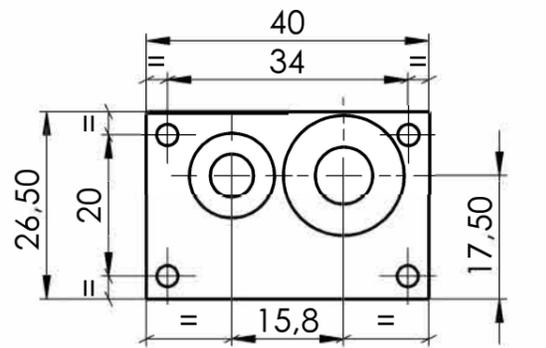
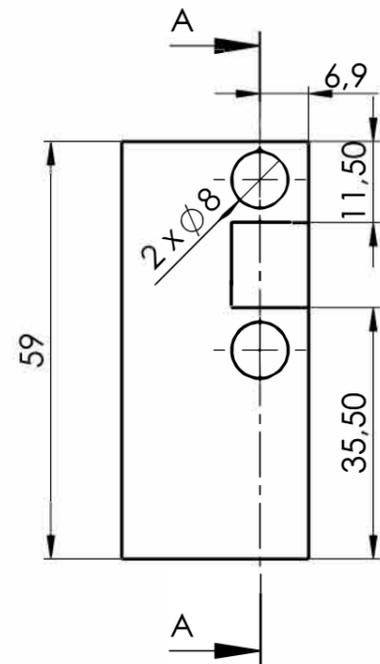


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

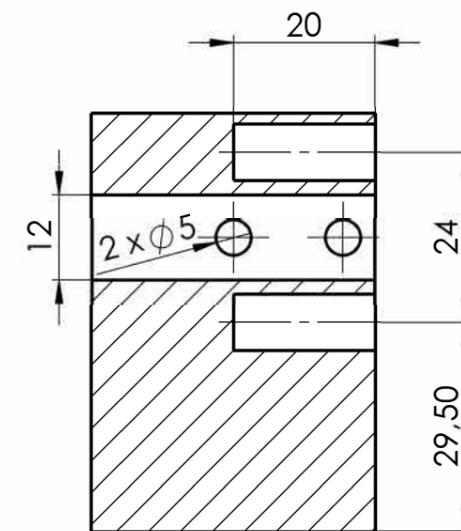
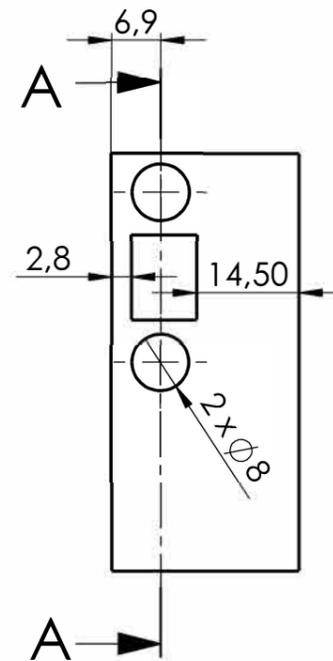
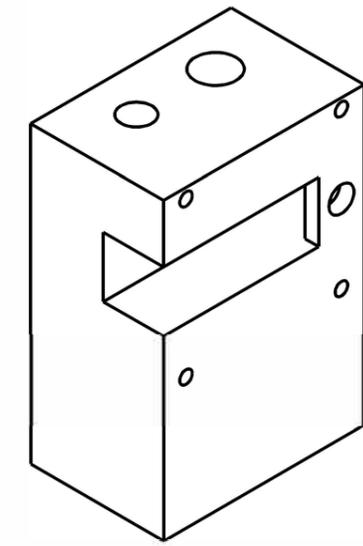
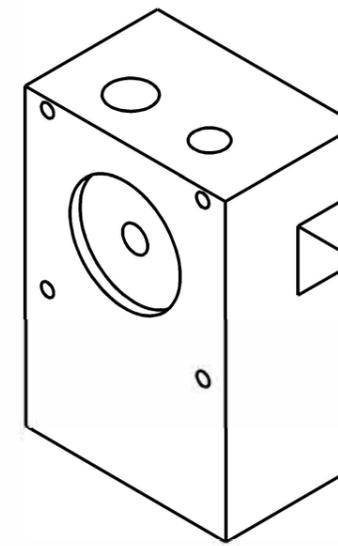
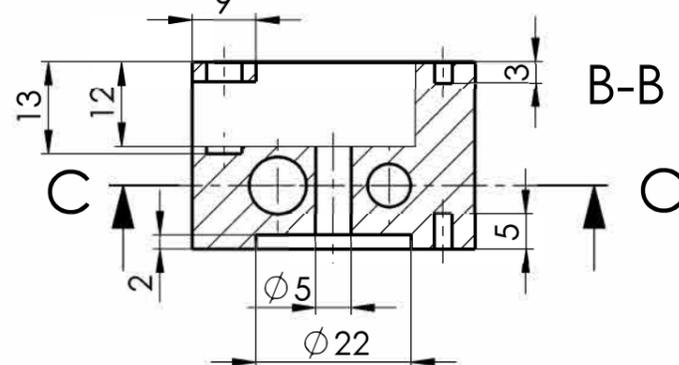
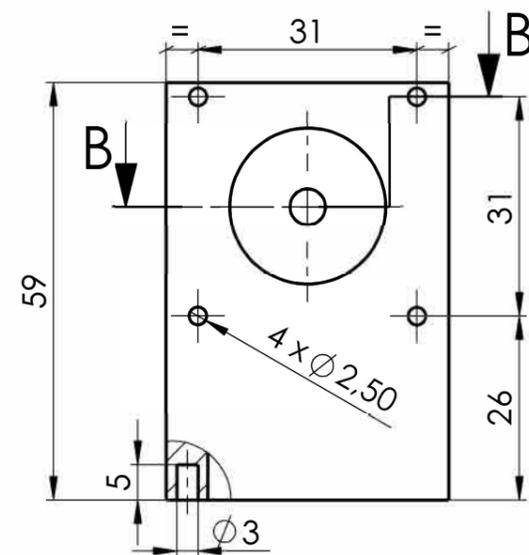
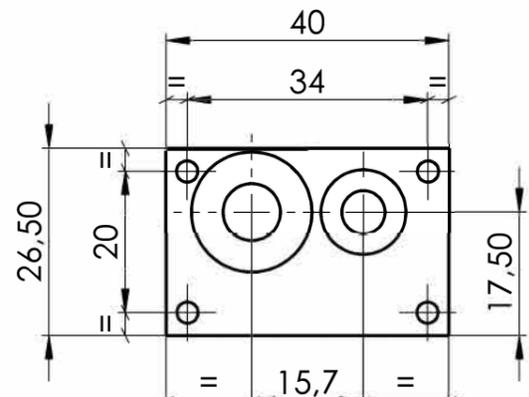
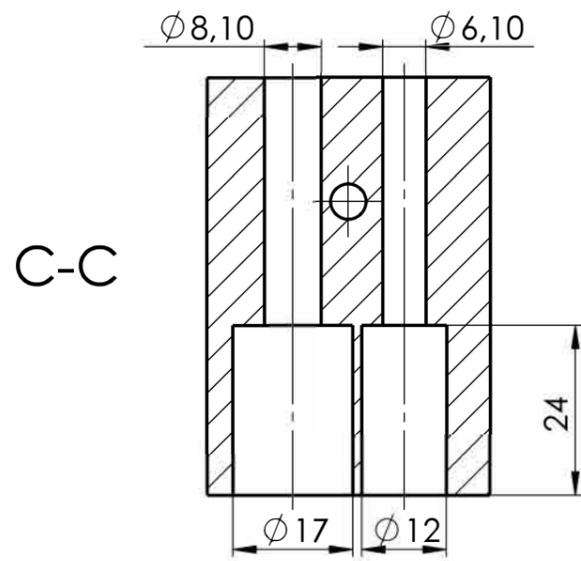
Fecha: 10/2016

Comprobado por:

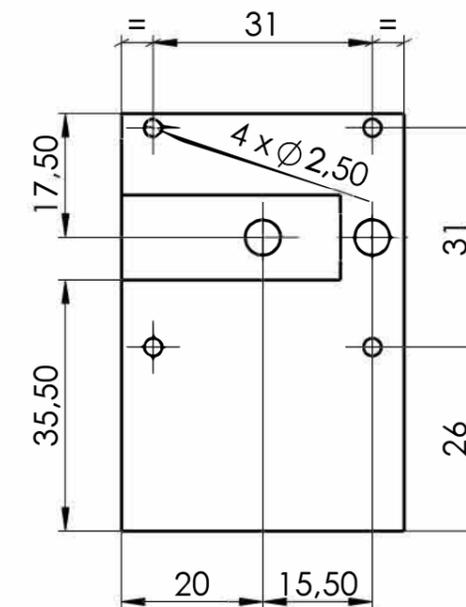
Fecha:



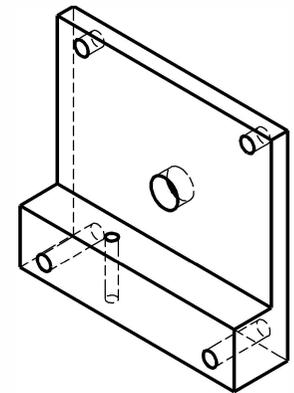
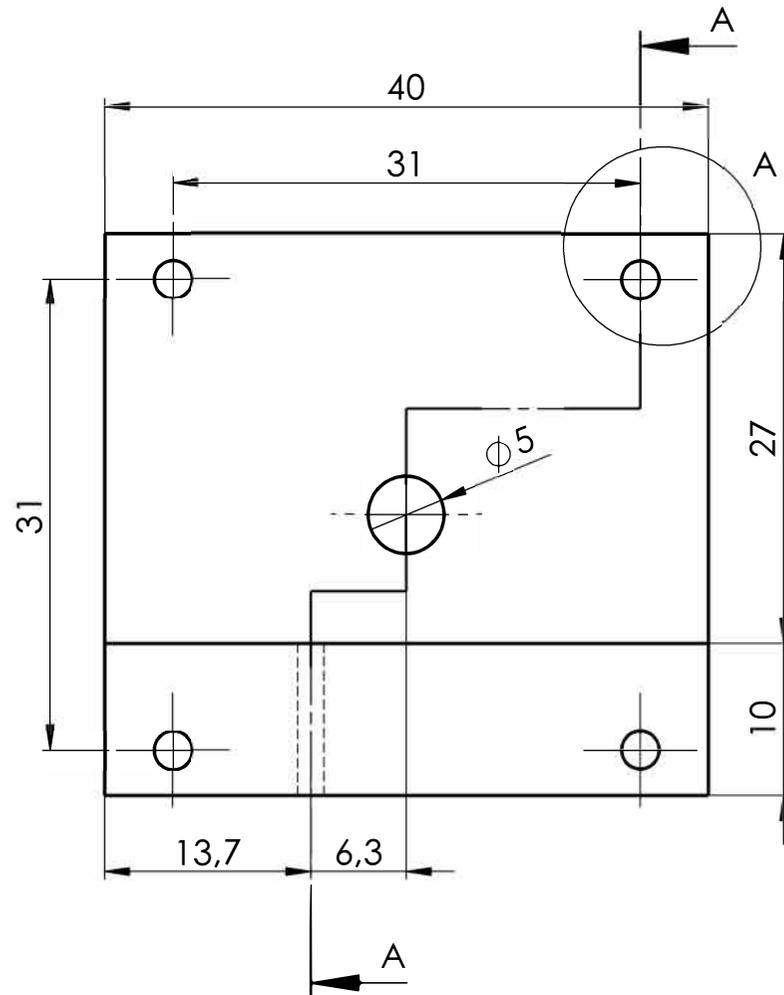
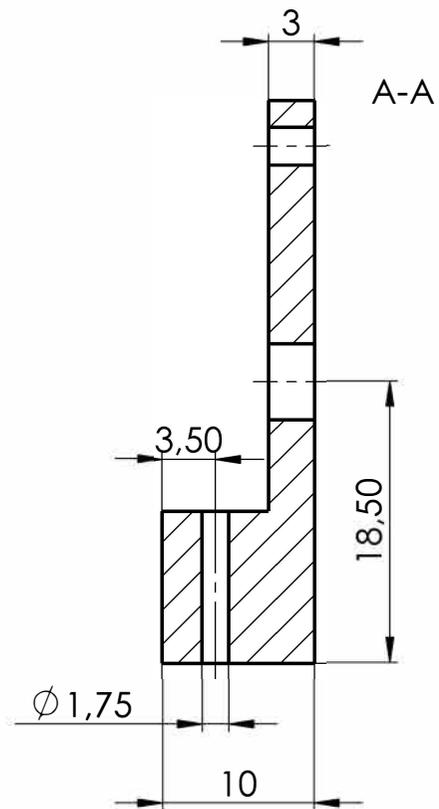
Observaciones :Tolerancias según ISO 2768 - f		Título: Pieza soporte eje X		Plano nº: 25
Escala 1:1		Un. dim. mm	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Hoja nº:
		 	Comprobado por:	Fecha: 10/2016
				Fecha:



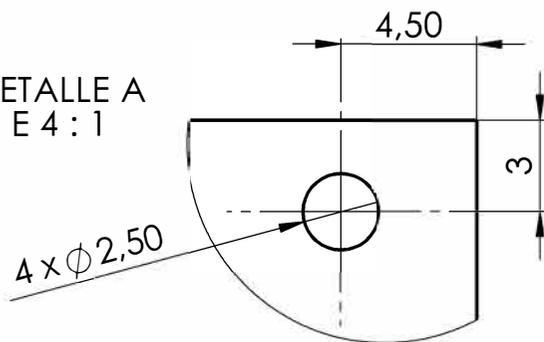
A-A



Observaciones: Tolerancias según ISO 2768 - f		Título: Pieza soporte eje X lado extrusor		Plano nº: 26
Escala 1:1		Un. dim. mm	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Hoja nº:
			Comprobado por:	Fecha: 10/2016
				Fecha:



DETALLE A
E 4 : 1



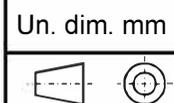
Observaciones :Tolerancias
según ISO 2768 - f

Título: Pieza soporte Bowden

Plano nº: 27

Hoja nº:

Escala
2:1

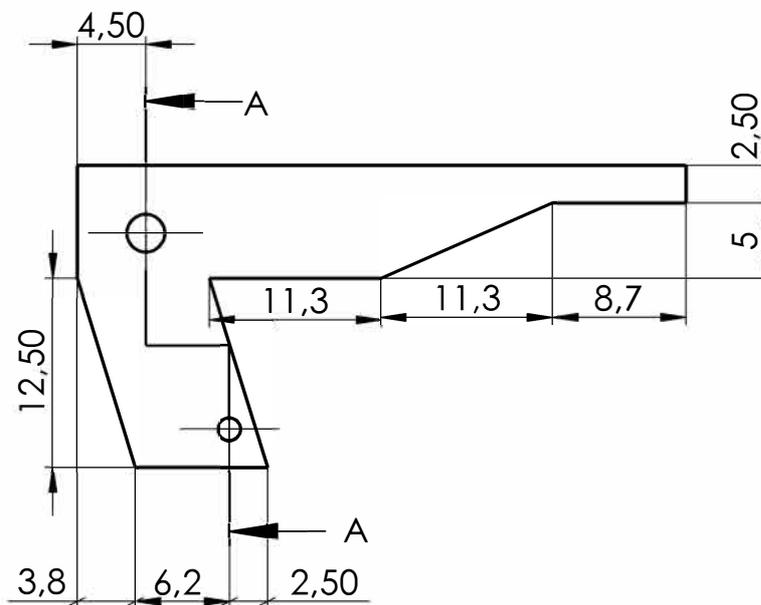
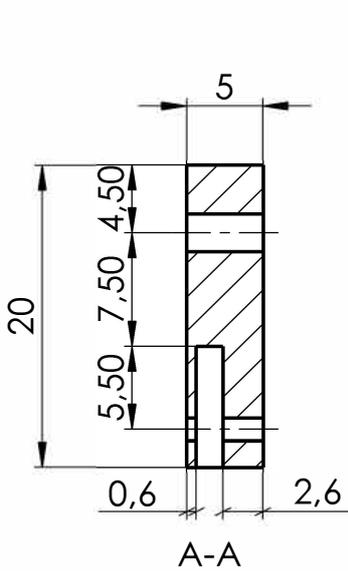
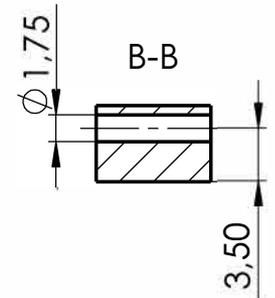
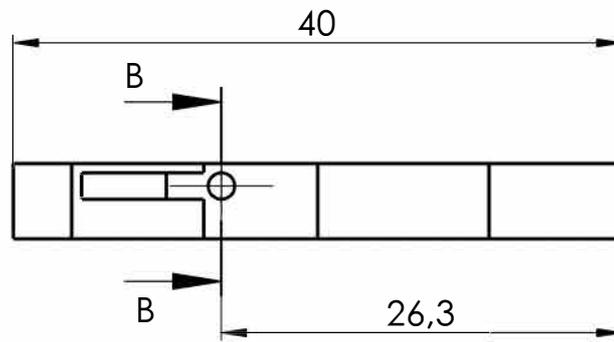
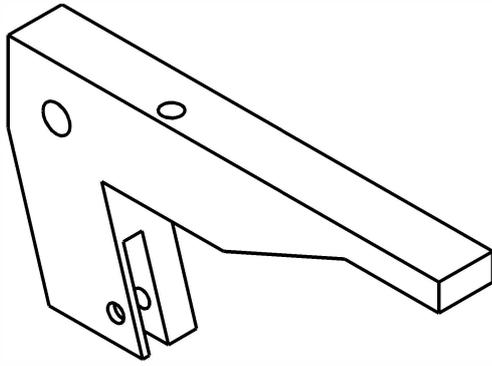


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

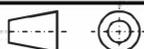
Título: Pieza brazo Bowden

Plano nº: 28

Hoja nº:

Escala
2:1

Un. dim. mm

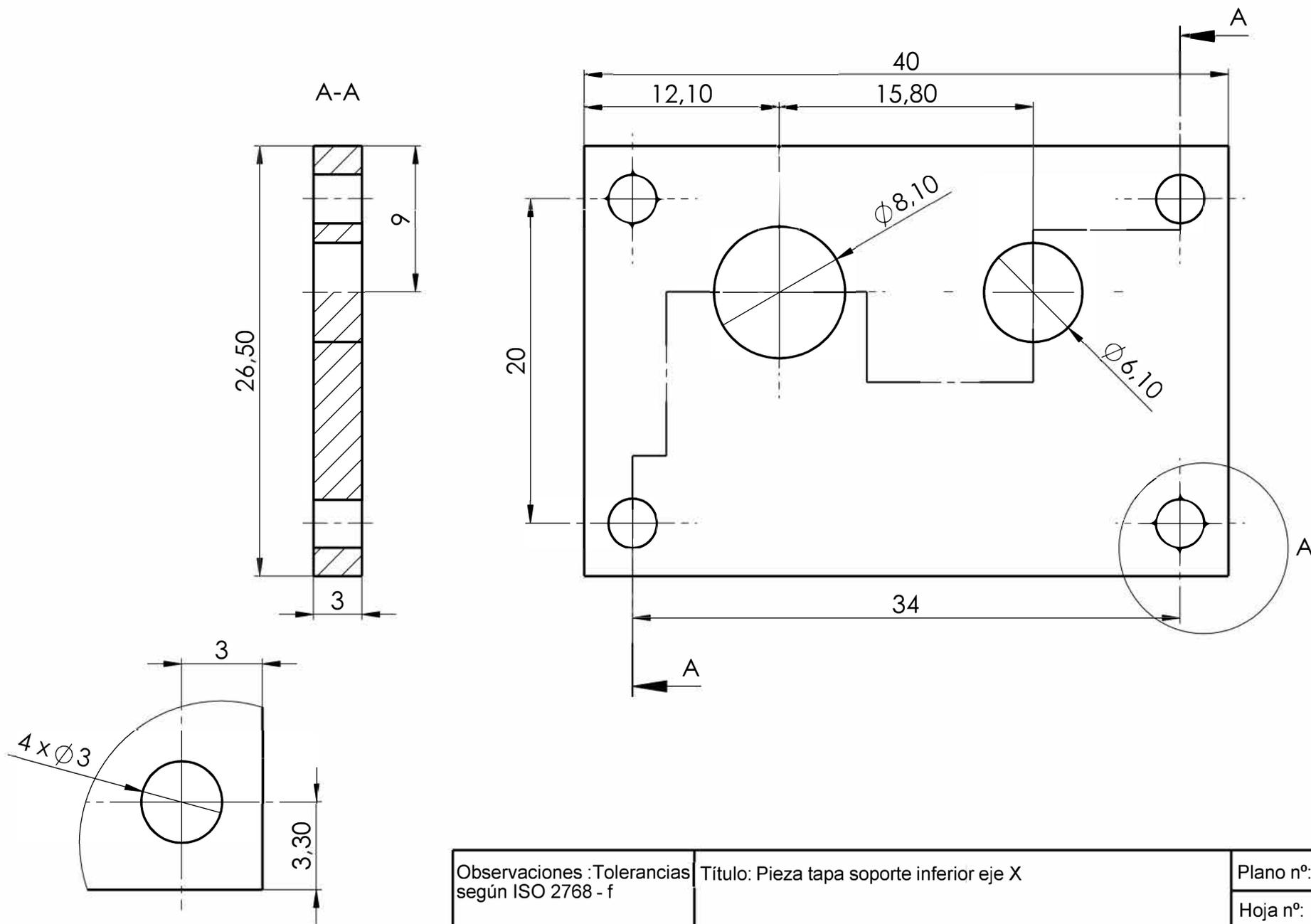


Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016

Comprobado por:

Fecha:



DETALLE A
ESCALA 5 : 1

Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza tapa soporte inferior eje X

Plano nº: 29

Hoja nº:

Escala
3:1

Un. dim. mm

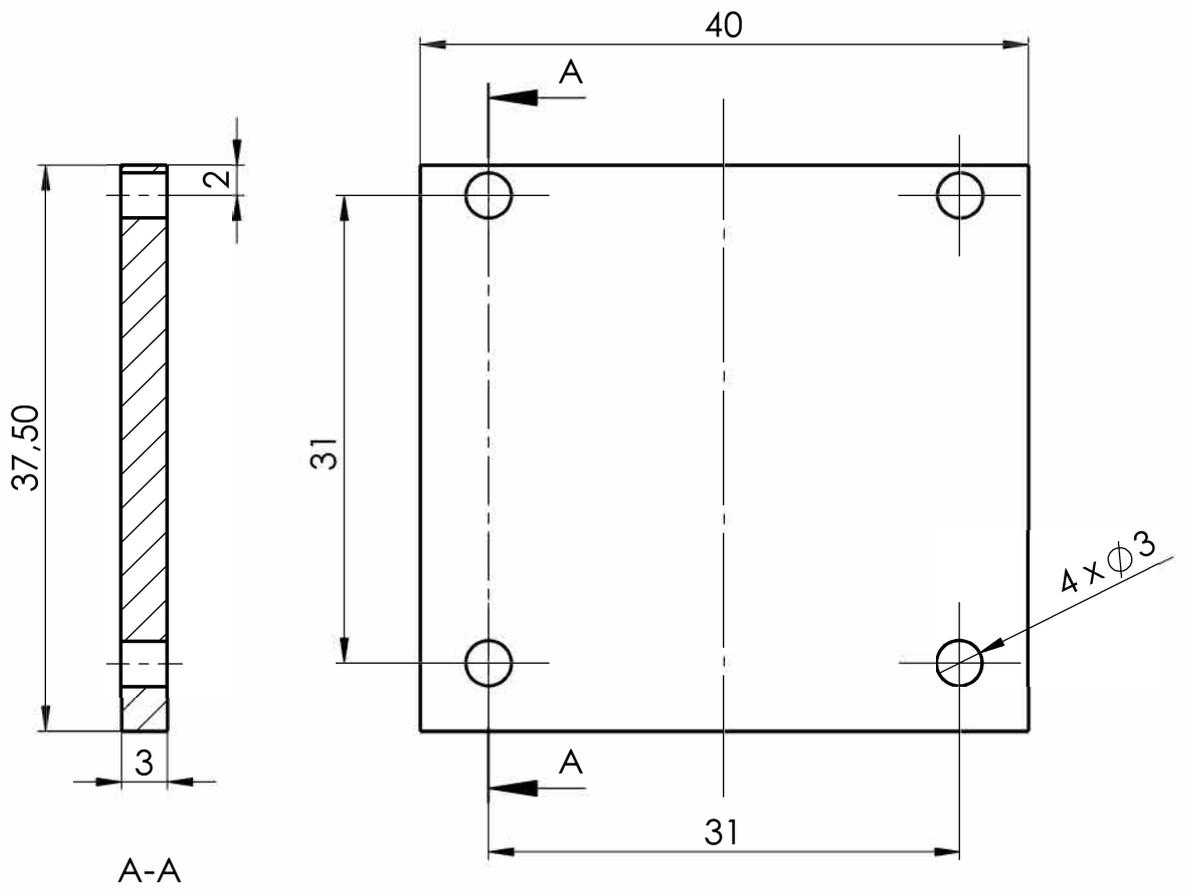
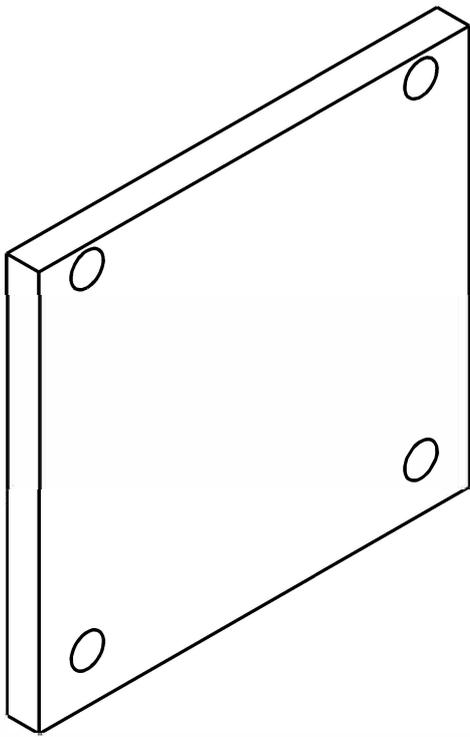


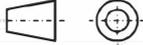
Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

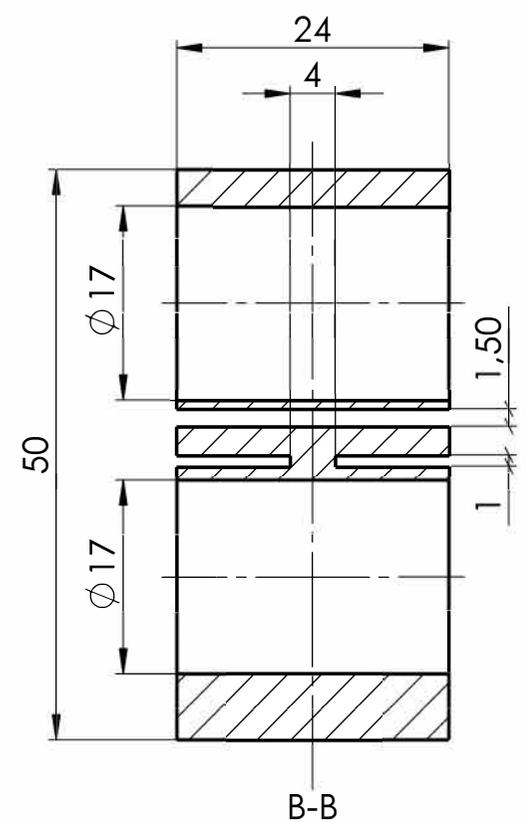
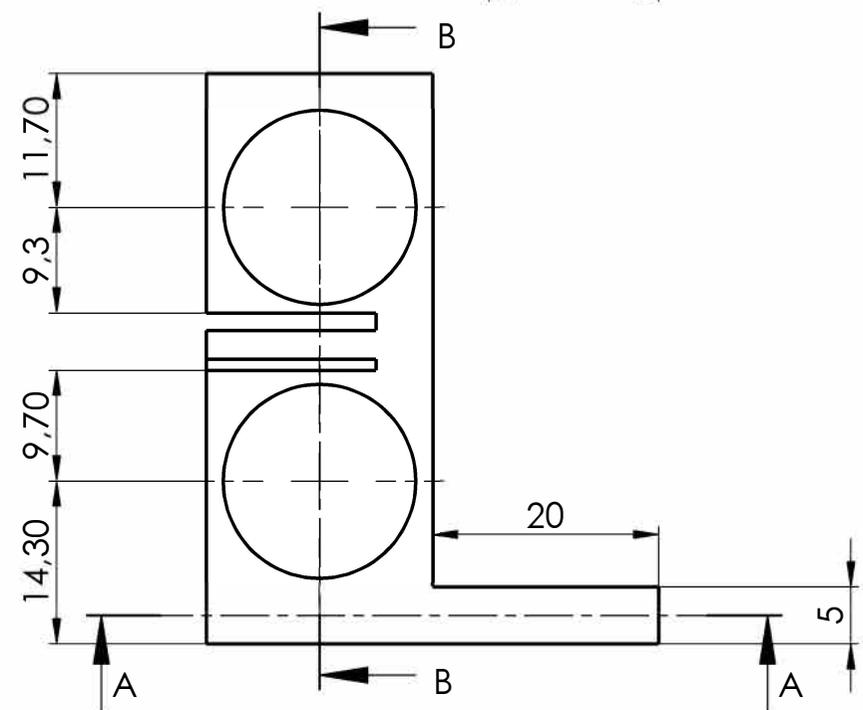
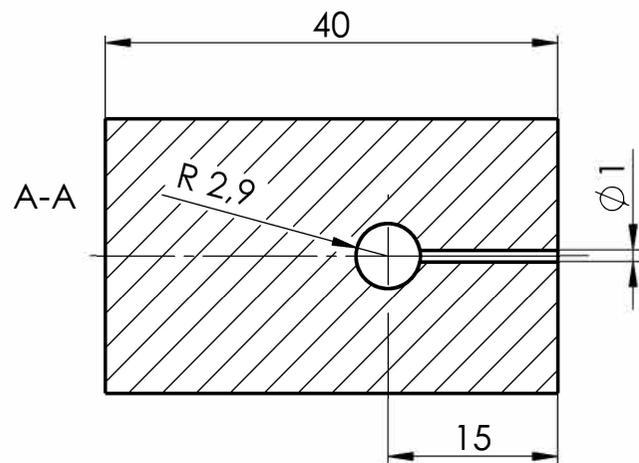
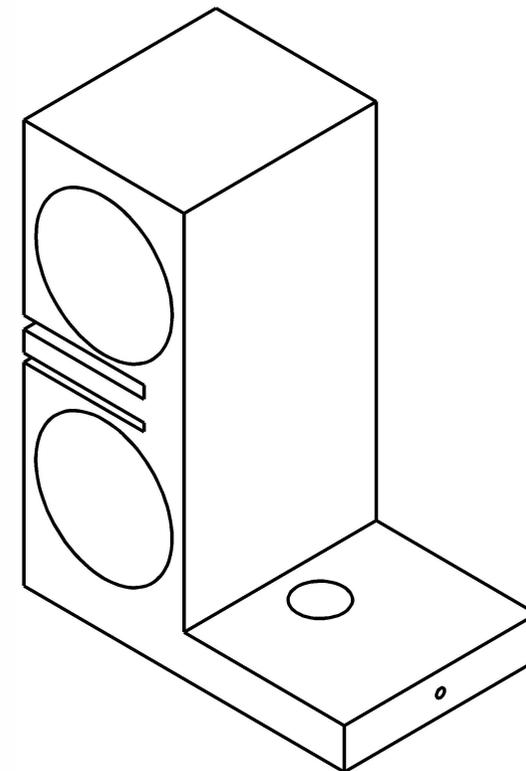
Comprobado por:

Fecha: 10/2016

Fecha:



Observaciones : Tolerancias según ISO 2768 - f		Título: Pieza tapa soporte eje X		Plano nº: 30
				Hoja nº:
Escala 2:1	Un. dim. mm	 UNIVERSITAT JAUME I	Dirigido por: Polo Úbeda, Joan	Fecha: 10/2016
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones :Tolerancias según ISO 2768 - f

Título: Pieza soporte extrusor

Plano nº: 31

Hoja nº:

Escala 3:2

Un. dim. mm



Dirigido por: Polo Úbeda, Joan

Fecha: 10/2016



Comprobado por:

Fecha:

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. OBJETO	4
2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y LEGALES	4
2.1 NORMATIVA	4
2.2 GARANTÍA.....	4
2.3 NORMAS DE USO.....	6
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y DE EJECUCIÓN.....	7
3.1 PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN.....	7
3.2 PROCESO DE MONTAJE	7
3.3 MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA 3D.....	17
3.3.1 Plan de mantenimiento preventivo	17

1. OBJETO

El objeto de este pliego de condiciones es detallar las condiciones generales y legales, así como las especificaciones técnicas y de ejecución que se deben cumplir estrictamente en la realización del proyecto “Diseño de una impresora 3D tipo FFF plegable”.

2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y LEGALES

A continuación, se procede a detallar la normativa que se debe seguir, las condiciones de garantía a las que se verá suscrita la impresora, las normas de uso y las condiciones de seguridad.

2.1 NORMATIVA

Para la realización, montaje e inicio del proyecto se debe cumplir la normativa citada a continuación:

- Reglamento de seguridad en máquinas (RD 1495/1986 de 26 de Mayo)
- Directiva de máquinas 2006/42/CE
- Directiva de máquinas 98/37/CE
- Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CE
- Directiva de Baja Tensión 2006/95/CE
- Directiva de utilización de equipos 2001/45/CE (RD1215/97)
- RD 1644/2008 Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas
- Ley de prevención de riesgos laborales (Ley 31/1995 de 8 de Noviembre)

2.2 GARANTÍA

El apartado de garantías está regulado en el Código Civil, Sección tercera, Apartado segundo: Del saneamiento por los defectos o gravámenes ocultos de la cosa vendida.

Artículo 1484

El vendedor estará obligado al saneamiento por los defectos ocultos que tuviere la cosa vendida, si la hacen impropia para el uso a que se la destina, o si disminuyen de tal modo este uso que, de haberlos conocido el comprador, no la habría adquirido o habría dado menos precio por ella; pero no será responsable de los defectos manifiestos o que estuvieren a la vista, ni tampoco de los que no lo estén, si el comprador es un perito que, por razón de su oficio o profesión, debía fácilmente conocerlos.

Artículo 1485

El vendedor responde al comprador del saneamiento por los vicios o defectos ocultos de la cosa vendida, aunque los ignorase. Esta disposición no regirá cuando se haya estipulado lo contrario, y el vendedor ignorara los vicios o defectos ocultos de lo vendido.

Artículo 1486

En los casos de los dos artículos anteriores, el comprador podrá optar entre desistir del contrato, abonándosele los gastos que pagó, o rebajar una cantidad proporcional del precio, a juicio de peritos. Si el vendedor conocía los vicios o defectos ocultos de la cosa vendida y no los manifestó al comprador, tendrá éste la misma opción y además se le indemnizará de los daños y perjuicios, si optare por la rescisión.

Artículo 1487

Si la cosa vendida se perdiere por efecto de los vicios ocultos, conociéndolos el vendedor, sufrirá éste la pérdida, y deberá restituir el precio y abonar los gastos del contrato, con los daños y perjuicios. Si no los conocía, debe sólo restituir el precio y abonar los gastos del contrato que hubiese pagado el comprador.

Artículo 1488

Si la cosa vendida tenía algún vicio oculto al tiempo de la venta, y se pierde después por caso fortuito o por culpa del comprador, podrá éste reclamar del vendedor el precio que pagó, con la rebaja del valor que la cosa tenía al tiempo de perderse. Si el vendedor obró de mala fe, deberá abonar al comprador los daños e intereses.

Devoluciones por falta de Conformidad

Tal y como se establece en el Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias, establecen un plazo general de 2 años de garantía en caso de que la compra la realice un “consumidor”. Si el defecto sale a la luz durante los primeros 6 meses desde la entrega del bien, se presume que es un defecto de origen, el consumidor no deberá probar nada para conseguir que se aplique la garantía. Si el problema se manifiesta pasados esos 6 meses, el fabricante o el vendedor pueden exigir al consumidor que demuestre que el fallo existía de origen. Así, la compra de la impresora 3D se entendería hecha por un “consumidor” cuando, aun adquirido por un empresario, el producto se destina a un uso particular y no se incorpora a una actividad empresarial, profesional o comercial. En este caso la garantía sería de 2 años.

Por el contrario, el empresario que, con tal condición, adquiere un bien de consumo para destinarlo a su actividad comercial o empresarial -aunque fuera del ámbito de su objeto o su especialidad-, no entraría en el concepto de “consumidor”.

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

Por lo que no se aplicará el régimen de garantías previsto en el TRLGDCU (arts. 114 y ss.). Se establece un plazo de 1 año de garantía, contados desde la entrega del producto. La elección entre ambas acciones es libre para el comprador, pero si se ejerce una queda excluida la otra.

2.3 NORMAS DE USO

- La impresora 3D tiene una alta temperatura durante el trabajo. Asegúrese de que la impresora 3D está fría antes de tocar el interior.
- Las partes móviles de la impresora 3D pueden causar daños. No toque el interior de la impresora 3D cuando está funcionando.
- Asegúrese de que está delante de la impresora 3D cuando se trabaja.
- Tenga cuidado al usar material no homologado, puede dañar la impresora y la calidad de la impresión.
- Desconecte el enchufe de la toma de alimentación durante una emergencia.
- Coloque la impresora 3D en un área bien ventilada para evitar malos olores.
- La impresora no debe usarse cerca del agua ni estar expuesta al sol.
- La temperatura ambiente para un correcto funcionamiento está comprendida entre 15°C y 32 °C.
- La humedad relativa para un correcto funcionamiento está comprendida entre 20% y 80%.
- En caso de avería, la manipulación de la impresora 3D debe realizarse por un experto.
- Debe utilizarse el adaptador de corriente proporcionado, sino podría provocar daños en la impresora.
- La velocidad de impresión máxima debe ser de 80 mm/s, de lo contrario puede causar daños en la impresora.
- No apagar la impresora 3D, ni desconectar el cable USB durante la carga del archivo G-Code, puede provocar daños en la placa de control.
- El operador de la impresora 3D debe conocer el funcionamiento de la misma, y adoptar las medidas preventivas antes de realizar cualquier operación.
- Debe seguirse el plan de mantenimiento preventivo para evitar daños en la impresora.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y DE EJECUCIÓN

En esta parte del pliego de condiciones se especifica los procedimientos de fabricación, cómo se ha de montar la y cómo se ha de hacer el mantenimiento preventivo.

3.1 PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN

Los procedimientos de fabricación empleados deben ser los necesarios para que se ajusten a la norma ISO 2768 - f sobre tolerancias dimensionales. (Ver Tabla 1)

medidas en milímetros

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal							
Designación	Descripción	0,5 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	muy grosera	-	±0,5	±1	±1,15	±2,5	±4	±6	±8

Tabla 1 – Clase de tolerancia según norma ISO 2768

Todos los objetos necesarios para el proyecto son fabricados por empresas externas, por lo que serán estas mismas las que deberán ajustar sus procesos de fabricación a fin de garantizar la calidad dimensional que se exige. Por ello, se han elegido los talleres que en sus procesos de fabricación son capaces de fabricar piezas con precisión igual o superior a las tolerancias generales indicadas en el dibujo.

3.2 PROCESO DE MONTAJE

El cliente debe seguir los siguientes pasos para el montaje de la impresora:

PASO 1: Colocar la pieza 1 y la pieza 2 como se muestra en la Ilustración 1. Deben de pegarse con pegamento ACRIFIX.

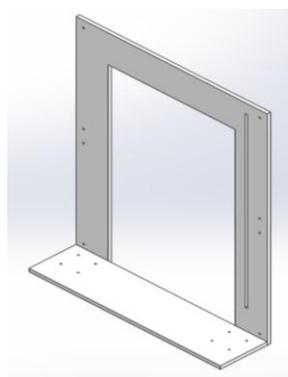


Ilustración 1 – Esquema montaje paso 1

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

PASO 2: Colocar el resto de piezas de la carcasa externa atendiendo al montaje de la siguiente figura, teniendo en cuenta que deben ir pegadas entre sí y atornilladas mediante las escuadras interiores. Tal y como se muestra en la Ilustración 2

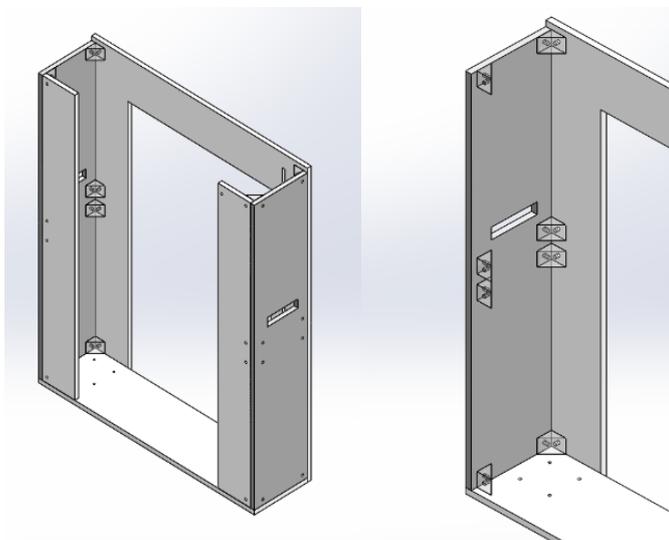


Ilustración 2 – Esquema montaje paso 2

PASO 3: Montar del carro de impresión

El montaje del carro de impresión se realiza en varias etapas

Etapa 1: Montaje soporte eje X

1. Atornillar el motor e insertar el rodamiento y el tornillo de potencia.
2. Atornillar la tapa inferior soporte eje X
3. Insertar y atornillar el engranaje
4. Atornillar la tapa soporte eje X

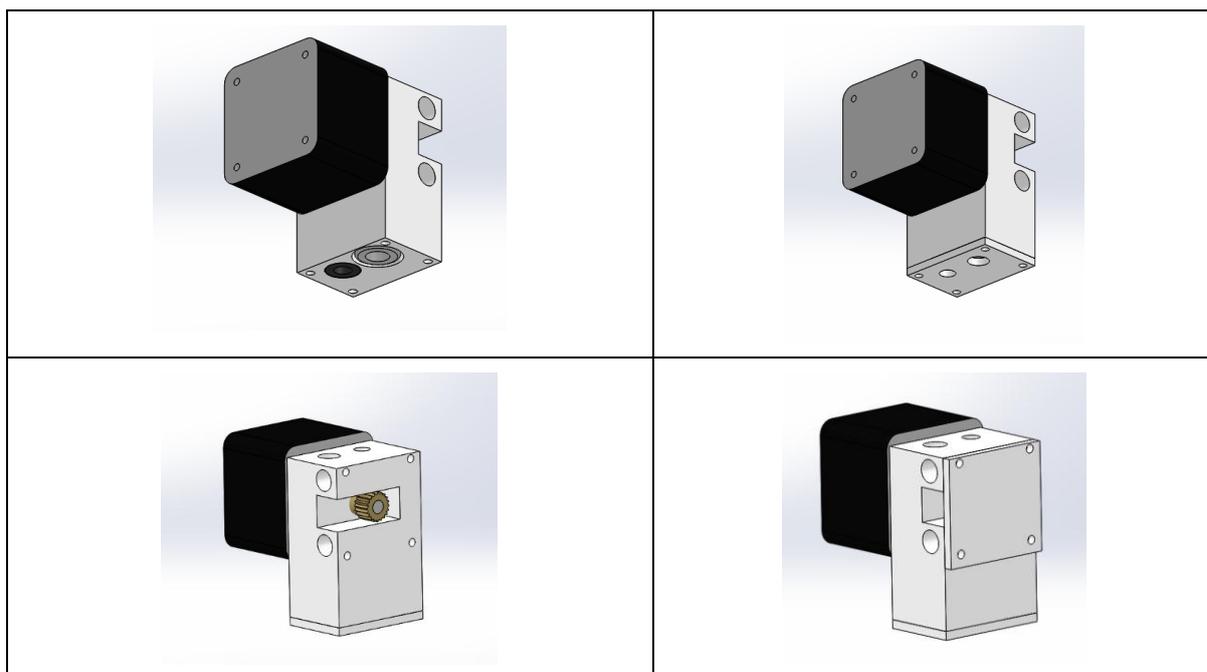


Tabla 2 – Esquema montaje paso 3 - Soporte eje X

Etapa 2: Insertar varillas eje X

En esta etapa se deben insertar las dos varillas correspondientes al eje X en el soporte eje X

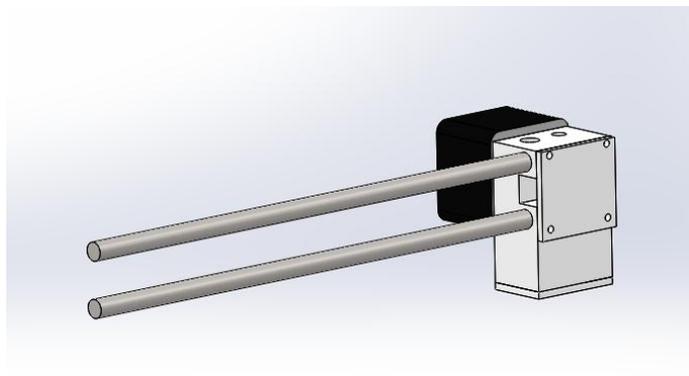


Ilustración 3 – Esquema montaje etapa 2

Etapa 3: Montar el soporte extrusor

En esta etapa se debe montar el soporte extrusor con todos sus componentes, para ello debe situarse la boquilla en el soporte y atornillarse con la ayuda del tornillo prisionero. Los rodamientos van encajados en los agujeros del soporte. Por último, se coloca el ventilador.

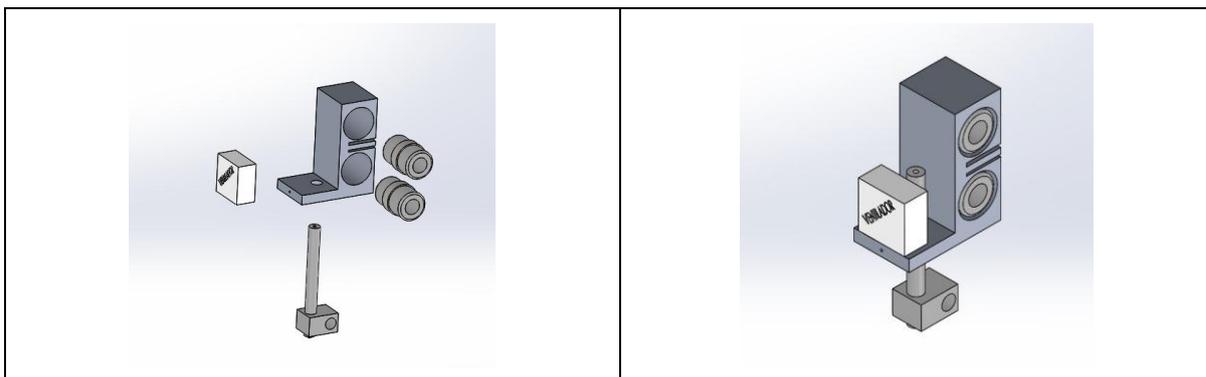


Tabla 3 – Esquema montaje etapa 3 - Soporte extrusor

Etapa 4: Deslizar el soporte extrusor en el carro de impresión

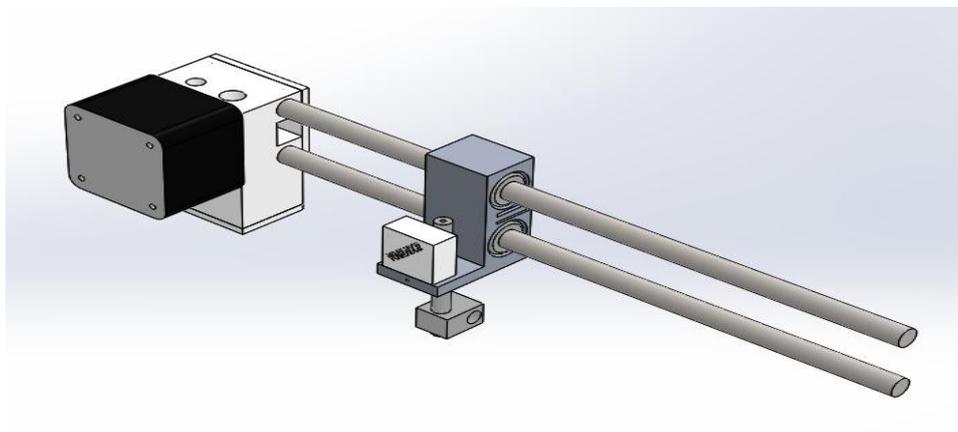


Ilustración 4 – Esquema montaje etapa 4

Etapa 5: Insertar en las varillas el soporte eje X lado bowden

En esta etapa se inserta en el conjunto ensamblado el soporte eje X lado bowden.

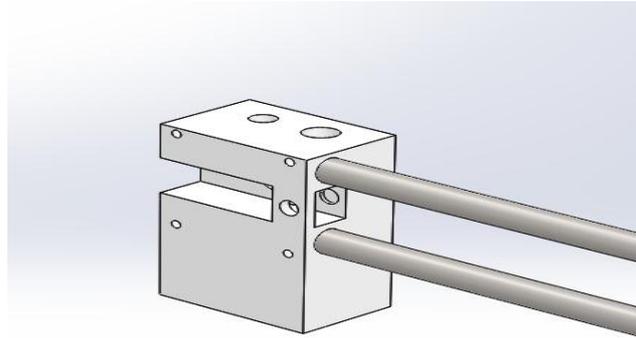


Ilustración 5 – Esquema montaje etapa 5

Etapa 6: Montaje soporte eje X lado bowden

1. Atornillar el motor e insertar el rodamiento y el tornillo de potencia.
2. Atornillar la tapa inferior soporte eje X
3. Insertar la polea eje X y el pasador de la polea eje X
4. Atornillar el soporte bowden, el brazo bowden, el engranaje del extrusor,
5. Atornillar la polea conductora y por último instalar muelle.

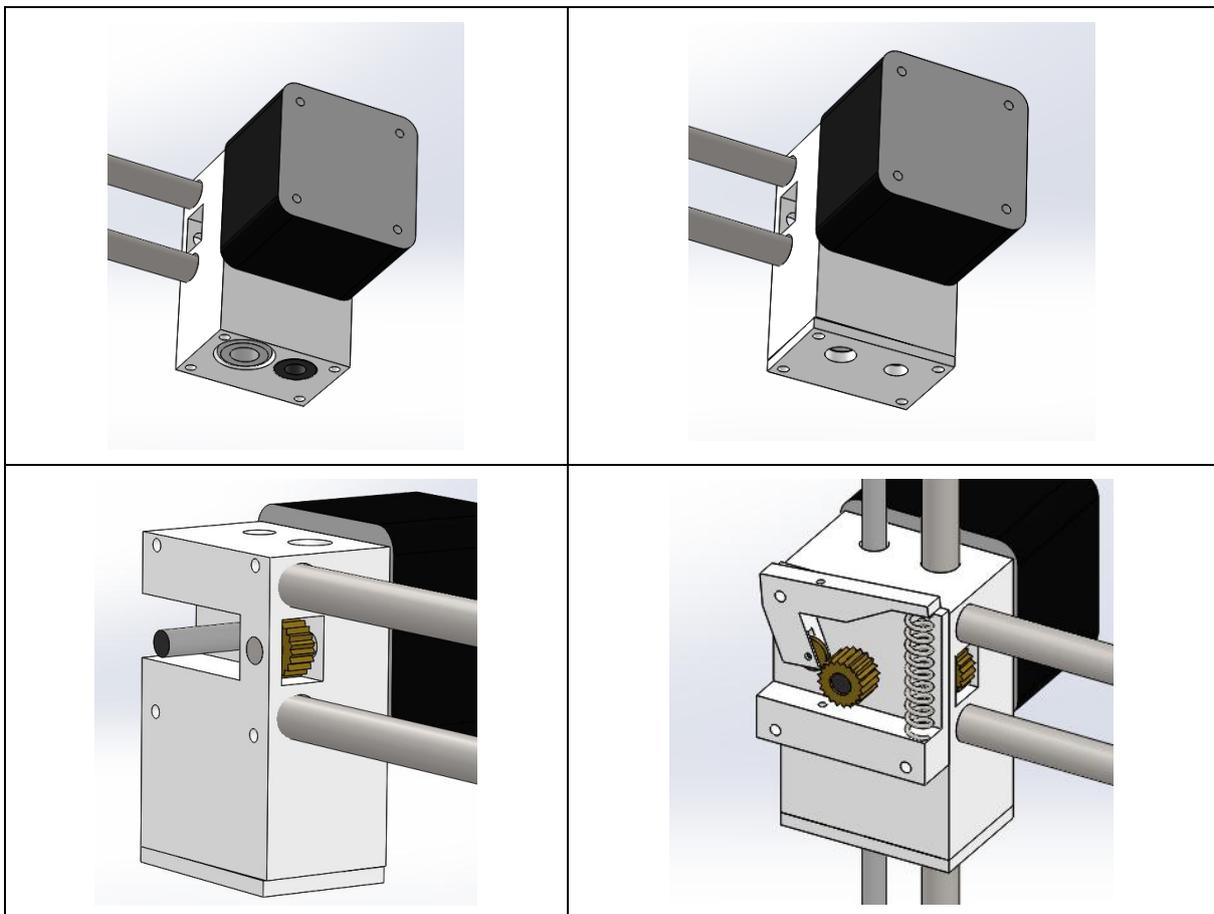


Tabla 4 – Esquema montaje etapa 6 - Soporte eje X lado bowden

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

PASO 4: Atornillar los motores con las varillas en la carcasa externa

En este paso se deben atornillar los dos motores del eje Z a la pieza 1 de la impresora.

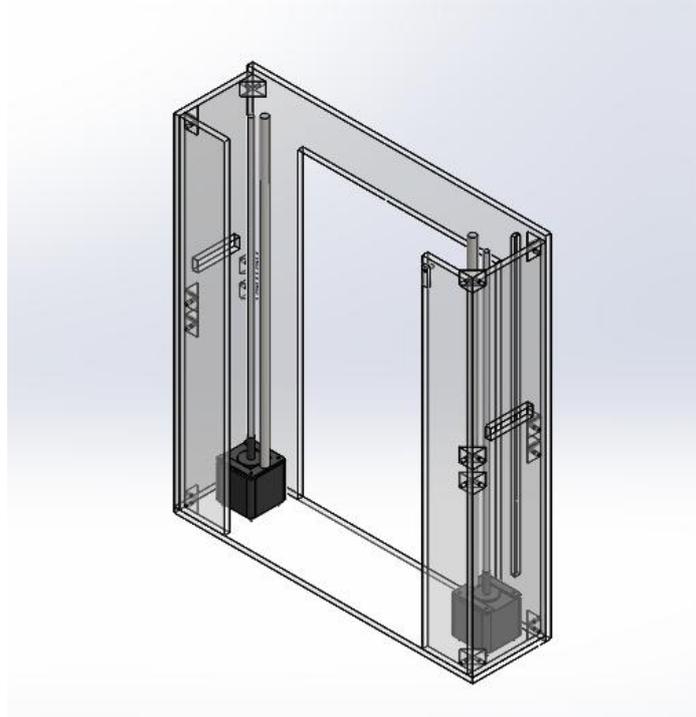


Ilustración 6 – Esquema montaje paso 4

PASO 5: Montar de la estructura de impresión

El montaje de la estructura de impresión se realiza en varias etapas

Etapa 1: Montaje de la plataforma de impresión

1. Atornillar los cuatro rodamientos al soporte de la cama
2. Atornillar la placa PCB al soporte de la cama.

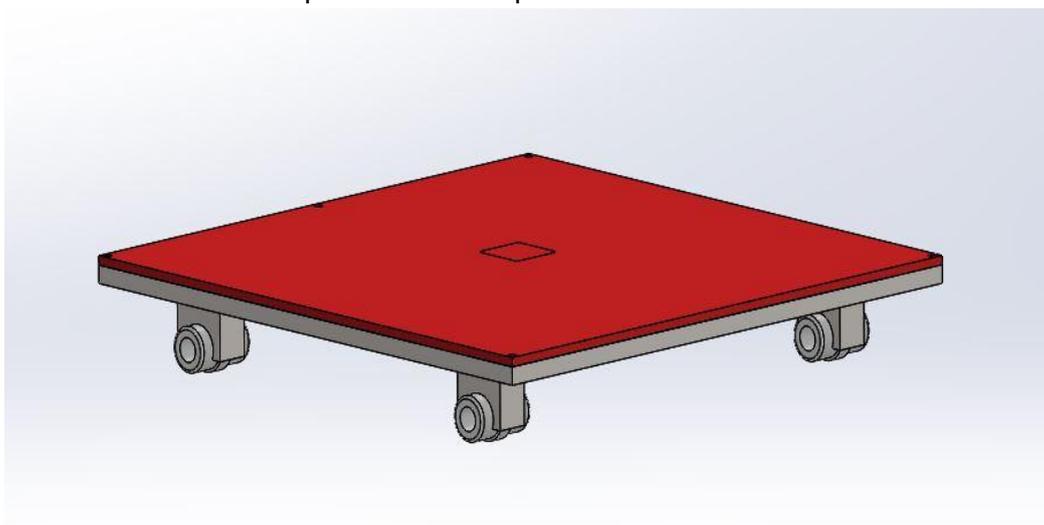


Ilustración 7 – Esquema montaje etapa 1

Etapa 2: Insertar varillas y pieza 11

En esta etapa se hacen pasar las dos varillas del eje Y por los rodamientos y se insertan en la pieza 11.

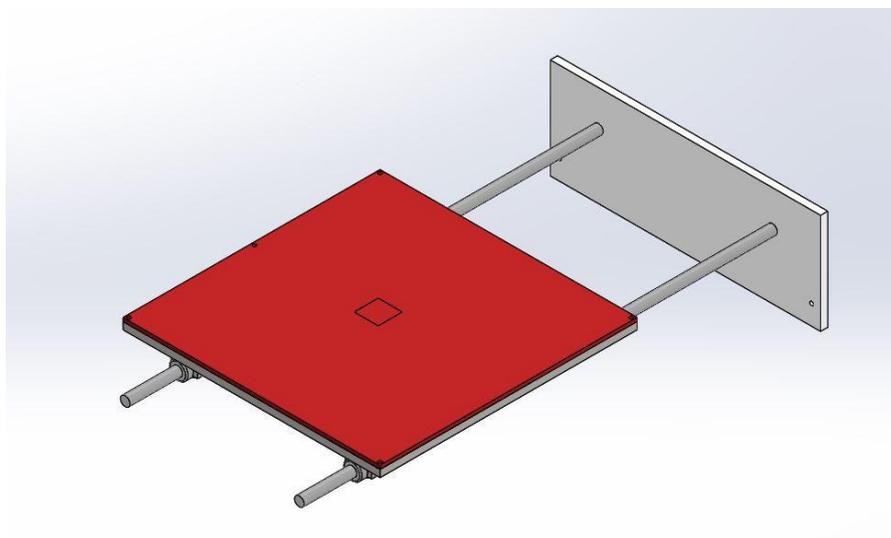


Ilustración 8 – Esquema montaje etapa 2

Etapa 3: Montaje pieza 10

En esta etapa se debe montar la pieza 10 en los extremos de las varillas del eje Y

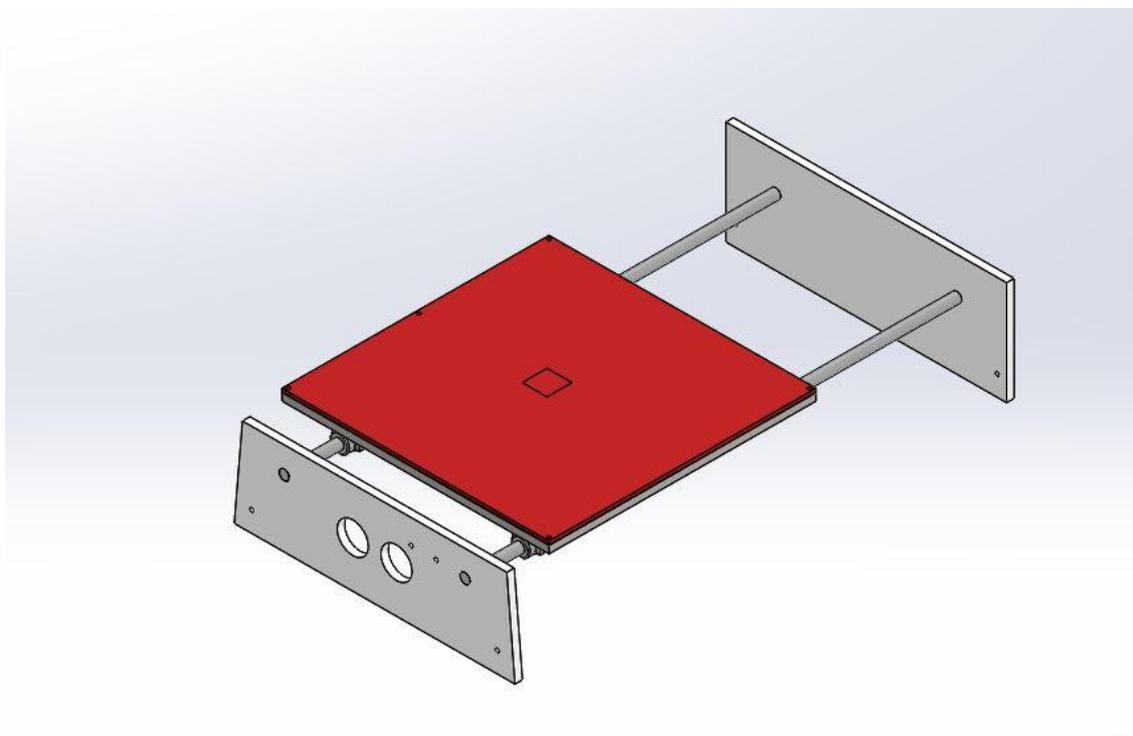


Ilustración 9 – Esquema montaje etapa 3

Etapa 4: Montaje soporte correa bajo cama eje Y

En esta etapa, se debe atornillar al soporte de la cama el soporte correa bajo cama eje Y.

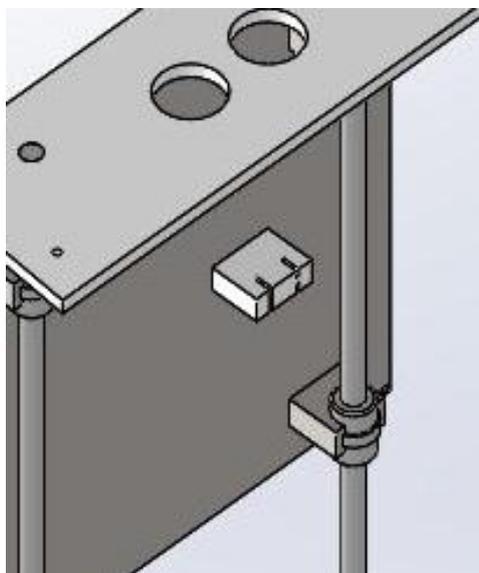


Ilustración 10 – Esquema montaje etapa 4

Etapa 5: Montaje de la pieza 9 y las escuadras interiores

En esta etapa debe instalarse la pieza 9 y las cuatro escuadras interiores, atornillarse y pegarse a las piezas 10 y 11.

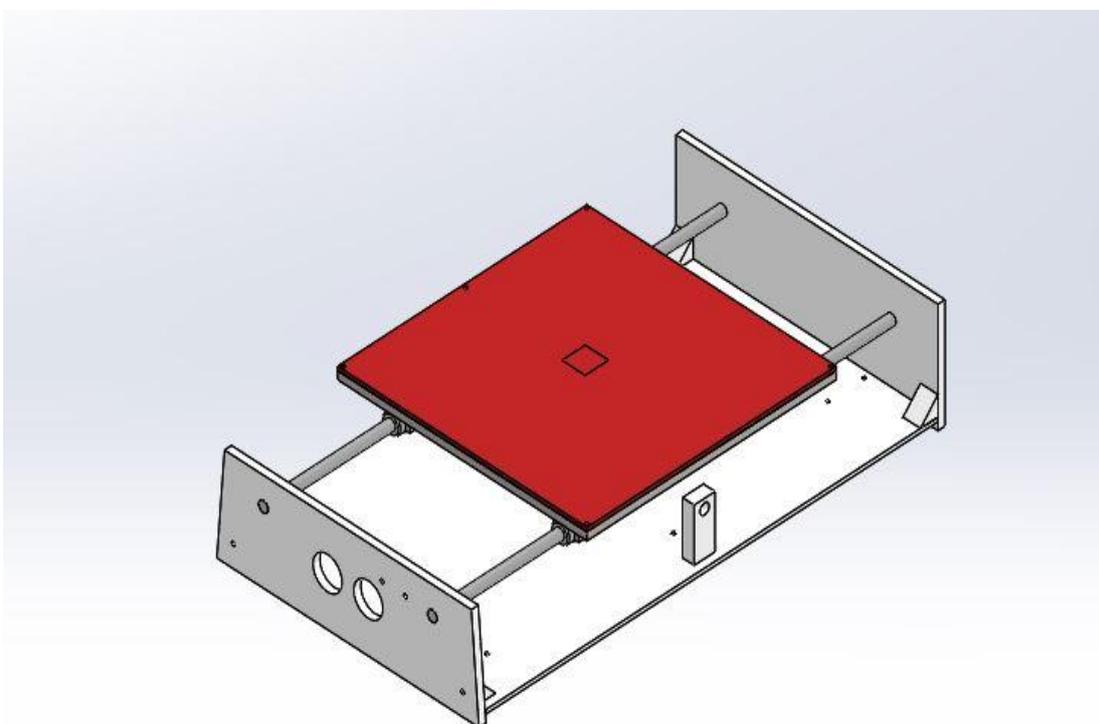


Ilustración 11 – Esquema montaje etapa 5

Etapa 6: Montaje placa de control y fuente de alimentación

Sobre la pieza 9, se deben atornillar la placa de control suministrada y la fuente de alimentación.

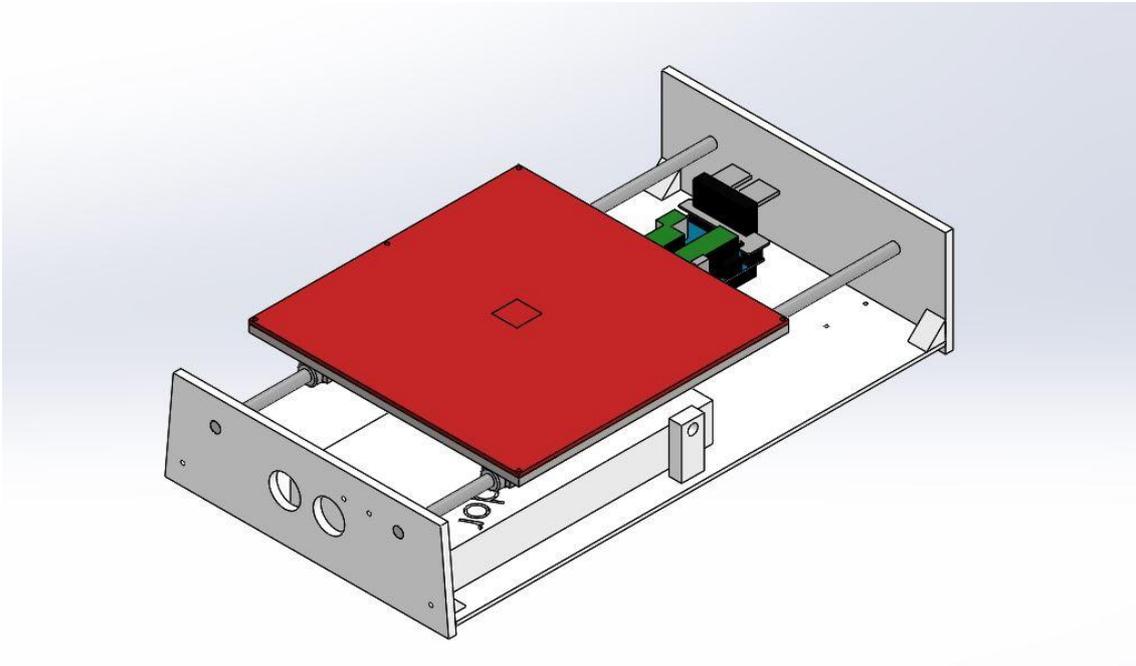


Ilustración 12 – Esquema montaje etapa 6

Etapa 7: Montar soporte eje Y

En esta etapa se debe atornillar el soporte eje Y a la pieza 10, y montar tanto el eje como la rueda conducida. En orificio pasante en el soporte eje Y debe quedarse en la parte de abajo.

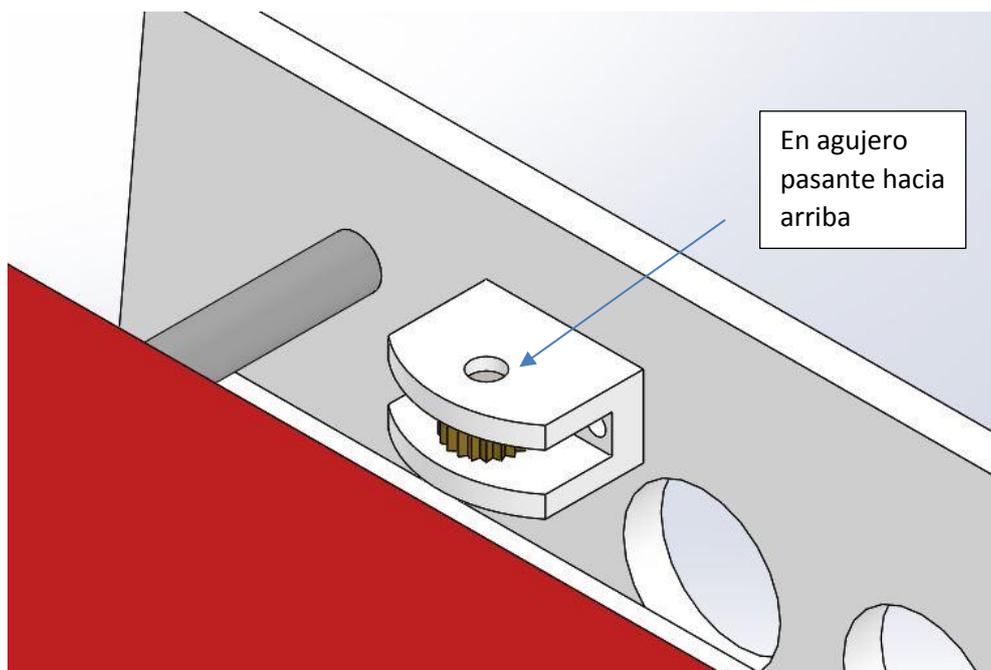


Ilustración 13 – Esquema montaje etapa 7

Etapa 8: Montar motor eje Y y engranaje

Se debe atornillar el motor a la pieza 9, y el engranaje de la polea al eje del motor mediante el tornillo prisionero.

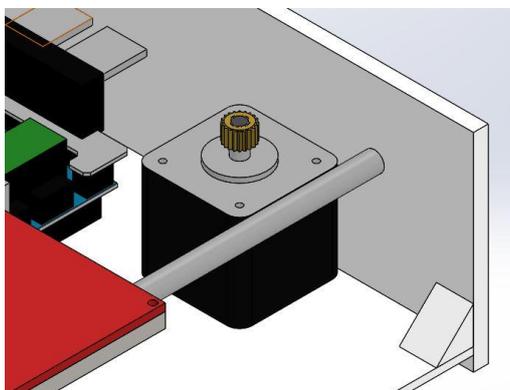


Ilustración 14 – Esquema montaje etapa 8

Etapa 9: Instalar correa eje Y

Se debe instalar la correa que permite el movimiento del eje Y a través de los engranajes, el soporte eje Y y el soporte correa bajo cama.

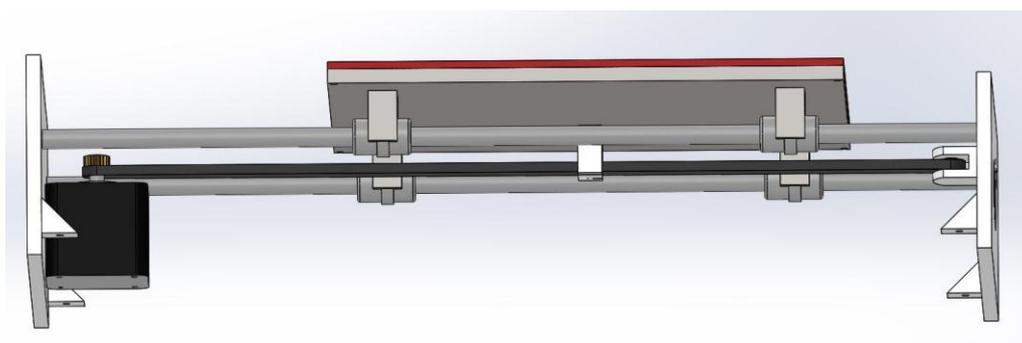


Ilustración 15 – Esquema montaje etapa 9

Etapa 10: Instalar bisagras

En esta última etapa se deben atornillar las poleas a los salientes que tiene la pieza 9.

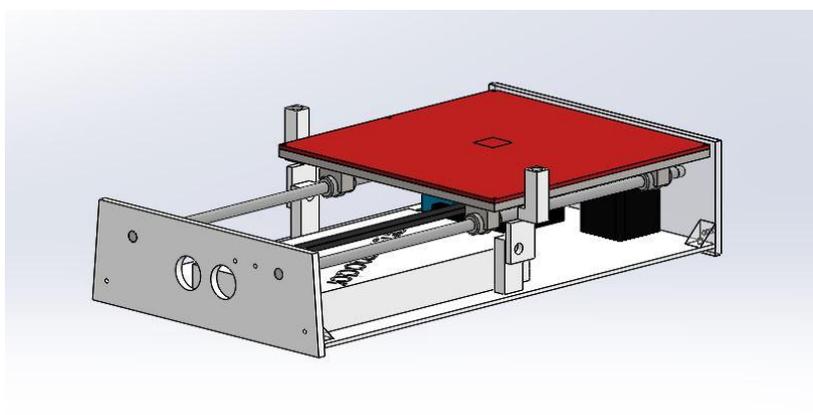


Ilustración 16 – Esquema montaje etapa 10

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

PASO 6: Instalar el conjunto estructura de impresión en la carcasa externa.

En este paso se debe hacer pasar las varillas lisas del eje Z instaladas en el paso 4 por las bisagras que tiene la estructura de impresión. La pieza 10 de la estructura de impresión debe ir en la parte contraria a la pieza 2.

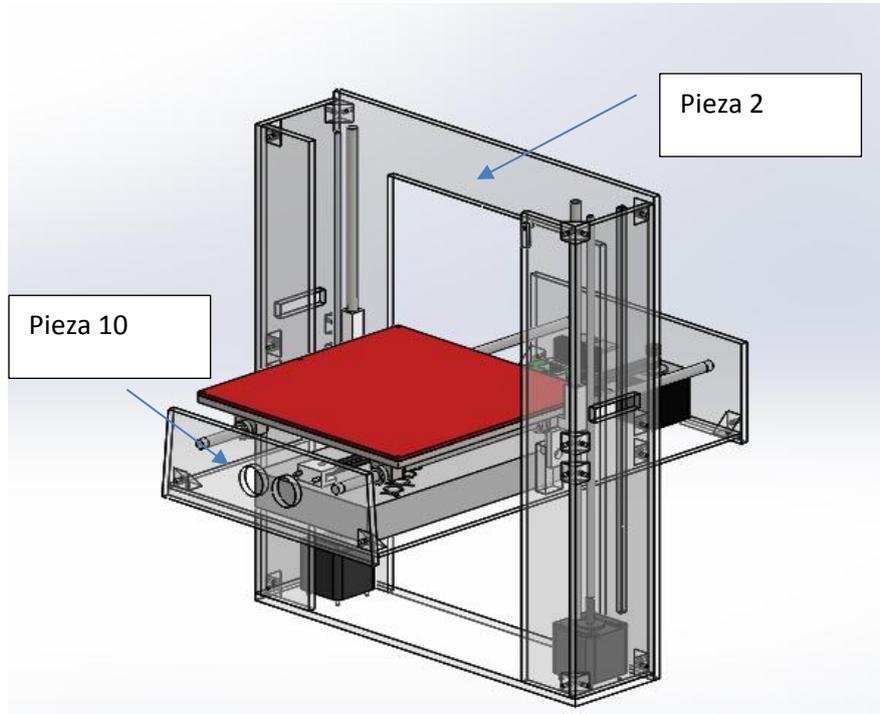


Ilustración 17 – Esquema montaje paso 6

PASO 7: Insertar el carro de impresión y la pieza 3

Este es el último paso, y en él se debe insertar el carro de impresión en las cuatro varillas del eje Z, por último, debe ponerse la pieza 3 y pegarse con pegamento especial para polimetacrilato.

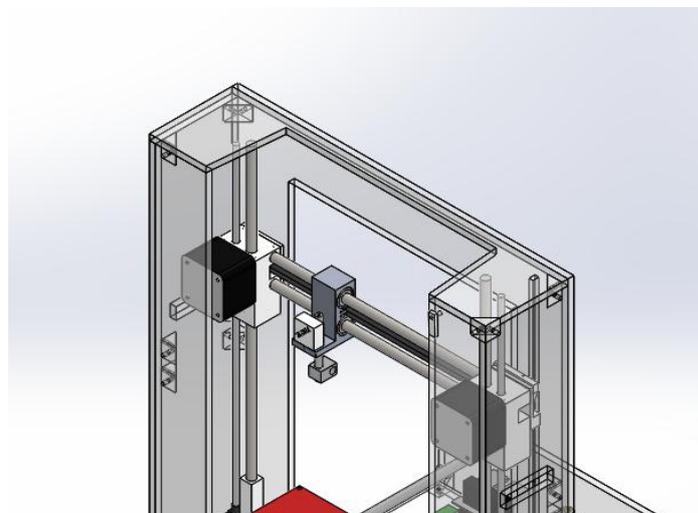


Ilustración 18 – Esquema montaje paso 7

3.3 MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA 3D

Para evitar daños en los componentes de las piezas, alargar su vida útil y mantener las calidades de impresión, se ha diseñado un plan de mantenimiento que ayuda a prevenir de los posibles problemas comentados.

3.3.1 Plan de mantenimiento preventivo

A continuación, se detalla un posible “plan de mantenimiento” que se debe realizar de forma periódica a la impresora, no obstante, si el equipo se utiliza de forma constante, se deberán acortar los periodos y realizar el mantenimiento con mayor frecuencia.

-Frecuencia diaria: durante el día a día de la impresora se deben seguir las siguientes indicaciones.

- Mantener la impresora 3D libre de polvo y en un lugar seco.
- Eliminar los restos de polvo o de material presentes en la superficie del vidrio de la plataforma de impresión utilizando un paño húmedo.
- Almacenar los filamentos en un lugar seco y fresco (evitar la humedad, ya que afecta considerablemente a la integridad y a la calidad del filamento). Se recomienda utilizar una bolsa hermética para su almacenaje junto con un producto desecante (bolsas de sílice gel)
- Retirar el filamento de deshecho que hay en el interior de la impresora

-Frecuencia semanal: semanalmente se deben realizar las siguientes operaciones.

- Limpieza exterior de la boquilla: Con el extrusor caliente, retirar los restos adheridos a la punta con un paño.
- Limpiar el interior de la boquilla con filamento limpiador (si vamos a realizar un cambio de material, tendremos que limpiar el extrusor antes de cambiar de material)
- Calibrar la plataforma de impresión (si se ha transportado el equipo debe realizarse antes de volver a imprimir)
- Limpiar el exterior e interior de la impresora.

-Frecuencia mensual: una vez al mes se deben realizar las siguientes operaciones.

- Desmontar el extrusor y limpiar el polvo del ventilador y el disipador
- Con el extrusor desmontado, limpiar los restos de filamento presentes en el engranaje del motor del extrusor
- Calibrar la plataforma de impresión (si se ha transportado el equipo debe realizarse antes de volver a imprimir)
- Limpiar la grasa vieja de las varillas de los ejes X/Y/Z utilizando un paño (o cada 200-250 horas de uso)
- Engrasar las varillas de los ejes X/Y/Z utilizando un lubricante adecuado

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

-Frecuencia bimensual: cada dos meses se aconseja seguir estos pasos de mantenimiento.

- Apretar la tornillería de la impresora: prisioneros de las poleas motrices de los motores de los ejes X/Y/Z y de las poleas guiadas de dichos ejes
- Apretar la tornillería del extrusor
- Verificar el tensado de las correas X/Y
- Verificar la tensión del muelle del brazo del extrusor (estirar el muelle)
- Verificar las conexiones del cableado de la impresora

V. PRESUPUESTO

V. PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. COSTES PARA CALCULAR LA INVERSIÓN INICIAL	4
1.1 Coste del personal.....	4
1.2 Coste del equipo y licencias de software	4
1.3 Coste de la obra civil e instalaciones.....	5
2. COSTE DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM).....	5
3. COSTE DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC).....	6

1. COSTES PARA CALCULAR LA INVERSIÓN INICIAL

1.1 Coste del personal

Para el desarrollo del proyecto se ha estimado que un ingeniero mecánico ha empleado 200 horas.

PERSONAL	TIEMPO EMPLEADO (HORAS)	PRECIO / HORA (€/HORA)	COSTE TOTAL (€)
Ingeniero mecánico	200	20	4000

Tabla 1 – Coste de personal

1.2 Coste del equipo y licencias de software

Para el desarrollo del proyecto se ha necesitado un ordenador con una potencia de cálculo superior a la media, y las licencias de software pertinentes.

OBJETO	PRECIO (€/ AÑO)	PERIODO DE UTILIZACIÓN (DÍAS)	COSTE TOTAL (€)
Ordenador	1300	240	855
Licencia SolidWorks	3200	120	1052
Licencia MS Office	150	120	49.3
		TOTAL (€)	1956.3

Tabla 2 – Coste del equipo y licencias de software

1.3 Coste de la obra civil e instalaciones

Se estima que el proyecto de la impresora deberá asumir el coste de las instalaciones y la obra civil en un 10% de la inversión de las infraestructuras (porque la empresa aumentará sus beneficios un 10% debido a la venta de las impresoras)

Presupuesto de inversión	Original (€)	Porcentaje de la impresora (10%)
Terrenos	80000	8000
Obra civil	90000	9000
Maquinaria	482,79	48,279
Instalación eléctrica alumbrado	7200	720
Instalación agua	3600	360
Instalación aguas residuales	3000	300
Instalación incendios	9000	900
Ingeniería y otras inversiones	19328,279	1932,8279
Capital circulante	4657,60795	465,760795
Coste del personal	4000	4000
Coste del equipo y licencias de software	1956,3	1956,3
TOTAL (€)		27683,17

Tabla 3 – Coste de obra civil e instalaciones

2. COSTE DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

El coste de ejecución de material o presupuesto de ejecución de material es la suma de todas las partidas presupuestarias detalladas anteriormente, es lo que cuesta ejecutar el proyecto

CONCEPTO	COSTE (€)
Coste de la obra civil e instalaciones	27683,17
Coste del personal	4000
Coste del equipo y licencias de software	1956,30
TOTAL (€)	33639,47

Tabla 4 – Coste de ejecución de material

3. COSTE DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)

Según el Reglamento general de contratación del Estado, art.68, el coste de ejecución por contrata (PEC) se define como:

CONCEPTO	COSTE (€)
PEM	33639,47
Gastos generales (5% PEM)	1681,97
Beneficio industrial (6% PEM)	1684,67
Parcial PEC (PEM + Gastos generales + beneficio industrial)	37006,11
IVA (21% Parcial PEC)	7711,28
PEC (IVA + Parcial PEC)	44717,39
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN PARA CONTRATO (€)	44717,39

Tabla 5 – Coste de ejecución por contrata