



**Universidad**  
Zaragoza

**TRABAJO FIN DE GRADO**

# **ANEXOS**

***Diseño y desarrollo de un sistema de reciclaje de  
residuos plásticos para la impresión 3D***

**AUTOR**

**Ángela Arellano Jarauta**

**DIRECTORES:**

**David Ranz Angulo  
Jose Antonio Gómez García**

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**2022/2023**

# Índice

Dossier.....	3
Renders.....	145
Planos.....	155
Guía de materiales .....	177
Packaging.....	182

**ANEXOS**

***DOSSIER***

# Índice

FASE 1: Investigación .....	8
Sobre impresoras 3D.....	9
Funcionamiento .....	10
Partes de la impresora .....	11
Impresoras FDM más comunes en el mercado .....	12
Materiales en impresión .....	12
Diámetro de filamento.....	12
Calidad del material .....	13
Características de los plásticos .....	14
Tipos de plásticos para impresión .....	15
Toxicidad e impacto ambiental .....	20
Extrusión y extrusores.....	21
Funcionamiento .....	21
Partes principales de un extrusor .....	22
Extrusor en impresoras 3D.....	23
Sistemas de reciclaje existentes en el mercado .....	27
Sistemas a partir de pellet .....	27
Sistemas a partir de cinta procedente de botellas .....	29
Sistemas a partir de sobras de bobinas comercializadas .....	30
Conclusiones .....	30
Análisis de usuario.....	31
Entrevistas.....	32
Encuestas .....	44
Método persona.....	45
Residuos reciclables en impresión .....	47
Residuos de impresión .....	47
Residuos producidos por el usuario de otros ámbitos .....	48
Conclusiones .....	50
Customer journey.....	51
Conclusiones .....	54
Análisis de entorno .....	54
Doméstico.....	54

Taller/Laboratorio .....	55
Conclusiones .....	56
Especificaciones de diseño .....	57
Funcionalidad .....	57
Usuarios objetivos .....	57
Entorno .....	58
Vida útil.....	58
Coste .....	58
Dimensiones .....	58
Componentes .....	58
Estética.....	59
Interfaz .....	59
Ergonomía.....	59
Seguridad.....	59
Montaje.....	59
Materiales del producto .....	60
Materiales reciclados.....	60
Calidad del material obtenido.....	60
FASE 2: Ideación .....	61
Lluvia de ideas.....	62
Concepto 1: <i>Do It Yourself</i> .....	62
Definición .....	62
Usuario objetivo.....	63
Entorno .....	63
Funcionamiento .....	63
Componentes .....	63
Factor diferenciación .....	64
Especificaciones de diseño.....	64
Boceto.....	67
Secuencia de uso .....	68
Concepto 2: <i>Punto de recogida</i> .....	68
Definición .....	68
Usuario objetivo.....	69
Entorno .....	69
Funcionamiento .....	69

Componentes .....	69
Factor diferenciación .....	70
Especificaciones de diseño.....	70
Boceto .....	73
Secuencia de uso .....	74
Concepto 3: <i>Módulo de reciclaje</i> .....	74
Definición .....	74
Usuario objetivo.....	75
Entorno .....	75
Funcionamiento .....	75
Componentes .....	76
Factor diferenciación .....	76
Especificaciones de diseño.....	76
Boceto .....	79
Secuencia de uso .....	79
Selección del concepto .....	80
FASE 3: Desarrollo del producto.....	83
Desarrollo técnico con extrusora .....	84
Sistema de alimentación .....	86
Sistema de preparación del material.....	90
Cambio en el diseño .....	95
Desarrollo técnico definitivo.....	97
Sistema de alimentación .....	99
Sistema de preparación del material.....	103
Sistema de ordenación del filamento.....	107
Sistema de refrigeración.....	109
Sistema de re direcccionamiento del filamento.....	110
Sistema de bobinado .....	111
Sistema de control .....	111
Sistema de soporte .....	112
Dimensionado.....	116
Elementos comerciales .....	116
Elementos no comerciales .....	122
Presupuesto.....	135
Componentes comerciales .....	135

Componentes normalizados .....	136
Componentes no imprimibles por el usuario .....	136
Coste de venta .....	137
Branding .....	137
Valores.....	137
Análisis del sector.....	138
Naming.....	139
Logotipo final .....	139
Bibliografía .....	141

# FASE 1:

## Investigación

# Sobre impresoras 3D

En primer lugar, para entender mejor el tema de análisis, empezaremos con informarnos sobre las impresoras 3D, debido a que el proyecto gira entorno a ellas:

Las impresoras 3D son máquinas capaces de crear piezas, figuras y objetos con volumen (alto, ancho y largo) partiendo previamente de un diseño realizado por ordenador con un programa CAD. Este tipo de máquinas surgen con la idea de convertir archivos digitales en prototipos reales. Comúnmente, se ha utilizado en la realización de piezas o componentes, en sectores como la arquitectura y el diseño industrial. En la actualidad, se está extendiendo su uso en la fabricación de todo tipo de objetos, modelos para vaciado, piezas complicadas, alimentos, prótesis médicas (ya que la impresión 3D permite adaptar cada pieza fabricada a las características exactas de cada paciente).” [1]

Por otro lado, hay muchos tipos de impresoras; Sinterización Selectiva por Láser (SLS), Estéreo-litografía (SLA), Por Inyección y Depósito de Material Fundido (FDM), siendo este último tipo el más utilizado y común en la actualidad, especialmente en el ámbito doméstico [2]. De esta manera, nos centraremos en este:

Cabe resaltar que FDM y FFF son el mismo sistema de impresión pero se diferencian en que FDM (Modelado por Depósito Fundido) es la marca registrada por *Stratasys* y FFF (Fabricación por Filamento Fundido) es un término equivalente de código abierto que surgió por la comunidad de miembros del proyecto *RepRap* para disponer de una terminología que pudieran utilizar legalmente sin limitaciones. [3]

De esta forma:

“El Modelado por Depósito Fundido (FDM) es un proceso de fabricación utilizado para el modelado de prototipos y la producción a pequeña escala que utiliza una función aditiva, depositando el material en capas hasta conformar la pieza. Un filamento plástico o metálico que inicialmente se almacena en rollos (bobinas), es introducido en una boquilla. La boquilla se encuentra por encima de la temperatura de fusión del material del filamento y puede desplazarse en tres ejes controlada electrónicamente. La boquilla normalmente la mueven motores a pasos o servomotores. Generalmente la boquilla se mueve mediante un motor paso a paso que se desplaza en vertical (Z), mientras que el movimiento en las otras dos dimensiones, en horizontal (x e y), lo realiza el propio objeto depositado sobre la plataforma inicial, que es la que tiene otros dos motores paso a paso (uno en cada dimensión). La pieza se construye con finos hilos del material que solidifican poco después de salir de la boquilla dependiendo de la temperatura ambiente.” [4]

## Funcionamiento

Si profundizamos un poco más, vemos su funcionamiento:

“El modelado por deposición fundida comienza con un proceso de software, que parte de un fichero estereolitográfico (stl). El fichero está orientado para poder ser impreso, dividido en capas, y se calculan las trayectorias que la boquilla deberá seguir para depositar el material, capa a capa, para conformar la pieza. Si son necesarias, se pueden generar estructuras de soporte temporales que tras finalizar la creación de la pieza, serán retiradas. Estas estructuras de soporte pueden incluso estar hechas con otros materiales, si la impresora permite por ejemplo el cambio de cabezal.

El termoplástico inicial en filamento es fundido y depositado por la boquilla en capas del grosor requerido (capas más finas se traducen en una mejor calidad en la pieza final) una a una. Las capas se depositan de abajo hacia arriba. Generalmente no es posible hacer que la boquilla descienda verticalmente, solo se desplaza hacia arriba.

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 que no se puede empezar a imprimir en el aire, sin un soporte debajo, y la pendiente máxima de las partes en voladizo o en hueco.” [4]

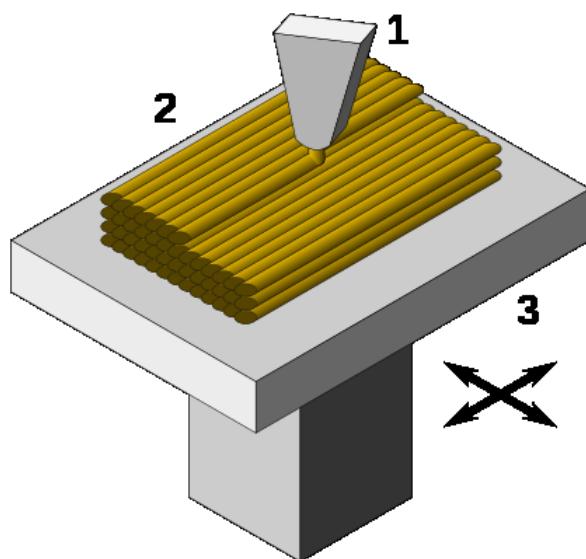


Figura 1: Detalle de Modelado por Deposición Fundida

## Partes de la impresora

Para comprender mejor una impresora 3D tipo FDM, estudiaremos sus diferentes partes, sin profundizar. Estas se pueden dividir en conjuntos según su funcionalidad. Estas son [5]:

- Cabezal: es donde se calienta el material, y se funde. Y debido a la presión que se ejerce desde el extrusor este sale por la boquilla (o nozzle), por un agujero diminuto. El tamaño de este es importante conocerlo ya que de ello depende la cantidad de material que puede salir por la boquilla, y cuanto más pequeño más preciso, pero también más lento, y susceptible a que se obture.
- Extrusor: es el motor que tira del hilo hacia el cabezal. Y lo hace mediante un cilindro moleteado o engranado. Los más básicos solo cogen el material por un lado, pero hay montajes más avanzados que lo cogen por dos lados, mejorando el agarre.
- Base: es la superficie donde se asienta la pieza, y donde se agarra la primera capa. El agarre de esta capa es esencial para el éxito de la impresión. Para conseguir eso la mayoría de materiales necesitan que esté caliente, sobre todo de manera uniforme y muy estable. Por eso debajo de la superficie de impresión hay en muchas impresoras una cama caliente.
- Ejes: permiten el movimiento del cabezal. Contienen guías por donde se deslizan las diferentes partes con la ayuda de motores, gracias a las correas y controlados por la electrónica.
- Ventiladores: controlan las temperaturas de diferentes partes como por ejemplo el ventilador de capa, que dirige aire hacia la punta de la boquilla para que el material saliente se enfrie rápidamente (solo para algunos materiales), ventilador de refrigeración, para evitar a la electrónica calentarse demasiado, etc.
- Electrónica: en ella podemos encontrar la placa de control, fuente de alimentación, cama caliente, conexiones, etc.
- Software: es la programación. La parte escrita contenida en la memoria con las instrucciones para operar la máquina.
- Estructura: es la parte que mantiene todos los componentes en su sitio, sobre todo los ejes. Esta parte es importante para evaluar la firmeza del movimiento, y si en el carro del extrusor o en la base les van a afectar inercias y vibraciones.
- Cámara cerrada: es poco usual en las impresoras domésticas o semi-profesionales, pero algo necesario para imprimir ciertos materiales que requieran de estabilidad en la temperatura ambiente y altas temperaturas en la cama.
- Cableado: conecta electrónicamente las diferentes partes anteriores.

## Impresoras FDM más comunes en el mercado

- Impresora 3D Hellbot Magna SE
- Impresora 3D Creality Ender 3 V2
- Impresoras 3D Hellbot Magna 2 300 y Hellbot Magna 2 500
- Impresora 3D Creality Ender 3 S1
- Artillery Genius PRO
- Impresoras 3D Creality CR-10 Smart
- Impresora 3D Artillery Sidewinder X2

# Materiales en impresión

La tecnología FDM está adaptada desde el inicio al plástico, siendo este suministro en forma de filamento en bobinas. De manera que a continuación veremos qué tipos hay y cómo utilizarlos.

Aunque antes de esto, cabe resaltar que también se puede trasladar a otros materiales semifluidos, como podría ser pasta alimenticia, hormigón, o cerámica. Pero estos otros materiales, aunque tengan aplicaciones muy interesantes, necesitan un cabezal adaptado, son muy particulares, y no están tan popularizados.

### Diámetro de filamento

Se han estandarizado dos tipos de tamaño de filamento: el de diámetro Ø1.75mm y el de Ø2.85mm. Pero también encontramos bobinas de Ø3mm, que ya existían antes de la popularización de las impresoras. Luego *Ultimaker*, empresa de fabricación de impresoras 3D, creó su propio estándar en Ø2.85mm al que las compañías de filamento siguieron suministrando. En cambio, en la *Mendel*, otra empresa análoga, se prefirió un diámetro menor del filamento con el Ø1.75mm, para reducir los requerimientos del extrusor y abaratar costes. [6]

De esta manera, se pueden catalogar dos tipos de impresoras según diámetro de filamento:

## IMPRESORAS PARA 2.85MM Y 3MM

La mayoría de impresoras que utilizan Ø2.85 también pueden utilizar filamento de Ø3 mm indistintamente. Pero hay que definirlo bien en el slicer o la cantidad de filamento expulsado no va a estar acorde. Además hay que asegurarse que la impresora de Ø2.85 mm puede soportar los 3 mm, ya que puede que la tolerancia en el cabezal le vaya demasiado justo.

Es importante, sobre todo en el de Ø2.85 mm que el desarrollo del material hacia el cabezal no esté forzado en ningún punto. Es decir: que no se cambie de dirección del hilo pronunciadamente, ni con ángulos ni giros bruscos. Esto si se soluciona bien es incluso una ventaja para materiales flexibles pues son un poco más rígidos con un grueso mayor. [6]

## IMPRESORAS PARA 1.75MM

Se ha popularizado mucho y por ello se encuentra mucho más barato que los demás. E incluso encontramos más variedad de materiales en este tamaño. Además, es menos exigente en cuanto al desarrollo hacia el cabezal, pero también es más sensible a la presión de agarre en el extrusor. Demasiada presión puede romperlo fácilmente. Demasiado poca y no va a agarrar nada.

Además este filamento tiene que moverse más rápido, lo que puede dar más fácilmente problemas si hay muchas retracciones o cambios bruscos. Pero es verdad que no necesita motores tan potentes, ni necesita reductora, ni estar engranado por dos lados. Simplificando las partes de la impresora.

Así, ha quedado bastante establecido el filamento de 1.75mm para impresoras económicas, y el de 2.85mm para profesionales. Pero no es una regla escrita. [6]

## Calidad del material

Una parte importante del control de calidad de un material debe ser la constancia en el diámetro a lo largo del filamento, y sin deformaciones. Eso es importante para asegurar que el volumen de filamento que entra al cabezal es constante y previsible. Su sección tampoco puede ser ovalada, ya que esto puede hacer que se encalle en algún punto o que el extrusor no lo agarre bien.

Por otro lado, durante el bobinado del filamento se debe asegurar que no se hagan nudos. Es muy molesto que el filamento quede pinzado sobre sí mismo al desenrollarse, ya que esto va a provocar seguro un fallo total de la impresión, y seguramente problemas en el extrusor por estar forzando el filamento que no puede salir de la bobina.

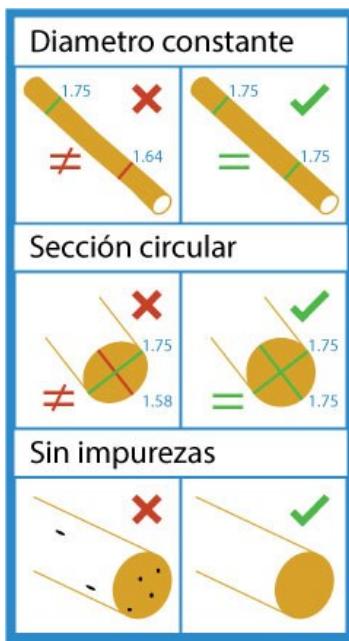


Figura 2: Calidad del material

Por último, también es esencial que el material no contenga impurezas ni suciedad. Ya que si entran pueden obtrurar fácilmente la boquilla o hacer que salga menos material del que debería. [6]

## Características de los plásticos

No se pueden imprimir todos los plásticos. Hay ciertos requisitos, pero principalmente se dan los siguientes:

- El rango de temperatura entre cristalización (temperatura a la que aparecen los cristales a medida que ésta se enfriá el material plástico) y fluidez es mejor si es largo y constante. Es decir, el plástico al calentarse a una temperatura concreta y predecible debe poder formar un hilo, sin derramarse, al salir de la boquilla. Ni por otro lado quedar obstruido tapando la boquilla.
- El plástico debe volver a formar enlaces covalentes consigo mismo al enfriarse de nuevo. Es decir, este hilo debe pegarse al plástico de las capas inferiores y unirse como si fuera uno solo. Eso en realidad acota bastante los tipos de plásticos que se pueden utilizar.

Pero la ventaja de los plásticos es que químicamente son muy maleables y se pueden formular tipos específicos de un determinado plástico que faciliten su uso en impresoras 3D FDM.

Otro aspecto a tener en cuenta de los plásticos es sobre si se expanden y contraen mucho al cambiar de temperatura. Cuanto más estables más fáciles de imprimir. Los plásticos con más contracción van a dar problemas de deformaciones, o *warping* (efecto en el que las esquinas de las figuras tienden a levantarse), durante la impresión.



Figura 3: Fenómeno Warping

Otra característica importante es si el plástico es muy higroscópico. Es decir, que absorbe fácilmente la humedad o no. Si lo hace, eso puede dar problemas en el cabezal, pues ese agua se va a evaporar de golpe al calentarse y va a tener que salir, provocando que la salida del material sea muy irregular. Dando como resultado un acabado muy tosco, e imposibilitando imprimir capas muy finas.

La temperatura de cristalización vuelve a ser importante una vez imprimida la pieza y se debe tener en cuenta para según qué aplicación se le vaya a dar. Pues si es muy baja la pieza se va a deformar fácilmente a temperaturas comunes (inferiores a los 50°, o incluso a los 100°), invalidando ese material para ciertos usos; por ejemplo, dentro del coche en verano se puede llegar a los 50°, y el agua caliente puede llegar a los 100°.

Por último, el precio y la disponibilidad, también es un aspecto importante para valorar el uso de un material u otro. [6]

## Tipos de plásticos para impresión

De esta manera, actualmente se pueden encontrar en el mercado de la impresión los siguientes materiales plásticos:

### PLA – ACIDO POLILÁCTICO

El material de impresión más usado. Es un derivado de la fécula de maíz (aunque también se pueden encontrar variedades procedentes de la caña de azúcar y de la tapioca), por lo que es biodegradable. Es un material fácil de imprimir en 3D y desprende una agradable fragancia dulce cuando se calienta, motivo por el cual muchas personas lo prefieren al ABS. Además, es adecuado para el contacto con alimentos y para aplicaciones de un solo uso. Es rígido, fuerte pero frágil, menos resistente al calor aunque contrae menos que el ABS al enfriarse y resistente a los productos químicos.

Muy útil para el prototipado estético de modelos conceptuales o piezas sin función mecánica. Es el más extendido en este tipo de impresión.

Por otro lado, El PLA puede cambiar su aspecto y características al añadirle aditivos. Si estos son sólidos (y por lo tanto abrasivos) se recomienda utilizarlos con boquillas de acero para evitar que la abrasión lo dañe. Los aditivos compatibles son los siguientes:

- Madera: Le da un aspecto natural. Incluso cambiando ligeramente la temperatura se obtienen diferentes tonos, pues la madera se oscurece a más temperatura.
- Mármol: Le da un aspecto de piedra pómex a la pieza. Uso estético.
- Cerámica: Le da un aspecto cerámico y le da un poco más de dureza, pero también lo hace más frágil.
- Metal: Puede ser bronce, cobre, o acero, otorgándole ese acabado. Es muy recomendable lijar la pieza para darle brillo.
- Fibra de carbono: Confiere al PLA muy buena capacidad mecánica.
- PLA conductivo: Interesante si tienes impresión dual, pues puedes hacer circuitos integrados dentro de las piezas.
- PLA *foam*: Lleva un agente esponjante que al calentarlo hace que se expanda. Muy complicado de ajustar el *flow*. Pero los objetos son ultra-ligeros. Ideal para aeromodelismo.
- PLA de alta temperatura: Hay formulaciones especiales con un agente que cristaliza y endurece. Las piezas requieren un horneado posterior, pero esto hace que puedan aguantar temperaturas superiores a los 100°.
- Colorantes especiales: Hay químicos que dan propiedades especiales al plástico, como los luminiscentes que brillan en la oscuridad, o los que cambian de color al mojarse. Estos plásticos no son abrasivos, por lo que con la boquilla de bronce es suficiente.
- Formulaciones especiales: Esta parte tiene mucho potencial respecto al PLA, puesto que están apareciendo formulaciones avanzadas que mejoran su resistencia a la temperatura y mejoran sus propiedades mecánicas.

## PET - TEREFITALATO DE POLIETILENO

El plástico más usado en el mundo. Es muy estable químicamente, y apto para uso alimenticio. Aguanta más temperatura que el PLA, pero no es tan rígido, aunque sí más resistente. Está entrando en la impresión 3D con fuerza. No es tan fácil como el PLA, pero tiene buena adhesión entre capas, que hace fácil que los objetos sean muy resistentes a la humedad, impermeables. Otra característica es que tiene una alta transparencia, que puede imprimirse a temperaturas más bajas, aumentando su velocidad en impresión.

También son resistentes a la intemperie, de manera que a menudo se usa para equipamiento de jardinería. Además, al ser apto para uso alimenticio, se utiliza también en envases de los mismos.

#### ABS - ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO

Es bastante popular debido a que son los materiales de modelado por deposición fundida más fáciles de imprimir, aunque más difícil que el PLA o PET, y tienen buenas propiedades mecánicas respecto al precio. Es rígido, fuerte pero frágil, y ligero. También es biodegradable e inodoro y está disponible en una amplia variedad de colores. Entre sus desventajas, además de ser menos resistente al calor y a los productos químicos, la principal es su toxicidad, emite vapores al alcanzar su punto de fusión que pueden ser perjudiciales ref.

También cabe destacar que el filamento ABS se degrada por la humedad ambiental, de manera que es aconsejable almacenarlos en contenedores o bolsas herméticas.

#### ASA - ACRILONITRILO ESTIRENO ACRILATO

Con propiedades similares al ABS, pero con menor cantidad de humos tóxicos y un poco más fácil de imprimir.

#### NYLON

Muy resistente. Hay muchos tipos de durezas diferentes, pero todos tienen propiedades mecánicas muy útiles, y duradero a su vez que ligero. Es duro pero parcialmente flexible, resistente al calor e impactos. Una desventaja sería que es difícil de imprimir por su delaminación, y requiere un cabezal full-metal.

Se utiliza para prototipos funcionales y piezas resistentes al desgaste.

#### TPU, TPE, TPC

Son todos materiales flexibles. Son altamente difíciles de imprimir si la impresora no está preparada. Sacar objetos flexibles puede ser complicado, pero tienen propiedades mecánicas muy buenas a parte de su flexibilidad, que lo hacen muy atractivo. Además, el

TPC destaca por resistir mejor la intemperie y el TPU es bastante resistente a impactos y tiene una excelente amortiguación de vibraciones.

#### PC – POLICARBONATO

El policarbonato es un plástico técnico de propiedades muy buenas en cuanto su dureza y resistencia a los impactos. Requiere de alta temperatura de impresión, y tiene muchos problemas de *warping*, pero resiste bien la temperatura una vez imprimido.

#### PP – POLIPROPILENO

Es un material muy resistente a los químicos, que puede ser aplicado en objetos de uso alimenticio. Su desventaja es que es extremadamente difícil de imprimir.

#### PVA - ACETATO DE POLIVINILO

Es un material que se disuelve en agua y es biodegradable. Se combina bien con el PLA, por lo que es el material ideal para hacer soportes de impresión con él. Pero es altamente higroscópico y se acaba deshaciendo solo siendo expuesto al ambiente, de manera que tiene que estar muy bien guardado.

#### HIPS - POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO

Este material tiene buenas propiedades mecánicas, a medio camino entre el polipropileno y la goma. Además se adhiere muy bien al ABS. Por otro lado, se disuelve en limoneno, haciendo que sea el material perfecto de soporte para el ABS.

#### CERA

Hay compuestos especiales que imitan la cera. La escultura en cera se usa para crear moldes a la cera perdida y obtener objetos de metal. Es una aplicación muy interesante. Pero el PLA también se puede usar de forma similar, y es más asequible.

## BIODEGRADABLE

Ideal para objetos de vida útil corta para que no tengan un impacto ambiental sustancial. Su principal desventaja es que no posee propiedades mecánicas destacables y que suele tener precios altos.

## TABLA COMPARATIVA DE LOS PRINCIPALES MATERIALES

A continuación, para tener una visión más clara y rápida de los materiales más utilizados en impresión y sus características más importantes, se ha realizado la siguiente tabla comparativa.

En ella, se han ordenado de más a menos utilizados los principales 5 materiales más comunes en este tipo de impresión, y se han destacado sus características físicas más importantes de cara a impresión, como temperatura de transición vítrea o de cristalización, sus ventajas y desventajas principales, aplicaciones y los residuos domésticos en los que se pueden encontrar habitualmente:

*Tabla 1: Tabla comparativa de los principales materiales*

MATERIAL	CARACT. FÍSICAS	VENTAJAS PRINCP.	DESVENTAJAS PRINCP.	APLICACIÓN
1. PLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Densidad: 1,24 g/cm<sup>3</sup></li> <li>-Tg: 55°C</li> <li>-T<sup>a</sup>extrusión: 190-220°C</li> <li>-Resist.Trac: 55MPa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradable e inodoro</li> <li>• Fácil de imprimir</li> <li>• Desprende agradable fragancia al imprimir.</li> <li>• Adecuado para el contacto con alimentos.</li> <li>• Rígido, fuerte</li> <li>• Contrae menos que ABS</li> <li>• Resistente a productos químicos.</li> <li>• Cambia de aspecto y caract. con aditivos.</li> <li>• Compatible con gran variedad de ellos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frágil</li> <li>• Poco resistente al calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producto de un solo uso</li> <li>• Envase alimenticio</li> <li>• Prototipado estético</li> <li>• Piezas sin función mecánica</li> </ul>
2. ABS	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Densidad: 1,07 g/cm<sup>3</sup></li> <li>-Tg: 110°C</li> <li>-T<sup>a</sup>extrusión: 220-250°C</li> <li>-Resist.Trac: 33MPa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy fácil de imprimir</li> <li>• Muy buenas propiedades mecánicas.</li> <li>• Rígido, fuerte.</li> <li>• Ligero</li> <li>• Biodegradable e inodoro</li> <li>• Disponible en amplia variedad de colores.</li> <li>• Se puede pulir, lijar, limar, agujerear, pintar y pegar con extrema facilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frágil</li> <li>• Menor resistencia al calor</li> <li>• Menor resistencia a productos químicos.</li> <li>• Desprende humos tóxicos al alcanzar pto de fusión.</li> <li>• Filamento sensible a la humedad ambiental</li> <li>• Contracción considerable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes de automóvil</li> <li>• Tubos</li> <li>• Piezas lego</li> <li>• Carcasas de electrodomésticos</li> </ul>

<b>3.</b>	<b>PETG</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Densidad: 1,27 g/cm<sup>3</sup></li> <li>-Tg: 85°C</li> <li>-T<sup>a</sup>extrusión: 220-250°C</li> <li>-Resist.Trac: 91MPa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estable químicamente</li> <li>• Apto para uso alimenticio.</li> <li>• Más resistente que PLA</li> <li>• Buena adhesión entre capas, objetos resistentes a la humedad, impermeables.</li> <li>• Alta transparencia.</li> <li>• Imprimible a temperaturas bajas, mayor velocidad en impresión</li> <li>• Poca contracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos rígido.</li> <li>• Más difícil que el PLA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamiento en jardinería</li> <li>• Envases alimenticios</li> </ul>
<b>4.</b>	<b>Nylon</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Densidad: 1,14 g/cm<sup>3</sup></li> <li>-Tg: 47°C</li> <li>-T<sup>a</sup>extrusión: 240-260°C</li> <li>-Resist.Trac: 78MPa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy resistente</li> <li>• Buenas propiedades mecánicas</li> <li>• Duradero y ligero</li> <li>• Parcialmente flexible</li> <li>• Resistente al calor e impactos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil de imprimir</li> <li>• Requiere un cabezal full-metal.</li> <li>• Contracción considerable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipos funcionales</li> <li>• Piezas resistentes al desgaste.</li> </ul>
<b>5.</b>	<b>TPE, TPU, TPC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Densidad: 0,9-1,2 g/cm<sup>3</sup></li> <li>-Tg: 60°C</li> <li>-T<sup>a</sup>extrusión: 210-230°C</li> <li>-Resist.Trac: 150MPa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibles.</li> <li>• Propiedades mecánicas muy buenas.</li> <li>• Buena resistencia a la intemperie.</li> <li>• Buena resistencia a impactos</li> <li>• Excelente amortiguación de vibraciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy difíciles de imprimir</li> <li>• Requiere un cabezal full-metal.</li> <li>• Contracción considerable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piezas de automóviles</li> <li>• Piezas de electrodomésticos</li> <li>• Equipos médicos</li> </ul>

## Toxicidad e impacto ambiental

En referente a la toxicidad y contaminación por plásticos es importante ser consciente, para la salud propia, del entorno y del ecosistema. Pero, desgraciadamente, se venden materiales tóxicos que se usan inadecuadamente.

Hay muchos tipos de plástico, siendo algunos más tóxicos que otros. Uno de los peores componentes es el bisfenol-A. Ya que este se desprende cuando se calienta el material y se libera como gas. Estos humos de impresión son cancerígenos, de manera que se deberían usar con cámara cerrada y ventilado con filtrado de partículas N95 o FFP3. Un ejemplo claro es el ABS.

También se debe tener en cuenta que muy pocos plásticos son aptos para utilizar en uso alimenticio. Y que si es necesario, los plásticos food-safe se deberían utilizar a parte de los demás para que los objetos impresos no puedan tener restos contaminantes de otros

materiales. Incluso la boquilla de bronce puede dejar restos de estaño, por lo que necesitarás imprimir en boquillas de acero para evitarlo.

En cuanto a reducir la contaminación por plásticos es importante hacer un uso racional y mesurado. Ya que un objeto de plástico tarda a degradarse cientos de años, pero su uso suele ser de pocas horas o meses.

Muchos plásticos son reciclables, pero es importante identificarlos para no mezclarlos. Mención especial para el PLA, que es un bioplástico, en otras palabras, que no proviene de derivados del petróleo, pero que aun así no se degrada con facilidad. Requiere instalaciones industriales con ciertas condiciones para ser degradado, que no se dan en el entorno natural. Hay plásticos biodegradables similares, pero son realmente muy caros.

## Extrusión y extrusores

Para una impresora 3D, el proceso de extrusión es una parte fundamental, crítica y decisiva para la impresión. Esto también es así en la mayoría de sistemas de reciclaje de plásticos en impresión, como veremos más adelante, de manera que es objeto de estudio:

De esta manera, la extrusión se refiere al proceso industrial de fundir y moldear el plástico a flujo constante de presión y fuerza, para obtener la forma deseada de cierto polímero para su aplicación final. [7]

### Funcionamiento

Primero, el plástico a transformar, se agrega en forma de pellet o polvo al extrusor por la tolva, cuya forma es la de un embudo. El polímero alimenta así al extrusor, donde es transportado por el husillo o tornillo.

El husillo contiene espirales que permiten que gire el material y sea empujado por estas a través del cilindro con velocidad uniforme. Mientras el material se va moviendo a lo largo del husillo, aumentan la temperatura y la presión dentro del extrusor, por lo que el material comienza a cizallarse, haciendo que se vuelva más compacto. El polímero se logra plastificar, es decir, fundir, mezclar y homogeneizar, gracias al calor generado por la fricción del husillo al estar girando, e igualmente proporcionado por las resistencias eléctricas ubicadas al exterior del cañón, conocidos también como calefactores.

La mayor parte de la energía necesaria para plastificar el polímero es proporcionada por el motor, permitiendo que el husillo gire continuamente. Por ende, después de este proceso, el material sale del cabezal, encontrándose con la placa rompedora y el dado. El dado tiene una boquilla con orificios predeterminados para dar la forma final al polímero. Si la boquilla tiene forma anular, se obtendrán como producto tubos; si es una rendija larga, se tendrá una lámina o película plana y, si la boquilla tiene muchos agujeros pequeños, se formarán filamentos. Al salir del dado, el producto obtenido se enfriará entrando en contacto con el aire, el agua o con rodillos metálicos, y puede ser maleable, tras estirar, enrollar o cortar según las dimensiones requeridas.

Existen extrusores de doble husillo que permiten un mezclado perfecto entre el polímero y las cargas utilizadas, ya sean aditivos, minerales, cargas de refuerzo, pigmentos, etcétera. El husillo, sin importar si es sencillo o doble, es el componente de mayor tecnología dentro de la máquina de extrusión. El diseño de este variará dependiendo de la naturaleza del material, ya que los polímeros se funden a diferentes temperaturas. Por ejemplo, si un material tiene un punto de fusión alto, implica que se tardará más tiempo en plastificarse, por lo que su zona de compresión será más larga. Así pues, se puede concluir que el husillo se diseña en función de las propiedades de flujo de los polímeros. [8]

## Partes principales de un extrusor

En general, el husillo se divide en tres regiones a partir de la función que estas desempeñan:

- De transporte o alimentación: como su nombre lo indica, es donde se alimenta la resina o plástico y las cargas a utilizar.
- De compresión: en este se realiza la fusión del material y se mezclan los componentes.
- De dosificación: es donde se presenta el bombeo y la salida del material.

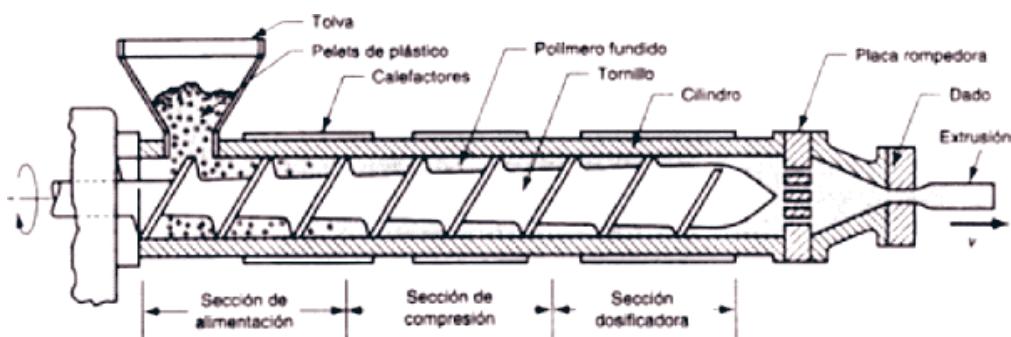


Figura 4: Partes principales de un extrusor

## Extrusor en impresoras 3D

Este mismo proceso, es el que se utiliza en una impresora 3D, pero adaptado a las necesidades y condiciones del mismo.

Pero, un extrusor de impresora 3D o conjunto de extrusión de filamento 3D, es la parte de la impresora 3D que va tirando, arrastrando, cogiendo el filamento o material de impresión 3D que estemos usando, y es el *hotend* la parte que se encarga de fundirlo, para luego depositarlo en la cama caliente y crear nuestra impresión en 3D. [9]



Figura 5: Extrusor en una impresora 3D

### PARTES QUE CONFORMAN UN EXTRUSOR 3D

Un extrusor se compone de las siguientes 6 partes principales:

- Motor paso a paso: El que hace el trabajo, para empujar el filamento 3D hasta la boquilla.
- Rodamiento o polea de presión: Esta parte se encarga de hacer presión al filamento 3D, contra el engranaje de tracción para que el filamento entre de manera continua.
- Engranaje de tracción: Rueda dentada de 36 o 40 dientes, que es la empuja el filamento 3D a medida que el motor gira.
- *Hotend*: Esta es la pieza encargada de fundir el plástico para que salga por la boquilla, suele ser un tubo por donde pasa el filamento. Puede ir unido o separado del extrusor.
- Sensor de temperatura: Comunica a qué temperatura se está trabajando.

- Boquilla de salida: Es por donde sale el filamento fundido, cabe destacar que puede tener varias medidas en función del tamaño de la salida (0,5 mm-0,4 mm-etc.), el agujero de salida se llama *nozzle*. Se pueden adquirir boquillas de distintos tamaños, pues del tamaño del *nozzle* dependerá una parte de la resolución y calidad de la impresión. [10]

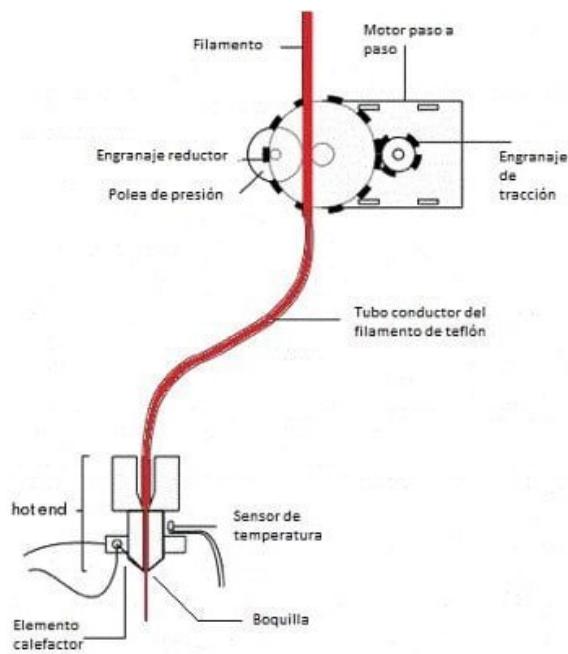


Figura 6: Partes principales de un extrusor de impresión 3D

## TIPOS DE EXTRUSORES 3D

Dentro de los extrusores, podemos encontrar dos tipos, directos, los más comunes, o indirectos, también llamados *Bowden*:

- Extrusor directo: además de ser el más común, su característica principal es que todas sus partes van en una sola pieza. Entre sus ventajas se encuentran que son desmontables, fáciles para arreglar atascos o averías y que sirve para todo tipo de filamentos. En cuanto a sus desventajas; dificulta el movimiento de los ejes X y Z, pues añade un peso considerable y que imprime a menor velocidad.
- Extrusor indirecto o *Bowden*: su característica más marcada es que tiene sus partes separadas, no están juntas en una sola pieza. En cuanto a sus ventajas, los ejes X y Z no tienen peso añadido, de manera que puede llegar a tener más calidad de impresión y sus impresiones son más rápidas. Sus desventajas serían que en principio, no pude imprimir con material flexible, no es lo recomendable, que sufre más averías y que el tubo de teflón hay que cambiarlo con el uso. [11]

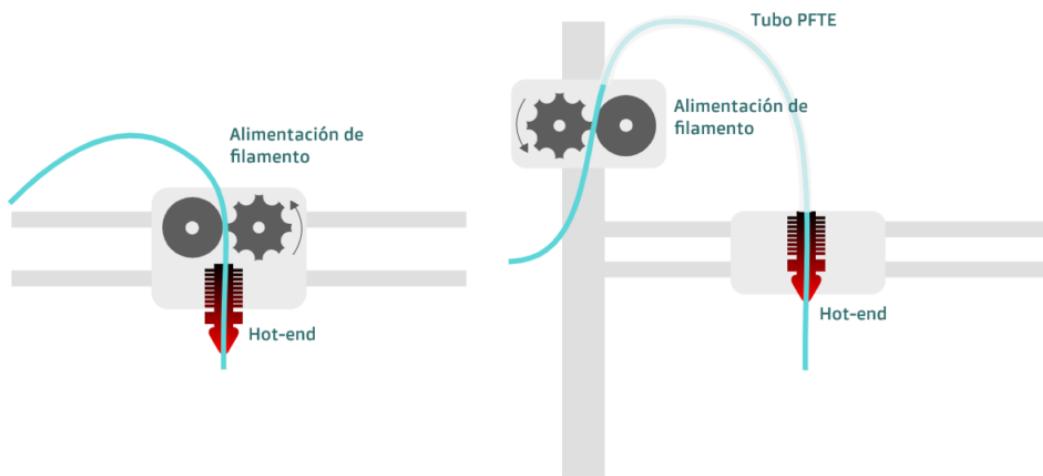


Figura 7: Tipos de extrusores; directo (izquierda) e indirecto (derecha)

## PROBLEMAS CON EL EXTRUSOR: PRINCIPALES CAUSAS DE ATASCOS EN EL HOTEND

### La temperatura

La principal causa de atasco en un *hotend* es por la mala elección de la temperatura. La temperatura de impresión correcta es fundamental tanto para el éxito de la impresión como para el rendimiento de la impresora.

Si la temperatura de su extremo caliente es demasiado baja, su material de impresión no se fundirá correctamente. Esto puede causar que el material comience a adherirse a la superficie interior de la boquilla y se acumule presión en el cabezal. Finalmente, el motor de extrusión no puede alimentar el filamento en el cabezal y en poco tiempo, la boquilla de tu impresora 3D se obstruye.

Además, imprimir a una temperatura demasiado alta, especialmente con PLA, puede provocar lo que se conoce como «fluencia térmica». Esencialmente, la fluencia térmica se produce cuando las temperaturas más altas se extienden hacia atrás y hacia arriba desde el extremo caliente. Esto hace que la «zona de fusión» se extienda hacia atrás también, ablandando y fundiendo el material de impresión mucho antes del extremo de la boquilla del extrusor. El termoplástico ablandado aumenta la cantidad de presión necesaria para la extrusión y al igual que con la temperatura de impresión demasiado baja, eventualmente el motor de extrusión no puede mantener el ritmo y la boquilla se obstruye. En casos extremos de impresión a temperaturas demasiado altas – el PLA y filamentos similares pueden llegar a cristalizar en la boquilla.

Este problema se evita comprobando que se imprime a la temperatura recomendada para el material que se utiliza. Se debe experimentar con el material que se utiliza para encontrar el «punto óptimo» que permita una buena adhesión y estratificación, pero que no cause problemas como la obstrucción.

Además, al cambiar de material, se debe asegurar haber retirado completamente el material anterior y de haberlo enjuagado antes de cambiar las temperaturas de impresión. [12]

### La calidad del filamento

No todos los filamentos son iguales. El filamento de baja calidad no se somete a rigurosas pruebas de tolerancia. Esto puede dar lugar a un producto final con diferentes anchos en la hebra de filamento.

Los segmentos del filamento que tienen un diámetro más grueso no sólo tardarán más en fundirse, sino que también serán más difíciles de extruir y pueden provocar un atasco, aunque es poco frecuente.

La principal causa de la mala calidad del filamento y su mayor correlación con los atascos frecuentes es lo que hay dentro de la resina. El relleno más barato y los contaminantes involuntarios que acechan dentro del material pueden acumularse o atascarse directamente dentro de la boquilla a intervalos aleatorios.

Una manera fácil de comprobar la calidad de la consistencia de la extrusión con el filamento es coger un par de calibres y comprobar el diámetro del filamento en varios puntos diferentes. [12]

### El polvo y la suciedad

El polvo y la suciedad pueden adherirse también al filamento y viajar con él hasta el extremo caliente. Una vez allí, se queman con el calor de la boquilla y comienzan a adherirse a la superficie interior de la boquilla en forma de carbónita.

Cuando se acumula suficiente carbono en el interior de la boquilla, puede empezar a reducir la anchura de la abertura de la boquilla, así como empezar a impedir el flujo del material de impresión. El resultado final puede ser un atasco. [12]

# Sistemas de reciclaje existentes en el mercado

A continuación, estudiaremos los diferentes sistemas de reciclaje que muchas personas ya han desarrollado recientemente. Los hay ya tanto comercializados, como a nivel más casero. Tras una previa revisión de todos los existentes, se pueden diferenciar claramente tres categorías diferentes según la forma de la materia prima que utiliza para crear el filamento:

## Sistemas a partir de pellet

En esta categoría encontramos sistemas que utilizan pellet virgen y/o de materiales reciclados para crear filamento a través de un extrusor con husillo alimentado por una tolva e impulsado por un motor. Es el sistema de reciclado más común que se encuentra en el mercado, el más comercializado por diferentes empresas.

*Tabla 2: Sistemas a partir de pellet. Por orden: [13], [14], [15], [16].*

PRODUCTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>MAHOR V4 Pellet Extruder</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idea única en el mercado.</li> <li>El extrusor va directamente acoplado a la impresora como cabezal, de manera que ahorra la utilización de una máquina externa.</li> <li>Permite todo tipo de polímeros</li> <li>Deja reciclar piezas y materiales viejos moliéndolos de antemano, devolviendo el material ya usado al proceso.</li> <li>Permite imprimir diferentes tamaños de diámetro cambiando la boquilla.</li> <li>Permite hacer combinaciones de plásticos según las propiedades requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todavía se encuentra en desarrollo.</li> <li>El método de alimentación de momento no es el más óptimo, mediante una pequeña tolva sujetada de manera improvisada y conectada al cabezal mediante una manguera.</li> </ul>
<b>Diseño de artículo científico</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelado y montaje a mano, permitiendo hacerlo en casa.</li> <li>Más económico</li> <li>Permite imprimir diferentes tamaños de diámetro cambiando la boquilla.</li> <li>Permite controlar y regular la temperatura del extrusor.</li> <li>Buenas propiedades mecánicas obtenidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo básico.</li> <li>La calidad del filamento no es óptimo debido a impurezas adheridas durante el proceso.</li> <li>No cuenta con un sistema de bobinado u otro para almacenar en hilo producido.</li> <li>Tolva pequeña de manera que no permite crear mucho hilo con un solo llenado de la misma.</li> </ul>

<b>Filastruder</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran variedad de polímeros (ABS, PLA, Nylon, Polycarbonato, PET, PP).</li> <li>Buenas tolerancias obtenidas en el filamento.</li> <li>Permite añadir colorantes al pellet.</li> <li>Permite imprimir diferentes tamaños de diámetro cambiando la boquilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dificultades para reciclar otros desechos de plásticos (no pueden superar los 5mm y no pueden contener contaminantes).</li> <li>No cuenta con sistema de bobinado, el filamento por gravedad forma un rollo en el suelo.</li> </ul>
<b>WellZoom Pellet Extruder</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede trabajar con una gran variedad de polímeros gracias a su capacidad de llegar hasta los 300°C.</li> <li>Permite extruir de 250 a 650mm/min.</li> <li>Fácil de manejar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los usuarios destacan una mala calidad de filamento y variaciones de diámetro en el mismo.</li> <li>Tolva pequeña de manera que no permite crear mucho hilo con un solo llenado de la misma.</li> <li>No cuenta con sistema de bobinado.</li> </ul>
<b>FilaBotEX2</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede trabajar con todo tipo de materiales, ya que alcanza hasta una temperatura de 450°C. Asimismo significa que extruye plásticos con bajo punto de fusión más rápido.</li> <li>Tolerancias de diámetro muy pequeñas de +-0,05mm.</li> <li>Permite extruir diferentes tamaños de diámetro gracias a sus diferentes boquillas.</li> <li>Fácil de manejar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tolva pequeña de manera que no permite crear mucho hilo con un solo llenado de la misma.</li> <li>No cuenta con sistema de bobinado.</li> </ul>
<b>FIxtruder</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interfaz muy sencilla con botones básicos.</li> <li>Gran variedad de materiales pues alcanza una temperatura de 300°C.</li> <li>Tiene dos tamaños de boquilla para imprimir en dos tamaños de diámetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de producción bastante lenta, 1kg/3,7h.</li> </ul>
<b>RobotDigg</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de producción bastante rápida, 2kg/h</li> <li>Gran variedad de materiales pues alcanza una temperatura de 300°C.</li> <li>Tolva bastante grande de manera que permite crear mucho hilo con un solo llenado de la misma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No cuenta con un sistema de bobinado u otro para almacenar en hilo producido.</li> <li>Dificultad media de utilización</li> </ul>
<b>Noztek Pro Desktop Extruder</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interfaz bastante sencilla.</li> <li>Gran variedad de materiales pues alcanza una temperatura de 300°C.</li> <li>Permite mejorarla, agrandando su tolva</li> <li>Gran precisión, tolerancias en el diámetro de hilo, hasta +-0,04mm.</li> <li>Permite extruir diferentes tamaños de diámetro gracias a sus diferentes boquillas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No cuenta con un sistema de bobinado u otro para almacenar en hilo producido.</li> <li>Velocidad de producción de hilo de 1kg/2h</li> </ul>
<b>ReDeTec ProtoCycler+</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene una trituradora incorporada.</li> <li>Tolerancias en el diámetro de hilo, hasta +-0,05 mm.</li> <li>Permite reciclar plásticos de piezas defectuosas o soportes.</li> <li>Interfaz sencilla.</li> <li>Cuenta con sistema de bobinado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanza una temperatura máxima de 250°C, de manera que plásticos con alto punto de fusión se extruyen a una velocidad lenta.</li> </ul>

<b>3devo Precision</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy buen diseño, simplificando y ocultando su mecanismo.</li> <li>Gran variedad de materiales pues alcanza una temperatura de entre 350°C y 450°C según el modelo.</li> <li>Precisión de 43 micrones.</li> <li>Cuenta con sistema de bobinado.</li> <li>Muy fácil de usar</li> <li>Velocidad de producción de 1kg/h</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altamente costosa</li> </ul>
<b>3devo Composer</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para mezclar varios materiales y aditivos.</li> <li>Cuenta con sistema de bobinado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altamente costosa</li> </ul>

## Sistemas a partir de cinta procedente de botellas

En este sistema se utilizan botellas de plástico para formar una cinta previa a la extrusión. Para ello, todas estas botellas necesitan previamente un proceso de preparación; calentar el plástico para alisar sus rugosidades, cortarlas en la forma de cinta y enrollarlas en una bobina. Por el momento, no hay ningún sistema comercializado. Todos cuentan con un funcionamiento a base de un calentador, motor, engranaje y bobinas.

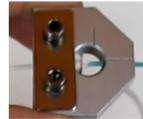
Tabla 3: Sistemas a partir de cinta procedente de botellas. Por orden: [17], [18], [19].

PRODUCTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Sistema vídeo 1</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Casi todas sus piezas son impresas en 3D, abaratando costes y haciéndolas accesibles.</li> <li>El extrusor sin husillo más sencillo.</li> <li>Se puede regular la velocidad del motor para controlar la precisión y velocidad de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En desarrollo.</li> <li>Es necesario mover el hilo a mano por la bobina de lado a lado para enrollarlo correctamente.</li> <li>Es necesario llevar el primer hilo a mano tirando hasta la bobina y hacer un nudo con otro trozo de hilo existente para empezar</li> </ul>
<b>Sistema video 2 Artículo</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuenta con un sistema sencillo para cortar las botellas de forma muy rápida (externo).</li> <li>Casi todas sus piezas son impresas en 3D, abaratando costes y haciéndolas accesibles.</li> <li>Formato más pequeño y práctico.</li> <li>Se puede regular la velocidad del motor para controlar la precisión y velocidad de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es necesario mover el hilo a mano por la bobina de lado a lado para enrollarlo correctamente.</li> <li>Es necesario llevar el primer hilo a mano tirando hasta la bobina y hacer un nudo con otro trozo de hilo existente para empezar</li> </ul>

## Sistemas a partir de sobras de bobinas comercializadas

En este sistema se utilizan los últimos metros de filamento de diferentes bobinas que normalmente se tiran para crear nuevo hilo continuo y así aprovechar este material que se mal pierde. Todo esto lo consigue empleando el calor para fusionar dos extremos de hilo diferentes:

*Tabla 4: Sistemas a partir de sobras de bobinas comercializadas. Por orden: [20], [21].*

PRODUCTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Mosaic</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Originalmente es una maquina que se utiliza para poder imprimir con diferentes colores de filamento.</li> <li>Contiene un software conectado a la red para añadir actualización y nuevas funciones como la de reciclaje.</li> <li>Cuenta con 8 entradas y cuando deja de detectar hilo por una, emplea el siguiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy cara.</li> </ul>
<b>Sistema video</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sencillo.</li> <li>Fácil de hacer en casa.</li> <li>Tiene una raya para guiar y centrar el punto de contacto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las uniones se hacen a mano, proceso lento.</li> <li>Necesitas una fuente externa de calor.</li> <li>Debes asegurarte de que están en contacto rectos mientras lo calientes.</li> <li>La unión deja una parte más gruesa que puede dar lugar a una obstrucción en el cabezal, de manera que es necesario un postproceso.</li> </ul>

## Conclusiones

Por último, a partir de todos estos dispositivos en el mercado, y para comprender mejor cada uno de los diferentes tipos de sistemas de reciclaje, se ha realizado una tabla que reúne todas las fortalezas, debilidades y oportunidades de cada uno de ellos, permitiendo así su comparación.

Tabla 5: Tabla comparativas entre los diferentes sistemas de reciclado

PRODUCTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPORTUNIDADES
<b>Sistemas a partir de pellet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran libertad para reciclar más elementos disponibles en casa y materiales.</li> <li>• Se puede dar diferentes diámetros según necesidad.</li> <li>• Permite crear materiales compuestos implementando cargas.</li> <li>• Permite dar y crear colores.</li> <li>• Por lo general, permiten controlar y regular la temperatura del extrusor.</li> <li>• Posibilidad de que sea el propio cabezal y no un dispositivo externo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mucha competencia en el mercado.</li> <li>• La preparación del material; triturarlo en granos.</li> <li>• Si no se tritura uniformemente y quedan granos demasiado grandes, puede ser que no fundan del todo y que por tanto el material una vez en la pieza sea en esas partes más débiles.</li> <li>• Suelen ser pensadas de cara a la industria.</li> <li>• Precios bastante altos.</li> <li>• Por lo general no incluye su sistema de bobinado.</li> <li>• En general, tolva pequeña de manera que no permite crear mucho hilo con un solo llenado de la misma.</li> <li>• El usuario no pone la temperatura adecuada para el plástico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluir una trituradora que asegure el mismo tamaño de grano.</li> <li>• Incluir un sistema de bobinado.</li> <li>• Incluir un sistema de alimentación con mayor capacidad.</li> <li>• Incluir un manual de usuario sencillo que indique las temperaturas a dar al extrusor según material y/o combinaciones, que además te diga qué productos en casa contienen dichos materiales para utilizarlos y te indique qué combinaciones pueden hacerse y cuáles no.</li> <li>• Incluir el último punto en una pantalla táctil integrada al producto</li> </ul>
<b>Sistemas a partir de cintas procedentes de botellas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nula competencia en el mercado.</li> <li>• La mayoría de las piezas pueden ser impresas por el usuario. El resto son comerciales, de manera que es económica.</li> <li>• Se puede dar diferentes diámetros según necesidad.</li> <li>• Se puede controlar la velocidad del motor, es decir, la de producción, mediante un potenciómetro.</li> <li>• Por lo general, permiten controlar y regular la temperatura del extrusor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La preparación de la botella; calentárla para quitar sus rugosidades y cortarla, que además va separada de la propia máquina.</li> <li>• El material a reciclar se restringe a PET y variantes.</li> <li>• El sistema de bobinado está poco desarrollado, hay que estar pendiente para distribuir el hilo en la bobina.</li> <li>• La longitud de hilo de la bobina resultante dependerá del tamaño de la botella, de manera que por norma se generarán bobinas de poca longitud.</li> <li>• Si el usuario no tiene conocimiento, puede dar una velocidad incorrecta, evitando formar hilo en buenas condiciones.</li> <li>• No está desarrollado el sistema de sujeción de el primer tramo de hilo con la bobina (actualmente se hace tirando con alicates).</li> <li>• El usuario no pone la temperatura adecuada para el plástico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluir un sistema de bobinado autónomo.</li> <li>• Incluir un sistema de preparación de la botella autónomo.</li> <li>• Incluir un sistema de unión entre diferentes bobinas producidas.</li> <li>• Incluir una interfaz sencilla para el usuario, con unas marcas fijas de niveles de velocidad del motor para según el material y velocidad deseados, pero que aseguren las correctas.</li> </ul>
<b>Sistemas a partir de cintas procedentes de botellas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca competencia en el mercado.</li> <li>• Permite mezclar diferentes colores de hilo.</li> <li>• No se necesita preparación del material como en los anteriores.</li> <li>• Posibilidad de que sea el propio cabezal y no un dispositivo externo.</li> <li>• Sencillo de usar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben emplear siempre hilo de mismo diámetro.</li> <li>• No permite reciclar apenas elementos, se reduce tan solo al reciclaje del hilo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer un híbrido entre el sistema pellet para que este sea tan solo asistente que mantenga la producción constante de hilo cuando la tolva acaba.</li> </ul>

## Análisis de usuario

Para poder distinguir los diferentes usuarios con los que nos podemos encontrar y a su vez poder ampliar el conocimiento sobre este campo y saber de primera mano su opinión sobre el reciclaje de los plásticos en impresión, se llevarán a cabo una serie de entrevistas y

encuestas a personas que posean una impresora 3D, para así finalmente poder generar varios perfiles.

## Entrevistas

Las entrevistas se llevarán a cabo a 5 personas. Serán necesarias para profundizar más en la información, ya que al ser un método más cercano que las encuestas, a las personas se les hace más fácil abrirse y ponen más esfuerzo en sus respuestas.

### PREGUNTAS

A continuación se realizará una lluvia de ideas de preguntas a hacer en la entrevista y se procederá a su ordenación:

- ¿Utilizas impresoras 3D con frecuencia? ¿De qué tipo? (Nos centraremos en impresoras solo tipo FDM)
- ¿En qué contexto utilizas la impresora; por trabajo, por hobby, etc? ¿Dónde se encuentra dicha impresora?
- ¿Crees que gastas mucho plástico en la impresión y por ende, dinero?
- ¿Qué materiales diferentes has utilizado en este tipo de impresión?
- ¿Cuál es el que más te gusta? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas te suele dar la impresora?
- ¿Por qué crees que se producen?
- ¿Crees que desperdicias muchas piezas, es decir, que te salen muchas defectuosas? ¿Y soportes?
- ¿Tiras a la basura mucho hilo sobrante de la bobina?
- ¿Crees que sería posible un sistema de reciclaje de todas estas sobras de impresión? ¿Lo utilizarías?
- ¿Conoces sistemas de reciclaje existentes? ¿De qué tipo?
- ¿Crees que sería posible además de estas sobras, utilizar otros desechos plásticos de casa, como pueden ser envases de alimentación u objetos?
- ¿Qué tipo de basura plástica más desechas en casa?
- ¿Cuál crees que podría utilizarse para darle una segunda vida en impresión?
- ¿Algo más que consideres relevante sobre la impresión?

### ENTREVISTA 1

- ¿Utilizas impresoras 3D con frecuencia? ¿De qué tipo? (Nos centraremos en impresoras solo tipo FDM)

Sí, de vez en cuando. Es una impresora FDM, concretamente la Ender 3, que es de las más populares.

- ¿En qué contexto utilizas la impresora; por trabajo, por hobbie, etc? ¿Dónde se encuentra dicha impresora?

Por hobbie, para hacer regalos a gente y para proyectos de la universidad. La tengo en mi casa

- ¿Crees que gastas mucho plástico en la impresión y por ende, dinero?

No mucho, imprimo poco y cosas pequeñas, de manera que gasto menos plástico de lo q pensaba originalmente cuando la compré. Compré 3 rollos de 20-18€/kg, de calidad media a la vez que la impresora y no los he gastado todavía.

- ¿Qué materiales diferentes has utilizado en este tipo de impresión?

Solo PLA, los otros son muy caros y no me merece la pena para lo poco que gasto y para lo que utilizo.

- ¿Cuál es el que más te gusta? ¿Por qué?

Solo he probado PLA como te he dicho, que de calidad-precio y manejabilidad esta genial, aunque sí me molaría probar otros; más flexibles, luminiscentes, etc.

- ¿Qué problemas te suele dar la impresora?

Que la pieza se despegue a mitad de impresión, de manera q no se puede terminar y esa pieza está perdida. Otro sería que se desnivela la base cuando pasa mucho tiempo sin ser utilizada y hay que volver a configurarlo antes de imprimir, algo que es lento y tedioso. Otro sería que los primeros mm de impresión se comprimen más que el resto de la impresión resultando un contorno irregular a los primeros mm de altura. Otro que se atasque el filamento al cambiarlo y guardarlo ya que es posible que se enrede, y que al volver a ponerlo si tiene un nudo se parta. Otro que cuando cambias de color de filamento, se quedan restos del anterior en el cabezal y si no lo limpias la primera pieza sale con colores mezclados. Y otro que si la base está muy alta, puede romper el extrusor, rayando la base.

- ¿Por qué crees que se producen?

Pues tengo una sola guía en el eje vertical y tiene un defecto, que el tornillo sin fin del ese eje tiene un mini holgura y de manera periódica cada x vueltas aplasta estas primeras capas de impresión resultando imperfecciones superficiales.

- ¿Crees que desperdicias muchas piezas, es decir, que te salen muchas defectuosas? ¿Y soportes?

1/3 o 1/4 aproximadamente, que es bastante. Soportes no, porque para las piezas que hago no me hacen falta y además porque la calidad de mi impresora hace que sea bastante complicado usarlos porque se pegan a la pieza y queda luego muy feo.

- ¿Tiras a la basura mucho hilo sobrante de la bobina?

No mucho, pero porque aún no he gastado las que compre inicialmente como he dicho. De momento todo lo sobrante lo he guardado en una cajita, junto con las piezas defectuosas, pero es verdad que ya no se puede usar y cuando se llene la caja irá a la basura.

- ¿Crees que sería posible un sistema de reciclaje de todas estas sobras de impresión? ¿Lo utilizarías?

Creo que sería algo bastante práctico, pero a mi nivel creo que no me merecería la pena el gasto que supondría porque no imprimo mucho ni genero mucho desperdicio. Pero, a nivel de empresa, creo que sí. También creo que en el material se perderían bastantes propiedades y que se deberá tener cuidado con diferentes colores. Con el PLA, por ejemplo, de colores neutros, tienen mejores propiedades que los de color, que llevan más aditivos, y además estos últimos suelen tener en peor calidad.

- ¿Conoces sistemas de reciclaje existentes? ¿De qué tipo?

Pues vi algún video hace tiempo de que sí que existía, lo troceaban en granza e introducían esos sobrantes para formar una bobina. Era una máquina más o menos pequeña y era para alguien medio que lo usaba medio hobby medio profesional

- ¿Crees que sería posible además de estas sobras, utilizar otros desechos plásticos de casa, como pueden ser envases de alimentación u objetos?

Creo que sería posible pero el usuario tendría que estar súper informado de que está haciendo, cuales puede usar y juntar, sus propiedades, si tienen que estar limpios por posibles impurezas... No valdrá con meter cualquier tipo de plástico o mezclas

- ¿Qué basura plástica que generes en casa crees que podría utilizarse para darle una segunda vida en impresión?

Envoltorio de jamón york, bolsas, botes de detergente, no sé, no genero ningún residuo que sea diferente a lo que puedas encontrar en casa.

- ¿Algo más que consideres relevante?

Si te dieran la opción de ir a algún sitio que tuviesen este sistema de forma que llevando tú los residuos y pagando a un precio mucho más barato tipo 5€ la bobina.

## ENTREVISTA 2

- ¿Utilizas impresoras 3D con frecuencia? ¿De qué tipo? (Nos centraremos en impresoras solo tipo FDM)

Todos los días menos sábados y domingos que no trabajo. Tenemos de hilo y de resina, pero resina usamos menos, principalmente FDM.

- ¿En qué contexto utilizas la impresora; por trabajo, por hobby, etc? ¿Dónde se encuentra dicha impresora?

Por trabajo principalmente aunque también por hobby. En un laboratorio y en casa también tengo una pero ya no la uso porque con las del laboratorio tengo bastante.

- ¿Crees que gastas mucho plástico en la impresión y por ende, dinero?

Sí

- ¿Qué materiales diferentes has utilizado en este tipo de impresión?

PLA, ABS, *Nylons*, ABS con fibra de carbono, PLA con fibra de carbono, materiales flexibles, TPUs, HIPS, ASA, PP. E incluso alguno más que no me acuerdo.

- ¿Cuál es el que más te gusta? ¿Por qué?

ABS, porque le puedo dar mejores acabados, es más duro y resistente, y dejas unas piezas muy buenas tanto mecánica como estéticamente.

- ¿Qué problemas te suele dar la impresora?

Atascos, que se produzca el *warping* y se suelten las piezas de la placa de manera que se tiran a la basura, esto con el ABS pasa mucho y con PLA pasa bastante menos. Esos son los principales problemas que me pasan a menudo.

- ¿Por qué crees que se producen?

En el caso de los atascos, puede ser porque se funde mal el material, que coge agua y a la hora de calentarse se producen atascos por eso, es por eso por lo que he comprado secadores. Lo del *warping* sé que es porque algunos materiales de piezas no se adhieren bien a la placa porque no son compatibles, el de la placa y la pieza, y para mejorar esta adherencia tienes que echar productos, depende del material que se adhieren mejor o peor, y de la temperatura de placa según el material, para unos deberá estar a 40°C y para otros 90°C.

- ¿Crees que desperdicias muchas piezas, es decir, que te salen muchas defectuosas? ¿Y soportes?

Si, muchísimas pieza. Soportes también realizo muchos y más siendo FDM.

- ¿Tiras a la basura mucho hilo sobrante de la bobina?

Si muchísimo, (procede a enseñar bastantes sobrantes de bobinas) y lo que puedo lo intento reciclar para piezas pequeñas pero, no sirve para muchas.

- ¿Crees que sería posible un sistema de reciclaje de todas estas sobras de impresión? ¿Lo utilizarías?

Por supuesto, sí que lo utilizaría.

- ¿Conoces sistemas de reciclaje existentes? ¿De qué tipo?

Uno de reciclado de pellet.

- ¿Crees que sería posible además de estas sobras, utilizar otros desechos plásticos de casa, como pueden ser envases de alimentación u objetos?

Sí.

- ¿Qué basura plástica que generes en casa crees que podría utilizarse para darle una segunda vida en impresión?

Botellas de plástico, de agua, coca cola, fanta y bueno también bolsas de productos como ensaladas, plátanos, etc. Pero creo que principalmente las botellas

- (Adicional) ¿Por qué principalmente botellas?

Porque se generan muchos residuos de botellas, y así siempre tendríamos material, nos aseguraríamos el mismo tipo de material. Además me sería fácil siempre generar el mismo tipo de hilo, cogiendo siempre de la misma marca, ya sea de agua, coca cola o una de esas.

- ¿Algo más que consideres relevante?

Compraría este sistema, sobre todo para reutilizar mis materiales para reciclar y ahorrar.

### ENTREVISTA 3

- ¿Utilizas impresoras 3D con frecuencia? ¿De qué tipo? (Nos centraremos en impresoras solo tipo FDM)

Si, bastante frecuentemente. Pues tenemos una *polyjet* FDM, SLA, SLS y próximamente metálicas DLMS

- ¿En qué contexto utilizas la impresora FDM; por trabajo, por hobbie, etc? ¿Dónde se encuentra dicha impresora?

Por ambas cosas, trabajo y hobbie. Se encuentra en los dos ámbitos, en casa y bueno aquí en la universidad, ámbito laboral.

- ¿Crees que gastas mucho plástico en la impresión y por ende, dinero?

Si, bastante.

- ¿Qué materiales diferentes has utilizado en este tipo de impresión?

PLA, taff PLA, ABS, Nylon, PC, PC-ABS, PA6, uno que imita al turcite, materiales autolubricados, cargados con fibra, madera, metal, PVA SOLUBLE, PEEK, ultem, etc.

- ¿Cuál es el que más te gusta? ¿Por qué?

El PLA, pero es el que peor propiedades tiene, es más manejable, pero se degrada y pierde propiedades. Entonces ya si te vas a ABS, es más difícil de imprimir, tiene mucha peor adherencia entre capas, pero con mejores propiedades.

- ¿Qué problemas te suele dar la impresora?

Para un diámetro de hilo concreto, atascos, fallos de impresión que provocan sobre extrusión en el cabezal y que luego hay q quitarlo. Sobre todo con fibras, materiales cargados suelen taponar. En las bobinas no suele haber problemas siempre y cuando lo almacenes bien a una temperatura adecuada, sino pueden volverse duros, menos flexibles, provocando peor adherencia entre capas.

- ¿Crees que desperdicias muchas piezas, es decir, que te salen muchas defectuosas? ¿Y soportes?

Si, una barbaridad, pero depende mucho según la máquina y marca, si no es estable o también la energía. Si, soportes donde más, salvo si uso PVA, que es soluble. La mejor forma de usar soporte sería con alguna máquina que puede poner las dos últimas capas con un material fácil de quitar. En general, tiendes a usar más soporte cuando las maquinas son bunas, sino no porque la maquina falla y es un desastre.

- ¿Tiras a la basura mucho hilo sobrante de la bobina?

Si, depende de la máquina, en las de casa, como no te avisan si son capaces de acabar una figura sin tener que cambiar la bobina, aunque te quede hilo, por si acaso lo tienes que cambiar aunque aún te quede. Si son máquinas buenas,

optimizas el carrete de la bobina. Con el sobrante de estas bobinas que cambias antes de tiempo, los intento utilizar para hacer piezas más pequeñas.

- ¿Crees que sería posible un sistema de reciclaje de todas estas sobras de impresión? ¿Lo utilizarías?

Si, por supuesto. Para utilizarlo, depende de lo aparatoso que fuera. He utilizado alguna máquina de crear filamento para crear algún material cargado. Pero para ello, tendría que guardar por separado los colores y materiales, ya que yo no uso siempre uno o dos masivamente.

- ¿Conoces sistemas de reciclaje existentes? ¿De qué tipo?

Algún *do it yourself* que parte de grana y hace hilo. Comerciales no porque no lo he mirado como tal, solo he mirado máquinas para hacer hilo a partir de grana, pero no para reciclar como tal.

- ¿Crees que sería posible además de estas sobras, utilizar otros desechos plásticos de casa, como pueden ser envases de alimentación u objetos?

Sí, siempre que todo sea termoplástico y sabiendo siempre que plástico estas manejando

- ¿Qué basura plástica que generes en casa crees que podría utilizarse para darle una segunda vida en impresión?

Lo que más se desperdicia es el soporte de la bobina, botellas, bolsas, tapones, que suele ser PETG y ABS. Además, tienes que tener una impresora con la que puedas manejar estos materiales, y además se puede tener algún problema de suciedad, mal olor, etc.

- ¿Algo más que consideres relevante?

Si bueno, que además de piezas defectuosas, también tener en cuenta que hay muchos prototipos que te sirven una vez o para un corto periodo de tiempo y luego ya no sirven.

Por otro lado, creo que es más fácil crear algo desde la impresora para fuera porque no eres un fabricante de hilo. Se puede diseñar algo con respecto a la gestión, que se triture, etc., algo cercano que hiciese el hilo y que fuese alimentando directamente a la bobina de la impresora, que sea lo más pequeño posible, aunque sea un reto.

#### ENTREVISTA 4

- ¿Utilizas impresoras 3D con frecuencia? ¿De qué tipo? (Nos centraremos en impresoras solo tipo FDM)

Si, tengo una impresora antigüa, de cuando salieron las primeras, de la marca bq. Es de hilo, tipo FDM.

- ¿En qué contexto utilizas la impresora; por trabajo, por hobbie, etc? ¿Dónde se encuentra dicha impresora?

Por trabajo también utilizo pero principalmente por hobbie. En el trabajo tengo dos y aquí en casa una en el garaje que es la que más utilizo.

- ¿Crees que gastas mucho plástico en la impresión y por ende, dinero?

Depende. En general, yo diría q no mucho, 1 rollo cada mes o dos.

- ¿Qué materiales diferentes has utilizado en este tipo de impresión?

Principalmente PLA, ABS y PETG, aunque también he trabajado con filamento flexible y PC.

- ¿Cuál es el que más te gusta? ¿Por qué?

Hombre, el más fácil de imprimir y cómodo es el PLA. Pero depende, lo elijo si vale para la aplicación: si la pieza no requiere nada, PLA, pero si por ejemplo ya quieres que responda mejor a la temperatura, eliges otro.

- ¿Qué problemas te suele dar la impresora?

El extrusor se atasca y hay que soltarlo y limpiarlo, este principalmente. Luego también me pasa que la cama se me va estropeado, sobre todo al soltar las piezas de ella.

- ¿Por qué crees que se producen?

Se atasca porque lleva un canuto de teflón, que una vez estropeado con los usos, le puse otro, pero que no funciona tan bien. Se producen depósitos de plástico. En general las piezas cuando los cambias y no son originales son peores.

- ¿Crees que desperdicias muchas piezas, es decir, que te salen muchas defectuosas? ¿Y soportes?

Si, y no solo por defectuosas, de hecho no muchas, es más porque me equivoco en el diseño, principalmente con las tolerancias o porque las mando imprimir y luego se me había olvidado poner alguna parte a la pieza. Soportes no suelo usar. Siempre pienso pensando en el mínimo soporte

- ¿Tiras a la basura mucho hilo sobrante de la bobina?

No, porque lo guardo, pero no sé qué hacer con él, lo guardo por si acaso.

- ¿Crees que sería posible un sistema de reciclaje de todas estas sobras de impresión? ¿Lo utilizarías?

Supongo q si, lo único que hay que separar bien los diferentes materiales. Si aunque aquí en casa no lo utilizaría mucho y pensando en que me costaría igual 1000€, no lo llegaría a comprar porque no lo amortizaría. Sería interesante un sitio que te lo recogiese, pagases algo, y te devolviese una bobina.

- ¿Conoces sistemas de reciclaje existentes? ¿De qué tipo?

Si, escuche hace tiempo de gente que lo hacía pero no he profundizado, imagino que tienes que calentarlo a la temperatura adecuada y extruirlo.

- ¿Crees que sería posible además de estas sobras, utilizar otros desechos plásticos de casa, como pueden ser envases de alimentación u objetos?

Lo veo más complicado, por ejemplo el PLA, que es el más sencillo y más usado, no lo encontraras nunca en casa. Pienso que casi ningún material de estos seria propio para imprimir porque por ejemplo cualquier ABS no sirve para imprimir, lleva aditivos que lo hacen imprimible. No todos valen para ello.

- ¿Qué basura plástica que generes en casa crees que podría utilizarse para darle una segunda vida en impresión?

No lo sé, como te he dicho, no soy muy optimista en esto. Sería mejor que hagas una investigación. A nivel de formulación de plásticos, tienes que consultar a un experto y me da la sensación de que la mayoría de plásticos de casa no son imprimibles.

- ¿Algo más que consideres relevante?

Sobre todo eso, si piensas en otros materiales diferentes a los de las sobras de impresión, es muy importante que sean imprimibles.

(Procede a enseñarme la impresora) Mira, tengo todas las sobras aquí (Garrafa de agua vacía que incluye restos de hilo, recortes, piezas defectuosas) pero no sé qué hacer con él, es verdad que podría haberlo separado por materiales a medida que los utilizaba para luego saber cuál es cual. (Procede a enseñar sus materiales en bobinas) Tengo todos estos, estas sobras de bobinas las podría utilizar para piezas pequeñas, hay que estar pendiente cuando haces una pieza grande para ver si el material que tienes en esa bobina te va a llegar.

## ENTREVISTA 5

- ¿Utilizas impresoras 3D con frecuencia? ¿De qué tipo? (Nos centraremos en impresoras solo tipo FDM)

Si. Es una impresora por hilo, FDM. Concretamente la Ender 3.

- ¿En qué contexto utilizas la impresora; por trabajo, por hobbie, etc? ¿Dónde se encuentra dicha impresora?

Ambas, en trabajos de la universidad y por hobbie. En mi casa, en la buhardilla.

- ¿Crees que gastas mucho plástico en la impresión y por ende, dinero?

Ni mucho ni poco, imprimo pero no son cosas muy grandes.

- ¿Qué materiales diferentes has utilizado en este tipo de impresión?

Solo PLA.

- ¿Qué problemas te suele dar la impresora?

Lo primero y lo que más me pasa es que se enrolle el hilo, es decir, que se atasque el hilo y no gire bien, provocado por un mal embobinado. Es una impresora indirecta, y como tal, me cuesta mucho meter el hilo, a veces incluso he tenido que cortar el hilo porque se me ha roto o atascado...

- ¿Crees que desperdicias muchas piezas, es decir, que te salen muchas defectuosas? ¿Y soportes?

Muy pocas. Soportes muchos, si, más que piezas defectuosas. Es más, hay veces que la pieza consume lo mismo que el soporte.

- ¿Tiras a la basura mucho hilo sobrante de la bobina?

He tenido suerte y lo suelo apurar bien a ojo, pero lo que sobra lo guardo y cuando tengo que hacer una pieza pequeñita lo vuelvo a poner, osea que poco. Para optimizarlo, intento apuntarme lo que consume cada pieza y hago cálculos para ver cuánto me queda, teniendo en cuenta el peso del carrete de la bobina que son 150g.

- ¿Crees que sería posible un sistema de reciclaje de todas estas sobras de impresión? ¿Lo utilizarías?

Si. Desde luego que lo utilizaría, si hubiese uno económico, lo compraría, de hecho lo he buscado, porque tengo un cubo entero lleno porque estoy seguro de que algún día sacaran una máquina que funda y extruya el filamento, igual tengo 2 kg que equivalen a 40€ aprox.

- ¿Conoces sistemas de reciclaje existentes? ¿De qué tipo?

No, los he buscado pero no, solo he visto algún experimento de algún tío. Bueno si es verdad que he visto alguno, pero no los cuento porque son carísimos, unos 1000€, y claro, yo tengo una máquina de 180, si hubiera alguno de 50€, incluso 100€, lo compraría. Pues todos estos son a partir de granza y bueno el experimento era a través de botellas que las cortaban.

- ¿Crees que sería posible además de estas sobras, utilizar otros desechos plásticos de casa, como pueden ser envases de alimentación u objetos?

Si.

- ¿Qué basura plástica que generes en casa crees que podría utilizarse para darle una segunda vida en impresión?

Botellas, tapones, envases de cocina limpios, bolis bic que es un material que está limpio y que sin tiras a la basura.

- ¿Algo más que consideres relevante?

Creo que en el futuro este sistema de reciclaje se venderá ya en conjunto con la impresora, estoy seguro.

Comparando el cabezal de *Mahor* que me has enseñado y una que he encontrado de granza, me gusta más la segunda, prefiero la idea de tenerlo por separado que no sea un cabezal, lo veo más complejo este último. No me gusta la idea de dejar de poder producir piezas con hilo que es ahora lo que hay, de hecho creo que en ningún sitio te venden la granza de forma accesible, en pequeñas cantidades.

## CONCLUSIONES

Una vez llevadas a cabo tanto las entrevistas como las encuestas, se ha llegado a una serie de conclusiones:

- Claramente se pueden distinguir dos tipos de usuario: el usuario amateur en impresión, que imprime por hobby con su impresora en casa, no consume mucho plástico y por tanto, no produce mucho desperdicio y suele utilizar PLA, y el usuario que utiliza la impresión en su trabajo, que consume bastante más plástico y por tanto produce más sobras, y además ha trabajado con una amplia variedad de materiales según la aplicación de la pieza.
- Los materiales que más gustan para imprimir son el PLA, por su facilidad de impresión, siempre y cuando no se busque un acabado bueno ni buenas

propiedades mecánicas, y el ABS, cuando al contrario que el PLA, se busca estos acabados y propiedades, aunque es más difícil de imprimir, ya que tiene peor adherencia entre capas.

- Los problemas más comunes de impresora relacionados con el filamento son los atascos en el extrusor que pueden deberse porque se funde mal el material que absorben agua y cuando se calientan la expulsan, por fibras que taponan de los materiales cargados, si el material se ha quedado duro y ha cambiado sus propiedades por un almacenamiento incorrecto, cuando cambias piezas que siempre funcionan peor que las originales, etc. Otro problema es la mezcla de colores porque al cambiar de bobina quedan restos en el cabezal de manera que salen mezclados
- En cuanto a desperdicio de material de impresión, depende completamente de la impresora, en el usuario amateur que suele tener una impresora menos estable, suele producir bastantes piezas defectuosas por la mala calidad de impresión. En cambio, soportes, pocos, pues esta mala calidad de impresión se hace muy complicado usarlos. Para el usuario que imprime en trabajo, pasa justo lo contrario, al tener impresoras de mayor calidad, la cantidad de piezas defectuosas es menor y de soportes mayor, ya que al ser una impresora buena que permite generarlos sin dar problemas.
- En cuanto a sobras de impresión, las piezas defectuosas además de por fallos de la impresora, también se pueden generar por fallo en el diseño del usuario, calcular mal unas tolerancias, dejarse alguna parte, dimensionado, etc. También cabe destacar que además de piezas defectuosas, sobrante de hilo o soportes, se genera mucho desecho en prototipos que tienen un tiempo de vida útil muy breve o que tras un uso ya no te sirven.
- En cuanto a desperdicio de hilo de bobina, en amateur muy poco, y en los que trabajan con ello, bastante aunque se optimiza más las sobras de cada bobina en particular al contar con máquinas mejores.
- Todos los usuarios tienden a guardar los restos de impresión porque les da cosa tirarlo y piensan que en un futuro podrán hacer algo con ellos. El problema es que no separan estas sobras por material, algo necesario para su reciclaje.
- Todos si creen que sería posible algún sistema para el reciclaje de las sobras de impresión pero, en el caso de los amateur, creen que no les valdría la pena comprarlo ya que al producir pocos desechos, no podría amortizar su precio. En su lugar, si estarían dispuestos a llevar estas sobras a un sitio que las recogiesen y tras pagar un precio, te devolviesen una bobina o similar.
- Por lo general, no conocen sistemas de reciclaje en particular, simplemente han oído algo de alguno, pero ninguno comercial. Bastante desconocimiento en el tema.
- Todos los usuarios son poco optimistas en cuanto al tema de reutilizar residuos de casa como envases para la impresión. Tienen mucho miedo en cuanto a la mezcla de diferentes materiales sin conocimiento y su capacidad para impresión, que se puedan producir atascos por suciedad, impurezas, mal olor... En general, inseguridad en cuanto a formulación de los materiales, aunque su nombre sea el

mismo que algunos de impresión, son completamente diferentes, pues cada uno lleva aditivos y otras sustancias que adaptan el material para cada uso.

- En cuanto a basura plástica generada en casa que piensan que podría usarse en impresión, coinciden en botellas principalmente, ya que siempre sería el mismo material y es algo muy común, tapones y bolsas, aunque estas últimas no saben si sería imposible imprimir. También surgió la idea de reciclar el carrete soporte del hilo en las bobinas, ya que siempre se generará y asegurar el mismo material.
- Se podría crear algo desde la impresora para fuera para no hacerlo complejo hacia el usuario y más compacto. Es decir, diseñar algo con respecto a la gestión, que se triture, etc., algo cercano que hiciese el hilo y que fuese alimentando directamente a la bobina de la impresora.

## Encuestas

Para llegar a un mayor número de usuarios, se llevará a cabo una encuesta a través de Google.

### PREGUNTAS

Para intentar que todas las personas respondan y finalicen la encuesta, se reducirá el número de preguntas a 10. Además, todas las posibles se plantearán en formato de respuestas rápidas de selección con opciones para facilitar su contestación.

A continuación se realizará una lluvia de ideas de preguntas a hacer en la entrevista y se procederá a su ordenación:

- ¿A qué rango de edad perteneces?
- ¿Cuál es tu profesión?
- ¿Utilizas impresoras 3D con frecuencia?
- ¿En qué contexto la utilizas?
- ¿Dónde se encuentra dicha impresora?
- ¿Qué tipo de impresora es?
- ¿Qué problemas te suele dar la impresora?
- ¿Crees que desperdicias mucho material de impresión, y por ende, dinero?
- ¿Qué tipo de material de impresión desperdicias?
- ¿Si te ofreciesen un sistema de reciclaje de todas estas sobras de impresión, lo utilizarías?
- Si conoces algún sistema de reciclaje existente, ¿de qué tipo es?
- ¿Crees que sería posible además de estas sobras, utilizar otros desechos plásticos de casa, como pueden ser envases de alimentación u otros?
- ¿Qué tipo de basura plástica más desechas en casa?

- Concretando un poco, ¿qué envases u objetos más desechas con regularidad?

## CONCLUSIONES

Una vez realizadas las encuestas, podemos comprobar que principalmente han contestado personas del rango de edad 41-65 años y que todos ellos están en proceso o poseen un título universitario. En general no se ha podido recopilar nada nuevo con respecto a las entrevistas, tan solo las reafirman. Simplemente cabe destacar que el residuo más común que todo el mundo piensa que se podría usar en impresión, son las botellas de plástico, que de hecho es una tipología de los sistemas de reciclaje vistos.

## Método persona

Tal y como se ha visto en las conclusiones, podemos sacar claramente dos perfiles diferentes. Para tener una idea más clara de ello, a continuación se realizan sus métodos persona.

### USUARIO AMATEUR

#### Javier Martinez

"En casa apaño cualquier cosa"



#### CARACTERÍSTICAS DE LA IMPRESORA

- Calidad de impresión: baja
- Materiales usados: PLA
- Precisión dimensional: baja
- Ubicación: casa

#### DESECHOS

- Cantidad de desperdicios: Baja
- Tipos de desechos más comunes: piezas defectuosas por impresión, piezas defectuosas por mal diseño (en dimensiones, tolerancias, etc.) y de vez en cuando sobrantes de bobinas.

#### VISIÓN ACERCA DEL RECICLAJE

- Disposición a utilizar un sistema de reciclaje: sí, si es barato y fácil
- Conocimiento sobre sistemas de reciclaje actuales: bajo
- Conocimiento sobre formulación de plásticos y compatibilidad: baja
- Visión acerca del reciclaje de basura plástica generada en casa: pesimista
- En general, miedo a utilizar nuevos plásticos en impresión

**EDAD** 23

**TRABAJO/ESTUDIOS** Estudios Universitarios

**FRECUENCIA EN IMPRESIÓN** Media-Baja

CONTEXTO DE USO		Hobbie	OBJETIVOS
IMPRESIÓN			
IMPRESORA	Ender 3		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer regalos creativos a las personas de su alrededor.</li> <li>• Entretenese</li> <li>• Arreglar objetos en casa modelando e imprimiendo las piezas rotas.</li> <li>• Diseñar e imprimir a medida objetos que ayuden en casa como organizadores de cajones, para los mandos de televisión, etc.</li> </ul>
NIVEL ADQUISITIVO	Medio-Bajo		

MARCAS		FRUSTRACIONES
	   	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando cambio de color de PLA, la parte baja de la pieza sale con colores mezclados.</li> <li>• Se me tapona el extrusor muchas veces.</li> <li>• Me es imposible generar piezas complejas, ya que mi impresora es un desastre generando soportes.</li> <li>• 1 de cada 4 piezas que hago salen defectuosas por fallos de impresión.</li> <li>• Muchas veces me equivoco con algunas dimensiones y tengo que volver a imprimir la pieza entera.</li> <li>• Si se me acaba el hilo en medio de una impresión, lo generado tengo que tirarlo y volver a empezar.</li> <li>• No se que hacer con las piezas defectuosas, las guardo en una caja.</li> </ul>

## USUARIO PROFESIONAL



EDAD 42

TRABAJO/  
ESTUDIOS Ingeniero

FRECUENCIA EN  
IMPRESIÓN Alta

CONTEXTO DE USO  
IMPRESIÓN Trabajo

IMPRESORA Ultimaker S5

NIVEL  
ADQUISITIVO Medio-Alto

### MARCAS

### CARACTERÍSTICAS DE LA IMPRESORA

- Calidad de impresión: alta
- Materiales usados: ABS, PLA principalmente, pero también muchos otros como PETG.
- Precisión dimensional: media-alta
- Ubicación: laboratorio

### DESECHOS

- Cantidad de desperdicios: Alta
- Tipos de desechos más comunes: sobrantes de hilo de bobinas, soportes, alguna pieza defectuosa, pero sobre todo prototipos con corta vida útil.

### VISIÓN ACERCA DEL RECICLAJE

- Disposición a utilizar un sistema de reciclaje: sí
- Conocimiento sobre sistemas de reciclaje actuales: medio
- Conocimiento sobre formulación de plásticos y compatibilidad: media
- Visión acerca del reciclaje de basura plástica generada en casa: neutral
- En general, un poco miedo a utilizar nuevos plásticos en impresión y e ese caso, siempre utilizar el mismo, ej: botellas de agua

### OBJETIVOS

- Gastar el menor material posible.
- Crear prototipos buenos en cuanto a acabados.
- Si necesario, crear prototipos buenos en cuanto a propiedades mecánicas.

### FRUSTRACIONES

- El extrusor se tapona muchas veces, sobre todo cuando es material cargado con fibra, o cuando de material, o cuando el material coge agua.
- No se que hacer con todos los restos de impresión, me da cosa tirarlos, los guardo en una caja todos juntos.
- A veces, para algunas piezas grandes se gasta muchísimo material, sale carísimo.

# Residuos reciclables en impresión

En cuanto a residuos reciclables para impresión, se pueden dividir en dos grandes bloques; residuos sobrantes de la propia impresión y residuos que el usuario puede producir en casa:

## Residuos de impresión

Entre residuos de impresión encontramos los siguientes:

- Pieza defectuosa: así mismo esto se divide en dos según su causa; por una mala impresión o por fallo en el diseño (dimensional, tolerancias, falta una parte de la pieza...)
- Filamento sobrante de bobina
- Material de soporte
- Carrete de soporte de la bobina: pueden ser de diversos materiales, PC, PS, ABS o SAN. Viene indicado de manera fácil de ver normalmente. [22]



Figura 8: Símbolo del material en el carrete de na bobina

## Residuos producidos por el usuario de otros ámbitos

Entre los residuos producidos por el usuario se pueden diferenciar varias categorías. En cada una de ellas, se listan diferentes productos con sus materiales:

### ENVASES ALIMENTICIOS

- Tapones de botellas: PET o PP
- Botellas: PET
- Papel film: mezcla PE y PP
- Bandejas de carnes de supermercado: LDPE para el film de sellado, PVC (el rígido) o PS (los que son hinchados) para la bandeja
- Bolsas de ensalada, nueces: PP, PE o PET reciclado.
- Yogures: PP o PS de alto impacto
- Envases de café preparado: PP
- Envase margarina o quesos frescos: PP
- Envoltorio galletas: PP
- Pajitas: PP
- Vasos, platos y cubiertos de plástico: últimamente PLA, PP y PS para cubiertos y vasos transparentes rígidos
- Botes de salsas: PET

### ETIQUETAS DE ROPA

- Etiquetas: PETG o PVC
- Bolsitas zip de botones extra: LDPE

### ENVASES DE JUGUETES

- Plástico transparente con forma: PE
- Bridas: PA6.6, Nylon o PE

### PLÁSTICOS EN PAPELERÍA

- Tapa de pegamento: PET o PP
- Plástico fino transparente parecido a film que forra paquetes de folios o post-it: PE/PP
- Plástico de forrar libros: PVC o PP

## PLÁSTICOS EN BRICOLAJE

- Bridas: PA6.6, Nylon o PE
- Plástico transparente con forma con el que se recubren componentes en envase: PE.

## PLÁSTICOS EN LIMPIEZA

- Envase detergente: HDPE
- Plástico transparente de papel de baño o cocina: PE /PP
- Envoltorio bayetas o estropajos
- Spray productos de limpieza: PET

## PLÁSTICOS EN HIGIENE PERSONAL

- Envase gel o champú: HDPE
- Envase gel de manos transparente: PET
- Envase crema: PP, PET o PVC

## BOLSAS

- Bolsas de frutas o verduras: PE
- Bolsas normales de supermercado: PE, fécula de patata.

Una vez listado residuos plásticos y sus materiales, los clasificaremos a continuación tan solo los residuos cuyos materiales coincidan con los imprimibles en impresión, estudiados anteriormente:

*Tabla 6los materiales reciclables: Residuos en los que se encuentran*

PLA	Nylon	PC
Vasos desechables	Bridas	Botellas de agua superiores a 10 L
Platos desechables		
Cubiertos desechables		

<b>PP</b>	<b>PETG</b>
Tapones	Tapones
Bolsas ensalada y similar	Botellas
Envase yogurt	Bolsas ensalada y similar
Envase margarina y quesos frescos	Etiquetas de ropa
Envoltorio galletas	Tapa pegamento de barra
Pajitas	Botella spray productos limpieza
Vasos desechables	Envase gel de manos
Platos desechables	Botes de salsas
Cubiertos desechables	
Tapa pegamento de barra	
Plástico forro libros	

## Conclusiones

Finalmente, entre los residuos producidos por el usuario, y teniendo en cuenta las entrevistas, encuestas y la tabla anterior, y para evitar complejidad, confusiones y mantener el material lo más constante posible, reduciremos el reciclaje de otros materiales a los siguientes, además de los materiales de impresión:

- Carretes de bobinas gastadas: debido a que normalmente el usuario siempre suele comprar el mismo material al mismo proveedor, asegurando de esta manera un material constante.
- Botellas: ya sean de agua, bebidas edulcorantes o zumos. El usuario siempre tiende a comprar mismas marcas y suele ser un residuo constante y bastante abundante. Además ya se ha probado que se puede fabricar filamento con el mismo y sirve en la impresión.
- Tapones de botellas: al igual que las botellas, se producen en la misma cantidad y constancia. Además, mucha gente los sigue acumulando debido a anteriores campañas de recogida, teniendo así ya la costumbre generada y una cantidad acumulada para su uso en impresión.
- Vasos desechables de PLA

El resto de productos, aunque también se produzcan en cierta forma constante, no podemos asegurar su material, ya que no viene información sobre ello en el envoltorio o envase, de manera que no es fiable usarlos para imprimir si no es seguro el cocimiento del material.

# Customer journey

A continuación, se llevará a cabo un estudio del proceso que seguiría el usuario si utilizase un sistema de reciclaje. El objetivo será sacar problemas y oportunidades del mismo para posteriormente tenerlos en cuenta en el diseño en forma de EDP's.

Tabla 7: Customer journey

ETAPAS	1 DISEÑO CAD	2 PONER MATERIAL EN IMPRESORA	3 PROGRAMACIÓN DE IMPRESORA
<b>NECESIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento de las dimensiones y tolerancias</li> <li>Conocimiento de su función</li> <li>Conocimiento del material</li> <li>Adaptar la pieza real para que sea imprimible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posesión de una bobina del material deseado y diámetro adecuado.</li> <li>Conocimiento de cómo hacerlo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento de la temperatura de fusión del material y flujo del material</li> </ul>
<b>ACTIVIDADES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Diseño de la pieza</li> <li>Modelado</li> <li>Preparación de la misma para impresión</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Sacar bobina actual</li> <li>Meter bobina nueva</li> <li>Introducir el primer tramo de hilo hasta el extrusor.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Comprobar datos</li> <li>Introducirlos</li> <li>Seleccionar archivo de pieza</li> </ol>
<b>ARTEFACTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de modelado 3D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bobina de hilo</li> <li>Hilo</li> <li>Impresora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carrete de la bobina</li> <li>Pantalla de la impresora.</li> </ul>
<b>SENSACIONES</b>			
<b>POSIBLES PROBLEMAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconocimiento de tolerancias</li> <li>Desconocimiento de los grosos mínimos para impresión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El hilo esta enredado con nudos.</li> <li>Se rompe un tramo de hilo al hacerlo</li> <li>No atinar con el hilo en el orificio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No encontrar los datos</li> <li>Interpretación incorrecta de los datos.</li> <li>Introducir mal los datos</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No concierne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptar el sistema de reciclaje a la ubicación de la bobina en la impresora, de manera que se integre con ella y alimente directamente si escoges la opción del hilo reciclado, evitando así muchas veces este paso en lugar de hacer bobinas recicladas que tendrías que cambiar continuamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar al sistema una guía con estos datos para que el usuario según que tipo de material recicle, sepa cómo debe programarla</li> </ul>

<b>ETAPAS</b>	<b>4 IMPRIMIR</b>	<b>5 RETIRAR PIEZA</b>	<b>6 LIMPIAR PIEZA</b>
<b>NECESIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La impresora imprime correctamente</li> <li>• Tiempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El material no se agarra a la cama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay material que quitar</li> <li>• El material sobrante se extrae con facilidad</li> </ul>
<b>ACTIVIDADES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Comenzar la impresión</li> <li>2.Esperar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Apagar impresora</li> <li>2.Retirar con herramienta</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Revisar pieza</li> <li>2.Limpiar sobrantes</li> </ol>
<b>ARTEFACTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cama de impresora</li> <li>• Pieza</li> <li>• Herramienta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieza</li> <li>• Material de limpieza</li> </ul>
<b>SENSACIONES</b>			
<b>POSIBLES PROBLEMAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warping</li> <li>• El extrusor se tapona</li> <li>• La bobina se acaba antes de finalizar la pieza</li> <li>• No correcta adherencia de las capas.</li> <li>• Se producen materiales sobrantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El material de la base esta agarrad demasiado fuerte de manera que la pieza se desgarra y rompe al quitarla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este material sobrante es dificil de extraer</li> <li>• Confundir este material con una parte de la pieza</li> <li>• Se quedan marcas al quitar el material.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar al usuario aditivos para mejorar adherencia de capas al crear el material de materiales de casa</li> <li>• Implementar reservas o sistema para fusionar hilos de diferentes bobinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No concierne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No concierne</li> </ul>

<b>ETAPAS</b>	<b>7 UTILIZAR</b>	<b>8 TRITURAR</b>	<b>9 CONVERSIÓN A HILO</b>
<b>NECESIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pieza no sale defectuosa.</li> <li>• La pieza vale para la aplicación como se esperaba.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posesión de la herramienta necesaria.</li> <li>• El material es triturable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir el material en la forma pedida por la máquina</li> <li>• Sacar como resultado una bobina de hilo ordenado.</li> </ul>
<b>ACTIVIDADES</b>	1.Utilizar para la aplicación deseada	1.Apagar impresora 2.Retirar con herramienta	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Introducir material a reciclar</li> <li>2.Configurar el dispositivo</li> <li>3.Encender</li> </ol>
<b>ARTEFACTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta para triturar</li> <li>• Pieza o residuo para devolver al ciclo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material</li> <li>• Dispositivo de reciclado</li> <li>• Bobina final</li> </ul>
<b>SENSACIONES</b>			
<b>POSIBLES PROBLEMAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolerancias incorrectas</li> <li>• Dimensiones incorrectas</li> <li>• Material inadecuado.</li> <li>• El usuario no sabe que hacer con ella tras su uso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El objeto es demasiado grande</li> <li>• El objeto es demasiado rígido</li> <li>• La herramienta tiene restos de otros materiales que se mezclan, introduciendo impurezas y contaminándolo.</li> <li>• No se tritura regularmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El material tiene una temperatura de fusión diferente a la esperada.</li> <li>• El extrusor se atasca por impurezas.</li> <li>• El usuario mezcla materiales.</li> <li>• Si es grana, granos grandes que no llegan a fundir.</li> <li>• Se introducen impurezas.</li> <li>• El embobinado se produce de forma incorrecta, mismo lado.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No concierne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No concierne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía con materiales imprimibles y productos que los contienen y se pueden utilizar, indicando propiedades obtenidas y parámetros necesarios</li> </ul>

## Conclusiones

Los principales resultados de Customer Journey han sido las oportunidades generadas en algunos de los pasos, ya que los problemas no distan de todos los que los usuarios ya mencionaron en entrevistas y encuestas.

Entre estas oportunidades:

- Adaptar el sistema de reciclaje a la ubicación de la bobina en la impresora, de manera que se integre con ella y pueda alimentarla directamente. Todo ello tan solo si escoges la opción del hilo reciclado, es decir, que se mantenga un espacio para colocar una bobina comercial, ya que para algunos prototipos serán necesarias unas propiedades concretas que solo en material virgen comprado se conseguirán, ya que en el reciclado, tal y como mencionan varios artículos leídos, se pierden algunas propiedades. Todo esto evitaría muchas veces el paso de colocar la bobina e introducir el hilo, que como se ha visto, puede llevar a algún problema.
- Implementar al sistema de reciclado una guía con los datos necesarios para que el usuario según qué tipo de material recicle, sepa cómo debe programar la impresora: punto de fusión, etc.
- Enviar al usuario en el kit aditivos para mejorar adherencia de capas al crear material nuevo a partir de residuos de casa.
- Implementar reservas o sistema para fusionar hilos de diferentes bobinas.
- Guía con materiales imprimibles y los productos que los contienen en residuos de casa que sean utilizables para ello. Indicando también las propiedades que se obtendrían en el prototipo una vez impreso y los parámetros necesarios.

## Análisis de entorno

Una vez hecho el análisis de usuario, como se ha visto anteriormente, se han diferenciado dos posibles perfiles de usuario; amateur y profesional. Cada uno de ellos se encuentra bajo un entorno ligeramente diferente, de manera que se ha procedido a estudiar cada uno de ellos:

### Doméstico

El usuario tendrá un lugar improvisado para la impresora y el sistema de reciclaje. Con suerte, podría tratarse de un usuario con un garaje, pero como lo más condicionante y

probable es que se encuentren en una habitación extra de la casa, se tomara esta como referencia.

De esta manera, se deberán tener en cuenta los siguientes condicionantes:

- El usuario no tendrá por qué tener a su disposición herramientas que pudiesen hacer falta.
- El usuario no tendrá a su disposición mucho espacio para ellos, y menos todavía un espacio en el que poder manejar materiales.
- Estará expuesta al polvo, conductor eléctrico.
- Estará expuesto a agentes químicos hallados en productos de limpieza.
- Se podría considerar la presencia de mascotas
- Se podría considerar la presencia de niños.
- El producto podría encontrarse próximo a la calefacción.



Figura 9: Entorno doméstico

## Taller/Laboratorio

En este otro caso, la impresora y el sistema de reciclaje se situarán en un taller o laboratorio, de manera que se deberán de tener en cuenta estos otros factores:

- El usuario tendrá a su disposición herramientas, dispositivos de bricolaje y otros elementos similares.
- El usuario tendrá a su disposición diferentes espacios para impresoras, el sistema de reciclaje.
- El usuario tendrá mesas y espacio para manipular materiales.
- Estará expuesto al polvo.
- Estará expuesto a suciedad de otro tipo como restos de materiales.
- Estará expuesto a agentes químicos hallados en productos de limpieza.

- Se suelen mantener unas temperaturas adecuadas para el trabajo de materiales (18°C aprox.)

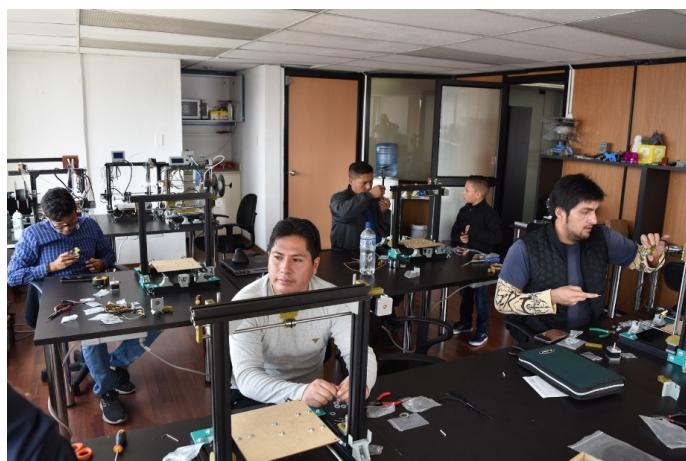


Figura 10: Entorno de taller o laboratorio

## Conclusiones

A partir de los condicionantes de cada uno de los entornos anteriores, se han sacado las siguientes conclusiones:

### DOMÉSTICO

- El producto no requerirá de herramientas complejas, es decir, nada más allá de un destornillador básico o similar. Si no es así, deberá incluir lo necesario.
- El producto deberá tener unas dimensiones reducidas, lo más posible.
- El producto no requerirá de una preparación compleja del material.
- Aquello formalmente más complejo deberá protegerse con carcasa, para evitar la entrada del polvo en el mecanismo y circuito.
- Esta carcasa deberá ser formalmente simple para una limpieza sencilla y de un material resistente a los agentes químicos.
- El producto deberá ser difícil de mover a ojos de mascotas y niños. Ejemplo, base pesada, gomas antideslizantes en la base, etc.
- Aquellas partes eléctricas, deberán ir protegidas y/o estar bien selladas.
- Los materiales del producto deberán ser lo suficientemente estables térmicamente para aguantar el calor de la calefacción en invierno.

## TALLER/LABORATORIO

- El dispositivo tendrá permitido requerir si necesario de herramientas en el montaje, sin necesidad de tener que incluirlas en el producto.
- El producto podrá tener unas dimensiones mayores al doméstico si necesario.
- El producto podrá utilizar materiales cuyo trabajo de preparación sea más complejo, abriendo más las posibilidades.
- Aquello formalmente más complejo deberá protegerse con carcasa, para evitar la entrada del polvo y restos en el mecanismo y circuito.
- Esta carcasa deberá ser formalmente simple para una limpieza sencilla y de un material resistente a los agentes químicos.

# Especificaciones de diseño

Tras toda la investigación anterior y sus conclusiones, se ha procedido a extraer unas especificaciones de diseño generales que guiarán la fase siguiente de generación de conceptos.

Para un mejor entendimiento, se han agrupado por apartados según objetivo:

## Funcionalidad

- Deberá ser un dispositivo que permita reciclar tanto materiales de impresión como otros residuos plásticos.
- La forma final de este material reciclado será en forma de filamento.
- Deberá ser capaz de producir los dos tamaños normalizados de hilo: diámetros de 1,75mm y 2,85mm.
- Deberá ser capaz de bobinar el filamento de manera autónoma.

## Usuarios objetivos

- Deberá estar pensado para uno de los siguientes usuarios: usuario amateur en impresión, que imprime por hobby con su impresora en casa, no consume mucho plástico y por tanto, no produce mucho desperdicio y suele utilizar PLA, y el usuario profesional, que consume bastante más plástico y por tanto produce más sobras, y además ha trabajado con una amplia variedad de materiales según la aplicación de la pieza.

## Entorno

- El entorno podrá ser, según el usuario, doméstico o taller/laboratorio.
- Para el entorno doméstico, el producto deberá ser difícil de mover a ojos de mascotas y niños. Ejemplo, base pesada, gomas antideslizantes en la base, etc.

## Vida útil

- Deberá estar diseñada para aguantar como mínimo 10 años.
- Deberá ser desmontable para que en caso de desgaste o rotura de una pieza, pueda cambiarse fácilmente para prolongar su vida útil.

## Coste

- En el caso del usuario amateur, deberá ser un dispositivo muy económico, con un precio menor a las impresoras 3D más básicas que normalmente adquieren este tipo de usuarios, 250€ aproximadamente.
- En el caso de usuario profesional, tendrá una mayor libertad de precios.

## Dimensiones

- En el caso del usuario amateur, deberán ser unas dimensiones más reducidas. Deberá tener un tamaño menor al de la propia impresora.
- En el caso de usuario profesional, tendrá una mayor libertad de tamaño.

## Componentes

- El dispositivo deberá trabajar con un extrusor.
- El dispositivo deberá tener una pequeña pantalla desde la cual el usuario pueda cambiar los parámetros necesarios: temperatura, velocidad de motor...
- El dispositivo deberá contar con un sistema de bobinado.
- El dispositivo deberá contar con un sistema de alimentación de gran capacidad con el objetivo de que el usuario tenga una menor dependencia con el dispositivo.
- El dispositivo será recomendable que facilite un sistema de almacenamiento de los materiales separados para facilitar el reciclaje.

## Estética

- En el caso de usuario amateur, deberá seguir una estética más amigable.
- Para el usuario profesional, deberá dar una imagen más técnica.

## Interfaz

- Implementar al sistema de reciclado una guía con los datos necesarios para que el usuario según qué tipo de material recicle, sepa cómo debe programar la impresora: punto de fusión, etc.
- Guía con materiales imprimibles y los productos que los contienen en residuos de casa que sean utilizables para ello. Indicando también las propiedades que se obtendrían en el prototipo una vez impreso y los parámetros necesarios, ya que son poco optimistas en cuanto a el reciclaje de residuos. Deberá tener una interfaz muy sencilla e intuitiva, evitando que el usuario dude de los pasos a seguir.

## Ergonomía

- Esta carcasa deberá ser formalmente simple para una limpieza sencilla.

## Seguridad

- Aquellas partes eléctricas, afiladas o puntiagudas, deberán ir protegidas y/o estar bien selladas.
- Aquello formalmente más complejo deberá protegerse con carcasa, para evitar la entrada del polvo y restos en el mecanismo y circuito.

## Montaje

- En el caso del usuario amateur, el producto no requerirá de herramientas complejas, es decir, nada más allá de un destornillador básico o similar. Si no es así, deberá incluir lo necesario.
- Para un usuario profesional, el dispositivo tendrá permitido requerir si necesario de herramientas en el montaje, sin necesidad de tener que incluirlas en el producto.

## Materiales del producto

- Para entorno doméstico, los materiales del producto deberán ser lo suficientemente estables térmicamente para aguantar el calor de la calefacción en invierno.
- Los materiales deberán ser resistentes a los agentes químicos contenidos en los productos de limpieza.

## Materiales reciclados

- El material reciclado debe tener una buena adherencia entre capas.
- El rango de temperaturas entre la de cristalización y fluidez deberá ser largo y constante.
- No se deberán utilizar materiales que se expandan o contraigan considerablemente para evitar problemas con la impresión.
- Se tratará de evitar materiales higroscópicos.
- Su temperatura de transición vítrea deberá ser alta para evitar deformaciones a temperaturas alcanzadas en casas o coches.
- Se podrá reciclar cualquier material de impresión, principalmente PLA y ABS, los más comunes.
- Solo se podrán reciclar los siguientes materiales procedentes de residuos domésticos: PP y PETG.
- El dispositivo no permitirá la mezcla de materiales.
- El dispositivo no permitirá el uso de materiales cargados con fibras, debido a que producen muchos problemas en el extrusor.
- Si el dispositivo es a partir de pellet, se deberá incluir un tamiz a la entrada de material, para evitar que entren granos demasiado grandes que no lleguen a fundir con el resto y que luego se vea reflejado en las propiedades de la pieza.
- Su preparación deberá ser sencilla y rápida.
- En cuanto a residuos para el reciclaje, deberá centrarse en tan solo botellas, tapones, carretes de bobinas, bolsas de ensaladas similares, etc., ya que son aquellos más fiables que aseguran el material y es un residuo constante en una vivienda.

## Calidad del material obtenido

- Deberá crear un filamento con un diámetro constante.
- Deberá crear un filamento con el menor número de impurezas posibles.
- La sección del filamento deberá mantenerse circular en todo momento.

# FASE 2:

## Ideación

# Lluvia de ideas

Una vez acabada la etapa de investigación, y tras sacar las conclusiones y formar unas especificaciones de diseño, se ha procedido a la fase de ideación.

Igualmente, durante esta primera fase de investigación, han ido surgiendo varias ideas que se ha ido anotando. Se muestran a continuación:

- Kit do it yourself, en el cual se proporcionan planos o archivos CAD de las piezas imprimibles, y se envían las piezas que no lo son (piezas metálicas o componentes eléctricos), así como instrucciones claras de su montaje.
- Servicio como punto de recogida de todos estos residuos plásticos ya sean domésticos u de impresión en el cual el usuario pueda llevarlos y tras acumular cierto pesaje y pagar una pequeña cantidad de dinero, se les devuelva en forma de bobinas.
- Dispositivo en forma de módulo para la impresora, que pueda unirse generando una bobina de la cual la impresora pueda coger el hilo directamente. Esta misma podría hacerse en dos versiones para ambos usuarios.

Además de esto, a continuación, también han surgido las siguientes ideas:

- Un dispositivo polivalente que pudiese adaptarse a las tres formas de materia prima: pellet, filamento y cinta de botella, que contase con un sistema de lavado de botellas como los de los bares (expulsión de agua hacia arriba hacia arriba), un sistema de triturado de las botellas.
- Variante del punto de recogida en el cual no sería un taller en el que una persona te lo hiciera sino unas máquinas en el cual ellas por si solas al introducir el material, lo pesasen y escaneasen, triturasen y formasen una nueva bobina de filamento.

Cabe destacar que en todas ellas iría incluidas las guías sobre los materiales y un sistema de almacenamiento por materiales.

## Concepto 1: *Do It Yourself*

### Definición

Se trataría de un servicio en el cual se proporcionasen al usuario todo lo necesario para crear un dispositivo de reciclaje de plásticos para su conversión el nuevo filamento en forma de bobina. Empezando por facilitar archivos CAD listos para imprimir de todas

aquellas partes del producto imprimibles. El resto, como el extrusor, pantalla u otros componentes, se enviarían a domicilio o se recogerían en tienda.

Además, también se proporcionarían vídeos explicativos para el montaje del mismo, y las herramientas para hacerlo, siempre que fuesen necesarias.

Por último, para ayudar al usuario en la selección de materiales y los residuos, se incluiría una guía en la cual en función de la aplicación de la pieza y propiedades que se quisiese dar, recomendase materiales y dijese de qué residuos se podrían sacar.

## Usuario objetivo

Este servicio iría dirigido a usuarios amateur que imprimen con una frecuencia media y desechan una cantidad relativamente baja de plástico. Estos usuarios tienen impresoras de unos 250€ y por tanto necesitan de un sistema con un precio menor a esto.

## Entorno

De esta manera, el producto iría dirigido a un entorno doméstico y por tanto, deberá ceñirse a las especificaciones de diseño de este.

## Funcionamiento

El funcionamiento del producto de manera resumida sería producir filamento a partir de material triturado previamente, que se calentaría hasta fundirse y se extruiría con un diámetro concreto, para posteriormente ser bobinado.

## Componentes

Se trataría de componentes simples; una tolva para introducir el pellet que alimentaría un canal con un husillo que empujaría el material, y con rozamiento y el calor de unas resistencias se iría fundiendo para poder ser extruido por este agujero de cierto diámetro.

Este hilo recién fabricado sería transportado por un tubo ayudado por unas ruedas hasta la bobina en la cual sería enrollado automáticamente con algo que lo hiciese desplazar de un lado a otro para ser bobinado de manera ordenada.

El husillo previamente mencionado sería accionado por un motor, así como la cinta transportadora del filamento.

Para controlar parámetros como la velocidad del husillo para flujo del material, temperatura de resistencias, etc., llevaría una pequeña pantalla.

Además con cada puesta en marcha, al igual que las impresoras, el cabezal extrusor escupiría para limpiar sus conductos y así no general hilo defectuoso al principio. El carrete en el cual se embobinaría sería cambiable por el usuario y su soporte sería compatible con los comerciales con el objetivo de que el usuario reutilice los usados y pueda poner uno nuevo en función del material a reciclar.

## Factor diferenciación

No existe nada parecido comercializado en el mercado, todos los do it yourself siguen siendo caseros y experimentales, haciendo el proceso de conseguir el dispositivo muy complejo. Además tienen muchas carencias como la falta de bobinado de manera autónoma y otras.

Además el objetivo sería algo barato y asequible para que estos usuarios, que tienen un perfil más "manitas", y que les gusta fabricar y diseñar cosas por cuenta. El servicio podría plantearse a modo de reto o juego, como pasa de los kits de laboratorio de juguetes de niños con todas estas ayudas que se proporcionarían.

## Especificaciones de diseño

### FUNCIONALIDAD

- Su funcionalidad principal será producir filamento a partir de pellet
- Una funcionalidad secundaria será el bobinado de forma automática
- Una funcionalidad secundaria será permitir al usuario controlar algunos parámetros como temperatura.
- Una funcionalidad secundaria será mantener a una temperatura adecuada el filamento en todo el proceso.

## USUARIO OBJETIVO

- Su usuario objetivo deberá ser el usuario amateur a que le gusta fabricar y diseñar objetos por su cuenta y plantearse retos, en otras palabras, "manitas".

## ENTORNO

- El entorno al que irá dirigido será el ámbito doméstico
- El producto deberá ser difícil de mover a ojos de mascotas y niños. Ejemplo, base pesada, gomas antideslizantes en la base, etc.

## VIDA ÚTIL

- Deberá estar diseñada para aguantar como mínimo 10 años.
- Deberá ser desmontable para que en caso de desgaste o rotura de una pieza, pueda cambiarse fácilmente para prolongar su vida útil.

## COSTE

- Deberá tener un coste menor que el coste de las impresoras FDM más baratas, es decir, lo más bajo posible considerando que este precio es de 250€.

## DIMENSIONES

- Deberá tener unas dimensiones menores que la impresora 3D, es decir, menor a 220 x 220 x 250 mm aproximadamente.

## COMPONENTES

- Deberá contar con una tolva con capacidad para el volumen de una bobina o más.
- Deberá contar con un extrusor con husillo, cavidad, resistencias y cabezal con agujero del diámetro adecuado.
- Deberá contar con un sistema de refrigeración sencillo, un ventilador.
- Deberá tener un sistema de transporte del filamento hasta el sistema de bobinado.
- Deberá poseer un sistema de bobinado automático
- Deberá poseer un panel de control o pantalla en la cual el usuario introduzca los parámetros.
- Deberá contar con una carcasa.
- Deberá contar con las conexiones necesarias

- Deberá contar con los motores y engranajes necesarios.

## ESTÉTICA

- La estética deberá ser amigable
- La estética deberá ser coherente con la de una impresora estándar a nivel de acabados.

## INTERFAZ

- Deberá contener una guía con materiales imprimibles y los productos que los contienen en residuos de casa que sean utilizables para ello. Indicando también las propiedades que se obtendrían en el prototipo una vez impreso y los parámetros necesarios,
- La pantalla deberá ser intuitiva y sencilla
- Las partes en con las cuales interaccione el usuario deberán estar resaltadas.

## ERGONOMÍA

- Esta carcasa deberá ser formalmente simple para una limpieza sencilla.

## SEGURIDAD

- Aquellas partes eléctricas, afiladas o puntiagudas, deberán ir protegidas y/o estar bien selladas.
- Aquello formalmente más complejo deberá protegerse con carcasa, para evitar la entrada del polvo y restos en el mecanismo y circuito.

## MONTAJE

- El producto no requerirá de herramientas complejas, es decir, nada más allá de un destornillador básico o similar. Si no es así, deberá incluir lo necesario.

## MATERIALES

- Los materiales del producto deberán ser lo suficientemente estables térmicamente para aguantar el calor de la calefacción en invierno.
- Los materiales deberán ser resistentes a los agentes químicos contenidos en los productos de limpieza.

## Boceto

A continuación se muestra un boceto de la composición de los elementos:

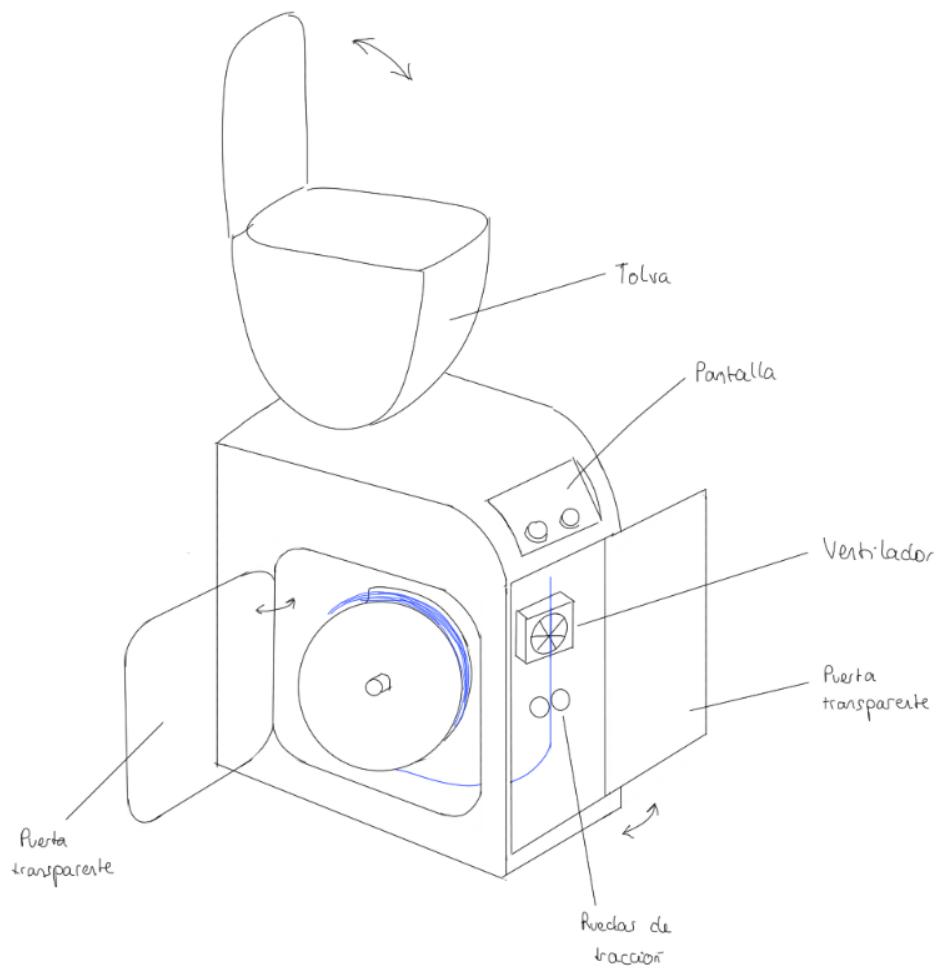


Ilustración 1: Concepto 1; Do It Yourself

## Secuencia de uso



Ilustración 2: Secuencia de uso del concepto 1

## Concepto 2: *Punto de recogida*

### Definición

Consistiría en un servicio en el cual se establecería un punto de recogida de materiales plásticos de sobras de impresión o de residuos de casa.

Al usuario se learía entregado unos pequeños contenedores para acumulación y separación de plásticos en el cual tuviese varias cavidades en función del material. Estas cavidades, tendría un volumen específico el cual una vez lleno, significaría que el usuario tendría la cantidad perfecta para llevar este material al punto de recogida y obtener una bobina a cambio, pagando una pequeña suma de dinero. El usuario, aunque solo acumulase un material, una vez allí podría consultar disponibilidad de otros materiales e incluso otros colores para elegir,

El material procedente de los usuarios una vez allí sería triturado y convertido a hilo por un dispositivo.

## Usuario objetivo

Este servicio iría dirigido a usuarios amateur que imprimen con una frecuencia media y desechan una cantidad relativamente baja de plástico. Concretamente, aquellos más reacios a comprar o montar el propio sistema de reciclaje, o que incluso les asusta la complejidad del proceso.

## Entorno

El dispositivo de reciclaje iría dirigido a un entorno de taller/laboratorio y por tanto, deberá ceñirse a las especificaciones de diseño de este. Además se deberá considerar el entorno doméstico a la hora del diseño de los contenedores para el usuario cliente final.

## Funcionamiento

El funcionamiento del dispositivo en el punto de recogida sería convertir el plástico procedente de residuos de pellet a filamento correctamente bobinado. Para ello, en el propio punto debería integrarse un peso y trituradora.

Además el producto dirigido al cliente, el contenedor, tendría la función de almacenar y separar los materiales plásticos.

## Componentes

En cuanto al dispositivo, contaría con un sistema de alimentación, con una gran tolva y conducto, un sistema de preparación del material incluyendo el canal con el husillo y las resistencias, un sistema de conversión del material, con cabezales intercambiables de los diferentes diámetros, un sistema de bobinado automático, que recogería el filamento recién extruido y lo enrollaría de manera ordenada en el carrete y un sistema de control de los parámetro, incluyendo una pantalla, motores

Además de esto contaría con motores, engranajes reductores, carcasa, interruptor y otros tipos de conexiones. Todo con un acabado más técnico y dimensiones mayores.

En el caso del contenedor sería base-soporte con cavidades para encajar otros contenedores individuales más pequeños en los cuales cada uno sería para un material diferente.

## Factor diferenciación

En el mercado no existe ningún servicio al público parecido. De manera que haría más cercano y familiar el reciclaje de estos residuos al público, asemejándose a otros sistemas actuales de recogida como de tapones, materia orgánica, etc. y de una manera muy simple, dejando de lado la parte más técnica de la preparación del material, formulación de plásticos y configuración de los parámetros.

Por otro lado, como ya se ha mencionado, dejaría al alcance del público materiales más especiales a un precio mucho más asequible, al poder el usuario elegir la bobina independientemente del material aportado.

## Especificaciones de diseño

### FUNCIONALIDAD

- Dentro del dispositivo de reciclado, su funcionalidad principal será producir filamento a partir de pellet y entre sus secundarias serán: el bobinado de forma automática, permitir al usuario técnico controlar algunos parámetros como temperatura, mantener a una temperatura adecuada el filamento en todo el proceso.
- Dentro del contenedor, sus funciones principales serán almacenar y separar los diferentes materiales plásticos.

### USUARIO OBJETIVO

- Su usuario objetivo deberá ser el usuario amateur el cual sea más reacio a comprar o montar el propio sistema de reciclaje, o que incluso les asusta la complejidad del proceso.

### ENTORNO

- El entorno al que irá dirigido será el ámbito doméstico en el caso del contenedor y taller en el caso del sistema de reciclado.
- El contenedor deberá ser difícil de mover a ojos de mascotas y niños. Ejemplo, base pesada, gomas antideslizantes en la base, etc.

## VIDA ÚTIL

- Deberá estar diseñada para aguantar como mínimo 10 años.
- Deberá ser desmontable para que en caso de desgaste o rotura de una pieza, pueda cambiarse fácilmente para prolongar su vida útil.

## COSTE

- El coste de una bobina reciclada tras llevar el material plástico deberá ser como mínimo la mitad del precio de una bobina de material virgen.
- Además del precio de la bobina, se pagará un porcentaje en servicio.

## DIMENSIONES

- El contenedor deberá tener unas dimensiones lo más pequeñas posibles pensando en los volúmenes para que cada compartimento equivalga a una bobina en cantidad.
- El dispositivo de reciclaje deberá tener unas dimensiones grandes, las necesarias.

## COMPONENTES

- Para el dispositivo de reciclaje: deberá contar con una tolva con capacidad para el volumen de una bobina o más, deberá contar con un extrusor con husillo, cavidad, resistencias y cabezal con agujero del diámetro adecuado, deberá contar con un sistema de refrigeración sencillo, un ventilador, deberá contar con un sistema de refrigeración sencillo, un ventilador, deberá tener un sistema de transporte del filamento hasta el sistema de bobinado, deberá poseer un sistema de bobinado automático, deberá poseer un panel de control o pantalla en la cual el usuario introduzca los parámetros, deberá contar con una carcasa, deberá contar con las conexiones necesarias, deberá contar con los motores y engranajes necesarios.

## ESTÉTICA

- La estética del contenedor deberá ser amigable
- La estética del contenedor deberá ser coherente con la de una impresora estándar a nivel de acabados.
- La estética del dispositivo de reciclado deberá ser más técnica

## INTERFAZ

- En ambos productos, las partes en con las cuales interaccione el usuario deberán estar resaltadas.

## ERGONOMÍA

- Para ambos productos, la carcasa deberá ser formalmente simple para una limpieza sencilla.

## SEGURIDAD

- Aquellas partes eléctricas, afiladas o puntiagudas, deberán ir protegidas y/o estar bien selladas.
- Aquello formalmente más complejo deberá protegerse con carcasa, para evitar la entrada del polvo y restos en el mecanismo y circuito.

## MONTAJE

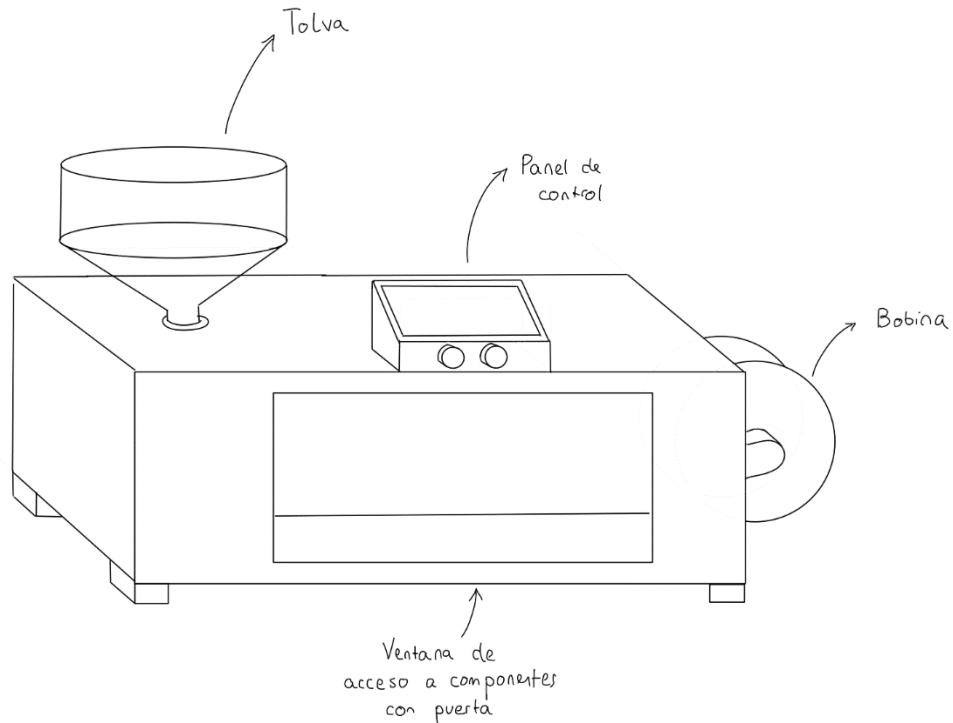
- Para el contenedor, no requerirá de herramientas.

## MATERIALES

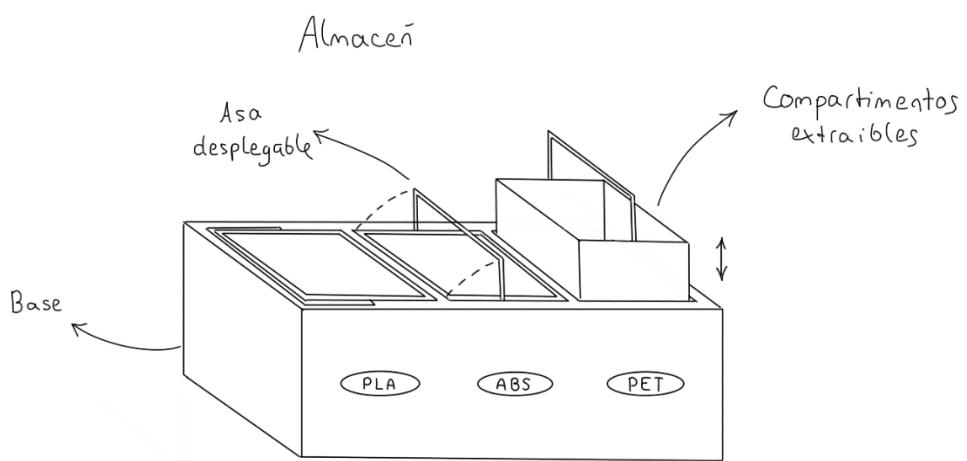
- Los materiales del contenedor deberán ser lo suficientemente estables térmicamente para aguantar el calor de la calefacción en invierno.
- Para ambos, los materiales deberán ser resistentes a los agentes químicos contenidos en los productos de limpieza.

## Boceto

A continuación se muestra un boceto con sus partes principales:



*Ilustración 3: Máquina utilizada en el punto de recogida*



*Ilustración 4: Almacén proporcionado al usuario*

## Secuencia de uso



Ilustración 5: Secuencia de uso del concepto 2

## Concepto 3: *Módulo de reciclaje*

### Definición

El concepto consistiría en un módulo de reciclaje, es decir, un dispositivo de reciclaje en un formato especial el cual pudiese acoplarse a cualquier impresora FDM de forma universal. Y que de esta manera, una vez introducido el pellet, lo convirtiese en filamento, dando la posibilidad de acumularlo al lado mientras se utiliza otra bobina de material, o directamente alimentar mientras se produce.

Además, para ayudar al usuario en la selección de materiales y los residuos, se incluiría una guía en la cual en función de la aplicación de la pieza y propiedades que se le quisiese dar, recomendase materiales e indicase de que residuos constates y accesibles en casa se podrían sacar.

La idea de este módulo sería que se vendería este primero de base, que sería algo sencillo, pero que si el usuario quisiese, se le pudiesen añadir otros pequeños módulos o ampliaciones.

## Usuario objetivo

En este caso, al ser un producto polivalente, el usuario objetivo podría ser tanto el usuario amateur, adquiriendo tan solo el módulo base de reciclaje, tanto el profesional, adquiriendo las diferentes ampliaciones formando así un producto más grande, complejo y profesional.

En el caso de que el usuario amateur empezase a evolucionar a un perfil más profesional, como podría pasar en el caso de estudiantes universitarios, este producto daría así la opción de hacerlo con él, permitiendo al usuario poco a poco ir integrando el resto de módulos a su gusto.

## Entorno

Por tanto, como podría servir para ambos usuarios, el producto irá dirigido a ambos entornos; doméstico y taller. En el caso del módulo de reciclaje base, deberá estar adaptado principalmente a las especificaciones de entorno doméstico y el resto de ampliaciones al entorno de laboratorio/taller.

## Funcionamiento

Para el dispositivo del módulo base de reciclaje su funcionamiento principal se reduciría a formar filamento a partir de pellet. Entre sus funciones secundarias se encontrarían la introducción de los parámetros como temperatura, velocidad, etc. y el bobinado automático.

## Componentes

A nivel de componentes, al igual que los otros conceptos, contaría con sistema de alimentación compuesto por una tolva y un canal. Seguido de esto se encontraría el extrusor, con la cavidad, el husillo girado por un motor, las resistencias y el cabezal con el agujero del diámetro indicado. A continuación una guía recogerá en filamento recién salido que lo dejaría enfriar y con unas ruedas que abrazarían el filamento una vez enfriado lo guiarían hacia el sistema de bobinado. Este último contaría con un motor, engranajes reductores y un eje para colocar los carretes de las bobinas. Además contaría con un sistema para enrollar el hilo de manera ordenada en la bobina.

Por otro lado, para el control de los parámetros se encontraría una pantalla sencilla y también se deberán tener en cuenta las conexiones, el soporte, el interruptor y la carcasa que ocultase todo esto pero que fuese desmontable.

## Factor diferenciación

El factor diferenciación sería principalmente la capacidad del producto para adaptarse a ambos usuarios y evolucionar con ellos tal y como se ha mencionado.

Además, en el mercado no existe ningún producto que fabrique filamento y lo bobine, siendo un módulo acoplado a la propia impresora. Lo más parecido sería el cabezal extrusor de *Mahor*, pero la diferencia es que este debe cambiarse por el cabezal original de la impresora, ya que no produce hilo sino que directamente el pellet lo extruye e imprime con él. Y esto tiene una desventaja, si el usuario quisiera usar otro material que sea vendido en filamento, tendría que estar cambiando continuamente el cabezal, sobre todo actualmente ya que la más comercializado en material de impresión son bobinas de hilo.

## Especificaciones de diseño

### FUNCIONALIDAD

- Su funcionalidad principal será producir filamento a partir de pellet
- Una funcionalidad secundaria será el bobinado de forma automática
- Una funcionalidad secundaria será permitir al usuario controlar algunos parámetros como temperatura.
- Una funcionalidad secundaria será mantener a una temperatura adecuada el filamento en todo el proceso.

## USUARIO OBJETIVO

- Su usuario objetivo podrá ser tanto amateur como profesional.

## ENTORNO

- El entorno al que irá dirigido será el ámbito doméstico y a taller/laboratorio
- El producto deberá ser dificultoso de mover a ojos de mascotas y niños. Ejemplo, base pesada, gomas antideslizantes en la base, etc.

## VIDA ÚTIL

- Deberá estar diseñada para aguantar como mínimo 10 años.
- Deberá ser desmontable para que en caso de desgaste o rotura de una pieza, pueda cambiarse fácilmente para prolongar su vida útil.

## COSTE

- El módulo de reciclaje base deberá tener un coste menor que el coste de las impresoras FDM más baratas, es decir, lo más bajo posible considerando que este precio es de 250€.

## DIMENSIONES

- Deberá tener unas dimensiones menores que la impresora 3D, es decir, menor a 220 x 220 x 250 mm aproximadamente.

## COMPONENTES

- Deberá contar con una tolva con capacidad para el volumen de una bobina o más.
- Deberá contar con un extrusor con husillo, cavidad, resistencias y cabezal con agujero del diámetro adecuado.
- Deberá contar con un sistema de refrigeración sencillo, un ventilador.
- Deberá tener un sistema de transporte del filamento hasta el sistema de bobinado.
- Deberá poseer un sistema de bobinado automático

- Deberá poseer un panel de control o pantalla en la cual el usuario introduzca los parámetros.
- Deberá contar con una carcasa.
- Deberá contar con las conexiones necesarias
- Deberá contar con los motores y engranajes necesarios.

## ESTÉTICA

- La estética deberá ser amigable
- La estética deberá ser coherente con la de una impresora estándar a nivel de acabados.

## INTERFAZ

- Deberá contener una guía con materiales imprimibles y los productos que los contienen en residuos de casa que sean utilizables para ello. Indicando también las propiedades que se obtendrían en el prototipo una vez impreso y los parámetros necesarios,
- La pantalla deberá ser intuitiva y sencilla
- Las partes con las cuales interaccione el usuario deberán estar resaltadas.
- Los módulos de ampliación podrán ser algo más complejos.

## ERGONOMÍA

- Esta carcasa deberá ser formalmente simple para una limpieza sencilla.

## SEGURIDAD

- Aquellas partes eléctricas, afiladas o puntiagudas, deberán ir protegidas y/o estar bien selladas.
- Aquello formalmente más complejo deberá protegerse con carcasa, para evitar la entrada del polvo y restos en el mecanismo y circuito.

## MONTAJE

- El producto no requerirá de herramientas complejas, es decir, nada más allá de un destornillador básico o similar. Si no es así, deberá incluir lo necesario.
- El montaje entre módulos deberá ser algo sencillo e intuitivo.

## MATERIALES

- Los materiales del producto deberán ser lo suficientemente estables térmicamente para aguantar el calor de la calefacción en invierno.
- Los materiales deberán ser resistentes a los agentes químicos contenidos en los productos de limpieza.

## Boceto

A continuación se muestra un boceto con sus partes principales:

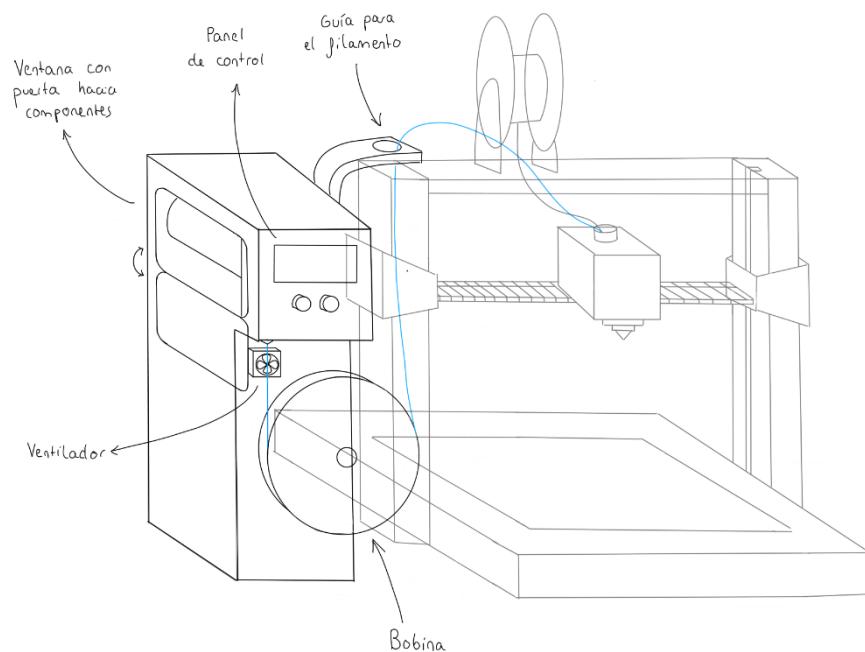


Ilustración 6: Concepto 3: Módulo de reciclaje

## Secuencia de uso

*Ilustración 7: Secuencia de uso del concepto 3*

## Selección del concepto

Una vez desarrollados los tres conceptos, se ha procedido con la selección del concepto. Para ello, se ha generado una matriz de selección en base a unos criterios. Cada uno de los conceptos ha sido valorado en función de ellos, recibiendo una puntuación del 0 al 5, para generar de esta manera diferentes puntuaciones entre ellos.

Los criterios de selección elegidos para evaluar a los conceptos han sido los siguientes:

- Innovación: capacidad del producto para diferenciarse o destacar de aquellos que ya se encuentran en el mercado. Puede ser por solucionar nuevas funcionalidades, adaptarse a un nuevo entorno, etc.
- Mercado: si es amplio, dirigido a un mayor número consumidores, ya sea abarcando varios perfiles o un solo perfil pero grande, o un grupo determinado o menor número de usuarios.

- Satisfacción de los usuarios: opinión de los usuarios entrevistados de cada uno de ellos.
- Preferencia de los usuarios: número de usuarios que prefieren ese concepto con respecto al resto.
- Complejidad: a nivel técnico y tecnológico; se puntuará mejor si el producto es más sencillo y abordable en este proyecto, y peor si es más difícil y está fuera del alcance del mismo.
- Intuitivo: como de sencillo es utilizar el producto sin que el usuario recurra a instrucciones, evitando posibles errores o fallos ligados al mal uso.
- Mantenimiento: como de fácil es para el usuario limpiar el producto, cambiar piezas si se rompen, etc.
- Medioambiente: como respeta al medio ambiente; utilización de menor energía, menor consumo de diferentes materiales o menor cantidad de los mismos en su fabricación, optimización de los procesos de fabricación, es decir, etc.

Tabla 8: Matriz de selección

CRITERIOS	CONCEPTO 1: Do it yourself	CONCEPTO 2: Punto de recogida	CONCEPTO 3: Módulo de reciclaje
INNOVACIÓN	4	5	3
MERCADO	4	3	4
SATISFACCIÓN USUARIOS	5	4	2
PREFERENCIA USUARIOS	5	1	0
COMPLEJIDAD	5	1	2
INTUITIVO	3	4	3
MANTENIMIENTO	5	3	2
MEDIOAMBIENTE	5	3	2
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>18</b>

Tras observar los resultados, se puede observar que el concepto ganador ha sido el Concepto 1: *Do It Yourself*, en el cual se pueden destacar aspectos como:

- La satisfacción de los usuarios: ya que al preguntarles, todos afirmaron que era una buena idea y original.
- La preferencia de los usuarios: ya que el 100% de ellos eligió este por encima del resto.
- La complejidad: ya que técnicamente, es el más sencillo y que por tanto, el que mejor se podrá desarrollar en el proyecto.
- El mantenimiento: ya que al ser montable y desmontable, es fácil cambiar una pieza si se estropea o romper, sobre todo si esta pieza es de las impresas, ya que puedes volver a fabricarla rápidamente sin tener que comprar nada.
- El medioambiente: ya que al ser el propio cliente el que imprime muchas de las piezas, se ahorra mucha energía y materiales disminuyendo procesos de fabricación de las mismas, además al transportar pocas piezas y ir desmontado, se ahorra también mucha energía en transporte y asimismo evitas el montaje en planta que sería un paso más en la fabricación.

# FASE 3:

## Desarrollo del producto

# Desarrollo técnico con extrusora

A continuación, se ha procedido a hacer un desarrollo técnico del producto utilizando una extrusora para conseguir el filamento. Para ello, en primer lugar se ha realizado un boceto del producto con todos los componentes necesarios.

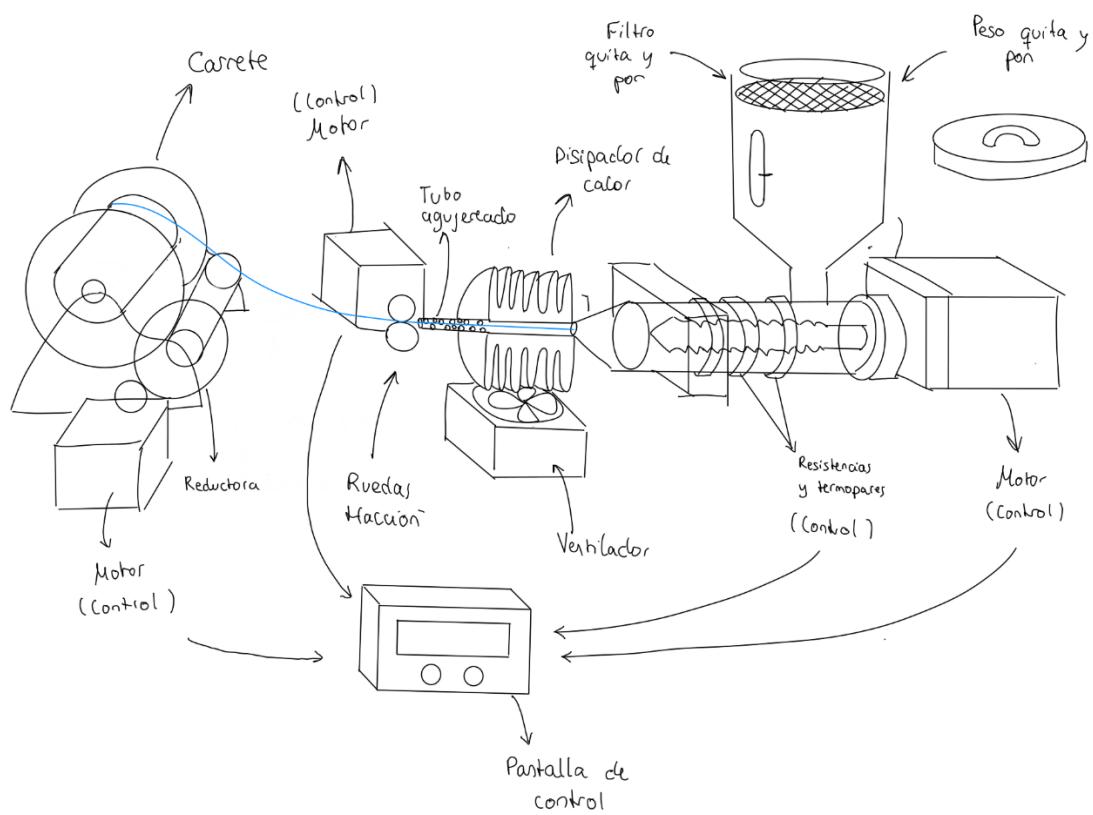


Ilustración 8: Conjunto de componentes con extrusora

Los componentes de la extrusora se pueden ver con mayor detalle en la siguiente figura:

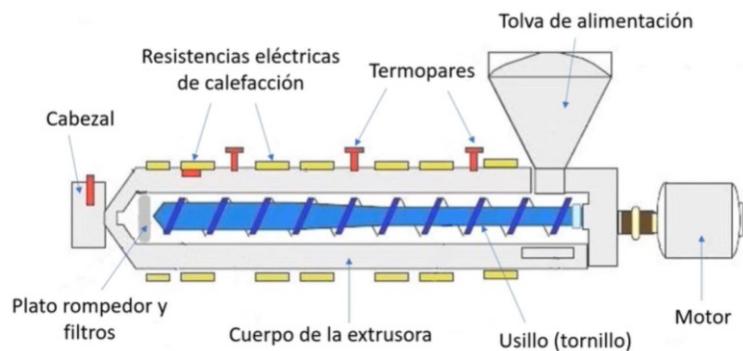


Figura 11: Partes de una extrusora

Una vez hecho esto, con el objetivo de estudiar los componentes de una forma ordenada y esquematizada, se ha dividido el producto en varios conjuntos según la función desempeñada; sistema de alimentación, sistema de preparación del material, sistema de calefacción, sistema de refrigeración, sistema de bobinado y sistema de control, de manera que se han ido estudiando los componentes que lo contienen.

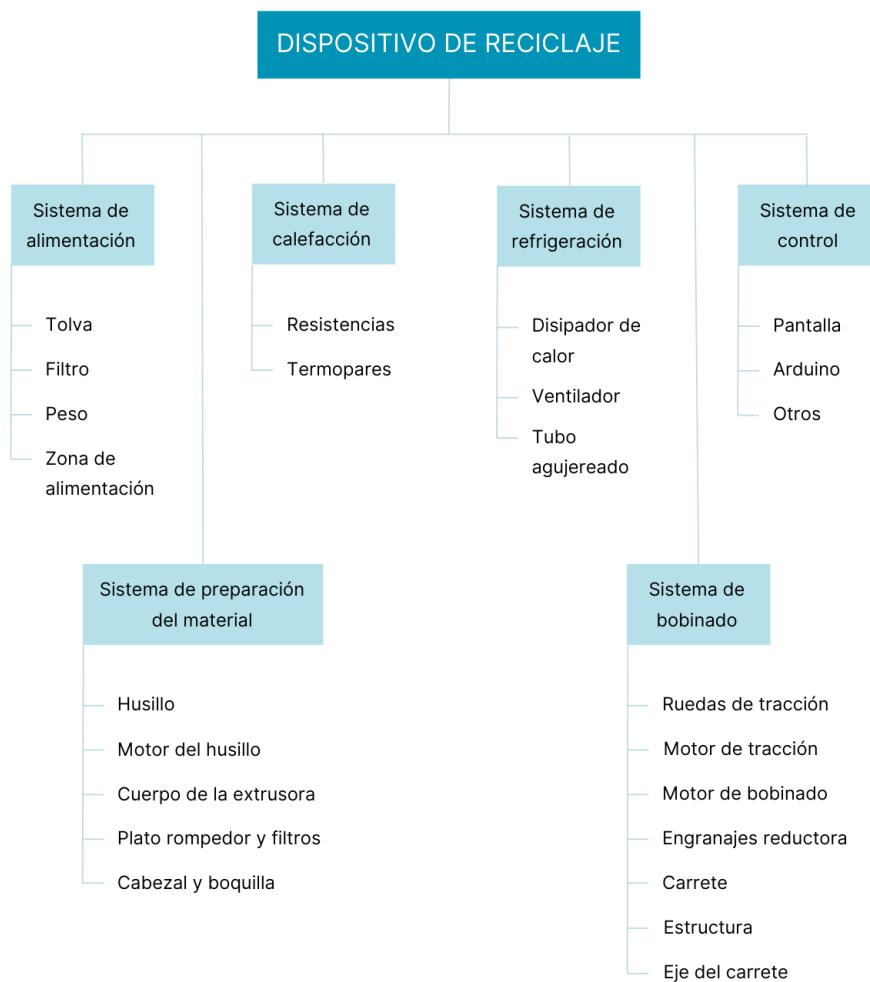


Figura 12: Esquema de conjuntos de componentes del sistema con extrusora

De esta manera, a continuación se muestra un estudio de cada componente según el sistema:

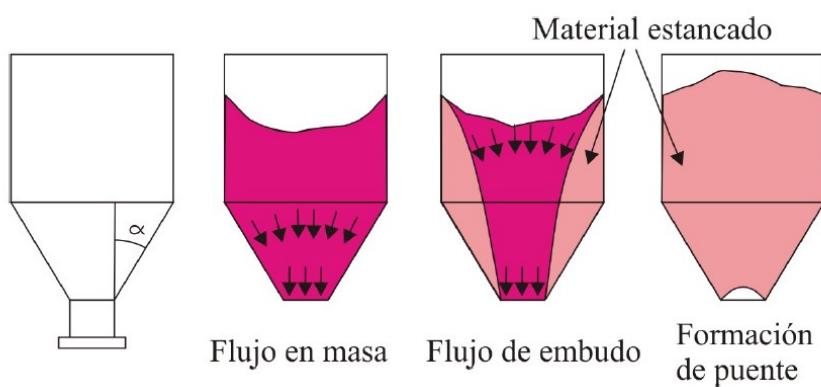
## Sistema de alimentación

El sistema de alimentación se refiere todos aquellos elementos que transportan el material desde fuera hasta dentro del cuerpo de la extrusora. Esto se produce en dos regiones; la propia tolva y una zona de alimentación del cilindro.

### TOLVA

"La tolva, es el contenedor que se utiliza para introducir el material en la máquina. Tolva, garganta de alimentación y boquilla de entrada deben estar ensambladas perfectamente y diseñadas de manera que proporcionen un flujo constante de material." [23]

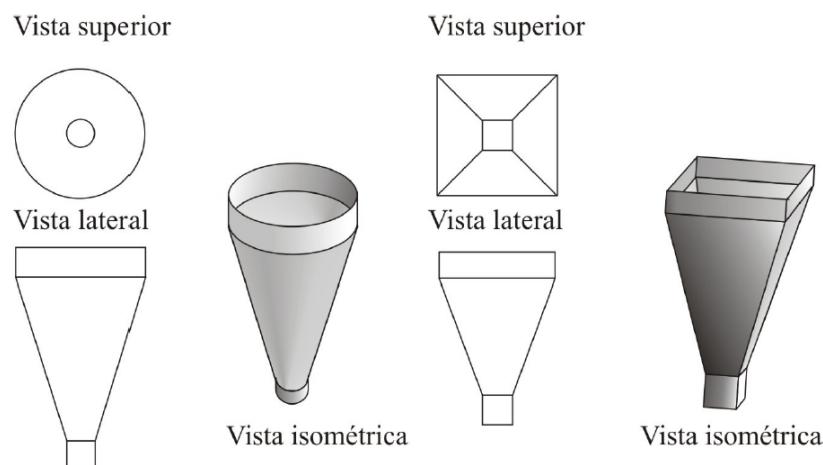
"Dentro de la tolva, el transporte de material es, en general, un flujo por gravedad de las partículas; el material se mueve hacia la parte inferior de la tolva por acción de su propio peso. Se puede dar un flujo en masa como se representa en la *Figura 13*, en el que no hay regiones estancadas y todo el material se mueve hacia la salida, o bien flujo tipo embudo en el que el material más cercano a las paredes de la tolva queda estancado. Lógicamente el flujo en masa es preferido sobre el flujo tipo embudo. Algunos materiales que tienen un flujo muy deficiente en estado sólido pueden quedar atascados en la garganta de entrada a la extrusora, dando lugar a un problema denominado formación de "puente" o "arco"." [23].



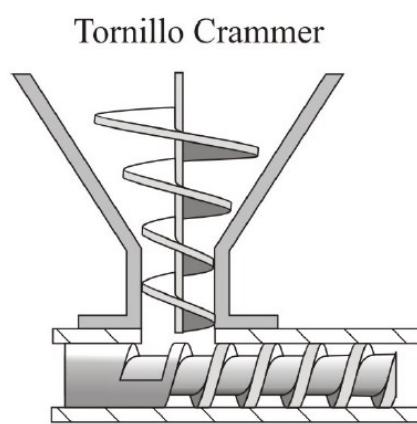
*Figura 13: Tipos de flujos en una tolva*

"Hay dos tipos de tolva; circular y cuadrada (*Figura 14*). Siempre será mejor una tolva con sección circular que una tolva con sección cuadrada o rectangular, ya que la compresión a que está sometido el material será diferente en algunas zonas dependiendo de la forma de la tolva. Las tolvas de sección circular ejercen una compresión gradual sobre el material mientras que las de sección cuadrada ejercen una compresión poco uniforme, pudiendo provocar que el material se detenga. Además, pueden tomarse precauciones como añadir un sistema vibratorio que ayude a eliminar el puente formado o incorporar agitadores para evitar que el material se deposite y consolide (*Figura 15*)."<sup>[23]</sup>

De esta manera, para el producto se utilizará una tolva tipo circular para optimizar la entrada del material al cuerpo. Además cabe destacar que teniendo en cuenta que el producto debe ser algo sencillo y económico, aunque favorezca la entrada del material, un tornillo tipo *Crammer* no es viable.



*Figura 14: Tipos de tolva*



*Figura 15: Tornillo Crammer*

## FILTRO O TAMIZ

El filtro consistiría en una pieza complementaria a la tolva que pudiese colocarse en ella a la hora de verter el material triturado y una vez hecho que pudiese quitarse. Su objetivo sería asegurar el correcto tamaño de grano para producir su fusión completa dentro del cuerpo de la extrusora, ya que si fuese demasiado grande y no llegase a fundir, se vería reflejado en la calidad y resistencia del hilo de manera importante.

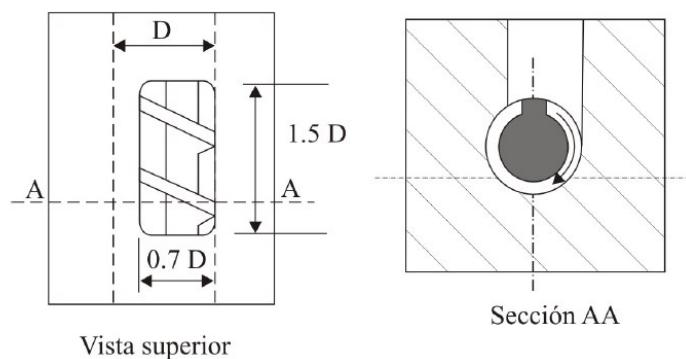
## PESO

Esta pieza, al igual que el filtro, sería una pieza complementaria que se colocaría en la tolva una vez vertido en material. El objetivo con ello sería ayudar la entrada del material en el cuerpo de la extrusora aprovechando la gravedad, ya que esta es una de las tareas más críticas en una extrusora. El peso tendría una sección circular como la tolva para empujar el material hacia abajo.

## ZONA DE ALIMENTACIÓN DEL CILINDRO

Lo primero que se debe entender, la parte del cilindro situada debajo de la tolva es la zona de alimentación. Esta zona, puede ser simplemente una parte del cuerpo o también puede suceder que esté construido en dos partes separando la zona de alimentación, denominándose esta nueva pieza garganta de alimentación. Pero en este caso, no será necesaria ya que suele estar pensada para un entorno industrial que requiere mayor precisión y complejidad.

Por otro lado, la garganta de alimentación, o en este caso la zona de alimentación del cilindro, está conectada con la tolva a través de la boquilla de entrada o de alimentación. "Esta boquilla suele tener una longitud de 1.5 veces el diámetro del cilindro y una anchura de 0.7 veces el mismo (*Figura 16*), y suele estar desplazada del eje del tornillo para facilitar la caída del material a la máquina. " [23]



*Figura 16: Garganta de alimentación*

"En cuanto al transporte de material dentro de la extrusora, una vez que el material sólido cae al interior del canal de la extrusora, el mecanismo de transporte deja de estar controlado por la gravedad y se transforma en un transporte inducido por arrastre. Este tipo de flujo tiene lugar debajo de la tolva a lo largo del tornillo en una distancia relativamente corta. " [23]

"Hay dos fuerzas de fricción principales que actúan sobre la masa sólida: una en la superficie del cilindro y otra en la superficie del tornillo. La fuerza de fricción en la superficie del cilindro es la que genera el movimiento de la masa sólida hacia la salida de la extrusora, mientras que la fuerza de fricción en la superficie del tornillo es la fuerza retardante. De manera que, si existe una fuerza de fricción suficientemente elevada con el cilindro y baja con el tornillo, en principio el material se moverá hacia adelante. De acuerdo con el modelo expuesto se puede mejorar el transporte de sólidos aumentando el coeficiente de fricción del material con el cilindro y disminuyéndolo con el tornillo. " [23]

"Para aumentar el coeficiente de fricción con el cilindro podría disminuirse la temperatura del mismo o de la garganta de alimentación.

Otra posibilidad consiste en utilizar cilindros con superficies rugosas, esto es, empleando cilindros estriados. Sin embargo, las fuerzas de cizalla que se generan en estos cilindros son mayores que las que se generan en los lisos, de modo que por una parte el consumo del motor será mayor, y por otra, se puede producir una fusión prematura del material, que al fundir se puede introducir en las estrías, obstruyéndolas y disminuyendo así la eficiencia del proceso. Además el material que queda atrapado en las estrías podría llegar a descomponerse." [23]. De manera que este método para aumentar el coeficiente de fricción no es viable en este proyecto en el cual se emplean materiales reciclados más sensibles y de menor complejidad.

"Otra forma de mejorar el transporte de sólidos inducido por arrastre es disminuir la fricción entre el tornillo y el material. En ocasiones se pueden utilizar tornillos con recubrimientos, generalmente de PTFE, con lo que además se consigue facilitar la limpieza de los mismos.

En cuanto al diseño del tornillo hay que tener en cuenta lo siguiente:

- El filete del tornillo debe ser simple, no doble. El filete doble produce una mayor fricción.
- El ángulo de los filetes ha de ser grande.
- El radio de los flancos del filete ha de ser lo más grandes posible.

En la *Tabla 9* se muestran dos tornillos, el de la izquierda es de diseño adecuado desde el punto de vista del flujo del material sólido, de acuerdo con lo que se acaba de comentar." [23]

Por tanto, en este producto, para aumentar el coeficiente de fricción, la opción más viable es utilizar un tornillo con recubrimiento, filete de tornillo simple y ángulo de los filetes y radio de flancos grande.

*Tabla 9: Diseño del tornillo para reducir el coeficiente de fricción entre el material y el tornillo*

Características del tornillo	Diseño adecuado	Diseño defectuoso
Número de filetes	Sencillo 	Doble 
Ángulo del filete	Grande 	Pequeño 
Radio del flanco del filete	Grande 	Pequeño 

## Sistema de preparación del material

Dentro del sistema de preparación del material se encuentran varios componentes de la extrusora, estos son; el husillo, el cuerpo de la extrusora, el plato rompedor y filtros, y el cabezal de la misma. A continuación, se ha estudiado cada uno de ellos:

### HUSILLO

"El tornillo o husillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal (*Figura 17*). El tornillo es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes en el diseño del tornillo son su longitud (L), diámetro (D), el ángulo del filete ( $\theta$ ) y el paso de rosca (w). " [23]. Otros parámetros relevantes son el ancho y altura de filete.

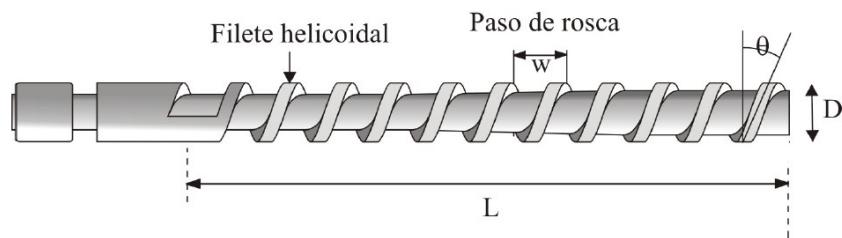


Figura 17: Tornillo de una extrusora

El husillo se puede dividir en tres zonas; alimentación, transición o compresión y dosificado (ver *Figura 18*). La zona de alimentación es la nombrada y estudiada anteriormente, donde entra el polímero y avanza sin fundir. La zona de compresión es aquella en la que hay una variación en la altura de filete. Esto provoca que los esfuerzos cortantes que sufre el material sean mayores, así como los de compresión, provocando calentamiento del polímero resultando en su fusión. La última zona, de dosificación, la altura de filete vuelve a ser constante.

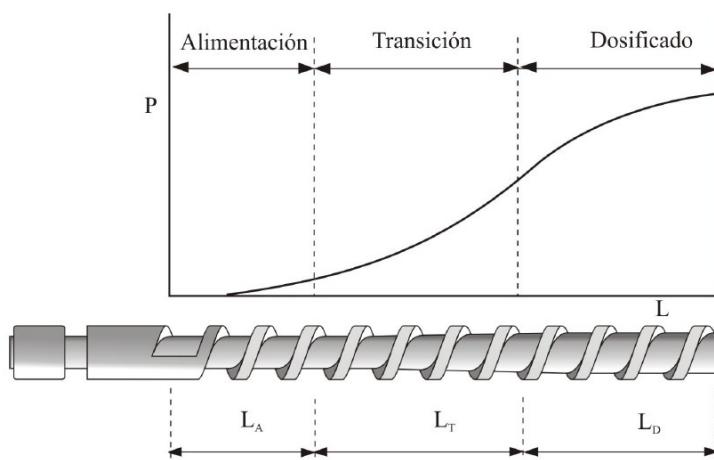


Figura 18: Zonas de una extrusora y evolución de la presión a lo largo de las mismas.

Por otro lado, las formas de los husillos son muy diversas, siendo las más comunes el husillo de paso constante y altura de filete variable y husillo de paso variable y altura de filete constante (ver *Figura 19*). Sin embargo, por su mayor capacidad de producción y facilidad de fabricación, normalmente se emplea el primero mencionado, husillo de paso constante y profundidad de filete variable, de manera que en este proyecto será este tipo el empleado.

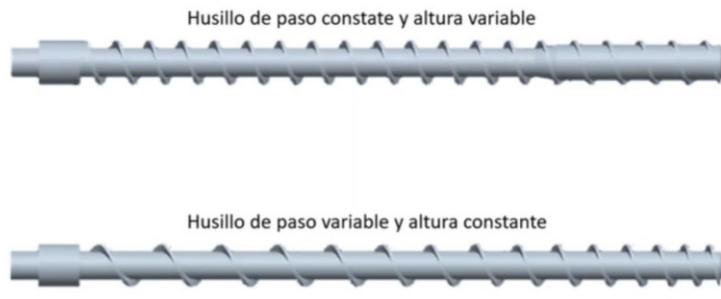


Figura 19: Formas de husillos

"En cuanto a la relación que existe entre el largo y el diámetro del husillo, posee una gran importancia. Al aumentar la longitud del husillo, aumenta el efecto del calor sobre el material, la velocidad de giro y la producción de la extrusora, por lo tanto, aumenta la relación L/D. La relación típica entre el largo y el diámetro para la extrusión de polímeros termoplásticos varía entre 20:1 y 30:1. Además, para la fabricación perfiles continuos, se recomienda utilizar husillos cortos." [23] Por tanto, para el husillo del producto se ha tomado una relación de 20:1.

"El grado de compresión, es decir, la relación de volúmenes de los canales del husillo en las áreas correspondientes a un paso de las zonas de alimentación y dosificación, se encuentra en un intervalo de 2 a 4. Para la transformación de cables, se requiere mayor presión de extrusión, por lo que el grado de compresión utilizado debe ser bajo. Se recomienda menor profundidad del canal helicoidal de la zona de dosificación para la fabricación de filamentos." [23]. De acuerdo con esto, se ha elegido como grado de compresión, 2.

#### CILINDRO O CUERPO DE LA EXTRUSORA

El cilindro de calefacción alberga en su interior al tornillo como se muestra en la *Figura 20*. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que éste es mucho más fácil de reemplazar.

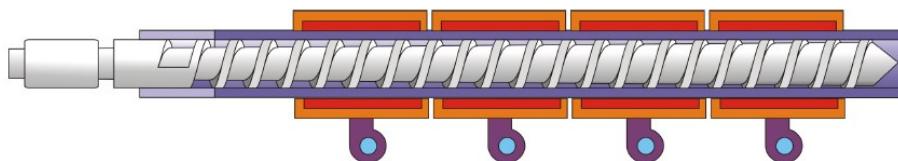


Figura 20: Sistema cilindro de calefacción-tornillos

"Para el diseño del cilindro, se deben tener en consideración una serie de factores, entre ellos: la holgura entre el filete helicoidal y el barril, y el diámetro del husillo. De manera que se puede calcular el diámetro interior del cilindro que se desea." [23]

La longitud del cilindro debe ser suficiente para cubrir la zona útil del husillo, de manera que deberá ser mayor. Para el espesor mínimo que debe tener el cilindro, se debe tener en cuenta que para soportar las presiones, se debe conocer el material del cilindro. Y una vez calculado el espesor, se podrá calcular el diámetro exterior del mismo.

### PLATO ROMPEDOR Y FILTROS

"El plato rompedor se encuentra al final del cilindro. Se trata de un disco delgado de metal con agujeros, como se muestra en la *Figura 21*. El propósito del plato es servir de soporte a un paquete de filtros cuyo fin principal es atrapar los contaminantes para que no salgan con el producto extruido. Los filtros además mejoran el mezclado y homogenizan el fundido. Los filtros van apilados delante del plato rompedor, primero se sitúan los de malla más ancha, reduciéndose el tamaño de malla progresivamente. Detrás se sitúa un último filtro también de malla ancha y finalmente el plato rompedor que soporta los filtros. Conforme se ensucian las mallas es necesario sustituirlas para evitar una caída de presión excesiva y que disminuya la producción. Por ello, el diseño del plato debe ser tal que pueda ser reemplazado con facilidad. "En este caso, para un producto tan simple, tan solo haría falta poner un filtro sencillo." [23]

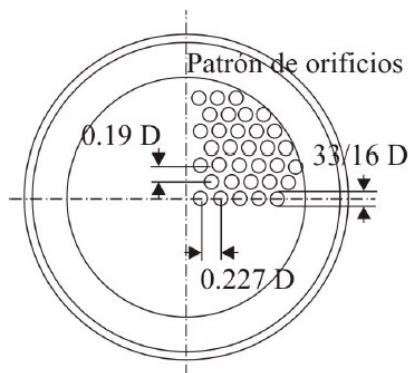


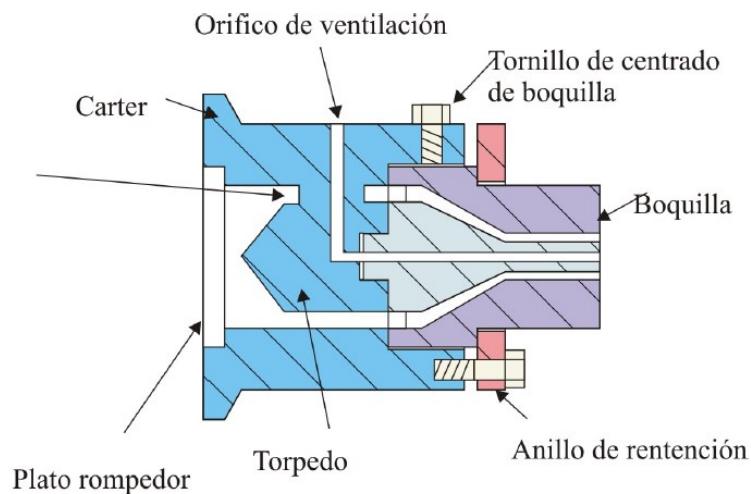
Figura 21: Plato rompedor

### CABEZAL Y BOQUILLA

"El cabezal es la pieza situada al final del cilindro, que se encuentra sujetando la boquilla y por lo general manteniendo el plato rompedor. Generalmente va atornillado al cilindro. El perfil interno del cabezal debe facilitar lo más posible el flujo del material hacia la boquilla."

En la *Figura 22* el material fluye del cilindro a la boquilla a través del torpedo, situado en el cabezal.

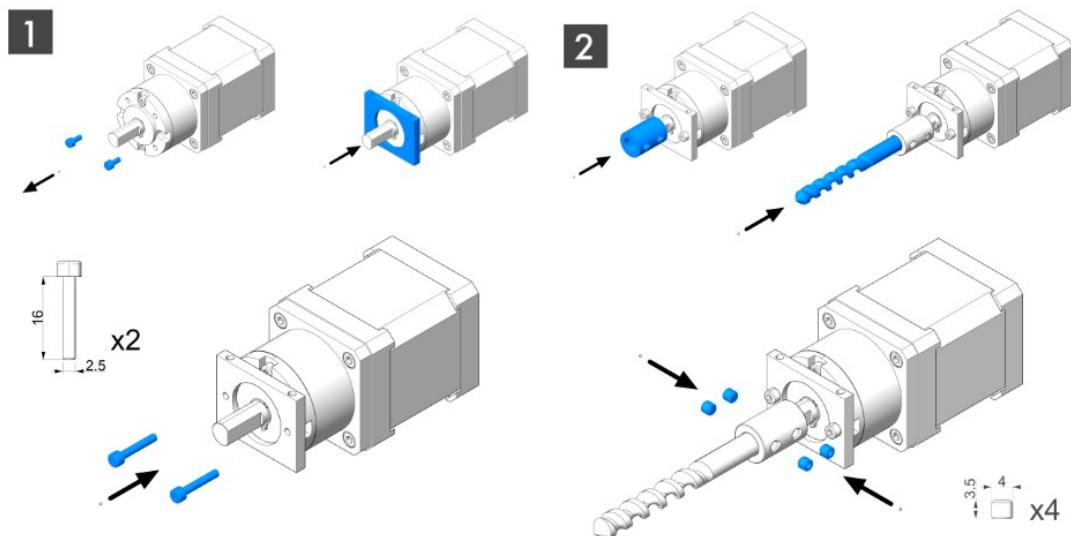
En cuanto a la boquilla, su función es la de moldear el plástico. Se pueden clasificar por la forma del producto, siendo en este caso una boquilla circular con la que se obtienen fibras y productos de forma cilíndrica.



*Figura 22: Cabezal*

### MOTOR PARA HUSILLO

Este motor es el que provoca el giro del husillo. Para ello, el eje del motor y el del husillo deberán ir unidos por varias piezas. A continuación, en la *Figura 23*, podemos ver a modo de ejemplo esta unión de piezas, presente en el cabezal analizado de *Mahor v4*: [24]



*Figura 23: Unión entre motor y husillo*

# Cambio en el diseño

Finalmente, tras la investigación previa de los extrusores, concretamente el husillo y cuerpo de la extrusora, se ha visto que son componentes altamente complejos a nivel técnico, de manera que en este proyecto no es viable ni tiene sentido pensando en el concepto elegido, que debe ser algo sencillo y económico para el usuario.

Aun así, también se ha intentado encontrar husillos y cuerpos comerciales para plástico que pudiesen adaptarse a la necesidad para así evitar hacer este desarrollo técnico. Pero, se ha visto que tienen un precio demasiado elevado, ya que en general no bajan de los 1000€. Como excepción, se han encontrado conjuntos de husillo, cuerpo y resistencias por valor aproximado de 270€ en la web *Aliexpress*. [25]

De manera que, teniendo en cuenta que el dispositivo debe costar todo el conjunto un precio inferior al de una impresora de 250€, es claramente inviable.



Figura 24: Extrusora económica

De manera que se ha pensado en una alternativa para la parte de conversión de pellet a hilo. Entonces, ha surgido la idea de utilizar un mecanismo similar al que utiliza un plastómetro.

Para comprender mejor el mecanismo del mismo, gracias a una profesora del área de materiales, María Antonieta Madre, se pudo ver su funcionamiento en primera persona en un laboratorio.

De esta manera, un plastómetro es un dispositivo que se utiliza en laboratorios para medir el nivel de fluidez de un material, generalmente plástico. En él, se vierte material en forma de grana dentro de una cavidad tubular que es calentada por resistencias. Una vez el material funde y alcanza una temperatura homogénea, mediante un sistema de pesas, se le hace pasar a este material fundido por un cabezal de abertura cónica de pequeño diámetro.

El resultado del proceso es un filamento de mayor o menor diámetro según el peso empleado cayendo a una velocidad según su fluidez; a mayor peso, mayor es la velocidad de salida del material y por tanto menor es el diámetro del filamento producido, por lo contrario, a menor peso, menor es la velocidad de salida y mayor es el diámetro del hilo. Esto varía según el material utilizado.

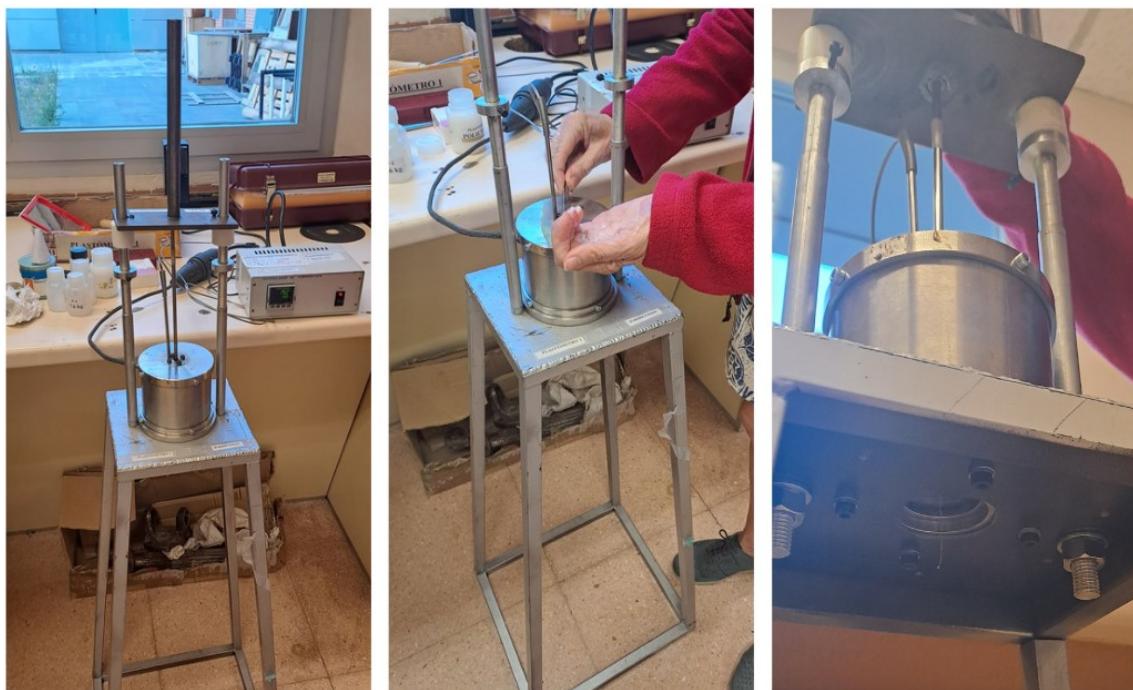


Figura 25: Imágenes del plastómetro del laboratorio

# Desarrollo técnico definitivo

Tras este cambio a nivel de componentes en el producto, se volverá a estudiar los diferentes sistemas que compondrán el mismo. A su vez, se ha hecho un boceto preliminar del mecanismo del producto, con todos los componentes necesarios, que no tienen que ser los mismos que en el producto final, ya que se estudiarán a continuación:

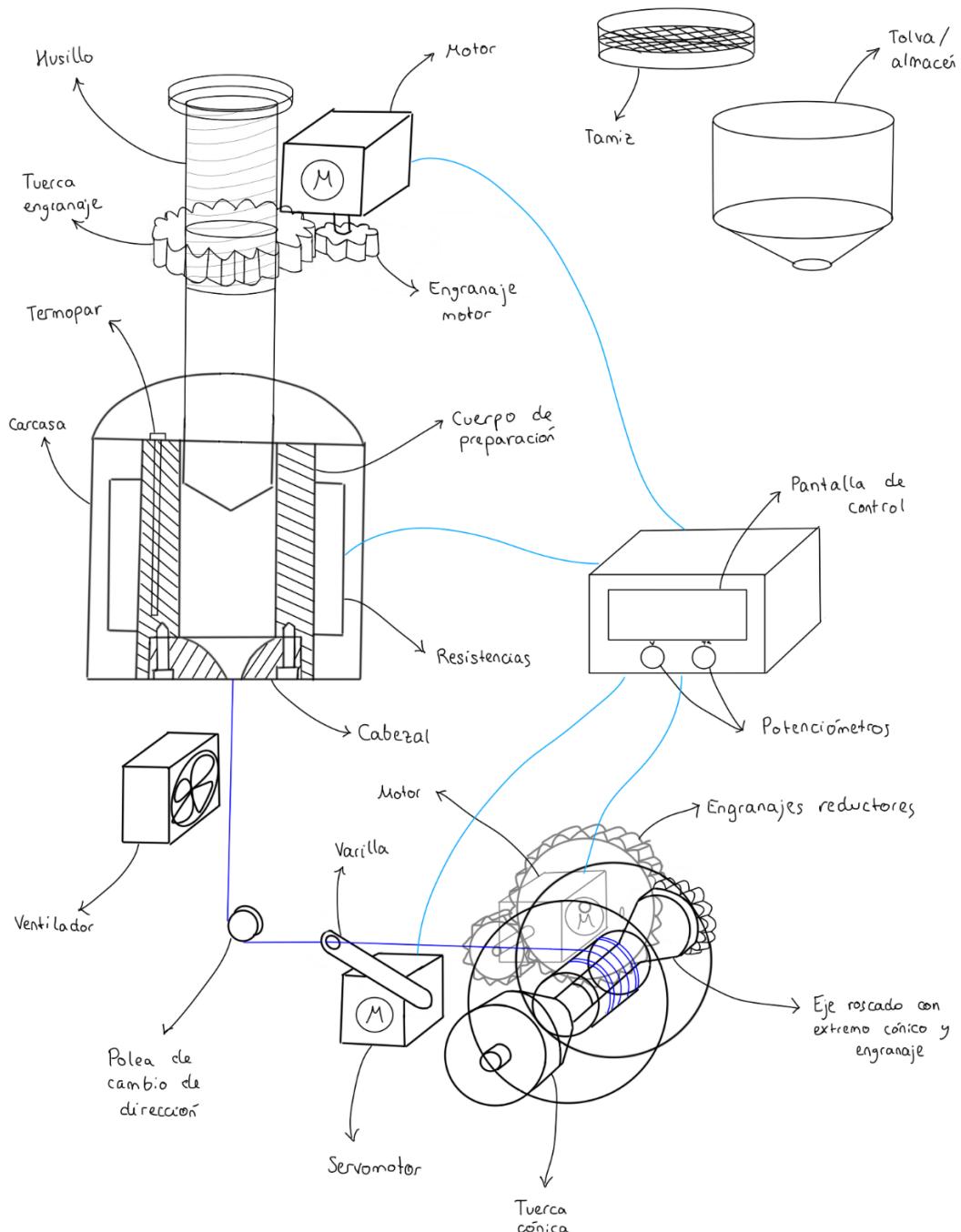


Ilustración 9: Conjunto de componentes inicial

Una vez hecho esto, nuevamente, se ha realizado un esquema de los componentes agrupándolos en varios conjuntos según la función desempeñada; sistema de alimentación, sistema de preparación del material, sistema de accionamiento, sistema de ordenación del filamento, sistema de refrigeración, sistema de redireccionamiento del filamento, sistema de bobinado, sistema de control y elementos comerciales, de manera que se han ido estudiando ordenadamente la manera más eficiente de solucionar cada uno de ellos:

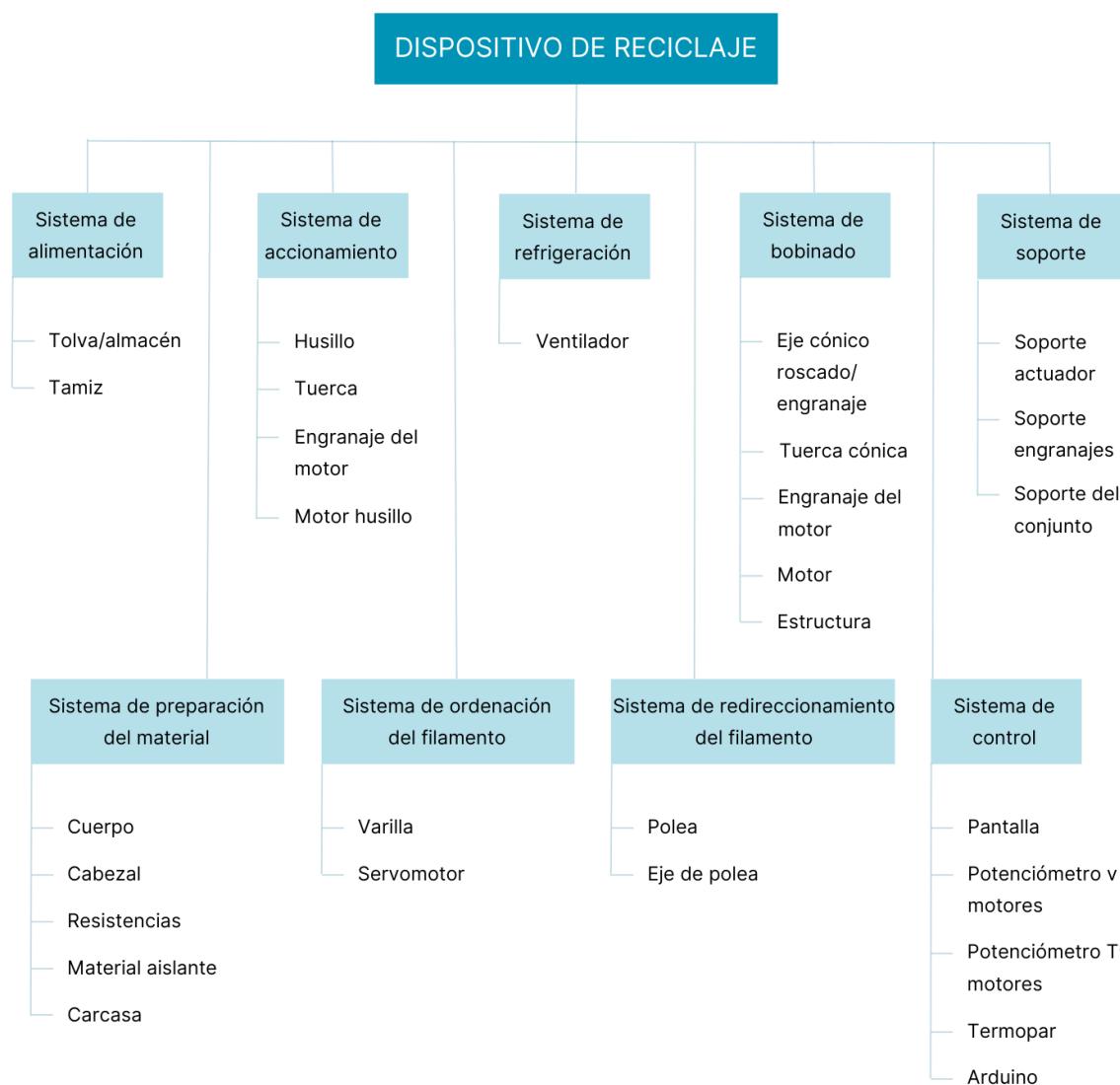


Figura 26: Esquema de los conjuntos de componentes

## Sistema de alimentación

El sistema de alimentación consiste en aquellos elementos que ayudan a introducir el material en la cavidad del cuerpo. En este caso abarca también el almacenamiento a su vez, de manera que se ha intentado buscar una solución que unifique tanto este almacén, como una tolva y tamiz.

La idea era que el usuario pudiese imprimir la cantidad de almacenes que quisiese en función de la cantidad de material que puede acumular y la variedad de diferentes materiales que acumulase, de manera que deberían poder apilarse en vertical para ocupar menor espacio. Además, cada uno de ellos tendría que tener una capacidad de una carga, comunicando mediante una línea o marca al usuario hasta donde debe llenar.

Por otro lado, el tamiz deberá dejar pasar pellet de hasta 4x4mm, de manera que la red deberá tener agujes de estas medidas.

A continuación se muestran tres ideas para su desarrollo:

### TOLVA-ALMACEN CON PESTAÑA

Consiste en una tolva circular que a su vez podría funcionar como almacén. Para ello, la sección de la parte inferior de la tolva se convierte en cuadrada y se introduce un sistema de apertura mediante una pestaña que desliza con unas guías.

Para que pueda sostenerse y a su vez pueda apilarse, tiene unas patas que bajan hasta la misma altura que la boca de la tolva y unos rebajes n la parte superior con la misma geometría que estas patas. El tamiz, se colocaría en la parte superior de la misma manera, filtrando el material antes de quedar almacenado en el depósito.

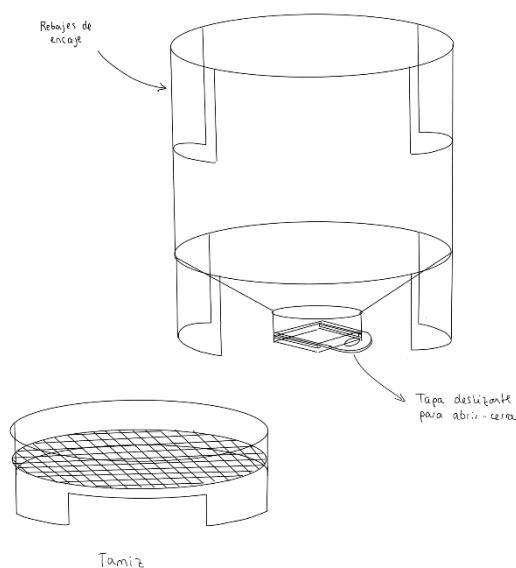
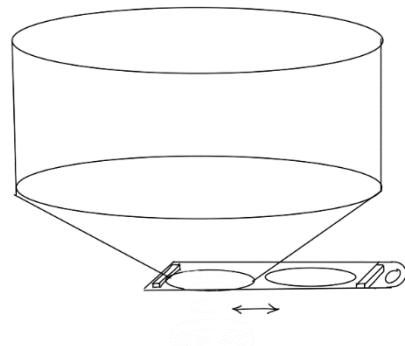


Ilustración 10: Sistema de alimentación tolva-almacén con pestaña

Una variante sería hacer una pestaña alargada que saliese de lado a lado de manera que en una posición cerraría y si deslizases, tendría un agujero de mismo diámetro que dejaría el paso.



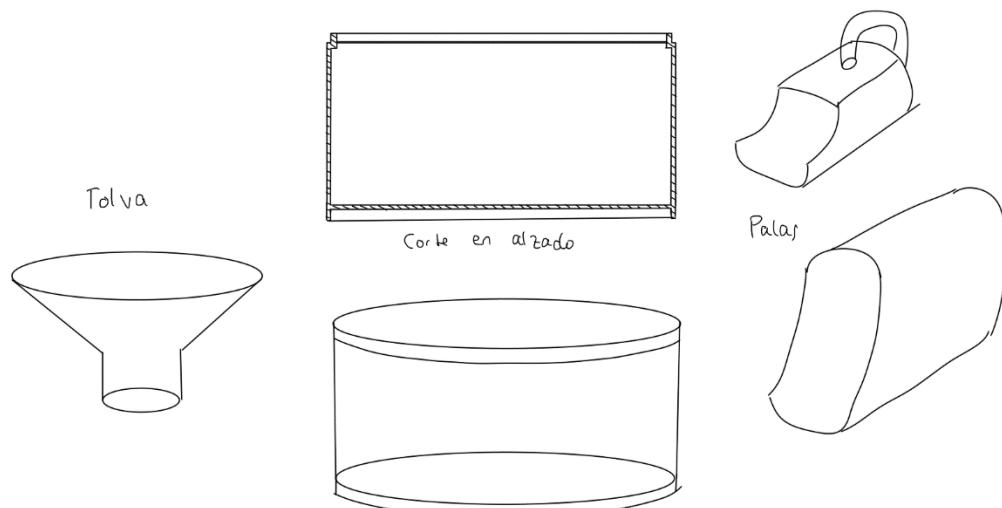
*Ilustración 11: Sistema de alimentación tolva-almacén con pestaña variante*

#### PIEZAS SEPARADAS

Otra de las opciones sería simplificar en formas y separar en piezas las diferentes funciones; por un lado la tolva para colocarla en la cavidad del cuerpo donde se calienta el material, el almacén cilíndrico apilable, una pala para coger el material y verterlo en el embudo, y por último el tamiz, que se colocaría en al aparte superior.

La capacidad del almacén estaría pensado para varias cargas, comunicándolo mediante líneas. Además, la forma que el usuario sabría la cantidad que debe echar sería con la pala, que equivaldría a media carga o una cantidad contable

La justificación en separar las piezas sería simplificar la forma de los objetos para ser impresor de forma más sencilla y con la menor cantidad de material de soporte posible.



*Ilustración 12: Sistema de Alimentación por piezas*

## TAMIZ-COMPUERTA GIRATORIOS

Consiste en juntar la función de tamiz con la de compuerta que permanece sellada mientras se almacena el material. Se esta manera, el suelo del almacén, como se muestra en la ilustración inferior, tendría unos agujeros alargados, y otra pieza que se pondría debajo, tendría la inversa de estos agujeros, de forma que cuando estén alineados, generan un suelo sin agujeros, pero si se giran, se convierte en un tamiz que deja pasar el material de tamaño adecuado. Se necesitaría otra pieza más, un embudo para colocar en la cavidad del cuerpo.

De esta manera, cuando se quisiese generar una bobina, se colocaría el embudo, y luego el almacén con la otra pieza en posición de cerrado encima. Una vez colocado, el usuario giraría la pieza y el material caería. El almacén estaría diseñado para tener capacidad para una carga.

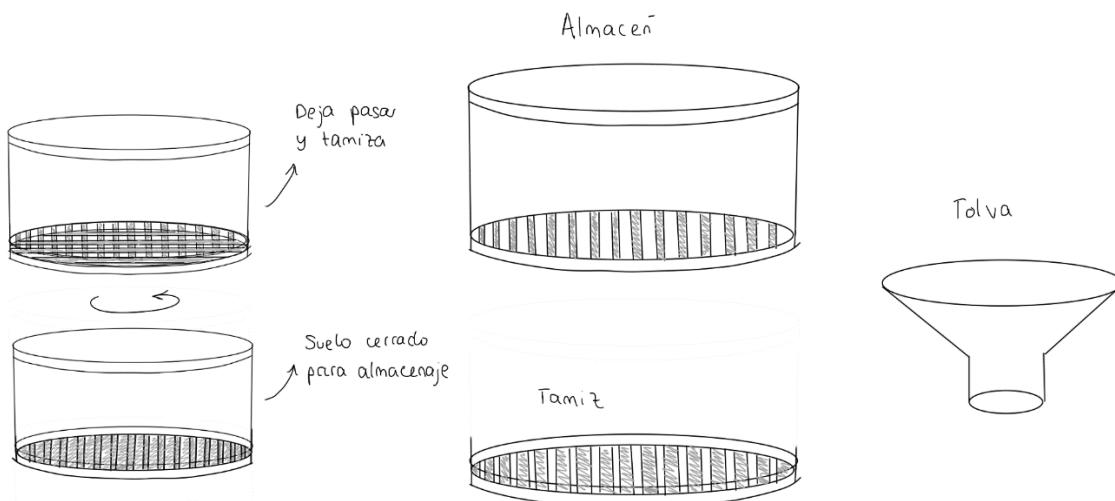


Ilustración 13: Sistema de alimentación con tamiz-compuerta giratoria

## COMPUERTA GIRATORIA

Evolucionando la idea anterior, también estaría la opción de separar el tamiz a parte como en las otras opciones, pero mantener la idea de compuerta giratoria en la boca de una tolva.

Para ello, este sistema estaría compuesto de varias piezas; La tolva-almacén la cual en el suelo de la boca estarían una de las dos partes de los agujeros, además, en el exterior de la boca habría una rosca, esta roca sería para la siguiente pieza, una tuerca. Entre estas dos piezas se encontraría la pieza giratoria que contendría el mismo patrón de agujeros de cuartos. Por último, para mejorar la interacción y ergonomía del giro, se le añadirían a la pieza giratoria unos agarres.

Por el otro lado estaría el tamiz, que se colocaría en la parte superior de la tolva y sería igual que en las demás ideas.

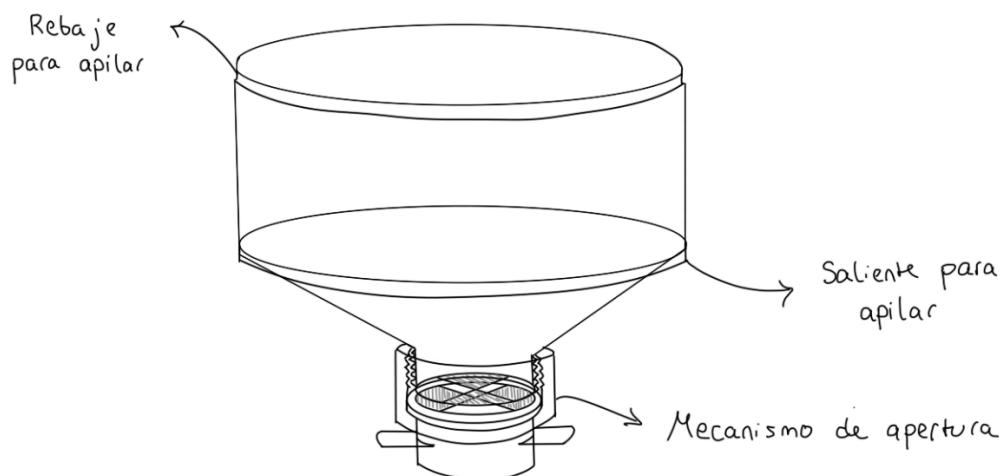


Ilustración 14: Sistema de alimentación de compuerta giratoria

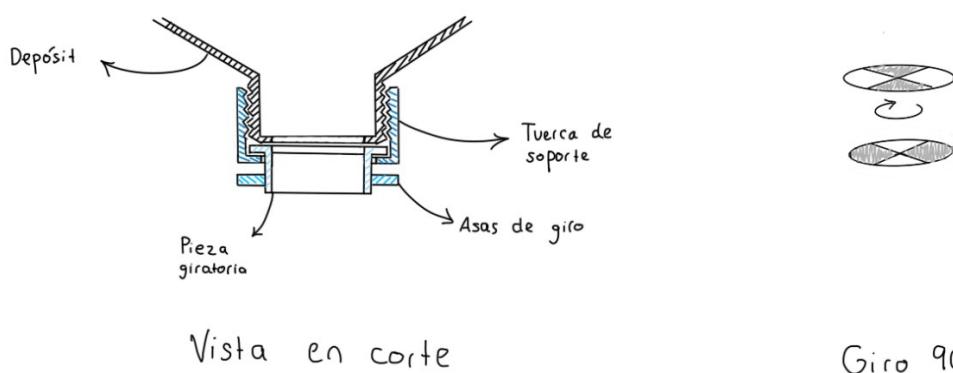


Ilustración 15: Sistema de alimentación de compuerta giratoria - Vistas de detalle

## ELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Para decidir una de las variantes que se han planteado, se ha optado por comparar cada una de ellas en la *Tabla 10*:

Tabla 10: Ventajas y desventajas entre sistemas de alimentación

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tolva-almacén con pestaña	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tienes prácticamente todo en una sola pieza.</li> <li>Sencillo de usar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor complejidad a la hora de imprimir con una impresora de baja calidad, necesitaría bastante soporte</li> </ul>
Piezas separadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidad a la hora de imprimir.</li> <li>Sencillo de usar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Empleas más material a la hora de imprimir.</li> <li>Más pasos y objetos que manipular.</li> </ul>
Tamiz-compuerta giratorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al ser compuerta y tamiz a la vez, ahorra varios pasos.</li> <li>Facil de imprimir.</li> <li>Fácil de usar con tan solo un giro u colocar sobre el embudo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es posible que se quede material sin pasar.</li> </ul>
Compuerta giratorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unifica todas las funciones en un producto menos el tamiz.</li> <li>Fácil de imprimir.</li> <li>Una vez montado, muy sencillo y cómodo de usar.</li> <li>Todo el material pasa sin problema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Varias piezas</li> </ul>

Teniendo en cuenta la tabla anterior, podemos concluir que la mejor opción es la última, el sistema de compuerta giratoria, con mayor número de ventajas.

## Sistema de preparación del material

En cuanto a la preparación del material, el sistema se basa en el del plastómetro visto en el laboratorio.

Este sistema se divide en 5 componentes:

- Cuerpo con cavidad: se trata de una pieza cilíndrica de acero con una cavidad, también cilíndrica en el interior y un alojamiento en un extremo para el cabezal. Esta pieza es la que está en contacto con el material y es la responsable de transmitir el calor de las resistencias y actuar de "horno" para lograr fundir el material de la cavidad. Tiene la capacidad para alojar medio kg de material.
- Cabezal: consiste en una pieza también cilíndrica cuya función es la de dar forma al material fundido para conseguir filamento a la salida del cuerpo. Para ello, cuenta con un agujero cónico. Además, se une al cuerpo mediante tornillos, de forma que deberá llevar varios agujeros para esto.
- Resistencias: se trata de un componente comercial. Son resistencias cilíndricas que abrazan el cuerpo para calentarlo.
- Material aislante: se trata de una pieza de material aislante que cubre la superficie lateral de cuerpo, resistencias incluidas, que sirve tanto para mantener el calor dentro, como de elemento de seguridad, de manera que se puede poner una carcasa en el exterior para que el usuario lo pueda manipular sin peligro.

- Carcasa: Se trata en una pieza que recubre y agrupa todos los componentes anteriores. Es aquella con la que manipula el usuario.

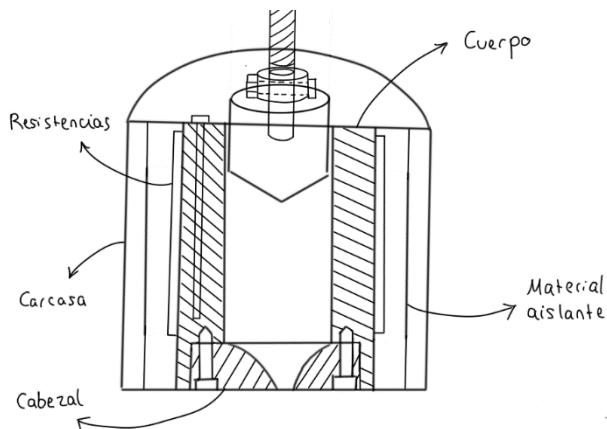


Figura 27: Sistema de preparación del material

## Sistema de accionamiento

Tras estudiar el extrusor y cambiar el diseño a un funcionamiento semejante al de un plastómetro, el sistema de accionamiento ha pasado a basarse en el movimiento vertical de una pieza de mismo diámetro que la cavidad en la cual se encuentra el material fundido. El objetivo de esta pieza, es generar la fuerza necesaria a la velocidad necesaria para sacar filamento por el cabezal inferior del cuerpo.

Aunque el plastómetro visto en el laboratorio funcionaba a base de colocar pesas de mayor o menor peso en función del material y diámetro de hilo deseado, se optó, teniendo en cuenta las especificaciones de diseño, por un sistema automático.

De esta manera, la pieza diseñada inicialmente se trataba de una pieza de 80mm de diámetro acabada en punta que tuviese una longitud lisa, aquella que se introduce en el cuerpo, y otra longitud algo mayor roscada, para poder sacarlo y que haya un margen hasta el cuerpo como se muestra en la Ilustración 16:

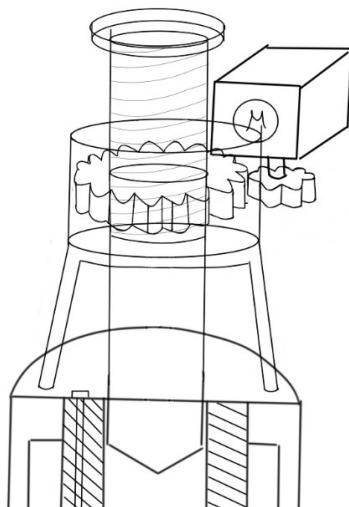


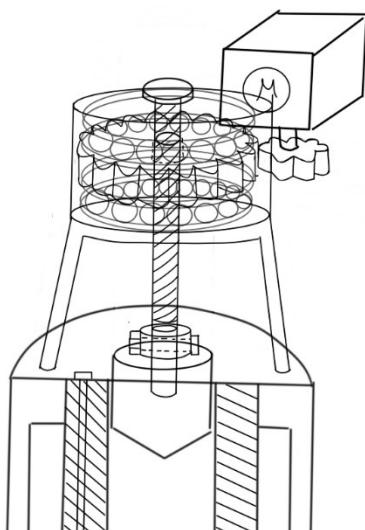
Ilustración 16: Sistema de accionamiento inicial

Finalmente, esta idea evolucionó. Este husillo era tanto pesado como costoso, de manera que se optó por utilizar un husillo comercial roscado de un diámetro entorno a los 15mm y unir a su extremo mediante otra pieza y tornillos, una punta de arrastre, ya del diámetro de la cavidad. De esta forma, al utilizar elementos comerciales y menos material se abarataba el coste y además conseguíamos un peso bastante menor.

Una vez evolucionado el husillo, se plantearon dos opciones para su desarrollo:

#### CONJUNTO POR PIEZAS

Es decir, un sistema que el usuario tiene que montar a partir de diversas piezas. Este utiliza un motor paso a paso que transmite su movimiento mediante un engranaje acoplado a su eje que engrana con una tuerca dentada en su exterior. Mediante el giro de esta tuerca, se consigue un movimiento lineal vertical del husillo y la punta de arrastre. Para facilitar el giro de la tuerca, entre la estructura de soporte, a ambos lados, superior e inferior se colocan rodamiento de tipo axial. Lo vemos en *Ilustración 17*:



*Ilustración 17: Sistema de accionamiento por piezas*

#### CONJUNTO CON ACTUADOR LINEAL

En este otro caso, se trataría de comprar un conjunto comercial de motor tipo actuador lineal. Esto es un motor que es capaz de desplazar linealmente el husillo que lleva integrado. Pueden encontrarse económicos como se puede ver en *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, de manera que es viable y además, como se puede observar, se puede elegir la fuerza y velocidad requeridas. En nuestro caso, escogemos el actuador de 12V, 1500N, 4mm/s y 150mm de carrera. [26]



Figura 28: Actuador lineal económico

De esta manera, se vería así:

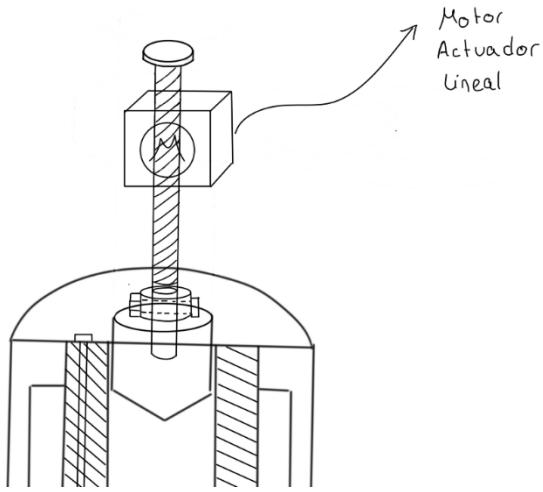


Ilustración 18: Sistema de accionamiento por actuador lineal

## ELECCIÓN DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

Con el objetivo de elegir una de las dos opciones, a continuación se muestra una sencilla tabla comparativa entre ambos:

*Tabla 11: Ventajas y desventajas entre sistemas de accionamiento*

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Conjunto por piezas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motos más económico.</li> <li>Fácil de reparar, ya que es desmontable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor complejidad para el montaje de cara al usuario.</li> <li>Mayor número de piezas.</li> <li>Coste más elevado todo el conjunto</li> </ul>
Conjunto con actuador lineal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más económico en su conjunto</li> <li>El usuario no tiene que montar nada, sencillo</li> <li>Es todo un mismo bloque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se estropea, es más difícil de reparar, aunque al ser elemento comercial, sería fácil pedir un recambio.</li> </ul>

Tras ver la tabla anterior, se ha elegido el conjunto de actuador lineal ya que sus ventajas son más importantes que las del conjunto de piezas. Además, su única desventaja tiene fácil solución, de manera que se ha escogido este sistema para la solución final del producto.

## Sistema de ordenación del filamento

Por otro lado, se encuentra el sistema de ordenación del hilo. Tras la fase de investigación, se pudo ver que era algo necesario y que se echaba en falta en todos los sistemas actuales. De manera que si se quiere automatizar el proceso para facilitar la tarea al usuario, es necesario integrarlo, ya que el hilo por sí solo no se distribuye de manera óptima en el carrete. Esta solución, además de evitar que el usuario esté pendiente, ayuda a prevenir los nudos que a veces de generan en la bobina y pueden parar la impresión.

A continuación, se plantean dos métodos:

### VARILLA CON SERVOMOTOR

Se trata de un mecanismo sencillo que utiliza tan solo dos piezas; un servomotor y una varilla que puede ser impresa por el usuario que posee un agujero a en extremo para pasar el hilo y otro para unirse al eje del motor. [27]

De esta manera, el servomotor sería programado para girar cierto ángulo según en ancho de la carrete de la bobina y a cierta velocidad en función a la velocidad del filamento.

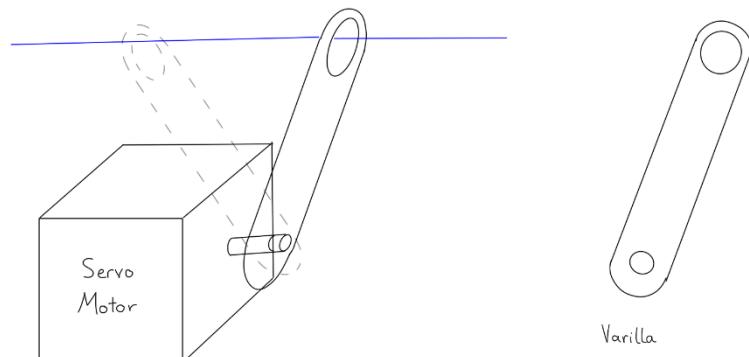


Ilustración 19: Sistema de ordenación por servomotor

### SISTEMA DE LEVA Y POLEAS

Este consiste en emplear un sistema de leva, accionada por uno de poleas para guiar el filamento. [28]

Este sistema de leva, lo conforman un cilindro con una huella o camino impreso que gira en torno a un eje, y una leva que sigue este camino de lado a lado. La leva, al llegar a un extremo del cilindro, gracias a la forma del camino, cambia de sentido y vuelve por el mismo. Además, esta leva se conecta con una pieza formada por dos partes, que abraza a dos varillas metálicas que la guían en la dirección del movimiento. De esta última pieza sale una varilla con agujero a modo de alfiler, por donde pasa el filamento.

Todo ello, es accionado mediante un motor, que transmite su movimiento mediante unas poleas y una correa dentadas. Se puede observar a continuación:

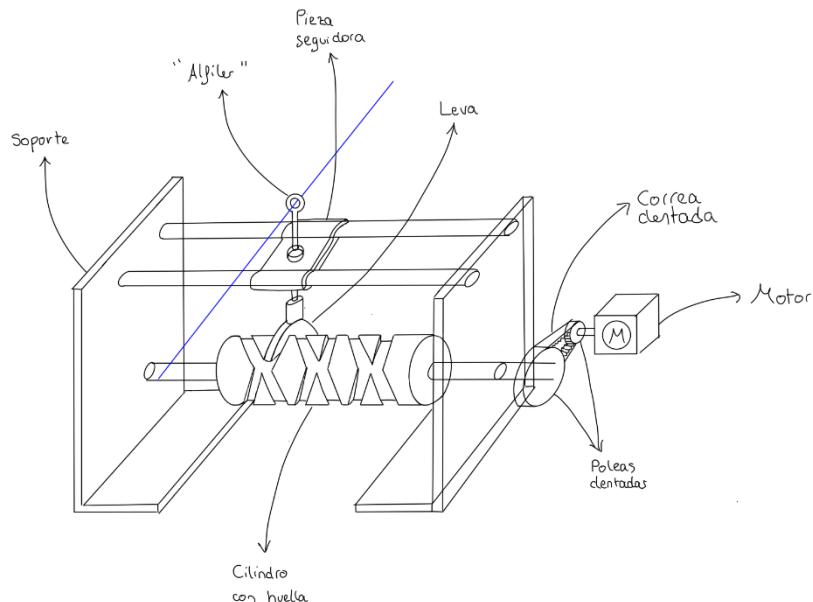


Ilustración 20: Sistema de ordenación mediante leva y poleas

## ELECCIÓN DEL SISTEMA DE ORDENACIÓN DE FILAMENTO

Al igual que anteriormente, se ha realizado una tabla comparativa entre ambos sistemas para ver sus ventajas y desventajas:

*Tabla 12: Ventajas y desventajas entre sistemas de ordenación*

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Varilla con servomotor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tan solo cuenta con dos piezas principales: varilla y servomotor.</li> <li>Más económico.</li> <li>Facilidad de montaje para el usuario.</li> <li>El usuario solo debe imprimir una pieza sencilla.</li> <li>Es adaptable a varios anchos de bobina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es un motor más a programar, siendo junto con el de accionamiento y el de bobinado tres en total.</li> </ul>
Sistema de leva y poleas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emplearía el mismo motor que el de bobinado, economizando motores.</li> <li>Al utilizar el mismo motor de el de bobinado, y gracias a engranajes, se la velocidad se relaciona automáticamente con ese motor, sin necesidad de programación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor número de piezas a montar y a imprimir por el usuario.</li> <li>Mayor complejidad para el usuario en el montaje.</li> <li>Precio más elevado en su conjunto.</li> <li>Hay piezas como el cilindro con huella que necesitan material de soporte que luego el usuario debe limpiar bien. Una limpieza incorrecta podría hacer que se parase la leva.</li> <li>Solo funciona para un ancho de bobina.</li> </ul>

Observando la tabla anterior, se puede concluir que el método más óptimo para el usuario es la varilla con servomotor, tiene muchas ventajas frente al otro método, que además tiene un gran número de inconvenientes.

## Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración tiene como función enfriar el filamento que sale por el cabezal. Debe conseguir el filamento endurezca lo suficiente para que no se deforme con la rueda de re direccionamiento y el sistema de bobinado.

Este consiste básicamente en la colocación de un ventilador debajo del cabezal como se puede ver en la *Ilustración 21*. Además se ha escogido uno comercial de tamaño 40x40mm y 12V. [29]

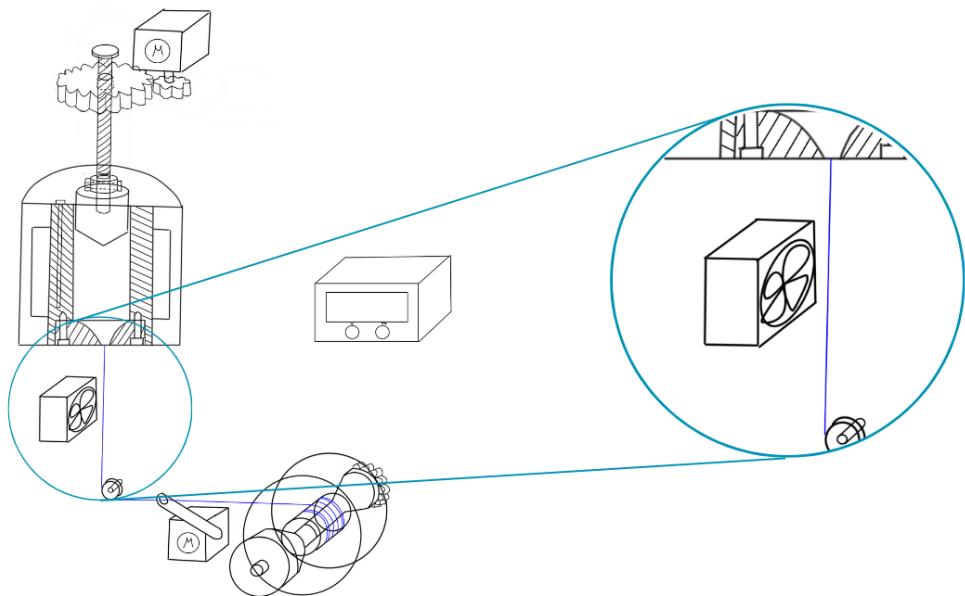


Ilustración 21: Sistema de refrigeración

## Sistema de re direccionamiento del filamento

La función de este sistema es cambiar la dirección de movimiento del hilo 90°. Esto es necesario para poder introducir el sistema de ordenación de filamento, ya que si en la misma dirección de salida se estuviese moviendo, el hilo recién formado sin terminar de plastificar se deformaría, evitando una constancia de forma y diámetro. Por tanto, este sistema es clave.

En cuanto componentes, es bastante sencillo. Tan solo es necesario una rueda sencilla con un canal, como el de una polea, y un eje para que pueda girar entre sí, como se muestra en Ilustración 22:

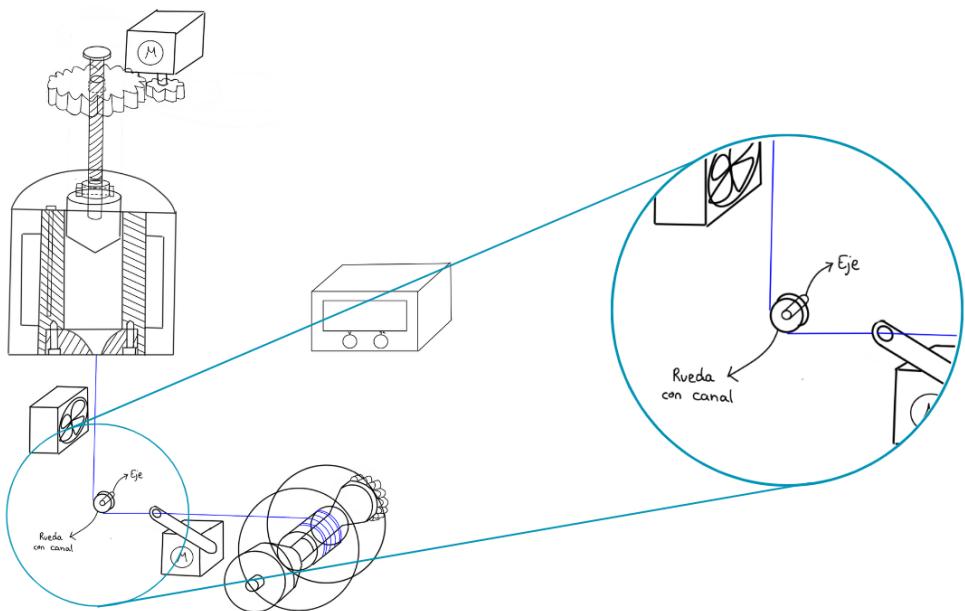


Ilustración 22: Sistema de re direccionamiento del filamento

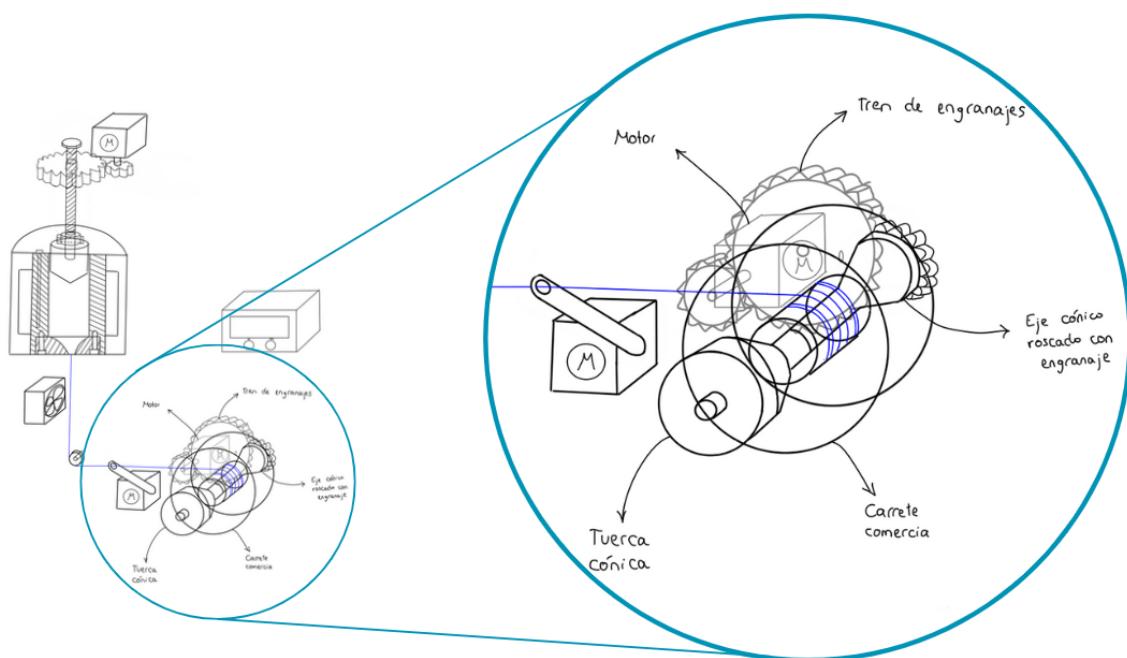
## Sistema de bobinado

El sistema de bobinado consiste en recoger el filamento producido y guiado por el sistema de ordenación, enrollándolo en un carrete. Para ello, necesita girar a la misma velocidad lineal que el filamento, de manera que mediante un tren de engranajes se transmite al carrete un par generado por un motor.

Para ello, este sistema está pensado para que el carrete usado sea uno comercial gastado del usuario de medio kg. Este está sostenido por un eje cónico en sus extremos para adaptarse a la variedad de diámetro y auto centrarse solo. Además, está compuesto o dos partes; una tuerca cónica y un eje cónico roscado que a su vez lleva un engranaje integrado para recibir el movimiento del motor. Concretamente, se ha escogido un motor comercial de 66rpm, 12V y de 4mm de diámetro de eje. [30]

De esta manera, por último tenemos el motor y el tren de engranajes, compuesto por dos ruedas dentadas, una de ellas anclada al motor.

Todo esto se muestra en *Ilustración 23*:



*Ilustración 23: Sistema de bobinado*

## Sistema de control

Consiste en aquellos componentes que sirven para controlar, medir o visualizar los diferentes parámetros del conjunto.

Entre ellos tenemos la pantalla de control junto con los dos potenciómetros, que son aquellos componentes con los que interactúa el usuario. La pantalla se utiliza para visualizar los valores (se ha escogido una de 80x36mm [31]) y el potenciómetro para regularlos; uno para la temperatura de las resistencias y otro para la velocidad de los tres motores. Al girar este último, cambian los tres, que están correctamente relacionados.

Por otro lado tenemos la placa de *Arduino*, en la cual van conectados estos componentes y programados. Entre ellos la fuente de alimentación para pasar del alto voltaje de la red al empleado por los componentes y alimentarlos.

Por último tenemos el termopar, que va alojado dentro del cuerpo y cuyo objetivo es digitalizar los incrementos de temperatura a tiempo real. El usuario lo vería en la pantalla; la temperatura real procedente del termopar, y la temperatura deseada a la que ha puesto las resistencias mediante el potenciómetro. Cuando las resistencias alcanzan esta temperatura deseada, ambos valores coinciden.

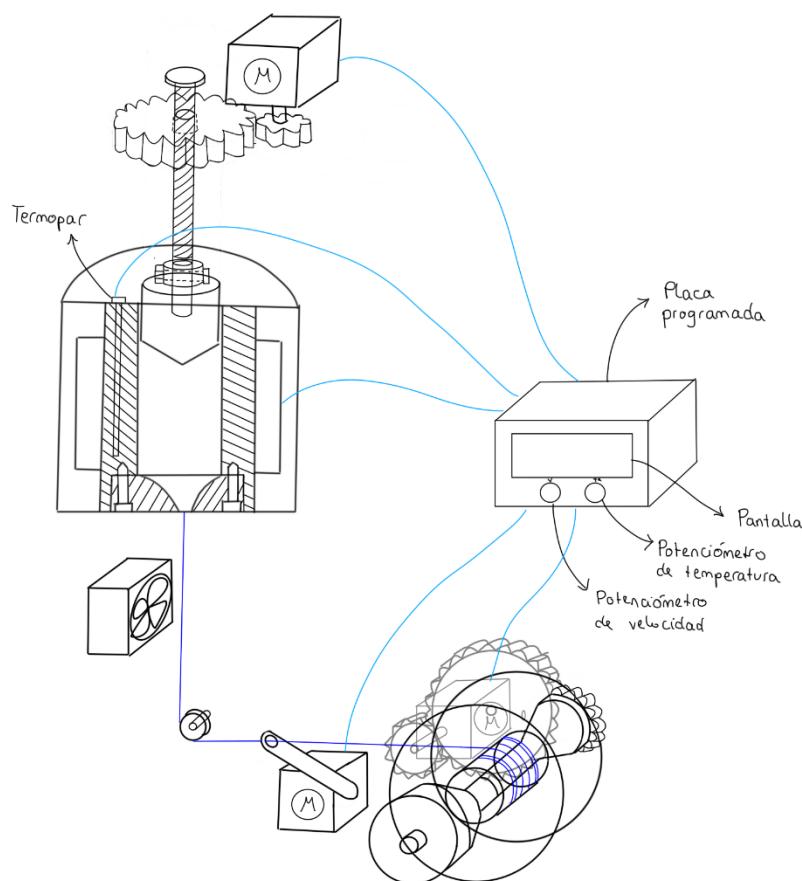


Ilustración 24: Sistema de control

## Sistema de soporte

Por último tenemos el sistema de soporte, cuya función es la de posicionar y fijar los diferentes componentes en el espacio.

Están compuestos por muchas piezas que se verán más adelante, pero en general, pueden dividirse en tres bloques:

### SOPORTE DEL ACTUADOR LINEAL

Se han desarrollado dos ideas:

### Estructura cilíndrica de chapas

Consiste en la unión de varias chapas metálicas mediante tornillos para sujetar el actuador. Este está pensado para que todo este bloque sea de quita y pon de forma sencilla; en la parte inferior, de sección circular, se encuentran tres pequeñas pestañas dispuestas a  $120^{\circ}$  entre sí, y en el cuerpo, se encuentran alojamiento para ellas de manera que al colocar y girar, las pestañas hacen tope y se queda todo el soporte fijado.

Además, las chapas a la par que el motor, llevan varios agujeros alargados de ventilación para evitar sobrecalentamiento.

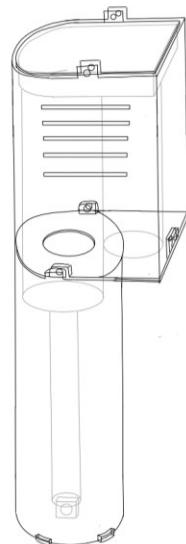


Ilustración 25: Sistema de soporte del actuador lineal de chapa

### Estructura de barras simple

Consiste en unir por la parte superior al actuador lineal mediante tornillos a una placa metálica y que esta a su vez sea sustentada por cuatro barras. Estas barras estarían unidas a otra placa a su vez unida al cuerpo metálico. Todo esto conformaría una estructura sólida con los elementos a la vista.

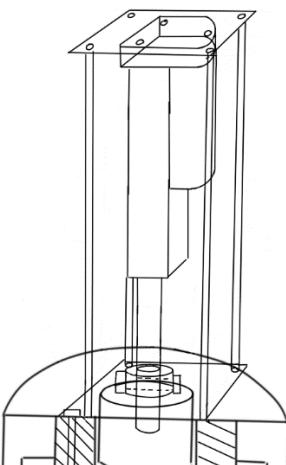


Ilustración 26: Sistema de soporte del actuador lineal de barras

#### Elección del soporte del actuador lineal

Para elegir el soporte más adecuado, nuevamente, se ha realizado una tabla comparativa:

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Estructura cilíndrica de chapa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es más estética.</li> <li>• Tapa todos los componentes.</li> <li>• Compacto y fácil de quitar y poner mediante un simple giro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más compleja para el montaje.</li> <li>• Mayor número de piezas.</li> <li>• Precio de conjunto más elevado.</li> <li>• Peor ventilación del motor.</li> </ul>
Estructura de barras simple	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sencillo de montar e intuitivo.</li> <li>• Más económico en su conjunto.</li> <li>• Menor número de piezas.</li> <li>• Buena ventilación del actuador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más complejo para quitar y poner del cuerpo.</li> <li>• Componentes a la vista, mas basto.</li> </ul>

Tras la tabla comparativa, se ha escogido la estructura de barras simple finalmente, ya que se puede observar que es la mejor opción.

#### SOPORTE DEL SISTEMA DEL BOBINADO

Consiste en dos placas que pueden ser impresas con alojamientos para los ejes y rodamientos de los diferentes engranajes. Una primera versión es la siguiente:

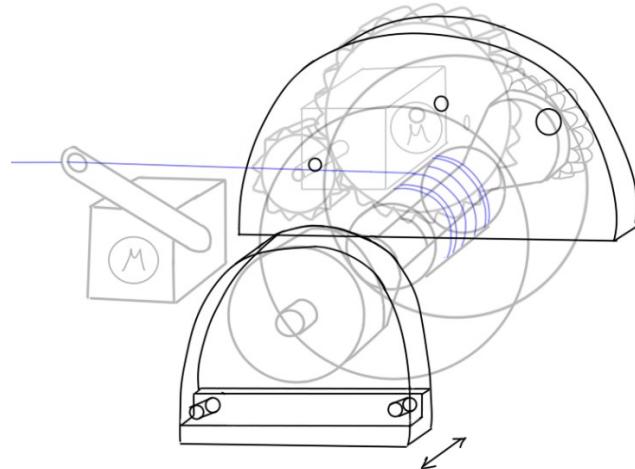


Ilustración 27: Sistema de soporte del bobinado

#### SOPORTE DE TODO EL CONJUNTO

En un principio se utilizarán dos barras huecas para sujetar todo el conjunto de accionamiento y preparación del material, a las cuales se fijarán mediante abrazaderas el sistema de refrigeración y el de re direccionamiento del filamento.

Estas barras irán unidas a una base que puede ser una placa o conglomerado con las correspondientes muescas y cavidades para colocar el resto de elementos.

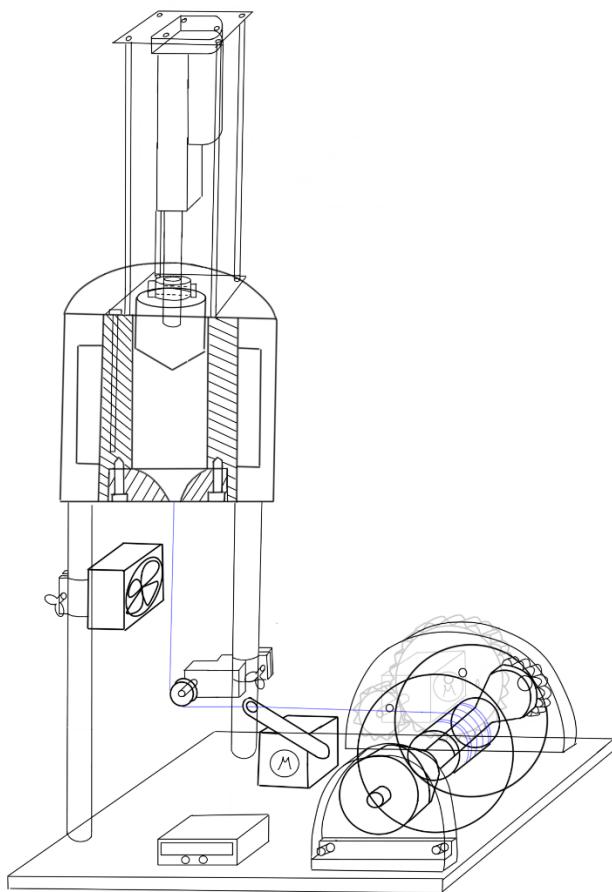


Ilustración 28: Sistema de soporte de todo el conjunto

Por último, cabe destacar que además de todos estos componentes de cada uno de los sistemas, se encontrarían también los normalizados, tornillos, rodamientos, tuercas, etc.

# Dimensionado

Una vez se han desarrollado qué componentes van a formar parte y su ubicación, se ha procedido a hacer el dimensionado de aquellos no comerciales.

Pero, antes de ello, es necesario conocer las dimensiones de todos los comerciales, ya que influirán en el diseño del resto.

## Elementos comerciales

### MOTOR ACTUADOR LINEAL

Tal y como ya se había mencionado anteriormente, se ha escogido un actuador lineal de 12V, 1500N, 4mm/s de velocidad lineal y 150mm de carrera. A continuación se muestran los planos con sus dimensiones facilitadas por el fabricante [26]:

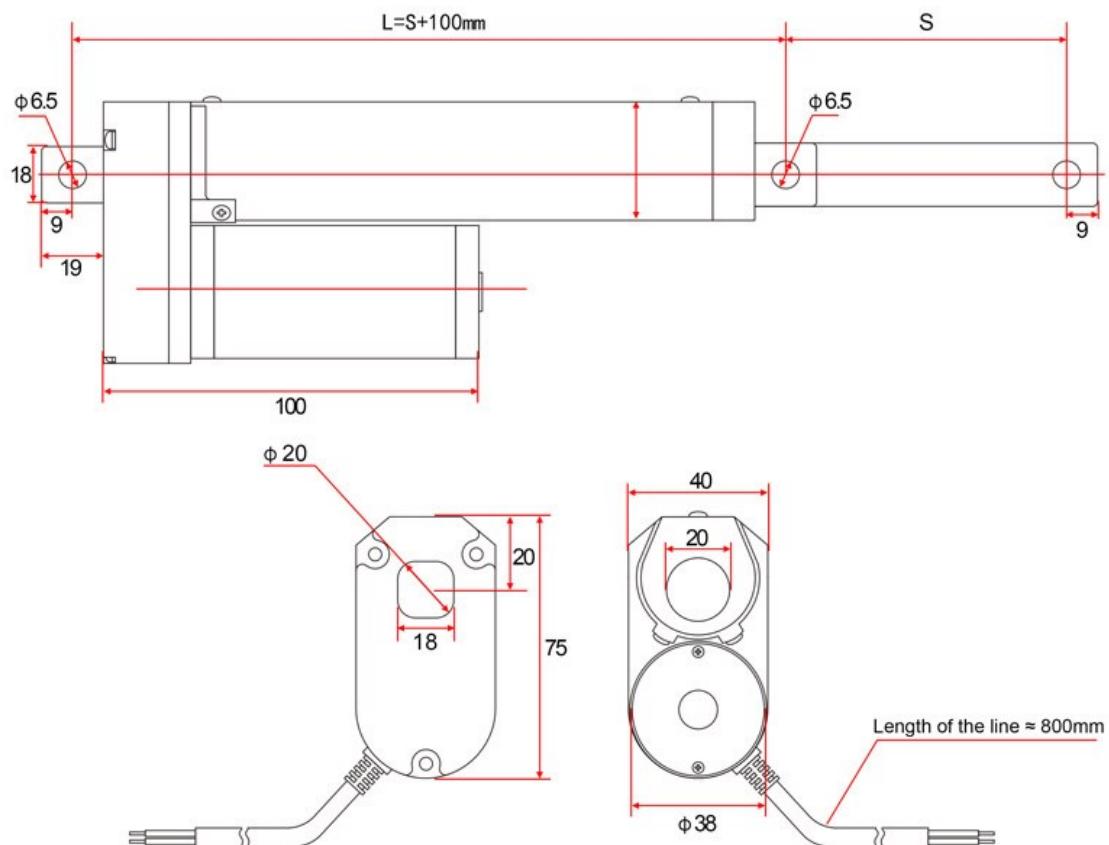


Figura 29: Plano del actuador lineal

## RESISTENCIA

A continuación se han seleccionado una resistencia del mismo diámetro que el cuerpo, 100mm y de 100mm de alto, con capacidad para alcanzar temperaturas de entre 300-400°C, suficiente para el producto. [32]

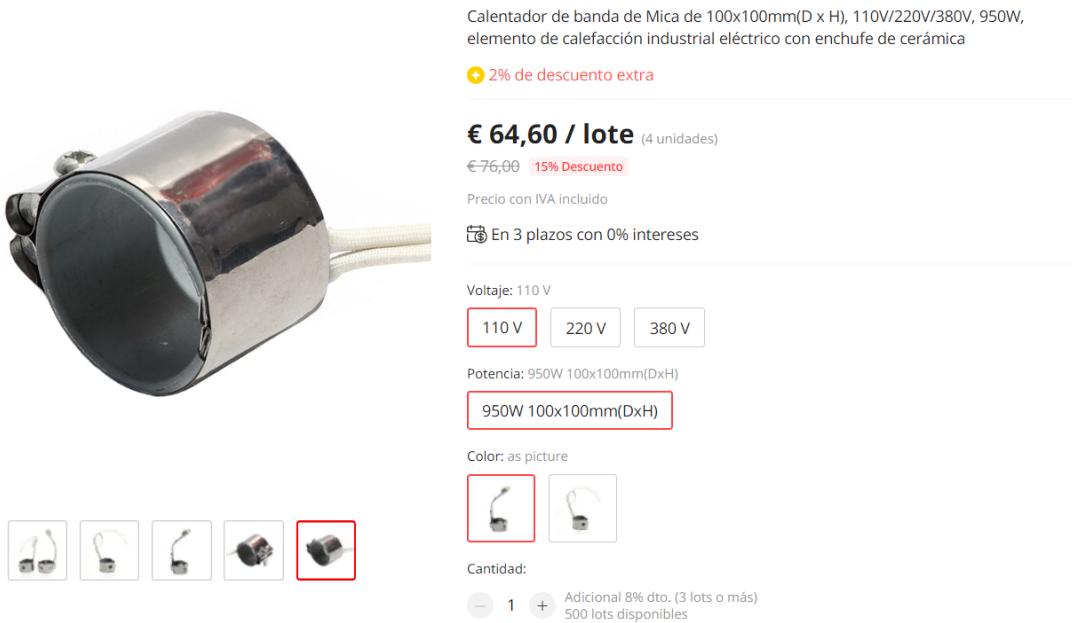


Figura 30: Resistencia seleccionada

## VENTILADOR

Se ha escogido un ventilador de 12V y 40x40x20mm de tamaño. A continuación se muestra el plano proporcionado por el fabricante [29]:

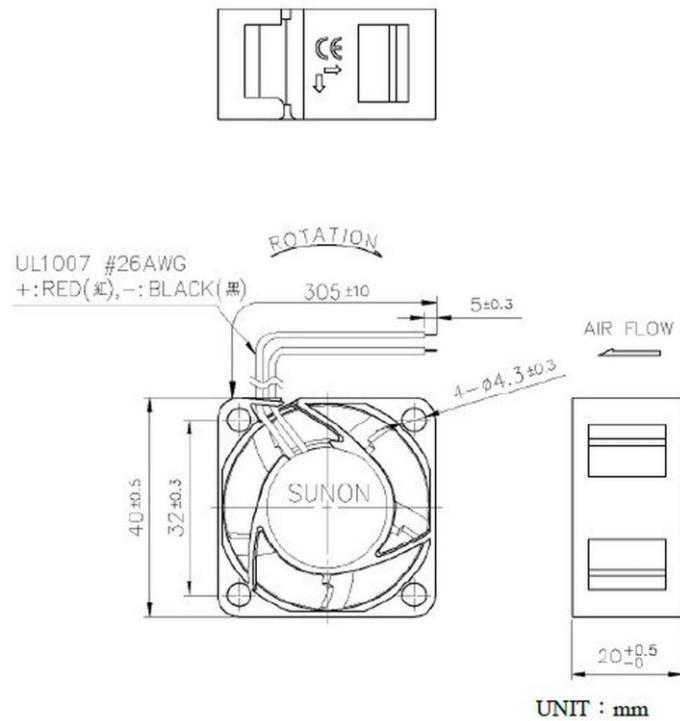


Figura 31: Plano del ventilador

## TERMOPAR

El termopar seleccionado tiene 100mm de sonda de 5mm de diámetro, adecuado así para este producto y de longitud de cable se puede elegir entre 1m y 5m. Además es capaz de medir hasta 400°C más que suficiente. [33]



Figura 32: Termopar seleccionado

## SERVOMOTOR

Se ha elegido un servomotor de 6V y dimensiones generales de 12x32x30mm, aunque el resto de medidas más concretas se muestran en la siguiente imagen, proporcionada por el fabricante [34]:

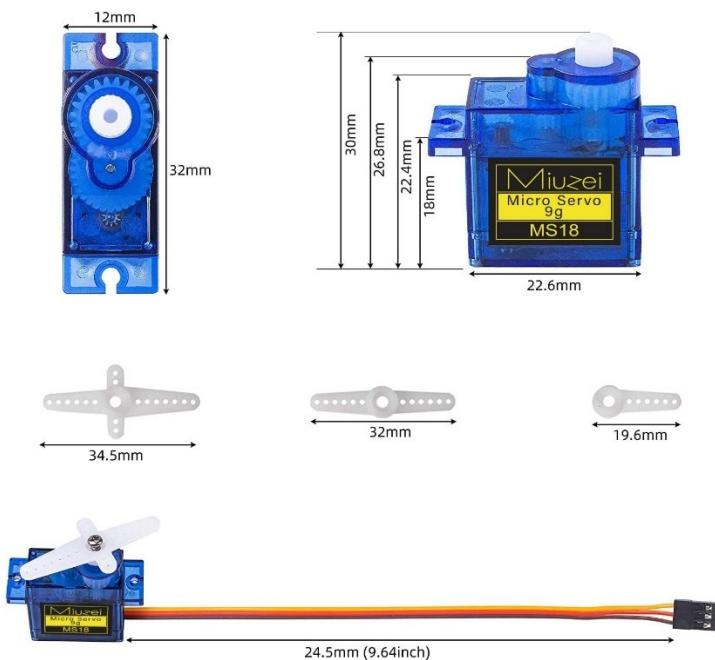


Figura 33: Medidas del servomotor

## MOTOR PARA BOBINADO

Tal y como se había mencionado anteriormente, se ha escogido un motor de 66rpm, 12V y eje de 4mm de diámetro y unas medidas generales de 27x51mm. El resto de medidas, se muestra en el siguiente plano [30]:

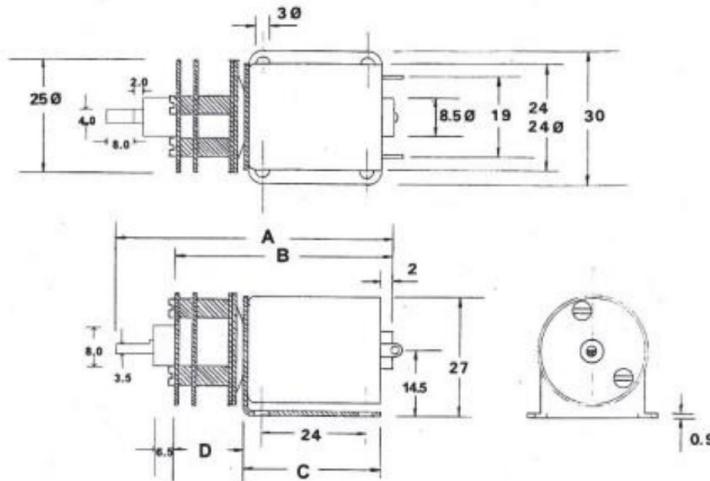


Figura 34: Plano del motor para bobinado

## PANTALLA

Se ha seleccionado una pantalla LCD para *Arduino* con un tamaño de 80x36mm [31]:

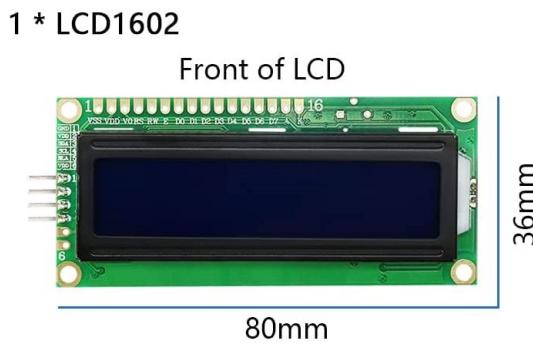


Figura 35: Medidas de la pantalla escogida

## ARDUINO

Se ha escogido una placa de la marca *Arduino* de 12V cuyas dimensiones son 80x55x25mm [35]:



Figura 36: Placa Arduino

## POTENCIÓMETROS

Se ha seleccionado el siguiente potenciómetro tanto para controlar la velocidad como la temperatura, con un diámetro de 6mm [36]:

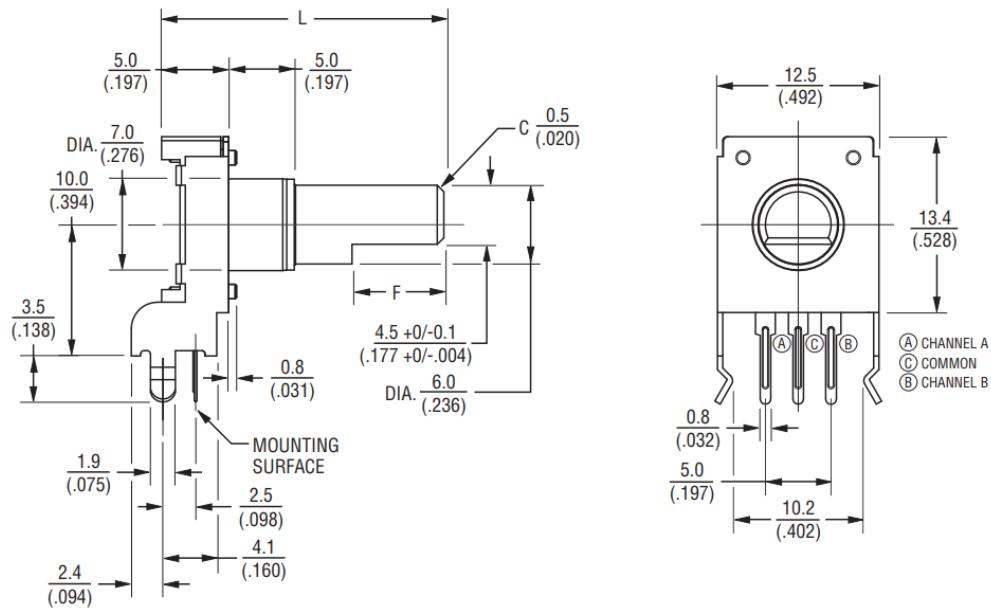


Figura 37: Plano del potenciómetro

## FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Se ha escogido una fuente de alimentación para transformar los 220V de la red a 12V, ya que es con el voltaje que trabajan los diferentes elementos como la placa *Arduino*, el actuador lineal, los motores, etc. Trabaja con 2A de intensidad, suficiente para suministrar todos los componentes, cuya suma de intensidades es inferior. Sus dimensiones son de 75x40x30mm, pero, está situada en la parte del enchufe, no hace falta tenerlas en cuenta para el dimensionado de la carcasa del sistema de control [37]:



Figura 38: Dimensiones de la fuente de alimentación

## Elementos no comerciales

Una vez tenemos todas las medidas de los elementos comerciales que podrían condicionar el diseño, se ha procedido a dimensionar el resto.

En el caso de algunos componentes, su dimensión también depende de ciertos parámetros como la velocidad lineal del hilo y velocidades angulares necesarias, como son los engranajes del sistema de bobinado, la varillas del sistema de ordenación de filamento y otros. De esta manera, en estos elementos será necesario realizar una serie de cálculos:

### CÁLCULO DE LOS TAMAÑOS DE ENGRANAJES DEL BOBINADO

Para ello se seguirán una serie de pasos:

1. La velocidad lineal del actuador lineal máxima, según el actuador elegido es:

$$\vartheta_{máx} = 4 \text{ mm/s}$$

Siendo esta una velocidad que podemos regular con el potenciómetro.

2. Según esta velocidad, el husillo avanzara una distancia  $d$  en mm cada segundo, de manera que el volumen introducido y que sale en forma de hilo es:

$$V = \pi r^2 d \text{ [mm}^3\text{]}$$

Queremos que la velocidad de salida de filamento  $\vartheta_f$  sea como máximo, según otros sistemas de extrusión [38] es:

$$\vartheta_f = 20 \text{ mm/s}$$

De manera que, calculamos el volumen teniendo en cuenta que el diámetro del filamento es  $\phi = 1,75 \text{ mm}$  y  $d = 20 \text{ mm}$ :

$$V = \pi 0,875^2 20 = 48 \text{ mm}^3$$

3. Una vez tenemos este volumen, calculamos la velocidad a la que debemos programar el actuador si la cavidad del cuerpo tiene  $\phi = 80 \text{ mm}$ :

$$d = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{48}{\pi 40^2} = 0,0095 \text{ mm} \approx 0,01 \text{ mm}$$

De manera que el actuador deberá llevar una velocidad  $\vartheta_a$  de  $\vartheta_a = 0,01 \text{ mm/s}$ . Se puede observar que es una velocidad angular muy baja, pero sigue siendo viable, ya que un actuador lineal guarda una relación lineal entre la velocidad y la fuerza [39], de manera que a esta velocidad, ejercería una fuerza de 4 kg, que es más que suficiente para el producto.

4. Con la velocidad de salida del hilo  $\vartheta_f$  y teniendo en cuenta el diámetro de carrete de la bobina de  $\phi = 80 \text{ mm}$ , calculamos la velocidad angular que debe llevar el eje en la capa 0  $\omega_0$ , es decir, en la capa que el hilo se apoya en el carrete, teniendo en cuenta que:

$$\vartheta = \omega r [\text{mm/s}]$$

Por tanto:

$$\omega_0 = \frac{\vartheta}{r} = \frac{20}{40} = 0,5 \text{ rad/s}$$

5. Como se acaba de mencionar, esta  $\omega_0$ , es solo la que llevará en la capa 0. A medida que se van acumulando capas, se incrementa el diámetro del carrete, de manera que teniendo en cuenta la ecuación anterior, disminuye la velocidad angular de forma proporcional.

El cambio se produce por tanto en el radio, de manera que si lo ponemos en forma de ecuación:

$$r = 40 + 1,75n [\text{mm}], \text{ siendo } n \text{ el número de capas}$$

Si esto lo trasladamos a la ecuación de la velocidad lineal:

$$\omega_n = \frac{20}{40 + 1,75n} [\text{rad/s}]$$

Una vez tenemos esto, podemos generar una tabla con el número de capa y su velocidad correspondiente. Calculamos las 6 primeras capas:

Tabla 13: Velocidades angulares del carrete para las primeras capas

<b>n</b>	0	1	2	3	4	5	6
<b><math>\omega_n</math> [rad/s]</b>	0,5	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38

Como se puede observar, hay un incremento constante de  $\Delta\omega = 0,02 \text{ rad/s}$ . De manera que podríamos reescribir también la fórmula de la velocidad angular  $\omega_n$  como:

$$\omega_n = 0,5 - 0,02n [\text{rad/s}]$$

6. Una vez tenemos esto, y teniendo en cuenta que el motor escogido tiene una velocidad angular de 66rpm:

$$\omega_m = 66 \text{ rpm} \cdot \frac{2\pi}{60} = 6,9 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \approx 7 \text{ rad/s}$$

7. A continuación, con las velocidades angulares tanto del motor  $\omega_m$  como del eje de carrete de la capa 0  $\omega_0$ , equivalente a la máxima, podemos calcular la relación de transmisión entre los engranajes:

$$K = \frac{\omega_m}{\omega_0} = \frac{Z_0}{Z_m} = \frac{6,9}{0,5} = 13,8 \approx 14$$

8. De esta manera, podemos calcular el número de dientes de cada engranaje  $Z$ , mediante  $K$ . Para ello, comenzamos dando una  $Z_m$  razonable al engranaje del motor. Se empieza por este ya que es el más pequeño y gira a mayor velocidad. Así que, si:

$$Z_m = 10 \text{ dientes}; Z_0 = 14Z_m = 140 \text{ dientes}$$

9. Como 140 es un número de dientes muy elevado, generaría un engranaje demasiado grande, agrandando el conjunto del producto demasiado. Por tanto, para evitarlo, se van a introducir engranajes intermedios de la siguiente manera:

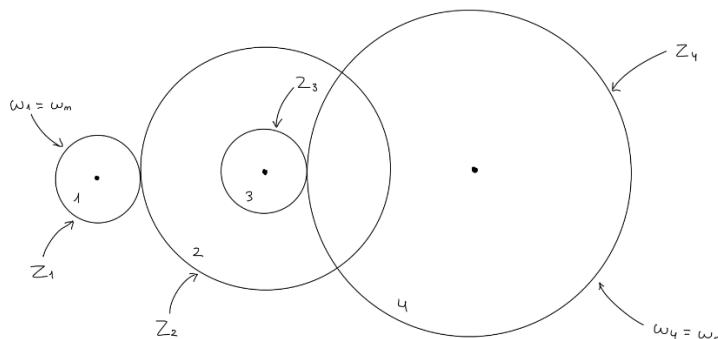


Ilustración 29: Tren de engranajes del bobinado

Si reescribimos la ecuación  $K$ , podemos ir engranaje por engranaje calculando la velocidad angular o número de dientes:

$$Z_1 \cdot \omega_1 = Z_2 \cdot \omega_2$$

Si a  $Z_2$  le damos un valor de  $Z_2 = 30$  dientes, entonces:

$$10 \cdot 66 = 30 \cdot \omega_2; \omega_2 = 22 \text{ rpm}$$

De esta manera calculamos el resto de ruedas. Como la rueda 2 y la 3 están unidas y giran a la vez, entonces  $\omega_2 = \omega_3 = 22 \text{ rpm}$ , de manera que, si  $Z_3 = 10$  dientes y  $\omega_4 = 5 \text{ rpm}$ :

$$10 \cdot 22 = Z_4 \cdot 5; Z_4 = 44 \text{ dientes}$$

Por tanto, el engranaje del eje del carrete ahora si tendrá un número más adecuado de dientes y por tanto tamaño.

10. Por último, falta calcular los diámetros primitivos de cada una y gracias a la relación de transmisión podemos hacerlo, relacionando la fórmula con los radios primitivos de la siguiente forma:

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Si al engranaje del motor, comenzamos dándole un radio de  $R_1 = 12mm$ :

$$12 \cdot 66 = R_2 \cdot 22; R_2 = 36mm$$

Nuevamente  $\omega_2 = \omega_3 = 22rpm$ , de manera que si igualamos  $R_1 = R_3 = 12mm$ , entonces:

$$12 \cdot 22 = R_4 \cdot 5; R_4 = 52,8 mm$$

Así, ya tenemos definidos los engranajes.

11. En *SolidWorks*, programa utilizado para modelar, además del número de dientes, necesita el módulo para crear los engranajes, de manera que lo calculamos:

$$Z = \frac{d}{m} \rightarrow m = \frac{d}{Z}$$

Siendo  $m$  el módulo,  $d$  el diámetro primitivo y  $Z$  el número de dientes. Es un parámetro común para todos los engranajes, de manera que basta con calcularlo con los datos de uno de ellos, por ejemplo, el 1-3:

$$m = \frac{24}{10} = 2,4$$

Pero, nos damos cuenta de que en *SolidWorks* sólo nos da a elegir valores de incrementos de 0,5, es decir, en este caso, entre 2 y 2,5, así que aproximando, escogeremos 2,5.

## CÁLCULO DE LA VELOCIDAD Y ÁNGULO DEL SERVOMOTOR Y RADIO DE VARILLA

Para ello, partimos de la velocidad de filamento  $v_f = 20 mm/s$  y de los datos de la siguiente ilustración:

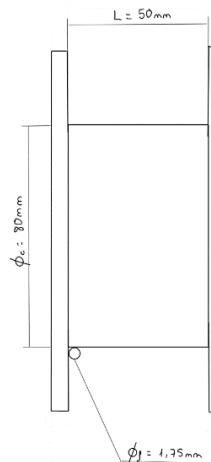


Ilustración 30: Medidas para el cálculo de parámetros del servomotor

- En primer lugar, calculamos el tiempo que le cuesta al bobinado dar una vuelta completa a la bobina, es decir, formar una anilla alrededor de su eje. En cada una de estas vueltas, en la capa 0, la distancia  $d$  recorrida será su perímetro:

$$d = 2\pi r = 2\pi 40 = 251,3 \text{ mm}$$

- Por tanto si:

$$\vartheta = \frac{d}{t}; \quad t = \frac{d}{\vartheta_f} = \frac{251,3}{20} = 12,6 \text{ s}$$

Este es el tiempo  $t$ , que tardará en formar una vuelta en la capa 0.

- Con esto, podemos calcular la velocidad lineal que deberá llevar la varilla mediante una regla de tres. Si en 12,6s recorre 1,75mm de 50mm, en un segundo recorre 0,138mm. Por tanto la velocidad que debe seguir es  $v_r = 0,138 \text{ mm/s}$  en la capa 0.
- Pero, estos datos son tan solo para la máxima velocidad en la capa inicial, de manera que calculamos las ecuaciones para  $n$  capas:

$$r_n = 40 + 1,75n$$

$$t_n = 2\pi r_n / 20$$

$$v_n = \frac{1,75}{t_n} = \frac{1,75}{2\pi(40 + 1,75n)/20} = \frac{1,75}{0,1\pi(40 + 1,75n)} [\text{mm/s}]$$

Con ellas, calculamos las primeras capas:

Tabla 14: Velocidades lineales del servomotor para las primeras capas

$n$	0	1	2
$v_n [\text{mm/s}]$	0,138	0,133	0,128

Se puede apreciar que en cada capa hay un incremento de  $\Delta v = 0,005 \text{ mm/s}$ . Así que, podemos reescribir la fórmula de la velocidad lineal como:

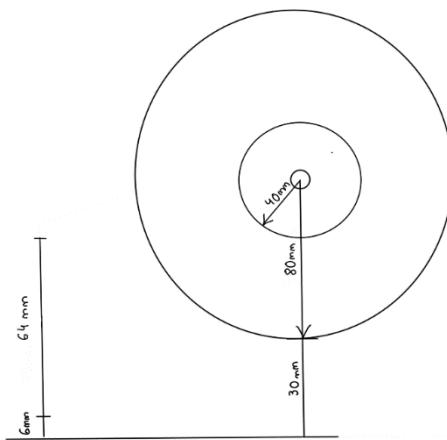
$$v_n = 0,138 - 0,005n [\text{mm/s}]$$

- Con esto, calculamos la velocidad angular del que deberá llevar el servomotor en función de la capa en forma de ecuación:

$$\omega_n = \frac{v_n}{r} = \frac{0,138 - 0,005n}{r}$$

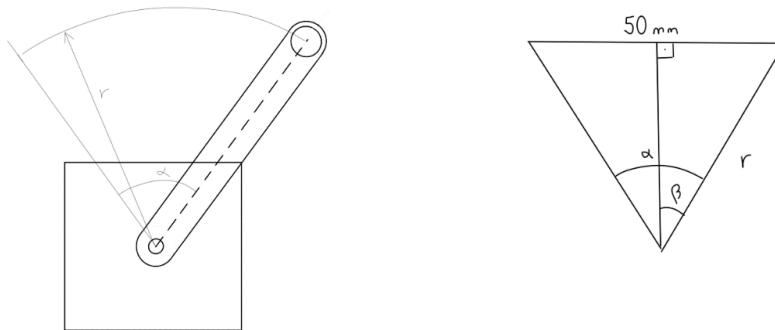
Siendo  $r$  el radio de giro del servomotor o la distancia entre centros de la varilla.

- Una vez tenemos el tamaño de los engranajes podemos calcular este radio  $r$  del servomotor. Teniendo en cuenta que queremos que el filamento entre por la parte inferior de la bobina para ahorrar espacio, cuyo radio es 40mm y que el radio mayor de las paredes laterales del carrete son de 80mm, de forma que habrá que dejarle un margen con respecto al suelo de 30mm aprox., y que el eje del servomotor se encuentra a 6 mm del suelo:

Ilustración 31: Cálculo del radio  $r$  del servomotor

Como se pueda observar, lo el tamaño más adecuado es  $r = 65\text{mm}$  aprox., una medida que sobrepasa ligeramente el inicio del radio.

7. Una vez tenemos el radio de giro  $r$ , calculamos el ángulo de giro  $\alpha$ :

Ilustración 32: Cálculo del ángulo  $\alpha$ 

Si  $r = 65\text{mm}$ :

$$\operatorname{sen}\beta = \frac{25}{65} = 0,38$$

$$\operatorname{arcosen} 0,38 = 22,62^\circ$$

$$\alpha = 2\beta = 45,24^\circ \approx 45^\circ$$

## CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LOS SOPORTES DEL BOBINADO

Para dimensionar los soportes de los engranajes, debemos primero posicionar los centros de los ejes de los mismos.

En cuanto la altura  $h$ , se la hemos dado en el apartado anterior para calcular el radio del servomotor  $r$ . Esta la ha dado el carrete, ya que es el mayor diámetro, con  $h = 110\text{mm}$ .

De esta forma, falta calcular las distancias entre centros  $C$ . Para ello nos ayudaremos mediante la fórmula:

$$C = \frac{D_n + D_{n+1}}{2}$$

Y teniendo en cuenta sus radios y diámetros:

*Tabla 15: Radios y diámetros de los diferentes engranajes*

<i>n engranaje</i>	1	2	3	4
<i>R<sub>n</sub> [mm]</i>	12	36	12	52,8
<i>D<sub>n</sub> [mm]</i>	24	72	24	105,6

1. Calculamos la distancia  $C_1$  entre el engranaje 1 y el 2-3, que comparten centro. Como el 1 engrana con el 2, tomamos esos datos:

$$C_1 = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{24 + 72}{2} = 48 \text{ mm}$$

2. Hacemos lo mismo para calcular la distancia  $C_2$ , entre el engranaje 2-3 y el 4. Como el 4 engrana con el 3, tomamos esos datos:

$$C_2 = \frac{D_3 + D_4}{2} = \frac{24 + 105,6}{2} = 64,8 \text{ mm}$$

3. De esta forma sabemos que el soporte tiene que ser más ancho que la suma  $C_1 + C_2 = 112,8 \text{ mm}$  y algo más alto que  $h = 110 \text{ mm}$ .

Sin embargo, al dimensionar con *SolidWorks* los engranajes, y habiendo aproximado el módulo  $m = 2,4 \approx 2,5$ , estas distancias calculadas anteriormente no sirven para los engranajes, de manera que recalculamos ambas con una fórmula que relaciona estas distancias entre ejes con el módulo:

$$C = \frac{m(Z_n + Z_{n+1})}{2}$$

$$C_1 = \frac{2,5(Z_1 + Z_2)}{2} = \frac{2,5(10 + 30)}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$C_2 = \frac{2,5(Z_3 + Z_4)}{2} = \frac{2,5(10 + 44)}{2} = 67,5 \text{ mm}$$

## DIMENSIONADO DEL EJE Y TUERCA CÓNICOS DEL CARRETE

Para dar las dimensiones siguientes se han tenido que tener en cuenta el engranaje número 4 y las dimensiones del carrete que se pueden observar en la anterior *Ilustración 30*.

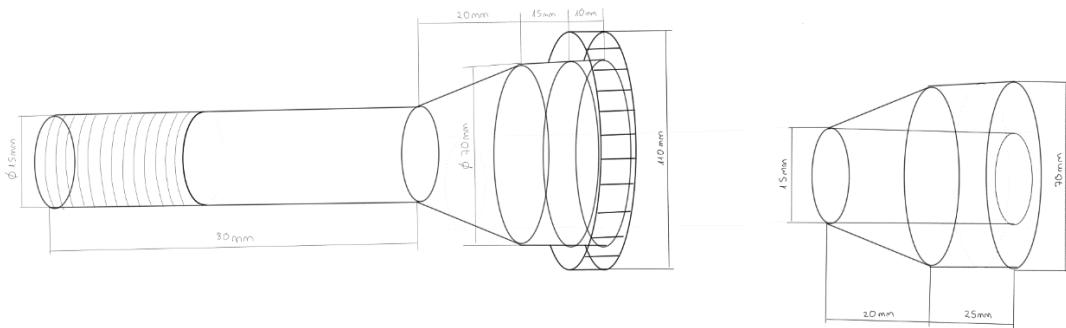


Ilustración 33: Dimensiones del eje y tuerca del carrete

### DIMENSIONADO DEL CUERPO Y CABEZAL DEL PLASTÓMETRO

Para dimensionar el cuerpo del plastómetro deberemos comenzar por las medidas más restrictivas, el diámetro y altura de la cavidad en la cual se prepara el material.

Para calcularlas, deberemos partir de la cantidad de filamento que queremos sacar, 500g. Por tanto, deberemos calcular el volumen ocupado por los diferentes materiales con distintas densidades, PLA, ABS y PET, para poder calcular este diámetro y altura de cavidad.

1. Para ello, en primer lugar, a estos 500g, le sumamos un 5% por posibles pérdidas en el proceso, es decir,  $m = 525g$ . Por tanto con esta masa  $m$ , y las densidades de los tres polímeros  $\mu_n$ , calculamos sus respectivos volúmenes  $V_n$ , generando la siguiente tabla:

Tabla 16: Densidades y volúmenes de los materiales

Material	$\mu_n [g/cm^3]$	$V_n [cm^3]$
PLA	1,24	423,4
ABS	1,07	490,7
PET	1,27	413,4

2. De todos los volúmenes, para calcular las medidas, cogemos el más restrictivo, que en este caso es el volumen mayor para que así quepan el resto, que es el del ABS:

$$V_3 = 490,7 cm^3 \approx 500 cm^3$$

3. Como es un hueco cilíndrico:

$$V = V_3 = 500 cm^3 = \pi r^2 h$$

4. Con esto, podemos ir probando diferentes diámetro para ver sus alturas correspondientes así elegir unas dimensiones adecuadas para el producto:

Tabla 17: Posible dimensiones para la cavidad el cuerpo del plastómetro

$\emptyset [cm]$	$r [cm]$	$h [cm]$
2	1	159
3	1,5	70

4	2	40
5	2,5	25,5
6	3	17,7
7	3,5	13
8	4	10

De todas estas medidas, teniendo en cuenta que debe ser un producto lo más pequeño posible, cogeremos la última, con la altura más baja posible,  $\varnothing = 8 \text{ cm}$  y  $h = 10 \text{ cm}$ .

5. Ya con estas medidas, y teniendo en cuenta el termopar de 100mm de largo 5 mm de diámetro, se ha dimensionado tanto el cuerpo como el cabezal:

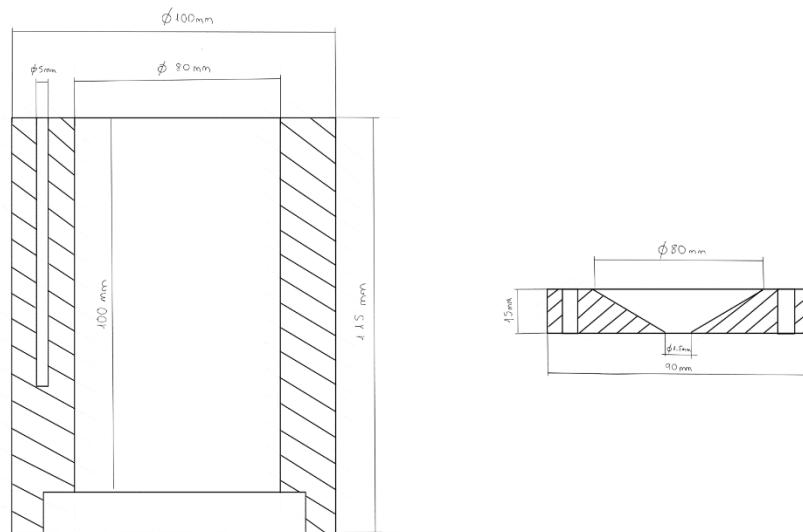
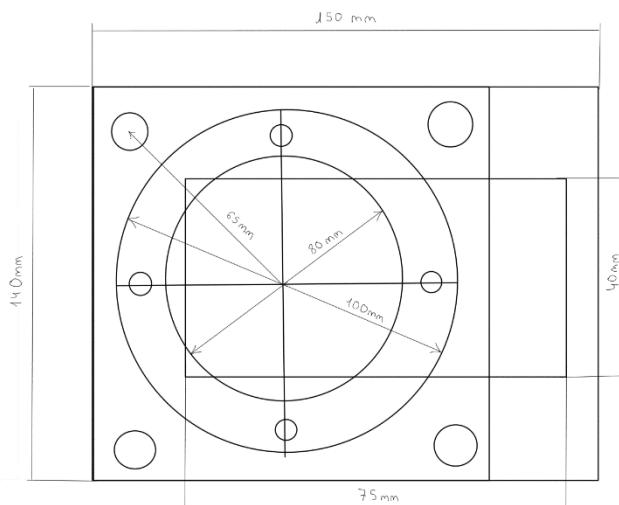


Ilustración 34: Dimensiones del cuerpo y cabezal del plastómetro

#### DIMENSIONADO DE LAS PLACAS DEL SOPORTE DEL ACTUADOR LINEAL

Teniendo en cuenta las dimensiones del actuador lineal y el cuerpo del plastómetro, se han dimensionado las dos placas como se puede observar a continuación:



*Ilustración 35: Vista en planta de las dimensiones de las placas de soporte del actuador lineal*

En la *Error! No se encuentra el origen de la referencia.* figuran los siguientes elementos en vista en planta: el cuerpo de la extrusora representado como dos circunferencias concéntricas, la placa cuadrada de debajo de 140x140mm, anclada al cuerpo mediante los tornillos pequeños y en la cual se fijan las barras en las esquinas, la placa superior rectangular de 140x150mm en la cual se ancla el actuador y las barras, y el propio actuador lineal de 40x75mm, centrado con la cavidad para comprobar las proporciones.

Cabe destacar que estas son medidas iniciales que en el ensamblaje del modelado pueden variar para optimizar espacio y material.

#### DIMENSIONADO DE LA PUNTA DE ARRASTRE

Una vez dimensionado el cabezal, podemos hacer lo mismo con la punta de arrastre.

Su parte de abajo cónica, debe corresponder con el agujero cónico del cabezal, de manera que deberá ser también 15 mm de alto. Además debe de tener una parte cilíndrica que coincida con el diámetro de la cavidad para empujar y evitar que el material salga, por tanto deberá tener el mismo diámetro, 80mm, y una altura de 20mm.

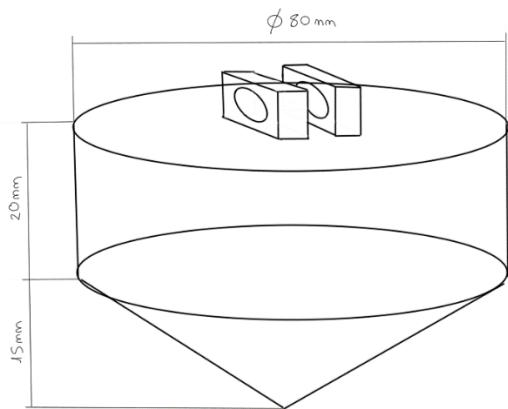


Ilustración 36: Dimensiones de la punta de arrastre

#### DIMENSIONADO DE LA ALTURA DE LAS BARRAS DEL ACTUADOR

Las barras, que fijan el actuador linear con la ayuda de las placas, deberán tener una altura correspondiente, teniendo en cuenta las medidas de la *Figura 29*.

De manera que, teniendo una altura fija de 191mm, una longitud de carrera de 100mm y la punta de arrastre una altura de 35mm, y por otro lado la cavidad tiene una altura de 100mm y el cabezal 15mm, significa que cuando el actuador está completamente desplegado, hay 20mm de la parte móvil que se quedan fuera de la cavidad.

De manera que  $20\text{mm} + 191\text{mm}$ , es decir, 211mm, es la altura efectiva que deben medir las barras más lo que necesiten para anclarse.

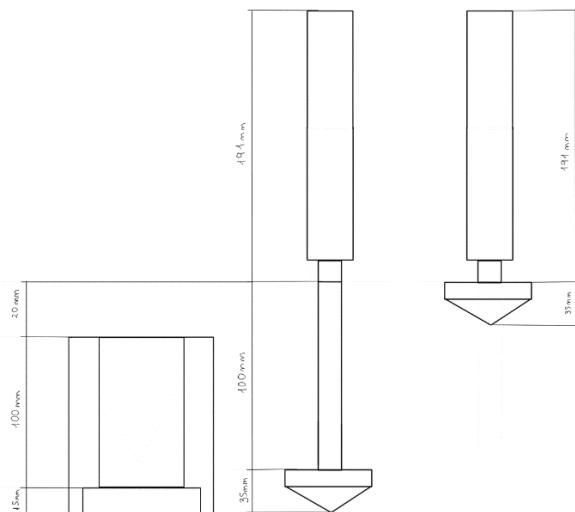


Ilustración 37: Esquema para calcular las dimensiones de las barras de soporte

## DIMENSIONADO DE LA CARCASA DEL SISTEMA DE CONTROL

Las dimensiones de la carcasa que proteja a todo el sistema de control, irán restringidas según el tamaño de la placa *Arduino*, pantalla y potenciómetros.

Por tanto, teniendo en cuenta unas dimensiones de 80x36 la placa de la pantalla, 70x26mm de la pantalla, 6mm el diámetro del potenciómetro, 80x55x25 de *Arduino* y 115x58x35mm de la fuente de alimentación. Si cogemos las mayores dimensiones y le damos 10 mm de margen a todas, nos queda una carcasa de dimensiones 90x90x60mm. Esta carcasa además deberá llevar un alojamiento de 70x26 para la pantalla y dos agujeros de 6mm para los potenciómetros:

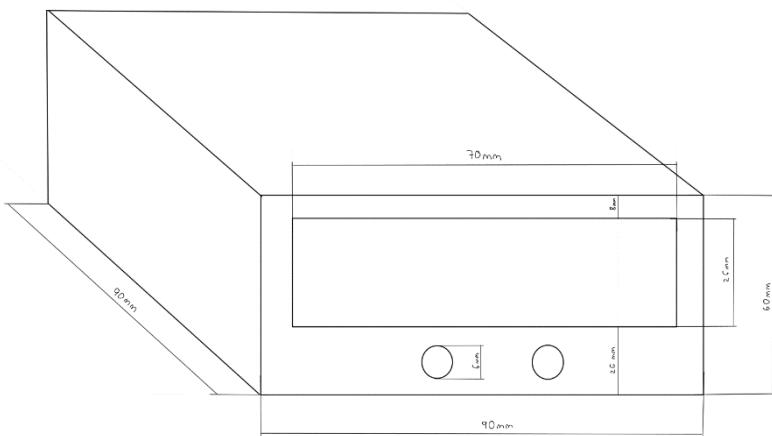


Ilustración 38: Medidas de la carcasa del sistema de control

## DIMENSIONADO DE LA TOLVA Y MARCAS

En cuanto al dimensionado de la tolva-almacén, dependerá únicamente del diámetro de la cavidad del cuerpo del plastómetro en la parte inferior o boca de la misma  $\varnothing = 80\text{mm}$  y del volumen necesario para almacenar varias cargas, en este caso, con 3 serán suficientes.

De forma que, teniendo en cuenta que una carga es  $V = 500\text{cm}^3$ , y que su forma se conforma por dos cilindros y un tronco cónico como se muestra en la Ilustración 39, calculamos la altura para la que se deberá situar la primera marca de carga.

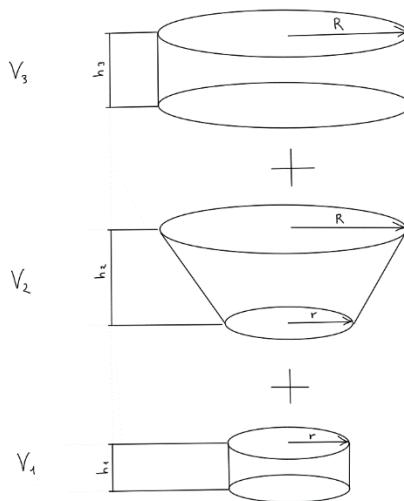


Ilustración 39: Cálculo de volúmenes de la tolva

Para ello nos ayudaremos de las siguientes ecuaciones [ $cm^3$ ]:

$$\begin{aligned}V_{\text{cilindro } 1} &= V_1 = \pi r^2 h_1 \\V_{T.\text{Cónico}} &= V_2 = \frac{h_2 \pi}{3} (R^2 + r^2 + Rr) \\V_{\text{cilindro } 2} &= V_3 = \pi R^2 h_3\end{aligned}$$

Si damos los siguientes valores para los diferentes parámetros:

$$r = 4\text{cm}, \quad R = 8\text{cm}, \quad h_1 = 2\text{cm}, \quad h_2 = 3\text{cm}$$

1. Calculamos a que altura y parte se queda la primera carga, de manera que el primer cilindro:

$$V_1 = \pi 4^2 2 = 100,5\text{cm}^3$$

Como es menos de 500, en esta primera parte de la tolva no se encontrará la línea de referencia de una carga.

2. A continuación calculamos el volumen que ocupará en el tronco cónico, yendo por orden de llenado:

$$V_2 = \frac{3\pi}{3} (8^2 + 4^2 + 8 \cdot 4) = 305\text{cm}^3$$

Como la suma  $V_1 + V_2 < 500\text{cm}^3$ , la línea de referencia de la primera carga tampoco se encuentra en la parte tronco cónica.

3. Por tanto, esta marca de referencia se encuentra si o si en la segunda parte cilíndrica, de manera que  $500\text{cm}^3 - V_1 - V_2 = 95\text{cm}^3$ , será el volumen ocupado de la primera carga en esta parte. Con esto, calculamos a que altura se encuentra, despejando la ecuación:

$$h = \frac{95}{\pi 8^2} = 0,47\text{cm} \approx 0,5\text{cm}$$

Es decir, a 5mm de altura del segundo cilindro, se deberá poner la primera marca de carga.

- Al encontrarnos ya en el segundo cilindro, el resto de líneas de referencia de las otras dos cargas se encontrarán en ella, de manera que calculamos qué altura ocupa cada una:

$$h_{por\ cargo} = \frac{500}{\pi 8^2} = 2,49cm \approx 2,5cm$$

Esto significa que a 25mm y a 50mm de la línea de la primera carga deberemos situar las otras dos líneas de referencia para el usuario.

- Por último, sabemos la altura ocupada por material en el segundo cilindro es:

$$h_3 = 5mm + 25mm + 25mm = 55mm$$

De manera que si a esta altura le sumamos un margen de 30mm de seguridad y para alojar el tamiz, obtenemos la altura total de esta parte,  $H = 85mm$ . Con esto, la tolva-almacén queda totalmente definida, ya que las otras dos piezas se adaptarán a ella.

# Presupuesto

A continuación, se ha procedido a calcular el precio del producto de cara a la venta para el usuario.

Para ello, se ha generado una tabla con el precio de todos los componentes comerciales, normalizados y/o otros que no puedan ser impresos por el usuario debido a necesitar mayores propiedades mecánicas.

En esta tabla se han incluido las siguientes columnas:

- Componente: donde se nombra a cada uno.
- Cantidad: ya que en algunos casos son varios los necesarios
- Precio unitario: es decir, precio por cada uno de los productos en la tienda o web elegidas. (En caso de venderse por pack de varias unidades, dividir este precio por número de componentes).
- Precio al por mayor: precio unitario menos un 20%. Esto es debido a que al comercializar el producto y vender un gran número de unidades, el precio de las webs de la columna anterior no es real, ya que se comprarían al por mayor a un precio menor.
- Total: es el precio que costaría en total un tipo de componente para montar una unidad de producto. De esta manera, se calcula multiplicando la cantidad por el precio al por mayor.

## Componentes comerciales

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO AL POR MAYOR (-20%) (€)	TOTAL (€)
Motor Actuador Lineal	1	18,81	15,05	15,05

Resistencia	1	16,26 (65,04/4)	13,00	13,00
Ventilador	1	8,16	6,53	6,53
Termopar	1	1,24	0,99	0,99
Servomotor	1	3,66 (10,99/3)	2,93	2,93
Motor Bobinado	1	14,88	11,91	11,91
Pantalla LCD	1	8,95	7,16	7,16
Arduino	1	12,49	9,99	9,99
Potenciómetro	2	1,81	1,45	2,90
Fuente de alimentación	1	5,99	4,79	4,79
<b>TOTAL COMPONENTES COMERCIALES (€)</b>				<b>75,25</b>

## Componentes normalizados

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO AL POR MAYOR (-20%) (€)	TOTAL (€)
Rodamientos $\phi_{int}=15\text{mm}$ , $\phi_{ext}=21\text{mm}$ , ancho=5mm	4	3,54	2,83	11,32
Arandela M6	1	0,05 (4,66/100)	0,04	0,04
Tuerca M15	8	1,65 (41,15/25)	1,32	10,56
Tuerca M6	1	0,08 (7,71/100)	0,06	0,06
Tuerca M4	18	0,03 (8,09/250)	0,02	0,36
Tuerca M2.5	8	0,10 (4,85/50)	0,08	0,64
Tornillo M6, L=40mm	1	0,26 (26,46/100)	0,21	0,21
Tornillo M4, L=25mm	16	0,62 (31,16/50)	0,50	8,00
Tornillo M4, L=20mm	8	0,12 (12,49/100)	0,10	0,80
Tornillo M4, L=13mm	8	0,45 (22,35/50)	0,36	2,86
Tornillo palometa M4	4	0,39 (1,96/5)	0,31	1,24
Tornillo M3.5, L=16mm	1	0,44 (22,03/50)	0,35	0,35
Tornillo M2.5, L=20mm	4	0,06 (5,80/100)	0,05	0,20
Tornillo M2.5, L=10mm	4	0,05 (5,34/100)	0,04	0,16
Tornillo M2.5, L=4mm	6	0,05 (4,82/100)	0,04	0,24
Tornillo M2, L=20mm	4	0,05 (5,23/100)	0,04	0,16
<b>TOTAL COMPONENTES NORMALIZADOS (€)</b>				<b>37,20</b>

## Componentes no imprimibles por el usuario

COMPONENTE	CANTIDA D	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO AL POR MAYOR (-20%) (€)	TOTAL (€)
Barra soporte actuador	4	2,04	1,63	6,53
Placas soporte actuador	2	3,03 (6,06/2)	2,42	4,85
Cuerpo plastómetro	1	23,65	18,92	18,92
Cabezal plastómetro	1	5,59	4,47	4,47
Punta de arrastre	1	4,86	3,88	3,88
Barras soporte conjunto	3	3,34	2,67	8,01

Plancha base de conglomerado negro e=19mm	1	4,99	3,99	3,99
Ejes Roscados	2	1,67 (10,04/6)	1,34	1,68
Junta	1	1,54	1,23	1,23
<b>TOTAL COMPONENTES NO IMPRIMIBLES (€)</b>				<b>53,56</b>

## Coste de venta

Para finalmente calcular el precio/unidad de producto, deberemos sumar los totales de cada una de las tablas, esto conformará el coste fijo del producto:

$$C_{Comerciales} + C_{Normalizados} + C_{No\ imprimibles} = 75,25 + 37,20 + 53,56 = 165,71\text{€}$$

Pero, además de esto, se le deberá sumar un margen de beneficio del 20%. De forma, que el coste de venta final del producto será:

$$\textbf{Coste de Venta} = 165,71 \cdot 1,2 = \textbf{198,85€}$$

# Branding

A continuación, se ha procedido a diseñar un logotipo comercial para el producto:

## Valores

En la construcción del logotipo, se ha puesto como objetivo transmitir una serie de ideas o valores al usuario para hacerlo más atractivo y que al verlo lo vincule a unas ideas:

- Tecnología: Al consistir en un producto que utiliza diversa tecnología en cuanto a manipulación de materiales plásticos y nivel técnico.
- Innovación: puesto que la impresión 3D es un campo de constante cambio y desarrollo y el producto es original.
- Dinamismo: en cuanto a la creación continua y dinámica de filamento.
- Sostenibilidad: ya que el producto, al tratarse de un sistema de reciclaje de plásticos, va directamente vinculado a esta idea.

- Amigable: ya que debe dar una sensación al usuario de fácil de entender, usar, interaccionar, ya que se trata de un producto que el propio usuario construye a modo de reto

## Análisis del sector

Una vez claros los valores a representar, antes se han analizado diversos logotipos de empresas y marcas del sector de la impresión 3D y/o reciclaje de los plásticos en el campo, ya que tratan de expresar valores similares a los mencionados anteriormente:



Figura 39: Logotipos de marcas del sector

Observando los logos de la *Figura 39*, podemos observar características comunes a todos ellos, que ayudarán a definir el diseño. Entre ellas:

- Colores: se pueden distinguir de forma clara el uso de dos colores; azul y negro en varios tonos de los mismos.
- Tipografía: Se utiliza tipografía recta sin serifa y por lo general, en negrita y/o en cursiva.
- Resaltes: se puede apreciar que en su gran mayoría se resalta parte del nombre, ya sea con un cambio de grosor o color.
- Símbolo: Más de la mitad hacen uso de símbolo que en general es geométrico e incluso de forma cúbica.
- Eslogan: algunos de ellos, contienen en su parte inferior, con letra más pequeña, y con mayor transparencia para que no destaque sobre la marca, un pequeño eslogan o breve definición de la misma

## Naming

Para lograr sacar un nombre atractivo se ha procedido a hacer una lluvia de ideas. La idea principal del nombre ha sido el concepto de filamento infinito, ya que el producto consigue reutilizar y reciclar los materiales plásticos de corta vida útil para lograr un máximo aprovechamiento y llegar a tener filamento infinito siempre que el usuario desee, de manera que se ha jugado con las palabras filamento e infinito:

- Filfinit
- Filnit
- Infifil
- Infil
- Infinit

De los cuales se ha escogido *Infinit*, ya que aunque filamento se ve reflejado en el nombre, el usuario puede vincularlo directamente por el tipo de producto y la función principal que desempeña.

Por último, *Infinit*, traducción inglesa de infinito, ha evolucionado a *Infini*, traducción francesa, debido a que es más fácil su pronunciación, suena mejor y es más original ya que el inglés es siempre lo más recurrente.

Cabe destacar que se ha tomado estas palabras; filamento infinito, como eslogan del producto por transmitir la idea de su función, ser atractivo y tener rima con el nombre del producto.

## Logotipo final

Siguiendo todos estos criterios de las conclusiones del análisis del sector, y tomando el nombre *Infini*, se han realizado varios bocetos que finalmente han evolucionado al siguiente:



Figura 40: Logotipo del producto

También se encuentra la posibilidad del logotipo con eslogan:



Figura 41: Logotipo del producto con eslogan

En resumen, siguiendo las características a seguir por el sector y los valores, el logotipo:

- Transmite innovación y tecnología mediante la tipografía color negro sin serifa recta y el uso de los colores azul y negro
- Transmite dinamismo mediante la cursiva e inclinación de recuadro azul y la prolongación de la letra F.
- Transmite la idea de amigable mediante un la tipografía en negrita, con letra de mayor grosor y la tonalidad del azul, similar al que se asocia a un niño.
- Transmite sostenibilidad mediante la el color azul en el recuadro y la continuidad de la creación del filamento mediante la prolongación de la F.
- Se resalta parte del nombre como el resto de marcas mediante un cuadro de resalte y una letra.
- Utiliza si es necesario un eslogan en la parte baja en pequeño y con transparencia para no desviar la atención de la marca en primer lugar.

# Bibliografía

- [1] «Wikipedia,» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora_3D).
- [2] «Tipos de Impresoras 3D,» [En línea]. Available: <https://www.impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/>.
- [3] «Diferencia entre el término FDM y FFF,» [En línea]. Available: <https://imprint3d.net/impresoras-3d/fdm-vs-fff-cual-es-la-diferencia/>.
- [4] «Modelado por Deposición Fundida (FDM),» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado\\_por\\_deposici%C3%B3n\\_fundida](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_por_deposici%C3%B3n_fundida).
- [5] «Partes de una impresora,» [En línea]. Available: <https://blog.structuralia.com/partes-impresora-3d#:~:text=Extrusor%3A%20es%20la%20pieza%20que,de%20tracci%C3%B3n%20y%20un%20ventilador..>
- [6] «Materiales en Impresión FDM,» [En línea]. Available: <https://capasobrecapa.com/materiales-fdm/>.
- [7] «¿Qué es el proceso de extrusión?,» [En línea]. Available: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Extrusor-de-polimeros-que-es-y-como-funciona#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20proceso%20de,pol%C3%ADmero%20para%20su%20aplicaci%C3%B3n%20final..>
- [8] «Funcionamiento de un extrusor,» [En línea]. Available: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Extrusor-de-polimeros-que-es-y-como-funciona>.
- [9] «Extrusor en Impresión 3D,» [En línea]. Available: <https://elmundo3d.com/extrusor/>.
- [10] «Partes principales de un extrusor en impresión 3D,» [En línea]. Available: <https://elmundo3d.com/extrusor/>.
- [11] «Tipos de extrusores en impresión 3D,» [En línea]. Available: <https://abax3dtech.com/2021/01/08/extrusor-impresora-3d-componentes-tipos-y-limpieza/>.
- [12] «Problemas con el extrusor,» [En línea]. Available: <https://elmundo3d.com/extrusor/>.
- [13] «Cabezal Extrusor Mahor v4,» [En línea]. Available: <https://mahor.xyz/producto/v4-pellet-extruder/>.
- [14] T. H. e. al., «Design and Manufacturing of a 3D printer filaments extruder,» *ScienceDirect*, 2021.

- [15] «Filastruder,» [En línea]. Available: <https://filament2print.com/es/perifericos/594-kit-filastruder.html>.
- [16] «Sistemas a partir de pellet,» [En línea]. Available: <https://all3dp.com/2/best-filament-extruder/>.
- [17] «Sistema a partir de botellas video,» [En línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=dN2qp1ihuto&ab\\_channel=ELECTRONOOBSenEspa%C3%B1ol](https://www.youtube.com/watch?v=dN2qp1ihuto&ab_channel=ELECTRONOOBSenEspa%C3%B1ol).
- [18] I. T. &. K. Dzierżek, «Filament for a 3D Printer from Pet Bottles- Simple Machine,» *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, p. 7, 2020.
- [19] «PET-Machine, make Your own 3D printer filament from plastic bottles at home,» [En línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=WUcZyOWUzcY&ab\\_channel=IgorTylman](https://www.youtube.com/watch?v=WUcZyOWUzcY&ab_channel=IgorTylman).
- [20] «Mosaic Palette 3,» [En línea]. Available: <https://www.impresoras3d.com/producto/palette-3-multimaterial/>.
- [21] «Sistema de unión de filamentos vídeo,» [En línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=H1flw1VGNEw&ab\\_channel=tecnoculebras](https://www.youtube.com/watch?v=H1flw1VGNEw&ab_channel=tecnoculebras).
- [22] «Reciclaje de carretes de bobinas,» [En línea]. Available: <https://www.impresoras3d.com/que-hacer-con-las-bobinas-de-filamento/>.
- [23] M. B. &. A. Marcilla, «Tema 4: Extrusión,» *Tecnología de Polímeros*.
- [24] «Mahor v4,» [En línea]. Available: <https://mahor.xyz/producto/v4-pellet-extruder/>.
- [25] «Extrusora económica Aliexpress,» [En línea]. Available: [https://es.aliexpress.com/item/1005003391350818.html?spm=a2g0o.detail.1000060.1.5c154431jiOy5k&gps-id=pcDetailBottomMoreThisSeller&scm=1007.13339.291025.0&scm\\_id=1007.13339.291025.0&scm-url=1007.13339.291025.0&pvid=fb321b86-cce5-404b-8a2a-2c99072fe101&\\_t=](https://es.aliexpress.com/item/1005003391350818.html?spm=a2g0o.detail.1000060.1.5c154431jiOy5k&gps-id=pcDetailBottomMoreThisSeller&scm=1007.13339.291025.0&scm_id=1007.13339.291025.0&scm-url=1007.13339.291025.0&pvid=fb321b86-cce5-404b-8a2a-2c99072fe101&_t=).
- [26] «Actuador lineal económico,» [En línea]. Available: [https://es.aliexpress.com/item/32815426262.html?spm=a2g0o.productlist.main.1.41847e0cJCJOPP&algo\\_pvid=6f8b39ee-9d04-43c4-9452-81054e8711a1&algo\\_exp\\_id=6f8b39ee-9d04-43c4-9452-81054e8711a1-0&pdp\\_npi=3%40dis%21EUR%2125.67%2120.53%21%21%21%21%402100ba4716](https://es.aliexpress.com/item/32815426262.html?spm=a2g0o.productlist.main.1.41847e0cJCJOPP&algo_pvid=6f8b39ee-9d04-43c4-9452-81054e8711a1&algo_exp_id=6f8b39ee-9d04-43c4-9452-81054e8711a1-0&pdp_npi=3%40dis%21EUR%2125.67%2120.53%21%21%21%21%402100ba4716).
- [27] «Sistema de ordenación por servomotor y varilla,» [En línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=tsxu\\_KMYnTs&ab\\_channel=MrInnovative](https://www.youtube.com/watch?v=tsxu_KMYnTs&ab_channel=MrInnovative).
- [28] «Sistema de ordenación mediante leva y polea,» [En línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=sxsctBXCuGk&ab\\_channel=MrInnovative](https://www.youtube.com/watch?v=sxsctBXCuGk&ab_channel=MrInnovative).
- [29] «Ventilador para refrigeración escogido,» [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/Ventilador-40x40x20mm-3dBA-Sunon->

HA40201V41000UA99/dp/B07B65FT8F/ref=asc\_df\_B07B65FT8F/?tag=googshope-s-21&linkCode=df0&hvadid=420379794380&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=6586966694430740519&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&.

- [30] «Motor para el bobinado,» [En línea]. Available: [https://es.rs-online.com/web/p/motores-dc/4130622?cm\\_mmc=ES-PLA-DS3A\\_-\\_google\\_-CSS\\_ES\\_ES\\_Automatizacion\\_y\\_Control\\_de\\_Procesos\\_Whoop\\_-\\_\(ES:Whoop!\)+Motores+DC\\_-4130622&matchtype=&aud-827186183686:pla-308751753777&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspFKQRF-MiDmh](https://es.rs-online.com/web/p/motores-dc/4130622?cm_mmc=ES-PLA-DS3A_-_google_-CSS_ES_ES_Automatizacion_y_Control_de_Procesos_Whoop_-_(ES:Whoop!)+Motores+DC_-4130622&matchtype=&aud-827186183686:pla-308751753777&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspFKQRF-MiDmh).
- [31] «Pantalla Arduino para sistema de control,» [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/Freenove-Display-Compatible-Arduino-Raspberry/dp/B0B76YGDV4/ref=sr\\_1\\_7?adgrpid=58915688551&hvadid=275317995825&hvdev=c&hvlocphy=1005548&hvnetw=g&hvqmt=e&hvrand=16410024022460480446&hvtargid=kwd-343664603962&hydadcr=11858\\_1752987&keyw](https://www.amazon.es/Freenove-Display-Compatible-Arduino-Raspberry/dp/B0B76YGDV4/ref=sr_1_7?adgrpid=58915688551&hvadid=275317995825&hvdev=c&hvlocphy=1005548&hvnetw=g&hvqmt=e&hvrand=16410024022460480446&hvtargid=kwd-343664603962&hydadcr=11858_1752987&keyw).
- [32] «Resistencias seleccionadas,» [En línea]. Available: [https://es.aliexpress.com/item/1005002747758890.html?spm=a2g0o.productlist.main.75.1c8e78e2Xt4Nt6&algo\\_pvid=f9d06c11-5f38-443f-86a8-5bf817b84b2b&algo\\_exp\\_id=f9d06c11-5f38-443f-86a8-5bf817b84b2b-37&pdp\\_npi=3%40dis%21EUR%2138.06%2132.35%21%21%21%21%40214](https://es.aliexpress.com/item/1005002747758890.html?spm=a2g0o.productlist.main.75.1c8e78e2Xt4Nt6&algo_pvid=f9d06c11-5f38-443f-86a8-5bf817b84b2b&algo_exp_id=f9d06c11-5f38-443f-86a8-5bf817b84b2b-37&pdp_npi=3%40dis%21EUR%2138.06%2132.35%21%21%21%21%40214).
- [33] «Termopar seleccionado,» [En línea]. Available: [https://es.aliexpress.com/item/10000134668319.html?pdp\\_npi=2%40dis%21EUR%211%2C53%E2%82%AC%211%2C22%E2%82%AC%21%21%21%21%21%40211b5db316843148252296686e866d%2120000000125845947%21btf\\_&t=pvid%3A1266df0f-0ee8-4e90-964e-ec06001be87e&afTraceInfo=1000013466831](https://es.aliexpress.com/item/10000134668319.html?pdp_npi=2%40dis%21EUR%211%2C53%E2%82%AC%211%2C22%E2%82%AC%21%21%21%21%21%40211b5db316843148252296686e866d%2120000000125845947%21btf_&t=pvid%3A1266df0f-0ee8-4e90-964e-ec06001be87e&afTraceInfo=1000013466831).
- [34] «Servomotor comercial,» [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/Miuzei-Caminar-Helic%C3%B3ptero-Veh%C3%ADculo-Control/dp/B0BBR4D8SZ/ref=sr\\_1\\_2\\_sspa?\\_\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&qid=187W83ZKNVK0J&keywords=servomotor%2Barduin&qid=1684309585&sprefix=servomotor%2Barduin%2Caps%2C104&s](https://www.amazon.es/Miuzei-Caminar-Helic%C3%B3ptero-Veh%C3%ADculo-Control/dp/B0BBR4D8SZ/ref=sr_1_2_sspa?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&qid=187W83ZKNVK0J&keywords=servomotor%2Barduin&qid=1684309585&sprefix=servomotor%2Barduin%2Caps%2C104&s).
- [35] «Placa Arduino escogida,» [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/AZDelivery-UNO-R3-compatible-Arduino/dp/B01MDJA464/ref=asc\\_df\\_B01MDJA464/?tag=googshope-s-21&linkCode=df0&hvadid=301444355645&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=17262052659062231803&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=1005](https://www.amazon.es/AZDelivery-UNO-R3-compatible-Arduino/dp/B01MDJA464/ref=asc_df_B01MDJA464/?tag=googshope-s-21&linkCode=df0&hvadid=301444355645&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=17262052659062231803&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=1005).
- [36] «Potencímetro escogido,» [En línea]. Available: [https://es.rs-online.com/web/p/codificadores-giratorios-mecanicos/7899624?cm\\_mmc=ES-PLA-DS3A\\_-\\_google\\_-CSS\\_ES\\_ES\\_Componentes\\_Pasivos\\_Whoop\\_-\\_\(ES:Whoop!\)+Codificadores+Giratorios+Mec%C3%A1nicos\\_-7899624&matchtype=&aud-827186183686:pla-340393897589&gclid=](https://es.rs-online.com/web/p/codificadores-giratorios-mecanicos/7899624?cm_mmc=ES-PLA-DS3A_-_google_-CSS_ES_ES_Componentes_Pasivos_Whoop_-_(ES:Whoop!)+Codificadores+Giratorios+Mec%C3%A1nicos_-7899624&matchtype=&aud-827186183686:pla-340393897589&gclid=).
- [37] «Fuente de alimentación seleccionada,» [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/OcioDual-Adaptador-Transformador-Convertidor-Alimentaci%C3%B3n/dp/B06XT7NZQJ/ref=asc\\_df\\_B06XT7NZQJ/?tag=googshope-s](https://www.amazon.es/OcioDual-Adaptador-Transformador-Convertidor-Alimentaci%C3%B3n/dp/B06XT7NZQJ/ref=asc_df_B06XT7NZQJ/?tag=googshope-s)

- 21&linkCode=df0&hvadid=339932012056&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=929611002554  
3039692&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl.
- [38] «Ejemplo de velocidad de salida de filamento,» [En línea]. Available: <https://www.impresoras3d.com/extrusionbot-la-productora-de-filamento-mas-rapida-del-mercado/>.
- [39] «Relación lineal entre la velocidad y la fuerza de un actuador lineal,» [En línea]. Available: <https://www.firgelliauto.com/es/blogs/news/how-to-use-a-speed-controller-with-a-linear-actuator>.

**ANEXOS**

**RENDERS**



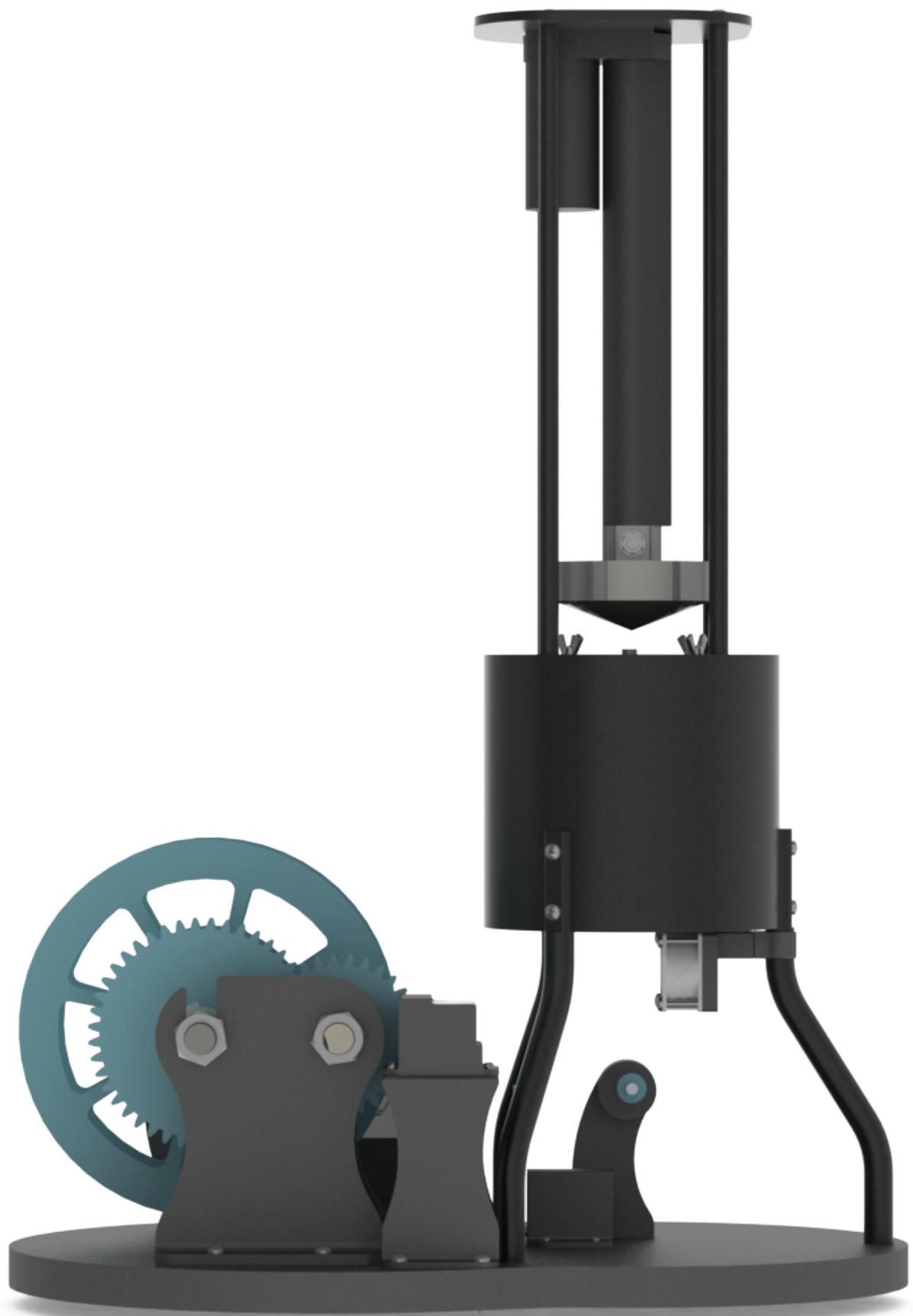
Vista en perspectiva frontal



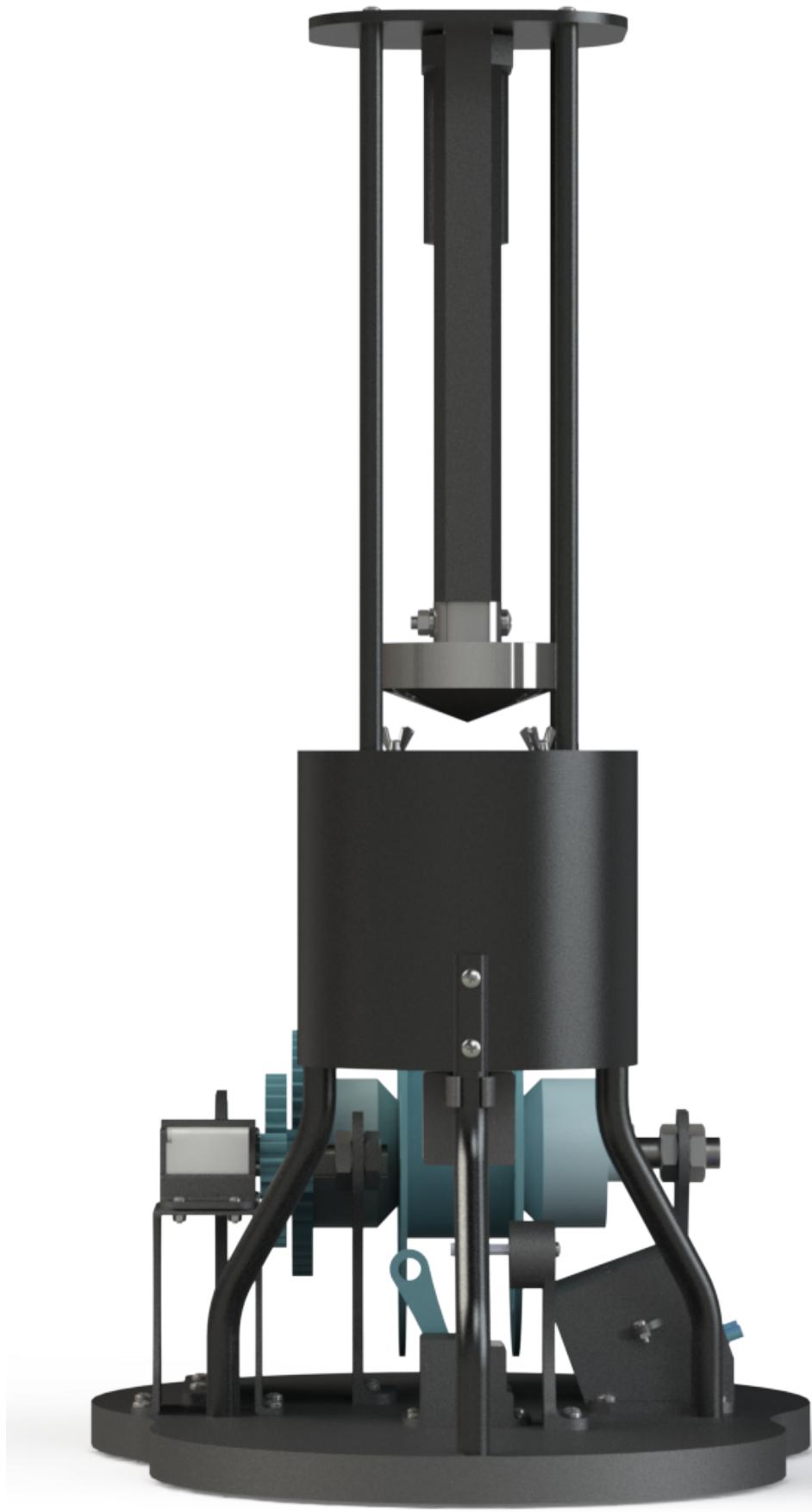
Vista en perspectiva trasera



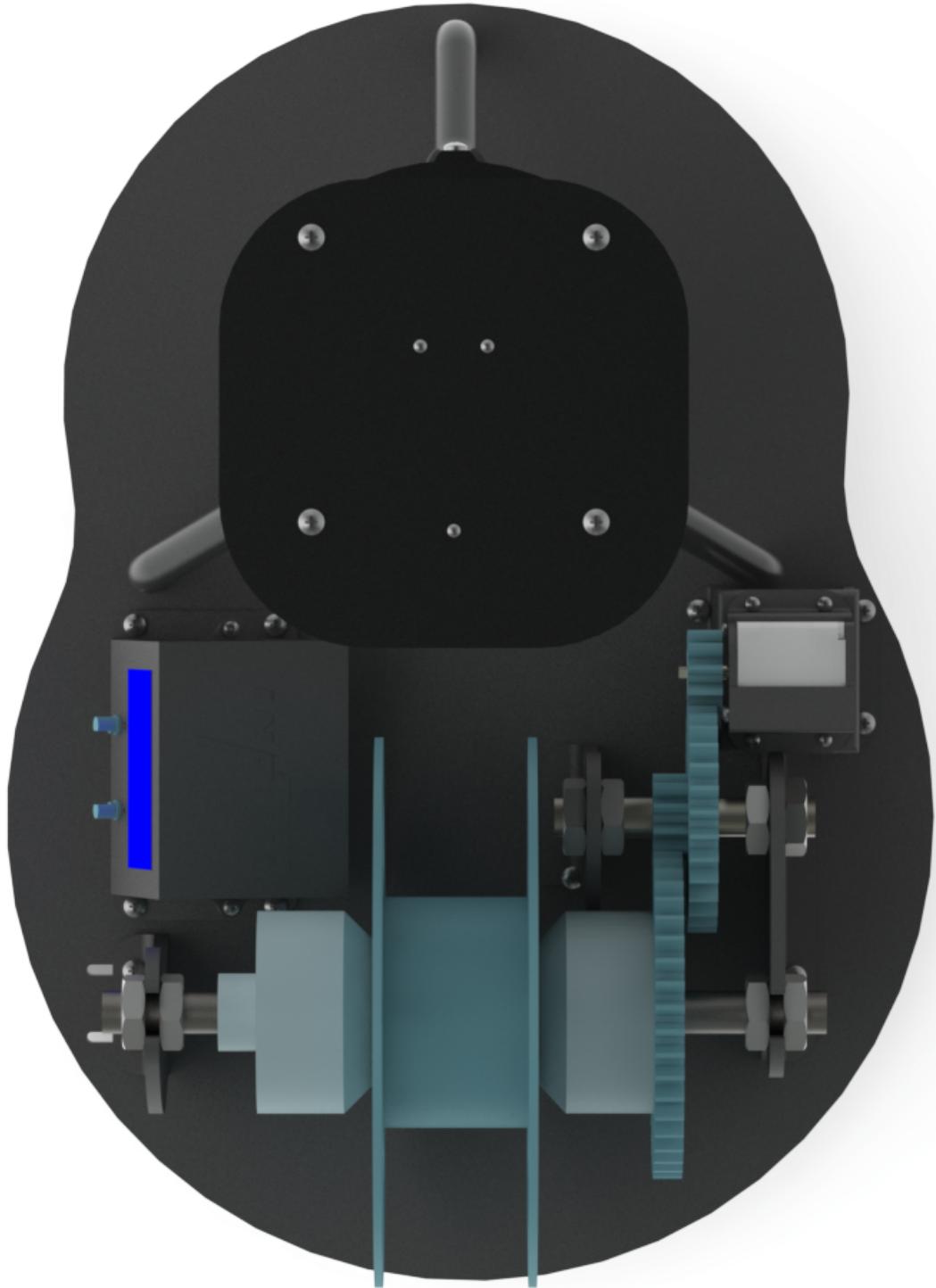
Vista frontal



Vista trasera



Vista de perfil



Vista en planta



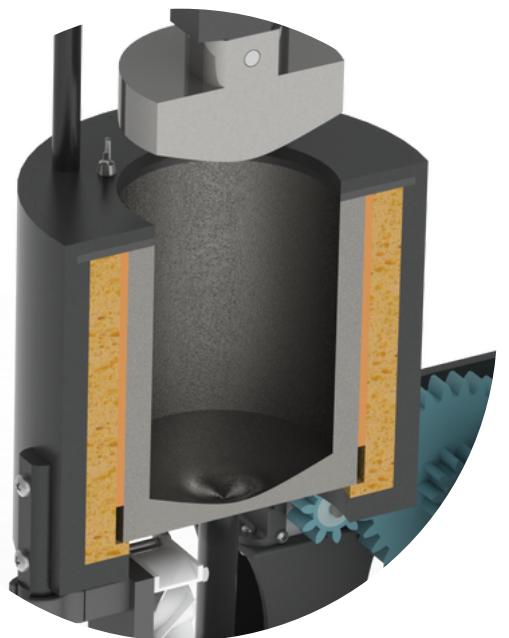
Sistema de accionamiento



Sistema de alimentación



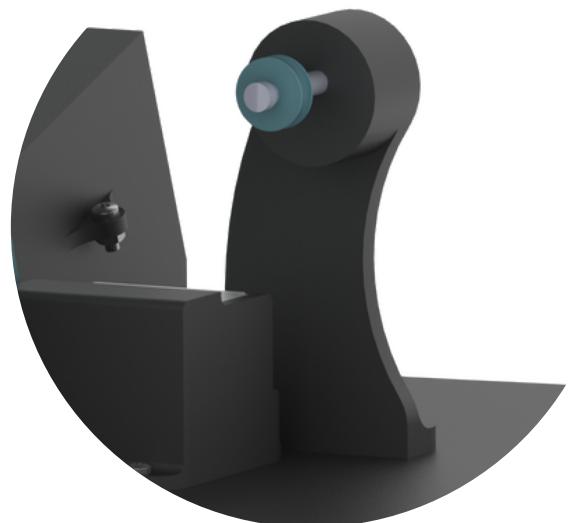
Sistema de almacenamiento



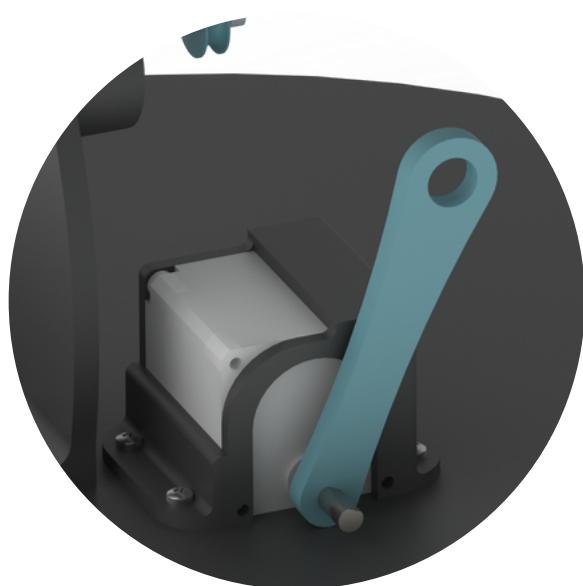
Sistema de preparación  
del material



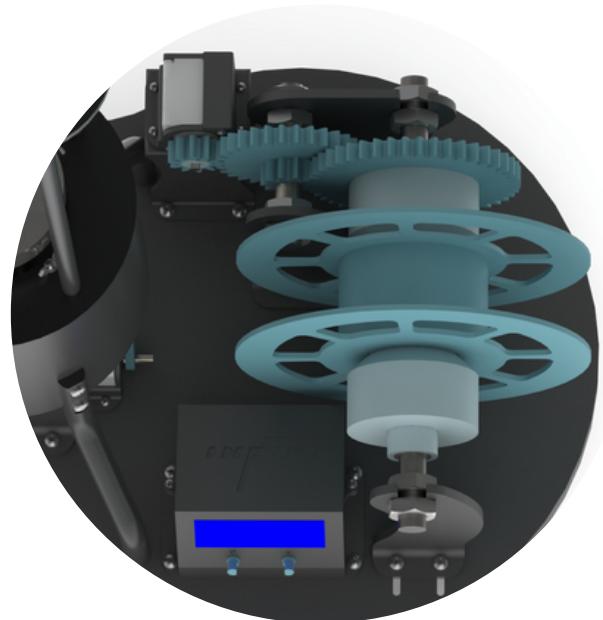
Sistema de refrigeración



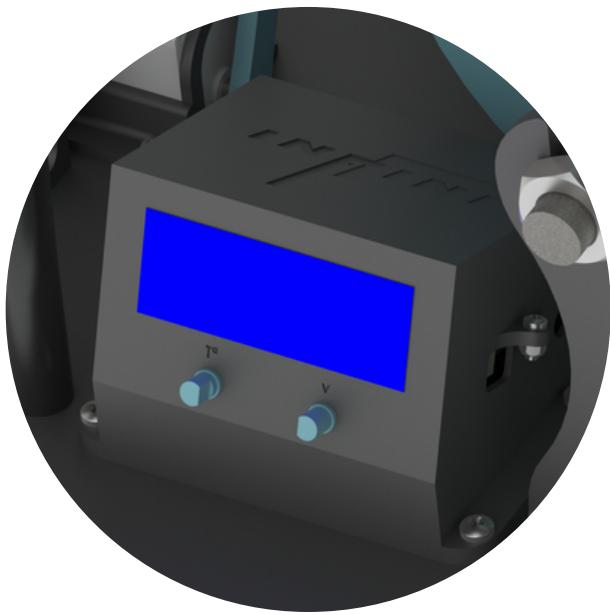
Sistema de re direccionamiento



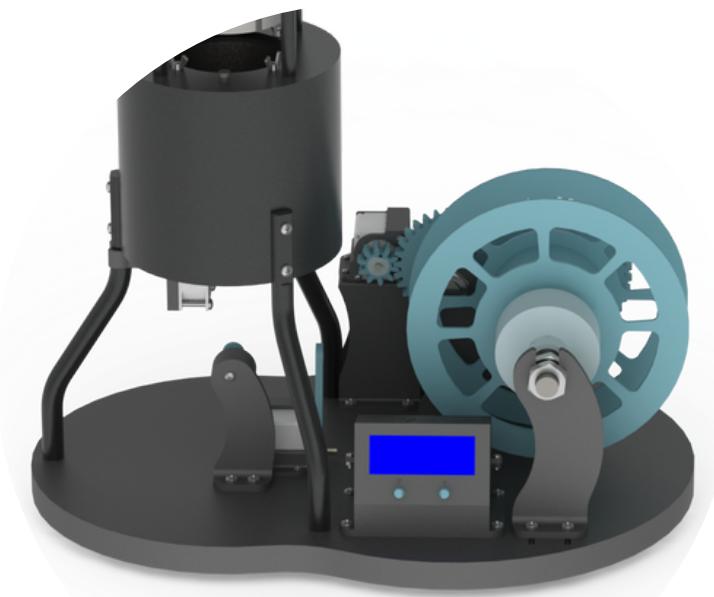
Sistema de ordenación  
de filamento



Sistema de bobinado



Sistema de control



Sistema de soporte

**ANEXOS**

**PLANOS**

1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

D

E

F

A

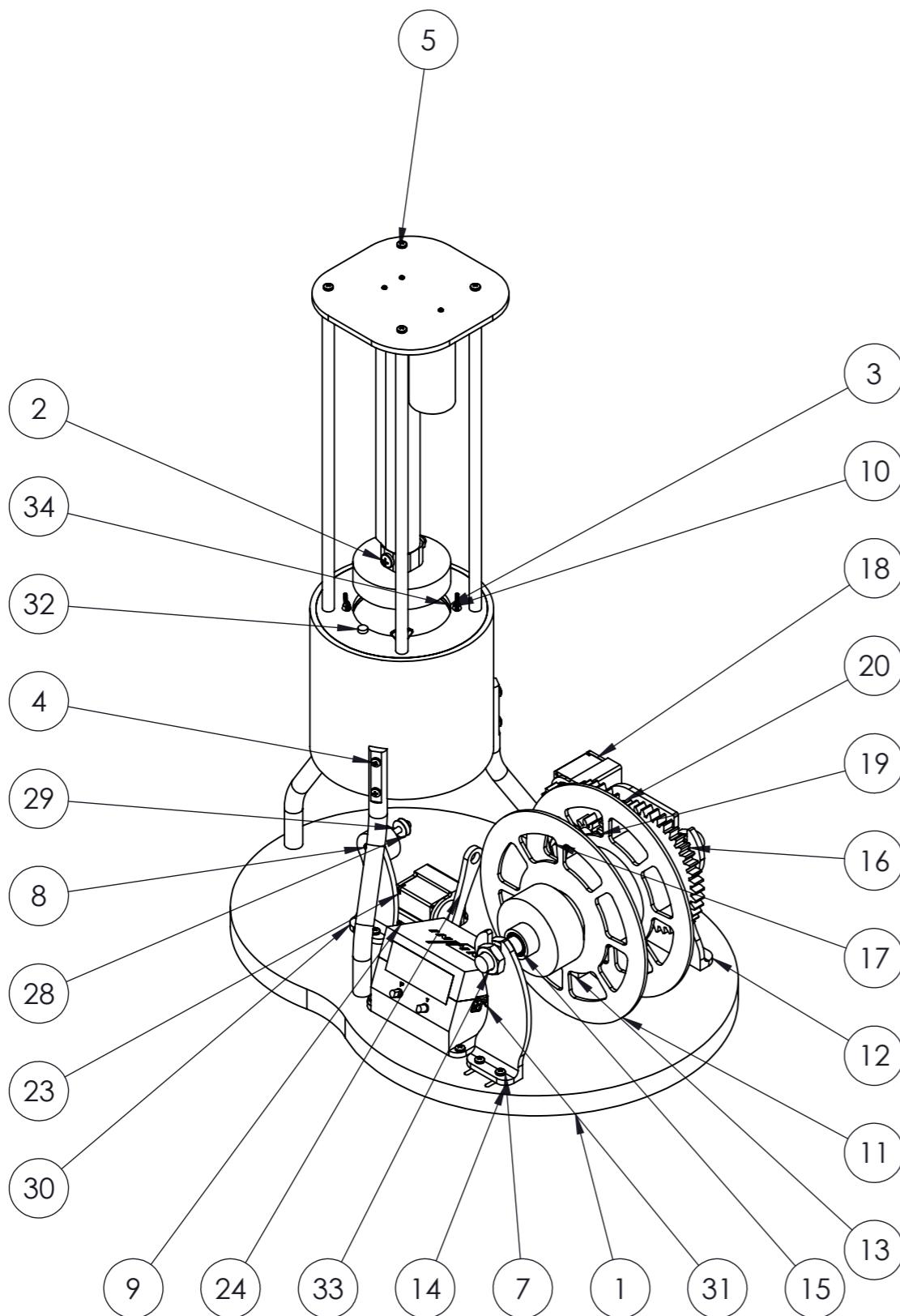
B

C

D

E

F



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
20	GB - Spur gear 2.5M 30T 20PA 10FW ---S30A75H50L10.0S1			1
19	Metric - Spur gear 2.5M 10T 20PA 12FW ---S10N75H50L15N			2
18	Subconjunto Motor		1.18	1
17	Eje Engranajes2-3	Acero	1.17	1
16	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M16 x 2 --D-N			8
15	AFBMA 12.1.4.1 - 0150-21 - 26,SI,NC,26_68			4
14	Soporte Bobinado Pequeño	Archivo .stl		1
13	Soporte Bobinado Pequeño Rodamiento	Archivo .stl		1
12	Soporte Bobinado Grande	Archivo .stl		1
11	Subconjunto Bobina		1.11	1
10	Heavy-0.112-40x0.51,Wing Screws,Type A,Cup Point-N			4
9	B18.6.7M - M2.5 x 0.45 x 20 Type I Cross Recessed PHMS --20N			4
8	B18.6.7M - M3.5 x 0.6 x 16 Type I Cross Recessed PHMS --16N			1
7	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 25 Type I Cross Recessed PHMS --25N			20
6	B18.6.7M - M3.5 x 0.6 x 8 Type I Cross Recessed PHMS --8N			1
5	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 20 Type I Cross Recessed PHMS --20N			11
4	Subconjunto Cuerpo		1.4	1
3	Subconjunto Actuador Soporte		1.3	1
2	Subconjunto Actuador Movil Punta Arrastre		1.2	1
1	Plancha Base	Conglomerado	1.1	1

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Comprobado				
Escala	1:5	Titulo Plano de Conjunto		Nº Alumno 804169 Curso 4º Ing. Diseño Industrial Plano Nº 1.0 Hoja 1

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Comprobado		Ángela Arellano Jarauta		1542
Escala	Titulo		Nº Alumno	804169
1:5	Plano de Conjunto		Curso	4º Ing. Diseño Industrial
			Plano Nº	1.0 Hoja 2

1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

D

E

F

A

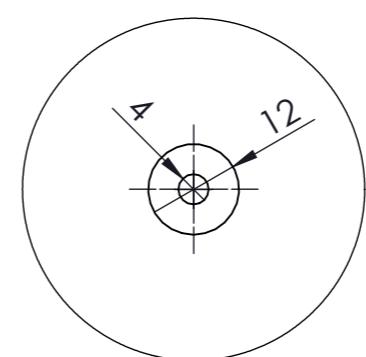
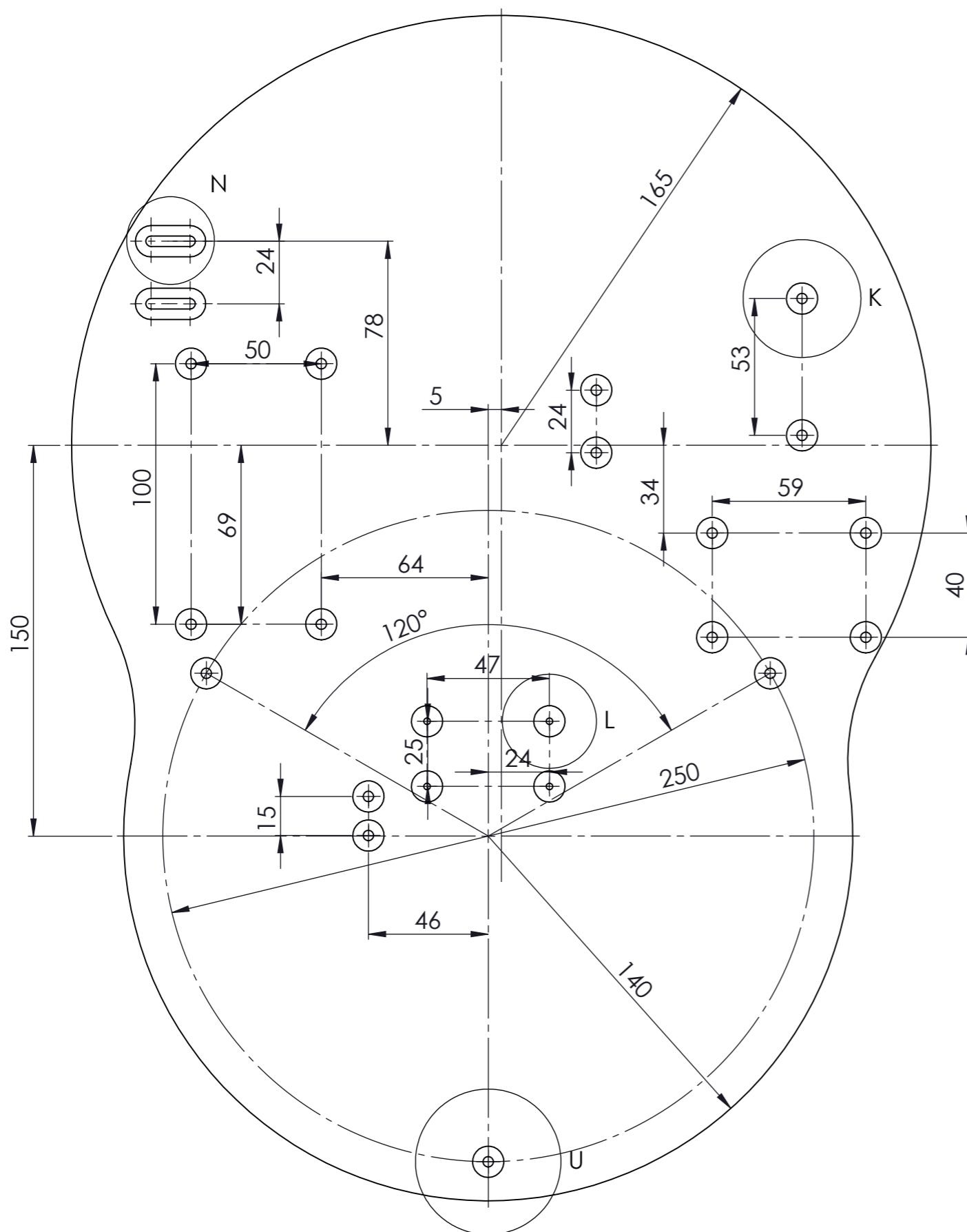
B

C

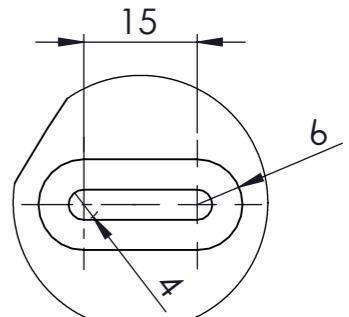
D

E

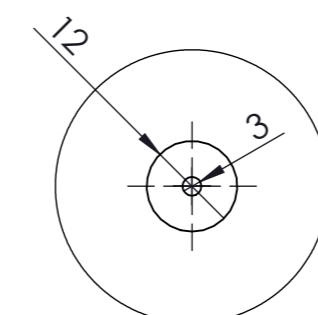
F



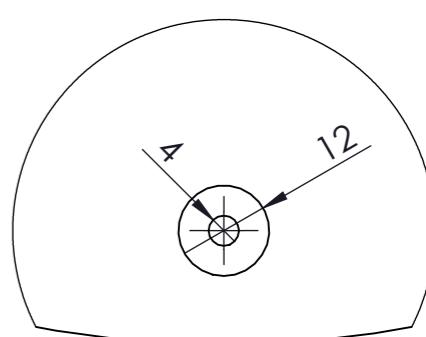
K  
1:1



N  
1:1



L  
1:1



U  
1:1

Notas:

Redondeos no actorados R80

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Comprobado				
Escala	1:2	Titulo		Nº Alumno 804169
		Plancha Base		Curso 4º Ing. Diseño Industrial
				Plano Nº 1.1

1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

D

E

F

A

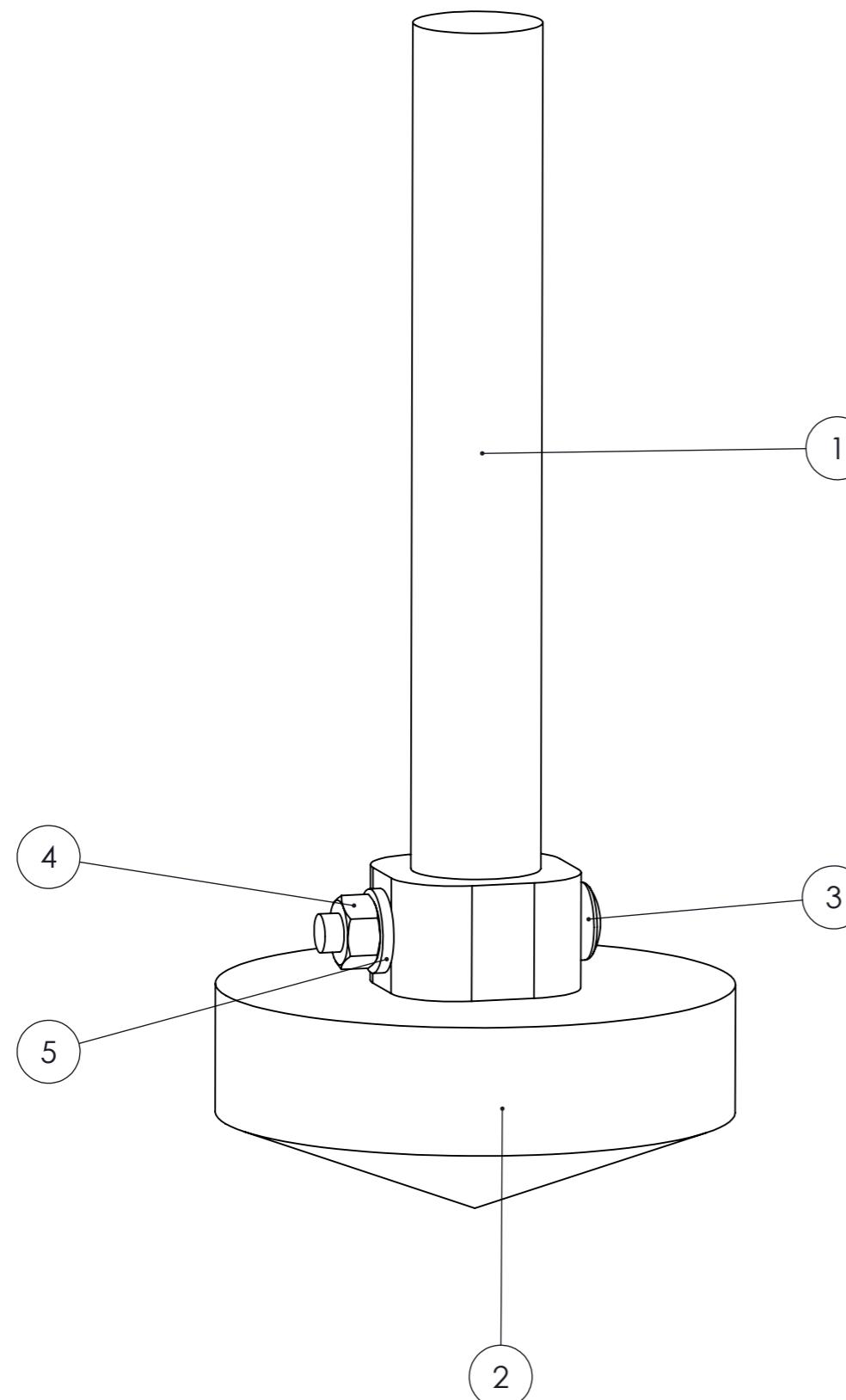
B

C

D

E

F

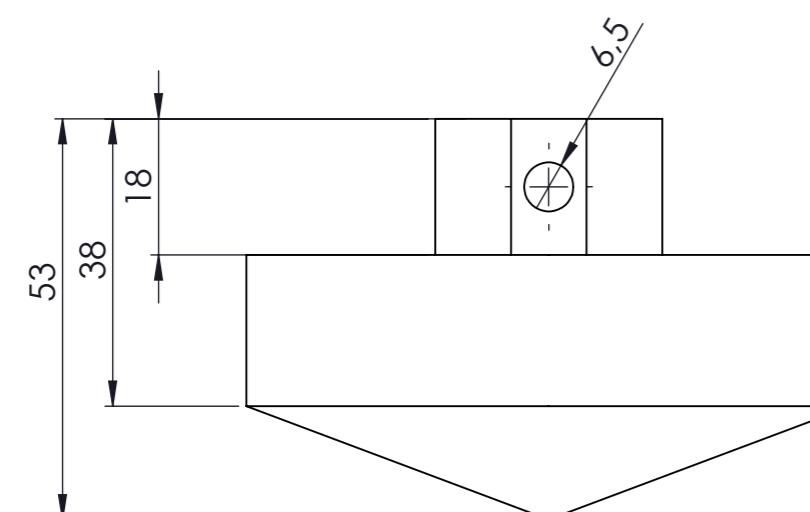


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
5	B18.22M - Plain washer, 6 mm, narrow			1
4	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M6 x 1 --D-N			1
3	B18.6.7M - M6 x 1.0 x 40 Type I Cross Recessed PHMS --40N			1
2	Punta De Arrastre	Acero	1.2.2	1
1	Actuador Lineal Parte Movil	Comercial		1

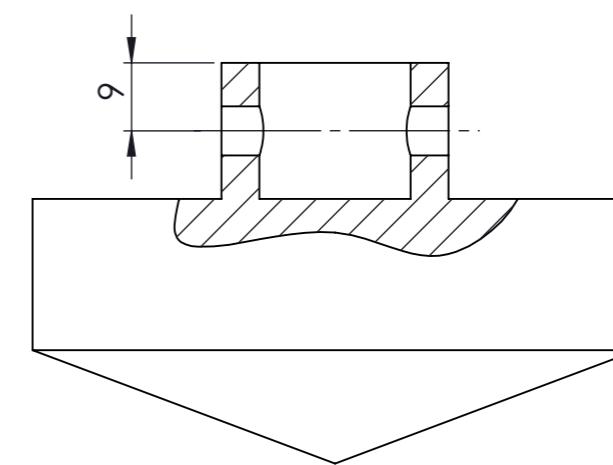
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Comprobado				
Escala	Titulo			
1:1	Subconjunto Actuador Móvil			
				Nº Alumno 804169
				Curso 4º Ing. Diseño Industrial
				Plano Nº 1.2

1 2 3 4 5 6 7 8

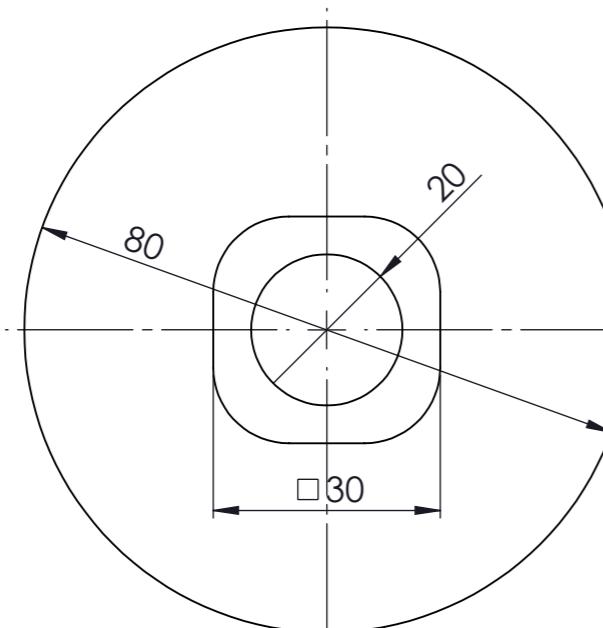
A



B



C



D

E

F

A

B

C

D

E

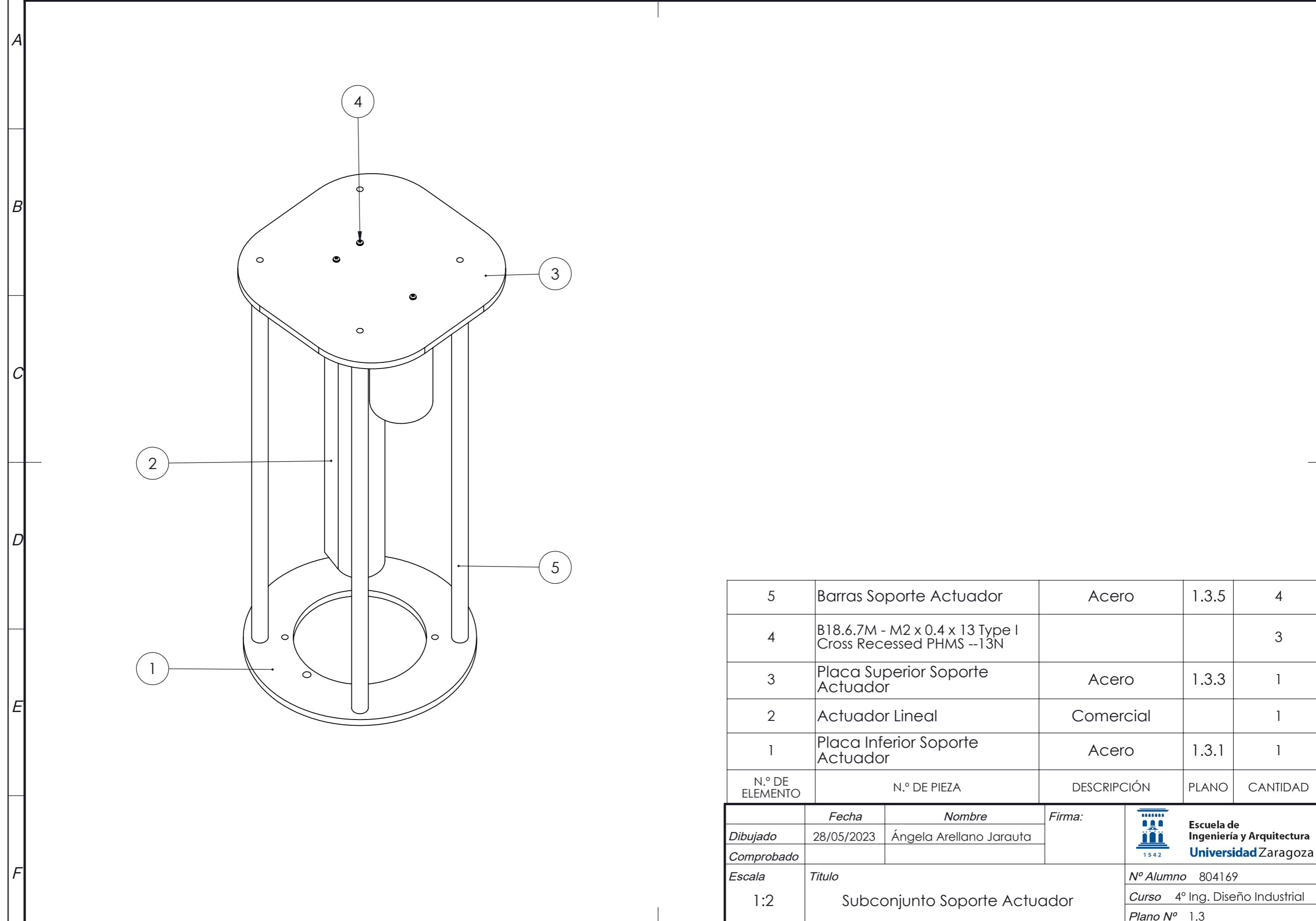
F

Notas:

Radios de redondeos no acotados R10

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
Comprobado				1542	
Escala	Titulo	Plano N° 1.2.2			
1:1	Punta de Arrastre	Nº Alumno	804169	Curso	4º Ing. Diseño Industrial

1 2 3 4 5 6 7 8



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
5	Barras Soporte Actuador	Acero	1.3.5	4
4	B18.6.7M - M2 x 0.4 x 13 Type I Cross Recessed PHMS --13N			3
3	Placa Superior Soporte Actuador	Acero	1.3.3	1
2	Actuador Lineal	Comercial		1
1	Placa Inferior Soporte Actuador	Acero	1.3.1	1

Dibujado 28/05/2023 Ángela Arellano Jarauta  
 Comprobado  
 Escala 1:2 Titulo Subconjunto Soporte Actuador

Firma:  Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza  
 Nº Alumno 804169  
 Curso 4º Ing. Diseño Industrial  
 Plano Nº 1.3

1 2 3 4 5 6 7 A3

A

B

C

D

E

F

A

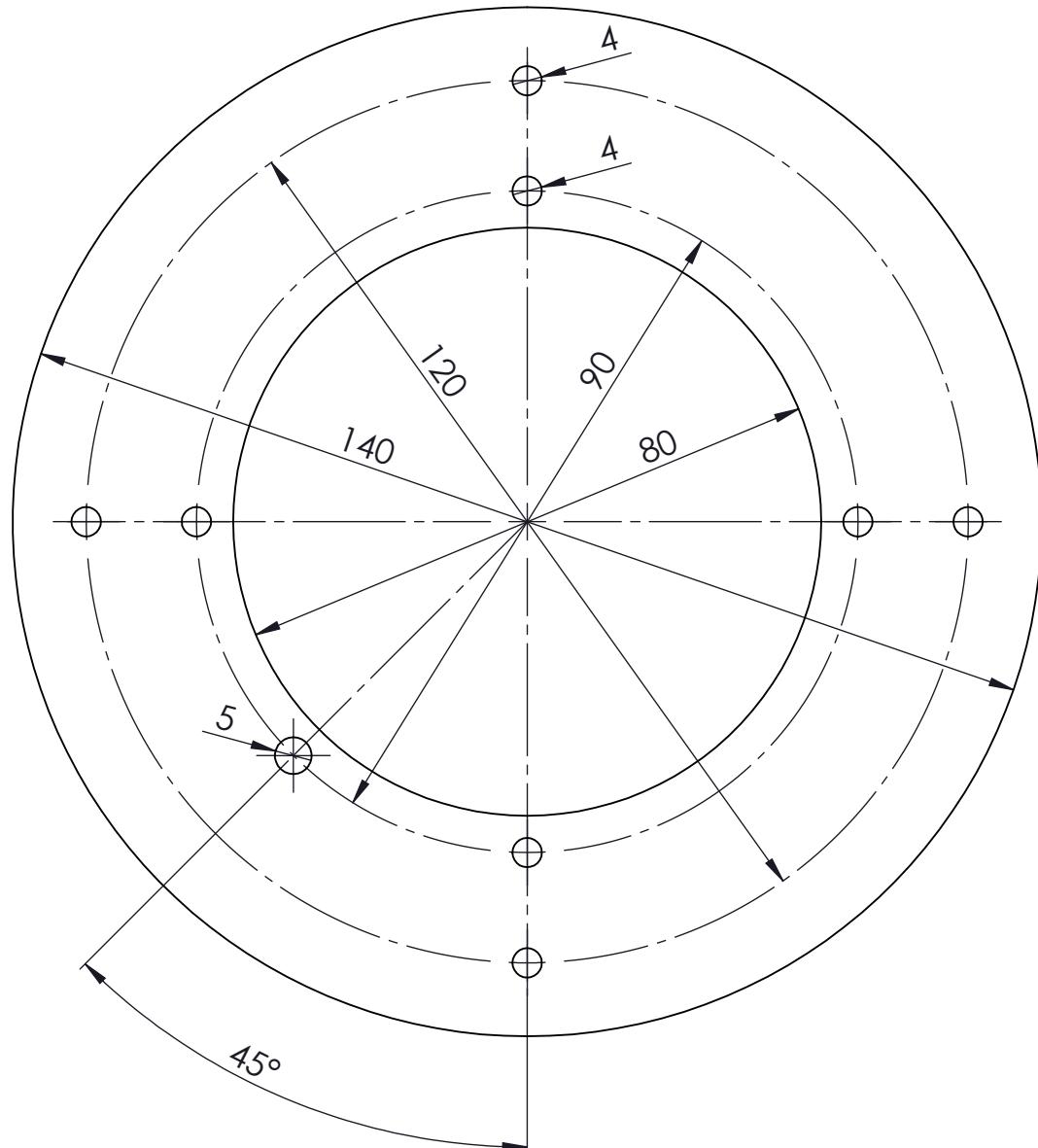
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta		
Comprobado				
Escala	Titulo			Nº Alumno 804169
1:1	Placa Inferior Soporte Actuador			Curso 4º Ing. Diseño Industrial
				Plano Nº 1.3.1

A

B

C

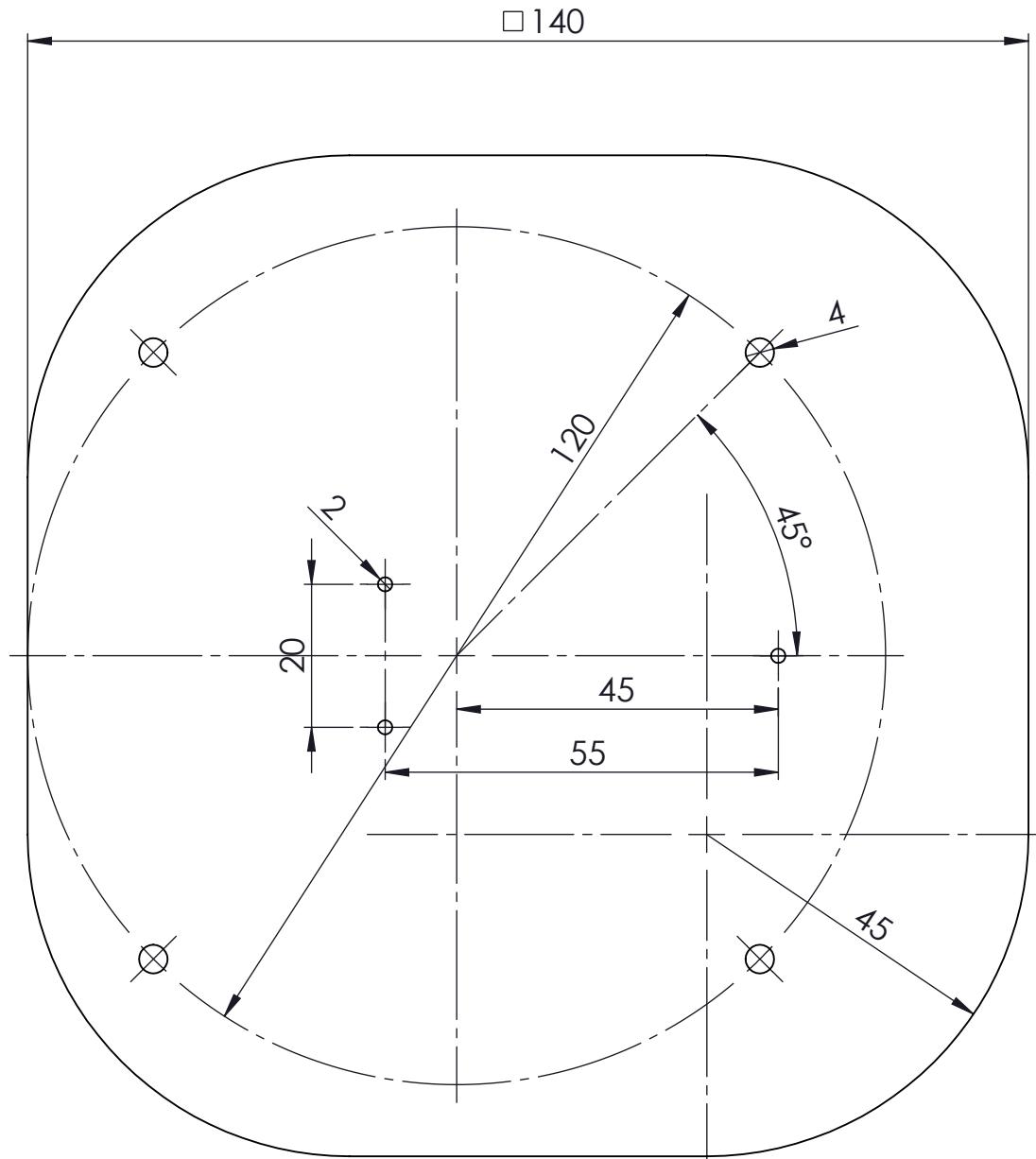
D

E

Dibujado	Fecha	Nombre
Comprobado		
Escala	Titulo	Nº Alumno
1:1	Placa Superior Soporte Actuador	804169



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



Notas:

Redondeos no acotados R45

A

B

C

D

E

F

A

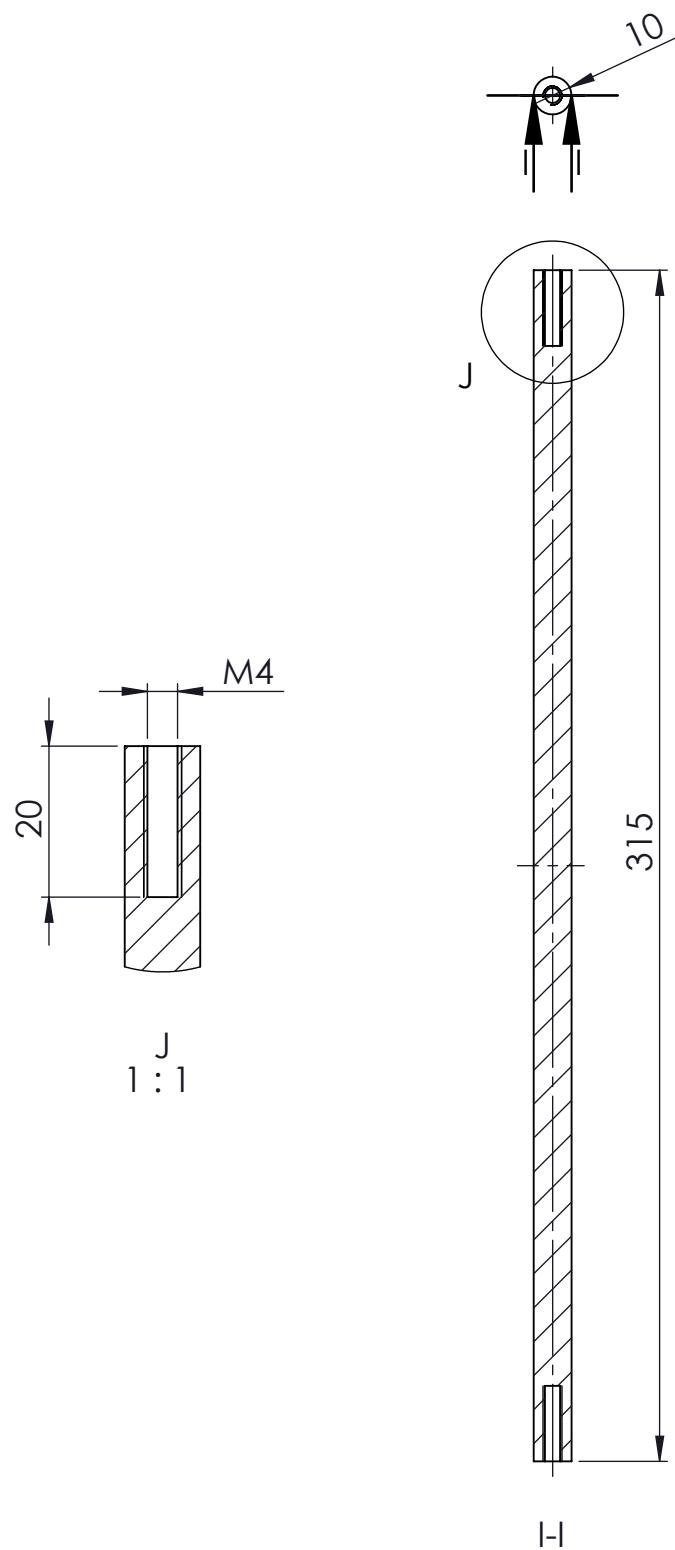
B

C

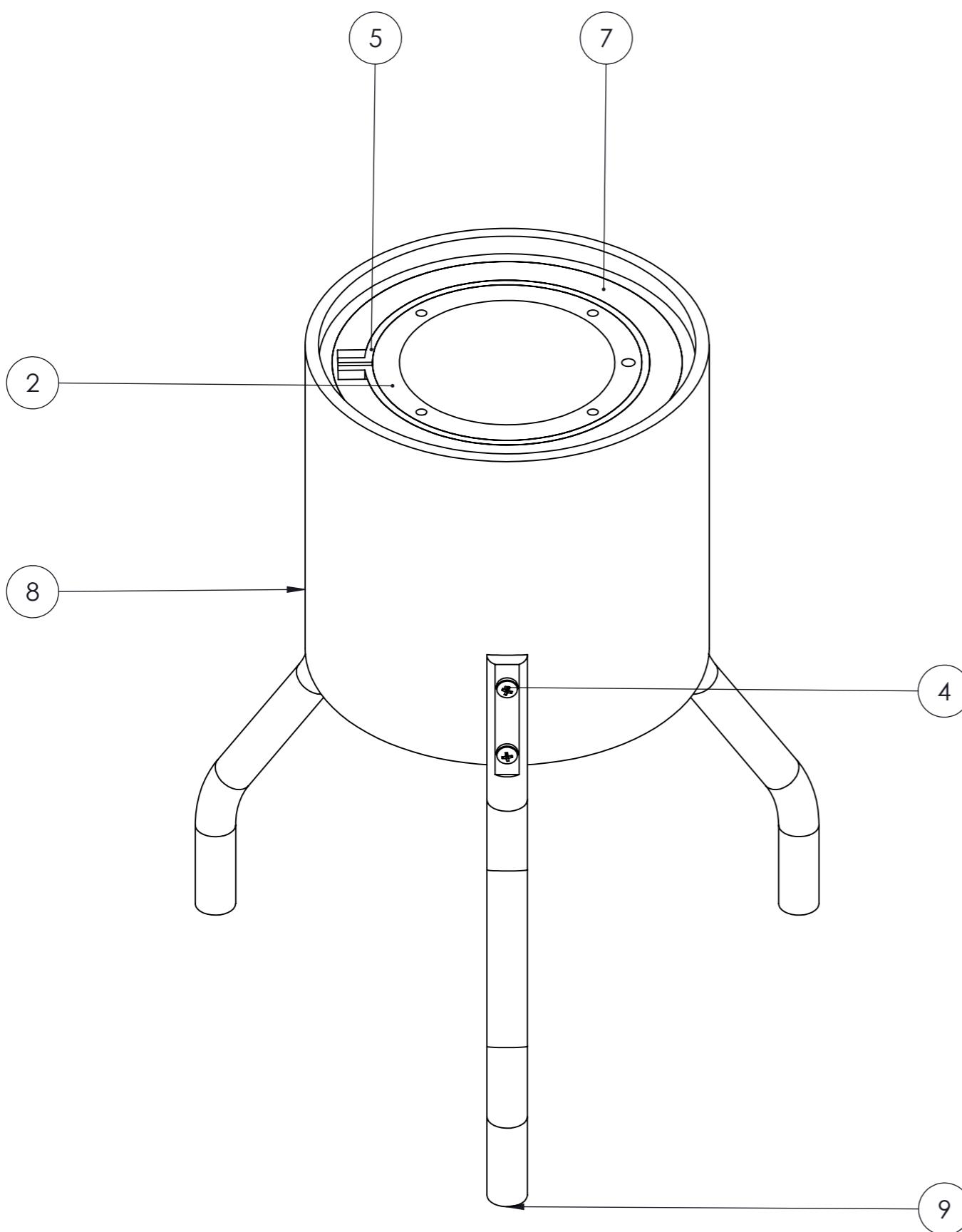
D

E

F



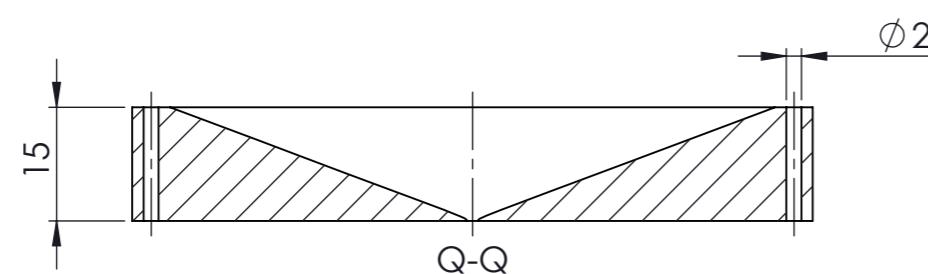
	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta		
Comprobado				1542
Escala	Titulo			Nº Alumno 804169
1:2	Barra Soporte Actuador Lineal			Curso 4º Ing. Diseño Industrial
				Plano Nº 1.3.5



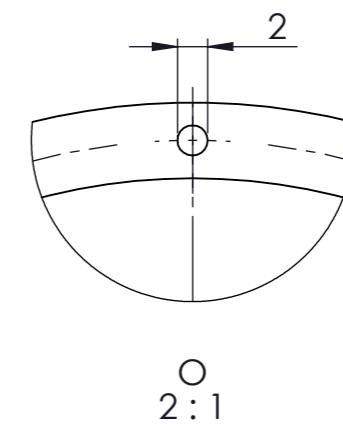
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
9	Barra Soporte Conjunto	Acero	1.4.9	3
8	Carcasa	Acero	1.4.8	1
7	Aislante	Lana de roca		1
6	AM-M4-N			2
5	Resistencia	Comercial		1
4	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 13 Type I Cross Recessed PHMS --13N			8
3	B18.6.7M - M2 x 0.4 x 20 Type I Cross Recessed PHMS --20N			4
2	Cuerpo Plastometro	Acero	1.4.2	1
1	Cabezal	Acero	1.4.1	1
<b>DETALLE DE LA PIEZA</b>				
Dibujado	Fecha 28/05/2023	Nombre Ángela Arellano Jarauta	Firma:	 <b>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</b>
Comprobado				
Escala 1:2	Titulo  Subconjunto Cuerpo Plastómetro		Nº Alumno 804169	
			Curso 4º Ing. Diseño Industrial	
			Plano Nº 1.4	

1 2 3 4 5 6 7 8

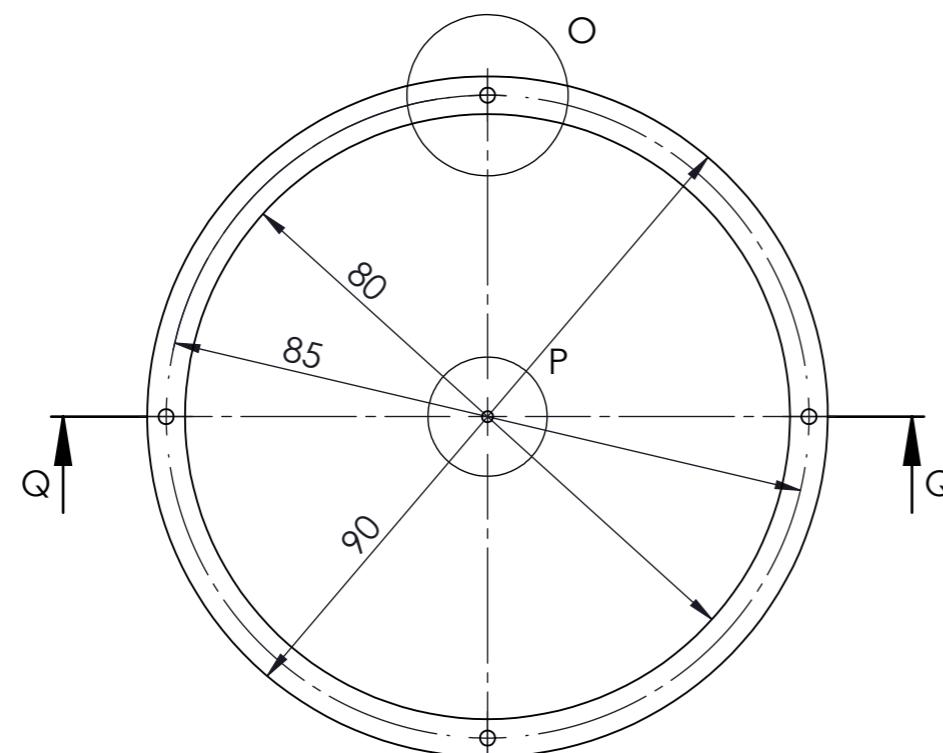
A



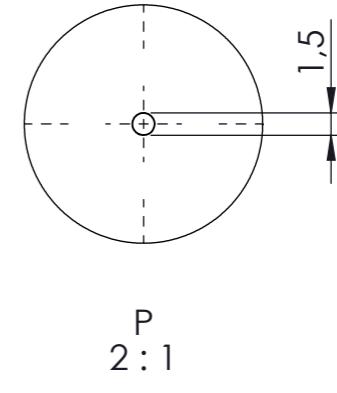
B



C



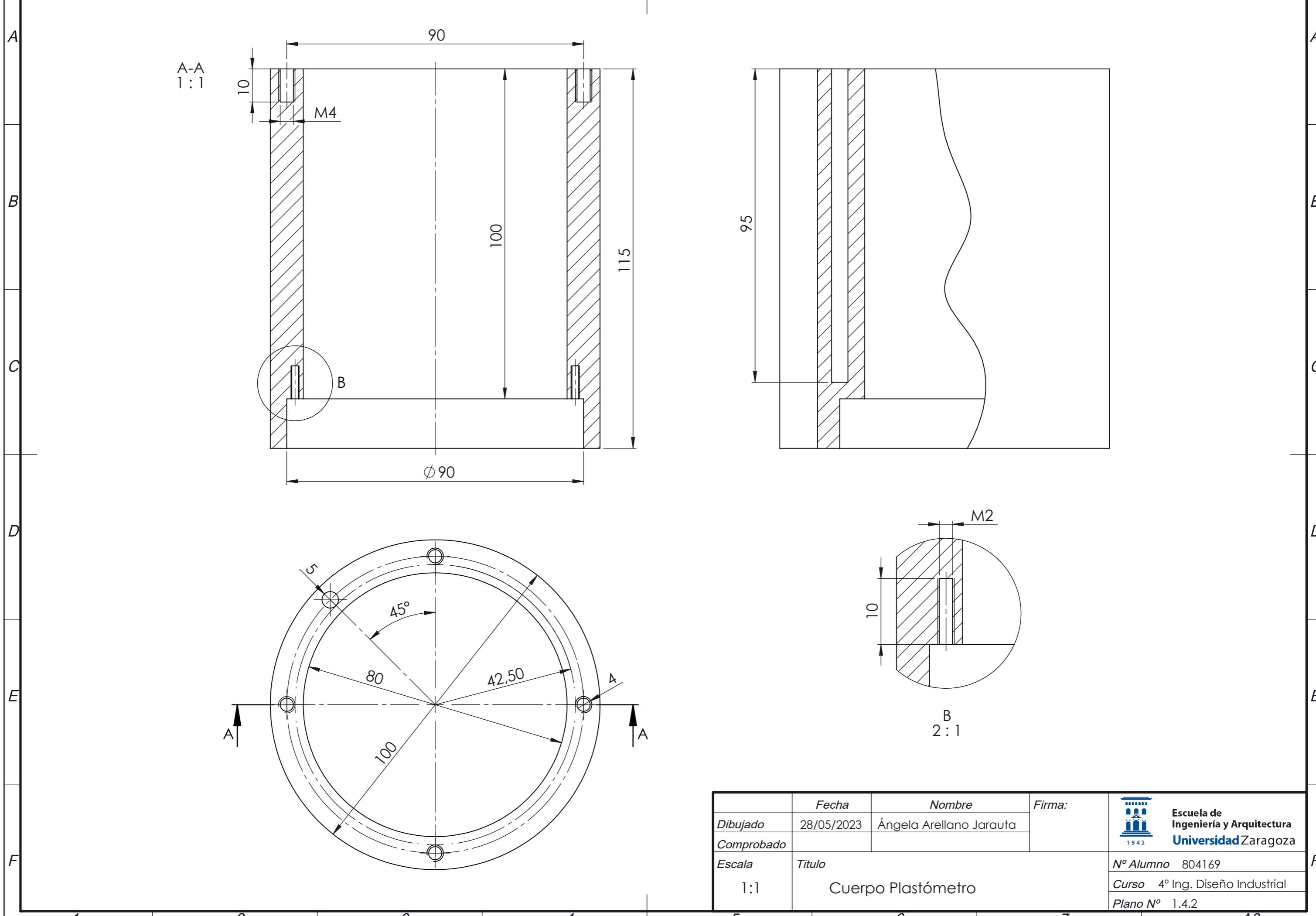
D



E

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta		
Comprobado				
Escala	1:1	Titulo		
		Cabezal Plastómetro		
			Nº Alumno	804169
			Curso	4º Ing. Diseño Industrial
			Plano Nº	1.4.1

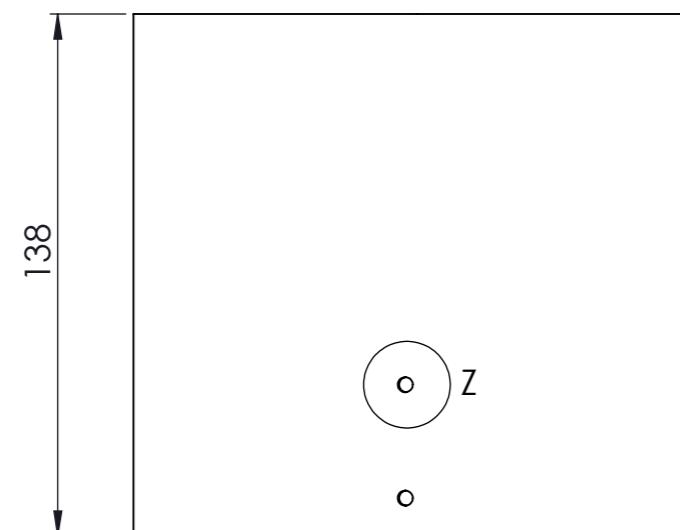
1 2 3 4 5 6 7 8



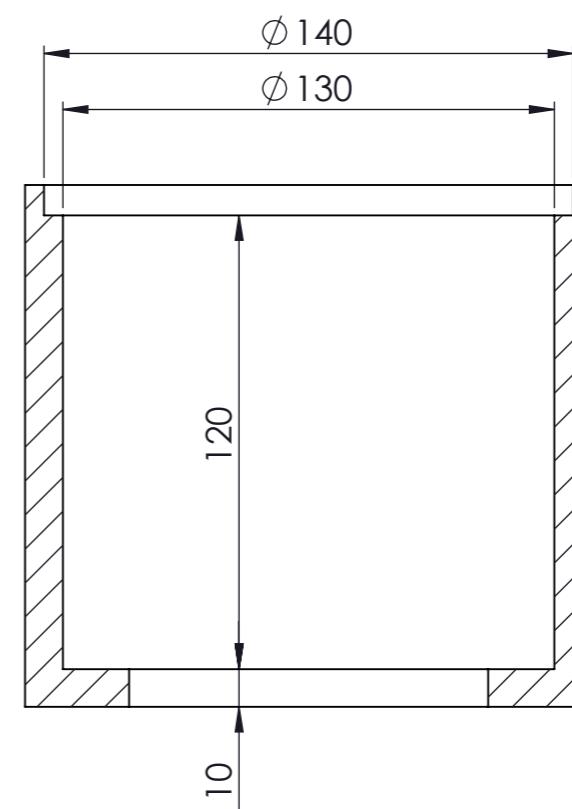
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Comprobado				
Escala	1:1	Titulo		Nº Alumno 804169
		Cuerpo Plastómetro		Curso 4º Ing. Diseño Industrial
				Plano Nº 1.4.2

1 2 3 4 5 6 7 8

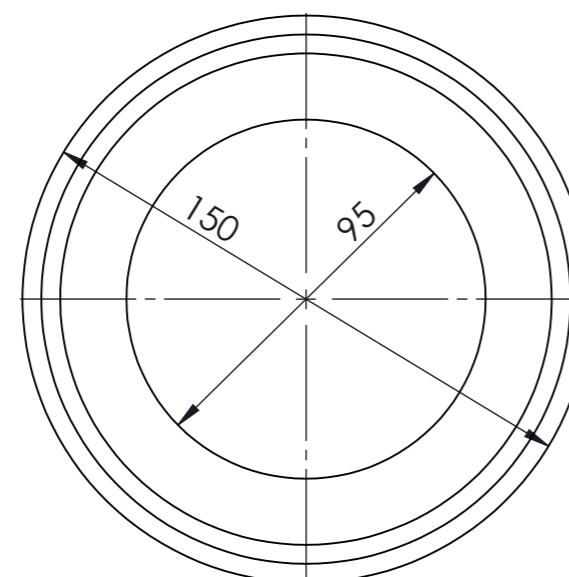
A



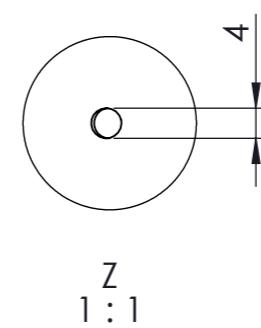
B



C



D

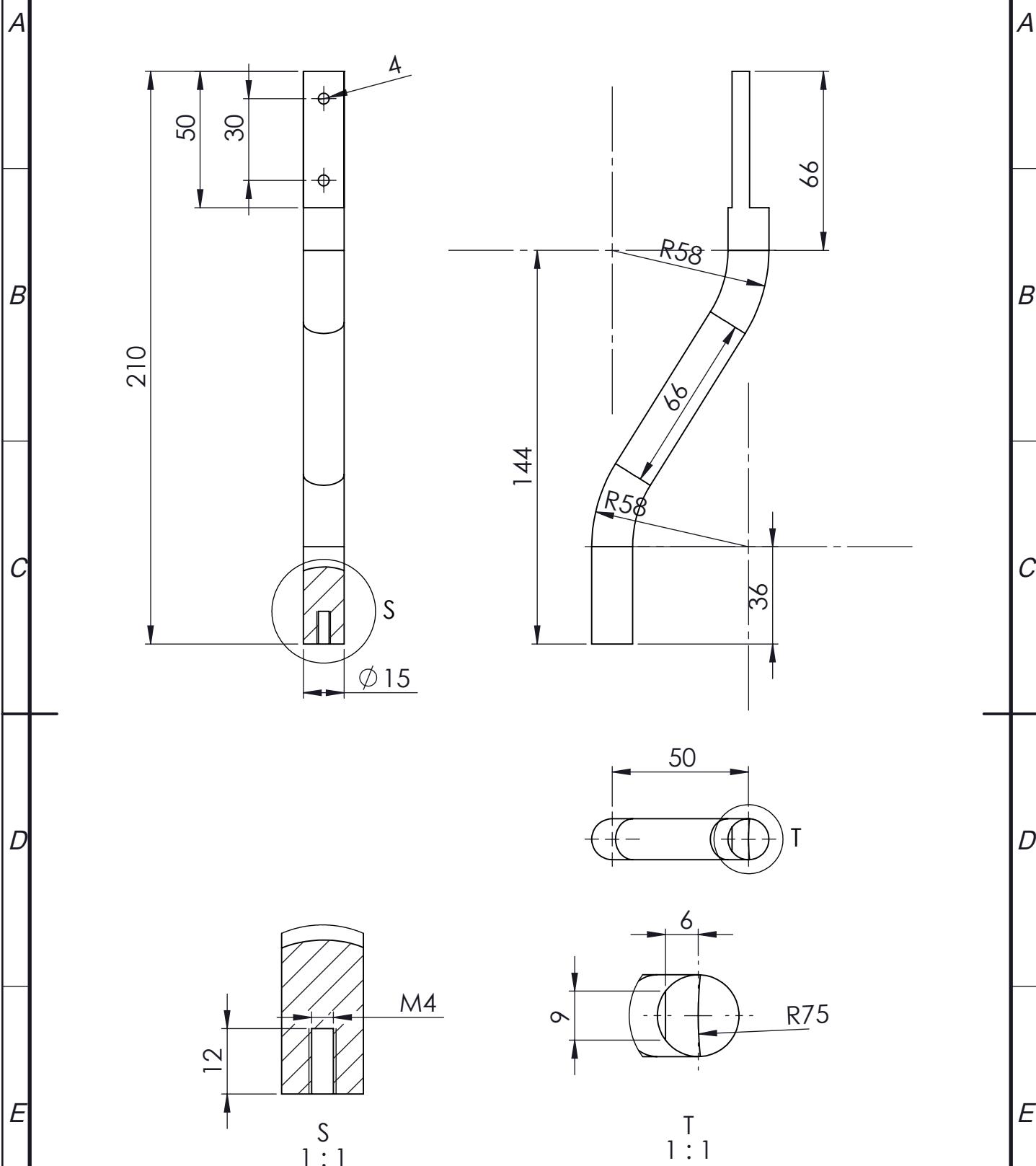


E

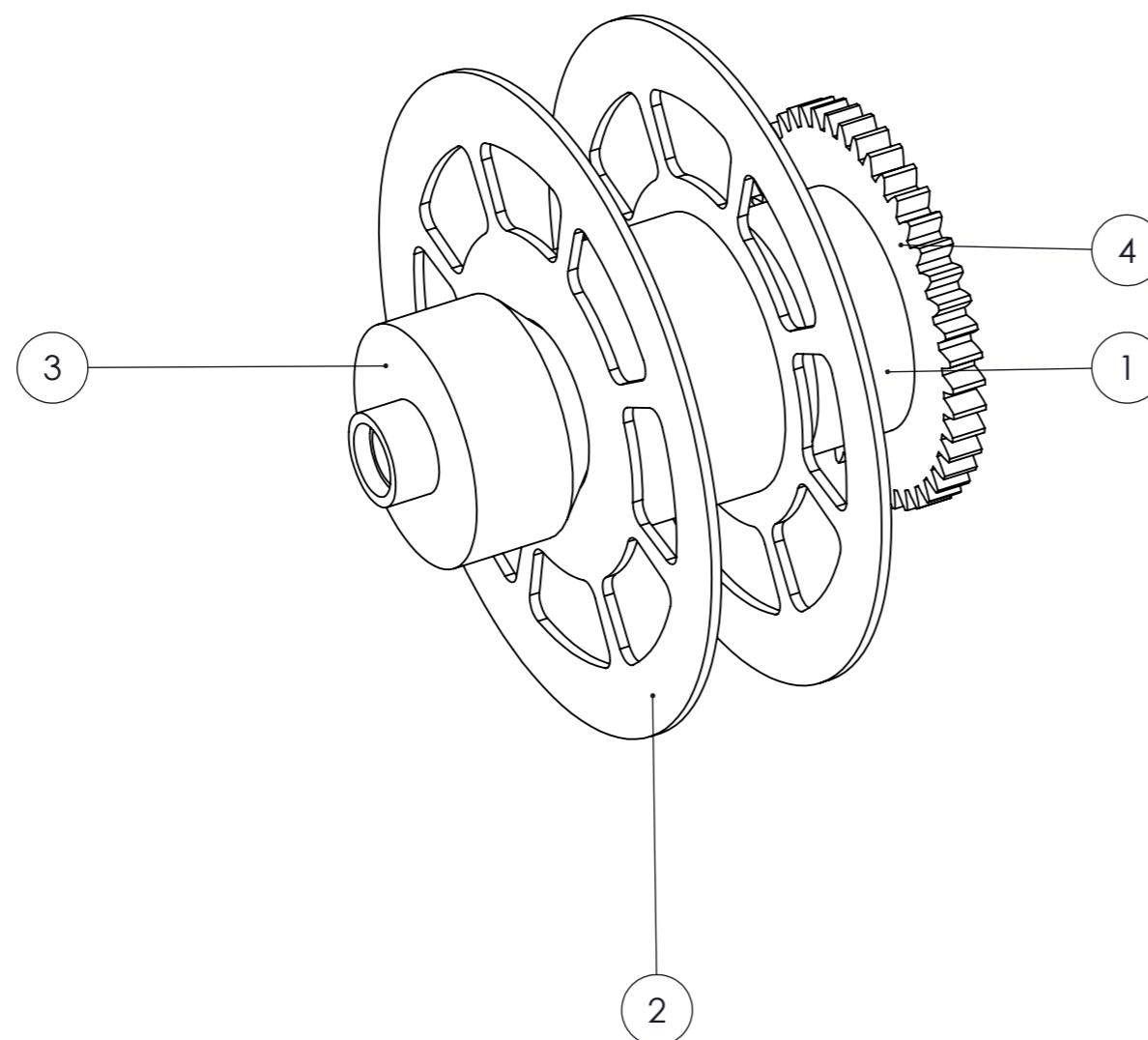
F

	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza 1542
Dibujado	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta	Comprobado	
Comprobado			Escala	Nº Alumno 804169 Curso 4º Ing. Diseño Industrial Plano Nº 1.4.8
Escala	1:2	Titulo	Carcasa Plastómetro	

1 2 3 4



	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta		1542
Comprobado				
Escala	Titulo			Nº Alumno 804169
1:2	Barra Soporte Conjunto			Curso 4º Ing. Diseño Industrial
				Plano Nº 1.4.9



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
4	GB - Spur gear 2.5M 44T 20PA 10FW --- S44A75H50L10.0S1			1
3	Tuerca Eje	Archivo .stl		1
2	Carrete	Comercial		1
1	Eje Carrete	Archivo .stl		1

A

B

C

D

E

F

A

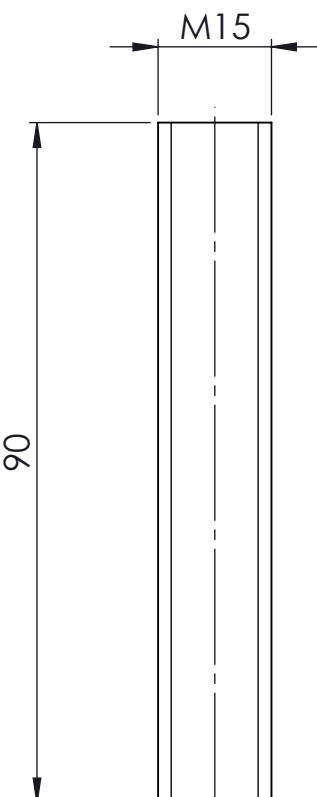
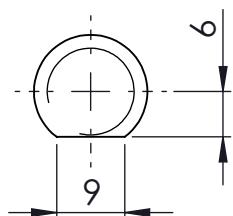
B

C

D

E

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</i>
<i>Dibujado</i>	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Titulo</i>			
1:1	Eje Engranajes 2-3			
				<i>Nº Alumno 804169</i>
				<i>Curso 4º Ing. Diseño Industrial</i>
				<i>Plano Nº 1.17</i>

A

B

6

1

1

6

A

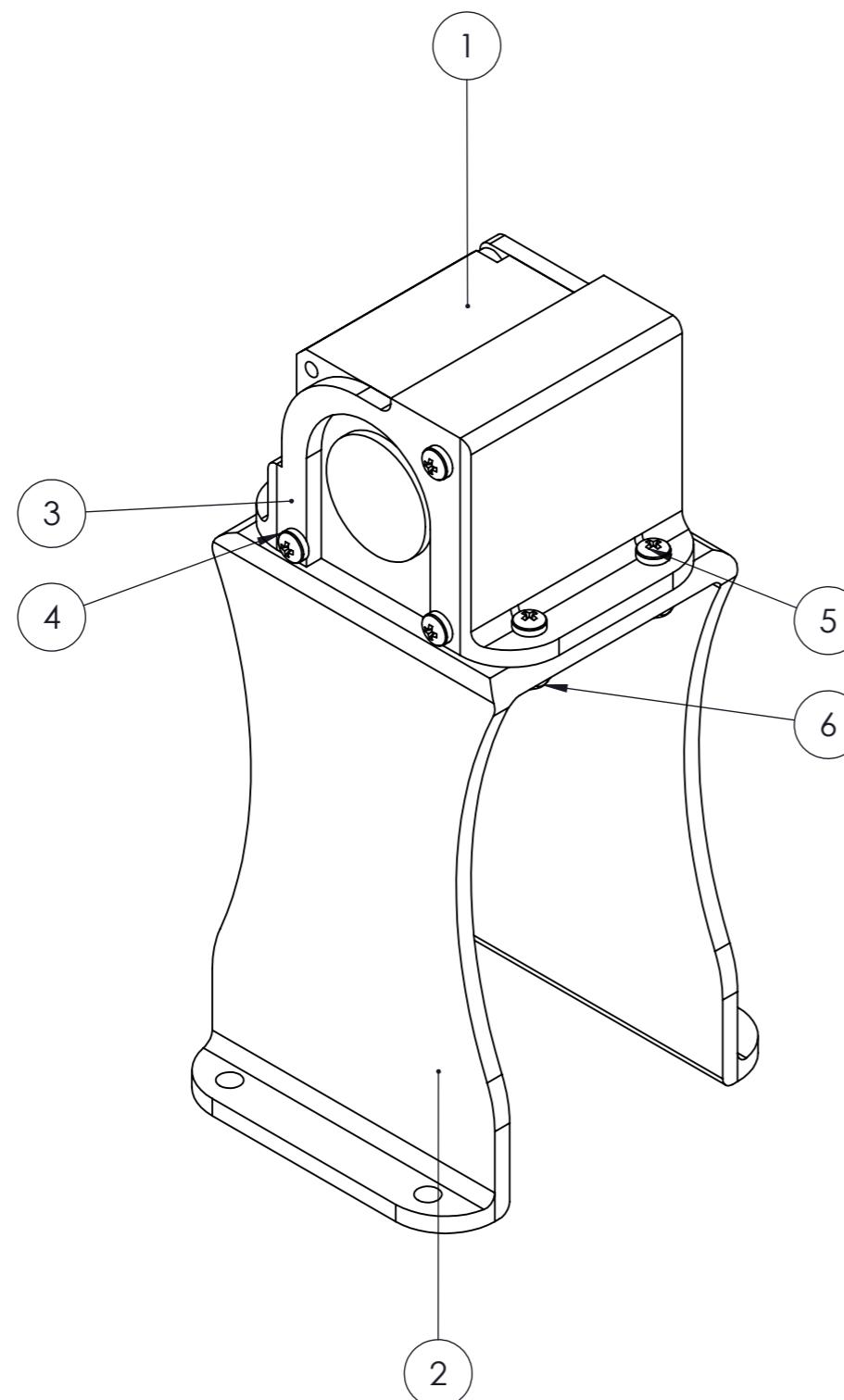
B

C

2

1

6



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
6	AM-M3-N			4
5	B18.6.7M - M2.5 x 0.45 x 10 Type I Cross Recessed PHMS --10N			4
4	B18.6.7M - M2.5 x 0.45 x 5 Type I Cross Recessed PHMS --5N			3
3	Carcasa Motor	Archivo .stl		1
2	Soporte Motor	Archivo .stl		1
1	Motor	Comercial		1

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 <b>Escuela de</b> <b>Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Universidad</b> Zaragoza <small>1542</small>
<i>Dibujado</i>	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Titulo</i>			<i>Nº Alumno</i> 804169
1:1	Subconjunto Motor			<i>Curso</i> 4º Ing. Diseño Industrial
				<i>Plano Nº</i> 1.18

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

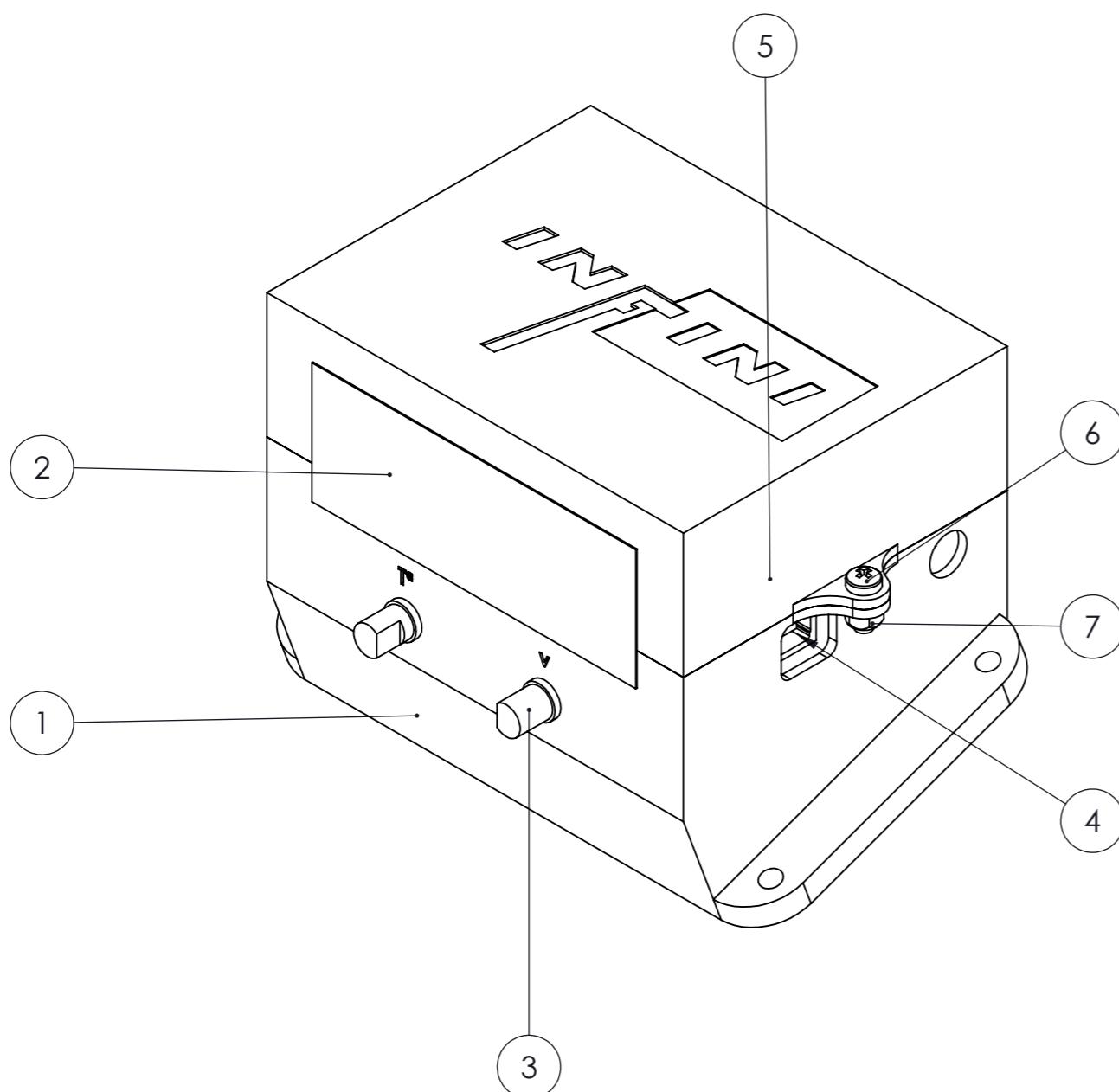
D

E

E

F

F



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
7	AM-M3-N			2
6	B18.6.7M - M3 x 0.5 x 8 Type I Cross Recessed PHMS --8N			2
5	Carcasa Superior	Archivo .stl		1
4	Arduino	Comercial		1
3	Potenciómetro	Comercial		2
2	Pantalla LCD	Comercial		1
1	Carcasa Inferior	Archivo .stl		1
N.º DE ELEMENTO				
Dibujado		Fecha	Nombre	Firma:
28/05/2023		Ángela Arellano Jarauta		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza 1542
Comprobado				
Escala		Titular		Nº Alumno 804169
1:1		Subconjunto Sistema de Control		Curso 4º Ing. Diseño Industrial
				Plano Nº 1.31

A

B

C

D

E

F

A

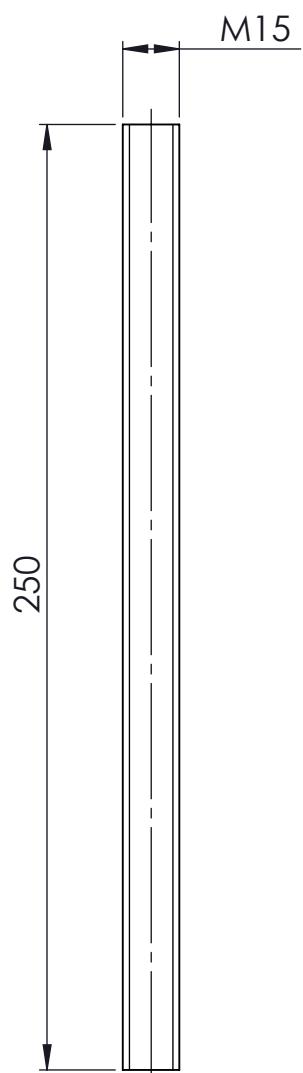
B

C

D

E

F

*Fecha**Nombre**Firma:*

**Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza**

*Dibujado*

28/05/2023

Ángela Arellano Jarauta

*Comprobado**Escala*

*Titulo*  
Varilla Eje Carrete

*Nº Alumno* 804169*Curso* 4º Ing. Diseño Industrial*Plano Nº* 1.33

A

B

C

D

E

F

A

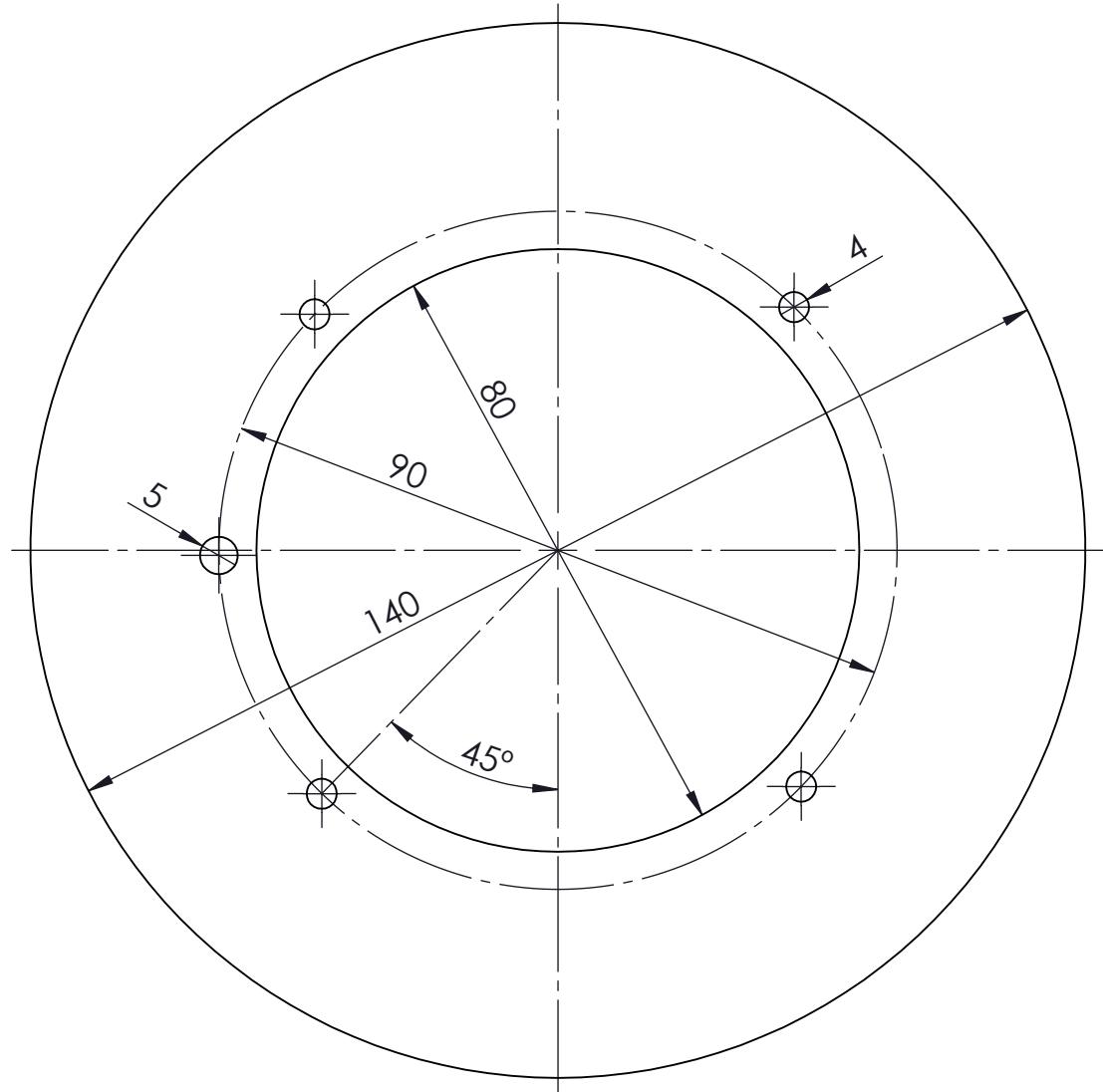
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	28/05/2023	Ángela Arellano Jarauta	
Comprobado			
Escala	Titulo		
1:1	Junta		



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza

Nº Alumno 804169  
Curso 4º Ing. Diseño Industrial  
Plano Nº 1.34

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

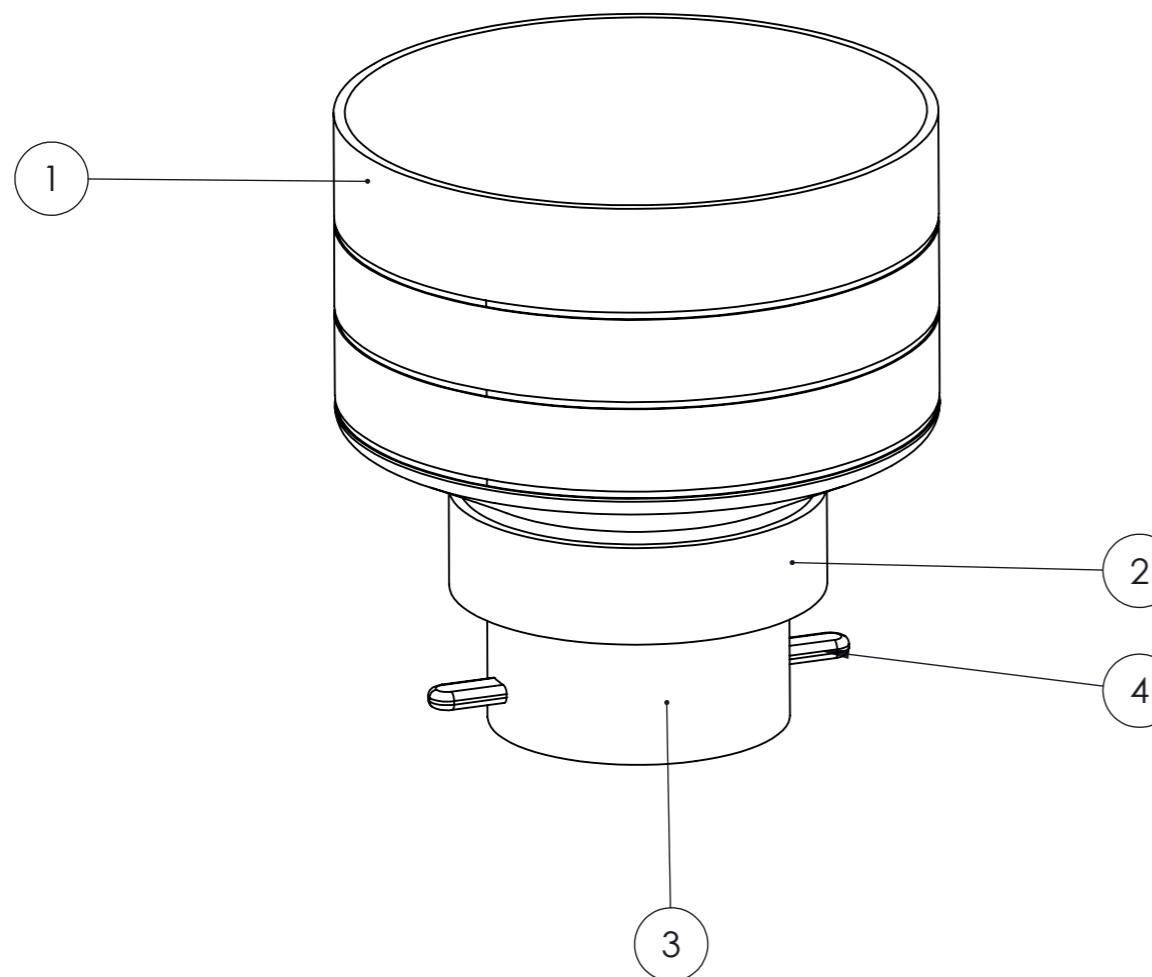
D

E

E

F

F



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PLANO	CANTIDAD
4	Asas Giro Tolva	Archivo .stl		2
3	Pieza Giratoria Tolva	Archivo .stl		1
2	Tuerca Soporte Tolva	Archivo .stl		1
1	Tolva	Archivo .stl		1

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:		Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza 1542
Comprobado					
Escala	Titulo				Nº Alumno 804169 Curso 4º Ing. Diseño Industrial Plano Nº 1.37

1 2 3 4 5 6 7 8

5 6 7 8 A3



**ANEXOS**

**GUÍA DE**

**MATERIALES**

## **GUÍA DE MATERIALES**

**INFINITO**

FILAMENTO INFINITO

# Guía de materiales

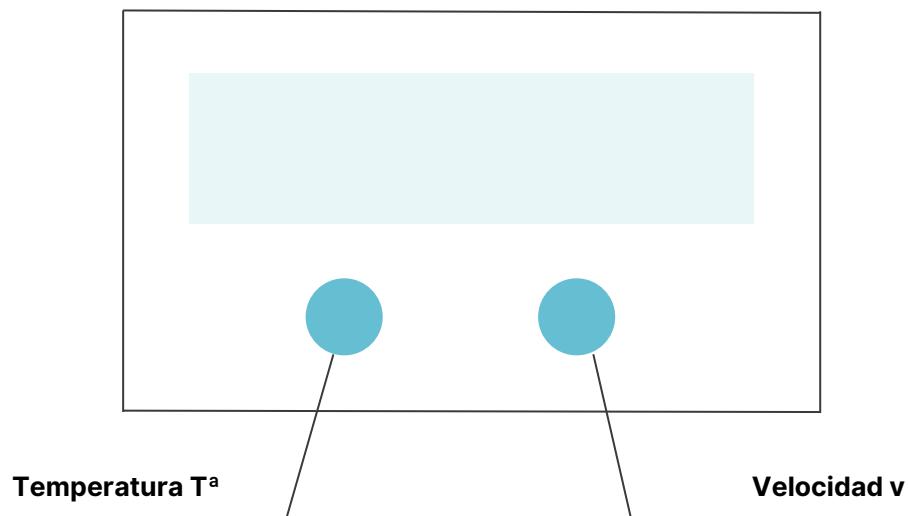


La siguiente guía le ayudará en la configuración de parámetros en *Infini*, así como le ayudará a elegir el material más idóneo para la pieza que quiera imprimir según diferentes criterios.

También le guiará a conocer fuentes de cada uno de los diferentes parámetros

## Configuración de parámetros

	PLA	ABS	PET
<b>Temperatura T<sup>a</sup> (°C)</b>	198 (190-220)	235 (220-250)	235 (215-250)
<b>Velocidad v (mm/s)</b>	15-25	15-20	15-20



# Guía de materiales



## Comparación de propiedades y características

	PLA	ABS	PET
<b>Facilidad de imprimir</b>	Alta	Media	Baja
<b>Ligereza</b>	Media (1,24g/cm3)	Alta (1,07g/cm3)	Media (1,27g/cm3)
<b>Contracción</b>	Baja	Media	Baja
<b>Adhesión entre capas</b>	Media	Alta	Alta
<b>Resistencia mecánica</b>	Baja	Alta	Alta
<b>Rigidez</b>	Alta	Alta	Media
<b>Resistencia al calor</b>	Baja	Alta	Alta
<b>Sensibilidad a humedad</b>	Alta	Media	Baja
<b>Facilidad postproceso</b>	Baja	Alta	Alta

# Guía de materiales



## Fuentes de material

PLA



ABS



PET



**ANEXOS**

**PACKAGING**

**INFINI**

FILAMENTO INFINITO

COMPONENTES ADICIONALES

CE 🚚 ☂️♻️  
MADE IN SPAIN



952014563



Video de montaje!  
Escanea para ver el

MADE IN SPAIN  
CE 🚚 ☂️♻️

COMPONENTES ADICIONALES



952014563



952014563

COMPONENTES ADICIONALES