



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño de un sistema de reciclaje de residuos de ácido  
poliláctico (PLA)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

AUTOR/A: Oliver Roig, Jordi

Tutor/a: Pacheco Blanco, Bélgica Victoria

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECICLAJE DE RESIDUOS  
DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA)**

**TRABAJO FINAL DEL**

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

**REALIZADO POR**

Oliver Roig, Jordi

**TUTORIZADO POR**

Dra. Bèlgica Pacheco Blanco

**CURSO ACADÉMICO: 2022/2023**



## **Agradecimientos**

A la doctora B lgica Pacheco por depositar la confianza y paciencia en este proyecto.

A los docentes Santiago Ferrándiz y Vicente Donderis por aportar y resolver las dudas planteadas.

Al laboratorio de impresión 3D, becados incluidos, por aportar información para plantear el proyecto.

A mi familia por apoyar y observar con orgullo todos los proyectos que he realizado.

A Macarena y a mis amigos por su inmensurable apoyo y cariño que me aportan en el día a día.



**Título:**

*“Diseño de un sistema de reciclaje de residuos de ácido poliláctico (PLA)”*

**Resumen:**

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es diseñar y desarrollar un sistema que permita reciclar los residuos de impresión 3D, en concreto Ácido Poliláctico (PLA), que se obtiene de impresiones de piezas fallidas, soportes y otros.

Para alcanzar el objetivo principal, se realiza una investigación sobre materiales y procesos asociados a la propuesta. Por una parte, se analiza la problemática medioambiental de los polímeros en general y luego del PLA, centrado en impacto y cantidad generada por estos residuos en diversos talleres del Campus de Vera y Campus de Alcoy, de la Universitat Politècnica de València. Por otra parte, se analizan las máquinas de impresión y de reciclaje, para comprender los procesos de manera detallada. Al mismo tiempo, se valoran las opciones existentes y detectar posibles fallos que se producen en el proceso de la fabricación aditiva mediante material fundido. Materiales y procesos revisados, permiten comprender de cerca la obtención del filamento de PLA.

Posteriormente, se ha realizado un análisis del mercado de productos que realicen funciones similares al investigado, con el fin de determinar los requisitos que permitirían añadir valor a la propuesta. Se han desarrollado propuestas conceptuales, que permiten perfilar el diseño final. La fase de diseño de detalle, ha permitido la elaboración de maquetas sobre las que reflexionar y mejorar antes de los prototipos (incluido el análisis de materiales y procesos para su fabricación). Se lleva a cabo un estudio de normativa relacionada con fabricación aditiva y caracterización de

plásticos reciclados, entre otros, así como un análisis de patentes, en el que se estudian modelos o conceptos generados.

Para completar la información relativa al proyecto, se desarrolla el presupuesto, la planimetría y las especificaciones. Finalmente, se presentan las conclusiones del proyecto, así como las consideraciones a tener en cuenta según el alcance del mismo.

**Palabras clave:**

Impresión 3D; filamento PLA; sostenibilidad; economía circular.

**Title:**

*“Design of a system for the recycling of polylactic acid (PLA) residues”*

**Abstract:**

The objective of this Final Degree Project is to design and develop a system to recycle 3D printing waste, specifically Polylactic Acid (PLA), which is obtained from printing failed parts, supports and others.

To achieve the main objective, a research on materials and processes associated with the proposal is carried out. On one hand, the environmental problems of polymers in general and then of PLA are analyzed, focusing on the impact and quantity generated by these wastes in various laboratories of the Vera Campus and Alcoy Campus of the Polytechnic University of Valencia. On the other hand, printing and recycling machines are analyzed to understand the processes in detail. At the same time, the existing options are evaluated and possible failures that occur in the process of additive manufacturing using molten material are detected. Materials and processes reviewed, allow a close understanding of how PLA filament is obtained.

Subsequently, a market analysis of products that perform similar functions to the one investigated has been carried out, in order to determine the requirements that would add value to the proposal. Conceptual proposals have been developed to outline the final design. The detailed design phase has allowed the elaboration of first models on which to reflect and improve before the prototypes (including the analysis of materials and processes for their manufacture). A study of regulations related to additive manufacturing and characterization of recycled plastics, among others, is carried out, as well as an analysis of patents, in which models or concepts generated are studied.

To complete the information related to the project, the budget, planimetry and specifications are developed. Finally, the conclusions of the project are presented, as well as the considerations to be taken into account according to the scope of the project.

**Keywords:**

3D printing; PLA filament; recycling; circular economy.

**Títol:**

*“Disseny d'un sistema de reciclatge de residus d'àcid polilàctic (PLA)”* .

**Resum:**

L'objectiu del present Treball Fi de Grau és dissenyar i desenvolupar un sistema que permeta reciclar els residus d'impressió 3D, en concret Àcid Polilàctic (PLA), que s'obté d'impressions de peces fallides, suports i altres.

Per a aconseguir l'objectiu principal, es realitza una investigació sobre materials i processos associats a la proposta. D'una banda, s'analitza la problemàtica mediambiental dels polímers en general i després del PLA, centrat en impacte i quantitat generada per aquests residus en diversos tallers del Campus de Vera i Campus d'Alcoi, de la Universitat Politècnica de València. D'altra banda, s'analitzen les màquines d'impressió i de reciclatge, per a comprendre els processos de manera detallada. Al mateix temps, es valoren les opcions existents i detectar possibles fallades que es produeixen en el procés de la fabricació additiva mitjançant material fos. Materials i processos revisats, permeten comprendre de prop l'obtenció del filament de PLA.

Posteriorment, s'ha realitzat una anàlisi del mercat de productes que realitzen funcions similars a l'investigat, amb la finalitat de determinar els requisits que permeten afegir valor a la proposta. S'han desenvolupat propostes conceptuals, que permeten perfilar el disseny final. La fase de disseny de detall, ha permès l'elaboració de maquetes sobre les quals reflexionar i millorar abans dels prototips (inclòs l'anàlisi de materials i processos per a la seua fabricació). Es duu a terme un estudi de normativa relacionada amb fabricació additiva i caracterització de plàstics reciclats, entre altres, així com una anàlisi de patents, en el qual s'estudien models o conceptes generats.

Per a completar la informació relativa al projecte, es desenvolupa el pressupost, la planimetria i les especificacions. Finalment, es presenten les conclusions del projecte, així com les consideracions a tindre en compte segons l'abast d'aquest.

**Paraules clau:**

Impressió 3D; filament PLA; reciclatge; economia circular.



## Tabla de contenidos

Capítulo 1. Objeto .....	19
Capítulo 2. Justificación y alcance .....	20
2.1 Justificación .....	20
2.2 Alcance .....	22
2.3 Metodología de elaboración .....	26
2.4 Impacto ambiental y social .....	27
Capítulo 3. Antecedentes .....	30
3.1 Tipos de impresoras 3D .....	32
3.1.1 De resina fotocurable .....	32
3.1.2 Sinterización Selectiva por Láser (Selective laser sintering) .....	35
3.1.3 Por inyección (Binder Jetting) .....	36
3.1.4 Extrusión de material fundido (Fused deposition modeling) .....	37
3.2 Tipos de polímero para impresión 3D .....	41
3.2.1 ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) .....	41
3.2.2 PLA (Ácido Poliláctico) .....	42
3.2.3 PET (Tereftalato de Polietileno) .....	43
3.2.4 PETG (Tereftalato de Polietileno Glicol) .....	43
3.2.5 PP (Polipropileno) .....	44
3.2.6 PC (Policarbonato) .....	45



3.2.7 Conclusiones.....	46
3.3 Fallos que se producen en fabricación aditiva mediante material fundido.....	52
Capítulo 4. Análisis de productos (Benchmarking).....	58
4.1. Análisis de sistemas de reciclaje de PLA .....	58
4.1.1 Sistemas de trituración de desechos .....	59
4.1.2 Transformación de granza en filamento .....	63
4.1.3 Recogida de filamento .....	72
4.2. Análisis de sistemas de reciclaje de PLA partiendo de restos de filamentos .....	78
4.2.1 Sistemas ofrecidos de libre uso .....	79
4.2.1 Sistemas ofrecidos de manera comercial.....	82
4.3. Conclusiones.....	84
Capítulo 5. Requerimientos del diseño.....	86
5.1 Requisitos a nivel estructural.....	86
5.2 Mejora de la interacción con el usuario.....	92
5.3 Vida de producto y gestión de vida .....	92
Capítulo 6. Desarrollo conceptual .....	93
6.1 Conceptos generados de extrusión de filamento. ....	93
6.2 Conceptos generados de la recogida del filamento. ....	95
6.3 Conceptos generados del soldador de filamentos.....	97
Capítulo 7. Normativa .....	99

Capítulo 8. Estudio de patentes .....	104
Capítulo 9. Justificación técnica de la solución adoptada .....	114
9.1 Ideas descartadas .....	114
9.2 Justificación de las funciones de las piezas y ensamblajes .....	121
9.2.1 Conjunto encargado de la extrusión del filamento .....	122
9.2.2 Conjunto encargado de recoger el filamento extruido.....	132
9.2.3 Conjunto encargado de soldar filamentos .....	139
9.3 Justificación técnica de los materiales escogidos.....	143
9.4 Consideraciones.....	144
Capítulo 10. Generación de maquetas y prototipos.....	151
10.1 Proceso de fabricación de los componentes para maquetas y prototipos.....	151
10.2 Ensamblaje de los componentes.....	154
10.2.1 Ensamblaje del extrusor de filamento .....	154
10.2.2 Ensamblaje de la recogida de filamento .....	158
10.2.3 Ensamblaje del soldador de filamento.....	161
10.4 Postprocesado de las impresiones.....	163
Capítulo 11. Mejoras en los sistemas .....	165
11.1 Mejora en el extrusor de filamento.....	165
11.2 Mejora en el conjunto que recoge el filamento .....	167
Capítulo 12. Diseño de detalle.....	170

Capítulo 13. Presentación .....	206
Capítulo 14. Pliego de condiciones .....	208
14.1 Legislación .....	208
14.2 Propiedad intelectual .....	210
14.3 Definición de Open Source .....	211
14.4 Procesos de fabricación .....	212
Capítulo 15. Presupuesto .....	216
15.1 Costes del proceso de diseño .....	216
15.2 Costes del proceso de fabricación para maquetas y prototipos. ....	219
15.3 Costes de las materias primas y fabricación .....	224
15.4 Costes de los productos no diseñados subcontratados .....	226
15.4 Coste total y presupuesto final.....	230
Capítulo 16. Conclusiones.....	232
Capítulo 17. Referencias.....	234
Capítulo 18. Anexos .....	246



## Lista de figuras

figura 1. vistas de las impresoras 3d del laboratorio de la etsid.....	23
figura 2. laboratorio de impresión 3d del campus de alcoy. ....	24
figura 3. máquina recicladora de pla filabot, del campus de alcoy. ....	25
figura 4. metodología de elaboración del trabajo de fin de grado.....	26
figura 5. preguntas de la encuesta. ....	27
figura 6. porcentaje de los encuestados que considera que es necesario o no reciclar el pla. ....	28
figura 7. esquema del proceso de fabricación aditiva mediante material fundido. ....	31
figura 8. impresora de resina sla form 3b+, (formlabs, s.f) y su funcionamiento .....	33
figura 9. esquema de funcionamiento de la impresión mediante dlp. ....	34
figura 10. sinterización selectiva por láser spro 230, (3d systems, s.f.) y su funcionamiento .....	35
figura 11 impresora de inyección object350, (connex, s.f.) .....	36
figura 12. impresora de polímero cartesiana ender 3, (creality, s.f.).....	37
figura 13. impresora de polímero delta deltiq, (trilab, s.f.) .....	38
figura 14. impresora de polímero dexar, (rotrics, s.f.) .....	39
figura 15. impresora de polímero polar polar3d, (polar, s.f.).....	40
figura 16. usos para el abs. (granta edupack, 2022). ....	41
figura 17. usos para el pla. (granta edupack, 2022).....	42
figura 18. usos para el pet. (granta edupack, 2022).....	43
figura 19. usos para el pp. (granta edupack, 2022). ....	44
figura 20. usos para el pc. (granta edupack, 2022).....	45
figura 21. comparación de precio (€/kg) entre los diversos polímeros. ....	48
figura 22. comparación de resistencia a la tracción (mpa) entre los diversos polímeros. ....	49

figura 23. comparación del límite elástico (mpa) entre los diversos polímeros.....	50
figura 24. comparación del punto de fusión (°c) entre los diversos polímeros. ....	50
figura 25. comparación de la biodegradabilidad entre los diversos polímeros. ....	51
figura 26. warping, producido por un contraste de temperaturas. (cahoon s, 2016).....	52
figura 27. modelo que no se ha impreso bien por falta de adherencia. (jellimann, b, 2018) .....	53
figura 28. separación entre capas en una pieza impresa en 3d. (prusa 3d, 2022).....	54
figura 29. la cara superior presenta hendiduras o espacios. (prusa 3d, 2022).....	54
figura 30. desplazamiento de los ejes x o y. (patterti, 2018).....	55
figura 31. modelo con extrusor bloqueado. (baldwin, 2016) .....	56
figura 32. modelo que presenta stringing. .(r. maria jose, 2022) .....	57
figura 33. trituradora de polímero pla 3devo, (3devo b.v s.f.) .....	59
figura 34. trituradora de polímero pla 3devo, (3devo b.v s.f.) .....	60
figura 35. trituradora de polímero pla shredder, (felfil, s.f.) .....	61
figura 36. trituradora de pla filabot reclaimer, (filabot, s.f.) .....	62
figura 37. extrusora de polímero pla strooder, (omnidynamics s.f.) .....	63
figura 38. extrusora de polímero pla 3devo, (3devo, s.f.) .....	64
figura 39. interfaz de usuario de 3devo, (3devo, s.f.).....	64
figura 40. sistema de enfriamiento para filamento de 3devo, (3devo, s.f.).....	65
figura 41. extrusora de polímero pla wellzoom, (wellzoom, s.f.) .....	65
figura 42. extrusora de polímero pla fab extruder, (fabacademy, s.f.) .....	66
figura 43. extrusora de polímero pla filastruder, (filastruder, s.f.).....	66
figura 44. extrusora de polímero pla protocycler, (redetec, s.f.) .....	67
figura 45. felfil evo ensamblada sin carcasa, apreciándose el interior del producto. (felfil, s.f.) ..	68
figura 46. recicladora de polímero pla felfil evo ensamblada, (felfil, s.f.).....	68

figura 47. kit sin ensamblar. (felfil, s.f.).....	69
figura 48. kit sin ensamblar. (felfil, s.f.).....	70
figura 49. extrusora de polímero pla ex2, (filabot, s.f.).....	71
figura 50. recogida de filamento felfil spooler, (felfil, s.f.).....	72
figura 51. recogida de filamento wellzoom spooler, (wellzoom, s.f.).....	73
figura 52. recogida de filamento pla filabot spooler, (filabot, s.f.) .....	73
figura 53. roturas de filamento debido a la humedad o estrés mecánico. ....	78
figura 54. soldador de filamento (coffee_sugar_cinnamon, septiembre 2022).....	79
figura 55. soldador de filamento (vortex_pr, 2020) .....	80
figura 56. soldador de filamento (brian moran, 2021). ....	81
figura 57. soldador de filamento, (s.f.), ideaformer. ....	82
figura 58. filament connector gen2, (s.f.), vit sport.....	83
figura 59. esquema de producto para triturar desechos de pla y convertirlo en gránulo.....	86
figura 60. distintos tamaños de cilindros con diversos rellenos interiores.....	87
figura 61. batidora de mano hb1000x, (s.f.), taurus .....	87
figura 62. distintos tamaños triturados de los cilindros de pla.....	88
figura 63. esquema de producto para convertir gránulo pla en filamento.....	89
figura 64. esquema de producto para recoger el filamento en una bobina mediante motor.....	90
figura 65. esquema de producto para unir filamentos mediante calor. ....	91
figura 66. conceptos generados de extrusión de filamento. ....	93
figura 67. conceptos generados de extrusión de filamento. ....	94
figura 68 conceptos generados de la recogida del filamento. ....	95
figura 69 conceptos generados de la recogida del filamento. ....	96
figura 70 conceptos generados de la unión de filamentos.....	97

figura 71 conceptos generados de la unión de filamentos.....	98
figura 72. fused deposition modeling filament production apparatus, (wesselink, t., 2019) .....	105
figura 73. fused deposition modeling filament production apparatus, (wesselink, t., 2019) .....	106
figura 74. dispositivo para empalmar filamentos de impresoras 3d (garcía, s, 2020).....	107
figura 75. procedimiento para fabricar un filamento continuo a granel. (clark, t. 2021). .....	108
figura 76. procedimiento para fabricar un filamento continuo a granel. (clark, t. 2021). .....	109
figura 77. termo fusionador para reciclado de plásticos. (salcedo, 2021).....	110
figura 78. sistema y proceso de reciclado de plásticos. (pérez, e. 2004).....	111
figura 79. cubo triturador doméstico de plástico. (fernández, f. 2014).....	112
figura 80. triturador de residuos domésticos para reciclar. (soteras, j., osorno, p., 2018). .....	113
figura 81. propuesta de puerta corredera para el depósito.....	114
figura 82. propuesta de puerta con ranura para el depósito.....	115
figura 83. cabezal extrusor de la máquina recicladora. ....	115
figura 84. calentador de banda rs pro. ....	116
figura 85. diferencia de diámetros entre el perfil redondo y el calentador de banda. ....	116
figura 86. calentador de muelle helicoidal hot runner de jaye heater. ....	117
figura 87. unión de carcasas mediante tornillería.....	117
figura 88. orientación del conector.....	118
figura 89. vista del ventilador del modelo y vista de sección del perfil y bloque calefactor. ....	118
figura 90. vista del conjunto unido por la pieza diseñada y vista de diseño de la pieza unión. ...	119
figura 91. vista del bloque calefactor unido mediante tornillería.....	120
figura 92. vista de la carcasa inferior con las extrusiones.....	120
figura 93. vista de la máquina con tolva. se aprecia la pantalla, conector y rueda pulsadora. ....	122
figura 94. vista de la máquina sin tolva. se aprecia el ventilador y el cabezal extrusor.....	122



figura 95. vista seccionada en la que se observa parte del interior. ....	123
figura 96. vista seccionada en la que se observa parte del interior. ....	123
figura 97. vista isométrica del núcleo del modelo. ....	124
figura 98. vista del conjunto de recogida de filamento. ....	132
figura 99. vista isométrica del soldador de filamento de pla generada en solidworks. ....	139
figura 100. vista generada mediante el software fritzing. ....	145
figura 101. pantalla del software ultimaker cura. ....	152
figura 102. carcasa superior, con un tamaño superior al volumen de impresión ....	153
figura 103. carcasa superior e inferior divididas para su impresión. ....	153
figura 104. ensamblaje del extrusor de filamento ....	154
figura 105. montaje carcasa superior. ....	155
figura 106. colisión entre la carcasa superior y la placa pcb, atornillada al conjunto inferior. ....	155
figura 107. placa arduino y carcasa superior. ....	156
figura 108. montaje carcasa inferior. ....	157
figura 109. ensamblaje de la recogida de filamento. ....	158
figura 110. prueba del filamento siendo enrollado. ....	159
figura 111. prototipo del soldador de filamento. ....	161
figura 112. funcionamiento del prototipo del soldador de filamento. ....	161
figura 113. modelo de control y modelo impreso con diversos filamentos ....	162
figura 114. masillado de la carcasa superior ....	163
figura 115. lijado de la carcasa superior. ....	163
figura 116. proceso de imprimación de las carcasas. ....	164
figura 117. corte en la carcasa superior. ....	165
figura 118. carcasa inferior y depósito de viruta sin agujeros. ....	166

figura 119. abrazadera en broca' .....	166
figura 120. sistema de recogida de filamento mejorado.....	167
figura 121. vista de sección del conjunto. ....	168
figura 122. cable alimentación arduino. youmile, s. f. ....	169
figura 123. gránulos de abs. (shandong huisheng import & export co., s. f.) .....	213
figura 124. chapa metálica en solidworks 2023 .....	214

**Lista de tablas**

tabla 1. consumo aproximado de diversos materiales.	22
tabla 2. cualidades de diversos polímeros termoplásticos, parte 1. (granta edupack, 2022).	46
tabla 3. cualidades de diversos polímeros termoplásticos, parte 1. (granta edupack, 2022).	47
tabla 4. comparación entre las máquinas trituradoras de plástico.	74
tabla 5. comparación entre las máquinas extrusoras de plástico, parte 1.	75
tabla 6. comparación entre las máquinas extrusoras de plástico, parte 2.	76
tabla 7. comparación entre las máquinas de recogida de filamento de plástico.	77
tabla 8. descripción de los componentes del extrusor de pla, parte 1.	125
tabla 9. descripción de los componentes del extrusor de pla, parte 2.	126
tabla 10. descripción de los componentes del extrusor de pla, parte 3.	127
tabla 11. descripción de los componentes comprados, parte 1.	128
tabla 12. descripción de los componentes comprados, parte 2.	129
tabla 13. descripción de los componentes comprados, parte 3.	130
tabla 14. descripción de los componentes comprados, parte 4.	131
tabla 15. descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 1.	133
tabla 16. descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 2.	134
tabla 17. descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 3.	135
tabla 18. descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 4.	136
tabla 19. descripción de los componentes comprados, parte 1.	137
tabla 20. descripción de los componentes comprados, parte 2.	138
tabla 21. descripción de los componentes del soldador de filamentos.	140
tabla 22. descripción de los componentes comprados, parte 1.	141

tabla 23. descripción de los componentes comprados, parte 2.	142
tabla 24. explicación de los componentes empleados para el esquema electrónico, parte 1.	146
tabla 25. explicación de los componentes empleados para el esquema electrónico, parte 2.	147
tabla 26. costes del proceso de diseño de la extrusora de filamento.	217
tabla 27. costes del proceso de diseño de la recogida de filamento.	217
tabla 28. costes del proceso de diseño del soldador de filamento.	218
tabla 29. coste total del proceso de diseño	218
tabla 30. coste de fabricación de una impresión 3d.	219
tabla 31. coste de fabricación en impresión 3d, extrusora de filamento, parte 1.	220
tabla 32. coste de fabricación en impresión 3d, extrusora de filamento, parte 2.	221
tabla 33. coste de fabricación de componentes en impresión 3d, recogida de filamento	222
tabla 34. coste de fabricación de componentes en impresión 3d, soldador de filamento	223
tabla 35. coste total de la impresión de los componentes.	223
tabla 36. coste materias primas	224
tabla 37. coste del proceso de fabricación	225
tabla 38. costes de los productos no diseñados de la extrusora, parte 1.	226
tabla 39. costes de los productos no diseñados de la extrusora, parte 1.	227
tabla 40. costes de los productos no diseñados de la recogida de filamento.	228
tabla 41. costes de los productos no diseñados del soldador de filamento	229
tabla 42. coste total de los productos subcontratados.	229
tabla 43. coste total	230
tabla 44. coste total de cada producto	231



## **Capítulo 1. Objeto**

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es el diseño de un sistema que permita reciclar los desechos de PLA para convertirlo en filamento. Se persigue un diseño que permita a cualquier usuario de una impresora 3D reciclar con facilidad piezas fallidas o soportes empleados para los modelos, así como los trozos de filamento pequeños que puedan quedar en las bobinas. Actualmente, gran parte de los productos que ofrecen este servicio tienden a ser demasiado voluminosos y que requiere una gran inversión monetaria. De igual manera, se debería considerar el peso de estos productos a la hora de ser transportados dentro de un espacio de trabajo definido. Un caso por estudiar sería el de Protocycler, que tiene unas dimensiones, en centímetros, de 38,1 x 35,6 x 22,9, teniendo un precio aproximado de 3000€ y peso de 20 Kg.

## Capítulo 2. Justificación y alcance

### 2.1 Justificación

El siguiente trabajo plantea un canal de reciclaje para los desechos de PLA, contemplando un proceso sostenible para reducir la cantidad de polímero generado.

Aunque este plástico se considera biodegradable, el proceso de degradación no es sencillo. Necesita de unas condiciones especiales en términos de microorganismos, temperatura y humedad. Cuando se entierran pueden emitir gases de efecto invernadero y ser más perjudiciales para el medio que un plástico convencional (Sánchez, 2022).

Diversos artículos estudian la diferencia entre el PLA virgen y el PLA reciclado, comparando propiedades mecánicas de ambos.

En comparación a los formatos vírgenes y reciclados en términos de dureza, tracción y propiedades de corte, demostró que los dispositivos con propiedades mecánicas apropiadas pueden fabricarse con filamento reciclado de piezas previamente impresas en 3D. Este resultado debe proporcionar interesante información en términos de proceso de reciclaje en el campo de la impresión 3D. (Anderson, I. 2017).

La primera vez que se recicla este material se obtienen propiedades similares al virgen, sin embargo, la tercera vez ya empieza a presentar fallos en los ensayos mecánicos. (Lanzotti et al., 2019).

Otros estudios han tratado de caracterizar las propiedades del PLA reciclado impreso. Debido a las dificultades encontradas no se obtuvieron grandes longitudes de filamento y la caracterización se vio reducida al ensayo de tracción con probetas de menor tamaño a lo que indica la norma indicada (Ayala, F. 2021).



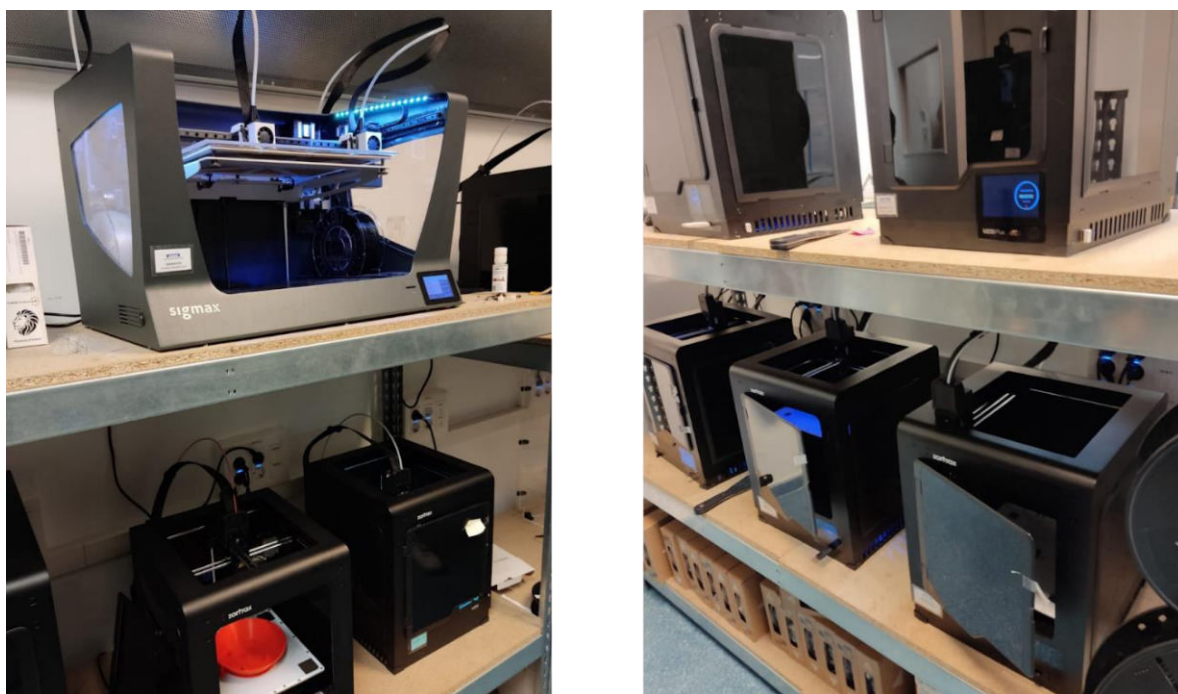
## 2.2 Alcance

El Campus de Vera, perteneciente a la Universitat Politècnica de València, dispone de diversas impresoras FDM y SLA/DLP. Estas impresoras ofrecen servicio a los siguientes grados: Ingeniería Aeroespacial, Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, Ingeniería eléctrica, Electrónica Industrial y Automática, Ingeniería Mecánica. Además, ofrece servicio a diversos grupos de Generación espontánea. En un semestre, se producen en el laboratorio, de manera aproximada, las cantidades de materiales mostradas en la tabla 1.

Material	Cantidad consumida en gramos, curso 2022 - 2023
ABS	58161,3
PLA Reciclado Smartfil	17653
Filamento Flexible	2602
PLA	9379
PET	2569
HIPS	9470
Z-Ultra T	166

Tabla 1. Consumo aproximado de diversos materiales.

Por una parte, gran parte del PLA procede de un fabricante que asegura que este material proviene de material reciclado, si bien es cierto que en la ficha técnica sí aparece los ensayos a los que este filamento ha sido sometido, no se muestra si ha sido mezclado con granza de un material virgen, ya que este polímero es un termoplástico que permite su reciclaje diversas veces. En el capítulo 16. Anexos, se puede observar la ficha técnica de este filamento. Sin embargo, no se cuenta con canales de reciclaje definidos para los desechos independientemente de si la bobina proviene de material reciclado o no, tirando los residuos generados a la basura directamente. De igual manera, el laboratorio no cuenta con ningún equipamiento que permita el reciclaje de estos componentes. En la figura 1 se muestran diversas impresoras que se utilizan en el laboratorio de impresión 3D de la ETSID. Se señala la importancia de crear unos canales de reciclaje tanto para las piezas fallidas fabricadas en polímero, como para piezas de resina, poliestireno, metacrilato y diversos materiales con los que se trabajan en la escuela.



*Figura 1. Vistas de las impresoras 3D del laboratorio de la ETSID.*

Las siguientes escuelas no cuentan con impresoras 3D, quedando fuera de la investigación:

Técnica Superior de Arquitectura, Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica, Técnica Superior de Ingeniería Informática, Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación y la facultad de Administración y Dirección de Empresas.

El Campus de Alcoy, perteneciente a la Universitat Politècnica de València, cuenta con 30 impresoras FDM y con 5 SLA/DLP, como se muestra en la figura 2. Estas impresoras ofrecen servicio a las siguientes asignaturas: Diseño y cálculo de desarrollos mecánicos y prototipos (32941), Fabricación Aditiva (32730), Prototipado e Ingeniería Inversa (12676) y Prototipos Avanzados (14642). En un semestre, se producen de manera aproximada de 2 a 3 Kg. Las piezas fallidas, soportes y otros desechos, cuentan con unos canales de reciclaje definidos debido a que el campus dispone de una máquina Filabot, mostrada en la figura 3. Estas máquinas están destinadas a trabajar únicamente con los desechos generados en tales asignaturas.



*Figura 2. Laboratorio de Impresión 3D del Campus de Alcoy.*



*Figura 3. Máquina recicladora de PLA Filabot, del Campus de Alcoy.*

Por lo general, la fabricación, transporte y residuos de los plásticos generan un gran impacto en la contaminación. El PLA es un material cuyo proceso de reciclaje es sencillo debido a sus características (siempre y cuando no presente restos de pintura o de adhesivos). El reciclaje de este material permitiría crear modalidades de consumo basadas en la producción sostenible, siendo este uno el punto número 12 de los 17 que se encuentran en los objetivos de desarrollo sostenible. Esta categoría contiene diversas metas, siendo las siguientes las que más se aproximan al trabajo a realizar:

12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

12.5. De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Con todo lo anteriormente expuesto, se considera que el siguiente Trabajo Fin de Grado cuenta con una sólida justificación y con un alcance factible.

### 2.3 Metodología de elaboración

Para la elaboración del trabajo se ha escogido la metodología de resolución de problemas establecida por Bruno Munari (1983). Seguidamente se ha ajustado según las necesidades de la propuesta. En la figura 4 se muestra de forma esquemática las etapas seguidas en el proceso.



*Figura 4. Metodología de elaboración del Trabajo de Fin de Grado.*

## 2.4 Impacto ambiental y social

Se ha realizado una encuesta dirigida a usuarios que dispongan o podrían disponer de una impresora 3D de polímero PLA. El objetivo es recopilar información y contemplar la viabilidad de crear un canal de reciclaje para este material. Se han registrado 27 respuestas. En la figura 5 se muestran las preguntas que se han realizado a los encuestados.

¿Qué modelo es tu impresora 3D? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Crees que es necesario reciclar el PLA (Ácido Poliláctico)? \*

Sí

No

En caso de haber respondido que 'sí' a la anterior pregunta, ¿Por qué?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

En caso de haber respondido que 'no' a la anterior pregunta, ¿Por qué?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Qué beneficios le verías a una máquina recicladora de PLA a tu disposición? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por una máquina recicladora de PLA? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Figura 5. Preguntas de la encuesta.

Según la figura 6, el 85,2% de los encuestados considera que es necesario crear unos canales de reciclaje para este material en concreto.



Figura 6. Porcentaje de los encuestados que considera que es necesario o no reciclar el PLA.

Los que no consideran que es necesario reciclar este material, consideran que es porque en el mercado ya existen bobinas de PLA recicladas mejor de lo que el propio usuario podría conseguir (Anónimo, 2023). Por otra parte, porque desconocen cómo funciona el proceso y no les interesaría aprender (Anónimo, 2023).

Los que sí consideran que es necesario reciclar este material, consideran que es necesario darle otro uso a los soportes y las piezas fallidas de sus impresoras, además de ahorrar recursos en la generación de nuevos filamentos (Anónimo, 2023).

Respecto a los beneficios asociados a disponer de una máquina recicladora de PLA, algunos usuarios creen que sería demasiado complicado aprender por lo que no se muestran interesados (Anónimo, 2023), aunque algunos sí estarían dispuestos si hubiese algún tutorial o instrucciones (Anónimo, 2023). Por otra parte, la mayoría lo consideraría una buena opción para generar nuevo filamento y adoptar prácticas de economía circular, como reducir desperdicios.

Finalmente, respecto a cuánto estarían dispuestos a pagar los usuarios por esta máquina, oscila entre 200 y 500€. Algunos consideran que las máquinas actuales son demasiado caras para el servicio que prestan (Anónimo, 2023).



### Capítulo 3. Antecedentes

La impresión 3D es una herramienta que se está asentando cada vez más en diversos ámbitos del día a día. Es un proceso de fabricación que consiste en generar sucesivas capas de material de manera transversal sobre una base o cama, con el objetivo de obtener un modelo. Este se genera mediante técnicas de escaneo 3D o programas de diseño asistido por ordenador, como SolidWorks o Blender:

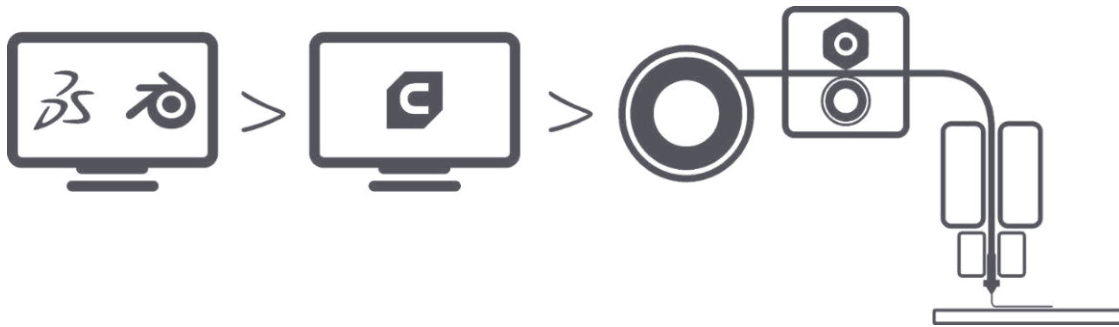
Solidworks es un programa que permite modelar piezas y formar ensamblajes, para posteriormente obtener la planimetría necesaria para su producción. (Solidworks, 1995).

Blender es un programa que permite modelar, esculpir digitalmente, modificar iluminación ambiente y renderizar escenas, entre otros. (Blender, 1994)

Una vez diseñado, se debe exportar a la extensión STL, que es un formato de transmisión de datos. Para modificar parámetros de la impresión, tales como la densidad del relleno y la altura de capa. Este archivo será introducido en programas como Cura.

Ultimaker Cura es un programa que sirve para extraer la información necesaria para que la impresora 3D sea capaz de producirlo. Permite modificar parámetros como su densidad de relleno, volumen y rotación, entre otros. Se importa un archivo STL y se exporta un código G. (Cura, 2017).

Una vez preparado, se introducirá en la impresora. En la figura 7 se muestra un esquema de este proceso mediante material fundido. La fabricación del modelo es un proceso automatizado. Dependiendo de la pieza, generalmente requerirá de un postprocesado, que consiste en eliminar soportes, lijar superficies o aplicar acabados.



*Figura 7. Esquema del proceso de fabricación aditiva mediante material fundido.*

Sin embargo, cuando se habla de fabricación aditiva mediante material fundido, existe una posibilidad de que no se fabrique de manera correcta, tanto por las consideraciones de diseño como por posibles factores externos. Esto produce que el modelo que se está fabricando sea prácticamente inservible. Para generar estos modelos en ocasiones se necesitan soportes de impresión para otorgar estabilidad al conjunto. Una vez cumple su función, son desechados. Se presenta la necesidad de darle una segunda oportunidad y una solución para todos estos productos, prototipos o soportes.

Debido a su elevado coste de producción, en un principio estaba reservada para ambientes laborales o para ciertas universidades. Con la evolución de esta tecnología y su versatilidad, ha permitido que más cantidad de usuarios dispongan de una. Actualmente la impresión 3D tiene gran cantidad de usos, desde aplicaciones médicas como prótesis hasta convertirse en una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje, ya que permite a los estudiantes visualizar y crear modelos en 3D de una manera práctica y tangible. (Kumotica, 2022).

Gracias a esta tecnología se han ideado nuevas formas de fabricar productos que hasta el momento solamente podrían producirse usando otros procesos industriales. Genera una nueva visión desde el diseño, fabricación y reparación de componentes, pudiendo cambiar la perspectiva de consumo habitual.

### **3.1 Tipos de impresoras 3D**

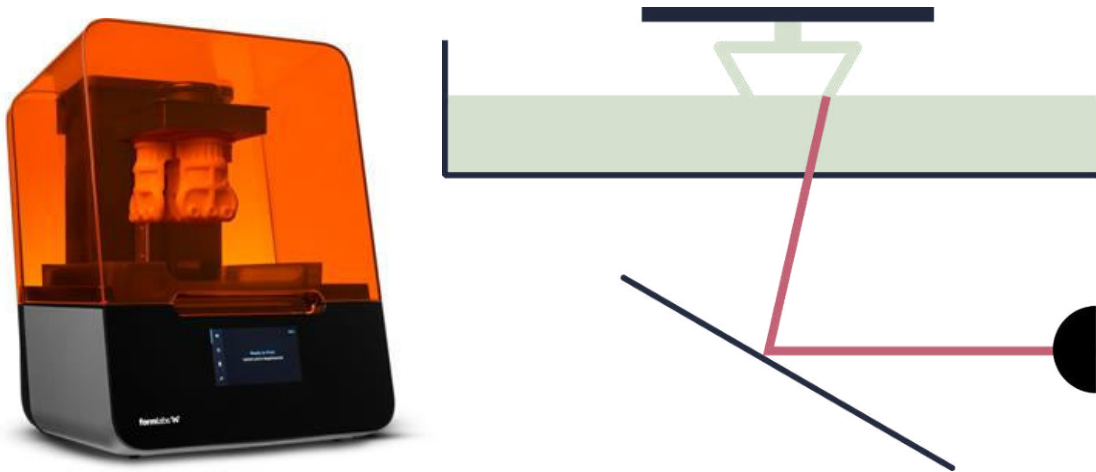
Dentro de la impresión 3D existen diversas formas de obtener estas piezas, algunas emplean resina mientras que otras emplean polímero fundido. Para ello, se usan distintos tipos de tecnología que se verán a continuación.

#### **3.1.1 De resina fotocurable**

Ofrecen gran precisión para la producción de prototipos y modelos. El acabado de las impresiones es prácticamente liso, por lo que los procesos posteriores son innecesarios. Como inconvenientes, señalar que las piezas una vez impresas generalmente necesitan introducirse en una cámara de curado adicional para que termine de solidificar. Por otra parte, la resina empleada para la impresión, a excepción de la biocompatible, es tóxica y dañina para la piel, por lo que se deben de tomar precauciones tales como llevar guantes, mascarilla y gafas de protección. Existen de diversos tipos:

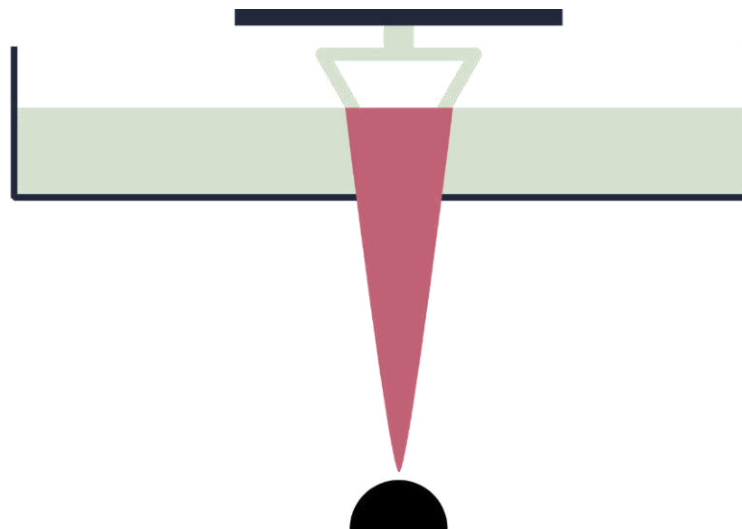
Estereolitografía (SLA): Utiliza un láser dirigido por galvanómetros para curar la resina. Los galvanómetros se pueden considerar como espejos utilizados para guiar el rayo láser a través del fondo transparente del tanque hasta un punto particular en la plataforma de construcción.

(Espinosa, 2019). En la figura 8. se muestra un producto que ofrece este servicio además de un esquema de funcionamiento.



*Figura 8. Impresora de resina SLA Form 3B+, (Formlabs, s.f) y su funcionamiento*

Procesamiento de luz digital (*Digital Light Processing*): El procesamiento de luz digital utiliza un proyector de luz digital ultravioleta para curar la resina. Destella imágenes de capas enteras en la parte inferior de la tina. La luz se dirige de forma selectiva mediante un dispositivo digital de microespejo, que es un componente que consiste en cientos de miles de espejos diminutos. (Espinosa, 2019). En la figura 9 se muestra un esquema de funcionamiento.



*Figura 9. Esquema de funcionamiento de la impresión mediante DLP.*

### 3.1.2 Sinterización Selectiva por Láser (Selective laser sintering)

Permite utilizar un gran número de materiales en polvo (metales, cerámica, cristal, nylon, poliestireno). El láser impacta en el polvo para fundirse y solidificarse. No hay desperdicio porque el material que no se utiliza se almacena en el mismo lugar donde se inicia la impresión. En la figura 10 se muestra un esquema de funcionamiento.

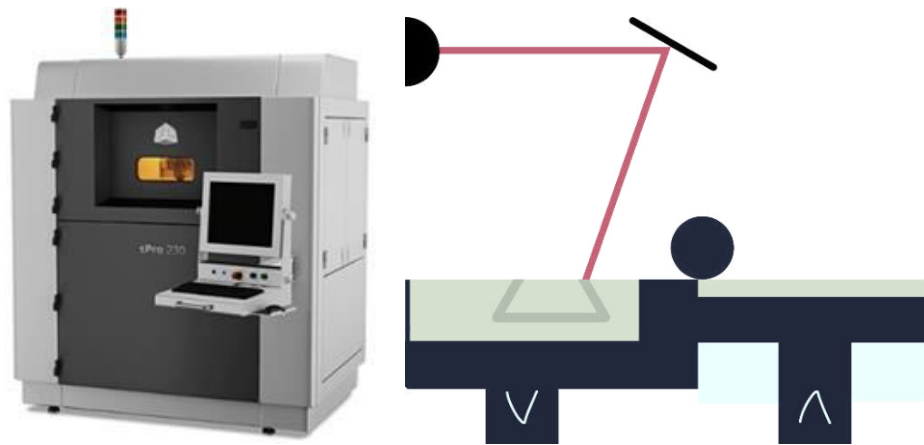
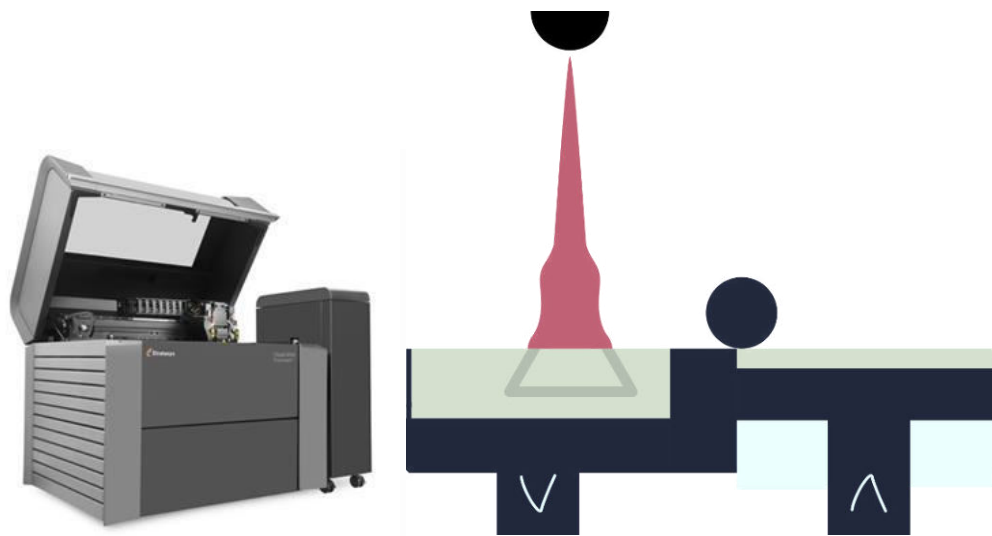


Figura 10. Sinterización selectiva por láser sPro 230, (3D Systems, s.f.) y su funcionamiento

### 3.1.3 Por inyección (Binder Jetting)

Es el sistema de impresión más parecido a una impresora habitual 2D. En vez de sinterizar el material, lo que hace es inyectar un líquido adhesivo que se esparce selectivamente para formar el plano. En la figura 11 se muestra un esquema de funcionamiento.



*Figura 11 Impresora de inyección Object350, (Connex, s.f.)*

### 3.1.4 Extrusión de material fundido (Fused deposition modeling)

Consiste en la extrusión de un polímero fundido mediante una boquilla sobre una base plana (caliente o no), capa a capa. El material inicialmente se encuentra bobinado. Su material es más económico en comparación con las de resina. Generalmente, su volumen de impresión, así como el tiempo de fabricación, también es superior. Tienen más resistencia a los golpes y puede requerir de un postprocesado. Existen diversos tipos de impresoras FDM:

Cartesianas: Son aquellas que permiten el movimiento de los ejes ortogonales X, Y y Z. Esto permite calcular y determinar la posición de la boquilla adecuadamente. Generalmente, el cabezal se mueve mediante los ejes X e Y, siendo el eje Z el encargado de mover la cama o base. En la figura 12 se muestra un producto que ofrece este servicio.



*Figura 12. Impresora de polímero cartesiana Ender 3, (Creality, s.f.)*



Deltas: Son impresoras que emplean los 3 ejes ortogonales. En la siguiente figura 13 se muestra un producto que ofrece este servicio. El extrusor se mueve mediante un sistema de brazos móviles triangulares. La cama generalmente es circular y fija, mejorando la estabilidad y precisión, ya que el modelo permanece estático durante la impresión. Fueron diseñadas con el objetivo de aumentar la velocidad y la altura de manera personalizada.



*Figura 13. Impresora de polímero delta DeltiQ, (Trilab, s.f.)*

Brazos robóticos: Emplean el sistema de coordenadas cartesianas. No necesitan cama o base de impresión, por lo que permite una mayor movilidad. En la figura 14 se muestra un producto que ofrece este servicio. Su principal ventaja es que permite automatizar procesos de fabricación de manera más sencilla si se compara con las anteriores.



*Figura 14. Impresora de polímero DexAr, (Rotrics, s.f.)*

Polares: La diferencia respecto a las cartesianas reside en que esta emplea coordenadas polares, usando ángulo y longitud. La cama de impresión circular gira mientras el cabezal está en funcionamiento. En la figura 15 se muestra un producto que ofrece este servicio. A diferencia de las cartesianas, que requieren de tres motores para su funcionamiento, estas solo necesitan dos. Al basarse en un sistema circular, existe más precisión en el centro del círculo en comparación con sus extremos.



*Figura 15. Impresora de polímero polar Polar3D, (Polar, s.f.).*

## 3.2 Tipos de polímero para impresión 3D

Dentro de la fabricación aditiva mediante material fundido, existen diversos tipos de polímeros a emplear en función de las características y propiedades deseadas, debido a que tienen distintas temperaturas de fusión. A continuación, se presenta un análisis de los materiales más empleados en esta técnica de producción.

### 3.2.1 ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

El ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) es un polímero fuerte, tenaz y fácil de moldear. Por lo general es opaco, aunque algunos pueden ser transparentes, y se le puede dar colores vivos. Sin un revestimiento protector, la luz del sol causa el amarillamiento y la pérdida de resistencia. Permite moldeos detallados y no es tóxico. Puede ser reciclado e incinerado para recuperar la energía que contiene. El ABS tiene la mayor resistencia al impacto de todos los polímeros. Es higroscópico, por lo que puede ser necesario secarlo en horno antes de usarlo. Ofrece excelente resistencia a los ácidos, álcalis, sales y muchos solventes. Tiene características de elaboración similares al poliestireno, pero una mayor resistencia, rigidez, dureza y resistencia química y térmica. Mediante la adición de fibra de vidrio se puede conseguir un aumento considerable en su rigidez. (Granta EduPack, 2022). En la figura 16 se muestran diversos usos que se le puede dar al ABS.



Figura 16. Usos para el ABS. (Granta EduPack, 2022).

### 3.2.2 PLA (Ácido Poliláctico)

Es un termoplástico biodegradable derivado del ácido láctico natural, que se obtiene a partir de recursos naturales como el maíz o la leche; aunque el proceso hace uso de productos químicos no renovables. Tiene una apariencia similar al poliestireno transparente, con buenas propiedades estéticas (brillo y transparencia), pero es duro y frágil, por lo que debe ser modificado con aditivos plastificantes para poder ampliar su rango de uso. Puede ser procesado como la mayoría de los termoplásticos: en fibras, películas, por termoformado o moldeado por inyección. Una desventaja de los biopolímeros es su elevado precio, costando entre 2 y 6 veces más que otros polímeros como el polipropileno. (Granta EduPack, 2022).

Está disponible en numerosos grados, diseñados para mejorar la facilidad de su procesamiento. Es transparente y tiene la aprobación de la FDA (US Food and Drug Association) para su uso en envasado de alimentos. El paso por la línea de secado puede ser necesario para reducir el contenido de agua antes de los procesos de extrusión y moldeo. (Granta EduPack, 2022). En la figura 17 se muestran diversos usos que se le puede dar al PLA.



Figura 17. Usos para el PLA. (Granta EduPack, 2022).

### 3.2.3 PET (Tereftalato de Polietileno)

El PET es transparente e impermeable al agua y al CO<sub>2</sub>, pero no al oxígeno. Es duro, fuerte y fácil de formar, unir y esterilizar (lo que facilita su reutilización). Es transparente e impermeable al agua y al CO<sub>2</sub>, pero no al oxígeno. Es duro, fuerte y fácil de formar, unir y esterilizar (lo que facilita su reutilización). Existen cuatro grados de poliéster termoplástico: sin modificar, con retardador de llama, con refuerzo de fibra de vidrio (más tenacidad) y con carga mineral (para contrarrestar contracción a cambio de perder resistencia). (Granta EduPack, 2022). En la figura 18 se muestran diversos usos que se le puede dar al PET.



*Figura 18. Usos para el PET. (Granta EduPack, 2022).*

### 3.2.4 PETG (Tereftalato de Polietileno Glicol)

Es una versión modificada de PET, en la que el glicol se agrega a la composición del material durante la polimerización. Como resultado, reduce su aspecto frágil y aumenta su resistencia, además de su flexibilidad. Por otra parte, ofrece más resistencia a otro tipo de químicos que de otra manera no sería posible. Ambos materiales no deben exponerse a más de 60°C, porque pueden seguir perdiendo su estabilidad dimensional. (Granta EduPack, 2022).

### 3.2.5 PP (Polipropileno)

El polipropileno en su forma pura es inflamable y se degrada con la luz solar. Los retardadores al fuego hacen que su combustión sea lenta, y los estabilizadores le dan una estabilidad extrema, tanto frente a la radiación UV como al agua dulce, salada y a la mayoría de soluciones de base acuosa. Es excepcionalmente inerte y fácil de reciclar, pudiendo también ser incinerado para recuperar la energía que contiene. Se produce mediante procesos que son relativamente eficientes en energía; son los polímeros de consumo en masa cuya fabricación implica menor consumo energético. (Granta EduPack, 2022).

El grado estándar del PP es barato, ligero y dúctil, pero tiene poca resistencia. Es más rígido que el PE y puede ser utilizado a temperaturas más altas. Las propiedades del PP son similares a las de polietileno de alta densidad, pero con más rigidez y se funde a temperaturas más altas. El grado estándar del PP es barato, ligero y dúctil, pero tiene poca resistencia. Es más rígido que el PE y puede ser utilizado a temperaturas más altas. Las propiedades del PP son similares a las de polietileno de alta densidad, pero con más rigidez y se funde a temperaturas más altas. Se moldea con más facilidad que el PE, tiene buena transparencia y puede fabricarse en una gama de colores más amplia y de tonos más intensos. (Granta EduPack, 2022). En la figura 19 se muestran diversos usos que se le puede dar al PP.



Figura 19. Usos para el PP. (Granta EduPack, 2022).

### 3.2.6 PC (Policarbonato)

El PC es uno de los termoplásticos que tienen mejores propiedades mecánicas que los polímeros más básicos y baratos. Tiene características únicas de transparencia óptica, elevada dureza y rigidez incluso a temperaturas relativamente altas. Es fácil de colorear. El procesado de los termoplásticos requiere una mayor aportación de energía que la de los plásticos básicos; por lo demás no son particularmente perjudiciales para el medioambiente. Es posible su reciclaje si no está reforzado. Puede ser reforzado con fibras de vidrio para reducir los problemas de contracción en el enfriamiento y para mejorar el rendimiento mecánico a altas temperaturas. (Granta EduPack, 2022). En la figura 20 se muestran diversos usos que se le puede dar al PC.



*Figura 20. Usos para el PC. (Granta EduPack, 2022).*



### 3.2.7 Conclusiones

Se presentan las tablas 2 y 3 que señalan las cualidades de los polímeros analizados. Las especificaciones que se comparan incluyen la densidad, punto de fusión y biodegradabilidad, entre otras. Se destaca el PLA ya que es el polímero escogido para reciclar, siendo el más común dentro de la impresión 3D.

	ABS	PLA	PET	PP	PC
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,03 - 1,07	1,24 - 1,27	1,29 - 1,39	0,85 - 0,95	1,19 - 1,21
Precio (€/Kg)	1,46 - 1,71	2,15 - 2,73	0,88 - 1,2	0,98 - 1,1	2,1 - 2,39
Límite elástico (MPa)	34,5 - 49,6	50 - 55	50 - 55	24,1 - 28,4	59,1 - 65,2
Resistencia a tracción (MPa)	37,9 - 51,7	55 - 72	55 - 60	26 - 50	62,7 - 72,4
Resistencia compresión (MPa)	39,2 - 86,2	66 - 86,4	50 - 60	23,8 - 25	69 - 86,2
Punto de fusión (°C)	230 - 258	145 - 175	237 - 277	140 - 150	297 - 310
Máx. temperatura (°C)	62,9 - 76,9	44,9 - 54,9	59,9 - 83,9	66,9 - 83,9	101 - 116
Mín. temperatura (°C)	-45,2 - 35,2	-20,2 - -12,2	-58,2 - -38,2	-25,2 - -10,2	-47,2 - -37,2
Conductividad térmica (W/m · °C)	0,25 - 0,26	0,13 - 0,16	0,13 - 0,24	0,19 - 0,19	0,19 - 0,21

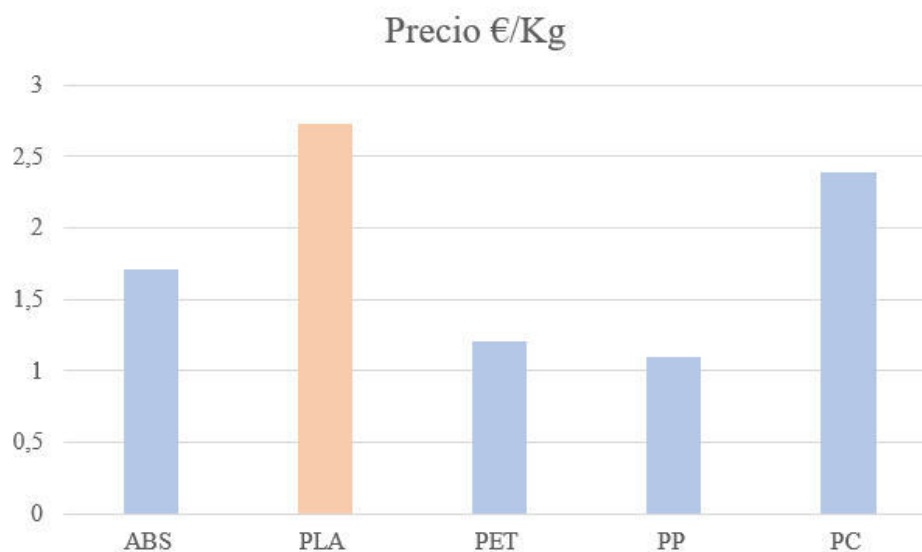
Tabla 2. Cualidades de diversos polímeros termoplásticos, parte 1. (GRANTA EduPack, 2022).

	ABS	PLA	PET	PP	PC
¿Conductor térmico y eléctrico o aislante?	Buen aislante	Buen aislante	Buen aislante	Buen aislante	Buen aislante
Transparencia	Opaco	Transparente	Calidad óptica	Translúcido	Calidad óptica
Índice de refracción	1,53 - 1,54	1,44 - 1,46	1,57 - 1,58	1,48 - 1,5	1,58 - 1,59
Durabilidad en agua dulce y salada	Excelente	Aceptable	Excelente	Excelente	Excelente
Durabilidad en acetona	Inaceptable	Inaceptable	Uso limitado	Excelente	Inaceptable
Radiación UV	Mala	Buena	Adecuada	Mala	Adecuada
Inflamabilidad	Altamente inflamable	Combustión lenta	Altamente inflamable	Altamente inflamable	Combustión lenta
Reciclaje	Verdadero	Verdadero	Verdadero	Verdadero	Verdadero
Biodegradable	Falso	Verdadero	Falso	Falso	Falso
Radio de toxicidad	No tóxico	No tóxico	No tóxico	No tóxico	No tóxico

Tabla 3. Cualidades de diversos polímeros termoplásticos, parte 1. (GRANTA EduPack, 2022).

Después del análisis se pueden extraer las siguientes conclusiones:

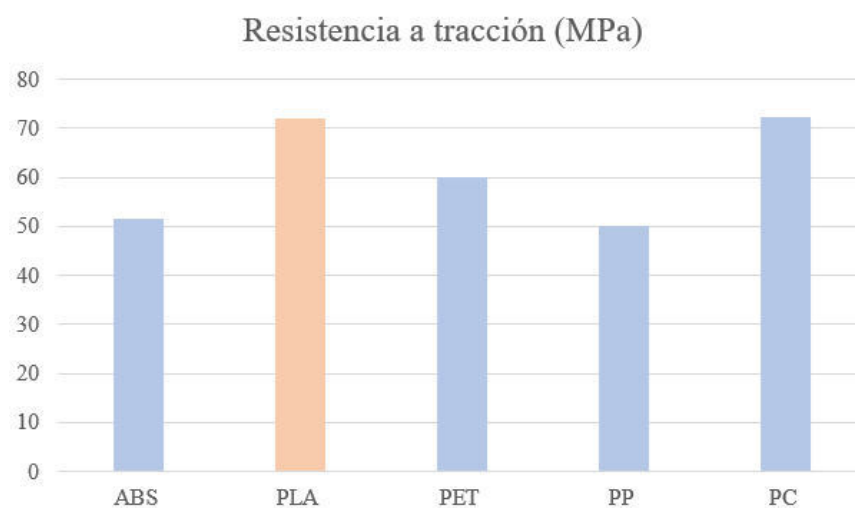
En la figura 21 se muestra el precio (€/Kg), que varía considerablemente según el polímero, lo que puede determinar si es mayor demandado o no. Se puede observar que el PLA es uno de los más caros.



*Figura 21. Comparación de precio (€/Kg) entre los diversos polímeros.*

En las figura 22 y 23 se muestran la resistencia a tracción (MPa) y el límite elástico (MPa), respectivamente. Son importantes para determinar la capacidad de un polímero termoplástico para soportar cargas mecánicas. Se han escogido porque son dos factores a tener en cuenta durante la impresión 3D.

En la figura 22 se puede observar que el PLA y el PC comparten similares propiedades de resistencia a la tracción (MPa).



*Figura 22. Comparación de resistencia a la tracción (MPa) entre los diversos polímeros.*

En la figura 23 se puede observar que el PC es el material que mayor límite elástico (MPa) tiene, siendo los siguientes el PLA y el PET.

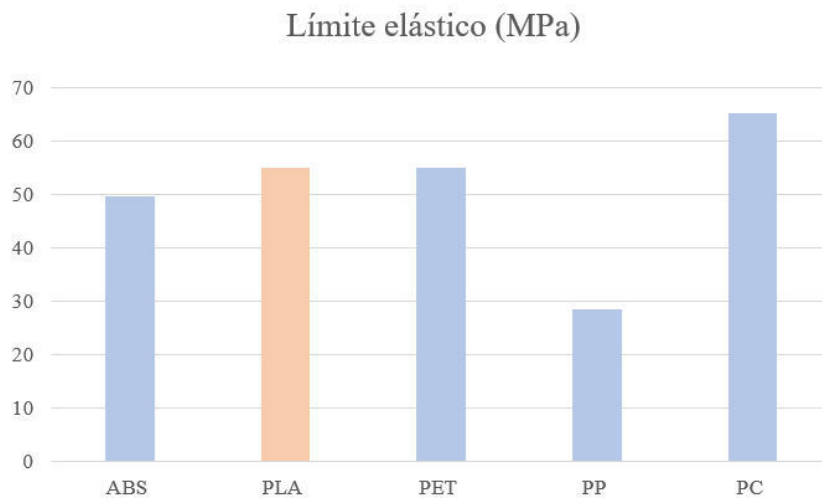


Figura 23. Comparación del límite elástico (MPa) entre los diversos polímeros.

En la figura 24 se muestra el punto de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ ) que varía significativamente entre los diversos, influyendo en su facilidad o dificultad de procesamiento. Se puede observar que el PLA y el PP son los que menor temperatura requieren.

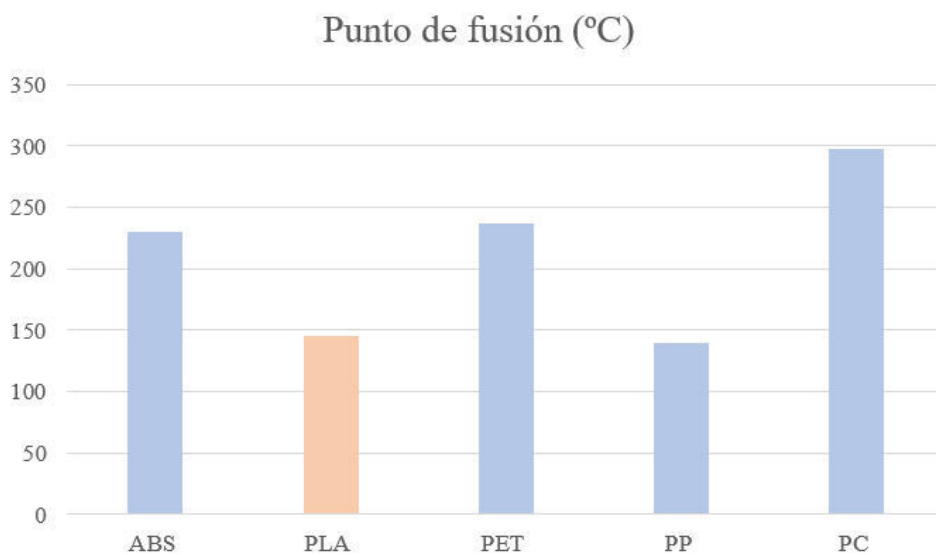
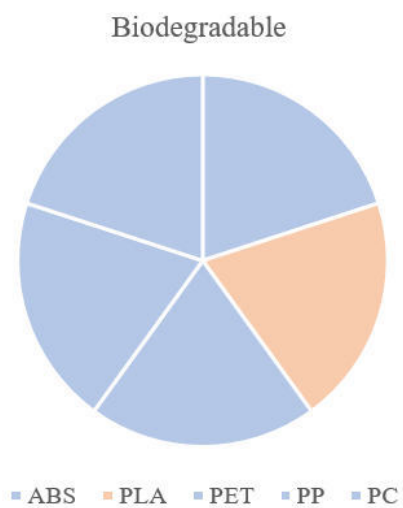


Figura 24. Comparación del punto de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre los diversos polímeros.

En la figura 25 se muestra la biodegradabilidad de los diversos polímeros analizados en el ámbito de la sostenibilidad y el impacto ambiental se considera un factor clave. Se observa que el PLA es el único biodegradable.



*Figura 25. Comparación de la biodegradabilidad entre los diversos polímeros.*

### 3.3 Fallos que se producen en fabricación aditiva mediante material fundido

Durante la impresión se pueden producir diversos errores. Algunos involucran al extrusor del filamento mientras que otros a una mala nivelación de la cama, pudiendo perjudicar gravemente el estado del modelo. A continuación, se presentan diferentes centrándose en la generación del modelo:

*Warping*. Consiste en que las esquinas del modelo se deforman o curvan debido a una contracción causada por una diferencia de temperatura entre la cama y el extrusor de filamento. En la figura 26 se muestra este fallo. Puede estar causado por una corriente de aire, provocando que el material se despegue de la base y se retraiga, pudiendo producir que más adelante el modelo se despegue completamente de la base.

Las partes de borde cuadrado tienden a querer levantarse por el calor, enfriamiento o constricción. Minimice las corrientes de aire en el área también. (Happydgaf, 2022)



Figura 26. *Warping*, producido por un contraste de temperaturas. (Cahoon S, 2016)

La primera capa de material no se adhiere correctamente a la cama. En la figura 27 se muestra este fallo. Se debe a que existe una considerable separación entre la cama caliente y el extrusor de filamento o una diferencia de temperatura entre la boquilla y la cama. También debido a que la velocidad de impresión de la primera capa es demasiado rápida, impidiendo la adhesión.

Simplemente baje la boquilla más cerca de su cama caliente. Puede usar una hoja de papel para nivelar las 4 esquinas. Una vez hecho esto, verifique la altura en el centro de la placa de construcción y listo. Lo que busco para la primera capa es una capa semitransparente, que sea lo suficientemente plana como para no dejar ninguna separación entre dos líneas de capa.

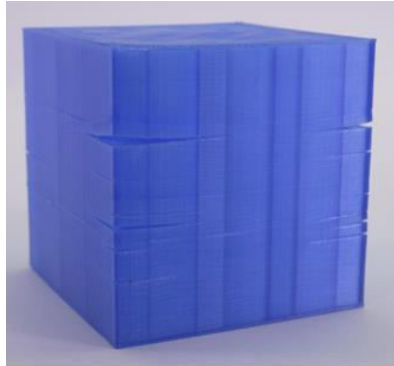
(Splashbandicoot88, 2020)



*Figura 27. Modelo que no se ha impreso bien por falta de adherencia. (Jellimann, B, 2018)*

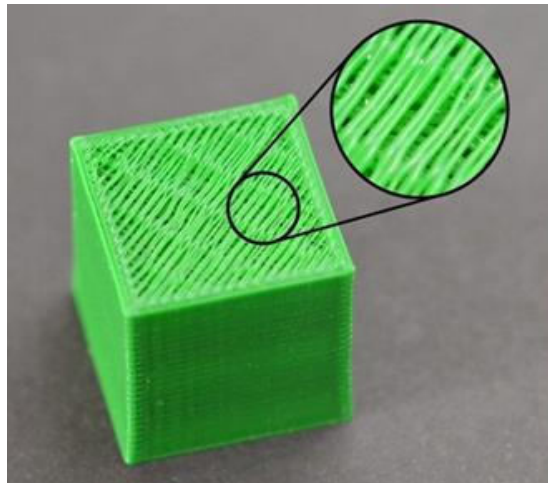


Separaciones de capas. Se produce cuando la temperatura de impresión no es lo suficientemente alta para extruir el material a la velocidad de avance. En la figura 28 se muestra este fallo. También se puede producir cuando la altura entre capas es superior a la altura de extrusión configurada.



*Figura 28. Separación entre capas en una pieza impresa en 3D. (Prusa 3D, 2022)*

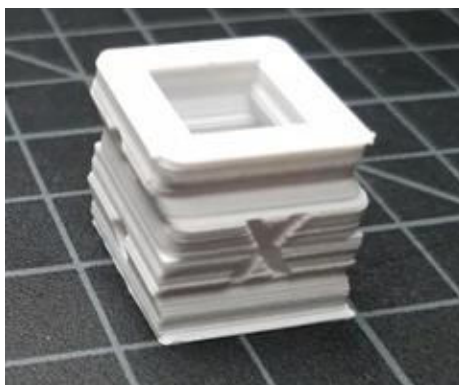
La cara superior presenta hendiduras o espacios. Se debe a que se ha configurado un porcentaje de relleno demasiado bajo, debido a que no tendrá suficiente superficie de apoyo, produciendo que el filamento se hunda o se levante. En la figura 29 se muestra este fallo. Además, se puede deber a una extrusión de plástico insuficiente.



*Figura 29. La cara superior presenta hendiduras o espacios. (Prusa 3D, 2022)*

Desplazamiento de los ejes X o Y. En la figura 30 se muestra este fallo. Se debe a que, por la elevada velocidad de desplazamientos del extrusor, alguno de los motores pierda pasos. De otra manera, se debe a un fallo mecánico por un exceso o defecto de tensiones de las correas o electrónico debido a una mala configuración de los drivers.

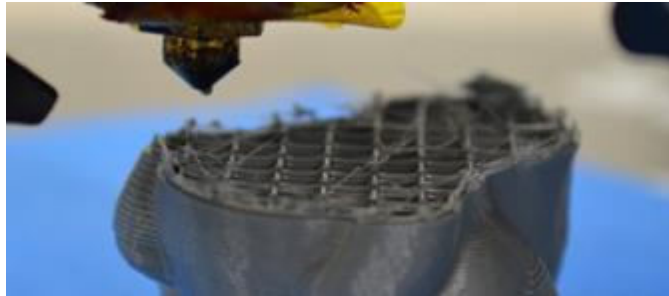
Revisa tus correas de los motores. Es posible que necesite ajuste. Además, compruebe las ruedas motrices. Deben fijarse en los ejes del motor paso a paso. (Desrtfx, 2018).



*Figura 30. Desplazamiento de los ejes X o Y. (Patterti, 2018)*

El extrusor se atasca sin terminar la impresión. En la figura 31 se muestra este fallo. Se debe a que el tubo que protege el filamento está deteriorado, produciendo un bloqueo de material. También puede deberse a que el filamento se encuentra en mal estado. Por otra parte, puede existir un sobrecalentamiento del motor produciendo que el controlador de temperatura lo apague.

Caliente la boquilla a 230 grados y permita que se estabilice a esa temperatura. Reducir a 100 y dejar estabilizar. Retire lentamente el filamento del extrusor. Si obtiene lo que parece una pajilla al final, está sacando filamento y basura de la cámara de fusión. Si obtiene una cadena, disminuya la temperatura inferior en 5 grados e intente nuevamente. Si el filamento se rompe, aumente la temperatura en 5 grados y vuelva a intentarlo. (Wrongtree, 2015)



*Figura 31. Modelo con extrusor bloqueado. (Baldwin, 2016)*

*Stringing*. El extrusor deja hilos en sentido horizontal. En la figura 32 se muestra este fallo. Se debe a que la velocidad de retracción es demasiado elevada. Si esto sucede, los hilos podrían arrastrar la pieza, despegándose de la base. También se debe a que la temperatura de extrusión es demasiado alta o los desplazamientos son muy cortos.

Usar un poco más de retracción y temperatura ligeramente inferior. Si persiste usar una pistola de aire caliente, las cuerdas se reducirán en pequeñas bolas que puede frotar con la mano o con un cuchillo de bricolaje. (SecretWolfMan, 2022)

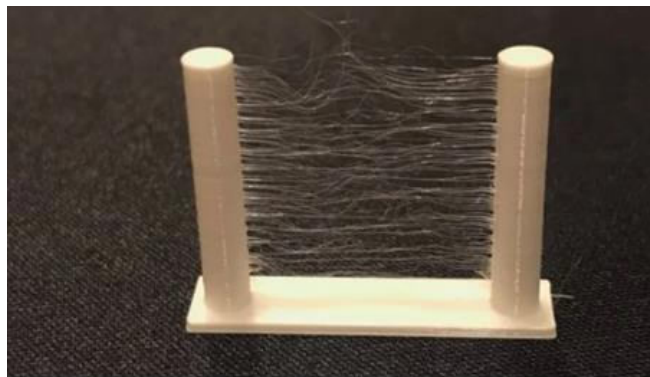


Figura 32. Modelo que presenta Stringing. .(R. Maria Jose, 2022)

## **Capítulo 4. Análisis de productos (Benchmarking)**

Se realizará una búsqueda de productos que ofrezcan el objetivo de este proyecto, analizando sus prestaciones, características y parámetros. La finalidad de este estudio será obtener las claves que debe tener el producto final de cara a garantizar, a nivel teórico, el funcionamiento más óptimo.

### **4.1. Análisis de sistemas de reciclaje de PLA**

Este análisis comprenderá: la trituración de los desechos, la transformación de la granza de polímero en filamento y la recogida del filamento en una bobina.

#### 4.1.1 Sistemas de trituración de desechos

3devo GP20 hybrid. Es un producto que ofrece trituradora y granuladora de plástico. En la figura 33 se muestra una vista de esta máquina. Ambos módulos son intercambiables para facilitar su limpieza, además, el de la trituradora permite elegir entre 2, 3, 7 y 14 cuchillas. Al activar la máquina, la cinta transportadora avanza el material hacia la zona de trituración. Dispone de un sensor de proximidad que avisa a las cuchillas que deben girar cuando es activado. Cuenta con un botón que permite revertir el giro de los motores y con un sensor de temperatura que permite detener el funcionamiento de los motores si detecta un sobrecalentamiento. Por último, como medida de seguridad, cuenta con un botón de emergencia, cortando la energía suministrada a la máquina.

Además del diseño dual integrado y la configuración automatizada, los componentes individuales están optimizados para lograr triturados del tamaño de un granulado en una sola ejecución. La pantalla del filtro y las cuchillas trituradoras están diseñadas para obtener siempre el mejor resultado de cualquier polímero. (3Devo, 2022).



Figura 33. Trituradora de polímero PLA 3Devo, (3Devo B.V s.f.)

3devo shred it. En comparación con la versión GP20 Hybrid, es un modelo que no ofrece intercambio de cuchillas ni granulado. En la figura 34 se muestra una vista de este producto con material en la tolva y en el depósito, ya triturado. A cambio, en la zona de trituración cuenta con un filtro que permite avanzar los trozos de plástico triturados convertido en gránulo hacia la zona de recogida.

Se cortan trozos de plástico dentro del compartimiento del granulador hasta que los gránulos sean lo suficientemente pequeños para pasar por los orificios de la malla del filtro. (3Devo, s. f.)

Cuando la máquina es activada, comienza automáticamente a triturar, por lo que hay que introducir con antelación el material en la tolva. Cuenta con un botón que permite revertir el giro de los motores y con un sensor de temperatura que permite detener el funcionamiento de los motores si detecta un sobrecalentamiento. Por último, como medida de seguridad, cuenta con un botón de emergencia, cortando la energía suministrada a la máquina.



*Figura 34. Trituradora de polímero PLA 3Devo, (3Devo B.V s.f.)*

Felfil Shredder. Es un producto que integra la tolva con la zona de recogida. En la figura 35 se muestra una vista superior donde se observa la tolva. El material es introducido de manera directa en el compartimento. Después se pulsa el botón y comienza el funcionamiento de las doce cuchillas. Al no contar de fábrica con una tolva o con una puerta que tape este compartimento, puede producir que restos triturados salten hacia fuera del producto. También cuenta con un sensor de temperatura que permite detener el funcionamiento de los motores si detecta un sobrecalentamiento, pero no dispone de un botón de seguridad ni un botón para revertir el giro del motor.

Felfil Shredder es un procesador de plástico que permite triturar sus viejas impresiones 3D fallidas o desechos plásticos. Nuestra trituradora de plástico es muy compacta y fácil de usar: hay solo un botón para comenzar a triturar plástico. (felfil, 2022)



*Figura 35. Trituradora de polímero PLA Shredder, (felfil, s.f.)*



Filabot Reclaimer. Es un producto que combina trituradora con granuladora. En la figura 36 se muestra una vista isométrica con ambos módulos. Convierte el plástico en partículas para procesar después. Esta máquina cuenta con tolva además de las medidas de seguridad anteriormente mencionadas: botón de emergencia y termistor para detectar sobrecalentamientos. El depósito para la trituración y para el granulado son extraíbles.

Esta unidad tiene un proceso de descomposición de dos etapas. La primera etapa, la trituradora, descompone grandes trozos de plástico en piezas más pequeñas, desde allí, los trozos descompuestos se alimentan al granulador que los descompone hasta el tamaño extraíble final.

(Filabot, s.f)



*Figura 36. Trituradora de PLA Filabot Reclaimer, (Filabot, s.f.)*

#### 4.1.2 Transformación de granza en filamento

Strooder. Fue un proyecto surgido en Kickstarter de Omnidynamics. En la figura 37 se muestra este producto. Buscaba un diseño compacto de extrusora para PLA y ABS tomando como base virutas. Es compacto, que facilita su uso para un usuario tanto de manera doméstica como en una oficina. Por motivos desconocidos no llegó a producción, siendo los únicos los que se muestran en Kickstarter, por lo que no hay ningún tipo de información ni ficha técnica para hacer referencia a sus dimensiones o prestaciones.



*Figura 37. Extrusora de polímero PLA Strooder, (Omnidynamics s.f.)*

3Devo. Es un producto que permite extruir, de un depósito, viruta de diferentes familias de polímeros. Usa un tornillo que permite avanzar el material hasta ser fundido y extruido de forma vertical. En la figura 38 se muestra una vista con el compartimento abierto que permite visualizar parte de su interior.



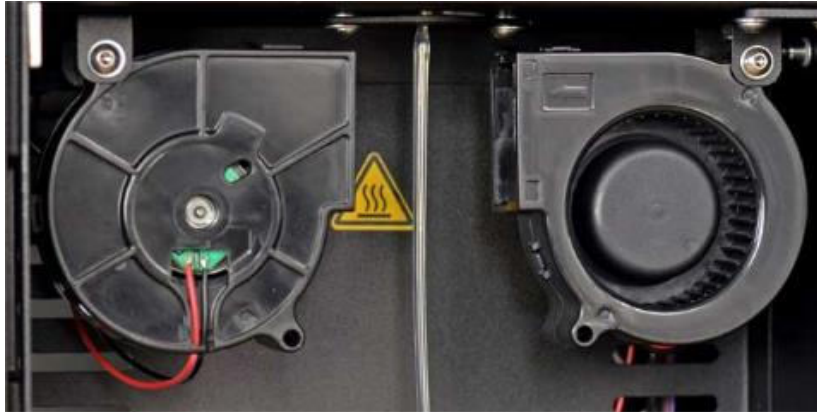
Figura 38. Extrusora de polímero PLA 3Devo, (3Devo, s.f.)

Permite actualizaciones periódicas de firmware y acceso instantáneo a nuevas funciones. (3Devo, s. f.). De forma integrada y automática, cuenta con un sistema de recogida de filamento en una bobina. En la figura 39 se muestra su pantalla, que permite elegir entre los materiales configurados para elegir automáticamente qué temperatura emplear, además de mostrar la velocidad de extrusión y temperatura generada.



Figura 39. Interfaz de usuario de 3Devo, (3Devo, s.f.)

Cuenta con un sistema de refrigeración mediante ventiladores una vez el filamento surge de la boquilla extrusora. En la figura 40 se muestra su sistema de doble ventilador para una distribución uniforme del aire. Ángulos de ventilador ajustables y velocidad configurable para un flujo de aire óptimo (3Devo, s. f.).



*Figura 40. Sistema de enfriamiento para filamento de 3Devo, (3Devo, s.f.)*

Wellzoom. Es un sistema de extrusión de plástico que cuenta con una tolva que se enrosca en el conjunto principal. En la figura 41 se muestra este producto. No tiene sensor de temperatura ni potenciómetro que permite variar la velocidad del motor. Cuenta con un sistema de refrigeración del filamento una vez está siendo extruido.



*Figura 41. Extrusora de polímero PLA Wellzoom, (Wellzoom, s.f.)*

Fab Extruder. Surgió de Fablab, un laboratorio de fabricación digital, para extruir filamento a partir de restos ya triturados. La propia comunidad fue quien ideó y fabricó la máquina a nivel usuario. Se trata de un proyecto *Open Source* o de código libre, por lo que toda la información es fácilmente accesible. Permite extruir PLA, PETG, PET y ABS. En la figura 42 se muestra la carcasa con un lateral de metacrilato, permitiendo observar su interior.



Figura 42. Extrusora de polímero PLA Fab Extruder, (Fabacademy, s.f.)

Filastruder Kit. Es un sistema compacto de extrusión de plástico que no cuenta con una tolva separada del conjunto principal. No tiene sensor de temperatura ni potenciómetro que permita variar la velocidad del motor. Cuenta con un sistema de refrigeración del filamento una vez está siendo extruido. En la figura 43 se muestra una vista de esta máquina.



Figura 43. Extrusora de polímero PLA Filastruder, (Filastruder, s.f.)

Protocycler. Es un sistema que trabaja principalmente con PLA. Tiene un rango de trabajo de 1,75 mm. El sistema de recogida está integrado como se muestra en la figura 44, y dispone de sensores que permiten medir el diámetro del filamento, si este varía, manda señales a los motores para que funcionen más o menos rápido. Cuenta con sensor de temperatura y permite su regulación.



*Figura 44. Extrusora de polímero PLA Protocycler, (Redetec, s.f.)*

Felfil EVO. Dispone de una pantalla que muestra la temperatura y las revoluciones por minuto y de una rueda que permite variar los parámetros. Este producto cuenta con 3 versiones en el mercado:

- EVO ensamblado: El producto cuenta con carcasa y componentes electrónicos. En la figura 45. se muestra el producto sin carcasa, apreciándose el interior del producto. En la figura 46, se observa el producto con la carcasa.

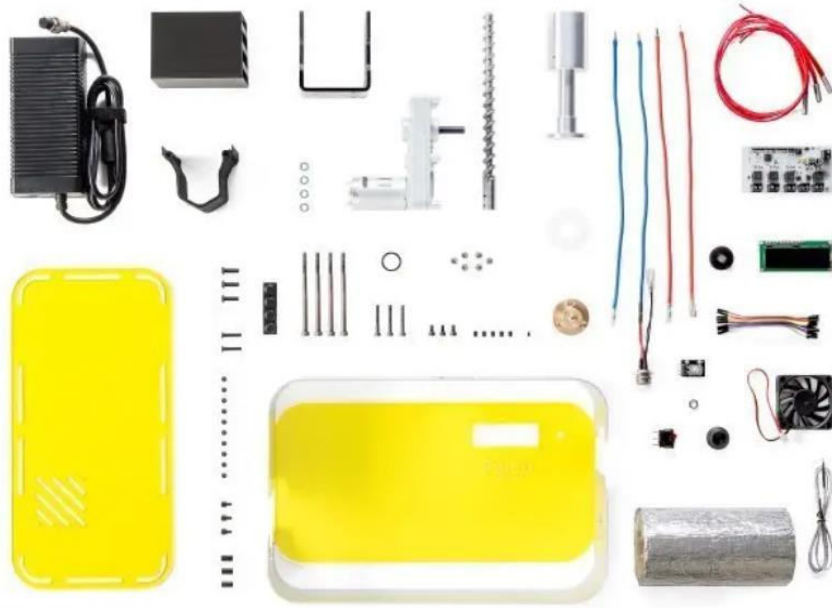


*Figura 45. Felfil EVO ensamblada sin carcasa, apreciándose el interior del producto. (Felfil, s.f.)*



*Figura 46. Recicladora de polímero PLA Felfil EVO ensamblada, (Felfil, s.f.)*

- Kit completo sin montar, como se aprecia en la figura 47. Mismas especificaciones que el anterior.



*Figura 47. Kit sin ensamblar. (Felfil, s.f.)*



- Kit Básico, que consiste únicamente en las piezas clave del proceso. Tiene un precio de 329€. Este kit tiene los siguientes elementos, que están ordenados según la figura 48:

- 1) Estructura de soporte
- 2) tornillo de extrusión
- 3) Cámara de fundido
- 4) Motorreductor 12V 3A
- 5) 4 WA M5 (Tuercas)
- 6) 4 TCE M5x85 (Tornillos)
- 7) O-Ring (Arandela)
- 8) 3 DIS
- 9) Aislante de teflón
- 10) 3 TCE M4x30 (Tornillos)
- 11) 3 TCE M4x8 (Tornillos)
- 12) BE M4x20 (Tuercas)
- 13) Tapa del motorreductor
- 14) Noozle



Figura 48. Kit sin ensamblar. (Felfil, s.f.)

Filabot EX2. Es un sistema de extrusión de plástico que cuenta con una tolva integrada en el sistema. Tiene 3 botones para activar el ventilador, la resistencia que calienta el plástico y el motor, como se observa en la figura 49. El potenciómetro permite variar la temperatura. Cuenta con un sistema de refrigeración del filamento una vez está siendo extruído.



*Figura 49. Extrusora de polímero PLA EX2, (Filabot, s.f.)*

### 4.1.3 Recogida de filamento

Felfil Spooler. Es una máquina que se encarga de enrollar el filamento en el carrete. Cuenta con un par de cojinetes que lo guían. Muestra la cantidad de filamento que se ha producido tanto en gramos como en milímetros. Tiene configuraciones básicas para los más comunes, pero permite realizar diversos ajustes y variaciones, como la velocidad de avance. El eje permite acoplar distintos diámetros de bobinas. En la figura 50 se muestra una vista de este producto.



*Figura 50. Recogida de filamento Felfil Spooler, (Felfil, s.f.)*

Wellzoom Spooler. Es una máquina que se encarga de enrollar el filamento. Su velocidad de giro es constante, no se puede variar. Cuenta con una guía para el filamento. No cuenta con sistema de refrigeración o ser capaz de medir el diámetro del filamento, como se observa en la figura 51.



*Figura 51. Recogida de filamento Wellzoom spooler, (Wellzoom, s.f.)*

- Filabot Spooler. Es una máquina que se encarga de enrollar el filamento. Permite variar la velocidad de avance tanto del filamento como de la bobina, como se observa en la figura 52, donde se aprecian las dos ruedas reguladoras. Cuenta con una guía para el filamento. No cuenta con sistema de refrigeración o ser capaz de medir el diámetro del filamento.



*Figura 52. Recogida de filamento PLA Filabot spooler, (Filabot, s.f.)*

A continuación, se presentan tres tablas comparativas de los diversos productos analizados. Las especificaciones que se comparan incluyen las medidas, la temperatura máxima soportada y el peso, entre otras, y son algunas a considerar. Estos datos han sido extraídos de sus fichas técnicas disponibles.

En la tabla 4 se observa que el peso oscila entre 15 y 125 Kg y tan solo un producto de los cuatro analizados no dispone de sistema de filtro y termistor.

Producto	Consumo	Tamaño máquina (Cm)	Tamaño tolva (Cm)	Peso (Kg)	Precio (€)	Sistema de Filtro	Termistor
3devo GP20 hybrid	AC 240 V 1200 W con voltaje de 120 V	95 x 75 x 145 cm	120 x 114	125	13000	Sí	Sí
3devo shred it	AC 230 V 1100 W con voltaje de 120 V	55x31x31	58x31x62	35	3500	Sí	Sí
Felfil Shredder	AC 230 V 1100 W con voltaje de 120 V	40x20x45	Integrada	15	1500	No	No
Filabot reclaimer	AC 230 V 1200 W con voltaje de 110 V	79x22x24	Integrada	57	6851	Sí	Sí

*Tabla 4. Comparación entre las máquinas trituradoras de plástico.*

En la tabla 5 y 6 se observa que todas las máquinas permiten múltiples materiales para su extrusión. Esto va relacionado directamente con su temperatura soportada y con el consumo, ya que cuanto mayor temperatura se genera, mayor familia de polímeros. El precio oscila entre 469 y 5300 €.

En el caso de Fab Extruder, debido a que es un proyecto de código libre, no se ha podido extraer con exactitud el precio, peso y medidas debido a que son parámetros que varían.

Producto	Materiales	Precio (€)	Peso (Kg)	Medidas (Cm)	Consumo (W)	Temperatura (°C)
3Devo	PP, PPS, PLA, TPE, TPU, PC, PP, PA12, PET, PEI, ABS	5300	24,5	50x45x21	1300W	Hasta 300°C
Wellzoom	PC, PLA, ABS, PEI	600	17	50,8 x 14 x 25,4	Hasta 120W	Hasta 300°C
Strooder	PLA, ABS	469	4,1	22,5 x 16,5 x 28,5	Hasta 220W	Hasta 300°C
Fab Extruder	PLA, PET, PETG, ABS	-	-	-	hasta 220W	Hasta 250°C
Protocycler	PLA, ABS, PET, PETG, HIPS	3755	20	38,1 x 35,6 x 22,9	Hasta 120W	Hasta 250°C

*Tabla 5. Comparación entre las máquinas extrusoras de plástico, parte 1.*

En la tabla 5 y 6 se observa que el peso oscila entre 4 y 24,5 Kg.

Producto	Materiales	Precio (€)	Peso (Kg)	Medidas (Cm)	Consumo (W)	Temperatura (°C)
Filastruder	PLA, PET, PETG, ABS	653,51	18	54x15x15	Hasta 60W	Hasta 260°C
Filabot EX2	PLA, PET, PETG, ABS, HIPS, PETG, HDPE, LDPE, TPU, TPE	2639	12,7	45.75 x 17.78 x 22.86	hasta 500W	Hasta 300°C
Felfil EVO Ensamblado	PLA, PET, PETG, ABS, HIPS, PETG, PMMA, HDPE, LDPE, TPU, TPE	749€	5	35 x 18 x 10,8	Hasta 180W	250 °C
Felfil EVO Sin ensamblar	PLA, PET, PETG, ABS, HIPS, PETG, PMMA, HDPE, LDPE, TPU, TPE	649€	5	35 x 18 x 10,8	Hasta 180W	250 °C

Tabla 6. Comparación entre las máquinas extrusoras de plástico, parte 2.

En la tabla 7 se observa que todos los productos disponen de guía de filamento. El precio oscila entre 328 y 3073 € y su peso entre 3,5 y 7,9 Kg.

Producto	Ventilación	Guía de filamento	Sensor de medición	Potenciómetro de motor	Tamaño (Cm)	Peso (Kg)	Precio (€)
Felfil Spooler	Sí	Sí	Sí	Sí	34,8x15x175	3,5	699
Wellzoom Spooler	No	Sí	No	No	30,4x27,4x18,5	4	328
Filabot Spooler	No	Sí	No	Sí	43,2x24x18,5	7,9	3073

*Tabla 7. Comparación entre las máquinas de recogida de filamento de plástico.*



## 4.2. Análisis de sistemas de reciclaje de PLA partiendo de restos de filamentos

Esta indagación comprenderá la obtención de nuevo filamento a partir de otros filamentos más pequeños. En ocasiones, mientras la impresora 3D se encuentra en reposo y no cuenta con un sistema de protección del filamento, se pueden causar roturas o defectos en el material. La humedad es responsable, debido a que es un material higroscópico, volviéndose quebradizo al tratar de doblarlo. En la figura 53 se muestra esta problemática. Por otra parte, el estrés mecánico o la tensión que sufre el filamento mientras avanza debido al ajuste o mala configuración del motor paso a paso, causando pequeñas mordeduras en el material.



*Figura 53. Roturas de filamento debido a la humedad o estrés mecánico.*

### 4.2.1 Sistemas ofrecidos de libre uso

Existen diversas páginas web, como Thingiverse, que se dedica a recopilar de manera gratuita modelos 3D generados por usuarios. Cuando un miembro de la comunidad decide subir un archivo, elige qué tipo de licencia le quiere atribuir a su modelo. Se pueden encontrar diversas maquetas y prototipos que han explorado la idea de unir filamentos con anterioridad, realizándose con una impresora 3D. Se basan en la aplicación de calor a un tubo de teflón para unir los filamentos.

El modelo mostrado en la figura 54 corresponde al usuario por *Coffee\_Sugar\_Cinnamon* en Thingiverse. Está compuesto por un anillo exterior con dos agujeros que alojan un tubo de teflón y un anillo interior que permite girarlo. Tiene el inconveniente de que para su funcionamiento tienes que calentar, además del tubo de teflón, el anillo interior. Esto puede producir que se deteriore el PLA por la aplicación directa del calor. El creador realizó un tutorial debido a que varios usuarios desconocían el funcionamiento óptimo.



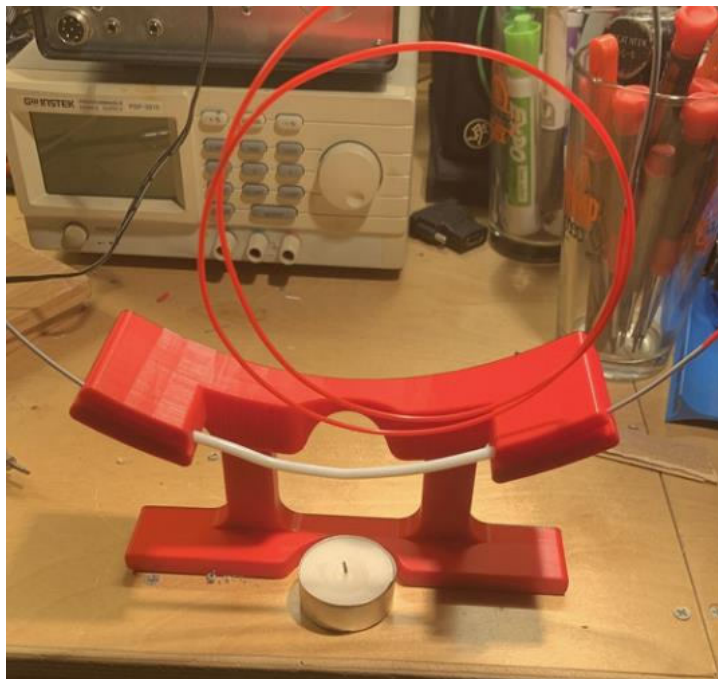
Figura 54. Soldador de filamento (*Coffee\_Sugar\_Cinnamon*, septiembre 2022)

El modelo mostrado en la figura 555 corresponde al usuario por *Vortex\_pr* en Thingiverse. Está compuesto por dos mitades simétricas que usan tornillería para su unión. Se calienta el tubo de teflón de manera directa. Tiene buenas valoraciones, sin embargo, algunos usuarios han manifestado que el tubo está demasiado cerca de los extremos, haciendo que también sufra deterioros.



*Figura 55. Soldador de filamento (Vortex\_pr, 2020)*

El modelo mostrado en la figura 56 está generado por *Brian Moran* en Thingiverse. Está compuesto por una única pieza que aloja directamente los filamentos y el tubo de teflón. Tiene el inconveniente de que es un producto bastante grande y aparatoso, dificultando su manipulación.



*Figura 56. Soldador de filamento (Brian Moran, 2021).*

#### 4.2.1 Sistemas ofrecidos de manera comercial

El modelo mostrado en la figura 57 ofrece la solución de unir los filamentos empleando otro tipo de materiales. El fabricante indica instrucciones de uso: Se introducen los filamentos por los extremos, uno de ellos hasta la superficie blanca. Se calienta el contrario y se empuja de manera rápida hacia el otro filamento, dejándolo templar en el interior. Una vez el filamento esté enfriado, se empuja hasta que se pueda liberar fácilmente. Los tornillos se pueden emplear para que el agujero tenga más o menos holgura.



*Figura 57. Soldador de filamento, (s.f.), IdeaFormer.*

El producto mostrado en la figura 58 ofrece la misma solución, con la particularidad de que no se aplica ninguna fuente de calor directa. El modelo se conecta a una batería que ofrece la solución de calentarlo. Tiene el inconveniente de que no tiene temporizador, por lo que el filamento se puede fundir demasiado.



*Figura 58. Filament Connector Gen2, (s.f.), VIT Sport.*

### 4.3. Conclusiones

Una vez realizado el análisis de los productos, se anotarán los puntos a tener en cuenta en el diseño.

Este plástico dejará de ser reciclable cuando haya sido mezclado con otros plásticos o se encuentre manchado de restos de pintura u otros adhesivos. Por otra parte, si ha sido expuesto durante prolongados periodos de tiempo al sol, perderá parte de sus propiedades.

Según Granta EduPack 2022 R2 y los datos obtenidos en el estudio de mercado, la temperatura de fusión de este termoplástico se sitúa entre 145° y 175°; por lo que se necesitaría algún sistema que favorezca este rango de temperaturas.

Debido a que es un material que solidifica con rapidez a temperatura ambiente, otra cuestión sería asegurar un flujo constante de material. Lo óptimo sería triturar los restos con una serie de cuchillas que garantice gránulos de similar dimensión e introducirlos en una tolva.

Una unidad inyectora sería la encargada de transportar los gránulos de PLA por el sistema. Estaría siendo calefactada a una temperatura constante para fundirlo. Posteriormente sería extruido mediante una boquilla de diámetro 1,75 mm. Mientras avanza para ser bobinado mediante un motor paso a paso, una serie de ventiladores permitirán mantener constante la temperatura de salida del filamento. Una consideración sería disponer de sensores que permitan medir el diámetro del filamento, si este varía, mande señales a los motores para que el material avance más o menos rápido.

Respecto al estudio generado de los soldadores de filamento, se ha llegado a la conclusión de que para generar el prototipo es necesario que se pueda introducir el PLA en un tubo de teflón y asegurar que el calor aplicado no está en contacto con el modelo para evitar su deterioro.



## Capítulo 5. Requerimientos del diseño

A partir de las anteriores conclusiones se extraerán esquemas de modelos que contengan la información necesaria mínima para que los sistemas funcionen.

### 5.1 Requisitos a nivel estructural

La figura 59 muestra un esquema de la trituración de los restos en gránulos de similar dimensión a través de unas aspas que son giradas mediante un motor. Introducir un filtro sería interesante para asegurar que el gránulo tenga una similar dimensión.

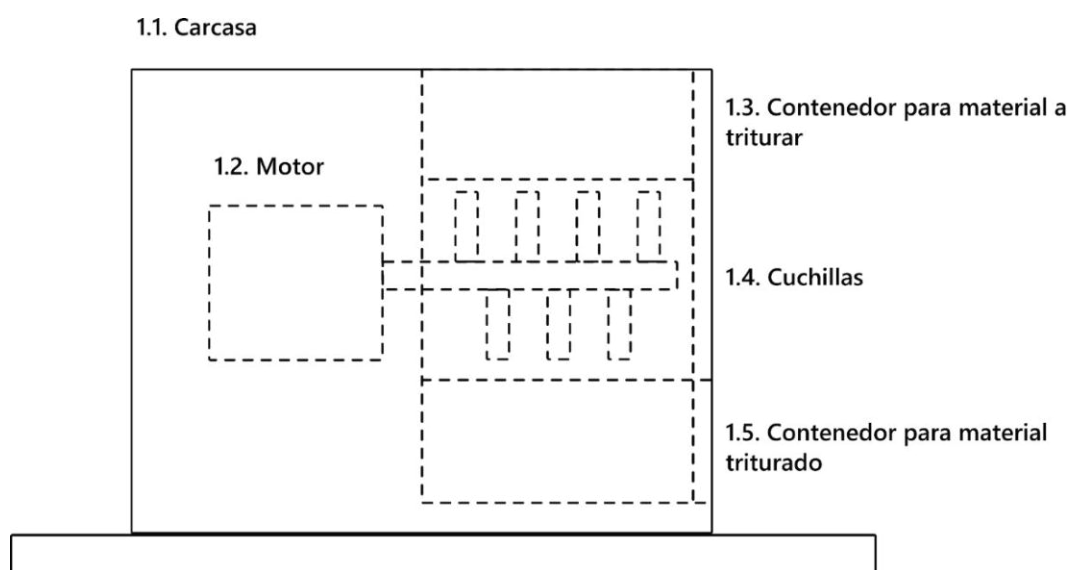
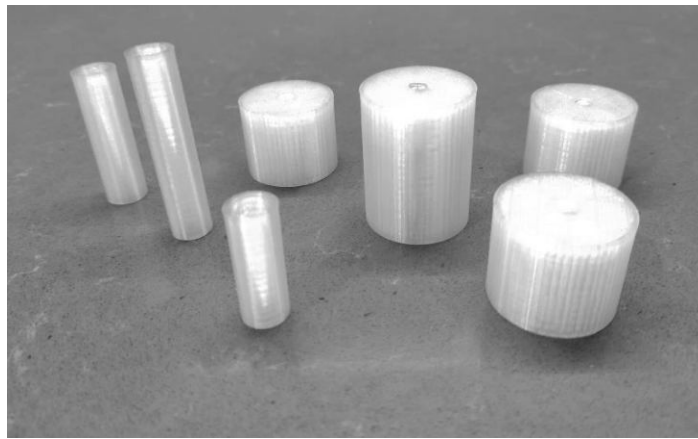


Figura 59. Esquema de producto para triturar desechos de PLA y convertirlo en gránulo.

Para añadir medidas de seguridad, se puede introducir una puerta superior para evitar que las piezas que estén siendo trituradas sean expulsadas del contenedor. Por otra parte, añadir un termistor para controlar la temperatura del motor y evitar sobrecalentamientos. Finalmente, que las cuchillas sean extraíbles con tal de facilitar la limpieza cuando sea necesario.

Para comprobar qué potencia (W) es adecuada para triturar piezas impresas en PLA, se ha realizado un experimento en el que diversos cilindros de diversos tamaños serán procesados, mostrados en la figura 60. El objetivo es comprobar si las cuchillas de una batidora doméstica: Taurus HB1000X, con una potencia de 1000W mostrada en la figura 61, son válidas para obtener gránulos de similar tamaño. Estos cilindros han sido modelados en SolidWorks 2022 y fabricados mediante impresión 3D. Su relleno interior varía del 10% al 60%, gracias al configurador de Cura. Cuanto más relleno tiene un modelo, más tiempo de impresión y más pesado se vuelve.



*Figura 60. Distintos tamaños de cilindros con diversos rellenos interiores.*



*Figura 61. Batidora de mano HB1000X, (s.f.), Taurus*

Siendo todos introducidos en la jarra sin hacerles ninguna modificación, el tiempo estimado de trituración ha sido de 40 segundos. Con ello, se ha conseguido un tamaño de gránulo de entre 1 mm y 8 mm, mostrado en la figura 62. Se podría reducir este tamaño si estos gránulos se dejaran durante más tiempo triturando. Por tanto, se determina que una batidora doméstica podría realizar la tarea de trituración de desechos en virutas.



*Figura 62. Distintos tamaños triturados de los cilindros de PLA.*

La figura 63 muestra un esquema que corresponde a la fundición de los gránulos convirtiéndose en filamento. Para ello, se introducen en una tolva y mediante el avance de una broca se expulsa por una boquilla extrusora. Es necesario incluir un termistor para regular la temperatura de la unidad calefactora, así como un ventilador. Se debería incluir una pantalla con un potenciómetro que permita variar la velocidad del motor además de la temperatura de la unidad calefactora.

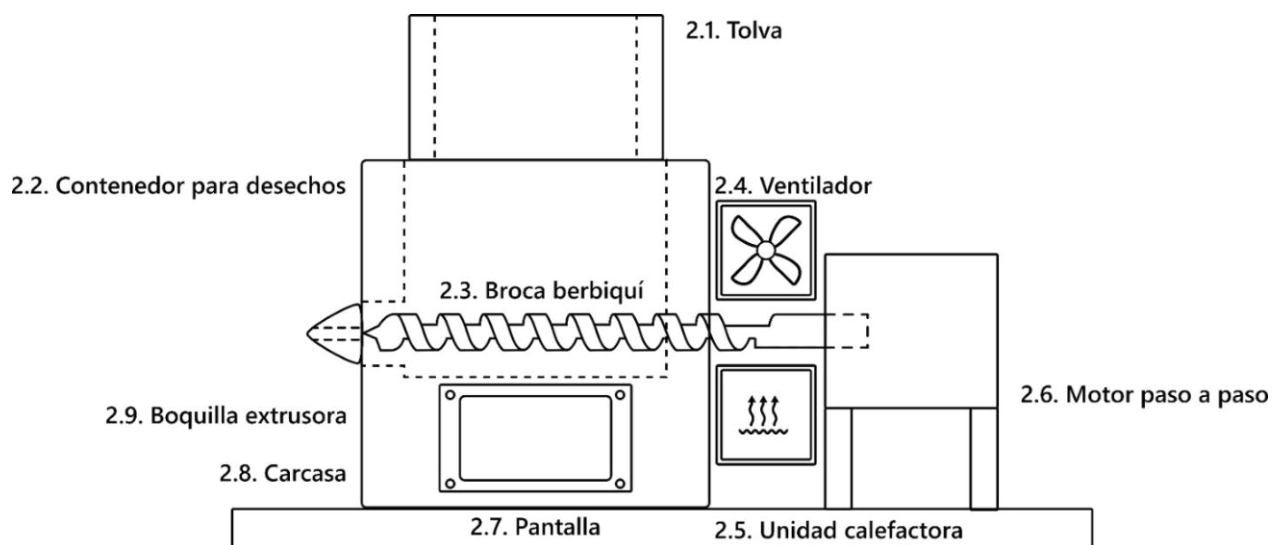
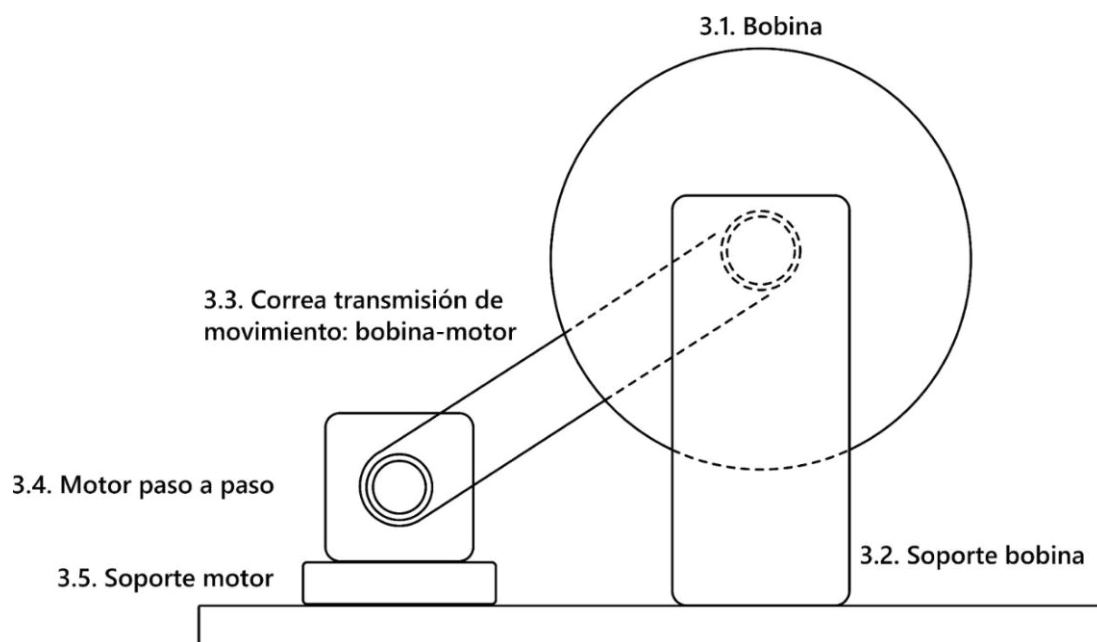


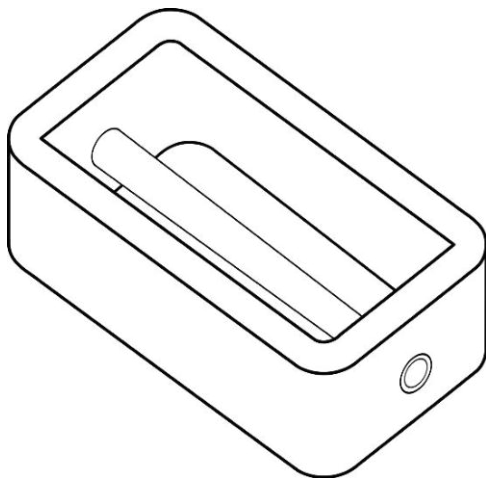
Figura 63. Esquema de producto para convertir gránulo PLA en filamento.

La figura 64 muestra un esquema de recogida del filamento de manera automática mediante un motor que transmite el movimiento a una bobina. En esta figura se presenta un método de transmisión de movimiento mediante una correa. Para que el sistema sea más preciso, se debería incluir algún sensor que permita medir de forma constante el diámetro del filamento. La bobina, una vez completamente enrollada, debería ser fácilmente extraíble.



*Figura 64. Esquema de producto para recoger el filamento en una bobina mediante motor.*

Finalmente se incluye en la figura 65 un esquema de la obtención del filamento partiendo de restos de filamentos más pequeños. Comprende el modelo general que aloja el tubo de teflón. Debe ser fácilmente manejable.



*Figura 65. Esquema de producto para unir filamentos mediante calor.*

## **5.2 Mejora de la interacción con el usuario**

Otro de los objetivos de este Trabajo Fin de Grado es que el sistema sea de fácil comprensión, ya que, si este es entendible ofreciendo una retroalimentación clara, y se ajusta a sus necesidades, el usuario se sentirá más satisfecho y confiado en su uso. Se ha considerado de importancia los siguientes puntos:

- La interacción física con el producto, como los botones, pantallas y sensores, para mejorar la experiencia del usuario al permitirle interactuar de manera más intuitiva con el producto.
- Comunicación clara del producto, proporcionando instrucciones claras y fáciles de seguir para el usuario, además de límites y consideraciones.

## **5.3 Vida de producto y gestión de vida**

Para facilitar la sustitución de las piezas según la preferencia del usuario o piezas defectuosas (bien por el paso del tiempo o por el uso), se ha planteado un diseño que presente una estructura modular en todos sus componentes. Esto, por otra parte, evitará el desechar el producto entero cuando algún componente presente un fallo dentro del sistema.

## Capítulo 6. Desarrollo conceptual

Los resultados cualitativos mostrados son una evolución de la investigación realizada y de la redacción de conclusiones. Todo ello, con el objetivo de lograr los requerimientos que deberían contar los productos. A continuación, se presentan las siguientes ideas:

### 6.1 Conceptos generados de extrusión de filamento.

- Propuesta 1. Extrusión mediante un sistema de presión que funde las virutas.

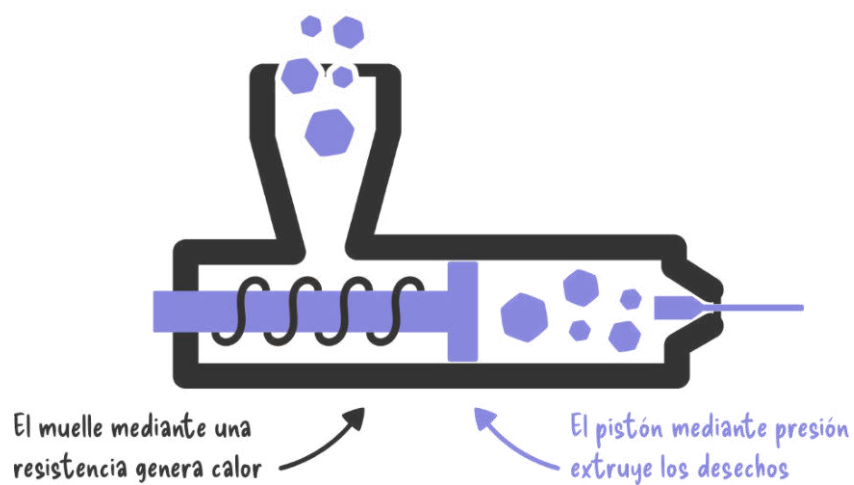


Figura 66. Conceptos generados de extrusión de filamento.



- Propuesta 2. Extrusión mediante el guiado de una broca a una zona que funde la viruta para su extrusión.

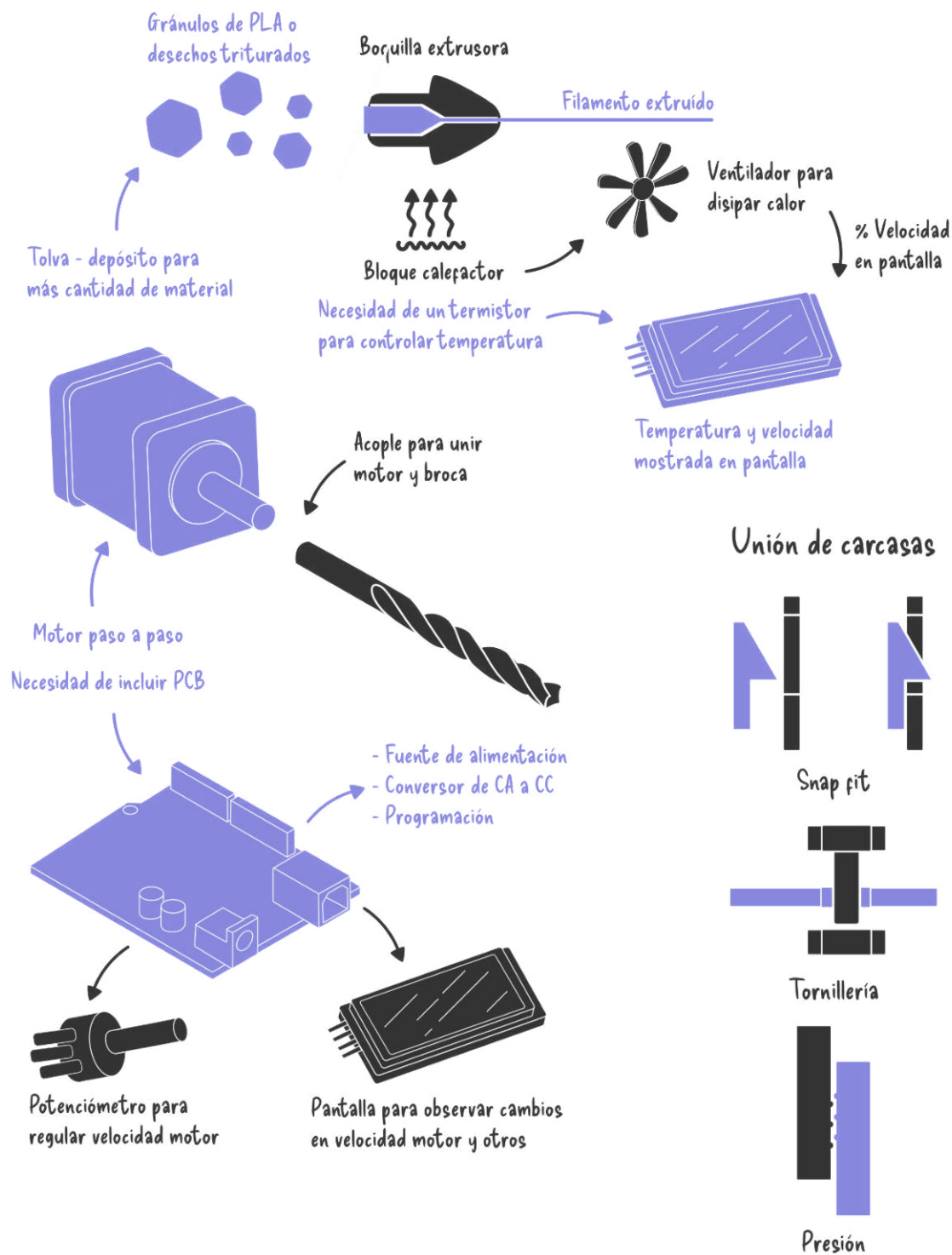


Figura 67. Conceptos generados de extrusión de filamento.

## 6.2 Conceptos generados de la recogida del filamento.

- Propuesta 1. Sistema de recogida usando engranajes para recoger el filamento.

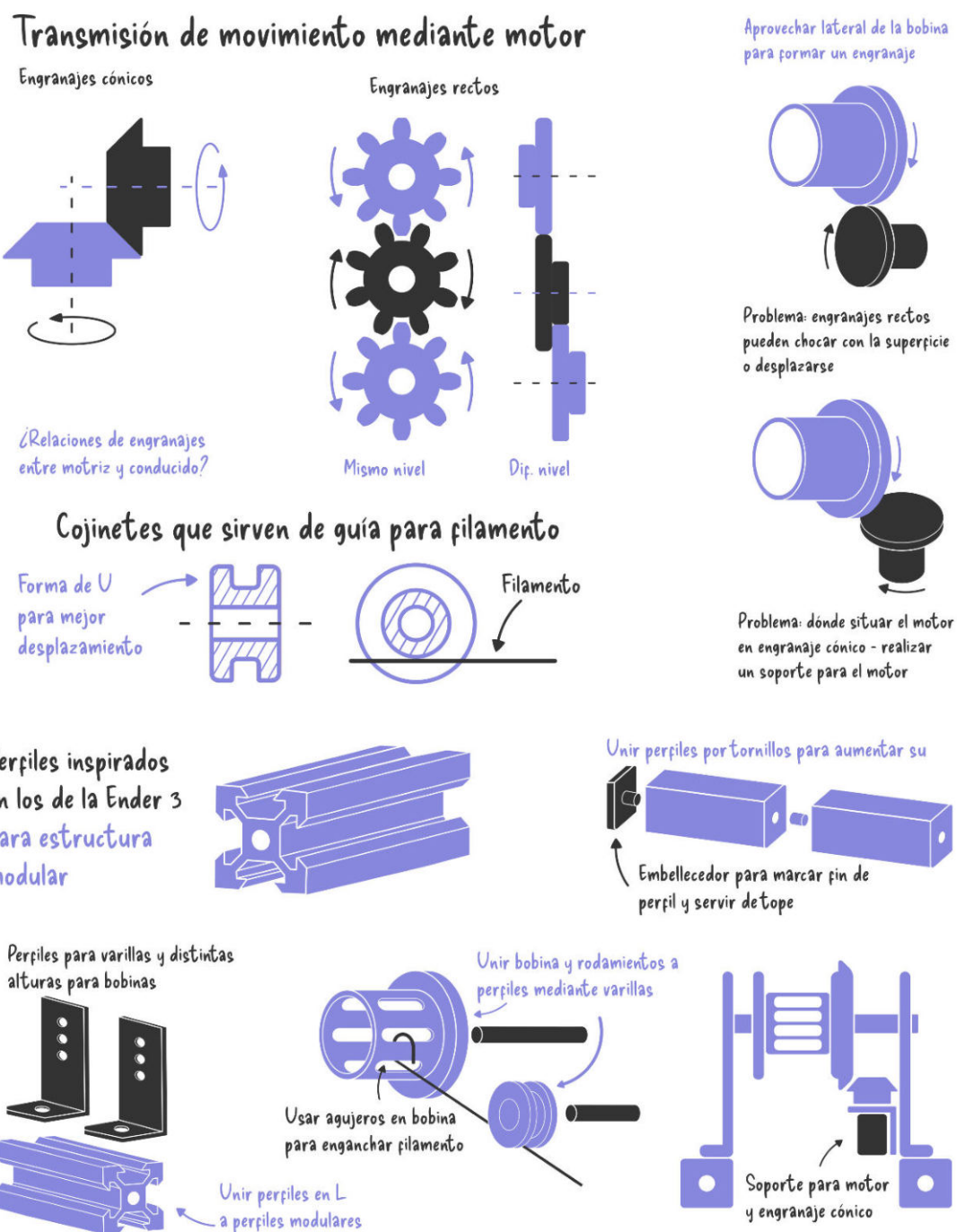
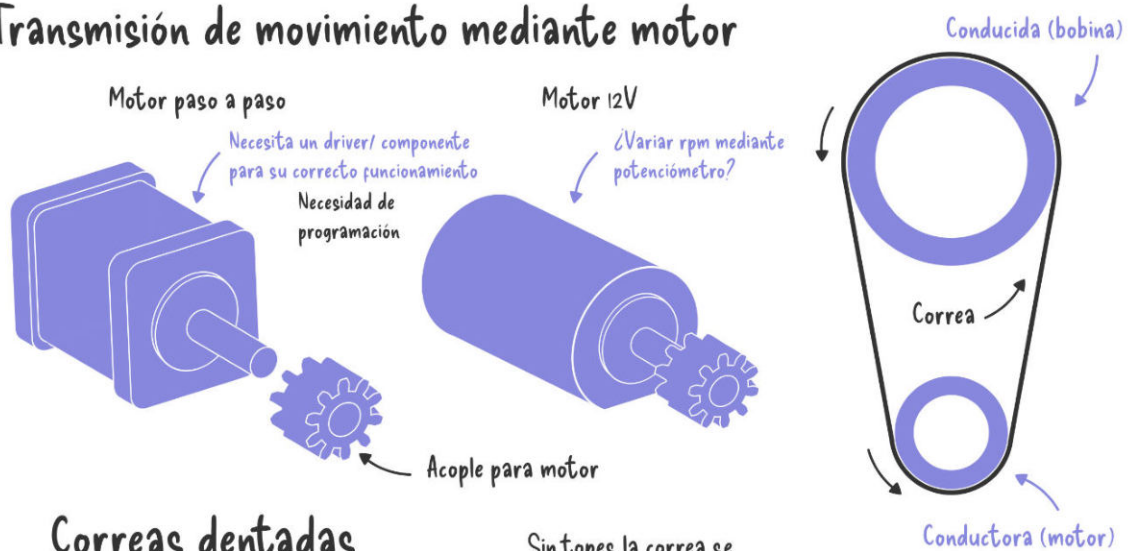


Figura 68 Conceptos generados de la recogida del filamento.

- Propuesta 2. Sistema de recogida usando correas tensoras para recoger el filamento.

## Transmisión de movimiento mediante motor



## Correas dentadas

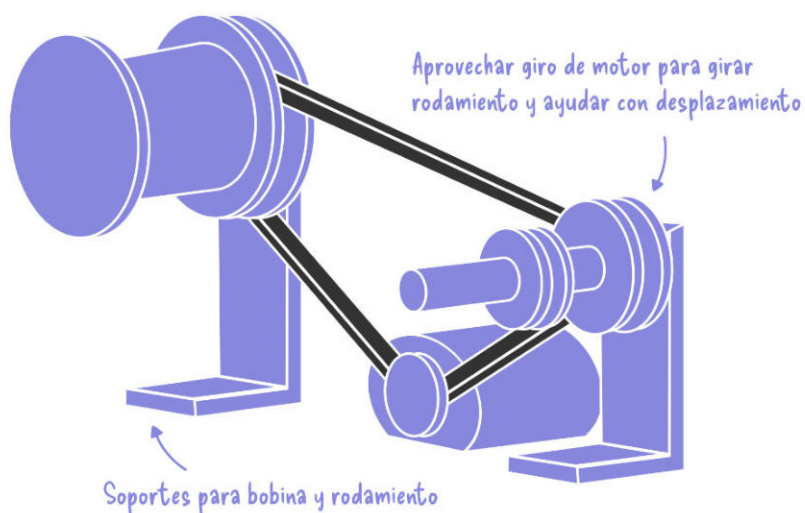
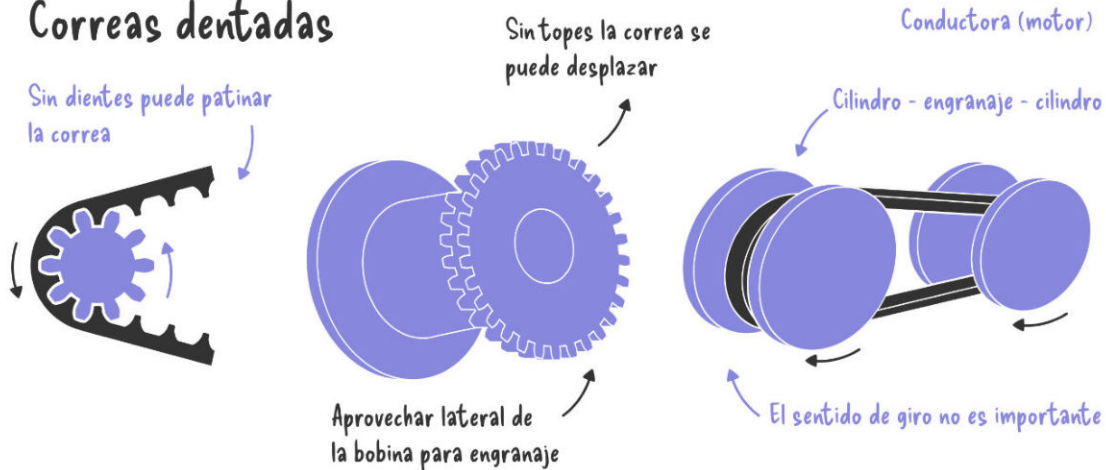


Figura 69 Conceptos generados de la recogida del filamento.

### 6.3 Conceptos generados del soldador de filamentos.

- Propuesta 1. Unión horizontal de los filamentos mediante una fuente de calor para su fundición.

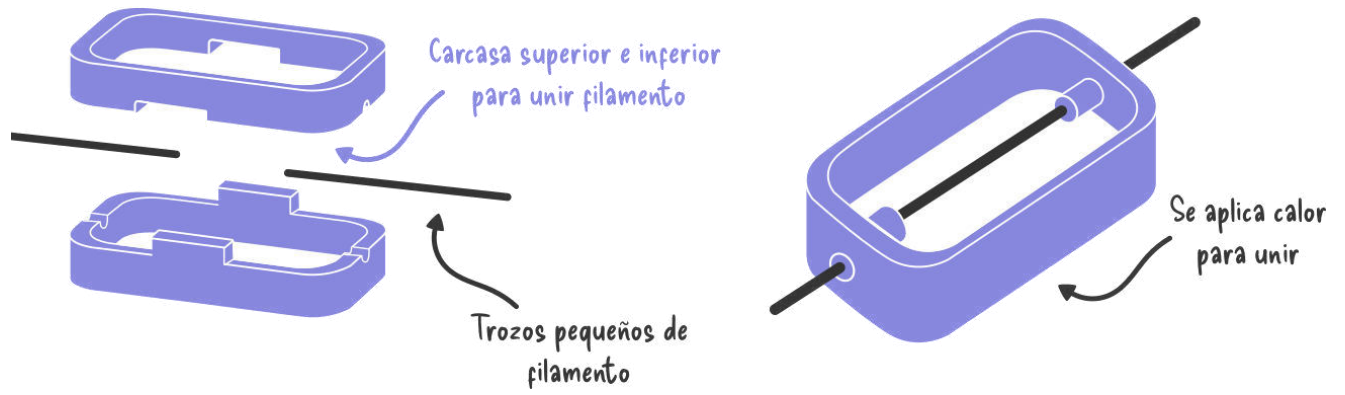
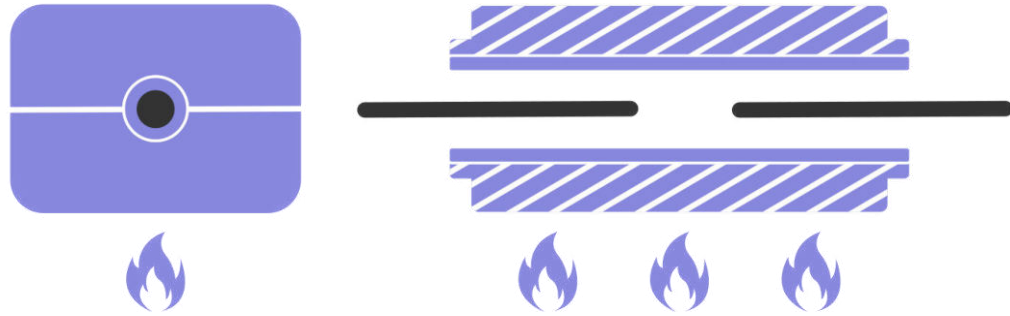


Figura 70 Conceptos generados de la unión de filamentos.

- Propuesta 2. Unión del filamento mediante dos placas que se calientan.



*Figura 71 Conceptos generados de la unión de filamentos.*

## Capítulo 7. Normativa

En este apartado se nombrará aquella normativa que puede afectar al diseño, fabricación, uso y fin de vida.

Se ha realizado una exhaustiva búsqueda de normas relacionadas con el ámbito de estudio, en este apartado se explicarán y diferenciarán. Para ver normativa excluida ver anexos. Se muestra la referencia, la norma y por qué se considera que es relevante para este Trabajo Fin de Grado.

UNE-EN ISO/ASTM 52900:2022 Fabricación aditiva. Principios generales. Fundamentos y vocabulario. (UNE, 2022)

Esta norma se considera relevante debido a que explica los principios generales de funcionamiento en la fabricación aditiva, además de dar definición a diversos términos e introducir vocabulario técnico.

UNE-EN ISO/ASTM 52903-1:2021 Fabricación aditiva. Fabricación aditiva de materiales plásticos basada en extrusión de materiales. Parte 1: Materias primas. (UNE, 2021)

Esta norma se considera relevante ya que hace una distinción entre los materiales plásticos que pueden emplearse en la fabricación aditiva.

UNE-EN ISO/ASTM 17296-2:2017 Fabricación aditiva. Principios generales. Parte 2: Visión general de categorías de procesos y de materias primas. (UNE, 2017)

Se considera importante porque ofrece una visión general de las categorías de procesos existentes, que no es y no puede ser exhaustiva debido al desarrollo de nuevas tecnologías. Describe qué tipo de material se utiliza en las diferentes categorías de procesos.

UNE-EN ISO/ASTM 17296-3:2017 Fabricación aditiva. Principios generales. Parte 3: Características principales y métodos de ensayo correspondientes. (UNE, 2017)

Se considera relevante ya que menciona métodos de ensayo que son necesarios para caracterizarlo de manera adecuada, así como mostrar datos para su correcta comparación. Entre ellos se encuentran ensayos de torsión o de tracción.

- Especifica las principales características de calidad de las piezas.
- Especifica los procedimientos apropiados de ensayos.
- Recomienda el alcance y el contenido de los acuerdos de ensayos y suministro.

UNE-EN 15347:2008 Plásticos. Plásticos reciclados. Caracterización de residuos plásticos. (UNE, 2008)

Se considera relevante ya que hace referencia a la caracterización de los residuos, así como la gestión necesaria para su tratamiento y posterior reciclaje. Proporciona un esquema para la caracterización de los residuos plásticos, disponiendo de estas propiedades, el proveedor del residuo debe poner en conocimiento la información para que esté disponible al comprador, e identificando los métodos de ensayo donde sea aplicable.

UNE-EN ISO 13732-1:2008 Ergonomía del ambiente térmico. Métodos para la evaluación de la respuesta humana al contacto con superficies. Parte 1: Superficies calientes. (UNE, 2008)

Se considera relevante ya que es necesario evaluar las posibles superficies calientes de los conjuntos para evitar así que el usuario las pueda tocar, identificándose correctamente y separándolas visualmente del conjunto con otros colores o indicaciones.

UNE-EN 50363-2-2:2006 Materiales de aislamiento, cubierta y recubrimiento para cables eléctricos de energía de baja tensión. Parte 2-2: Compuestos elastómeros reticulados para recubrimiento. (UNE, 2006)

Se considera relevante ya que es de importancia que el cableado del circuito eléctrico esté debidamente aislado para evitar que interfieran entre sí creando cortocircuitos. En este caso la normativa se ha especificado para el recubrimiento del cableado.

UNE-EN ISO 14006:2020 Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño. (UNE, 2020)

Se considera relevante ya que el ecodiseño está estrechamente ligado al diseño sostenible, que trata de considerar mejoras ambientales del producto en sus etapas, desde materiales hasta su transformación en residuos. El diseño y desarrollo varía dependiendo del producto y organizaciones, teniendo distintos enfoques para incorporar aspectos ambientales. En este documento se tratan las directrices generales, así como la política ambiental:

- Que sea apropiado a la naturaleza, controlando la magnitud e impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios.
- Compromiso de mejora continua y prevención de la contaminación.
- Compromiso de cumplir requisitos legales aplicables.
- Proporcionar marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y las metas ambientales.
- Que esté a disposición del público.
- Muestra el enfoque de ciclo de vida del producto y en proceso del ecodiseño, así como realizar la evaluación ambiental y su implicación en la cadena de valor.



A continuación, se enumera el proceso en el ecodiseño:

- Especificar las funciones del producto.
- Definir los parámetros ambientales significativos a partir del análisis de los requisitos ambientales.
- Identificar las estrategias pertinentes de mejora ambiental para el producto, en función de los aspectos y los parámetros ambientales identificados en las etapas anteriores.
- Desarrollar objetivos/ metas ambientales basados en las estrategias de mejora.
- Establecer una especificación del producto que incluya objetivos/ metas ambientales.
- Desarrollar soluciones técnicas para cumplir los objetivos/ metas ambientales sin olvidar otras consideraciones en el diseño.

ISO 9001:2008. Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos. (UNE, 2008)

Se considera relevante para garantizar que no habrá errores en el proceso de fabricación del producto. Tiene en cuenta las desviaciones, tolerancias, ergonomía, etc. Por otra parte, aborda los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos, además de la capacidad de demostrar conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad específicos. Es una norma que se centra en una empresa en concreto cuando fabrica un producto determinado, para tener la capacidad de proporcionarlos regularmente.

UNE-CLC/TR 50674:2018 IN Directrices para la verificación de los aparatos electrodomésticos en el marco del etiquetado energético y ecodiseño. (UNE, 2018)

Se considera relevante ya que proporciona orientación para los ensayos de verificación de aparatos electrodomésticos y análogos:

- Definición del campo de aplicación. Tiempo y dinero, área geográfica, tipo de electrodoméstico, eficiencia energética...
- Selección de laboratorio de ensayo. Es necesario que pueda demostrar un nivel aceptable de calidad y competencia (pudiendo resultar un proceso tedioso).
- Selección del modelo.
- Trabajo de documentación. Están legalmente obligados a mantener una ficha técnica que contenga todos los ensayos recopilados para respaldar la declaración energética y su ecodiseño.
- Compra de muestras.
- Ensayos. Realizados según el reglamento correspondiente.
- Comunicación. Recomendable que las autoridades de vigilancia de mercado dispongan de una buena comunicación con el proveedor durante el proceso de verificación.
- Publicación de resultados.

## Capítulo 8. Estudio de patentes

En este apartado se investigarán patentes ya existentes con el objetivo de evitar coincidencias o similitudes en cuanto a las ideas propuestas. Para ello, se realizan búsquedas en la plataforma Patentscope.

Entre los criterios de búsqueda se tendrán en cuenta principalmente los relacionados con el objeto del trabajo, pero también se buscarán otros términos para ampliar el rango de búsqueda. A continuación, se detalla las palabras introducidas en el buscador: Obtención filamento PLA (8 resultados), Wellzoom (1 resultado), 3Devo (4 resultados), Strooder PLA (7 resultados), Filamento impresora 3D (2941 resultados), Reciclaje filamento (41 resultados), Protocycler (0 resultados), Filabot (0 resultados), Omnidynamics (0 resultados), Filastruder (0 resultados), Felfil (0 resultados), Reciclaje ácido poliláctico (44 resultados), Reciclaje PLA (56 resultados), Tratamiento PLA (330 resultados), Extrusora PLA (514 resultados), Recicladora plásticos (117 resultados), Reciclaje plásticos (5968 resultados), Triturador plástico (50 resultados), Extrusora polímero (1024 resultados), Tornillo extrusor (70 resultados), Fablab (9 resultados).

La patente mostrada en la figura 72 plantea un modelo que combina la extrusión de filamento con un cabezal vertical con la recogida del filamento en una bobina. Concretamente este modelo de patente corresponde a 3Devo, que ya ha sido analizada. Se considera interesante porque muestra el funcionamiento interior de la máquina, tanto de la extrusión (mediante un tornillo que gira con un motor) como la recogida de filamento (mediante una guía con cojinetes que llega a una bobina que gira gracias a una correa transmisora de movimiento de un motor). Por otra parte, se señala la importancia de la integración de dos ventiladores para proporcionar un flujo constante de aire.

El objeto de la invención se logra en un aparato de producción de filamentos de modelado por deposición fundida que comprende una unidad de extrusión y una descarga de filamentos en un extremo de la extrusora, una unidad de enfriamiento de filamentos unida al filamento descarga, una unidad tampón de filamento para recibir y almacenar el filamento procedente de la unidad de refrigeración. (Wesselink, T., Van Leeuwen, L. 2019).

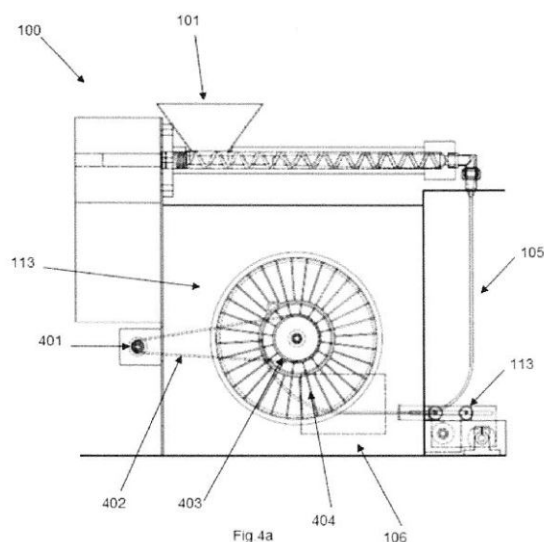
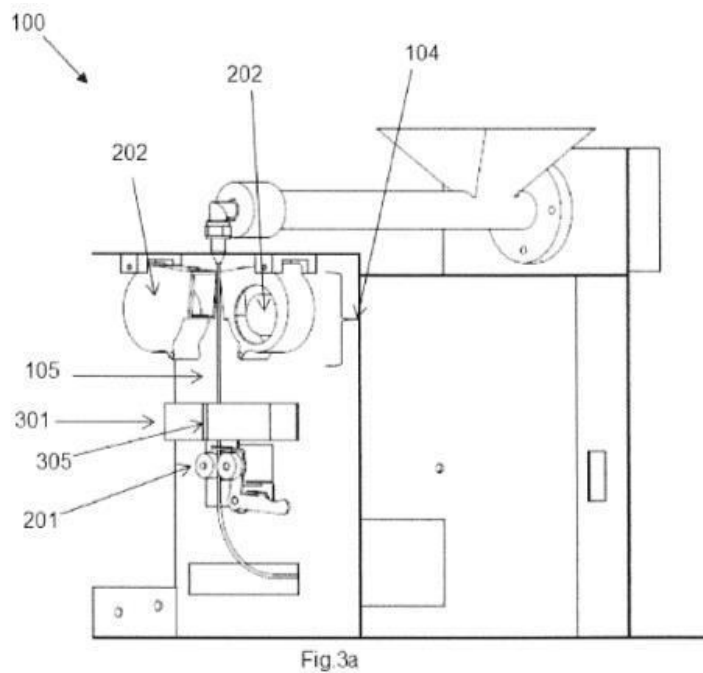


Figura 72. Fused Deposition Modeling Filament Production Apparatus, (Wesselink, T., 2019)

En la vista mostrada en la figura 73 se observa el interior de la carcasa y parte de sus componentes, como los ventiladores, el cabezal, la tolva y los cojinetes para guiar el filamento.



*Figura 73. Fused Deposition Modeling Filament Production Apparatus, (Wesselink, T., 2019)*

La patente mostrada en la figura 74 trata sobre un sistema para soldar filamento mediante presión vertical y generación de calor. El conjunto cuenta con dos piezas diferenciadas que se unen mediante 4 puntos de tornillería. Se considera importante porque introduce una resistencia con un sistema electrónico en el conjunto inferior que es activada mediante un botón, además de un temporizador (que no se puede variar). No especifica para qué material se puede emplear, ni en el título ni en la descripción: Dispositivo para empalmar filamentos de impresoras 3D (García, S, 2020).

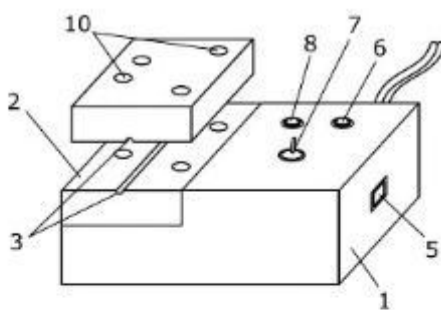


FIG 1

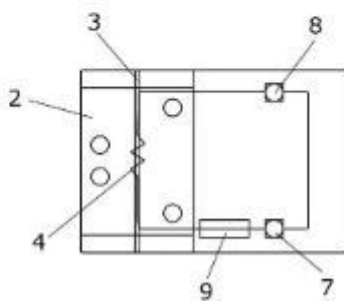


FIG 2

Figura 74. Dispositivo Para Empalmar Filamentos De Impresoras 3D (García, S, 2020).

La patente mostrada en la figura 75 plantea un procedimiento y un sistema para extruir de manera simultánea mediante ocho tornillos. Se considera interesante, por una parte, porque plantea un esquema general de cómo obtener material reciclado. Por otra parte, muestra un sistema que emplea diversos tornillos extrusores para conseguir la mayor cantidad de polímero reciclado en el menor espacio posible, siendo este compacto.

Debido a que el polímero de PET virgen puro es más caro que el polímero de PET reciclado, y debido a los beneficios ambientales asociados con el uso de polímero reciclado, sería deseable poder producir un filamento de alfombra continuo a granel a partir de polímero de PET 100% reciclado. (Clark, T. 2021).

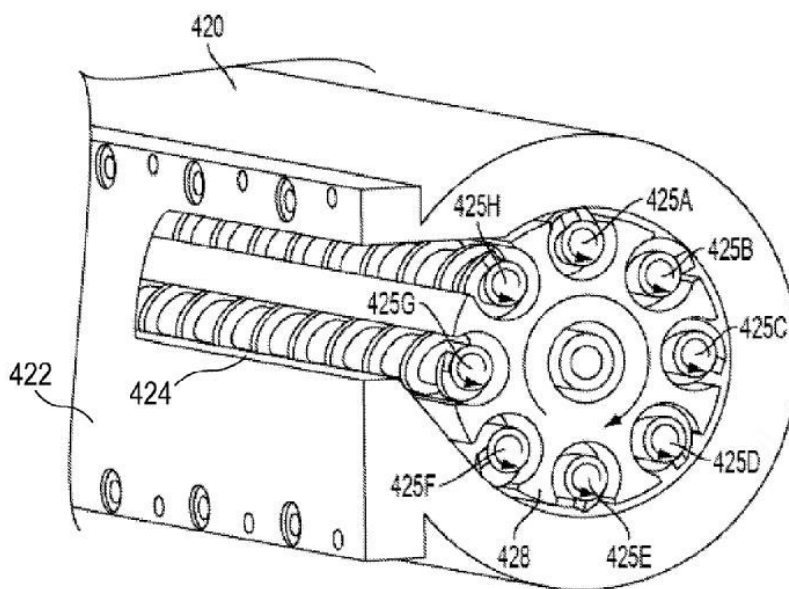


Figura 75. Procedimiento para fabricar un filamento continuo a granel. (Clark, T. 2021).

A continuación, en la figura 76 se muestra un esquema de cómo funciona el procedimiento de reciclaje desde la trituración de los desechos hasta la obtención del filamento a granel.

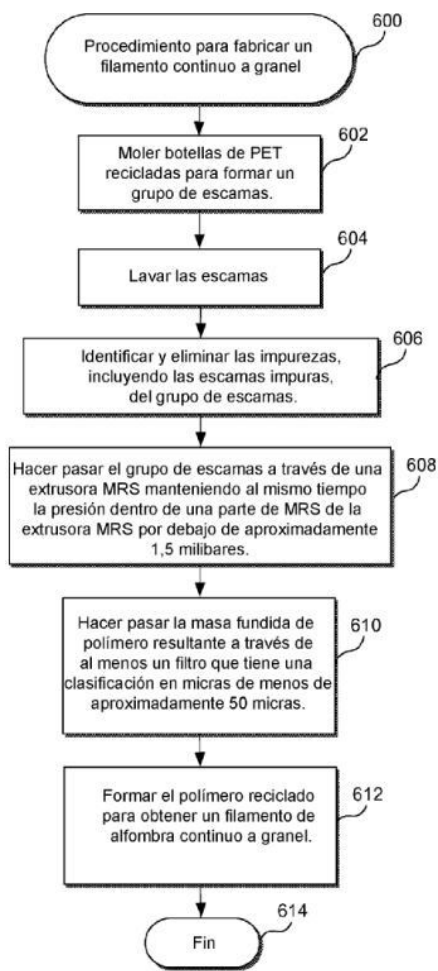


Figura 76. Procedimiento para fabricar un filamento continuo a granel. (Clark, T. 2021).



La patente mostrada en la figura 77 plantea un modelo en el que se trituran los desechos para luego fundirse en un molde con una forma determinada. Se considera interesante porque integra en un mismo sistema la trituración de los residuos con la fundición.

Dispone en su interior de unos rotores trituradores capaces de triturar los residuos plásticos que el usuario echa en su interior, de forma que caen en el cajón fundido. (Salcedo, F., 2021).

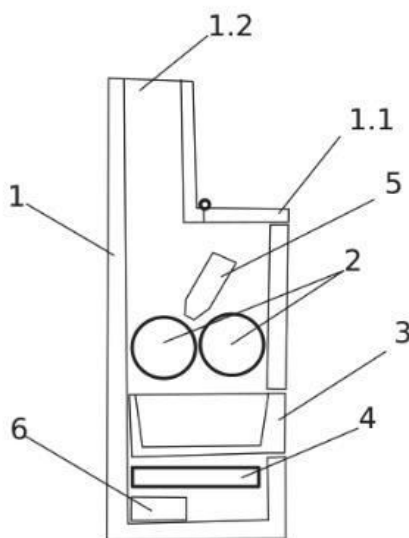


Figura 1

*Figura 77. Termo Fusionador Para Reciclado De Plásticos. (Salcedo, 2021)*

La patente mostrada en la figura 78 se considera relevante porque hace distinción entre un proceso de reciclaje de un material virgen a uno que ya ha sido reciclado con anterioridad, usando una máquina distinta para cada uno.

Se denomina reciclaje primario a la trituración de los residuos plásticos procedentes del proceso de fabricación de un producto, posterior mezcla con plásticos vírgenes y su utilización a modo de materia prima (reciclaje mecánico). Se trata de un proceso barato y rentable, dado que el residuo es homogéneo y se encuentra poco contaminado. (Pérez, E. 2004).

En el reciclaje secundario el residuo plástico procede de una pieza ya utilizada, con lo cual el material es más heterogéneo y contaminado. Hay que separar, triturar, limpiar y convertir los plásticos en materia prima (reciclaje mecánico). Para que la calidad del material reciclado sea aceptable se han de agregar aditivos especiales y caros. (Pérez, E. 2004).

El objeto de la presente invención es presentar un nuevo sistema para el reciclado de plásticos en un sistema continuo, es decir, en un sistema donde continuamente se introducen plásticos y se extraen los productos resultantes. Estos productos resultantes son parafinas y pequeñas cantidades de carbón y gases no condensables a temperatura ambiente. (Pérez, E. 2004).

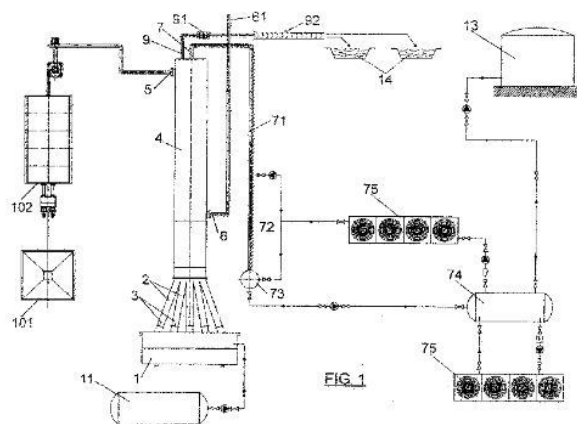


Figura 78. Sistema Y Proceso De Reciclado De Plásticos. (Pérez, E. 2004).

La patente mostrada en la figura 79 muestra una trituradora doméstica para situarse en el suelo. Cuenta con dos pedales, uno de apertura y otro que acciona el motor. Se considera importante porque presenta una solución compacta para un cubo de trituración. Para retirar los desechos triturados, habría que agacharse para extraer el cajón donde está depositado.

El dispositivo de la invención estéticamente es igual o similar a un cubo de basura convencional, con la diferencia de que este cuenta con dos pedales de accionamiento; uno para accionar la apertura de la tapa superior y el otro para activar el motor triturador. En la parte frontal se aprecia un cajón donde se almacenan los restos de plástico producidos. (Fernández, 2014)

Además, se ha previsto un dispositivo de seguridad que impide accionar el motor triturador si la tapa no está debidamente cerrada, de esta manera se impide acceder al interior en el momento del triturado. (Fernández, 2014)

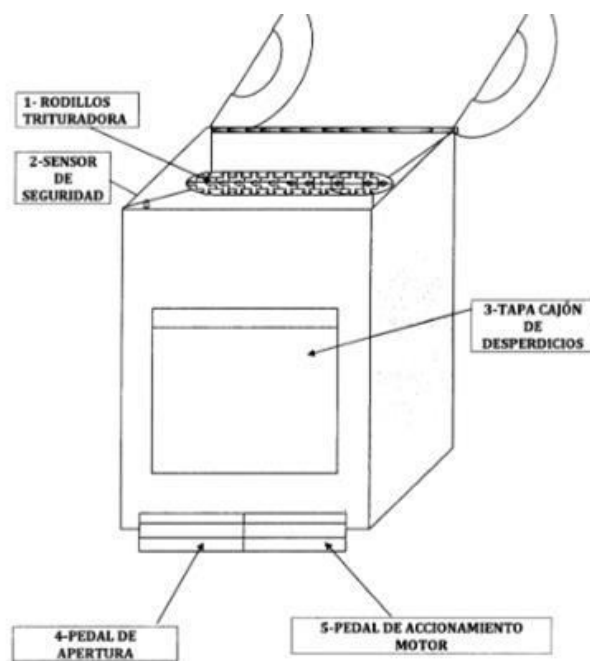


Figura 79. Cubo triturador doméstico de plástico. (Fernández, F. 2014)

La patente mostrada en la figura 80 muestra separar los residuos entre orgánico y no orgánico para compactar los volúmenes de reciclaje. Es planteado como un producto compacto.

El campo de aplicación de la presente patente se enmarca sector de la industria dedicada a la fabricación de aparatos y dispositivos electrodomésticos, abarcando al mismo tiempo el ámbito de los contenedores y sistemas de almacenamiento de residuos domésticos, en particular los destinados a la separación de residuos para reciclar. (Soteras, J., Osorno, P., Ferrer, E., 2018).

Es un contenedor doméstico para separar y reciclar que se distingue porque constituye un aparato cuyo objetivo es disminuir el volumen de los residuos domésticos que se recogen en el mismo y, de este modo optimizar el espacio dedicado a la separación de dichos residuos y disminuir la frecuencia de entrega de los mismos. (Soteras, J., Osorno, P., Ferrer, E., 2018).

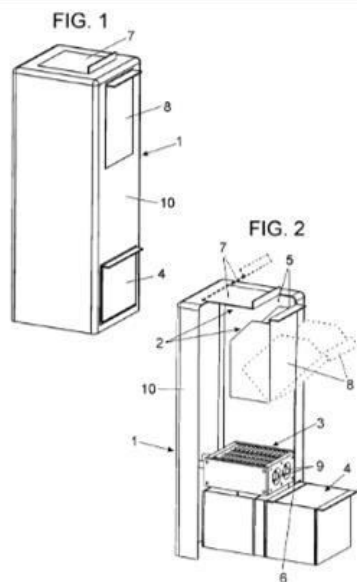


Figura 80. Triturador de residuos domésticos para reciclar. (Soteras, J., Osorno, P., 2018).

Como conclusión de este apartado, recalcar que se han encontrado patentes muy diversas con sistemas de reciclaje interesantes. Es interesante observar las patentes de productos que están ya comercializados, que apenas han cambiado estructuralmente.

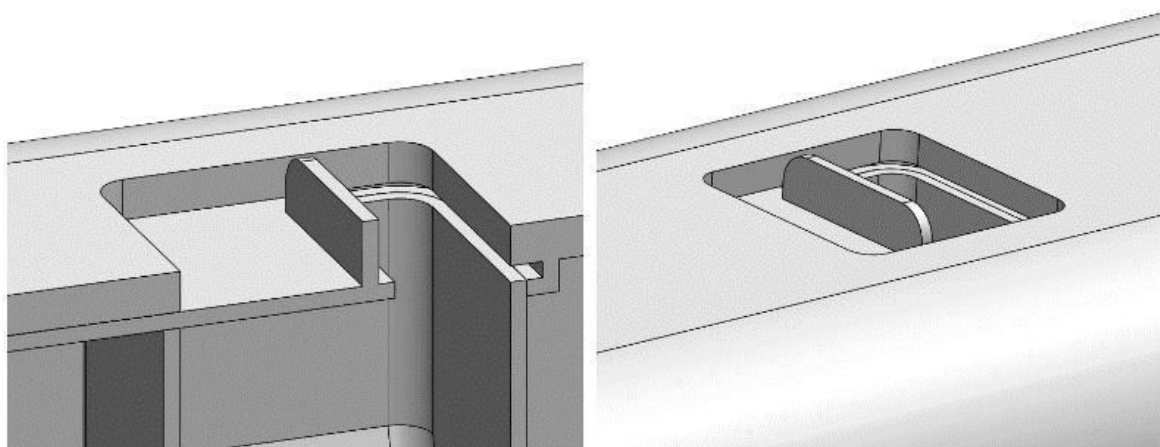
## Capítulo 9. Justificación técnica de la solución adoptada

En este apartado se mostrarán las ideas que han sido descartadas durante el proceso de ideación y el proceso de modelado. Por otra parte, se explicarán las funciones de las piezas y de los ensamblajes, indagando en la selección de materiales. Finalmente se hacen consideraciones a tener en cuenta.

### 9.1 Ideas descartadas

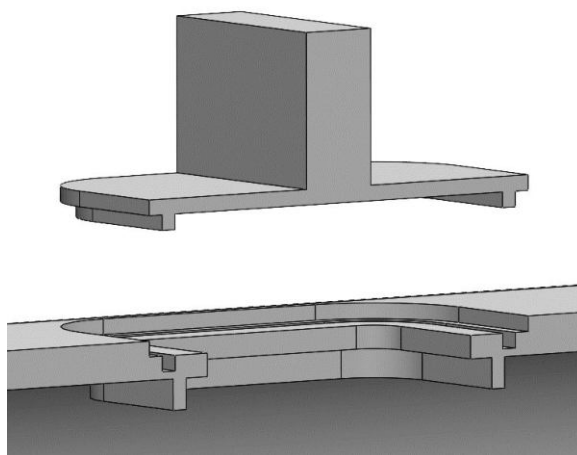
A continuación, se presentan diversas propuestas que se consideraron pero que finalmente no se han implementado en el diseño final.

La primera idea se puede observar en la figura 81, donde se planteó la posibilidad de añadir una puerta corredera a la carcasa superior para evitar que entre otra materia en el depósito de la viruta triturada. Para ello, era necesario introducir ranuras para poner deslizar la puerta, existiendo el caso de que la viruta pudiese entrar en estos huecos, dificultando el funcionamiento.



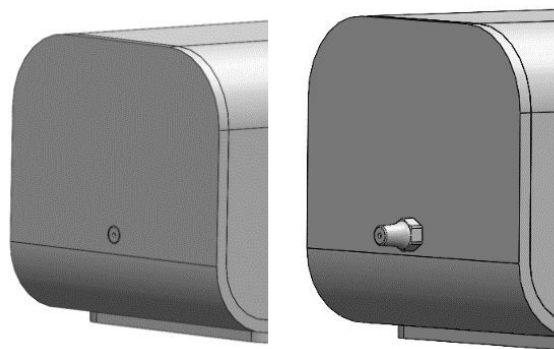
*Figura 81. Propuesta de puerta corredera para el depósito.*

Continuando la exploración de esta idea, se planteó la posibilidad de añadir una puerta con un acople en vertical, con un pequeño saliente para ser agarrada, como se muestra en la figura 84. Sin embargo, aunque esta opción es más fácil de limpiar que la anterior mostrada, si no tiene unas buenas tolerancias podría acabar dando problemas.



*Figura 82. Propuesta de puerta con ranura para el depósito.*

Por otra parte, se planteó la posibilidad de introducir el extrusor del polímero en el interior del conjunto por razones estéticas, como se muestra en la figura 83. Se decidió que el cabezal sería una mejor alternativa debido a que facilita su desenrosque para la sustitución del componente o su limpieza.



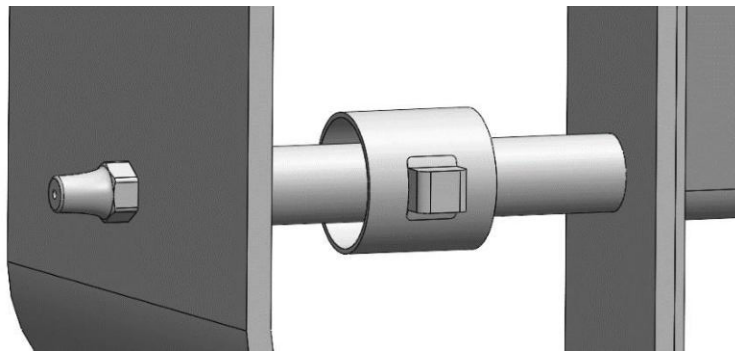
*Figura 83. Cabezal extrusor de la máquina recicladora.*

La siguiente propuesta abarca la forma en la que transmitir el calor para fundir el material. La figura 84 muestra un calentador de banda de 25 milímetros de diámetro, una opción adecuada para la transmisión de calor a piezas cilíndricas. Su funcionamiento es sencillo, dispone de un recubrimiento para proteger dos resistencias que generan calor a la estructura metálica. Dispone de un tornillo regulador para mejorar el agarre.



*Figura 84. Calentador de banda RS PRO.*

Finalmente, esta idea fue descartada debido a que, como se observa en la figura 85, el calentador de banda es notablemente más grande que el perfil redondo, que es el que aloja la broca para desplazar la viruta. Después de una ardua búsqueda, no se encontraron diámetros menores, así que se decidió no continuar con la propuesta.



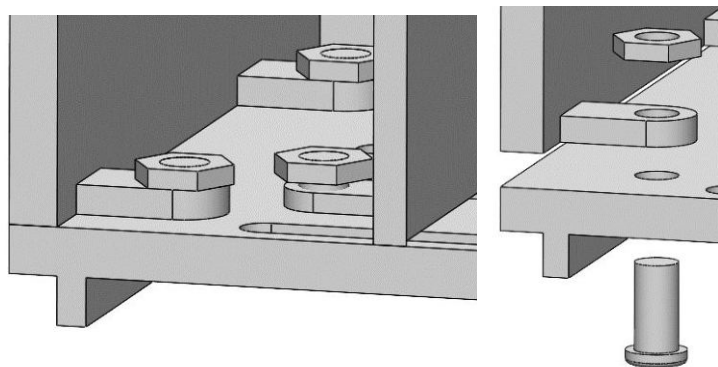
*Figura 85. Diferencia de diámetros entre el perfil redondo y el calentador de banda.*

La siguiente propuesta continúa la exploración de formas de transmitir calor al perfil redondo. En la figura 86 se muestra un calentador de muelle helicoidal. El funcionamiento es similar al anterior mostrado, con la diferencia de que se puede ajustar la longitud del muelle. Pese a que es una propuesta interesante, se ha decidido no continuar con la propuesta debido a que este tipo de productos tienen un presupuesto demasiado elevado.



*Figura 86. Calentador de muelle helicoidal Hot Runner de Jaye Heater.*

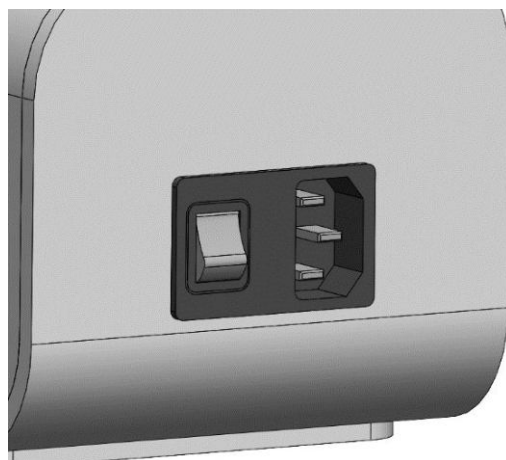
La siguiente idea comprende el método de unión de las carcasas superior e inferior. En un principio se consideró formar el ensamblaje según la figura 87. Sin embargo, surgió la problemática de que, si la tuerca y el tornillo no están anclados a ninguna superficie, no se podría enroscar de forma correcta.



*Figura 87. Unión de carcasas mediante tornillería.*

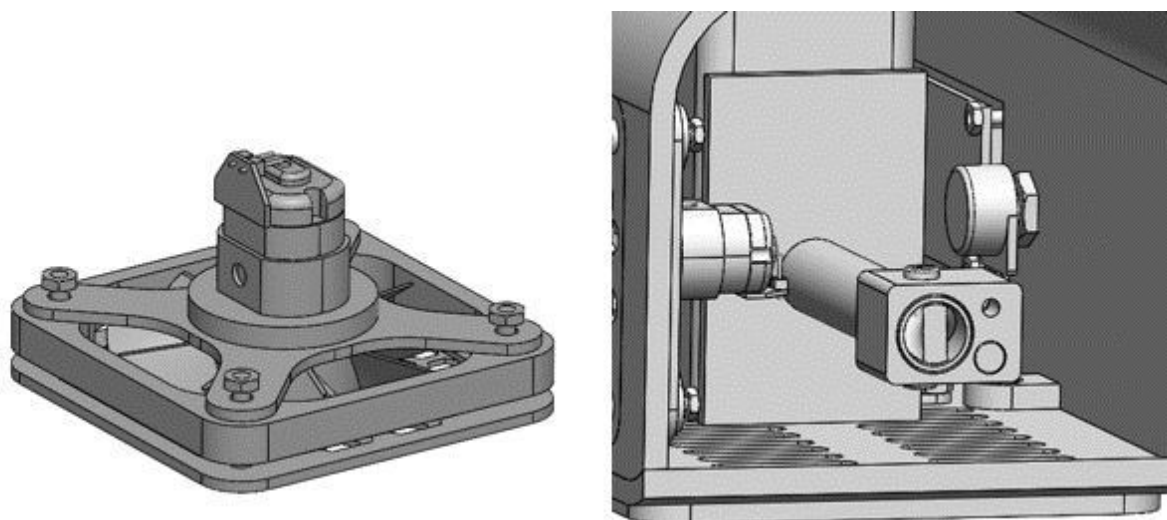


Se consideró situar el conector de forma horizontal como se presenta en la figura 88 pero debido a los cables de conexión y a su forma, se situará rotándose 90°, vertical.



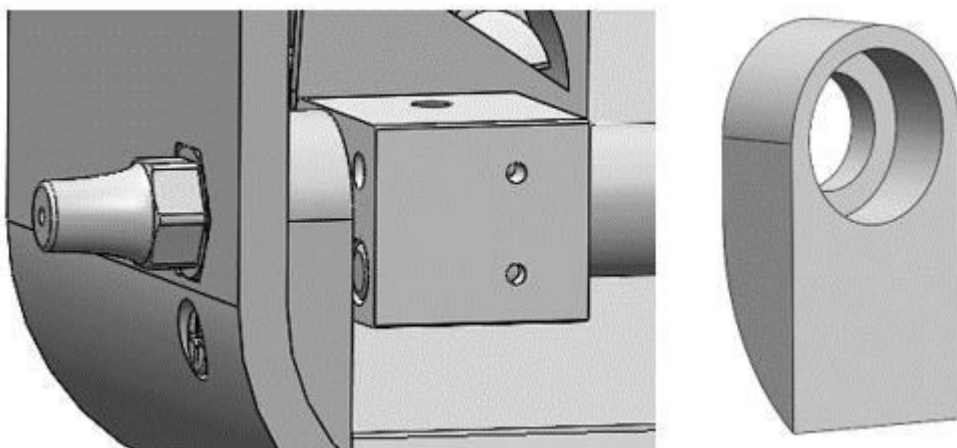
*Figura 88. Orientación del conector*

Otra de las ideas descartadas fue la idea de diseñar el conjunto de ventilación, como se muestra en la figura 89. Se presentó el problema de que el motor se encuentra muy cerca del perfil que aloja la broca y del bloque calefactor, como se muestra en la figura 82, pudiendo sufrir calentamientos o deterioros.



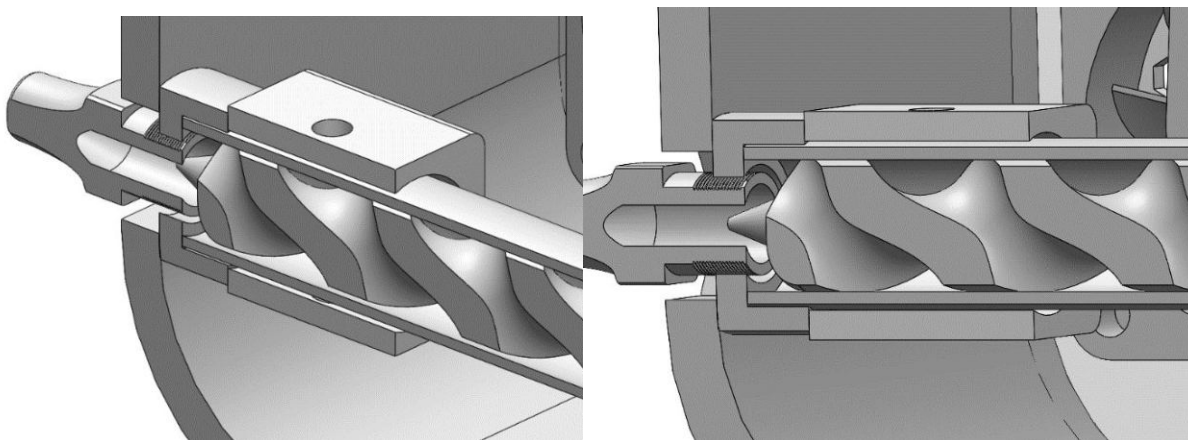
*Figura 89. Vista del ventilador del modelo y vista de sección del perfil y bloque calefactor.*

Se consideró diseñar una pieza para realizar la unión entre el bloque calefactor, el perfil de aluminio y el cabezal extrusor, como se muestra en la figura 90. Esta se atornilla a la carcasa inferior para evitar desplazamientos. Se eliminó porque se consideró que realizar la unión de este conjunto sería más sencillo mediante uniones roscadas; además de facilitar la fabricación de la carcasa inferior, ya que se hará mediante chapa metálica doblada, que necesita un espesor constante.



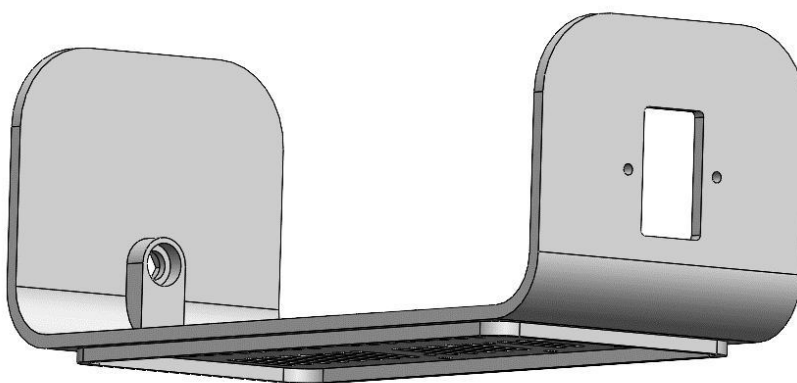
*Figura 90. Vista del conjunto unido por la pieza diseñada y vista de diseño de la pieza unión.*

La unión del bloque calefactor al perfil de aluminio ha pasado de ser mediante tornillería en agujeros, como se muestra en la figura 91, a ser mediante uniones roscadas.



*Figura 91. Vista del bloque calefactor unido mediante tornillería*

En la figura 92 se muestra la carcasa inferior, donde se aprecian dos extrusiones: una cuya función sería actuar como protección y elevar la carcasa. La otra serviría para alojar el perfil de aluminio, cabezal extrusor y bloque calefactor, dando estabilidad al conjunto. Se eliminaron para facilitar la fabricación de la carcasa inferior, ya que se hará mediante chapa metálica doblada, que necesita un espesor constante.



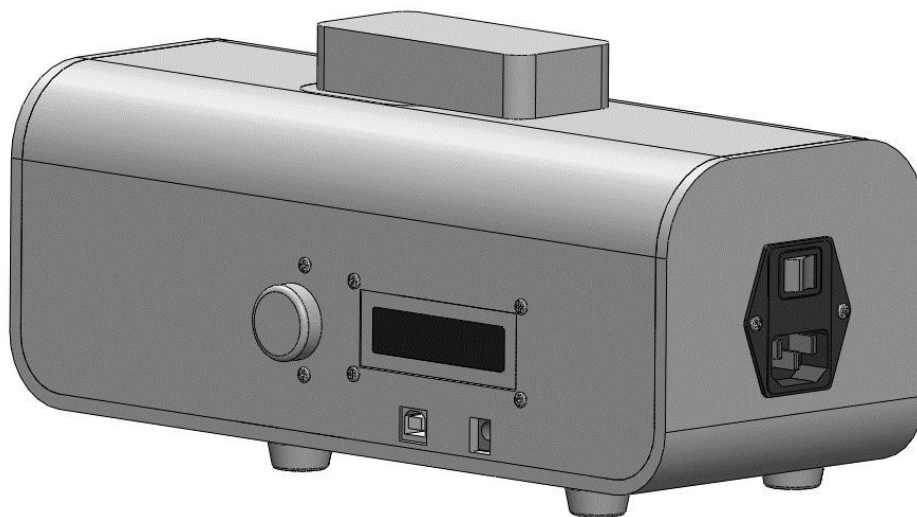
*Figura 92. Vista de la carcasa inferior con las extrusiones.*

## **9.2 Justificación de las funciones de las piezas y ensamblajes**

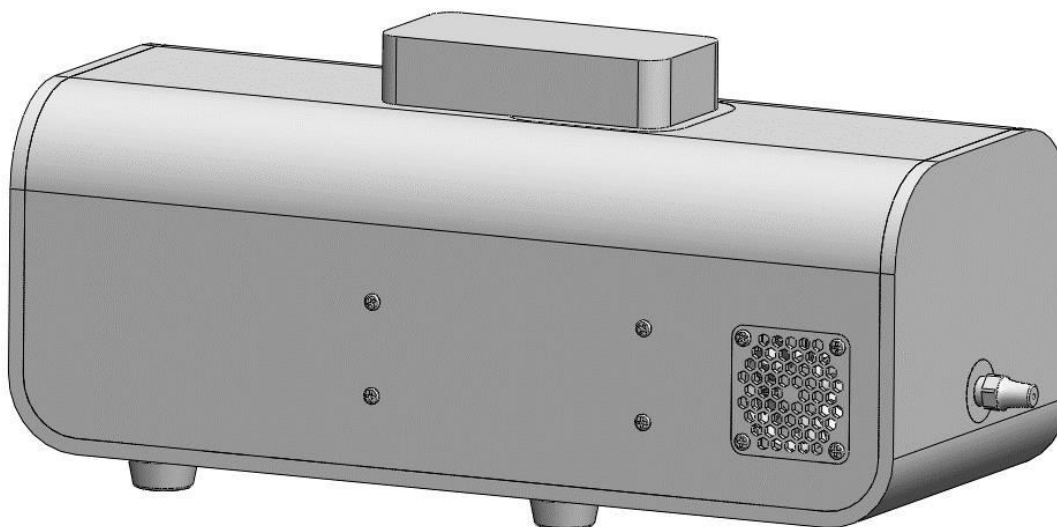
Debido a que este Trabajo Fin de Grado se plantea como un proyecto de código abierto, en el que cualquier usuario puede aportar o modificar información según su interés, se ha considerado oportuno dar definición a todas las piezas y ensamblajes de cada conjunto.

### 9.2.1 Conjunto encargado de la extrusión del filamento

A continuación, se presenta el modelo que se encargará de alojar la viruta triturada para su posterior fundición y extrusión en filamento. En las figuras 93 y 94 se muestran vistas del conjunto en diferentes rotaciones.

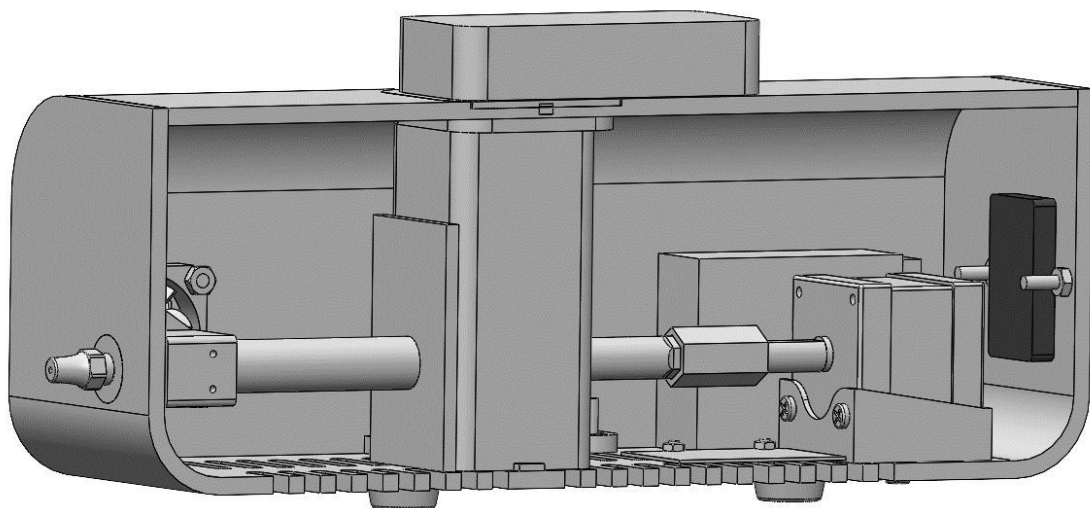


*Figura 93. Vista de la máquina con tolva. Se aprecia la pantalla, conector y rueda pulsadora.*

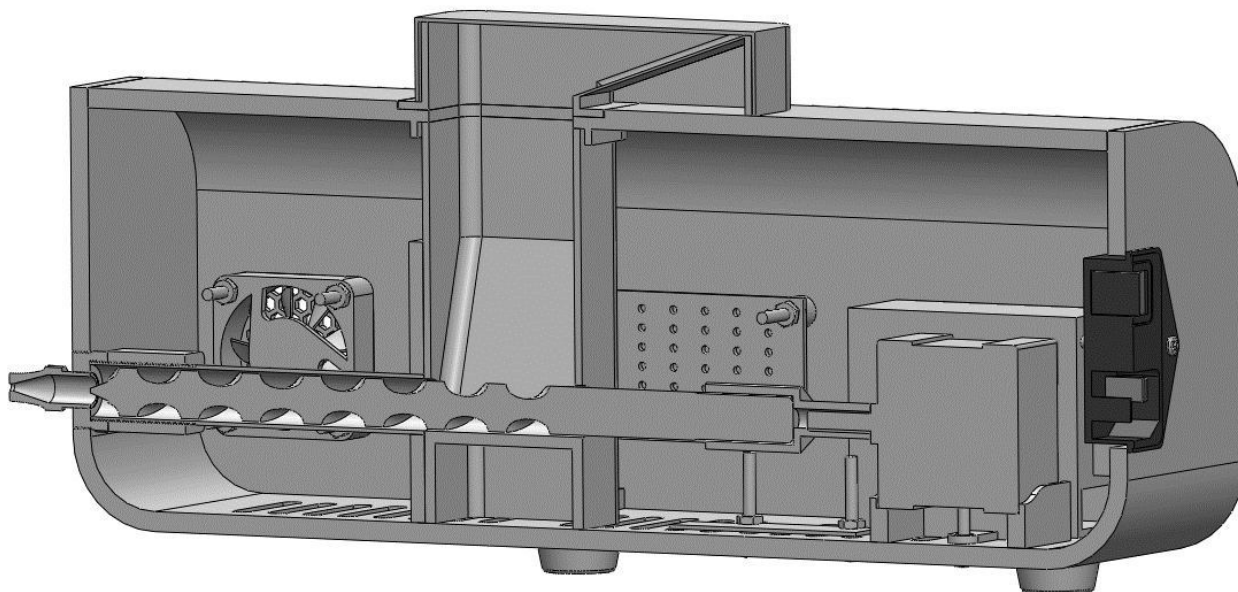


*Figura 94. Vista de la máquina sin tolva. Se aprecia el ventilador y el cabezal extrusor.*

En la figura 95 y 96 se muestran dos vistas en las que se han realizado cortes de sección para poder visualizar su interior. En la figura 96, se aprecia con más detalle el núcleo del sistema, compuesto por la broca berbiquí, el cabezal extrusor, el depósito de viruta, el bloque calefactor, así como el motor paso a paso y la pieza que conecta este con la broca.

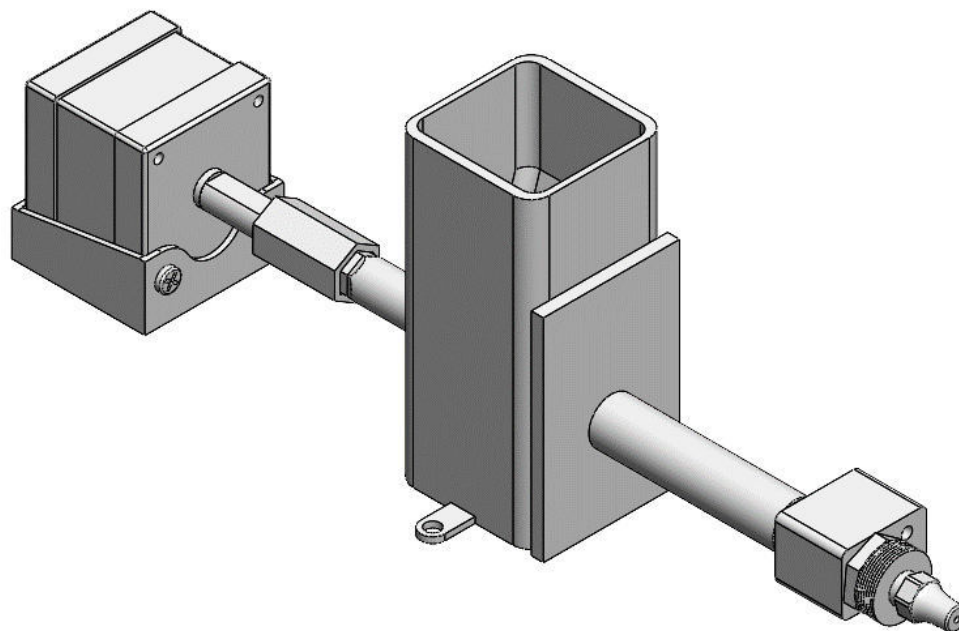


*Figura 95. Vista seccionada en la que se observa parte del interior.*



*Figura 96. Vista seccionada en la que se observa parte del interior.*

En la figura 97 se muestra una vista isométrica del núcleo del modelo, que presentan los elementos mínimos para que funcione el sistema.



*Figura 97. Vista isométrica del núcleo del modelo.*

El funcionamiento de esta máquina consiste en pulsar el botón del conector para darle corriente al sistema. Una vez encendido, se elige mediante la rueda la temperatura para fundir las virutas, hasta un máximo de 300°C. De forma paralela, se puede introducir la cantidad de viruta deseada en el depósito. Una vez el bloque calefactor alcance esta temperatura, el motor paso a paso comenzará a girar, provocando que la broca avance la viruta hasta la zona que lo fundirá. Mediante el constante giro y avance, el cabezal extrusor comenzará a liberar el filamento. Un bloque aislante permite que el calor generado no se transmita al depósito de la viruta para evitar que se funda. La función del ventilador es evitar sobrecalentamientos. Se puede intercambiar el tamaño de la tolva exterior por si se decide instalar una con mayor capacidad.

Se presentan en las tablas 8, 9 y 10 los componentes que han sido modelados mediante SolidWorks 2023. Las especificaciones de estos se muestran en el apartado 10. Diseño de detalle.

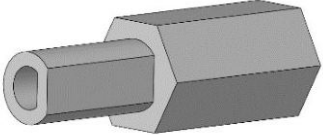

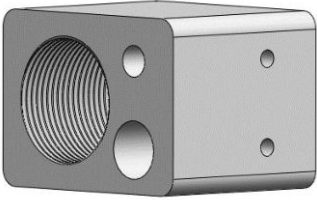
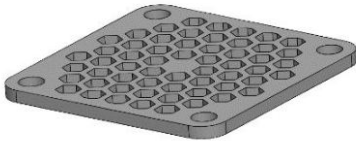
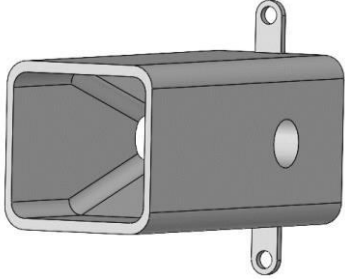
Componente	Descripción	Figura
Acople de motor y broca	Servir de acople para el motor paso a paso y la broca berbiquí.	
Botón y rueda reguladora	Servir de protección para el potenciómetro.	
Bloque calefactor	Alojar el cartucho calefactor, termistor y el perfil de aluminio.	
Rejilla ventilador	Proteger al ventilador mientras está en funcionamiento.	
Depósito de viruta	Alojar la viruta triturada y la broca berbiquí.	

Tabla 8. Descripción de los componentes del extrusor de PLA, parte 1.



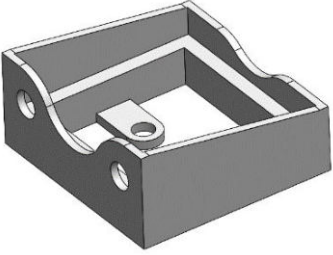
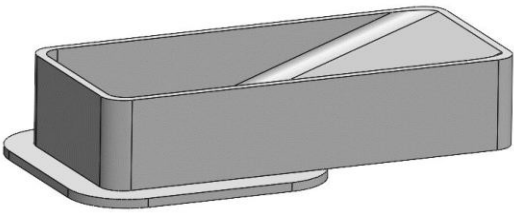
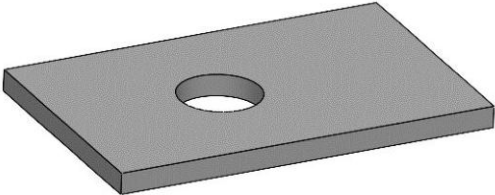
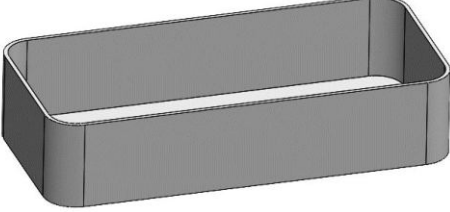
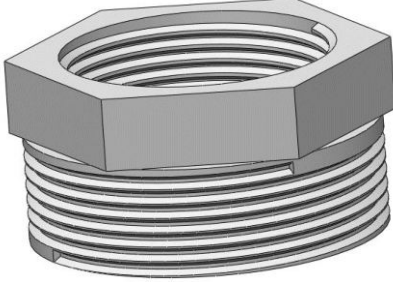
Componente	Descripción	Figura
Soporte motor	Servir de soporte para anclar el motor al conjunto además de darle altura.	
Tolva exterior	Alojar mayor cantidad de viruta.	
Pieza aislante	Servir de aislante térmico para el depósito de viruta, así como alojar el perfil cilíndrico.	
Cubierta tolva	Servir de protección para la tolva y su viruta interior.	
Pieza unión roscada	Servir de protección para los elementos del interior, así como sostener componentes como el conector y el cabezal extrusor.	

Tabla 9. Descripción de los componentes del extrusor de PLA, parte 2.

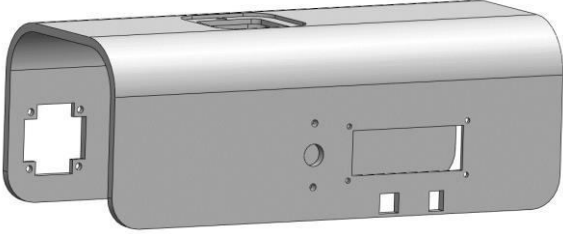
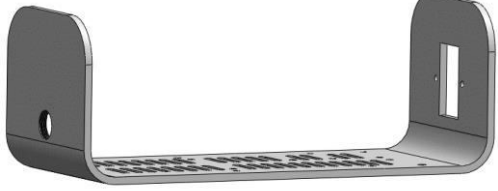

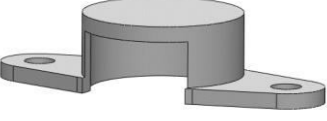
Componente	Descripción	Figura
Carcasa superior	Servir de protección para los elementos del interior, así como sostener componentes como el ventilador, la pantalla y el potenciómetro y su sujeción.	
Carcasa inferior	Servir de protección para los elementos del interior, así como sostener componentes como el conector y el cabezal extrusor.	
Perfil aluminio roscado	Aluminio en bruto de diámetro de 12 milímetros y longitud de 95 milímetros. Espesor de 1 milímetro. Su función es alojar la broca berbiquí además del bloque calefactor.	
Sujeción potenciómetro	Servir de sujeción al potenciómetro.	

Tabla 10. Descripción de los componentes del extrusor de PLA, parte 3.

A continuación, se presentan en las tablas 11, 12, 13 y 14, los componentes dentro del sistema que serán subcontratados.

Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Motor paso a paso	2 fases, 1,8 grados de ángulo de paso, 0,4 N.M, con 0,8 A. Diámetro de la varilla de 5 mm. Tamaño: 42 x 42 x 40 mm y 290 grs.	Permitir el giro de la broca berbiquí para conducir los gránulos de PLA triturados por el perfil de aluminio.	
Cartucho calefactor	Potencia 50W de 12V. Longitud de 22 mm y diámetro de 6 mm.	Proporcionar calor para fundir los desechos triturados.	
Termistor	Medición de 20°C a 300°C. Longitud de 15 mm y diámetro de 3 mm. Peso de 20 grs.	Proporcionar una medición de la temperatura que está generando.	
Soportes de caucho	22 x 18 x 10 mm. Diámetro interior de 3 mm. Antideslizante.	Protección de la parte inferior del conjunto. Se atornilla.	

Tabla 11. Descripción de los componentes comprados, parte 1.


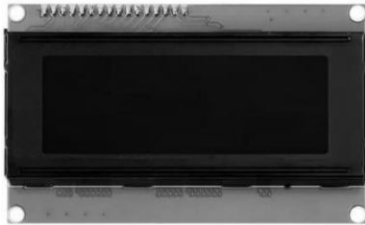


Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Broca berbiquí	Broca de acero de diámetro 12 mm con acoplamiento hexagonal.  Longitud de 200 mm.	Transportar la viruta de PLA del depósito al extrusor del polímero a través del perfil redondo de aluminio.	
Módulo LCD	Voltaje 5 V, pines VCC, GND, SDA y SCL. Adaptador FC-113 I2C	Permite mostrar la información recibida de otros componentes.	
Potenciómetro pulsador	Voltaje DC 5 V, temperatura de uso entre 30 y 80°C	Su pulsador te permite seleccionar. La rueda permite variar parámetros.	
Cabezal extrusor de 1.75 mm	Medida interior de 1,75 mm. Cabezal con rosca.	Extruir el filamento a partir de la fundición de las virutas trituradas.	

Tabla 12. Descripción de los componentes comprados, parte 2.


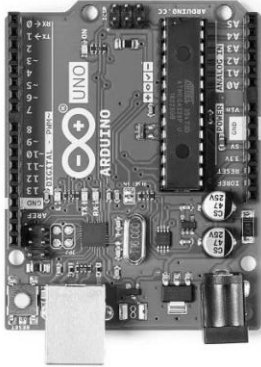

Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Conector con pulsador	Alimentación IEC320 C14 de 3 pines, un fusible de 10A y un interruptor LED rojo de 4 pines.	Conectar el conjunto a la corriente eléctrica de 220 V y encender o apagar mediante el pulsador.	
Arduino UNO (REV3)	Tiene pines de entradas analógicas y digitales, conexión USB, conector de alimentación y botón de reinicio. 8 x 5.51 x 2.49 cm; 45.36 gr.	Mediante un código de programación, sirve para interactuar con los distintos componentes del sistema.	
Fuente de alimentación	Temperatura de funcionamiento de 30 a 70 °C. 12V, 1.3A, 15W. Medidas de 55 x 25 x 65 mm. Protección contra cortocircuitos y sobretensión.	Es un dispositivo que convierte la corriente alterna en una corriente continua.	

Tabla 13. Descripción de los componentes comprados, parte 3.




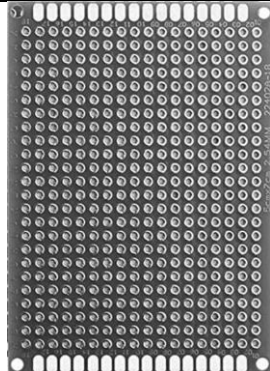
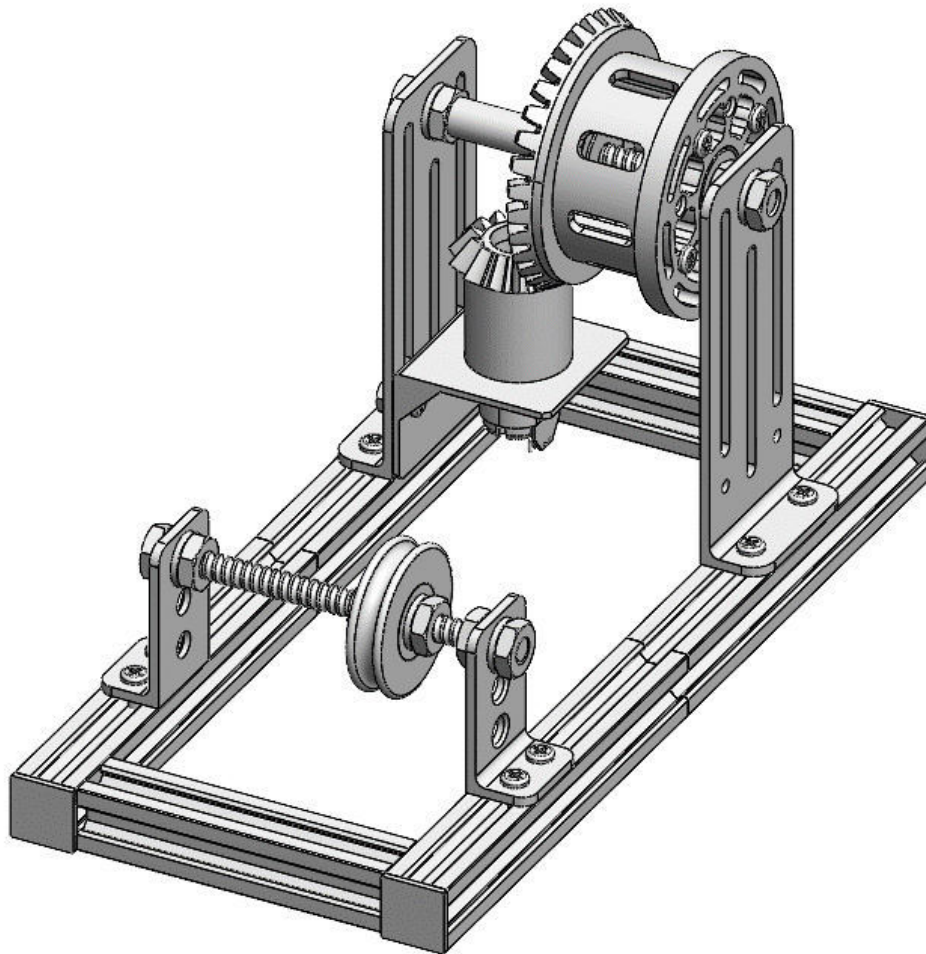
Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Ventilador Sunon	Temperatura de funcionamiento de 10 a 70 °C. 12 V CC, 0,8 W, 40 x 40 x 10 mm, 6100 r. p. m, 23 dB.	Evitar sobrecalentamientos.	
Imán	Material de neodimio	Unir componentes	
Cable de corriente	3 pines con certificación UL y CEE 7/7 a IEC320C13. Diseño universal	Dar corriente al sistema electrónico	
Placa PCB	Hecha de fibra de vidrio con 1,6 mm de espesor. 4 cm de ancho y 6 cm de longitud,	Servir como sustituto para la protoboard, donde se fijan las conexiones.	

Tabla 14. Descripción de los componentes comprados, parte 4.

### 9.2.2 Conjunto encargado de recoger el filamento extruido

Como se puede observar en la figura 98, es un producto que tiene una línea de diseño diferente a la del extrusor de filamento, se considera similar al de una impresora 3D con una estructura modular. Su funcionamiento consiste en enganchar el filamento a uno de los agujeros de la bobina para que mientras el motor esté en funcionamiento, el filamento se enrolle. Este motor transmite su movimiento mediante dos engranajes cónicos. El sistema dispone de un cojinete que sirve de guía mientras avanza el filamento.



*Figura 98. Vista del conjunto de recogida de filamento.*

En las tablas 15, 16, 17 y 18 se presentan los componentes que han sido modelados mediante SolidWorks 2023. Las especificaciones de estos componentes se muestran en el apartado 10.

Diseño de detalle.

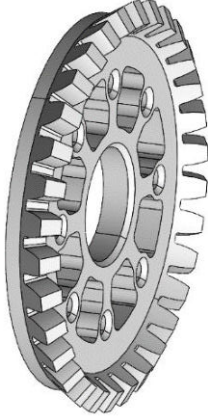
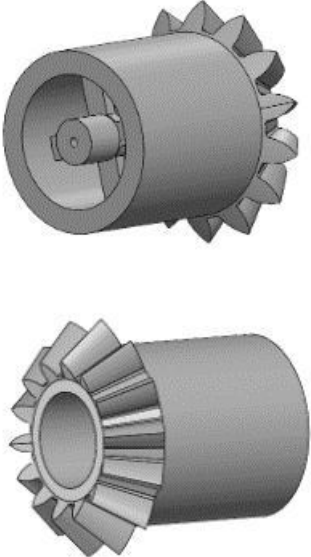
Componente	Descripción	Figura
Engranaje cónico (Conducido)	Realizado con Toolbox, una herramienta de la Biblioteca de diseño de Solidworks, que permite generar piezas ISO. Transmite el movimiento generado por el motor a la bobina mediante los dientes.	
Engranaje cónico (Motriz)	Realizado con Toolbox, una herramienta de la Biblioteca de diseño de Solidworks para generar piezas ISO. Transmite el movimiento generado por el motor a la bobina mediante los dientes. Tiene en la parte inferior un hueco para alojar un rodamiento.	

Tabla 15. Descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 1.



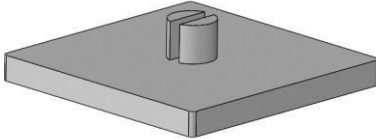
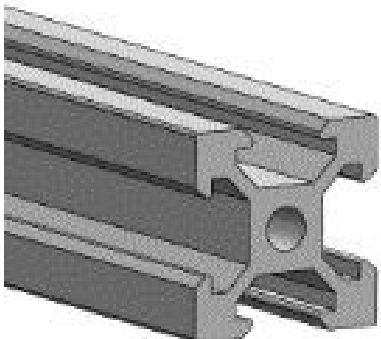
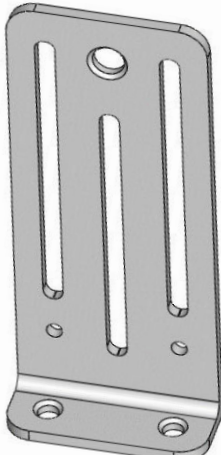
Componente	Descripción	Figura
Embellecedor de perfil modular	Servir para que las ranuras de los perfiles tengan un límite de desplazamiento.	
Perfil en V modular	Las ranuras permiten el desplazar los perfiles laterales. Funciona de estructura para soportarlos. Los agujeros en los laterales permiten unir más perfiles.	
Perfiles laterales (I)	Servir de soporte para el eje roscado y para el motor. Los agujeros inferiores se atornillan a los perfiles modulares, dando estabilidad.	

Tabla 16. Descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 2.

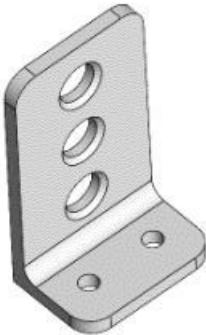
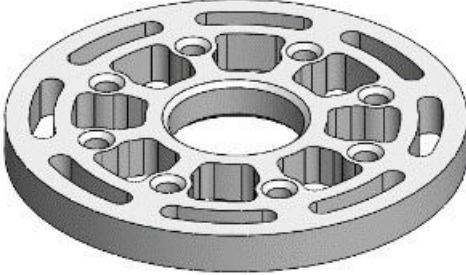
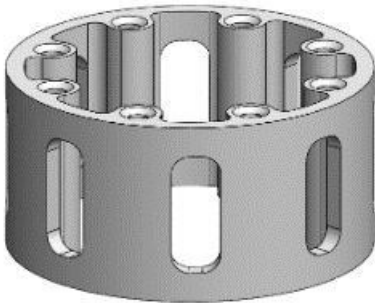
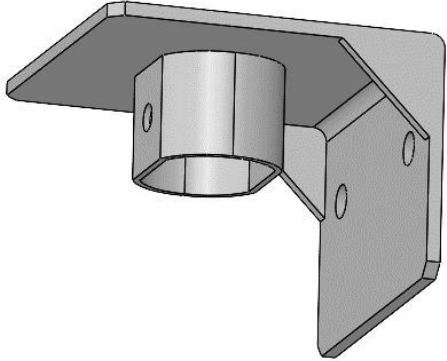


Componente	Descripción	Figura
Perfiles laterales (II)	Servir de soporte para el eje roscado que contiene el rodamiento. Los agujeros inferiores se atornillan a los perfiles modulares. Hay 3 alturas de agujeros para introducir la varilla roscada.	
Cilindro plano de apoyo	Servir de estabilidad para el cilindro y el engranaje cónico. Dispone de diversos cortes simétricos para reducir el material.	
Cilindro para alojar filamento bobinado	Los nervios alojan los tornillos que unen esta pieza con el engranaje cónico y el cilindro de apoyo. Dispone de diversos cortes simétricos para reducir el material.	

Tabla 17. Descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 3.

Componente	Descripción	Figura
Soporte motor y engranaje	Servir de unión entre el motor, el perfil lateral y el engranaje motriz mediante tornillos de M4.	
Eje hueco	Servir de protección para la varilla roscada y de relación de posición entre el perfil lateral y el engranaje cónico.	
Rodamiento acanalado en forma de U	Es la guía encargada de desplazar el filamento en el recorrido. En su interior, aloja un rodamiento.	

*Tabla 18. Descripción de los componentes de la recogida del filamento, parte 4.*

A continuación, se presentan en las tablas 19 y 20, los componentes dentro del sistema que serán subcontratados.

Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Rodamiento de bolas	Acero inoxidable. Diámetro exterior de 22 mm, diámetro interior de 8 mm. Profundidad de 7 mm.	Permitir un mejor giro en la bobina y la guía.	
Tuerca hexagonal	Acero inoxidable con acabado plano.	Ajustar y sujetar elementos del ensamblaje.	
Arandela plana	Acero inoxidable. Diámetro exterior de 16 mm, diámetro interior de 8 mm. Profundidad de 2 mm	Proteger la unión que sucede entre la tuerca y la pieza.	
Tornillo roscado con ranura cruz	Acero inoxidable. Longitud 15 mm.	Unir dos o más componentes.	
Pulsador	4 pines, 12 V, 50 mA, temperatura de funcionamiento de 30 a 80°C	Encender y detener el motor	

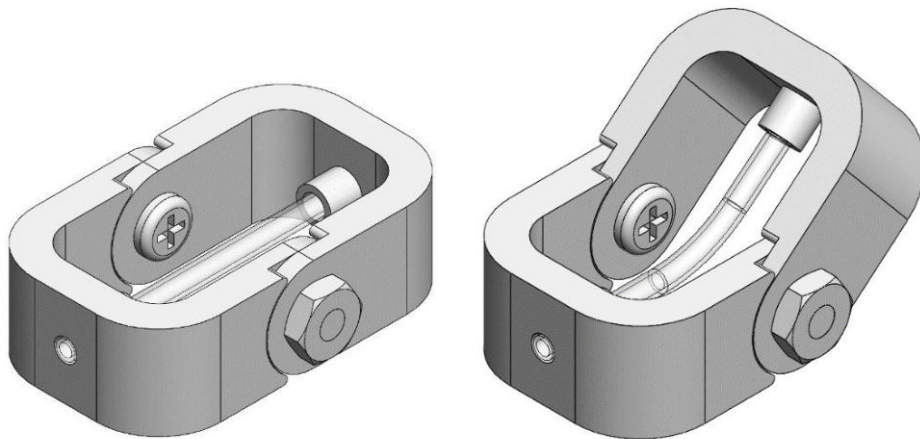
Tabla 19. Descripción de los componentes comprados, parte 1.

Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Varilla roscada	Acero inoxidable. Tamaño de la rosca M8. Longitud de 200 mm.	Servir de eje de giro o sujeción.	
Motor DC	0.4 A, 3 V, 1.2 W y 15000 rpm.	Transformar la energía eléctrica en mecánica para girar los engranajes.	
Porta pilas	Porta pilas plano para pilas LR6 AA de 1.5V	Soporte para pilas para dar energía al motor.	

Tabla 20. Descripción de los componentes comprados, parte 2.

### 9.2.3 Conjunto encargado de soldar filamentos

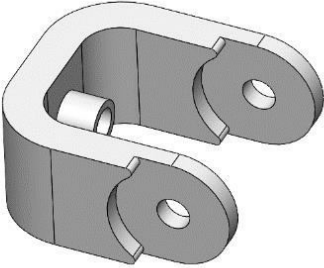
Su funcionamiento es el siguiente: se introducen ambos filamentos con cortes rectos, para mejorar la adherencia, por los agujeros laterales. Después, se aplica una fuente de calor indirecta, como la de un secador de pelo o un mechero. Con un tiempo estimado de 10 segundos, ambos filamentos se habrán unido. El conjunto permite el giro de 180° (90° superiores y 90° inferiores), como se muestra en la figura 99, para permitir la entrada de filamentos que no se pueden doblar con facilidad sin romperse.



*Figura 99. Vista isométrica del soldador de filamento de PLA generada en SolidWorks.*

En la tabla 21 se presenta el componente que ha sido modelado mediante SolidWorks 2023.

Las especificaciones de estos componentes se muestran en el apartado 10. Diseño de detalle.

Componente	Descripción	Figura
Estructura soldador	Son dos piezas con el mismo diseño para que en el caso de rotura se pueda sustituir con facilidad. Tiene cuatro agujeros de métrica 4 mm que alojan el tubo de teflón y la tornillería. Sirve de soporte para el resto de componentes.	

*Tabla 21. Descripción de los componentes del soldador de filamentos.*

A continuación, en las tablas 22 y 23, se presentan los componentes dentro del sistema que han sido comprados.






Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Tubo de teflón	<p>Diámetro interior 1,8 mm y exterior 4 mm. Este material es un gran aislante eléctrico y sumamente flexible, no se altera por la acción de la luz y es capaz de soportar temperaturas desde hasta 270°C. Su cualidad más conocida es la antiadherencia. (Politetrafluoroetileno, 2022).</p>	<p>Servir de guía para que ambos filamentos se encuentren y se puedan combinar.</p>	
Tuerca hexagonal	<p>Acero inoxidable con acabado plano. Rosca M4. Anchura 10 mm.</p>	<p>Ajustar y sujetar elementos del ensamblaje.</p>	

Tabla 22. Descripción de los componentes comprados, parte 1.



Componente	Especificaciones	Descripción	Figura
Muelle		Un muelle que se sitúa por encima del tubo de teflón cuya función es ayudar a transmitir el calor por su superficie.	
Arandela plana	Acero inoxidable con acabado plano.  Diámetro exterior de 8 mm, diámetro interior de 4 mm.	Proteger la unión que sucede entre la tuerca y la pieza.	
Tornillo roscado con ranura en cruz	Acero inoxidable.  Rosca M4. Longitud 8 mm.	Unir dos o más componentes.	

*Tabla 23. Descripción de los componentes comprados, parte 2.*

### 9.3 Justificación técnica de los materiales escogidos

En este apartado se escogerán los materiales para la fabricación de los componentes de los conjuntos mostrados, describiendo sus características.

ABS. Este material se empleará para la fabricación de la carcasa superior. Como se ha visto en el **capítulo 3. Antecedentes**, este es un polímero fuerte, tenaz y fácil de moldear, además de que puede ser reciclado y tiene gran resistencia a impactos. No se ha escogido el PLA como material debido a que es un polímero que tiene una temperatura máxima en servicio menor a la que ofrece el ABS, de la misma manera sucede con el punto de fusión. Por otra parte, es un material que permite su impresión 3D si el volumen es lo suficientemente grande como para alojar la pieza.

PLA. Este material se empleará para la fabricación de: rueda reguladora, el soporte del motor, la rejilla de ventilación, la tolva exterior, la cubierta de la tolva, depósito de viruta, sujeción del potenciómetro, el soldador de filamento y el conjunto de la recogida de filamento. Al ser piezas diseñadas para que se permita su fabricación en 3D, es importante señalar que se podrían imprimir tanto en ABS como en PET. Se ha escogido el PLA porque se considera el más sencillo de entender y de imprimir.

Aluminio. Este material se empleará para la fabricación de: pieza unión roscada, el bloque calefactor y perfil aluminio roscado.

Acero inoxidable. Este material se empleará para la fabricación de la carcasa inferior.

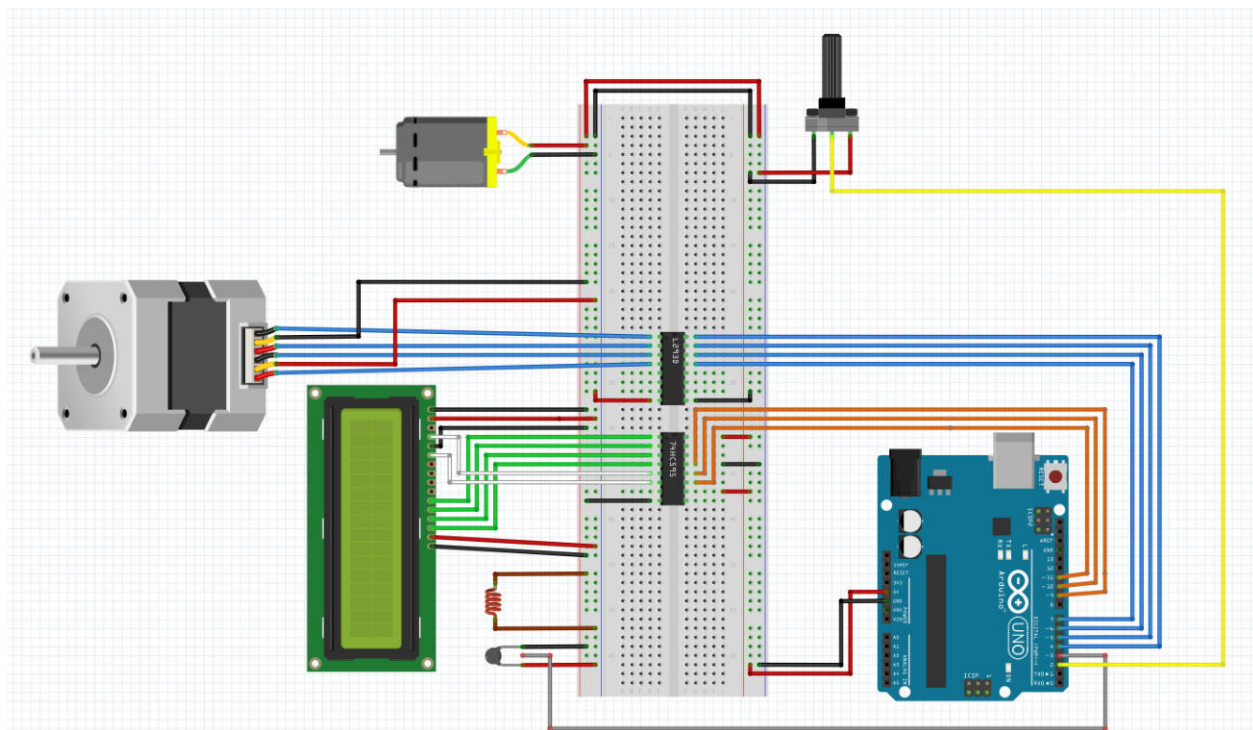
#### **9.4 Consideraciones**

En este apartado se mencionan aquellos detalles importantes o escenarios hipotéticos que escapen del ámbito de estudio o que no se han desarrollado en su totalidad.

En primer lugar, se ha considerado importante señalar que sería necesario un análisis CFD (dinámica de fluidos computacional), ya que al generar altas temperaturas se debe procurar que no se genere un sobrecalentamiento deteriorando algún componente. Este análisis permite producir predicciones cuantitativas de fenómenos de flujo de fluidos basadas en las leyes de conservación (conservación de masa, impulso y energía) que rigen el movimiento de fluidos (ESSS, 2023).

A continuación, se considera reforzar la estructura del perfil cilíndrico debido a que, al alojar una broca que gira con componentes en su interior, se podrían presentar fuerzas de torsión, deformando el conjunto con la posibilidad de presentar alguna rotura.

Por otra parte, se ha considerado realizar un esquema eléctrico y electrónico, como se observa en la figura 100, del sistema encargado de fundir la viruta triturada. Este esquema ha sido generado en un programa de diseño electrónico (Fritzing, 2017). Debido a que durante la carrera de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos se ha explorado de manera superficial este tipo de esquemas con arduino, se ha considerado recibir ayudas de corrección por parte de un docente de la escuela que imparte materia relacionada para tratar de ser lo más riguroso y correcto posible.



*Figura 100. Vista generada mediante el software Fritzing.*

El funcionamiento teórico del esquema mostrado en la figura X es el siguiente: cuando se enciende el interruptor del producto, se enciende la pantalla LCD. Esta muestra tres opciones. Con un botón pulsador y potenciómetro (integrado), te deja variar las siguientes opciones:

- Temperatura: El termistor permite determinar la temperatura ambiente hasta un máximo de 300°C. Cuando se aumenta la temperatura con el potenciómetro, esta manda una señal al cartucho calefactor, comenzando el funcionamiento.
- Velocidad del ventilador.
- Velocidad del motor paso a paso.

Estas han sido las funciones consideradas para que el sistema funcione de forma óptima. En la tabla 24 y 25. se indican los componentes empleados, así como su función.


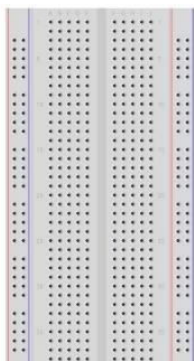
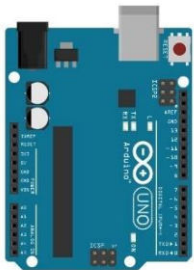


Componente	Imagen	Descripción
Potenciómetro pulsador		Su pulsador te permite seleccionar. Regular la temperatura, velocidad del motor paso a paso y del ventilador.
Placa de inserción		Unir mediante cables de conexión los distintos componentes electrónicos.
Arduino UNO (REV3)		Mediante un código de programación, sirve para poder interactuar de manera física o digital con los distintos componentes.
Motor DC		Es el ventilador del conjunto fundidor de viruta.
Motor paso a paso		Es el motor encargado de hacer girar la broca, avanzando la viruta por el sistema.

Tabla 24. Explicación de los componentes empleados para el esquema electrónico, parte 1.

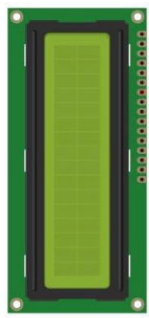
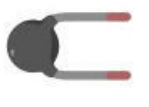

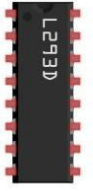
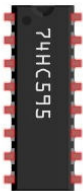
Componente	Imagen	Descripción
Pantalla LCD		Permite mostrar en forma de texto información que llega a través de otros componentes.
Termistor LM35		Es un detector de temperatura de límite 300°C.
Componente calefactor		Es el componente que se encarga de fundir la viruta triturada.
SO16 SMD		Es una pieza que permite extender las uniones con los cables electrónicos.
THT L29D3		Es un componente necesario para el funcionamiento del motor paso a paso.

Tabla 25. Explicación de los componentes empleados para el esquema electrónico, parte 2.

Por último, al contar con un componente como es Arduino UNO (REV3), es necesario realizar un código de programación para integrar todos los componentes. Este código es de licencia abierta y se ha obtenido mediante Freenove. Es una organización que proporciona kits para aprender programación y electrónica, compatibles con Arduino. (Freenove, 2016). Se ha considerado relevante incluirlo para los componentes más importantes dentro del sistema: el motor paso a paso, el ventilador, el sensor de temperatura y el potenciómetro.

El siguiente código controla la velocidad del motor mediante el giro de un potenciómetro.

```
Servo myservo;
```

```
int servoPin = 3;
```

```
int potPin = 0;
```

```
int potVal;
```

```
void setup() {
```

```
    myservo.attach(servoPin);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    potVal = analogRead(potPin);
```

```
    potVal = map(potVal, 0, 1023, 0, 180);
```

```
    myservo.write(potVal);
```

```
}
```

El siguiente código es para detectar la temperatura ambiente mediante un sensor de temperatura LM35.

```
void setup() {  
  
  Serial.begin(9600);  
  
}  
  
void loop() {  
  
  int lmVal = analogRead(A0);  
  
  float temVal = (float)lmVal / 1023.0 * 5.0 / 0.01;  
  
  Serial.print("Current temperature is: ");  
  
  Serial.print(temVal);  
  
  Serial.println(" C");  
  
  delay(500);  
  
}
```



El siguiente código controla la velocidad y giro del ventilador mediante un potenciómetro. Cuando el potenciómetro varía, la velocidad aumentará. Si el potenciómetro se desvía del potenciómetro de un extremo a otro, la dirección de rotación del motor es diferente.

```
Servo myservo;

int servoPin = 3;

int potPin = 0;

int potVal;

void setup() {

  myservo.attach(servoPin);

}

void loop() {

  potVal = analogRead(potPin);

  potVal = map(potVal, 0, 1023, 0, 180);

  myservo.write(potVal);

  delay(15);

}
```

## **Capítulo 10. Generación de maquetas y prototipos**

En este apartado se explicará el proceso de fabricación de los componentes para las maquetas y los prototipos, para asegurar que las tolerancias geométricas son las adecuadas para su posterior montaje y pruebas.

### **10.1 Proceso de fabricación de los componentes para maquetas y prototipos**

Las piezas diseñadas en SolidWorks serán fabricadas mediante una Creality Ender-3. Las piezas serán exportadas en un formato STL y se transformará en el software Ultimaker Cura en .Gcode, extensión de archivo que permite la lectura para su impresión. Este programa permite estimar el peso de la impresión en función de la cantidad de material empleado, así como el tiempo de fabricación. Además, permite variar otros parámetros, como la cantidad de soportes que se utilizarán o la velocidad del cabezal de extrusión, entre otros.

Los parámetros empleados para todas las piezas impresas son los siguientes:

- Altura de capa de 0.2 mm. Una altura mayor produce que el tiempo se vea reducido, pero la calidad empeora.
- Densidad de relleno del 20%, con un patrón cúbico.
- Velocidad de impresión de 60 milímetros por segundo. A mayor velocidad menor tiempo de impresión, pero puede ocurrir que las capas no se rellenen correctamente.
- Velocidad del ventilador del 100%, para asegurar un correcto flujo de impresión.
- Los soportes serán personalizados para cada pieza, para evitar caídas de material.
- El método de adhesión a la cama caliente será de falda, esto crea un perímetro alrededor de la pieza a imprimir para asegurar su sujeción.
- El resto de parámetros serán introducidos por defecto según el criterio del software.

En la figura 101 se muestra el configurador del programa Ultimaker Cura después de introducir un archivo, donde se puede observar el peso, tiempo estimado, metros de filamento empleados, entre otros.

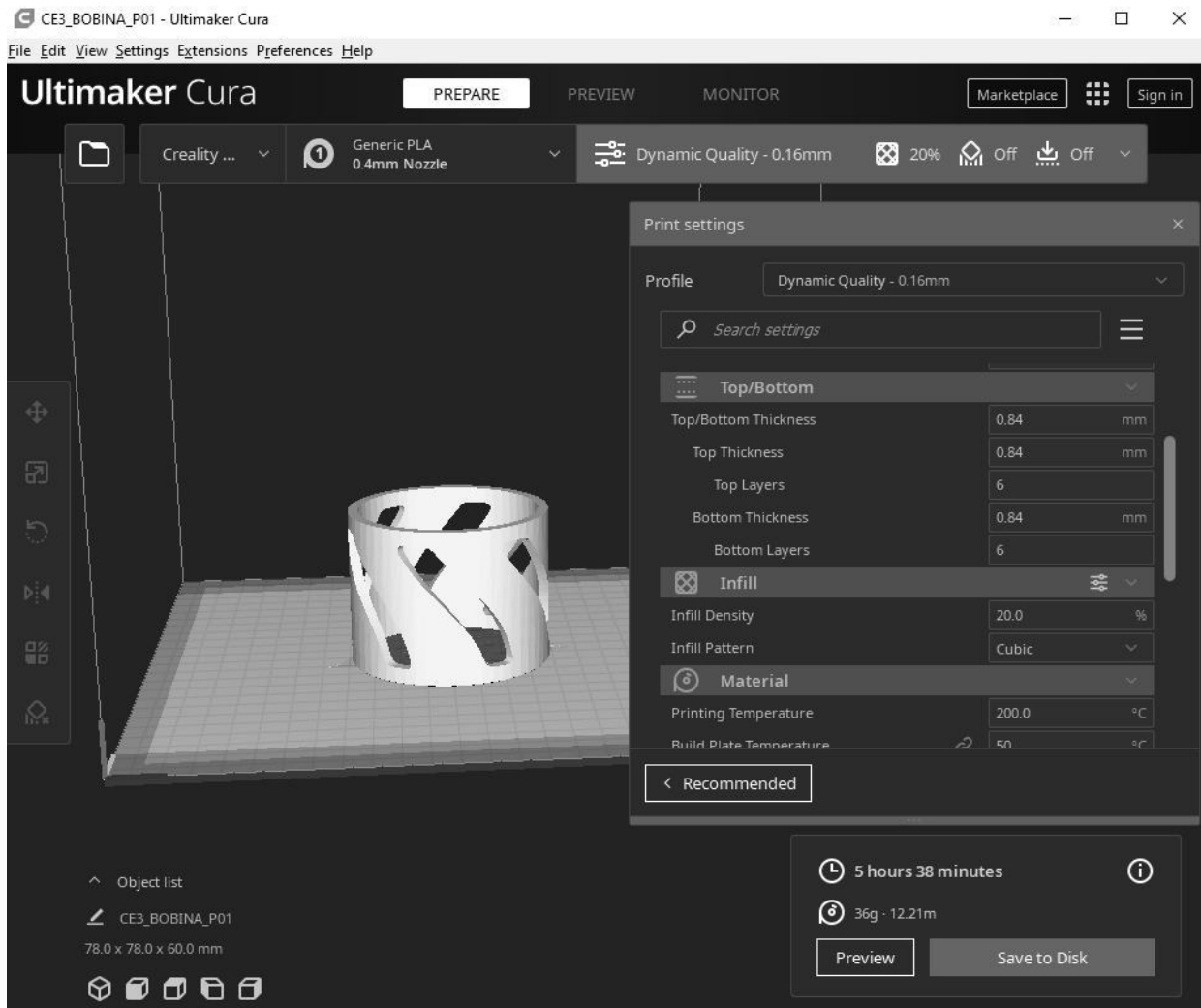
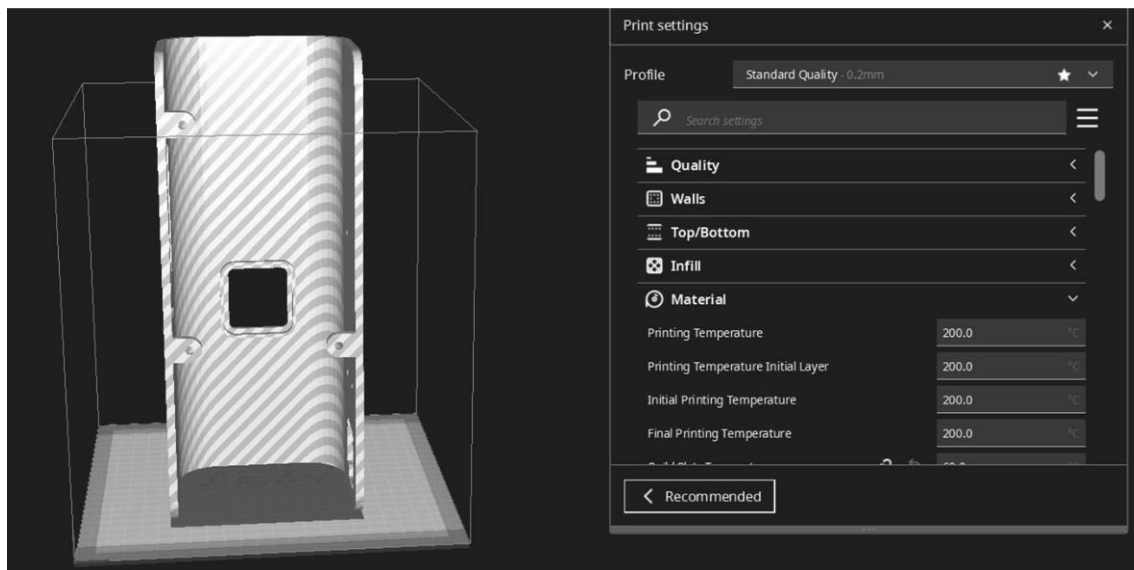


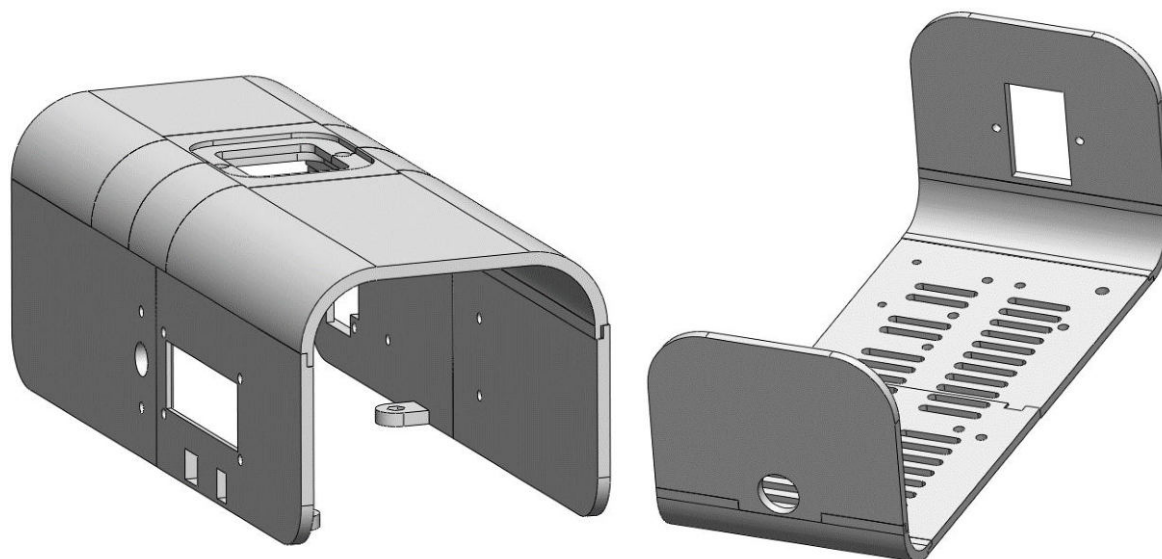
Figura 101. Pantalla del software Ultimaker Cura.

Debido a que la carcasa superior e inferior tienen un tamaño superior al volumen de impresión, mostrado en la Figura 102, se considera necesario segmentar estas piezas para su fabricación. Esto es únicamente para la generación de las maquetas y prototipos.



*Figura 102. Carcasa superior, con un tamaño superior al volumen de impresión*

La carcasa inferior se dividió en 6 piezas y la superior en 8 piezas, mostrado en figura 103.



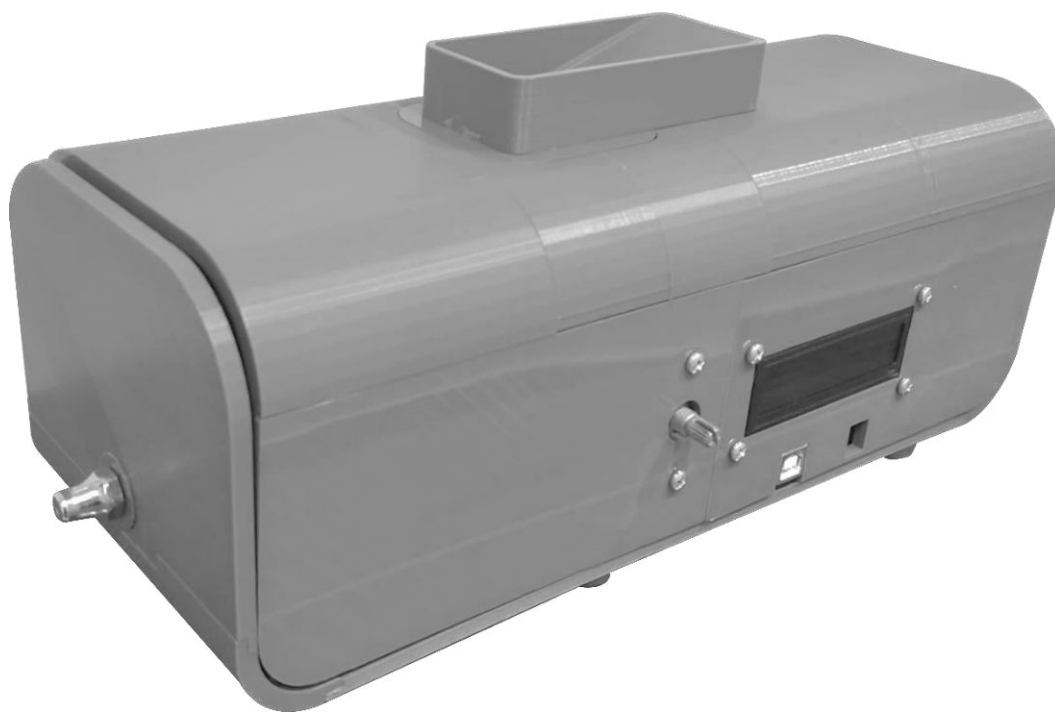
*Figura 103. carcasa superior e inferior divididas para su impresión*

## 10.2 Ensamblaje de los componentes

En este apartado se incluirá el proceso del montaje de los ensamblajes y se documentarán los fallos que han podido surgir.

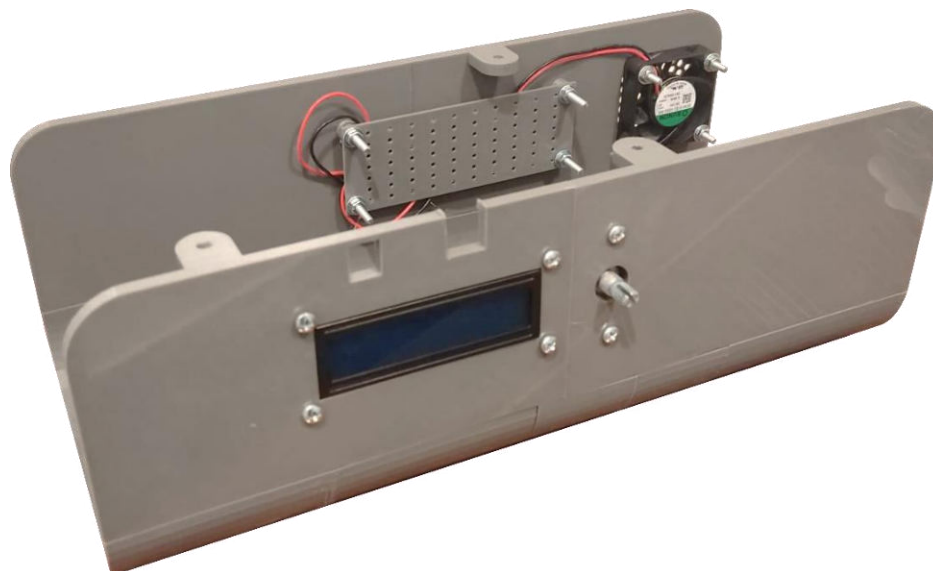
### 10.2.1 Ensamblaje del extrusor de filamento

En la figura 104 se muestra la maqueta y montaje relativo al extrusor de filamento fabricado mediante impresión 3D. Requiere un orden específico de introducción de piezas debido a que es un sistema bastante compacto.



*Figura 104. Ensamblaje del extrusor de filamento*

En primer lugar, se deben instalar los componentes de la carcasa superior, que son: la pantalla LCD, el botón potenciómetro, el ventilador y la placa PCB, como se muestra en la figura 105.



*Figura 105. montaje carcasa superior*

Inicialmente, la placa Arduino correspondía a la anterior lista, pero si se hace de esta manera, la placa colisiona con la broca, impidiendo su ensamblaje. Si primero se introduce la placa Arduino, y después la carcasa superior, continúa colisionando como se muestra en la figura 106.



*Figura 106. Colisión entre la carcasa superior y la placa PCB, atornillada al conjunto inferior.*

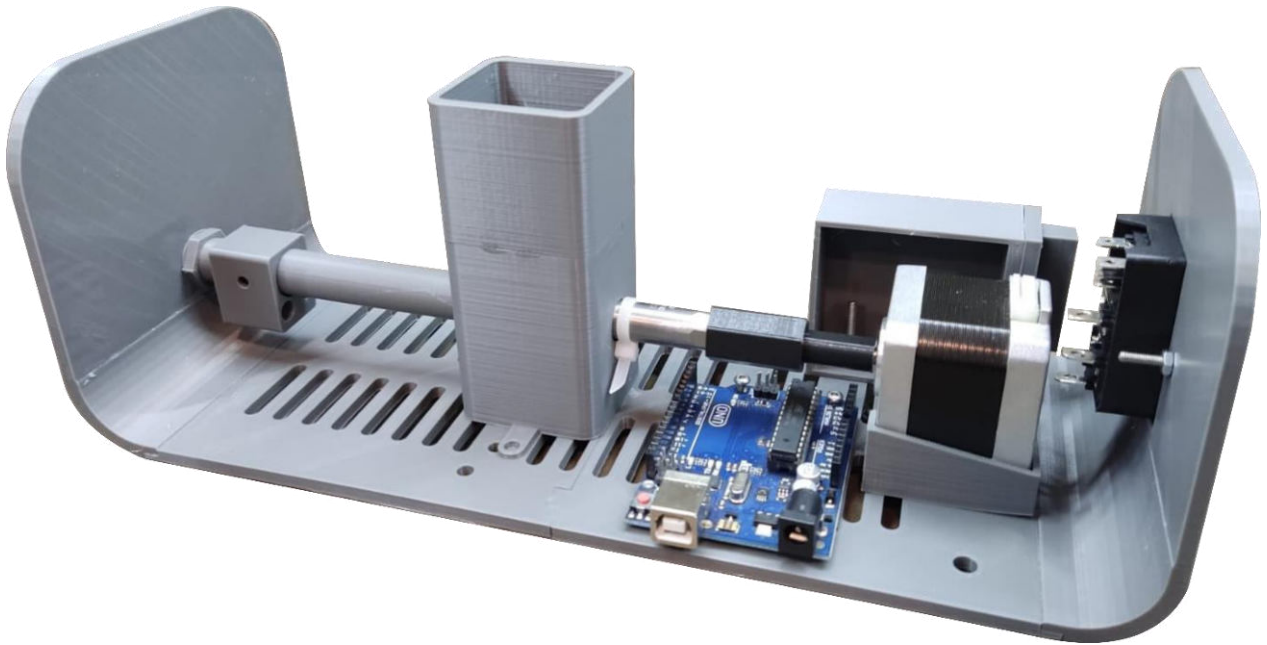
Para solucionar el problema anteriormente mencionado, en la figura 108 se muestra la carcasa superior bien encajada con la placa Arduino. Para ello, se ha extraído del conjunto el rectángulo inferior con tal de que pueda entrar sin problemas. Esto llevará a modificar el plano correspondiente a la carcasa superior.



*Figura 107. Placa arduino y carcasa superior*

El montaje de la carcasa inferior sería el mostrado en la figura 108. Se señala la importancia de realizar el montaje de la siguiente forma. Primero, la placa Arduino, fuente de alimentación y soporte motor. Posteriormente, se introducirá el cabezal extrusor con su acople, se atornillará al bloque calefactor y al perfil. A continuación, se introducirá el aislante con el depósito de viruta. Una vez hecho, se introduce la broca berbiquí hasta que se encuentre con el cabezal extrusor, se acopla la unión con el motor y se atornilla. Finalmente se introducirá y se atornillará el conector con pulsador. Se ha observado que el depósito de viruta no es necesario atornillarlo a la carcasa inferior, ya que la carcasa superior bloquea su movimiento.

Por otra parte, se realizará el diseño de una abrazadera para situarlo en la parte de la broca visible para evitar que trozos de viruta salgan del depósito, además de asegurar más el bloqueo del depósito.



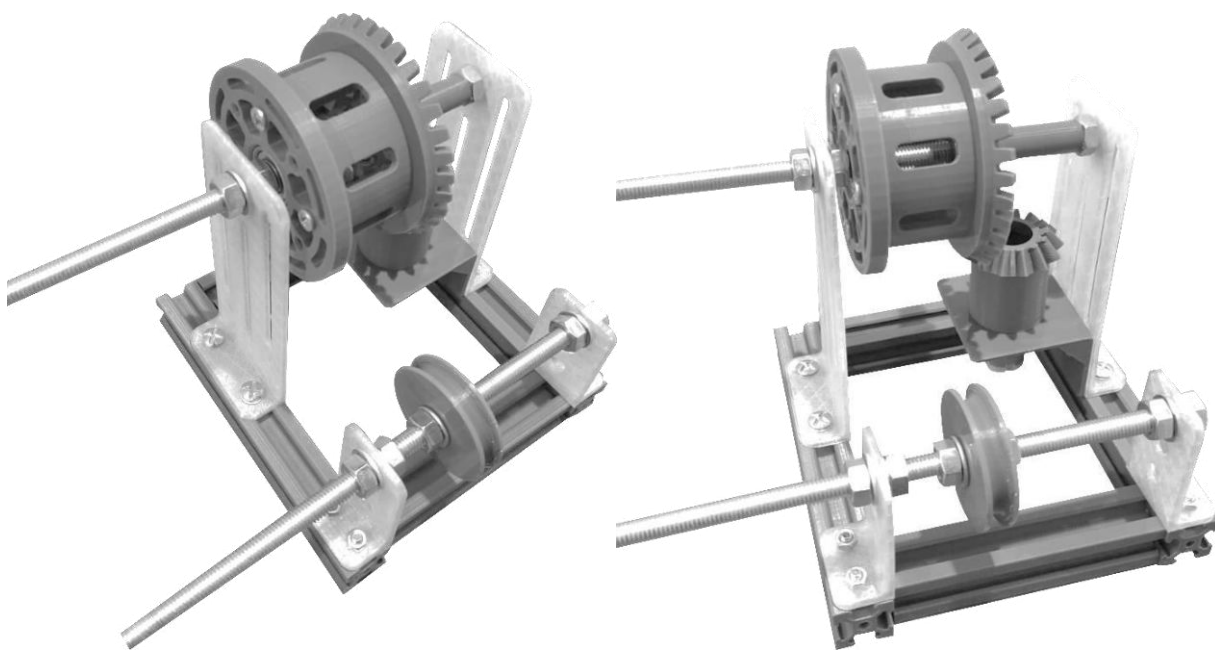
*Figura 108. Montaje carcasa inferior*

A modo de conclusión, se han anotado los fallos identificados para corregirlos y mejorar así el sistema. Las tolerancias y las uniones son las correctas, pero en las diversas figuras anteriormente mostradas se identifica que en las carcasas hay espacios o que no encaja completamente, como se muestra en la figura 104. Es debido a que, al haber impreso las carcasas en diversas partes debido a las dimensiones máximas de la impresora 3D empleada, el error se acumula hasta mostrarse. Se debe modificar el modelo de la carcasa superior y se debe modelar una abrazadera para la broca. Con lo anteriormente mostrado, se considera que la maqueta es adecuada para el objetivo que se había propuesto.



### 10.2.2 Ensamblaje de la recogida de filamento

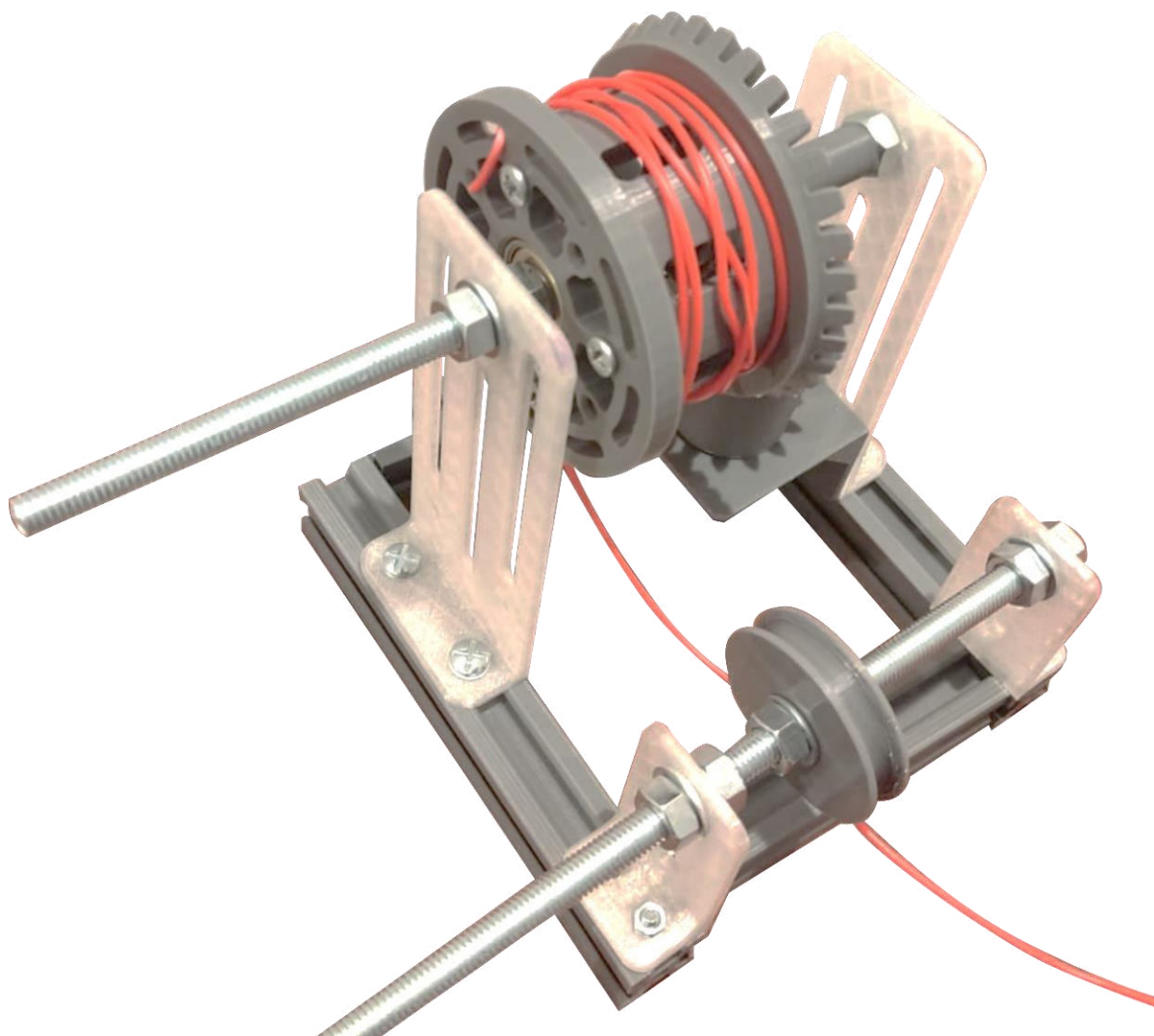
En la figura 109 se muestran el prototipo y el conjunto encargado de enrollar el filamento en la bobina en diversas perspectivas. Los perfiles laterales grandes se mueven ligeramente hacia los lados y se pandea debido al peso que ejercen los componentes. Se podría solucionar realizando una triangulación en el conjunto para otorgar estabilidad y resistencia o aumentando el espesor del perfil. Esto no sucede con los pequeños debido a que no soportan la misma masa.



*Figura 109. Ensamblaje de la recogida de filamento*

La figura 110 muestra el filamento siendo enrollado en la bobina, donde se aprecia que el principio del filamento ha sido enganchado en un lateral de la bobina. Estos agujeros no tenían esa funcionalidad, siendo las ranuras centrales las encargadas, pero no se podía sujetar de forma correcta. Se observa que el cojinete que sirve de guía es un componente que no es necesario.

Los engranajes cónicos son útiles porque transmiten correctamente el movimiento. Al situar el motor en posición vertical, aunque se pueda disponer de un tornillo para sujetarlo en el soporte, se mueve ligeramente provocando que en ocasiones el engranaje se desplace hacia fuera.



*Figura 110. Prueba del filamento siendo enrollado*

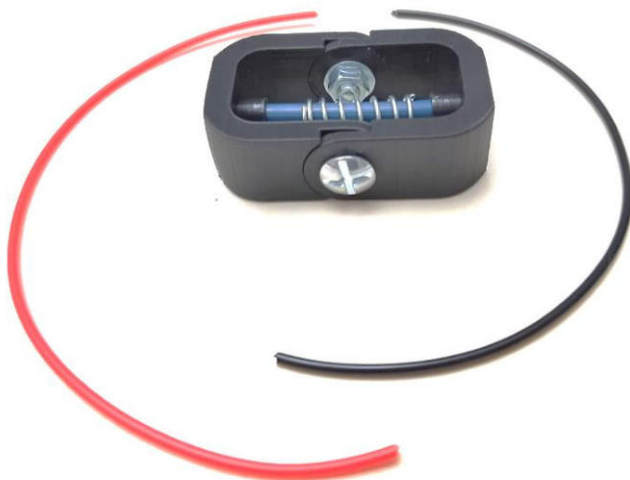
Finalmente, se pensó que sería más sencillo retirar la bobina del conjunto, pero en la práctica, al haber varios tornillos que desatornillar para desmontar, hace que prácticamente se tenga que desmontar el conjunto entero para poder retirarlo.

A modo de conclusión, el conjunto presenta una funcionalidad acorde al objetivo con unos resultados satisfactorios, sin embargo, se realizará un rediseño integral con los fallos observados con el fin de mejorar este producto. El motor se situará en forma horizontal usando un tren de engranajes en lugar de los cónicos. Se mejorará el sistema de agarre del filamento a la bobina, además de eliminar la guía en forma de cojinete. Por otra parte, se tratará de buscar un diseño que tenga concordancia con la extrusora de filamento.

### 10.2.3 Ensamblaje del soldador de filamento

Este conjunto representa el prototipo del soldador de filamento, mostrándose en la figura 111.

El montaje ha sido sencillo y no ha presentado inconvenientes.



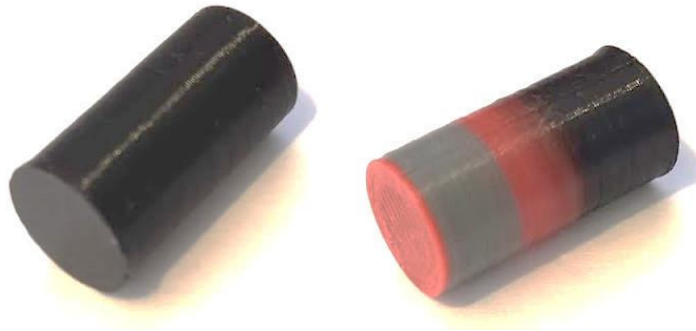
*Figura 111. Prototipo del soldador de filamento.*

A continuación, se explica el funcionamiento del producto. Los filamentos se introducen por los agujeros laterales, como se muestra en la figura 112. Mientras se hace presión, se incide una fuente de calor en la zona del muelle para producir que los filamentos se calienten para unirse. En la figura X se muestra el resultado.



*Figura 112. Funcionamiento del prototipo del soldador de filamento.*

Para realizar una prueba de este sistema, se usó el software Ultimaker Cura para calcular la longitud en filamento de un cilindro modelado en Solidworks, posteriormente se unieron más filamentos hasta dar con la longitud y se usó para imprimir el modelo, mostrándose en la figura 113.



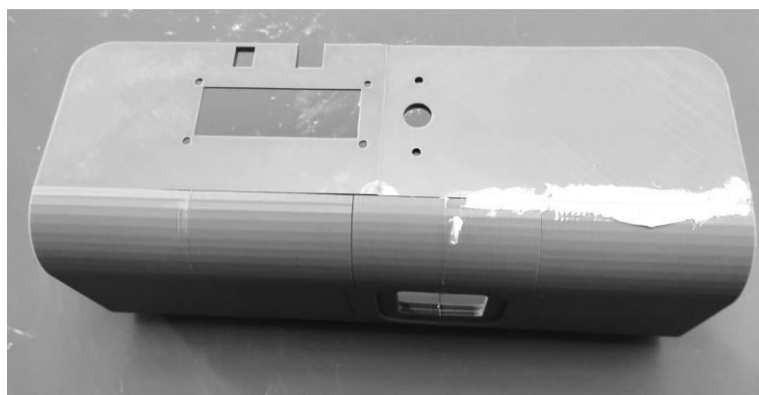
*Figura 113. Modelo de control y modelo impreso con diversos filamentos*

A modo de conclusión, el objetivo del soldador, que es unir filamentos para obtener uno de mayor longitud, cumple de forma muy satisfactoria el objetivo planteado. Además, permite imprimir piezas con mayores dimensiones, en lugar de desechar directamente estos trozos pequeños de filamentos. Como puntos a mejorar, se podría hacer el conjunto ligeramente más grande para facilitar el uso o mejorar el sistema de transmisión de calor.

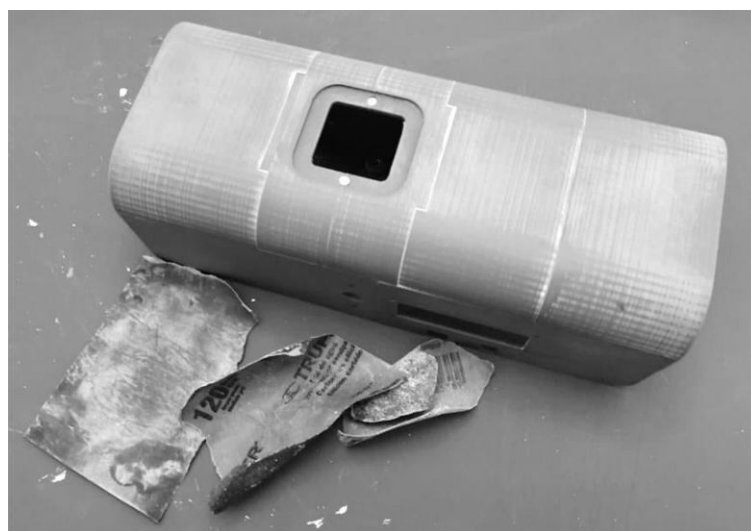
#### 10.4 Postprocesado de las impresiones

A continuación, se muestra el proceso de masillado, lijado e imprimado de la carcasa superior e inferior para tratar de disimular las juntas entre los componentes impresos. Estos procesos se realizan para mejorar la apariencia final de los ensamblajes.

En la figura 114 se muestra el proceso de masillado de las juntas de la carcasa superior. En la figura 115 se muestra el lijado con una de gránulo 200, después, con una de 80.

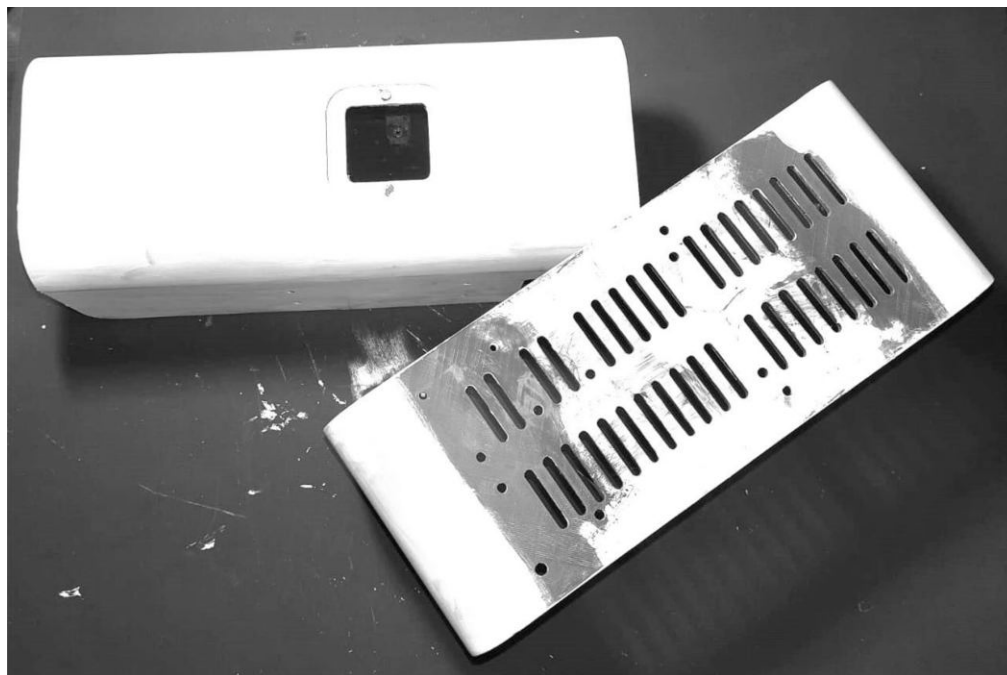


*Figura 114. Masillado de la carcasa superior*



*Figura 115. Lijado de la carcasa superior*

En la figura 116 se muestra el proceso de imprimado que se ha dado a la carcasa superior e inferior. Posteriormente se realizará el último pintado de los componentes.



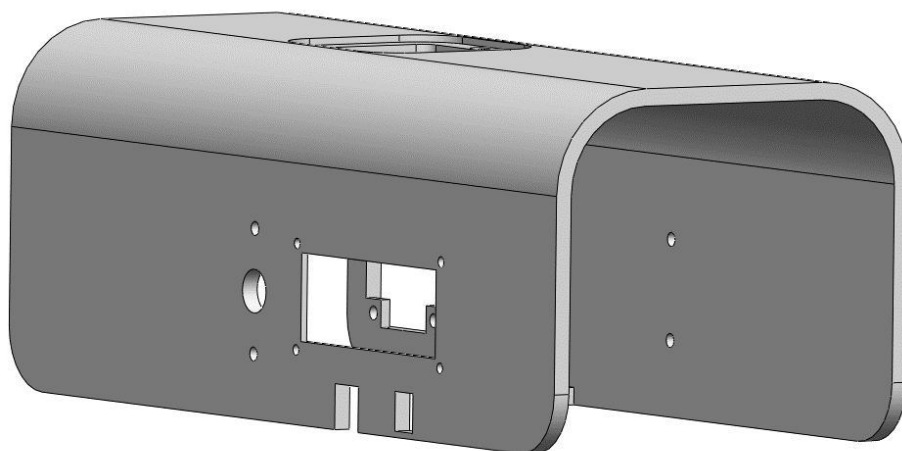
*Figura 116. Proceso de imprimación de las carcasas.*

## Capítulo 11. Mejoras en los sistemas

A continuación, se muestran los cambios significativos que se han implementado en los sistemas que así lo requieren con tal de mejorar la experiencia de uso y del usuario.

### 11.1 Mejora en el extrusor de filamento

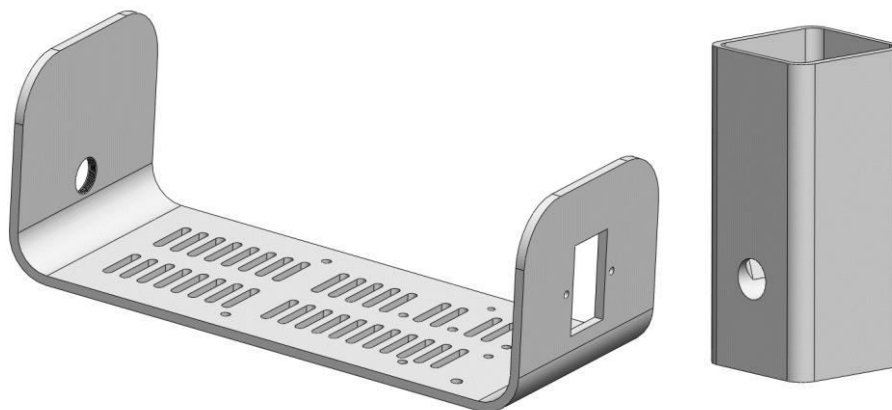
En primer lugar, se ha realizado un corte por uno de los agujeros donde se introducía la placa Arduino, como se muestra en la figura 117.



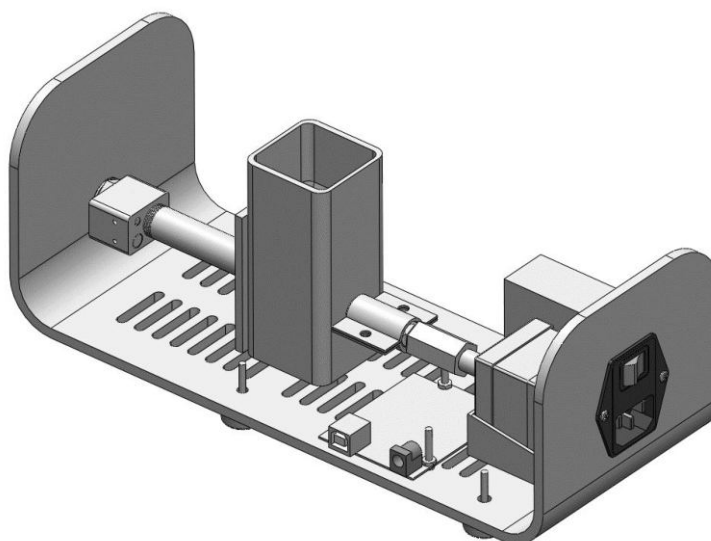
*Figura 117. Corte en la carcasa superior*



En la carcasa inferior y en el depósito de la viruta se han eliminado los agujeros donde se introducían los tornillos, como se muestra en la figura 118, para realizar la unión mediante una abrazadera situada en la broca berbiquí, que se muestra en la figura 119.



*Figura 118. Carcasa inferior y depósito de viruta sin agujeros*

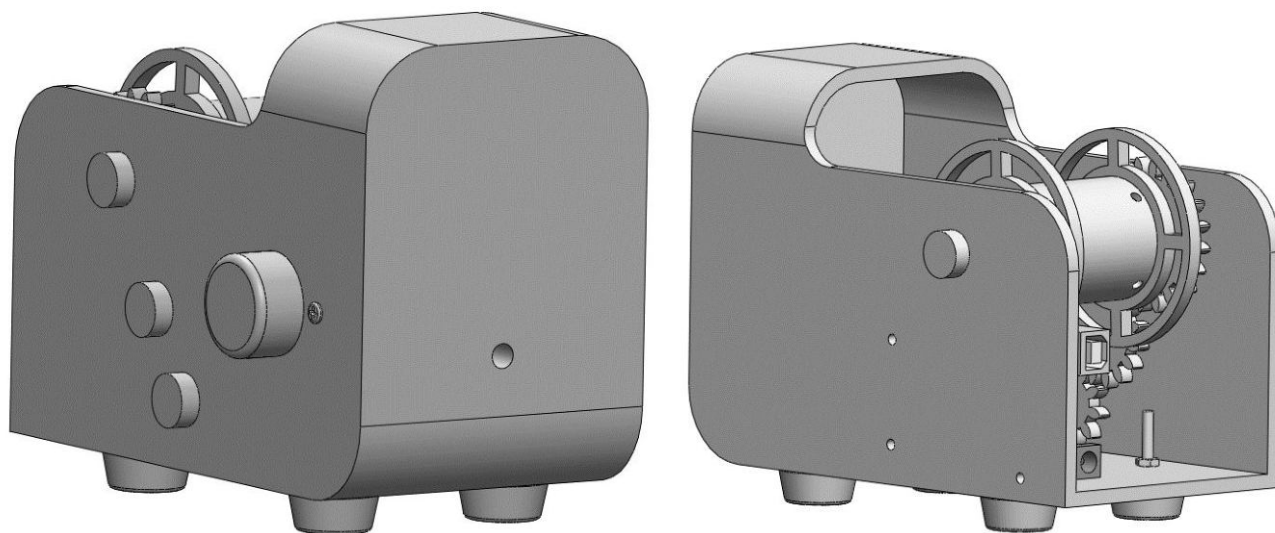


*Figura 119. abrazadera en broca'*

Con lo anteriormente expuesto, se considera que se han realizado mejoras significativas tomando como base la realización de una maqueta a escala real.

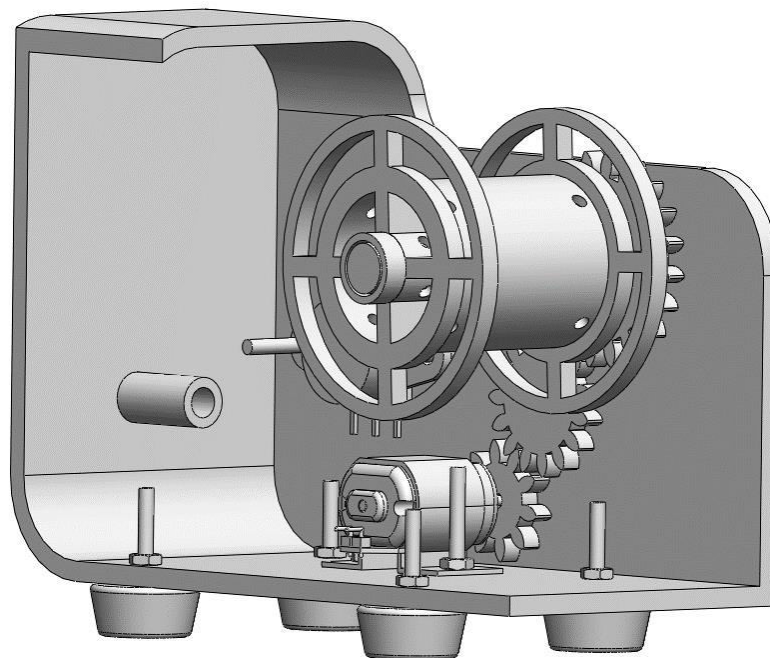
## 11.2 Mejora en el conjunto que recoge el filamento

En primer lugar, como se muestra en la figura 120, se propone un diseño más acorde a la extrusora diseñada. En la figura mostrada también se observa el cambio de los engranajes, también modelados gracias a Toolbox de Solidworks, y de la posición del motor, así como la eliminación del cojinete que servía de guía. Por otra parte, se ha cambiado la forma en la que se engancha el filamento a la bobina, así como la forma en la que se retira.



*Figura 120. Sistema de recogida de filamento mejorado*

La prueba que se mostró en la figura 121 se realizó con un filamento con un espesor constante. En un sistema que extruye polímero, debido a que puede haber diferencia dimensional entre los gránulos o virutas trituradas, se puede dar el caso de que no siempre se consiga extruir el filamento a una velocidad constante. Por tanto, que la bobina gire siempre a una velocidad constante podría generar una diferencia en el diámetro del filamento. Para ello, se propone la incorporación de un potenciómetro que permite variar la velocidad del motor. Es necesario incluir Arduino para introducir el código que permita su funcionamiento. Se ha contemplado la incorporación de un sensor que sea capaz de medir el diámetro del filamento y, en función del resultado, que dé más velocidad o menos al motor. No se ha incorporado dado que, o son de grandes dimensiones, o son sensores demasiado sofisticados que requieren de un conocimiento del que no se dispone. De la misma manera, se han eliminado varillas roscadas para realizar los ejes de giro mediante impresión 3D, como se muestra en la figura 118.



*Figura 121. Vista de sección del conjunto.*

Finalmente, se ha eliminado el suministro eléctrico mediante pilas ya que no se recomienda alimentar un Arduino mediante este sistema. Se usarán los cables mostrados en la figura 122 para conectar el sistema.



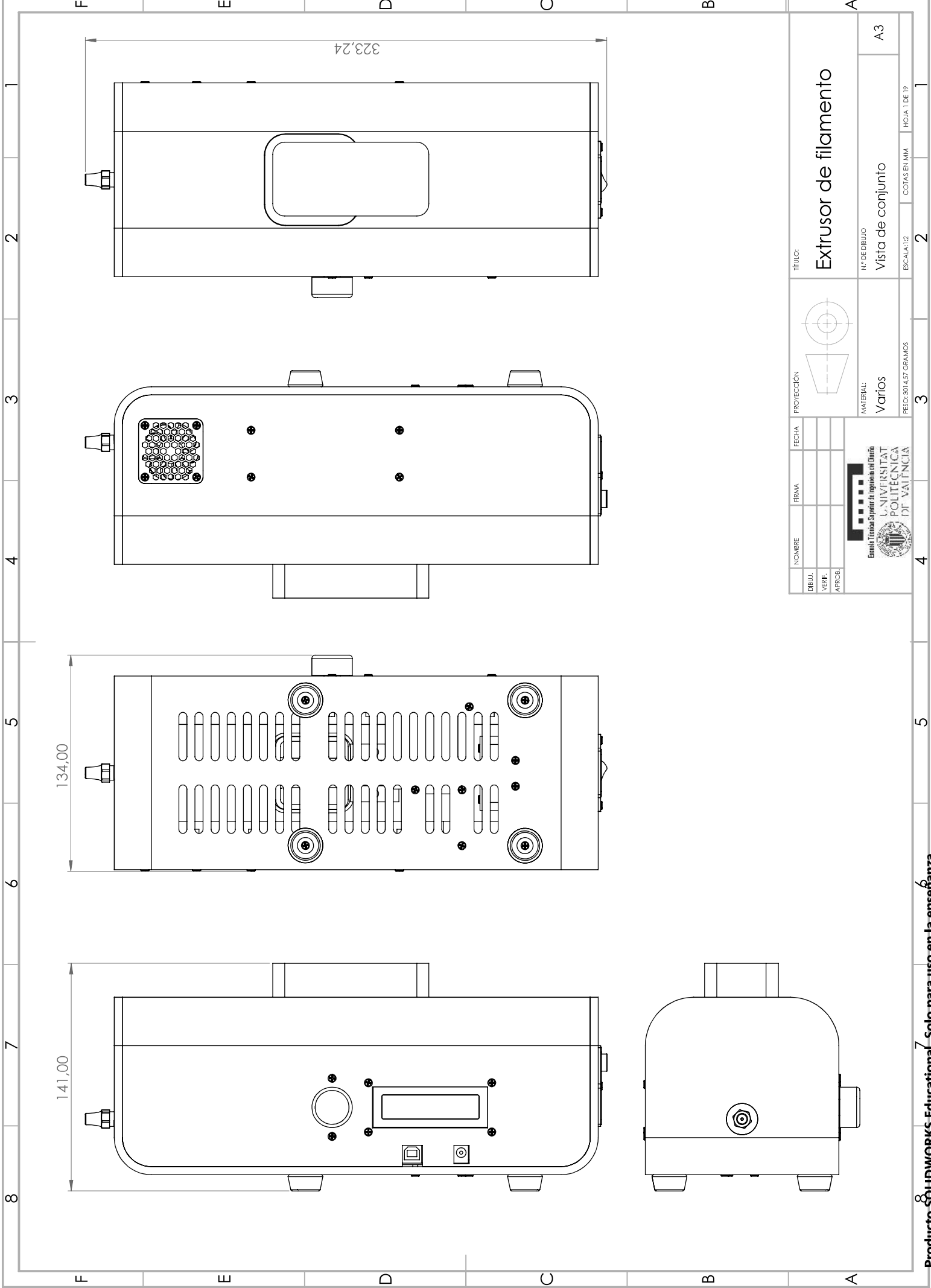
*Figura 122. Cable alimentación arduino. Youmile, s. f.*

Cuando se alimenta un circuito remoto, se dan problemas para encontrar una batería que proporcione el voltaje y la corriente adecuados. La duración o capacidad de la batería es una medida de la carga total que contiene la batería. La capacidad de una batería se suele clasificar en amperios-hora (Ah) o miliamperios-hora (mAh), y te indica cuántos amperios puede suministrar una batería completamente cargada en un período de una hora. Por ejemplo, una batería de 2000mAh puede suministrar hasta 2A (2000mA) durante una hora. (Proyectos con Arduino, s. f).

Con lo anteriormente expuesto, se considera que se ha conseguido mejorar el sistema de forma significativa. No se considera necesario realizar una tabla donde explicar los componentes porque la estructura es similar.

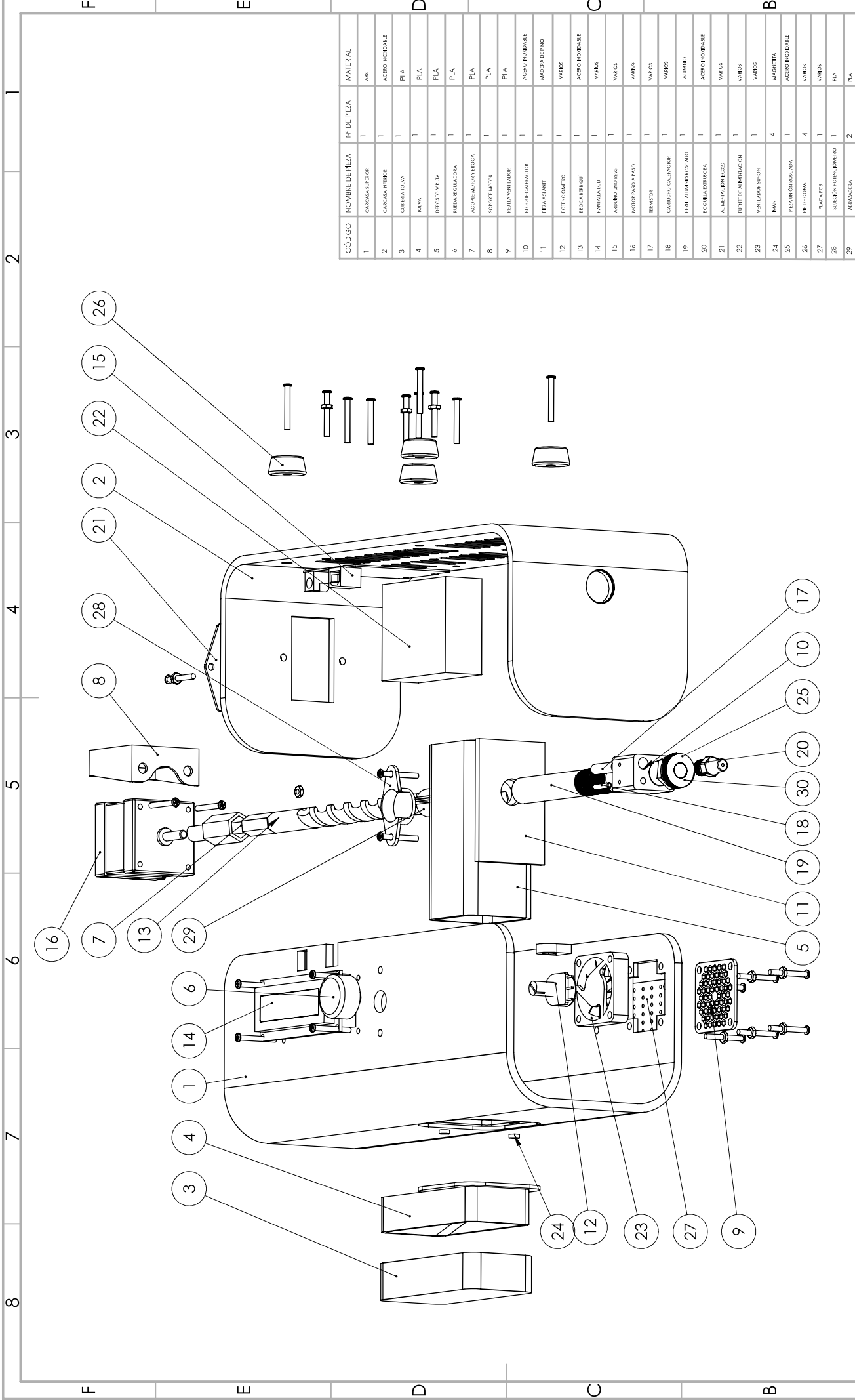
## **Capítulo 12. Diseño de detalle**

A continuación, se presentan los planos normalizados de los conjuntos mencionados. Para su realización, se ha consultado la norma UNE-EN ISO 3098-1:2015, que establece los requisitos generales para la documentación técnica de proyectos. En ellos se incluye información como los conjuntos y subsistemas, materiales, peso y otros detalles. Los componentes electrónicos y eléctricos u otros elementos comprados no se acotarán, pero sí se incluirán en los ensamblajes.



DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								A3	
								MATERIA:	
								Varios	
								PESO: 3014,57 GRAMOS	
								ESCALA: 1:2	
								2	
								COTAS EN: MM	
								HOJA 1 DE 19	
								1	





CÓDIGO	NOMBRE DE PIEZA	Nº DE PIEZA	MATERIAL
1	CARCAA SUPERIOR	1	ABS
2	CARCAA INFERIOR	1	ACERO INOXIDABLE
3	CHUBETA TOVA	1	PLA
4	TOVA	1	PLA
5	DEFENSORA	1	PLA
6	BIELA REGULADORA	1	PLA
7	ACOPLE MOTOR Y BIECA	1	PLA
8	SOPORTE MOTOR	1	PLA
9	REJILLA VIBRADOR	1	PLA
10	RODILLO CALEFACTOR	1	ACERO INOXIDABLE
11	PIEZA ABRIANTE	1	MADERA DE PINO
12	POTENCIOMETRO	1	VARIOS
13	BIECA BARRIL	1	ACERO INOXIDABLE
14	PANTALLA LED	1	VARIOS
15	ARROLNO INFERIOR	1	VARIOS
16	MOTOR PASO A PASO	1	VARIOS
17	TRIMMER	1	VARIOS
18	CARTUCHO CALIFACTOR	1	VARIOS
19	PIRI ALUMINIO ROSCADO	1	ALUMINIO
20	RODILLA EXTERIOR	1	ACERO INOXIDABLE
21	ALIMENTACION ESCO	1	VARIOS
22	FIERRE DE ALIMENTACION	1	VARIOS
23	VORTELADOR SIMON	1	VARIOS
24	KWAN	4	LAGHETTA
25	PIEZA UNDA ROSCADA	1	ACERO INOXIDABLE
26	PIE DE GOMA	4	VARIOS
27	PLACAFER	1	VARIOS
28	SUJECCION FORTIFICADORA	1	PLA
29	ARMADURA	2	PLA

TÍTULO: **Extrusor de filamento**

Nº DE DIBUJO: **Vista de explotado**

MATERIAL: **Varios**

FECHA: \_\_\_\_\_

FRIMA: \_\_\_\_\_

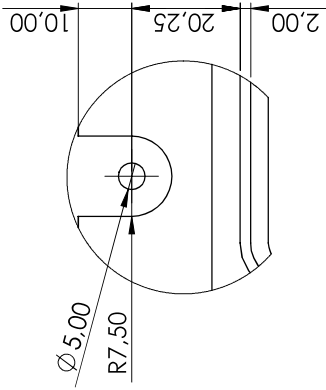
PROYECCION:

ESCALA: 1:2

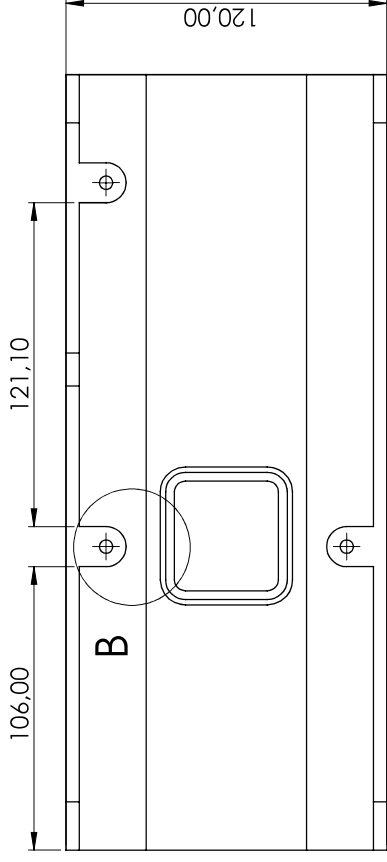
HOJA 2 DE 19

FECHA: 30/4/17 GRAMOS

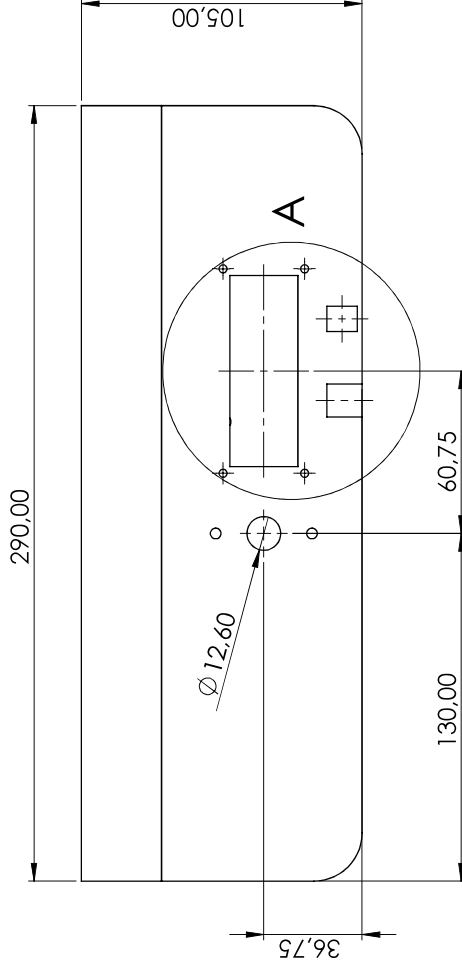
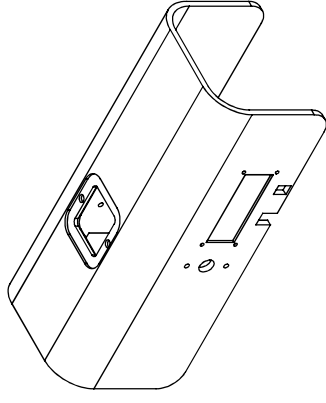
INSTITUCION: **Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA**  
**DE VALÈNCIA**



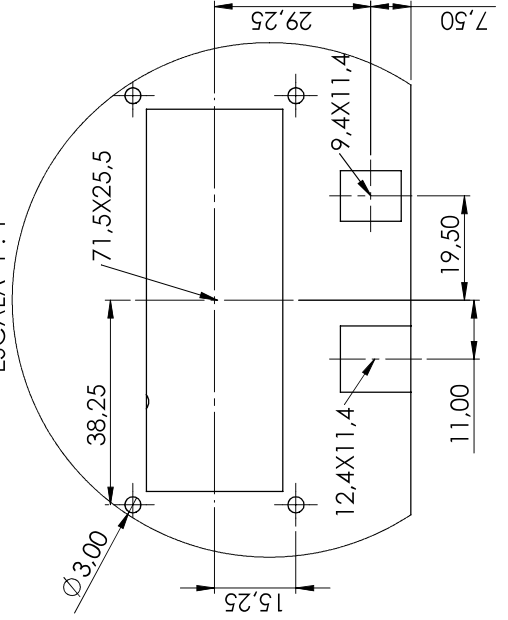
**DETALLE B**  
ESCALA 1 : 1



ESCALA 1:5

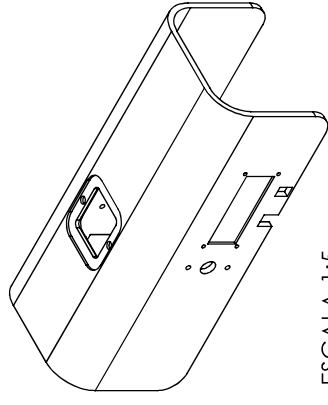


**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 1

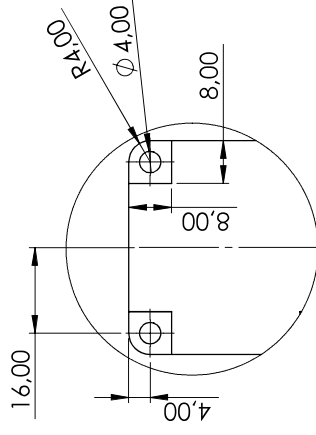
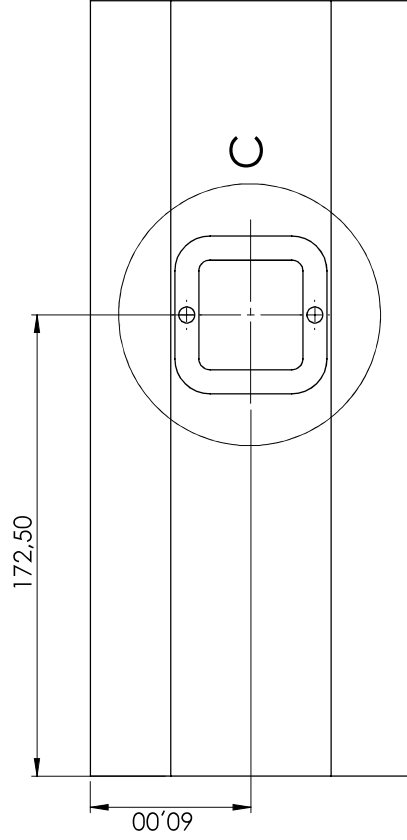
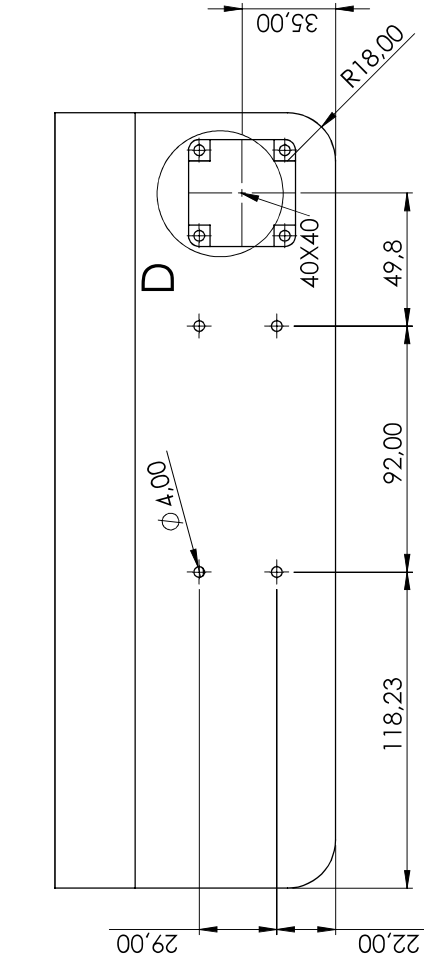


NOMBRE	FRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
DIBUJ.				<b>Extrusor de filamento</b>
VERIF.				Nº DE DIBUJO
APROB.				<b>Carcasa superior (I)</b>
Universidad Politécnica de Valencia INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VALENCIA				MATERIAL:
				<b>ABS</b>
				PESO: 408,12 GRAMOS
				ESCALA: 1:2
				2
				COTAS EN: MM
				HOJA 3 DE 19
				1



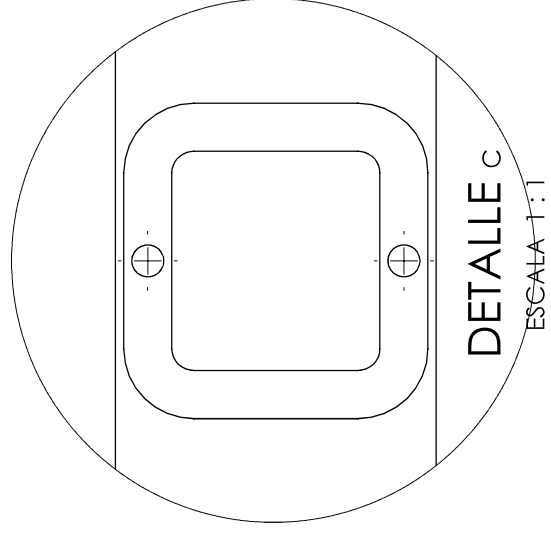


ESCALA 1:5



DETALLE D

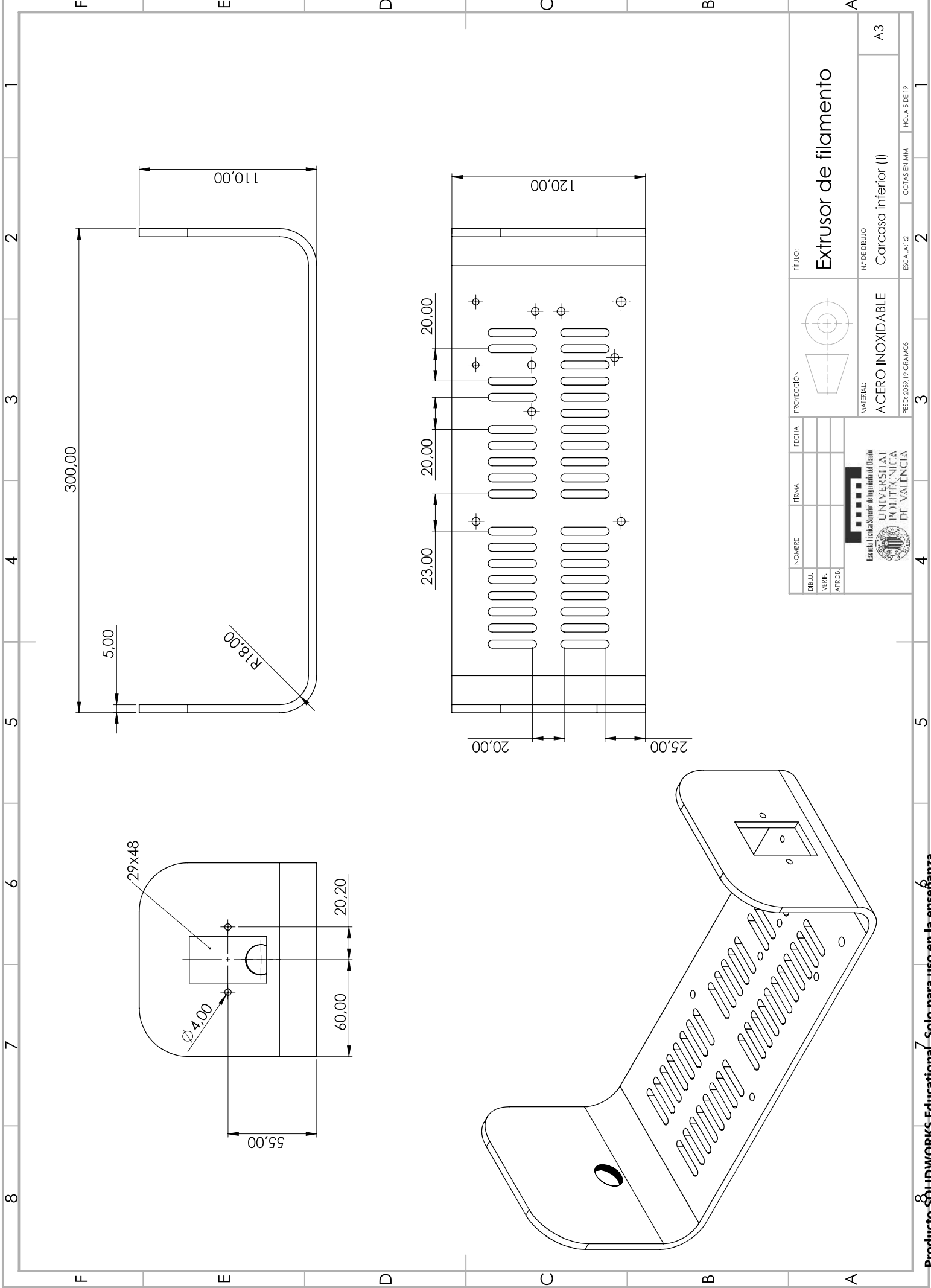
ESCALA 1:1



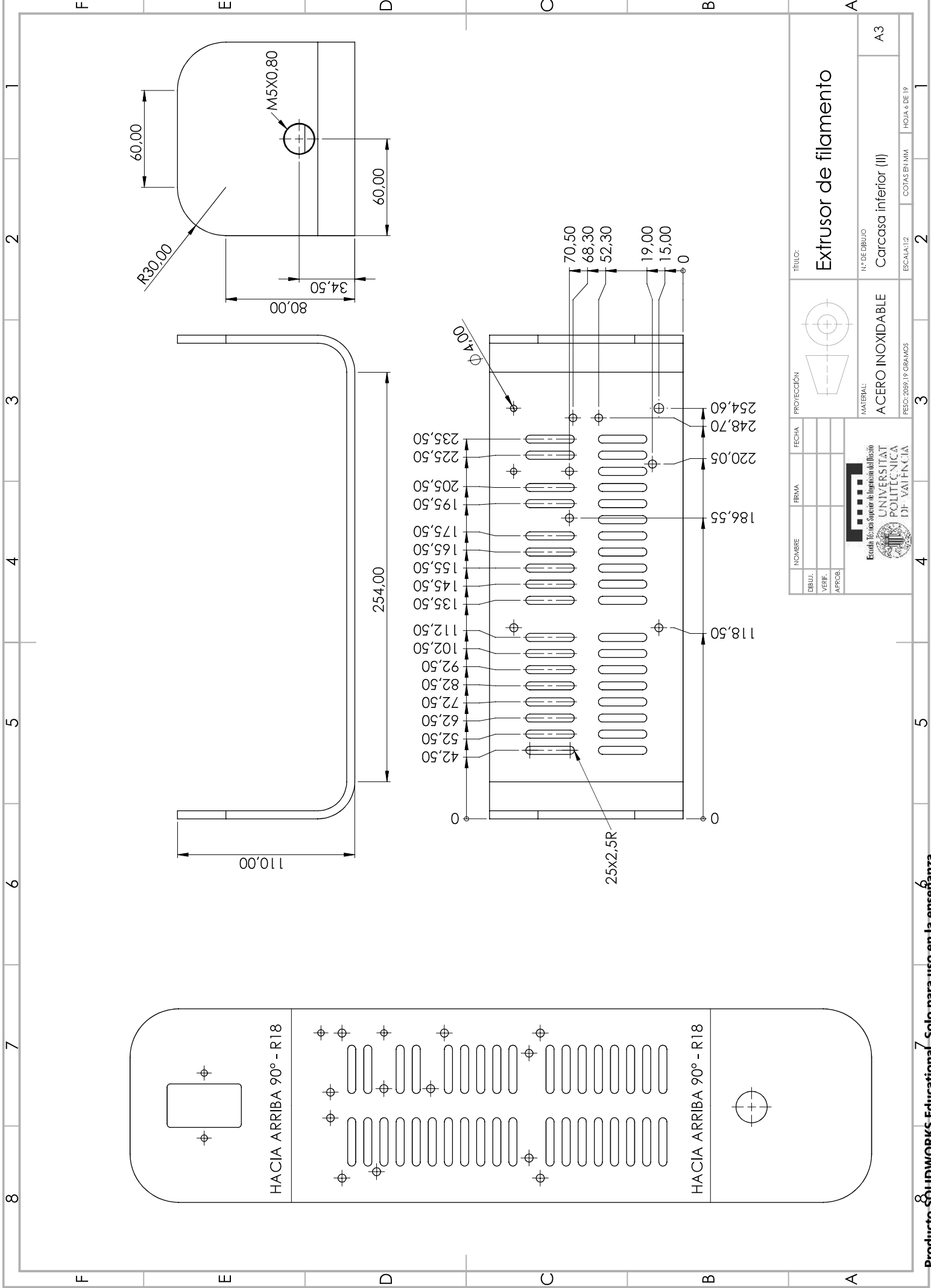
DETALLE C

ESCALA 1:1

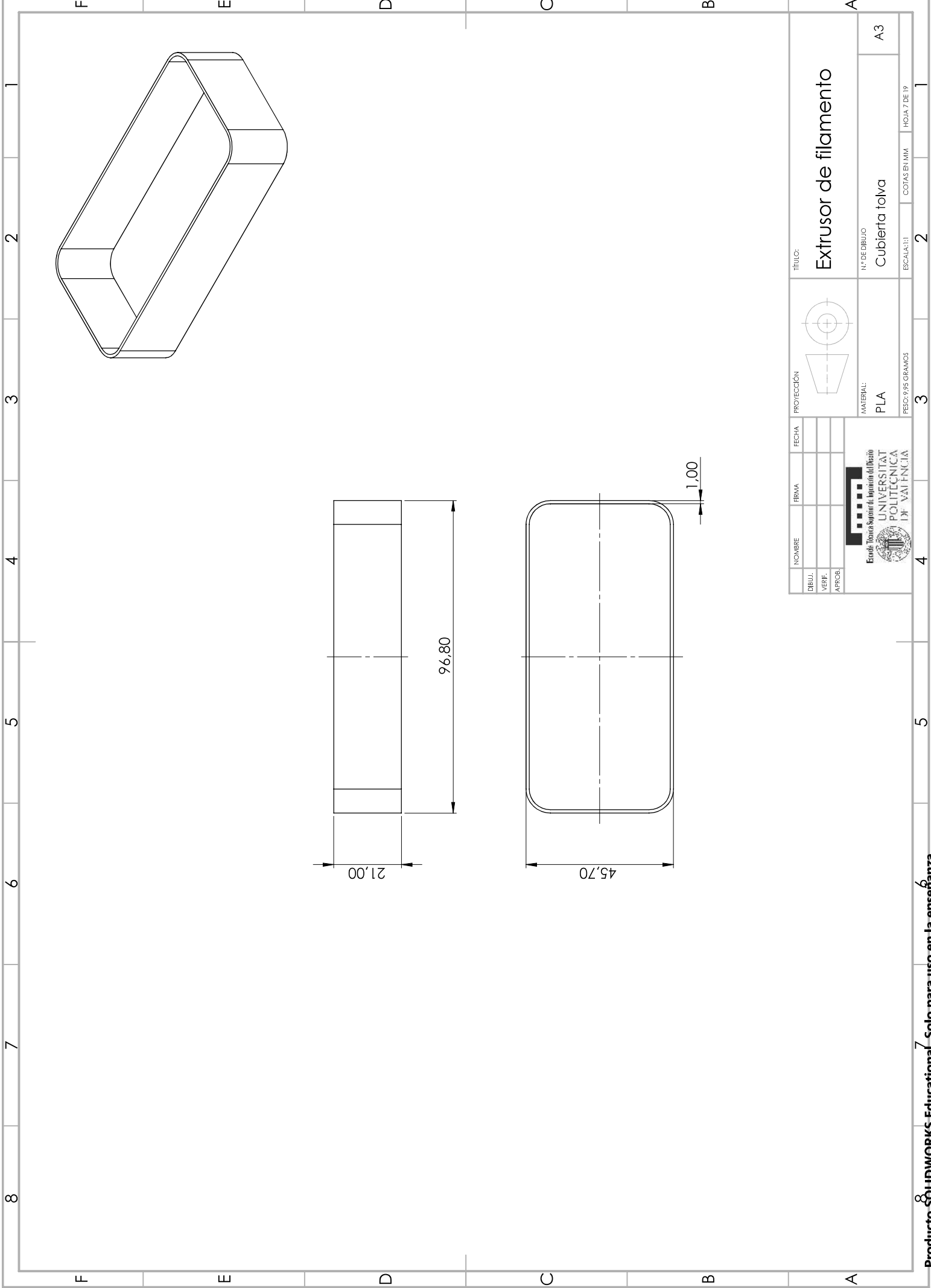
NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
DIBUJ.	FRMA						Extrusor de filamento
VERIF.							
APROB.							
 Institut Superior de Ingeniería de Diseño <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
				ABS		Carcasa superior (II)	
PESO: 408,12 GRAMOS				ESCALA: 1:2		HOJA 4 DE 19	



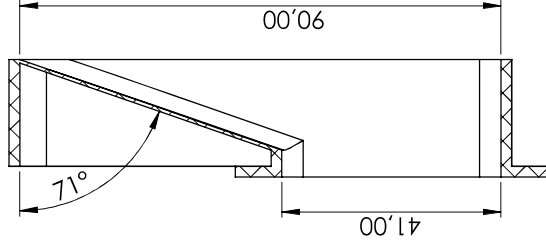
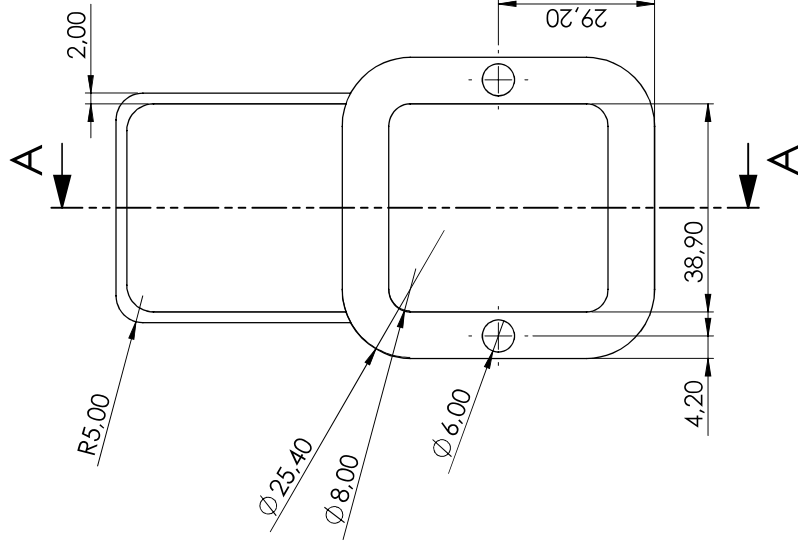
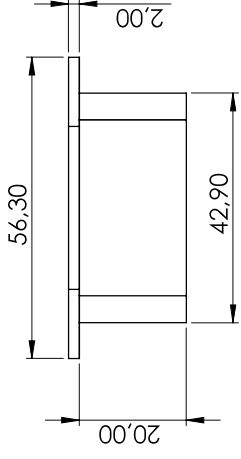
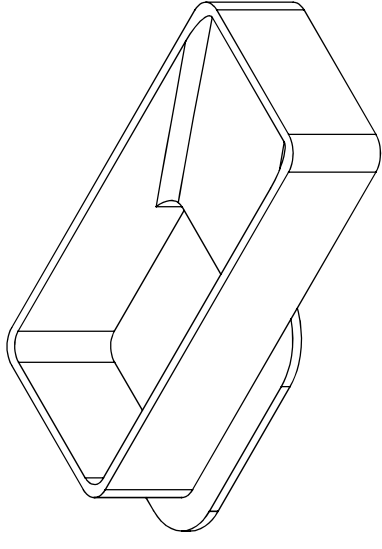
DIBUJ.		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA				Extrusor de filamento	
APROB.				MATERIAL:		N° DE DIBUJO	
		Universidad Politécnica de Valencia UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA		ACERO INOXIDABLE		Carcasa inferior (I)	
				PESO: 2059,19 GRAMOS		ESCALA: 1:2	
				3		2	
				HOJA 5 DE 19		A3	



DIBUJ.		FECHA		PROYECCION		TITULO:	
VERIF.				ACERO INOXIDABLE		Extrusor de filamento	
APROB.				MATERIAL:		N° DE DIBUJO	
				ACERO INOXIDABLE		Carcasa inferior (II)	
				PESQ.-2059,19 GRAMOS		ESCALA:1:2	
				UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		HOJA 6 DE 19	
				DIP. VALENCIA		2	
						3	
						4	
						5	
						6	
						7	
						8	

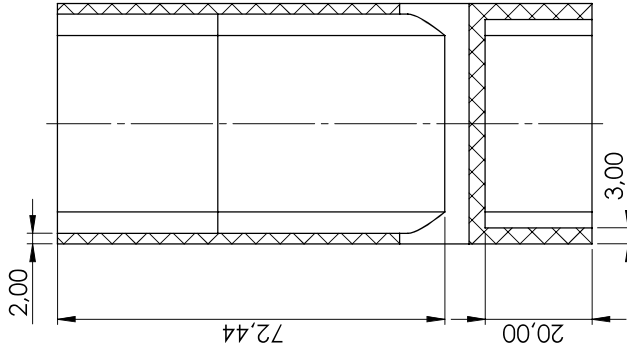
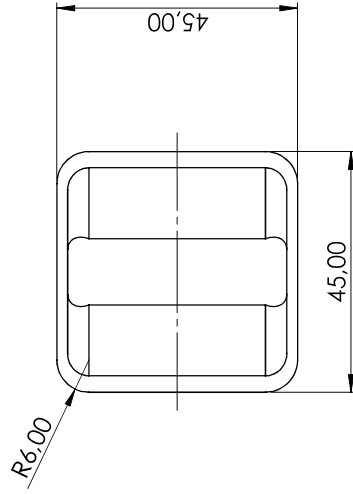
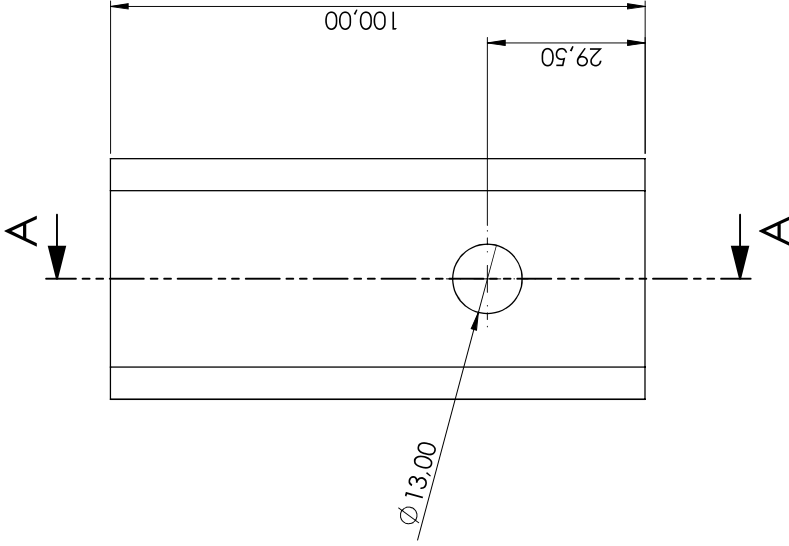
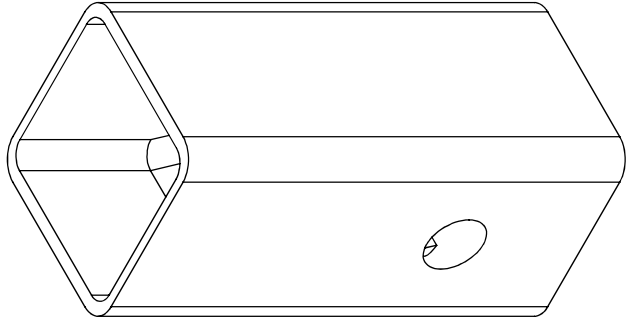


DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								Cubierta tolva	
								MATERIAL:	
								PLA	
								ESCALA: 1:1	
								PESO: 9,95 GRAMOS	
								HOJA 7 DE 19	



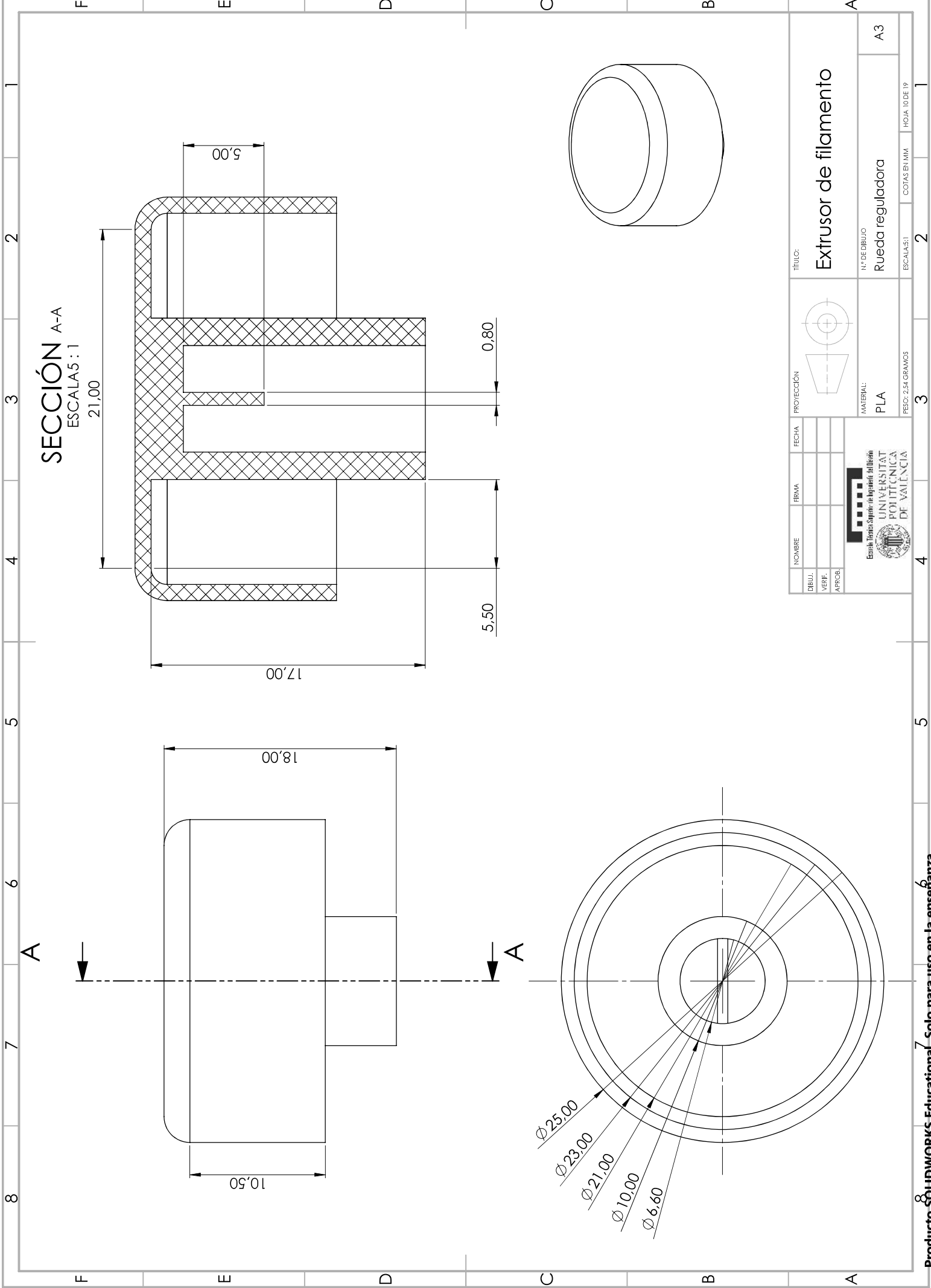
SECCIÓN A-A

DIBUJ. VERIF. APROB.		NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:	A	
						Extrusor de filamento		
					MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3	
					PLA	Tolva		
					PESO: 15,66 GRAMOS	ESCALA: 1:1	2	1
							HOJA 8 DE 19	



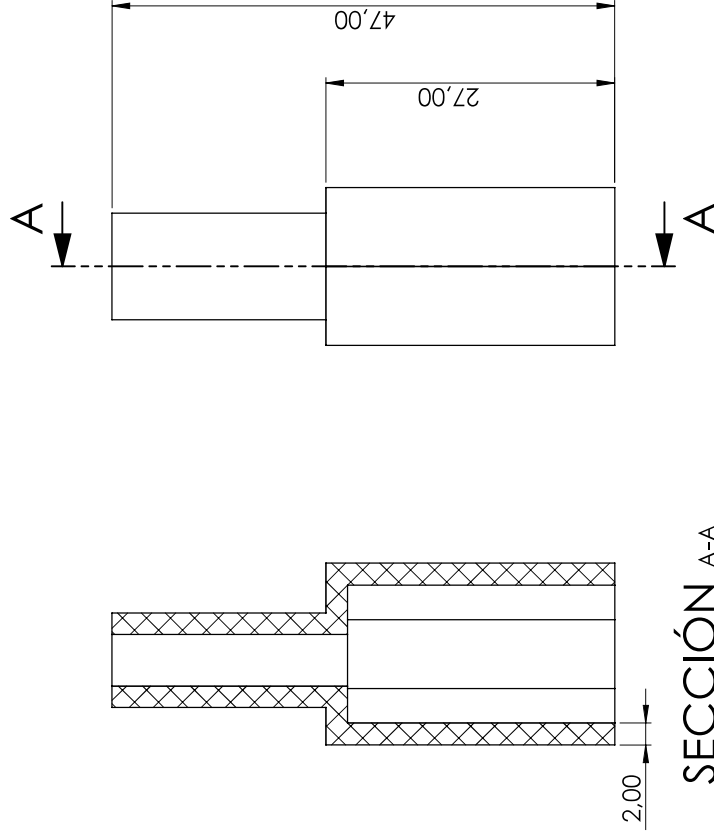
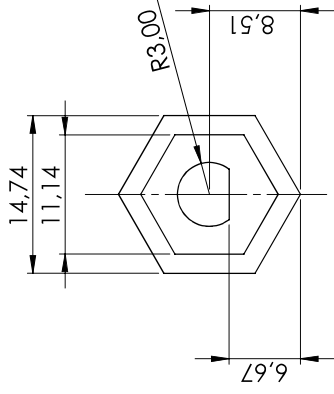
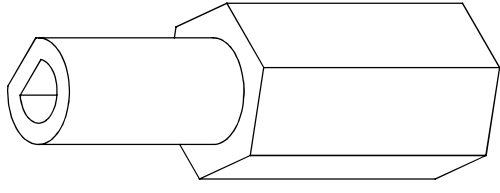
SECCIÓN A-A

DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								Depósito de viruta	
								MATERIAL:	
								PLA	
								PEEC-5682 GRAMOS	
								ESCALA:1:1	
								HOJA 9 DE 19	
								2	
								3	
								4	
								5	
								6	
								7	
								8	



**SECCIÓN A-A**  
ESCALA 5 : 1

NOMBRE		FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ.		PROYECCIÓN		Extrusor de filamento	
VERIF.		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
APROB.		PLA		Rueda reguladora	
Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Arquitectura		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		ESCALA 5:1	
HOJA 10 DE 19		COTAS EN MM		2	

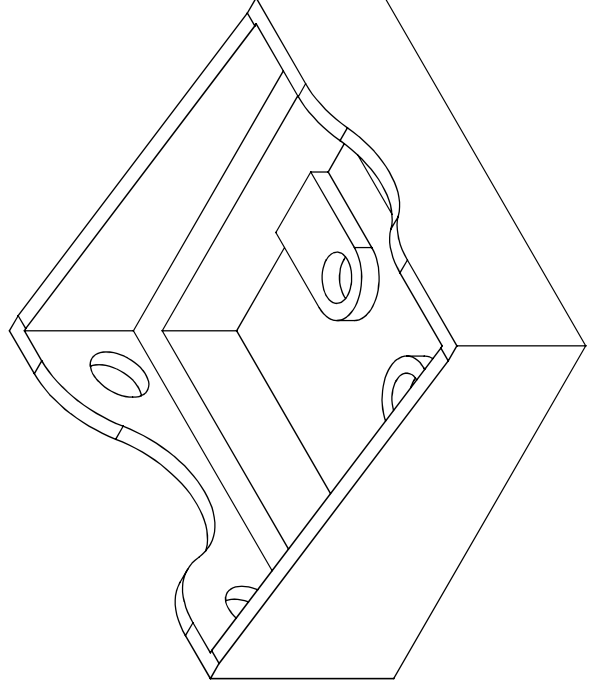
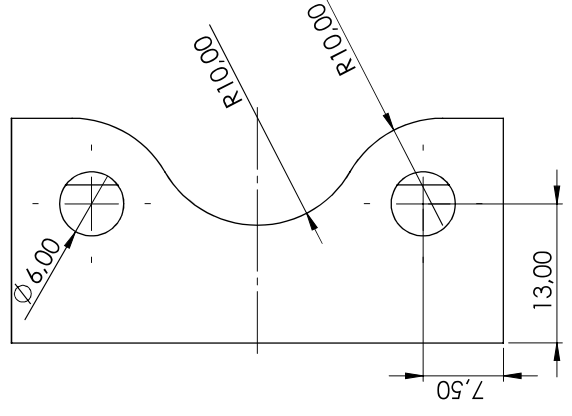
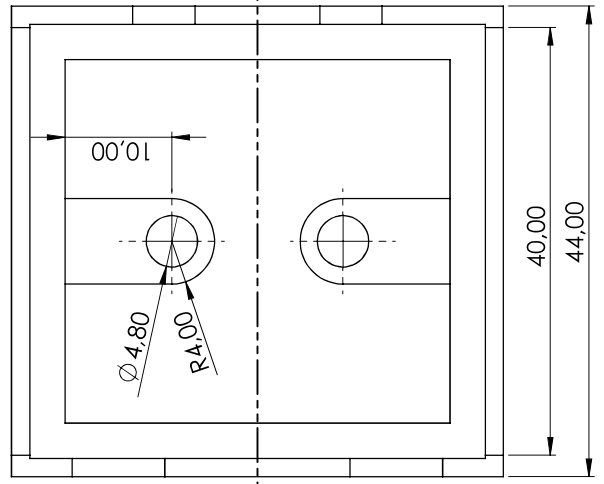
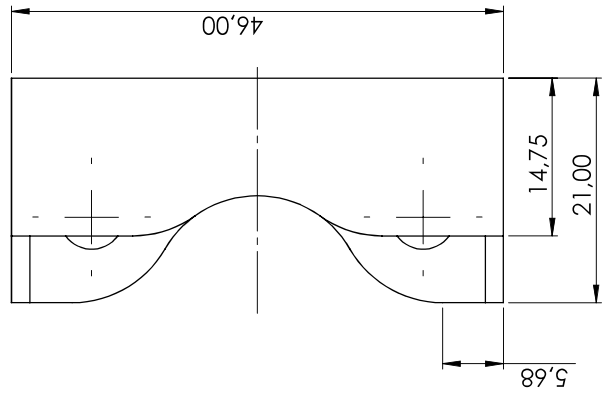
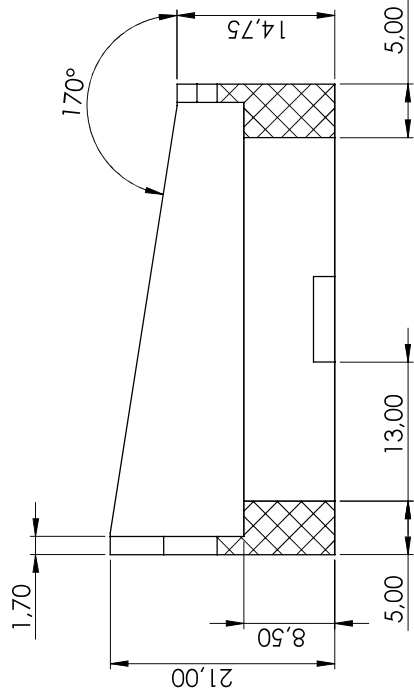


SECCIÓN A-A

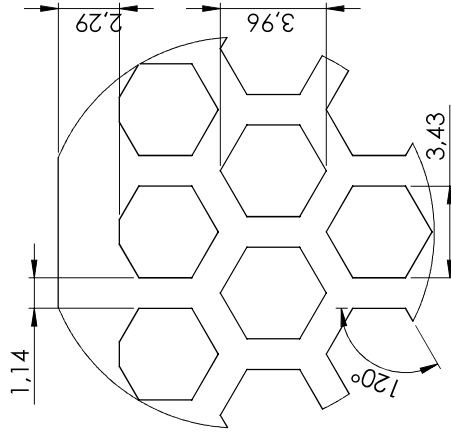
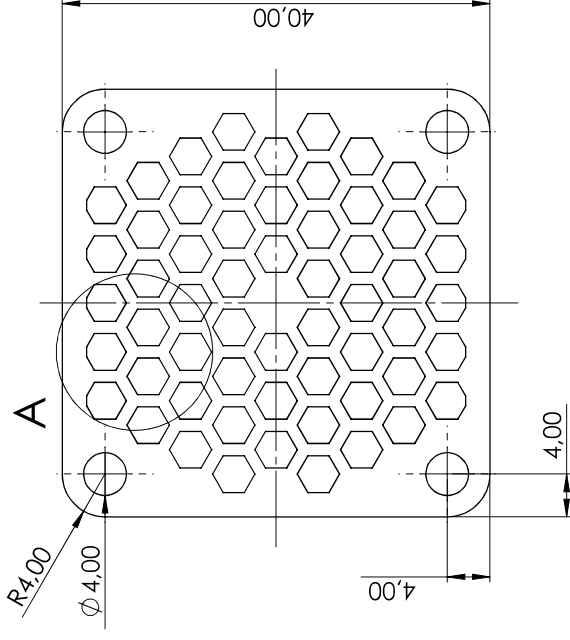
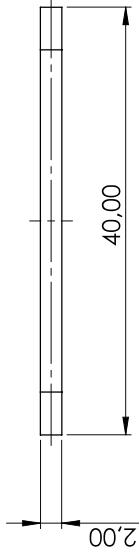
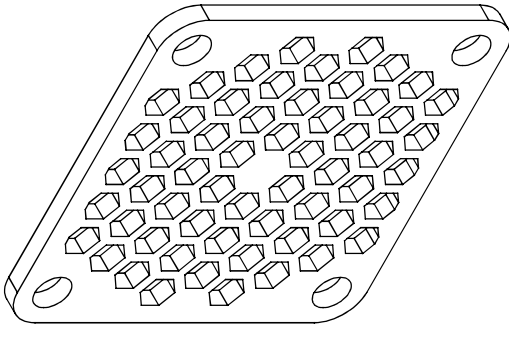
DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
						MATERIAL:		A3	
		Escola Tècnica Superior de Enginyeria i Arquitectura UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA				PLA		Acople motor y broca	
						PESO: 3,59 GRAMOS		ESCALA: 2:1	
								HOJA 11 DE 19	



# SECCIÓN A-A



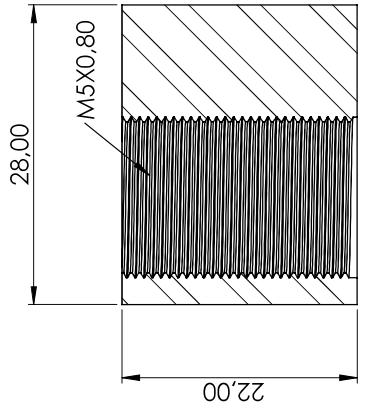
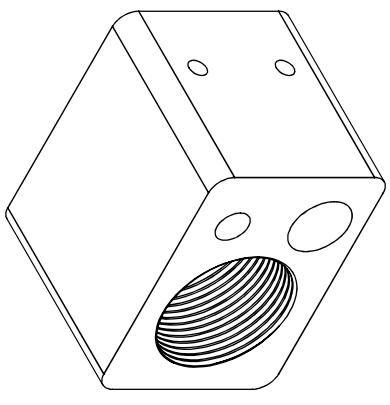
DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								A3	
								Soporte motor	
								MATERIAL:	
								PLA	
								PESO: 9,63 GRAMOS	
								ESCALA: 2:1	
								HOJA 12 DE 19	



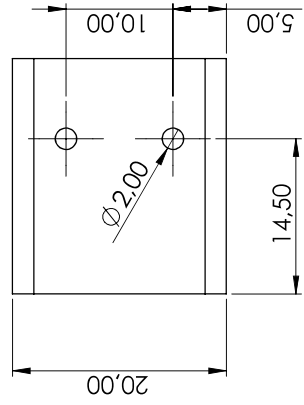
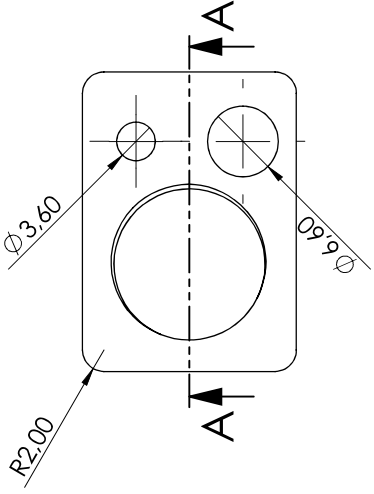
**DETALLE A**

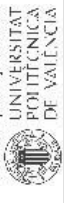
ESCALA 5 : 1

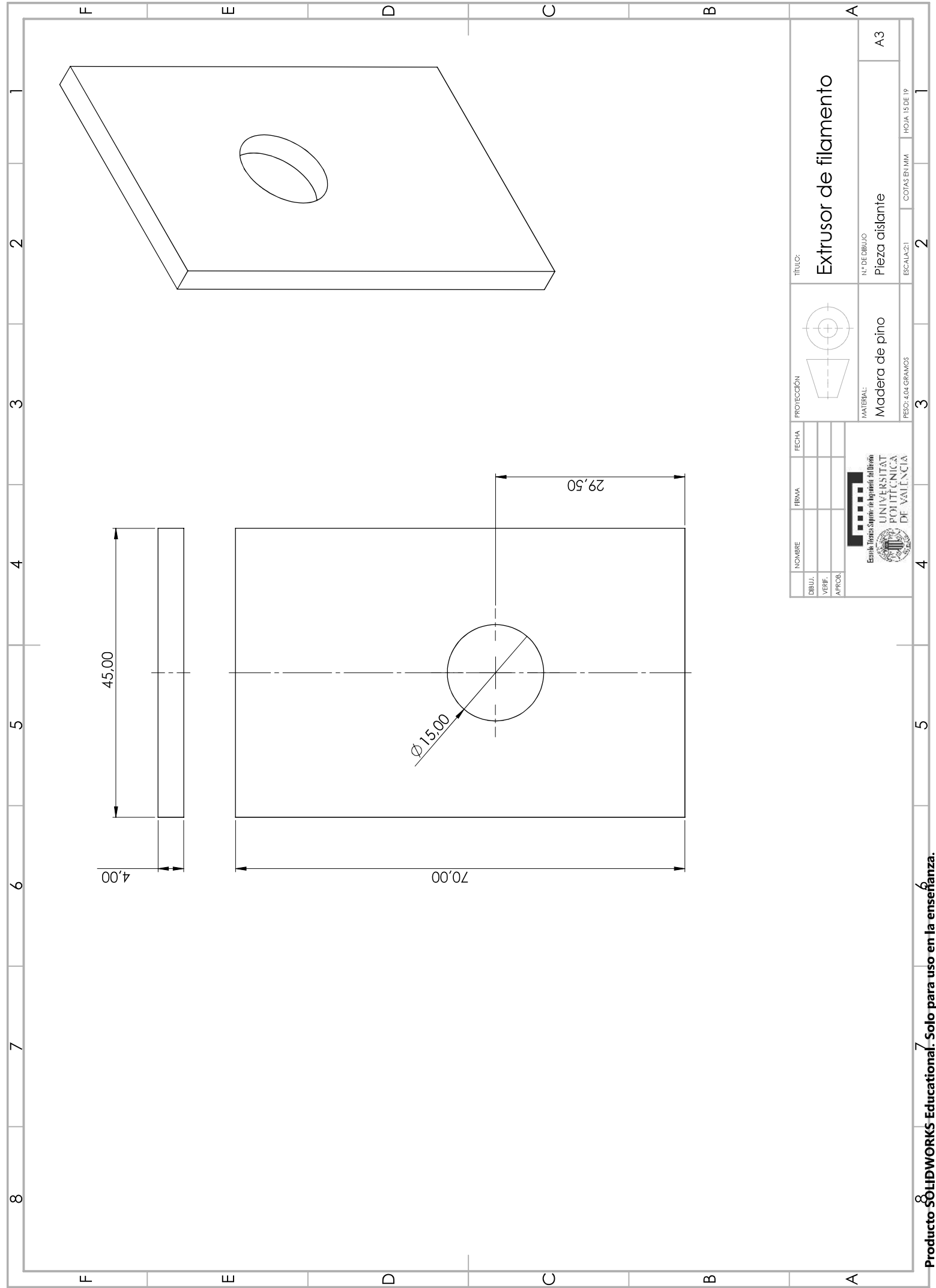
NOMBRE		FIRMA		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
DIBUJ.								Extrusor de filamento	
VERIF.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
APROB.						PLA		Rejilla ventilación	
		 Institut Tecnològic de la Universitat Politècnica de València				PESO: 2,93 GRAMOS		A3	
						ESCALA: 2:1		HOJA 13 DE 19	



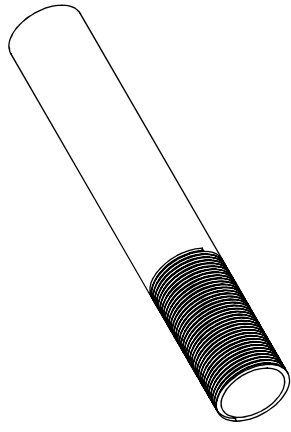
SECCIÓN A-A



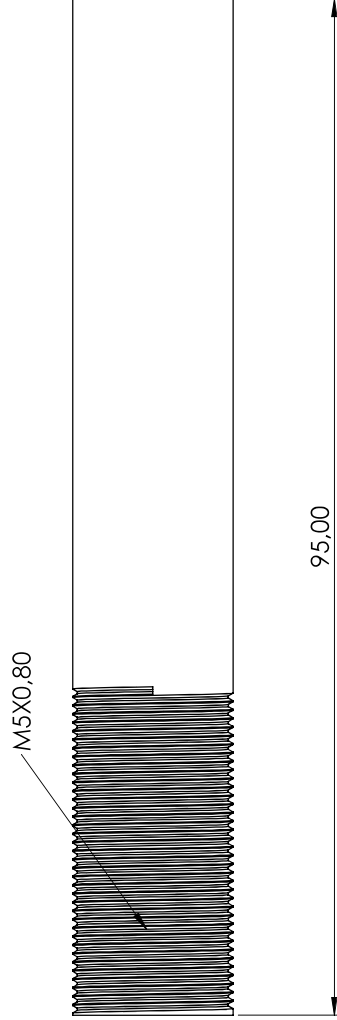
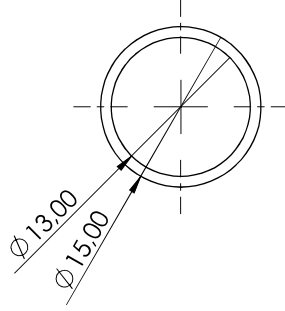
NOMBRE	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
DIBUJ.			Extrusor de filamento
VERIF.			N.º DE DIBUJO
APROB.			Bloque calefactor
 Escola tècnica superior de Ingeniería Industrial UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			A3
MATERIAL:			ESCALA: 2:1
Acero inoxidable			2
PESO: 54,32 GRAMOS			COTAS EN: MM
			HOJA 14 DE 19



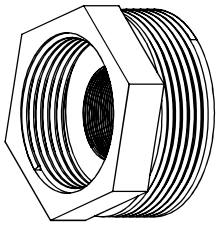
DIBUJ.		NOMBRE	FECHA	PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FRMA				Extrusor de filamento	
APROB.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
		 Escola tècnica superior de Ingeniería Industrial UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Madera de pino		Pieza aislante	
				PESO: 4,04 GRAMOS		ESCALA: 2:1	
				3		2	
						A3	
						HOJA 15 DE 19	



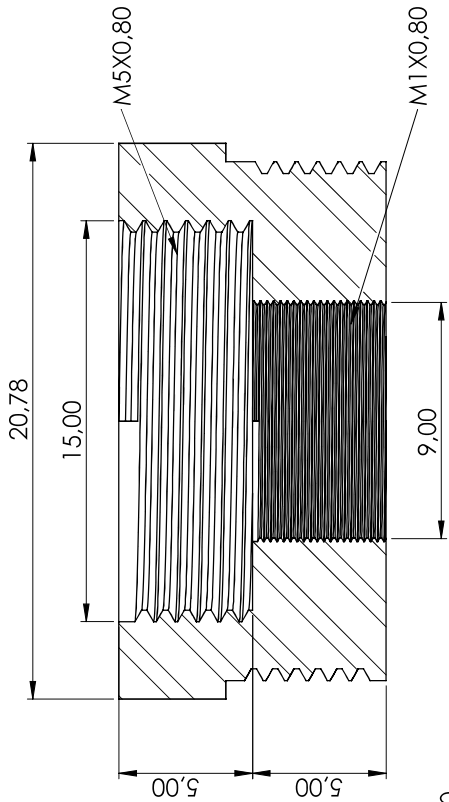
ESCALA 1:1



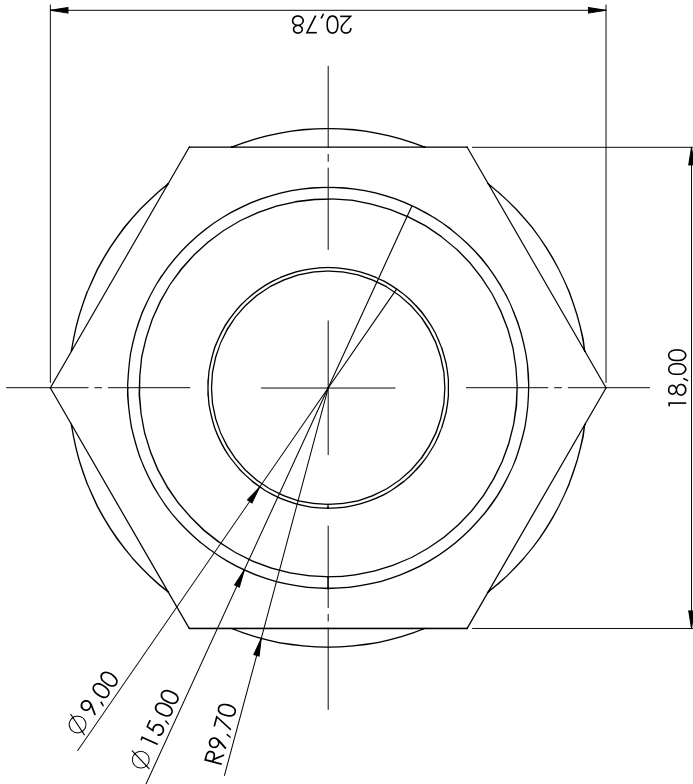
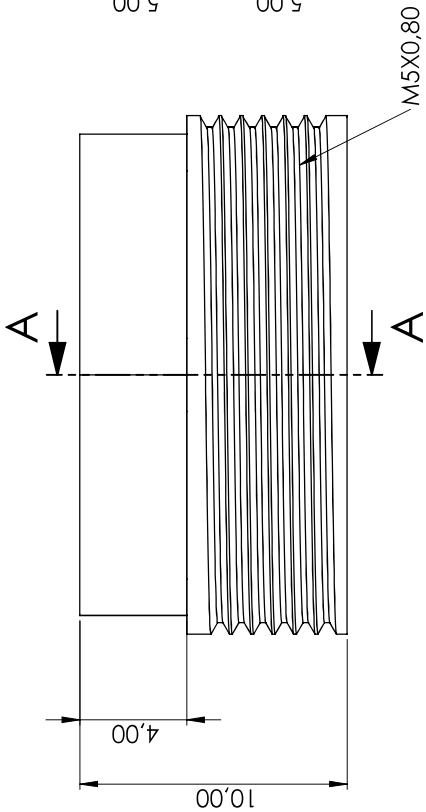
DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.						MATERIAL:		N° DE DIBUJO	
						Aluminio 1060		Perfil aluminio roscado	
		Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño				PESQ: 10.64 GRAMOS		ESCALA: 2:1	
		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA						HOJA 16 DE 19	
		DISEÑO DE VALÈNCIA						2	
								3	
								4	
								5	
								6	
								7	
								8	



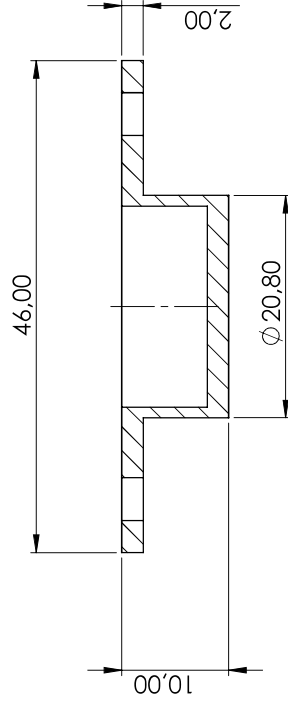
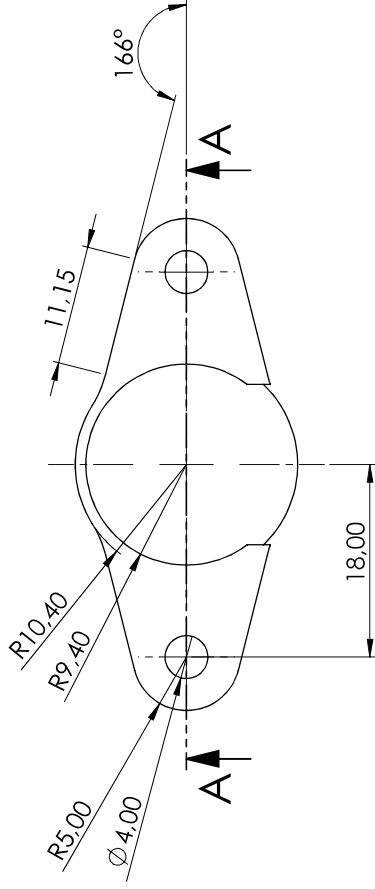
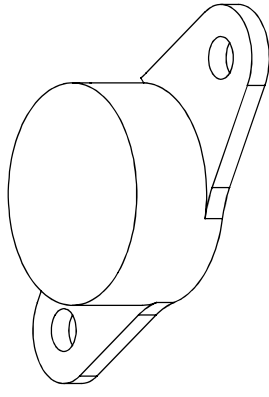
ESCALA 2:1



SECCIÓN A-A

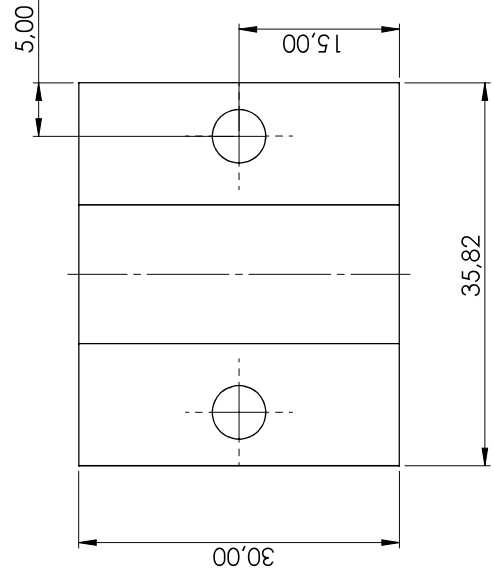
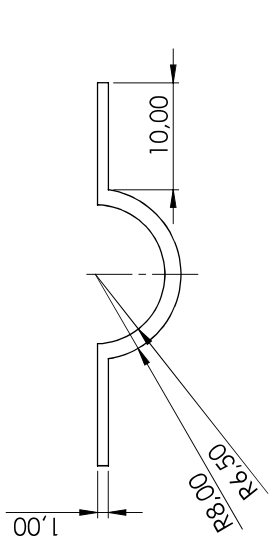
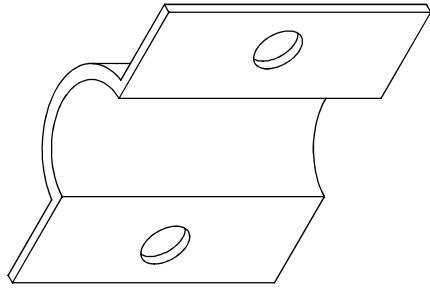


NOMBRE	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
DIBUJ.			Extrusor de filamento
VERIF.			N.º DE DIBUJO
APROB.			Pieza unión roscada
<p>Escuela Superior de Ingeniería del Diseño UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>		MATERIAL:	A3
		PESO: 13,52 GRAMOS	ESCALA: S1
			2
			HOJA 17 DE 19



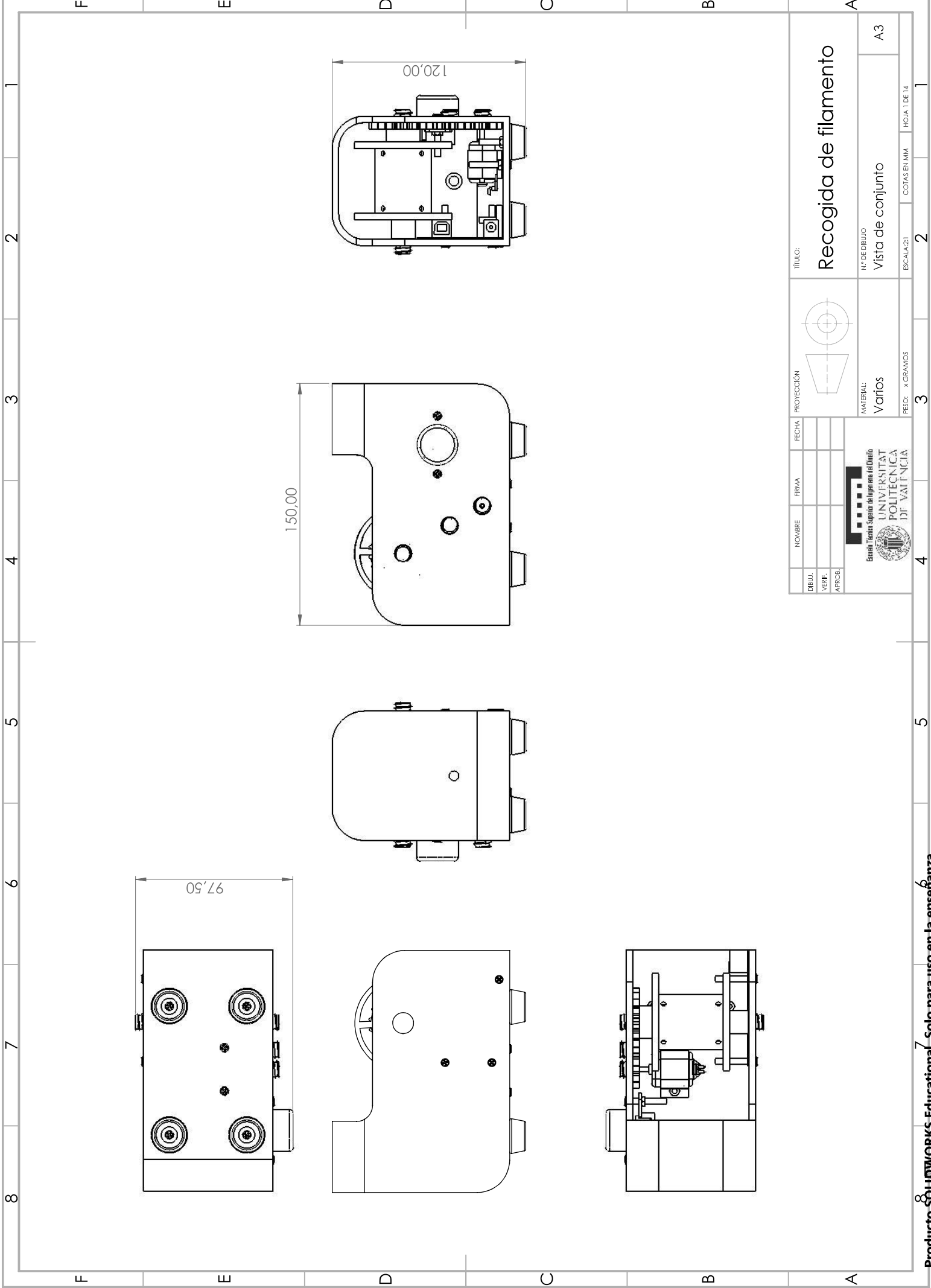
SECCIÓN A-A

DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						PLA		A3	
						PESQ.-3.42 GRAMOS		ESCALA:2:1	
								COTAS EN MM	
								2	
								HOJA 18 DE 19	
								1	



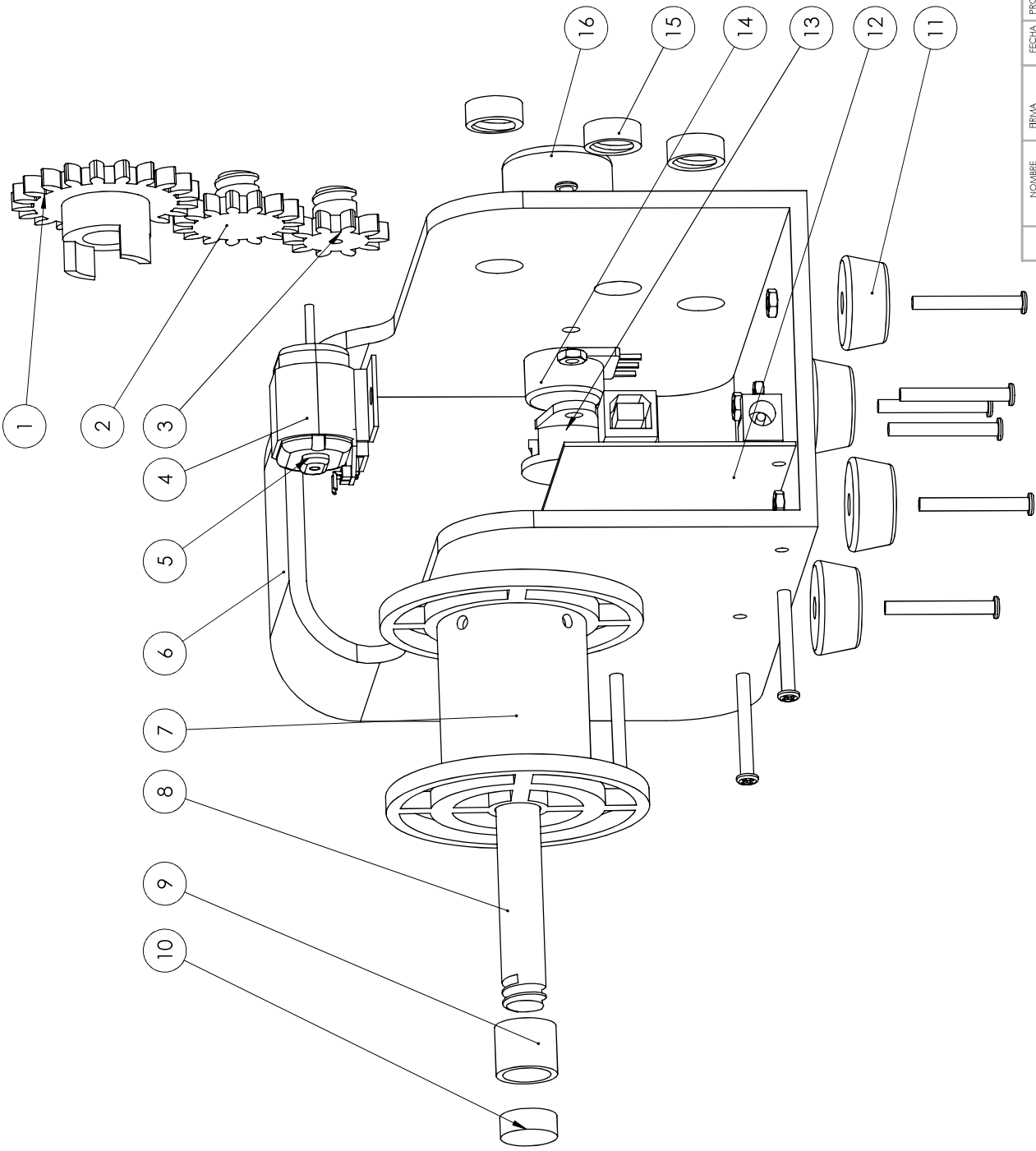
DIBUJ.		NOMBRE	FECHA	PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FRMA				Extrusor de filamento	
APROB.						N° DE DIBUJO	
						Abrazadera	
				MATERIAL: PLA		ESCALA:2:1	
				Centro Universitario de Ingeniería de Diseño UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		COTAS EN MM	
				PESO: 1,17 GRAMOS		2	
						HOJA 19 DE 19	
						1	





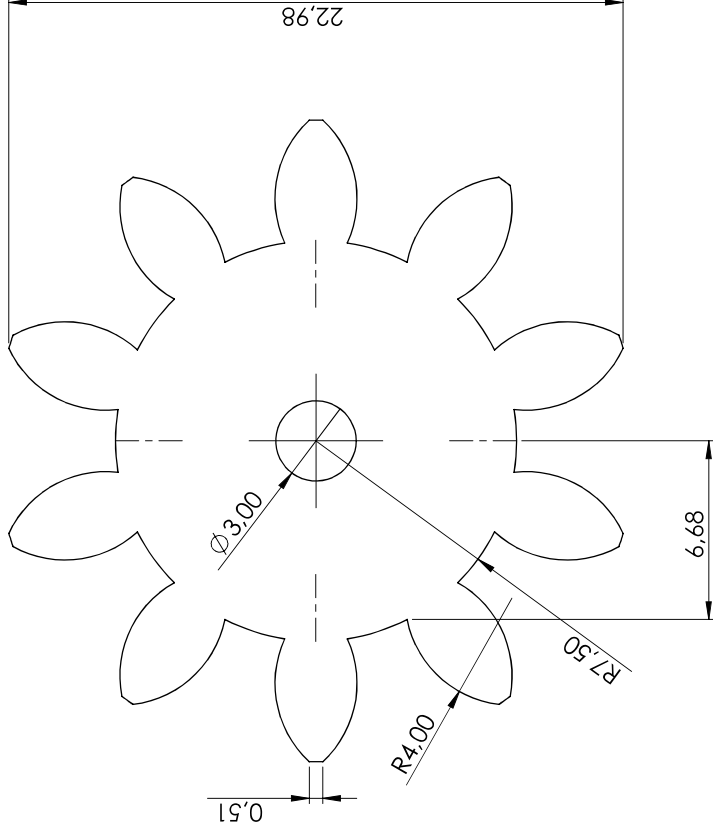
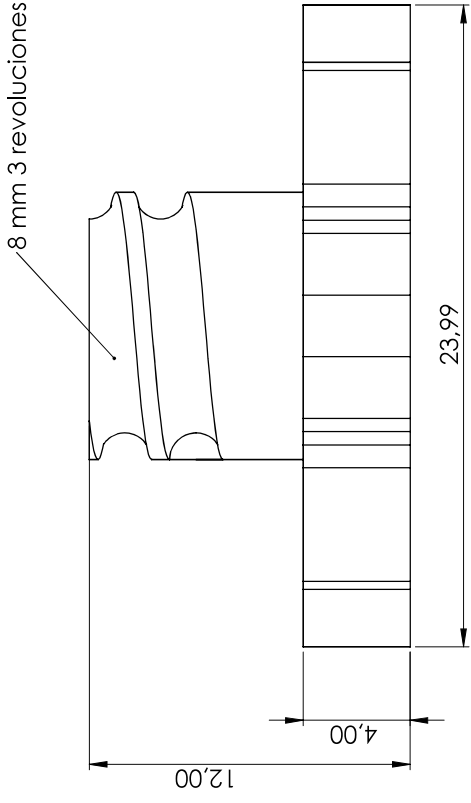
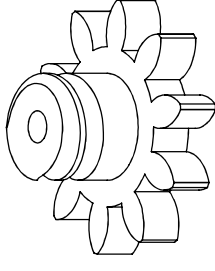
DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Recogida de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								A3	
								MATERIA:	
								Varios	
								PESO: x GRAMOS	
								ESCALA: 2:1	
								HOJA 1 DE 14	



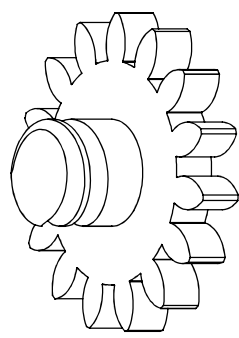


CÓDIGO	NOMBRE DE PIEZA	Nº DE PIEZA	MATERIAL
1	INDICANTE CONDUCTOR	1	PLA
2	INDICANTE RETORNADO	1	PLA
3	INDICANTE CONDUCTOR	1	PLA
4	SOPORTE MOTOR	1	PLA
5	MOTOR DC	1	VARIOS
6	CARCASA	1	PLA
7	RODINA	1	PLA
8	VANILASIZADA	1	PLA
9	CHUBRO/ARIELA	1	PLA
10	BUJADA/RODINA	1	PLA
11	PIE DE GOMA	4	CAUCHO
12	ARROUNDO DE PVP	1	VARIOS
13	SUJECCION FORTIFICADO	1	PLA
14	POTENCIOMETRO	1	VARIOS
15	BUJADA/RODINA	1	PLA
16	RUEDA REGULADORA	1	PLA

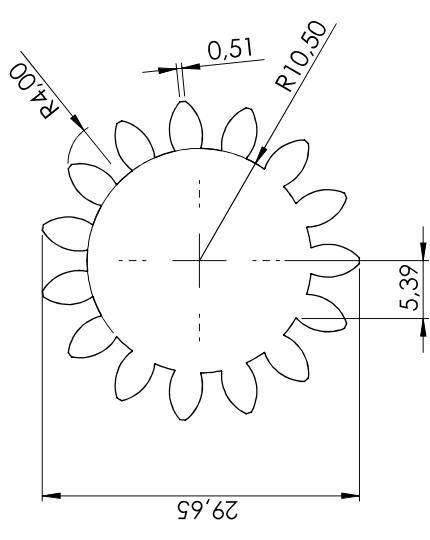
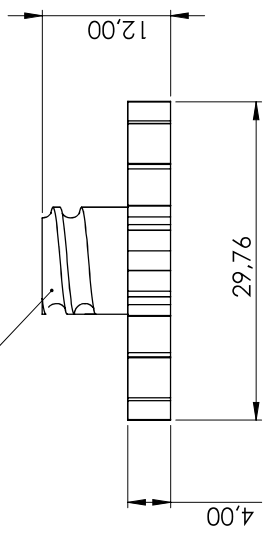
DIBUJ.:		NOMBRE:	FECHA:	PROYECCION:	TITULO:
VERIF.:		FIRMA:			Recogida de filamento
APROB.:					
		 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>		Nº DE DIBUJO: <b>Vista de explosionado</b>	
		MATERIAL: <b>Varios</b>		A3	
		PESO: x GRAMOS		HOJA 2 DE 14	



DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
VERIF.					Recogida de filamento
APROB.					
 Centro Técnico Superior de Ingeniería de Diseño <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>				Nº DE DIBUJO	A3
				MATERIAL:	Engranaje conductor
				ESCALAS:	2
				PESC: 1 GRAMOS	3
				COTAS EN: MM	1
				HOJA 3 DE 14	

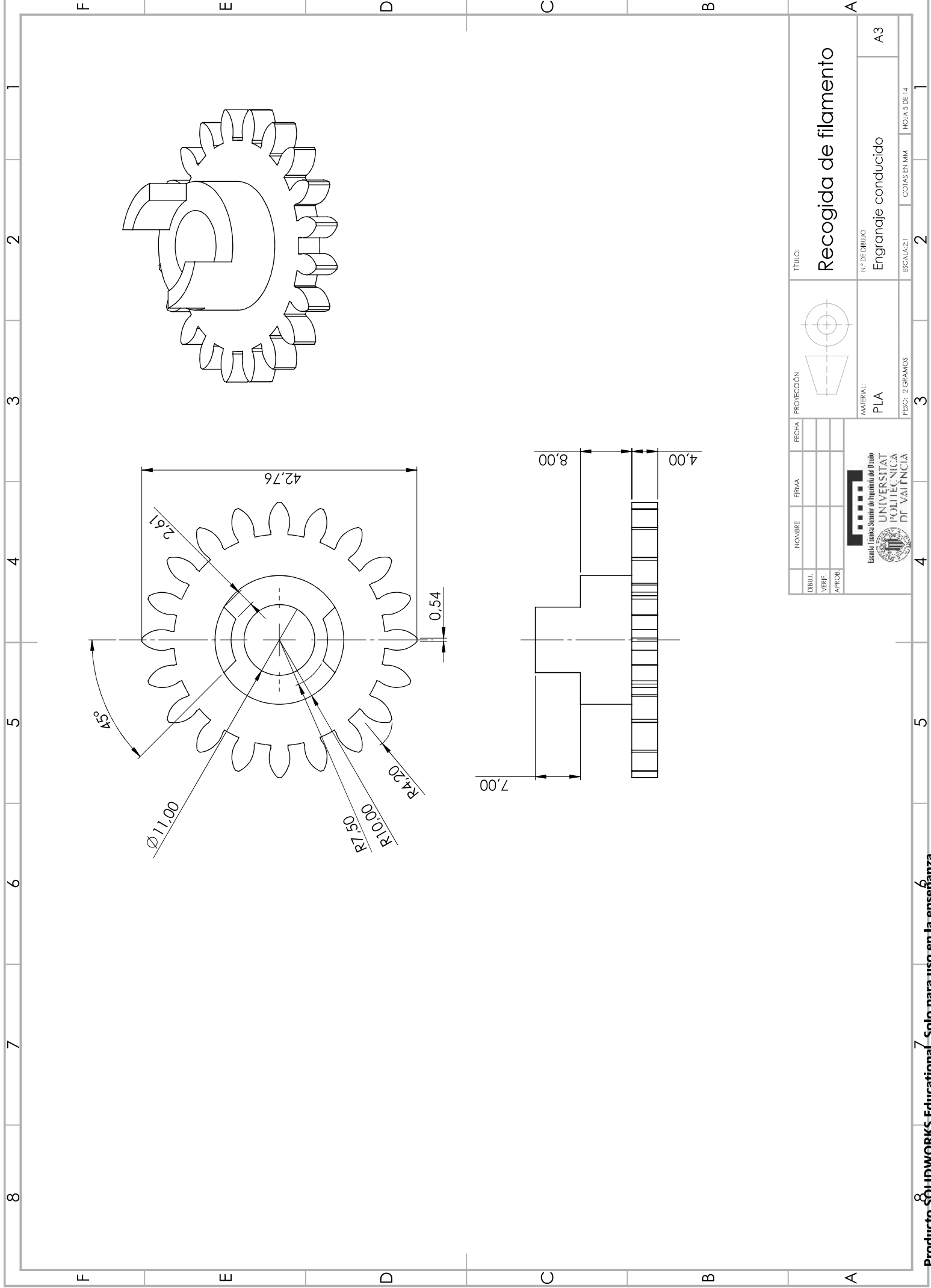



8 mm 3 revoluciones

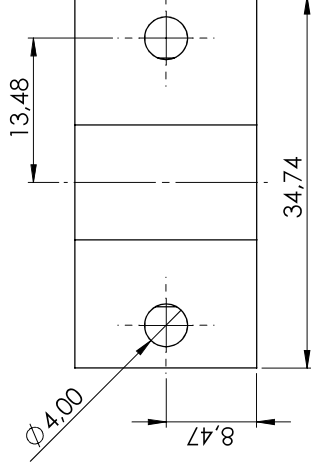
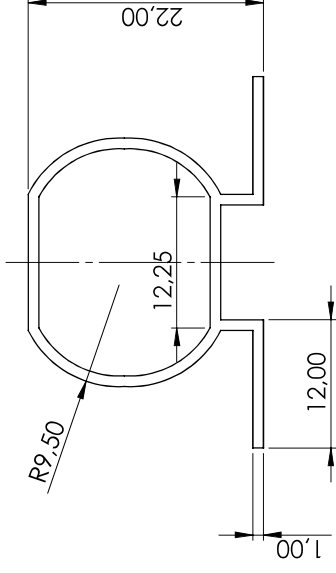
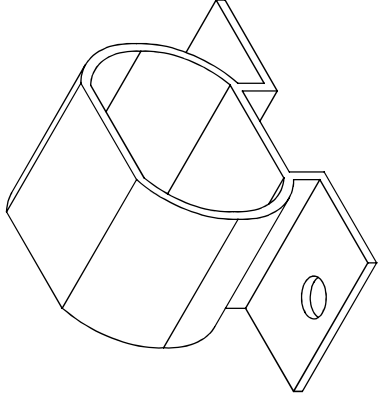


DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Recogida de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								Engranaje intermedio	
								ESCALA: 2:1	
								2	
								COTAS EN: MM	
								HOJA 4 DE 14	
								1	

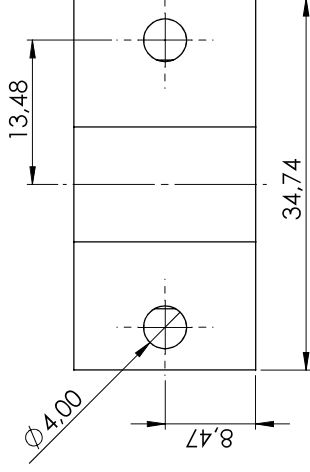
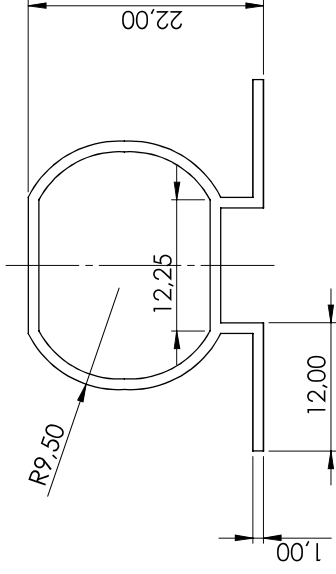
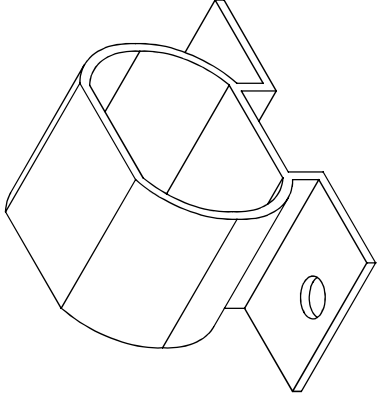




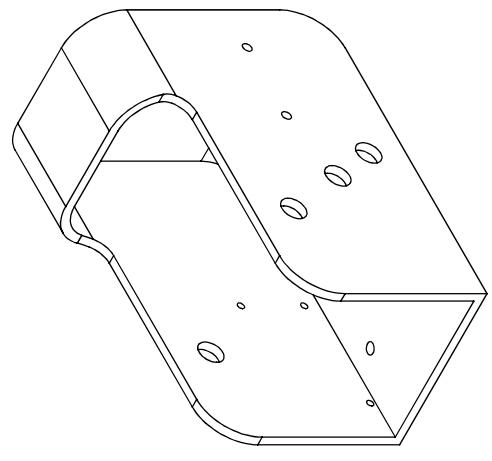
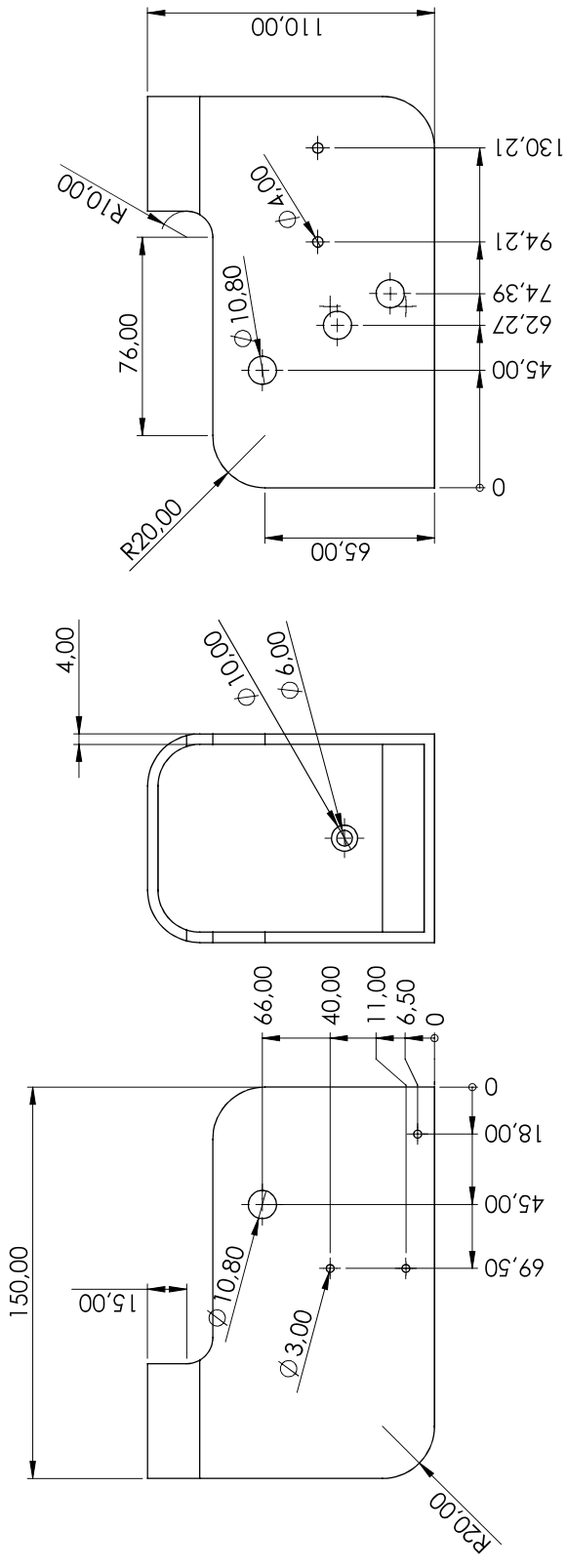
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
VERIF.					Recogida de filamento
APROB.					
 Centro Universitario de Ingeniería de Diseño <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO
				PLA	Engranaje conducido
				PESQ.: 2 GRAMOS	ESCALA: 2:1
				3	2
				4	1
				5	
				6	
				7	
				8	



DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
VERIF.					<b>Recogida de filamento</b>
APROB.					N.º DE DIBUJO
					<b>Soporte motor</b>
				MATERIAL:	ESCALA: 2:1
				<b>PLA</b>	2
				PESO: 3 GRAMOS	HOJA 6 DE 14
					1

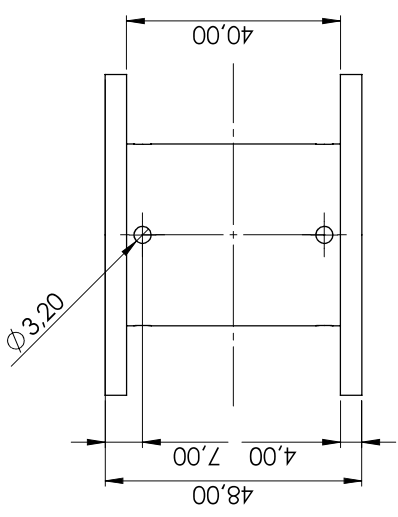
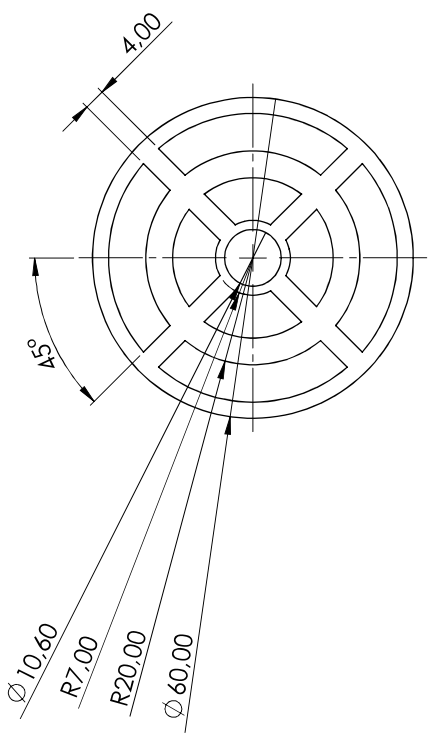
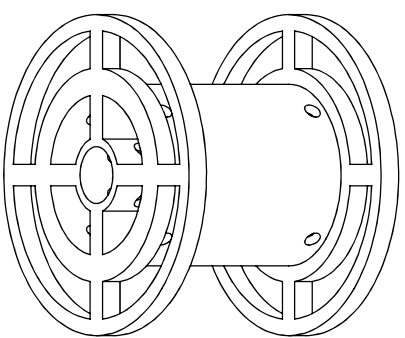


DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.	APROB.							Recogida de filamento	
								N° DE DIBUJO	
								Soporte motor	
								MATERIAL:	
								PLA	
								PESO: 3 GRAMOS	
								ESCALA: 2:1	
								HOJA 7 DE 14	

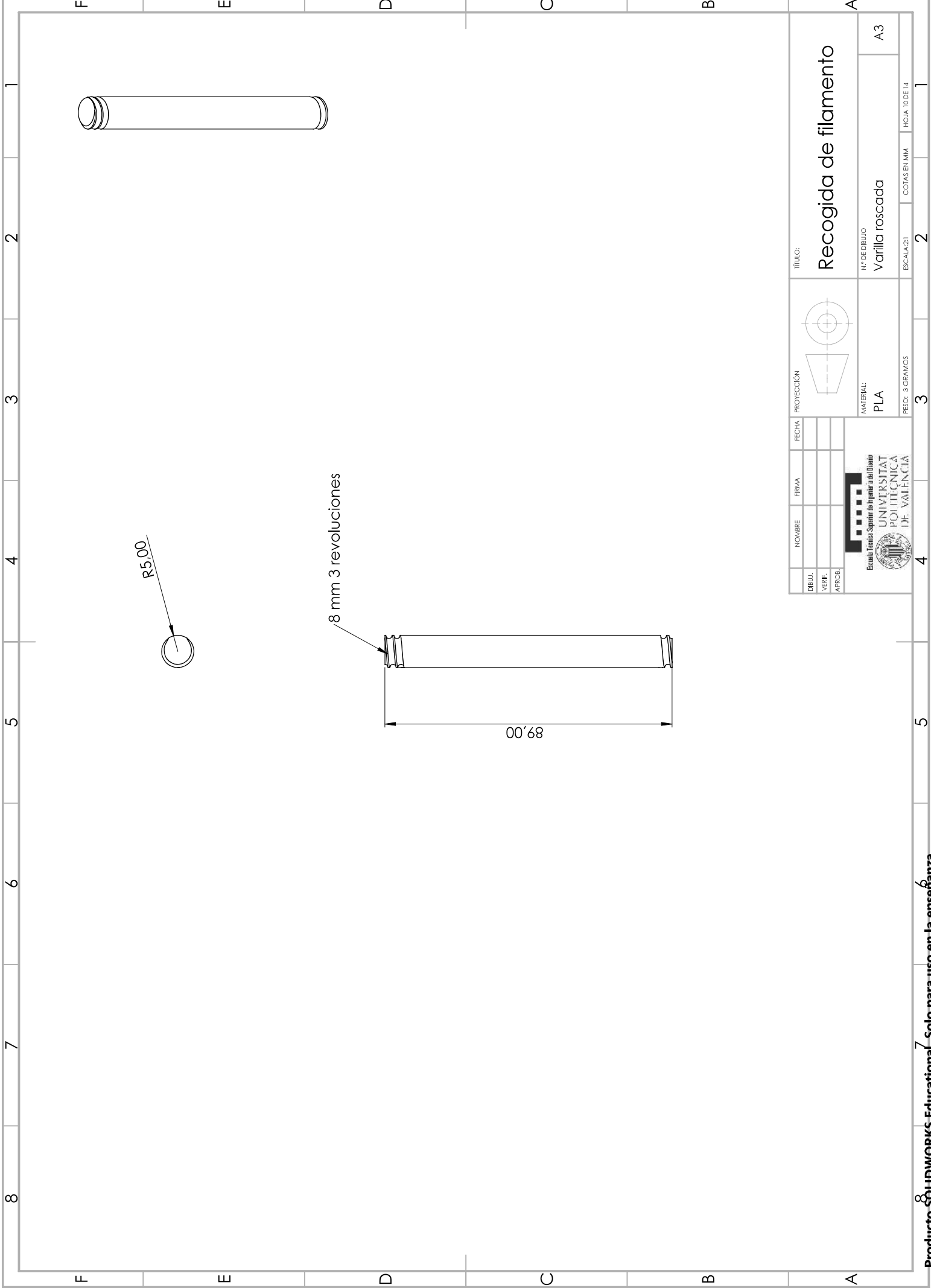


DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Recogida de filamento	
APROB.		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
		DISEÑO		PLA		PESO: 125 GRAMOS		Carcasa	
		ESCALA: 2:1		HOJA 8 DE 14		2		A3	

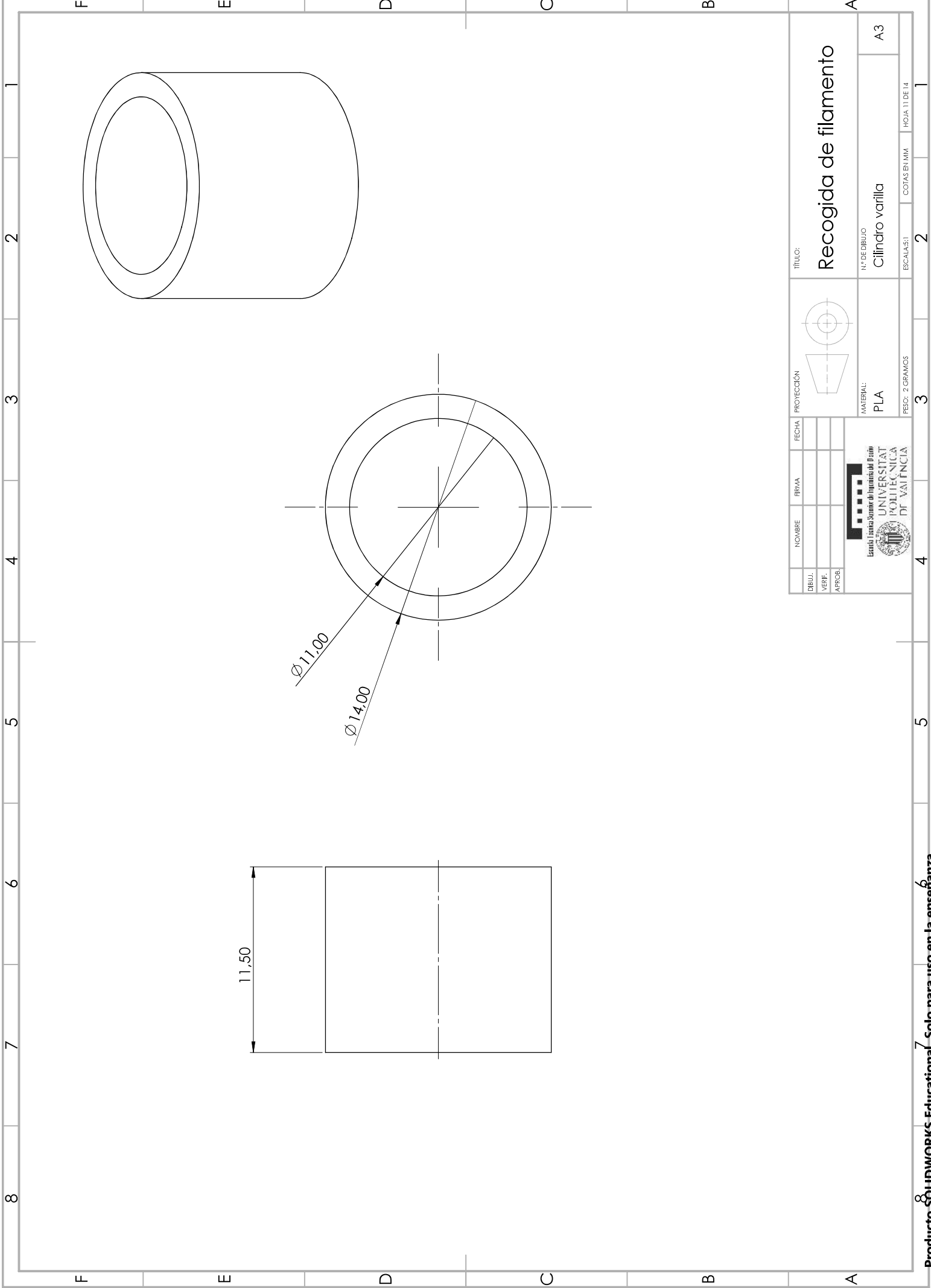




DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Recogida de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
						MATERIAL:		Bobina	
		Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño				PESO: 17 GRAMOS		ESCALA: 2:1	
		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA				3		2	
		ID: VAL.FN.CIA				4		1	
								HOJA 9 DE 14	

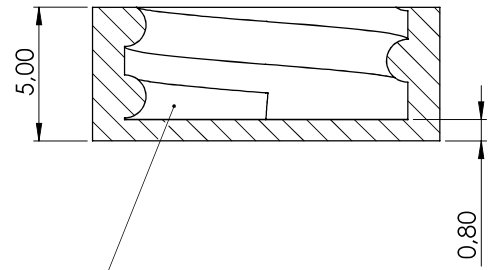
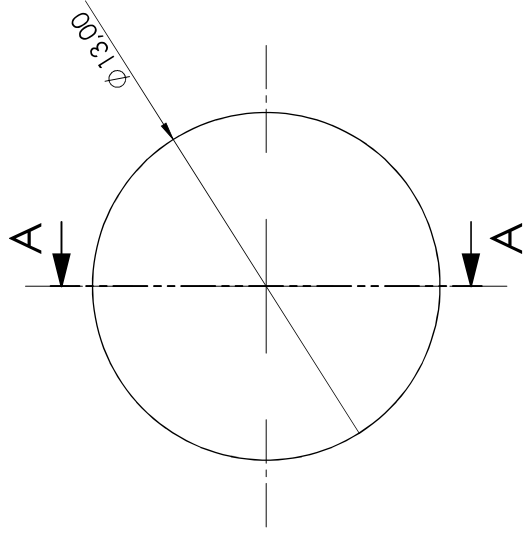
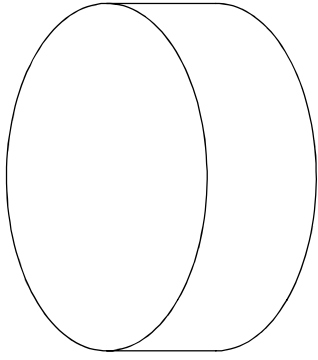


DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Recogida de filamento	
APROB.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
		 Escuela Superior de Ingeniería del Diseño UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA				PLA		Varilla roscada	
						PESO: 3 GRAMOS		ESCALA: 2:1	
								HOJA 10 DE 14	



DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Recogida de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								Cilindro varilla	
								MATERIAL:	
								PLA	
								PESO: 2 GRAMOS	
								ESCALAS:	
								2	
								COTAS EN: MM	
								HOJA 11 DE 14	
								1	

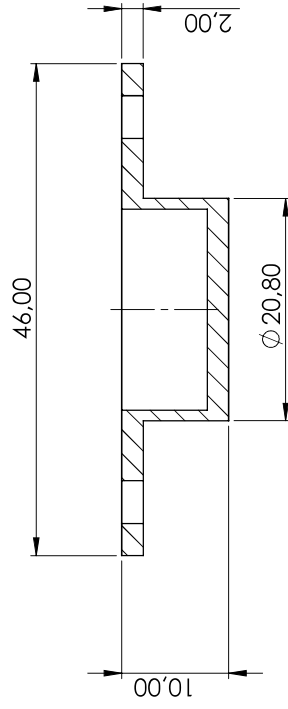
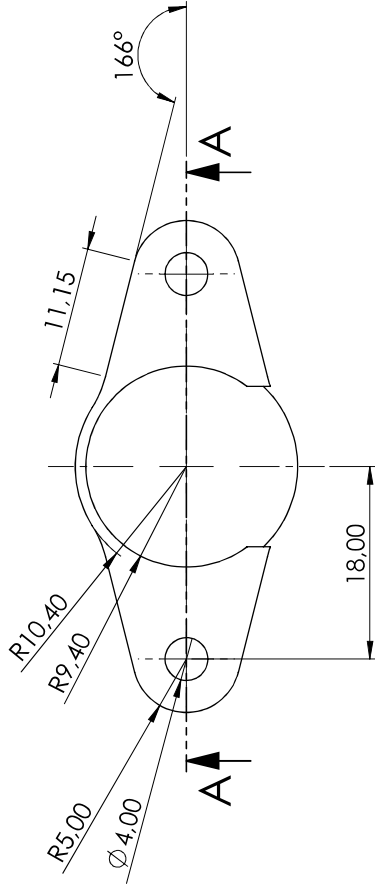
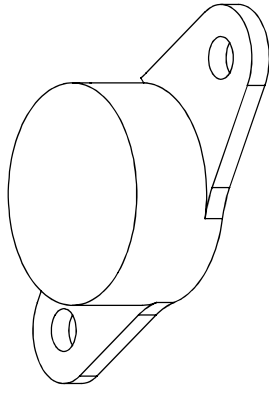




8 mm 3 revoluciones

SECCIÓN A-A

DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
VERIF.					Recogida de filamento
APROB.					
 España Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño				N.º DE DIBUJO	A3
				MATERIAL:	Fijación roscada
				PESO: 2 GRAMOS	ESCALA: 2:1
					HOJA 12 DE 14

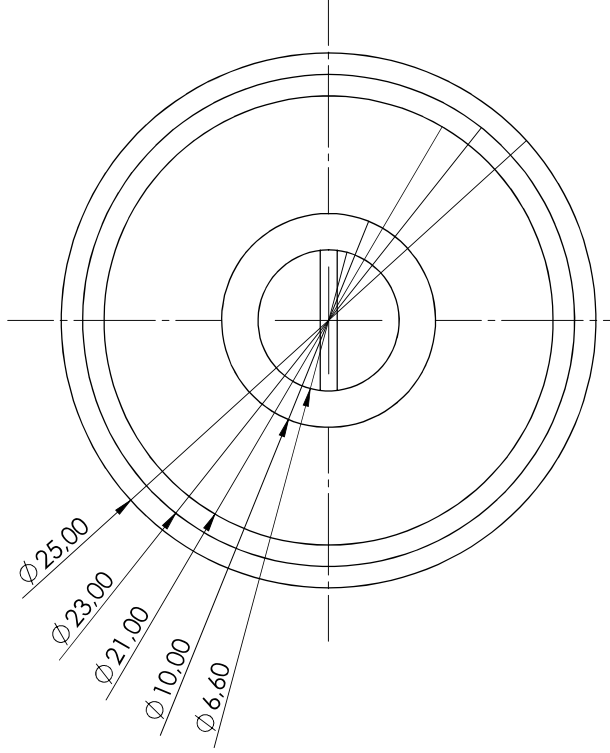
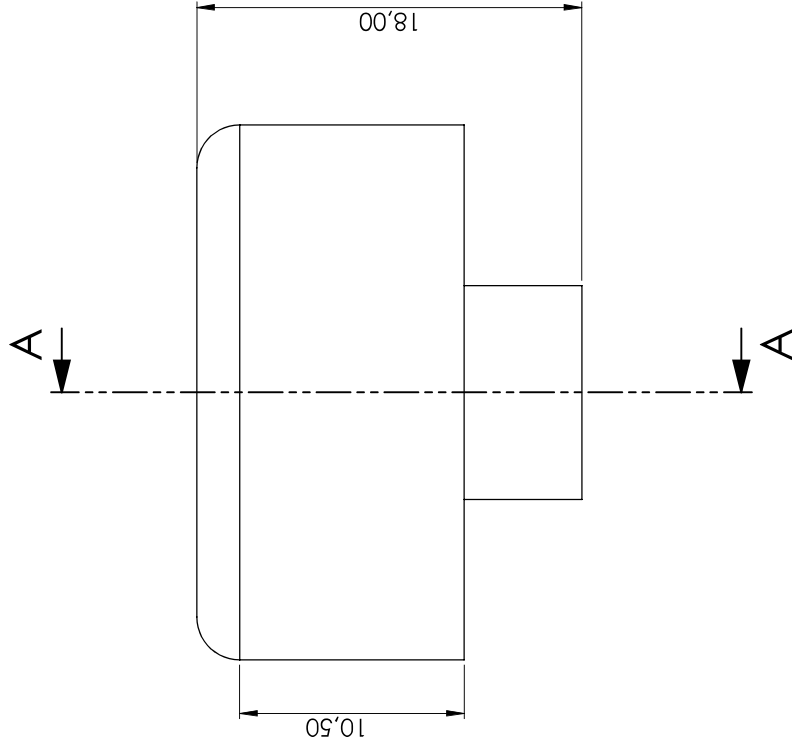
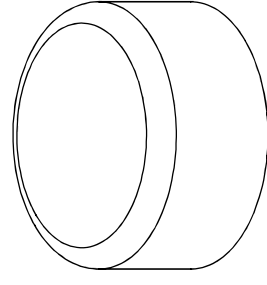
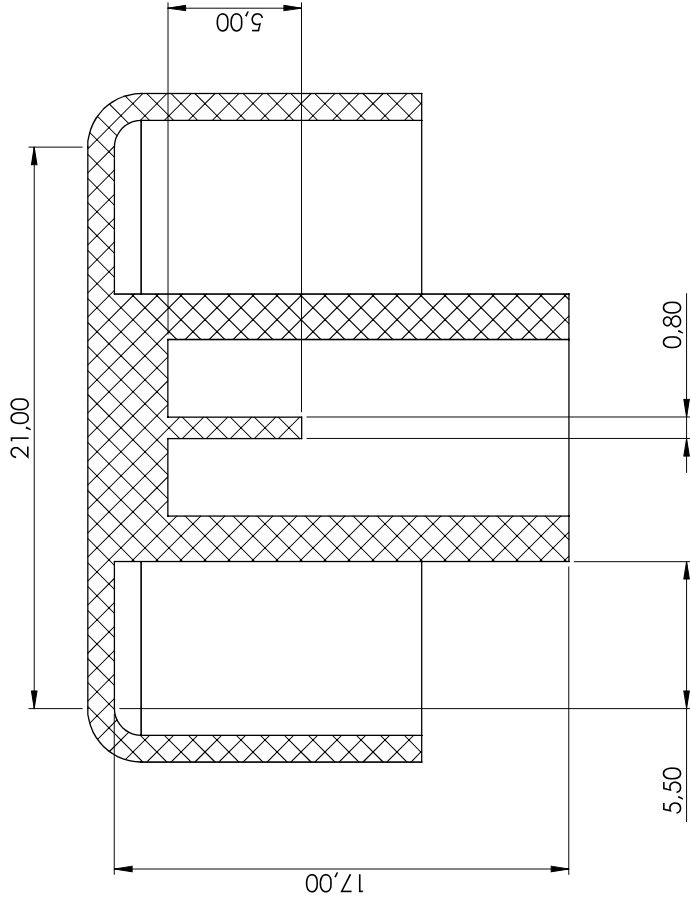


SECCIÓN A-A

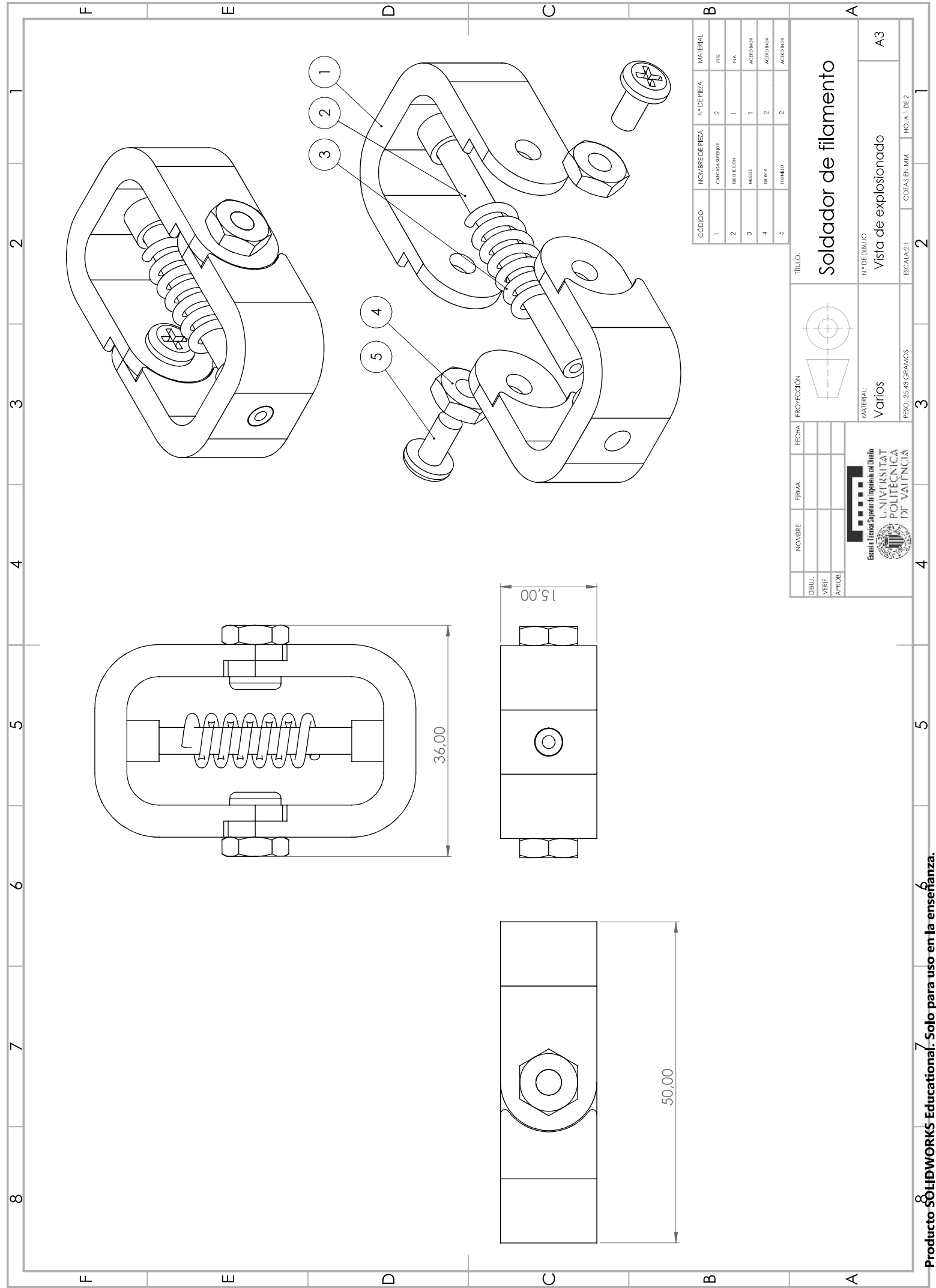
DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						Extrusor de filamento	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
								Sujeción potenciómetro	
								A3	
								MATERIAL:	
								PLA	
								PESO: 3,42 GRAMOS	
								ESCALA: 2:1	
								HOJA 13 DE 14	
								2	
								3	
								4	
								5	
								6	
								7	
								8	




**SECCIÓN A-A**  
ESCALA 5 : 1

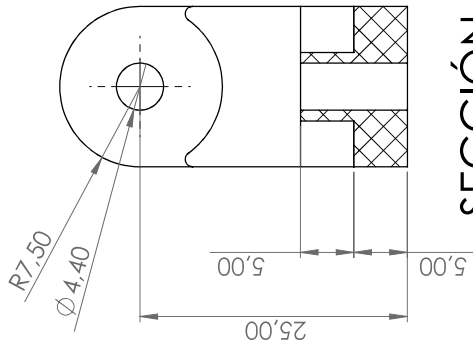
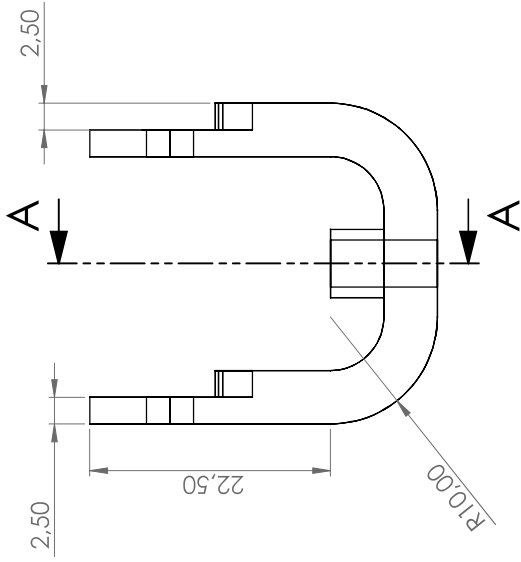
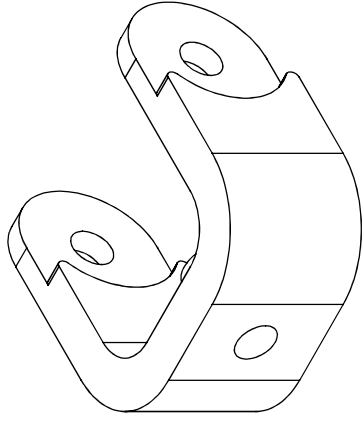


DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		PROYECCIÓN		TÍTULO:	
VERIF.		FIRMA						recogida de filamento	
APROB.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						PLA		Rueda reguladora	
		 Escola tècnica superior de Ingeniería Industrial UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		PESQ.: 2,54 GRAMOS		ESCALA(S):		A3	
						2		HOJA 14 DE 14	

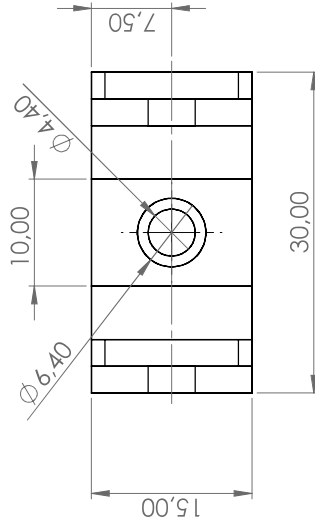



CÓDIGO	NOMBRE DE PIEZA	Nº DE PIEZA	MATERIAL
1	CARCAJA SUPERIOR	2	PIE
2	TUBO TUBOON	1	PIA
3	MUELLE	1	ACERO INOX
4	TUBERCA	2	ACERO INOX
5	TORNILLO	2	ACERO INOX

DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:
VERIF.					<b>Soldador de filamento</b>
APROB.					
 <b>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</b> <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>				MATERIAL: <b>Varios</b>	
				Nº DE DIBUJO <b>Vista de explotado</b>	
				ESCALA: 2:1 HOJA 1 DE 2	



SECCIÓN A-A



DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECCIÓN	TÍTULO:	A	
VERIF.					Soldador de filamento		
APROB.						N.º DE DIBUJO	A3
				MATERIAL:	Soldador		
				PESO: 4,73 GRAMOS	ESCALA: 2:1	HOJA 2 DE 2	
 <b>Universitat Politècnica de València</b>							



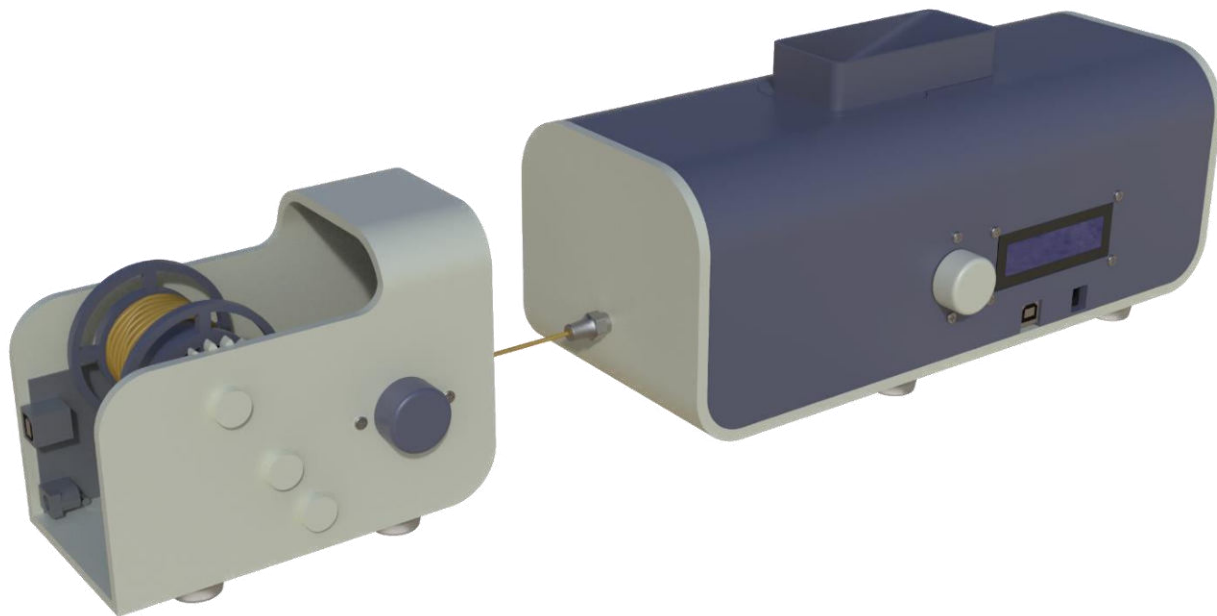
### Capítulo 13. Presentación

A continuación, se presentarán los renders realizados en KeyShot 7, un programa de renderizado que permite aplicar texturas, escenas y materiales. Los colores escogidos son propuestas escogidas. En la figura 123 se muestra el render de la extrusora de polímero.



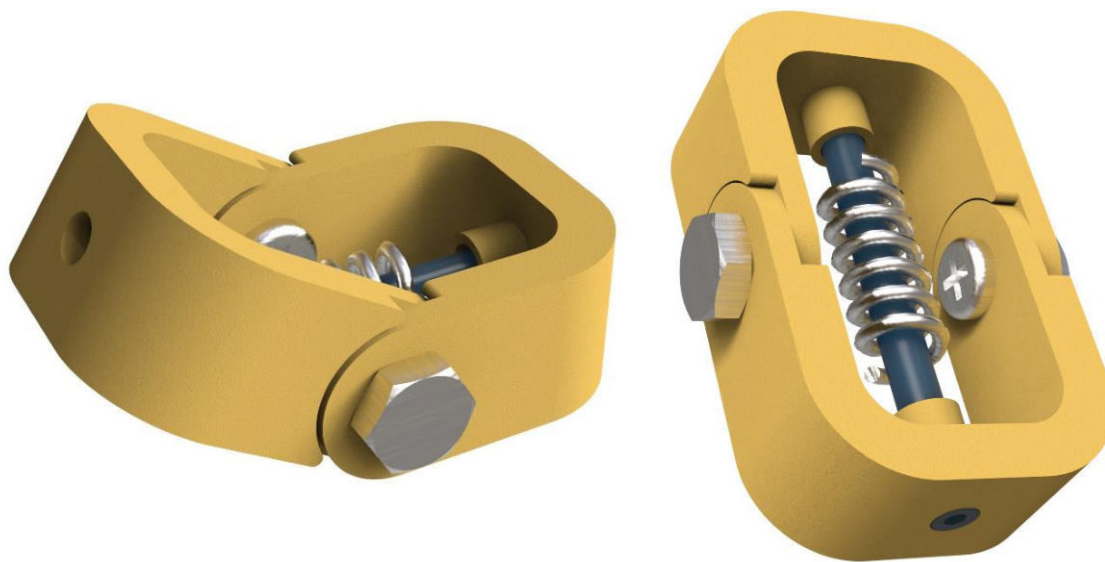
*Figura 123. Render de la extrusora de polímero*

En la figura 124 se muestra el render de la extrusora de polímero junto con el sistema para recoger el filamento extruido.



*Figura 124. Conjunto de extrusora y recogida.*

En la figura 125 se muestra dos renders en distinta perspectiva del soldador de filamento.



*Figura 125. Render del soldador de filamento*

## Capítulo 14. Pliego de condiciones

El objetivo de este apartado es definir las condiciones legales y propiedad intelectual, para luego explicar qué es Open Source y por qué es importante en este proyecto. Posteriormente se definen los procesos de fabricación y producción de los ensamblajes. Las especificaciones de las piezas, así como su función, ya han sido mencionadas en anteriores capítulos.

El mercado *Conformité Européenne* (CE) es el proceso mediante el cual el fabricante/importador informa a los usuarios y autoridades competentes de que el equipo comercializado cumple con la legislación obligatoria en materia de requisitos esenciales. (Mercado CE, s. f.)

### 14.1 Legislación

La impresión 3D tiene diversas aplicaciones como prótesis médicas, prototipos y herramientas entre otros. Sin embargo, dada la amplia libertad y facilidad de conseguir los modelos, existen casos cuya impresión se considera ilegal. Por ejemplo, imprimir un arma de fuego, munición o accesorios de estos, conforme se estipula en el Real Decreto 137/1993 (BOE):

‘Se prohíbe la fabricación, importación, circulación, publicidad, compraventa, tenencia y uso de las siguientes armas o de sus imitaciones:

a) Las armas de fuego que sean resultado de modificar sustancialmente las características de fabricación u origen de otras armas, sin la reglamentaria autorización de modelo o prototipo.’

Boletín Oficial del Estado [BOE, 1993] Sección 4. Armas prohibidas. Artículo 4. Armas prohibidas. Real Decreto 137/1993, de 29 de enero

Así mismo, es ilegal la reproducción de monedas falsificadas u obras que tengan derechos de autor, patentes o marcas; pero este asunto se profundizará más en el siguiente punto.

En este ámbito, podrían ver su responsabilidad comprometida:

- El propietario del archivo imprime un diseño protegido en un entorno que va más allá del uso estrictamente privado sin la autorización del autor.
- El usuario de internet que descargue el archivo, si la fuente de la copia es ilícita, sin la autorización del autor.
- El proveedor de un servicio de impresión en 3D.
- Empresas que alojan o publican plataformas de descarga de archivos siendo conscientes de la ilegalidad.

Por otra parte, se ha considerado relacionar el ámbito de este proyecto con la ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular, acotándola para reducir consumo en plásticos domésticos no peligrosos.

## 14.2 Propiedad intelectual

La propiedad intelectual (PI) se relaciona con las creaciones de la mente: invenciones, obras literarias y artísticas, así como símbolos, nombres e imágenes utilizados en el comercio. La legislación protege la PI, por ejemplo, mediante las patentes, el derecho de autor y las marcas, que permiten obtener reconocimiento o ganancias por las invenciones o creaciones. (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2023).

La existencia de impresoras 3D de bajo costo y alta calidad ha puesto esta tecnología al alcance de los consumidores. Esto a su vez suscita preguntas sobre las implicaciones que puede tener para la propiedad intelectual el uso cada vez más amplio de una tecnología. (Malaty y Rostama, 2017).

La protección de los archivos digitales 3D está justificada porque el autor debe hacer un esfuerzo intelectual para que el objeto concebido pueda dar lugar a un objeto impreso. El autor puede reclamar derechos sobre su obra si alguien la reproduce sin su autorización y pone en entredicho su autoría. (Malaty y Rostama, 2017).

Si el objeto que se imprime está protegido por patente, determinadas leyes nacionales, por ejemplo el Código de Propiedad Intelectual de Francia (Artículo L 613-4), prohíben suministrar u ofrecerse a suministrar medios para usar una invención sin autorización. (Malaty y Rostama, 2017).

Sin embargo, en el ámbito privado y sin generar beneficio económico, se autoriza a reproducir obras mediante la impresión. Los miembros circunscriben las limitaciones o excepciones impuestas a los derechos exclusivos a determinados casos especiales que no atenten contra la

explotación normal de la obra ni causen un perjuicio injustificado a los intereses legítimos del titular de los derechos (WTO OMC, s.f.).

En conclusión, existen diversas lagunas jurídicas, pero si el objeto está protegido por derecho de autor, los titulares pueden recurrir a medidas de protección de su obra. No se puede impedir los actos realizados en el ámbito privado y con fines no comerciales siempre y cuando no ponga en entredicho la integridad del autor.

### **14.3 Definición de Open Source**

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado es generar un conjunto de productos que permitan reciclar las piezas fallidas y desechos en nuevo filamento para crear nuevas impresiones. Además, otro objetivo de este proyecto es generar propuestas con la filosofía *Open Source* o Código libre. El software open source es un código diseñado de manera que sea accesible al público: todos pueden ver, modificar y distribuir el código de la forma que consideren conveniente. (Red Hat, 2023)

En un comienzo la filosofía Open Source se aplicaba a software informático, pero de forma progresiva se ha ido expandiendo a otros campos. De forma completamente gratuita, cualquier usuario se debería sentir libre para recopilar información o modificar piezas que se han diseñado para fabricar su propio sistema, además de proporcionar nueva información para complementar y mejorar el mismo. En un comienzo se plantea como el trabajo de un usuario para formar una comunidad que persiga un mismo objetivo.

#### 14.4 Procesos de fabricación

En este apartado se explican los procesos de fabricación para las piezas que han sido diseñadas. Dentro del sistema de la extrusión del filamento, existen algunos componentes que se pueden fabricar mediante impresión 3D. Para estas piezas, se usarán materiales como ABS o PLA. Las características han sido revisadas en el **capítulo 3 Antecedentes** y el método de fabricación en el **capítulo 10. Generación de maquetas y prototipos**.

En el caso del conjunto encargado de recoger el filamento, debido las pruebas que se han realizado, se ha observado que ninguno de los componentes está sometido a altas temperaturas como sucede con la extrusora de polímero ni está sometido a grandes vibraciones ni resistencias producidas por la trituración del PLA. A excepción de los componentes no diseñados subcontratados, estos componentes serán fabricados mediante impresión 3D.

De la misma forma sucede con el conjunto encargado de soldar el filamento, las pruebas determinan que, aunque se incida una fuente de calor para la unión, no afecta al modelo impreso, ya que el PLA es un material muy sensible a altas temperaturas y por tanto, tras varios usos, se tendrían que haber apreciado signos de deterioro.

Por tanto, los siguientes componentes son los que se deberían fabricar usando otro método:

Carcasa superior. Esta pieza puede ser fabricada por impresión 3D siempre y cuando el material empleado sea ABS y el volumen máximo de impresión sea superior al volumen de la pieza. En caso de que esta condición no se cumpla, la siguiente opción será mediante moldeo por inyección. El moldeo por inyección de plásticos es el proceso de fundir gránulos de plástico

(polímeros termoestables o termoplásticos) que, cuando están lo suficientemente fundidos, se inyectan a presión en la cavidad de un molde, que rellenan y solidifican para crear el producto final. (Protolabs, s. f.). Los gránulos se aprecian en la figura 126. El proceso de inyección de plástico es similar al principio de funcionamiento de la extrusora de polímero, con la diferencia de que el polímero fundido acaba en un molde que posteriormente será retirado generando una pieza.



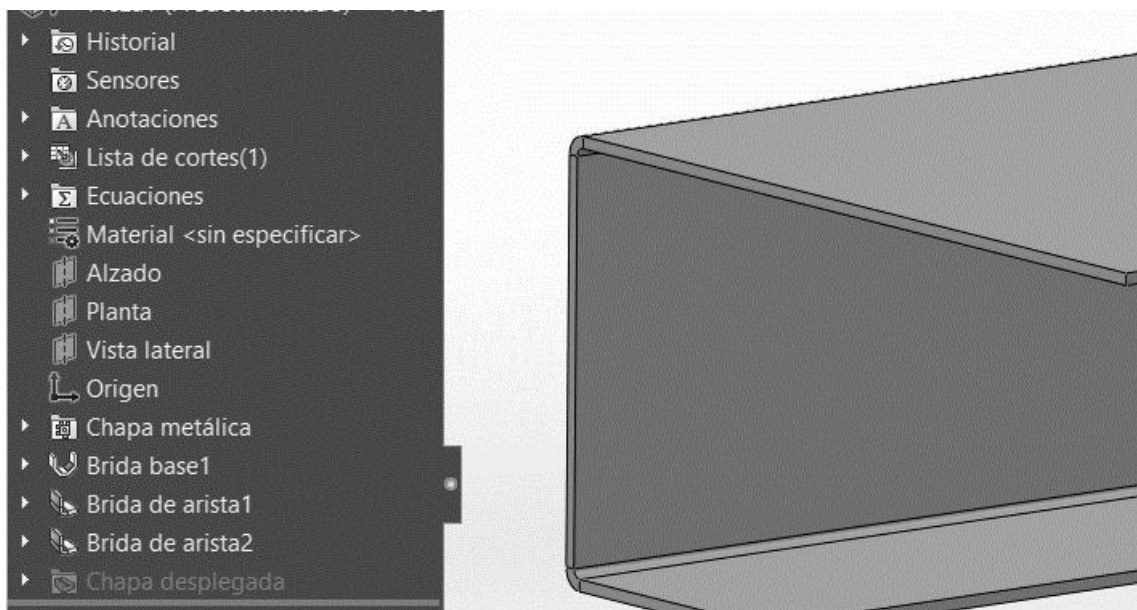
*Figura 126. Gránulos de ABS. (Shandong Huisheng Import & Export Co., s. f.)*

Carcasa inferior. Esta pieza será fabricada mediante chapa de acero inoxidable con espesor constante, que pasará por los siguientes procesos: corte láser y doblado. La pieza ha sido originalmente diseñada gracias a el módulo de chapa metálica que ofrece Solidworks 2023, como se muestra en la figura 127, permitiendo calcular los redondeos de doblado de forma precisa. Este proceso de fabricación permite obtener piezas metálicas sometiendo el material a una carga de compresión entre dos moldes, que son estampas o matrices de acero. Una de dichas matrices, que se considera la matriz superior o martillo, se desliza sobre una guía, la otra, denominada estampa



inferior o yunque es fija. Mediante la aplicación de presión progresiva o percusión entre ambas estampas se obtienen las piezas deseadas. (INEO, s. f.) Debido a que esta pieza no requiere de operaciones complejas, no será necesario emplear una matriz progresiva, que es un elemento de alto coste.

Las características de este material se encuentran en el **capítulo 18. Anexos**. La aleación escogida será la 316, ya que es resistente a la corrosión. Se ha escogido porque es capaz de soportar altas temperaturas sin llegar a deformarse.



*Figura 127. Chapa metálica en Solidworks 2023*

Las siguientes piezas serán fabricadas mediante inyección de metal: bloque calefactor, perfil roscado y la pieza unión roscada. El material empleado será la aleación 6000 del aluminio, ya que, al ser una aleación forjada, le hace adecuado para soportar procesos térmicos. Sus características se encuentran en el **capítulo 18. Anexos**. Se ha escogido porque ligero y resistente, además de ser fácil de fabricar.

Aislante. Este material estará situado para evitar que la transmisión de calor llegue al depósito de la viruta. Se ha escogido la madera de pino que será fabricada mediante un corte de CNC con una broca de 6 mm., además de ser fácil de conseguir. A pesar de su combustibilidad, si la madera no se somete a llama directa, ésta no comenzará a arder hasta que no alcance aproximadamente los 400 °C. Aun siendo expuesta a llama directa, no se producirá la ignición hasta que no llegue a temperaturas en torno a los 300 °C.(Habic, s. f.). En el caso del corte CNC de madera, debido a que se emplea una broca de 6 mm, solamente necesitará una pasada para cortar la pieza, siendo un proceso más rápido.

## **Capítulo 15. Presupuesto**

El objetivo de este apartado es llevar a cabo la estimación más aproximada de los costes de producción y desarrollo de los diseños anteriormente mostrados. En este presupuesto se incluyen los costes de diseño del producto, el coste de las materias primas, así como su proceso de fabricación y finalmente los productos no diseñados subcontratados, es decir, ya fabricados. Una vez reunida esta información, se calculará el coste total del presupuesto.

### **15.1 Costes del proceso de diseño.**

En el capítulo 10. Diseño de detalle, se puede observar que cada pieza modelada en SolidWorks tiene una masa estimada junto con un material. Se ha realizado esta asignación con el objetivo de estimar el precio según los proveedores. Para los costes de diseño de producto, se han considerado los siguientes elementos:

- **Ámbito y antecedentes:** Referente a los análisis realizados de la normativa y patentes, investigación de la tipología de impresora y estudio de los productos existentes en el mercado.
- **Diseño conceptual:** Realización de propuestas, incluyendo los cambios que se han producido.
- **Diseño de detalle:** modelado 3D de los componentes y ensamblajes, requerimientos técnicos y elaboración de planimetría.
- **Impresiones 3D:** para asegurar medidas y tolerancias geométricas en el montaje. Aquí se incluye la conversión de archivos y tiempo invertido en ello.
- **Presupuesto.**

Se muestran los datos de forma desglosada en las tablas 26, 27, 28 y 29 según el producto. En España, el sueldo medio de ingeniero de diseño industrial es de 15,38 h (Talent, 2023).

<b>Objeto</b>	<b>Tiempo estimado (h)</b>	<b>Coste (€·h)</b>	<b>Subtotal (€)</b>
Ámbito y antecedentes	14	15,38	215,32
Diseño conceptual	42	15,38	645,96
Diseño de detalle	17	15,38	216,46
Impresión 3D	7	15,38	107,66
Presupuesto	3	15,38	46,14
Coste total del proceso (1)	83	15,38	1276,54

*Tabla 26. Costes del proceso de diseño de la extrusora de filamento.*

<b>Objeto</b>	<b>Tiempo estimado (h)</b>	<b>Coste (€·h)</b>	<b>Subtotal (€)</b>
Ámbito y antecedentes	6	15,38	92,28
Diseño conceptual	36	15,38	553,68
Diseño de detalle	12	15,38	184,56
Impresión 3D	6	15,38	92,28
Presupuesto	3	15,38	46,14
Coste total del proceso (2)	63	15,38	968,94

*Tabla 27. Costes del proceso de diseño de la recogida de filamento.*

<b>Objeto</b>	<b>Tiempo estimado (h)</b>	<b>Coste (€·h)</b>	<b>Subtotal (€)</b>
Ámbito y antecedentes	5	15,38	76,9
Diseño conceptual	8	15,38	123,04
Diseño de detalle	4	15,38	61,52
Impresión 3D	1	15,38	15,38
Presupuesto	3	15,38	46,14
<b>Coste total del proceso (3)</b>	<b>21</b>	<b>15,38</b>	<b>322,98</b>

*Tabla 28. Costes del proceso de diseño del soldador de filamento.*

A continuación, se muestra la tabla 29 donde se incluye el coste total del proceso de diseño.

<b>Coste total del proceso de diseño (1)</b>	1276,54
<b>Coste total del proceso de diseño (2)</b>	968,94
<b>Coste total del proceso de diseño (3)</b>	322,98
<b>Coste total del proceso de diseño</b>	<b>2568,46</b>

*Tabla 29. Coste total del proceso de diseño*

## 15.2 Costes del proceso de fabricación para maquetas y prototipos.

Para calcular el costo de las impresiones 3D para generar maquetas y prototipos, se ha realizado la tabla 30, donde se incluyen las variables como el precio de la bobina de PLA, el tiempo de impresión y su peso, entre otros.

Variable	Comentarios
Precio del PLA (€·G)	29,78 G·€
Tiempo de impresión (min)	Sumar el total de las piezas
Peso de la impresión (G)	Sumar el total de las piezas
Longitud del filamento (M)	Sumar el total de las piezas
Electricidad (€/KW·H)	El costo 0,18053 €/kWh de la luz ha sido extraído de <a href="https://tarifaluzhora.es/">https://tarifaluzhora.es/</a>
Consumo de la impresora (KW)	0,100

Tabla 30. Coste de fabricación de una impresión 3D.

En las tablas 31, 32, 33 y 34 se muestran el precio de cada impresión, así como el peso y su tiempo empleado. Las variables como el consumo de la impresora o el costo de la electricidad se consideran el mismo para todos los componentes, por lo que se ha decidido no incluirlas.

<b>Conjunto</b>	<b>Nombre de componente</b>	<b>Peso (Gr)</b>	<b>Tiempo de impresión</b>	<b>Precio (€)</b>
Extrusora de filamento	Carcasa superior	225	35 h 22 min	7,34
	Carcasa inferior	132	22 h 43 min	4,34
	Soporte motor	9	1 h 33 min	0,29
	Depósito de viruta	57	8 h 52 min	1,86
	Rejilla ventilador	3	55 min	0,11
	Acople de motor y broca	4	46 min	0,13
	Tolva exterior	27	6 h 9 min	0,91
	Cubierta tolva	12	2 h 20 min	0,40
	Rueda reguladora	2	18 min	0,07

*Tabla 31. Coste de fabricación en impresión 3D, extrusora de filamento, parte 1.*

<b>Conjunto</b>	<b>Nombre de componente</b>	<b>Peso (Gr)</b>	<b>Tiempo de impresión</b>	<b>Precio (€)</b>
Extrusora de filamento	Pie de goma	2	18 min	0,07
	Fuente de alimentación	24	3 h 24 min	0,78
	Abrazadera	4	39 min	0,20
	Sujeción potenciómetro	3	32 min	0,17
	Bloque calefactor	37	1 h 37 min	1,13
	Coste impresión (1)	534	84 h 17 min	17,80

*Tabla 32. Coste de fabricación en impresión 3D, extrusora de filamento, parte 2.*



<b>Conjunto</b>	<b>Nombre de componente</b>	<b>Peso (Gr)</b>	<b>Tiempo de impresión</b>	<b>Precio (€)</b>
Recogida de filamento	Carcasa	125	18 h 2 min	4,68
	Engranaje conductor	1	17 min	0,04
	Engranaje conducido	3	37 min	0,11
	Engranaje intermedio	2	26 min	0,08
	Soporte motor DC	3	40 min	0,11
	Bobina	33	3 h 58 min	1,23
	Fijación roscada (4)	2	18 min	0,12
	Varilla roscada	3	52 min	0,16
	Rueda reguladora	2	18 min	0,07
	Sujeción potenciómetro	3	32 min	0,17
	Cilindro varilla	2	10 min	0,06
	Sujeción roscada	2	9	0,06
	Coste impresión (2)	184	27 h 01 min	7,25

*Tabla 33. Coste de fabricación de componentes en impresión 3D, recogida de filamento*

<b>Conjunto</b>	<b>Nombre de componente</b>	<b>Peso (Gr)</b>	<b>Tiempo de impresión</b>	<b>Precio (€)</b>
Soldador de filamento	Estructura soldador	4	43 min	0,18
	Estructura soldador	4	43 min	0,18
	Coste impresión (3)	8	1 h 26 min	0,36

*Tabla 34. Coste de fabricación de componentes en impresión 3D, soldador de filamento*

A continuación, se muestra la tabla 35 donde se incluye el coste total de la impresión de los componentes.

<b>coste total de la impresión (1)</b>	17,80
<b>coste total de la impresión (2)</b>	7,25
<b>coste total de la impresión (3)</b>	0,36
<b>Coste total de las impresiones</b>	24,80

*Tabla 35. Coste total de la impresión de los componentes.*

### 15.3 Costes de las materias primas y fabricación

En la tabla 36 se indica el precio de la materia prima. El coste (€/Kg) ha sido extraído de GRANTA CES Edupack 2023, a excepción de la madera de pino que ha sido extraído de Leroy Merlin.

<b>Materia prima</b>	<b>Coste (€/Kg)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coste total</b>
ABS	1,87	408,12 gramos	0,76
Acero inoxidable 316	2,54	2059,19 gramos	5,23
Aluminio 6000	1,81	78,48 gramos	0,15
Madera de pino	19,99 (4 x 50 x 200 mm)	4.04 gramos	2,49
Coste total de las materias primas			8,63

*Tabla 36. Coste materias primas*

En la tabla 37 se indica el proceso de fabricación y su precio. En el caso del ABS, se calcularán los dos procesos y se escogerá el más barato.

<b>Proceso de fabricación</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
Impresión 3D (Plástico)	ABS	1	42,11
Molde inyección (metal)	Aluminio 6000	1	10000
Molde inyección (plástico)	ABS	1	2000
Corte láser (metal)	Acero inoxidable 316	1	85
Herramienta de doblado (metal)	Acero inoxidable 316	1	130,96
Corte CNC (madera)	Pino	1	25
Coste total del proceso de fabricación			10283,07

*Tabla 37. Coste del proceso de fabricación*

Como se observa en la table 37, el coste del molde de inyección de plástico, extraído de la web Alibaba, es notablemente superior al de la impresión 3D. Esto se debe a que, cuantas más piezas se fabriquen con inyección de plástico, más se abaratará el costo por unidad, por lo que se tomará como referencia el coste de la impresión 3D en ABS. Los precios del corte láser han sido extraídos de la web atta33, siendo el precio mínimo. Coste del molde de inyección de aluminio y herramienta de doblado ha sido extraído de Alibaba.

### 15.4 Costes de los productos no diseñados subcontratados

En las tablas 38, 39, 40 y 41 se muestra el coste total y desglosado, según el producto, de los componentes no diseñados que han sido subcontratados.

Conjunto	Nombre del producto	Proveedor	Coste/ unidad (€)
Extrusora de PLA	Motor paso a paso	Creality	20,99
	Cartucho calefactor	Filament2print	19,90
	Termistor	Filament2print	29,99
	Soportes de caucho (4 U)	DCQQ	0,37
	Perfil aluminio roscado	SUFI	4,23
	Broca berbiquí	Leroy Merlin	6,79
	Módulo LCD	Freenove	8,95
	Potenciómetro pulsador	Freenove	2,17
	Cabezal extrusor	Hebai	6,54
	Conector con pulsador	Cablepelado	6,50
	Arduino UNO (REV3)	Arduino	29,28
Fuente de alimentación	XP power	9,58	

Tabla 38. Costes de los productos no diseñados de la extrusora, parte 1.

<b>Conjunto</b>	<b>Nombre del producto</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Coste/ unidad (€)</b>
	Ventilador	Sunon	6,82
	Cable de alimentación	Amazon Basics	7,50
	Imán (4 U)	Yizhet	0,20
	Tuerca hexagonal (22 U)	Ferretería Aurelio SL	0,10
	Tornillo roscado (22 U)	Ferretería Aurelio SL	0,10
	Arandela plana (22 U)	Ferretería Aurelio SL	0,04
	Placa de PCB	Elegoo	0,64
Coste total de los productos subcontratados (1)			166,64

*Tabla 39. Costes de los productos no diseñados de la extrusora, parte 1.*

<b>Conjunto</b>	<b>Nombre del producto</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Coste/ unidad (€)</b>
Recogida de filamento	Motor DC	Freenove	3,2
	Soportes de caucho (4 U)	DCQQ	0,37
	Portapilas	BeMatik	1,54
	Interruptor	GeBildet	7,99
	Tuerca hexagonal (4 U)	Ferretería Aurelio SL	0,10
	Tornillo roscado (4 U)	Ferretería Aurelio SL	0,10
	Arandela plana (4 U)	Ferretería Aurelio SL	0,04
	Arduino UNO (REV3)	Arduino	29,28
	Potenciómetro pulsador	Freenove	2,17
	Cable corriente	Youmile	11,99
Coste total de los productos subcontratados (2)			58,20

*Tabla 40. Costes de los productos no diseñados de la recogida de filamento.*

<b>Conjunto</b>	<b>Nombre del producto</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Coste/ unidad (€)</b>
Soldador de filamento	Tubo de teflón	Capricorn	7,57
	Tuerca hexagonal	Ferretería Aurelio SL	0,10
	Muelle	Ferretería Aurelio SL	0,07
	Arandela plana	Ferretería Aurelio SL	0,04
	Tornillo roscado	Ferretería Aurelio SL	0,10
Coste total de los productos subcontratados (3)			7,88

*Tabla 41. Costes de los productos no diseñados del soldador de filamento*

A continuación, se muestra la tabla 42 donde se incluye el coste total de los productos subcontratados.

<b>Coste total de los productos subcontratados (1)</b>	166,64
<b>Coste total de los productos subcontratados (2)</b>	58,20
<b>Coste total de los productos subcontratados (3)</b>	7,88
<b>Coste total de los productos subcontratados</b>	232,72

*Tabla 42. Coste total de los productos subcontratados.*



#### 15.4 Coste total y presupuesto final

En la tabla 43 se muestra el coste total y el presupuesto final de cada producto. Se obtiene un producto competitivo en sus respectivos mercados, esto se puede observar en el **capítulo 4.**

**Análisis de productos (Benchmarking).** El montaje de los conjuntos es sencillo y la fabricación, en general, resulta bastante asequible teniendo en cuenta que gran parte de los componentes se obtienen mediante impresión 3D o son subcontratados a proveedores. En la tabla no se incluye el beneficio, que se situará del 25%, ni el Impuesto Valor Añadido (IVA) del 21%.

<b>Costes del proceso de diseño</b>	2568,46
<b>Coste de las impresiones para maquetas y prototipos</b>	24,80
<b>Costes de las materias primas y fabricación</b>	10283,07
<b>Costes de los productos no diseñados subcontratados</b>	232,72
<b>Coste total</b>	13109,05

*Tabla 43. Coste total*

En la tabla 44 se presentan, por una parte, el coste de fabricación y la compra de los componentes necesarios para su funcionamiento. Por otra parte, se muestra el coste total del producto sumado los beneficios y el IVA. El motivo del desglose es para identificar la diferencia amplia de costes entre ambos, ya que, al considerarse este Trabajo Fin de Grado de código libre, solo será necesario atender la columna de Costes de fabricación y compra de componentes, ya que no se pretende su comercialización. Los beneficios y el IVA se calculan sobre el coste total.

<b>Conjunto</b>	<b>Costes de fabricación y compra de componentes</b>	<b>Coste total</b>	<b>Beneficios (25%) + IVA (21%)</b>	<b>Presupuesto total</b>
Extrusor de polímero	10449,71	11744,05	5402,263	17146,313
Recogida de filamento	24,8	989,96	455,38	1470,14
Soldador de filamento	8,24	331,22	152,36	491,82

*Tabla 44. Coste total de cada producto*

## Capítulo 16. Conclusiones

Observando con perspectiva el conjunto del proyecto realizado, cumple las expectativas del objetivo, que es proporcionar un canal de reciclaje del PLA. Por una parte, se considera satisfactorios los resultados obtenidos tanto de los antecedentes como del estudio de mercado, entender qué diferencia a cada producto y por qué tienen las prestaciones que tienen. Por otra parte, se genera un comienzo muy positivo gracias a los numerosos rediseños y pruebas con las maquetas y prototipos de cara a avanzar el día de mañana con la filosofía Open Source para que más usuarios puedan mejorar o modificar el diseño propuesto.

En un principio se pensó diseñar 4 sistemas de forma íntegra, pero se acabó con 3 debido a que el sistema de trituración de desechos era el menos necesario ya que un electrodoméstico como es una batidora puede cumplir su función de forma satisfactoria.

Dentro del contexto del trabajo, cabe recalcar el extenso trabajo tanto en la parte de búsqueda de información e investigación como en la fase del diseño conceptual y desarrollo posterior, siendo necesario que este tipo de productos sean más accesibles para facilitar una economía circular, concienciando a los usuarios de estas impresoras 3D.

Con vistas de líneas de futuro, una vez que el sistema de extrusión de PLA funcionase, se deberían realizar ensayos de tracción, flexión y de compresión para comprobar si existe una diferencia significativa entre el reciclado y el industrial. Por otra parte, tratar de mejorar los sistemas de fabricación de los componentes evitando usar moldes de inyección, ya que encarecen notablemente la inversión en un conjunto de estas características. Se deberían obtener sensores que sean capaz de medir el diámetro del filamento para automatizar el proceso de reciclaje.

Como apunte a señalar, y como sucede con cualquier proceso de diseño, en un inicio podría parecer sencillo el objetivo, pero cuando más se indaga en la materia, es necesaria la adquisición de más conocimientos para que sea satisfactorio. En este caso, conocimientos de programación e informática, de eléctrica y electrónica, de mecánica y de procesos industriales. El estar aprendiendo de estas materias han supuesto un aprendizaje constante motivado a continuar con este tipo de propuestas.

## Capítulo 17. Referencias

Capítulo 2. Justificación y alcance.

Sánchez, J. (5 de abril de 2022). *¿Cuánto tarda en degradarse el plástico biodegradable?*

Ecología Verde Recuperado 19 de enero de 2023, de

[https://www.ecologiaverde.com/cuanto-tarda-en-degradarse-el-plastico-biodegradable-1272.html#anchor\\_2](https://www.ecologiaverde.com/cuanto-tarda-en-degradarse-el-plastico-biodegradable-1272.html#anchor_2)

Anderson, I., (Jun 2017). *Mechanical properties of specimens 3D printed with virgin and*

*recycled polylactic acid. 3D printing and additive manufacturing. Liebertpub, Volumen 4*

*(Issue 2)*, Páginas 110 - 115. Recuperado 19 de enero de 2023, de

<https://doi.org/10.1089/3dp.2016.0054>

Lanzotti, A., Martorelli, M., Maietta, S., Gerbino S., Penta, F., Gloria, A., (2019). *A comparison*

*between mechanical properties of specimens 3D printed with virgin and recycled PLA.*

*Procedia CIRP*, Volumen 79, Páginas 143 - 146. Recuperado 20 de enero de 2023, de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119301441>

Ayala, F (2021), *Caracterización de filamento de PLA reciclado para impresión 3D*. Escuela

Superior de Ingeniería y Tecnología. Universidad de la Laguna. Recuperado 20 de enero, de

<https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/24777>

*Cómo nacen los objetos. Apuntes para una metodología proyectual* (p. 32), por B. Munari

(1983), Ed. Gustavo Gili.

Anónimo, (2023), Recicladora de PLA. Recuperado de

<https://forms.gle/me8TAmd5LcyPvpG37>

Capítulo 3. Antecedentes.

SolidWorks (Nº de versión SolidWorks 2022-2023). (1995). Windows. Concord, Massachusetts:

Dassault Systèmes - SolidWorks Corporation.

Blender (Nº de versión 2.90). (1994). Windows. Países Bajos: Fundación Blender.

Cura (Nº de versión 5.2.2). (2017). Windows. Ultimaker.

Kumotica, (2 de mayo de 2022). Historia de la impresión 3D: Año a año. Recuperado 18 de

diciembre de 2022, de

<https://kumotica.es/blog/impresion-3d/historia-de-la-impresion-3d-ano-a-ano>

Espinosa, A. (24 de abril de 2019) *Impresoras de resina fotocurables*. Tresde. Recuperado 18 de

diciembre de 2022, de

<https://tresde.pe/diferencias-entre-las-tecnologias-sla-dlp-y-lcd/>

GRANTA EduPack 2022 R2 (2022). Descripción, material Polímero ABS

(Termoplástico). Recuperado 11 de noviembre de 2022, del software GRANTA EduPack

2022 R2:

<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>

GRANTA EduPack 2022 R2 (2022). Descripción, material Polímero PLA

(Termoplástico). Recuperado 11 de noviembre de 2022, del software GRANTA EduPack

2022 R2:

<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>

GRANTA EduPack 2022 R2 (2022). Descripción, material Polímero PET

(Termoplástico). Recuperado 11 de noviembre de 2022, del software GRANTA EduPack

2022 R2:

<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>

GRANTA EduPack 2022 R2 (2022). Descripción, material Polímero PETG

(Termoplástico). Recuperado 11 de noviembre de 2022, del software GRANTA EduPack

2022 R2: <https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>

GRANTA EduPack 2022 R2 (2022). Descripción, material Polímero PP

(Termoplástico). Recuperado 11 de noviembre de 2022, del software GRANTA EduPack

2022 R2:

<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>

GRANTA EduPack 2022 R2 (2022). Descripción, material Polímero PC (Termoplástico).

Recuperado 11 de noviembre de 2022, del software GRANTA EduPack 2022 R2:

<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>

Happydgaf, (20 de septiembre de 2022) What normally causes this warping? Is it a different bed

temp? Recuperado de:

[https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/prxlqa/what\\_normally\\_causes\\_this\\_warping\\_is\\_it\\_a/](https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/prxlqa/what_normally_causes_this_warping_is_it_a/)

Splashbandicoot88, (20 de septiembre de 2020) What is going on? Bed adhesion problems.

Recuperado de:

[https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/nbdt3v/what\\_is\\_going\\_on\\_bed\\_adhesion\\_problems\\_not\\_sure/](https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/nbdt3v/what_is_going_on_bed_adhesion_problems_not_sure/)

Desrtfx, (21 de junio de 2018) Displacement of 3D print layers\_ Recuperado de:

[https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/8spoe2/displacement\\_of\\_3d\\_print\\_layers\\_on\\_crealty\\_cr10/](https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/8spoe2/displacement_of_3d_print_layers_on_crealty_cr10/)



Wrongtree, (24 de marzo de 2015) Clogged Nozzle. Recuperado de:

[https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/306eid/clogged\\_nozzle/](https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/306eid/clogged_nozzle/)

SecretWolfMan, (04 de noviembre de 2017) What to do against this stringing? Recuperado de:

[https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/7apv2o/what\\_to\\_do\\_against\\_this\\_stringing/](https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/7apv2o/what_to_do_against_this_stringing/)

Cahoon S. (2016) *Warping*. Tomado de *How to Stop Filament Warping in 3D Printed Parts*, ,

recuperado 11 de enero de 2023, de:

<https://www.matterhackers.com/news/-how-to-stop-filament-warping-in-3d-printed-parts>

Prusa 3D, (2022) Separación entre capas en una pieza impresa en 3D. Tomado de *Layer*

*separation and splitting FDM*, recuperado 11 de enero de 2023, de:

[https://help.prusa3d.com/article/layer-separation-and-splitting-fdm\\_1806](https://help.prusa3d.com/article/layer-separation-and-splitting-fdm_1806)

Patterti (2018) Desplazamiento de los ejes X o Y. Tomado de *Check your belt tension*,

recuperado 11 de enero de 2023, de:

[https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/7kg87q/check\\_your\\_belt\\_tension/](https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/7kg87q/check_your_belt_tension/)

Jellimann, B (2018), Modelo que no se ha impreso correctamente debido a una falta de

adherencia. Tomado de *Mejorar la adherencia de su primera capa para una impresión*

*3D perfecta*, recuperado 11 de enero de 2023, de:

<https://bentek.fr/adherence-premiere-couche/>

Baldwin (2016), Modelo con extrusor bloqueado. Tomado de *The good, bad and errors of 3D*

*Printing*, recuperado 11 de enero de 2023, de:

<https://3dprinterchat.com/the-good-bad-and-errors-of-3d-printing/>

R. Maria Jose, (2022) Modelo que presenta *Stringing*. Tomado de *Stringing o encordado en la*

*impresión 3D: cómo solucionarlo*, recuperado 11 de enero de 2023, de:

<https://www.3dnatives.com/es/stringing-impresion-3d-231120222/#!>

Capítulo 4. Análisis de productos (Benchmarking)

Coffee\_Sugar\_Cinnamon (septiembre 2022), Filament Welder, recuperado 18 de diciembre de

2022, de Thingiverse

Vortex\_pr, (junio 2020) Filament Welding Tool, recuperado 18 de diciembre de 2022, de

Thingiverse

Brian Moran, (enero de 2021), 3D Print Filament Welder, recuperado 18 de diciembre de 2022,

de Thingiverse

Soldador de filamento, (s.f.), IdeaFormer, recuperado 06 de noviembre de 2022, de

Filament Connector Gen2, (s.f.), VIT Sport. recuperado 06 de noviembre de 2022, de

Capítulo 5. Requerimientos del diseño.

Batidora de mano HB1000X, (s.f.), Taurus, recuperado 06 de noviembre de 2022, de

<https://www.amazon.es/Taurus-HB1000X-Batidora-Pl%C3%A1stico-Acero/dp/B08DS5RM2D>

Capítulo 7. Normativa, legislación y propiedad intelectual.

UNE (2022) *Fabricación aditiva. Principios generales. Fundamentos y vocabulario*. (UNE-EN ISO/ASTM 52900:2022), de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0069563>

UNE (2021) *Fabricación aditiva. Fabricación aditiva de materiales plásticos basada en extrusión de materiales. Parte 1: Materias primas*. UNE-EN ISO/ASTM 52903-1:2021, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0065805>

UNE (2017) *Fabricación aditiva. Principios generales. Parte 2: Visión general de categorías de procesos y de materias primas*. UNE-EN ISO/ASTM 17296-2:2017, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0058446>

UNE (2017) *Fabricación aditiva. Principios generales. Parte 3: Características principales y métodos de ensayo correspondientes*. UNE-EN ISO/ASTM 17296-3:2017, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0058447>

UNE (2008) *Plásticos. Plásticos reciclados. Caracterización de residuos plásticos*. UNE-EN 15347:2008, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0041301>

UNE (2008) *Ergonomía del ambiente térmico. Métodos para la evaluación de la respuesta*

*humana al contacto con superficies. Parte 1: Superficies calientes.* UNE-EN ISO 13732-

1:2008, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0042278>

UNE (2006) 2006 *Materiales de aislamiento, cubierta y recubrimiento para cables eléctricos de*

*energía de baja tensión. Parte 2-2: Compuestos elastómeros reticulados para*

*recubrimiento.* UNE-EN 50363-2-2:2006, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0036165>

UNE (2020) *Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño.*

UNE-EN ISO 14006:2020, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0064915>

UNE (2008) *Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos.* ISO 9001:2008, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0041916>

UNE (2018) *Directrices para la verificación de los aparatos electrodomésticos en el marco del*

*etiquetado energético y ecodiseño.* UNE-CLC/TR 50674:2018 IN, de

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0041916>

## Capítulo 8. Patentes

Wesselink, T., Van Leeuwen, L., (6 de junio de 2019), *Fused Deposition Modeling Filament*

*Production Apparatus*, N° 20190168436, 3DEVO B.V. Recuperado 13 de enero de 2023,

de <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=US243293735>

García, S., (10 de marzo de 2020), *Dispositivo Para Empalmar Filamentos De Impresoras 3D*,

N° 1243310. Recuperado 13 de enero de 2023, de

<https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=ES291895118>

Clark, T. (11 de junio de 2021), *Procedimiento para fabricar un filamento continuo a granel*, N°

2832738, Aladdin Manufacturing Corporation Recuperado 13 de enero de 2023, de

<https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=ES326414812>

Pérez, E., (1 de abril de 2004) *Sistema Y Proceso De Reciclado De Plásticos*, N° 2294964, Sist S

*De Reciclaje Y En S L* Recuperado 13 de enero de 2023, de

<https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=ES32134318>

Fernández, F., (4 de junio de 2014), *Cubo triturador doméstico de plástico*, N° 2464870.

Recuperado 13 de enero de 2023, de

<https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=ES105870856>

Soteras, J., Osorno, P., Ferrer, E., (23 de mayo de 2018), Triturador de residuos domésticos para reciclar, N° 1214614, Tallers Soteras, S.L., Recuperado 13 de enero de 2023, de

<https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=ES222144658>

## Capítulo 9. Justificación técnica de la solución adoptada

ESSS (2023), *Dinámica de fluidos computacional* Recuperado 16 de enero de 2023, de

<https://www.esss.co/es/blog/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/#:~:text=La%20Din%C3%A1mica%20de%20Fluidos%20Computacional,qu%C3%ADmicas%2C%20combusti%C3%B3n%2C%20aeroac%C3%BAstica%20etc.>

## Capítulo 11. Mejoras en los sistemas

Proyectos con Arduino (s,f), Recuperado 27 de enero de 2023, de

<https://proyectosconarduino.com/curso/maneras-de-alimentar-el-arduino-uno/>

## Capítulo 14. Pliego de condiciones

Red Hat, (24 de enero de 2023) *¿Qué es el Open source o código abierto?* Recuperado 27 de enero de 2023, de

<https://www.redhat.com/es/topics/open-source/what-is-open-source#:~:text=El%20software%20open%20source%20es,la%20forma%20que%20consideren%20conveniente.>

BOE-A-1993-10380 (1993). Real Decreto 137/1993, de 29 de enero, por el que se aprueba el

Reglamento de Armas. Recuperado de

<https://www.boe.es/eli/es/rd/1993/01/29/137>

Malaty y Rostama (2017). La impresión en 3D y el Derecho de propiedad intelectual.

Recuperado 05 de enero de 2023, de

[https://www.wipo.int/wipo\\_magazine/es/2017/01/article\\_0006.html](https://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2017/01/article_0006.html)

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI] (s.f.), Recuperado 05 de enero de

2023, de

<https://www.wipo.int/portal/es/>

WTO OMC (s.f.), Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual

relacionados con el Comercio, Recuperado 05 de enero de 2023, de

[https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/trips\\_s/ta\\_docs\\_s/1\\_tripsandconventions\\_s.pdf](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/trips_s/ta_docs_s/1_tripsandconventions_s.pdf)

Mercado CE (s. f.) *¿Qué es el mercado CE?* Recuperado 27 diciembre de 2022, de

<https://www.mercado-ce.com/acerca-del-mercado-ce/que-es-mercado-ce.html>

Protolabs, (s. f.) *Moldeo por inyección de plásticos*. Recuperado 5 febrero de 2023, de

<https://www.protolabs.com/es-es/servicios/moldeo-por-inyeccion/moldeo-por-inyeccion-de-plasticos/>

INEO (s.f) *¿Qué es la estampación metálica?* Recuperado 5 febrero de 2023, de

<https://www.ineo.es/es/tecnologias/estampacion-metalica>



## Capítulo 18. Anexos

### Capítulo 2. Justificación y alcance.


Cantidad de material empleado en un semestre por el laboratorio de la ETSID, UPV.

Hoja1	
Material	Cantidad consumida en gramos curso
Abs	58161,3
PLA Reciclado (marca Sma	17653
Filamento flexible	2602
PLA	9379
PET	2569
HIPS	9470
Z-ULTRA T	166

Respuesta del docente Santiago Ferrándiz Bou respecto al estado de impresión 3D en Alcoy.

29/12/22 16:46  
Perfecto

Era simplemente saber una estimación de cuántos residuos se generaban al semestre y si tenían algún canal de reciclaje porque soy consciente de que en la ETSID no existe ese sistema como tiene Fablab, lo que me extraña

 Santiago Ferrándiz Bou 29/12/22 16:47  
generan pocos, por el uso solo en tfg y tfm

pero normalmente se recicla con las extrusoritas

Inventario del material empleado por el laboratorio de la ETSID, UPV.

Filamento

Marca	Nombre	Material base	Color	Cantidad (Uds) 06/02/2023	Peso (g)	Diametro (mm)
Zortrax	Z-ULTRA T	ABS	GRIS	10	800g	1,75mm
Zortrax	Z-ULTRA T	ABS	AZUL	4	800g	1,75mm
Zortrax	Z-HIPS	HIPS	GRIS	7	800g	1,75mm
Zortrax	Z-FLEX	TPU	NEGRO	10	800g	1,75mm
Zortrax	Z-PCABS		IVORY	2	800g	1,75mm
Zortrax	Z-NYLON	NYLON	NATURAL	3	800g	1,75mm
Zortrax	Z- HIPS	HIPS	BLANCO	1	2000g	1,75mm
Zortrax	Z-NYLON	NYLON	NEGRO	2	2000g	1,75mm
Smartfil	PLA RECYCLED	PLA	NEGRO	12	750g	1,75mm
Smartfil	PLA RECYCLED	PLA	GRIS	18	750g	1,75mm
Smartfil	PLA RECYCLED	PLA	ROSA	4	750g	1,75mm
Smartfil	PLA RECYCLED	PLA	AMARILLO	3	750g	1,75mm
Smartfil	PLA RECYCLED	PLA	ROJO	4	750g	1,75mm
Smartfil	PLA RECYCLED	PLA	VERDE OSCU	5	750g	1,75mm
Smartfil	PLA RECYCLED	PLA	MARRÓN	4	750g	1,75mm
Smartfil	OLIVE		NATURAL	5	750g	1,75mm
Smartfil	PINE		NATURAL	4	750g	1,75mm
Smartfil	RPET		NATURAL	2	750g	1,75mm
Smartfil	EP	EP	BLACK	3	750g	1,75mm
Smartfil	EP	EP	BLANCO	5	750g	1,75mm
Smartfil	ABS	ABS	NATURAL	14	750g	1,75mm
Smartfil	ABS	ABS	NEGRO	10	750g	1,75mm
Smartfil	ABS	ABS	ANTRACITE	10	750g	1,75mm
Smartfil	PETG	PETG	NATURAL	18	750g	1,75mm
Leon 3D	FlexiPrint	Flexible	VERDE	4	800g	1,75mm
Leon 3D	FlexiPrint	Flexible	AMARILLO	4	800g	1,75mm
Leon 3D	FlexiPrint	Flexible	BLANCO	3	800g	1,75mm
Leon 3D	FlexiPrint	Flexible	ROJO	6	800g	1,75mm
Leon 3D	FlexiPrint	Flexible	AZUL	3	800g	1,75mm
Leon 3D	FlexiPrint	Flexible	NEGRO	2	800g	1,75mm
Leon 3D	ABS Smart	ABS	AMARILLO	4	800g	1,75mm
Leon 3D	ABS Smart	ABS	AZUL	4	800g	1,75mm
Leon 3D	PETG		BLANCO	3	800g	1,75mm
Leon 3D	FlexiPrint HARD		BLANCO	3	800g	1,75mm
Leon 3D	ABS PLUS	ABS	NATURAL	3	800g	1,75mm

Ficha técnica del filamento reciclado que se usa en el laboratorio de la ETSID, UPV.

## PLA RECICLADO

Es un filamento biodegradable y compostable, compatible con todas las impresoras. Es muy fácil de imprimir, y no tiene contracciones, permitiendo, de esta forma, fabricar piezas de grandes dimensiones.

El acabado final es muy bueno y suave, además tiene una amplia gama de colores, siendo estos más mate que el PLA normal.



Apto para todas  
las impresoras



Compostable



Biodegradable

	VALORES		UNIDAD DE MEDIDA	STANDARD	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>					
Composición química	Ácido poliláctico				
Densidad	1.24		g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183	
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS <sup>(1)</sup></b>					
	<b>PLANO XY</b>	<b>PLANO XZ</b>			
Resistencia a la tracción	55.5	43.8	MPa	ISO 527	
Módulo de tracción	4635.7	3129.8	MPa	ISO 527	
Resistencia a la flexión	107	18	MPa	ISO 178	
Módulo de flexión	3189.7	2467.1	MPa	ISO 178	
Alargamiento al esfuerzo máximo	1	1.4	%	ISO 527	
Alargamiento por tracción a la rotura	1.1	1.4	%	ISO 527	
Alargamiento por flexión a la rotura	5.2	1.8	%	ISO 178	
Fuerza de Impacto Charpy (sin muesca)	-	-	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179	
Dureza	85.4		Shore D	ISO 7619 – 1	
<b>PROPIEDADES DE TÉRMICAS</b>					
Temperatura de transición vítrea (T <sub>g</sub> )	60		°C	ISO 11357	
VICAT B (50N 50°C/h)	59		°C	ISO 306	
HDT B (0,45 Mpa)	60		°C	ISO 75	
<b>PROPIEDADES DE IMPRESIÓN</b>					
Temperatura de impresión	200 – 230		°C		
Temperatura de la cama	40 – 60		°C		
Ventilador de capa	100		%		
Velocidad de Impresión	25 – 50		mm/s		
Flujo de material	100		%		
Altura de capa	≥ 0.2		mm		
Recomendaciones de boquilla	≥ 0.4		mm		
<b>TAMAÑO PESO NETO PESO BRUTO DIAMETROS COLOR EMBALAJE</b>					
M	750 g	1065 g	1.75 mm	Varios	Caja cartón, bobina de cartón, bolsa al vacío, desecante.

<sup>(1)</sup> Valores obtenidos sobre probetas impresas, nozzle 0,4 mm, infill rectilíneo 100%, altura de capa 0,2 mm para más información póngase en contacto con nosotros mediante correo electrónico a [info@smartmaterials.com](mailto:info@smartmaterials.com) o visite nuestra web [www.smartmaterials3d.com](http://www.smartmaterials3d.com)

Respuesta generada de una encuesta del docente Santiago Ferrándiz Bou respecto al estado de impresión 3D en Alcoy.

¿Tenéis contenedor para piezas fallidas? En el caso de que no, ¿Qué hacéis con estas?

1 respuesta

si, las reciclamos con una extrusora de filamento

¿Tenéis contenedor para soportes de piezas? En el caso de que no, ¿Qué hacéis con estas?

1 respuesta

si, las reciclamos

¿Tenéis contenedor para filamentos pequeños? En el caso de que no, ¿Qué hacéis con estas?

1 respuesta

no tenemos, las reciclamos

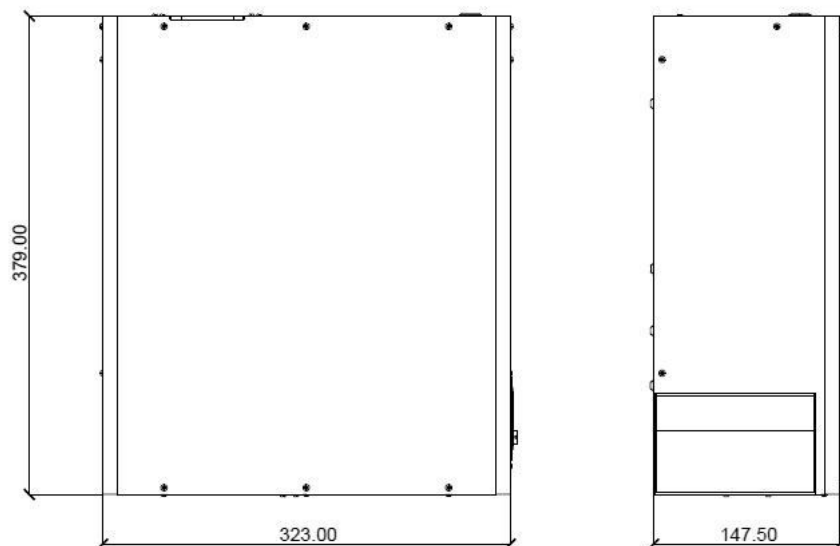
¿Disponéis de alguna máquina o máquinas para reciclar estos desechos?

1 respuesta

si, filabot y 3devo extruder

### Capítulo 3. Antecedentes.

#### Ficha técnica de Felfil Shredder



#### **Usage:**

For a correct usage of Felfil Shredder please follow these suggestions:

- Place it on a flat and stable surface before operating (a table is quite good);
- Do not place anything near Felfil Shredder, it requires unrestricted airflow, for cooling, proper operation and to protect the electronic components from overheating;

#### **Maintenance:**

If you have any problems using Felfil Shredder, contact [support@felfil.com](mailto:support@felfil.com).

Felfil Spooler needs some occasional maintenance:

- Clean it regularly
- Be sure that every part can spin properly
- Use always gloves while working on the shredder blades.
- Unplug the power cord if you need to operate manually.

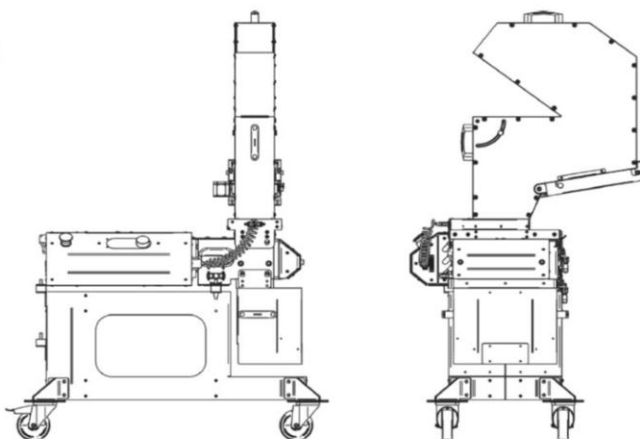
## Ficha técnica de GP20 Shredder de 3Devo

# GP20 SHREDDER

## HIGH PERFORMANCE - MAX CAPACITY

The GP20 Shredder is a high-performance shredder suited for a wide range of polymer applications. Choose between 2, 3, or 7 teeth blades for the total of 14 blades to get the best outcome for your application needs!

The shredder will automatically reverse were to stuck. In addition, with its max torque reverse, it can recut the parts and continue powering through. Time saved here is time well spent in other aspects of your project! Whether you want to reduce the size of polymer materials you have at hand or work with injection molding, the GP20 Shredder is the perfect solution.



## Product Specifications

Internal	Total shredding blades	14 blades (Combination of 2, 3 and 7 teeth blades are possible)
Intelligent Features	Smart control	Yes
	Material specific settings	Yes
Energy	Voltage	120 or 240 V
	Consumption	AC 110V-120V 50/60Hz - 1500Watt AC 220-240V 50/60Hz -1200Watt
Capacity	Small PET-bottle	10 pcs (217 grams); 1:05 min 554 bottles per hour; 12 kg/h
	Medium PET-bottle	10 pcs (277 grams); 1:15 min 480 bottles per hour; 13.3 kg/h
	PP bottle caps	1 kg; 5:00 min 4300 bottlecaps per hour, 12 kg/h
Size & Weight	Dimensions	95 x 75 x 132 cm
	Dimensions of hopper opening	120 x 114mm
	Weight	85 kg
Cleaning Rating	On a scale 1-10 (Compared to the SHR3D IT)	9/10

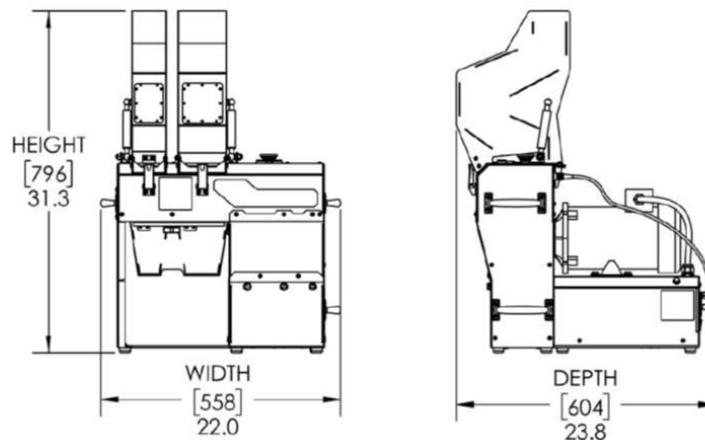
## Ficha técnica de Filabot Reclaimer de Filabot

## General Specifications

**Power Input:** 115VAC-10A or 230VAC-6.5A 50/60Hz 1-phase  
1550W MAX - varies with settings  
Input Connector Type: IEC 320-C14

**Weight:** 57kg (125 lbs)

**Overall Dimensions:**



**Drive Control:** 230V 3-phase Variable Frequency Drive  
4.2A Motor Current Limit  
Jam Detection and Automatic Reversing

**Drive Motor:** 1HP 230V 3.2A 3-phase  
62Hz 1780 RPM  
Inverter duty

**Final Drive:** 20:1 Worm gearbox into  
2.5:1 #50 roller chain

**Final Drive Output:** 35 RPM  
216 ft-lbs (Calculated)

**Shredder:** Rotating Blades: 0.25" Wide A2 Hardened Steel  
Fixed Blades: Reversible 0.50" 4140 Steel Plate

**Granulator:** Rotating Drum: 0.20" x 0.20" Cutting Teeth  
17-4 SS Hardened  
Fixed Blades: Reversible 0.50" 4140 Steel Plate



## 2.4. TECHNICAL SPECIFICATIONS

Type	SHR3D IT
Color	Black powdercoated
Weight	35 kgs
Dimension with hopper	585 mm (23.0 in) x 310 mm (12.2 in) x 620 mm (24.4 in) (Width x Depth x Height)
Dimension without hopper	550 mm (21.7 in) x 310 mm (12.2 in) x 310 mm (12.2 in) (Width x Depth x Height)
Operating temperature	0 C to +55 C
Capacity	5.1 kg polymers / hour
Speed	9 rpm shredder / 750 rpm granulator
Power	1100 W / (230 V 50 Hz) or (110 V 60 Hz)



Características del ABS, obtenido mediante CES Edupack 2022 R2.

## Description

### Image



### Caption

1. ABS pellets. © Shutterstock 2. ABS allows detailed moldings, accepts color well, and is non-toxic and tough enough to survive the worst that children can do to it. © Gettyimages

### The material

ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) is tough, resilient, and easily molded. It is usually opaque, although some grades can now be transparent, and it can be given vivid colors. ABS-PVC alloys are tougher than standard ABS and, in self-extinguishing grades, are used for the casings of power tools.

### Composition (summary) ⓘ

Block terpolymer of acrylonitrile (15-35%), butadiene (5-30%), and styrene (40-60%).

### General properties

Density	ⓘ	1,03e3	-	1,06e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	ⓘ	* 1,52	-	2,22	EUR/kg
Date first used	ⓘ	1937			

**Mechanical properties**

Young's modulus	(i)	2,07	-	2,76	GPa
Shear modulus	(i)	* 0,74	-	0,987	GPa
Bulk modulus	(i)	* 3,84	-	4,03	GPa
Poisson's ratio	(i)	* 0,391	-	0,407	
Yield strength (elastic limit)	(i)	34,5	-	49,6	MPa
Tensile strength	(i)	37,9	-	51,7	MPa
Compressive strength	(i)	* 39,2	-	86,2	MPa
Elongation	(i)	5	-	60	% strain
Hardness - Vickers	(i)	* 10	-	15	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	* 15,2	-	20,7	MPa
Fracture toughness	(i)	* 1,46	-	4,29	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	* 0,0145	-	0,0193	

**Thermal properties**

Glass temperature	(i)	102	-	115	°C
Maximum service temperature	(i)	62,9	-	76,9	°C
Minimum service temperature	(i)	-45,2	-	-35,2	°C
Thermal conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Thermal conductivity	(i)	* 0,253	-	0,263	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	* 1,69e3	-	1,76e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	74	-	123	µstrain/°C

**Electrical properties**

Electrical conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Electrical resistivity	(i)	3,3e21	-	3e22	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	(i)	2,8	-	3,2	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	(i)	0,003	-	0,006	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	(i)	13,8	-	19,7	MV/m

**Optical properties**

Transparency	(i)	Opaque			
Refractive index	(i)	1,53	-	1,54	

**Critical Materials Risk**

High critical material risk?	(i)	No			
------------------------------	-----	----	--	--	--

**Processability**

Castability	(i)	1	-	2	
Moldability	(i)	4	-	5	
Machinability	(i)	3	-	4	
Weldability	(i)	5	-		

**Eco properties**

Embodied energy, primary production	(i)	* 88,9	-	98,3	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	* 3,41	-	3,77	kg/kg
Recycle	(i)	✓			
Recycle mark	(i)				



Other

## Características del PLA, obtenido mediante CES Edupack 2022 R2.

### Description

#### Image



#### Caption

1. Shopping Bag made of PLA-Blend Bio-Flex © F. Kesselring, FKUR Willich at Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0)
2. Mulch Film made of PLA-Blend Bio-Flex © F. Kesselring, FKUR Willich at Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0)
3. Blow film PLA-Blend Bio-Flex © F. Kesselring, FKUR Willich at Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0)

#### The material

Poly lactide, PLA, is a biodegradable thermoplastic derived from natural lactic acid from corn, maize or milk. It resembles clear polystyrene, provides good aesthetics (gloss and clarity), but it is stiff and brittle and needs modification using plasticizers for most practical applications. It can be processed like most thermoplastics into fibers, films, thermoformed or injection molded.

#### Composition (summary) ⓘ

$(\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CO}_2)_n$ . The lactic acid is produced from sugar (dextrose) with plant starch origins e.g. corn, wheat, sugar beets and sugar cane.

**General properties**

Density	(i)	1,24e3	-	1,27e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	(i)	* 2,41	-	2,85	EUR/kg
Date first used	(i)	1993			

**Mechanical properties**

Young's modulus	(i)	3,3	-	3,6	GPa
Shear modulus	(i)	* 1,2	-	1,29	GPa
Bulk modulus	(i)	* 5,7	-	6,3	GPa
Poisson's ratio	(i)	* 0,38	-	0,4	
Yield strength (elastic limit)	(i)	50	-	55	MPa
Tensile strength	(i)	55	-	72	MPa
Compressive strength	(i)	66	-	86,4	MPa
Elongation	(i)	2,5	-	6	% strain
Hardness - Vickers	(i)	17	-	22	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	* 22,2	-	27,7	MPa
Fracture toughness	(i)	* 3,34	-	4,79	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	* 0,0747	-	0,0793	

**Thermal properties**

Melting point	(i)	145	-	175	°C
Glass temperature	(i)	51,9	-	59,9	°C
Maximum service temperature	(i)	* 44,9	-	54,9	°C
Minimum service temperature	(i)	-20,2	-	-12,2	°C
Thermal conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Thermal conductivity	(i)	0,13	-	0,16	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	1,18e3	-	1,21e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	* 126	-	145	µstrain/°C

**Electrical properties**

Electrical conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Electrical resistivity	(i)	3,1e17	-	6e17	µhm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	(i)	3,04	-	3,16	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	(i)	0,00909	-	0,011	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	(i)	* 16,4	-	17	MV/m

**Optical properties**

Transparency	(i)	Transparent			
Refractive index	(i)	1,44	-	1,46	

**Critical Materials Risk**

High critical material risk?	(i)	No			
------------------------------	-----	----	--	--	--

**Processability**

Moldability	(i)	4	-	5	
Formability	(i)	* 4	-	5	
Machinability	(i)	* 4	-	5	
Weldability	(i)	* 3	-	4	

**Eco properties**

Embodied energy, primary production	(i)	* 42,6	-	47,2	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	* 2,16	-	2,4	kg/kg
Recycle	(i)	✓			
Recycle mark	(i)				





Características del PTFE (teflón), obtenido mediante CES Edupack 2022 R2.

## Description

### Image



### Caption

PTFE is widely used for non-stick pans and spatulas. © ANSYS, Inc.

### The material

PTFE (Teflon) is a member of the fluoroplastic family, which includes chlorotrifluoroethylene, CTFE or CFE, polyvinyl fluoride, PVF, and polyvinylidene fluoride PVF2. PTFE has exceptionally low friction, is water repellant, and extremely stable. It was first commercialized in the late 1940's as Teflon. Non-stick cooking utensils (Tefal = Teflon coated aluminum) exploiting its chemical inertness, its thermal stability and its non-wettability - the reason nothing sticks to it. It is expensive as polymers go, but it is used in high-value applications (non-stick pans; Gore-Tex rain gear; artificial arteries).

### Composition (summary) ⓘ

$(CF_2-CF_2)_n$

**General properties**

Density	(i)	2,14e3	-	2,2e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	(i)	* 11	-	12,3	EUR/kg
Date first used	(i)	1938			

**Mechanical properties**

Young's modulus	(i)	0,4	-	0,552	GPa
Shear modulus	(i)	* 0,138	-	0,19	GPa
Bulk modulus	(i)	* 1,53	-	1,6	GPa
Poisson's ratio	(i)	0,44	-	0,46	
Yield strength (elastic limit)	(i)	19,7	-	21,7	MPa
Tensile strength	(i)	20,7	-	34,5	MPa
Compressive strength	(i)	* 11,2	-	12,3	MPa
Elongation	(i)	200	-	400	% strain
Hardness - Vickers	(i)	* 6	-	7	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	5,75	-	7	MPa
Fracture toughness	(i)	* 1,32	-	1,8	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	* 0,0725	-	0,1	

**Thermal properties**

Melting point	(i)	315	-	339	°C
Glass temperature	(i)	117	-	130	°C
Maximum service temperature	(i)	250	-	271	°C
Minimum service temperature	(i)	-268	-	-200	°C
Thermal conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Thermal conductivity	(i)	0,242	-	0,261	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	970	-	1,09e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	120	-	170	µstrain/°C

**Electrical properties**

Electrical conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Electrical resistivity	(i)	3,3e23	-	3e24	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	(i)	2	-	2,2	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	(i)	1,9e-4	-	2,1e-4	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	(i)	18,2	-	19,7	MV/m

**Optical properties**

Transparency	(i)	Translucent			
Refractive index	(i)	1,31	-	1,36	

**Critical Materials Risk**

High critical material risk?	(i)	No			
------------------------------	-----	----	--	--	--

**Processability**

Castability	(i)	1	-	2	
Moldability	(i)	4			
Machinability	(i)	3	-	4	
Weldability	(i)	3	-	4	

**Eco properties**

Embodied energy, primary production	(i)	* 281	-	310	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	* 15,3	-	16,9	kg/kg
Recycle	(i)	✓			

**Recycle mark**

(i)



Características del PP, obtenido mediante CES Edupack 2022 R2.

## Description

Image



**Caption**

1. Polypropylene samples showing texture and transparency. © Chris Lefteri 2. Polypropylene glasses. © Thinkstock

### The material

Polypropylene, PP, first produced commercially in 1958, is the younger brother of polyethylene - a very similar molecule with similar price, processing methods and application. Like PE it is produced in very large quantities (more than 30 million tons per year in 2000), growing at nearly 10% per year, and like PE its molecule-lengths and side-branches can be tailored by clever catalysis, giving precise control of impact strength, and of the properties that influence molding and drawing. In its pure form polypropylene is flammable and degrades in sunlight. Fire retardants make it slow to burn and stabilizers give it extreme stability, both to UV radiation and to fresh and salt water and most aqueous solutions.

### Composition (summary) ⓘ

$(\text{CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3))_n$

**General properties**

Density	(i)	895	-	909	kg/m <sup>3</sup>
Price	(i)	* 1,15	-	1,21	EUR/kg
Date first used	(i)	1957			

**Mechanical properties**

Young's modulus	(i)	0,824	-	1,02	GPa
Shear modulus	(i)	* 0,327	-	0,36	GPa
Bulk modulus	(i)	* 0,872	-	0,961	GPa
Poisson's ratio	(i)	* 0,422	-	0,465	
Yield strength (elastic limit)	(i)	24,1	-	28,4	MPa
Tensile strength	(i)	* 26	-	50	MPa
Compressive strength	(i)	* 23,8	-	25	MPa
Elongation	(i)	112	-	483	% strain
Hardness - Vickers	(i)	8			HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	* 7,64	-	8,02	MPa
Fracture toughness	(i)	* 1,18	-	1,31	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	* 0,0348	-	0,0365	

**Thermal properties**

Melting point	(i)	* 140	-	150	°C
Glass temperature	(i)	-24,2	-	-16,2	°C
Maximum service temperature	(i)	* 66,9	-	83,9	°C
Minimum service temperature	(i)	* -25,2	-	-10,2	°C
Thermal conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Thermal conductivity	(i)	* 0,192	-	0,199	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	1,66e3	-	1,7e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	93,3	-	114	µstrain/°C

**Electrical properties**

Electrical conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Electrical resistivity	(i)	9,95e21	-	2,17e24	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	(i)	2,16	-	2,24	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	(i)	1,96e-4	-	2,04e-4	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	(i)	17,6	-	18,4	MV/m

**Optical properties**

Transparency	(i)	Translucent			
Refractive index	(i)	1,48	-	1,5	

**Critical Materials Risk**

High critical material risk?	(i)	No			
------------------------------	-----	----	--	--	--

**Processability**

Castability	(i)	1	-	2	
Moldability	(i)	4	-	5	
Machinability	(i)	3	-	4	
Weldability	(i)	5			

**Eco properties**

Embodied energy, primary production	(i)	* 64,6	-	71,4	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	* 2,72	-	3,01	kg/kg
Recycle	(i)	✓			

**Recycle mark**

(i)





Características del PC, obtenido mediante CES Edupack 2022 R2.

### Description

#### Image



#### Caption

1. Personal computer casing made of polycarbonate. © Chris Lefteri 2. Polycarbonate is tough and impact-resistant: hence its use in hard hats and helmets, transparent roofing and riot shields.

#### The material

PC is one of the 'engineering' thermoplastics, meaning that they have better mechanical properties than the cheaper 'commodity' polymers. The family includes the plastics polyamide (PA), polyoxymethylene (POM) and polytetrafluoroethylene (PTFE). The benzene ring and the -OCOO- carbonate group combine in pure PC to give it its unique characteristics of optical transparency and good toughness and rigidity, even at relatively high temperatures. These properties make PC a good choice for applications such as compact disks, safety hard hats and housings for power tools. To enhance the properties of PC even further, it is possible to co-polymerize the molecule with other monomers (improves the flame retardancy, refractive index and resistance to softening), or to reinforce the PC with glass fibers (giving better mechanical properties at high temperatures).

### General properties

Density	(i)	1,19e3	-	1,21e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	(i)	* 2,22	-	2,85	EUR/kg
Date first used	(i)	1958			

### Mechanical properties

Young's modulus	(i)	2,32	-	2,44	GPa
Shear modulus	(i)	* 0,829	-	0,872	GPa
Bulk modulus	(i)	* 3,83	-	4,03	GPa
Poisson's ratio	(i)	* 0,391	-	0,407	
Yield strength (elastic limit)	(i)	59,1	-	65,2	MPa
Tensile strength	(i)	62,7	-	72,4	MPa
Compressive strength	(i)	* 69	-	86,2	MPa
Elongation	(i)	110	-	150	% strain
Hardness - Vickers	(i)	* 18	-	20	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	* 23,7	-	30,8	MPa
Fracture toughness	(i)	2,1	-	2,3	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	* 0,0164	-	0,0172	

### Thermal properties

Glass temperature	(i)	142	-	158	°C
Maximum service temperature	(i)	* 101	-	116	°C
Minimum service temperature	(i)	-47,2	-	-37,2	°C
Thermal conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Thermal conductivity	(i)	0,193	-	0,218	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	1,15e3	-	1,25e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	120	-	125	µstrain/°C

### Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	(i)	Good insulator			
Electrical resistivity	(i)	1e20	-	1e21	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	(i)	3,1	-	3,3	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	(i)	8,6e-4	-	9,4e-4	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	(i)	* 16	-	19,2	MV/m

### Optical properties

Transparency	(i)	Optical Quality			
Refractive index	(i)	1,58	-	1,59	

### Critical Materials Risk

High critical material risk?	(i)	No			
------------------------------	-----	----	--	--	--

### Processability

Castability	(i)	1	-	2	
Moldability	(i)	4	-	5	
Machinability	(i)	3	-	4	
Weldability	(i)	5			

### Eco properties

Embodied energy, primary production	(i)	* 100	-	111	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	* 5,6	-	6,18	kg/kg
Recycle	(i)	✓			

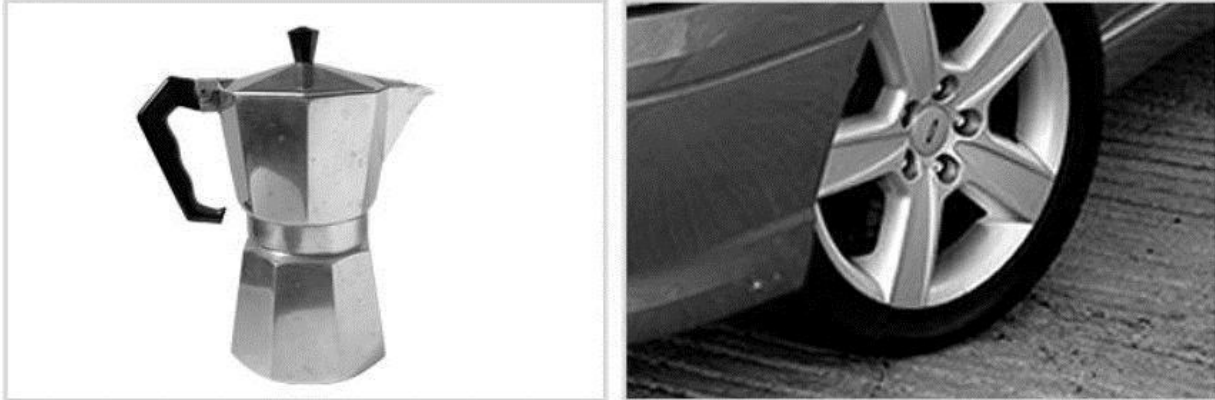
### Recycle mark



## Características del aluminio, obtenido mediante CES Edupack 2022 R2.

### Description

#### Image



#### Caption

1. Moka Express Espresso Maker made of aluminum alloy, cast in three parts (made by Bialetti). © Hans Chr. R. at en.wikipedia - (CC BY-SA 3.0) 2. Aluminum casting alloys almost all contain silicon to make them fluid, allowing castings with good finish and detail.

#### The material

Almost all aluminum alloys for casting contain 5 - 22% silicon (Si) -- the silicon makes the alloys more fluid so that they fill the mold and take up fine detail, even in thin sections. Further additions of copper (Cu) or magnesium (Mg) give age-hardening alloys. The plain Al-Si alloys are used for marine components and hardware and for cooking utensils because of their good resistance to corrosion in salt water; and they are used for pistons and cylinder liners because of their good thermal conductivity and low expansion. As a general rule the casting alloys have lower ductility and strength than the wrought age-hardening alloys -- few have tensile strengths above 350 MPa. An alternative name for Aluminum in many countries is Aluminium.

#### Composition (summary) ⓘ

Al + 5 - 22% Si, sometimes with some Cu, Mg or Zn to allow age-hardening.

## General properties

Density	(i)	2,65e3	-	2,77e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	(i)	* 1,81	-	1,96	EUR/kg
Date first used	(i)	1905			

## Mechanical properties

Young's modulus	(i)	69	-	76	GPa
Shear modulus	(i)	* 26	-	29	GPa
Bulk modulus	(i)	* 66	-	76	GPa
Poisson's ratio	(i)	0,32	-	0,34	
Yield strength (elastic limit)	(i)	118	-	263	MPa
Tensile strength	(i)	193	-	341	MPa
Compressive strength	(i)	* 109	-	251	MPa
Elongation	(i)	1,2	-	6,8	% strain
Hardness - Vickers	(i)	83	-	116	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	63	-	136	MPa
Fracture toughness	(i)	* 19	-	30,9	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	* 0,003	-	0,044	

## Thermal properties

Melting point	(i)	535	-	639	°C
Maximum service temperature	(i)	138	-	200	°C
Minimum service temperature	(i)	-273			°C
Thermal conductor or insulator?	(i)	Good conductor			
Thermal conductivity	(i)	110	-	162	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	944	-	982	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	19,5	-	23,3	µstrain/°C

## Optical properties

Transparency	(i)	Opaque			
--------------	-----	--------	--	--	--

## Critical Materials Risk

High critical material risk?	(i)	Yes			
Notes		Al (aluminum) added to the 2018 US critical minerals list			

## Processability

Castability	(i)	4	-	5	
Formability	(i)	3	-	4	
Machinability	(i)	4	-	5	
Weldability	(i)	3	-	4	
Solder/brazability	(i)	2	-	3	

## Eco properties

Embodied energy, primary production	(i)	* 183	-	202	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	* 11,8	-	13	kg/kg
Recycle	(i)	✓			

## Supporting information

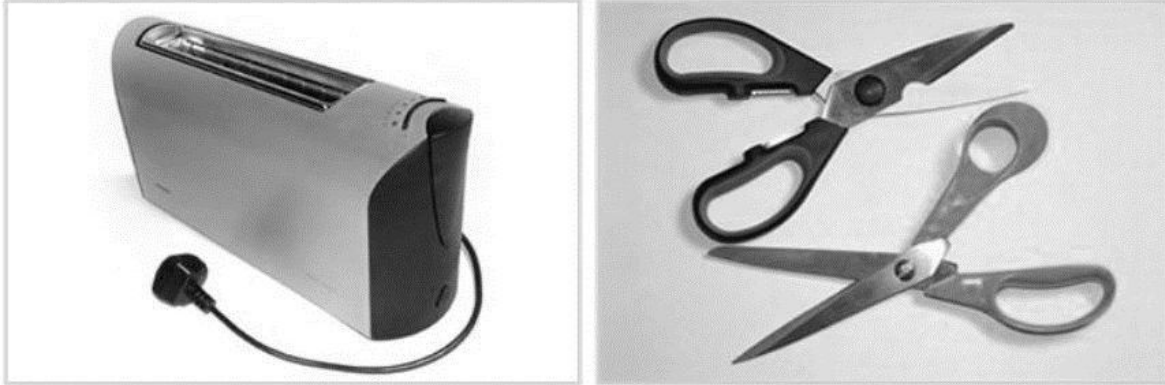
### Design guidelines

Aluminum casting alloys are designed to be fluid so that they fill the mold and take up details well -- alloying with silicon is the most effective way to do this. Some of the alloys are designed for die-casting, some for permanent mold casting and some for sand casting. The main challenge with aluminum casting is coping with the shrinkage of 3.5 to 8.5 % that happens during solidification; this requires mold design to get the right final dimensions and to avoid hot tearing, cracking or porosity. Despite this constraint, aluminum castings of great complexity are practical. Recent developments in rheo-casting and squeeze casting overcome some of the problems of dimensional accuracy. The mechanical properties of the cast alloys are less good and more variable than those of the wrought series.

## Características del acero inoxidable, obtenido mediante CES Edupack 2022 R2.

### Description

#### Image



#### Caption

1. Siemens toaster in brushed austenitic stainless steel (by Porsche Design) © ANSYS, Inc. 2. Scissors in ferritic stainless steel; it is magnetic, austenitic stainless is not. © ANSYS, Inc.

#### The material

Stainless steels are alloys of iron with chromium, nickel, and - often - four or five other elements. The alloying transmutes plain carbon steel that rusts and is prone to brittleness below room temperature into a material that does neither. Indeed, most stainless steels resist corrosion in most normal environments, and they remain ductile to the lowest of temperatures.

#### Composition (summary) ⓘ

Fe/<0.25C/16 - 30Cr/3.5 - 37Ni/<10Mn + Si,P,S (+N for 200 series)



### General properties

Density	ⓘ	7,61e3	-	7,87e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	ⓘ	* 2,54	-	2,72	EUR/kg
Date first used	ⓘ	1915			

### Mechanical properties

Young's modulus	ⓘ	190	-	210	GPa
Shear modulus	ⓘ	74	-	82	GPa
Bulk modulus	ⓘ	140	-	160	GPa
Poisson's ratio	ⓘ	0,27	-	0,28	
Yield strength (elastic limit)	ⓘ	257	-	1,14e3	MPa
Tensile strength	ⓘ	515	-	1,3e3	MPa
Compressive strength	ⓘ	* 252	-	1,2e3	MPa
Elongation	ⓘ	10	-	49	% strain
Hardness - Vickers	ⓘ	170	-	438	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	ⓘ	* 256	-	542	MPa
Fracture toughness	ⓘ	* 57	-	137	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	ⓘ	* 3,1e-4	-	0,0012	

### Thermal properties

Melting point	ⓘ	1,4e3	-	1,49e3	°C
Maximum service temperature	ⓘ	640	-	747	°C
Minimum service temperature	ⓘ	* -150	-	-73,2	°C
Thermal conductor or insulator?	ⓘ	Poor conductor			
Thermal conductivity	ⓘ	14	-	24,9	W/m.°C
Specific heat capacity	ⓘ	450	-	510	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	ⓘ	10,8	-	16,5	µstrain/°C

### Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	ⓘ	Poor conductor			
Electrical resistivity	ⓘ	64	-	87	µohm.cm

### Optical properties

Transparency	ⓘ	Opaque			
--------------	---	--------	--	--	--

### Critical Materials Risk

High critical material risk?	ⓘ	Yes			
------------------------------	---	-----	--	--	--

### Processability

Castability	ⓘ	3	-	4	
Formability	ⓘ	2	-	3	
Machinability	ⓘ	2	-	3	
Weldability	ⓘ	5			
Solder/brazability	ⓘ	5			

### Eco properties

Embodied energy, primary production	ⓘ	* 69,1	-	76,2	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	ⓘ	* 5,18	-	5,71	kg/kg
Recycle	ⓘ	✓			

### Supporting information

#### Design guidelines

Stainless steel must be used efficiently to justify its higher costs, exploiting its high strength and corrosion resistance. Economic design uses thin, rolled gauge, simple sections, concealed welds to eliminate refinishing, and grades that are suitable to manufacturing (such as free machining grades when machining is necessary). Surface finish can be controlled by rolling, polishing or blasting. Stainless steels are selected, first, for their corrosion resistance, second, for their strength and third, for their ease of fabrication. Most stainless steels are difficult to bend, draw and cut, requiring slow cutting speeds and special tool geometry. They are available in sheet, strip, plate, bar, wire, tubing and pipe, and can be readily soldered and braised. Welding stainless steel is possible but the filler metal must be selected to ensure an equivalent composition to maintain corrosion resistance. The 300 series are the most weldable; the 400 series are less weldable.

## Capítulo 7. Normativa

### Búsqueda de marco jurídico asociado a la impresión 3D



#### Procedimientos de evaluación de la conformidad para la impresión 3D y los productos impresos en 3D destinados a ser utilizados en un contexto médico relacionado con la COVID-19

##### ***P1: ¿Existe algún marco jurídico de la UE aplicable a la impresión 3D?***

La **impresión 3D** (3DP), también conocida como «fabricación aditiva», es un proceso de fabricación que utiliza impresoras 3D (también denominadas «máquinas de fabricación aditiva») para fabricar otros productos para el mercado.

Las **impresoras 3D**, o máquinas de fabricación aditiva, son medios de producción que pueden utilizarse para fabricar diversos productos para diferentes aplicaciones.

Las impresoras 3D figuran entre los denominados «productos armonizados», para los que existe legislación específica de la UE en materia de armonización de productos. En concreto, están incluidas en la definición de máquina de la [Directiva 2006/42/CE, relativa a las máquinas](#). Así pues, los fabricantes deben garantizar la conformidad de las impresoras 3D con los requisitos esenciales de salud y seguridad establecidos en dicha Directiva, elaborar un expediente técnico y colocar el marcado CE antes de comercializarlas en el mercado interior de la UE.

Además de la Directiva relativa a las máquinas, pueden aplicarse a las impresoras 3D otros actos legislativos de la UE, a saber, la [Directiva 2014/30/CE, sobre compatibilidad electromagnética](#), así como la legislación en materia de productos químicos, la [Directiva 2012/19/UE, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos \(RAEE\)](#), la [Directiva 2011/65/UE, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos \(RoHS II\)](#), la [Directiva \(UE\) 2017/2102](#) y el [Reglamento 1907/2006/UE \(REACH\)](#)

Los productos diseñados y fabricados de conformidad con la Directiva 2006/42/CE, relativa a las máquinas, pueden circular libremente en todo el mercado interior y los Estados miembros no pueden introducir requisitos adicionales o divergentes en relación con la fabricación y comercialización de dichos productos.

Los propios **productos impresos en 3D** pueden utilizarse para producir productos sanitarios cubiertos por la legislación específica de la UE sobre productos, como es el caso de la Directiva 93/42/CEE, relativa a los productos sanitarios<sup>1</sup>. Por lo tanto, los fabricantes de estos productos sanitarios deben garantizar que los productos impresos en 3D cumplen los requisitos de la legislación de la UE

## Capítulo 9. Justificación técnica de la solución adoptada

Funcionamiento y revisión por el docente Vicente Donderis Quiles del circuito electrónico mostrado.



**Vicente Donderis Quiles** <vdo... 27 ene 2023, 16:57



para mí ▾

Ese esquema es válido porque está hecho con una aplicación.  
Hay aplicaciones para arduino que te permiten dibujar de una forma "más técnica".  
Por ejemplo el fritzing.

De todas formas, si quieres hacer ese esquema más técnico. Puedes sustituir por los símbolos normalizados cada dispositivo y realizar las conexiones

Tienes ejemplos en internet.

Los chips se representan como rectángulos (recuerda que lo hacemos así).

Y hay que añadir una indicación de la fuente de alimentación (o símbolo o + y - al principio del circuito).

Me voy fuera una semana y no responderé correos hasta el 7 de febrero.

Espero haberte ayudado.

Un saludo

Vicente



## Capítulo X.

Ficha técnica de la fuente de alimentación LCW15 Series, de XP Power.

## LCW15 Series



**15W** CONVECTION  
COOLED

AC-DC POWER SUPPLIES

The LCW series of regulated output convection cooled AC-DC power supplies are designed to provide a cost effective solution for industrial electronics and technology applications. Features include wide range AC input from 85-305VAC, output voltage adjustment, low stand-by power consumption, output short circuit protection, over current and over voltage protection. Applications include auxiliary power sources, security installations, lighting control, smart home or office control systems, ticketing and vending applications.



### Features

- 15W convection cooled
- Integrated connector cover
- ITE & industrial approvals
- Class B conducted & radiated emissions
- Input voltage range 85-305VAC
- Regulated single outputs from 3.3V to 48VDC
- Output voltage trim  $\pm 10\%$
- Remote On/Off
- Efficiency to 83%
- Short circuit, overvoltage & overload protection
- Conformal coating option
- $-30^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$  operating temperature
- 3 year warranty

### Applications



Industrial  
Electronics



Instrumentation



Technology

### Dimensions

2.56" x 2.17" x 0.98" (65.0 x 55.0 x 25.0mm)

3.07" x 2.17" x 0.98" (78.0 x 55.0 x 25.0mm)  
including connector

### Models & Ratings

Model Number <sup>(2)</sup>	Output Voltage		Output Current	Ripple & Noise pk to pk <sup>(1)</sup>	Efficiency <sup>(2)</sup>	Maximum Capacitive Load	Power
	Nominal	Adjustment Range <sup>(6)</sup>					
LCW15US03	3.3V	2.9 - 3.6V	3.0A	80mV	73%	3000 $\mu\text{F}$	10W
LCW15US05	5.0V	4.5 - 5.5V	3.0A	80mV	78%	2400 $\mu\text{F}$	15W
LCW15US12	12.0V	10.8 - 13.8V	1.3A	120mV	82%	1800 $\mu\text{F}$	15W
LCW15US15	15.0V	13.5 - 16.5V	1.0A	120mV	82%	1200 $\mu\text{F}$	15W
LCW15US24	24.0V	21.6 - 26.4V	0.625A	150mV	83%	600 $\mu\text{F}$	15W
LCW15US48	48.0V	43.2 - 52.8V	0.32A	150mV	83%	300 $\mu\text{F}$	15W

Información del motor DC proporcionada por JI YANG SHI DONG LI MOTOR CO., LTD

