



Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Industrial

## **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

### **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

# **EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



# INDICE GENERAL

<b>HOJA DE IDENTIFICACIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>MEMORIA.....</b>	<b>16</b>
<b>0      TITULO DEL PROYECTO .....</b>	<b>21</b>
<b>1      PETICIONARIO .....</b>	<b>21</b>
<b>2      ABSTRACT .....</b>	<b>21</b>
<b>2      OBJETO .....</b>	<b>21</b>
<b>3      SCOPE.....</b>	<b>22</b>
<b>3      ALCANCE.....</b>	<b>22</b>
<b>4      ANTECEDENTES.....</b>	<b>23</b>
<b>5      NORMAS Y REFERENCIAS .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1     DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2     BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>24</b>
<b>5.3     PROGRAMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO .....</b>	<b>25</b>
<b>6      REQUISITOS DE DISEÑO .....</b>	<b>25</b>
<b>7      ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>7.1     DISEÑO VERTICAL .....</b>	<b>26</b>
<b>7.2     DISEÑO HORIZONTAL.....</b>	<b>27</b>
<b>8      RESULTADOS FINALES .....</b>	<b>44</b>
<b>9      ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO I: CÁLCULOS.....</b>	<b>51</b>
<b>1      CÁLCULOS PREVIOS AL ANÁLISIS .....</b>	<b>55</b>
<b>1.1     CÁLCULO RELACIÓN L/D BROCA .....</b>	<b>55</b>
<b>1.2     PRODUCCIÓN DEL TORNILLO .....</b>	<b>56</b>

1.3	VISCOSIDAD EFECTIVA.....	59
1.4	PRESIONES EN LA EXTRUSORA.....	60
1.5	CÁLCULO FUERZAS DEL HUSILLO .....	61
<b>2</b>	<b>DISEÑO DEL BARRIL .....</b>	<b>65</b>
<b>3</b>	<b>DISEÑO BANDA TÉRMICA.....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR PRINCIPAL .....</b>	<b>70</b>
4.1	POLEAS.....	70
4.2	ACOPLES .....	72
<b>5</b>	<b>DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR BOBINA.....</b>	<b>72</b>
5.1	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN .....	72
5.2	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES .....	74
<b>6</b>	<b>DISEÑO COMPONENTES DE LA TOLVA .....</b>	<b>75</b>
6.1	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE APOYO .....	76
<b>7</b>	<b>DILATACIÓN TÉRMICA .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO II: MONTAJE EXTRUSORA .....</b>		<b>82</b>
<b>1</b>	<b>MONTAJE PIEZAS REPLICADAS .....</b>	<b>86</b>
1.1	TOLVA .....	86
1.2	REFRIGERACIÓN .....	87
1.3	TRANSMISIÓN PRINCIPAL .....	88
1.4	TRANSMISIÓN SECUNDARIA.....	89
<b>2</b>	<b>MONTAJE EQUIPO DE EXTRUSIÓN .....</b>	<b>92</b>
2.1	CABEZAL DE EXTRUSIÓN .....	92
2.2	MADERA DE AISLAMIENTO.....	93
2.3	BROCA .....	94
<b>3</b>	<b>MONTAJE BASE EXTRUSORA.....</b>	<b>95</b>
<b>4</b>	<b>MONTAJE DE CORREAS .....</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>MONTAJE ELÉCTRICO .....</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>MONTAJE PROTOTIPO .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO III: IMPRESIÓN 3D.....</b>		<b>104</b>

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE .....</b>	<b>108</b>
1.1	IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS.....	108
1.2	PARÁMETROS DE IMPRESIÓN.....	108
1.3	EXPORTACIÓN DE ARCHIVOS .....	114
<b>2</b>	<b>ASPECTOS DE IMPRESIÓN .....</b>	<b>115</b>
2.1	COLOCACIÓN DE PIEZAS.....	115
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....</b>	<b>117</b>
3.1	CREACIÓN DE SOPORTES .....	118
3.2	IMPRESIÓN PARCIAL .....	118
<b>4</b>	<b>REPLICACIÓN DE PIEZAS.....</b>	<b>120</b>
4.1	DURACIÓN.....	120
4.2	MEDICIONES .....	120
<b>ANEXO IV: CATÁLOGOS Y OTROS DOCUMENTOS.....</b>		<b>122</b>
<b>PLANOS .....</b>		<b>158</b>
<b>1</b>	<b>CONJUNTO EXTRUSORA .....</b>	<b>162</b>
<b>1.01.00</b>	<b>SUBCONJUNTO TOLVA.....</b>	<b>164</b>
1.01.01	TOLVA SUPERIOR.....	165
1.01.02	TOLVA INFERIOR .....	166
1.01.03	ASENTO TOLVA.....	167
1.01.04	PATA TOLVA .....	165
1.01.05	ANCLAJE TOLVA .....	168
<b>1.02.00</b>	<b>SUBCONJUNTO SOPORTE VENTILADOR .....</b>	<b>169</b>
1.02.01	BASE SOPORTE VENTILADOR .....	170
1.02.02	BANDEJA SOPORTE VENTILADOR .....	171
1.02.03	PATA SOPORTE VENTILADOR .....	171
<b>1.03.00</b>	<b>SUBCONJUNTO SOPORTE BOBINA .....</b>	<b>172</b>
1.03.02	BASE ANCLAJE BOBINA .....	173
1.03.03	PATA ANCLAJE BOBINA .....	174
1.03.04	EJE BOBINA .....	175

<b>1.04.00</b>	<b>SUBCONJUNTO TRANSMISIÓN .....</b>	<b>176</b>
1.04.03	POLEA MOTOR 1 .....	178
1.04.07	TABLA SOPORTE MOTOR .....	179
1.04.10	ACOPLE BROCA-POLEA .....	180
1.04.12	POLEA BROCA.....	181
<b>1.05.00</b>	<b>SUBCONJUNTO SOPORTE MOTOR BOBINA.....</b>	<b>182</b>
1.05.01	SOPORTE MOTOR 2.....	183
1.05.02	BANDEJA SOPORTE MOTOR 2 .....	182
1.05.06	POLEA MOTOR BOBINA.....	184
<b>1.06.00</b>	<b>SUBCONJUNTO EXTRUSIÓN.....</b>	<b>185</b>
1.06.01	BANDA TÉRMICA .....	185
1.06.02	BARRIL DE EXTRUSIÓN.....	185
1.06.03	DADO DE EXTRUSIÓN .....	185
<b>1.13.00</b>	<b>MADERA DE AISLAMIENTO.....</b>	<b>186</b>
<b>PRESUPUESTO.....</b>		<b>187</b>
<b>1</b>	<b>PIEZAS REPLICADAS .....</b>	<b>191</b>
1.1	TOLVA SUPERIOR.....	191
1.2	TOLVA INFERIOR .....	191
1.3	ASENTITO VOLVA.....	191
1.4	PATA TOLVA .....	191
1.5	ANCLAJE TOLVA .....	191
1.6	BASE SOPORTE VENTILADOR .....	192
1.7	BANDEJA SOPORTE VENTILADOR .....	192
1.8	PATA SOPORTE VENTILADOR .....	192
1.9	BASE ANCLAJE BOBINA .....	192
1.10	PATA ANCLAJE BOBINA .....	192
1.11	EJE BOBINA .....	192
1.12	POLEA MOTOR 1 .....	193
1.13	ACOPLE BROCA-POLEA.....	193
1.14	POLEA BROCA .....	193
1.15	SOPORTE MOTOR 2 .....	193
1.16	POLEA MOTOR BOBINA .....	193
1.17	BANDEJA SOPORTE MOTOR 2 .....	193

<b>2</b>	<b>PIEZAS MECANIZADAS.....</b>	<b>195</b>
2.1	BARRIL DE EXTRUSION.....	195
2.2	BOQUILLA DE EXTRUSION.....	195
2.3	BANDA TERMICA .....	196
<b>3</b>	<b>ELEMENTOS COMERCIALES.....</b>	<b>196</b>
<b>4</b>	<b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....</b>	<b>198</b>



# INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Filamaker. Fuente: www.filamaker.eu .....	24
Figura 2. Filabot. Fuente: www.filabot.com .....	24
Figura 3. Lyman Filament Extruder V2. Fuente: www.thingiverse.com .....	24
Figura 4. Filastruder. Fuente: www.filastruder.com .....	24
Figura 5. Diseño extrusora vertical. Fuente: Propia. ....	27
Figura 6. Primer diseño transmisión. Fuente: Propia. ....	28
Figura 7. Diseño final transmisión. Fuente: Propia.....	29
Figura 8. Primer diseño tolva de alimentación. Fuente: Propia. ....	30
Figura 9. Diseño final tolva de alimentación. Fuente: Propia. ....	31
Figura 10. Tolva de alimentación con anclajes. Fuente: Propia. ....	31
Figura 11. Soporte ventilador. Fuente: Propia.....	32
Figura 12. Primer diseño soporte bobina. Fuente: Propia. ....	33
Figura 13. Soporte de bobina. Fuente: Propia.....	34
Figura 14. Soporte motor bobina. Fuente: Propia. ....	35
Figura 15. Husillo de extrusión. Fuente: /www.bosch-pt.com.....	36
Figura 16. Barril de extrusión. Fuente: Propia.....	38
Figura 17. Banda térmica. Fuente: Propia.....	38
Figura 18. Primer diseño, dado de extrusión. Fuente: Propia. ....	39
Figura 19. Diseño final boquilla de extrusión. Fuente: Propia. ....	40
Figura 20. Montaje brida a barril. Fuente: Propia. ....	41
Figura 21. Anillo centrador del barril. Fuente: Propia. ....	41
Figura 22. Mesa soporte colas de milano.....	43
Figura 23. Montaje mesa soporte colas de milano.....	43
Figura 24. Mesa soporte extrusora. Fuente: Propia. ....	43
Figura 25. Extrusora completa. Fuente: Propia. ....	44
Figura 26. Sección de un cilindro con husillo de un canal. Fuente: Savgorodny, V.K .....	55
Figura 27. Gráfica viscosidad efectiva frente a la velocidad de cortadura. Fuente: Polylactic Acid: PLA Biopolymer Technology and Applications. ....	60
Figura 28. Diagrama de fuerzas de un husillo con dos apoyos. Fuente: Savgorodny, V.K. ....	61

Figura 29. Resistencias térmicas. Fuente: Çengel, Yunus A., Ghajar, Afshin J.....	67
Figura 30. Simulación polea motor principal. Fuente: Propia.....	71
Figura 31. Simulación Polea broca. Fuente: Propia.....	71
Figura 32. Simulación Acoples. Fuente: Propia .....	72
Figura 33. Simulación Polea motor bobina. Fuente: Propia.....	75
Figura 34. Simulación Eje bobina. Fuente: Propia.....	75
Figura 35. Simulación pata tolva. Fuente: Propia. ....	76
Figura 36. Anclaje tolva sometido a tracción. Fuente: Propia. ....	77
Figura 37. Anclaje tolva sometido a compresión. Fuente: Propia. ....	77
Figura 38. Vista explosionada tolva. Fuente: Propia.....	86
Figura 39. Tolva ensamblada. Fuente: Propia. ....	86
Figura 40. Vista explosionada refrigeración. Fuente: Propia. ....	87
Figura 41. Refrigeración ensamblada. Fuente: Propia. ....	87
Figura 42. Vista explosionada motor. Fuente: Propia. ....	88
Figura 43. Motor ensamblado. Fuente: Propia.....	88
Figura 44. Vista explosionada polea 2. Fuente: Propia. ....	89
Figura 45. Polea 2 ensamblada. Fuente: Propia.....	89
Figura 46. Vista explosionada motor secundario. Fuente: Propia.....	90
Figura 47. Motor secundario ensamblado. Fuente: Propia. ....	90
Figura 48. Vista explosionada bobinado. Fuente: Propia. ....	91
Figura 49. Bobinado ensamblado. Fuente: Propia.....	91
Figura 50. Vista explosionada cabezal de extrusión. Fuente: Propia. ....	92
Figura 51. Cabezal de extrusión ensamblado. Fuente: Propia. ....	92
Figura 52. Montaje explosionado madera de aislamiento. Fuente: Propia. ....	93
Figura 53. Montaje ensamblado madera de aislamiento. Fuente: Propia.....	93
Figura 54. Montaje del rodamiento. Fuente: Propia. ....	94
Figura 55. Montaje de la broca. Fuente: Propia.....	94
Figura 56. Montaje equipo de extrusión. Fuente: Propia. ....	95
Figura 57. Fijación del conjunto a la mesa. Fuente: Propia. ....	95
Figura 58. Fijación del sistema de bobinado. Fuente: Propia. ....	96
Figura 59. Fijación del sistema de refrigeración a la mesa. Fuente: Propia. ....	96
Figura 60. Fijación de la transmisión secundaria. Fuente: Propia. ....	97
Figura 61. Extrusora completamente anclada a la mesa. Fuente: Propia. ....	97
Figura 62. Inserción de la correa en la polea. Fuente: Propia. ....	98

Figura 63. Montaje de la correa. Fuente: Propia.....	98
Figura 64. Inserción de la banda elástica en la polea. Fuente: Propia.....	99
Figura 65. Montaje de la banda elástica. Fuente: Propia.....	99
Figura 66. Interruptores en el panel de control. Fuente: Propia.....	100
Figura 67. Conexiones eléctricas. Fuente: Propia.....	100
Figura 68. Vista explosionada panel de control. Fuente: Propia.....	101
Figura 69. Panel de control ensamblado. Fuente: Propia.....	101
Figura 70. Montaje extrusora sin conexiones eléctricas. Fuente: Propia.....	102
Figura 71. Montaje extrusora con conexiones eléctricas. Fuente: Propia.....	103
Figura 72. Makerbot Replicator 2. Fuente: eu.makerbot.com.....	108
Figura 73. Makerbot Desktop. Fuente: Propia.....	108
Figura 74. Material y temperatura de impresión. Fuente: Propia.....	109
Figura 75. Asignación Relleno. Fuente: Propia.....	110
Figura 76. Relleno 10%. Fuente: Propia. ....	110
Figura 77. Relleno 50%. Fuente: Propia. ....	110
Figura 78. Altura de capa (Layer Height). Fuente: Propia. ....	111
Figura 79. Asignación grosor de capa externa. Fuente: Propia.....	111
Figura 80. 1 Capa externa. Fuente: Propia. ....	112
Figura 81. 3 Capas externas. Fuente: Propia.....	112
Figura 82. Pata tolva sin raft. Fuente: Propia. ....	112
Figura 83. Pata tolva con raft. Fuente: Propia. ....	112
Figura 84. Selección de la opción raft. Fuente: Propia.....	113
Figura 85. Selección de la opción support. Fuente: Propia. ....	113
Figura 86. Asiento tolva sin soportes. Fuente: Propia. ....	114
Figura 87. Asiento tolva con soportes. Fuente: Propia. ....	114
Figura 88. Exportando archivo. Fuente: Propia. ....	114
Figura 89. Exportando archivos .x3g. Fuente: Propia. ....	115
Figura 90. Pieza posición vertical. Fuente: Propia. ....	116
Figura 91. Pieza posición horizontal. Fuente: Propia. ....	116
Figura 92. Pieza con soportes. Fuente: Propia. ....	116
Figura 93. Pieza sin soportes. Fuente: Propia.....	116
Figura 94. Pieza con base circular. Fuente: Propia.....	116
Figura 95. Pieza con base plana. Fuente: Propia.....	116
Figura 96. Tolva inferior sin soportes. Fuente: Propia.....	118

Figura 97. TOLVA inferior con soportes. Fuente: Propia.....	118
Figura 98. Problema de adhesión filamento. Fuente: Propia.....	119
Figura 99. Formación nudo bobina de filamento. Fuente: Propia.....	119
Figura 100. Base soporte ventilador parcial. Fuente: Propia.....	119



# HOJA DE IDENTIFICACIÓN

<b>TÍTULO:</b>	Extrusora de plásticos para fabricación de filamento de impresora 3D
<b>GRADO:</b>	Ingeniería Mecánica
<b>TUTOR/ES:</b>	María Hernández Molina / Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica  Rosa E. Navarro Trujillo / Área de Expresión Gráfica en Ingeniería.
<b>ENCARGADO POR:</b>	E.S.I.T. Trabajo de Fin de Grado
<b>Dirección:</b>	Avenida Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38200, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
<b>AUTOR:</b>	Joseph Manuel Franco Alves
<b>Titulación:</b>	Grado en Ingeniería Mecánica
<b>DNI:</b>	X7123963-N
<b>Dirección:</b>	C/Juan Antonio Cruz Auñón, 13, Urbanización La Primavera, El Sauzal, Santa Cruz de Tenerife.
<b>Teléfono:</b>	661815694
<b>AUTOR:</b>	Carlos Manuel Medina Rivero
<b>Titulación:</b>	Grado en Ingeniería Mecánica
<b>DNI:</b>	54055833-Z
<b>Dirección:</b>	C/Achamán, 17, Las Mercedes, San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
<b>Teléfono:</b>	607934160
<b>ENCARGADO A:</b>	Joseph Manuel Franco Alves  Carlos Manuel Medina Rivero
<b>Fecha:</b>	08/07/2015



**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**MEMORIA**

**EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE  
FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



# INDICE DE MEMORIA

<b>0</b>	<b>TITULO DEL PROYECTO .....</b>	<b>21</b>
<b>1</b>	<b>PETICIONARIO .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>OBJETO .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>SCOPE.....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>ALCANCE.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>ANTECEDENTE .....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>NORMAS Y REFERENCIAS .....</b>	<b>24</b>
5.1	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....	24
5.2	BIBLIOGRAFÍA.....	24
5.3	PROGRAMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO .....	25
<b>6</b>	<b>REQUISITOS DE DISEÑO .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....</b>	<b>26</b>
7.1	DISEÑO VERTICAL .....	26
7.2	DISEÑO HORIZONTAL.....	27
7.2.1	Transmisión.....	28
7.2.1.1	Primer diseño .....	28
7.2.1.2	Diseño final .....	28
7.2.2	Tolva de alimentación .....	29
7.2.2.1	Primer diseño .....	29
7.2.2.2	Segundo diseño .....	30
7.2.2.3	Diseño final .....	31
7.2.3	Refrigeración.....	32
7.2.3.1	Diseño final .....	32

7.2.4	Soporte bobina .....	33
7.2.4.1	Primer diseño .....	33
7.2.4.2	Diseño final.....	33
7.2.5	Soporte motor bobina .....	34
7.2.5.1	Diseño final.....	34
7.2.6	Husillo de extrusión .....	35
7.2.6.1	Diseño final.....	35
7.2.7	Barril de extrusión.....	37
7.2.7.1	Primer diseño .....	37
7.2.7.2	Diseño final.....	37
7.2.8	Banda térmica.....	38
7.2.8.1	Diseño final.....	38
7.2.9	Dado de extrusión.....	39
7.2.9.1	Primer diseño .....	39
7.2.9.2	Diseño final.....	39
7.2.10	Aislamiento térmico .....	40
7.2.10.1	Diseño final.....	40
7.2.11	Bridas de sujeción .....	40
7.2.12	Tornillería.....	41
7.2.13	Estructura .....	42
7.2.13.1	Primer diseño .....	42
7.2.13.2	Diseño final.....	43
<b>8</b>	<b>RESULTADOS FINALES.....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS.....</b>	<b>44</b>



## 0 TITULO DEL PROYECTO

Extrusora de plásticos para fabricación de filamento de impresora 3D.

## 1 PETICIONARIO

Este trabajo fin de grado (TFG) ha sido realizado por los alumnos Joseph Manuel Franco Alves y Carlos Manuel Medina Rivero, para obtener el título de Ingeniero Mecánico. Se ha llevado a cabo a petición del Área de Ciencias de Materiales e Ingeniería Metalúrgica y del Área de Expresión Gráfica en Ingeniería de la Universidad de La Laguna (ULL).

## 2 ABSTRACT

This project consists of the design of an extrusion machine filament for 3D printers. Its basic operation will be the transport of pellets through a tube with auger bit on the inside. Along the canal will be a thermistor which raise the temperature to the melting point of the material used. At the end we will see arranged a nozzle diameter required to manufacture filament, in this case 1,75 mm, which through a thrust force exerted by the spindle of extrusion and temperature value close to the melting temperature of the material will be forming the filament.

## 2 OBJETO

Este proyecto tiene como fin, el diseño de una extrusora de plásticos para la fabricación de filamento para impresora 3D, esta extrusora deberá ser capaz de producir filamento a partir de pellets de unos 5 mm de diámetro aproximado.

A partir de lo expuesto anteriormente, la máquina debe extruir el filamento lo más homogéneo posible y de una forma continuada. El diámetro del filamento será de 1,75mm, ya que son los diámetros que emplean las impresoras 3D que existen en el mercado actualmente. Cabe destacar que el diseño que se llevará a cabo debe ser susceptible de ser replicado en una impresora 3D en la medida de lo posible.

### 3 SCOPE

Design that will take place will have different printed parts in 3D, these parts must have maximum dimensions of 28.5 x 15.3 x 15, 5 cm (length x width x height), because will be used a Makerbot Replicator 2 printer.

The extruder will also have several components that do not may be replicated, such as engines, screw extrusion, thermistor, heater cartridge, as well as different mechanical and electronic components.

Throughout the project, you will see different designs and the final solution adopted together with the calculations that justify the design. Instructions for assembly and operation of the machine, as well as the final results are also included.

It will be attached to all the possible information relating to the equipment, as well as some data and relevant calculations for its manufacture and use. It will be added, to finalize a budget allowing the reader to know the different components acquired, for an estimate of what it costs to carry out the construction of such project. Thus, also lists machining works necessary for the manufacture of some parts of this machine.

### 3 ALCANCE

El diseño que se realizará contará con diversas partes impresas en 3D, las mismas piezas deberán tener unas dimensiones máximas de 28,5 x 15,3 x15,5 cm (largo x ancho x alto), esto se debe a que se empleará una impresora Makerbot Replicator 2.

La extrusora además contará con varios componentes que no podrán ser replicados, tales como motores, tornillo de extrusión, termistor, calentador de cartucho, así como diferentes componentes mecánicos y electrónicos.

A lo largo del proyecto se podrán ver diferentes diseños y la solución final adoptada, junto con los cálculos que justifican el diseño. También se incluyen las instrucciones necesarias para el ensamblaje y funcionamiento de la máquina, así como los resultados finales obtenidos.

Se adjuntará toda la información posible referente al equipo, así como algunos datos y cálculos relevantes para su fabricación y uso posterior. Se añadirá, para finalizar, un presupuesto que permitirá al lector conocer los diferentes componentes adquiridos, para así obtener una estimación real de lo que cuesta llevar a cabo la construcción de

dicho proyecto. Además, también se incluirán los trabajos de mecanizado necesarios para la fabricación de algunas piezas de este equipo.

## 4 ANTECEDENTES

La información necesaria para el diseño estará basada en el funcionamiento del equipo, las temperaturas de extrusión, el tipo de material, etc...

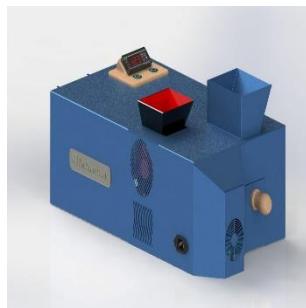
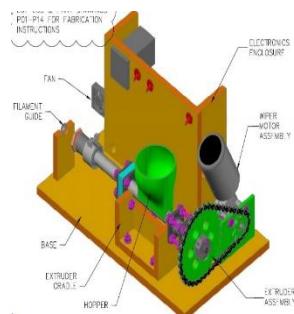
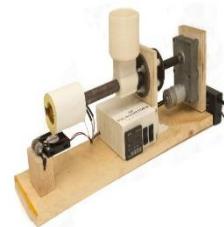
Antes de comenzar con el diseño, se buscó información relativa a las extrusoras disponibles en el mercado.

Actualmente en el mercado se encuentran diferentes modelos comerciales, de los cuales se pueden ver algunos ejemplos de diseños (Véase Fig. 1 a Fig. 4):

- Filamaker.
- Filabot.
- Filaestruder.

Para este proyecto se centró la búsqueda en las extrusoras de código abierto, obteniendo así una mayor fuente de información relativa a estos equipos:

- Lyman Filament Extruder.
- Modular Filament Extruder.

Figura 1. Filamaker. Fuente: [www.filamaker.eu](http://www.filamaker.eu)Figura 2. Filabot. Fuente: [www.filabot.com](http://www.filabot.com)Figura 3. Lyman Filament Extruder V2. Fuente: [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)Figura 4. Filastruder. Fuente: [www.filastruder.com](http://www.filastruder.com)

Estos diseños son diferentes, pero mantienen en común ciertos elementos de la máquina, en este caso: tornillo de extrusión, motor, calentador, tolva.

## 5 NORMAS Y REFERENCIAS

### 5.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

- UNE 157001: *Criterios generales para la elaboración de proyectos*, AENOR.
- UNE 50-132-94: *Documentación. Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos*, AENOR.
- UNE 82100 - 0 a 13: *Magnitudes y unidades*, AENOR.

### 5.2 Bibliografía

- [1] Ashby, M.F. *Materials and the environment*, Butterworth-Heinemann, 2009.
- [2] Beltrán M., Marcilla A. *Tecnología de Polímeros*, Universidad de Alicante, 2012.
- [3] Savgorodny, V.K. *Transformación de Plásticos*, Gustavo Gili, 1978.

[4] Sil, T.L, Rahrat, A.R, Rahman, A.W.A. *Polylactic acid: PLA Biopolymer Technology and applications*, ELSEVIER, 2012.

[5] Mott, Robert L. *Machine Elements in Mechanical Design 4th Ed.*, Pearson Education, 2004.

### 5.3 Programas de cálculo y diseño

- Hojas de cálculo de Microsoft Office Excel 2013.
- Solidworks 2015.
- Makerbot Desktop.
- AutoCAD 2015.

## 6 REQUISITOS DE DISEÑO

El diseño que se realizará, debe ser un diseño que sea susceptible de ser replicado mediante el uso de una impresora 3D. Dicho diseño debe ser funcional de manera que una vez fabricado, sea capaz de generar filamento comercial en las condiciones más óptimas como sea posible. La máquina, en cuestión, se montará sobre una superficie plana, tal como una mesa, con lo cual debe ser fácilmente desmontable.

En este proyecto se elaboran todos los ficheros necesarios, para lograr la impresión de las piezas replicables.

Los aspectos a tener en cuenta, de cara al diseño, son:

**.Costo:** Preferiblemente costo bajo, siempre teniendo en cuenta los precios de mercado de otras máquinas e intentar mantener el presupuesto por debajo del precio de las extrusoras disponibles comercialmente.

**.Tamaño:** Pequeño tamaño, en la medida de lo posible, para facilitar la movilidad del equipo.

**.Operación:** El uso de la extrusora será lo más cómodo y práctico posible, de manera que cualquier persona, aunque no tenga los conocimientos técnicos necesarios, sea capaz de comprender como opera la máquina y de realizar el montaje de la misma.

**·Seguridad:** El diseño debe crear un ambiente seguro para las personas.

En cuanto a las condiciones de trabajo, la extrusora operará en un entorno de trabajo con condiciones ambiente estándar, con lo cual no será necesario adaptar el equipo al mismo. Aunque hay que tener en cuenta que las condiciones ambientes de la sala donde opere la extrusora, pueden afectar el acabado del filamento, los posibles efectos adversos se comentarán más adelante.

## 7 Análisis de Soluciones

En este proyecto se han estudiado dos propuestas de diseño: Diseño vertical y Diseño horizontal.

### 7.1 Diseño vertical

En este diseño se consigue ahorrar espacio en una mesa de trabajo, consiguiendo que el filamento salga por el extremo inferior del equipo.

El diseño, sin embargo, presenta algunos problemas, como es la colocación de la broca o tornillo de extrusión para que no interfiera con la entrada de la tolva.

Este problema se resuelve con la realización de una tolva que posee un canal de alimentación en un eje diferente al de la broca, haciendo el canal con una entrada en ángulo de forma que al final del mismo coincidiera con el mismo eje que la broca.

El material entraría por un extremo y llegaría hasta donde estuviera situada la broca y el motor alineados verticalmente. Al llegar los pellets hasta el final de la tolva, habría un estrechamiento que se ajusta al tamaño de la broca, empezando con el proceso de extrusión.

El segundo problema que se origina por el diseño, sería la adaptación del equipo y la mesa trabajo, debido a que el filamento sale por el extremo inferior, se necesitaría elevar la extrusora a una altura suficiente para enfriar y ubicar el filamento, esta superficie debe estar expuesta al ambiente.

La solución adoptada consiste en añadir una plataforma compuesta por cuatro patas que sostuvieran la extrusora a una altura considerable.

Un tercer problema que surge a la hora de utilizar este diseño es, que al estar en posición vertical la extrusora, el efecto de la gravedad causaría que el filamento tuviera una reducción de su sección, debido al estiramiento que sufriría por su propio peso.

El cuarto problema a tener en cuenta, es que la colocación del motor en esta posición resultaría perjudicial para la máquina, ya que si ese peso no está bien colocado con respecto el centro de gravedad de la misma, se generara un momento en los soportes de la máquina, que podría afectar a su funcionamiento.

Por todas estas razones se ha descartado este diseño.

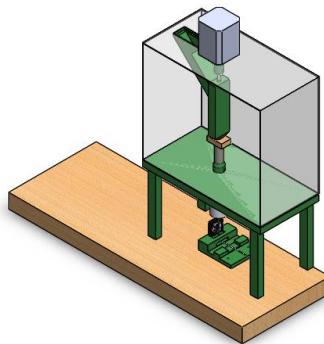


Figura 5. Diseño extrusora vertical. Fuente: Propia.

## 7.2 Diseño horizontal

La otra opción estudiada, fue la realización de la maquina en posición horizontal. Este diseño presenta varias ventajas frente al vertical. Montando la extrusora en la posición del nuevo planteamiento, se eliminaría el problema del posible estiramiento debido a la gravedad, además del problema de la colocación de la tolva, también se dispondría de una mayor distancia desde la salida del filamento (al final de la máquina) hasta su llegada a la zona de refrigeración. Otra de las cuestiones que quedarían resueltas sería, una mejor disposición del motor, ya que no estaría encima de la máquina, evitando así un mal funcionamiento de la extrusora.

Cuando se pensó el diseño de la extrusora en esta posición, se plantearon varias soluciones para muchas de sus piezas.

## 7.2.1 Transmisión

### 7.2.1.1 Primer diseño

El primer diseño del sistema de transmisión de potencia a la máquina, consistía en el uso de motor Nema 23, unido a la broca mediante un acople, replicado con la impresora 3D. Dicho motor es capaz de transmitir el par necesario para lograr el correcto funcionamiento de la extrusora.

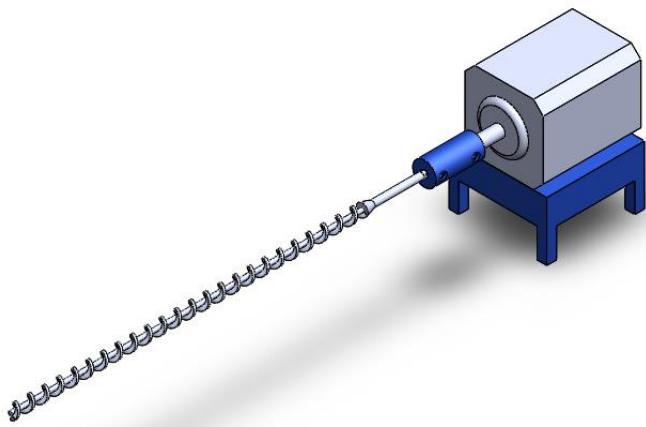


Figura 6. Primer diseño transmisión. Fuente: Propia.

La principal razón por la que se ha descartado este diseño, es porque los motores Nema y en este caso el modelo 23, es bastante caro, ya que genera un par bastante bueno para un motor paso a paso. El otro inconveniente sería, que para poder controlar la velocidad de este motor es necesario usar un Arduino programado, dicho componente encarecería el costo de la extrusora, representando un problema para la inmediatez de ejecución de dicha máquina.

### 7.2.1.2 Diseño final

El segundo diseño surge para dar solución a la problemática para encontrar el motor Nema y su alto precio, debido a esto se decidió utilizar un motor “wiper” o de limpiaparabrisas, que utiliza una reductora de corona con tornillo sin fin y genera un par aceptable. La ventaja de este diseño, reside en que este motor no precisa de una regulación con un controlador Arduino. Al trabajar con corriente continua de 12v, se puede regular con un voltímetro o con una reductora hasta la velocidad de trabajo

necesaria, además de presentar una transmisión de potencia uniforme, debido al sistema de reducción que utiliza el motor. Al par que genera dicho motor, se le añade un poco más debido al uso de una reductora 1:4.

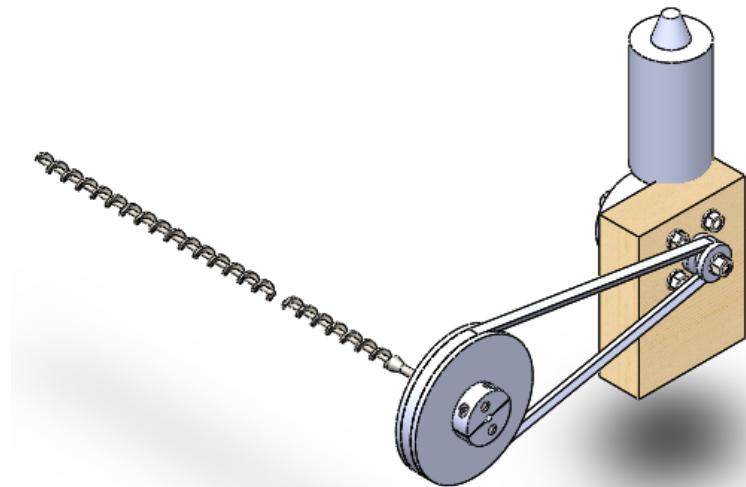


Figura 7. Diseño final transmisión. Fuente: Propia.

La principal ventaja que presenta este diseño, es que el sistema de poleas se puede intercambiar, pudiendo lograr así cualquier relación de transmisión deseada. Por otra parte, la polea que se encuentra acoplada al motor se sujet a este, mediante un manguito roscado al eje de dicho motor y gracias al manguito se puede evitar el giro de la polea sobre el eje, logrando así que la transmisión de potencia se produzca de manera efectiva, ya que al estar el manguito ajustado a la polea, éste actuará como un elemento de transmisión, tal y como lo hace una chaveta.

## 7.2.2 Tolva de alimentación

### 7.2.2.1 Primer diseño

El primer diseño de la tolva de alimentación consistía en una única pieza, capaz de almacenar un volumen de 5 kg de pellets. Este diseño no presentaba ningún problema, excepto que era demasiado grande para su fabricación en una impresora 3D comercial, como la que se podía utilizar, la Makerbot replicator 2, por ello se descartó dicha posibilidad. Las dos piezas que constituyen la tolva se diseñaron para ser ensambladas entre ellas.

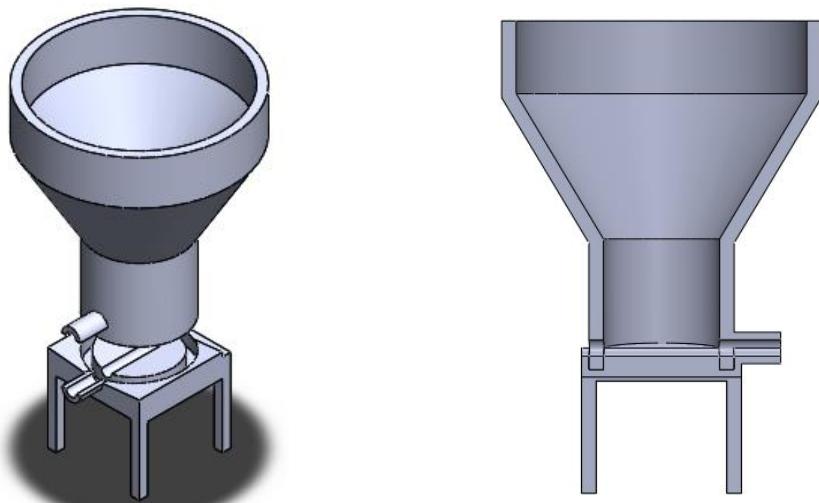


Figura 8. Primer diseño tolva de alimentación. Fuente: Propia.

### 7.2.2.2 Segundo diseño

El segundo diseño de la tolva surge debido a la necesidad de adaptar la tolva a las dimensiones de la impresora 3D disponible para la fabricación, por esto se decidió separar el primer diseño en cuatro piezas simples, compuestas por la tolva superior, la inferior, el asiento de la tolva y las patas.

Fue necesario separar las patas, porque a pesar que el ensamble de las patas con el asiento de la tolva no era excesivamente grande, si es cierto que, al estar el asiento de la tolva en el “aire”, dicha impresora no es capaz de reproducir piezas que se encuentra elevadas y sin ningún apoyo inferior, todos los problemas a la hora de la impresión, se comentan con más detenimiento más adelante. (Véase Anexo III).

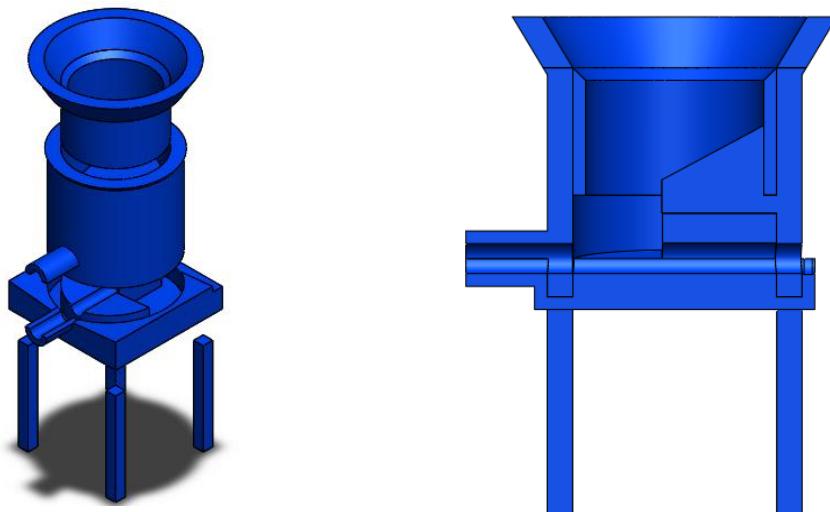


Figura 9. Diseño final tolva de alimentación. Fuente: Propia.

### 7.2.2.3 Diseño final

El diseño final se realizó de la misma manera que la segunda solución planteada, donde todas las piezas están diseñadas para ser ensambladas entre sí y así permitir un montaje más cómodo de la máquina. La única diferencia añadida es que en el momento de tensar la correa de la transmisión principal, la tolva tiende a desplazarse debido a su poco peso y a la tensión que produce la correa sobre la polea y a su vez sobre la tolva. Esto se solucionó, diseñando unos anclajes para poder fijar la tolva a la mesa soporte y proporcionar una transmisión de potencia continua y una posición correcta de la tolva durante el proceso de extrusión.

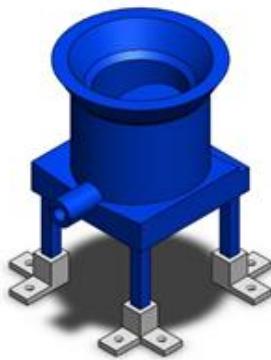


Figura 10. Tolva de alimentación con anclajes. Fuente: Propia.

## 7.2.3 Refrigeración

### 7.2.3.1 Diseño final

El diseño del sistema de refrigeración o lo que es lo mismo el soporte para el ventilador a la salida del filamento de la extrusora, se diseñó teniendo en cuenta los problemas que se presentaron a la hora de la fabricación de la tolva de alimentación.

El sistema de refrigeración se separó en tres piezas distintas, el soporte para la bandeja, la bandeja donde va fijado el ventilador y las patas que servirán de apoyo para la bandeja y así evitar que por el propio peso de la bandeja y el del ventilador, se produzca una flexión excesiva de dicha bandeja, lo que podría causar la rotura de la misma.

La función del soporte del ventilador, reside en enfriar el filamento a la salida de la máquina para así evitar que cuando se produzca el arrollamiento del mismo en la zona de bobinado, no se adhieran entre sí las capas nuevas de filamento que se arrollan con las anteriormente arrolladas, evitando así problemas de deformaciones y defectos en el filamento, que puedan afectar el funcionamiento de la impresora y por consiguiente el proceso de impresión.

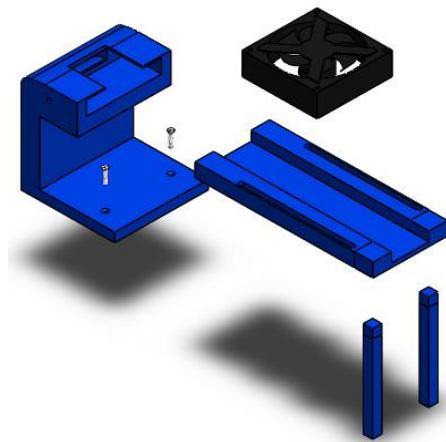


Figura 11. Soporte ventilador. Fuente: Propia.

La bandeja del ventilador ha sido diseñada con dos ranuras longitudinales, para poder modificar la posición del ventilador en función de la zona de filamento que se quiere enfriar, he incluso, si fuese necesario se podría colocar otro ventilador en dicha

bandeja, añadiendo así un extra de refrigeración al filamento antes del proceso de bobinado.

#### 7.2.4 Soporte bobina

##### 7.2.4.1 Primer diseño

Con el diseño de esta parte de la extrusora, se quería conseguir que la maquina realiza una recogida automática del filamento en una bobina y así poder disponer del filamento directamente en el impresora 3D para su posterior uso. Por otra parte, esta zona de la maquina no resulta de vital importancia para el funcionamiento de la misma, pero en todas las extrusoras, siempre es necesario utilizar algún tipo de sistema que mantenga el filamento tenso a la salida de la máquina y así evitar que se puedan producir deformaciones indeseables en el filamento. Por eso, se ha diseñado esta zona para poder utilizarla como dispositivo de tensionado del filamento y al mismo tiempo realizar la recogida del mismo.

El principal problema de este diseño surge, cuando se quieren imprimir las patas donde va a ir acoplada la bobina, resulta que dichas patas son demasiado grandes para el tamaño máximo que es capaz de imprimir la impresora. Por tanto es necesario el rediseño de las patas, por esta razón surge el segundo diseño

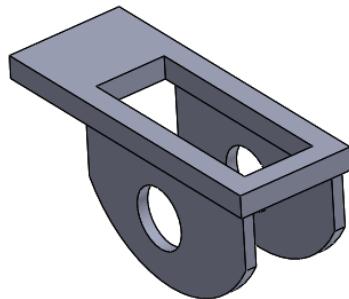
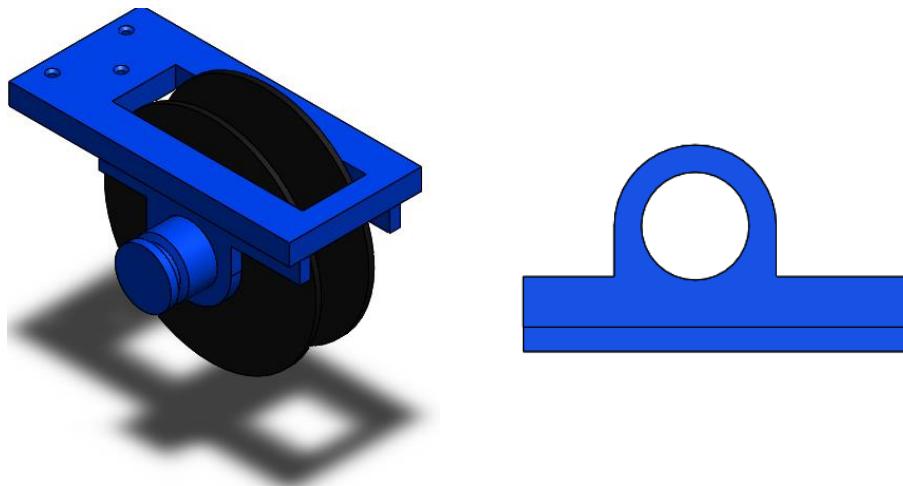


Figura 12. Primer diseño soporte bobina. Fuente: Propia.

##### 7.2.4.2 Diseño final

El diseño final surge de la necesidad de adaptar las patas a los tamaños de impresiones máximos que es capaz de manejar en 3D, la impresora Makerbot. Por esto se rediseñan y se obtienen unas patas más pequeñas y estéticamente más atractivas y sobretodo capaces de ser replicadas por la impresora.



*Figura 13. Soporte de bobina. Fuente: Propia.*

Como se puede observar en la figura 13, por razones de eficiencia se ha diseñado el eje donde irá montada la bobina del filamento, con el perfil cuadrado de un elástico 200x10, diámetro y ancho respectivamente, pudiendo así conectar dicho eje al motor que se encargará de mover la bobina y sin necesidad de acoplar otra polea al eje, haciendo más eficiente el diseño de este componente al utilizar un mismo elemento para dos funciones.

## 7.2.5 Soporte motor bobina

### 7.2.5.1 Diseño final.

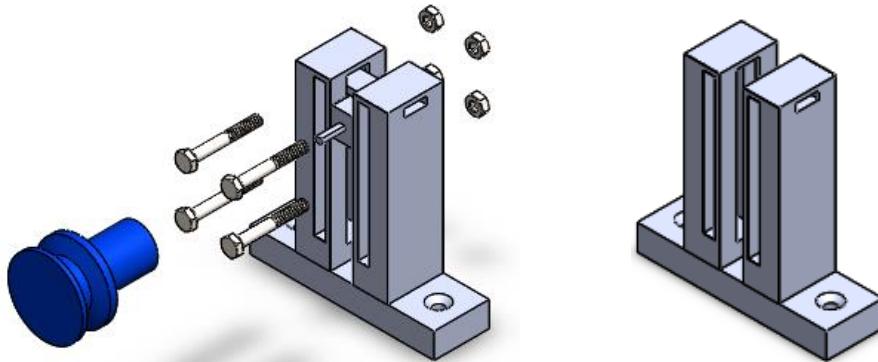
Como se comenta en el apartado anterior, resulta necesario, aunque no imprescindible, la implementación de un sistema de recogida del filamento a la salida de extrusora.

Para implementar este sistema, se diseña un soporte que servirá al mismo tiempo de tensor para el sistema reductor y de soporte para el motor que se encargará de mover la bobina y así producir el arrollamiento del filamento.

Como motor se ha seleccionado uno eléctrico de corriente continua, que funciona de 5v a 12v y es capaz de desarrollar un par de 1 N·m, gracias a una reductora que lleva incluida en el mecanismo de funcionamiento del mismo.

El soporte posee dos bandejas que se colocan desde una ranura lateral que posee el soporte motor, dichas bandejas servirán para poder regular la altura hasta lograr que

la tensión de la correa sea la correcta. Las bandejas se mantendrán fijas, mediante el uso de dos varillas roscadas con dos tuercas por cada lado.



*Figura 14. Soporte motor bobina. Fuente: Propia.*

El motor se encuentra conectado al sistema de bobinado mediante un elástico ancho que funciona como elemento de transmisión. El sistema de bobinado está diseñado con una reductora 1:2, para que se produzca un par motor mayor, además de reducir la velocidad del sistema de arrollamiento a la mitad. El motor de dicho sistema, debe girar a las mismas revoluciones que el motor principal, para evitar que se produzca una tensión demasiado alta, que puede causar un alargamiento en el filamento y verse así reducida su sección y además asegurar que el arrollamiento del filamento se produce de manera efectiva alrededor de la bobina.

El sistema de recogida se pondrá en funcionamiento, mediante el accionamiento de un interruptor, presente en el cuadro de control.

## 7.2.6 Husillo de extrusión

### 7.2.6.1 Diseño final

Como husillo de extrusión, se había planteado el uso de una broca salomónica para madera blanda y de dureza media, que consiste en una broca con perfil elíptico y un perfil de diente trapezoidal, dicha broca funciona bajo el mismo principio de un tornillo de Arquímedes. Cuando la broca está girando en sentido horario, tiene la función de extraer la viruta del agujero que se practica, pero al girar en el otro sentido, genera un empuje del material hacia dentro del agujero y el empuje generado es mucho más eficiente que si utilizáramos una broca con un perfil de diente diseñado para cortes

rápidos y de madera más dura, por esta razón se ha decidido utilizar este tipo de broca. Otra de las razones es, que para las extrusoras de un solo husillo, se utilizan husillos de un solo filete y no doble, ya que presentan una mayor fricción con el material a extruir lo que podría producir una fusión prematura de material antes de la salida de la zona de dosificación.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se ha seleccionado este tipo de broca como husillo de extrusión.

Otras de las cuestiones a tener en cuenta, es la elección del diámetro de la broca de extrusión, los cálculos para la elección del diámetro se muestran en el anexo de cálculos. En principio, se había pensado en una broca de 16 mm de diámetro, el problema residía, en que la potencia de accionamiento de este husillo es mayor que para un husillo de 12 mm, aunque esta broca presentaría una mayor producción, debido a que la profundidad del canal presenta una mayor dimensión, también presenta el inconveniente, de que se necesitaría un motor más potente para poder lograr la extrusión de manera eficiente.

Finalmente, teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se ha concluido que la mejor elección es la del husillo de 12 mm, de esta manera la extrusora podría trabajar en condiciones correctas con el motor del que se dispone.



Figura 15. Husillo de extrusión. Fuente: [www.bosch-pt.com](http://www.bosch-pt.com)

El husillo seleccionado posee una longitud de trabajo de 360 mm, aunque cuando está montada en la máquina, dicha longitud se reduce a una longitud efectiva de 314 mm, así pues dicha broca presentara una relación L/D de 26:1, usualmente para las extrusoras dicha relación suele oscilar en 20:1 a 30:1.

## 7.2.7 Barril de extrusión

### 7.2.7.1 Primer diseño

Como barril o camisa de calentamiento por donde viajará el material a extruir, se había pensado utilizar una tubería de 260 mm de longitud de acero galvanizado, resistente a la corrosión y capaz de aguantar temperaturas máximas de 450 grados centígrados sin perder propiedades, además de presentar una elevada fricción en su cara interna lo que ayudará a que el material se adhiera al barril y no al tornillo, para así lograr un transporte efectivo del material. El problema que presenta la selección de esta tubería, es que las dimensiones en las que se comercializa este tipo de tubería, suelen ser en pulgadas, esto resulta un inconveniente ya que la tubería que se podría utilizar es de 12,7 mm de diámetro interno, lo que haría que existiera demasiada holgura entre el husillo y el barril de extrusión, propiciando así la aparición de un flujo de retroceso grande que disminuiría el caudal de salida de la extrusora, por estas razones se ha desechado esta opción.

### 7.2.7.2 Diseño final

Dado que hay problemas con las dimensiones de las tuberías de acero galvanizado y que es muy difícil encontrar tuberías de este material con diámetro interior en pulgadas, se propone utilizar un tubo de acero inoxidable 304, que presenta una alta resistencia a la corrosión, además de presentar las características geométricas que se necesitan y de tener una mayor facilidad para conseguir un tubo adecuado, para el correcto funcionamiento de la máquina. Las dimensiones del barril serán de 260 mm de largo, por 15 mm de diámetro externo y un espesor de pared de 1,5 mm.

Este barril hará que la maquina sea más eficiente, ya que la holgura entre el barril y el husillo es de 0,06 mm, (Véase Anexo I), lo que causará que haya muy poco flujo de retroceso o presión, aumentando así el caudal de salida.



Figura 16. Barril de extrusión. Fuente: Propia.

## 7.2.8 Banda térmica

### 7.2.8.1 Diseño final.

En el diseño de la banda térmica, se ha de tener en cuenta que es necesario colocar un calentador de cartucho dentro de dicha banda para poder conseguir la temperatura de extrusión, así como un termistor para poder monitorizar la temperatura. Para esto, es necesario contar con un macizo de aluminio de 120 mm de largo y 50 mm de diámetro externo. A dicha banda, se le practicará un taladro de diámetro 15,1 mm en el centro, para poder ensamblarlo con el barril. Además resulta necesario practicar un agujero de 2 mm de radio, en la superficie exterior para poder posicionar el termistor para monitorizar la temperatura. También habrá que practicar otro agujero en el espesor del cilindro una vez mecanizado, para poder acoplar el calentador de cartucho a la banda térmica.

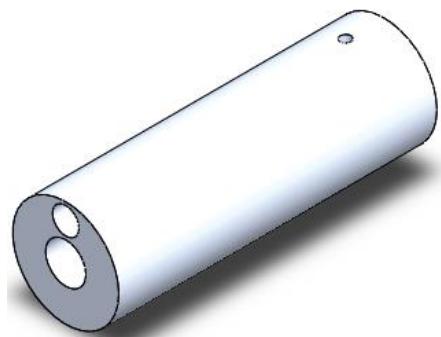


Figura 17. Banda térmica. Fuente: Propia.

## 7.2.9 Dado de extrusión

### 7.2.9.1 Primer diseño.

El primer diseño pensado, consistía en utilizar un tapón ciego de latón, utilizado para cerrar tuberías. El problema que resulta de utilizar este tapón como boquilla, es que el mismo, posee una pared plana por el lado de entrada de la masa de plástico fundido, lo que causaría que al llegar la masa a esta pared, generaría un flujo de presión o retroceso bastante alto, lo que afectaría de forma negativa al flujo de arrastre, disminuyendo así el caudal a la salida de la máquina, por estas razones se ha descartado esta solución.

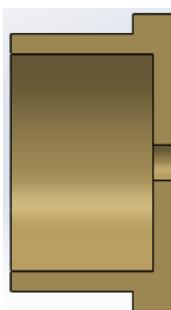
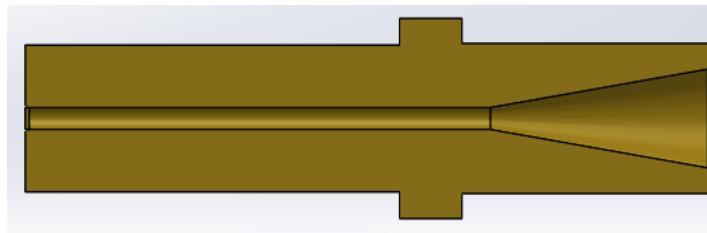


Figura 18. Primer diseño, dado de extrusión. Fuente: Propia.

### 7.2.9.2 Diseño final.

Debido a lo expuesto en el apartado anterior, surge un segundo diseño, donde se utilizara una boquilla mecanizada de latón con un taladro avellanado por el interior del dado, para que la tensión del filamento se reparta de manera más uniforme a la salida del extrusor. Dicha boquilla será de un diámetro de 1,75 mm para tener el filamento calibrado a dicha medida y poseerá un longitud de 55 mm, donde el lado calibrado a 1,75 mm tendrá una longitud de 30 mm, para dar tiempo a que el filamento enfríe un poco dentro de la boquilla, a fin de que a la salida el filamento tenga el diámetro deseado. La boquilla poseerá una rosca métrica por el lado derecho de la figura 19, para poder ser roscado al barril de extrusión (véase Plano 1.06.00).



*Figura 19. Diseño final boquilla de extrusión. Fuente: Propia.*

## 7.2.10 Aislamiento térmico.

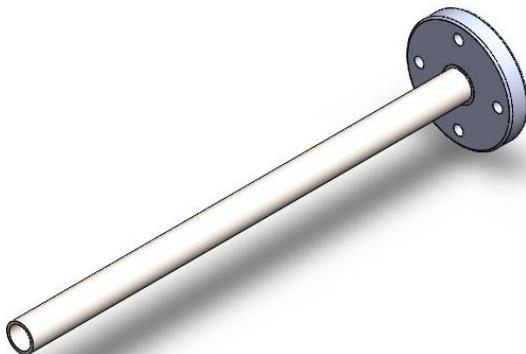
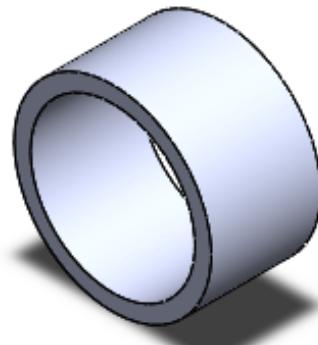
### 7.2.10.1 Diseño final.

Para separar las zonas de extrusión o calientes de la tolva plástica y demás componentes de plástico, se utilizará una tabla de madera de pino y dos bridas para realizar la sujeción por un lado de la tolva al sistema de extrusión y por el otro acoplar el tubo de extrusión y mantenerlo en la posición correcta. (Véase Anexo II).

Por otra parte, se utilizará un aislamiento de lana de roca para la zona en la que se encuentra la banda térmica. La principal función del aislamiento, consiste en evitar la pérdida de calor por convección con el entorno y a su vez evitar, que si por error, se tocara dicha banda térmica se produzcan quemaduras, ya que las temperaturas de extrusión suelen variar de 160 a 200 grados Celsius.

## 7.2.11 Bridas de sujeción.

Las bridas de sujeción son elementos utilizados para mantener los componentes perfectamente fijos y en su posición adecuada durante el funcionamiento de la extrusora. Se han seleccionado dos bridas de diferente diámetro central, de modo que por un lado pueda acoplarse una de las bridas, la cual posee un diámetro interior de 22 mm, a la salida de la tolva que posee un diámetro exterior de 21.96 mm. Por otro parte, la otra brida, que posee un diámetro interior de 18 mm, irá acoplada al barril de extrusión, pero dado que nuestro barril posee un diámetro externo de 15 mm, será necesario colocar un anillo centrador dentro de la brida, consiguiendo así tener el barril centrado e inmóvil durante la extrusión. La decisión del anillo centrador se ha tomado debido a que las bridas poseen ciertas dimensiones, ya que son elementos que están normalizados, por lo tanto ha sido necesaria la adaptación a lo disponible en el mercado.

*Figura 20. Montaje brida a barril. Fuente: Propia.**Figura 21. Anillo centrador del barril. Fuente: Propia.*

### **7.2.12 Tornillería.**

Los tornillos son elementos que van a resultar de vital importancia al realizar las uniones entre diversas piezas y mecanismos de la extrusora. Como principal aplicación, tienen la de actuar como elementos de unión desmontables.

Para el montaje se requerirán tornillos en diversas partes de la extrusora, para poder lograr un correcto funcionamiento de la misma.

#### **I. Elementos de unión utilizados en la extrusora.**

##### **i) Fijación de la tolva a la mesa soporte.**

- 8 tornillos de cabeza avellanada M3x16 ISO 7046-1.

##### **ii) Fijación soporte ventilador a mesa soporte.**

- 2 tornillos de cabeza avellanada M3x16 ISO 7046-1.

##### **iii) Unión ventilador al soporte.**

- 4 tornillos cabeza hexagonal M4x25 DIN 7984.
- 4 tuercas cabeza hexagonal M4 ISO 4032.
- 4 arandelas M4 DIN 6902.

##### **iv) Fijación soporte bobina a mesa soporte.**

- 3 tornillos de cabeza avellanada M6x40 ISO 7046-1

##### **v) Montaje motor a soporte.**

- 4 tornillos de cabeza hexagonal M8x40 DIN 933.
- 4 tuercas de cabeza hexagonal M4 DIN 934 C.8.

- 4 arandelas planas DIN 125 B.

**vi) Montaje polea motor principal.**

- 1 tuerca cabeza hexagonal M4 DIN 934 C.8.
- 1 arandelas planas DIN 125 B.
- 1 manguito hexagonal M8x25.
- 1 esparrago Allen M8x25 DIN 913.

**vii) Montaje acoples a polea 2.**

- 4 tornillos cabeza hexagonal M4x40 DIN 7984.
- 4 tuercas de cabeza hexagonal M4 ISO 4032.
- 2 varillas roscadas M4x50 5.6 DIN 975.
- 4 tuercas autoblocante M4 DIN 985.

**viii) Soporte motor 2.**

- 4 tornillos de cabeza hexagonal M4x30 ISO 4014.
- 4 tuercas de cabeza avellanada M4 ISO 4032.
- 4 arandelas planas DIN 125 B.
- 2 tornillos de cabeza avellanada M4x20 ISO 7046-1

### **7.2.13 Estructura.**

#### **7.2.13.1 Primer diseño.**

El primer diseño que se planteó para el soporte de la extrusora, consistía en imprimir un serie de piezas con forma rectangular y unidas mediante colas de milano para lograr así el encaje entre todas las piezas de manera rígida y evitando la posibilidad que se separen entre ellas durante el funcionamiento de la máquina o el traslado de la misma. La causa de porque este diseño no se llevó a cabo, consiste en que se necesitaría demasiado tiempo y material para lograr la impresión en 3D de todas las piezas que compondrían la mesa, otro de los factores condicionantes es que el PLA es bastante duro para realizar un roscado con tornillos de los componentes a la mesa soporte. Dado que no se disponía de tanto tiempo ni material para la construcción de los componentes, se optó por otra solución para el soporte de la extrusora.

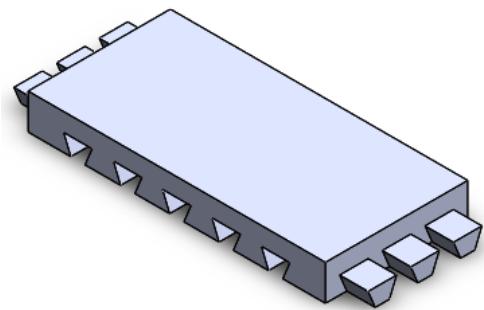


Figura 22. Mesa soporte colas de milano.

Fuente: Propia.

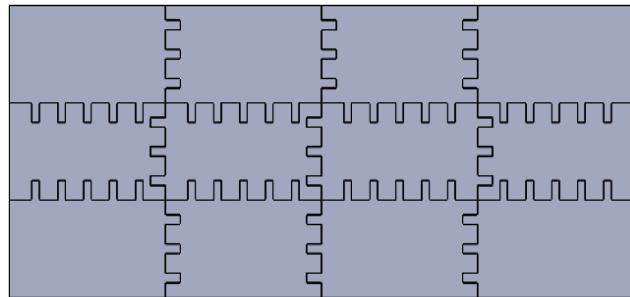


Figura 23. Montaje mesa soporte colas de milano.

Fuente: Propia.

### 7.2.13.2 Diseño final

Todas las piezas que conforman la extrusora por completo serán instalados en un soporte, que estará compuesto por una tabla de madera de pino, con dimensiones 100x50x18 cm, y unas patas plásticas atornilladas a la parte inferior del tablón, logrando así, mantener dicha estructura un poco levantada de la superficie para poder utilizar la zona de bobinado del filamento, sin que se produzcan interferencias.

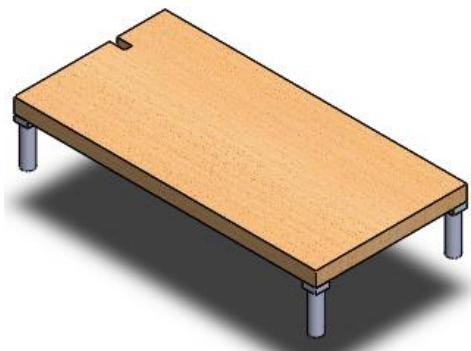


Figura 24. Mesa soporte extrusora. Fuente: Propia.

## 8 Resultados finales.

Tras elegir los diseños finales de todos los elementos necesarios para la construcción de la máquina, se procede al montaje de la misma siguiendo las instrucciones comentadas y aportadas (véase Anexo II), el resultado sería el siguiente:

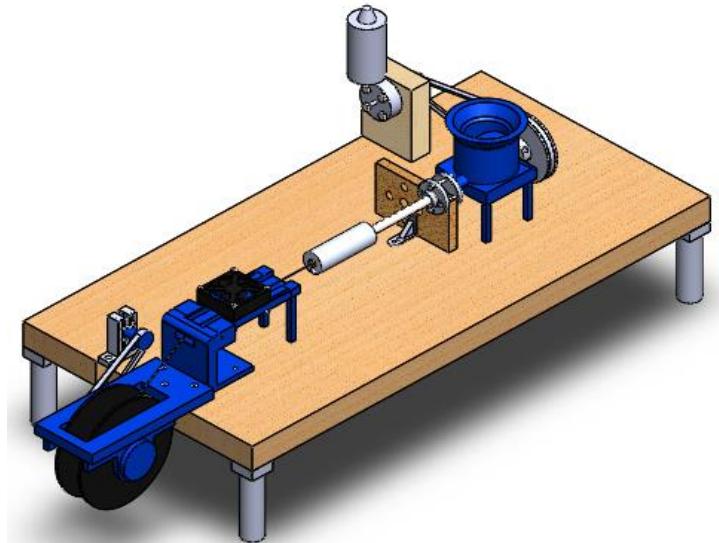


Figura 25. Extrusora completa. Fuente: Propia.

Las decisiones de diseño tomadas, se han hecho en base a la disponibilidad de los componentes en la isla, para así lograr el correcto funcionamiento de la máquina. Cabe señalar, que se podría mejorar el rendimiento de la extrusora, añadiendo un husillo de diámetro mayor, un motor más potente y por lo tanto un barril y un dado de extrusión mayor, logrando así aumentar la producción de filamento de la extrusora.

## 9 Orden de Prioridad de los Documentos.

A continuación se establece el orden de prioridad de los documentos básicos del proyecto, frente a posibles discrepancias que puedan surgir en el transcurso de ejecución del presente proyecto.

1. Memoria.
2. Planos.
3. Presupuesto.



Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Industrial

## **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

### **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

## **ANEXOS**

### **EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



# INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO I: CÁLCULOS .....</b>	<b>51</b>
<b>1      CÁLCULOS PREVIOS AL ANÁLISIS.....</b>	<b>55</b>
1.1    CÁLCULO RELACIÓN L/D BROCA.....	55
1.2    PRODUCCIÓN DEL TORNILLO.....	56
1.2.1    Flujo de arrastre.....	57
1.2.2    Flujo de presión .....	57
1.2.3    Flujo de filtración.....	57
1.2.4    Constante total de la cabeza .....	57
1.2.5    Cálculo de potencia requerida .....	58
1.3    VISCOSIDAD EFECTIVA.....	59
1.4    PRESIONES EN LA EXTRUSORA.....	60
1.4.1    Presión máxima .....	60
1.4.2    Presión de operación.....	60
1.5    CÁLCULO FUERZAS DEL HUSILLO .....	61
<b>2      DISEÑO DEL BARRIL .....</b>	<b>65</b>
<b>3      DISEÑO BANDA TÉRMICA.....</b>	<b>67</b>
<b>4      DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR PRINCIPAL .....</b>	<b>70</b>
4.1    POLEAS.....	70
4.1.1    Relación de transmisión .....	70
4.1.2    Análisis de los componentes .....	71
4.2    ACOPLES .....	72
<b>5      DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR BOBINA.....</b>	<b>72</b>
5.1    RELACIÓN DE TRANSMISIÓN .....	72
5.2    ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES .....	74
<b>6      DISEÑO COMPONENTES DE LA TOLVA .....</b>	<b>75</b>
6.1    ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE APOYO .....	76
<b>7      DILATACIÓN TÉRMICA .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO II: MONTAJE EXTRUSORA .....</b>	<b>82</b>
<b>1      MONTAJE PIEZAS REPLICADAS .....</b>	<b>86</b>

1.1	TOLVA.....	86
1.2	REFRIGERACIÓN .....	87
1.3	TRANSMISIÓN PRINCIPAL.....	88
1.3.1	Motor.....	88
1.3.2	Polea.....	89
1.4	TRANSMISIÓN SECUNDARIA .....	89
1.4.1	Motor.....	89
1.4.2	Bobinado .....	91
<b>2</b>	<b>MONTAJE EQUIPO DE EXTRUSIÓN .....</b>	<b>92</b>
2.1	CABEZAL DE EXTRUSIÓN.....	92
2.2	MADERA DE AISLAMIENTO .....	93
2.3	BROCA .....	94
<b>3</b>	<b>MONTAJE BASE EXTRUSORA .....</b>	<b>95</b>
<b>4</b>	<b>MONTAJE DE CORREAS.....</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>MONTAJE ELÉCTRICO .....</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>MONTAJE PROTOTIPO.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO III: IMPRESIÓN 3D .....</b>	<b>104</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE .....</b>	<b>108</b>
1.1	IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS.....	108
1.2	PARÁMETROS DE IMPRESIÓN.....	108
1.2.1	Temperatura y velocidad de extrusión .....	109
1.2.2	Relleno .....	110
1.2.3	Altura de capa .....	111
1.2.4	Grosor de la capa externa.....	112
1.2.5	Raft .....	112
1.2.6	Support.....	113

1.3	EXPORTACIÓN DE ARCHIVOS.....	114
<b>2</b>	<b>ASPECTOS DE IMPRESIÓN .....</b>	<b>115</b>
2.1	COLOCACIÓN DE PIEZAS .....	115
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....</b>	<b>117</b>
3.1	CREACIÓN DE SOPORTES .....	118
3.2	IMPRESIÓN PARCIAL.....	118
<b>4</b>	<b>REPLICACIÓN DE PIEZAS .....</b>	<b>120</b>
4.1	DURACIÓN .....	120
4.2	MEDICIONES .....	120
<b>ANEXO IV: CATÁLOGOS Y OTROS DOCUMENTOS .....</b>		<b>122</b>





Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Industrial

## **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

### **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

### **ANEXO I: CÁLCULOS**

### **EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



# Índice. Anexo I.

<b>1</b>	<b>CÁLCULOS PREVIOS AL ANÁLISIS.....</b>	<b>55</b>
1.1	CÁLCULO RELACIÓN L/D BROCA.....	55
1.2	PRODUCCIÓN DEL TORNILLO .....	56
1.2.1	Flujo de arrastre.....	57
1.2.2	Flujo de presión .....	57
1.2.3	Flujo de filtración.....	57
1.2.4	Constante total de la cabeza .....	57
1.2.5	Cálculo de potencia requerida .....	58
1.3	VISCOSIDAD EFECTIVA.....	59
1.4	PRESIONES EN LA EXTRUSORA.....	60
1.4.1	Presión máxima .....	60
1.4.2	Presión de operación.....	60
1.5	CÁLCULO FUERZAS DEL HUSILLO .....	61
<b>2</b>	<b>DISEÑO DEL BARRIL .....</b>	<b>65</b>
<b>3</b>	<b>DISEÑO BANDA TÉRMICA.....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR PRINCIPAL .....</b>	<b>70</b>
4.1	POLEAS.....	70
4.1.1	Relación de transmisión .....	70
4.1.2	Análisis de los componentes .....	71
4.2	ACOPLES .....	72
<b>5</b>	<b>DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR BOBINA.....</b>	<b>72</b>
5.1	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN .....	72
5.2	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES .....	74
<b>6</b>	<b>DISEÑO COMPONENTES DE LA TOLVA .....</b>	<b>75</b>
6.1	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE APOYO .....	76
<b>7</b>	<b>DILATACIÓN TÉRMICA .....</b>	<b>78</b>



# 1 CÁLCULOS PREVIOS AL ANÁLISIS

Para realizar el diseño de la extrusora, primero se ha tenido que realizar una serie de cálculos, centrándolo en este caso en las dimensiones del tornillo de empuje y las velocidades del motor.

## 1.1 Cálculo relación L/D broca

La relación longitud/diámetro de la broca debe encontrarse en un intervalo de 20:1 a 30:1, si se elige una broca de 12x450mm de longitud total, de dicha longitud 360mm son de trabajo que es lo que interesa, en este caso se tiene una parte de la broca que se encuentra sin trabajar en la tolva (46 mm), tras lo expuesto anteriormente, se procede ahora con los cálculos respectivos:

$$\text{Relación } \frac{L}{D}; \quad 20 \leq \frac{L}{D} \leq 30 \quad (1.0)$$

*L = Longitud de trabajo de la broca.*

*D = Diámetro de la broca.*

En este caso parte de la longitud de trabajo se encuentra alojada dentro de la tolva, con lo cual es necesario restarle dicha medida a la longitud total de trabajo:

$$\text{Relación } \frac{(360-46) \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 26,16$$

Estando dentro del intervalo, se da el valor como válido.

Antes de continuar con los cálculos hay que obtener los parámetros geométricos de la broca (véase Tabla 1.).

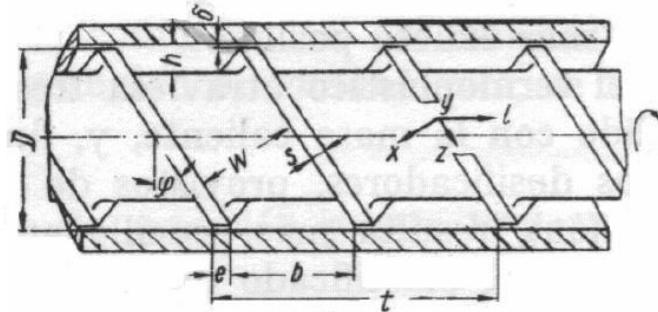


Figura 26. Sección de un cilindro con husillo de un canal. Fuente: Savgorodny, V.K

Diámetro (mm), D	12
Diámetro alma (mm), d	5
Longitud total (mm), L	450
Longitud de trabajo total (mm), Lt	360
Paso (mm), t	46
Nº canales, m	1
Anchura cresta filete (mm), e	9

*Tabla 1. Parámetros dimensionales del husillo. Fuente: BOSCH.*

Para este caso se empleará una longitud de trabajo propia del diseño, de unos 314 mm.

Por último queda determinar el ángulo de hélice del canal helicoidal:

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{t}{\pi \cdot D} \quad (1.1)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{46 \text{ mm}}{\pi \cdot 12 \text{ mm}} = 50,66^\circ$$

## 1.2 Producción del tornillo

La producción de filamento vendrá dada por tres tipos diferentes de flujo, en este caso intervienen el flujo de arrastre ( $\alpha$ ), componente provocado por el giro del tornillo. El flujo de presión ( $\beta$ ), opuesto al flujo del sistema, y por último el flujo de filtración ( $\gamma$ ), pérdidas de material a través de las holguras del tornillo-barril.

Dicho flujo volumétrico ( $Q$ ) puede ser determinado así:

$$Q = \left( \frac{\alpha \cdot k}{k + \beta + \gamma} \right) \cdot n \quad (1.1)$$

$\alpha$  = Flujo de arrastre.

$\beta$  = Flujo de presión.

$\gamma$  = Flujo de filtración.

$k$  = Constante total de la forma geométrica de la cabeza perfiladora.

### 1.2.1 Flujo de arrastre

$$\alpha = \frac{\pi \cdot m \cdot D \cdot h \cdot (\frac{t}{m} - e) \cdot \cos^2 \varphi}{2} \quad (1.2)$$

$$\alpha = \frac{\pi \cdot 1 \cdot 12 \text{ mm} \cdot 3,56 \text{ mm} \cdot (\frac{46 \text{ mm}}{1} - 9 \text{ mm}) \cdot \cos^2 50,66}{2} = 997,59 \text{ mm}^3$$

### 1.2.2 Flujo de presión

$$\beta = \frac{m \cdot h^3 \cdot (\frac{t}{m} - e) \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{12 \cdot L_p} \quad (1.3)$$

$L_p$  = Longitud de trabajo propia.

$$\beta = \frac{\pi \cdot 1 \cdot 12 \text{ mm} \cdot 3,56^3 \text{ mm} \cdot (\frac{46 \text{ mm}}{1} - 9 \text{ mm}) \cdot \cos^2 50,66^\circ}{12 \cdot 314 \text{ mm}} = 0,217 \text{ mm}^3$$

### 1.2.3 Flujo de filtración

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot \tan \varphi}{10 \cdot e \cdot L_p} \quad (1.4)$$

$\delta$  = Holgura del filete (Apartado 2.1 Anexo I).

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot 12^2 \text{ mm} \cdot 3,56^3 \text{ mm} \cdot \tan 50,66^\circ}{10 \cdot 9 \text{ mm} \cdot 314 \text{ mm}} = 1,32547E - 05 \text{ mm}^3$$

### 1.2.4 Constante total de la cabeza

Para determinar la constante K, el cabezal se divide en sucesivas zonas de diferente configuración, estableciendo una constante para cada una de ellas y obteniendo así el coeficiente de la forma geométrica equivalente a las diferentes configuraciones.

Para el diseño de la boquilla del proyecto se ha tenido en cuenta dos formas geométricas, una de ellas de forma cónica y la otra de forma cilíndrica.

Para el canal cilíndrico se tiene en cuenta:

$$K_1 = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L_{canal}} \quad (1.5)$$

$$K_1 = \frac{\pi \cdot 1,75^4 \text{ mm}}{128 \cdot 37,28 \text{ mm}} = 0,00617 \text{ mm}^3$$

Para el canal cónico hay que tener en cuenta:

$$K_2 = \frac{3 \cdot \pi \cdot d_0^3 \cdot d_1^3}{128 \cdot L_{canal} \cdot (d_0^3 + (d_0 \cdot d_1) + d_1^3)} \quad (1.6)$$

$$K_2 = \frac{3 \cdot \pi \cdot 8^3 \text{mm} \cdot 1,75^3 \text{mm}}{128 \cdot 17,72 \text{mm} \cdot (8^3 \text{mm} + (8 \cdot 1,75) \text{mm} + 1,75^3 \text{mm})} = 0,1406 \text{ mm}^3$$

La constante de la cabeza perfiladora o dado se determina como la suma de las resistencias en las diferentes zonas.

$$K = \frac{1}{\sum \frac{1}{k_1} + \sum \frac{1}{k_2} + \dots + \sum \frac{1}{k_i}} \quad (1.7)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{0,00617 \text{ mm}^3} + \frac{1}{0,1406 \text{ mm}^3}} = 0,005915 \text{ mm}^3$$

Se realiza el cálculo del caudal suponiendo una velocidad del tornillo de 15 revoluciones por minuto.

$$Q = \left( \frac{997,59 \cdot 0,005915}{0,005915 + 0,2172 + 1,32547E - 05} \right) \cdot 15,5 \text{ rpm} = 409,902 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}$$

$$Q = 409,902 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}} = 2,459E - 07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Empleando los valores de densidad presentes en el Anexo IV para el PLA:

$$m = 2,459E - 07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,03074 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 30,742 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

### 1.2.5 Cálculo de la potencia requerida

La potencia se calculará en función del diámetro del husillo, el factor de proporcionalidad ( $K=66,7$ ) y el número de revoluciones:

$$n = \frac{K^2 \cdot N}{\pi \cdot D^3} \text{ r.p.m.} \quad (1.8)$$

$N$  = Potencia.

$D$  = Diámetro de la broca.

$n$  = Número de revoluciones.

$K$  = Factor de proporcionalidad.

$$N = \frac{\pi \cdot 12^3 mm \cdot 15,5 rpm}{66,7^2} = 18,913 W$$

Dado que las características del motor empleado son de unos 22 W aproximadamente, un par motor de 3,5 N.m y de unas 60 r.p.m a la salida, es necesario realizar una relación de transmisión aumentando dicho par motor. Dichos cálculos se reflejan más adelante (véase Apartado 4.1.1 Anexo I).

### 1.3 Viscosidad efectiva

Es necesario obtener la viscosidad efectiva del plástico para hallar así las presiones en el canal.

Para esto es necesario calcular la velocidad de cortadura, una vez obtenido dicho dato y sabiendo la temperatura de extrusión, se puede obtener de una gráfica dicha viscosidad.

Para el caso de dicha extrusora tenemos una boquilla con final cilíndrico:

$$V = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3} \quad (1.9)$$

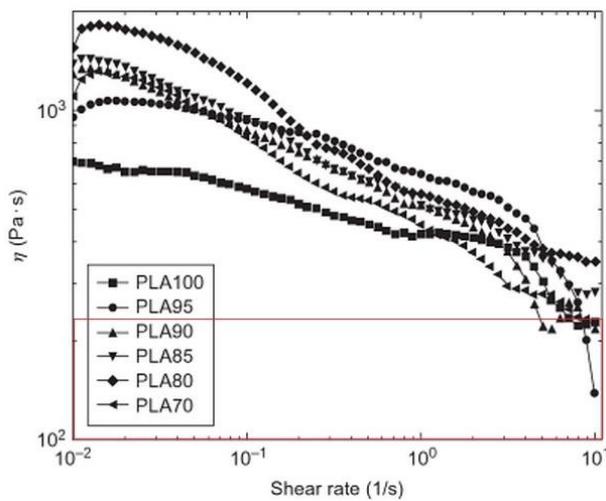
*V = Velocidad de cortadura.*

*Q = Caudal.*

*d = Diámetro del dado de extrusión.*

$$V = \frac{32 \cdot 6,8317 \cdot 10^{-9} \frac{m^3}{s}}{\pi \cdot 0,00175^3 m} = 12,984 \frac{1}{s} \quad (1.10)$$

Mediante los cálculos realizados podemos obtener la viscosidad efectiva con la siguiente gráfica.



**Figura 27. Gráfica viscosidad efectiva frente a la velocidad de cortadura. Fuente: Polylactic Acid: PLA Biopolymer Technology and Applications.**

Se puede observar que la viscosidad efectiva será aproximadamente de 2,5 KPa·s.

## 1.4 Presiones en la extrusora

Es necesario calcular la presiones ejercidas en la parte delantera del husillo, dichas presiones determinarán los factores de acabado y procesado del material.

### 1.4.1 Presión máxima

Para la determinación de la presión máxima que se generaría en la parte final del tornillo de extrusión, se tomará como referencia Q=0.

$$P_{máx.} = \frac{6 \cdot \pi \cdot D \cdot L_t \cdot n \cdot \mu}{h^2 \cdot \tan \varphi} \quad (1.11)$$

$h$  = Profundidad del canal.

$D$  = Diámetro de la broca.

$n$  = Número de revoluciones.

$\mu$  = Viscosidad efectiva.

$L_t$  = Longitud de trabajo total.

$$P_{máx.} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 12 m \cdot \frac{15,5 \text{ rev}}{60 s} \cdot 2,5 \cdot 10^2 N \cdot \frac{s}{m^2} \cdot 360 mm}{0,00356^2 m} = 340078,06 \frac{N}{m^2} = 0,34 MPa$$

### 1.4.2 Presión de operación

Se procede ahora al cálculo de la presión en la cual opera la extrusora, esta operación se centrará en la parte del dado o boquilla de extrusión.

$$P_{op} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot D^2 \cdot n \cdot h \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{\left( \frac{R^4}{2 \cdot L_{dado2}} \right) + \left( \frac{D \cdot h^3 \cdot \sin^2 \varphi}{2 \cdot L_p} \right)} \quad (1.12)$$

$L_{dado2}$  = Longitud cilíndrica del dado.

$R$  = Radio del dado.

$L_p$  = Longitud de trabajo propia.

$$P_{op} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 2,5 \cdot 10^2 N \cdot \frac{s}{m^2} \cdot 0,012^2 m \cdot \frac{15,5 \text{ rev}}{60 \text{ s}} \cdot 0,00356 m \cdot \sin 50,66 \cdot \cos 50,66}{\left( \frac{0,000875^4 m}{2 \cdot 0,03728 m} \right) + \left( \frac{0,012 m \cdot 0,00356^3 m \cdot \sin^2 50,66}{2 \cdot 0,314 m} \right)}$$

$$= 194779,854 \frac{N}{m^2} = 0,1947 MPa$$

## 1.5 Cálculo de fuerzas del husillo

Hay que comprobar ahora las dimensiones asignadas previamente al husillo y determinaremos la flecha máxima admisible.

Para ver con más detenimiento las tensiones que se producen en el husillo se adjunta un diagrama de fuerzas de un husillo.

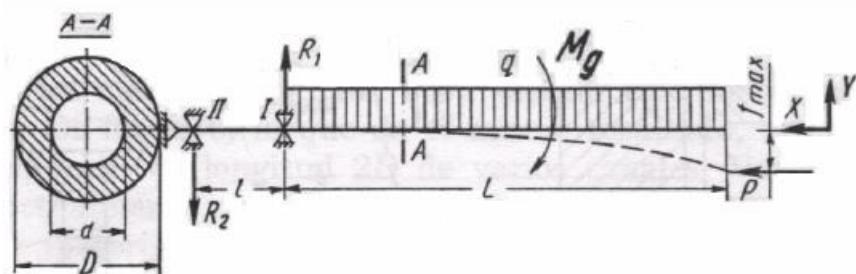


Figura 28. Diagrama de fuerzas de un husillo con dos apoyos. Fuente: Savgorodny, V.K.

Para la comprobación, se calculan las tensiones originadas, la fuerza axial que actúa, el momento de giro y la carga uniformemente repartida, originada por el propio peso del husillo.

Primero se obtiene el momento torsor que se origina por el motor sobre el husillo.

$$M_t = 9550 \cdot \frac{N}{n}, N.m \quad (1.13)$$

*N = Potencia.*

*n = Número de revoluciones.*

*Mt = Momento torsor del motor.*

$$M_t = 9550 \cdot \frac{0,022 \text{ kW}}{15,5 \text{ rpm}} = 14 \text{ N.m}$$

A continuación se calcula la fuerza que se ejerce sobre el husillo, para tener en cuenta la superficie de la sección transversal del husillo y la presión específica del material en la parte delantera, en este caso se ha optado por la presión más desfavorable (Presión máxima).

$$F = S \cdot p, N \quad (1.14)$$

$$S = \text{Sección transversal del husillo} = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (1 - u^2).$$

*p = Presión en la parte delantera del husillo.*

*F = Fuerza axial.*

$$u = \text{Relación entre los diámetros del husillo} = \left(\frac{d}{D}\right).$$

$$F = \pi \cdot \left(\frac{0,012}{2}\right)^2 m \cdot \left(1 - \left(\frac{0,005}{0,012}\right)^2\right) \cdot 0,34 = 31,78 \text{ N}$$

Se calcula la tensión máxima sobre la superficie del husillo:

$$\tau = \frac{Mt}{Wp}, \frac{N}{m^2} \quad (1.15)$$

*τ = Tensión tangencial.*

*Mt = Momento torsor.*

*Wp = Momento polar de resistencia.*

$$Wp = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \cdot (1 - u^4), m^3 \quad (1.16)$$

$$Wp = \frac{\pi \cdot 0,012^3 m}{16} \cdot (1 - 0,416^4) = 3,29065E - 07 m^3$$

$$\tau = \frac{14 Nm}{3,29065E - 07 m^3} = 42914480,31 \frac{N}{m^2} = 42,91 MPa$$

Las tensiones normales serán provocadas por la fuerza axial F y la carga repartida q, con lo cual las tensiones máximas se encontrarán en el rodamiento.

$$\sigma = \frac{F}{S} + \frac{Mf}{Wo} , \frac{N}{m^2} \quad (1.17)$$

*F = Fuerza axial.*

*S = Sección transversal del husillo.*

*Mf = Momento flector máximo.*

*Wo = Momento resistente respecto al eje neutro.*

$$Wo = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot (1 - u^4), m^3 \quad (1.18)$$

$$Wo = \frac{\pi \cdot 0,012^3 m}{32} \cdot (1 - 0,416^4) = 1,64533E - 07 m^3$$

$$Mf = \frac{\gamma \cdot L^2}{2} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (1 - u^3), N \cdot m \quad (1.19)$$

*$\gamma$  = Densidad del material del husillo = 7850 kg/m<sup>3</sup>.*

*L = Longitud total del husillo.*

*D = Diámetro del husillo.*

*u = relación entre diámetros del husillo.*

Para la densidad del material del husillo escogido, se elige un acero al carbono aleado con Cromo-Vanadio.

$$Mf = \frac{7850 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,450^2 m}{2} \cdot \frac{\pi \cdot 0,012^2 m}{4} \cdot (1 - 0,416^3) \\ = 0,818 N \cdot m$$

Se procede a calcular la tensión máxima (ecuación 1.14):

$$\sigma = \frac{31,78}{9,346 E - 07 \text{ m}^2} + \frac{0,818 N \cdot m}{1,64533E - 07 \text{ m}^3} = 5311991,277 \frac{N}{\text{m}^2}$$

$$= 5,312 \text{ MPa}$$

Se necesita aplicar ahora la resistencia equivalente, para ello se usa el cortante y la tensión máxima hallados anteriormente.

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}, \text{ N/m}^2 \quad (1.20)$$

$\sigma_r$  = Tensión resultante.

$\tau$  = Tensión tangencial.

$\sigma$  = Tensión máxima.

$$\sigma_r = \sqrt{5,312^2 \text{ MPa} + 4 \cdot 42,91^2 \text{ MPa}} = 85,99 \text{ MPa}$$

Con este resultado podemos comprobar si el husillo soportará la tensión, en este caso se tiene un Acero AISI 6150 cuyo valor de tensión admisible es 415 MPa (Anexo IV.).

Para que el husillo sea válido la tensión resultante calculada anteriormente debe ser menor que la tensión admisible del material.

$$\sigma_r < \sigma_{adm}; 85,99 \text{ MPa} < 415 \text{ MPa}$$

Por último, queda calcular la flecha máxima del husillo al aplicar la carga repartida:

$$f_{máx} = \frac{q \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot J}, \text{ m} \quad (1.21)$$

$f_{máx}$ . = Flecha máxima.

$q$  = Peso del husillo por metro lineal =  $\gamma \cdot g \cdot A$ .

$\gamma$  = Densidad del material.

$g$  = Gravedad.

$A$  = Área del husillo.

$L_p$  = Longitud de trabajo propia.

$E$  = Módulo de elasticidad.

$J$  = Momento de inercia de la sección transversal.

$$f_{máx} = \frac{(7850 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 9,346E - 05 m^2) \cdot 0,314^4 m}{8 \cdot 2,05E + 11 \frac{N}{m^2} \cdot 9,8719E - 10 m^4}$$

$$= 4,32161E - 05 m = 0,04321 mm$$

Esta flecha máxima deberá ser menor que la holgura del filete del husillo con respecto al barril de extrusión.

$$f_{máx} < \delta; 0,04321 mm < 0,06 mm$$

Con los datos calculados anteriormente, se comprueba si el rodamiento es apto, para ello la fuerza axial que soporta el rodamiento (Anexo IV) debe ser mayor que la ejercida por el husillo.

$$F_{rodamiento} > F_{husillo}; 860 N > 31,78 N$$

## 2 DISEÑO DEL BARRIL

Para el diseño del barril se tendrá en cuenta una serie de factores. En este caso es necesario saber el diámetro de la broca, la longitud desde la madera de aislamiento hasta el final de la broca.

Según las referencias encontradas la separación que debe tener el filete de la broca con respecto al barril será:

$$\delta = 0,005 \cdot D \quad (2.1)$$

$\delta$  = Holgura.

$D$  = Diámetro de la broca.

$$\delta = 0,005 \cdot 12 mm = 0,06 mm$$

Con lo cual se calcula ahora el diámetro interno del barril:

$$D_i = D + 2 \cdot \delta \quad (2.2)$$

$\delta$  = Holgura.

$D$  = Diámetro de la broca.

$D_i$  = Diámetro interno del barril.

$$D_1 = 12 + 2 \cdot 0,06 \text{ mm} = 12,12 \text{ mm}$$

Para la longitud del barril se especifican las 3 zonas diferenciadas a lo largo del barril, en este caso se tiene la zona de transporte, zona de fusión y zona de dosificación, al igual que en el apartado anterior hay unos intervalos tabulados en los que deberán encontrarse cada una de las zonas.

Para la longitud de transporte se empleará el siguiente parámetro:

$$4D \leq LT \leq 8D \quad (2.3)$$

*LT = Longitud de transporte.*

Para la longitud de fusión se empleará:

$$6D \leq LF \leq 10D \quad (2.4)$$

*LF = Longitud de fusión.*

Para la longitud de dosificación se va a usar esta otra:

$$10D \leq LD \leq 12D \quad (2.5)$$

*LD = Longitud de dosificación.*

A partir de lo expuesto anteriormente, se pasa ahora a calcular cada uno de los intervalos:

Rango de la longitud de transporte:

$$4 \cdot 12 = 48 \text{ mm} \leq LT \leq 8 \cdot 12 = 96 \text{ mm}$$

Rango de la longitud de fusión:

$$6 \cdot 12 = 72 \text{ mm} \leq LF \leq 10 \cdot 12 = 120 \text{ mm}$$

Rango de la longitud de dosificación:

$$10 \cdot 12 = 120 \text{ mm} \leq LD \leq 12 \cdot 12 = 144 \text{ mm}$$

Con lo cual, cada zona lleva asignado un reparto dentro de los valores obtenidos anteriormente, en este caso, 90 mm para la longitud de transporte, 110 mm para la longitud de fusión y 120 mm para la longitud de dosificación.

### 3 DISEÑO BANDA TÉRMICA

Para el diseño de la banda térmica, se ha supuesto que el flujo de calor, avanza como un flujo unidimensional. También se ha tomado como hipótesis que la temperatura en el interior del barril debe ser 160°C, fijando la misma como un dato dado, para poder realizar el análisis en estado estacionario de la distribución de temperaturas en el sistema de extrusión.

Enunciando la Ley de Fourier para cilindros (ec. 3.1), se puede la perdida de calor al entorno por parte del sistema de calentamiento.

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad (3.1)$$

Donde:

$$R_{total} = \sum \text{Resistencias del sistema}$$

Antes de comenzar con el cálculo del flujo de calor, es necesario obtener la R total del sistema, para ello se tendrán en cuenta los espesores de pared de cada componente de la zona de calentamiento. Para hallar el valor de R total, será conveniente realizar una red de resistencias térmicas, pudiendo así obtener la resistencia de cada componente.

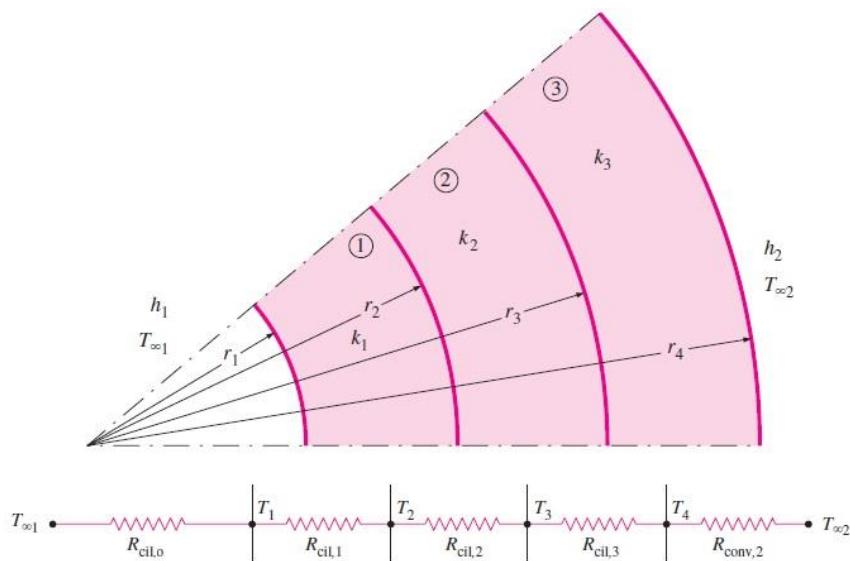


Figura 29. Resistencias térmicas. Fuente: Çengel, Yunus A., Ghajar, Afshin J.

Teniendo en cuenta el esquema de resistencias de la figura 30, se obtienen los valores de cada resistencia correspondiente a conducción y convección (ec. 3.2 y 3.3 respectivamente).

$$R_{cond} = \frac{\ln(\frac{r_{ext}}{r_{int}})}{2\pi \cdot L \cdot k_{material}} \quad (3.2)$$

$$R_{conv} = \frac{1}{h_1 \cdot A_1} = \frac{1}{h_1 \cdot (\pi \cdot r \cdot L)} \quad (3.3)$$

Para el caso de la primera resistencia, hay que señalar que la transferencia de calor dentro del barril se producirá, mediante conducción, ya que al estar en contacto el plástico consigo mismo y al mismo tiempo con el barril, propiciará el movimiento del calor desde la superficie interna hacia el centro del barril, por tanto la resistencia por conducción se calculará como se procede a continuación:

$$R_{cil,0} = \frac{\ln(\frac{r_1}{r_0})}{2\pi \cdot L \cdot k_1} = \frac{\ln(\frac{6}{2,5})}{2\pi \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 0,12 \frac{W}{mK}} = 9,67 \frac{K}{W}$$

Se sigue con el cálculo de la resistencia por conducción del barril de acero:

$$R_{cil,1} = \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi \cdot L \cdot k_2} = \frac{\ln(\frac{7,5}{6})}{2\pi \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 16.28 \frac{W}{mK}} = 0,01817 \frac{K}{W}$$

La resistencia correspondiente a la banda de aluminio, será la que se calcula a continuación, suponiendo que el ajuste entre el barril y la banda térmica es el suficiente como para que no haya una capa de aire que pueda actuar como medio de convección.

$$R_{cil,2} = \frac{\ln(\frac{r_3}{r_2})}{2\pi \cdot L \cdot k_3} = \frac{\ln(\frac{25}{7,5})}{2\pi \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 237 \frac{W}{mK}} = 0,006737 \frac{K}{W}$$

Se sigue con el cálculo de la resistencia térmica, correspondiente al aislamiento térmico, teniendo en cuenta que existe una ecuación (3.4), por la cual se puede obtener el espesor mínimo del aislamiento. Dicho espesor se usará para el cálculo de la resistencia térmica.

$$R_{\alpha, aislamiento} = \frac{k_{max}}{h_{min}} = \frac{0,05 \frac{W}{m \cdot K}}{5 \frac{W}{m^2 \cdot K}} = 0,01 m = 1 cm \quad (3.4)$$

$$R_{cil,3} = \frac{\ln(\frac{r_4}{r_3})}{2\pi \cdot L \cdot k_4} = \frac{\ln(\frac{35}{25})}{2\pi \cdot 0,12 m \cdot 0,05 \frac{W}{mK}} = 8,92 \frac{K}{W}$$

Ahora se procede al cálculo correspondiente a la resistencia por convección natural con el entorno circundante. El valor de dicha resistencia se obtiene a continuación:

$$R_{conv,2} = \frac{1}{h_1 \cdot A_1} = \frac{1}{h_1 \cdot (\pi \cdot r \cdot L)} = \frac{1}{22 \frac{W}{m^2 K} \cdot (\pi \cdot 0,035 m \cdot 0,12m)} = 3,4449 \frac{K}{W}$$

Por tanto R total será:

$$R_{total} = R_{cil,0} + R_{cil,1} + R_{cil,2} + R_{cil,3} + R_{conv,2} = 22,0621 \frac{K}{W}$$

Ahora, suponiendo que la temperatura del entorno es de 20°C y sabiendo que la interior será de 160°C, podemos obtener el flujo de calor total que se cede al medio ambiente, utilizando la ecuación 3.1, por tanto:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R_{total}} = \frac{(160 - 20)^\circ C}{22,0621 \frac{K}{W}} = 6,3463 W$$

Utilizando el valor calculado anteriormente, se puede obtener las diferencias de temperaturas entre las caras internas y externas de cada componente, como sigue:

$$\Delta T_{baril} = \frac{0,01817K}{W} \cdot 6,3463 W = 0,11 K$$

$$\Delta T_{banda} = \frac{0,006737K}{W} \cdot 6,3463 W = 0,0479 K$$

$$\Delta T_{aislamiento} = \frac{8,92K}{W} \cdot 6,3463 W = 54,0119 K$$

Con esto, ya es posible seleccionar la temperatura a la que debe operar el calentador de cartucho para poder asegurar que dentro del barril la temperatura será de 160°C.

## 4 DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR PRINCIPAL

Para el diseño de la transmisión se ha tenido en cuenta las velocidad que genera el motor a su salida y el momento torsor que genera el mismo, ambos datos están calculados en los apartados anteriores, sabiendo esto se realizará el diseño de las poleas.

### 4.1 Poleas

#### 4.1.1 Relación de transmisión

Según los cálculos anteriormente realizados, los valores obtenidos son, 3,53 N·m y 62 r.p.m a la salida del motor principal, con lo cual es necesario aumentar el valor de dicho par realizando una relación de transmisión menor de 1.

Debido a que se requiere que el motor opere de 15 a 20 rpm, hay que fabricar una reductora con una relación de transmisión 1:4, asegurando así que la velocidad a la entrada de la extrusora será de 15,5 rpm. Sabiendo todos estos datos, se procede de la siguiente manera.

Conociendo la fórmula del coeficiente de transmisión se halla:

$$i = \frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1} = 0.25 \quad (4.1)$$

*i = Coeficiente de transmisión.*

*D<sub>1</sub> = Diámetro polea 1.*

*D<sub>2</sub> = Diámetro polea 2.*

*n<sub>1</sub> = número de revoluciones polea 1.*

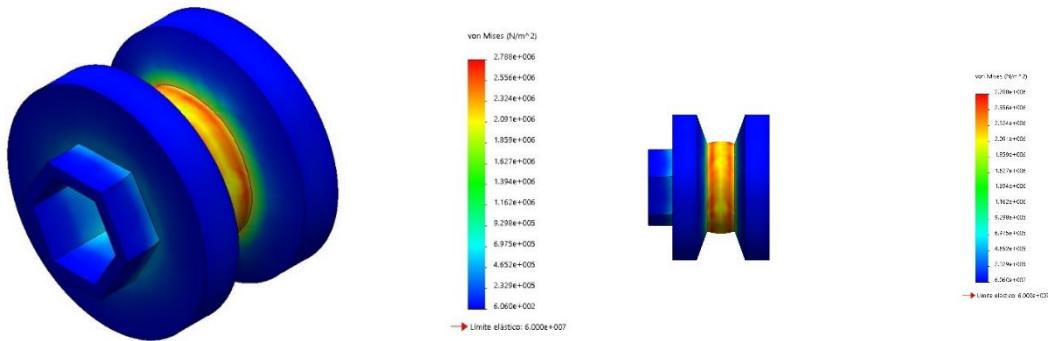
*n<sub>2</sub> = número de revoluciones polea 2.*

Como se conoce el coeficiente de transmisión necesario, se asigna un diámetro a la polea 1 y se obtiene entonces, el valor respectivo que debe tener la polea 2.

$$0,25 = \frac{30 \text{ mm}}{D_2}; D_2 = 120 \text{ mm}; n_2 = 15,5 \text{ rpm}$$

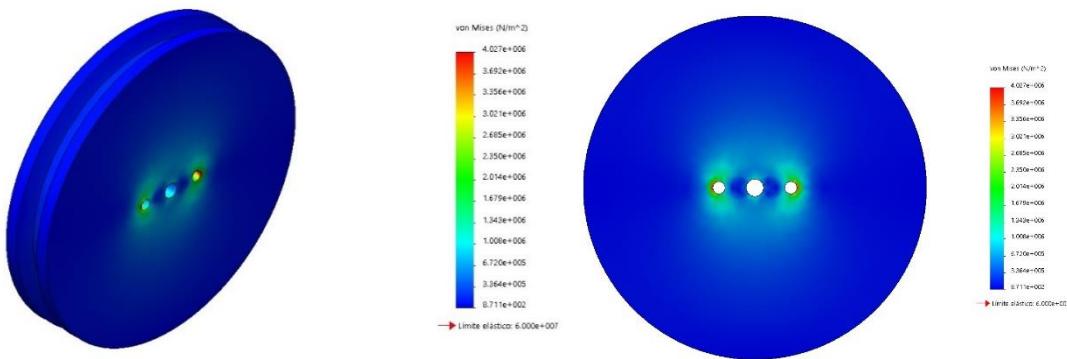
#### 4.1.2 Análisis de las poleas

Una vez realizados los cálculos de las poleas, es necesario llevar a cabo un estudio de las tensiones de las poleas y así poder comprobar que dichos componentes son capaces de soportar el momento torsor que genera el motor, cuando la máquina está en funcionamiento. Para realizar las simulaciones de las poleas y poder cuantificar las tensiones reales, se ha utilizado el software Solidworks, para realizar dichas simulaciones, obteniendo los siguientes resultados.



*Figura 30. Simulación polea motor principal. Fuente: Propia.*

Se observa que en la polea del motor principal, figura 31, la mayor tensión se genera en el centro de la polea, debido a que el momento torsor tiende a retorcer el centro de la misma. A pesar de esto la polea no sufre una deformación excesiva ni una tensión excesiva, como para causar el mal funcionamiento de la transmisión.



*Figura 31. Simulación Polea broca. Fuente: Propia.*

Observando la figura 32, se ve que la mayor tensión se genera en el centro de la polea, justo donde va anclada a los acoplos que la unen al husillo, donde se experimentará un cortante debido a los tornillos de unión de los acoplos a la polea y a su vez al husillo.

## 4.2 Acoplos

De la misma manera que se simularon las poleas, se han simulado los acoplos mencionados anteriormente. Dichos acoplos se encargaran de transmitir la potencia que viene desde el motor al husillo. Teniendo en cuenta que dichos acoplos estarán unidos mediante tornillos a la polea broca y a su vez al husillo de extrusión, el momento torsor y la tensión de la correa, generarán tensiones en dicho acoplos. Dichas tensiones se han determinado de la misma manera, que se determinaron las tensiones que afectaban la integridad de las poleas.

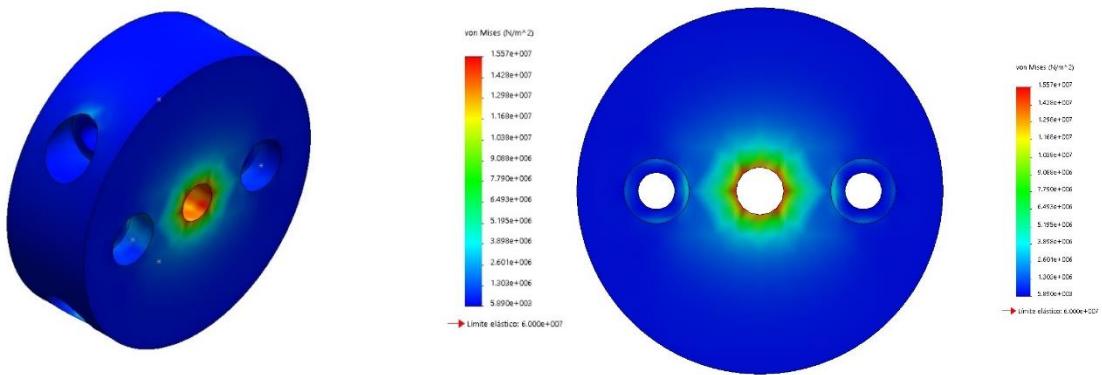


Figura 32. Simulación Acoplos. Fuente: Propia.

## 5 DISEÑO TRANSMISIÓN MOTOR BOBINA

### 5.1 Relación de transmisión

Para diseñar la transmisión primero hay que realizar una serie cálculos, en este caso se precisa saber la velocidad de salida del filamento, el tiempo de un arrollamiento en la bobina y el peso de la bobina.

Para hallar la velocidad de salida del filamento:

$$V = \frac{Q}{S}, \text{ m/s} \quad (5.1)$$

*V = Velocidad del filamento.*

*Q = Caudal .*

*S = Sección transversal boquilla.*

$$V = \frac{409,9 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}}{\pi \cdot (\frac{1,75 \text{ mm}}{2})^2} = 170,416 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Para continuar con el cálculo es necesario saber el perímetro de la bobina donde arrollará dicho filamento, el diámetro de la bobina es de 65 mm con lo cual:

$$P = \pi \cdot D, \text{ mm} \quad (5.2)$$

*P = Perímetro.*

*D = Diámetro.*

$$P = \pi \cdot 65 \text{ mm} = 204,203 \text{ mm}$$

Longitud total para una vuelta de la bobina, si dividiendo la velocidad anteriormente hallada entre el perímetro de la bobina se obtienen las revoluciones por minuto necesarias.

$$rpm = \frac{V}{P} \quad (5.3)$$

*V = Velocidad del filamento.*

*P = Perímetro.*

$$rpm = \frac{170,416 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{204,203 \text{ mm}} = 0,83 \text{ rpm} \approx 1 \text{ rpm}$$

Resulta necesario hallar ahora el par motor necesario para realizar el movimiento. Para calcular dicho par se usa el peso total de la bobina si estuviera completa y el peso propio de la misma.

Se conoce que el peso total de la misma es de 1000g y que el diámetro externo de la bobina es de 200 mm, para una bobina estándar de filamento.

$$Par = P \cdot g \cdot R, \text{ N.m} \quad (5.4)$$

*R = Radio exterior bobina.*

*P = Peso.*

$g = \text{Gravedad.}$

$$\text{Par} = 1\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,981 \text{ N.m}$$

Para el diseño de la transmisión del motor que se encargará de mover la bobina, como primera hipótesis, hay establecer que el eje de la bobina gire a la mitad de la velocidad del motor y que sea capaz de generar el doble de par motor. Para ello, tal y como se mencionó en el análisis de soluciones, se plantea el uso de una reductora 1:2, teniendo en cuenta esto, se realizan los cálculo pertinentes para determinar la velocidad de giro de la bobina y el diámetro de la polea para lograr el correcto diseño de la reductora.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente la relación de transmisión, será:

$$i = \frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1} = 0.5$$

Por tanto las revoluciones a la que girará la bobina será:

$$n_1 = \frac{n_2}{i} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ rpm}$$

Con esto se asegura que siempre se obtengan la mitad de las revoluciones a la salida y el doble de par motor.

## 5.2 Análisis de los componentes

En el caso del diseño de la transmisión del motor de la bobina, se ha diseñado con arreglo a las especificaciones del motor. Dicho motor, como se explica en el análisis de soluciones es capaz de generar un par de 1 N·m debido al uso de una reductora.

Tanto la polea que va conectada al motor y la que se encuentra presente en el eje de la bobina han sido estudiadas, mediante una simulación en Solidworks de la misma manera que han sido estudiadas las tensiones que afectaban a las poleas del motor principal. Teniendo en cuenta el par motor generado, el programa genera las simulaciones de la figura 34 y 35, para la polea del motor y la del eje respectivamente.

La regulación de la velocidad del motor se llevará a cabo mediante el uso de un potenciómetro.

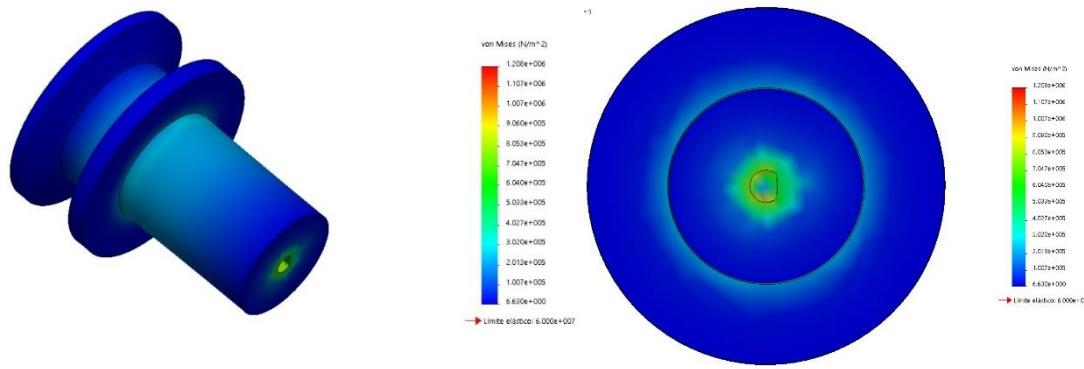


Figura 33. Simulación Polea motor bobina. Fuente: Propia.

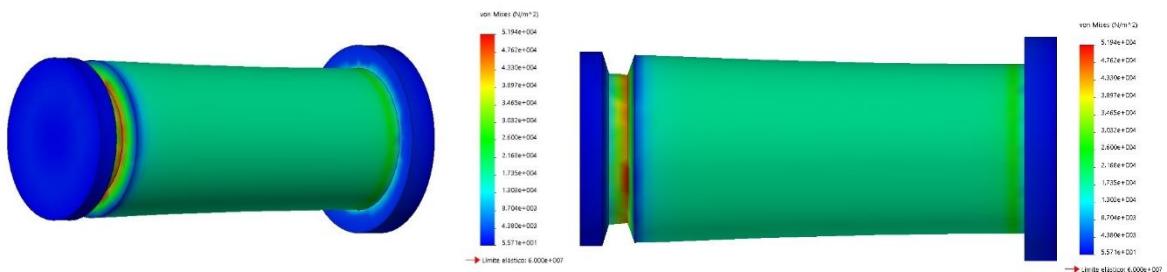


Figura 34. Simulación Eje bobina. Fuente: Propia.

Atendiendo a los resultado del análisis, se puede concluir que ambas poleas serán capaces de aguantar el momento generado, además de en el caso particular del eje de la bobina es capaz de soportar el peso de la bobina cuando esté completamente llena de filamento.

## 6 DISEÑO DE COMPONENTES DE LA TOLVA

El diseño de la tolva superior e inferior, se llevó a cabo, teniendo en cuenta las limitaciones de la impresora 3D utilizada, como se refleja en el análisis de soluciones y teniendo en cuenta un trabajo continuado de la máquina de al menos unas 5 horas. Con el diseño se ha logrado que la tolva pueda albergar un volumen de material de  $139 \text{ cm}^3$ , logrando así tener material para 5 horas y 38 minutos de trabajo.

## 6.1 Análisis de componentes de apoyo.

Para lograr saber los esfuerzos a los que estarán sometidos tanto las patas de la tolva como los anclajes, se han realizado dos análisis distintos, uno para los anclajes y otro para las patas de la tolva. En el caso de los anclajes, será necesario analizarlos en dos direcciones distintas ya que habrán de trabajen a compresión y otros dos que trabajen a tracción. Por otra parte en el caso de las patas, no es necesario debido a que todas trabajarán a cortante en su parte inferior y a flexión en la parte superior. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, se genera la simulación de las patas cuando están sometidas a la tensión de la correa de la transmisión del motor principal, figura 36.

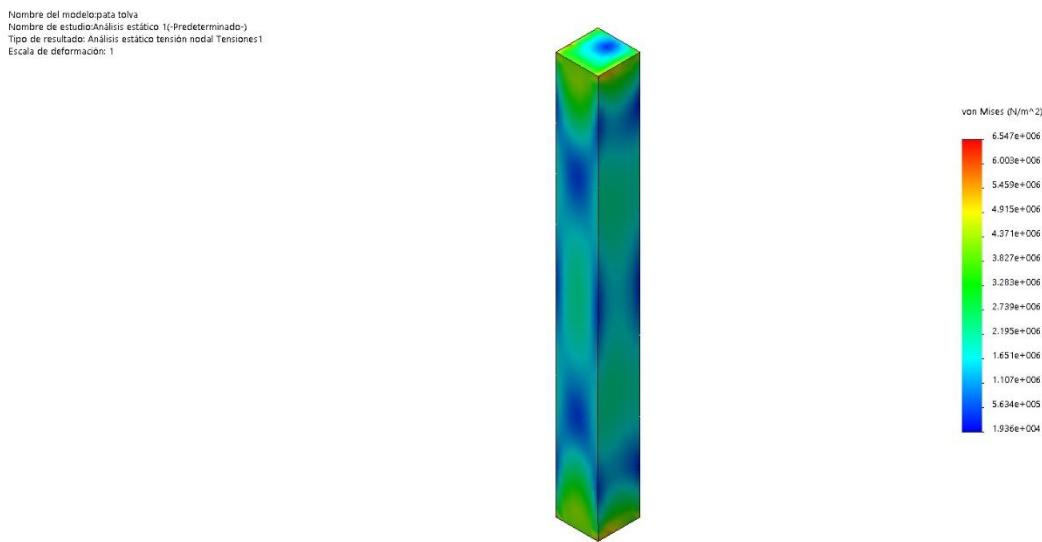
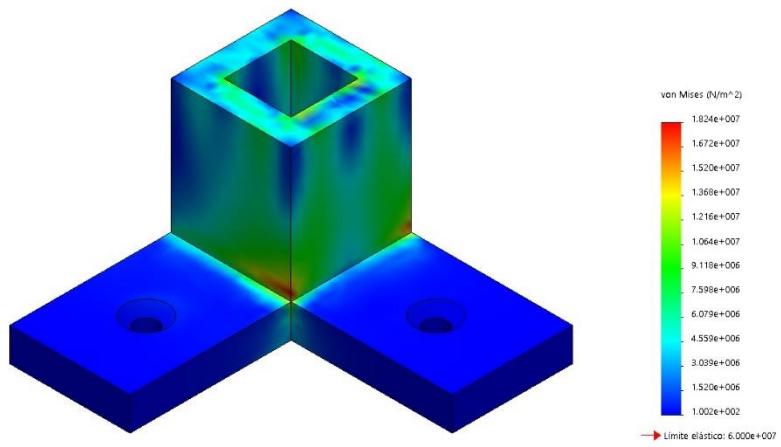


Figura 35. Simulación pata tolva. Fuente: Propia.

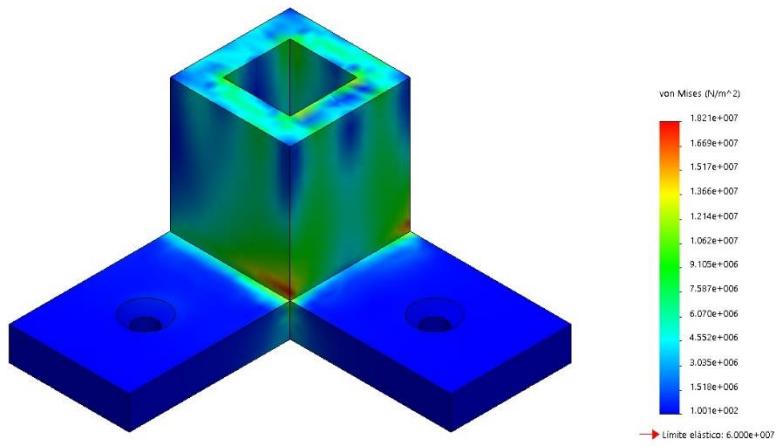
Para los anclajes, como se mencionó anteriormente, será necesario llevar a cabo dos análisis distintos. Dichos análisis se muestran a continuación en las figuras 37 y 38, donde se analizan los dos anclajes sometidos a tracción y los otros dos sometidos a compresión, respectivamente.

Nombre del modelo: anclaje tolva  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Predeterminado)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



**Figura 36. Anclaje tolva sometido a tracción. Fuente: Propia.**

Nombre del modelo: anclaje tolva  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Predeterminado)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



**Figura 37. Anclaje tolva sometido a compresión. Fuente: Propia.**

Como se comprueba después de las simulaciones, a pesar que los anclajes van a estar sometidos a dos tipos esfuerzos distintos, tal y como se dijo anteriormente, los resultados arrojados por la simulación demuestra que las tensiones que existirán en

dichos anclajes debido a la tensión producida por la correa, difieren muy poco para los que se encuentran sometidos a compresión y los que están a tracción. Observando los estudios, puede concluirse que ambas patas son capaces de soportar las tensiones.

## 7 DILATACIÓN TÉRMICA

Antes de poner en funcionamiento la máquina, hay que comprobar que cuando la broca y el barril alcancen la temperatura de funcionamiento, no exista la posibilidad de que ambos componentes lleguen a chocar debido a la expansión térmica. Para ello se han calculado las dilataciones superficiales y lineales que sufrirían la broca y el barril.

Utilizando la fórmula 7.1, para la dilatación térmica lineal, se procede a realizar los cálculos para ambos componentes.

$$\Delta L = L_0(1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (7.1)$$

Para el cálculo de la dilatación lineal del barril, se supone una longitud de 140 mm que corresponden a los 120 mm de la banda térmica más 20 mm, esta longitud será la que sufra el cambio térmico de 22°C a 170°C, que será el incremento de temperatura desde la temperatura ambiente hasta la de trabajo. Sabiendo que para el acero inoxidable el coeficiente de dilatación térmica es  $\alpha = 1,73 * 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , se obtiene:

$$\Delta L = 140(1 + 1,73 * 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (170 - 22)) = 0.3584 \text{ mm}$$

Para el cálculo de la dilatación térmica lineal en la broca, se procede de la misma manera que para el cálculo de la dilatación lineal en el barril y utilizando la fórmula 7.1. Sabiendo que para el acero de la broca el coeficiente de expansión térmica, es  $\alpha = 1,2 * 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  y suponiendo que la longitud de la broca que sufrirá el cambio de temperatura será 314 mm, que corresponde a la longitud efectiva de trabajo, se obtiene:

$$\Delta L = 314(1 + 1,2 * 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (170 - 22)) = 0.5576 \text{ mm}$$

Asimismo, resulta necesario realizar el cálculo de la dilatación superficial de los componentes analizados anteriormente para comprobar que no existirán interferencias cuando la máquina alcance la temperatura de operación. Para ello se utiliza la fórmula 7.2 para el cálculo de la expansión superficial.

$$\Delta S = So \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (7.2)$$

Teniendo en cuenta el coeficiente de expansión térmica del barril, se procede al cálculo de la expansión térmica superficial del barril:

$$\Delta S = 115,3705 \cdot 2 \cdot 1,73 \cdot 10^{-5} \cdot (170 - 22) = 0,597 \text{ mm}^2$$

Donde:

$$So = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 6,06^2 = 115,3705 \text{ mm}^2$$

$$r = \frac{12,12}{2} = 6,06 \text{ mm}$$

Esto indica:

$$Sf = 115,3705 + 0,597 = 115,9614 \text{ mm}^2$$

El diámetro dilatado del barril será:

$$r = \sqrt{\frac{115,9614}{\pi}} = 6,0754 \text{ mm}$$

De la misma manera, se podrá calcular la expansión de la broca, suponiendo que dicho componente será como un cilindro de radio exterior constante, por tanto:

$$\Delta S = 113,0973 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (170 - 22) = 0,4017 \text{ mm}^2$$

Donde:

$$So = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 6^2 = 113,0973 \text{ mm}^2$$

$$r = \frac{12}{2} = 6 \text{ mm}$$

Esto indica:

$$Sf = 113,0973 + 0,4017 = 113,4990 \text{ mm}^2$$

El diámetro dilatado de la broca será:

$$r = \sqrt{\frac{113.0973}{\pi}} = 6,01064 \text{ mm}$$

Llegados a este punto, se puede concluir que no existirá interferencia entre el barril y la broca, de hecho, existirá un aumento de la holgura entre ambos componentes debido al efecto de la temperatura.

Finalmente, la holgura durante la operación de la máquina será la diferencia entre el diámetro dilatado del barril y el de la broca:

$$\Delta\delta = 6,0754 - 6,01064 = 0,06484 \text{ mm}$$

La holgura ha aumentado desde 0,06 mm a 0,06484 mm, no es un aumento significativo, pero resulta adecuado poder cuantificar el efecto del calor sobre los componentes de la máquina expuestos a dicho cambio térmico.

De igual manera que se calcularon las dilataciones superficiales del barril y la broca, se necesita calcular el cambio de sección que puede producirse en el filamento debido al cambio de temperatura. Para cuantificar el cambio de sección, se utiliza la fórmula 7.2, sabiendo que el filamento debe tener un diámetro de 1,75 mm. Teniendo los datos necesario para el PLA, obtenemos:

$$\Delta S = 2,4052 \cdot 2 \cdot 1,45 \cdot 10^{-5} \cdot (22 - 170) = -0,01032 \text{ mm}^2$$

Donde:

$$So = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,875^2 = 2,4052 \text{ mm}^2$$

$$r = \frac{1,75}{2} = 0,875 \text{ mm}$$

$$\alpha = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Esto indica:

$$Sf = 2,4052 - 0,01032 = 2,3949 \text{ mm}^2$$

El diámetro contraído del filamento será:

$$r = \sqrt{\frac{2,3949}{\pi}} = 0,87312 \text{ mm}$$

Como era de esperar el filamento sufre una contracción debido al gradiente de temperatura que experimenta dicho filamento, aun así independientemente de la contracción, el filamento tendrá un diámetro bastante aceptable como para ser admitido por la extrusora de la impresora 3D.

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA****TRABAJO DE FIN DE GRADO****ANEXO II: MONTAJE DE LA  
EXTRUSORA**

**EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE  
FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



# **Índice. Anexo II.**

<b>1</b>	<b>MONTAJE PIEZAS REPLICADAS .....</b>	<b>86</b>
1.1	TOLVA .....	86
1.2	REFRIGERACIÓN .....	87
1.3	TRANSMISIÓN PRINCIPAL .....	88
1.3.1	Motor .....	88
1.3.2	Polea .....	89
1.4	TRANSMISIÓN SECUNDARIA.....	89
1.4.1	Motor .....	89
1.4.2	Bobinado .....	91
<b>2</b>	<b>MONTAJE EQUIPO DE EXTRUSIÓN.....</b>	<b>92</b>
2.1	CABEZAL DE EXTRUSIÓN .....	92
2.2	MADERA DE AISLAMIENTO .....	93
2.3	BROCA .....	94
<b>3</b>	<b>MONTAJE BASE EXTRUSORA.....</b>	<b>95</b>
<b>4</b>	<b>MONTAJE DE CORREAS .....</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>MONTAJE ELÉCTRICO.....</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>MONTAJE PROTOTIPO .....</b>	<b>102</b>

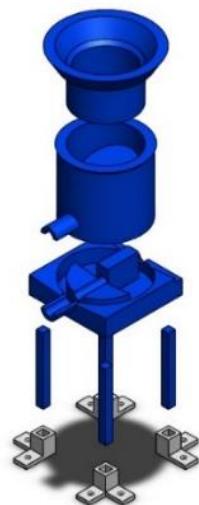


# 1 MONTAJE PIEZAS REPLICADAS

## 1.1 Tolva

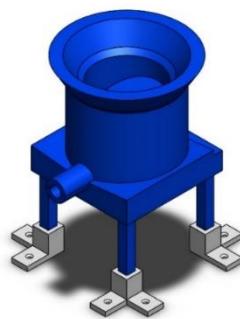
Siguiendo este anexo se podrán ensamblar sin ningún problema los elementos correspondientes.

En primer lugar se montaran las piezas de la tolva:



*Figura 38. Vista explosionada tolva. Fuente: Propia.*

Una vez montado el aspecto será el siguiente:

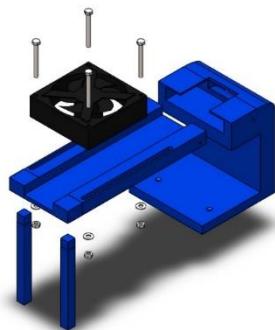


*Figura 39. Tolva ensamblada. Fuente: Propia.*

## 1.2 Refrigeración

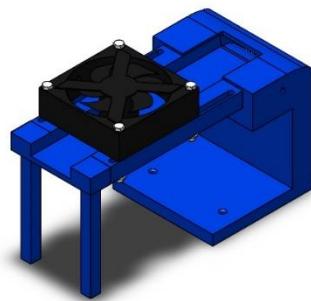
Para ensamblar todos los componentes, se sigue las siguientes imágenes:

En primer lugar se monta la bandeja del soporte dentro del soporte, para luego ensamblar las patas:



*Figura 40. Vista explosionada refrigeración. Fuente: Propia.*

Una vez montado el aspecto será el siguiente:



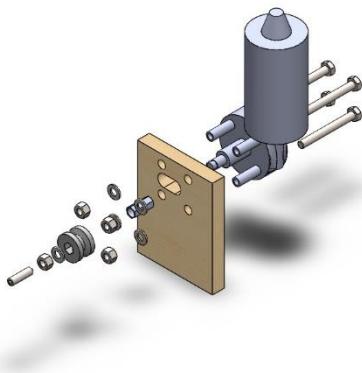
*Figura 41. Refrigeración ensamblada. Fuente: Propia.*

## 1.3 Transmisión Principal

### 1.3.1 Motor

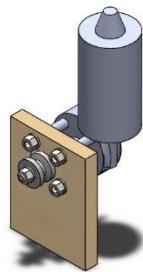
Para el montaje del motor principal se sigue como se indica en este apartado.

Se necesita ensamblar el motor en un soporte de madera y a continuación la polea:



*Figura 42. Vista explosionada motor. Fuente: Propia.*

Después del ensamble el aspecto será:



*Figura 43. Motor ensamblado. Fuente: Propia.*

### 1.3.2 Polea 2

Se refleja ahora el montaje de la polea que irá alojada en el extremo de la broca.

Se unirán los acoplos y luego se acoplan estos entre sí junto con la polea:

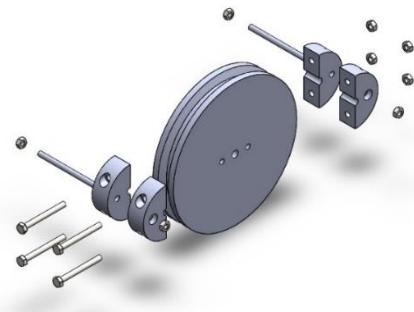


Figura 44. Vista explosionada polea 2. Fuente: Propia.

Después del ensamblaje el aspecto será:

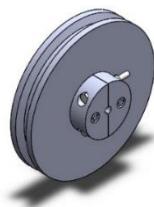


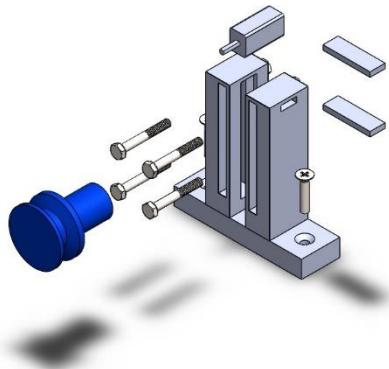
Figura 45. Polea 2 ensamblada. Fuente: Propia.

## 1.4 Transmisión Secundaria

### 1.4.1 Motor

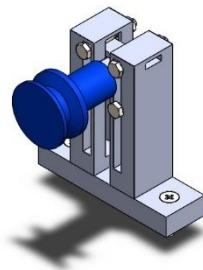
Se colocan dos tornillos de cabeza hexagonal con sus correspondientes tuercas y arandelas en la estructura donde va alojado este motor, para a continuación introducir una de las bandejas por la ranura lateral de la estructura, después se apoya el motor

en la bandeja y se coloca la otra bandeja. Tras finalizar con esto se posicionan los dos tornillos restantes y sus correspondientes arandelas y tuercas:



*Figura 46. Vista explosionada motor secundario. Fuente: Propia.*

Después del ensamblaje el aspecto será:



*Figura 47. Motor secundario ensamblado. Fuente: Propia.*

### 1.4.2 Bobinado

Para ensamblar todos los componentes, se siguen las siguientes imágenes.

Se comienza ensamblando las patas de anclaje con el soporte para luego continuar insertando el eje con la bobina:



Figura 48. Vista explosionada bobinado. Fuente: Propia.

Después del ensamble el aspecto será:

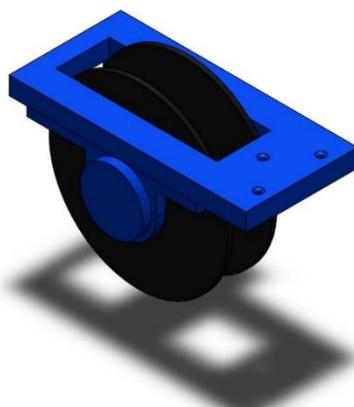


Figura 49. Bobinado ensamblado. Fuente: Propia.

## 2 MONTAJE EQUIPO DE EXTRUSIÓN

### 2.1 Cabezal de Extrusión

Primero se ensamblará la banda térmica a la tubería de acero inoxidable, luego se introducirá el calentador y la sonda K en la banda térmica, finalmente se rosca la boquilla a la tubería de acero inoxidable, el proceso de montaje se refleja a continuación:

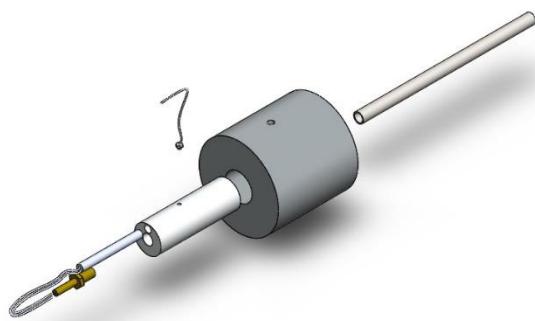


Figura 50. Vista explosionada cabezal de extrusión. Fuente: Propia.

Después del ensamble el aspecto será:

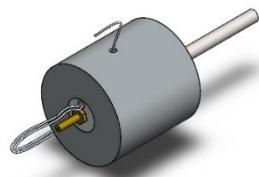


Figura 51. Cabezal de extrusión ensamblado. Fuente: Propia.

## 2.2 Madera de Aislamiento

Se procede a ensamblar las bridas a la madera de forma simétrica, una vez realizado esto, se une la brida de mayor diámetro interno a la tolva:

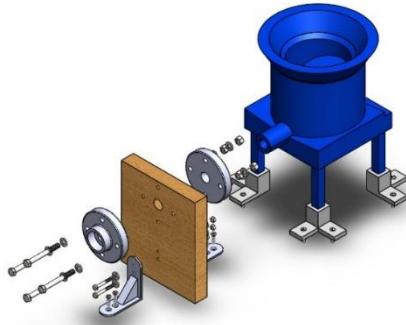


Figura 52. Montaje explosionado madera de aislamiento. Fuente: Propia.

Después del ensamble el aspecto será:

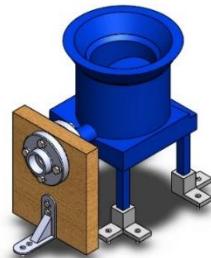
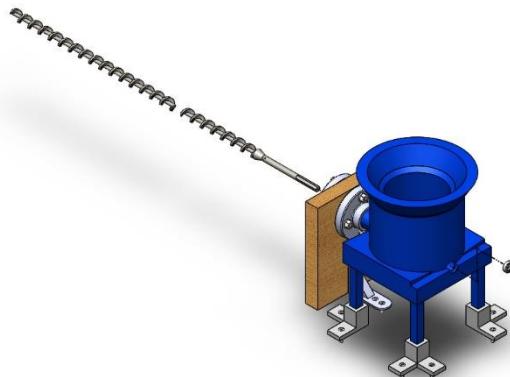


Figura 53. Montaje ensamblado madera de aislamiento. Fuente: Propia.

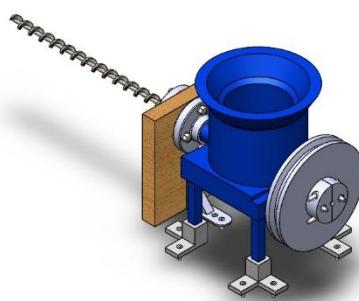
## 2.3 Broca

Para realizar este ensamblaje, se introduce la broca a través de la apertura lateral de la tolva, añadiendo al final de la misma el rodamiento:



*Figura 54. Montaje del rodamiento. Fuente: Propia.*

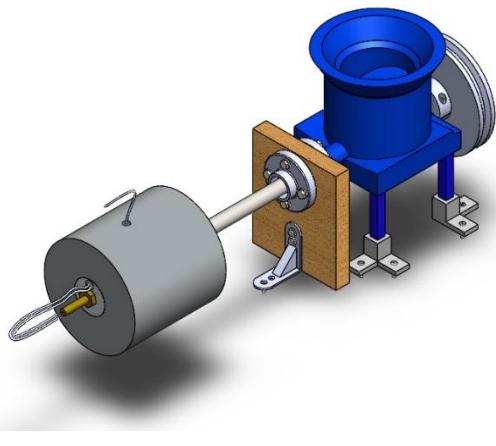
Para continuar con este montaje se coloca la polea 2 del motor 1 en el extremo de la broca:



*Figura 55. Montaje de la broca. Fuente: Propia.*

### 3 MONTAJE BASE EXTRUSORA

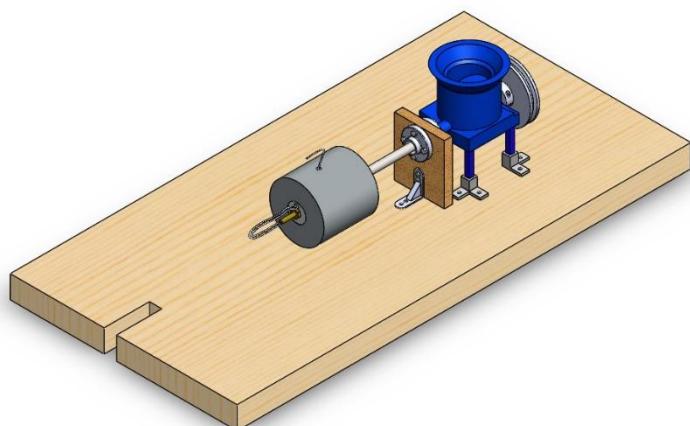
Para comenzar con el montaje sobre la base de la extrusora primero se ensambla el equipo de extrusión, el montaje quedaría así:



*Figura 56. Montaje equipo de extrusión. Fuente: Propia.*

Una vez realizado todo esto, se fija el producto en un tablero de madera mediante los tornillos respectivos. Para la colocación de dicho montaje tomaremos de referencia unos 64,5 cm desde el comienzo del anclaje de la tolva más cercano hasta el final de lo largo de la mesa, el punto central del asiento de la tolva se situará a 25 cm en perpendicular con el lado más largo de la mesa.

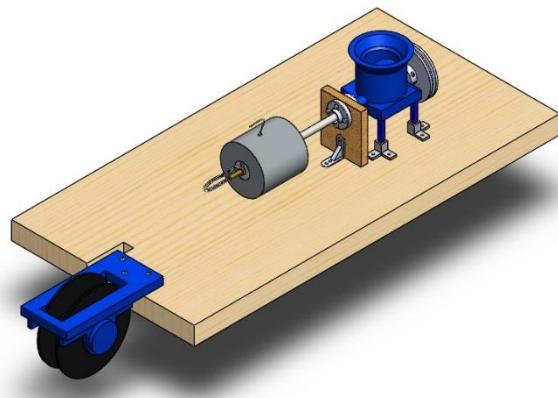
Vemos el montaje a continuación:



*Figura 57. Fijación del conjunto a la mesa. Fuente: Propia.*

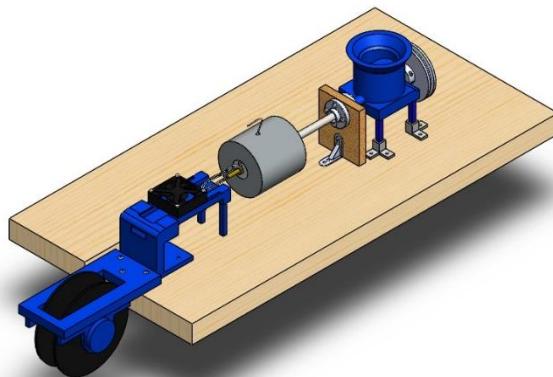
Para continuar con el montaje se fija la bobina al final de la mesa haciendo coincidir la pata de anclaje de la bobina con el borde de la mesa.

Podemos ver cómo queda a continuación:



*Figura 58. Fijación del sistema de bobinado. Fuente: Propia.*

El proceso de montaje de continua añadiendo ahora a la mesa el conjunto de refrigeración, para ello se sitúa la parte posterior de la base soporte del ventilador junto al extremo del anclaje de la bobina, el proceso se muestra a continuación:



*Figura 59. Fijación del sistema de refrigeración a la mesa. Fuente: Propia.*

Para continuar con el ensamblaje se añade ahora el conjunto de transmisión 2, para ello se monta la polea del motor 2 alineada con la ranura del eje de la bobina. La estructura del motor 2 deberá estar al borde de la mesa y orientada con el lado de la polea hacia la bobina, para poder colocar la transmisión.

Se ve un ejemplo del montaje a continuación:

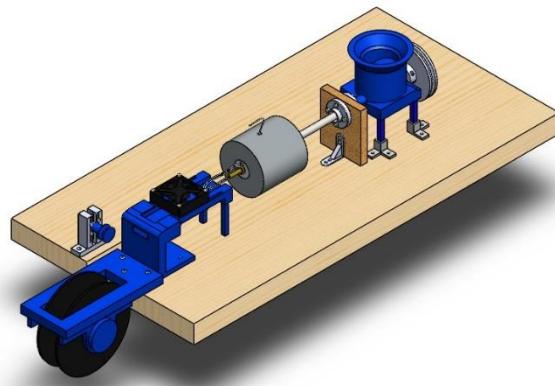


Figura 60. Fijación de la transmisión secundaria. Fuente: Propia.

Para finalizar con el proceso de montaje se suma a la mesa el conjunto del motor 1. Se colocará el mismo alineando la polea 1 de dicho motor con la polea 2 que se encuentra en el extremo de la broca.

Se observa cómo quedaría todo el conjunto ensamblado sobre la mesa:

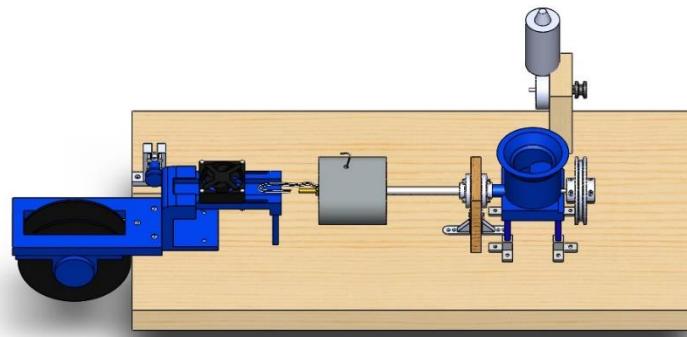


Figura 61. Extrusora completamente anclada a la mesa. Fuente: Propia.

## 4 MONTAJE DE CORREAS

Para finalizar el montaje de la extrusora, se procede ahora a colocar las bandas.

En primer lugar se coloca la banda del motor principal, para ello se pone el motor lo más cercano posible a la tolva, una vez tengamos el motor en el punto más próximo introduciremos la correa sin ningún problema y desplaza el motor horizontalmente hasta que la correa quede tensa, finalmente atornillamos el motor con la correa dispuesta.

Se muestra el proceso a continuación:

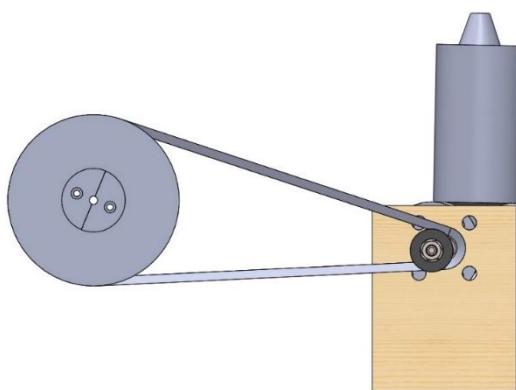


Figura 62. Inserción de la correa en la polea. Fuente: Propia.

En este momento se desplaza el motor hacia la derecha haciendo que la polea tense la correa:

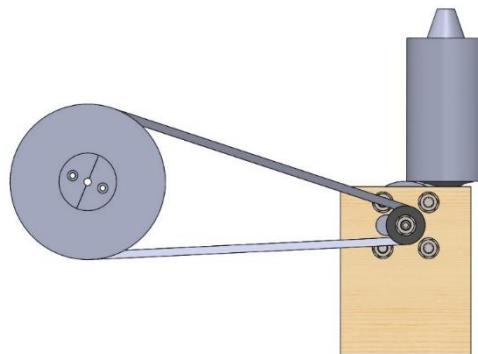
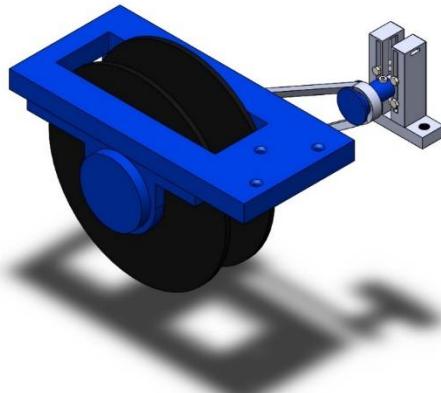


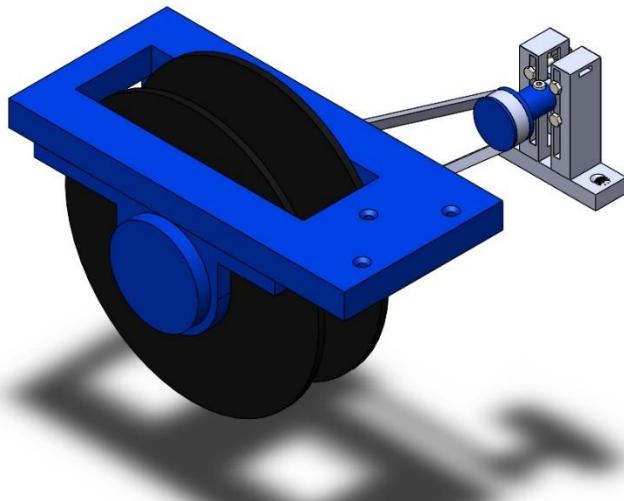
Figura 63. Montaje de la correa. Fuente: Propia.

En el caso del motor 2 se precisa hacer lo mismo pero en sentido vertical, para este montaje se dispondrá una banda elástica que nos servirá para transferirle el movimiento del motor a la bobina.



*Figura 64. Inserción de la banda elástica en la polea. Fuente: Propia.*

Después de insertar la banda se mueve el motor hasta que la banda elástica esté lo suficientemente tensa:

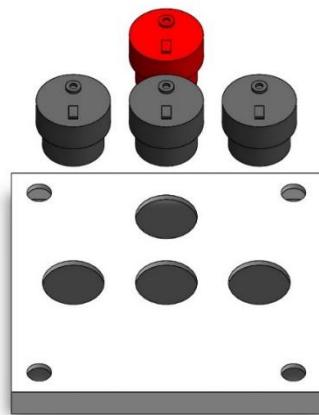


*Figura 65. Montaje de la banda elástica. Fuente: Propia.*

## 5 MONTAJE ELÉCTRICO

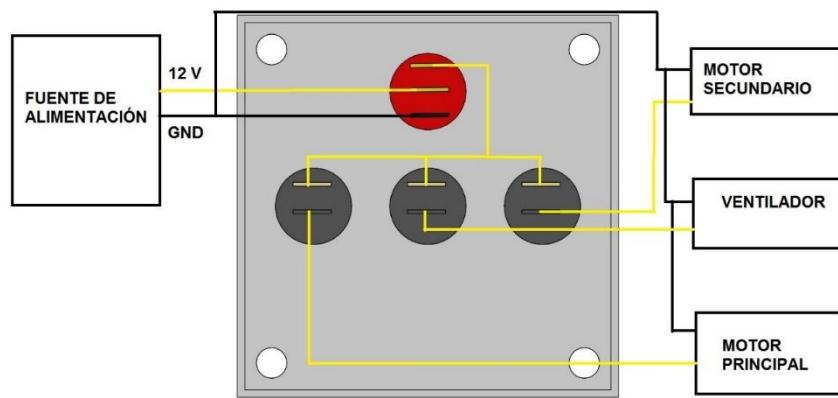
Tras el proceso de montaje anteriormente descrito, sólo quedara realizar la instalación eléctrica de la extrusora, para ello se relatarán los pasos necesarios para realizar las conexiones respectivas del panel de control.

Para comenzar con el proceso se necesita incluir en la caja S/P los interruptores necesarios para controlar la alimentación, hay que añadir un interruptor general y tres interruptores en serie a dicha caja, los pasos se reflejan a continuación:



*Figura 66. Interruptores en el panel de control. Fuente: Propia.*

A continuación se realizan las conexiones eléctricas siguiendo el esquema que se presenta a continuación:



*Figura 67. Conexiones eléctricas. Fuente: Propia.*

Una vez finalizada la instalación eléctrica, quedará anclar la caja donde va alojada esta tapa a la base de la extrusora y luego fijar este panel de control a la misma.

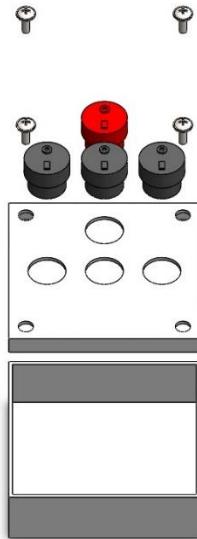


Figura 68. Vista explosionada panel de control. Fuente: Propia.

Una vez ensamblado debería quedar así:

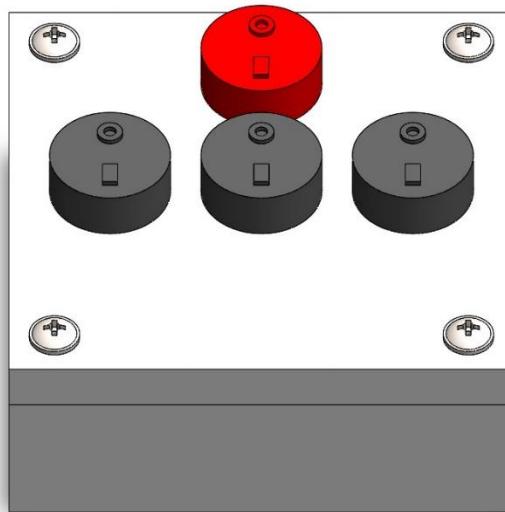


Figura 69. Panel de control ensamblado. Fuente: Propia.

## 6 MONTAJE PROTOTIPO

Una vez finalizado el montaje de la extrusora, se puede observar cómo quedaría la misma a continuación:

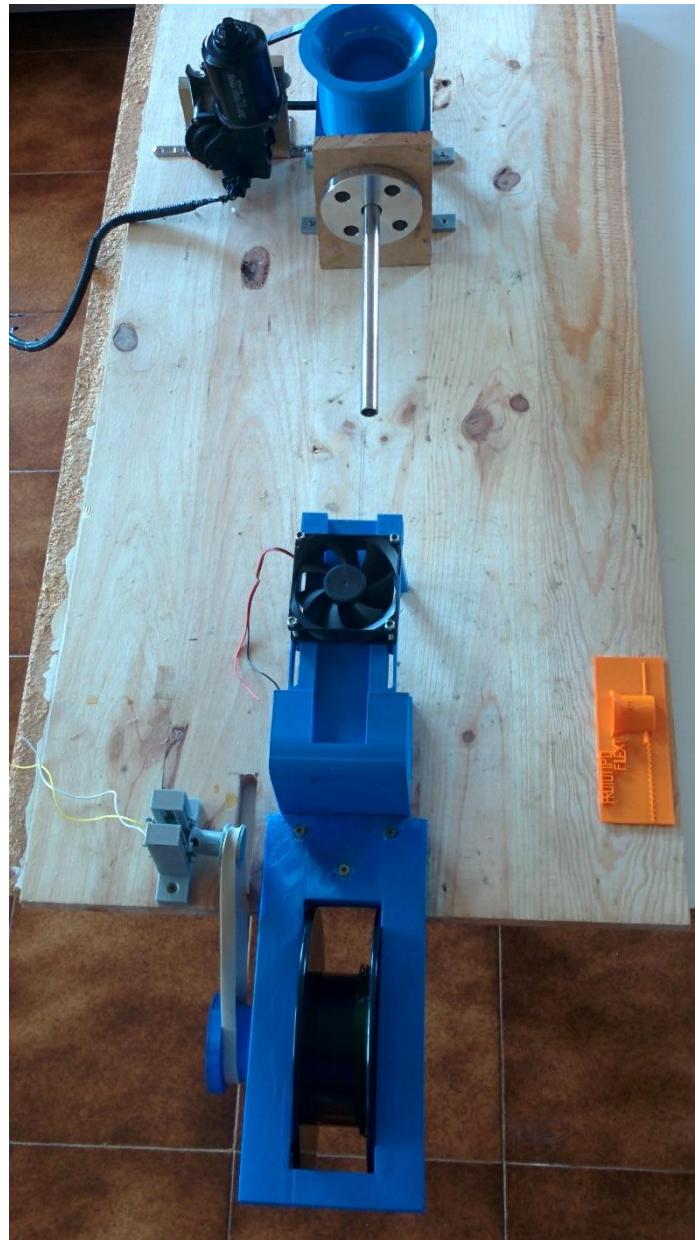


Figura 70. Montaje extrusora sin conexiones eléctricas. Fuente: Propia.



*Figura 71. Montaje extrusora con conexiones eléctricas. Fuente: Propia.*



Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Industrial

## **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

### **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

### **ANEXO III: IMPRESIÓN 3D**

### **EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



# **Índice. Anexo III.**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE.....</b>	<b>108</b>
1.1	IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS .....	108
1.2	PARÁMETROS DE IMPRESIÓN .....	108
1.2.1	Temperatura y velocidad de extrusión.....	109
1.2.2	Relleno .....	110
1.2.3	Altura de capa.....	111
1.2.4	Grosor de la capa externa .....	112
1.2.5	Raft .....	112
1.2.6	Support .....	113
1.3	EXPORTACIÓN DE ARCHIVOS.....	114
<b>2</b>	<b>ASPECTOS DE IMPRESIÓN .....</b>	<b>115</b>
2.1	COLOCACIÓN DE PIEZAS .....	115
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....</b>	<b>117</b>
3.1	CREACIÓN DE SOPORTES .....	118
3.2	IMPRESIÓN PARCIAL.....	118
<b>4</b>	<b>REPLICACIÓN DE PIEZAS .....</b>	<b>120</b>
4.1	DURACIÓN .....	120
4.2	MEDICIONES .....	120



# 1 INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE

Para comenzar con los aspectos relativos a la impresión 3D, se comentará primero el entorno de trabajo utilizado y dentro del mismo sobre los parámetros fundamentales para la replicación de las piezas.

## 1.1 Importación de archivos

Una vez finalizado el diseño mediante SolidWorks, se guardará el archivo de la pieza que se quiera imprimir en formato .stl. Una vez asignado dicho formato se ejecuta el software respectivo de la impresora, en nuestro caso el Makerbot Desktop, el programa predeterminado que utiliza la impresora. Para comenzar con el uso del mismo se abre el programa y se asigna al mismo la impresora que se va a utilizar, ya que hay varios modelos en el mercado, en nuestro caso será la Makerbot Replicator 2, tras abrir el programa se añade la pieza que queramos replicar (véase Fig. 72).

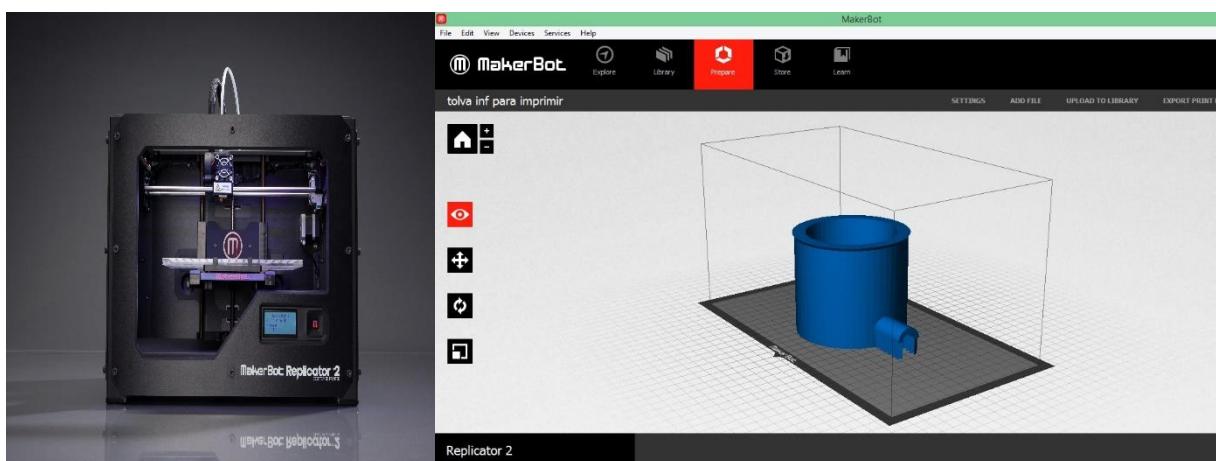


Figura 72. Makerbot Replicator 2.

Fuente: [eu.makerbot.com](http://eu.makerbot.com)

Figura 73. Makerbot Desktop. Fuente: Propia.

## 1.2 Parámetros de impresión

Después de la importación del archivo, se tendrán en cuenta una serie de aspectos relativos a la impresión. Estos aspectos pueden ser: la temperatura de extrusión (normalmente determinada por el filamento), la velocidad de extrusión, el relleno interno, la altura de capa, el grosor de la capa externa, creación de una base y la creación de soportes.

### 1.2.1 Temperatura y velocidad de extrusión

Estos parámetros vienen determinados por la impresora y por la bobina de filamento, en el caso de la velocidad de extrusión se deja como está por defecto, mientras que si se quiere modificar la temperatura de extrusión, se deberá hacer click en la pestaña “settings” y asignar la temperatura y el material del filamento.

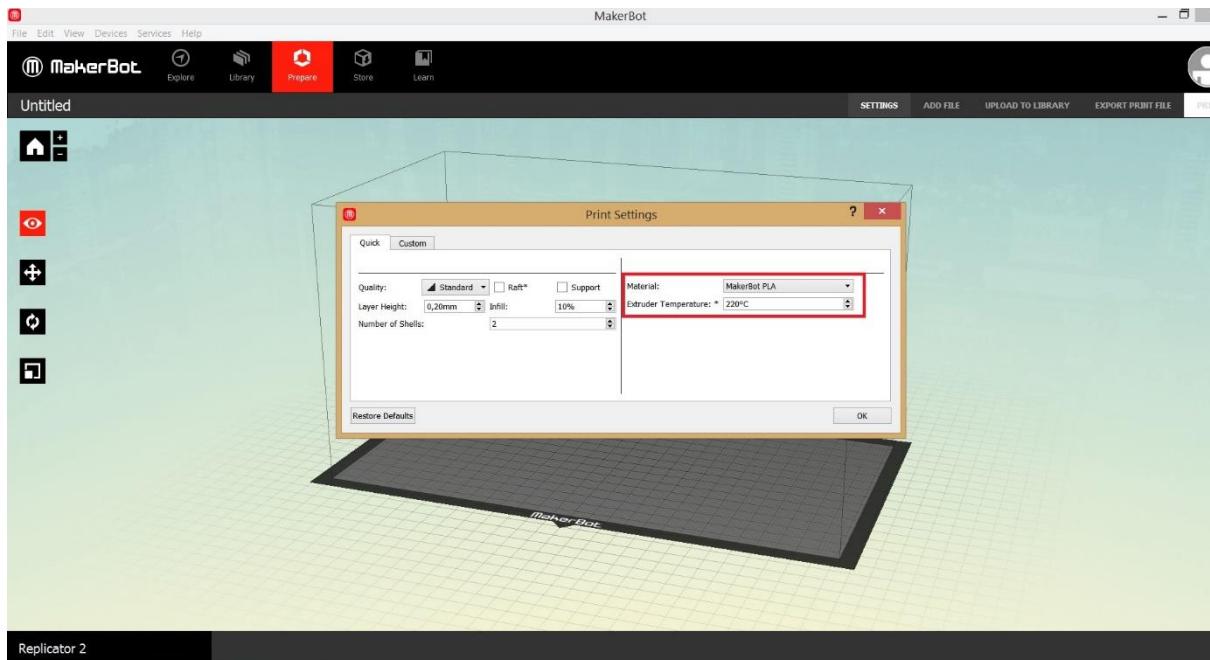
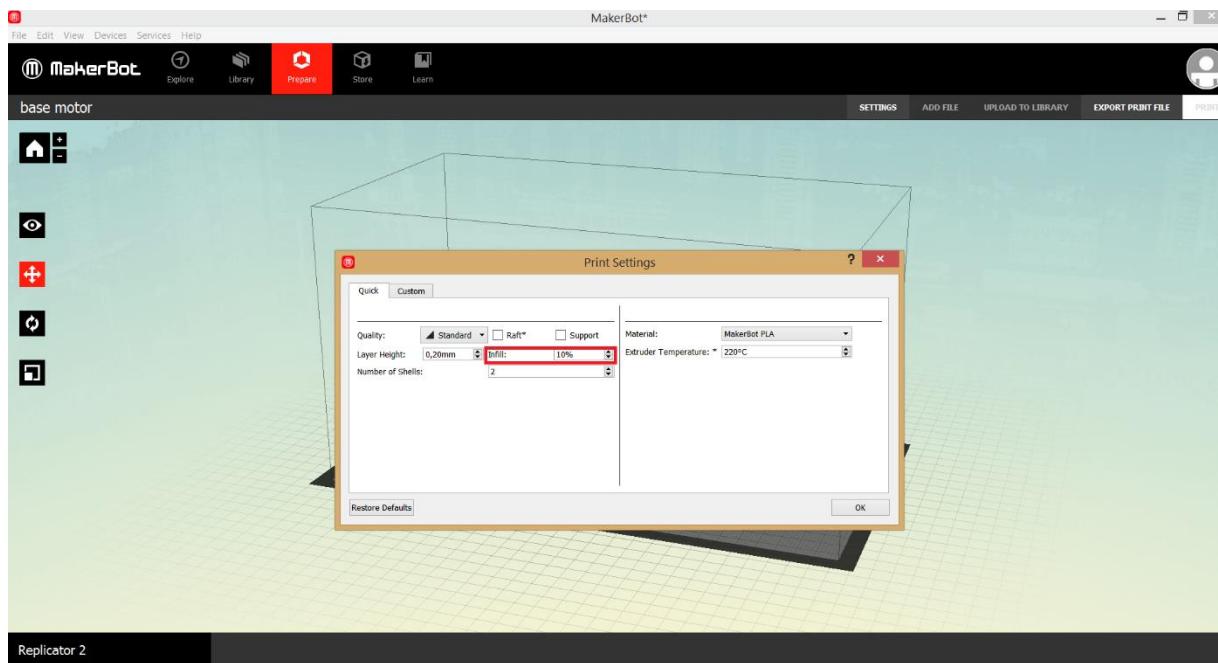


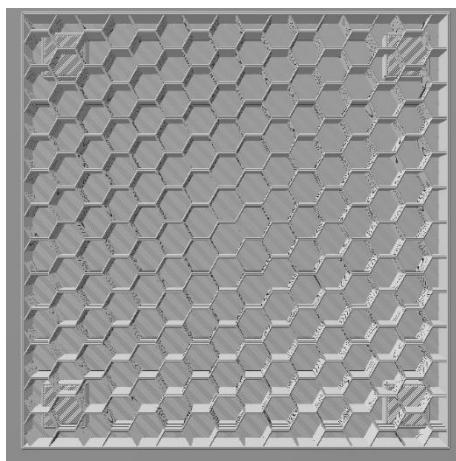
Figura 74. Material y temperatura de impresión. Fuente: Propia.

### 1.2.2 Relleno

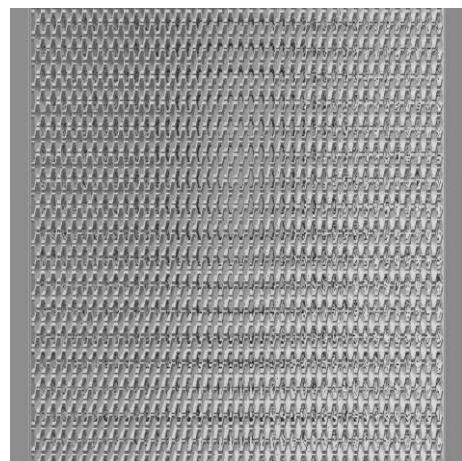
A la hora de imprimir una pieza se asignará a la misma el relleno, para elegir el mismo se selecciona de nuevo “settings” y se establece el relleno necesario (véase fig. 74), la impresora tiene por defecto un relleno del 10%, el relleno que se emplee en la pieza afectará directamente en la resistencia de la misma, en este caso se utilizará este relleno en todas las piezas. El relleno aplicado se realiza de forma predeterminada en forma hexagonal, conocido como “panal de abeja”, cuánto mayor sea el relleno, menor amplitud de celdilla se tendrá (véase Fig. 75 y Fig. 76).



*Figura 75. Asignación Relleno. Fuente: Propia.*



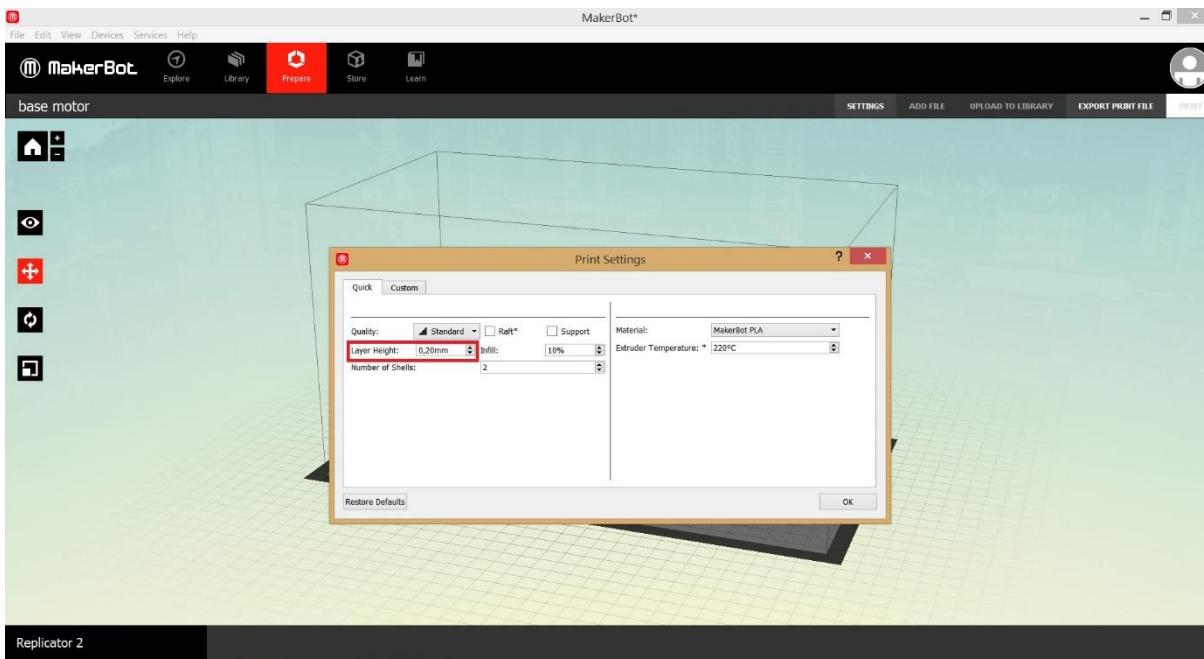
*Figura 76. Relleno 10%. Fuente: Propia.*



*Figura 77. Relleno 50%. Fuente: Propia.*

### 1.2.3 Altura de capa

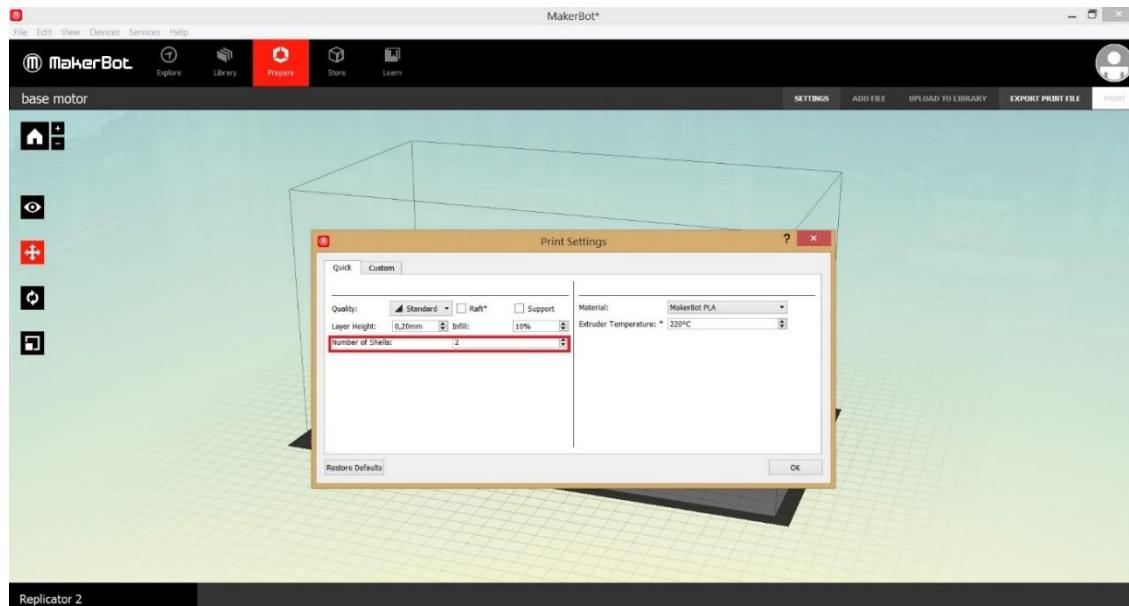
Parámetro destinado al acabado de la pieza, en este caso se asigna la altura de capa para una mejor resolución vertical en la pieza, cuánto más fina sea la altura mejor acabado, para la impresión de las piezas se utilizará una altura de capa de 0,2 mm. Se muestra un ejemplo de cómo se asigna dicha altura mediante el software.



*Figura 78. Altura de capa (Layer Height). Fuente: Propia.*

#### 1.2.4 Grosor de la capa externa

Denominado como number of shells, esta variable aportará un mayor o menor número de trazos en la capa más externa, si se asigna una sola línea se dibujará sólo un trazado de contorno (véase Fig. 79), mientras que si establece otro valor a se aplicará dicho valor en la pieza en cuestión (véase Fig. 80).



*Figura 79. Asignación grosor de capa externa. Fuente: Propia.*



Figura 80. 1 Capa externa. Fuente: Propia.

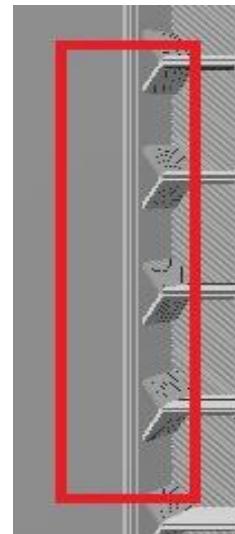


Figura 81. 3 Capas externas. Fuente: Propia.

### 1.2.5 Raft

Aspecto destacado para piezas que no presentan una base específica, en este caso el programa se encarga de realizar un soporte para apoyar la misma, esta base consiste en una malla fácil de quitar al finalizar la impresión, la finalidad consiste en mejorar la superficie de apoyo para la impresión (véase Fig. 82).

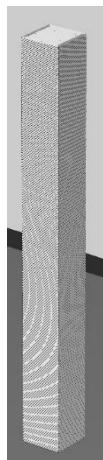


Figura 82. Pata tolva sin raft. Fuente: Propia.

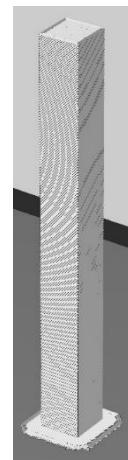
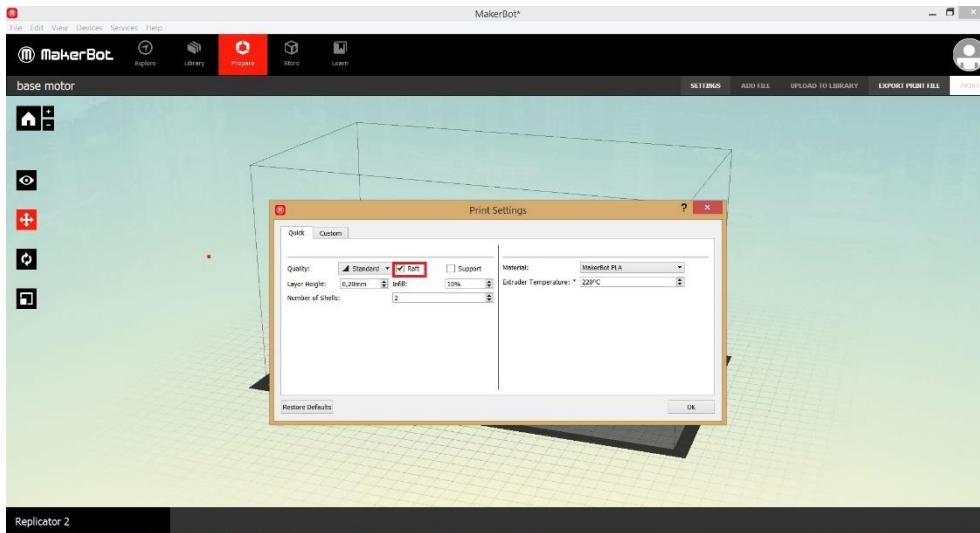


Figura 83. Pata tolva con raft. Fuente: Propia.

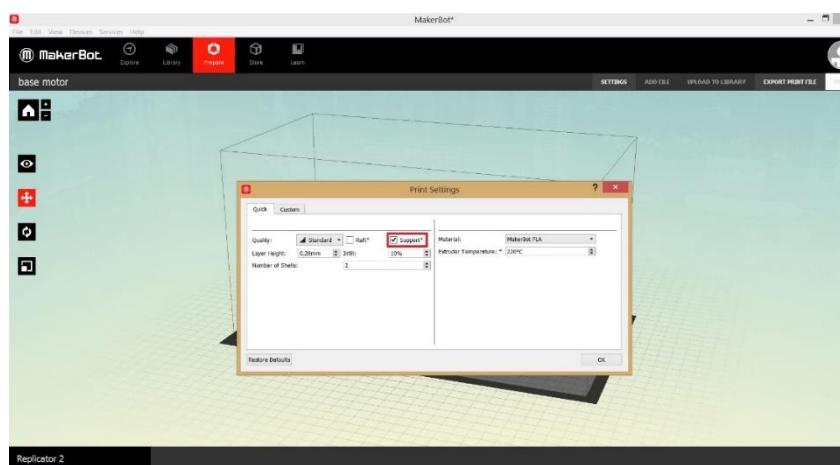
Para seleccionar dicha opción se accede a “settings” y se hará click en el recuadro blanco de raft (véase Fig. 83).



*Figura 84. Selección de la opción raft. Fuente: Propia.*

### 1.2.6 Support

Para finalizar con los parámetros, se comentará la creación de soportes, en este caso el programa asigna con esta opción soportes automáticos a los elementos que se encuentren en voladizo, piezas que no puedan ser totalmente replicadas por falta de apoyos. Para generar dichos soportes, se accede de nuevo a “settings” y se hará click en el recuadro de support (véase Fig. 84).



*Figura 85. Selección de la opción support. Fuente: Propia.*

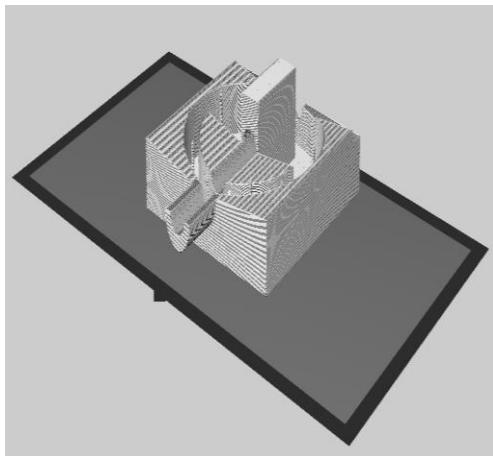


Figura 86. Asiento tolva sin soportes. Fuente: Propia.

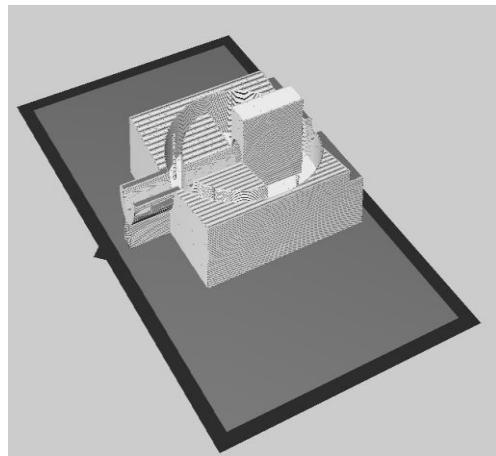


Figura 87. Asiento tolva con soportes. Fuente: Propia.

### 1.3 Exportación de archivos

Tras la finalización de los parámetros para la impresión de la pieza, es preciso exportar el diseño a un formato de impresión digital .x3g. Para realizar dicho procedimiento, se escogerá la opción “export print file”, una vez seleccionada aparecerá una ventana cargando el archivo. Tras la finalización de dicho proceso, se mostrarán datos acerca de la impresión, en este caso, la duración de la impresión, los gramos de filamento que se consumirán, la altura de capa elegida, y si se ha seleccionado o no los módulos de raft y support. En la misma ventana se refleja una opción llamada “Print preview” (véase Fig. 87) la cual servirá para ver los detalles de la impresión: los trazados de la impresora, el aspecto final de la pieza, la creación de los soportes...

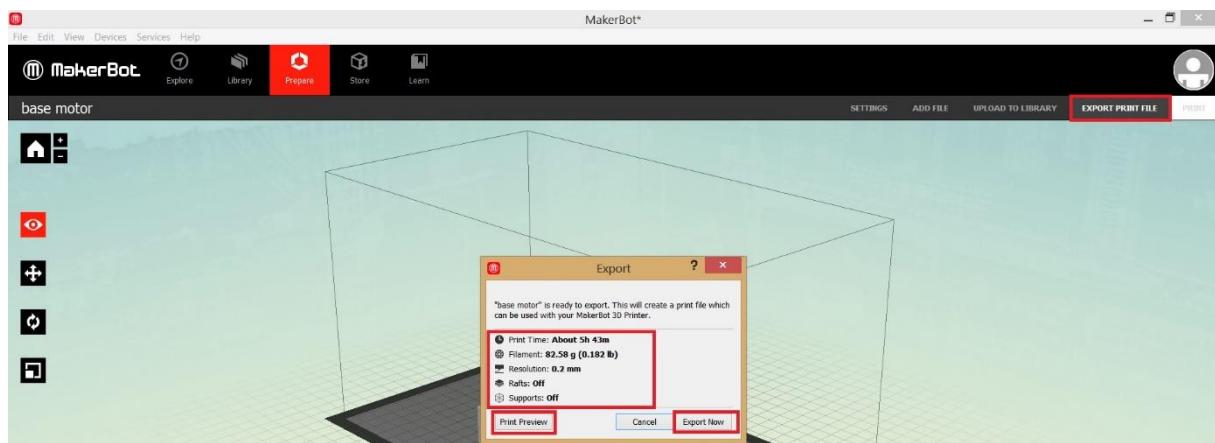


Figura 88. Exportando archivo. Fuente: Propia.

Tras la comprobación de los parámetros y la visualización del print preview, se podrá elegir si seguir con la exportación o realizar algún cambio, en el caso que se dé por

válido el modelo, se hará click en export now y se escribe el nombre del archivo, en este caso las piezas han sido numeradas según los planos (véase Fig. 88).

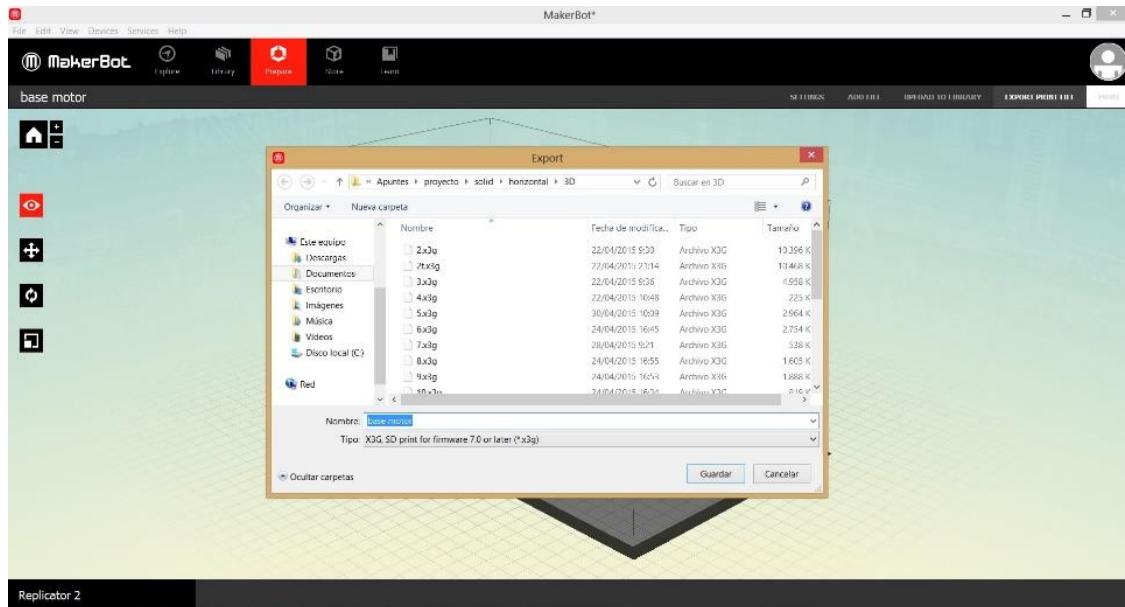


Figura 89. Exportando archivos .x3g. Fuente: Propia.

Después de lo realizado anteriormente, solo faltaría exportar los archivos a una tarjeta SD e introducirla en la impresora 3D.

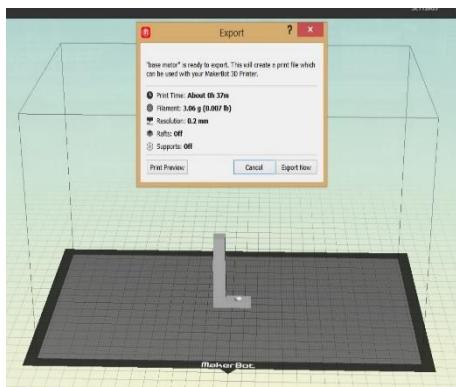
## 2 Aspectos de la impresión

En este apartado se tratarán algunos parámetros de la replicación de las piezas, en concreto la colocación, los tiempos requeridos y las mediciones obtenidas.

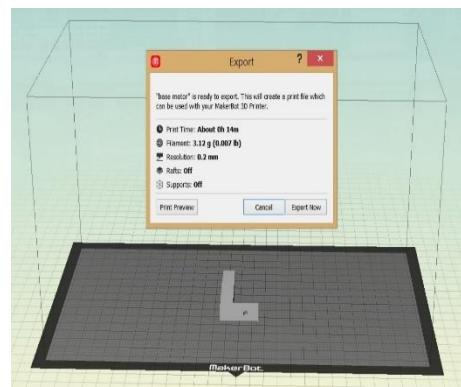
### 2.1 Colocación de los elementos

A la hora de imprimir las piezas, es necesario conocer la posición más óptima del elemento sobre la bandeja, algunos aspectos básicos para conocer la misma pueden ser: la colocación de la dimensión mayor de la pieza de forma horizontal, evitar la impresión de soportes para voladizos y la colocación de piezas con una base plana.

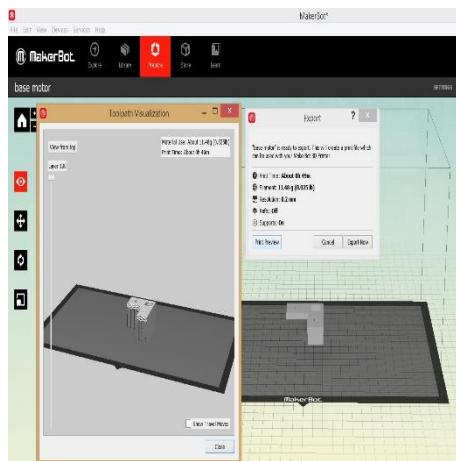
A continuación se muestran una serie de ejemplos con sus tiempos de impresión:



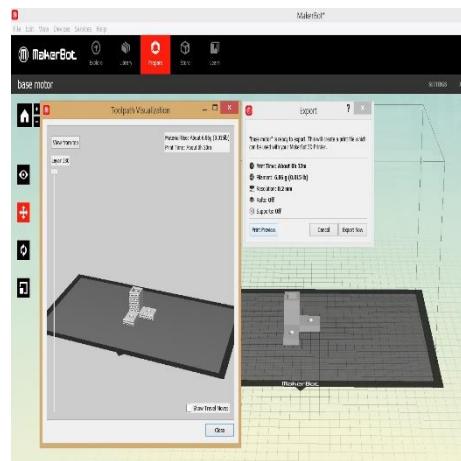
**Figura 90. Pieza posición vertical. Fuente: Propia.**



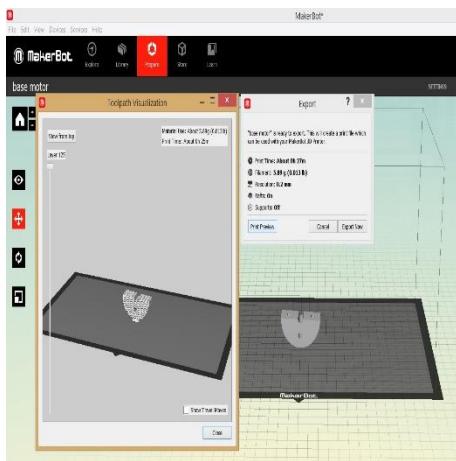
**Figura 91. Pieza posición horizontal. Fuente: Propia.**



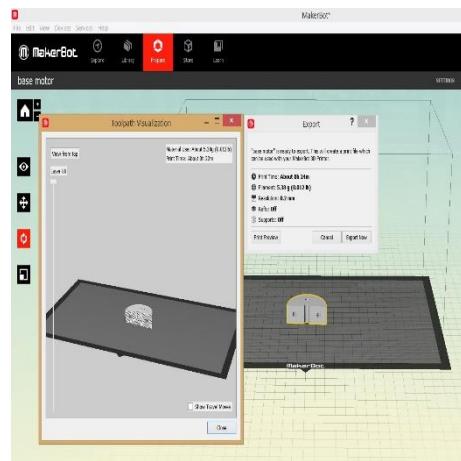
**Figura 92. Pieza con soportes. Fuente: Propia.**



**Figura 93. Pieza sin soportes. Fuente: Propia.**



**Figura 94. Pieza con base circular. Fuente: Propia.**



**Figura 95. Pieza con base plana. Fuente: Propia.**

Designación	Duración (min)
Pieza posición vertical	37
Pieza posición horizontal	14
Pieza con soporte	49
Pieza sin soporte	32
Pieza con raft	24
Pieza sin raft	27

*Tabla 2. Tiempos según colocación. Fuente: Propia*

### 3 Análisis de soluciones

Para poder empezar con la fabricación de las piezas diseñadas usando la impresora 3D, se debe tener en cuenta ciertos aspectos como los que se han expuesto anteriormente y además otros aspectos que son independientes de la configuración del diseño para imprimir, como son la temperatura del plástico a la hora de lograr una adhesión correcta entre capa y capa de filamento depositado.

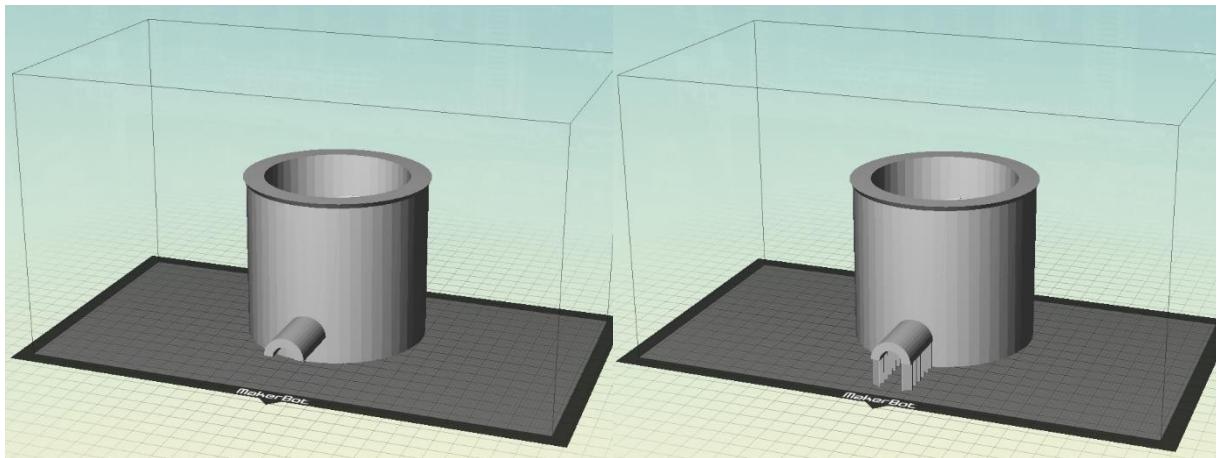
También se ha de tener en cuenta que la temperatura de la sala en la que opera la máquina, juega un papel importante, ya que si la temperatura es demasiado baja en comparación con la del filamento se producirán contracciones que harán que las piezas que deban tener tolerancias dimensionales adecuadas no las tengan debido a las contracciones producidas en el plástico.

La calibración de la máquina, resulta de vital importancia. Que la impresora esté bien calibrada significa, que el cabezal se encuentre en condiciones óptimas de operación, esto quiere decir que no existan grumos que puedan impedir que la extrusión del filamento en el cabezal de impresión, se lleve a cabo correctamente. Por otra parte el calibrado de la bandeja de impresión, también resulta fundamental, ya que si esta se encuentra desalineada, existirán zonas en las que se deposite el plástico sobre la bandeja y al estar desalineada dicha bandeja, causará que el plástico no quede bien adherido por un enfriamiento rápido, haciendo así que este se pandee con las sucesivas capas de plástico caliente.

Durante la impresión, surgieron una serie de problemas, algunos de los mismos eran: la colocación de soportes y la impresión parcial, de estos inconvenientes y de sus soluciones hablaremos a continuación.

### 3.1 Creación de soportes.

A la hora de imprimir algunas piezas se necesita crear soportes, en este caso asignamos la opción de soportes automáticos establecida en el programa de la impresora, el problema que existe con dicha opción es la creación de soportes también en agujeros que contenga la pieza. Para corregir este problema debemos rediseñar las piezas y realizar un diseño propio de los soportes que se muestra a continuación de una pieza a la cual se le aplicó esta idea (véase Fig. 96)

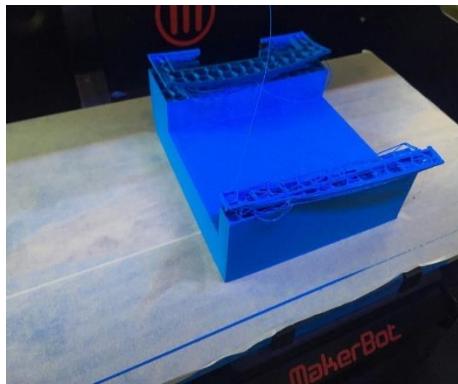


*Figura 96. Tola inferior sin soportes. Fuente: Propia.*

*Figura 97. Tola inferior con soportes. Fuente: Propia.*

### 3.2 Impresión parcial

En algunas piezas la impresora no lograba acabar la impresión o simplemente el plástico no se adhería bien a la superficie de impresión. Para la corrección de la adhesión del plástico a la superficie era necesario una calibración óptima de la bandeja de la extrusora, en el caso de los fallos de impresión habían algunos que se podían corregir mientras que otros no. Los problemas que no se podían corregir, consistían en fallos al azar producidos por la impresora como la impresión en el “aire”, en la cual el filamento no conseguía fundirse sobre la pieza correctamente y realizaba la pieza de manera incorrecta (véase Fig. 97). Por otra parte surgió otro problema con la bobina de filamento, la cual va alojada en la parte de posterior, el inconveniente que hubo fue la formación de un nudo, esto se podría haber solucionado revisando la correcta colocación de la bobina antes de realizar la impresión (véase Fig. 98).

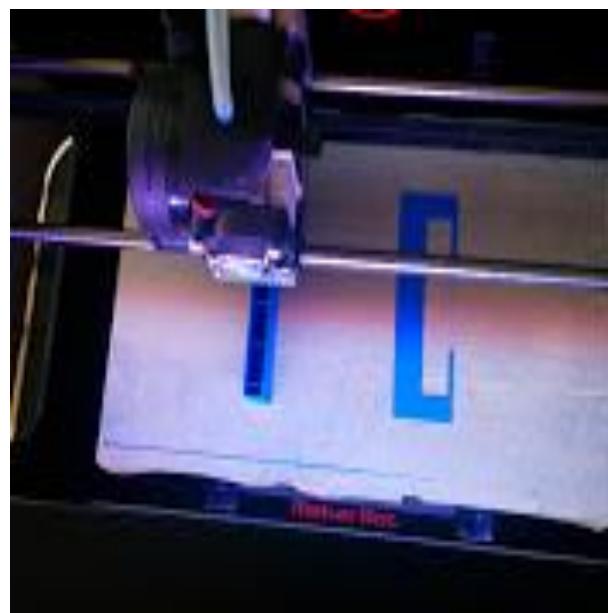


**Figura 98.** Problema de adhesión filamento. Fuente: Propia.



**Figura 99.** Formación nudo bobina de filamento. Fuente: Propia.

Para la corrección de la pieza anterior, se realizó una impresión parcial de la superficie que faltaba, en este caso fue necesario un corte de la misma mediante el SolidWorks (véase Fig. 99).



**Figura 100.** Base soporte ventilador parcial. Fuente: Propia.

## 4 REPLICACIÓN DE PIEZAS

### 4.1 Duración

Como orientación, se ha determinado el tiempo de cada elemento replicado en 3D, para más información se adjunta la tabla siguiente con la designación de las piezas y la duración aproximada de las mismas.

Designación	Nº de plano	Unidades	Tiempo	
			h	min
Tolva superior	1.01.01	1	4	40
Tolva inferior	1.01.02	1	8	42
Asiento tolva	1.01.03	1	5	35
Pata tolva	1.01.04	4	1	22
Anclaje tolva	1.01.05	4	2	7
<b>Subtotal (h,min.)</b>			20	146
Base ventilador	1.02.01	1	6	43
Bandeja ventilador	1.02.02	1	4	25
Pata ventilador	1.02.03	2	0	45
<b>Subtotal (h,min.)</b>			10	113
Base bobina	1.03.01	1	8	40
Pata bobina	1.03.02	2	4	38
Eje bobina	1.03.03	1	5	1
<b>Subtotal (h,min.)</b>			17	79
Polea broca	1.04.03	1	3	40
Acople broca polea	1.04.08	4	1	38
polea motor 1	1.04.12	1	0	27
<b>Subtotal (h,min.)</b>			4	105
acople motor a correa	1.05.01	1	0	43
estructura motor 2	1.05.02	1	2	16
bandeja soporte motor 2	1.05.03	2	0	6
<b>Subtotal (h,min.)</b>			2	65
<b>TOTAL (h,min.)</b>			53	508

Tabla 3. Tiempos orientativos de impresión (Relleno 10%, grosor 0,2 mm). Fuente: Propia.

#### 4.2 Mediciones

A continuación de dispondrá de otra tabla con los datos orientativos de consumo de filamento, en este caso de PLA, dicha tabla servirá para saber qué cantidad de plástico será necesaria para la replicación una pieza o la extrusora completa.

Designación	Nº de plano	Unidades	Peso	
			Virtual (g)	Real (g)
<b>Tolva superior</b>	1.01.01	1	66,34	64,208
<b>Tolva inferior</b>	1.01.02	1	128,28	120,373
<b>Asiento tolva</b>	1.01.03	1	82,58	77,485
<b>Pata tolva</b>	1.01.04	4	19,32	18,928
<b>Anclaje tolva</b>	1.01.05	4	26,85	24,49
<b>Subtotal (g)</b>			323,37	305,484
<b>Base ventilador</b>	1.02.01	1	95,87	87,173
<b>Bandeja ventilador</b>	1.02.02	1	66,55	59,134
<b>Pata ventilador</b>	1.02.03	2	11,72	10,426
<b>Subtotal (g)</b>			174,14	156,733
<b>Base bobina</b>	1.03.01	1	133,96	129,833
<b>Pata bobina</b>	1.03.02	2	73,97	69,743
<b>Eje bobina</b>	1.03.03	1	81,58	78,518
<b>Subtotal (g)</b>			289,51	278,094
<b>Polea broca</b>	1.04.03	1	61,17	56,866
<b>Acople broca polea</b>	1.04.08	4	21,72	34,084
<b>polea motor 1</b>	1.04.12	1	5,66	6,674
<b>Subtotal (g)</b>			88,55	97,624
<b>acople motor a correa</b>	1.05.01	1	8,27	8,521
<b>estructura motor 2</b>	1.05.02	1	27,91	24,611
<b>bandeja soporte motor 2</b>	1.05.03	2	1,58	2,132
<b>Subtotal (g)</b>			37,76	35,264
<b>TOTAL (g)</b>			913,33	873,199

Tabla 4. Relación de pesos predeterminados por el Makerbot desktop frente a los impresos. Fuente: Propia.

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA****TRABAJO DE FIN DE GRADO****ANEXO IV: CATÁLOGOS Y OTROS****DOCUMENTOS**

**EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE  
FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



## 1 FICHAS TÉCNICAS

A continuación se muestran las fichas técnicas de algunos elementos que conforman la extrusora. Se indican algunos datos referentes a las dimensiones, tolerancias, propiedades mecánicas, etc.

El orden de aparición de los elementos es el siguiente:

1. Propiedades poliácido láctico (PLA).
2. Propiedades acero AISI 1.8159.
3. Propiedades acero inoxidable 304.
4. Ficha técnica varilla roscada DIN 975.
5. Ficha técnica tornillo DIN 933.
6. Ficha técnica espárrago DIN 913.
7. Ficha técnica tuerca DIN 934.
8. Ficha técnica tuerca de seguridad DIN 985.
9. Ficha técnica manguito de unión.
10. Ficha técnica arandela DIN 125-A.
11. Ficha técnica arandela DIN 9021.
12. Ficha técnica tubo acero inoxidable AISI 304 y 316.
13. Ficha técnica brida DIN 2576.
14. Ficha técnica rodamiento SR188.
15. Ficha técnica broca salomónica BOSCH.
16. Ficha técnica correa Z21.
17. Ficha técnica Motor con reductora.
18. Ficha técnica cartucho calentador.
19. Ficha técnica controlador PID C-100.

## Polylactide (PLA)

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

### General properties

Density	1210	-	1250	kg/m <sup>3</sup>
Price	*2	-	4	USD/kg

### Mechanical properties

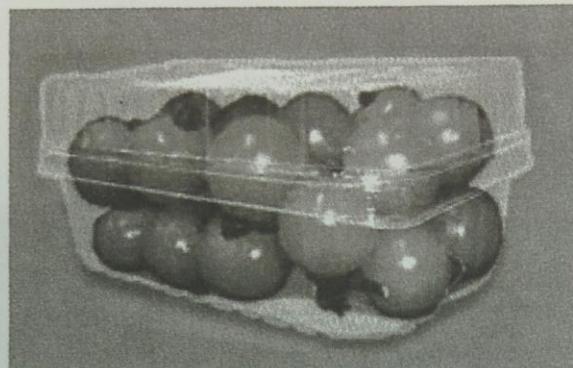
Young's modulus	3.45	-	3.83	GPa
Yield strength (elastic limit)	48	-	60	MPa
Tensile strength	48	-	60	MPa
Compressive strength	48	-	60	MPa
Elongation	5	-	7	%
Hardness—Vickers	*14	-	18	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	*14	-	18	MPa
Fracture toughness	*0.7	-	1.1	MPa.m <sup>0.5</sup>

### Thermal properties

Melting point	160	-	177	°C
Glass temperature	56	-	58	°C
Maximum service temperature	70	-	80	°C
Thermal conductor or insulator?	Good insulator			
Thermal conductivity	0.12	-	0.13	W/m.K
Specific heat capacity	1180	-	1210	J/kg.K
Thermal expansion coefficient	*126	-	145	μstrain °C

### Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good insulator		
Electrical resistivity	*1 × 10 <sup>17</sup>	-	1 × 10 <sup>19</sup> μohm.cm
Dielectric constant	*3.5	-	5
Dissipation factor	*0.02	-	0.07
Dielectric strength	12	-	16 10 <sup>6</sup> V/m



*Cargill Dow polylactide food packaging.*

### Ecoproperties: material

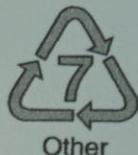
Embodied energy, primary production	52	-	54	MJ/kg
CO <sub>2</sub> footprint, primary production	*2.3	-	2.43	kg/kg
Water usage	*100	-	300	l/kg

### Ecoproperties: processing

Polymer molding energy	*8.61	-	9.49	MJ/kg
Polymer molding CO <sub>2</sub>	*0.68	-	0.75	kg/kg
Polymer extrusion energy	*3.35	-	3.69	MJ/kg
Polymer extrusion CO <sub>2</sub>	*0.26	-	0.29	kg/kg

### Recycling

Embodied energy, recycling	21.8	-	22.7	MJ/kg
CO <sub>2</sub> footprint, recycling	*0.96	-	1.02	kg/kg
Recycle fraction in current supply	*0.5	-	1	%
Recycle mark				



**Typical uses.** Food packaging, plastic bags, plant pots, diapers, bottles, cold drink cups, sheet and film.

Material No.: Code:

**1.8159 51CrV4**

DE - Brand:

**NCV**
**Chemical composition:**  
 (Typical analysis in %)

C	Cr	V					
0,51	1,10	0,20					

**Steel properties:**

CrV-alloyed steel, usually supplied in quenched and tempered condition.

**Applications:**

Parts for general mechanical engineering, automotive and gear parts.

**Condition of delivery:**

Quenched and tempered

**Physical properties:**

Thermal expansion coefficient

$\left[ \frac{10^{-6} \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	20-100°C	20-200°C	20-300°C	20-400°C
	12,2	12,8	13,3	13,7

Thermal conductivity

$\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	20°C
	44,9

**Heat treatment:**

Soft annealing

Temperature	Cooling	Hardness
680 - 720°C	furnace	max. 248 HB

Normalizing

Temperature	Cooling
840 - 880°C	air

Hardening

Temperature	Cooling	Tempering
820 - 860°C	oil	see tempering diagram

**Mechanical properties in quenched and tempered condition (DIN EN 10083-1, 10/96)**

Diameter d [mm]	< 16	>16 – 40	>40 – 100	>100 – 160	>160 – 250
Thickness t [mm]	< 8	8 < t < 20	20 < t < 60	60 < t < 100	100 < t < 160
Yield strength Re [N/mm²]	min. 900	min. 800	min. 700	min. 650	min. 600
Tensile strength Rm [N/mm²]	1100 - 1300	1000 - 1200	900 - 1100	850 - 1000	800 - 950
Elongation A [%]	min. 9	min. 10	min. 12	min. 13	min. 13
Reduction Z [%]	min. 40	min. 45	min. 50	min. 50	min. 50
Toughness CVN [J]	min. 30	min. 30	min. 30	min. 30	min. 30

# Acero inoxidable 304

Normas aplicables: BS 970 BS 1554 BS 2056 ASTM A313

El Acero inoxidable 304, al igual que el 302, tiene buenas propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión.

Composición Química Aproximada	
Cr	<b>17 - 19%</b>
Ni	<b>8 - 11%</b>
Fe	<b>BAL</b>

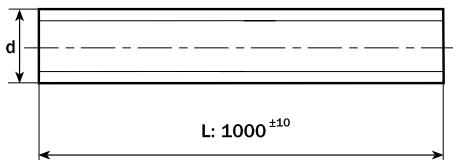
Las aplicaciones son, entre otras:

Resortes  
Malla de alambre  
Tela de alambre

Propiedades		
DENSIDAD	<b>8.0 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>0.289 lb/pulg.<sup>3</sup></b>
PUNTO DE FUSIÓN	<b>1454 °C</b>	<b>2650 °F</b>
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN	<b>18.2 µm/m °C (20 - 100 °C)</b>	<b>10.1 x 10<sup>-6</sup> pulg./pulg. °F (70 - 212 °F)</b>
MÓDULO DE RIGIDEZ	<b>70.3 kN/mm<sup>2</sup></b>	<b>10196 ksi</b>
MÓDULO DE ELASTICIDAD	<b>187.5 kN/mm<sup>2</sup></b>	<b>27195 ksi</b>

ESTADO DE SUMINISTRO	TRATAMIENTO TÉRMICO (DESPUÉS DE LA CONFORMACIÓN)
Recocido / Templado para resortes	Alivio de esfuerzos a 250 °C (480 °F) durante 1 hora y enfriamiento por aire.

ESTADO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, APROX.	TEMPERATURA DE SERVICIO, APROX.
Recocido	<b>600 - 800 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>87 - 116 ksi</b>
Templado para resortes	<b>1300 - 2200 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>189 - 319 ksi</b>
		<b>-200 a +300 °C</b>
		<b>-330 a +570 °F</b>



Threaded rods - Length 1 meter  
Tiges filetées - Longueur 1 mètre

### Varillas roscada - Largo 1 metro

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
P	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5

Peso/Weight 1000 ud. kg											
44,00	78,00	124,00	177,00	319,00	500,00	725,00	970,00	1.330	1.650,0	2.080,0	

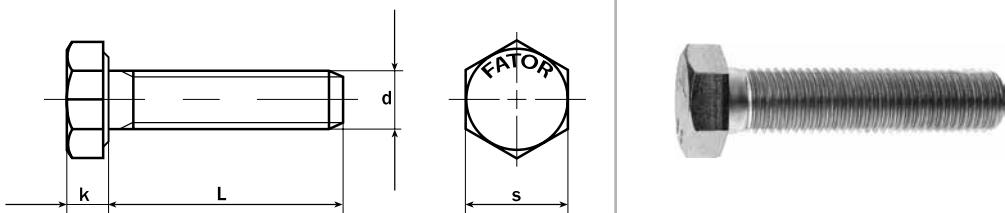
d	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M42	M45	M48	M52
P	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5

Peso/Weight 1000 ud. kg											
2.540,0	3.000,0	3.850,0	4.750,0	5.900,0	6.900,0	8.200,0	9.400,0	11.000	12.400,0	14.700,0	

#### CALIDADES/GRADES:

Baja resistencia Low strength Basse résistance	700 N/mm <sup>2</sup> Resistencia media Medium strength 700 N/mm <sup>2</sup> Résistance moyenne 700 N/mm <sup>2</sup>	≥800 N/mm <sup>2</sup> <1040 N/mm <sup>2</sup> Resistencia media Medium strength Résistance moyenne	≥1040 N/mm <sup>2</sup> Alta resistencia High strength Haute résistance
●	●	●	●





Hexagon head bolt, fully threaded  
Boulons à tête hexagonale, totalement filetées

### Tornillos de cabeza hexagonal, totalmente roscados

d	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12
P	0,5	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75
k	2	2,8	3,5	4	4,8	5,3	6,4	7,5
s	5,5	7	8	10	11	13	17/16*	19/18*

L\ d: Peso/Weight 1000 ud. kg

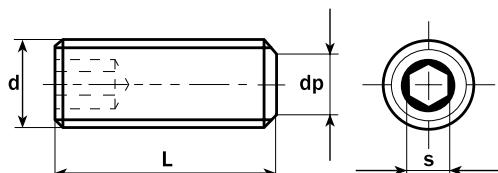
4	0,480							
5	0,530	1,260						
6	0,570	1,330	2,180	3,400				
7	0,610	1,410	2,280	3,570	5,600			
8	0,660	1,490	2,380	3,740	5,850	8,500	15,20	
10	0,750	1,640	2,630	4,080	6,350	9,100	16,20	23,30
12	0,840	1,800	2,870	4,420	6,850	9,800	17,20	25,00
14	0,920	1,950	3,120	4,760	7,350	10,50	18,20	26,40
16	1,000	2,100	3,370	5,110	7,850	11,10	19,20	27,70
18	1,090	2,250	3,620	5,450	8,350	11,70	20,20	29,10
20	1,180	2,410	3,870	5,800	8,850	12,30	21,20	31,00
22	1,270	2,560	4,120	6,150	9,350	12,90	22,20	33,00
25	1,400	2,800	4,490	6,650	10,00	13,90	23,70	34,10
28	1,520	3,040	4,860	7,150	10,70	14,90	25,20	36,20
30	1,610	3,190	5,110	7,510	11,30	15,50	26,20	37,70
35	3,570	5,730	8,370	12,50	15,50	28,70	41,30	
40	3,960	6,350	9,230	13,80	17,10	31,20	44,90	
45	4,340	6,990	10,10	15,00	18,70	33,70	48,50	
50	4,730	7,590	11,00	16,30	20,30	36,20	52,00	
55	5,120	8,210	11,90	17,50	21,80	38,70	55,60	
60	5,500	8,830	12,70	18,70	23,40	41,30	58,20	
65	5,890	9,450	13,60	20,00	25,00	43,80	62,80	
70	6,280	10,10	14,40	21,20	26,60	46,30	66,40	
75		10,70	15,30	22,50	28,20	48,80	70,00	
80		11,30	16,20	23,70	29,80	51,30	73,60	
85				25,00	31,40	53,80	77,20	
90				26,20	33,00	56,30	80,80	
95				27,50	34,60	59,80	84,40	
100				28,70	35,20	61,30	88,00	
110					37,70	66,40	95,20	
120					40,90	71,40	102,00	
130						76,40	109,00	
140						81,40	116,00	
150						86,40	123,00	

\*Tamaño según norma ISO/Sizes per ISO standard.

CALIDADES/GRADES:

4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9	12.9	A2	A4
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●





Hexagon socket set screws with flat point  
Vis sans tête à six pans creux - A bout plat

### Tornillos sin cabeza con hueco hexagonal y extremo biselado

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
P	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
dp (max)	2	2,5	3,5	4	5,5	7	8,5	12	15	18
s	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12

L\d: Peso/Weight 1000 ud. kg

3	0,100									
4	0,140	0,220								
5	0,180	0,300								
6	0,220	0,380	0,560							
8	0,310	0,530	0,800	1,110	1,890					
10	0,400	0,630	1,040	1,460	2,520	3,780				
12	0,490	0,830	1,280	1,810	3,150	4,780				
16	0,670	1,130	1,760	2,510	4,410	6,780	9,600			
20	0,850	1,430	2,240	3,210	5,670	8,760	12,40	21,50	32,30	
25			2,840	4,090	7,260	11,20	16,00	28,00	42,60	57,00
30				4,970	8,850	13,70	19,60	34,60	52,90	72,00
35					5,850	10,40	16,20	23,20	41,10	63,20
40						12,00	18,70	26,80	47,70	73,50
45									83,80	117,00
50									94,10	132,00

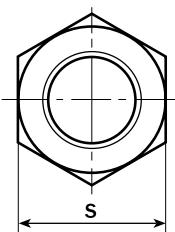
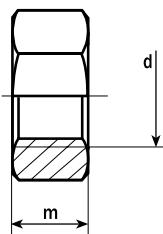
#### CALIDADES/GRADES:

45H

A2

A4





**Hexagon nuts**  
*Ecrous hexagonaux*

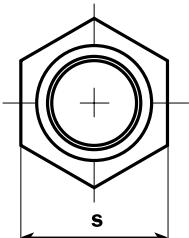
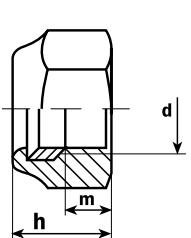
## Tueras hexagonales

d	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14
P	0,5	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2
m	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11
s	5,5	7	8	10	11	13	17/16*	19/18*	22/21*
<b>Peso/Weight 1000 ud. kg</b>									
	0,384	0,810	1,230	2,500	3,120	5,200	11,60	17,30	25,00
d	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
P	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
m	13	15	16	18	19	22	24	26	29
s	24	27	30	32/34*	36	41	46	50	55
<b>Peso/Weight 1000 ud. kg</b>									
	33,30	49,40	64,40	79,00	110,00	165,00	223,00	288,00	393,00
d	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64	M68
P	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6
m	31	34	36	38	42	45	48	51	54
s	60	65	70	75	80	85	90	95	100
<b>Peso/Weight 1000 ud. kg</b>									
	502,00	652,00	800,00	977,00	1.220,0	1.420,0	1.690,0	1.980,0	2.300,0
d	M72	M76	M80	M90	M100	M110			
P	6	6	6	6	6	6			
m	58	61	64	72	80	88			
s	105	110	115	130	145	155			
<b>Peso/Weight 1000 ud. kg</b>									
	2.670,0	3.040,0	3.930,0	4.930,0	6.820,0	8.200,0			

\*Tamaño según norma ISO/Sizes per ISO standard.

### CALIDADES DISPONIBLES/GRADES AVAILABLES:

ST	5	6	8	10	12	C15	A2	A4
	●	●	●	●	●		●	●



Prevailing torque type hexagon nuts with nylon insert  
Ecrous hexagonaux de sécurité avec anneau nylon

### Tueras hexagonales de seguridad con anillo plástico

d	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14	M16	M18
p	0,5	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5
s	5,5	7	8	10	11	13	17/16*	19/18*	22/21*	24	27
h	4	5	5	6	7,5	8	10	12	14	16	18,5

#### Peso/Weight 1000 ud. kg

0,500	1,000	1,400	2,400	3,000	5,100	10,600	17,200	26,00	34,00	45,00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	-------	-------	-------

d	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M42	M45	M48
p	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5
s	30	32/34*	36	41	46	50	55	60	65	70	75
h	20	22	24	27	30	33	36	39	42	45	48

#### Peso/Weight 1000 ud. kg

65,00	75,00	100,00	162,00	212,00	317,00	415,00	499,00	628,00	771,00	998,00
-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

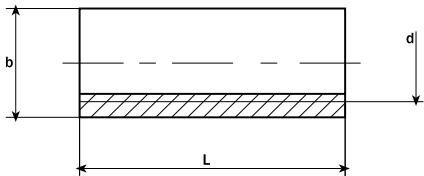
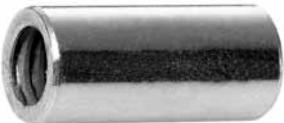
\*Tamaño según norma ISO/Size as per ISO standard

#### CALIDADES DISPONIBLES/GRADES AVAILABLES:

ST	5	6	8	10	12	C15	A2	A4
			●	●			●	●



# 11 Manguitos de unión



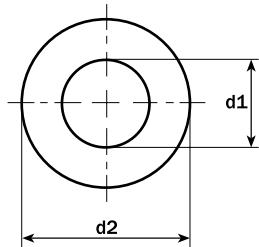
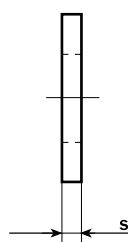
Round connection nuts  
*Ecrous cylindriques de jonction*

## Manguitos de unión

d	5/32"	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
P	-	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
b	8	8	8	10	11	13	15	22
L	20	20	20	30	25/30	30	35	50

### CALIDADES/GRADES:

ST	5	6	8	10	12	C15	A2	A4
	●							



Plain washers without chamfer

Rondelles plates

## Arandelas planas

d nom.	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14
d <sub>1</sub>	3,2	4,3	5,3	6,4	7,4	8,4	10,5	13	15
d <sub>2</sub>	7	9	10	12	14	16	20	24	28
s	0,5	0,8	1	1,6	1,6	1,6	2	2,5	2,5

Peso/Weight 1000 ud. kg

0,119      0,308      0,443      1,020      1,390      1,830      3,570      6,270      8,600

d nom.	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
d <sub>1</sub>	17	19	21	23	25	28	31	34	37
d <sub>2</sub>	30	34	37	39	44	50	56	60	66
s	3	3	3	3	4	4	4	5	5

Peso/Weight 1000 ud. kg

11,30      14,70      17,20      18,40      32,30      43,70      53,60      75,30      92,10

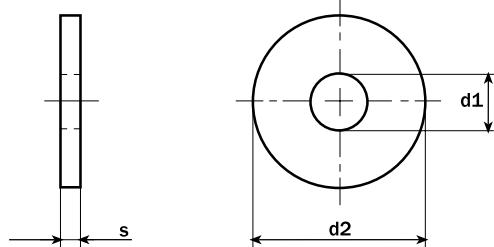
d nom.	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64
d <sub>1</sub>	40	43	46	50	54	58	62	66
d <sub>2</sub>	72	78	85	92	98	105	110	115
s	6	7	7	8	8	9	9	9

Peso/Weight 1000 ud. kg

133      183      220      294      330      425      458      492

### CALIDADES/GRADES:

ST/HV100	HV140	HV300	FST	A2	A4
●	●	●		●	●



Plain washers  $d_2 \approx 3 \times d_1$   
*Rondelles plates  $d_2 \approx 3 \times d_1$*

### Arandelas planas $d_2 \approx 3 \times d_1$

<b>d nom.</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b>d1 (min)</b>	3,2	4,3	5,3	6,4	7,4
<b>d2 (max)</b>	9	12	15	18	22
<b>s</b>	0,8	1	1,2	1,6	2

#### Peso/Weight 1000 ud. kg

0,349	0,774	1,460	2,790	5,290
-------	-------	-------	-------	-------

<b>d nom.</b>	<b>M8</b>	<b>M10</b>	<b>M12</b>	<b>M14</b>	<b>M16</b>
<b>d1 (min)</b>	8,4	10,5	13	15	17
<b>d2 (max)</b>	24	30	37	44	50
<b>s</b>	2	2,5	3	3	3

#### Peso/Weight 1000 ud. kg

6,230	12,20	22,20	31,60	40,90
-------	-------	-------	-------	-------

<b>d nom.</b>	<b>M18</b>	<b>M20</b>	<b>M24</b>
<b>d1 (min)</b>	20	22	26
<b>d2 (max)</b>	56	60	72
<b>s</b>	4	4	5

#### Peso/Weight 1000 ud. kg

67,40	76,80	139,00
-------	-------	--------

#### CALIDADES/GRADES:

ST/HV100	HV140	HV300	FST	A2	A4
●				●	●

# Tubos - milimétricos

## Acerino Inoxidable

### Tubo redondo con soldadura

Calidad AISI 304 y 316



diámetro mm	espesor mm	304		316	
		mate	brillo	mate	brillo
3	0.5	72600600			72600770
4	0.5	72600610			
5	0.5	72600620			
6	1.0	72600630		72602090	
8	1.0	72600650	72601390		
10	1.0	72600670	72601400	72602145	72602940
12	1.0	72600690	72601420		72602960
12	1.2			72602160	
14	1.0	72600710	72601440	72602195	
15	1.5	72600720	72601450		72602970
16	1.0	72600730	72601460		72602977
16	1.5		72601470		72602980
18	1.0	72600750			
18	1.5	72600770	72601480	72602245	72603000
20	1.0	72600790			
20	1.5	72600810	72601500	72602250	72603040
21.3	2.0	72600820			
22	1.5				72603060
23	1.5	72600830	72601510		
25	1.5	72600850	72601520	72602310	72603080
26.9	2.0	72600860			
28	1.5	72600892	72601540	72602365	72603090
30	1.5	72600900	72601560	72602370	72603100
33	1.5	72600905	72601580		72603110
34	1.0	72600940			
34	1.5		72601600		72603130
35	1.5	72600960	72601610	72602410	72603140
38	1.5	72600980	72601620		72603160
40	1.0	72601010			
40	1.5	72601020	72601640		72603165
42.4	2.5	72601033			
43	1.2	72601038			
43	1.5	72601040	72601660	72602435	72603180

Ref.

Ref.

Ref.

Ref.

Continúa ➤➤➤

Santa Cruz de Tenerife

Polígono Industrial los Majuelos, Calle Puntallana nº6.  
La Laguna. C.P. 38108

Tfno: +34 922 824 140 / Fax: +34 922 824 320

Las Palmas de Gran Canaria

Polígono Industrial Las Torres, Calle Arrecife nº 6  
Las Palmas de Gran Canaria. C.P.35010

Tfno: +34 928 411 287 / Fax: +34 928 428 591



## Bridas planas para soldar DIN 2576 PN 10 Calidad AISI 316



TUBO		BRIDA			
DIÁMETRO NOMINAL	D1		d diámetro	e espesor	PN 10 y PN 16
	ISO	mm			
15 (1/2")	21.3	18	95	14	06652010 06653010
20 (3/4")	26.9	23	105	16	06652020 06653020
25 (1")	33.7	28	115	16	06652030 06653030
32 (1.1/4")	42.4	38	140	16	06652040 06653040
40 (1.1/2")	48.3	43	150	16	06652050 06653050
50 (2")	60.3	57	165	18	06652060 06653060
65 (2.1/2")	76.1	73	185	18	06652070 06653070
80 (3")	88.9	84	200	20	06652080 06653080
100 (4")	114.3	104	220	20	06652090 06653090
125 (5")	139.7	129	250	22	06652100 06653100
150 (6")	168.3	154	285	22	06652110 06653110
200 (8")	219.1	204	340	24	06652120 06653120
250 (10")	273	254	395	26	06653200 06653225
300 (12")	323.9	304	445	26	06653315 06653300

Ref. ISO Ref. mm

## Bridas planas para soldar DIN 2502 PN 16

Calidad AISI 316



TUBO		BRIDA		PN16
DN	D1 ISO	diámetro	espesor	
250 (10")	273	405	26	06653205
300 (12")	323.9	460	28	06653320
400 (16")	406.4	580	32	06653410

Ref. ISO

## Bridas ciegas DIN 2527 PN 10

Calidad AISI 316



diámetro	espesor	PN 10
150	16	06651770
165	18	06651780
200	20	06651790
220	20	06651800

Ref. ISO

diámetro	espesor	PN 10
250	22	06651807
285	22	06651815
340	24	06651830
340	24	06651840

Ref. ISO

Santa Cruz de Tenerife

Polígono Industrial los Majuelos, Calle Puntallana nº6.  
La Laguna. C.P. 38108

Tfno: +34 922 824 140 / Fax: +34 922 824 320

Las Palmas de Gran Canaria

Polígono Industrial Las Torres, Calle Arrecife nº 6  
Las Palmas de Gran Canaria. C.P.35010

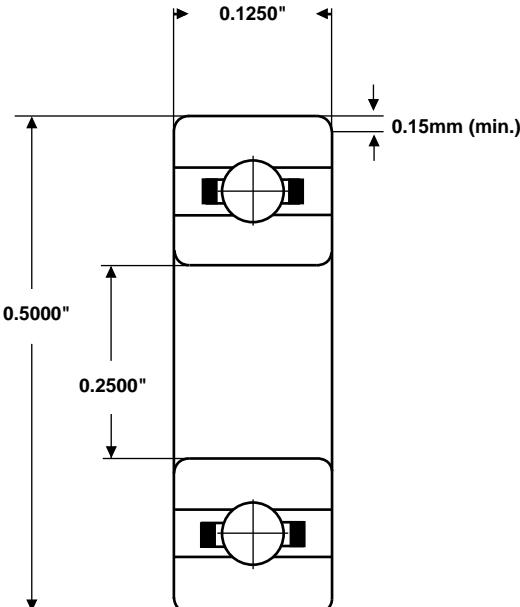
Tfno: +34 928 411 287 / Fax: +34 928 428 591



## Part Number: SR188



for illustration only



<b>Material (rings &amp; balls)</b>	KS440 / AISI-440C stainless steel
<b>Material (cage)</b>	AISI-304 stainless steel
<b>Closures</b>	None
<b>Load rating (stat)</b>	33 Kgf
<b>Load rating (dyn)</b>	86 Kgf
<b>Speed Limit *</b>	50,000 rpm
<b>Standard Lubrication **</b>	Aeroshell Fluid 12 oil

\* with adequate lubrication

\*\* may vary

These bearings comply with EU ROHS and REACH regulations.

RADIAL PLAY	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6
(microns)	0 - 5	3 - 8	5 - 10	8 - 13	13 - 20	20 - 28

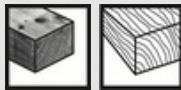
TOLERANCE	P0	P6	P5
<b>Bore Deviation</b>	+0 / -0.008mm	+0 / -0.007mm	+0 / -0.005mm
<b>OD Deviation</b>	+0 / -0.008mm	+0 / -0.007mm	+0 / -0.005mm
<b>Width Deviation</b>	+0 / -0.120mm	+0 / -0.120mm	+0 / -0.040mm
<b>Bore Variation</b>	10	9	5
<b>OD Variation</b>	10	9	5
<b>Width Variation</b>	15	15	5
<b>Inner Radial Runout</b>	10	6	4
<b>Outer Radial Runout</b>	15	8	5

SMB Bearings take no responsibility for any errors or omissions in this data sheet. We reserve the right to change specifications without prior notice. We recommend that adequate testing is carried out on products before they are determined as suitable for an application.

## Broca salomónica para madera, hexagonal



Las imágenes del producto en nuestro sitio web son sólo para referencia.  
El producto real, por favor consulte el producto físico.



**Número de parte 2 608 597 642**  
**Código de Barras 3165140183512**

### Descripción

- Longitud total 450 mm

### Denominación

Especificaciones	12 x 360 x 450 mm, d 6,35 mm
Texto del producto, AC gris	Longitud total 450 mm

### Especificaciones

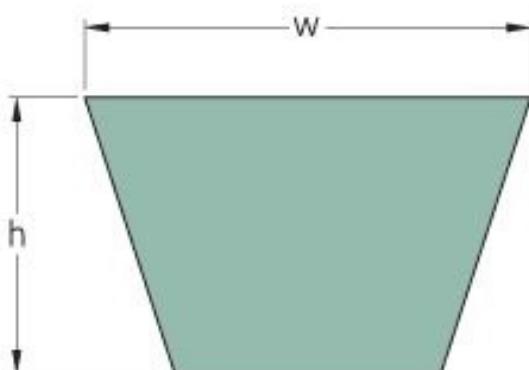
Diámetro (D) mm	12
Longitud de trabajo (L1) mm	360
Longitud total (L2) mm	450
Ancho de llave (d) mm	6,35
Broca, tipo	Brocas salomónicas
Diámetro (D) en pulgadas	1/4
Ancho de llave (d) en pulgadas	1/4
Vástago, forma	Vástago de inserción hexagonal
Broca, forma	de una espiral
Borde cortante, tipo	Filo principal y filo para corte previo
Sentido del corte	derecha

### Medidas del embalaje

Profundidad	10
Anchura	45
altura	510



# PHG Z21



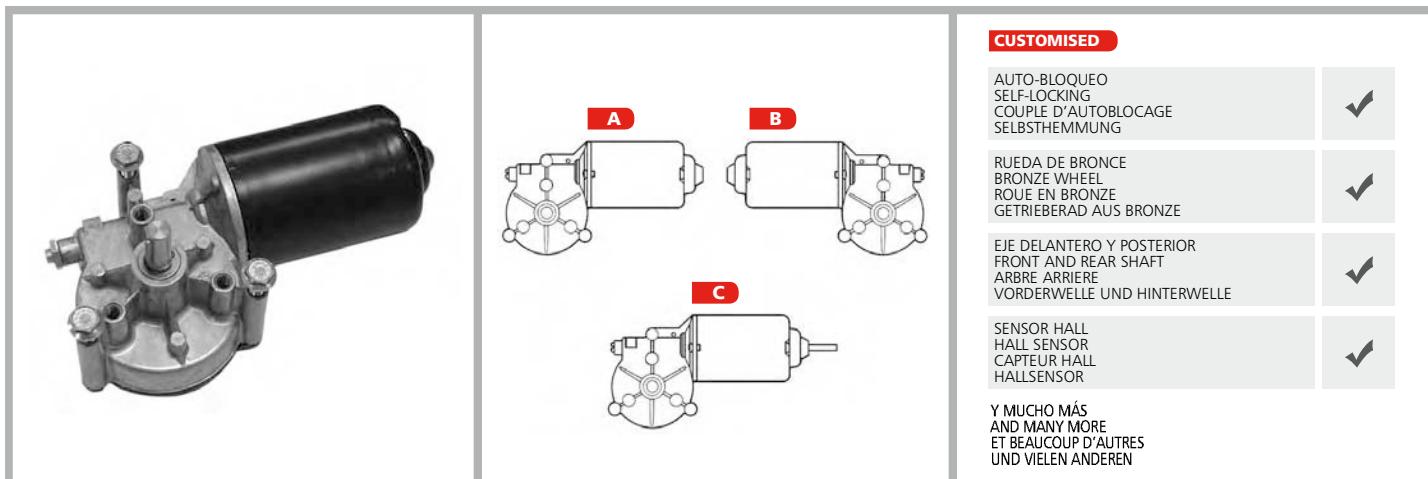
Belt marking	Z21
No. of ribs	1
Pitch length (mm)	545
Inside length (mm)	533
Inside length (in)	21
w = Width (mm)	10
h = Height (mm)	6

® SKF is a registered trademark of the SKF Group

© SKF Group 2012

The contents of this publication are the copyright of the publisher and may not be reproduced (even extracts) unless prior written permission is granted. Every care has been taken to ensure the accuracy of the information contained in this publication but no liability can be accepted for any loss or damage whether direct, indirect or consequential arising out of the use of the information contained herein.

**SKF**



## CUSTOMISED

AUTO-BLOQUEO  
SELF-LOCKING  
COUPLE D'AUTOBLOCAGE  
SELBSTHEMMUNG



RUEDA DE BRONCE  
BRONZE WHEEL  
ROUE EN BRONZE  
GETRIEBERAD AUS BRONZE



EJE DELANTERO Y POSTERIOR  
FRONT AND REAR SHAFT  
ARBRE AVANT ET ARRIÈRE  
VORDERWELLE UND HINTERWELLE

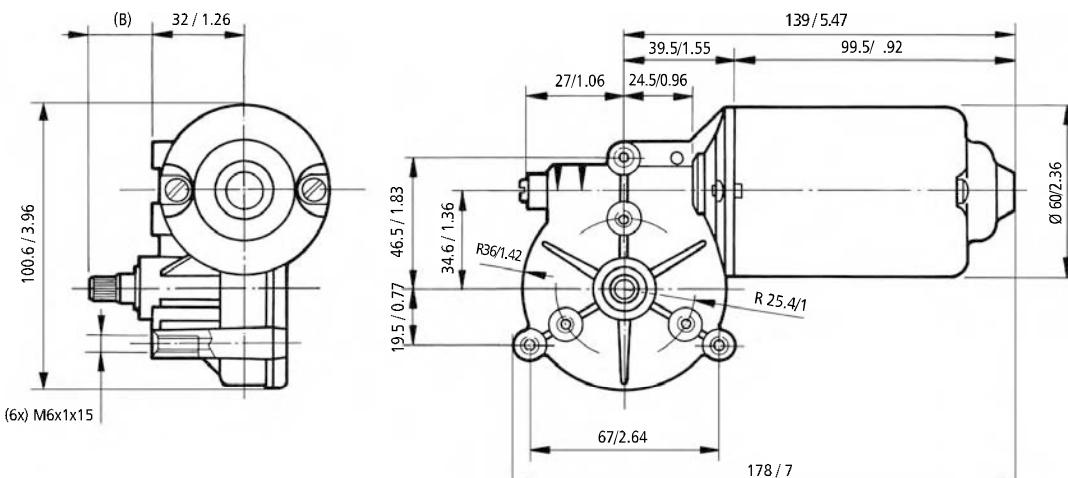


SENSOR HALL  
HALL SENSOR  
CAPTEUR HALL  
HALLSENSOR

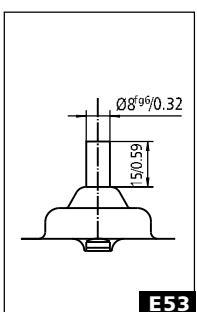
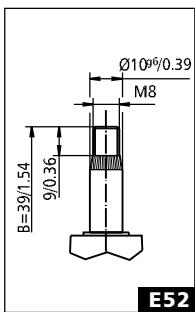
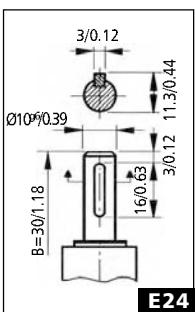
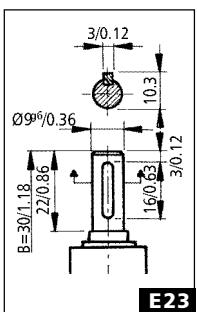
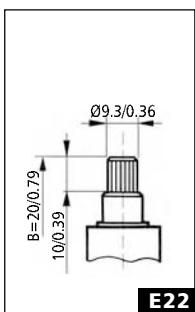


Y MUCHO MÁS  
AND MANY MORE  
ET BEAUCOUP D'AUTRES  
UND VIELEN ANDEREN

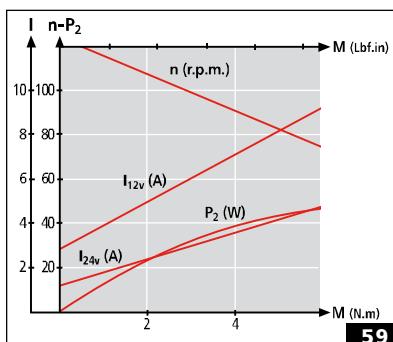
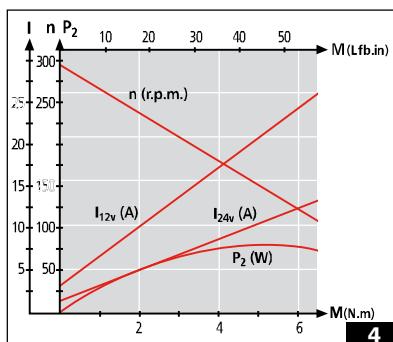
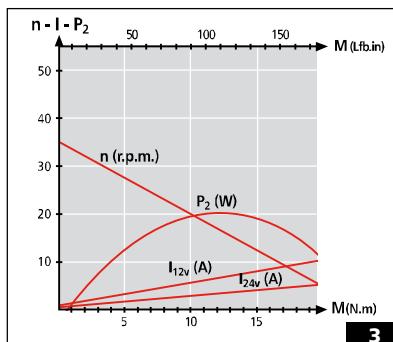
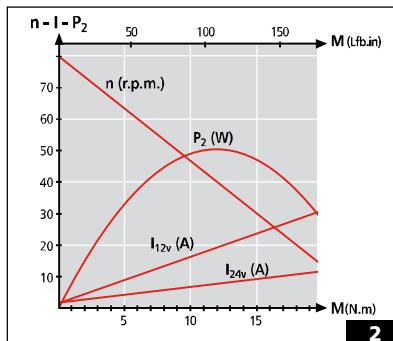
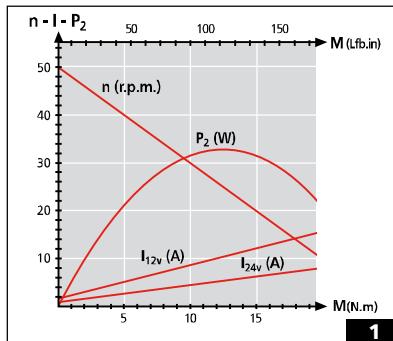
REFERENCE NUMBER REFERENCE REFERENZNUMMERN	TENSION NOMINAL NOMINAL VOLTAGE TENSIO Nominale NENNSPANNUNG	PAR NOMINAL NOMINAL TORQUE COUPLE NOMINAL DREHMOMENT NOMINAL	VELOCIDAD NOMINAL NOMINAL SPEED VITESSE NOMINALE GESCHWINDIGKEIT NOMINAL	CORRIENTE NOMINAL NOMINAL CURRENT COURANT NOMINAL NOMINALSTROM	PAR DE ARRANQUE STARTING TORQUE COUPLE DE DEMARRAGE ANZUGSDREHmoment	CORRIENTE DE ARRANQUE STARTING CURRENT COURANT DE DEMARRAGE ANLAUFSTROM	EJE ARBEIT WELLE	i	P (kg/lb.t)	IP	a	1			
111.3711.20.00	12	5 / 44.2	40	5	25 / 221.2	25	E22	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	1
111.3711.30.00	24	5 / 44.2	40	2.5	25 / 221.2	13	E22	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	1
111.3761.20.00	12	5 / 44.2	40	5	25 / 221.2	25	E23	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	1
111.3761.30.00	24	5 / 44.2	40	2.5	25 / 221.2	13	E23	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	1
111.3761.20.00E	12	5 / 44.2	40	5	25 / 221.2	25	E23	C25	F2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	1
111.3761.30.00E	24	5 / 44.2	40	2.5	25 / 221.2	13	E23	C25	F2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	1
111.3763.20.00	12	6 / 53.1	25	4	25 / 221.2	15	E23	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	3
111.3763.30.00	24	6 / 53.1	25	2	25 / 221.2	8	E23	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	3
111.4761.30.00	24	5 / 44.2	40	2.5	25 / 221.2	13	E23	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	b	1
111.9031.20.00	12	3 / 26.5	70	6	25 / 221.2	34	E23	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	2
111.9031.30.00	24	3 / 26.5	70	3	25 / 221.2	17	E23	C25	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	2
111.9039.20.00	12	1.5 / 13.2	240	8	14 / 123.9	46	E23	C26	EE1	49:4	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	4
111.9039.30.00	24	1.5 / 13.2	240	4	14 / 123.9	23	E23	C26	EE1	49:4	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	4
111.9041.30.00	24	5 / 44.2	40	2.5	25 / 221.2	13	E24	C25	EE2	62:1	1.30 / 3.48	IP53	BRO	a	1
111.9094.20.00	12	5 / 44.2	40	5	25 / 221.2	25	E52	C2	EE2	62:1	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	1
111.9107.30.00	24	1.5 / 13.2	240	4	14 / 123.9	23	E24/E53	C26	EE1	49:4	1.25 / 3.34	IP40	CEL	c	4
111.9199.20.00	12	3 / 26.5	100	6	20 / 177.01	48	E24	C26	F3	59:2	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	59
111.9199.30.00	24	3 / 26.5	100	3	20 / 177.01	24	E24	C26	F3	59:2	1.25 / 3.34	IP53	PLA	a	59



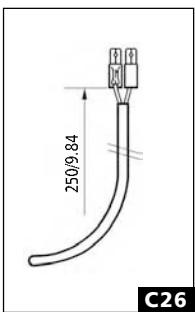
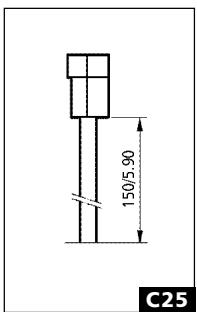
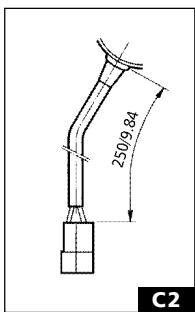
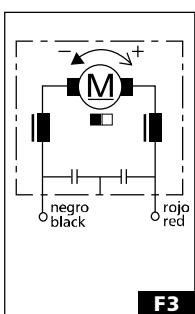
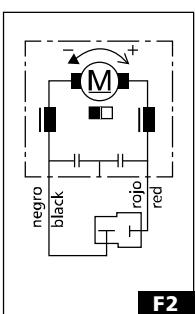
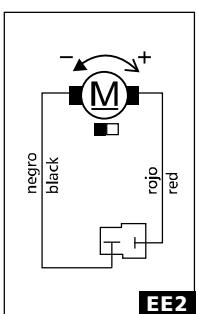
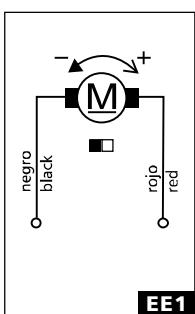
## EJE - SHAFT - ARBRE - WELLE

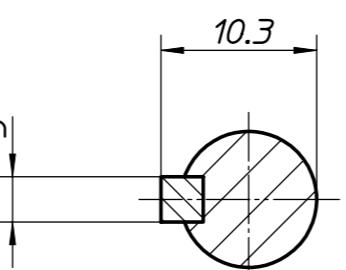
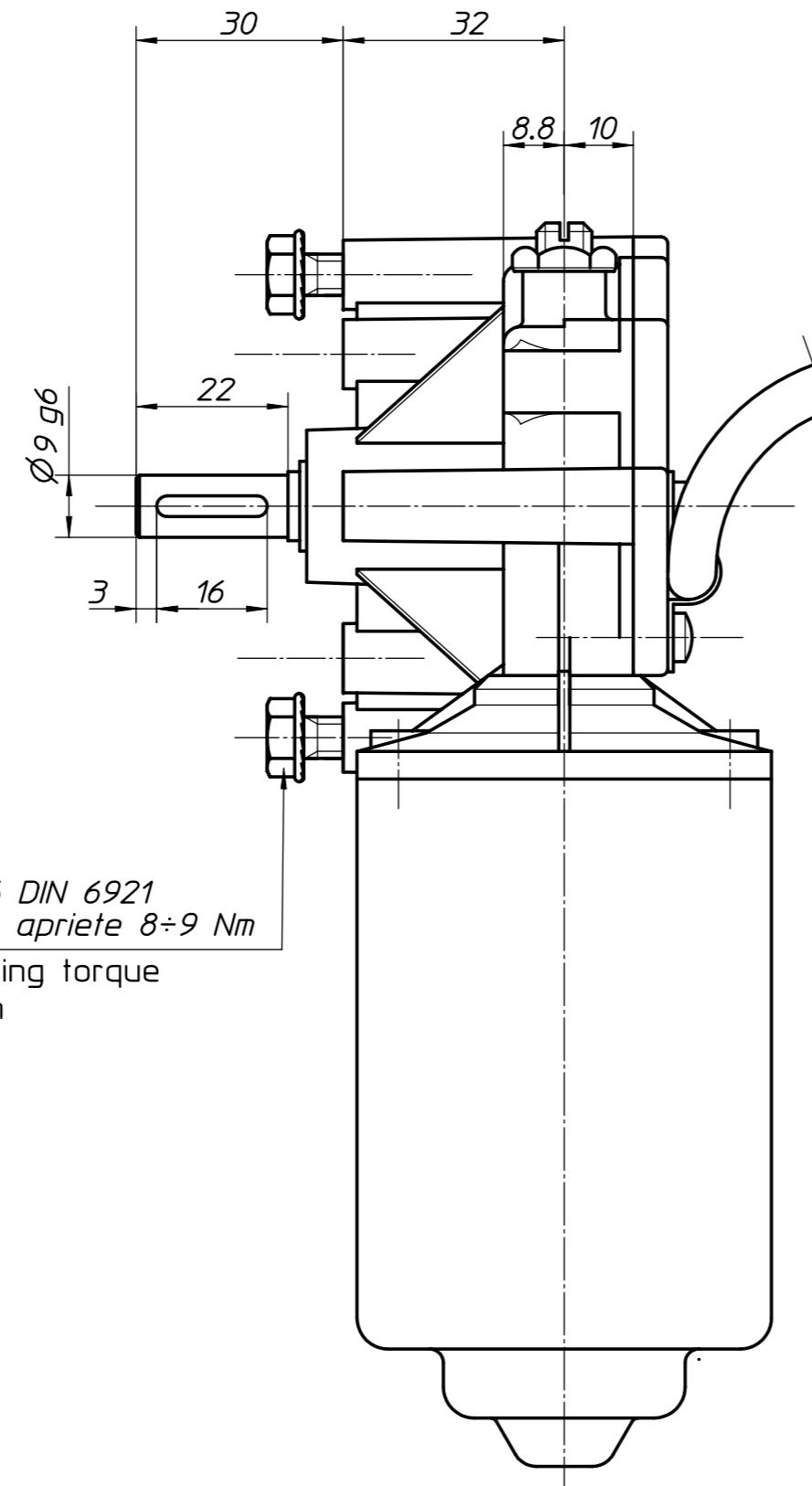
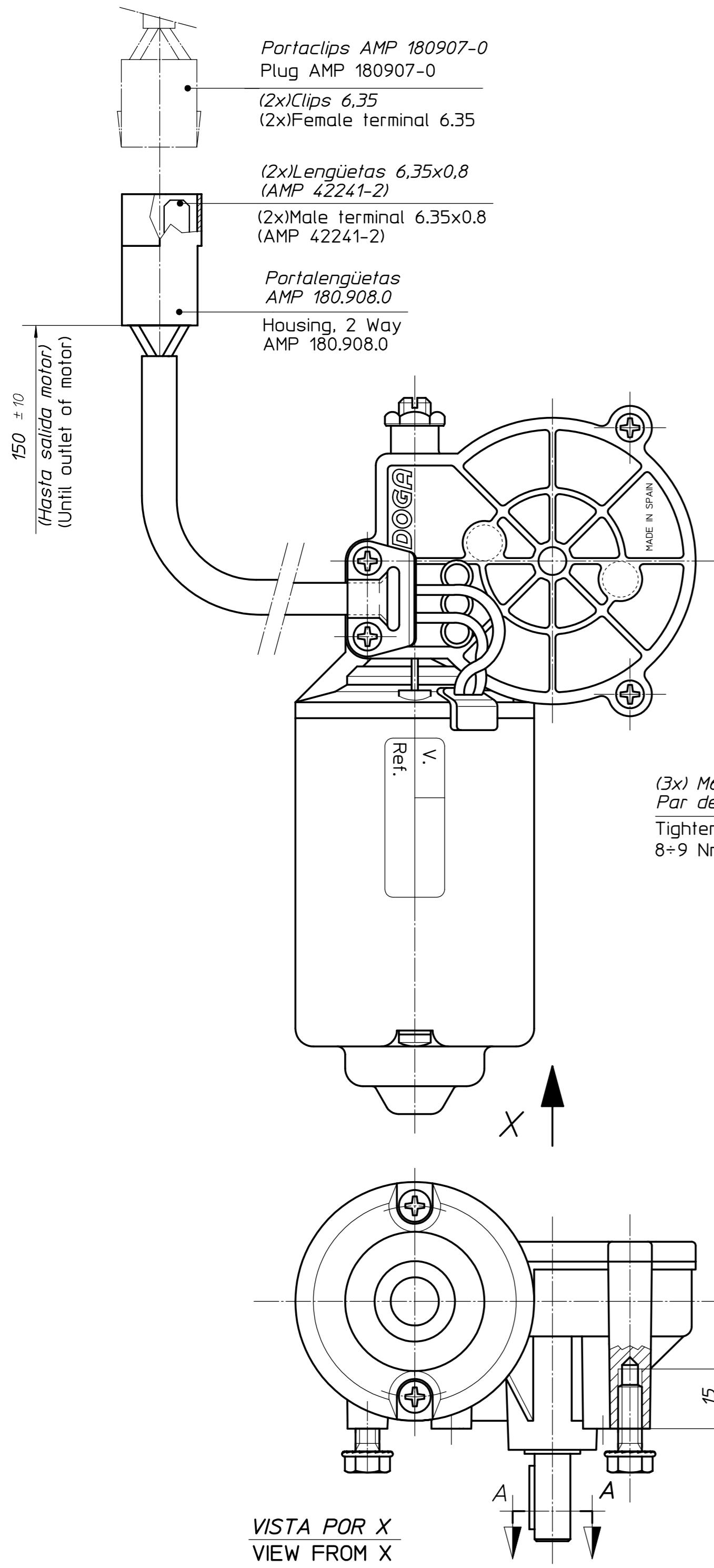


## CURVAS - CURVES - COURBES - KURVEN

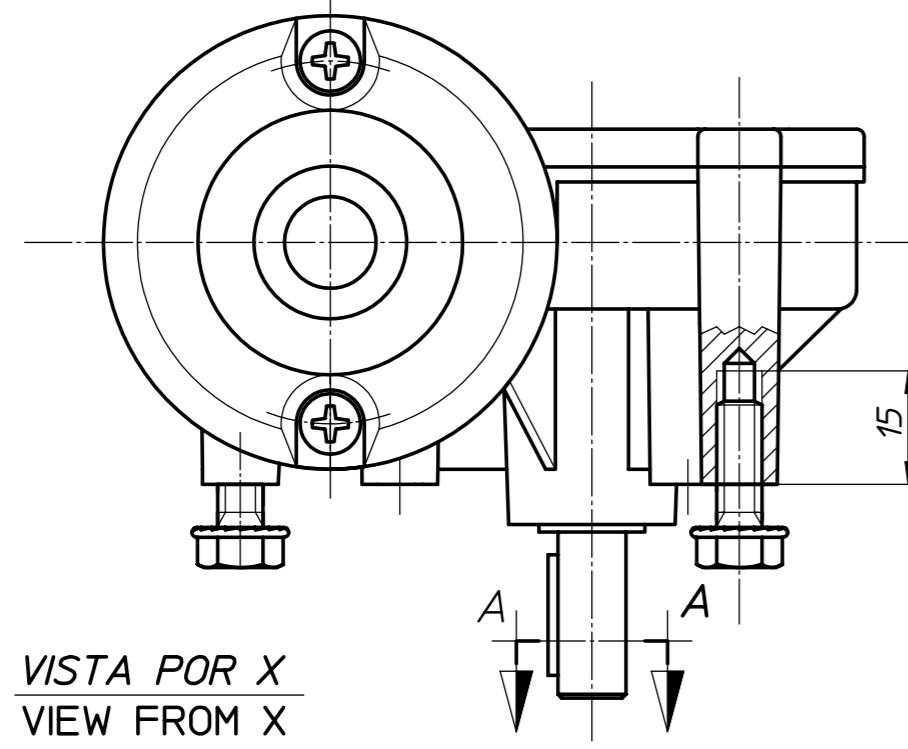


## CONEXIONES - CONNECTIONS - CONNEXIONS - ANSCHLUSSART

ESQUEMA ELÉCTRICO - WIRING DIAGRAM  
SCHÉME ÉLECTRIQUE - SCHALTBILD



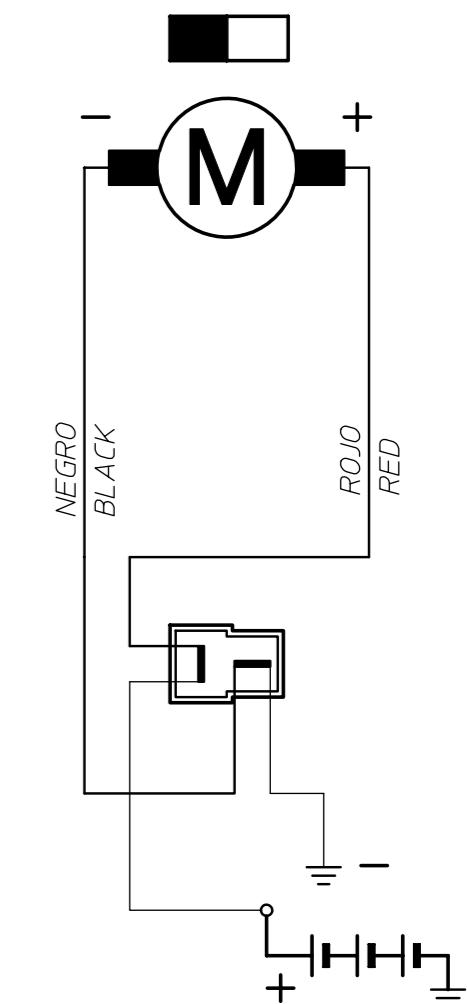
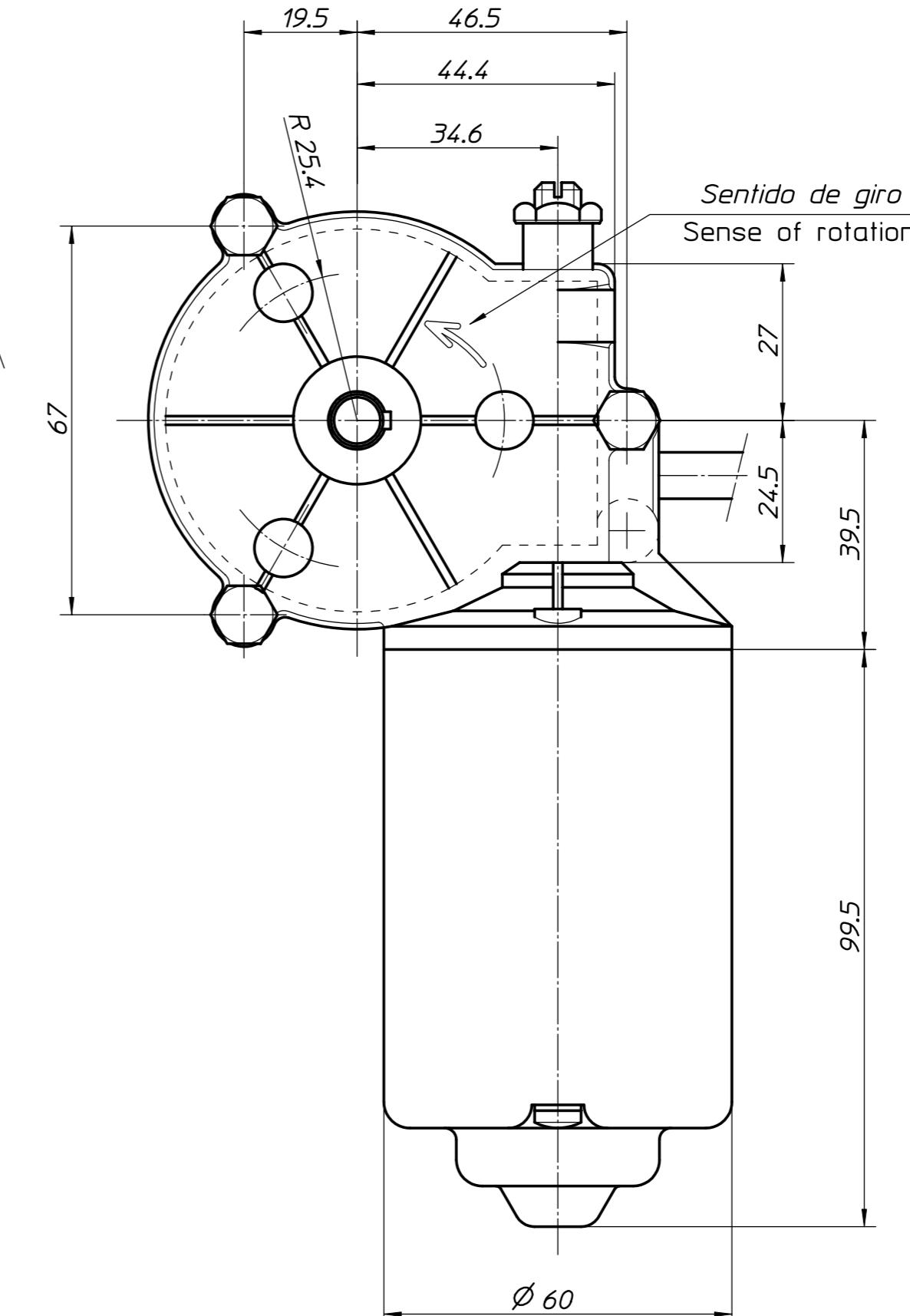
**SECCIÓN A-A**  
Escala 2:1  
**SECTION A-A**  
Scale 2:1



**VISTA POR X**  
VIEW FROM X

CARACTERISTICAS MOTOR 111 MOTOR PERFORMANCE TYPE 111			12V
DATOS EN VACIO NO LOAD PERFORMANCE			Par de arranque Starting torque
Velocidad Speed	Intensidad Current	r.p.m	
n1	≤ 1.6 A	50 ±5	≥ 25 N.m
Tensión de prueba 13 V. Testing voltage 13 V			

CARACTERISTICAS MOTOR 111 MOTOR PERFORMANCE TYPE 111			24V
DATOS EN VACIO NO LOAD PERFORMANCE			Par de arranque Starting torque
Velocidad Speed	Intensidad Current	r.p.m	
n1	≤ 0.8 A	50 ±5	≥ 25 N.m
Tensión de prueba 26 V. Testing voltage 26 V			



**ESQUEMA DE CONEXIONES**  
WIRING DIAGRAM

**PC**

REF. MOTOR WIPER MOTOR REFERENCE	TENSION (V)
111.3761.20.00	12 V
111.3761.30.00	24 V

H.P. ME10 CAD DRAWN			MATERIAL	COTAS SIN TOLERANCIA
DIBUJADO	07-10-02	VERÓNICA	COMPROBADO	0.2 0.1 0.2 ±2° ≤400 ≤1000 ±2 ≤120 ≤400 ±1 ≤30 ≤120 ±0.5 ≤6 ≤30 ±0.3 ≤6 ±0.3
ESCALA	1:1	(2:1)	TRATAMIENTO O ACABADO	
DENOMINACION	<b>MOTOR 111</b>			
CLIENTE	REF.CLIENTE	VEHICULO	REFERENCIA	Modif.
			111.3761_0.00	
			Sustituye a:	
			Sustituido por:	

**DOGA**

LIMPIAPARABRISAS - COMPONENTES AUTOMOCION

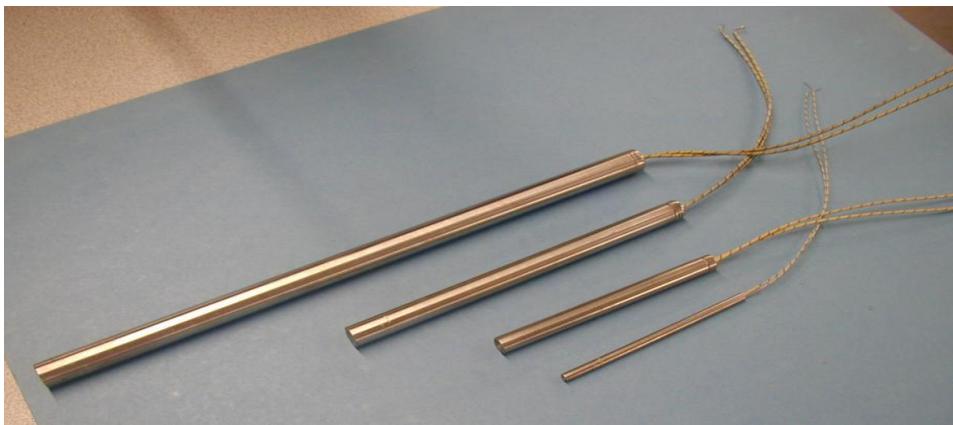
ABRERA - BARCELONA ESPAÑA

REFERENCIA  
Modif.



**RS- 8606748**

## **Cartridge Heater, 10mmX90mm, 150W**



### **Standard Features and Internal Construction:-**



1. High temperature lead wires for temperatures up to 450° C.
2. High impact ceramic cap retards contamination and is suitable for high vibration applications. Deep holes in cap prevent fraying of leads when bent.
3. Nickel-chromium resistance wire for maximum heater life, evenly wound for even heat distribution.
4. High purity magnesium oxide fill selected for maximum dielectric strength and thermal conductivity, highly compacted for maximum heat transfer.
5. 304 stainless steel sheath for oxidation resistance in a wide variety of environments. 316 stainless steel and Incoloy are also available. Please consult the application guide in the back for help in determining which material is best for your application.
6. TIG welded end disc to prevent contamination and moisture absorption.

### **Technical Specifications:-**

- Diameter : 10mm (9.86mm to 9.98mm Tolerance)
- Length : 90mm $\pm$ 3% Length
- Voltage : 220V AC
- Wattage : 150W $\pm$ 10% Wattage
- Lead wires : 10 inch long
- Lead wire insulation : Fibreglass

# **RS Cartridge Heaters**

## **Cartridge Heaters**

RS cartridge heaters provide excellent heat transfer and long life. Cartridge heaters are designed for push fit into holes of nominal diameters and are manufactured from the highest quality materials. Cartridge heaters are used for heating solids such as Dies, Molds, Platens and various other applications demanding localized heating and are suitable for temperatures up to 800 deg C. They are generally not suitable for liquids but the nipple design can be used which provides a water-tight seal, low wattage should be selected.

Cartridge heaters are available in metric and imperial sizes 6.5mm(1/4") to 40mm(1.5") diameters and up to 2m in length.

They are supplied with high watt densities as standard for the most demanding of applications,

medium and low are also offered on request.

Below you can see a few selections of terminations we offer, others also can also be easily made.



### **Material Specification**

- Welded watertight base (Tig) to withstand pressure up to 60 kg/cm<sup>2</sup>.
- Calibrated stainless steel AISI 304/316/321/ INCOLOY.
- Disc ceramic insulator.
- Pure granulometric magnesium oxide.
- Nickel-chromium 80/20 heater wire. Melting point 1400° C.
- Ceramic core.
- Hard ceramic head.
- Conductor lead.
- Hard refracting paste.

### **Conductor without connections**

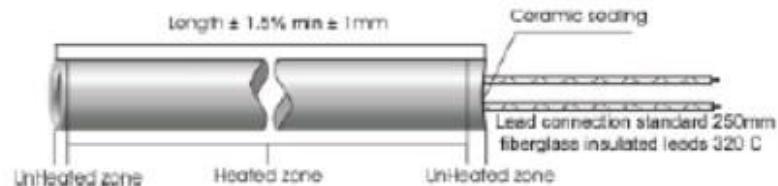
Cartridge heaters provide excellent heat transfer and are sheathed in Stainless Steel tubes. Cartridge heaters are designed for push fit into holes of nominal diameters. Cartridge heaters are used for heating Dies, Molds, Platens and various other applications demanding localized heating.

Cartridge heaters are available in metric and imperial sizes 6.5mm(1/4") to 40mm(1.5") diameters, Low, Medium, and High watt density.

**TYP 1 standard**

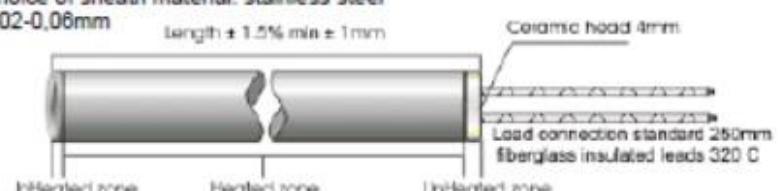
Choice of sheath material: stainless steel

0,02-0,06mm

**TYP 2 ceramic**

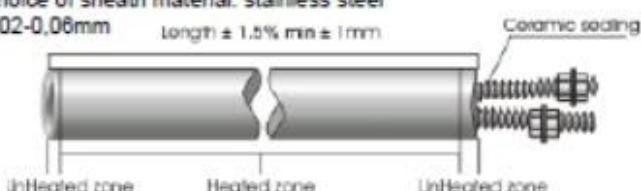
Choice of sheath material: stainless steel

0,02-0,06mm

**TYP 3 thread**

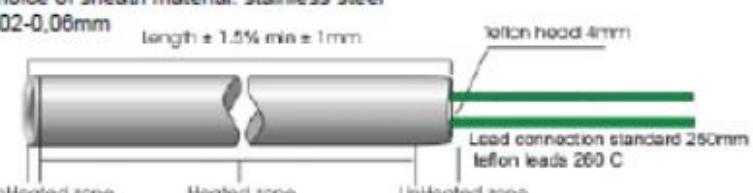
Choice of sheath material: stainless steel

0,02-0,06mm

**TYP 4 teflon**

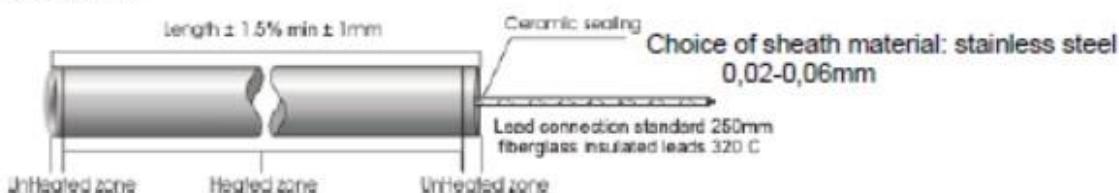
Choice of sheath material: stainless steel

0,02-0,06mm

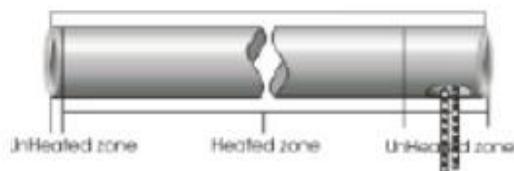
**TYP 5 monopole**

Choice of sheath material: stainless steel

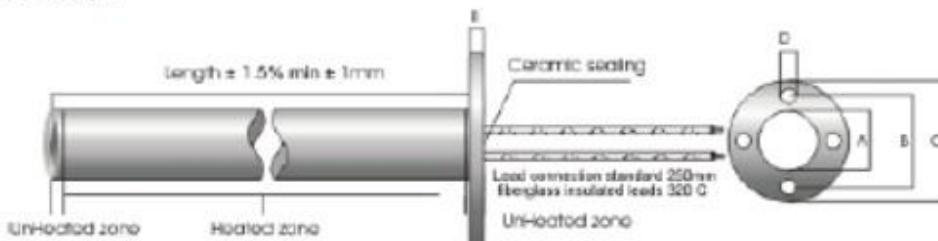
0,02-0,06mm



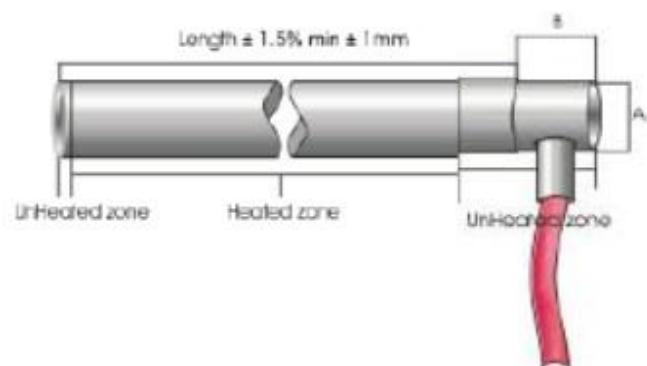
**TYP 6 standard**  
Choice of sheath material: stainless steel  
0,02-0,06mm



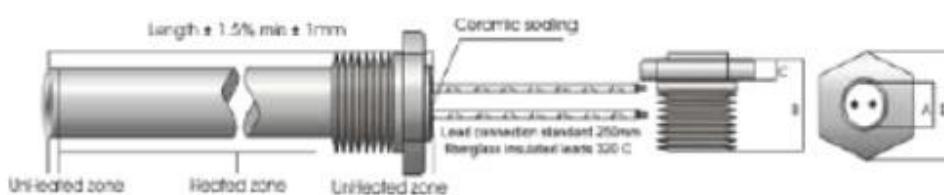
**TYP 7 WASHER**  
Choice of sheath material: stainless steel  
0,02-0,06mm



**TYP 8 cylinder**  
Choice of sheath material: stainless steel  
0,02-0,06mm



**TYP 9 nipple**  
Choice of sheath material: stainless steel  
0,02-0,06mm



**Very Important**

The cartridges must be adjusted as much as possible. When a hole has to be drilled for the housing of the cartridge, the following factors should be noted: The inside of the drilled hole must be uniform, without gratings or un-even diameters. Finishing off with reaming of the hole is recommended. As the heat rises the distribution is less at the ends and the heat is concentrated in the middle.

The connections must never be inside the drilled hole, as there is the risk of shorting and leads burning. The connection must be protected to prevent possible spilling of fluids and the entry of plastic, gases, etc. The temperature of Cartridge heaters should be regulated using an appropriate temperature control device. There must be a minimum space of 3 diameters between the cartridges. Ensure that the drilled hole has an outlet as to make removal easier.

Stock heaters have normally watt densities of 8 to 11 w/cm<sup>2</sup>

**Formulae for installation****HEATING OF SOLID, FLUIDS OR GASES WITHIN A SPECIFIC TIME**

This calculation does not take into account the eventual heat loss.

$$W/cm^2 = \frac{P}{S}$$

P = Power on installing in Kw

V = Volume to be heated in l. (or dm<sup>3</sup>)

p = weight in kg/dm<sup>3</sup>

V<sub>p</sub> = weight on heating in kg

t<sub>1</sub> = Initial temperature in °C

t<sub>2</sub> = final temperature in °C

C<sub>p</sub> = specific heat in Kcal/ Kg x °C

T = Time of heating (in hours)

1.2 = Coefficient of seconds, considering tolerance on tension of the sector and on the ohm value of the cartridge

**CALCULATION OF W/cm<sup>2</sup>**

W/cm<sup>2</sup> = charge of the surface w/cm<sup>2</sup>

P = power of the cartridge heater (w)

S = surface (cm<sup>2</sup>) = diameter. Length heated ( units in cms)

$$P = \frac{V \times P \times c \times P \times (t_2 - t_1) \times 1.2}{860 \times T}$$

Thank you for purchasing the RKC instrument. In order to achieve maximum performance and ensure proper operation of your new instrument, carefully read all the instructions in this manual. Please place this manual in a convenient location for easy reference.

**WARNING**

- An external protection device must be installed if failure of this instrument could result in damage to the instrument, equipment or injury to personnel.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument must be used in accordance with the specifications to prevent fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument is not intended for use in locations subject to flammable or explosive gases.
- Do not touch high-voltage connections such as power supply terminals, etc. to avoid electric shock.
- RKC is not responsible if this instrument is repaired, modified or disassembled by other than factory-approved personnel. Malfunction can occur and warranty is void under these conditions.

**CAUTION**

- This is a Class A instrument. In a domestic environment, this instrument may cause radio interference, in which case the user may be required to take adequate measures.
- This instrument is protected from electric shock by reinforced insulation. Provide reinforced insulation between the wire for the input signal and the wires for instrument power supply, source of power and loads.
- Be sure to provide an appropriate surge control circuit respectively for the following:
  - If input/output or signal lines within the building are longer than 30 meters.
  - If input/output or signal lines leave the building, regardless the length.
- This instrument is designed for installation in an enclosed instrumentation panel. All high-voltage connections such as power supply terminals must be enclosed in the instrumentation panel to avoid electric shock by operating personnel.
- All precautions described in this manual should be taken to avoid damage to the instrument or equipment.
- All wiring must be in accordance with local codes and regulations.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, instrument failure, or incorrect action. The power must be turned off before repairing work for input break and output failure including replacement of sensor, contactor or SSR, and all wiring must be completed before power is turned on again.
- To prevent instrument damage of failure, protect the power line and the input/output lines from high currents with a protection device such as fuse, circuit breaker, etc.
- Prevent metal fragments or lead wire scraps from falling inside instrument case to avoid electric shock, fire or malfunction.
- Tighten each terminal screw to the specified torque found in the manual to avoid electric shock, fire or malfunction.
- For proper operation of this instrument, provide adequate ventilation for heat dispensation.
- Do not connect wires to unused terminals as this will interfere with proper operation of the instrument.
- Turn off the power supply before cleaning the instrument.
- Do not use a volatile solvent such as paint thinner to clean the instrument. Deformation or discoloration will occur. Use a soft, dry cloth to remove stains from the instrument.
- Avoid damage to instrument display, do not rub with an abrasive material or push front panel with a hard object.
- Do not connect modular connectors to telephone line.

**NOTICE**

- This manual assumes that the reader has a fundamental knowledge of the principles of electricity, process control, computer technology and communications.
- The figures, diagrams and numeric values used in this manual are only for purpose of illustration.
- RKC is not responsible for any damage or injury that is caused as a result of using this instrument, instrument failure or indirect damage.
- Periodic maintenance is required for safe and proper operation of this instrument. Some components have a limited service life, or characteristics that change over time.
- Every effort has been made to ensure accuracy of all information contained herein. RKC makes no warranty expressed or implied, with respect to the accuracy of the information. The information in this manual is subject to change without prior notice.
- No portion of this document may be reprinted, modified, copied, transmitted, digitized, stored, processed or retrieved through any mechanical, electronic, optical or other means without prior written approval from RKC.

**1. PRODUCT CHECK**

	C400	C410	C700	C900
C100	□□□□-□ *□□	□□□□-□□ *□□	(1)(2) (3) (4) (6)(7)	(1)(2) (3) (4)(5) (6)(7)

**(1) Control action**

- F: PID action with autotuning (Reverse action)  
 D: PID action with autotuning (Direct action)  
 W: Heat/cool PID action with autotuning (Water cooling)<sup>1</sup>  
 A: Heat/cool PID action with autotuning (Air cooling)<sup>1</sup>

**(2) Input type, (3) Range code**

See "9. INPUT RANGE TABLE."

**(4) First control output [OUT1] (Heat-side)**

- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| M: Relay contact               | 8: Current (4 to 20 mA DC) |
| V: Voltage pulse               |                            |
| G: Trigger (for triac driving) |                            |

**(5) Second control output [OUT2] (Cool-side)<sup>3</sup>**

- |                                           |                            |
|-------------------------------------------|----------------------------|
| No symbol: When control action is F or D. | M: Relay contact           |
| V: Voltage pulse                          | 8: Current (4 to 20 mA DC) |

**(6) Alarm 1 [ALM1], (7) Alarm 2 [ALM2]**

N: No alarm	H: Process high alarm
A: Deviation high alarm	J: Process low alarm
B: Deviation low alarm	K: Process high alarm with hold action
C: Deviation high/low alarm	L: Process low alarm with hold action
D: Band alarm	P: Heater break alarm (CTL-6) <sup>4</sup>
E: Deviation high alarm with hold action	S: Heater break alarm (CTL-12) <sup>4</sup>
F: Deviation low alarm with hold action	R: Control loop break alarm <sup>5</sup>
G: Deviation high/low alarm with hold action	

<sup>1</sup> C100 cannot be specified in Heat/cool PID action.

<sup>2</sup> For the C100, when control output is trigger output for triac driving, only the ALM1 is available.

<sup>3</sup> For the C100, there is no second control output.

<sup>4</sup> Heater break alarm cannot be specified in case of ALM1. Also, it isn't possible to specify when control output is current output.

<sup>5</sup> As control loop break alarm, only either the ALM1 or ALM2 is selected.

Check that power supply voltage is also the same as that specified when ordering.

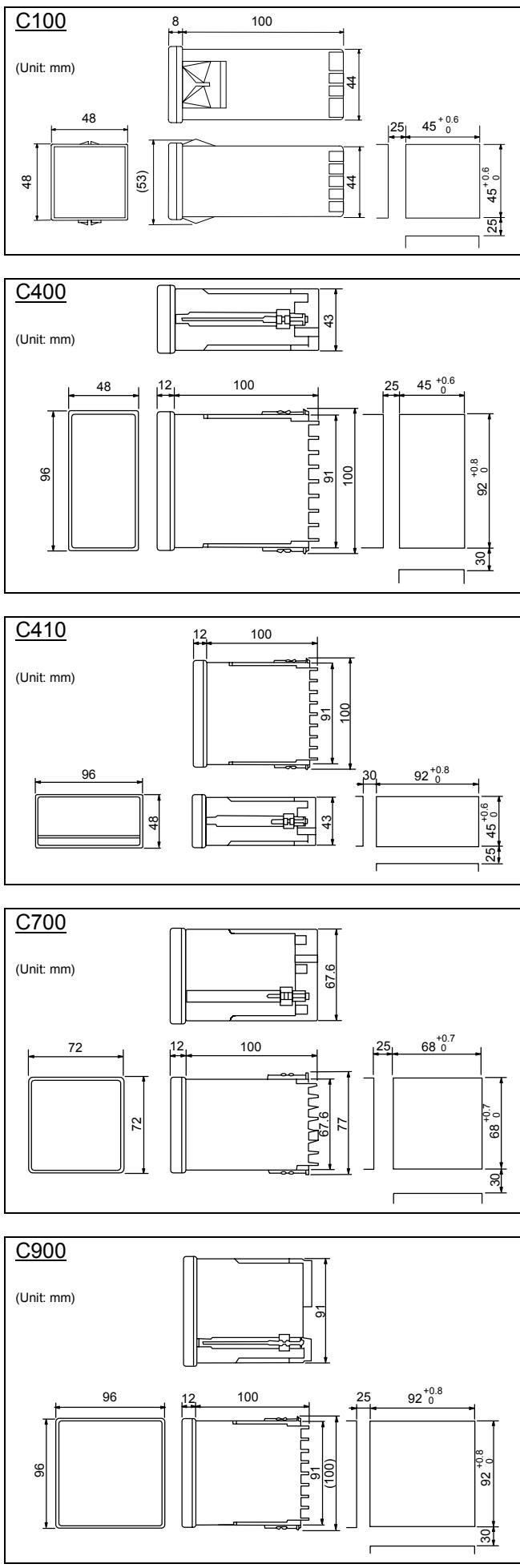
**<Accessories>**

- Mounting brackets (C100/C400/C410/C700/C900): 2
- Instruction manual (IMNZC21-E1): 1

**2. MOUNTING****2.1 Mounting Cautions**

- This instrument is intended to be used under the following environmental conditions. (**IEC61010-1**)  
 [OVERVOLTAGE CATEGORY II, POLLUTION DEGREE 2]
- Use this instrument within the following ambient temperature and ambient humidity.
  - Allowable ambient temperature: 0 to 50 °C
  - Allowable ambient humidity: 45 to 85 % RH
- Avoid the following when selecting the mounting location.
  - Rapid changes in ambient temperature which may cause condensation.
  - Corrosive or inflammable gases.
  - Direct vibration or shock to the mainframe.
  - Water, oil, chemicals, vapor or steam splashes.
  - Excessive dust, salt or iron particles.
  - Excessive induction noise, static electricity, magnetic fields or noise.
  - Direct air flow from an air conditioner.
  - Exposure to direct sunlight.
  - Excessive heat accumulation.

## 2.2 Dimensions

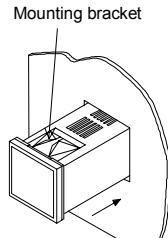


## 2.3 Mounting procedures

### ■ C100

- When the controllers are mounted on panel with 1 to 5 mm in thickness

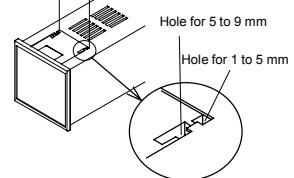
Since the mounting brackets are already installed on the controller, insert the controller into the panel front without removal of the brackets.



- When the controllers are mounted on panel with 5 to 9 mm in thickness

Remove the mounting brackets from the controller with a slotted screwdriver.

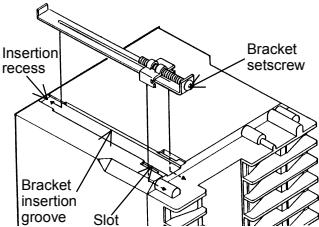
Engage each mounting bracket with holes marked with 5-9 on the housing and then insert the controller into the panel from the panel front.



### ■ C400/C410/C700/C900

1. Prepare the panel cutout as specified in 2.2 Dimensions.
2. Insert the instrument through the panel cutout.
3. Insert an upper mounting bracket along the bracket insertion groove from the back, and then engage a projection at the bracket end with a recess at the groove front and also insert metal fitting legs into slots.
4. Tighten a bracket setscrew from the rear of the bracket with Phillips screwdriver. Do not overtighten the bracket setscrew.
5. The other mounting bracket should be installed the same way described in 3. and 4.

C900 is used in the above figures for explanation, but the same mounting procedures also apply to C400/C410/C700.



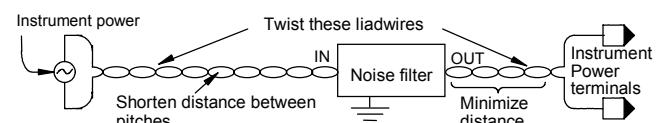
## 3. WIRING



To prevent electric shock or instrument failure, do not turn on the power until all the wiring is completed.

### 3.1 Wiring Cautions

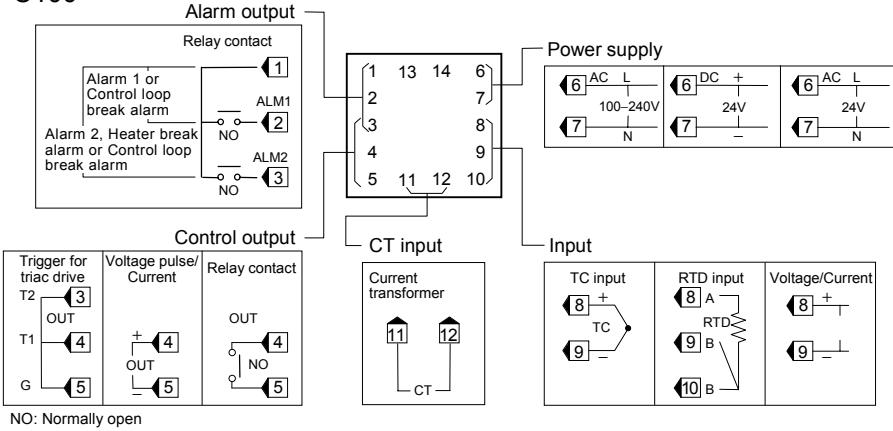
- For thermocouple input, use the appropriate compensation wire.
- For RTD input, use low resistance lead wire with no difference in resistance between the three lead wires.
- To avoid noise induction, keep input signal wire away from instrument power line, load lines and power lines of other electric equipment.
- If there is electrical noise in the vicinity of the instrument that could affect operation, use a noise filter.
  - Shorten the distance between the twisted power supply wire pitches to achieve the most effective noise reduction.
  - Always install the noise filter on a grounded panel. Minimize the wiring distance between the noise filter output and the instrument power supply terminals to achieve the most effective noise reduction.
  - Do not connect fuses or switches to the noise filter output wiring as this will reduce the effectiveness of the noise filter.



- Power supply wiring must be twisted and have a low voltage drop.
- About 5 to 6 seconds are required as preparation time for contact output every time the instrument is turned on. Use a delay relay when the output line, is used for an external interlock circuit.
- This instrument is not furnished with a power supply switch or fuses. Therefore, if a fuse or power supply switch is required, install close to the instrument.
  - Fuse type: Time-lag fuse
  - Recommended fuse rating: Rated voltage 250 V      Rated current: 1 A
- For an instrument with 24 V power supply, supply power from a SELV circuit.

## 3.2 Terminal Configuration

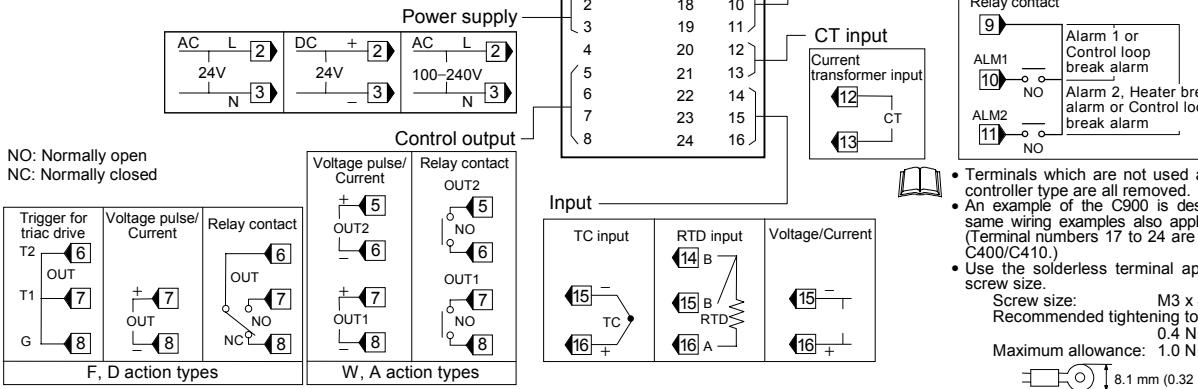
C100



- Terminals which are not used according to the controller type are all removed.
- When control output is trigger output for triac driving, the number of alarm output points becomes 1.
- Use the solderless terminal appropriate to the screw size.  
Screw size: M3 x 6  
Recommended tightening torque: 0.4 N·m [4 kgf·cm]  
Maximum allowance: 0.7 N·m [7 kgf·cm]

6.2 mm (0.24 inch) or less

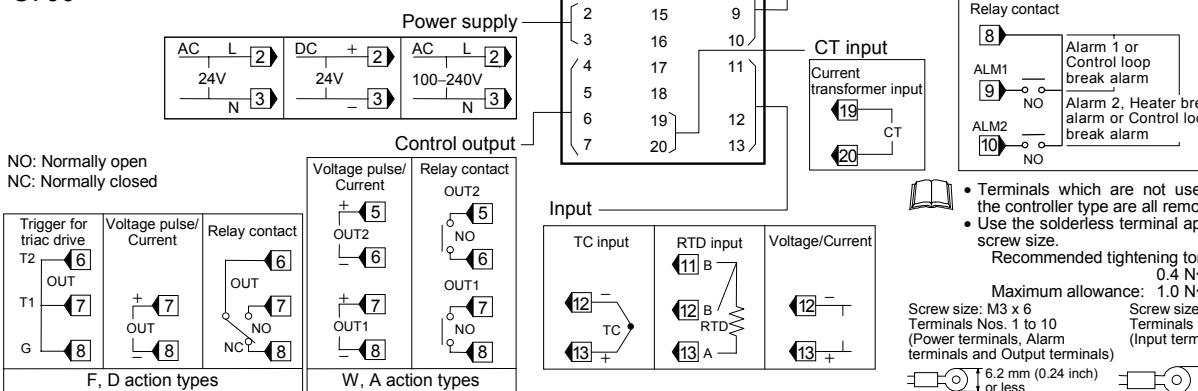
C400, C410, C900



- Terminals which are not used according to the controller type are all removed.
- An example of the C900 is described here, the same wiring examples also apply to C400/C410. (Terminal numbers 17 to 24 are not provided for C400/C410.)
- Use the solderless terminal appropriate to the screw size.  
Screw size: M3 x 8  
Recommended tightening torque: 0.4 N·m [4 kgf·cm]  
Maximum allowance: 1.0 N·m [10 kgf·cm]

8.1 mm (0.32 inch) or less

C700



- Terminals which are not used according to the controller type are all removed.
- Use the solderless terminal appropriate to the screw size.  
Recommended tightening torque:  
Screw size: M3 x 6  
Maximum allowance: 1.0 N·m [10 kgf·cm]  
Screw size: M3 x 8  
Terminals Nos. 1 to 10 (Power terminals, Alarm terminals and Output terminals)  
Terminals Nos. 11 to 13 (Input terminals)

6.2 mm (0.24 inch) or less 8.1 mm (0.32 inch) or less

### ■ Specifications

#### Input:

##### Input type:

Thermocouple: K, J, R, S, B, E, T, N, PLII, W5Re/W26Re, U, L  
Input impedance: Approx. 1 MΩ

RTD: Pt100, JPt100  
Voltage: 0 to 5 V DC, 1 to 5 V DC  
Input impedance: 250 kΩ or more

Current: 0 to 20 mA DC, 4 to 20 mA DC  
Input impedance: Approx. 250 Ω

**Sampling cycle:** 0.5 seconds

**Input range:** See Input range table

**Control method:** PID control  
ON/OFF, P, PI, or PD actions is available

##### Control output:

Relay contact output: 250 V AC, 3A (Resistive load)  
Electrical life: 300,000 times or more (Rated load)

Voltage pulse output: 0/12 V DC  
(Load resistance 600 Ω or more)

Current output: 4 to 20 mA DC  
(Load resistance 600 Ω or less)

Trigger output (for triac driving):  
Zero cross method for medium capacity  
triac driving (100 A or less)  
Load voltage used:  
100 V AC line, 200 V AC line  
Load used: Resistive load

#### Alarm output:

##### Relay contact output:

250 V AC, 1A (Resistive load)  
Electrical life: 50,000 times or more  
(Rated load)

##### Heater break alarm function:

##### Measured current:

0 to 30 A (CTL-6-P-N)

0 to 100 A (CTL-12-S56-10L-N)

Input rating: Maximum current rating: 120 mA

Input impedance: Approx. 2.5 Ω

##### Performance:

##### Display accuracy (at the ambient temperature 23 °C ± 2 °C):

##### Thermocouple:

± (0.5 % of display value + 1 digit) or ± 3 °C [6 °F]

##### Whichever is greater

R and S input: 0 to 399 °C [0 to 799 °F]:

± 6 °C [12 °F]

B input: 0 to 399 °C [0 to 799 °F]:

Accuracy is not guaranteed.

##### RTD:

± (0.5 % of display value + 1 digit)

or ± 0.8 °C [1.6 °F]

whichever is greater

Voltage/Current: ± (0.5 % of span + 1 digit)

#### Memory backup:

Backed up by Nonvolatile Memory  
Number of write times:

Approx. 100,000 times

Data storage period:

Approx. 10 years

#### Power:

##### Power supply voltage:

85 to 264 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz

Rating: 100 to 240 V AC

21.6 to 26.4 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz

Rating: 24 V AC

21.6 to 26.4 V DC (Power supply voltage range)

Rating: 24 V DC

##### Power consumption:

6 VA max. (at 100 V AC)

9 VA max. (at 240 V AC)

6 VA max. (at 24 V AC)

145 mA max. (at 24 V DC)

#### Weight:

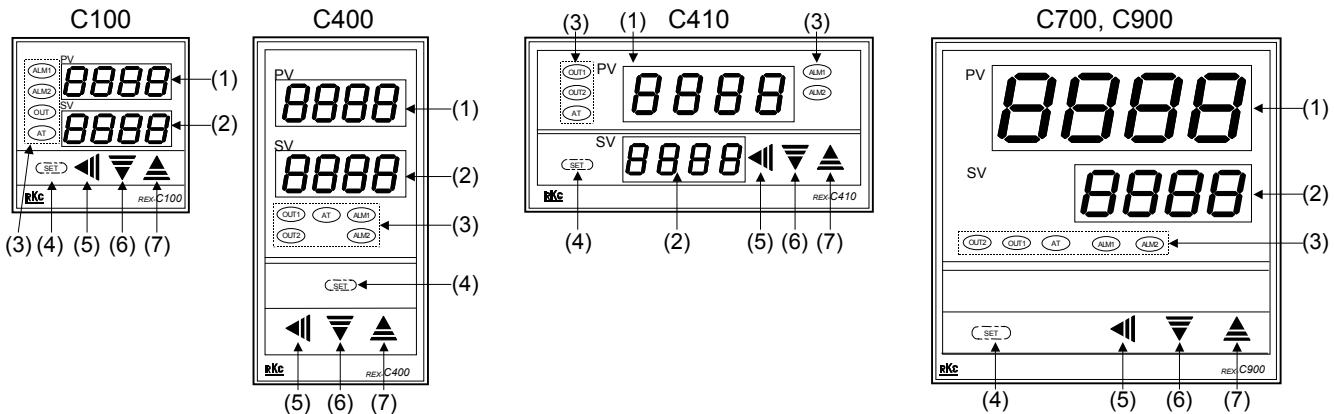
C100: Approx. 170 g

C700: Approx. 250 g

C400/C410: Approx. 260 g

C900: Approx. 340 g

## 4. PARTS DESCRIPTION



**(1) Measured value (PV) display [Green]**  
Displays PV or various parameter symbols.

**(2) Set value (SV) display [Orange]**  
Displays SV or various parameter set values (or CT input value).

**(3) Indication lamps**

**Alarm output lamps (ALM1, ALM2) [Red]**

ALM1: Lights when alarm 1 output is turned on.  
ALM2: Lights when alarm 2 output is turned on.

**Autotuning (AT) lamp [Green]**  
Flashes when autotuning is activated.  
(After autotuning is completed: AT lamp will become OFF)

**Control output lamps**

**(OUT1 [Yellow], OUT2 [Green])**

OUT1: Lights when control output is turned on.\*  
OUT2: Lights when cool-side control output is turned on.

**(4) (SET) (Set key)**  
Used for parameter calling up and set value registration.

**(5) (Shift key)**  
Shift digits when settings are changed.

**(6) (DOWN key)**  
Decrease numerals.

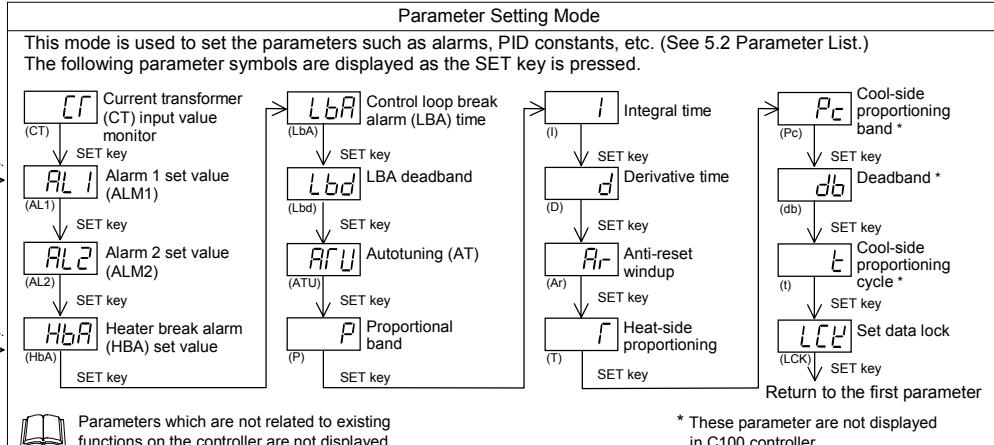
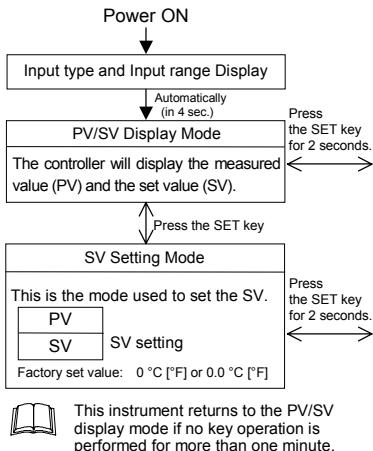
**(7) (UP key)**  
Increase numerals.



To avoid damage to the instrument,  
never use a sharp object to press keys.

## 5. SETTING

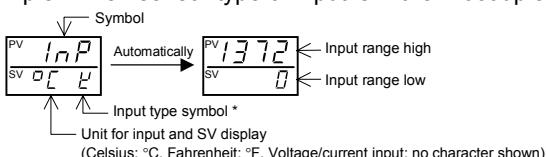
### 5.1 Operation Menu



#### ■ Input type and input range display

This instrument immediately confirms the input type symbol and input range following power ON.

Example: When sensor type of input is K thermocouple.



\* Input Type Symbol Table

Symbol	E	J	R	S	B	E	T	N	PL II	W5Re/W26Re	U	L	JPt 100	Pt 100	Voltage input	Current input
Thermocouple (TC)																
Input type	K	J	R	S	B	E	T	N	PL II	W5Re/W26Re	U	L	JPt 100	Pt 100		

### 5.2 Parameter List

The following parameter symbols are displayed as the SET key is pressed.

Parameter symbols which are not related to existing functions on the controller are not displayed.

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
	Current transformer (CT) input value monitor	0.0 to 100.0 A [Display only]	Display input value from the current transformer. [Displayed only when the instrument has the heater break alarm]	
	Alarm 1 set value (ALM1)	Temperature input: Deviation alarm, Process alarm: -1999 to +9999 °C [°F] or -199.9 to +999.9 °C [°F] Voltage/current inputs: Deviation alarm: -199.9 to +200.0 % Process alarm: -199.9 to +300.0 %	Set the alarm 1 set value and alarm 2 set value. For the alarm action type, see page 7.	Temperature input: 50 (50.0) Voltage/current inputs: 5.0
	Alarm 2 set value (ALM2)		Alarm differential gap: Temperature input: 2 or 2.0 °C [°F] Voltage/current inputs: 0.2 % of span	

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
HbA	Heater break alarm (HBA) set value <sup>1</sup>	0.0 to 100.0 A	Alarm value is set by referring to input value from the current transformer (CT). Used only for single-phase.	0.0
LbA	Control loop break alarm (LBA) time <sup>2</sup>	0.1 to 200.0 minutes	Set control loop break alarm set value.	8.0
Lbd	LBA deadband <sup>3</sup>	Temperature input: 0 to 9999 °C [°F] Voltage/current inputs: 0 to 100 % of span	Set the area of not outputting LBA. No LBA deadband functions with 0 set. Differential gap : Temperature input: 0.8 °C [°F] Voltage/current inputs: 0.8 % of span	0
ATU	Autotuning (AT)	0: AT end or cancel 1: AT start or execution	Turns the autotuning ON/OFF.	0
P	Proportional band	Temperature input: 1 (0.1) to span 0.1 °C [°F] resolution: Within 999.9 °C [°F] Voltage/current inputs: 0.1 to 100.0 % of span	Set when PI, PD or PID control is performed. Heat/cool PID action: Proportional band setting on the heat-side. ON/OFF action control when set to 0 (0.0). ON/OFF action differential gap: Temperature input: 2 (0.2) °C [°F] Voltage/current inputs: 0.2 % of span	Temperature input: 30 (30.0)  Voltage/current inputs: 3.0
I	Integral time	1 to 3600 seconds (0 second: PD action)	Set the time of integral action to eliminate the offset occurring in proportional control.	240
d	Derivative time	1 to 3600 seconds (0 second: PI action)	Set the time of derivative action to improve control stability by preparing for output changes.	60
Ar	Anti-reset windup (ARW)	1 to 100 % of heat-side proportional band (0 %: Integral action OFF)	Overshooting and undershooting are restricted by the integral effect.	100
F	Heat-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control output cycle. Heat/cool PID action: Heat-side proportioning cycle	Relay contact output: 20 Voltage pulse output/ Trigger output for triac driving: 2
Pc	Cool-side proportional band	1 to 1000 % of heat-side proportional band	Set cool-side proportional band when heat/cool PID action.	100
db	Deadband	Temperature input: -10 to +10 °C [°F] or -10.0 to +10.0 °C [°F] Voltage/current inputs: -10.0 to +10.0 % of span	Set control action deadband between heat-side and cool-side proportional bands. Minus (-) setting results in overlap.	0 or 0.0
E	Cool-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control cool-side output cycle for heat/cool PID action.	Relay contact output: 20 Voltage pulse output: 2
LCK	Set data lock (LCK)	0100: No set data locked (All parameters changeable) 0101: Set data locked (All parameters locked) 0110: Only the set value (SV) is changeable with the set data locked	Performs set data change enable/disable.	0100

#### <sup>1</sup> Heater Break Alarm (HBA) function

The HBA function monitors the current flowing through the load by a dedicated current transformer (CT), compares the measured value with the HBA set value, and detects a fault in the heating circuit.

#### Low or No current flow (Heater break, malfunction of the control device, etc.):

When the control output is ON and the current transformer input value is equal to or less than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

#### Over current or short-circuit:

When the control output is OFF and the current transformer input value is equal to or greater than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

#### Precaution for HBA setting:

- Displayed only for when HBA is selected as Alarm 2.
- HBA is not available on a current output.
- Set the set value to approximately 85 % of the maximum reading of the CT input.
- Set the set value to a slightly smaller value to prevent a false alarm if the power supply may become unstable.
- When more than one heater is connected in parallel, it may be necessary to increase the HBA set value to detect a single heater failure.
- When the current transformer is not connected or the HBA set value is set to "0.0", the HBA is turned on.

#### <sup>2</sup> Control Loop Break Alarm (LBA) function

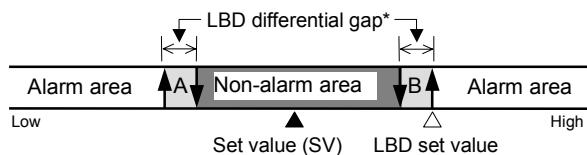
The LBA function is used to detect a load (heater) break or a failure in the external actuator (power controller, magnet relay, etc.), or a failure in the control loop caused by an input (sensor) break. The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. LBA monitors variation of the measured value (PV) for the length of LBA time. When the LBA time has elapsed and the PV is still within the alarm determination range, the LBA will be ON.

#### Precaution for LBA setting:

- Displayed only for when LBA is selected as Alarm 1 or Alarm 2.
- No control loop break alarm can be used at heat/cool PID control action.
- The LBA function can not be activated when AT function is turned on.
- The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. The time required for the LBA output to turn on includes both the time from the initial occurrence of loop failure and the LBA setting time. Recommended setting for LBA is for the set value of the LBA to be twice the value of the integral time (I).
- If LBA setting time does not match the controlled object requirements, the LBA setting time should be lengthened.  
If setting time is not correct, the LBA will malfunction by turning on or off at inappropriate times or not turning on at all.

#### <sup>3</sup> LBA Deadband function

The LBA may malfunction due to external disturbances. To prevent malfunctioning due to external disturbance, LBA deadband (LBD) sets a neutral zone in which LBA is not activated. When the measured value (PV) is within the LBD area, LBA will not be activated. If the LBD setting is not correct, the LBA will not work correctly.



A: During temperature rise: Alarm area  
During temperature fall: Non-alarm area

B: During temperature rise: Non-alarm area  
During temperature fall: Alarm area

\* TC and RTD inputs: 0.8 °C [°F] (fixed)

Voltage/Current inputs: 0.8 % of span (fixed)

## 5.3 Changing Parameter Settings

Procedures to change parameter settings are shown below.

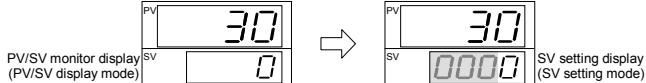
**To store a new value for the parameter, always press the SET key.**  
The display changes to the next parameter and the new value will be stored.  
- A new value will not be stored without pressing SET key after the new value is displayed on the display.  
- After a new value has been displayed by using the UP and DOWN keys, the SET key must be pressed within one minute, or the new value is not stored and the display will return to the PV/SV monitor screen.

### ● Change the set value (SV)

Change the set value (SV) from 0 °C to 200 °C

#### 1. Select the SV setting mode

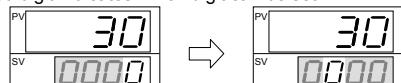
Press the SET key at PV/SV monitor screen until SV setting screen is displayed.



#### 2. Shift the high-lighted digit

Press the shift key to high-light the hundreds digit.

The high-highlighted digit indicates which digit can be set.



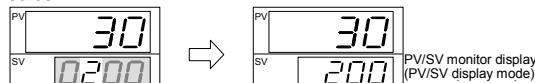
#### 3. Change the set value

Press the UP key to change the number to 2.



#### 4. Store the set value

Press the SET key to store the new set value. The display returns to the PV/SV monitor screen.



### ● Change parameters other than the set value (SV)

The changing procedures are the same as those of example 2 to 4 in the above "● Change the set value (SV)". Pressing the SET key after the setting end shifts to the next parameter. When no parameter setting is required, return the instrument to the PV/SV display mode.

## 6. OPERATION

### CAUTIONS

- All mounting and wiring must be completed before the power is turned on. If the input signal wiring is disconnected or short-circuited (RTD input only), the instrument determines that burnout has occurred.
  - Displays:
    - Upscale: Thermocouple input, RTD input (when input break)
    - Downscale: Thermocouple input (specify when ordering), RTD input (when short-circuited), Voltage input (1 to 5 V DC), Current input (4 to 20 mA DC)  
For the voltage (0 to 5 V DC) or current (0 to 20 mA DC) input, the display becomes indefinite (display of about zero value).
  - Outputs:
    - Control output: OFF (Heat/Cool control: the control output on both heat-side and cool-side is turned off)
    - Alarm output: Both of the Alarm 1 and Alarm 2 outputs of this instrument are turned on when burnout occurs regardless of any of the following actions taken. (High alarm, low alarm, etc.) In addition, when used for any purposes other than these alarms (event, etc.), specify the Z-124 specification (not to be forcibly turned on).
- A power failure of 20 ms or less will not affect the control action. When a power failure of more than 20 ms occurs, the instrument assumes that the power has been turned off. When power returns, the controller will retain the conditions that existed prior to shut down.
- The alarm hold action is activated when not only the power is turned on, but also the SV is changed.

### 6.1 Operating Precautions

- All mounting and wiring must be completed before the power is turned on.
- The settings for the SV and all parameters should be appropriate for the controlled object.
- A power supply switch is not furnished with this instrument. It is ready to operate as soon as the power is turned on.

### 6.2 Set Data Lock (LCK) Function

The set data lock restricts parameter setting changes by key operation. This function prevents the operator from making errors during operation.

Set value	Parameters which can be changed
0100	All parameters [Factory set value]
0101	No parameters [All Locked]
0110	SV

Parameters protected by Set Data Lock function are still displayed for monitoring.

## 6.3 Autotuning (AT) Function

Autotuning (AT) automatically measures, calculates and sets the optimum PID and LBA constants. The following conditions are necessary to carry out autotuning and the conditions which will cause the autotuning to stop.



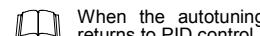
### Caution for using the Autotuning (AT)

When a temperature change (UP and/or Down) is 1 °C or less per minute during Autotuning, Autotuning may be cancelled before calculating PID values. In that case, adjust the PID values manually. It is possible to happen when the set value is around the ambient temperature or is close to the maximum temperature achieved by the load.

### ■ Requirements for AT start

Start the autotuning when all following conditions are satisfied:

- Prior to starting the AT function, end all the parameter settings other than PID and LBA.
- Confirm the LCK function has not been engaged.



When the autotuning is finished, the controller will automatically return to PID control.

### ■ Requirements for AT cancellation

The autotuning is canceled if any of the following conditions exist.

- When the set value (SV) is changed.
- When the PV bias value is changed.
- When the PV becomes abnormal due to burnout.
- When the power is turned off.
- When power failure longer than 20 ms occurs.

If the AT is canceled, the controller immediately changes to PID control. The PID values will be the same as before AT was activated.

When AT is completed, the controller immediately changes to PID control. If the control system does not allow the AT cycling process, set each PID constant manually to meet the needs of the application.

## 7. INITIAL SETTING

### WARNING

Parameters in the Initialization mode should be set according to the application before setting any parameter related to operation. Once the Parameters in the Initialization mode are set correctly, those parameters are not necessary to be changed for the same application under normal conditions. If they are changed unnecessarily, it may result in malfunction or failure of the instrument. RKC will not bear any responsibility for malfunction or failure as a result of improper changes in the Initialization mode.

### 7.1 Go to Initialization Mode

- Turn on the power to this controller. The instrument goes to the PV/SV display after confirming input type symbol and input range.
- Press the SET key for five seconds to go to the Parameter Setting Mode from the PV/SV display.
- Press the SET key until "LCK" (Set Data Lock display) will be displayed.
- The high-highlighted digit indicates which digit can be set. Press shift key to high-light the hundreds digit. (The  section in each image of the controller shows the digits which are not high-highlighted.)



Set data lock function display

- Press the DOWN key to change 1 to 0.



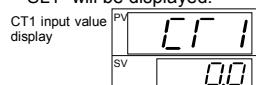
Set value  
0: Initialization mode unlocked  
1: Initialization mode locked

- Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter, and the Initialization mode is unlocked.



CT1 input value display  
The parameter displayed varies on the instrument specification.

- Press the shift key for five seconds while pressing the SET key to go to the Initialization Mode. When the controller goes to the Initialization Mode, "SL1" will be displayed.



Initialize code selection display of initialization mode

If the control is set to the initial set mode, all outputs are turned OFF.

### 7.2 Exit Initialization Mode

When any parameter setting is changed in the Initialization Mode, check all parameter set values in SV Setting Mode and Parameter Setting Mode.

- Press the shift key for five seconds while pressing the SET key from any display in the Initialization Mode. The controller goes back to the operation mode and the PV/SV display will be displayed.
- Press the SET key for five seconds in the PV/SV display.
- Press the SET key until "LCK" (Set Data Lock display) will be displayed.
- The high-highlighted digit indicates which digit can be set. Press shift key to high-light the hundreds digit.



Set data lock function display

- Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter, and the Initialization mode is locked.



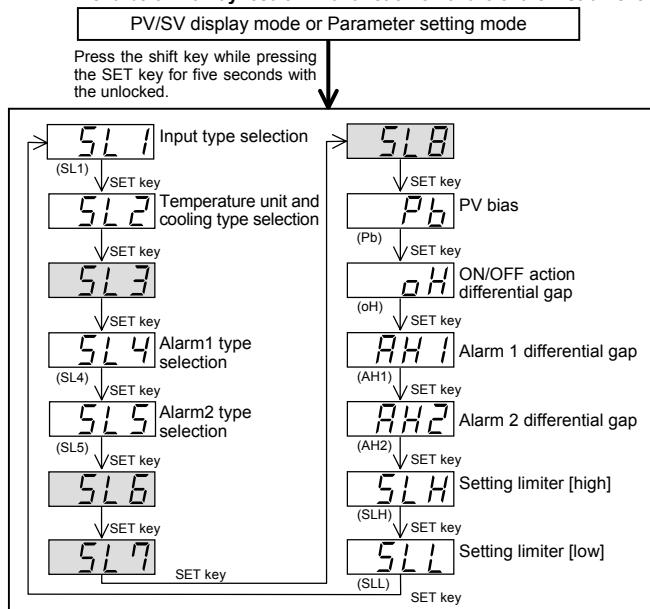
CT1 input value display

The parameter displayed varies on the instrument specification.

## 7.3 Initial Setting Menu

Display flowcharts in Initialization mode are shown in the following.

Do not change to the **■** section parameters and any parameter in the Initialization mode which is not described in the initial setting menu below. It may result in malfunction or failure of the instrument.



## 7.4 Input Type Selection (SL1)

When any parameter setting is changed in the Initialization Mode, check all parameter set values in SV Setting Mode and Parameter Setting Mode.

Factory set value varies depending on the input type.

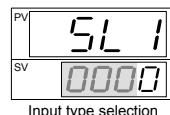
Set value	Input type	Hardware
0000	K	Thermocouple (TC)
0001	J	
0010	L	
0011	E	
0100	N	
0111	R	
1000	S	
1001	B	
1010	W5Re/W26Re	
1011	PL II	
0101	T	RTD
0110	U	
1100	Pt100 Ω (JIS/IEC)	Voltage
1101	JPt100 Ω (JIS)	
1110	0 to 5 V DC	Current
1111	1 to 5 V DC	
1110	0 to 20 mA DC	
1111	4 to 20 mA DC	

Conduct setting so as to meet the instrument specification (input type). Setting change between different symbols may cause malfunction, but the setting can be changed when hardware types have the same symbol. However, when the setting is changed, always reset "SLH" and "SLL" (See page 8).

### ■ Change Settings

Example: Change the input type from "K" to "J"

1. Press the SET key. The display will go to SL1.



2. Press the UP key to change the number to 1.



3. Press the SET key to store the new set value.  
The display goes to the next parameter.

## 7.5 Temperature Unit and Cooling Type Selection (SL2)

Inappropriate settings may result in malfunction. Control type between Heat Only and Heat/Cool cannot be changed by this parameter.

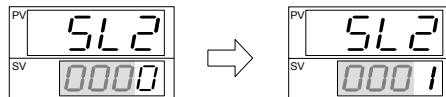
Factory set value varies depending on the instrument specification.

Set value	Description	
	Temperature unit	Cooling type selection
0000	°C	Air cooling (A type) or Heat only type (F, D type)
0001	°F	Air cooling (A type) or Heat only type (F, D type)
0010	°C	Water cooling (W type)
0011	°F	Water cooling (W type)

### ■ Change Settings

Example: Change the temperature unit of the Heat only type from "°C (0000)" to "°F (0001)"

1. Press the SET key until SL2 is displayed.
2. Press the UP key to change the number to 1.



3. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

## 7.6 Alarm 1 [ALM1] Type Selection (SL4) Alarm 2 [ALM2] Type Selection (SL5)

If the alarm function is not provided with the instrument when shipped from the factory, no alarm output is available by changing SL4 and/or SL5.

SL4 is set to 0000 in the following cases.

- When the instrument does not have ALM1 output
- When Control Loop Break Alarm (LBA) is provided and assigned to ALM1

SL5 is set to 0000 in the following cases.

- When the instrument does not have ALM2 output
- When Control Loop Break Alarm (LBA) is provided and assigned to ALM2
- When the SV alarm is provided and assigned to ALM2
- When the Heater Break Alarm (HBA) is provided

Factory set value varies depending on the instrument specification.

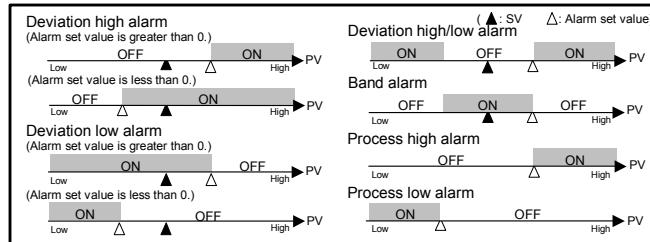
Set value	Details of setting
0000	No alarm
0001	Deviation high alarm
0101	Deviation low alarm
0010	Deviation high/low alarm
0110	Band alarm
0011	Process high alarm
0111	Process low alarm
1001	Deviation high alarm with hold action *
1101	Deviation low alarm with hold action *
1010	Deviation high/low alarm with hold action *
1011	Process high alarm with hold action *
1111	Process low alarm with hold action *

\* Hold action:

When Hold action is ON, the alarm action is suppressed at start-up or the control set value change until the measured value enters the non-alarm range.

### ● Alarm action type

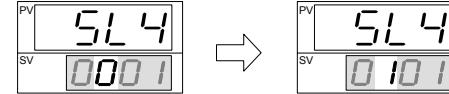
Both of the Alarm 1 and Alarm 2 outputs of this instrument are turned on when burnout occurs regardless of any of the following actions taken (High alarm, low alarm, etc.). In addition, when used for any purposes other than these alarms (event, etc.), specify the Z-124 specification (not to be forcibly turned on).



### ■ Change Settings

Example: Change the ALM1 type from "Deviation high alarm (0001)" to "Deviation low alarm (0101)"

1. Press the SET key three times at SL1 until SL4 is displayed.
2. Press the shift key to high-light the hundreds digit.
3. Press the UP key to change the number to 1.



4. Press the SET key to store the new set value.  
The display goes to the next parameter.

## 7.7 PV bias (Pb)

The value set in the PV bias is added to the input value (actual measured value) to correct the input value. The PV bias is used to correct the individual variations in the sensors or when there is difference between the measured values (PV) of other instruments.

Setting range: Temperature input: -1999 to +9999 °C [°F] or

-199.9 to +999.9 °C [°F]

Voltage/current inputs: -199.9 to +200.0 %

Factory set value: Temperature input: 0 °C [°F] or 0.0 °C [°F]

Voltage/current inputs: 0.0 %

Continued from the previous page.

## ■ Change Settings

**Example: When the temperature is measured by two instruments**

When the measured values (PV) are as shown in the following:

Main unit = 198 °C

Recorder = 200 °C

If a PV bias correction value of +2 °C is added to the measured value the main unit, the displayed value become:

Displayed value = Measured value (PV) + PV bias

= 198 °C + 2 °C = 200 °C

The setting procedures is described in the following.

1. Press the SET key at "Pb" is displayed.



2. Press the UP key to change the number to 2.



3. Press the SET key to store the new set value.  
The display goes to the next parameter.

## 7.8 ON/OFF Action Differential Gap (oH)

Setting range: Temperature input: 0 to 100 °C [°F] or  
0.0 to 100.0 °C [°F]

Voltage/current inputs: -199.9 to +200.0 %

Factory set value: Temperature input: 2 °C [°F] or 2.0 °C [°F]  
Voltage/current inputs: 0.2 % of span

## ■ Change Settings

**Example: Change the On/Off Action differential gap from "2 °C" to "4 °C"**

1. Press the SET key at "oH" is displayed.
2. Press the UP key to change the number to 4.
3. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

## 7.9 Alarm 1 Differential Gap (AH1) Alarm 2 Differential Gap (AH2)

Setting range: Temperature input: 0 to 100 °C [°F] or  
0.0 to 100.0 °C [°F]

Voltage/current inputs: 0.0 to 10.0 %

Factory set value: Temperature input: 2 °C [°F] or 2.0 °C [°F]  
Voltage/current inputs: 0.2 % of span

## ■ Change Settings

**Example: Change the Alarm 1 differential gap from "2 °C" to "4 °C"**

1. Press the SET key at "AH1" is displayed.
2. Press the UP key to change the number to 4.
3. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

## 7.10 Setting Limiter [High] (SLH) Setting Limiter [Low] (SLL)

For voltage or current input, set scaling within the input range.

See 9. INPUT RANGE TABLE.

Factory set value varies depending on the instrument specification.

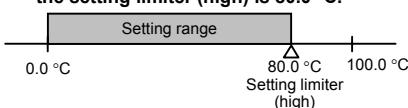
Input type	Setting range *	
TC	K	0 to 1372 °C
	J	0 to 1200 °C
	R	0 to 1769 °C
	S	0 to 1769 °C
	B	0 to 1820 °C
	E	0 to 1000 °C
	N	0 to 1300 °C
	T	-199.9 to +400.0 °C
	W5Re/W26Re	0 to 2320 °C
	PLII	0 to 1390 °C
RTD	U	-199.9 to +600.0 °C
	L	0 to 800 °C
	Pt100	-199.9 to +649.0 °C
	JPt100	-199.9 to +649.0 °C

\* Limit setting becomes SLH ≥ SLL.

When changing the high-limit (SLH) and the low-limit (SLL) limiter settings, always set the set-value (SV) within the limiter range.

## ■ Change Settings

**Example: The input range (input scale range) is from 0.0 to 100.0 °C, the setting limiter (high) is 80.0 °C.**



1. Press the SET key at "SLH" is displayed.

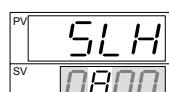


Setting limiter [high] display

2. Press the shift key to high-light the tens digit.



3. Press the DOWN key to change the number to 8.



4. Press the SET key to store the new set value.  
The display goes to the next parameter.

## 8. ERROR DISPLAYS

### ■ Error display

Err	RAM failure (Incorrect set data write, etc.)	Turn off the power once. If an error occurs after the power is turned on again, please contact RKC sales office or the agent.
-----	----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### ■ Overscale and Underscale

Measured value (PV) [Flashing]	PV is outside of input range.	<b>WARNING</b> To prevent electric shock, always turn off the power before replacing the sensor.
OOOOO [Flashing]	Overscale: PV is above the high input display range limit.	UUUUU [Flashing]
	Underscale: PV is below the low input display range limit.	Check input type, input range, sensor and sensor connection.

## 9. INPUT RANGE TABLE

### ● TC/RTD

Input type	Range	Code	Range	Code	Range	Code
TC	K	0 to 200 °C	K 01	0 to 400 °C	K 02	0 to 600 °C
	J	0 to 800 °C	K 04	0 to 1000 °C	K 05	0 to 1200 °C
	R	0 to 1372 °C	K 07	0 to 100 °C	K 13	0 to 300 °C
	I	0 to 450 °C	K 17	0 to 500 °C	K 20	0 to 800 °F
	T	0 to 1600 °F	K A2	0 to 2502 °F	K A3	20 to 1600 °F
	J	0 to 200 °C	J 01	0 to 400 °C	J 02	0 to 600 °C
	R	0 to 800 °C	J 04	0 to 1000 °C	J 05	0 to 1200 °C
	S	0 to 450 °C	J 10	0 to 800 °F	J A1	0 to 1600 °F
	B	0 to 2192 °F	J A3	0 to 400 °F	J A6	0 to 300 °F
	R <sup>1</sup>	0 to 1600 °C	R 01	0 to 1769 °C	R 02	0 to 1350 °C
RTD	S <sup>1</sup>	0 to 1600 °C	R 04	0 to 3216 °F	R A2	—
	B <sup>2</sup>	400 to 1800 °C	B 01	0 to 1820 °C	B 02	800 to 3200 °F
	E	0 to 800 °C	E 01	0 to 1000 °C	E 02	0 to 1600 °F
	N	0 to 1200 °C	N 01	0 to 1300 °C	N 02	0 to 2300 °F
	T	-199.9 to +400.0 °C	T 01	-199.9 to +100.0 °C	T 02	-100.0 to +200.0 °C
	W5Re/W26Re	0.0 to 350.0 °C	T 04	-199.9 to +752.0 °F	T A1	-100.0 to +200.0 °F
	PLII	0 to 2000 °C	W 01	0 to 2320 °C	W 02	0 to 4000 °F
	U	0 to 1390 °C	A 01	0 to 1390 °C	A 02	0 to 1200 °C
	L	0 to 2400 °F	A A1	0 to 2534 °F	A A2	—
	Pt100	-199.9 to +600.0 °C	U 01	-199.9 to +100.0 °C	U 02	0.0 to 400.0 °C
RTD	JPt100	-199.9 to +649.0 °C	U A1	-100.0 to +200.0 °F	U A2	0.0 to 999.9 °F
	P	-199.9 to +400.0 °C	L 01	0 to 800 °C	L 02	0 to 800 °F
	D	-100.0 to +400.0 °C	L A2	—	—	—
	Pt100	-199.9 to +649.0 °C	D 01	-199.9 to +200.0 °C	D 02	-100.0 to +50.0 °C
	JPt100	-199.9 to +649.0 °C	D 04	-100.0 to +200.0 °C	D 05	0.0 to 50.0 °C
	P	-100.0 to +400.0 °C	D 07	0 to 200.0 °C	D 08	0 to 300.0 °C
	D	-199.9 to +200.0 °C	D 10	-199.9 to -999.9 °F	D A1	-199.9 to +400.0 °F
	A	-199.9 to +200.0 °C	D A3	-100.0 to +100.0 °F	D A4	-100.0 to +300.0 °F
	A	-199.9 to +500.0 °C	D A6	0.0 to 200.0 °F	D A7	0.0 to 400.0 °F
	P	-199.9 to +500.0 °C	D A9	—	—	—

<sup>1</sup> 0 to 399 °C [0 to 799 °F]: ±6 °C [12 °F]

<sup>2</sup> 0 to 399 °C [0 to 799 °F]: Accuracy is not guaranteed.

### ● Voltage/current inputs

Type	Range	Code	Type	Range	Code
0 to 5 V DC	0.0 to 100.0 %	4 01	0 to 20 mA DC	0.0 to 100.0 %	7 01
1 to 5 V DC	0.0 to 100.0 %	6 01	4 to 20 mA DC	0.0 to 100.0 %	8 01

The first edition: APR. 2004 [IMQ00]



Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Industrial

## **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

### **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

### **PLANOS**

## **EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

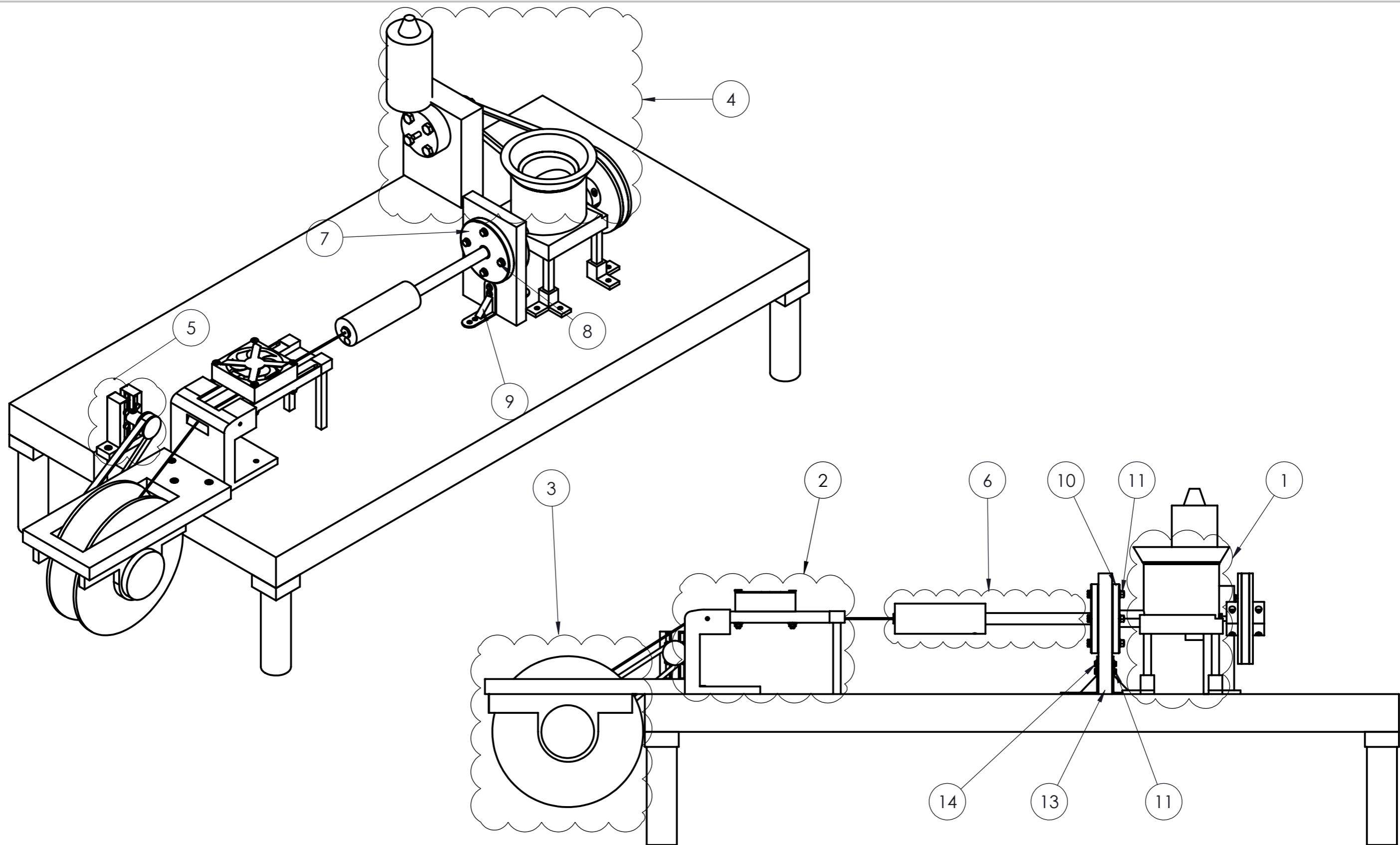
**La Laguna, JULIO DE 2015**



# INDICE DE PLANOS.

<b>1</b>	<b>CONJUNTO EXTRUSORA .....</b>	<b>162</b>
	<b>1.01.00      SUBCONJUNTO TOLVA.....</b>	<b>164</b>
	1.01.01      TOLVA SUPERIOR.....	165
	1.01.02      TOLVA INFERIOR .....	166
	1.01.03      ASIENTO TOLVA.....	167
	1.01.04      PATA TOLVA .....	165
	1.01.05      ANCLAJE TOLVA .....	168
	<b>1.02.00      SUBCONJUNTO SOPORTE VENTILADOR .....</b>	<b>169</b>
	1.02.01      BASE SOPORTE VENTILADOR .....	170
	1.02.02      BANDEJA SOPORTE VENTILADOR .....	171
	1.02.03      PATA SOPORTE VENTILADOR .....	171
	<b>1.03.00      SUBCONJUNTO SOPORTE BOBINA .....</b>	<b>172</b>
	1.03.02      BASE ANCLAJE BOBINA.....	173
	1.03.03      PATA ANCLAJE BOBINA .....	174
	1.03.04      EJE BOBINA .....	175
	<b>1.04.00      SUBCONJUNTO TRANSMISIÓN .....</b>	<b>176</b>
	1.04.03      POLEA MOTOR 1.....	178
	1.04.07      TABLA SOPORTE MOTOR .....	179
	1.04.10      ACOPLE BROCA-POLEA.....	180
	1.04.12      POLEA BROCA .....	181
	<b>1.05.00      SUBCONJUNTO SOPORTE MOTOR BOBINA .....</b>	<b>182</b>
	1.05.01      SOPORTE MOTOR 2 .....	183
	1.05.02      BANDEJA SOPORTE MOTOR 2.....	182
	1.05.06      POLEA MOTOR BOBINA .....	184
	<b>1.06.00      SUBCONJUNTO EXTRUSIÓN .....</b>	<b>185</b>
	1.06.01      BANDA TÉRMICA.....	185
	1.06.02      BARRIL DE EXTRUSIÓN .....	185
	1.06.03      DADO DE EXTRUSIÓN .....	185
	<b>1.13.00      MADERA DE AISLAMIENTO .....</b>	<b>186</b>





**EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D**

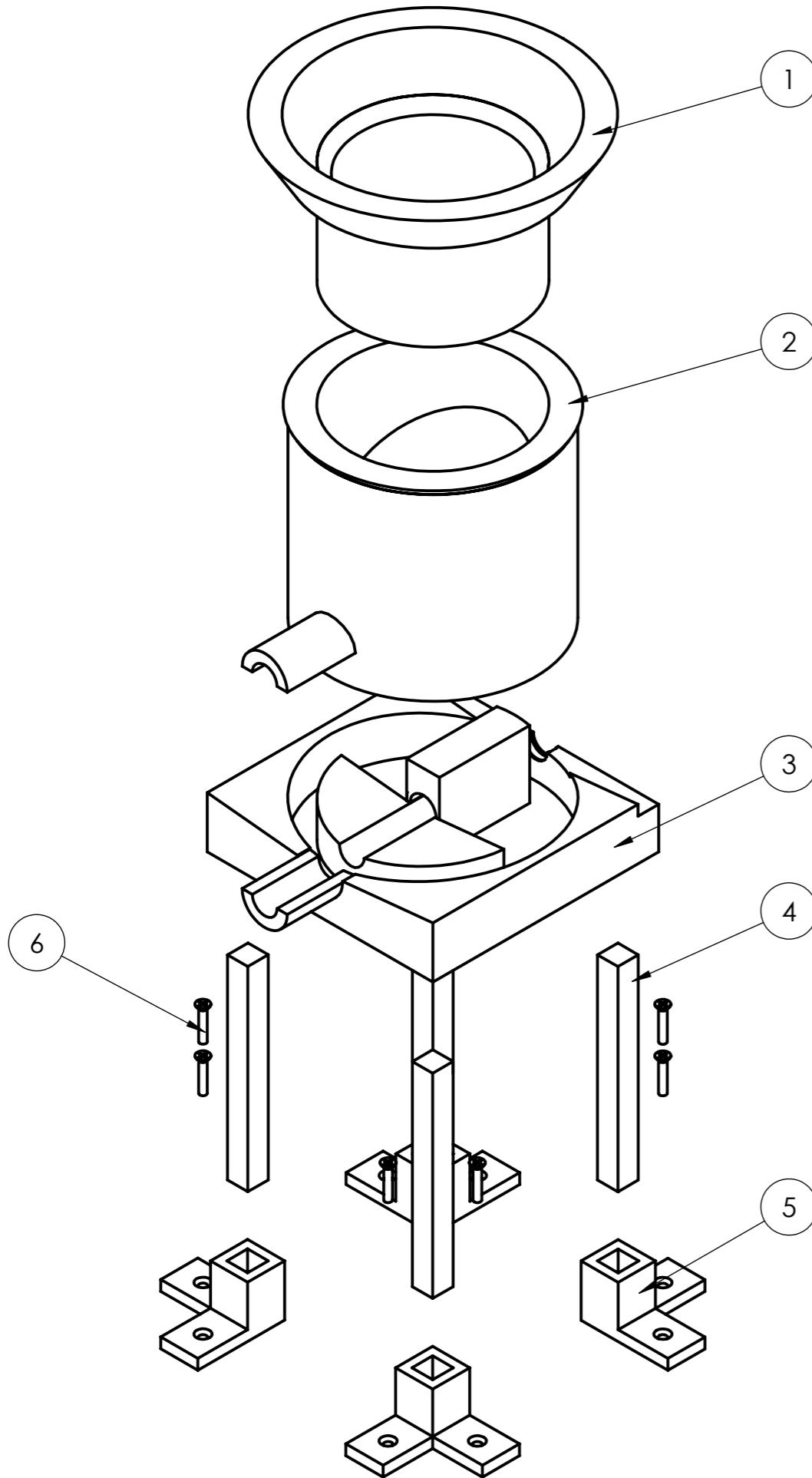
	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		
Fecha	MES-AÑO	05/2015	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:5	Plano de conjunto	Nº P. : 1.00.00	Nom.Arch: Plano de conjunto

**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**

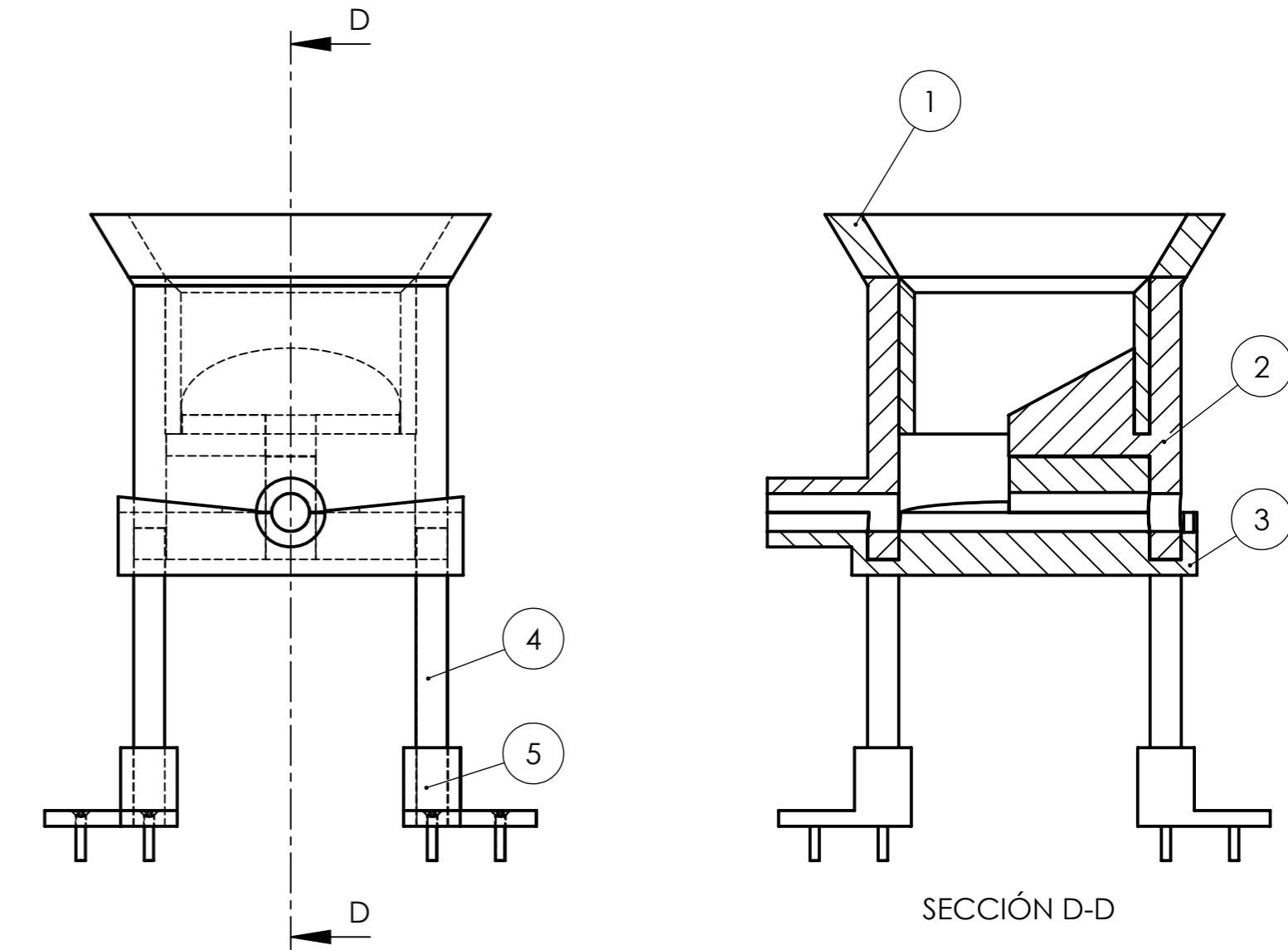
14	2	Tornillo cabeza hexagonal	DIN 7984	M4x25
13	1	Madera aislamiento		Pino
12	2	Tuerca cabeza hexagonal	ISO 4032	M4
11	4	Tuerca hexagonal	DIN 933	M10 INOX A4
10	1	Brida	DIN 2576	95/21.3/14 INOX 316
9	2	Escuadra soporte		40x40 164 INOX
8	4	Tornillo hexagonal	Din 933	M10x50 INOX A4
7	1	Brida	DIN 2576	95/18/10 INOX 316
6	1	Subconjunto extrusión		
5	1	Subconjunto motor bobina		
4	1	Subconjunto transmisión		
3	1	Subconjunto soporte bobina		
2	1	Subconjunto soporte ventilador		
1	1	Subconjunto tolva		
Marca	Nº pieza	Designacion y observaciones	Norma	Medidas y material

#### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D

Autor				
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL	
Fecha	MES-AÑO	05/2015	Grado en Ingeniería Mecánica	
Edición para educación de SolidWorks.	REVISOR	REVISOR-DN	Universidad de La Laguna	
Sólo para uso educativo.				
ESCALA: E 1:1	Listado plano de conjunto		Nº P. :	1.00.00
			Nom.Arch:	Conjunto extrusora



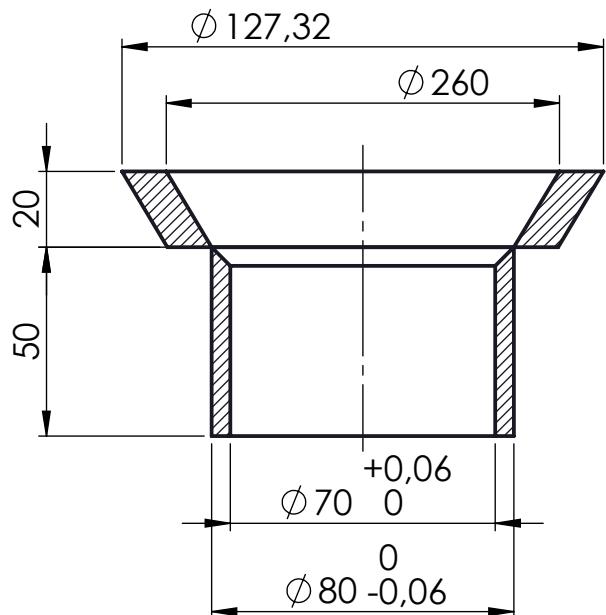
**Edición para educación de SolidWorks.**  
**Sólo para uso educativo.**



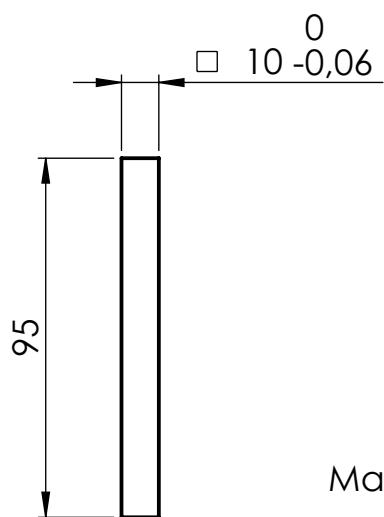
Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma	Material y medidas
6	8	Tornillo cabeza avellanada	ISO 7046-1	M3x16
5	4	Anclaje tolva		PLA
4	4	Pata tolva		PLA
3	1	Asiento tolva		PLA
2	1	Tolva inferior		PLA
1	1	Tolva superior		PLA

#### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS PARA IMPRESORAS 3D

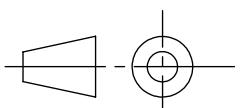
Dibujado	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL  Grado en Ingeniería Mecánica  Universidad de La Laguna
Fecha	MES-AÑO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	E 1:2		
Conjunto extrusora		Nº P. : 1.01.00	Nom.Arch: Subconjunto Tolva
Subconjunto Tolva			



Marca 1.



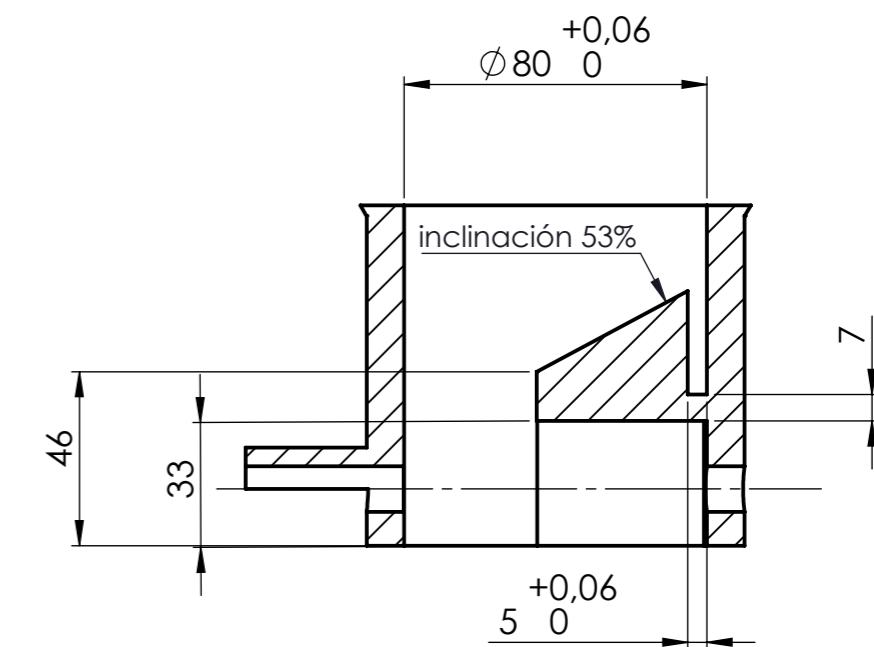
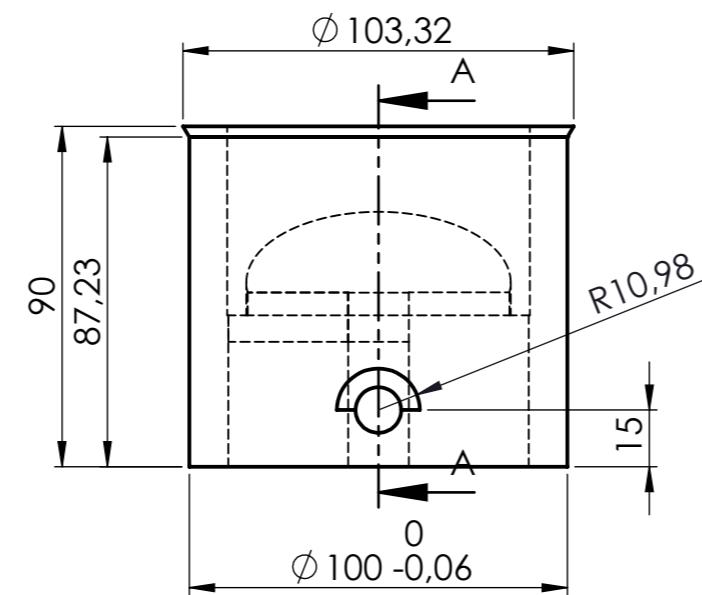
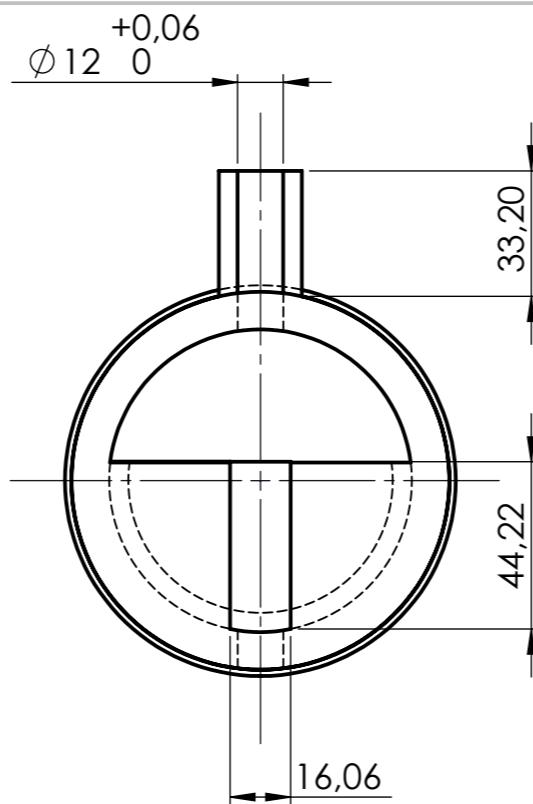
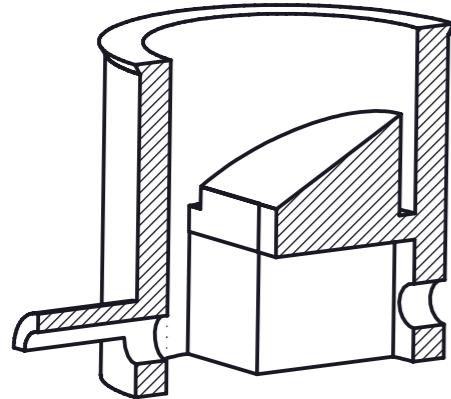
Marca 4



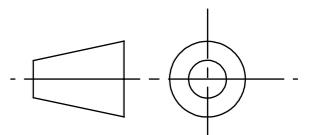
4	1	Pata tolva		PLA
1	1	Tolva superior		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

**EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORA 3D**

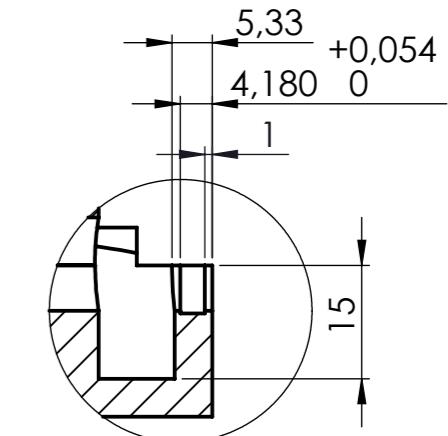
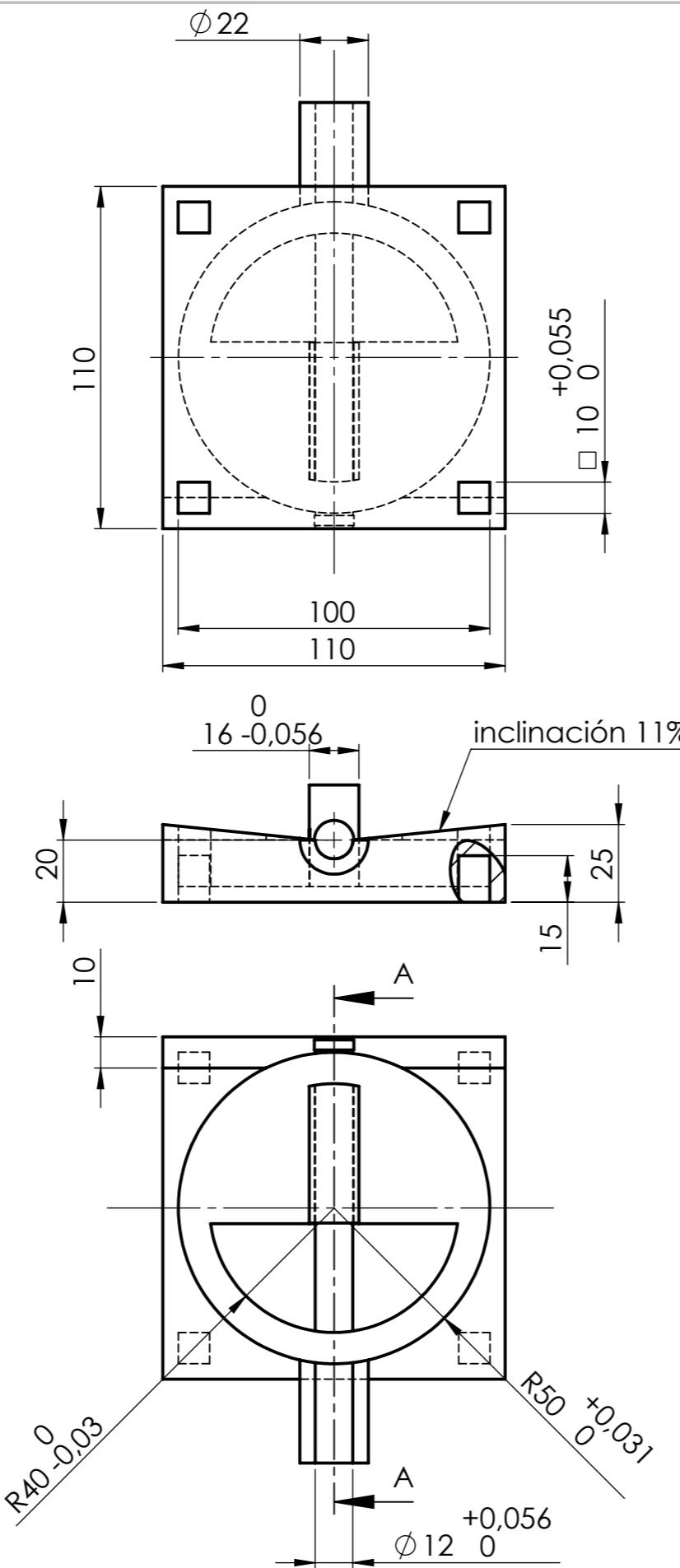
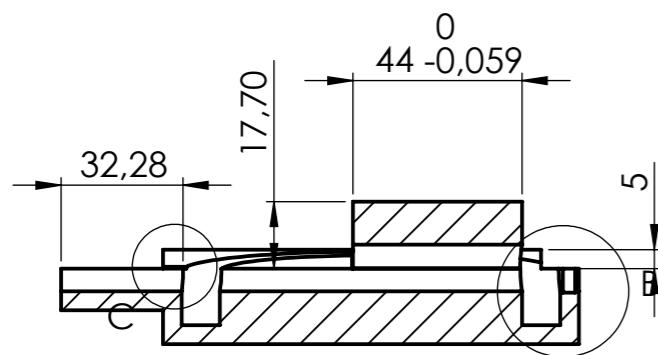
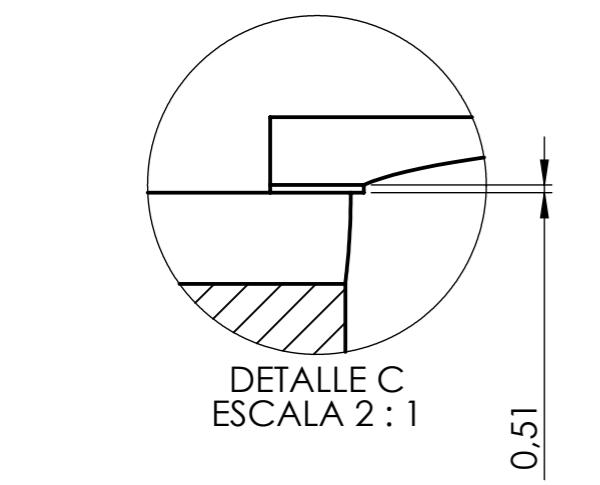
	Autor		
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO 05/2015		Grado en Ingeniería Mecánica
		Universidad de La Laguna	Universidad de La Laguna
<b>Edición para educación de SolidWorks.</b> <b>Sólo para uso educativo.</b>			
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora		Nº P.: 1.01.01 y 1.01.04
	Marcas 1 y 4		Nom.Arch: Subconjunto Tolva



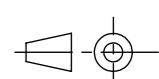
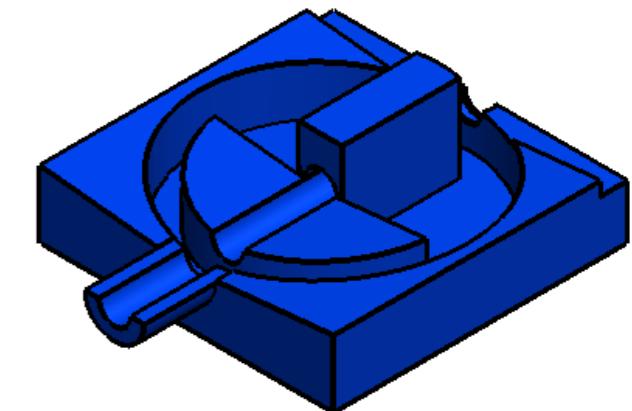
SECCIÓN A-A



2	1	Tolva inferior.		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Material
<b>EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D</b>				
	Autor			
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO	05/2015	Universidad de La Laguna	Grado en Ingeniería Mecánica
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			Universidad de La Laguna
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora. Tolva Inferior		Nº P. : 1.01.02	
				Nom.Arch: Subconjunto Tolva

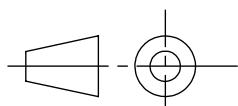
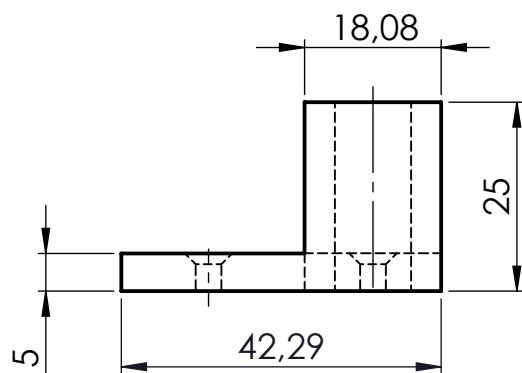
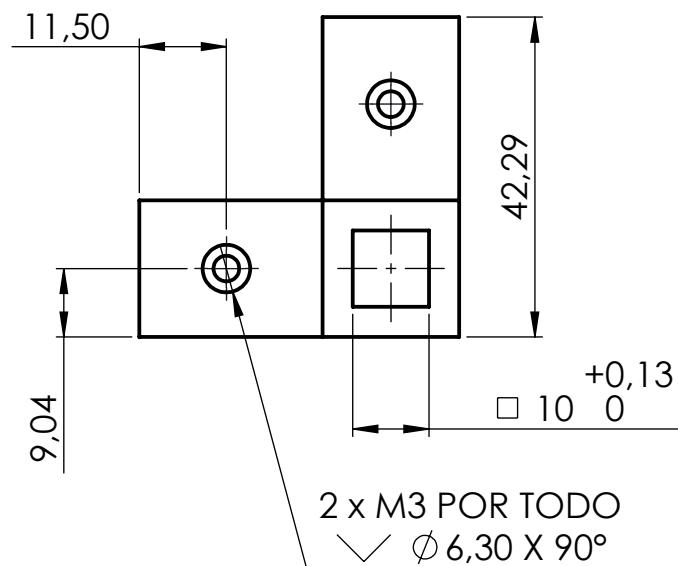
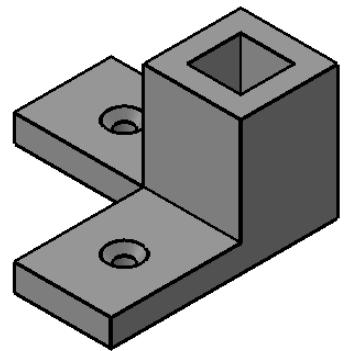


DETALLE B



3	1	Asiento tolva	PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma
<b>EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTO PARA IMPRESORAS 3D</b>			
Dibujado	Autor	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL Universidad de La Laguna
Fecha	MES-AÑO	05/2015	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora Asiento tolva	Nº P. : 1.01.03	Nom.Arch: Subconjunto Tolva

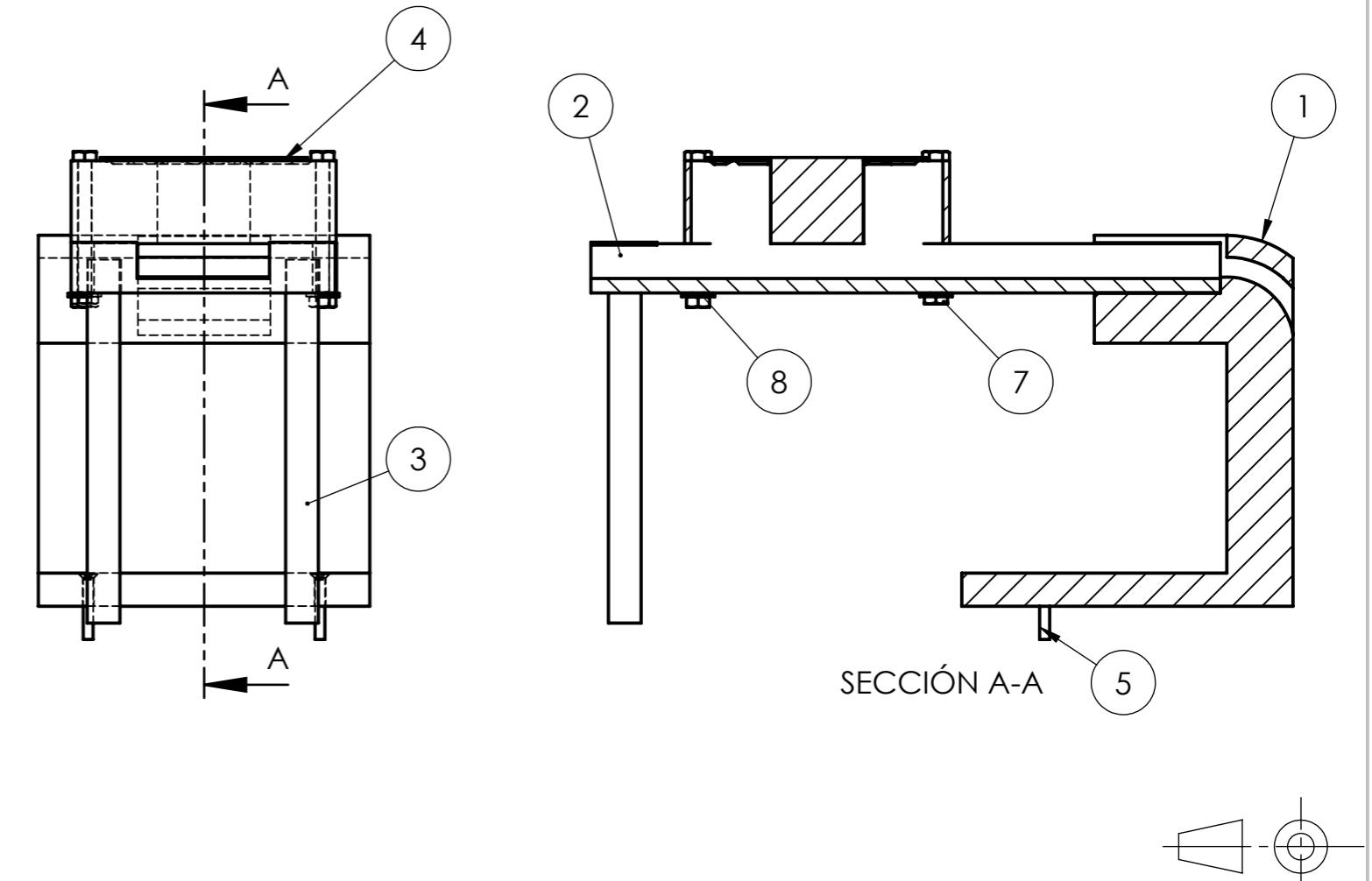
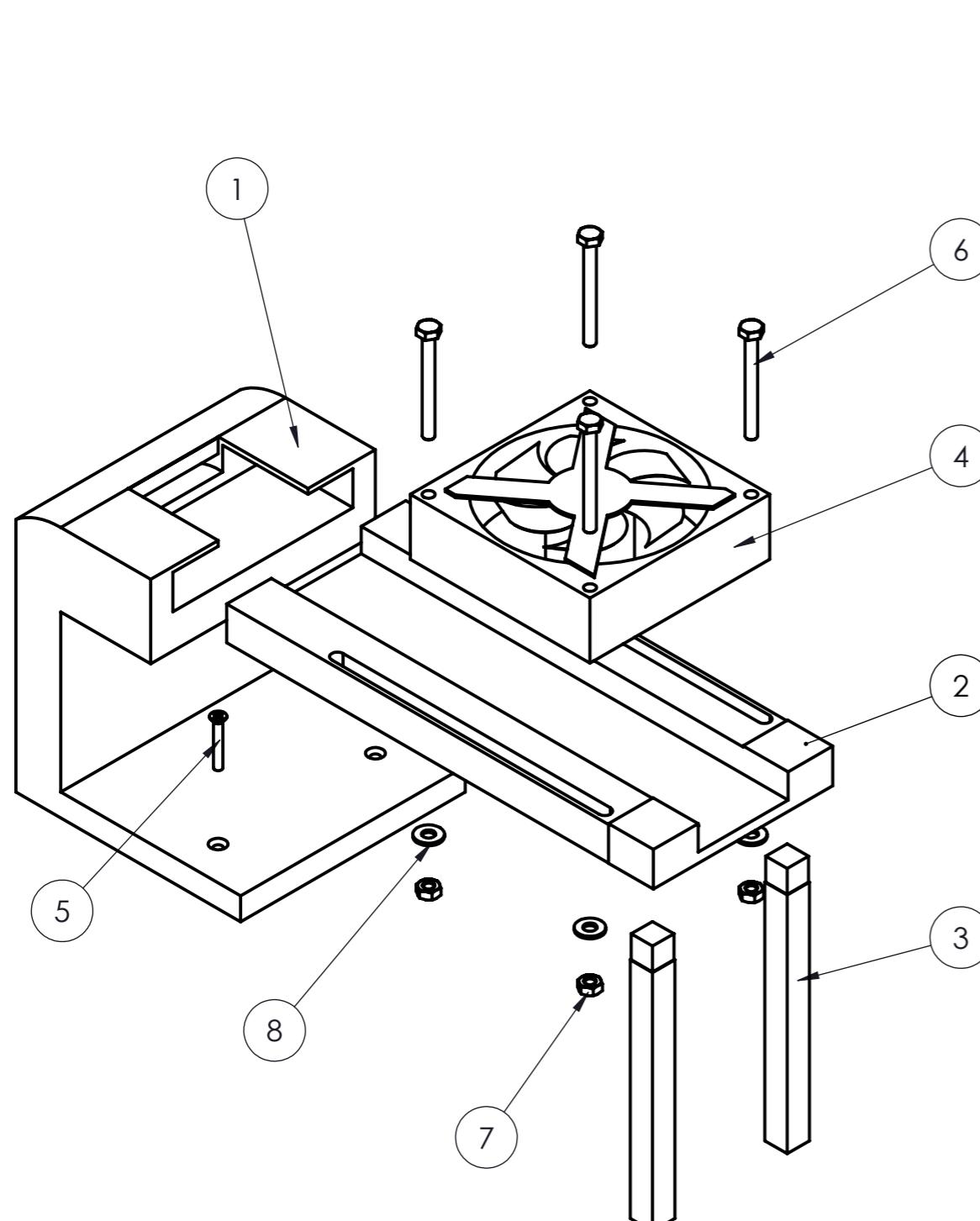
**Edición para educación de SolidWorks.**  
**Sólo para uso educativo.**



5	1	Anclaje tolva.		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

#### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D

	Autor		
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO 05/2015		Grado en Ingeniería Mecánica
		Universidad de La Laguna	Universidad de La Laguna
Edición para educación de SolidWorks. Sólo para uso educativo.	Conjunto extrusora		Nº P. : 1.01.05
ESCALA: E 1:1	Anclaje Tolva		Nom.Arch: Subconjunto Tolva

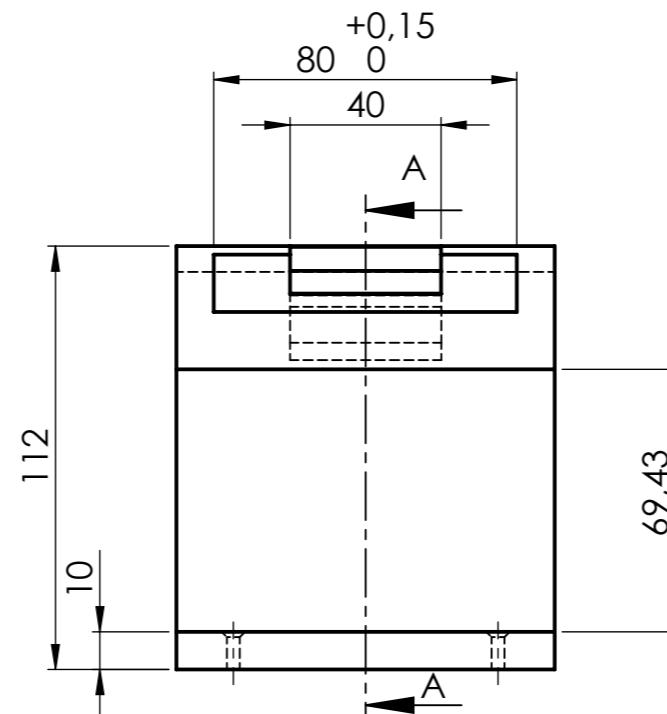
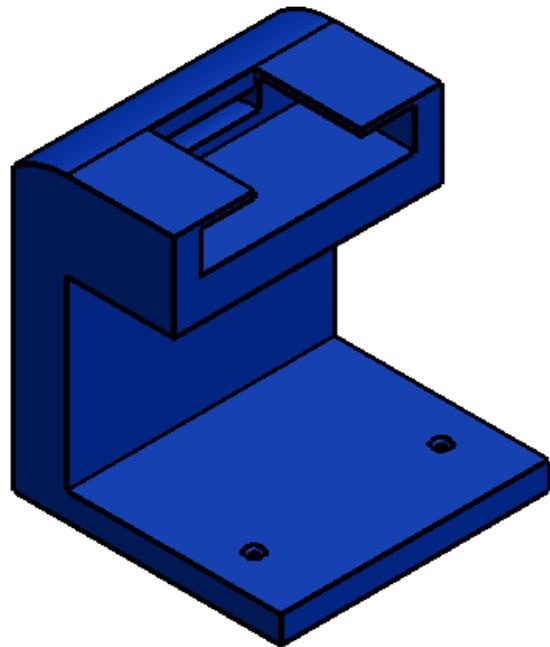


Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material
8	4	Arandela	DIN 6902	M4
7	4	Tuerca cabeza hexagonal	ISO 4032	M4
6	4	Tornillo cabeza hexagonal	DIN 7984	M4x25
5	2	Tornillo cabeza avellanada	ISO 7046-1	M3x16-Z
4	1	Ventilador	3110KL04WB50	
3	2	Pata soporte ventilador		PLA
2	1	Bandeja soporte ventilador		PLA
1	1	Base soporte ventilador		PLA

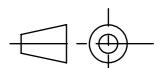
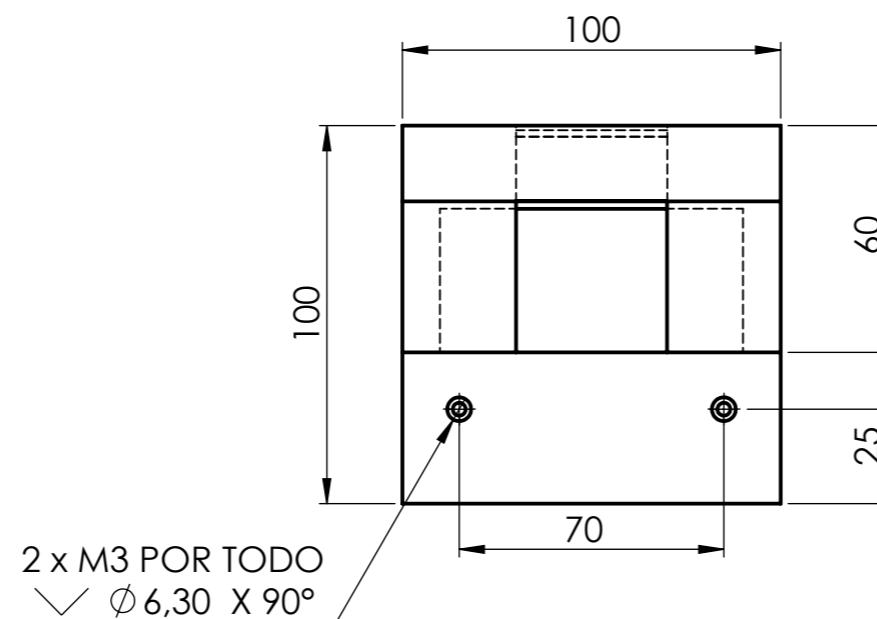
#### EXTRUSORA PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D

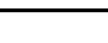
Dibujado	Autor	ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL	
Fecha	MES-AÑO		Grado en Ingeniería Mecánica	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		Universidad de La Laguna	
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora		Nº P. : 1.02.00	
	Subconjunto soporte ventilador		Nom. Arch:	Subconjunto soporte ventilador

**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**

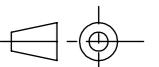
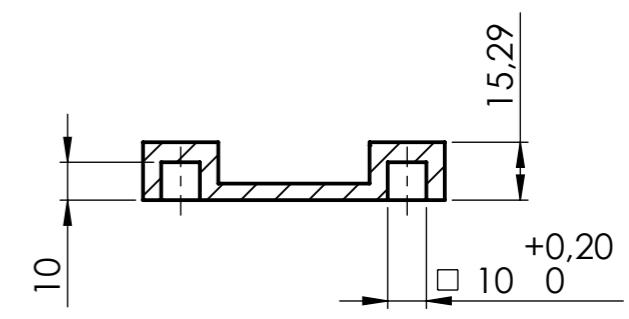
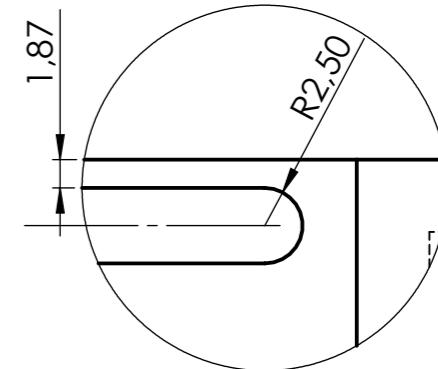
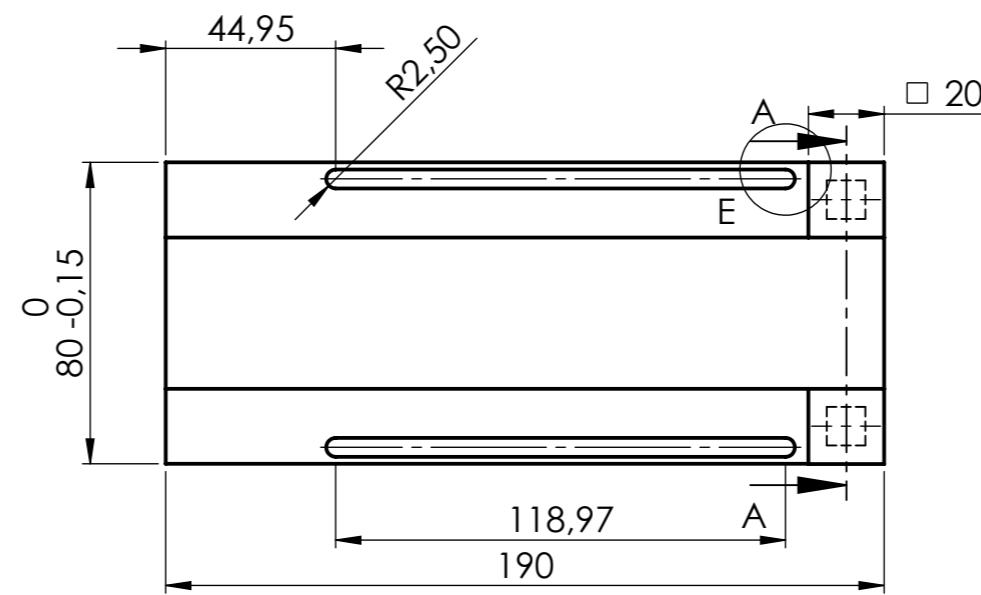
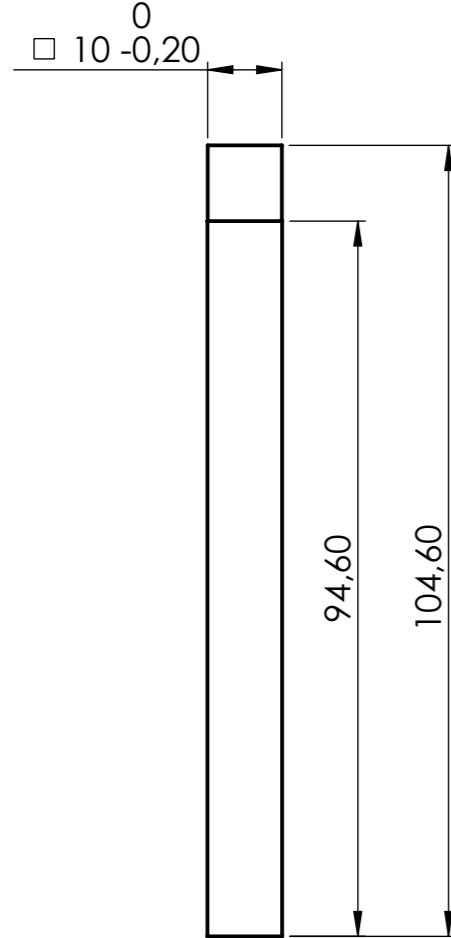
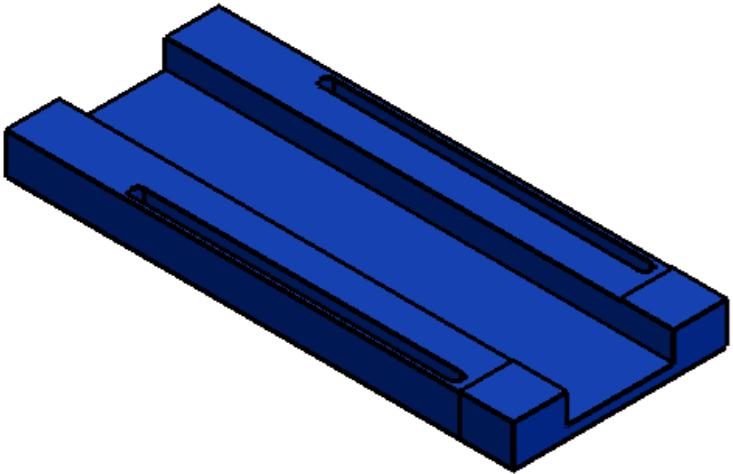


SECCIÓN A-A



1	1	Base soporte ventilador		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Material
<b>EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE DILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D</b>				
	Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS			
Fecha	MES-AÑO	05/2015	Universidad de La Laguna	Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora			Nº P. : 1.02.01
	Base soporte ventilador			Nom.Arch: Subconjunto Soporte Ventilador

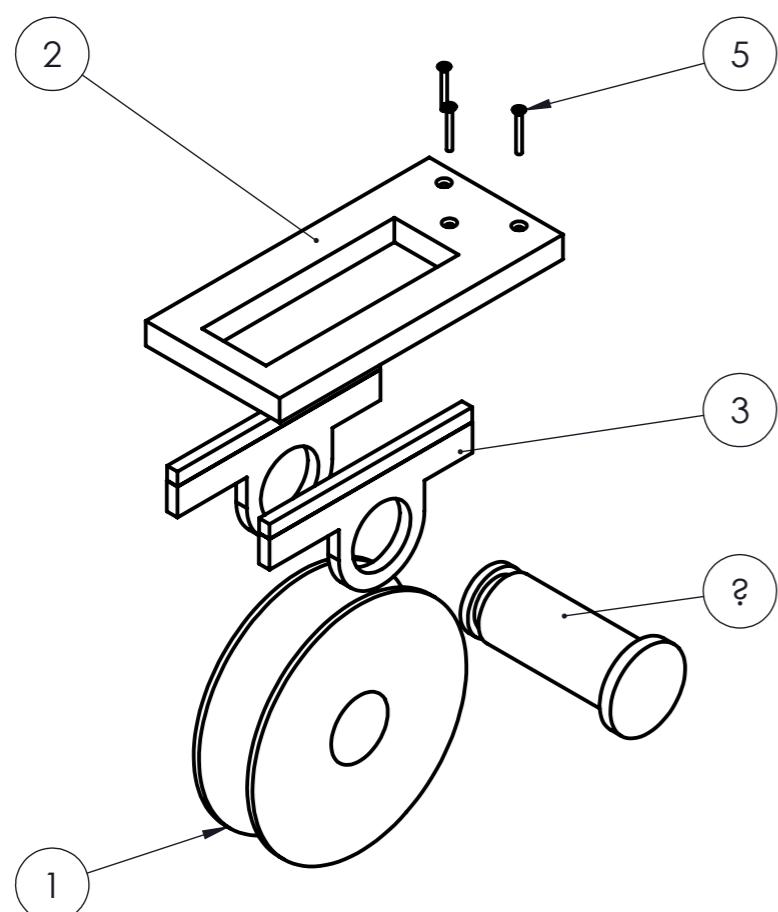
**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**



Marca	Nº Piezas	Designacion y observaciones	Norma	Medidas y material
3	2	Pata soporte ventilador		PLA
2	1	Bandeja soporte ventilador		PLA

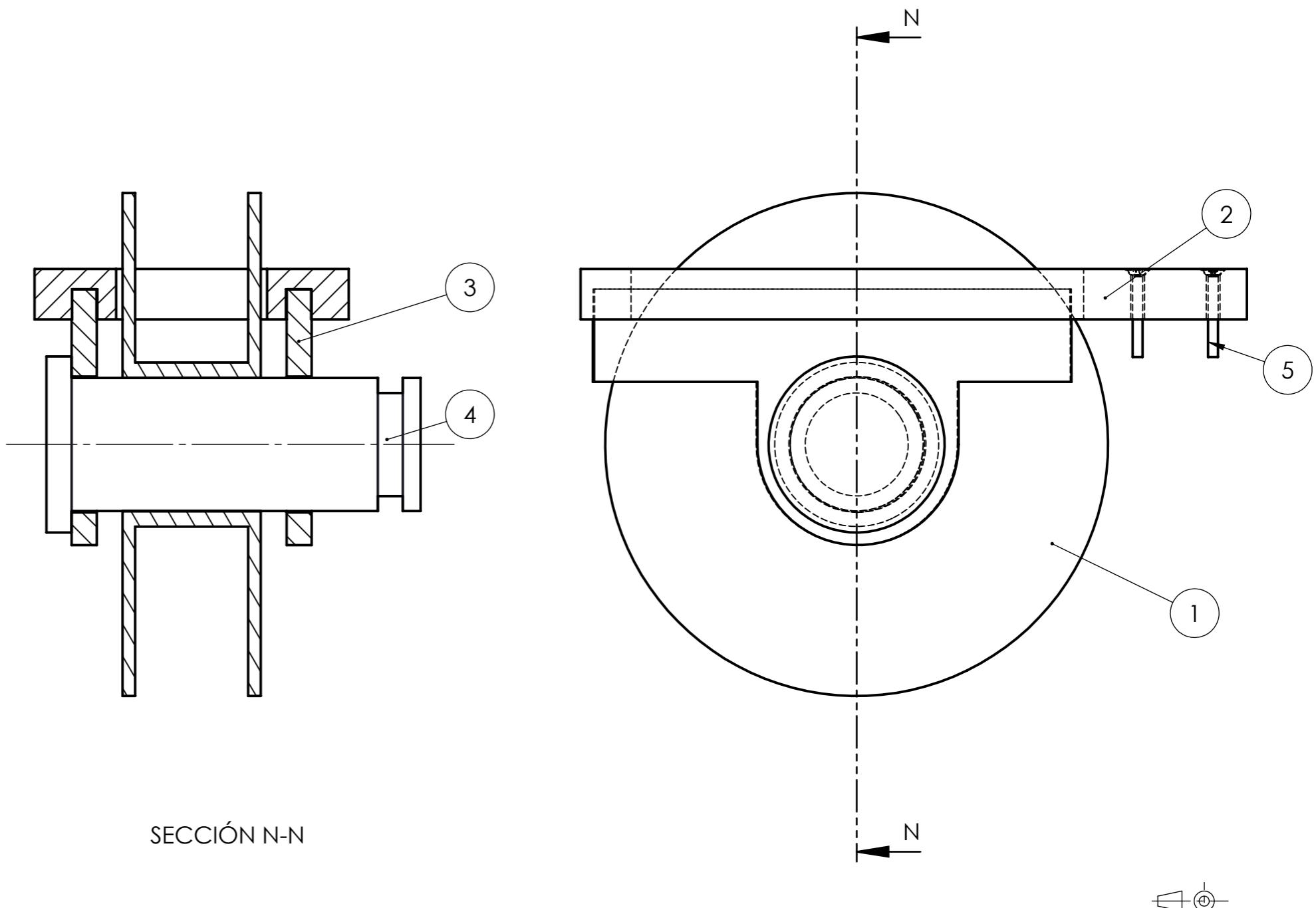
EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D						
		Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna		
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS					
Fecha	MES-AÑO	05/2015				
Id. s. normas	UNE-EN-DIN					
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora Marcas 2 y 3			Nº P. : 1.02.02 y 1.02.03		
				Nom.Arch: Subconjunto soporte ventilador		

**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**



ESCALA 1:5

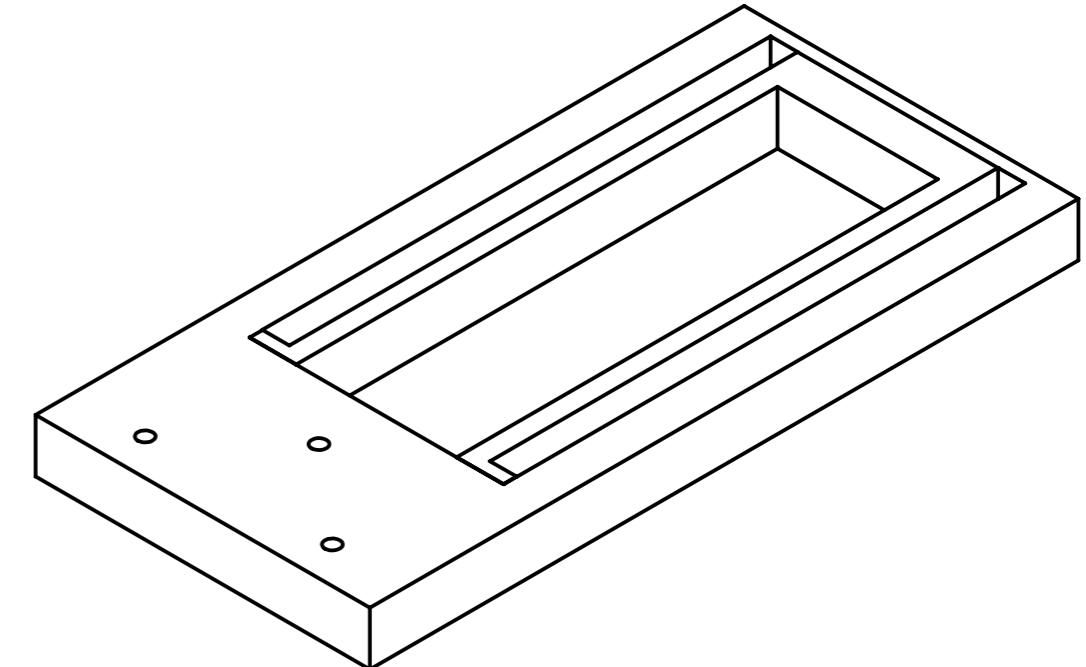
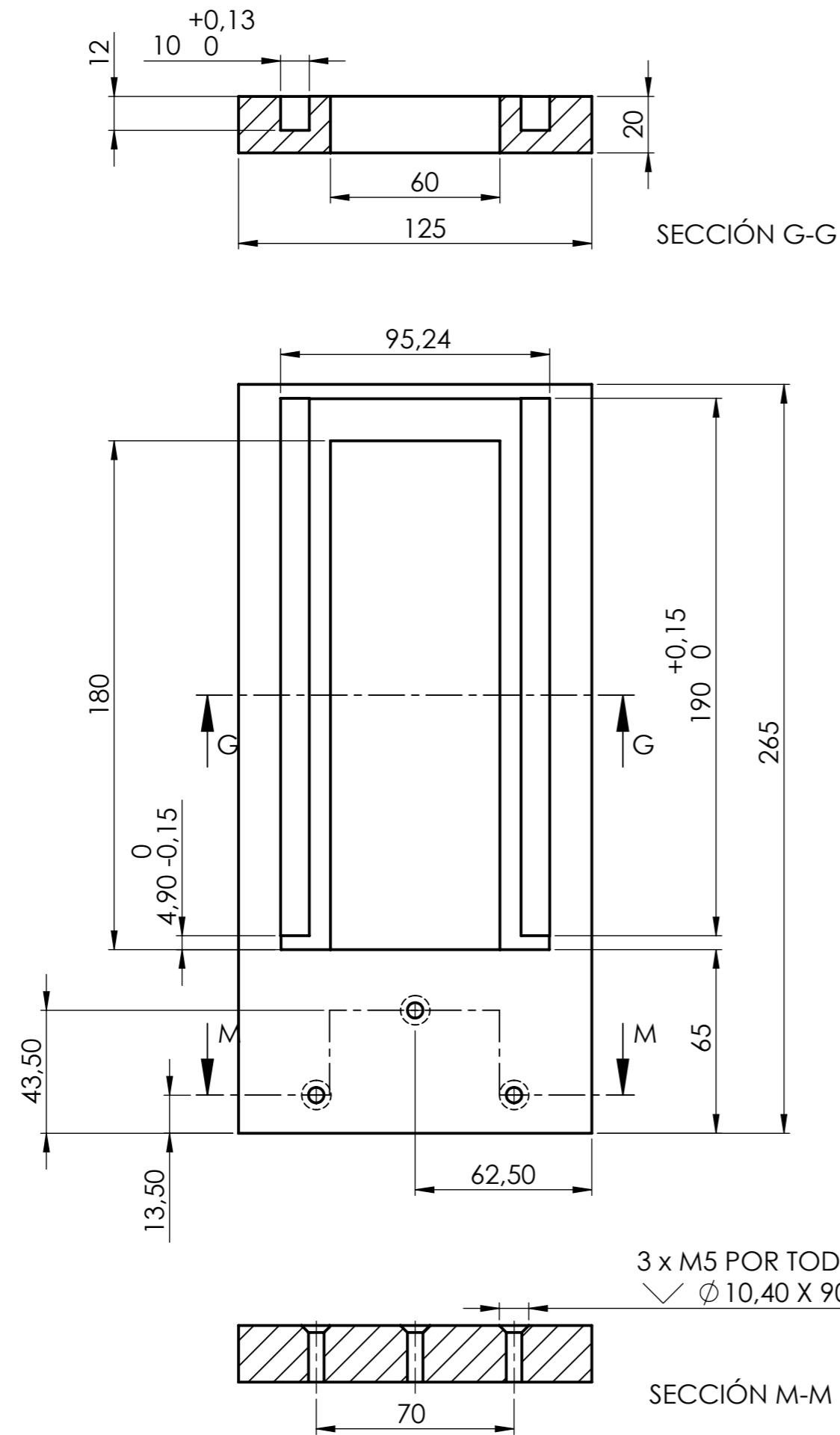
**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**



Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material
5	3	Tornillo cabeza avellanada	ISO 7046-1	M6x40
4	1	Eje bobina		PLA
3	2	Pata anclaje bobina		PLA
2	1	Base anclaje bobina		PLA
1	1	Bobina		

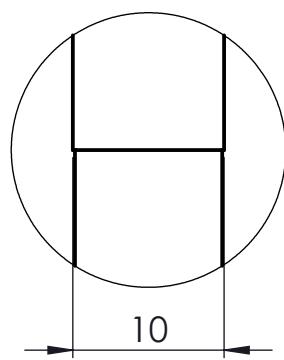
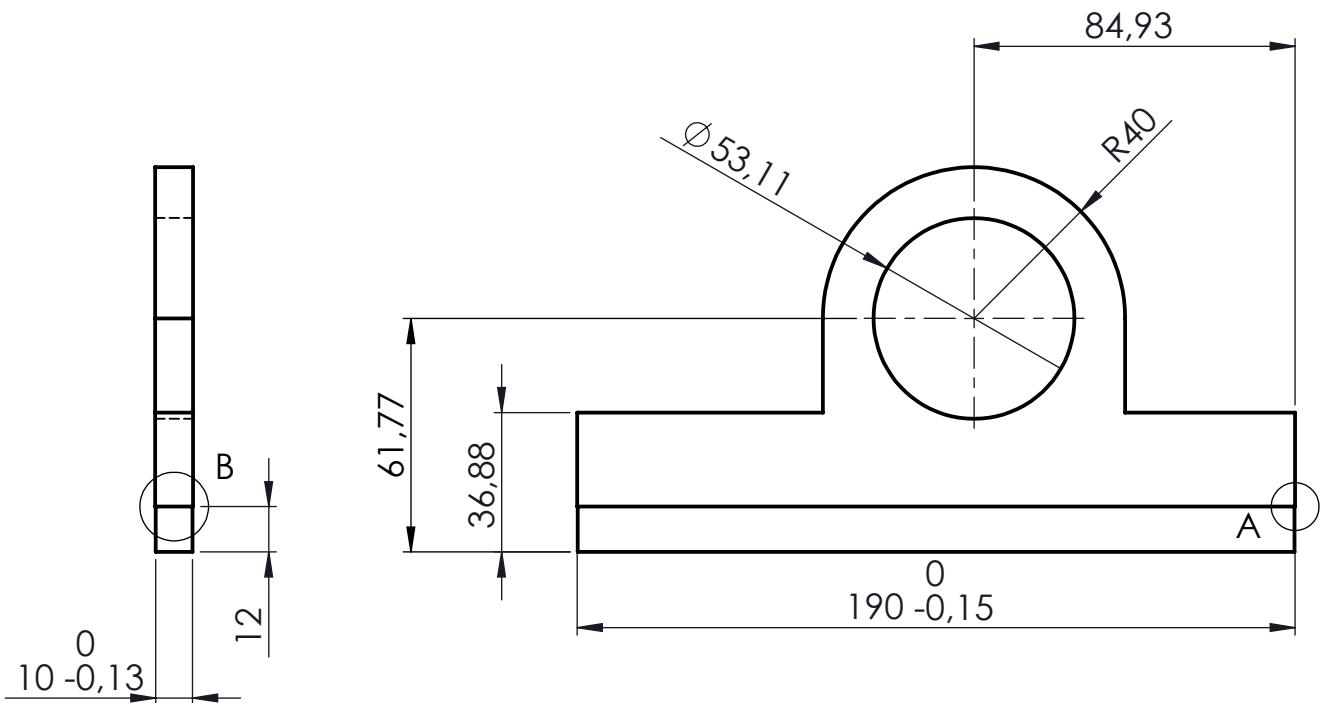
#### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D

Dibujado	Autor	ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL	
	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		Grado en Ingeniería Mecánica	
Fecha	MES-AÑO		Universidad de La Laguna	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: E 1:5	Conjunto extrusora Subconjunto soporte bobina		Nº P. : 1.03.00	Subconjunto soporte Nom.Arch: bobina

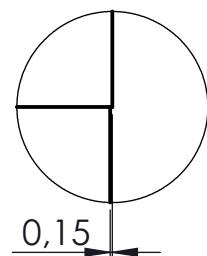


**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**

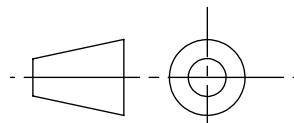
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material
<b>EXTRUSORA PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D</b>				
Dibujado	Autor	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Fecha	MES-AÑO	05/2015		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora Base anclaje bobina		Nº P. : 1.03.02	Nom.Arch: Subconjunto bobina



DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



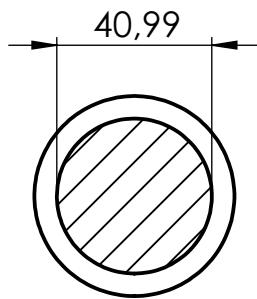
DETALLE A  
ESCALA 2 : 1



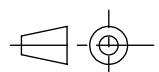
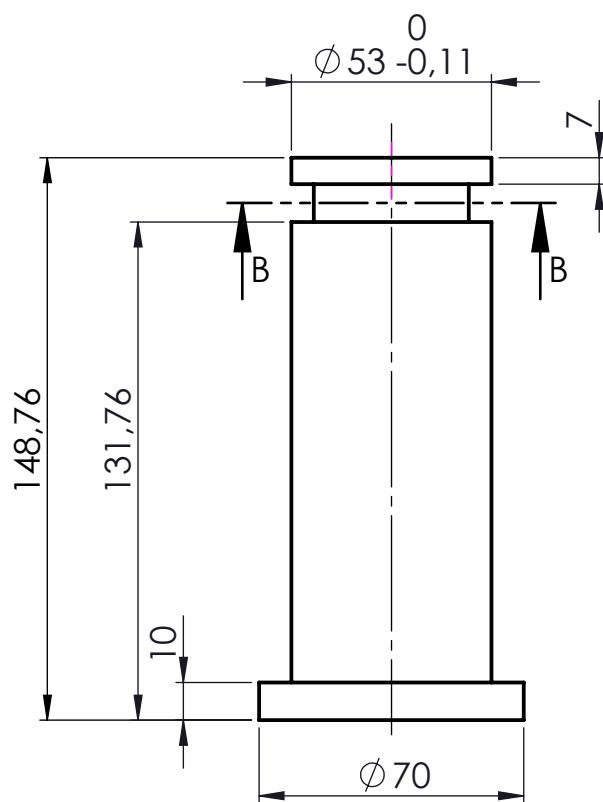
3	2	Pata anclaje bobina		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

**EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D**

	Autor		
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO 05/2015		Grado en Ingeniería Mecánica
		Universidad de La Laguna	Universidad de La Laguna
<b>Edición para educación de SolidWorks.</b> <b>Sólo para uso educativo.</b>			
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora	Nº P. : 1.03.03	
	Patas anclaje bobina	Nom.Arch:	Subconjunto soporte bobina



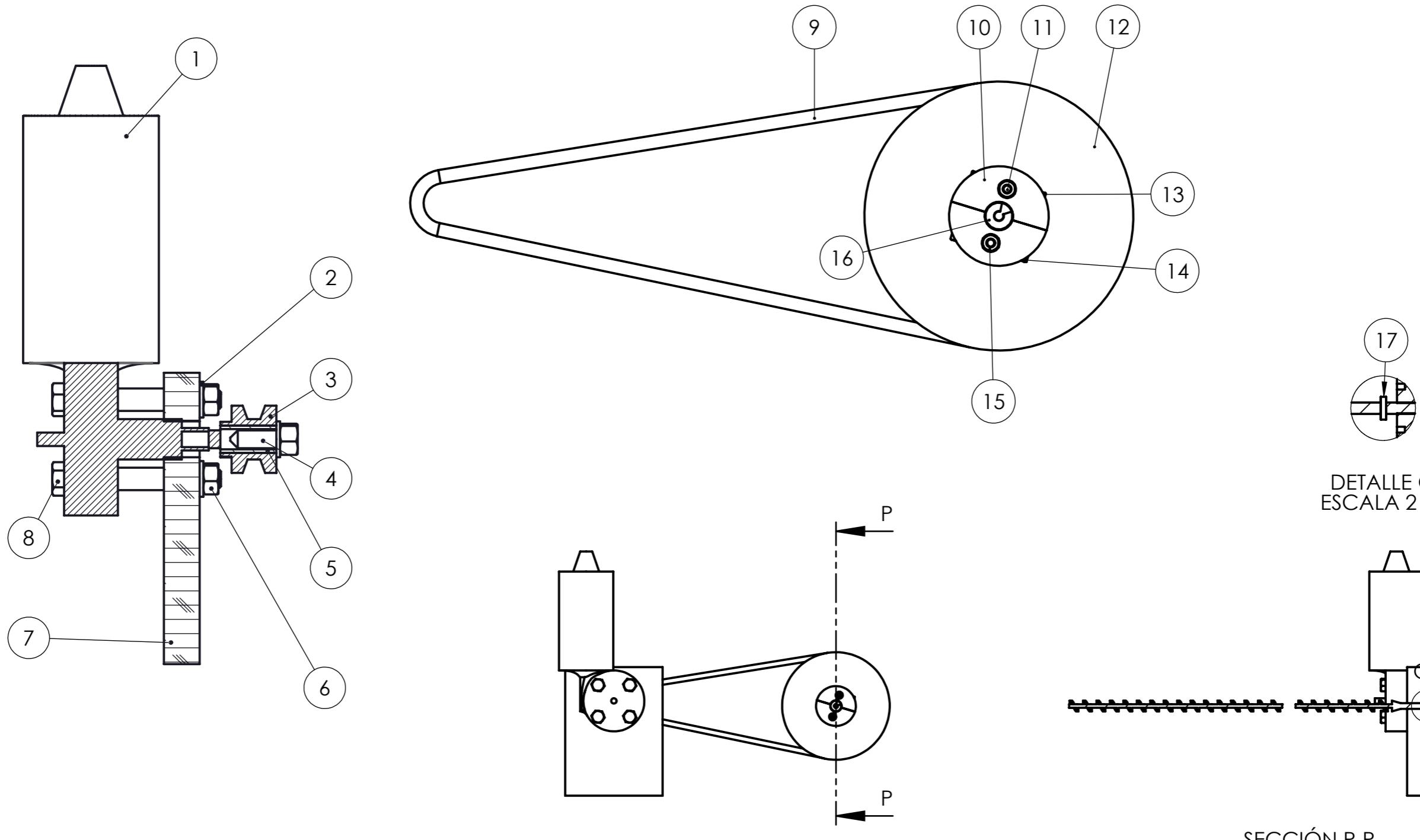
SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 : 2



4	1	Eje bobina		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

**EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D**

	Autor		
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO 05/2015		Grado en Ingeniería Química Industrial
		Universidad de La Laguna	Universidad de La Laguna
<b>Edición para educación de SolidWorks.</b> <b>Sólo para uso educativo.</b>			
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora Eje Bobina	Nº P. : 1.03.04 Nom.Arch: Subconjunto Soporte Bobina	



DETALLE Q  
ESCALA 2 : 5

SECCIÓN P-P

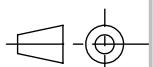
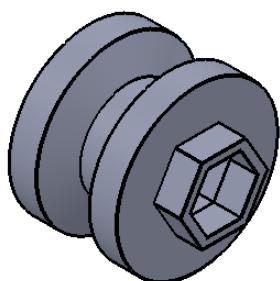
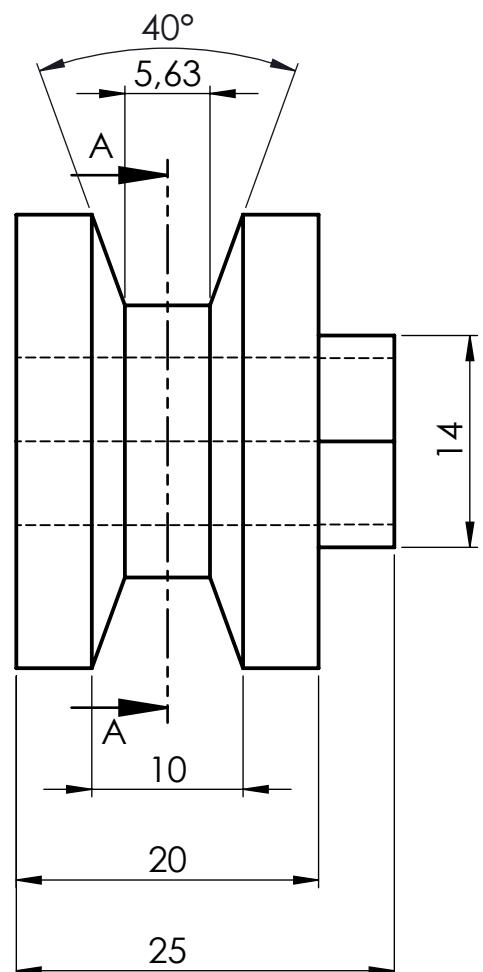
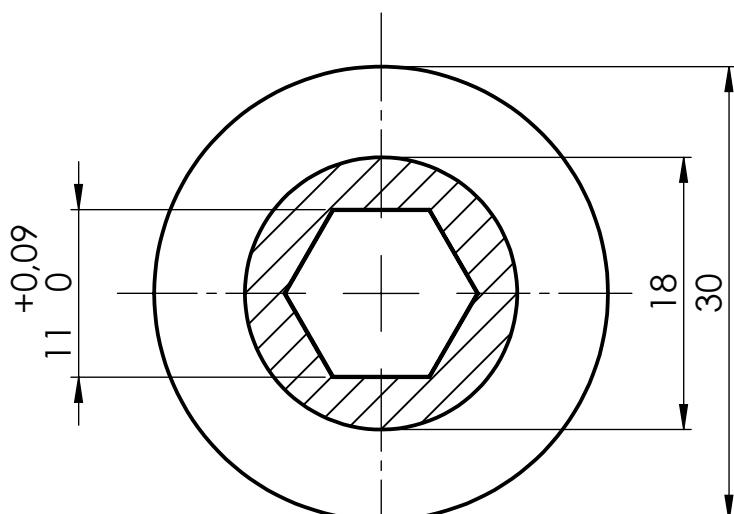
**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**

EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D		
	Autor	
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	 Universidad de La Laguna
Fecha	MES-AÑO 05/2015	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	
ESCALA: E 1:5	Conjunto extrusora Subconjunto transmisión	Nº P. : 1.04.00 Nom.Arch: Subconjunto Transmisión

17	1	Rodamiento SR188	AFBMA 12.2	6,35x12,7x3
16	1	Broca salomonica		12x450
15	4	Tuerca autoblocante	DIN 985	M4
14	4	Tuerca cabeza hexagonal	ISO 4032	M4
13	4	Tornillo cabeza hexagonal	DIN 7984	M4x40
12	1	Polea broca		PLA
11	2	Varilla roscada	DIN 975	M4 5.6 Zinc
10	4	Acople broca-polea		PLA
9	1	Correa trapezoidal	Z21	Caucho
8	4	Tornillo cabeza hexagonal	DIN 933	M8x40
7	1	Tabla soporte motor		Pino
6	5	Tuerca cabeza hexagonal	DIN 934 C.8	M8
5	1	Manguito		M8x25 Zinc
4	1	Esparrago allen	DIN 913	M8x25
3	1	Polea motor 1		PLA
2	5	Arandela plana	DIN-125-B	
1	1	Motor		
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

**EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS PARA IMPRESORAS 3D**

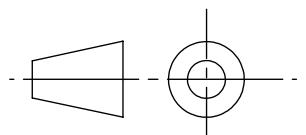
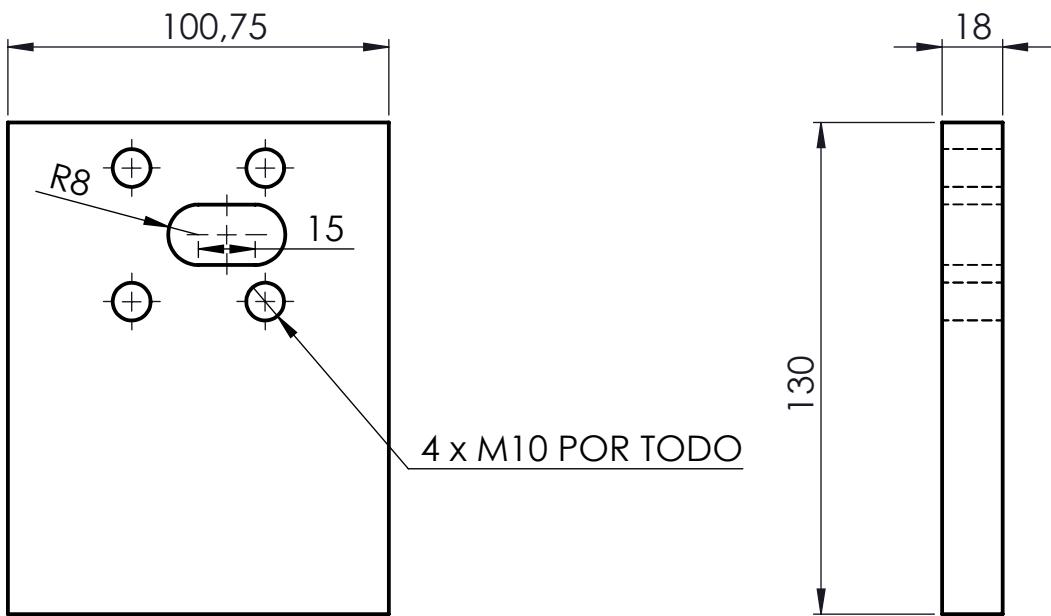
	Autor		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		
Fecha	MES-AÑO	05/2015	
Edición para educación de SolidWorks.		Universidad de La Laguna	
Sólo para uso educativo			
ESCALA:	Conjunto extrusora.		Nº P. : 1.04.00
E 2:1	Listado subconjunto transmisión		Subconjunto Nom.Arch: transmisión



3	1	Polea motor 1		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

**EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D**

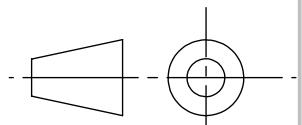
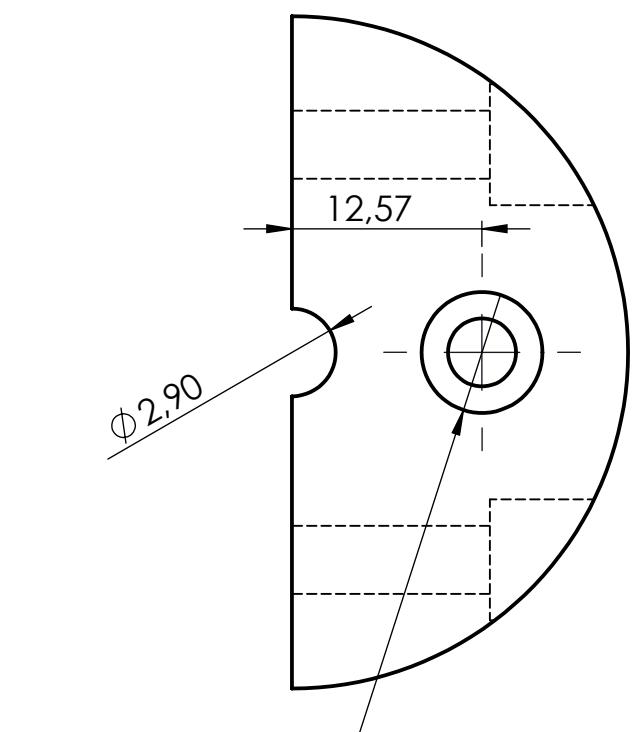
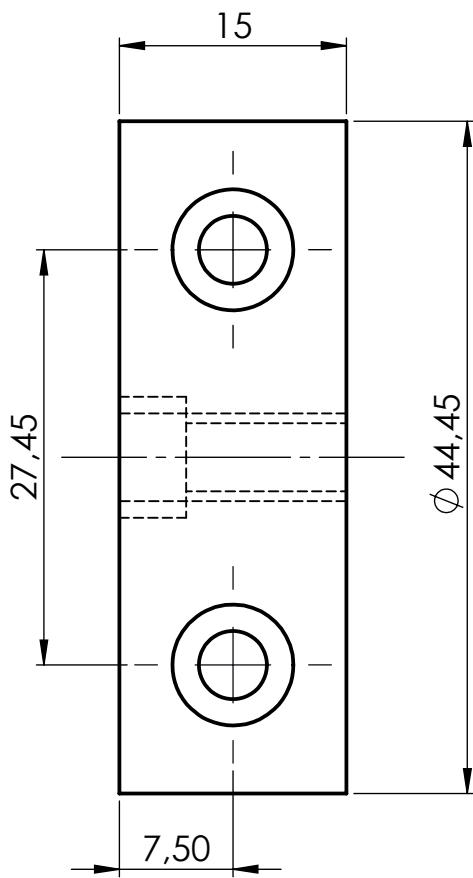
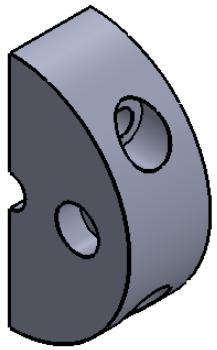
	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		
Fecha	MES-AÑO 05/2015		
Edición para educación de SolidWorks. Sólo para uso educativo.	Conjunto extrusora		Nº P. : 1.04.03
ESCALA: E 2:1	Polea motor 1		Nom.Arch: Subconjunto transmision



7	1	Tabla soporte motor		Pino
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidad y material

#### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D

	Autor		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		
Fecha	MES-AÑO	05/2015	
Edición para educación de SolidWorks. Sólo para uso educativo.		Universidad de La Laguna	
ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora		Nº P. : 1.04.07
	Tabla soporte motor		Nom.Arch: Subconjunto transmisión



10	4	Acople broca-polea		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

#### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA LA FABRICACIÓN DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D

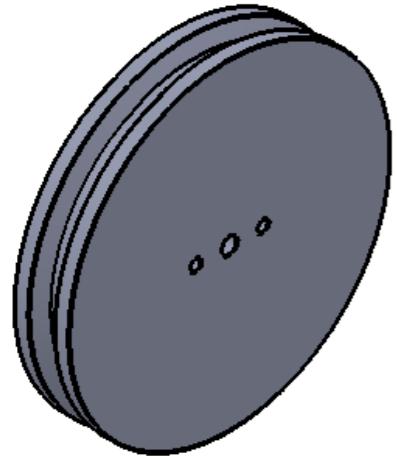
	Autor		
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO 05/2015	Universidad de La Laguna	Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Normas aplicadas	UNI EN-2040		

Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.

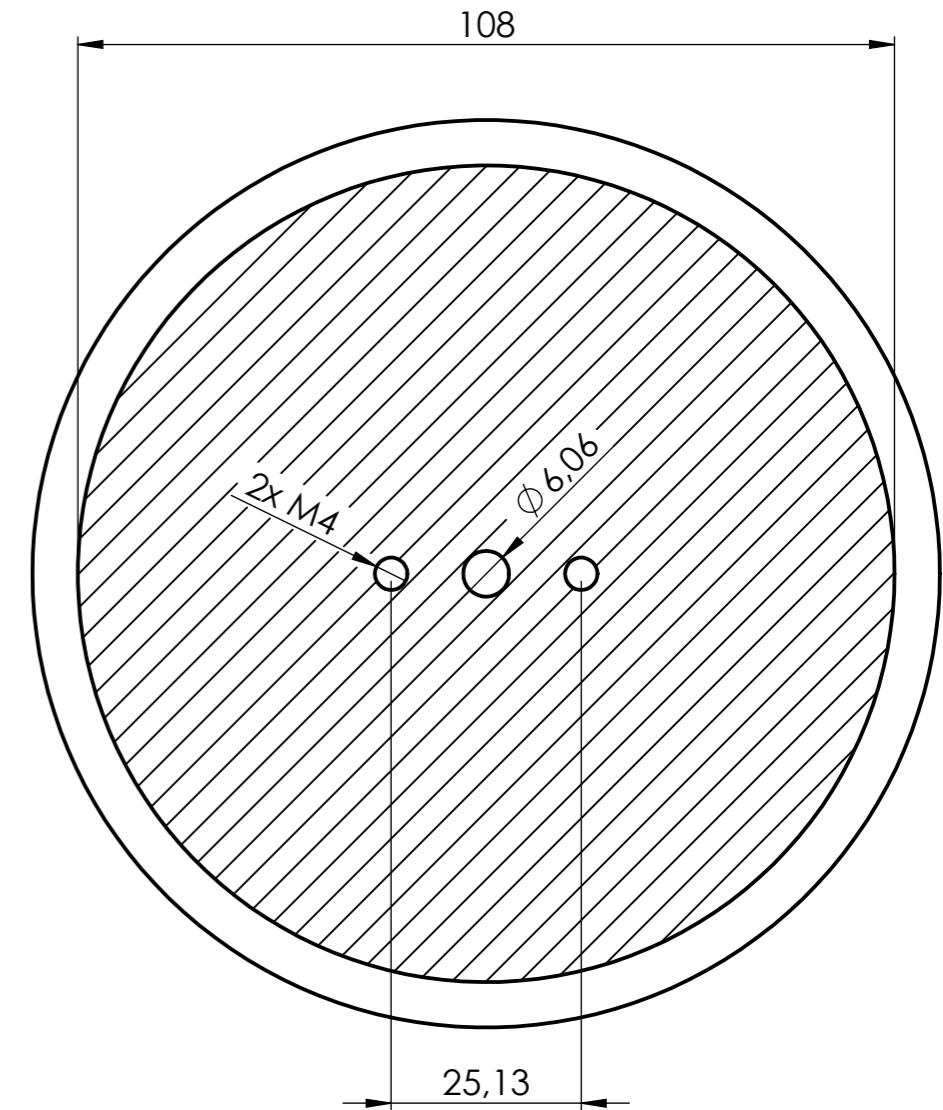
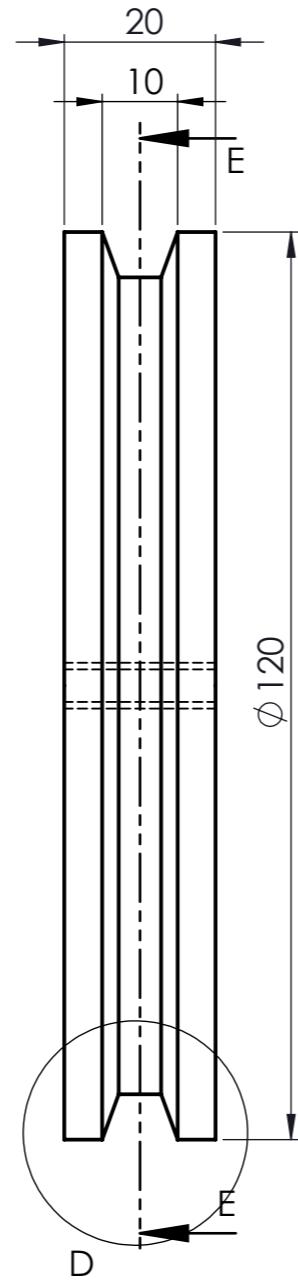
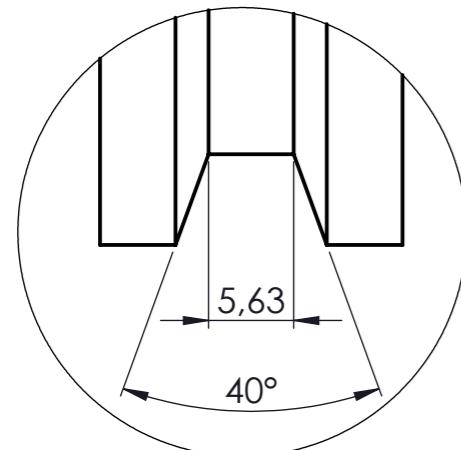
ESCALA:  
E 2:1

Conjunto extrusora  
Acople broca-polea

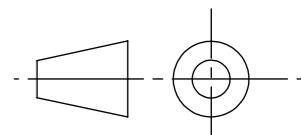
Nº P.: 1.04.10  
Nom.Arch: Subconjunto  
transmisión



DETALLE D  
ESCALA 2 : 1

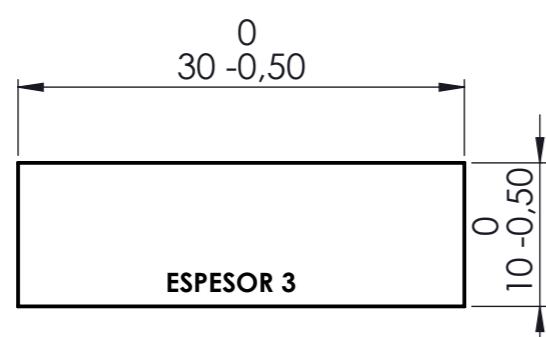
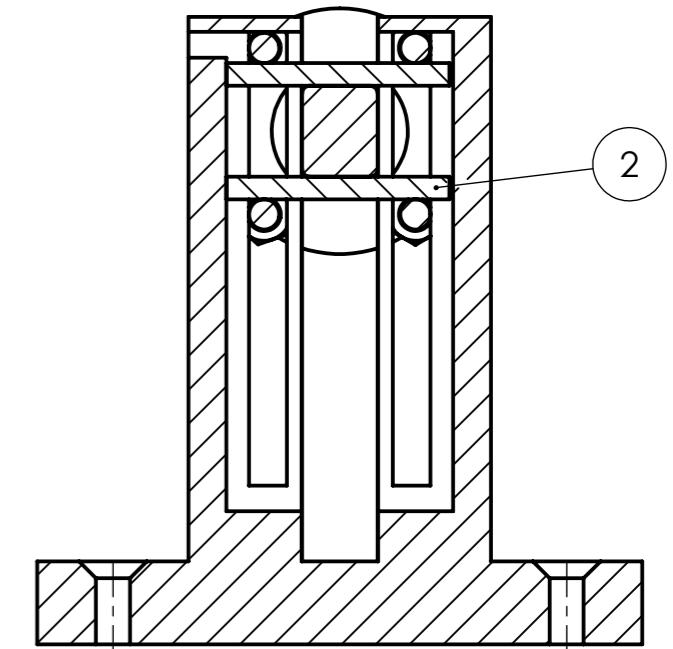
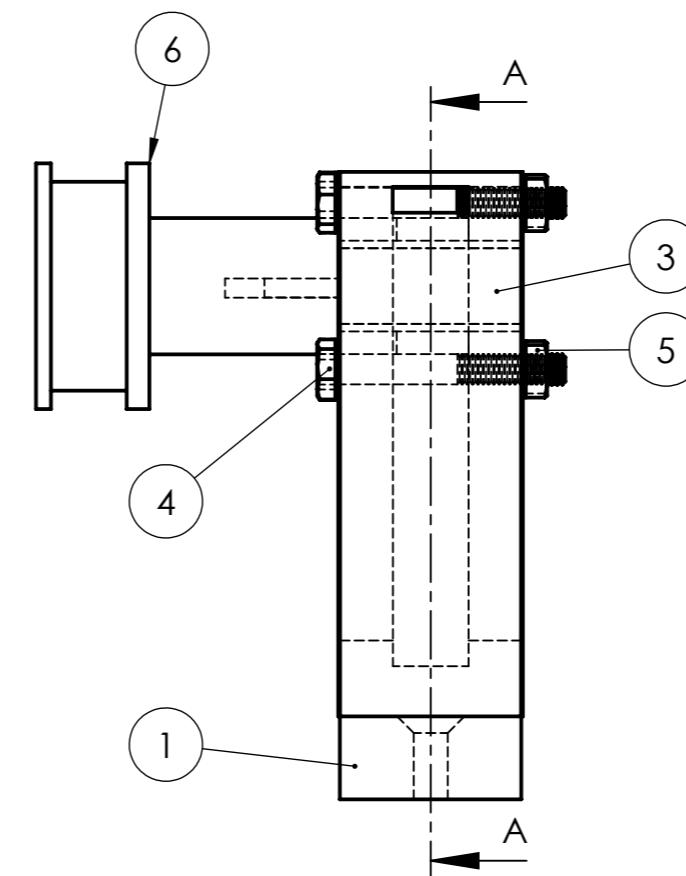
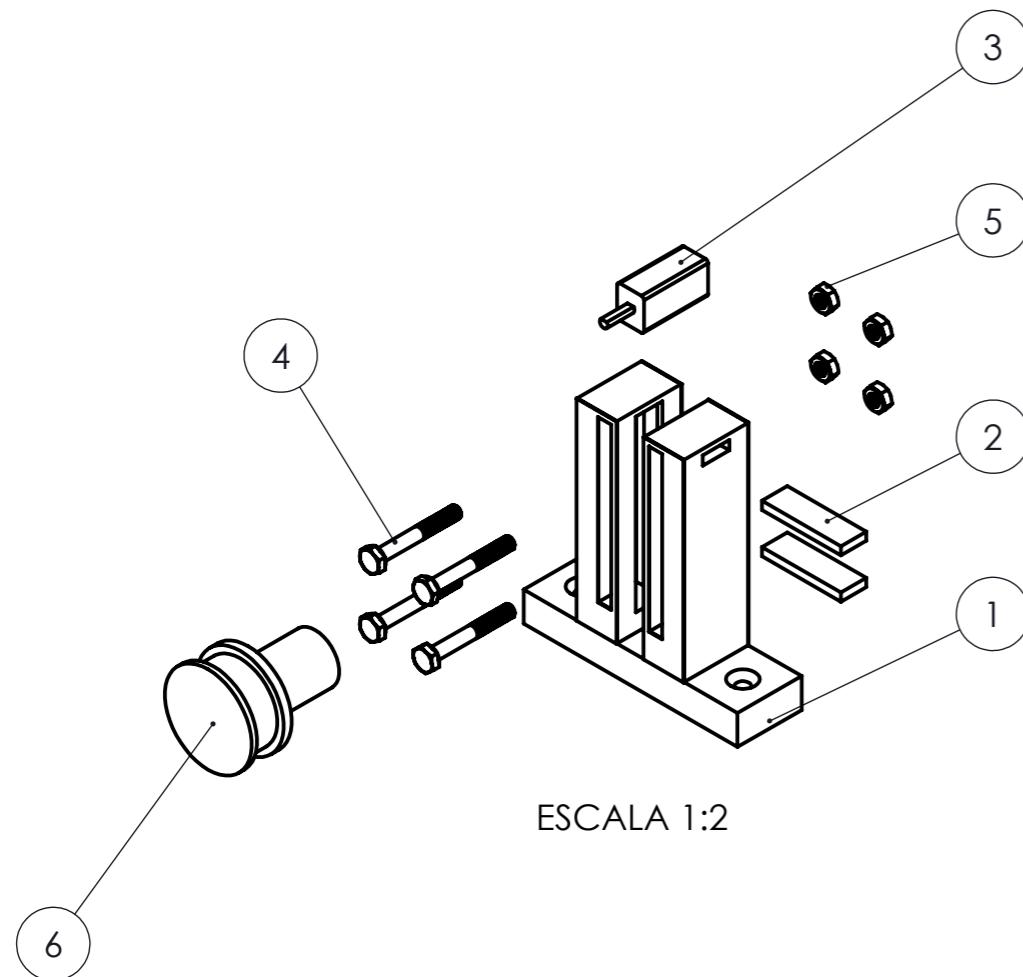


SECCIÓN E-E

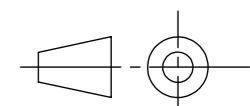


12	1	Polea broca		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material
<b>EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D</b>				
	Autor			
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO	05/2015	Universidad de La Laguna	Grado en Ingeniería Mecánica
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			Universidad de La Laguna
ESCALA: E 1:1	Conjunto extrusora			Nº P. : 1.04.12
	Polea broca			Nom.Arch: Subconjunto transmisión

**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**



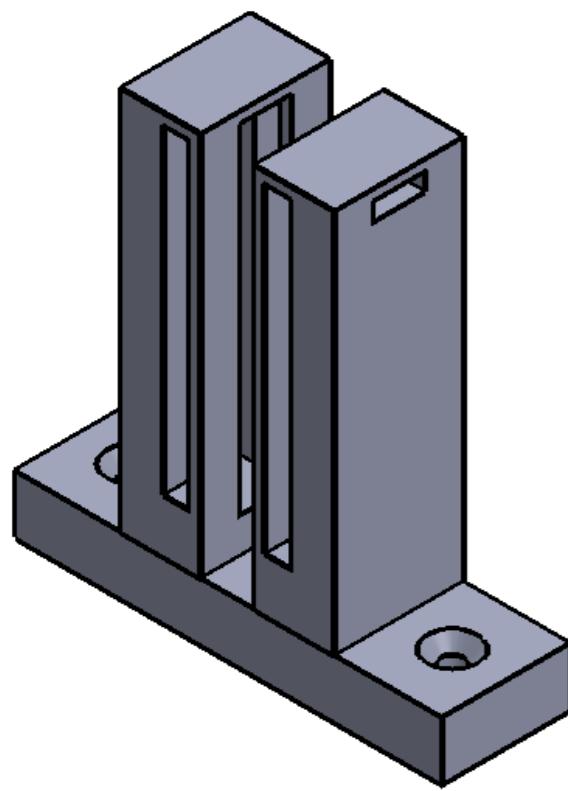
Marca 2



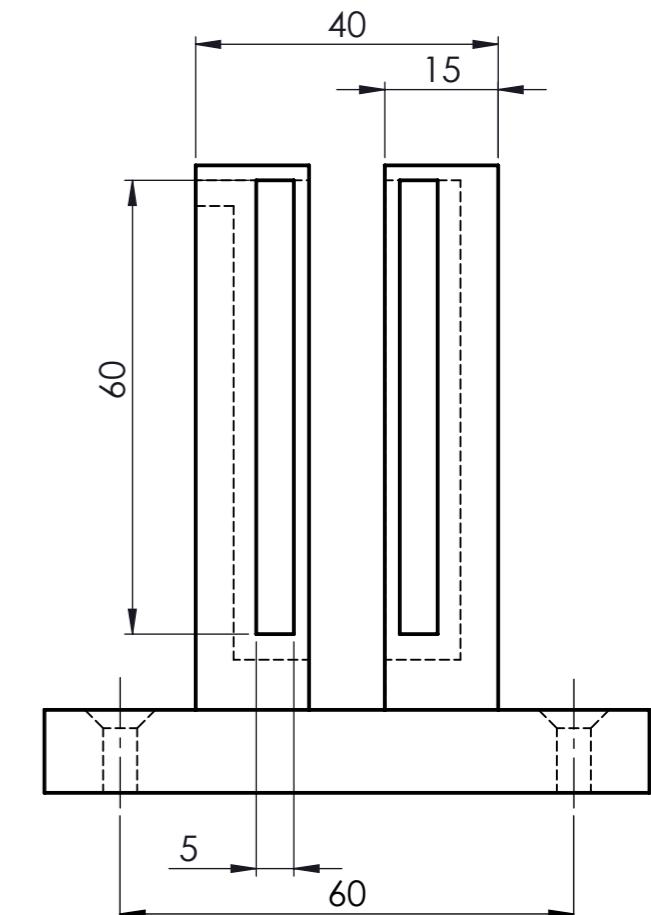
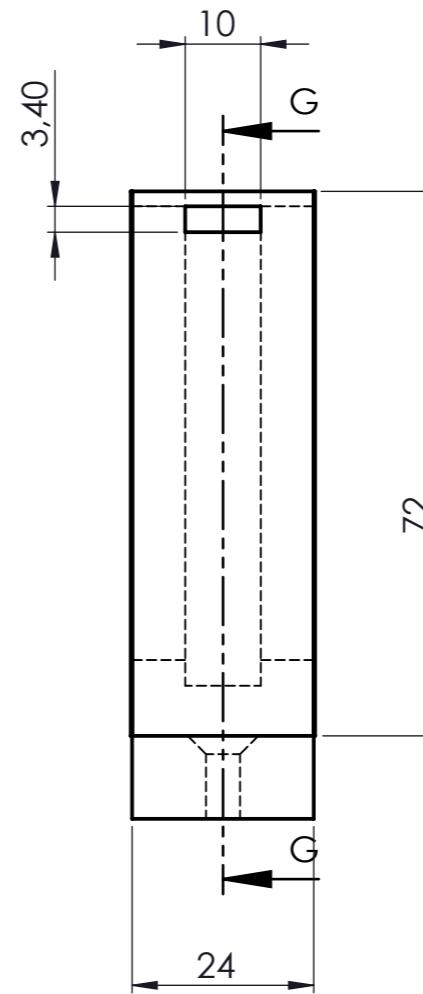
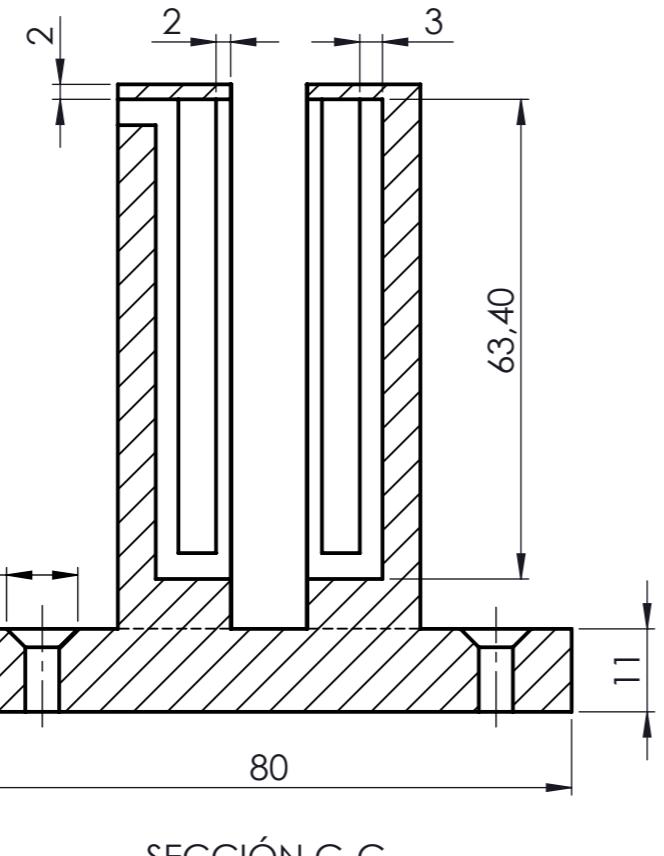
Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material
6	1	Polea motor bobina		PLA
5	4	Tuerca hexagonal	ISO-4032	M4-S
4	4	Tornillos cabeza hexagonal	ISO-4014	M4x30x14-S
3	1	Motor		
2	2	Bandeja soporte motor 2		PLA
1	1	Soporte motor 2		PLA

#### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORA 3D

Dibujado	Autor		 Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna		
Fecha	MES-AÑO					
Id. s. normas	UNE-EN-DIN					
ESCALA: E 1:1	Conjunto extrusora Subconjunto motor 2			Nº P. : 1.05.00		
				Nom.Arch: Subconjunto Motor 2		

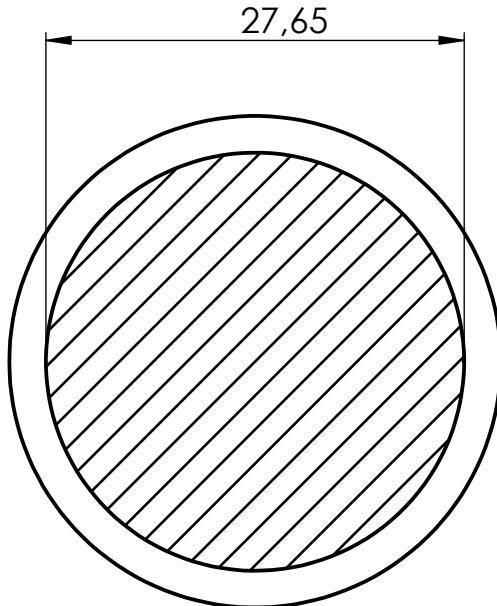


2 x M4 POR TODO  
✓ Ø 9,40 X 90°

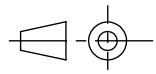
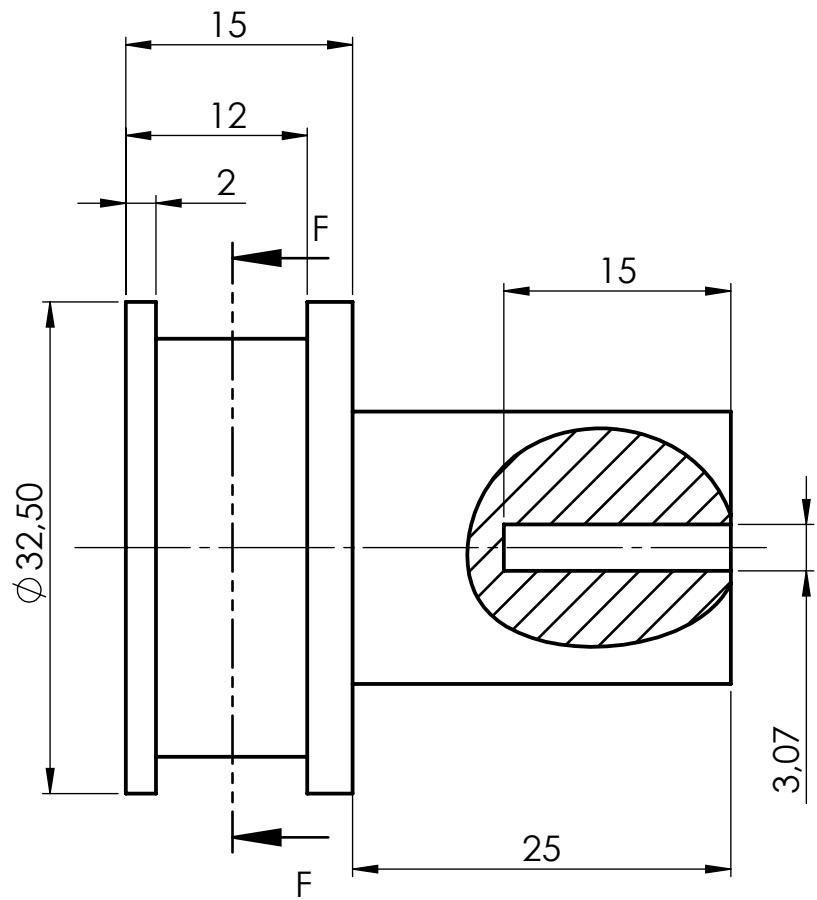


1	1	Soporte motor 2		PLA
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Material
<b>EXTRUSORA PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D</b>				
Dibujado	Autor	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS	ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO	05/2015	Universidad de La Laguna	Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: E 1:1	Conjunto extrusora		Nº P. : 1.05.01	
	Soporte motor 2			Nom. Arch: Subconjunto motor 2

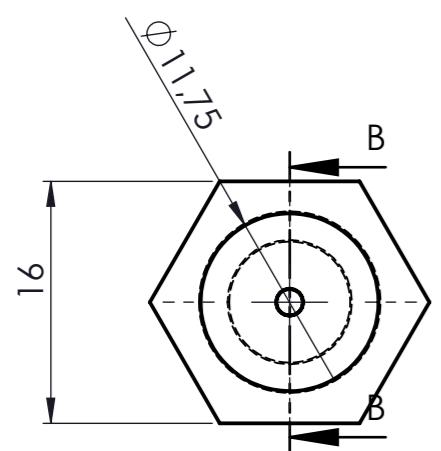
**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**



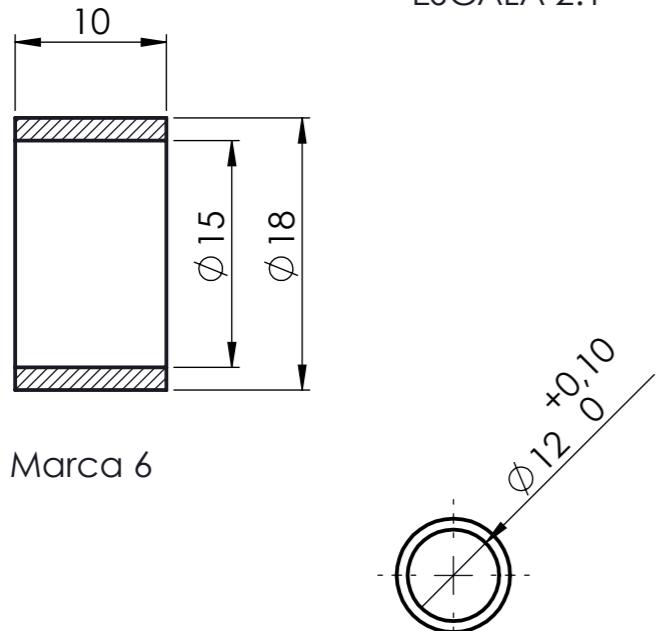
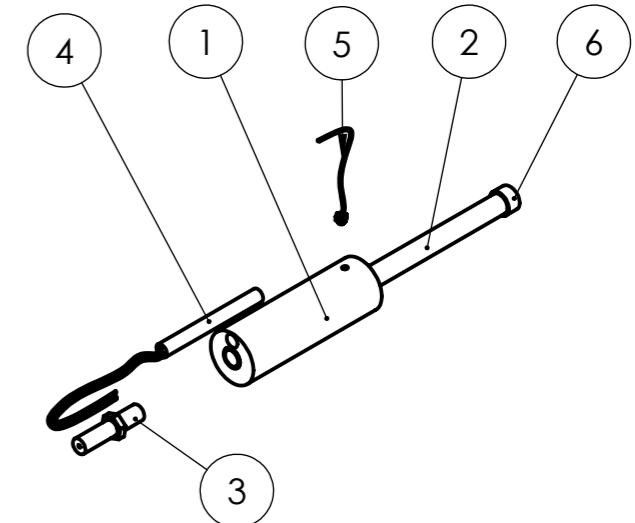
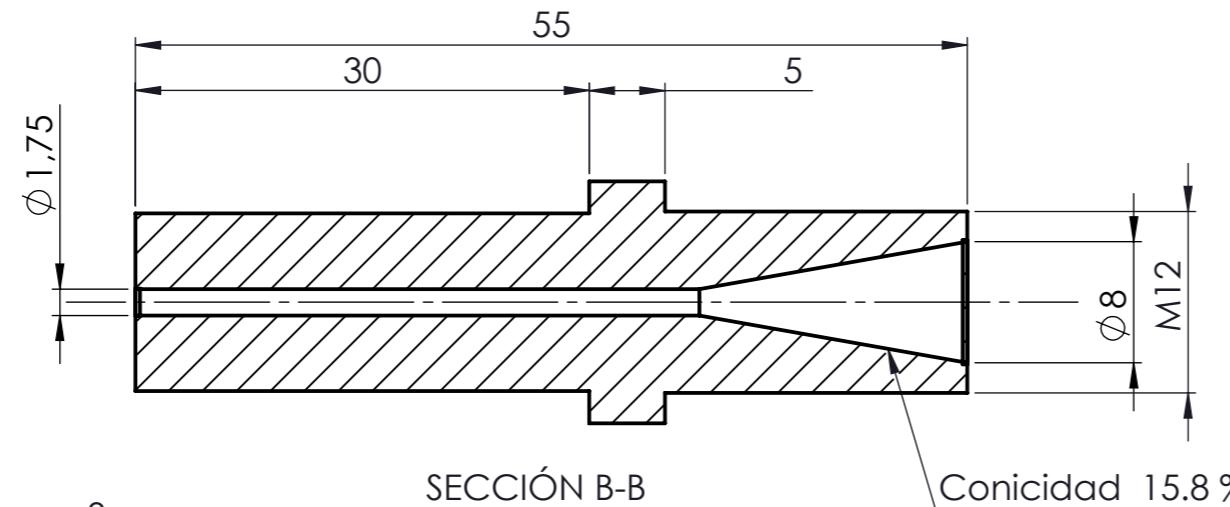
SECCIÓN F-F



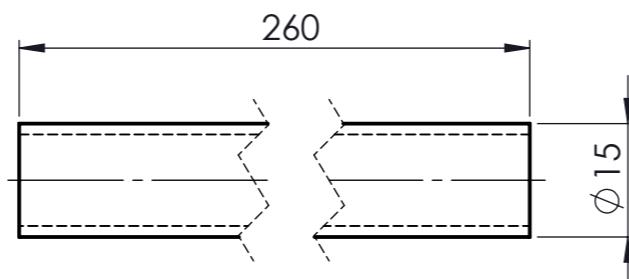
6	1	Polea motor bobina		PLA
Marca	Nº Piezas	Designacion y observaciones	Norma	Material
<b>EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTOS DE IMPRESORA 3D</b>				
Dibujado		Autor		
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		ULL	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Fecha	MES-AÑO	05/2015	Universidad de La Laguna	Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Normas	ISO 9001:2008 EN 1000-8 UNE EN-20402-1			
Edición para educación de SolidWorks. Sólo para uso educativo	ESCALA: E 2:1	Conjunto extrusora Polea motor bobina	Nº P. : 1.05.06 Nom.Arch: Subconjunto motor bobina.	



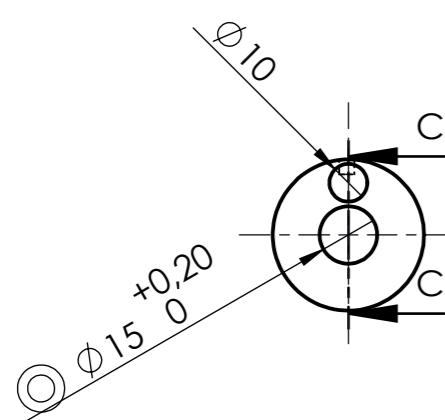
Marca 3  
ESCALA 2:1



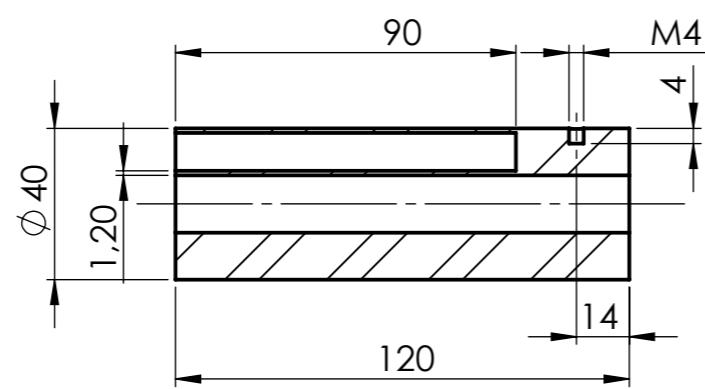
Marca 6



The figure consists of two parts. The top part is a schematic cross-section of a microfluidic channel. It shows a main horizontal channel with a hatched pattern. A vertical line labeled 'A-A' indicates the plane of the cross-section. A wavy line representing a sample is shown entering from the left. The bottom part is a top-down schematic of a microfluidic chip. It features a central rectangular area with a diagonal line pattern, flanked by two smaller rectangular areas with horizontal line patterns. A long, thin horizontal line extends from the right side of the central area.



Marca



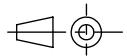
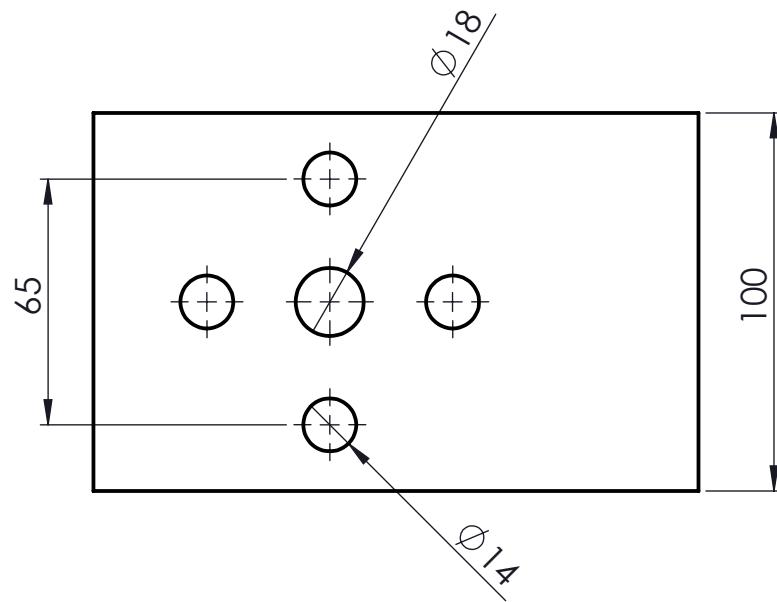
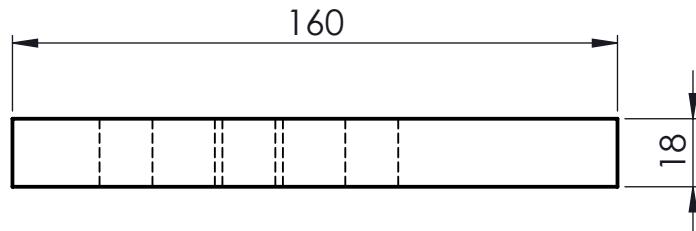
SECCIÓN C-C

6	1	Anillo centrador		Acero
5	1	Sensor k		
4	1	Calentador de cartucho		150 W 220 VAC
3	1	Dado de extrusión		Latón
2	1	Barril de extrusión		Acero Inox 304
1	1	Banda térmica		Aluminio
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTO PARA IMPRESORAS 3D

	Autor		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		
Fecha	MES-AÑO	05/2015	Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:1	Conjunto extrusora		Nº P.: 1.06.00
	Subconjunto extrusión		Nom.Arch: Subconjunto extrusión

**Edición para educación de SolidWorks.  
Sólo para uso educativo.**



Marca	Nº Piezas	Madera de aislamiento	Norma	Pino
-------	-----------	-----------------------	-------	------

### EXTRUSORA DE PLASTICOS PARA FABRICACION DE FILAMENTOS DE IMPRESORAS 3D

	Autor		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL	
Dibujado	FRANCO ALVES, JOSEPH MEDINA RIVERO, CARLOS		Grado en Ingeniería Mecánica	Universidad de La Laguna
Fecha	MES-AÑO 05/2015			
Edición para educación de SolidWorks. Sólo para uso educativo	ESCALA: E 1:2	Conjunto extrusora	Nº P. : 1.13.00	Nom.Arch: Madera de aislamiento
		Madera de aislamiento		



Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Industrial

## **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

### **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

## **PRESUPUESTO**

### **EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA FABRICACIÓN DE FILAMENTO DE IMPRESORA 3D**

**JOSEPH MANUEL FRANCO ALVES**

**CARLOS MANUEL MEDINA RIVERO**

**La Laguna, JULIO DE 2015**



# INDICE DEL PRESUPUESTO

<b>1</b>	<b>PIEZAS REPLICADAS.....</b>	<b>191</b>
1.1	TOLVA SUPERIOR.....	191
1.2	TOLVA INFERIOR .....	191
1.3	ASENTO TOLVA.....	191
1.4	PATA TOLVA .....	191
1.5	ANCLAJE TOLVA .....	191
1.6	BASE SOPORTE VENTILADOR .....	192
1.7	BANDEJA SOPORTE VENTILADOR .....	192
1.8	PATA SOPORTE VENTILADOR.....	192
1.9	BASE ANCLAJE BOBINA .....	192
1.10	PATA ANCLAJE BOBINA .....	192
1.11	EJE BOBINA .....	192
1.12	POLEA MOTOR 1 .....	193
1.13	ACOPLE BROCA-POLEA.....	193
1.14	POLEA BROCA.....	19
1.15	SOPORTE MOTOR 2 .....	193
1.16	POLEA MOTOR BOBINA .....	193
1.17	BANDEJA SOPORTE MOTOR 2 .....	193
<b>2</b>	<b>PIEZAS MECANIZADAS .....</b>	<b>195</b>
2.1	BARRIL DE EXTRUSION .....	195
2.2	BOQUILLA DE EXTRUSION .....	195
2.3	BANDA TERMICA.....	196
<b>3</b>	<b>ELEMENTOS COMERCIALES.....</b>	<b>196</b>
<b>4</b>	<b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....</b>	<b>198</b>



## 1 PIEZAS REPLICABLES

### 1.1 TOLVA Superior

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.01.01	Tolva Superior	0,8	1	66,34	53,07
<b>Subtotal (€)</b>					<b>53,07</b>

### 1.2 TOLVA Inferior

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.01.02	Tolva Inferior	0,6	1	128,58	77,14
<b>Subtotal (€)</b>					<b>77,14</b>

### 1.3 Asiento Tolva

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.01.03	Asiento Tolva	0,8	1	82,58	66,06
<b>Subtotal (€)</b>					<b>66,06</b>

### 1.4 Patas Tolva

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.01.04	Pata Tolva	0,8	4	4,83	15,45
<b>Subtotal (€)</b>					<b>15,45</b>

### 1.5 Anclaje Tolva

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.01.05	Anclaje Tolva	0,8	4	6,78	21,72
<b>Subtotal (€)</b>					<b>21,72</b>

## 1.6 Base Soporte Ventilador

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.02.01	Base Soporte Ventilador	0,8	1	95,87	76,69
<b>Subtotal (€)</b>					<b>76,69</b>

## 1.7 Bandeja Soporte Ventilador

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.02.02	Bandeja Soporte Ventilador	0,8	1	66,55	53,24
<b>Subtotal (€)</b>					<b>53,24</b>

## 1.8 Pata Soporte Ventilador

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.02.03	Pata Soporte Ventilador	0,8	2	5,86	9,37
<b>Subtotal (€)</b>					<b>9,37</b>

## 1.9 Base Anclaje Bobina

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.03.02	Base Anclaje Bobina	0,6	1	133,96	80,37
<b>Subtotal (€)</b>					<b>80,37</b>

## 1.10 Pata Anclaje Bobina

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.03.03	Pata Anclaje Bobina	0,8	2	36,985	59,17
<b>Subtotal (€)</b>					<b>59,17</b>

## 1.11 Eje Bobina

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.03.04	Eje Bobina	0,8	1	81,58	65,26
<b>Subtotal (€)</b>					<b>65,26</b>

## 1.12 Polea Motor 1

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.04.03	Polea Motor 1	0,8	1	5,64	4,51
<b>Subtotal (€)</b>					<b>4,51</b>

## 1.13 Acople Broca Polea

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.04.10	Acople Broca Polea	0,8	2	10,86	17,37
<b>Subtotal (€)</b>					<b>17,37</b>

## 1.14 Polea Broca

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.04.12	Polea Broca	0,8	1	61,17	48,93
<b>Subtotal (€)</b>					<b>48,93</b>

## 1.15 Soporte Motor 2

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.05.01	Soporte Motor 2	0,8	1	28,72	22,97
<b>Subtotal (€)</b>					<b>22,97</b>

## 1.16 Bandeja Motor 2

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.05.02	Bandeja Soporte Motor 2	0,8	2	0,845	1,35
<b>Subtotal (€)</b>					<b>1,35</b>

## 1.17 Polea Motor Bobina

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.05.06	Polea Motor bobina	0,8	1	7,19	5,75
<b>Subtotal (€)</b>					<b>5,75</b>

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.01.01	Asiento Tolva	0,8	1	82,58	66,06
1.01.02	Tolva Inferior	0,6	1	128,58	77,14
1.01.03	Tolva Superior	0,8	1	66,34	53,07
1.01.04	Pata Tolva	0,8	4	4,83	15,45
1.01.05	Anclaje Tolva	0,8	4	6,7875	21,72
<b>Subtotal (€)</b>					<b>233,46</b>

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.02.01	Base Soporte Ventilador	0,8	1	95,87	76,69
1.02.02	Bandeja Soporte Ventilador	0,8	1	66,55	53,24
1.02.03	Pata Soporte Ventilador	0,8	2	5,86	9,37
<b>Subtotal (€)</b>					<b>139,31</b>

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.03.02	Base Anclaje Bobina	0,6	1	133,96	80,37
1.03.03	Pata Anclaje Bobina	0,8	2	36,985	59,17
1.03.04	Eje Bobina	0,8	1	81,58	65,26
<b>Subtotal (€)</b>					<b>204,81</b>

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.04.03	Polea Motor 1	0,8	1	5,64	4,512
1.04.10	Acople Broca Polea	0,8	4	10,86	34,75
1.04.12	Polea Broca	0,8	1	61,17	48,93
<b>Subtotal (€)</b>					<b>88,2</b>

Nº de plano	Denominación	Precio (€/g)	Unidades	Peso (g)	Coste (€)
1.05.01	Soporte Motor 2	0,8	1	28,72	22,97
1.05.02	Bandeja Soporte Motor 2	0,8	2	0,845	1,35
1.05.06	Polea Motor Bobina	0,8	1	7,19	5,75
<b>Subtotal (€)</b>					<b>30,08</b>

<b>Total (€)</b>	<b>695,86</b>
------------------	---------------

## 2 PIEZAS MECANIZADAS

### 2.1 Barril de Extrusión

Nº de plano	Denominación	Material	Formato	U.	Coste (€)
1.06.01	Barril de Extrusión	Acero Inox.	Tubo (15x12x1000) mm	1	3,01
<b>Subtotal (€)</b>					<b>3,01</b>

Concepto	Tarifa (€/h)	U.	Coste (€)
Roscado interior	22	1	22
<b>Subtotal (€)</b>			<b>22</b>

<b>Total (€)</b>	25,01
------------------	-------

### 2.2 Dado de Extrusión

Nº de plano	Denominación	Material	Formato	U.	Coste (€)
1.06.02	Dado de Extrusión	Latón	Hexágono (16x60) mm	1	1,49
<b>Subtotal (€)</b>					<b>1,49</b>

Concepto	Tarifa (€/h)	U.	Coste (€)
Roscado exterior, Fresado	33	2	66
<b>Subtotal (€)</b>			<b>66</b>

<b>Total (€)</b>	67,49
------------------	-------

## 2.3 Banda Térmica

Nº de plano	Denominación	Material	Formato	Unidades	Coste (€)
1.06.03	Banda Térmica	Aluminio	Circular (50x120) mm	1	1,91
<b>Subtotal (€)</b>					<b>1,91</b>
Concepto	Tarifa (€/h)	Unidades	Coste (€)		
Taladrado interior, exterior	22	1	22		
<b>Subtotal (€)</b>					<b>22</b>
<b>Total (€)</b>					<b>23,91</b>

Concepto	Precio (€)
Barril de Extrusión	25,01
Dado de Extrusión	67,49
Banda Térmica	23,91
<b>Total (€)</b>	<b>116,41</b>

## 3 ELEMENTOS COMERCIALES

Componentes Brutos					
Definición	Designación	U.	Precio (€)	Coste (€)	
Tablero Pino Nudo 2000x500x180 mm	Base Extrusora	1	9,95	9,95	
Aislamiento fibra de vidrio 60x120x80 mm	Cabezal de extrusión	1	22,95	22,95	
<b>Subtotal (€)</b>					<b>32,9</b>

Mecanismos					
Definición	Designación	U.	Precio (€)	Coste (€)	
Rodamiento SR188 6,35-12,7-3,175 mm	Apoyo Broca	1	13,75	13,75	
Broca Salomónica Diámetro 12x450mm	Tornillo de Extrusión	1	13,56	13,56	
Correa Z21 530-555	Transmisión Principal	1	8,90	8,90	
Broca Salomónica Diámetro 12x200mm	Mecanizado	1	7,45	7,45	
Goma elástica 6x90 mm	Bobinado	1	0,01	0,01	
<b>Subtotal (€)</b>					<b>43,67</b>

Electrónica/Eléctrica					
Definición	Designación	U.	Precio (€)	Coste (€)	
Interruptor I/O luminoso	Alimentación General	1	1,2	1,2	
Fuente Alimentación 500 W	Alimentación General	1	15,95	15,95	
Caja S/P 10x10x5 cm	Alimentación General	1	4	4	
Interruptores I/O	Alimentación Componentes	3	0,65	1,95	
Motor Miniatura 1.5 12V	Bobinado	1	7,6	7,6	
Módulo regulador de voltaje	Bobinado	1	4	4	
Termostato + Termistor 4F13L	Controlador Temperatura	1	35	35	
Calentador de Cartucho 724-2080	Calentamiento Boquilla	1	21,79	21,79	
Motor Wiper 12 v 5 A	Rotación Broca	1	21,4	21,4	
Ventilador 80x80x25 mm 12V	Refrigeración	1	8,95	8,95	
<b>Subtotal (€)</b>					<b>121,84</b>

Fijación, Tornillería					
Ventilador					
Definición	Unidades	Precio (€)	Coste (€)		
Tuerca Hexagonal M4 DIN 934 8	8	0,00	0,03		
Arandela Plana M4 INOX DIN 125	4	0,01	0,02		
Tornillo Tirafondo LATON M3x20 mm	2	0,10	0,20		
<b>Subtotal (€)</b>					<b>0,24</b>
Transmisión Principal					
Definición	Unidades	Precio (€)	Coste (€)		
Manguito de Unión Hexagonal ZINC M8x25	1	0,14	0,14		
Arandela Plana ALA Ancha M8 ZINC DIN-9021	3	0,07	0,21		
Tornillo M8X40 mm ACERO DIN 933 8.8	3	0,14	0,42		
Tuerca Hexagonal M8 ACERO DIN 934 8.8	3	0,01	0,03		
Esparrago Allen P/Plana M8x35 mm DIN 913 12.9	1	0,53	0,53		
Arandela INOX Ala Ancha A4 DIN 9021 M8	1	0,09	0,09		
Tuerca Hexagonal INOX 934 A4 M8	1	0,06	0,06		
Escuadra Soporte INOX 40x40 164	4	0,51	2,04		
Tornillo Tirafondo LATON M3x16 mm	16	0,10	1,6		
Tuerca Hexagonal INOX 934 A4 M4	10	0,02	0,20		
<b>Subtotal (€)</b>					<b>5,32</b>
Transmisión Secundaria					
Definición	Unidades	Precio (€)	Coste (€)		
Arandela Plana M4 ZINC DIN-125-B	4	0,004	0,016		
Tuerca Autoblocante M4/070 DIN 985	8	0,03	0,24		
Tornillo Cil. Hex. int. Allen INOX DIN 912 M4x12	1	0,06	0,06		
Tornillo Tirafondo LATON M4x35 mm	3	0,25	0,75		
Tornillo Tirafondo LATON M4x20 mm	2	0,16	0,32		
<b>Subtotal (€)</b>					<b>1,39</b>

Canalización				
Definición	Unidades	Precio (€)	Coste (€)	
Tubo de Acero INOX 304 BRILLO 15x1.5mm (L=m)	1	3,01	3,01	
Brida INOX 316 DIN 2576 95/21,3/14 DN-15 ISO	1	7,55	7,55	
Brida INOX 316 DIN 2576 95/18/10 DN-15 ISO	1	7,23	7,23	
Tornillo DIN 933 Hexagonal 934 A4 M10	4	0,6	2,40	
Tuerca Hexagonal INOX 934 A4 M10	4	0,15	0,60	
Escuadra Soporte INOX 40x40 164	2	0,51	1,02	
Tornillo Tirafondo LATON M3x16 mm	16	0,1	1,60	
Subtotal (€)				23,41
Varios				
Definición	Unidades	Precio (€)	Coste (€)	
Varilla Roscada M4x1000 ZINC M4 DIN-975 5.6	1	0,44	0,44	
Subtotal (€)				0,44
Subtotal (€)				30,80

Concepto	Precio (€)
Componentes Brutos	32,9
Mecanismos	43,67
Electrónica/Eléctrica	121,84
Fijación, Tornillería	30,80
Total (€)	229,20

## 4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Concepto	Precio (€)
Piezas Replicadas	695,86
Piezas Mecanizadas	116,41
Elementos Comerciales	229,20
Total (€)	1041,48

El coste del diseño es de **MIL CUARENTA Y UNO CON CUARENTA Y OCHO EUROS.**