



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN RECINTO PARA IMPRESORA 3D
CON CONTROL DE ATMÓSFERA

ALUMNO: JOEL HERNÁNDEZ MEDEROS

TUTORES: FERNANDO RIVERA LÓPEZ Y JOSÉ ANTONIO VÁLIDO GARCÍA



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN RECINTO PARA IMPRESORA 3D
CON CONTROL DE ATMÓSFERA

ÍNDICE GENERAL

ALUMNO: JOEL HERNÁNDEZ MEDEROS

TUTORES: FERNANDO RIVERA LÓPEZ Y JOSÉ ANTONIO VÁLIDO GARCÍA

Índice

Memoria	1
Anexos.....	119
Anexo I: Cálculos.....	119
Anexo II: Renders-Conjunto	161
Anexo III: Datasheets.....	165
Planos.....	197
Presupuesto	297



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN RECINTO PARA IMPRESORA 3D
CON CONTROL DE ATMÓSFERA

MEMORIA

ALUMNO: JOEL HERNÁNDEZ MEDEROS

TUTORES: FERNANDO RIVERA LÓPEZ Y JOSÉ ANTONIO VÁLIDO GARCÍA

Índice

0. Hoja de identificación.....	1
1. Resumen/Abstract	1
2. Objeto	3
3. Alcance.....	4
4. Introducción	5
4.1 Historia de la impresión 3D	5
4.2 Tipos de fabricación aditiva	7
4.2.1 Estereolitografía.....	7
4.2.2 Sinterizado Selectivo por Láser (SLS).....	8
4.2.3 Inyección de material.....	9
4.2.4 Modelado por Deposición Fundida (FDM)	10
4.3 Materiales utilizados en FDM	12
4.3.1 ABS	12
4.3.2 Material flexible	12
4.3.3 PLA.....	13
4.3.4 HIPS	14
4.3.5 PETG	14
4.3.6 Nylon	15
4.3.7 ASA	16
4.3.8 PC	16
4.3.9 PP.....	17
4.3.10 PVA	18
4.3.11 Materiales combinados	18
4.4 Defectos de impresión en la tecnología FDM: Warping y Cracking.....	21
4.4.1 Soluciones para evitar el Warping	23
4.4.2 Soluciones para evitar el Cracking	24
4.6 Diferencias entre impresoras 3D abiertas y cerradas.....	25
4.7 Emisiones producidas en impresión 3D mediante FDM	28
5. Antecedentes	30
5.1 Modelo de acrílico de 3D UPFITTERS	30
5.2 Modelo box3d500 del fabricante box3d.....	30
5.3 Modelo 870 del fabricante 3D PRINT CLEAN	31
6. Normas y referencias.....	33
6.1 Disposiciones legales y nomas aplicadas	33
6.2 Software empleado.....	33
6.3 Bibliografía	34
6.4 Otras referencias.....	34
7. Definiciones y abreviaturas	36
7.5.1 Definiciones:.....	36
7.5.2 Abreviaturas:	37

8. Requisitos de diseño	39
9. Resultados finales	40
9.1 Dimensionado de la estructura	40
9.1.1 Definición de los listones	42
9.1.2 Uniones de los listones.....	44
9.2 Cerramiento del recinto	47
9.2.1 Tableros contrachapados de dimensiones 826mm x 597mm x 10mm.....	48
9.2.2 Tableros contrachapados de dimensiones 744mm x 597mm x 10mm.....	52
9.2.3 Tableros contrachapados de dimensiones 846mm x 744mm x 10mm.....	60
9.3 Sistema de extracción de impresora	65
9.4 Aislamiento y calentamiento del recinto	69
9.4.1 Aluminio y aislamiento térmico del tablero trasero	72
9.4.2 Aluminio y aislamiento térmico del tablero frontal	75
9.4.3 Aluminio y aislamiento térmico del tablero lateral izquierdo.....	76
9.4.4 Aluminio y aislamiento térmico del tablero lateral derecho	78
9.4.5 Aluminio y aislamiento térmico del tablero superior (techo).....	79
9.5 Refrigeración de componentes de la impresora.....	84
9.5.1 Refrigeración de los motores	85
9.5.2 Refrigeración del hotend.....	88
9.5.3 Equipos y accesorios utilizados para el sistema de refrigeración líquida.....	91
9.6 Ventilación	99
9.7 Alimentación de filamento	103
9.8 Conexiones eléctricas e iluminación	107
10. Conclusiones	111

0. Hoja de identificación

PROYECTO	
Título	Estudio y diseño de un recinto para impresora 3D para control de atmósfera.
PETICIONARIO	
Nombre	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología.
Dirección	Camino San Francisco de Paula, s/n. código postal 38200. San Cristóbal de La Laguna. S/C de Tenerife.
Teléfono	(+34) 922 31 83 09
AUTOR	
Nombre	Joel Hernández Mederos.
DNI	79084227-S.
Dirección	Calle punta de Teno, 52. Código postal 38111. Alisios. S/C de Tenerife.
Email	alu0100976144@ull.edu.es
TUTORES	
Nombres	Fernando Rivera López y José A. Válido García.

1. Resumen/Abstract

El objetivo de este proyecto es diseñar un recinto con control de atmósfera para una impresora 3D para tener controlado el ambiente que rodea la pieza que está siendo impresa. Para conseguirlo, el recinto deberá tener aislamiento acústico y térmico además de un sistema de refrigeración y monitoreo de la temperatura en su interior.

Este proyecto intenta reflejar los conocimientos obtenidos durante el desarrollo del Grado en Ingeniería Mecánica en la Universidad de La Laguna y fue creado con el objetivo de dar solución a uno de los problemas de la tecnología FDM.

En algunos materiales utilizados en este tipo de fabricación, como el ABS o el PC, pueden aparecer defectos, como el Warping y/o el Cracking debido a la contracción del material cuando se empieza a enfriar, además, cuando el material se funde, emite gases que pueden ser peligrosos para las personas y para el medio ambiente.

The aim of this project is to design an enclosure with controlled atmosphere for a 3D printer to control the environment around the piece that is being printed. In order to do that, the enclosure shall have acoustic and thermal insulation along with a cooling system and monitoring of temperature inside the enclosure.

This project intends to reflect the knowledge obtained along the development of the Mechanical Engineering Degree in University of La Laguna and was created with the objective of give solution to one of the problems of the FDM technology.

In some materials used in this type of manufacturing, like ABS or PC, when a piece made of this material is being printed, can appear issues like the Warping and/or Cracking and they are produced because of the contraction of the material when it cools down, besides, when the material is fused it, emit fumes which can be dangerous for the human ant the environment.

2. Objeto

Este proyecto tiene como objetivo general reflejar las diferentes competencias y conocimientos adquiridos durante la realización del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de La Laguna.

Por otra parte, el presente proyecto tiene como objetivo específico el diseño de un sistema que permita proveer de un recinto cerrado a una impresora abierta de ejes cartesianos. Este sistema además posibilitará tener un control sobre la atmósfera interior que rodea la pieza a imprimir y que además consiga atenuar el ruido producido durante la impresión. Por tanto, para la realización de este proyecto se deberá encontrar una solución óptima que cumpla con los requisitos de diseño establecidos, elaborando el presupuesto correspondiente y la documentación gráfica necesaria para llevar a cabo su ejecución.

3. Alcance

Para la realización de este proyecto se han tenido que realizar las siguientes tareas:

- Dimensionamiento del recinto para que pueda caber en su interior una impresora 3D Creality CR-10 y elección de materiales para que cumpla con los requisitos necesarios para atenuar el sonido de la impresora mientras está funcionando y para mantener el espacio interior lo suficientemente caliente, sin que haya muchas pérdidas de energía en forma de calor.
- Cálculos térmicos para generación de calor dentro del recinto, lo cual es necesario para poder imprimir piezas grandes sin sufrir de Warping y/o Cracking cuando se está imprimiendo con materiales como ABS o PC, además de ser un requisito indispensable para imprimir materiales más exigentes como el Ultem o el PEEK.
- Cálculos térmicos para la refrigeración de componentes de la impresora 3D, los cuales incluyen los diferentes motores paso a paso y el hotend de la impresora, ya que están pensados para ser refrigerados con la propia temperatura ambiente.
- Diseño y elección de elementos para dar solución a problemas tales como la sujeción de las chapas de aluminio y los paneles de aislamiento térmico a los tableros de madera o la posibilidad de extracción de la impresora del interior del recinto.
- Diseño de un sistema de ventilación para la expulsión de los gases nocivos procedentes de los materiales impresos.
- Diseño de un sistema que permita la conexión de la controladora de la impresora 3D con la propia impresora a través del propio recinto.

El ámbito de aplicación de este proyecto se encuentra dentro de las áreas de conocimiento de la Expresión Gráfica en la Ingeniería para poder realizar un diseño óptimo de los diferentes elementos que componen el sistema a proyectar, el área de la Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica para la obtención de los conocimientos sobre los diferentes materiales con los que se puede llegar a imprimir, y el de Máquinas y Motores Térmicos para la realización de diferentes cálculos térmicos aplicando las leyes de transferencia de calor para poder así diseñar el sistema de manera que se puedan imprimir diferentes tipos de materiales.

4. Introducción

4.1 Historia de la impresión 3D

Desde que en 1984 Charles W. Hull inventase oficialmente el primer aparato de impresión en 3D mediante estereolitografía, denominado por sus siglas en inglés SLA (Stereolithography), la tecnología de impresión 3D ha ido evolucionando de forma exponencial, siendo cada vez mejor y más accesible.

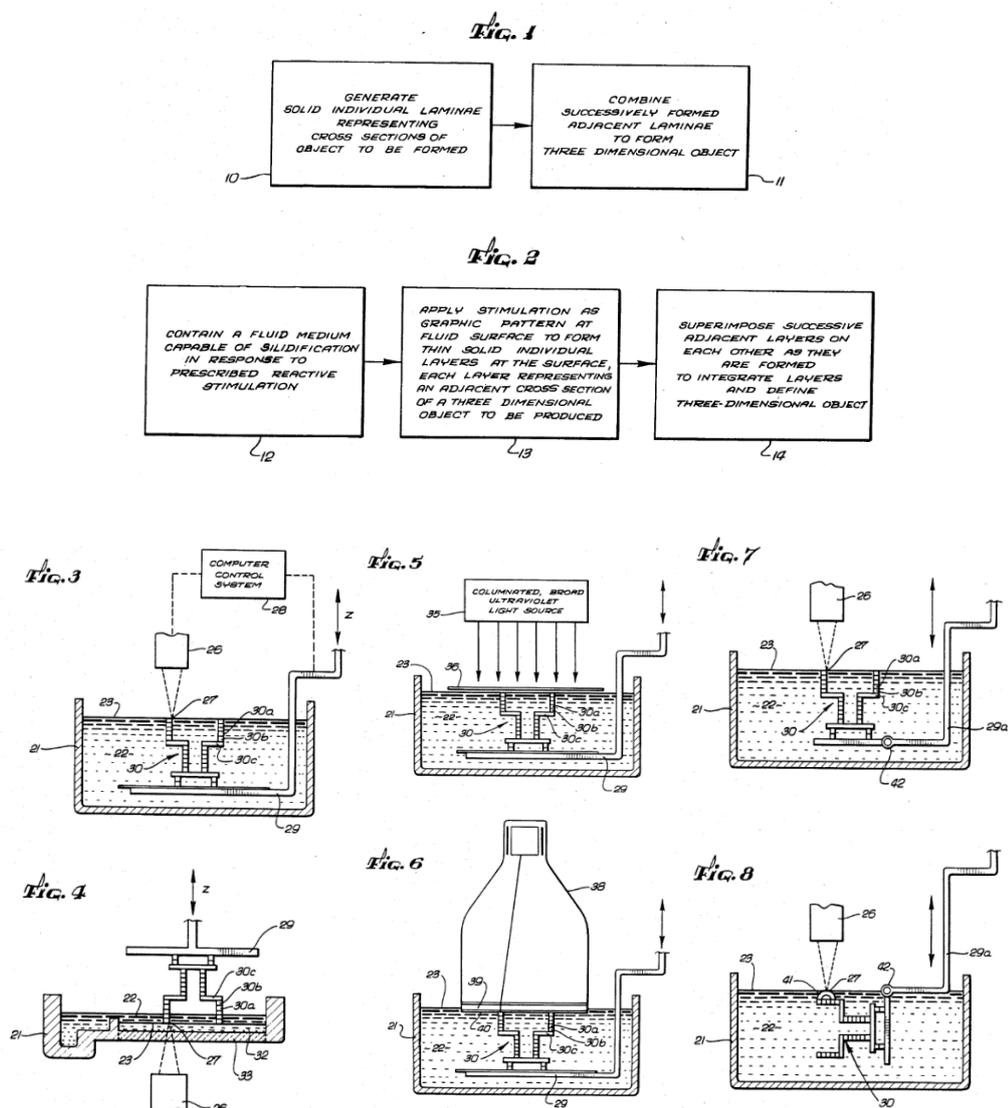


Figura 4.1: Patente de Charles W. Hull sobre máquina de estereolitografía. Fuente: Google Patents.

Cabe destacar que la tecnología de impresión en 3D tiene bastantes aplicaciones interesantes como la realización de prototipos para cualquier tipo de proyecto como por ejemplo, proyectos a nivel industrial o a nivel de competición como la Fórmula 1, realización de objetos útiles para la vida cotidiana, desarrollo de elementos para demostraciones educativas, aplicaciones médicas desde la producción de audífonos hasta la realización de prótesis, entretenimiento o desarrollo de elementos para customización o repuestos entre otras. La práctica de esta última se denomina “DIY”, que por sus siglas en inglés significa “Do It Yourself” puesto que la impresión 3D brinda la oportunidad de realizar diseños mediante algún software y llevarlos a la realidad de una manera sencilla y económica, pudiendo incluso construir partes para mejorar una impresora 3D. A continuación, se mostrarán algunos ejemplos a modo de demostración de lo que se puede realizar con la impresión 3D.



Figura 4.2: Pedal de freno impreso en 3D.

Fuente: Interempresas



Figura 4.3: Prótesis de mano impresa en 3D.

Fuente: Xataca.

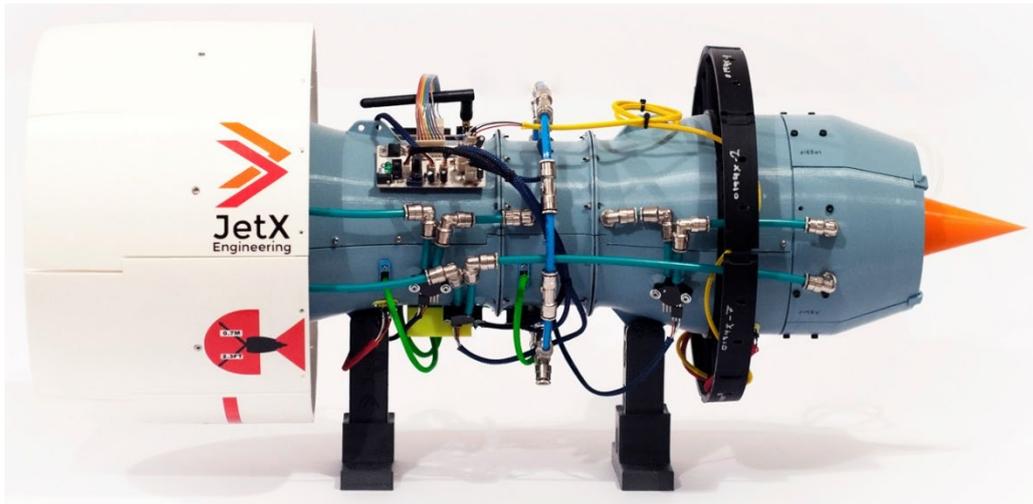


Figura 4.4: Motor de reacción de Rolls Royce impreso en 3D.

Fuente: 3dhubs.

4.2 Tipos de fabricación aditiva

En la actualidad, existen diversos tipos de fabricación aditiva. A continuación, se comentarán algunas de las más destacadas.

4.2.1 Estereolitografía

Es un tipo de fabricación que utiliza resina como elemento material de la pieza. Como se comentó anteriormente, esta tecnología de impresión 3D creada por Charles W. Hull fue la primera que se creó, pero se sigue utilizando en la actualidad por los buenos resultados que da. Para este tipo de fabricación se deposita resina líquida en un depósito, la cual, puede variar en función de la aplicación que se le quiera dar a la pieza (prototipado, piezas flexibles, odontología o incluso para joyería) y una vez depositada, como se podrá observar en la figura 4.5, mediante una plataforma con desplazamiento vertical gradual y la acción de un láser de luz UV se consigue curar la resina y, por tanto, formar la pieza.

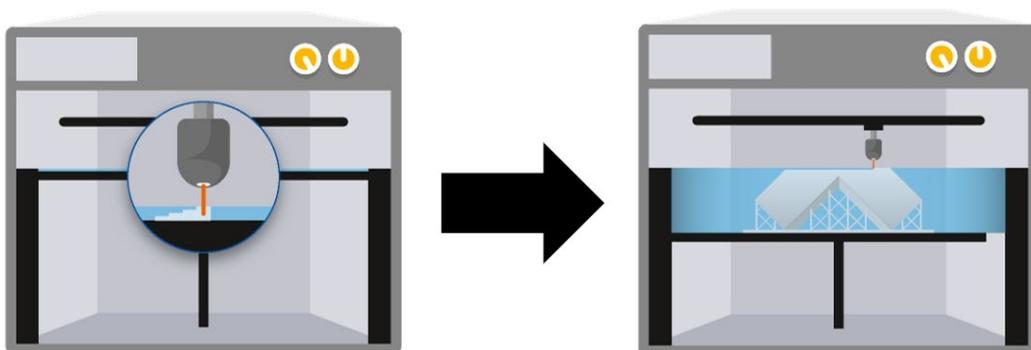


Figura 4.5: Funcionamiento de estereolitografía.

Fuente: Materialise.



Figura 4.6: Uso de estereolitografía en el campo de la odontología.

Fuente: Formlabs.

4.2.2 Sinterizado Selectivo por Láser (SLS)

Esta técnica de fabricación aditiva desarrollada en la Universidad de Texas, en Austin, EE. UU en la década de los 80 permite realizar piezas (normalmente de nylon) mediante la fusión del material gracias a la aplicación de un láser de CO₂ sobre este, el cual, se encuentra en forma de polvo. Para la fabricación de una pieza mediante esta técnica se deben calentar los polvos del polímero a utilizar por debajo de su temperatura de fusión. Luego se deposita sobre una plataforma móvil la primera capa y el resto de las capas se van formando mediante la fusión de los polvos gracias a la acción del láser de CO₂. Como se comentó anteriormente, se suele utilizar nylon como material de fabricación para este tipo de tecnología. Sin embargo, se pueden utilizar materiales termoplásticos como polipropileno (PP) o polieter eter cetona (PEEK). El Sinterizado Selectivo por Láser tiene la principal ventaja de que no son necesarios soportes durante la fabricación de la pieza.

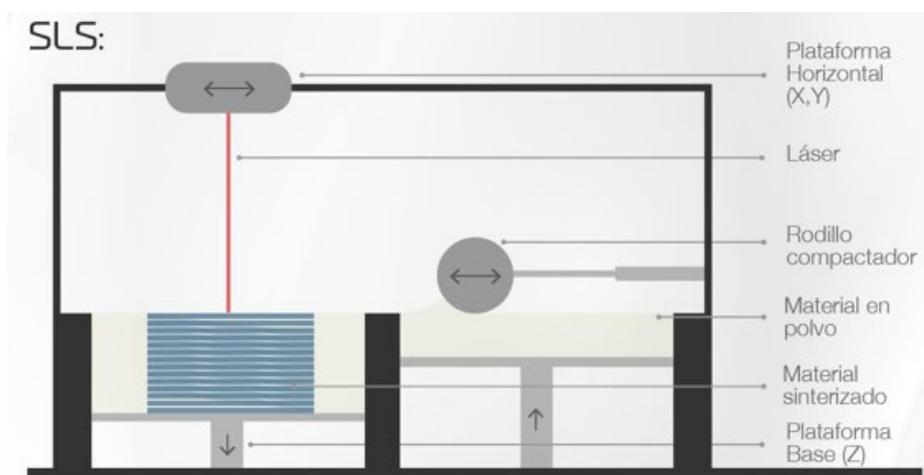


Figura 4.7: Fabricación mediante SLS.

Fuente: Redalyc.

4.2.3 Inyección de material

Esta tecnología de impresión 3D fue patentada en 1999 por Objet Ltd. y en el año 2012 pasó a denominarse PolyJet debido a una fusión entre la empresa creadora de la tecnología y Stratasys Ltd. En esta tecnología se emplea resina de fotopolímero como material para crear la pieza en 3D. Para la creación de la pieza se calienta la resina entorno a los 30-60°C y un cabezal (parecido al de las impresoras cotidianas de inyección de tinta) expulsa una gran cantidad de pequeñas gotas de resina que van dirigidas hacia una plataforma móvil y que se curan posteriormente con luz UV, y se van amontonando capa por capa dando la forma final a la pieza. Una de las principales ventajas de esta tecnología de fabricación aditiva es la gran variedad de colores con la que es posible imprimir la pieza, ya que como se comentó anteriormente, su funcionamiento es parecido al de una impresora de inyección de tinta de papel.

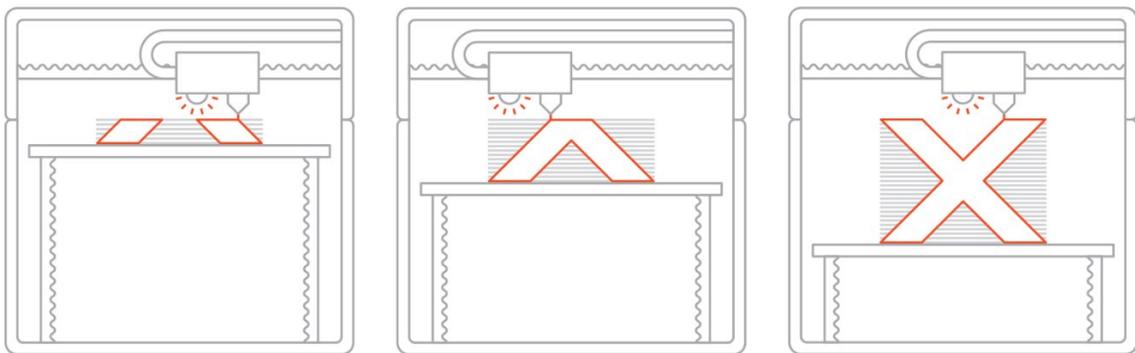


Figura 4.8: Proceso de formación de piezas 3D mediante inyección de material.

Fuente: 3dhubs.

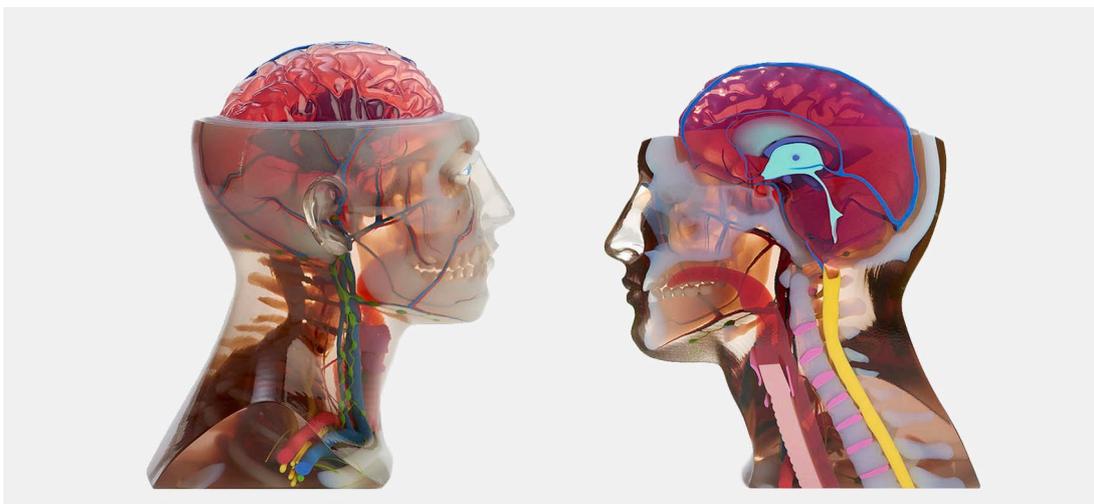


Figura 4.9: Ejemplo de para aplicaciones médicas mediante inyección de material.

Fuente: 3dhubs.

4.2.4 Modelado por Deposición Fundida (FDM)

Este tipo de tecnología de impresión 3D es la más usada por las impresoras 3D de la actualidad. La tecnología FDM se empezó a comercializar en la década de los años 90 por Stratasys Ltd. Sin embargo, fue en el año 2005 cuando tomó impulso gracias al proyecto RepRap, el cual tiene como objetivo la creación de máquinas autorreplicables, es decir, que una máquina sea capaz de fabricar una copia de sí misma, o por lo menos, una gran mayoría de las partes que la componen. Una de las ventajas de la tecnología FDM es que se pueden crear piezas de una gran variedad de materiales como polímeros como el ácido poliláctico (PLA) o el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), los cuales son los que más se suelen utilizar en este tipo de tecnología. Sin embargo, se pueden utilizar otros termoplásticos como el tereftalato de polietileno (PET), poliestireno de alto impacto (HIPS) e incluso otro tipo de polímeros como el nylon, aunque estos son algunos de los muchos tipos de materiales que este tipo de tecnología permite utilizar. El material a utilizar en esta tecnología viene en forma de filamento de 1,75 mm o 2,85 mm de diámetro el cual va enrollado en una bobina. Para poder imprimir una pieza mediante esta tecnología primeramente se ha de calentar un elemento denominado Hotend, por el cual saldrá el material ya fundido que será depositado sobre una plataforma móvil que suele denominarse “cama caliente”, ya que es necesario calentar dicha plataforma para que el material se adhiera bien sobre la superficie de esta. Una vez fijadas las temperaturas, tanto del hotend como de la cama caliente mediante la controladora, se empieza a extruir el filamento gracias a un elemento mecánico denominado extrusor, que lo que hará será empujar y retraer el filamento para ir formando la pieza. El filamento que entra en el hotend se funde y se deposita en la cama caliente, y gracias a los diferentes movimientos impulsados por los motores en los ejes X, Y y Z se conseguirá formar la pieza.

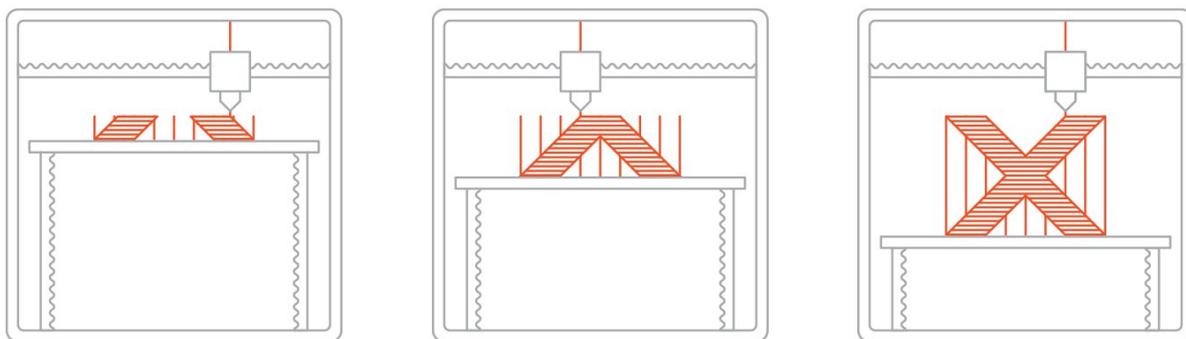


Figura 4.10 Proceso de formación de piezas 3D mediante FDM.

Fuente: 3dhubs.

En la figura 4.11 se puede observar una pieza impresa mediante esta tecnología, pudiéndose visualizar claramente el conjunto de capas depositadas una sobre otra para ir formando la pieza.



Figura 4.11: Ejemplo de pieza hecha mediante FDM.

Fuente: 3DHubs.

4.3 Materiales utilizados en FDM

Como se acaba de comentar, existen diferentes tecnologías de fabricación aditiva, sin embargo, en este proyecto se tratará más en profundidad la tecnología de modelado por deposición fundida, que como se advirtió anteriormente, es la que utiliza la impresora sobre la que se hace este proyecto. A continuación, serán descritos brevemente diferentes materiales que pueden ser utilizados en la tecnología de fabricación aditiva de Modelado por Deposición Fundida:

4.3.1 ABS

Este material fue uno de los primeros materiales utilizados en impresoras 3D industriales. Además, su bajo costo de adquisición y sus buenas propiedades mecánicas lo hace un material muy atractivo y por ello es, junto al PLA uno de los materiales más utilizados. El ABS es conocido sobre todo por su alta resistencia al impacto y por su elevada dureza, siendo por ello un material que se puede postprocesar y además aguanta altas temperaturas (se ablanda a partir de los 80-90°C). Sin embargo, este material presenta algunos defectos como por ejemplo que es sensible a la radiación UV, emite olores desagradables y gases tóxicos en el momento de impresión de la pieza. Este material es utilizado, por ejemplo, para la creación de los bloques de LEGO.



Figura 4.12: Bloques de LEGO fabricados con ABS.

Fuente: Lego.

4.3.2 Material flexible

Los filamentos flexibles están compuestos de termoplásticos elastómeros (TPE) los cuales provienen de la mezcla de plástico duro y caucho. Cabe destacar que hay varios tipos de TPE y para impresión 3D los termoplástico de poliuretano (TPU) son los más utilizados. Este tipo de material, como su nombre indica, es flexible y además absorbe muy bien las vibraciones debido a su gran elasticidad teniendo también muy buena resistencia al impacto, sin embargo, es bastante difícil de imprimir.



Figura 4.13: Zapato hecho con filamento flexible. Fuente: Cult s3d.

4.3.3 PLA

Precedentemente se advirtió que el PLA es uno de los materiales más utilizados en FDM debido a su bajo coste de adquisición y a su facilidad de impresión, pues no se requieren temperaturas elevadas de impresión y a diferencia de otros materiales ni siquiera se requiere que la plataforma móvil sobre la que se deposita el material fundido se caliente. Cabe destacar también que el PLA, bajo condiciones adecuadas, es biodegradable, ya que se fabrica con materia orgánica como el trigo, maíz o la remolacha. Por otro lado, el PLA tiene también algunas desventajas como su baja resistencia térmica (se ablanda a partir de los 60°C), no es válido para ambientes expuestos a luz solar (a la intemperie), puesto que se deforma y además es necesario el uso de ventiladores de capa cuando se imprime una pieza.



Figura 4.14: Barco Benchy impreso en PLA de varios colores.

Fuente: Simplify3D.

4.3.4 HIPS

El poliestireno de alto impacto o HIPS (High Impact Polystyrene) es un material con una alta capacidad para resistir impactos y sus propiedades son parecidas a las del ABS. El HIPS podría ser, por tanto, un sustituto del ABS ya que a es más fácil de imprimir que este, se obtienen piezas con propiedades mecánicas similares, no emite gases y es reciclable. Sin embargo, es un material que no es válido para ambientes expuestos a luz solar (a la intemperie) y no aguanta, por tanto, temperaturas tan altas como el ABS. Una de las grandes diferencias del HIPS con respecto a otros materiales es que se puede disolver completamente en d-limoneno, el cual es un disolvente natural biodegradable que se extrae a partir del aceite de la cáscara de cítricos como el limón. Por ello se suele utilizar el HIPS en combinación con el ABS de manera que el HIPS sirva como material de soporte de la pieza a imprimir.



Figura 4.15: Uso combinado de HIPS y ABS para la creación de una pieza. Fuente: Simplify3D.

4.3.5 PETG

Este copolímero utilizado en impresión 3D nace como resultado de combinar una modificación de etilenglicol con PET (Tereftalato de Polietileno), el cual se utiliza para fabricar envases plásticos tales como botellas de agua. Se trata de un material semirrígido con buena resistencia al impacto, al desgaste y a la corrosión debido a agentes oxidantes. Sus buenas propiedades mecánicas y su facilidad de impresión hacen del PETG un gran competidor de materiales como el ABS o el PLA.

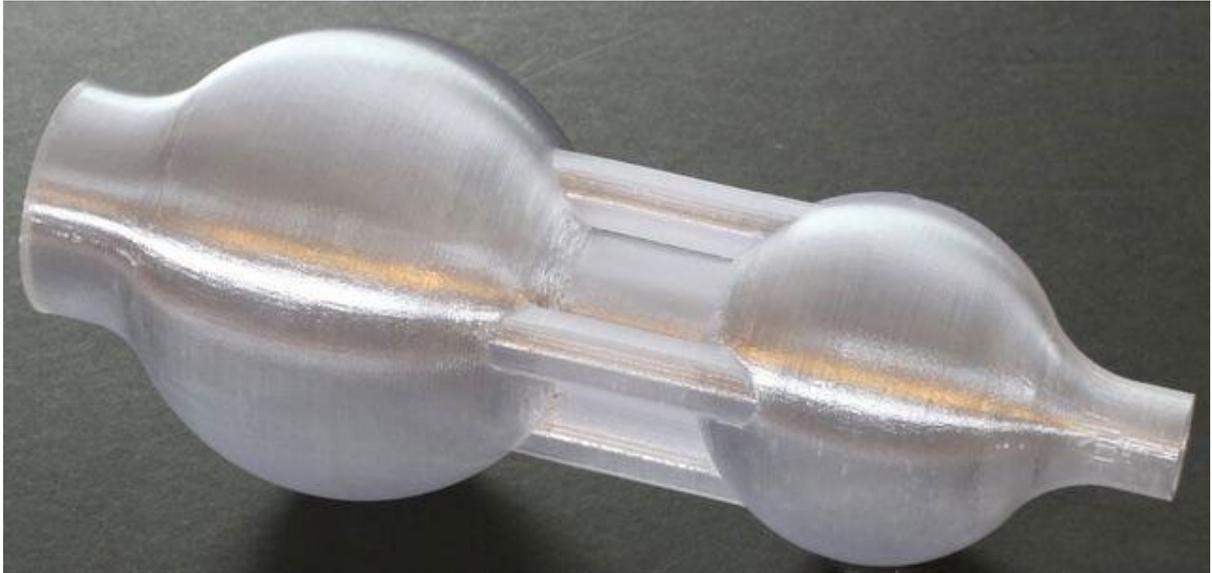


Figura 4.16: Pieza impresa con PETG.

Fuente: 3dprint.

4.3.6 Nylon

El nylon es un material conocido por su ser duro y medianamente flexible, teniendo además otras cualidades como una alta resistencia al impacto, buena resistencia a altas temperaturas (80-95°C) y bajo coeficiente de fricción, por lo que se puede utilizar para piezas que posiblemente vayan a estar sometidas a desgaste. Una desventaja importante que tiene el nylon es que es bastante higroscópico, es decir absorbe humedad con facilidad, haciendo que su conservación sea complicada, dificultando además la obtención de buenos resultados en la pieza final.



Figura 4.17: Ejemplo de utilización de nylon en FDM para fabricación de engranajes.

Fuente: 3dprint.

4.3.7 ASA

El Acrilonitrilo Estireno Acrilato es un termoplástico con muy buenas propiedades mecánicas que fue desarrollado como alternativa al ABS. Una de las propiedades que hace que el ASA destaque es que puede ser utilizado en ambientes a la intemperie sin problemas, pues tiene resistencia frente a los rayos UV y soporta situaciones climáticas adversas. Sin embargo, este gran material, al igual que el ABS, es difícil de imprimir, requiere también de una zona ventilada durante el proceso de fabricación, ya que emite gases nocivos en el momento en el que el material se funde, y además, por lo general, suele ser más caro que el ABS.



Figura 4.18: Uso de ASA para piezas que se estarán a la intemperie.

Fuente: Stratasys.

4.3.8 PC

Debido a su alta resistencia a la tracción y a la flexión, el policarbonato (PC) es un material que se suele utilizar cuando se requieren prototipados de gran resistencia mecánica y por ello, se suele utilizar en sectores como el de la automoción o el aeroespacial. Otra característica que favorece al policarbonato es que aguanta temperaturas elevadas pues tiene una temperatura de deflexión al calor (HDT) de 138°C y una temperatura de transición vítrea (T_g) de aproximadamente 150°C, siendo por ello un material que se puede utilizar en aplicaciones que requieran altas temperaturas. Por otro lado, el PC es un material difícil de imprimir, ya que al igual que en nylon, es un material bastante higroscópico, lo cual, causa defectos de impresión y, además, se requieren altas temperaturas de impresión.

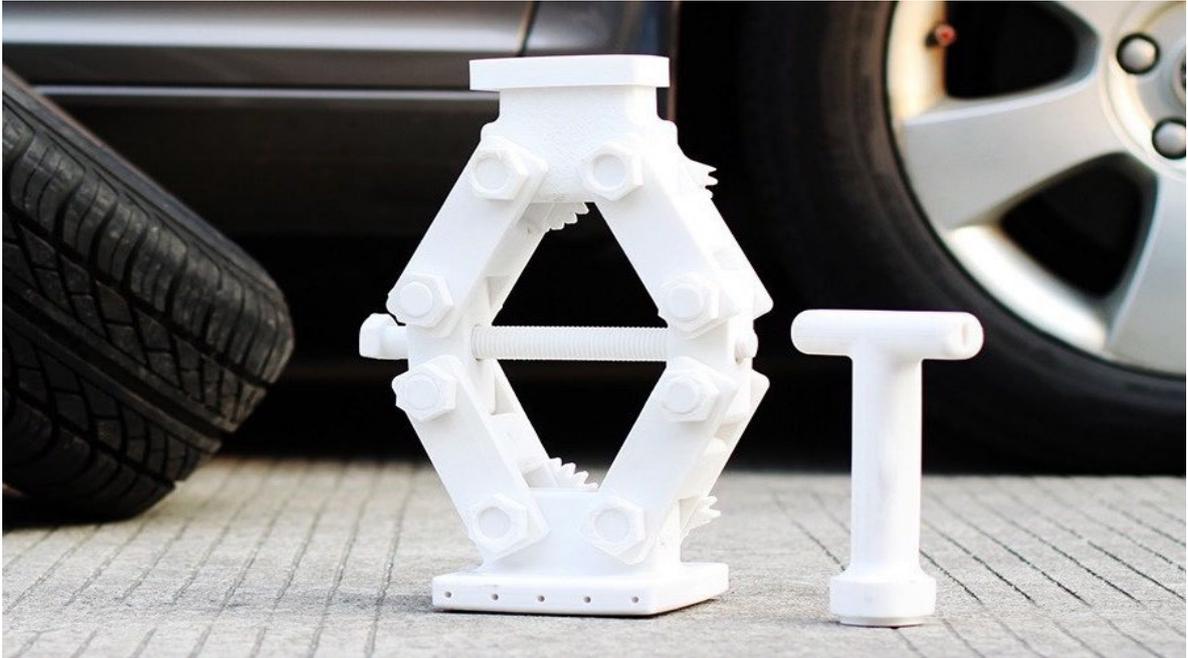


Figura 4.19: Uso de policarbonato para la fabricación de un elevador manual.

Fuente: all3dp.

4.3.9 PP

Se trata de un material semi rígido y de poco peso, ya que tiene un peso específico de aproximadamente $0,9\text{g/cm}^3$, lo cual, hace que sea un material bastante atractivo para aplicaciones en las que se requiera poco peso como, por ejemplo, en el campo de la automoción o el aeronáutico, además, el polipropileno se suele utilizar también para aplicaciones de almacenamiento y embalaje. Posee una buena resistencia frente a impacto y fatiga, además de tener una buena resistencia a la abrasión. Sin embargo, es bastante sensible a la luz UV, presenta bastantes problemas a la hora de imprimir y, por lo general, suele ser caro.



Figura 4.20: Fabricación de una botella utilizando polipropileno.

Fuente: Ultimaker.

4.3.10 PVA

El Acetato de Polivinilo (PVA) es un polímero blando y biodegradable que es bastante sensible a la humedad, de manera que cuando este material entra en contacto con agua, se disuelve, es decir, ocurre lo mismo que con el HIPS, pero en vez de con d-limoneno, con agua caliente, de manera que tiene como principal ventaja que es un material que puede servir como soporte para otros materiales (normalmente se combina con PLA debido a la temperatura de impresión, pues con ABS la temperatura de impresión es mayor y el PVA suele fundirse antes de tiempo), además es un material flexible y con alta resistencia a la tracción. Su principal inconveniente es que es un material higroscópico, por lo que requiere de un almacenamiento cuidadoso, a esto hay que añadir también que por lo general es un material bastante caro.



Figura 4.21: Ejemplo de disolución de soportes de PVA en agua caliente. Fuente: Simplify3D.

4.3.11 Materiales combinados

Con el objetivo de conseguir piezas con mejores propiedades mecánicas o simplemente conseguir piezas con mejor apariencia se pueden utilizar filamentos de materiales combinados. Por ejemplo, se pueden combinar PLA con fibras de carbono para obtener piezas más rígidas y con mayor resistencia, aunque también se pueden combinar PLA con polvos metálicos de cobre, bronce, latón o acero inoxidable, obteniendo de esta manera piezas con acabado metálico gracias a la utilización de estos polvos y a la vez ligeras por estar utilizando como material base un termoplástico como el PLA. También, se pueden obtener piezas con acabado en madera combinando PLA con polvo de madera y otros tipos de acabados.



Figura 4.22: Pieza fabricada de nylon y fibra de carbono.

Fuente: 3duniverse.



Figura 4.23: Piezas fabricadas con polvos de madera (izquierda) y metálicos (derecha).

Fuente: Simplify3D.

En la tabla 4.1 se muestra una tabla resumen con algunas de las características y propiedades de los materiales mencionados.

Tabla 4.1: Características y propiedades de algunos materiales para impresión FDM.

Fuente: Simplify3D.

	ABS	FLEXIBLE	PLA	HIPS	PETG	NYLON	Con fibra	ASA	PC	PP	Con polvos metálicos	Con polvos de madera	PVA
Tensión de rotura [MPa]	40	26-43	65	32	53	40-85	45-85	55	72	32	20-30	46	78
Rígidez	5/10	1/10	7,5/10	10/10	5/10	5/10	10/10	5/10	6/10	4/10	10/10	8/10	3/10
Durabilidad	8/10	9/10	4/10	7/10	8/10	10/10	3/10	10/10	10/10	9/10	4/10	3/10	7/10
Temperatura máxima de servicio [°C]	98	60-74	52	100	73	80-95	52	95	121	100	52	52	75
Coefficiente de expansión térmica [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]	90	157	68	80	60	95	57,5	98	69	150	33,75	30,50	85
Densidad	1,04	1,19-1,23	1,24	1,03-1,04	1,23	1,06-1,14	1,3	1,07	1,2	0,9	2-4	1,14-1,25	1,23
Precio [€/kg]	10-36	27-63	10-36	21-30	18-55	22-60	27-72	34-36	36-68	60-120	45-108	22-50	36-100
Facilidad de impresión	8/10	6/10	9/10	6/10	9/10	8/10	8/10	7/10	6/10	4/10	7/10	8/10	5/10
Durabilidad	220-250	225-245	190-220	230-245	230-250	220-270	200-230	235-255	260-310	220-250	190-220	190-220	185-200
Temperatura de cama caliente [°C]	95-110	45-60	45-60	100-115	75-90	70-90	45-60	90-110	80-120	85-100	45-60	45-60	45-60
Cama caliente	Requerida	Opcional	Opcional	Requerida	Requerida	Requerida	Opcional	Requerida	Requerida	Requerida	Opcional	Opcional	Requerida
Otros requisitos	Recinto cerrado	Ventilador de capa	Ventilador de capa	Recinto cerrado	Ventilador de capa	Recinto cerrado y Hotend All-Metal	Ventilador de capa	-	Recinto cerrado y Hotend All-Metal	Recinto cerrado y Hotend All-Metal	Nozzle de acero inoxidable	Ventilador de capa	Ventilador de capa

4.4 Defectos de impresión en la tecnología FDM: Warping y Cracking

Observando la descripción de los materiales, se puede afirmar que no todos los materiales se pueden imprimir fácilmente. Existen algunos defectos en la tecnología de impresión FDM que se dan sobre todo en materiales como el ABS, ASA, nylon, PC o PETG. Algunos de estos defectos de impresión son el Warping y el Cracking.

El Warping es un fenómeno provocado por la aparición de un gradiente de temperatura sobre la base de la pieza, pues, cuando el filamento sale fundido normalmente a altas temperaturas por la boquilla (nozzle en inglés) y entra en contacto con la superficie de impresión, la cual se encuentra caliente, pero a una temperatura inferior (entorno a los 60-100°C). Si a eso se le añade que se está realizando la impresión en una impresora abierta, y que, por tanto, existe la posibilidad de que haya una corriente de aire. El gradiente de temperatura es aún mayor. Este gradiente de temperatura hace que el material fundido tienda a despegarse de la superficie de impresión sobre todo en las zonas más alejadas del núcleo de la pieza, ya que son las zonas que entran en contacto con el aire, este fenómeno es más acusado en piezas de gran tamaño, limitando por ello la impresión de piezas de gran tamaño hechas de los materiales mencionados anteriormente.

El Cracking es un fenómeno parecido, pero no se da sobre la base de la pieza sino sobre la superficie de las piezas en sí. En este caso el gradiente de temperatura hace que las capas se despeguen y por ello es también más probable que se produzca en piezas de gran tamaño, pues al depositar una capa de material si esta se enfría rápidamente al volver a depositar otra capa sobre esta última, la cual estará más caliente que la inferior, hará que la capa inferior se separe, haciendo que la pieza no se forme correctamente. En las figuras 4.24, 4.25 y 4.26, se muestran estos dos defectos de impresión.

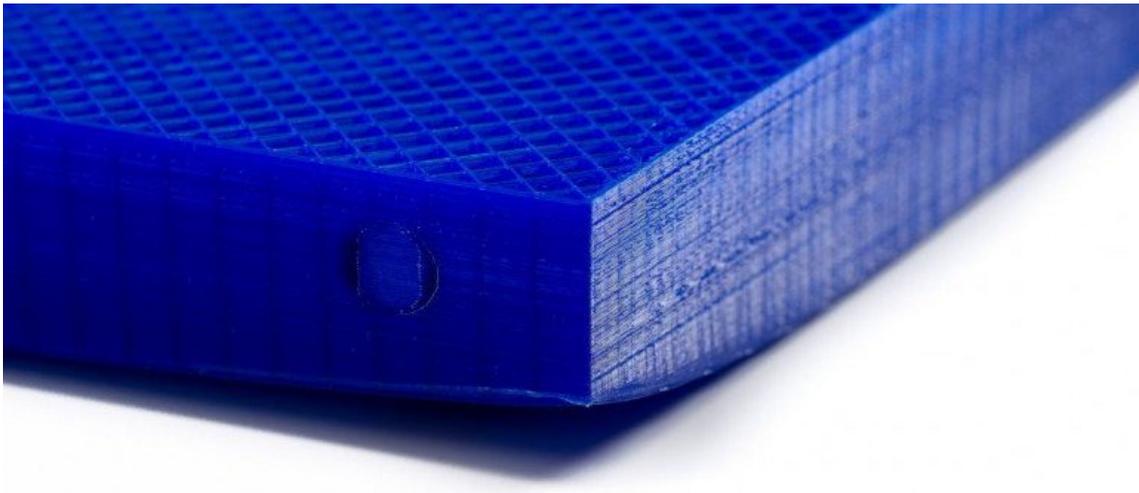


Figura 4.24: Efecto del Warping en impresión FDM.

Fuente: all3dp.



Figura 4.25: Efecto del Cracking en impresión FDM.

Fuente: Box3d.

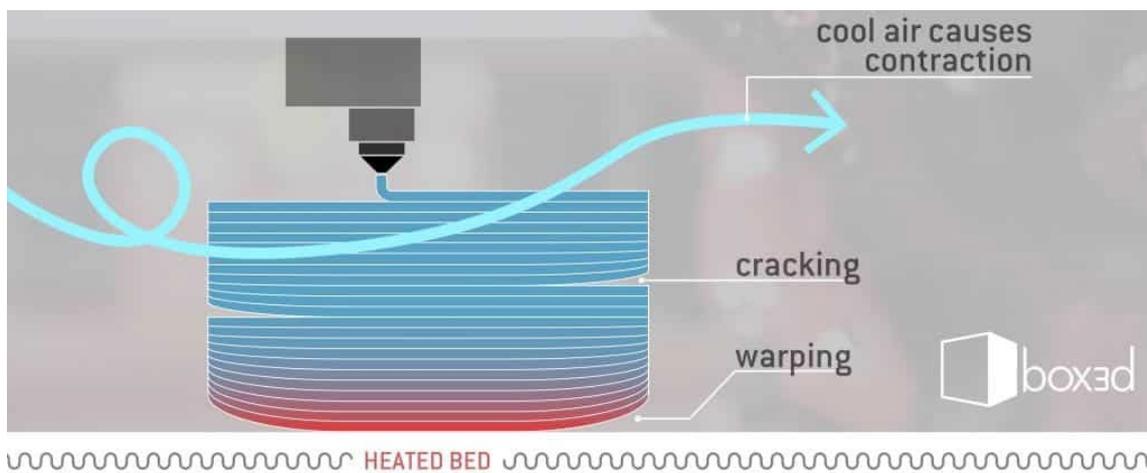


Figura 4.26: Aparición de Warping y Cracking debido a corrientes de aire.

Fuente: Box3d.

4.4.1 Soluciones para evitar el Warping

En la actualidad existen algunas soluciones para intentar que el efecto del Warping no afecte a la pieza que se está imprimiendo, algunas de estas soluciones son, por ejemplo, utilizar productos con propiedades adherentes sobre la superficie caliente de impresión, como por ejemplo barras de pegamento o sprays especiales para impresión 3D.



Figura 4.27: Productos adheretes. Fuente: Smart Materials3D.

Otra solución es utilizar durante la impresión de las piezas, unas estructuras que van impresas alrededor de la base de la pieza. Las estructuras utilizadas para ello se denominan bordes y balsas, las estructuras tipo borde (brims) crea un borde que rodea y se adhiere a la pieza evitando así que la pieza como tal no sufra de Warping, sino en tal caso que lo sufra la estructura. Las estructuras tipo balsa (rafts) reciben este nombre porque lo que se hace es crear una base de poca altura que se adhiera bien a la superficie de impresión aprovechando esta estructura además de para evitar el Warping, para imprimir piezas inestables.

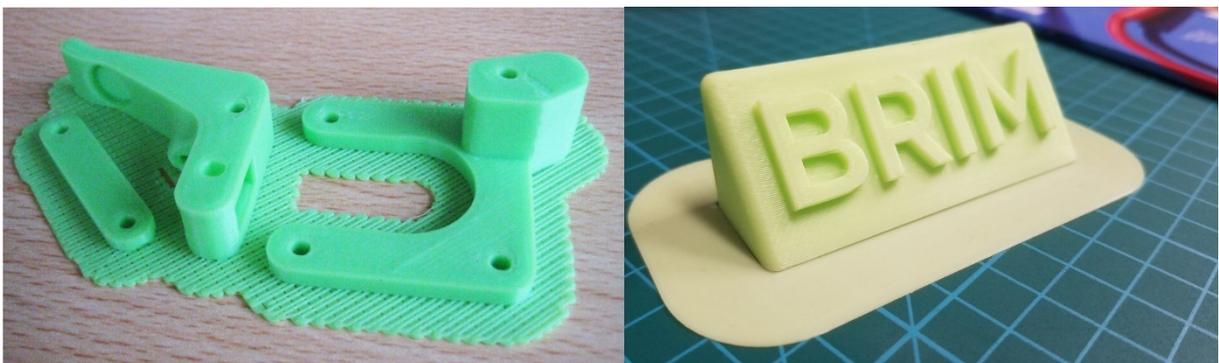


Figura 4.28: Estructuras tipo balsa y tipo borde.

Fuente 1: flashforge. Fuente 2: all3dp.

4.4.2 Soluciones para evitar el Cracking

Una posible solución para evitar el Cracking sería reducir el relleno interior de la pieza para evitar las contracciones producidas por los gradientes de temperatura, sin embargo, esto haría que la pieza sea menos resistente, limitando pues el diseño final de esta.

Cabe destacar que este tipo de soluciones tienen sus contras pues es bastante difícil conseguir imprimir piezas de gran tamaño y, además, no siempre funcionan bien. A esto hay que añadirle que, si se utilizan estructuras tipo rafts o brims, se necesita hacer un post procesamiento para eliminar el material sobrante, lo cual es una tarea ardua y que condiciona el aspecto final de la pieza si no se realiza correctamente.



Figura 4.29: Porcentajes de relleno de piezas impresas mediante FDM.

Fuente: 3dhubs.

Existe otra solución para evitar los defectos del Warping y el Cracking, en la cual se basa este proyecto. Dicha solución consiste en aislar la impresora 3D del ambiente exterior utilizando un recinto cerrado obteniendo diferentes ventajas como la de lograr tener un ambiente mejor controlado alrededor de la pieza, aislando la pieza del ambiente exterior, eliminando de esta manera posibles corrientes de aire que favorecen la aparición del Cracking. Esta solución también se puede justificar si se observa la tabla 4.1 de características de materiales, en la que se recomienda el uso de impresoras cerradas (enclosure) para determinados materiales.

4.6 Diferencias entre impresoras 3D abiertas y cerradas

Actualmente es posible encontrar en el mercado impresoras 3D de tecnología FDM abiertas o cerradas. A continuación, en la figura 4.30 se puede observar una comparativa de una impresora abierta frente a una cerrada.

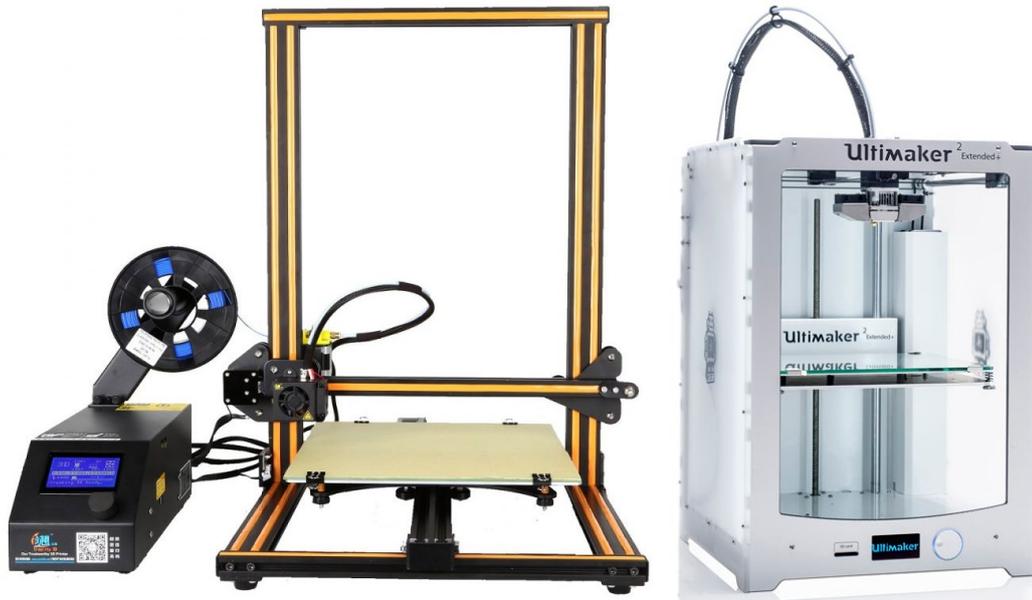


Figura 4.30: Ejemplo de impresora 3D abierta (izquierda) y cerrada (derecha).

Fuente 1: 3dprintersonline.

Fuente 2: Ultimaker.

Pese a las numerosas ventajas que ofrecen las impresoras 3D cerradas frente a las abiertas, estas últimas son más asequibles que las cerradas. Por ejemplo, la Ultimaker 2⁺, la cual se muestra en la figura 4.30 (la de la derecha) es el modelo más básico de la marca Ultimaker y su precio es próximo a los 2000€. Destacar también que existen impresoras 3D cerradas más económicas, sin embargo, su volumen de impresión disminuye considerablemente.

Hay que destacar que hay otros modelos de impresoras 3D cerradas que incluyen calentamiento interior para evitar de manera más efectiva los efectos del Warping y del Cracking, pudiendo además imprimir una mayor variedad de materiales. El problema es que el precio aumenta todavía más. Por ejemplo, la impresora 3D que se muestra en la figura 4.31, es el modelo FUNMAT HT del fabricante INTAMSYS y tiene un precio próximo a los 5000€. Con este tipo de impresoras es posible imprimir uno de los materiales más complicados de imprimir, la polieter eter cetona (PEEK), el cual es un termoplástico orgánico de muy alta calidad y, por tanto, con muy buenas propiedades mecánicas ya que aguanta altas temperaturas y que requiere de altas temperaturas de extrusión (entorno a los 400°C).



Figura 4.31 Impresora 3D con calentamiento interno. Fuente: intamsys.

Por otro lado, las impresoras abiertas, por lo general, suelen ser mucho más económicas que estas, sin embargo, es mucho más complicado imprimir materiales como por ejemplo el ABS por el simple hecho de estar expuestas a un ambiente exterior en las que la pieza a imprimir es susceptible a recibir corrientes de aire. Un ejemplo de impresora 3D abierta es la Creality CR-10, la cual se puede apreciar en la figura 4.30 (la de la izquierda). Esta impresora 3D permite imprimir piezas relativamente grandes, pues tiene un volumen de impresión, que como se puede apreciar en la siguiente imagen es de 300mm x 300mm x 400mm y, además, su bajo costo (entorno a los 400€) hace que sea una impresora muy asequible para iniciarse en el mundo de la impresión 3D. Hay que añadir también que, gracias a sus buenas prestaciones, existen en el mercado impresoras muy parecidas a esta, como por ejemplo la TEVO Tornado o la Anet E12, entre otras.



Figura 4.32: Volumen de impresión de la impresora Creality CR-10.

Fuente: Creality3D.

Tovo



Anet



Figura 4.33: Impresoras 3D similares a la Creality CR-10.

Fuente 1: Tovo3dprinter.

Fuente 2: Anet3d.

4.7 Emisiones producidas en impresión 3D mediante FDM

Durante la impresión 3D mediante FDM se pueden emitir gases nocivos y malos olores, estos gases están compuestos de partículas ultrafinas (UFP) y de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Las partículas ultrafinas (UFP) son partículas de un grosor inferior a los 0,1 μm que, aunque no son muy tóxicas, pueden causar estrés oxidativo y enfermedades cardiopulmonares debido a la acumulación de estas pequeñas partículas en el organismo. Por otro lado, los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos son muy perjudiciales para el medioambiente y para la salud, pudiendo causar irritaciones en ojos, nariz y garganta, dolores de cabeza, pérdida de coordinación, náuseas y daños en el sistema nervioso central y a diferentes órganos como el hígado o el riñón de la persona que se encuentre en un entorno donde se realicen impresiones 3D mediante FDM sin seguridad, es decir, en zonas poco ventiladas o sin un sistema de filtración adecuado.

A continuación, en la figura 4.34, se puede observar los diferentes compuestos orgánicos volátiles emitidos por algunos materiales empleados en la impresión por FDM.

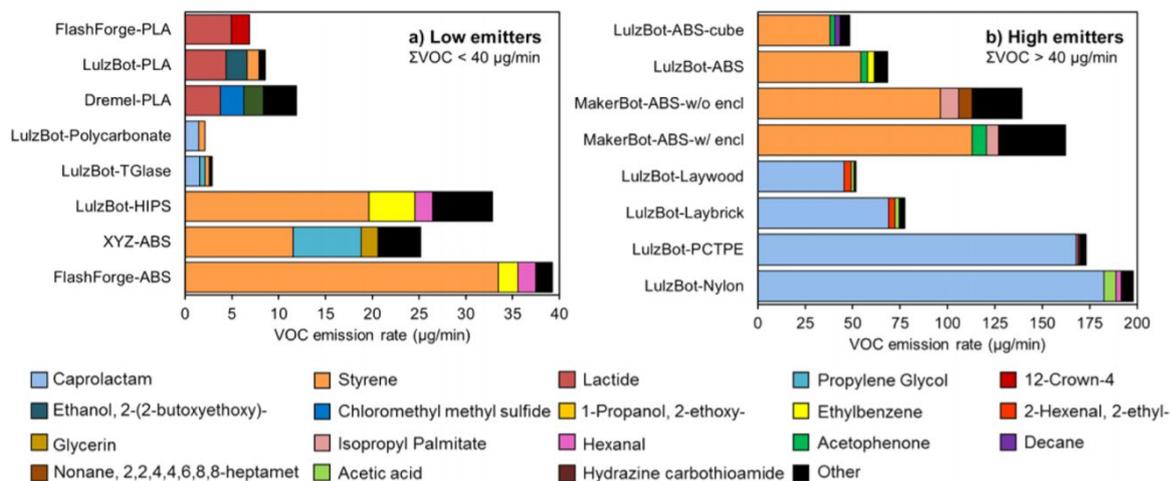


Figura 4.34: COVs emitidos por diferentes materiales de impresión FDM

Fuente: *pubs.acs.org*

Como se puede visualizar en la figura 4.34, se han hecho varias pruebas con diferentes modelos de impresoras 3D y con diferentes materiales, pudiendo destacar que hay materiales como el ABS que emiten una gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles entre las cuales está el estireno, el cual es considerado según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, como posible elemento carcinogénico. Entre los materiales que emiten grandes cantidades de estos compuestos se encuentran el ABS o el HIPS.

Con respecto a las partículas ultrafinas, un estudio [4] realizó un ensayo para determinar las concentraciones de dichas partículas utilizando una impresora 3D LulzBot mini utilizando ABS como material de impresión, demostrando que las emisiones de estas partículas son mínimas al inicio de la impresión y luego aumentan considerablemente hasta llegar hacia el final de la impresión, que es cuando las concentraciones de partículas empiezan a disminuir, como se puede observar en la figura 4.35

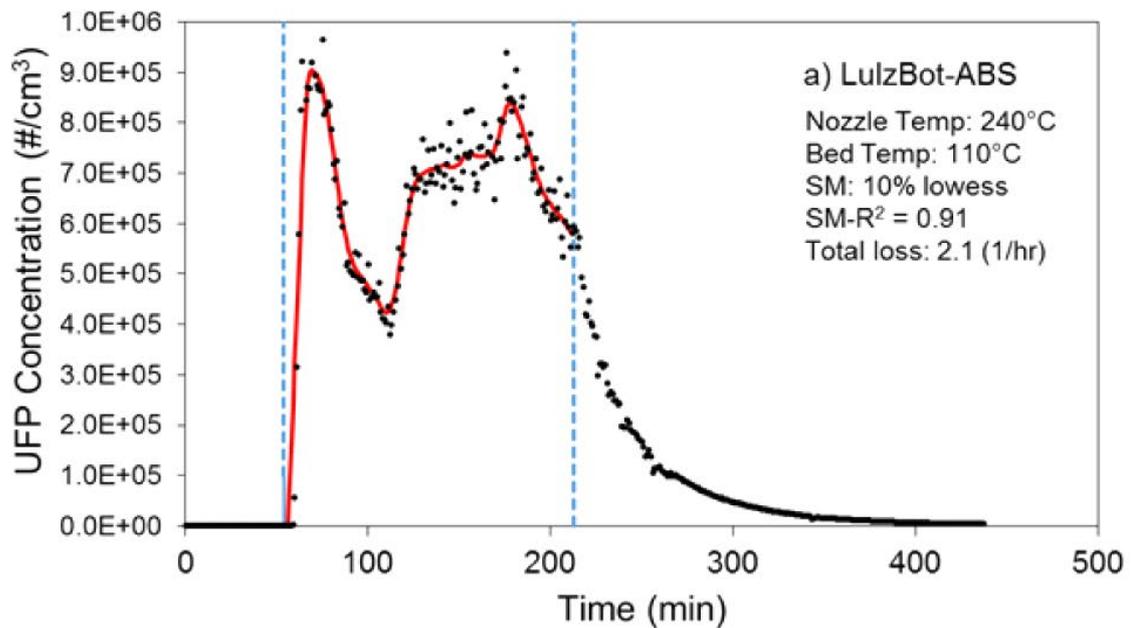


Figura 4.35: Concentración de UFP.

Fuente: pubs.acs.org

5. Antecedentes

Previo al dimensionado del sistema, para partir de una base se han estudiado diferentes soluciones que existen actualmente en el mercado, mostrando las más destacadas.

5.1 Modelo de acrílico de 3D UPFITTERS

Este sistema está diseñado en exclusiva para una impresora Creality CR-10. La versión más básica cuenta con un sistema de sujeción de la bobina que contiene el filamento y un sistema de ventilación con filtro para los gases nocivos. Tiene un coste aproximado de 300€.



Figura 5.1: Recinto de acrílico. Fuente: 3dupfitters.

5.2 Modelo box3d500 del fabricante box3d

Este sistema no es válido por sus dimensiones interiores (500mm x 560mm x 580mm) para la impresora 3D Creality CR-10, sin embargo, ha servido de referencia a la hora de realizar el proyecto. El sistema cuenta con paneles de aislamiento acústico, control de temperatura y adicionalmente incluye un sistema de ventilación con filtros HEBA y de carbono activo para eliminar los gases nocivos. Este sistema tiene un costo de 450€, sin incluir los filtros.



Figura 5.2: Recinto de box3d con sistema de ventilación con filtros.

Fuente: box3d.

5.3 Modelo 870 del fabricante 3D PRINT CLEAN

Este modelo cuenta con una estructura de aluminio y placas de policarbonato para visualizar el interior del recinto, sistema de filtración para partículas ultrafinas y compuestos orgánicos volátiles, iluminación interior, sistema de aprovechamiento de calor y una placa computadora Raspberry Pi con pantalla táctil integrada para controlar diferentes parámetros. Tiene un costo de aproximadamente 2700€ y solo es compatible con cinco modelos de impresoras 3D que se encuentran en el mercado, pero, aun así, también ha servido de referencia.

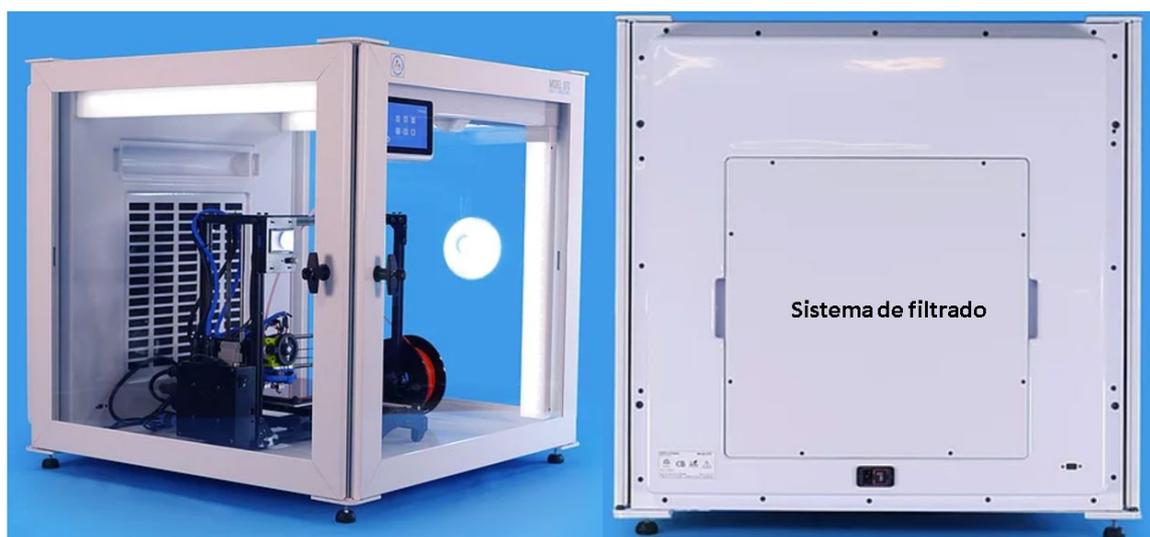


Figura 5.3: Recinto modelo 870 de 3D PRINT CLEAN.

Fuente: 3dprintclean.

Como se puede observar en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3, hay diferentes opciones en el mercado, sin embargo, hay soluciones que son muy básicas como el recinto de 3D UPFITTERS y otras que son más completas con un costo más elevado y con una compatibilidad limitada. Por ello, se realizará un sistema teniendo como referencia algunas de las características de estas tres opciones.

6. Normas y referencias

6.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Para la realización de este proyecto se han aplicado las siguientes normas:

- *UNE 157001:2014: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.*
- *UNE 1039:1994: Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.*
- *UNE-EN ISO 5455:1996: Dibujos Técnicos. Escalas.*
- *UNE-EN ISO 5457:2000/A1:2010: Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.*

6.2 Software empleado

Para poder elaborar el proyecto se han utilizado diferentes programas:

- *SolidWorks 2018: Se ha utilizado este programa con el fin representar gráficamente, mediante modelos 3D y planos, el sistema utilizado para cerrar la impresora 3D.*
- *Ultimaker Cura 4.0: Se ha utilizado este programa para la gestión y procesado de los modelos 3D diseñados.*
- *Simplify3D 4.1: Se ha utilizado este programa para la gestión y procesado de los modelos 3D diseñados.*
- *SMath Studio: Se ha utilizado este programa para la realización de los diferentes cálculos térmicos necesarios para el dimensionado del sistema.*
- *Microsoft Word: Se ha utilizado este programa para realizar la redacción de este documento.*

6.3 Bibliografía

- [1] Y. A. Çengel and A. J. Ghajar, *Transferencia de calor y masa*, 4ª Ed. Mc Graw-Hill, 2011.
- [2] F. P. Incropera and D. P. De Witt, *Fundamentos de Transferencia de Calor*, 4ª Ed. México: Pearson Educación, 1999.
- [3] W. D. Callister, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Vol. 2. Editorial Reverté, 1996.

6.4 Otras referencias

- [4] P. Azimi, D. Zhao, C. Pouzet, N.E. Crain and B. Stephens, “Emissions of Ultrafine Particles and Volatile Organic Compounds from Commercially Available Desktop Three-Dimensional Printers with Multiple filaments,” *Envir. Sci. & Tech.*, vol. 50, no. 3, pp. 1260-1268, January 2016. doi: 10.1021/acs.est.5b04983.
- [5] 3D Hubs [en línea]. [Fecha de consulta: 16 de diciembre de 2018]. Disponible en internet: <https://www.3dhubs.com/>
- [6] 3DINSIDER [en línea]. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://3dinsider.com/>
- [7] 3D PRINT CLEAN [en línea]. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://3dinsider.com/>
- [8] 3DPRINTING [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <https://3dprinting.com/>
- [9] 3D Printing Solutions [en línea]. [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <https://www.3dprintingsolutions.com.au/>
- [10] 3D UPFITTERS [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de enero de 2019]. Disponible en internet: <https://www.3dupfitters.com>
- [11] ALL3DP [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en internet: <https://all3dp.com/>
- [12] Box3d [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en internet: <https://box3d.eu/>

[13] Filament2Print [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de enero de 2019]. Disponible en internet: <https://filament2print.com/es/>

[14] Impresoras3D [en línea]. [Fecha de consulta: 16 de diciembre de 2018]. Disponible en internet: <https://www.impresoras3d.com/>

[15] Simplify3D [en línea]. [Fecha de consulta: 7 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.simplify3d.com/>

[16] RepRap [en línea]. [Fecha de consulta: 19 de diciembre de 2018]. Disponible en internet: <https://www.reprap.org/wiki/RepRap>

7. Definiciones y abreviaturas

7.5.1 Definiciones:

A continuación, se mostrarán definiciones que se hayan hecho referencia en este documento pero que pueden no estar bien definidas, pudiendo ser esto un impedimento a la hora de comprender la información mostrada en este documento.

- *Atascos*: Ablandamiento del filamento antes de llegar al nozzle del hotend que si entra en contacto con las paredes interiores del hotend puede obstruirlo impidiendo el paso adecuado del filamento.
- *Barrel*: Cilindro hueco roscado que une el bloque de calentamiento del hotend con el bloque disipador.
- *Bloque disipador*: Elemento encargado de evitar el ablandamiento del filamento antes de llegar al nozzle.
- *Cama caliente*: Plataforma utilizada en impresoras 3D de tecnología FDM que se calienta para una mejor adhesión del material fundido depositado y que se desplaza por lo general en las impresoras 3D cartesianas sobre el eje Y.
- *Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)*: Son hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso y que son volátiles a temperatura ambiente.
- *Copolímero*: Polímero compuesto de dos o más unidades monoméricas diferentes enlazadas para crear una cadena de polímero.
- *Etilenglicol modificado*: Compuesto líquido utilizado en combinación con Tereftalato de Polietileno para obtener un filamento más translúcido, frágil y mucho más fácil de usar que el filamento de Tereftalato de Polietileno original.
- *Fabricación aditiva*: La Fabricación aditiva es el proceso por el cual se crean objetos tridimensionales depositando capas delgadas de material.
- *Filamento*: Material en forma de hilo de 1,75 o 3 mm de diámetro que se utiliza en la tecnología de impresión FDM para la creación de piezas tridimensionales.

- *Hotend*: Elemento utilizado en la tecnología de impresión FDM que se encarga de calentar y expulsar el material de impresión ya fundido y que se desplaza por lo general en las impresoras 3D cartesianas sobre los ejes X y Z para ir formando la pieza.
- *Nozzle*: Boquilla que va unida al bloque de calentamiento del hotend y por el cual, sale el material de impresión fundido.
- *Post-procesado*: Consiste en mejorar el acabado final de la pieza utilizando herramientas de acabado o productos químicos, eliminando así el acabado rugoso debido a las formaciones de las diferentes capas y eliminando restos de material que se han adherido a la pieza.
- *Soportes*: Estructuras utilizadas en impresión 3D que se aplican en zonas donde hay voladizos, es decir, zonas en las que, por la geometría de la pieza, no están apoyadas por una base de material, y, por tanto, se necesita de estas estructuras para formar la pieza.
- *Temperatura de deflexión al calor*: Temperatura a partir de la cual un material empieza a flectar bajo una carga aplicada.
- *Temperatura de fusión*: Es la temperatura a partir de la cual el material de impresión empieza a fundirse.
- *Temperatura de transición vítrea*: Temperatura a partir de la cual el polímero empieza a ablandarse y, por tanto, a esta temperatura se produce un cambio significativo en las propiedades mecánicas del polímero.
- *Ventiladores de capa*: Son ventiladores que se utilizan en la tecnología FDM para ayudar a que el material depositado solidifique rápidamente. Estos ventiladores son indispensables cuando se requiere algunos materiales como por ejemplo el PLA, pero se recomienda no utilizarlos con ABS u otros materiales propensos a sufrir Cracking o Warping.

7.5.2 Abreviaturas:

A continuación, se mostrarán las diferentes abreviaturas utilizadas para la redacción de este documento, con su correspondiente significado.

- **ABS**: Acrylonitrile Butadiene Styrene (Acrilonitrilo butadieno estireno).

- ASA: Acrylonitrile Styrene Acrylate (Acrilonitrilo Estireno Acrilato).
- COV: Compuestos Orgánico Volátiles.
- DIY: Do It Yourself (Hazlo Tú Mismo).
- EPDM: Etileno Propileno Dieno clase M
- FDM: Fused Deposition Modeling (Modelado por Deposición Fundida).
- FPM: Caucho de Fluorocarbono.
- HEPA: High Efficiency Particulate Air (Absorbedor de Partículas de Alta Eficiencia).
- HIPS: High Impact Polystyrene (Poliestireno de Alto Impacto).
- LED: Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz).
- PC: Polycarbonate (Policarbonato).
- PEEK: Polyether Ether Ketone (Polieter Eter Cetona).
- PET: Polyethylene Terephthalate (Tereftalato de Polietileno).
- PETG: Polyethylene Terephthalate with Glycol (Tereftalato de Polietileno con Glicol).
- PLA: Polylactic Acid (Ácido Poliláctico).
- PP: Polypropylene (Polipropileno).
- PVA: Polyvinyl Acetate (Acetato de Polivinilo).
- SLA: Stereolithography (Estereolitografía).
- SLS: Selective laser sintering (Sinterizado selectivo por láser).
- TPE: Thermoplastic Elastomer (Elastómero Termoplástico).
- TPU: Thermoplastic Polyurethane (Poliuretano Termoplástico).
- UFP: Ultrafine Particles (Partículas Ultrafinas).
- UV: Ultraviolet (Ultravioleta).

8. Requisitos de diseño

El sistema a diseñar debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Permitir cubrir una impresora 3D Creality CR-10, y por tanto el sistema debe estar diseñado para que esta quepa dentro de dicho sistema.
- Aislar la impresora 3D del ambiente exterior para evitar los defectos de impresión.
- Posibilidad de calentamiento en el interior del sistema, teniendo además controlado este parámetro.
- Atenuar lo máximo posible los ruidos producidos por la impresora 3D durante la impresión de una pieza.
- Contar con un mecanismo que permita extraer e introducir con facilidad la impresora 3D de su interior.
- Contar con ventilación interior en el momento en que acaba la impresión para eliminar lo máximo posible los gases nocivos producidos durante esta, por algunos materiales como el ABS.
- Contar con una zona de visibilidad e iluminación interior para poder contemplar correctamente el proceso de impresión.
- Extracción de la pieza impresa con facilidad.
- Facilidad para poder introducir el filamento en la impresora.
- Contar con un sistema de refrigeración para los motores paso a paso y el hotend de la impresora 3D, evitando que se produzcan corrientes de aire frío en el ambiente interior que rodea a la pieza.
- Mencionar que no se incluye en su totalidad la parte electrónica para el correcto funcionamiento del sistema.

9. Resultados finales

9.1 Dimensionado de la estructura

Teniendo como referencia los diseños vistos en el apartado 5, se ha procedido a realizar un diseño similar de manera que la impresora quede rodeada de paredes. La impresora 3D Creality CR-10 tiene unas dimensiones aproximadas de 487mm x 590 mm x 610 mm, estas dimensiones se pueden ver reflejadas en la figura 9.1.

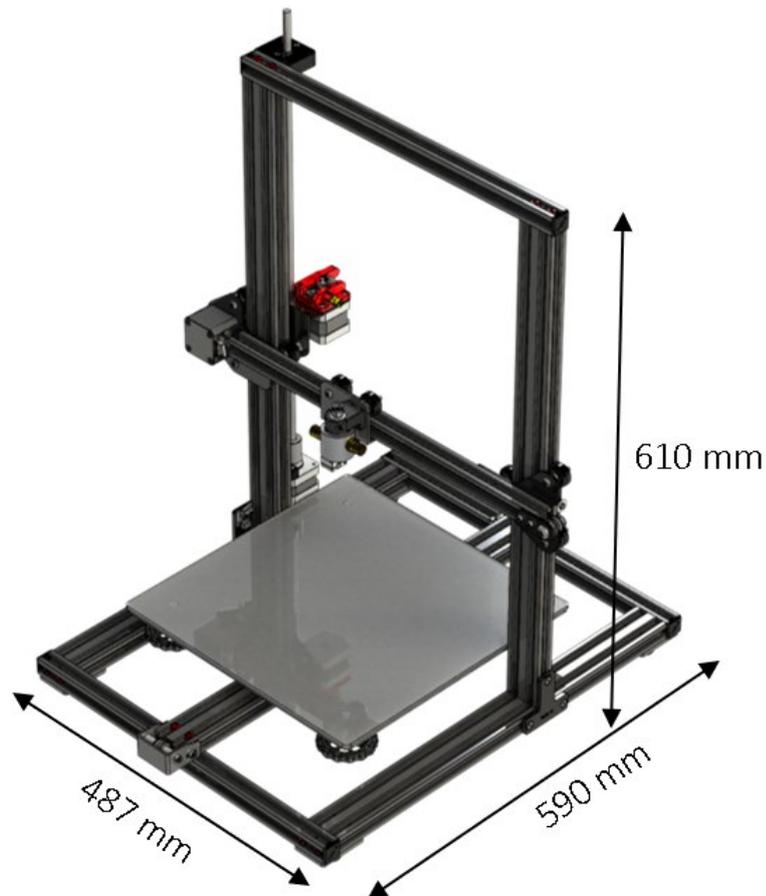


Figura 9.1: Dimensiones de la Creality CR-10 Fuente: Elaboración propia.

Tras conocer las dimensiones aproximadas de la impresora, y teniendo en cuenta que la cama caliente sobresale en ciertos momentos de la impresión, debido al desplazamiento sobre el eje Y, se procede a realizar el dimensionado de la estructura. Para ello, se han utilizado los siguientes elementos:

- 4 uds. de listón de abeto de sección cuadrada de 32mm x 32mm y una longitud de 533mm.
- 4 uds. de listón de abeto de sección cuadrada de 32mm x 32mm y una longitud de 692mm.
- 2 uds. de listón de abeto de sección cuadrada de 32mm x 32mm y una longitud de 826mm.

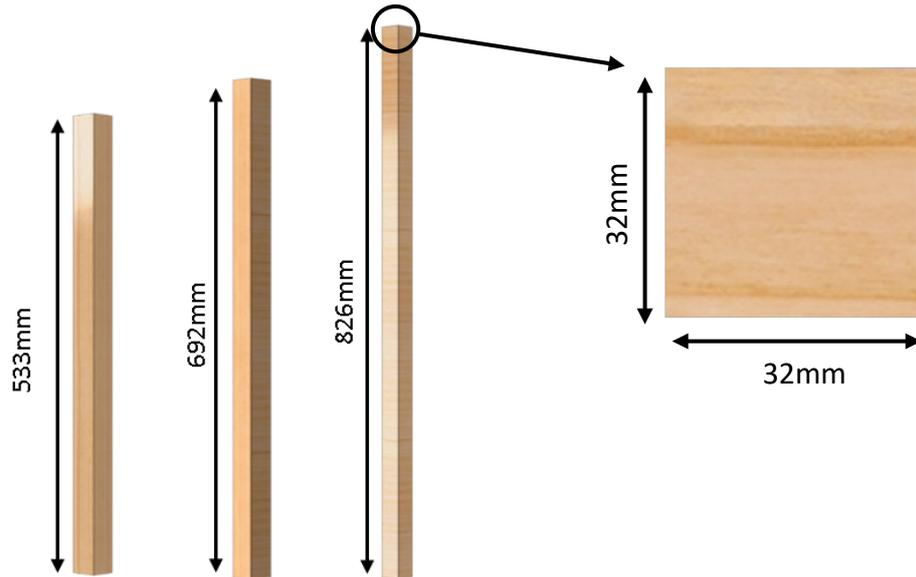


Figura 9.2: Dimensiones de los listones de madera.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los listones, que se han escogido son de madera por su bajo costo y sus buenas propiedades mecánicas, servirán para cumplir dos funciones: en primer lugar, para tener una estructura rígida, evitando así vibraciones indeseadas producidas por la impresora durante la impresión de una pieza, la otra, es servir de sujeción para los tableros contrachapados. Para formar la estructura con los listones de madera, estos han de unirse, y esta unión se realizará utilizando tubillones de madera de haya de 6 mm de diámetro y 30 mm de longitud según la normativa DIN 68150 (figura 9.3) y tornillos tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de 4mm de diámetro y 50mm de longitud según la normativa DIN 7997 Z (figura 9.4).



Figura 9.3: Tubillón de $\phi 6\text{mm} \times 30\text{mm}$.

Fuente: Leroy Merlin.



Figura 9.4: Tornillo tirafondo según DIN 7997 Z. Fuente: Fasteners eu.

9.1.1 Definición de los listones

A los listones de 533mm de longitud habrá que realizarles en sus extremos dos taladros de 6mm de diámetro y 20mm de profundidad en dos esquinas opuestas, de manera que los 4 taladros sean concéntricos dos a dos, como se puede observar en la figura 9.5.

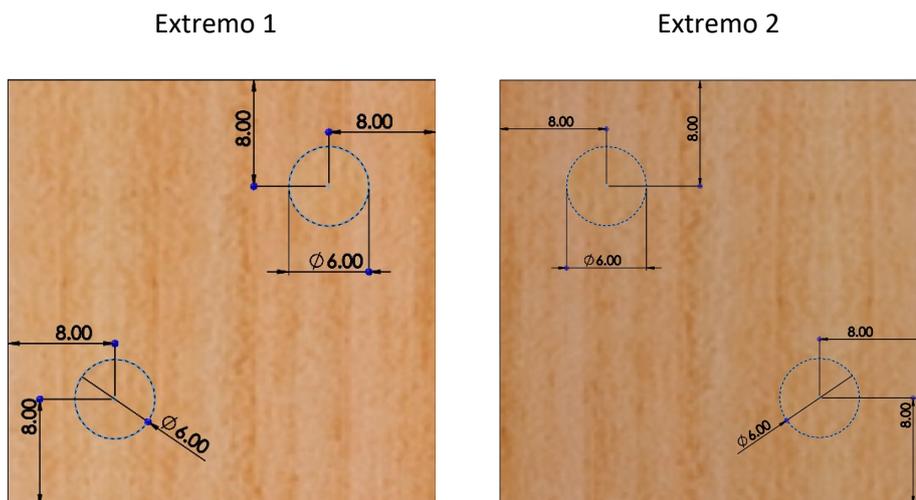


Figura 9.5: Taladros para tubillones de listones de 533mm. Fuente: Elaboración propia.

A los listones de 692mm de longitud habrá que realizarles un total de 4 taladros, dos de ellos han de estar situados en una de las caras de dimensión mayor cercanos al extremo del listón y con un diámetro de 6mm y 15mm de profundidad y los otros dos han de estar situados en la cara cuadrada del extremo opuesto y han de ser de 6mm de diámetro con una profundidad de 20mm, como se indica en la figura 9.6.



Extremo 1

Extremo2

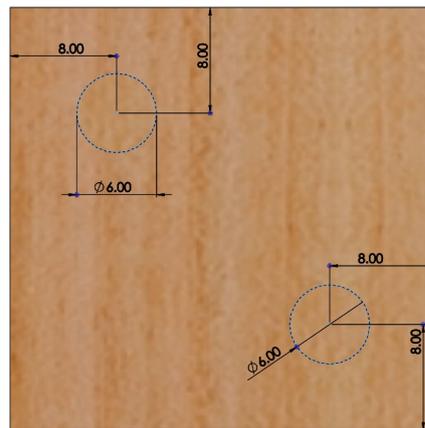


Figura 9.6: Taladros para tubillones de listones de 692mm.

Fuente: Elaboración propia.

A los listones de 826mm de longitud (figura 9.7) habrá que realizarles en dos caras contiguas un total de 8 taladros de 6mm de diámetro y 15mm de profundidad de manera que en cada una de las dos caras se tengan 4 taladros:

Cara 1:



Cara 2:



Figura 9.7: Taladros para tubillones de listones de 826 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, aunque los tubillones tienen una longitud de 30mm, la profundidad total de los taladros donde van situados es de 35mm, pues los taladros de 15mm de profundidad se unen con los de 20mm. Este margen de 5mm de diferencia se debe a que en el momento de montaje de los tubillones, estos van a presión y hay que ejercer fuerza para incrustarlos

(normalmente se incrustan con ayuda de un martillo) y si no se deja un margen podría no incrustarse lo suficiente causando que la unión de los listones no se haga de forma correcta.

9.1.2 Uniones de los listones

Con respecto a las uniones, estas quedarían según se indica en la figura 9.8.

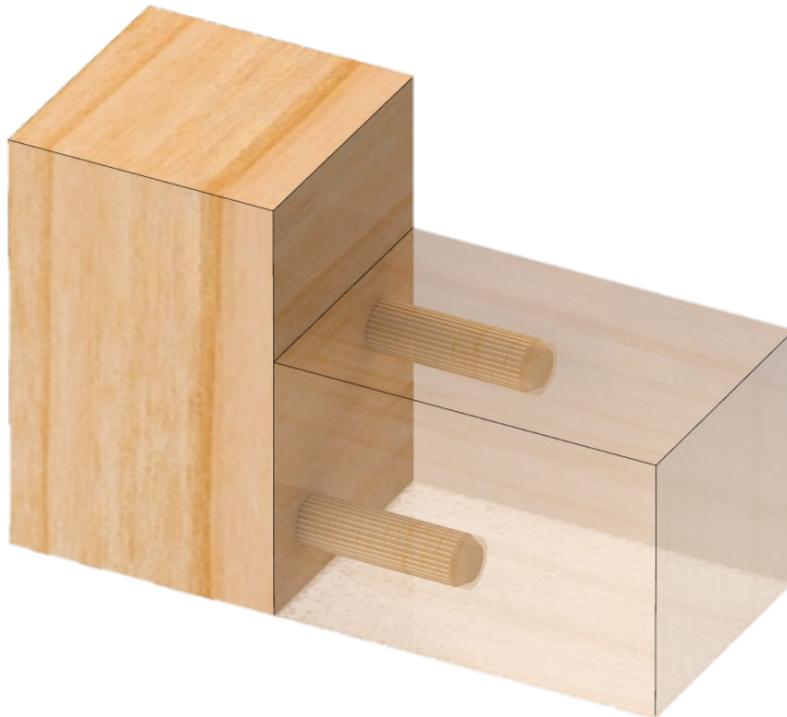


Figura 9.8: Unión de listones mediante tubillos.

Fuente: Elaboración propia.

Tras la colocación de los tubillos de madera en los listones se debe proceder con la colocación de los tirafondos para asegurar una mejor unión y rigidez. Estos tornillos son autorroscantes, es decir, no hace falta una rosca interna para realizar la unión, ya que es el propio tornillo quien la hace. Sin embargo, es recomendable taladrar primeramente con una broca de diámetro inferior al del tornillo, para ayudarlo a penetrar con facilidad. Por este motivo se deberá pasar un taladro de 3mm, siendo pasante en un listón y ciego en el otro.

Para la unión entre los listones de 533mm y 826mm de longitud se deberá hacer el taladro en una de las esquinas del listón de 826mm, de manera que lo atravesase completamente y con respecto al listón de 533 mm se deberá taladrar hasta alcanzar una profundidad aproximada de 20 mm, como se indica en la figura 9.9.



Figura 9.9: Unión de listones de 533 y 826mm.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para la unión entre los listones de 692mm y 826mm de longitud se deberá hacer el taladro en el centro de la sección cuadrada del listón de 692mm y que atraviese totalmente el listón de 826mm (figura 9.10).

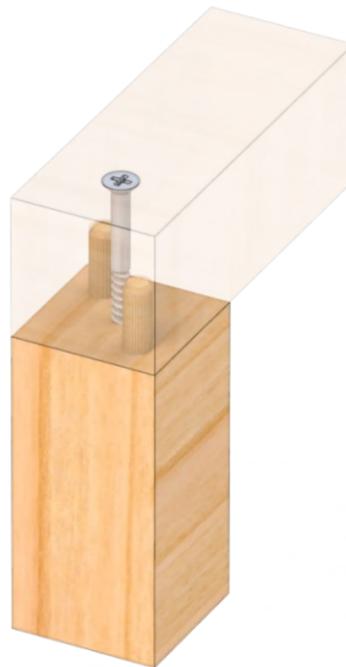


Figura 9.10: Unión de listones de 692 y 826mm.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9.11 se podrá visualizar la unión de los tres listones.

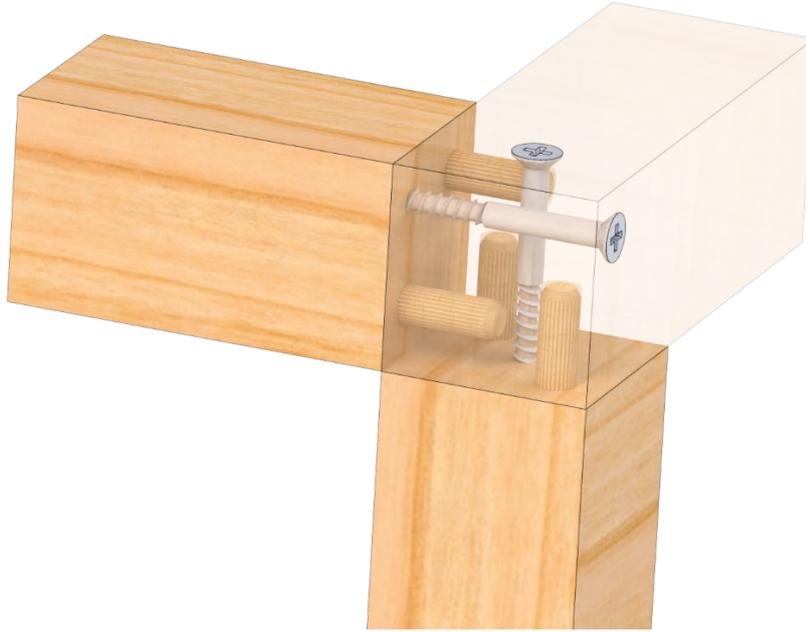


Figura 9.11: Unión de listones de 533,692 y 826mm.

Fuente: Elaboración propia.

Para acabar este subapartado, se mostrará en la figura 9.12, el conjunto de listones que forman la estructura.

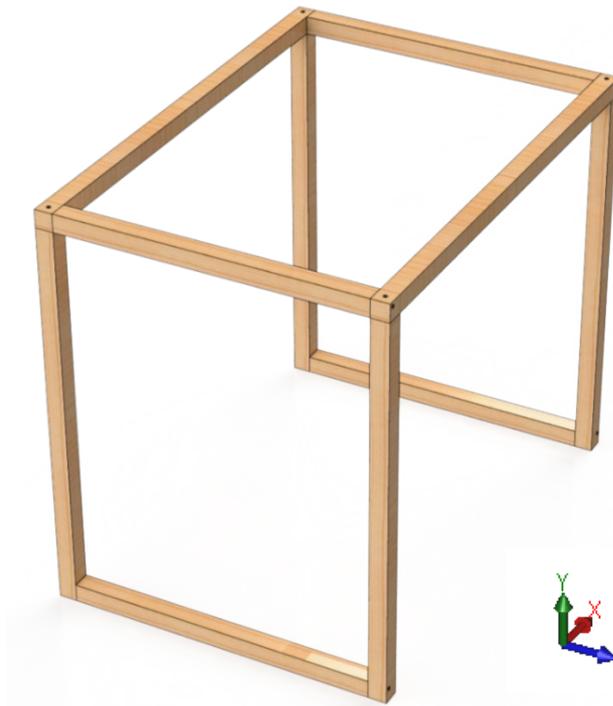


Figura 9.12: Estructura del recinto.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el sistema de coordenadas expuesto en la figura 9.12, los listones en dirección al eje Z corresponden con los de 533mm de longitud, los listones en dirección al eje Y corresponden con los de 692 mm de longitud mientras que los listones en dirección al eje X corresponden con los de 826mm de longitud. Para poder realizar todas las uniones de los listones se han de utilizar 12 tornillos $\text{Ø}4 \times 50$ según la normativa DIN 7997 Z y 24 tubillones de madera de haya de 6 mm de diámetro y 30 mm de longitud según la normativa DIN 68150.

9.2 Cerramiento del recinto

Para cerrar el recinto se han escogido los siguientes elementos de acuerdo con la figura 9.13.

- 2 uds. de tablero contrachapado de dimensiones de 826mm x 597mm x 10mm.
- 2 uds. de tablero contrachapado de dimensiones de 744mm x 597mm x 10mm.
- 2 uds. de tablero contrachapado de dimensiones de 846mm x 744mm x 10mm.

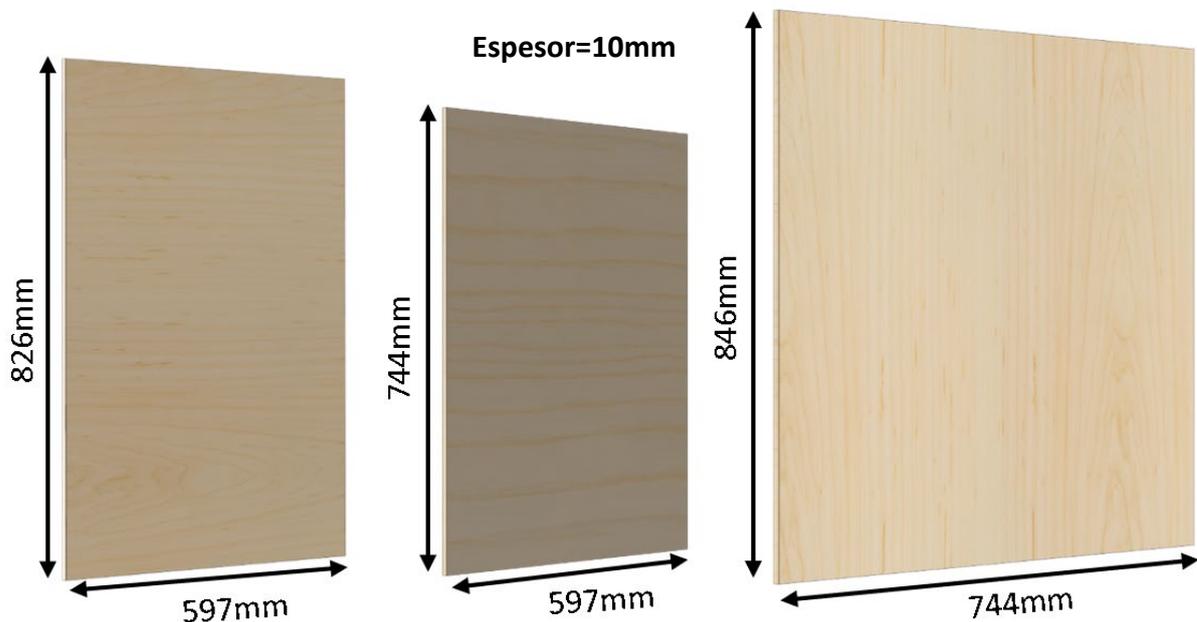


Figura 9.13: Dimensiones de tablero contrachapado.

Fuente: Elaboración propia.

La madera presenta buenas propiedades aislantes, tanto acústicas como térmicas. Si se tiene en cuenta los requisitos de diseño de, aislar térmicamente el interior del recinto y atenuar los ruidos producidos por la impresora, parece que la elección de este material para realizar el cerramiento del recinto favorecerá su aislamiento.

Todos los tableros de contrachapado (a excepción de uno) se unen a la estructura mediante tornillos Ø4x20 según la normativa DIN 7997 Z. Al igual que con los listones, se hará un taladro previo de 3mm de diámetro en todos los puntos donde se vayan a colocar tornillos, pasantes en los tableros y ciegos, con una profundidad aproximada de 15mm, para los listones. Aunque a continuación se muestra el ensamblado de los tableros de madera sin ningún tipo de accesorio, como, por ejemplo, el aislamiento térmico, las chapas de aluminio, la ventilación, entre otros, hay que tener presente que hay elementos que han de montarse antes de colocar los tableros

9.2.1 Tableros contrachapados de dimensiones 826mm x 597mm x 10mm

Los tableros contrachapados de dimensiones 826mm x 597 mm x 10 mm harán de base y techo de la estructura. A continuación, se explicarán las características de estos.

9.2.1.1 Tablero base

La función de este tablero consiste en cubrir la parte baja de la estructura. Contiene 12 tornillos Ø4x20 según la normativa DIN 7997 Z ubicados en los lados de menor dimensión del tablero (6 tornillos por cada lado) y separados entre sí cada 10cm. Este tablero va unido a dos listones de 533mm de longitud. Por otro lado, para que la base no esté en contacto directo con la superficie sobre la que se va a asentar el recinto, se ha decidido implementar cuatro topes simples macho de caucho de 30 mm de diámetro y 15mm de altura del fabricante AMC Mecanocaucho, el cual tiene un eje roscado M8x20 (figura 9.14) y que irían ubicados en las cuatro esquinas por debajo del tablero.



Figura 9.14: Tope simple macho de caucho.

Fuente: Elaboración propia.

Estos topes se enroscarán en uno de los cantos de los listones de 692mm de longitud, pero es inviable mecanizar la madera para crear una rosca, se tendrá que colocar un inserto roscado en dichos listones. Para ello se tendrá que realizar un taladro de 10mm de diámetro y 15mm de profundidad en el extremo del listón. Una vez realizado el taladro, se procede a enroscar el inserto, de manera que se ha escogido un inserto autorroscante para madera tipo TBH de 13mm de longitud (figura 9.15), el cual permite tornillos de métrica 8. Este inserto está preparado para ser enroscado en madera utilizando una llave allen de 8mm.



Figura 9.15: Inserto para madera.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9.16 se puede observar la unión de la base a los listones de 533mm de longitud y la colocación de uno de los cuatro topes simples machos de caucho a un listón de 692mm de longitud (figura 9.17).



Figura 9.16: Unión de base y listones.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9.17: Tope de caucho en listón.

Fuente: Elaboración propia.

9.2.1.2 *Tablero superior (techo)*

Este tablero cubre la parte alta de la estructura. Contiene 12 tornillos Ø4X20 según la normativa DIN 7997 Z ubicados en los cuatro lados del tablero de manera que se tienen 6 taladros de 3mm de diámetro en cada uno de los lados de menor dimensión y separados cada 10cm (12 tornillos), y 10 taladros de 3mm de diámetro en cada uno de los lados de mayor dimensión y separados cada 82mm (20 tornillos). Este tablero va unido a dos listones de 533mm de longitud y a los listones de 826mm. También tiene un taladro de 10mm el cual servirá para la entrada al interior del recinto del cable de un dispositivo que se comentará en apartados posteriores.

En la figura 9.18, se muestra una imagen de este tablero unido a los listones comentados.



Figura 9.18: Tablero superior y unión con listones.

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2 Tableros contrachapados de dimensiones 744mm x 597mm x 10mm

Con respecto a los tableros contrachapados de dimensiones 744mm x 597mm x 10mm estos serán utilizados para cubrir la parte delantera y trasera del recinto. A continuación, se explicarán las características de estos.

9.2.2.1 *Tablero trasero*

Este tablero (figura 9.19) tiene como finalidad cubrir la parte trasera de la estructura. Para la unión de este tablero se han de utilizar 24 tornillos Ø4X20 según la normativa DIN 7997 Z ubicados en los cuatro lados del tablero de manera que se tienen 6 taladros de 3mm de diámetro en cada uno de los lados de menor dimensión separados cada 10cm (12 tornillos) y 6 taladros de 3mm de diámetro en uno de los lados de mayor dimensión separados no uniformemente (12 tornillos). Además, a este tablero hay que realizarle un corte cuadrado de 40mm de lado que servirá para la ventilación, la cual será explicada en apartados posteriores. Por otro lado, este tablero va unido a dos listones de 533mm de longitud y a dos listones de 692mm de longitud.



Figura 9.19: Tablero trasero y unión con listones.

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.2 *Tablero frontal*

Con este tablero (figura 9.20) se pretende cubrir la parte delantera de la estructura. Para la unión de este tablero se han de utilizar 26 tornillos Ø4X20 según la normativa DIN 7997 Z, ubicados en los cuatro lados del tablero de manera que se tienen 6 taladros de 3mm de diámetro en cada uno de los lados de menor dimensión separados cada 10cm (12 tornillos) y 7 taladros

de 3mm de diámetro en uno de los lados de mayor dimensión separados cada 105cm. Por otro lado, este tablero tiene dos cortes rectangulares que atraviesan completamente el tablero, uno de grandes dimensiones ubicado en el centro del tablero con unas dimensiones de 330mm x 480mm que servirá para tener acceso al interior del recinto, permitiendo retirar la pieza impresa, y el otro corte rectangular de 46mm x 27mm que será utilizado para incorporar un dispositivo de medición de temperatura que será descrito posteriormente. Este tablero va unido a dos listones de 533mm de longitud y a dos listones de 692 mm de longitud.



Figura 9.20: Tablero frontal y unión con listones.

Fuente: Elaboración propia.

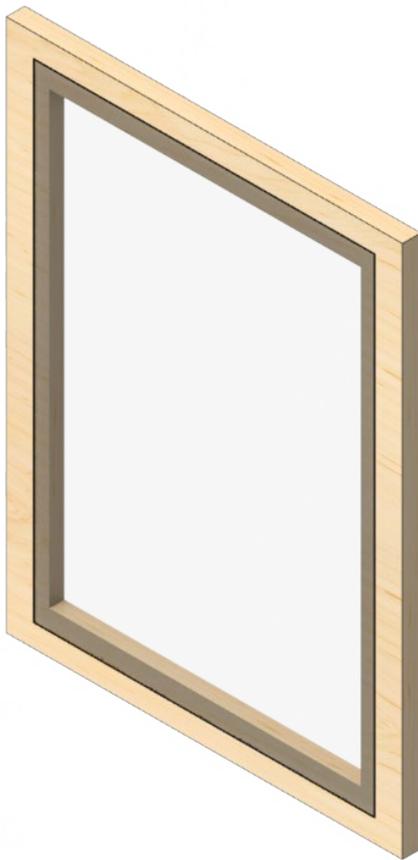
Para poder retirar una pieza ya impresa del interior del recinto a través del corte rectangular de la madera, se ha ideado una pequeña puerta (figura 9.21) que permitirá el acceso al recinto y a la vez cubrirá el corte rectangular del tablero cuando se requiera.

Dicha puerta está compuesta por los siguientes elementos:

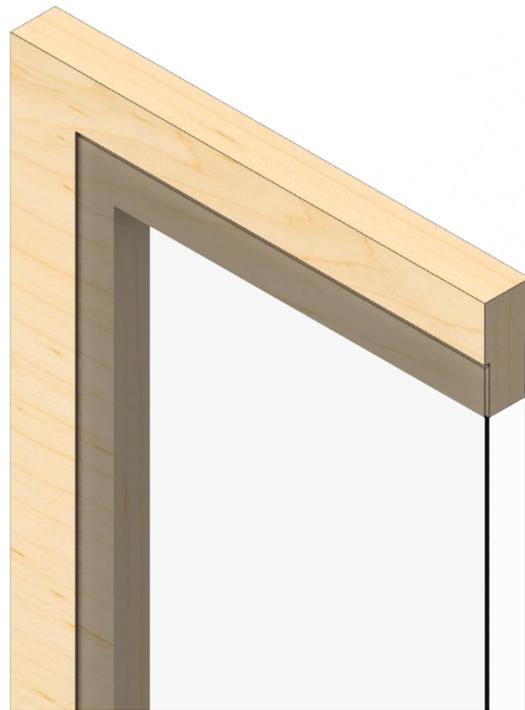
- 1 ud. de tablero contrachapado de dimensiones de 420mm x 570mm x 20mm.
- 2 uds. de plancha de policarbonato compacto incoloro de dimensiones de 360mm x 520mm x 2mm.
- 2 uds de bisagras.
- 1 ud. de burlete de caucho.
- 1 ud. de mecanismo de cierre.

Al tablero contrachapado escogido habrá que realizarle dos cortes rectangulares de 362mm x 522mm con una profundidad de 2mm en ambas caras del tablero. Estos cortes serán utilizados para colocar las planchas de policarbonato compacto incoloro. Cabe destacar que se han escogido estas planchas porque al ser transparente permiten visualizar el interior del recinto, teniendo la posibilidad de visualizar el proceso de impresión de una pieza. Además, estas placas de policarbonato son muy ligeras y tienen una muy buena resistencia al impacto, ofreciendo una buena resistencia frente a temperaturas elevadas, manteniendo en todo momento una transparencia cercana al 90%. Se han escogido las planchas de policarbonato suministradas por el fabricante MuchoPlástico, el cual suministra las planchas de policarbonato en la medida deseada.

Vista completa



Corte longitudinal

*Figura 9.21: Puerta con planchas de policarbonato.**Fuente: Elaboración propia.*

Del mismo modo, para unir el policarbonato al tablero contrachapado se utilizará el adhesivo Plastic welder del fabricante Devcon (figura 9.22). Este adhesivo aguanta altas temperaturas y es de fácil adhesión. Simplemente se debe mezclar la misma proporción de activador que de adhesivo y posteriormente se debe aplicar esta mezcla en la zona de contacto entre los dos materiales, que en este caso sería en las zonas del tablero que tienen un rebaje de 2mm. Una vez aplicada la mezcla sobre la superficie, se unen las planchas de policarbonato al tablero y se deja curar la mezcla durante 24 horas. Se puede obtener más información del adhesivo consultando el anexo correspondiente a los Data Sheet de este documento.



Figura 9.22: Adhesivo para policarbonato. Fuente: itwconsumer.

Para poder hacer que este tablero cumpla la función de puerta son necesarias dos bisagras, las cuales irán atornilladas una parte al tablero frontal y la otra parte al canto lateral del tablero con planchas de policarbonato utilizando tornillos $\varnothing 3 \times 10$ según la normativa DIN 7997 Z. Por tanto, serán necesarios un total de 8 tornillos de este tipo. Las dos bisagras que se utilizarán corresponden con el modelo Small FinAlu del fabricante Pinet, las cuales son de aluminio y tienen unas dimensiones de 38mm de largo y 31,75mm de ancho, además las bisagras estarán separadas entre sí 285mm.



Figura 9.23: Bisagra Small FinAlu. Fuente: Pinet.

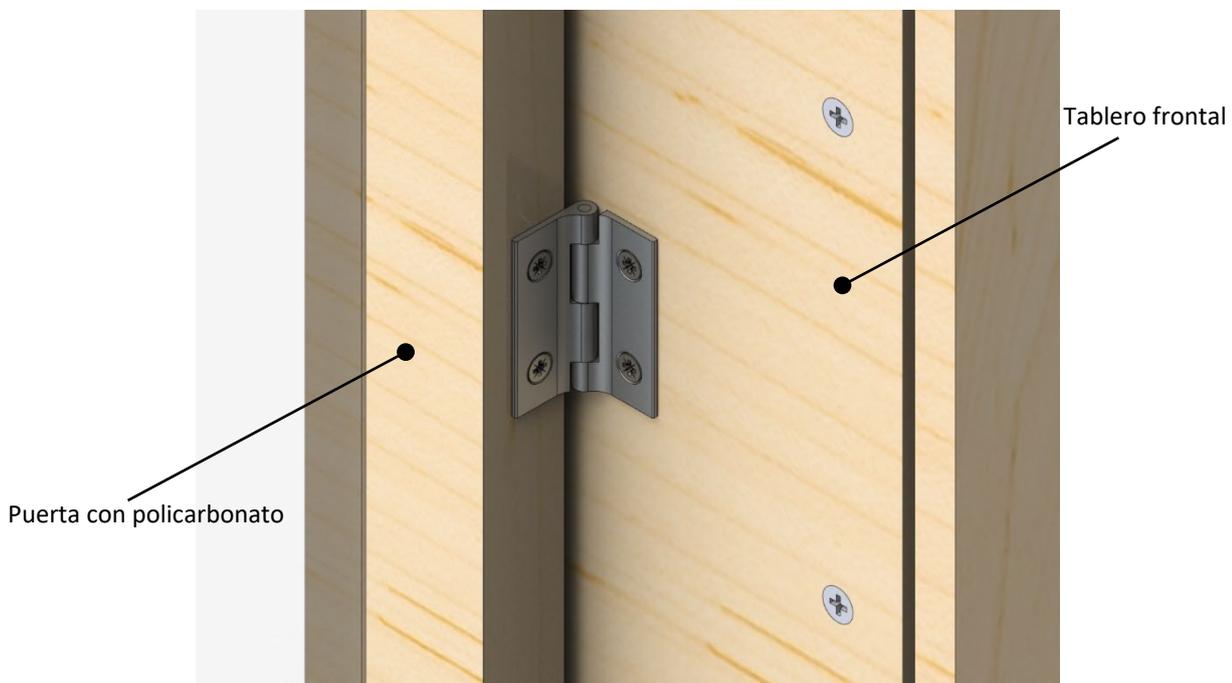


Figura 9.24: Colocación de una de las bisagras en puerta de policarbonato. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para conseguir un cierre hermético, puesto que la puerta no va atornillada directamente al tablero frontal, se ha de colocar un burlete de caucho de 5mm de grosor con una longitud aproximada de 162 cm el cual se instala con un adhesivo propio del burlete. Se ha escogido un burlete de caucho de la marca AXTON (figura 9.25) y este se situará sobre el contorno del corte rectangular hueco del tablero frontal de tal forma que cuando la puerta esté cerrada se evite la entrada de aire al interior del recinto, consiguiendo sellar la puerta de manera que se impida la salida de los gases provenientes de la impresión.



Figura 9.25: Burlete de caucho marca Axton.

Fuente: Leroy Merlin.

Cabe destacar que para poder abrir y cerrar la puerta se ha de utilizar un sistema con cierre de presión como el que se muestra en la figura 9.26.



Figura 9.26: Sistema de cierre a presión.

Fuente: Aliexpress.

El sistema de cierre cuenta con dos partes, la parte de la izquierda está compuesta una manilla giratoria con una base y una goma, y la parte de la derecha, que es un tope que ejerce presión sobre la goma de la manilla cuando esta gira. En este caso, la parte compuesta por la manilla ha de situarse en el lado izquierdo de la puerta, mientras que el tope ha de situarse en la parte izquierda del tablero frontal. Sin embargo, como las superficies de la puerta y el tablero

no están a nivel se ha tenido que diseñar un soporte para el tope para que las dos partes se encuentren al mismo nivel y que por tanto se pueda efectuar un cierre correcto. El suplemento tiene aproximadamente 30mm de altura y ha de estar impreso en un material que soporte bien el calor, como el ABS, no siendo recomendable imprimirla en PLA, ya que el tablero con el que va a hacer contacto la pieza se va a calentar y el PLA no resiste muy bien el calor. La unión de este soporte al tablero frontal se hará utilizando dos tornillos $\text{Ø}3\text{X}12$ según la normativa DIN 7997 Z. Para la unión del soporte al tope se han de utilizar dos insertos para métrica 2 como los de la figura 9.27, los cuales se pueden insertar en el soporte a presión y para realizar la unión se han de utilizar dos tornillos tipo allen cilíndrico M2x8 según la normativa DIN 912 (figura 9.28).



Figura 9.27: Insertos para plástico.

Fuente: AliExpress.



Figura 9.28: Tornillo allen cilíndrico DIN 912.

Fuente: Fasteners eu.



Figura 9.29: Soporte y tope para cierre a presión.

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la unión de la parte de la manivela a la puerta con policarbonato se han de utilizar un total de 4 tornillos Ø3X16 según la normativa DIN 7997 Z. En la figura 9.30 se visualiza una imagen del sistema de cierre con las dos partes ya montadas en los tableros.



Figura 9.30: Funcionamiento de cierre a presión.

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3 Tableros contrachapados de dimensiones 846mm x 744mm x 10mm

Con respecto a los tableros contrachapados de dimensiones 846mm x 744mm x 10mm, estos serán utilizados para cubrir los laterales del recinto. A continuación, se explicarán las características de estos:

9.2.3.1 *Tablero lateral izquierdo*

La función de este tablero consiste en cubrir el lateral izquierdo de la estructura. Contiene 24 tornillos Ø4X20 según la normativa DIN 7997 Z, ubicados en los cuatro lados del tablero de manera que se tienen 7 taladros de 3mm de diámetro en cada uno de los lados de menor dimensión separados cada 10,5cm (14 tornillos) y 10 taladros de 3mm de diámetro en uno de los lados de mayor dimensión y separados cada 82mm (10 tornillos). Este tablero va unido a dos listones de 533mm de longitud y a los listones de 826mm. Cabe destacar que a este tablero también hay que realizarle 8 agujeros de 25mm de diámetro que servirán para insertar una pieza referente a la parte de electrónica, además, habrá que realizar otros dos agujeros de 24mm de diámetro para colocar dos piezas utilizadas para la refrigeración líquida, junto a un agujero de 16mm de diámetro destinado a una pieza que permita pasar el filamento de impresión hacia el interior del recinto y por último, habrá que realizarle un corte cuadrado de 40mm de lado para la ventilación. Estas piezas estarán explicadas en apartados posteriores. En la figura 9.31 se puede visualizar tablero unido a los listones comentados.

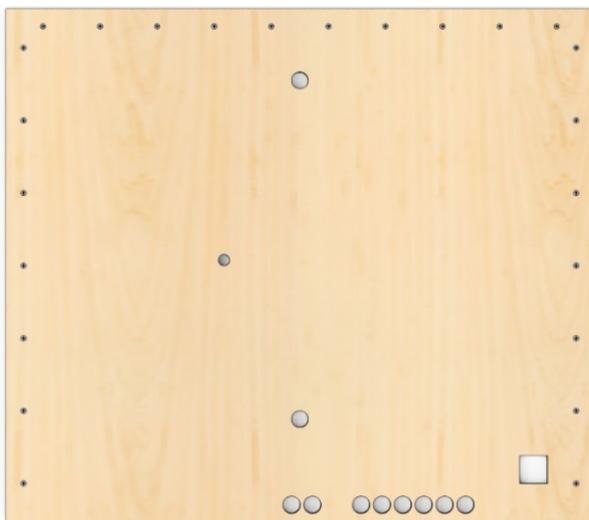


Figura 9.31: Tablero lateral izquierdo y unión con listones



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.2 *Tablero lateral derecho*

La función de este tablero consiste en cubrir el lateral derecho del recinto y permitir el acceso al interior de este. Por este motivo, este tablero contrachapado no va atornillado a ningún listón, se sujeta mediante bisagras las cuales permiten también la apertura del tablero hacia el exterior, como si de una puerta se tratara. Por otro lado, para conseguir un cierre hermético, puesto que la madera no está atornillada a los listones se ha de colocar un burlete de caucho de 5mm de grosor (el mismo que hay que utilizar para el tablero frontal) con una longitud aproximada de 220cm el cual se instala con un adhesivo propio del burlete.

Las bisagras utilizadas corresponden con el modelo Small FinAlu del fabricante Pinet, las cuales son de aluminio y tienen unas dimensiones de 38mm de largo y 31,75mm de ancho (mismo modelo que el de la puerta con planchas de policarbonato).

Por otra parte, para poder mover el tablero como si fuera una puerta se ha de colocar un asa. El asa escogida (figura 9.32) es un asa tipo puente modelo EBP-B del fabricante Elesa de 117mm de distancia entre los centros donde van situados los tornillos y 144mm de longitud total destacando además que se deben utilizar tornillos de métrica 6 para sujetarlo. Por ello se deberán realizar dos taladros pasantes de 6 mm de diámetro, además, según el fabricante la longitud de las roscas del asa es de 12mm y el tablero tiene un espesor de 10mm, por lo tanto, se han escogido dos tornillos de cabeza avellanada plana de métrica 6 y de 20mm de longitud según la normativa DIN 7991, como el de la figura 9.33.



Figura 9.32: Asa EBP-B de Elesa.

Fuente: Elesa.



Figura 9.33: Tornillo avellanado allen según DIN 7991 Fuente: Fasteners eu.



Figura 9.34: Colocación del asa en el tablero.

Fuente: Elaboración propia.

Para sujetar el tablero serán utilizadas 3 bisagras, de manera que una parte de las bisagras se atornille a la superficie externa del tablero contrachapado de 744mm x 597 mm x 10 mm y la otra parte a un canto del lateral derecho, además las bisagras han de estar separadas cada 253mm y se unirán a los tableros utilizando tornillos $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7997 Z. En la figura 9.35 se puede visualizar la colocación de este tablero.

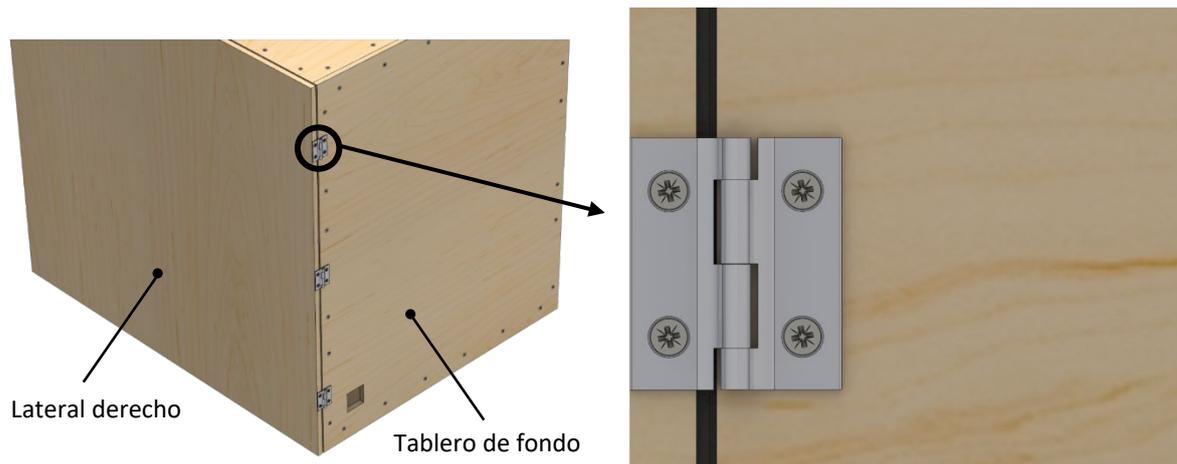


Figura 9.35: Colocación de bisagras en tableros.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la colocación del burlete de caucho, este deberá adherirse con el pegamento que viene por defecto en el burlete, a los cantos laterales de los tableros que forman la base, el techo, el fondo y el frente del recinto. Además, para asegurar que la puerta se mantenga cerrada cuando se requiera, se ha decidido implementar dos pestillos de gancho (figura 9.36) que irán situados en el lado derecho del frontal. Este elemento viene originalmente con dos partes, es decir, la parte del gancho y la parte del eje que hace que el gancho se trabaje y, para este caso, se ha decidido debido a efectos estéticos y dimensionales rechazar la segunda parte de la pieza y realizar una pieza que deberá ser impresa en 3D y hecha de un material que no se deforme con el calor a no muy altas temperaturas. Para realizar la unión entre las bases de los ganchos y la madera frontal se utilizarán cuatro tornillos $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7997 Z.

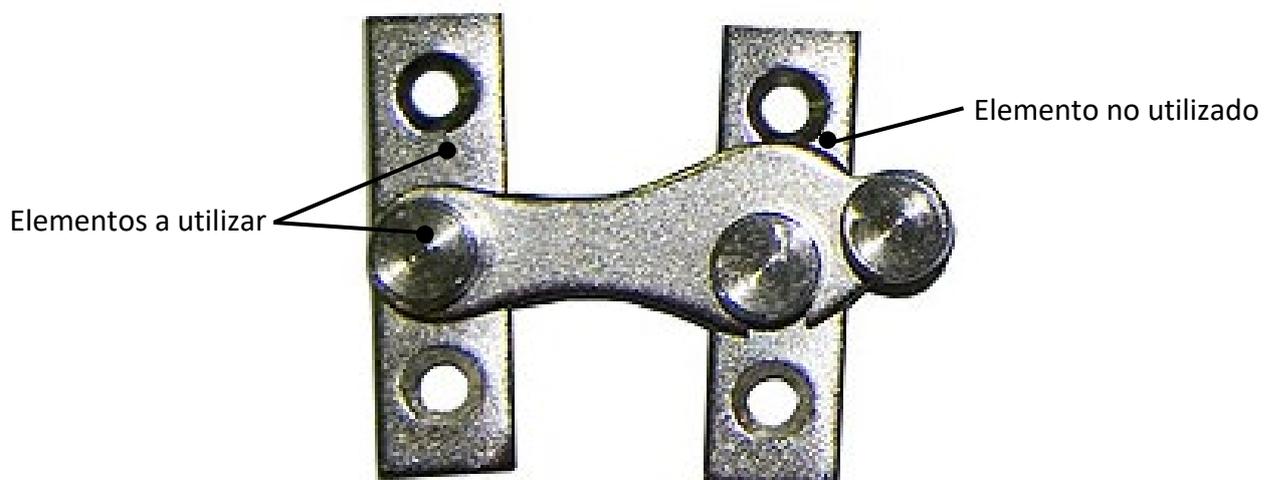


Figura 9.36: Pestillo de gancho.

Fuente: Leroy Merlin.

El elemento utilizado para trabar el gancho está compuesto por dos partes, la primera parte consiste en una base que va a atornillada al canto del tablero lateral derecho mediante un tornillo $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7997 Z, y una segunda parte que consiste en un tope para el gancho y que va enroscado a la primera parte (base).

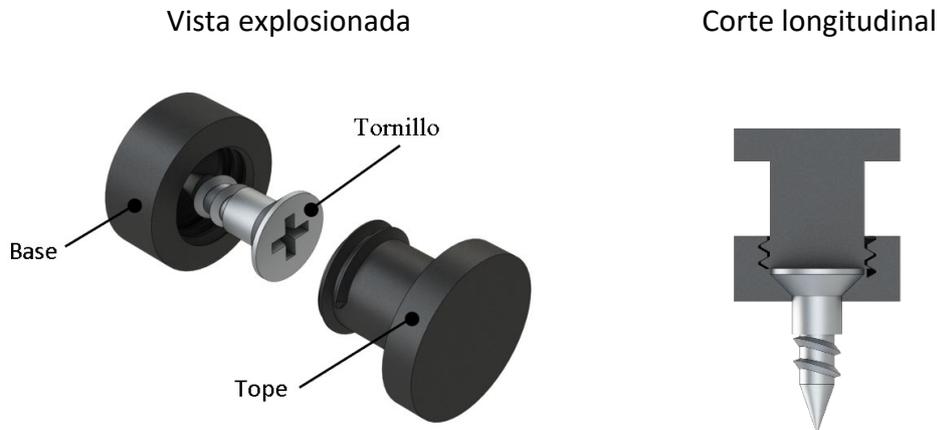


Figura 9.37: Tope de gancho.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se mostrará una imagen en la que se puede visualizar el funcionamiento de este sistema de cierre.

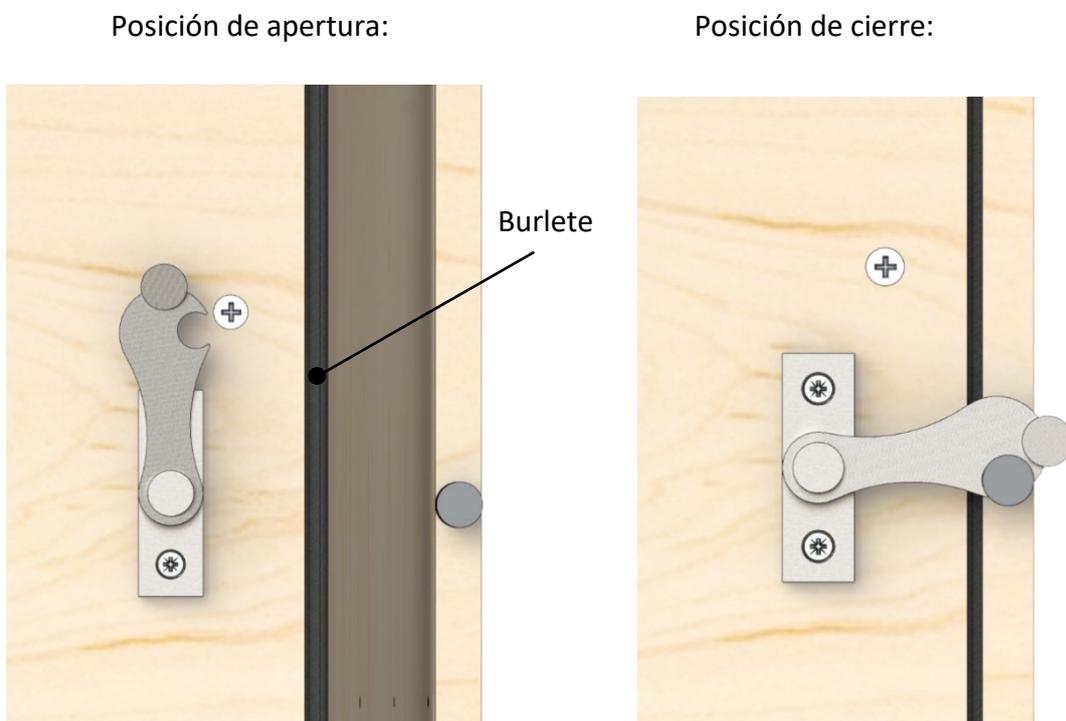


Figura 9.38: Tope de gancho.

Fuente: Elaboración propia.

9.3 Sistema de extracción de impresora

Cuando se están imprimiendo piezas pueden surgir problemas como atascos de impresión o simplemente se requiere hacer un mantenimiento a la impresora. Por este motivo, se ha decidido implementar en el recinto un sistema que permita la extracción de la impresora por el tablero derecho. Para realizar este sistema de extracción son necesarios los siguientes elementos:

- 1 ud. de tablero contrachapado de 724mm x 533mm x 20mm.
- 2 uds. de guía telescópica con posibilidad de bloqueo.

Para poder trasladar la impresora en el interior del recinto se han de utilizar guías telescópicas de bola, en concreto, el modelo 2731CL del fabricante Accuride (figura 9.39). Esta guía telescópica está fabricada en acero cincado y tiene un perfil de altura bajo (27mm). Además, permite una extensión del 100% alcanzando un total de 1000mm de longitud total y posibilita un bloqueo mediante palanca, para que no haya desplazamientos de las guías debido a las vibraciones de la propia impresora. Esto último es muy importante ya que durante la impresión se producen vibraciones, y si estas no se controlan se pueden producir defectos de impresión. Cabe destacar que estas guías telescópicas están compuestas por tres railes, de manera que una de ellas se mantiene estático y los otras dos son los que permiten el movimiento.



Figura 9.39: Guía telescópica modelo 2731CL de Accuride.

Fuente: Accuride.

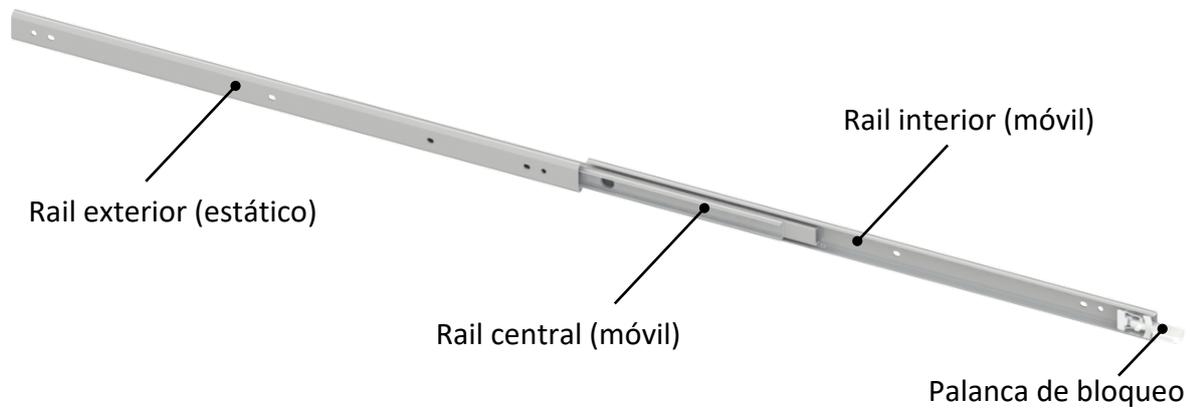


Figura 9.40: Partes de guía telescópica.

Fuente: Elaboración propia.

La colocación de estas guías es la siguiente:

Primeramente, se han de colocar los raíles exteriores en los listones de 533mm de longitud que se encuentran en la parte baja del recinto para ello se utilizaran 6 tornillos tipo tirafondo de cabeza redonda con impronta Z de 3mm de diámetro y 10mm de longitud según la normativa DIN 7996 Z (figura 9.41), separados no uniformemente para cada rail exterior, de manera que se tendrán que utilizar un total de 12 tornillos de este tipo para la colocación de los dos raíles exteriores en los dos listones de 533mm de longitud.



Figura 9.41: Tornillo tirafondo según DIN 7996 Z.

Fuente: Fasteners eu.



Figura 9.42: Colocación de rail externo en listón de 533mm.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 9.40, el rail central se encuentra entre el rail exterior y el interior y no requiere un montaje específico. Sin embargo, el rail interior al igual que el exterior debe ir atornillado. En este caso, a un tablero contrachapado de 724mm x 533mm x 20mm, sobre el cual se colocará la impresora. Para la unión entre los raíles interiores y el tablero se tendrán que utilizar 6 tornillos $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7996 Z separados no uniformemente para cada rail interior, de manera que se tendrán que utilizar un total de 12 tornillos de este tipo para la colocación de los dos raíles interiores en el tablero contrachapado.



Figura 9.43: Colocación de rail interior en listón de 533mm.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9.44 se muestra el conjunto de raíles montados y su funcionamiento en el interior del recinto.



Figura 9.44: Conjunto de guías telescópicas montadas.

Fuente: Elaboración propia.

Impresora en el interior del recinto



Extracción de la impresora

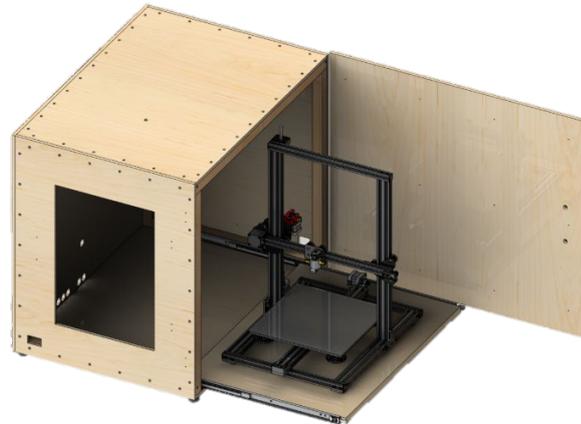


Figura 9.45: Funcionamiento del sistema de extracción.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar, que se ha comprobado que se puede implementar este sistema, ya que, según el fabricante, estas guías telescópicas son capaces de soportar 22kg de peso. Teniendo en cuenta que la Creality CR-10 pesa 13kg y que el tablero contrachapado sobre la que se asienta esta tiene una densidad aproximada de 750 kg/m^3 , se puede obtener a partir de esta y las dimensiones del tablero se puede obtener de manera aproximada, la masa de este tablero.

$$m = \rho \cdot V \quad (\text{Ecuación 9.3.1})$$

Donde:

m: Masa del tablero [kg]

ρ : Densidad del tablero [kg/m^3]

V: Volumen del tablero. [m^3]

En vistas de que el tablero tiene un volumen de $7,718 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, a partir de la ecuación 9.3.1 se obtiene que el tablero tiene una masa de aproximadamente 5,79kg y, por tanto, la masa del conjunto impresora y tablero hace una suma de 18,79kg, no superando el peso máximo admisible por las guías 22kg

Otro aspecto a tener en cuenta es el vuelco, ya que al trasladar la impresora hacia el exterior la distribución de pesos de todo el recinto cambia, sin embargo, se ha comprobado que el centro de masas de todo el conjunto se mantiene en la parte interna del recinto aun habiendo extraído la impresora y por ello, el recinto no volcará (figura 9.46).

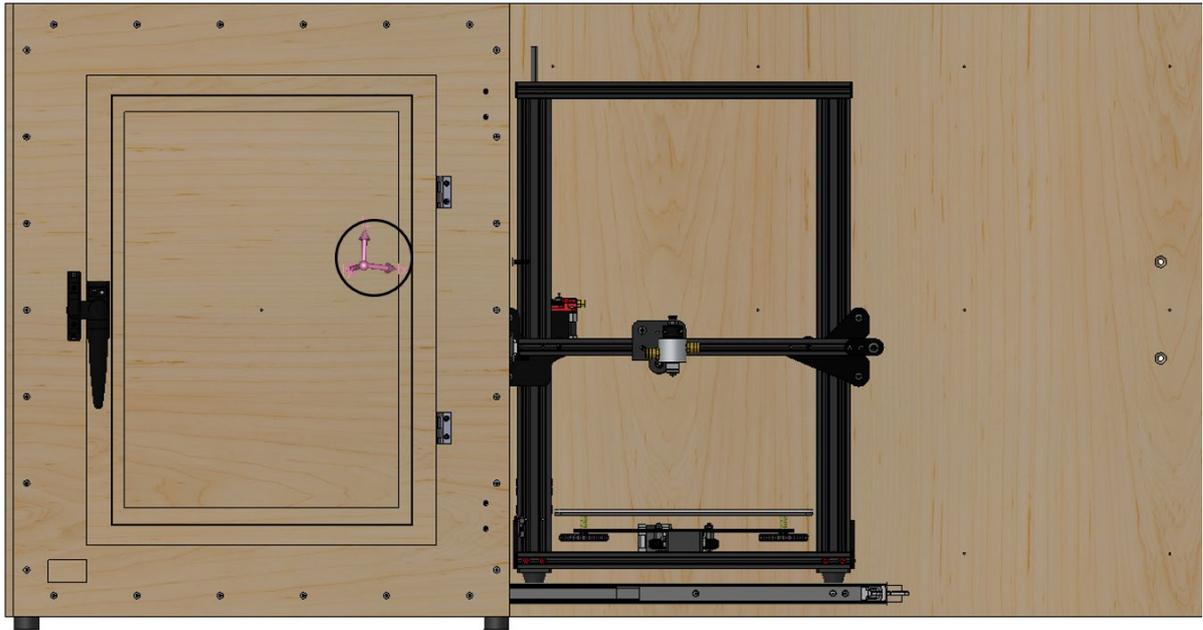


Figura 9.46: Localización del centro de masas del recinto.

Fuente:Elaboración propia.

Si se requiere obtener más información a cerca de las características y dimensiones del modelo de guía telescópica escogido se puede adquirir consultando el anexo correspondiente a los Datasheets de este documento.

9.4 Aislamiento y calentamiento del recinto

Como ya se ha visto, es bastante importante mantener un ambiente controlado para evitar los efectos del Warping y el Cracking. Por ello, aparte de evitar corrientes de aire externas es importante que el interior del recinto sea capaz de mantener una temperatura interior lo más constante posible, por este motivo, se ha decidido implementar en el interior del recinto un aislamiento térmico para evitar grandes pérdidas de calor. El aislamiento térmico escogido es el modelo GW Ovens Needled Mat del fabricante ISOVER y como su nombre en inglés indica, es un aislamiento pensado originalmente para aislamiento térmico de hornos. Este aislamiento está compuesto de lana de vidrio, puede aguantar temperaturas de hasta 500°C de forma continuada. A diferencia de otros aislamientos este emite una cantidad muy baja de compuestos orgánicos volátiles (COV) y además el fabricante lo distribuye en forma de paneles para poder realizar cortes a medida. Se ha decidido colocar aislamiento a los tableros frontales (delantero y trasero), los tableros laterales (izquierdo y derecho) y al tablero que cubre la parte superior del recinto (techo). Cabe destacar que no se colocará aislamiento térmico al tablero que cubre

la base del recinto porque la propia impresora, la cual se encuentra encima del tablero que cubre la base, mediante la cama caliente tendrá una aportación de calor y por tanto se tiene una fuente de calor en la parte baja del recinto y por ello no se perderá tanto calor en esta parte. Por otro lado, el contacto directo de la piel con la lana de vidrio causa una dermatitis, lo cual provoca irritación y picazón intensa, y, aunque el fabricante ofrece la posibilidad de cubrir alguna de las caras del aislamiento térmico con papel de aluminio se ha decidió por motivos de seguridad cubrir con chapas de aluminio las superficies donde podría producirse contacto con el aislamiento térmico. Se sabe además que el aluminio es buen conductor térmico y al calentarse este, también ayudará a mantener la temperatura del recinto. Las chapas de aluminio tendrán las mismas dimensiones superficiales que los paneles de aislamiento térmico, a excepción de los paneles de aislamiento y chapa de aluminio que corresponden a los del tablero lateral derecho, que tienen dimensiones diferentes por motivos que se explicarán posteriormente. Por tanto, los elementos necesarios para cubrir los tableros son los siguientes.

- 1 ud. de chapa de aluminio de 533mm x 762mm x 2mm.
- 2 uds. de chapa de aluminio de 533mm x 660mm x 2mm.
- 1 ud. de chapa de aluminio de 660mm x 762mm x 2mm.
- 1 ud. de chapa de aluminio de 724mm x 826mm x 2mm.
- 1 ud. de panel de aislamiento térmico de 533mm x 762mm x 30mm.
- 2 uds. de panel de aislamiento térmico de 533mm x 660mm x 30mm.
- 1 ud. de panel de aislamiento térmico de 660mm x 762mm x 30mm.
- 1 ud. de panel de aislamiento térmico de 656mm x 758mm x 30mm.

Las chapas de aluminio se podrán cortar a medida partiendo de una chapa de aleación de aluminio 5754 H111 de 2500mm x 1250mm x 2mm que ofrece el fabricante Lumetal (figura 9.47). El fabricante ofrece una medida de menor dimensión (2000mm x 1250mm x 2mm) y, por tanto, más económicas. Sin embargo, no se podrían obtener las 5 chapas de aluminio con las dimensiones requeridas por falta de material y por ello, aunque sobre algo de material se ha escogido la chapa de 2500mm x 1250mm x 2mm.

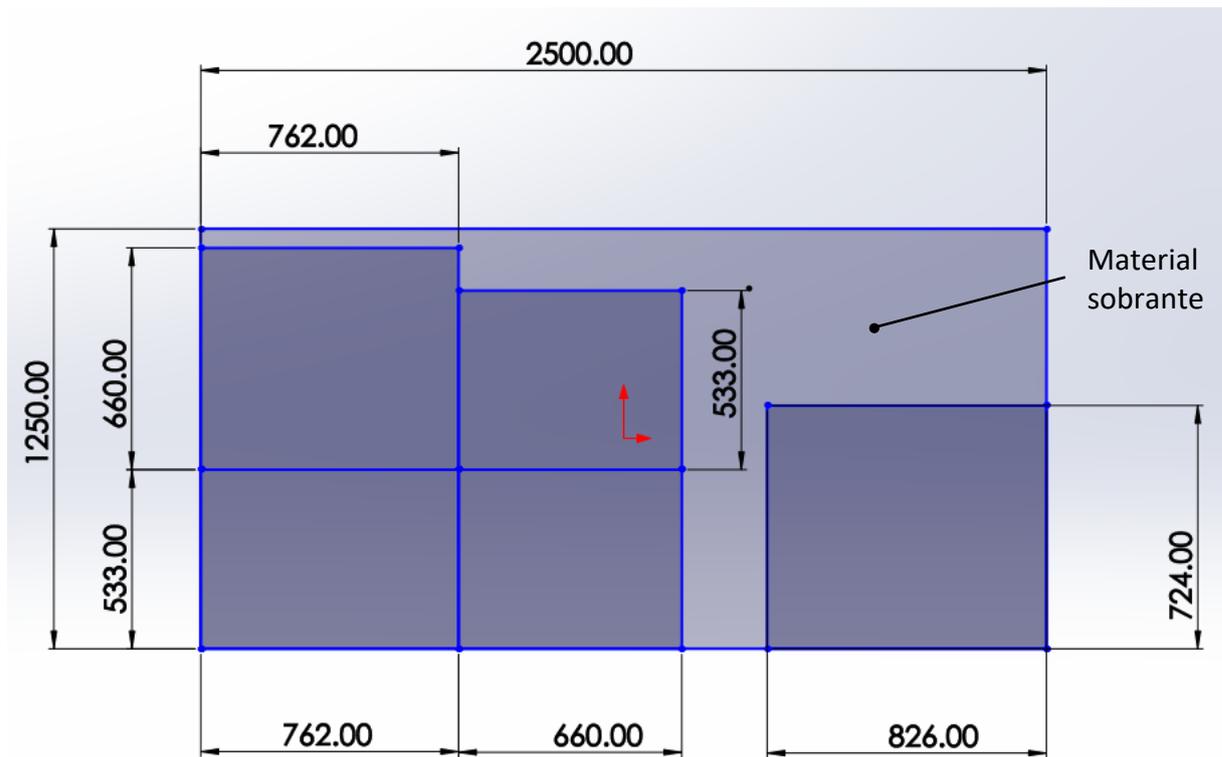


Figura 9.47: Obtención de chapas de aluminio.

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la unión tablero-aislamiento-aluminio, se han diseñado unos tacos que permiten fijar y sujetar tanto los paneles de aislamiento térmico como las chapas de aluminio sin que esta última tenga que ejercer presión sobre el panel de aislamiento (figura 9.48). Estos tacos de fijación están compuestos por dos partes: una base hueca sujeta por un tornillo $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7997 Z el cual irá roscado en el tablero. A esta base hueca se le introduce un eje hueco que va roscado por un extremo a esta, de manera que la longitud total de estas dos partes montadas coincida con la del espesor de los paneles de aislamiento térmico, es decir, 30mm. En el extremo opuesto se ha de introducir un inserto como el mencionado anteriormente (mismo modelo, pero en esta ocasión con rosca interna para tornillos de métrica 3), este inserto servirá para roscar un tornillo tipo allen cilíndrico M3x8 según la normativa DIN 912, el cual hará tope con la chapa de aluminio. Se recomienda imprimir estas dos piezas en un material que aguante altas temperaturas.

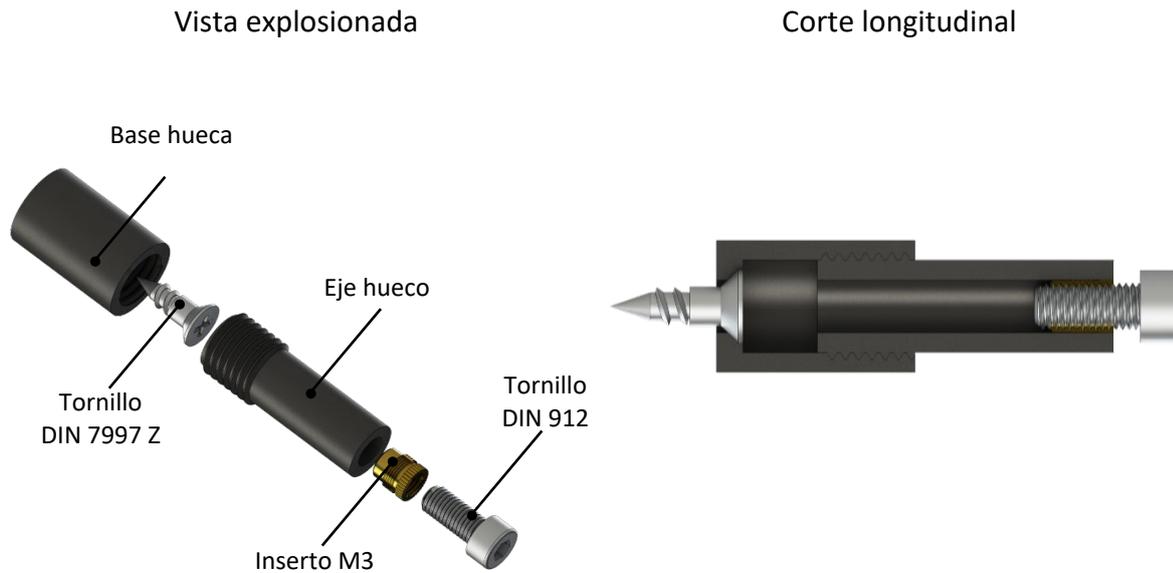


Figura 9.48: Taco de fijación.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las características de los paneles de aislamiento y chapas de aluminio según la ubicación de los tableros sobre los cuales irán colocados.

9.4.1 Aluminio y aislamiento térmico del tablero trasero

Chapas de aluminio y paneles de aislamiento térmico colocados en el tablero trasero: en el tablero trasero irán colocados una chapa de aluminio de 533mm x 660mm x 2mm y un panel de aislamiento térmico de 533mm x 660mm x 30mm. Tanto al panel de aislamiento térmico como a la chapa de aluminio hay que realizarles un corte cuadrado de 40mm de lado y que atraviese totalmente al panel y a la chapa. A la chapa habrá que realizarle 9 taladros de 3,5mm de diámetro separados entre sí cada 257mm a lo largo del lado de menor dimensión y cada 295mm a lo largo del lado de mayor dimensión. Con respecto al panel de aislamiento térmico, se le aplicarán en las mismas posiciones de la chapa, taladros de 10mm de diámetro para que puedan colocarse los 9 tacos de fijación. Cabe destacar que los taladros para la chapa de aluminio se pueden realizar con una broca para metal de 3,5mm de diámetro, mientras que para el aislamiento térmico se podría utilizar un sacabocados de 10mm de diámetro. (figura 9.49).



Figura 9.49: Sacabocados de 10mm de diámetro.

Fuente: Bauhaus.

En la figura 9.50 se puede observar este panel de aislamiento, la chapa de aluminio y la colocación de estos en el tablero trasero (figura 9.51).

Panel de aislamiento térmico



Chapa de aluminio

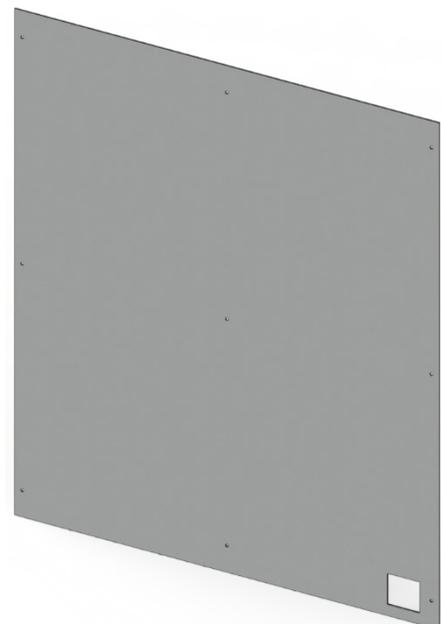


Figura 9.50: Aislamiento y aluminio de tablero trasero.

Fuente: Elaboración propia.

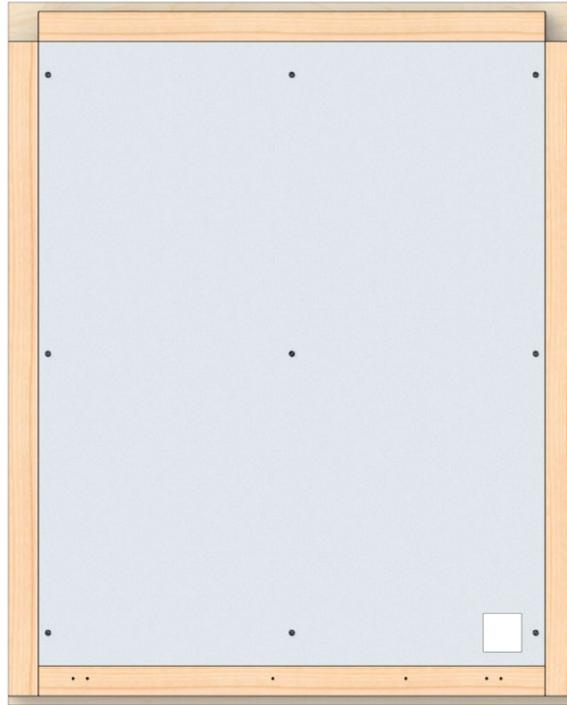


Figura 9.51: Colocación de aislamiento y aluminio traseros.

Fuente: Elaboración propia.

La unión entre los tableros, los paneles de aislamiento térmico y las chapas de aluminio quedarían según se indica en la figura 9.52.

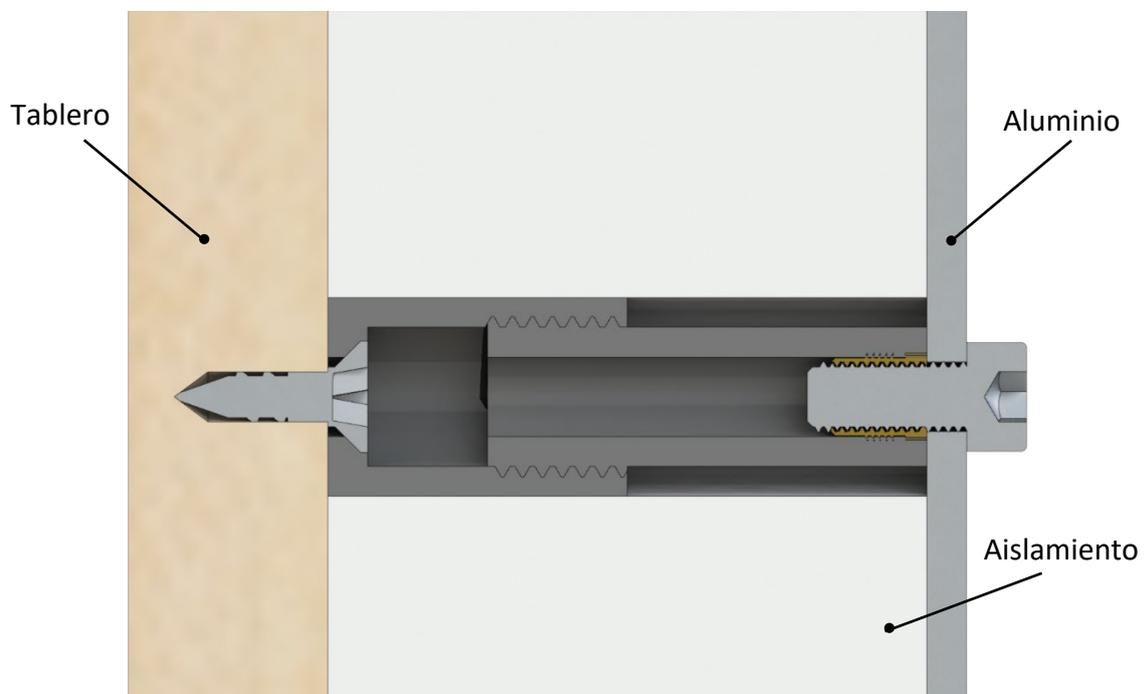


Figura 9.52 Unión tablero-aislamiento-aluminio.

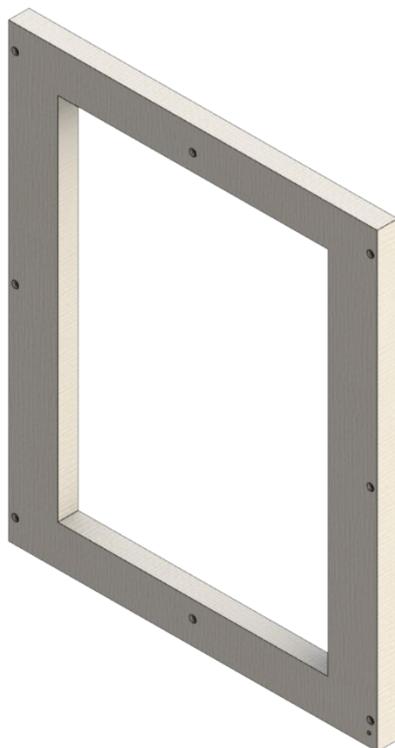
Fuente: Elaboración propia.

9.4.2 Aluminio y aislamiento térmico del tablero frontal

En el tablero frontal irán colocados una chapa de aluminio de 533mm x 660mm x 2mm y un panel de aislamiento térmico de 533mm x 660mm x 30mm. Tanto al panel de aislamiento térmico como a la chapa de aluminio hay que realizarles un corte rectangular en el centro de 390mm x 540mm de lado y que atraviese totalmente al panel y a la chapa. A la chapa habrá que realizarle 8 taladros de 3,5mm de diámetro separados entre sí cada 257mm a lo largo del lado de menor dimensión y cada 295mm a lo largo del lado de mayor dimensión, además se realizará un taladro de 5mm de diámetro cerca de una de las esquinas inferiores de la chapa para que puedan pasar los cables de un medidor de temperatura que se explicará con mayor detenimiento posteriormente. Con respecto al panel de aislamiento térmico, se le aplicarán en las mismas posiciones de la chapa, taladros de 10mm de diámetro para que puedan colocarse los 8 tacos de fijación. Cabe destacar que se ha dejado un espacio entre el corte rectangular del tablero y el corte rectangular del panel de aislamiento y la chapa de aluminio puesto que en ese espacio se colocará una iluminaria que será comentada más adelante.

En la figura 9.53 se podrá observar este panel de aislamiento, la chapa de aluminio y la colocación de estos en el tablero frontal (figura 9.54).

Panel de aislamiento térmico



Chapa de aluminio

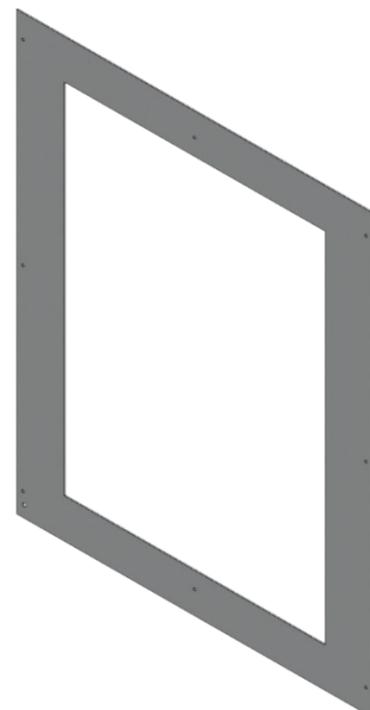


Figura 9.53: Aislamiento y aluminio de tablero frontal.

Fuente: Elaboración propia.

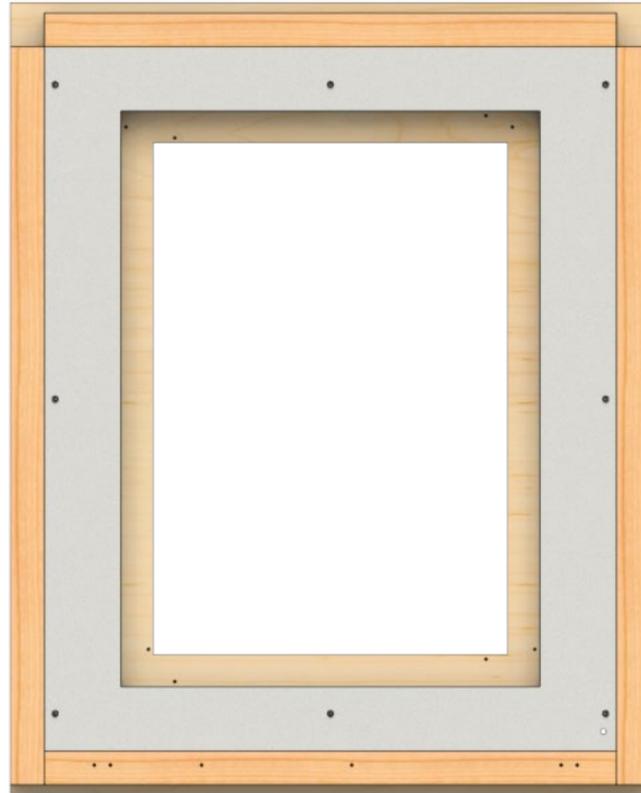


Figura 9.54: Colocación de aislamiento y aluminio frontales.

Fuente: Elaboración propia.

9.4.3 Aluminio y aislamiento térmico del tablero lateral izquierdo

En el tablero lateral izquierdo irán colocados una chapa de aluminio de 660mm x 762mm x 2mm y un panel de aislamiento térmico de 660mm x 762mm x 30mm. Tanto al panel de aislamiento térmico como a la chapa de aluminio hay que realizarles un corte cuadrado de 40mm de lado, dos taladros de 24mm y un taladro de 16mm y que todos ellos atraviesen totalmente al panel y a la chapa. A la chapa habrá que realizarle 12 taladros de 3,5mm de diámetro separados entre sí cada 247mm (excepto los del centro que están separados 248mm) a lo largo del lado de mayor dimensión y cada 295mm a lo largo del lado de menor dimensión. Con respecto al panel de aislamiento térmico, se le aplicarán en las mismas posiciones de la chapa, taladros de 10mm de diámetro para que puedan colocarse los 12 tacos de fijación. Los taladros y cortes no referentes a los tacos de fijación son para elementos que serán definidos en apartados posteriores.

En la figura 9.55 se podrá observar este panel de aislamiento, la chapa de aluminio y la colocación de estos en el tablero lateral izquierdo (figura 9.56).

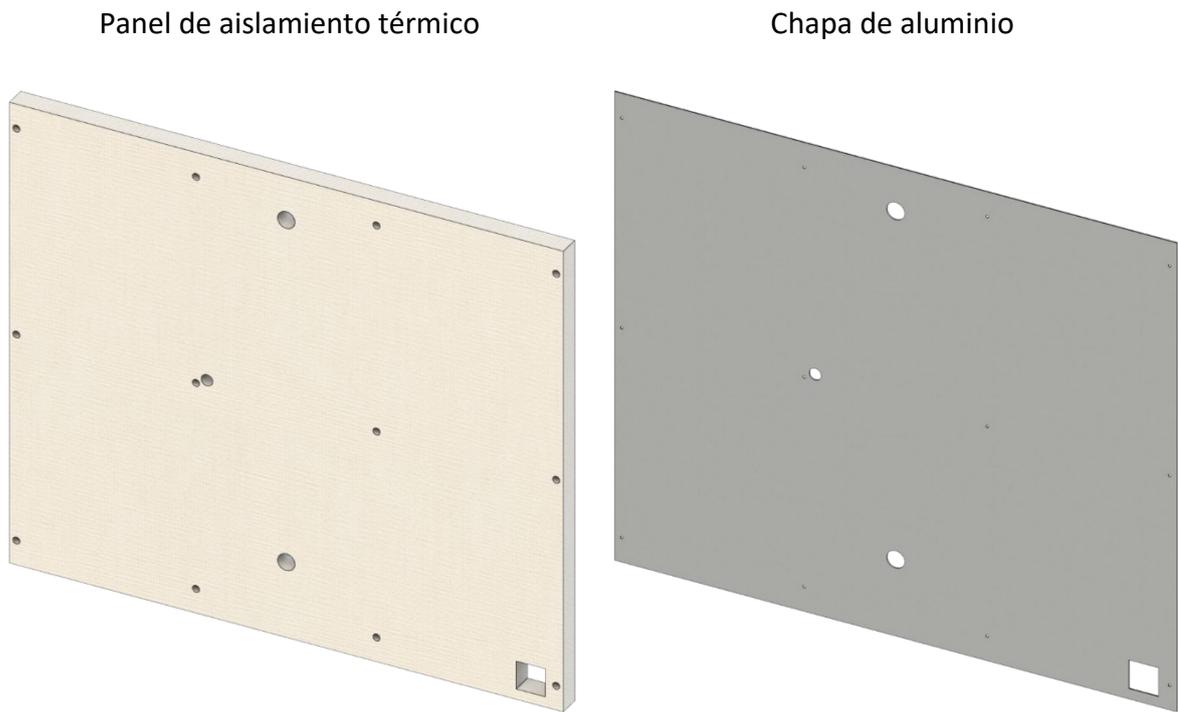


Figura 9.55: Aislamiento y aluminio de tablero lateral izquierdo.

Fuente: Elaboración propia.

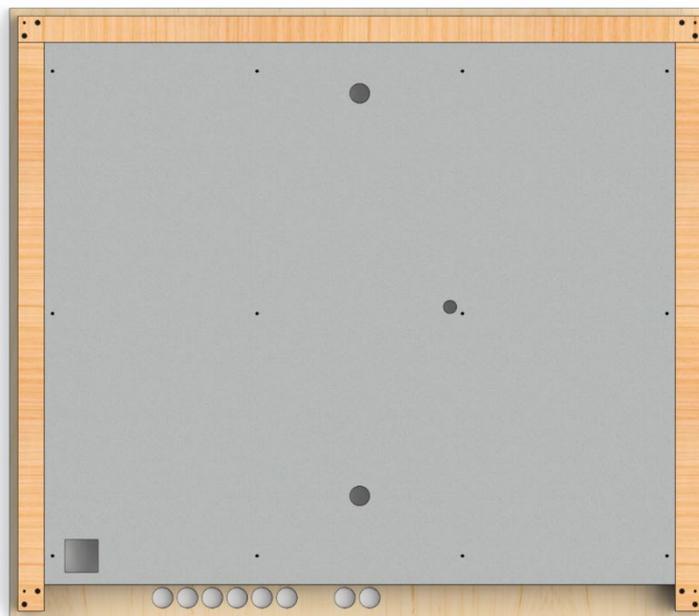


Figura 9.56: Colocación de aislamiento y aluminio del lateral izquierdo.

Fuente: Elaboración propia.

9.4.4 Aluminio y aislamiento térmico del tablero lateral derecho

A diferencia del resto de tableros, en este, la chapa de aluminio y el panel de aislamiento no comparten las mismas dimensiones. Al principio del apartado se comentó que el aislamiento térmico a utilizar está hecho de lana de vidrio, que en contacto directo con la piel causa una dermatitis de contacto, lo cual provoca irritación y picazón intensa. Como se explicó en el apartado anterior el tablero lateral derecho cumple la función de puerta para poder abrir el recinto y extraer la impresora 3D, de manera que este tablero a diferencia del resto no está unido a listones, los cuales cubren algunos de los cantos de los paneles de aislamiento térmico. Por ello, para evitar que cuando se abra esta puerta haya contacto con el aislamiento se han de doblar 30mm los cuatro lados del aluminio correspondiente a este tablero, el cual corresponde con la chapa de aluminio de 724mm x 826mm x 2mm, que tras el doblado, la parte visible de este en el interior del recinto será de 660mm x 762mm, y, por tanto, se ha hecho una reducción de 32mm por cada lado pudiendo cubrir con esta medida los cantos del aislamiento. Por otro lado, a la chapa habrá que realizarle 12 taladros de 3,5mm de diámetro separados entre sí cada 247mm (excepto los del centro que están separados 248mm) a lo largo del lado de mayor dimensión y cada 295mm a lo largo del lado de menor dimensión. Con respecto al panel de aislamiento térmico a este tablero le corresponde un panel de aislamiento térmico de 656mm x 758mm x 30mm y además se le aplicarán en las mismas posiciones de la chapa, taladros de 10mm de diámetro para que puedan colocarse los 12 tacos de fijación.

En la figura 9.57 se podrá observar este panel de aislamiento, la chapa de aluminio y la colocación de estos en el tablero lateral izquierdo (figura 9.58).

Panel de aislamiento térmico



Chapa de aluminio

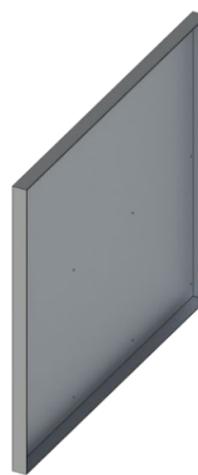


Figura 9.57: Aislamiento y aluminio de tablero lateral derecho.

Fuente: Elaboración propia.

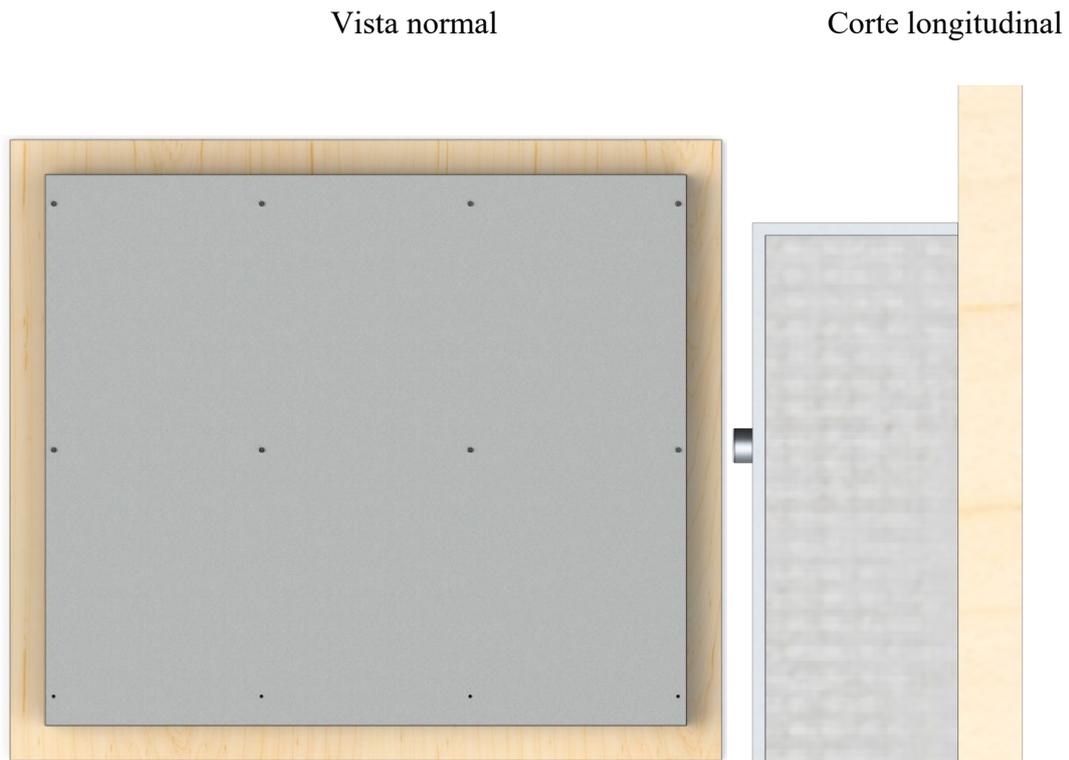


Figura 9.58: Colocación de aislamiento y aluminio del lateral derecho.

Fuente: Elaboración propia.

9.4.5 Aluminio y aislamiento térmico del tablero superior (techo)

En el tablero superior (techo) irán colocados una chapa de aluminio de 533mm x 762mm x 2mm y un panel de aislamiento térmico de 533mm x 762mm x 30mm (figura 9.59). A diferencia del resto de las configuraciones entre el aislamiento y el aluminio habrá una lámina de calentamiento de silicona del fabricante keenovo (figura 9.60), esta lámina de silicona permite una rápida transferencia de calor, es resistente a la humedad y a agentes químicos, delgada, flexible y se puede adherir a multitud de superficies. El fabricante ofrece diferentes variantes de calentadores de silicona en función de las dimensiones y potencia requerida, en este caso se ha realizado un estudio de la potencia necesaria para calentar el recinto y se ha determinado que la mejor opción a escoger es la del calentador de 150mm x 200mm que ofrece una potencia de 250W y una tensión de 220V (véase el anexo de cálculos correspondiente para más información). Se ha de mencionar también que los cálculos realizados se han hecho para alcanzar una temperatura interior del recinto de hasta 100°C. Sin embargo, según el portal informático *3DPrintingSolutions*, para imprimir materiales como el ABS o el PC basta con tener una temperatura interior entre los 60-70°C y la cama caliente de la impresora a una temperatura entorno a los 90-100°C para que no haya problemas de Warping o Cracking. Por

otro lado, el fabricante keenovo ofrece junto a la lámina de silicona un dispositivo que permite seleccionar la temperatura deseada (controlador de temperatura).

El calentador de silicona trae por una de sus caras un adhesivo 3M de manera que el calentador estará pegado a la zona central de la chapa de aluminio. En este caso a la chapa de aluminio habrá que realizarle 16 taladros de 3,5mm de diámetro y, además, al panel de aislamiento térmico se le aplicarán en las mismas posiciones de la chapa, taladros de 10mm de diámetro para que puedan colocarse los 16 tacos de fijación. Del mismo modo, hay que realizar otro taladro de 10mm de diámetro que servirá de entrada a los cables del calentador. Se puede observar que para este caso el número de tacos de fijación es un poco mayor que el del resto de configuraciones. Este aumento de tacos de fijación se justifica ya que esta chapa de aluminio sufrirá mayores dilataciones térmicas debido a la fuente de calor que proporciona el calentador de silicona.

Panel de aislamiento térmico



Chapa de aluminio

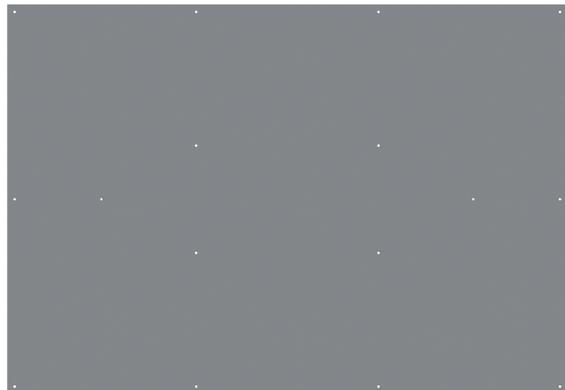


Figura 9.59: Aislamiento y aluminio de tablero superior (techo).

Fuente: Elaboración propia.

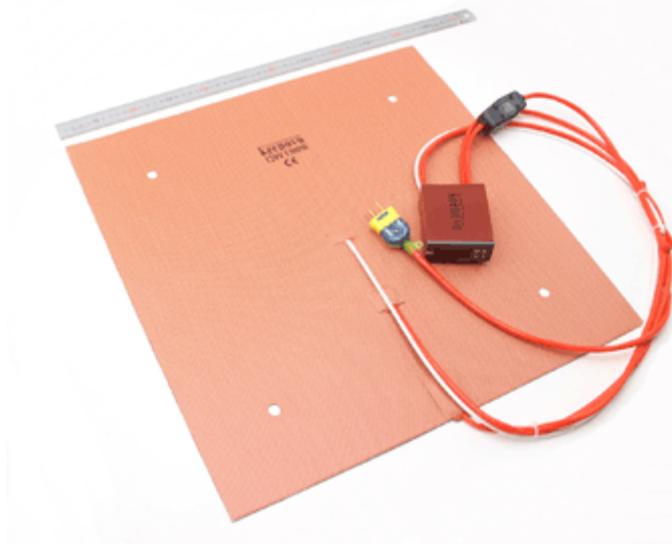


Figura 9.60: Calentador de silicona + Controlador.

Fuente: Keenovo.

En la figura 9.61 se puede observar la colocación de estos 3 elementos en el tablero superior.

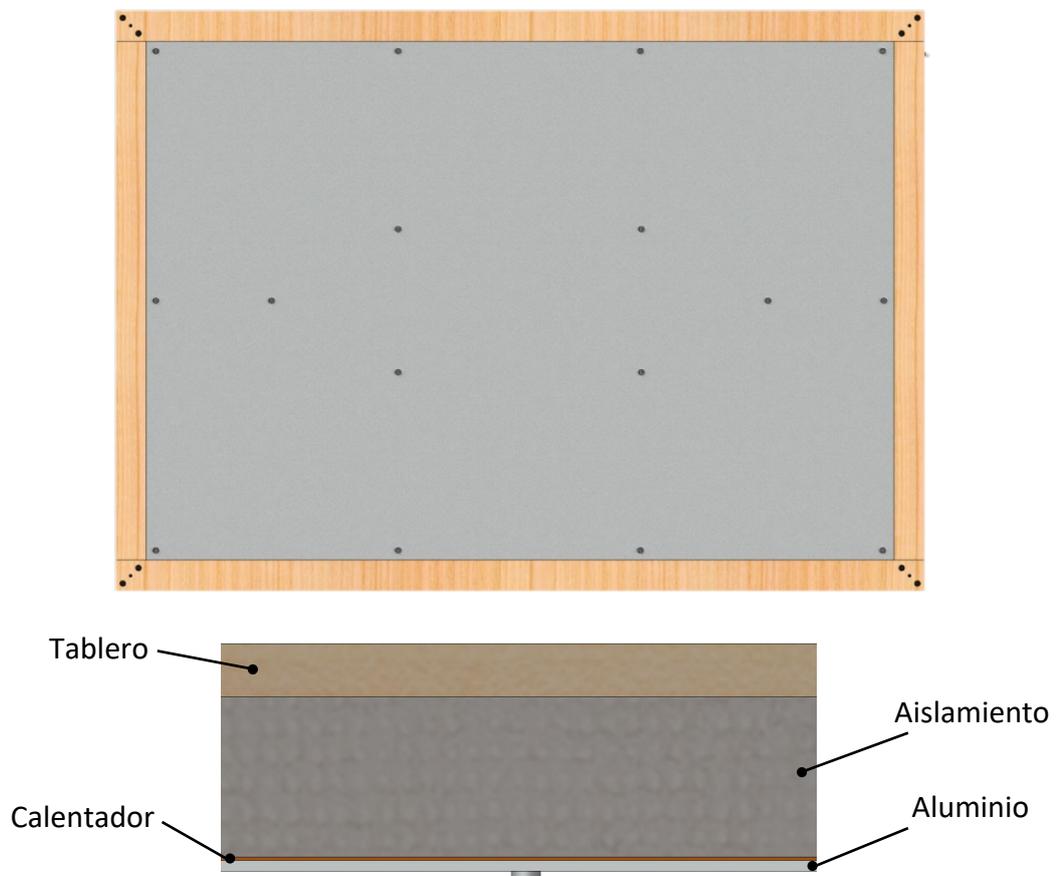


Figura 9.61: Colocación de aislamiento, calentador y aluminio en tablero superior.

Fuente: Elaboración propia.

Hay que recalcar que, el controlador de temperatura que viene con la lámina de silicona tiene dos cables, uno de ellos conecta directamente con la lámina de silicona y, por ello, dicho cable tendrá que ser pasado por los taladros de 10mm del tablero superior y del panel de aislamiento térmico. El otro cable irá conectado directamente a una toma de corriente (el cable de conexión a la corriente viene con el enchufe tipo A, que se utiliza normalmente en los Estado Unidos, sin embargo, en Europa, a excepción de algunos países, se utilizan los enchufes tipo C, de manera que habría que utilizar un adaptador de corriente de tipo A a tipo C (figura 9.62) en caso de que no lo incluya).



Figura 9.62: Adaptador de enchufe tipo A a tipo C. Fuente Amazon.

El controlador de temperatura iría colocado en la parte superior del tablero, como se indica en la figura 9.63, pudiendo tener un acceso cómodo para controlar la temperatura del calentador y, por tanto, la del ambiente interior del recinto.

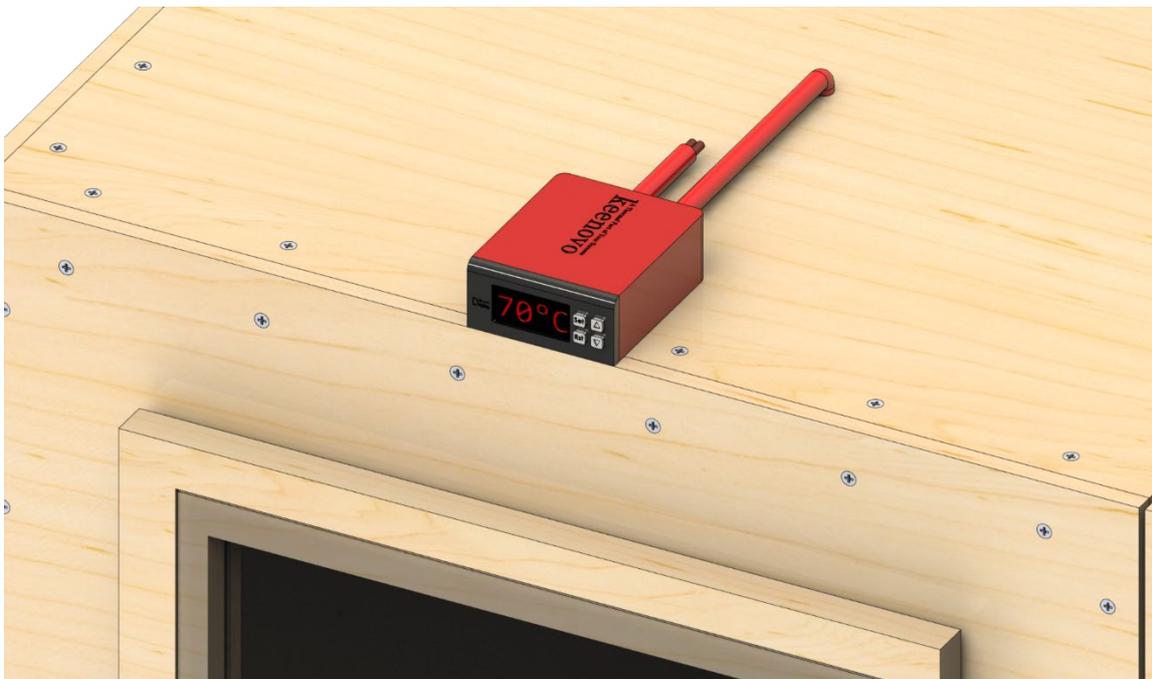


Figura 9.63: Colocación del controlador de temperatura keenovo.

Fuente: Elaboración propia.

Hay que destacar que en el controlador de temperatura se puede seleccionar la temperatura a la que se desee que esté la lámina calentadora. Sin embargo, esta temperatura no tiene por qué ser la del interior del recinto y aunque hay aislamiento térmico, existen pérdidas de calor. Por ello, para conseguir la temperatura deseada en el interior del recinto habrá que añadir un valor más alto que el de la temperatura consigna para llegar verdaderamente a dicha temperatura. Por este motivo, para tener un control mucho más aproximado de la temperatura real en el interior del recinto, se ha decidido implementar en el tablero delantero un medidor digital de temperatura. El modelo escogido es el M17718 del fabricante Urijk, el cual incorpora una pantalla LCD y permite medir temperaturas de hasta 119°C. Este dispositivo funciona con dos pilas tipo LR44 y, por tanto, no requiere de una fuente de energía eléctrica externa, además, contiene una sonda con la que realiza las mediciones, esta sonda se recomienda colocarla en una zona próxima a la impresora 3D (por ejemplo, en su estructura).



Figura 9.64: Termómetro del recinto.

Fuente: Aliexpress.



Figura 9.65: Colocación del termómetro en el recinto.

Fuente: Elaboración propia.

9.5 Refrigeración de componentes de la impresora

Como se comentó en el apartado 4.4, es bastante importante tener el ambiente interior del recinto lo suficientemente calefactado y aislado del ambiente exterior para poder imprimir sin tener problemas de Warping o Cracking, sin embargo, hay componentes de la impresora 3D que necesitan ser refrigeradas puesto que están diseñadas para operar a temperatura ambiente.

La gran mayoría de elementos que componen esta impresora 3D están hechas de aluminio como por ejemplo la estructura, o de ABS como las patas de la estructura o los protectores de los sensores, de manera que no habrá problemas de daños materiales en el momento de calentar el recinto. Con respecto a las partes hechas de ABS, estas no sufrirán problemas si se calienta el recinto a una temperatura entono a los 60-70°C, como indica el portal *3DPrintingSolutions*. Sin embargo, y aunque no se contemple en este proyecto, si se va a calentar el ambiente interior a una temperatura entono a los 90-100°C si se recomienda hacer estas piezas de otro material que sea capaz de soportar el rango de temperaturas mencionado.

Los elementos que son imprescindibles refrigerar para poder imprimir sin problemas son los motores que controlan los movimientos de la impresora 3D y el Hotend. Para refrigerar estos elementos se ha decidido optar por un sistema de refrigeración líquida. En los siguientes subapartados se comentarán las soluciones escogidas para poder refrigerar estos elementos.

9.5.1 Refrigeración de los motores

La impresora 3D Creality CR-10 cuenta con cuatro motores: el motor del eje X permite que el hotend se mueva en dirección horizontal, el motor del eje Y permite mover en profundidad la cama caliente (el movimiento de estos dos motores se realiza utilizando correas y ruedas dentadas), el motor del eje Z permite que el hotend se mueva en dirección vertical (el movimiento se realiza gracias a un husillo) y el cuarto motor es el que se encarga de transmitir movimiento mediante ruedas dentadas al extrusor por donde sale el filamento que entrará en el hotend. Este tipo de motores son motores paso a paso, los cuales transforman pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, de manera que cada vez que se recibe un impulso eléctrico, el eje que va unido al motor es capaz de girar una cierta cantidad de grados. En el caso de la impresora Creality CR-10, los motores que lleva son los denominados Nema 17, los cuales pueden alcanzar una temperatura máxima de 80°C. Sin embargo, se recomienda que el entorno no se encuentre a una temperatura superior a 50°C y puesto que originalmente (sin recinto) estos no se refrigeran, ahora que se requiere colocar la impresora en un recinto que se encontrará a altas temperaturas, surge la necesidad de refrigerarlos. Primeramente, se pensó en refrigerar los motores mediante el aire del ambiente exterior utilizando ventiladores y tubos de entrada y salida para cada motor, evitando corrientes de aire. Sin embargo, se descartó esta opción porque requiere muchos elementos (2 ventiladores por cada motor) y ocupa un gran espacio en el interior del recinto. Por ello, para refrigerar los motores se aplicó una segunda opción utilizando un sistema de refrigeración líquida, la cual, ocupa menos espacio.

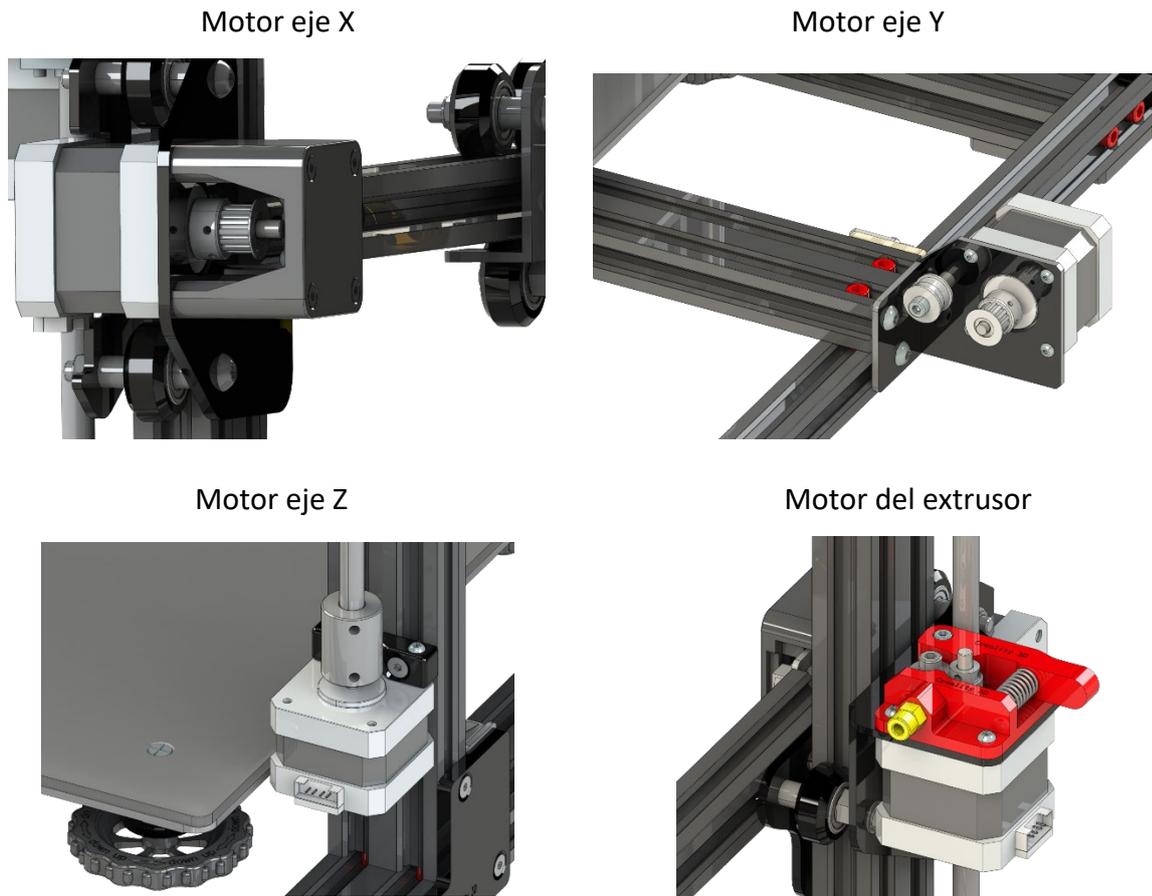


Figura 9.66: Motores Nema 17 de impresora Creality CR-10

Fuente: Elaboración propia.

Para refrigerar los motores mediante refrigeración líquida serán utilizados cuatro bloques de aluminio bañados en níquel no electrolítico modelo DyzeXtruder ENP del fabricante DYZEDESIGN (figura 9.67) compatibles para motores Nema 17. Este bloque de aluminio tiene tres taladros de métrica 8, de manera que dos de ellos sean ocupados por dos racores que definirán la entrada y salida del flujo, mientras que en el otro taladro habrá un tapón permitiendo esto poner los racores en la posición más cómoda según convenga. El fabricante ofrece la posibilidad de escoger dos medidas de racores diferentes, de 6,35mm o de 9,53mm de diámetro, y en este caso, se escogerá la versión de 9,53mm de diámetro, pues son los más compatibles con los tubos propuestos.



Figura 9.67: Bloque de refrigeración motores

Fuente: DYZEDESIGN.

Para la colocación de estos bloques de refrigeración en los motores el fabricante advierte que hay que retirar los tornillos que sujetan las tapas de los motores y sustituirlos por unos más largos, ya que los bloques de refrigeración tienen un espesor de 4mm aproximadamente y los tornillos no llegarían a roscar. Por ello para cada motor (excepto para el del eje Z) se han de sustituir dichos tornillos por tornillos de M3x30 según la normativa DIN 912. Para el motor del eje Z se han de utilizar tornillos de menor longitud, ya que este es 5mm más pequeño en altura que los otros tres, y, por tanto, para este motor los tornillos se tendrán que sustituir por tornillos M3x25 según la normativa DIN 912. Por otro lado, al motor del eje Z habrá que desplazarlo en altura 45mm para que el racor del bloque quepa y para que el tubo de conexión tenga un pequeño margen para que no haya estrangulación. El fabricante recomienda antes de realizar el montaje de los bloques de refrigeración en los motores, poner pasta térmica en la superficie de contacto bloque-motor. En la figura 9.68 se muestran las posiciones que se han considerado más adecuadas de la colocación de los bloques de refrigeración en el motor.

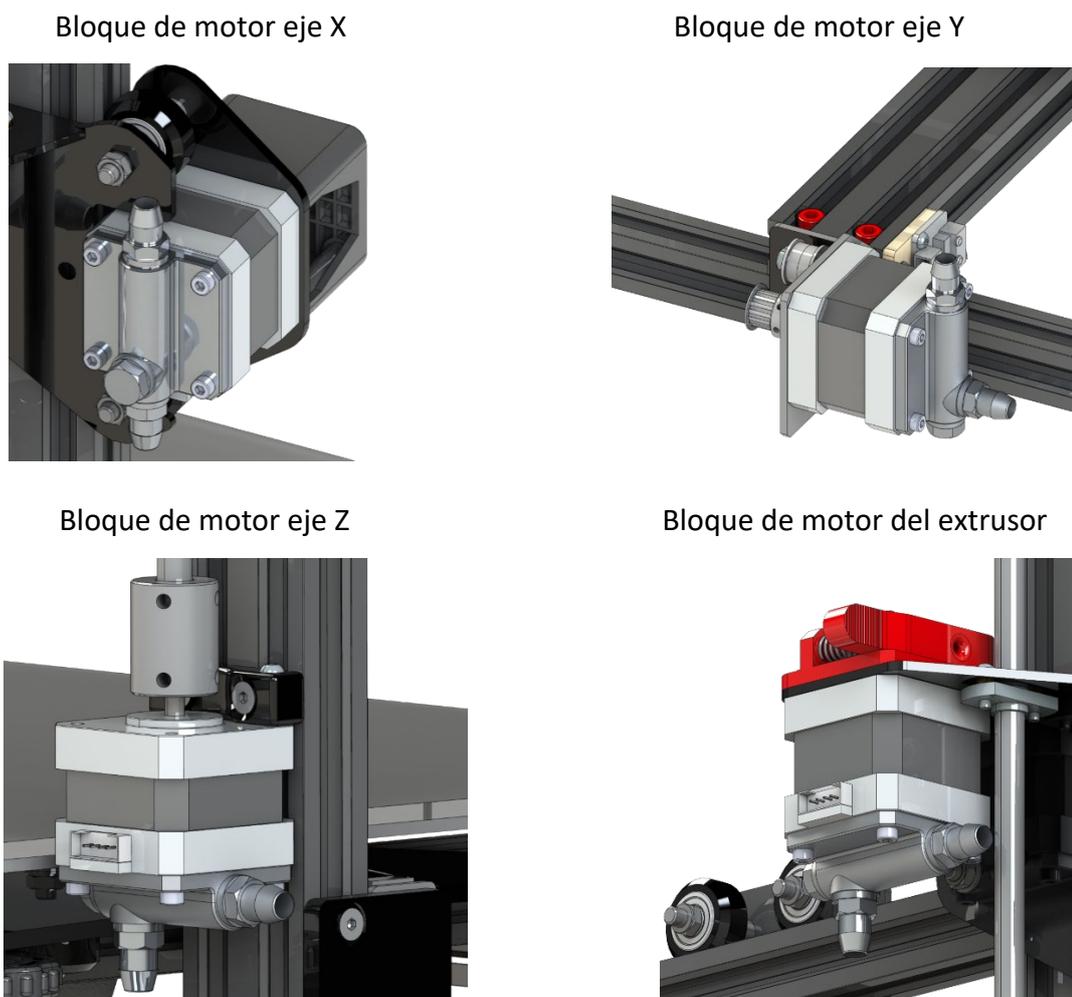


Figura 9.68: Colocación de bloques de refrigeración.

Fuente: Elaboración propia.

9.5.2 Refrigeración del hotend

Uno de los elementos más importantes en impresión 3D mediante tecnología FDM es el hotend pues no todos los materiales tienen la misma facilidad de impresión, por ejemplo, no es igual de fácil imprimir PLA que ABS o material flexible y, por tanto, cuanto más exigente sea el material mayor tendrá que ser la calidad del hotend. Para este proyecto se ha decidido cambiar el hotend original de la impresora (figura 9.69) por un hotend V6 All-Metal del fabricante E3D (figura 9.70) pues este al ser de mejor calidad que el original de la Creality CR-10 permite imprimir con mayor velocidad, facilidad y, por tanto, con menos atascos en el barrel o el interior del bloque disipador. Cabe destacar que al hotend original de la impresora viene acoplado un ventilador de capa que se utiliza sobre todo cuando se imprime con PLA ya que el filamento necesita enfriarse con rapidez para solidificarse adecuadamente. Sin embargo, estos ventiladores de capa no se pueden utilizar en materiales que sean propensos a sufrir de Warping o Cracking. Por ello, para este proyecto se ha decidió sustituir el hotend original de la impresora por un V6 All-Metal del fabricante E3D y retirar el ventilador de capa.

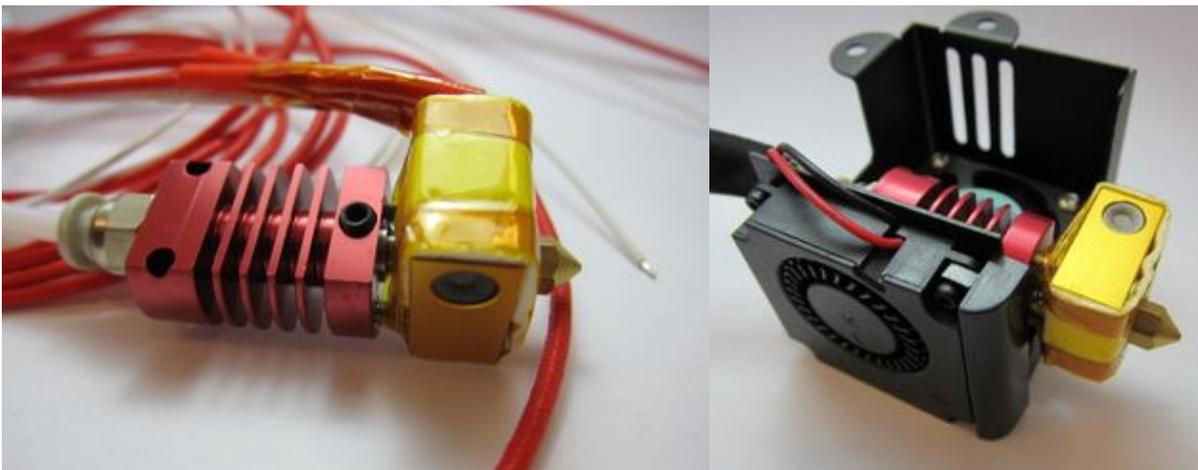


Figura 9.69: Hotend original y ventilador de capa de la Creality CR-10.

Fuente: 3dprima.

Para evitar atascos también es imprescindible refrigerar el hotend y para ello se aprovechará el sistema de refrigeración líquida utilizado en los motores. Originalmente el hotend V6-All Metal trae un ventilador para ayudar a refrigerar el bloque disipador. De hecho, el bloque disipador tiene superficies extendidas (aletas) porque está diseñado para ser refrigerado mediante convección forzada de aire. Sin embargo, como se va a utilizar el sistema de refrigeración líquida, este ventilador no será necesario. Otro aspecto importante a tener en cuenta es que al igual que los bloques de refrigeración de los motores al bloque disipador del hotend, que es de aluminio, hay que realizarle un baño de níquel electrolítico, que será justificado en el apartado posterior.



Figura 9.70: Hotend original V6-All Metal.

Fuente: e3d-online.

Para poder refrigerar el hotend escogido se utilizará un cilindro hueco hecho de Nylon (PA6) reforzado con cargas (su denominación comercial es NylStrong del fabricante SMART MATERIALS 3D), siendo capaz de soportar temperaturas de hasta 210°C y pudiendo ser mecanizable. El cilindro hará la función de camisa de refrigeración y tendrá 25mm de diámetro interior con un espesor de pared de 4mm y una altura total de 29mm. Este cilindro tiene en la parte inferior y superior un rebaje en el que irán juntas OR 20x3,5 (junta tórica de 20mm de diámetro interior y 3,5mm de espesor) que se situarán en el espaciado entre aletas de la parte superior e inferior del bloque de refrigeración, de manera que encajen en la cajera de la camisa de refrigeración. Las juntas escogidas son del fabricante EPIDOR y son de caucho de fluorocarbono, pudiendo estas aguantar temperaturas de hasta 250°C. La función de estas juntas tóricas será evitar que el líquido refrigerante se escape de la camisa. La camisa de refrigeración cuenta con dos taladros roscados de G1/8" en los que irán roscados dos racores de cobre de 12mm por los que permitirá la entrada y salida del fluido.

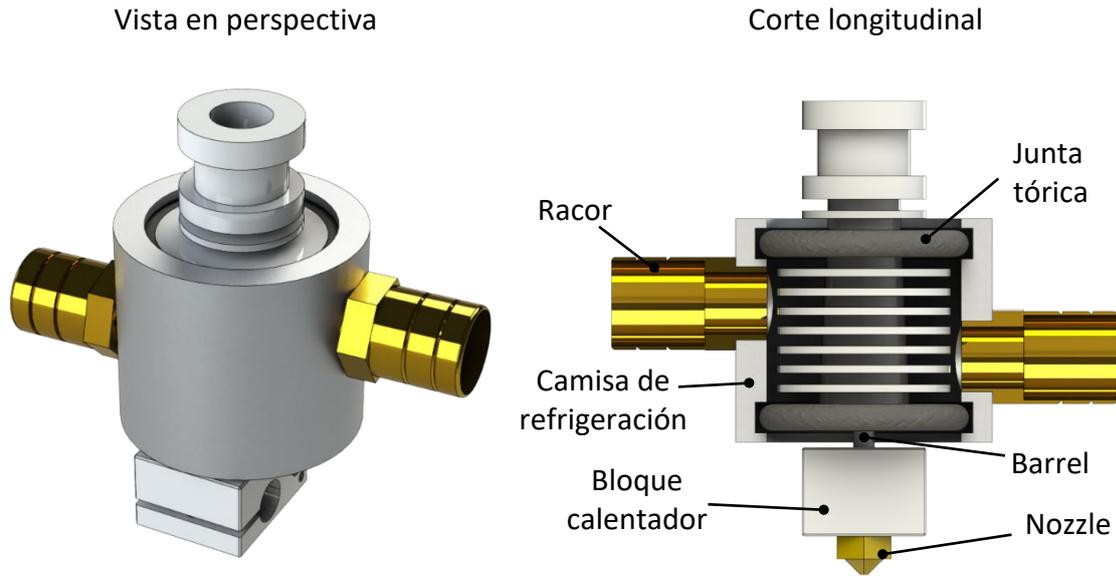


Figura 9.71: Hotend V6-All Metal con camisa de refrigeración.

Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto importante que hay que mencionar es que el líquido refrigerante entraría a la camisa de refrigeración por el lado más bajo, ya que interesa refrigerar antes la parte que está más cerca del bloque calentador y, por tanto, es la parte más propensa a sufrir atascos.

Por otro lado, para poder sujetar el hotend a la impresora, se ha diseñado una pieza, que puede ser impresa del mismo material que la camisa de refrigeración. Este elemento permite ubicar el nuevo hotend en la posición del hotend original, y está compuesto por dos partes. La primera es una base que irá sujeta a la impresora mediante 2 tornillos M3x10 según la normativa DIN 7991, y la segunda parte servirá de unión entre la parte alta del hotend y la pieza, esta segunda parte es una tapa de unión que irá unida a la primera parte (base) mediante 2 tornillos M3x10 según la normativa DIN 912.

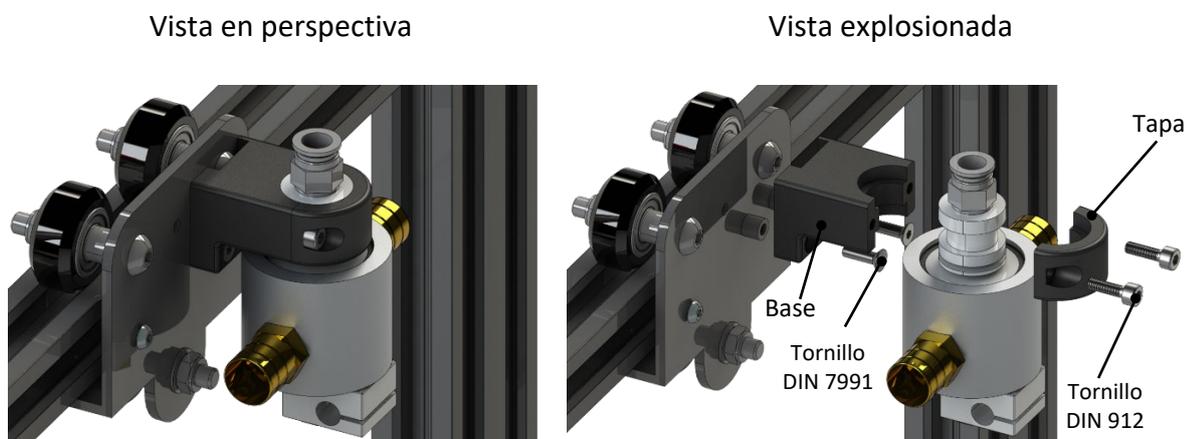


Figura 9.72: Montaje de Hotend V6-All Metal con camisa de refrigeración.

Fuente: Elaboración propia.

9.5.3 Equipos y accesorios utilizados para el sistema de refrigeración líquida

El líquido refrigerante que se utilizará en el sistema de refrigeración será agua destilada a la que hay que añadirle biocida, que es una sustancia química utilizada para eliminar microorganismos como hongos o bacterias que se puedan acumular en el líquido refrigerante, además de regular su PH. Por otro lado, también habrá que añadirle un inhibidor de corrosión, como por ejemplo el inhibidor del fabricante Mayhems (figura 9.73).



Figura 9.73: Inhibidor de corrosión. Fuente: Mayhems.

Con respecto a los accesorios y sistemas es muy importante elegir los materiales de estos para evitar corrosión galvánica, la cual, se puede producir si en el sistema de refrigeración se mezclan componentes hechos de aluminio con componentes de cobre o níquel, ya que el contacto de estos elementos causará deterioros en todos los componentes en contacto con el fluido refrigerante. El caso es que los accesorios de conexiones utilizados para la refrigeración que serán comentados a continuación están hechos de latón, el cual es una aleación de cobre y zinc mientras que los equipos de impulsión (bomba) y refrigeración (radiador) del fluido según los respectivos fabricantes tienen su propia protección para evitar la corrosión. En el apartado anterior se comentó que los bloques de refrigeración del motor tienen un baño de níquel electrolítico mientras que al hotend habría que hacérselo. En este caso se tendrían dos elementos principales, estos son el latón y el zinc (capa producida en el baño sobre el aluminio que hará de elemento protector) mientras que el electrolito sería el agua destilada de manera que este servirá de medio de transporte para que los iones del ánodo vayan hacia el cátodo, de manera que se produce la corrosión de ambos elementos, sin embargo el ánodo se corroerá rápidamente

mientras que la corrosión del cátodo se hará de forma tan lenta que llegará a detenerse. Según la serie galvánica en este caso el ánodo sería el zinc mientras que el cátodo sería el latón, además dado que la capa de zinc producida en el baño es muy pequeña, los efectos superficiales de corrosión a penas se notarían.

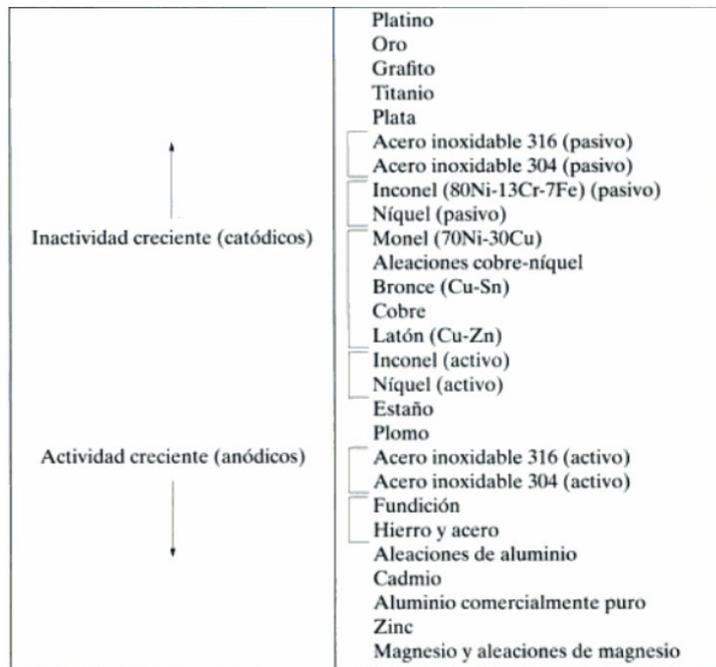


Figura 9.74: Serie galvánica.

Fuente: Bibliografía [3].

Con respecto a las necesidades de refrigeración, de acuerdo a los cálculos realizados para la refrigeración de los motores y del hotend (véase los correspondientes en el anexo de cálculos) es necesario un caudal de agua de 1,37 l/h para la refrigeración del hotend, mientras que para la refrigeración de los motores es necesario un caudal de 0,41 l/h por cada motor, de manera que el caudal de refrigeración teniendo en cuenta los cuatro motores y el hotend ha de ser de aproximadamente 3 l/h.

De acuerdo con estas necesidades, se han elegido los siguientes equipos y accesorios para completar el sistema de refrigeración líquida.

9.5.3.1 Bomba de impulsión

La bomba de impulsión escogida es el modelo EK-XRES 100 SPC-60 MX PWM del fabricante ekwb (figura 9.75). Esta bomba incluye su propio depósito de líquido refrigerante, puede elevar el fluido hasta una altura máxima de 2,2m y permite un caudal máximo de 250 L/h y por ello, teniendo en cuenta que la bomba se situara al mismo nivel que la base del recinto, que este último tiene una altura de 0,76m y el caudal requerido es de aproximadamente 3 l/h, se puede afirmar que esta bomba cumple con los requisitos.



Figura 9.75: Bomba de impulsión.

Fuente: ekwb.

9.5.3.2 Ventilador y radiador

Cuando el líquido refrigerante pasa por los bloques de refrigeración de los motores y, por el hotend, se calienta y, por este motivo, para que vuelva a refrigerar de nuevo a estos componentes se ha de enfriar previamente. Por ello se ha de utilizar un radiador por el que pasará el líquido refrigerante que será enfriado mediante convección forzada de aire por un ventilador. El radiador escogido es el modelo Black Ice Nemesis 120GTS del fabricante Hardware Labs (figura 9.76). Este radiador de dos pasos por la carcasa y cuatro pasos por el tubo tiene aletas de cobre para una mejor transferencia de calor y, además está preparado para que sobre él se monte un ventilador de 120mm de diámetro. El ventilador escogido para el radiador es el modelo ML120 PRO del fabricante Corsair (figura 9.77), este ventilador tiene un diámetro de 120mm y 25mm de espesor, permite velocidades entorno a las 400-2400 RPM y el rodamiento que hace que las aspas giren funciona mediante levitación magnética para atenuar el ruido, además de permitir un flujo de aire de 75CFM.



Figura 9.76: Radiador.

Fuente: Hardware Labs.



Figura 9.77: Ventilador para el radiador.

Fuente: Corsair.

9.5.3.3 Accesorios de conexión

El tubo transportador de fluido es el modelo EK ZMT del fabricante ekwb (figura 9.78), que tiene un diámetro interior de 3/8" (9,5mm) y un diámetro exterior de 5/8" (15,9mm) y está hecho de caucho EPDM (Etileno Propileno Dieno clase M), pudiendo aguantar temperaturas de hasta 110°C.



Figura 9.78: Tubo transportador de líquido refrigerante.

Fuente: ekwb.

Para el conexionado de tubos, tanto en la entrada como la salida del radiador y de la bomba, se utilizarán racores de compresión modelo EK-Torque STC-10/16 del fabricante ekwb (figura 9.79). los cuales utilizan rosca macho tipo G1/4" BSPP de 4,5mm de longitud.



Figura 9.79: Racor de compresión. Fuente: ekwb.

Por otro lado, para poder introducir la refrigeración líquida en el recinto, se han diseñado dos piezas que irán colocadas en los dos taladros de 24mm de diámetro (superior e inferior). Cada una de estas piezas irá unida mediante 4 tornillos Ø3x10 según la normativa DIN 7997 Z. Dentro de cada una de estas piezas habrá un extensor de 30mm de longitud de conexión Macho-Hembra y de roscas G1/4 (modelo EK-AF Extender 30mm M-F G1/4) del fabricante ekwb. Este extensor irá a presión en el interior de la pieza de manera que atravesará parte del aislamiento lateral izquierdo. Unido al extensor irá un adaptador Hembra-Hembra de 12mm (modelo EK-AF Extender 12mm F-F G1/4) y a este adaptador irá conectado otro extensor de 30mm (mismo) modelo que entrará completamente al interior del recinto. Al extensor de la parte superior (entrada del líquido refrigerante al recinto) irá unido un codo de 90° modelo EK-AF Angled 90° G1/4 del fabricante ekwb y al extremo libre de este codo irá conectado un multiplicador de conexiones 1 entrada–5 salidas modelo FBX5T-A01 del fabricante Barrowch, de manera que 4 de las salidas estén dedicadas a la refrigeración de los motores y la otra salida este dedicada a la refrigeración del hotend y para evitar estrangulaciones en el tubo a 2 de las salidas del multiplicador habrá que conectarle 2 codos de 90° (modelo mencionado anteriormente) y tanto a la salida de estos codos como a las salidas restantes del multiplicador de la parte superior del recinto irán conectados racores modelo EK-HFB Fitting 10mm del fabricante ekwb. Con respecto a la salida del fluido refrigerante del recinto solo se utilizará un codo en una de las entradas del multiplicador (en este caso es el mismo modelo, pero las salidas se convierten en entradas y viceversa). Para la entrada y salida del refrigerante al recinto se utilizarán los racores modelo EK-HFB mencionados anteriormente, los cuales irán roscados en los respectivos extensores. Como es lógico la conexión con los tubos se hará insertando estos en los racores tanto en los de los bloques de refrigeración de los motores, en la camisa de refrigeración del hotend como en las entradas y salidas recientemente comentadas. Cabe destacar que para evitar que se produzcan fugas de líquido refrigerante de los racores se recomienda poner abrazaderas en la zona donde van insertados los tubos a los racores (excepto en los racores de compresión, ya que no es necesario).

Racor normal



Codo de 90°



Adaptador Hembra-Hembra



Multiplicador de conexiones

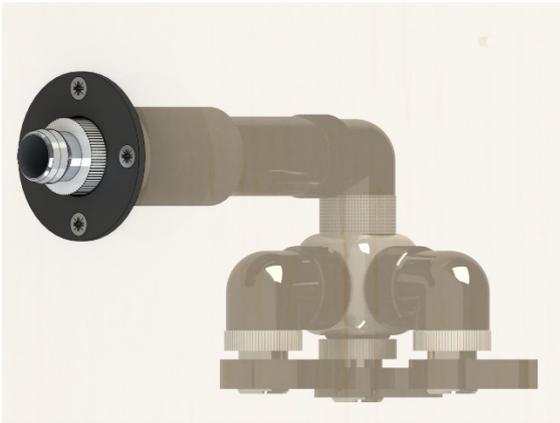


Extensor de 30mm

*Figura 9.80: Accesorios refrigeración líquida.**Fuente 1: ekwb Fuente 2: barrowint.*

En la figura 9.81 se puede observar las conexiones de los elementos recientemente nombrados para la parte superior del lateral izquierdo del recinto.

Vista desde el exterior



Vista desde el interior

*Figura 9.81: Conexiones refrigeración líquida parte superior.**Fuente: Elaboración propia.*

Hay que resaltar que, en la parte exterior, tanto para la entrada como para la parte superior como para la parte inferior (entrada y salida del refrigerante), las piezas a utilizar son las mismas, lo único que varía es la posición del multiplicador y el número y posición de los codos utilizados en este. Por ejemplo, para la parte superior habrá un codo roscado al extensor que da al interior del recinto para que el fluido circule mejor (ayuda de la gravedad). Para la parte baja la conexión del extensor con el multiplicador es directa (figura 9.82).

*Figura 9.82: Conexión interior refrigeración líquida parte inferior.**Fuente: Elaboración propia*

Por otro lado, el recorrido que debe hacer el fluido es el siguiente: primeramente, sale impulsado por la bomba hasta llegar a la parte superior del recinto donde entrará con un caudal Q . Cuando el fluido llegue al multiplicador, este caudal se dividirá en 5 partes, de manera que 4 caudales vayan destinados a la refrigeración de los motores y el último vaya destinado a la refrigeración del hotend. Tras la refrigeración de estos componentes el fluido ha adquirido una temperatura mayor y tras ello pasará por el desmultiplicador de la parte baja del recinto, donde las 5 partes se sumarán en 1. Tras la salida del recinto del líquido refrigerante este pasará por el radiador, en donde se enfriará mediante convección forzada de aire de un ventilador. El fluido refrigerado sale del radiador y entra en la bomba en donde parte de ese fluido se almacenará y otra parte será impulsado continuando el ciclo de refrigeración.

9.6 Ventilación

La impresión mediante tecnología FDM hace que algunos materiales desprendan en mayor o menor medida partículas ultrafinas (UFP) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Estas sustancias son dañinas tanto para el ser humano como para la naturaleza. Por este motivo, se ha de implementar en el recinto un sistema de ventilación por lo que se habrá que colocar dos ventiladores, uno ubicado en el tablero lateral izquierdo y otro en el tablero trasero del recinto. Los ventiladores entrarían en funcionamiento una vez la impresión haya terminado para eliminar los gases producidos por el material de la pieza impresa durante su impresión. Los ventiladores escogidos para la ventilación han sido los correspondientes al modelo 412 FH-132 del fabricante ebmpapst (figura 9.83), y según el fabricante está hecho con plástico reforzado con fibra de vidrio adecuado para ambientes sometidos a altas temperaturas, además, este ventilador de flujo axial de 40mm de diámetro permite mover un flujo volumétrico máximo de $9 \text{ m}^3/\text{h}$. Por otro lado, se ha decidido incluir junto a los ventiladores un filtro de poliuretano modelo RND 460-00047 del fabricante RND Componentes que, aunque no es suficiente para evitar la salida al ambiente exterior de partículas ultrafinas, por lo menos evita la entrada al recinto de polvo. Cabe destacar que, aunque se pensó en incluir filtros HEPA, los cuales son filtros compuestos de fibra de vidrio que permiten un filtrado de partículas de muy pequeño tamaño (hasta de $0,1 \mu\text{m}$ de diámetro), pero un buen filtro HEPA ocupa mucho espacio y no es capaz de atrapar el 100% de las partículas, por lo que es necesario un sistema de filtrado a parte como los que proporciona la empresa BOFA, los cuales tienen un sistema de filtrado de varios niveles con filtros químicos y filtros HEPA. En este proyecto se contempla la opción de evacuar al aire interior del recinto hacia el exterior y, en consecuencia, se deberá colocar el recinto y la

impresora, en un entorno con acceso a ambiente exterior, aunque es mucho más recomendable incluir el sistema de filtrado de BOFA.

Ventilador



Filtro



Figura 9.83: Modelo de ventilador y filtro utilizados.

Fuente: Distrelec.



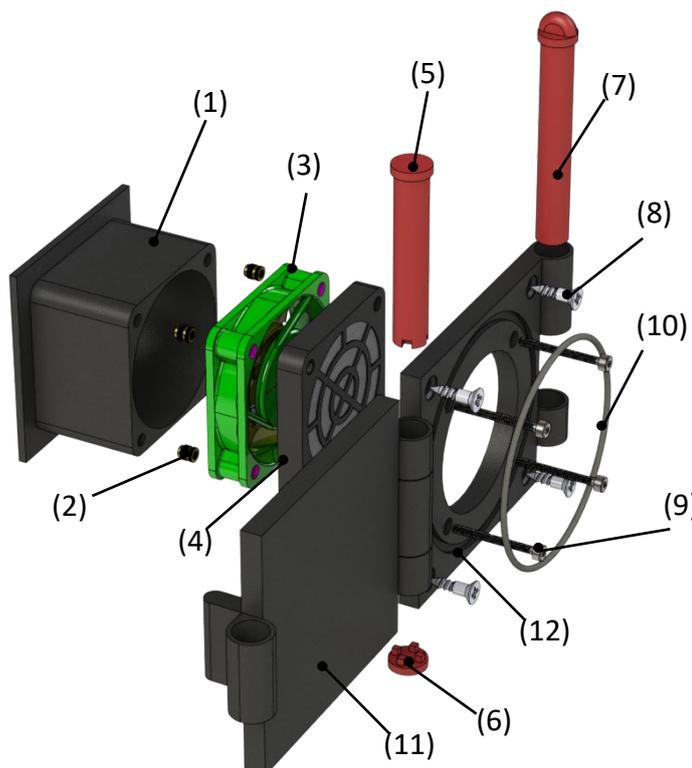
Figura 9.84: Sistema de extracción de gases 3D PrintPRO 2

Fuente: BOFA.

A continuación, se procederá a explicar la implantación de los ventiladores a utilizar en el recinto.

9.6.1 Ventilador ubicado en tablero lateral izquierdo

El ventilador irá ubicado en el corte cuadrado de 40mm de lado del tablero izquierdo, además, se ha diseñado una pieza que se encargará de sujetar el ventilador y el filtro de manera que atraviese parte del aislamiento y la chapa de aluminio. Para poder unir esta pieza al ventilador, se diseñó otra pieza (tapa) que irá atornillada al tablero lateral izquierdo mediante 4 tornillos $\text{Ø}3 \times 12$ según la normativa DIN 7997 Z. A la pieza de sujeción hay que ponerle 4 insertos como el mencionado anteriormente (para tornillos de métrica 2), de manera que todos los componentes nombrados se unan a la tapa utilizando 4 tornillos tipo allen cilíndrico M2x20 según la normativa DIN 912. A la pieza que queda por el lado exterior del tablero se le ha diseñado una compuerta con dos ejes, uno fijo y otro extraíble, de manera que cuando se esté utilizando la impresora la compuerta esté cerrada, y cuando se quieran expulsar los gases, se abra. Por otro lado, para conseguir estanqueidad a la pieza exterior hay que añadirle una junta OR 52x1,5 (junta tórica de 52mm de diámetro interior y 1,5mm de espesor, se han escogido las del mismo fabricante que las de la camisa de refrigeración del hotend), de manera que, al cerrar la compuerta, se presione la junta y por tanto se consiga estanqueidad.



LISTADO

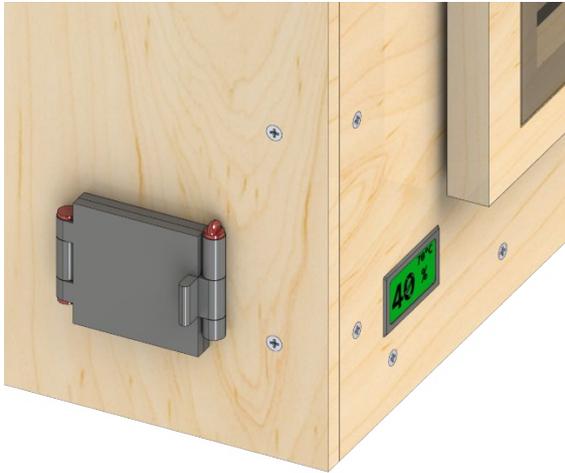
- (1) Pieza de Sujeción.
- (2) Inserto.
- (3) Ventilador.
- (4) Filtro.
- (5) Eje fijo.
- (6) Tapa de eje fijo.
- (7) Eje extraíble.
- (8) Tornillo DIN 7997 Z.
- (9) Tornillo DIN 912.
- (10) Junta tórica.
- (11) Compuerta.
- (12) Tapa de sujeción.

Figura 9.85: Ensamble de ventilador del lateral izquierdo.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9.86 se podrá visualizar la colocación de este sistema de ventilación en el recinto.

Vista desde el exterior



Vista desde el interior

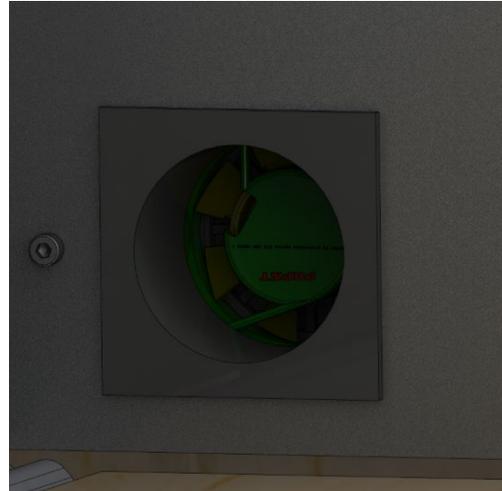


Figura 9.86: Colocación de ventilador en tablero lateral izquierdo.

Fuente: Elaboración propia.

9.6.2 Ventilador ubicado en tablero trasero

La única diferencia del sistema de ventilación ubicado en el tablero trasero con respecto al del tablero lateral izquierdo es que en esta ocasión a la tapa de sujeción tendrán que ir dos ejes fijos y otros dos extraíbles y, por tanto, dos compuertas. Una de las compuertas será idéntica a la anterior. La otra está modificada de tal manera que quepa un tubo de 2,5" (63,5mm) de diámetro interior. El tubo escogido ha sido el modelo Master-Clip NEOPRENE H del fabricante Masterduct (figura 9.87), el cual está hecho de un tejido de poliéster de neopreno capaz de aguantar una temperatura de forma continuada de hasta 150°C. El tubo deberá ir sujeto a la compuerta modificada mediante una abrazadera (figura 9.88).



Figura 9.87: Tubo de extracción de gases.

Fuente: Masterduct



Figura 9.88: Compuerta acople de tubo.

Fuente: Elaboración propia.

9.7 Alimentación de filamento

Para que la impresora pueda recibir el filamento, se ha diseñado un recinto que estaría ubicado en el tablero lateral izquierdo. Esta caja protectora, la cual, se ha denominado “DryBox”, permite almacenar las bobinas de filamento, además de permitir la alimentación del filamento a la impresora. Una de las ventajas de este DryBox es que protege al filamento de la humedad, lo cual es un factor importante en el diseño final de las piezas ya que un filamento húmedo hará que las piezas no queden bien pues a medida que se van depositando las capas de filamento el agua contenida en el filamento tras la salida del nozzle, empezará a evaporar, formándose pequeñas burbujas que empeoran el acabado estético de la pieza.

Pieza hecha con filamento seco



Pieza hecha con filamento humedecido



Figura 9.89: Efectos de la humedad sobre el filamento.

Fuente: MatterHackers.

Este recinto está pensado para almacenar bobinas de 1kg o menos, ya que son las que más se suelen utilizar. El recinto en cuestión cuenta con dos partes que se unen entre sí gracias a un eje. Además, para que el interior sea lo más estanco posible, en la unión se le ha hecho un rebaje a la parte inferior del recinto para que pueda ser colocado un segmento de hilo tórico de 4mm de diámetro. En adición, la parte inferior cuenta con dos agujeros que serán utilizados para introducir un soporte de unión al tablero izquierdo, además también cuenta con un sistema de gancho para garantizar un buen cierre y de un eje sobre el que reposará la bobina permitiendo que gire sin problemas. El eje que permite la apertura del DryBox tiene dos soportes y cada uno de ellos irá a la parte superior o inferior del DryBox, según corresponda y con respecto al propio eje, se ha utilizado el mismo modelo (pero diferentes dimensiones) que el utilizado como eje fijo en las compuertas para la ventilación del recinto. Hay que destacar que el cierre está compuesto por tres partes, un soporte que va situado en la parte inferior del DryBox y cuya función es hacer contacto con el gancho; el propio gancho va unido mediante ejes a un soporte móvil que irá ubicado en la parte superior del DryBox. Para la unión de todos los soportes a las dos partes del DryBox se han de utilizar un total de 10 tornillos tipo allen cilíndrico de M3x10 de longitud de vástago según la normativa DIN 912 y 10 tuercas hexagonales para tornillos M3 según la normativa DIN 934. Por último, en la parte inferior del DryBox habrá que insertarle un acoplador neumático PC4-M6 para filamento de 1,75mm de diámetro (utiliza rosca macho M6) por donde tendrá que pasar el filamento y para que este acoplador quede bien sujeto deberá ser roscado a una tuerca hexagonal de forma baja para tornillos M6 según la normativa DIN 439 B.



Figura 9.90: Acoplador neumático PC4-M6. Fuente: HTA3D.

Cabe destacar que también es recomendable introducir bolsas de gel de sílice para absorber la humedad del interior del DryBox (si hubiera).

En la figura 9.91 se podrá observar el DryBox con la carcasa cerrada y con la carcasa abierta.

Parte frontal



Parte trasera



DryBox abierto

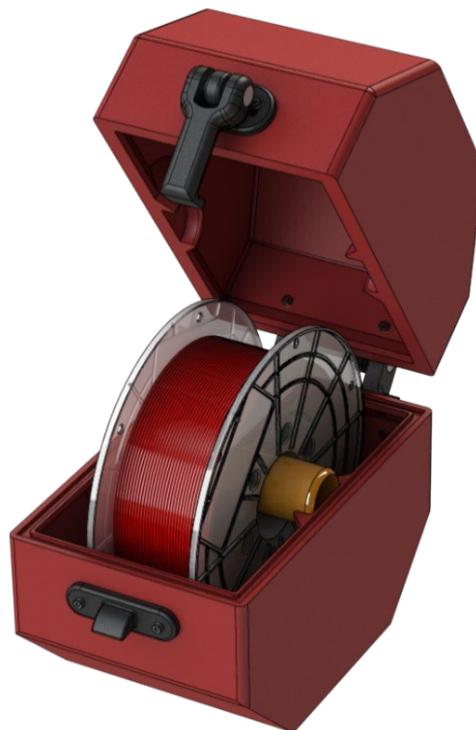


Figura 9.91: DryBox para almacenar filamento.

Fuente: Elaboración propia.

Como se comentó recientemente, para sujetar el DryBox al tablero lateral izquierdo se ha diseñado un soporte con dos barras cilíndricas que serán introducidas en los dos agujeros de la parte inferior del DryBox. Este soporte irá unido al tablero mediante 4 tornillos $\text{Ø}3 \times 16$ según la normativa DIN 7996 Z, además puesto que las barras entraran al DryBox formando un ángulo de 5° , se ha diseñado una base para este soporte que contrarreste esos 5° de inclinación para poder atornillar el soporte correctamente al tablero. Para que el filamento pueda entrar al recinto se ha diseñado una pieza que irá sujeta al tablero mediante 4 tornillos $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7997 Z. Este elemento (figura 9.92), cuenta con un cilindro hueco circular que atraviesa totalmente el tablero, aislamiento y la chapa de aluminio del lateral izquierdo, además, a esta pieza habrá que colocarle en sus dos extremos dos insertos como el mencionado anteriormente (mismo modelo, pero en esta ocasión con rosca interna para tornillos de métrica 6) y en estos insertos irán roscados 2 acopladores neumáticos PC4-M6 para filamento de 1,75mm de diámetro como el utilizado en el DryBox. Estos acopladores neumáticos vienen preparados para que en su interior se les sea introducido un tubo bowden, el cual es un tubo de PTFE con una lubricación especial por el que pasa el filamento y en este caso se han de colocar dos tubos, uno que haga conexión entre el DryBox y el acoplador neumático de la pieza, y otro que saldrá ligeramente del acoplador neumático del otro extremo de la pieza.

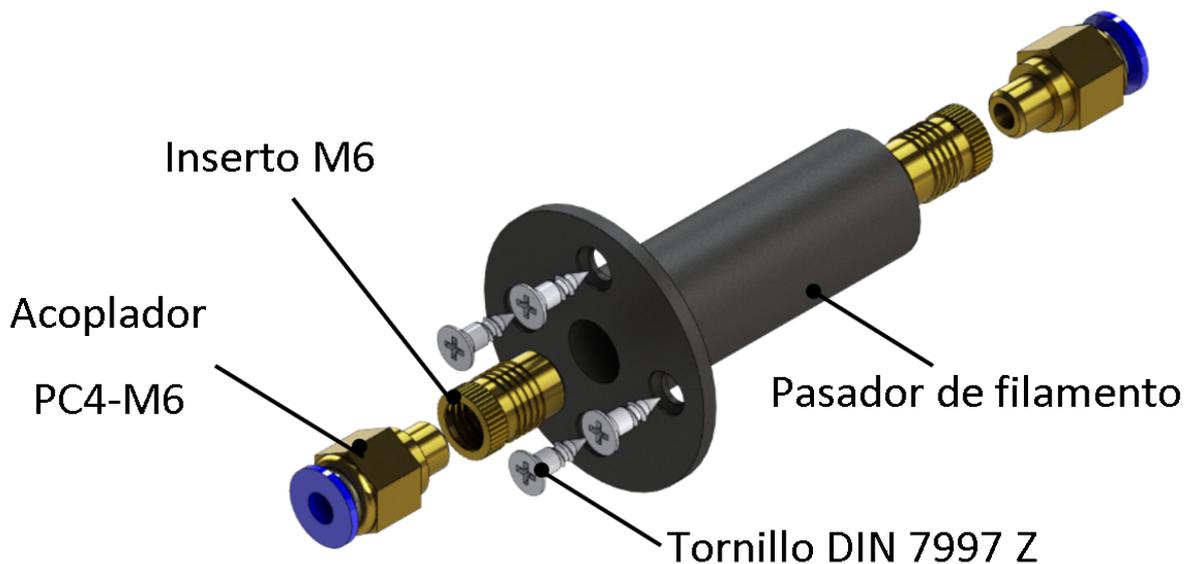


Figura 9.92: Pasador de filamento.

Fuente: Elaboración propia.

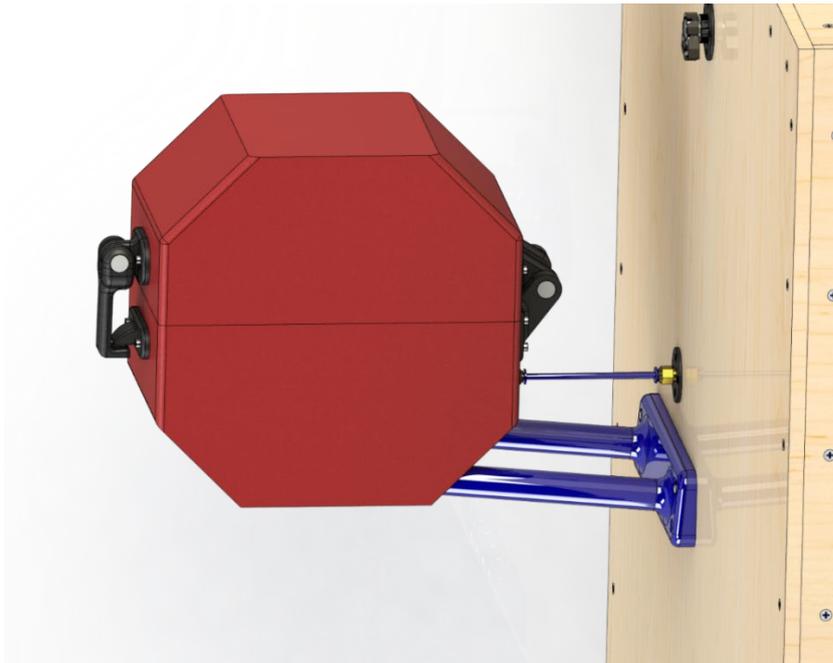


Figura 9.93: Colocación del DryBox en tablero izquierdo

Fuente: Elaboración propia.

9.8 Conexiones eléctricas e iluminación

Teniendo en cuenta que la impresora tiene diferentes cables para poder funcionar, se ha implementado un sistema de acuerdo con las indicaciones del usuario *Ortovox* en el portal web Thingiverse. Para realizar las conexiones se han de utilizar conectores de pines tipo GX (figura 9.94). Una de las piezas diseñadas contemplará las conexiones con los motores X, Y, Z y Extrusor mediante conexiones con conectores GX-12 macho de 6 pines. Además, tendrá las conexiones referentes al Hotend y a la cama caliente (hot bed) mediante conectores GX-12 hembra de 4 pines para la cama caliente y de 8 pines para el Hotend. Hay que resaltar que, debido a la limitación de la longitud de cables de la propia impresora, se ha de adquirir un kit extensor de cables (figura 9.95), ya que en el caso de que se quiera sacar la impresora por el lateral derecho del recinto los cables originales se quedarían cortos. Por otro lado, para realizar las conexiones referentes a los ventiladores y a la iluminación se ha diseñado otra pieza de manera que esta pieza tendrá un conector macho GX-12 de 6 pines para la conexión de los ventiladores y otro conector macho GX-12 de 4 pines para la iluminación. Las conexiones de salida referentes a la impresora deberán ir conectadas al controlador de esta, de manera que se tendrán que utilizar más conectores GX-12 cambiando las conexiones de salida del control box por conectores GX-12 o utilizar un segundo extensor dedicado para esto. Las conexiones referentes a la cama caliente y al hotend tienen en el controlador de la impresora conectores GX-16 macho de 4 pines para la cama caliente y de 8 pines para las conexiones del hotend, de manera que se tendrán que realizar las conexiones correspondientes a estos con conectores GX-16 hembra de 4 y 8 pines.

Conector hembra

*Figura 9.94: Conectores tipo GX.*

Conector macho

*Fuente: DHgate.*

Extensor de cables

*Figura 9.95: Extensor de cables y conexiones de impresora.*

Conexiones de impresora

*Fuente: Creality3D.*

Las piezas donde irán ubicados estos conectores tendrán que estar unidas al tablero lateral izquierdo mediante tornillos $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7997 Z, de manera que la pieza destinada a los conectores de la impresora contenga 6 tornillos y la pieza destinada a los conectores de iluminación y ventilación contenga 4 tornillos.



Figura 9.96: Conexiones eléctricas del recinto.

Fuente: Elaboración propia.

Puesto que en el recinto solo entra luz por el lado del policarbonato de la puerta, se ha decidido implementar una tira de luz LED en el interior del cerramiento. Se han escogido tiras LED de 30 y 50cm del fabricante Huntas (figura 9.97). Estas tiras LED estarán colocadas en la parte interior del tablero frontal de manera que las de 50cm de longitud vayan colocadas verticalmente y las de 30cm horizontalmente. La temperatura de color escogida para estas lámparas es de 5000-5500K (luz blanca). Es necesario para su instalación empalmar cables para aumentar su longitud, ya que los cables que vienen por defecto son bastante cortos y además, para la unión de cada tira LED al tablero se tendrán que utilizar dos tornillos $\text{Ø}3 \times 10$ según la normativa DIN 7996 Z, los cuales irán insertados en los respectivos agujeros preparados para alojar tornillos de la base de la tira led, de manera que se tendrán que utilizar un total de 8 tornillos de este tipo para realizar las uniones de las 4 tiras LED.

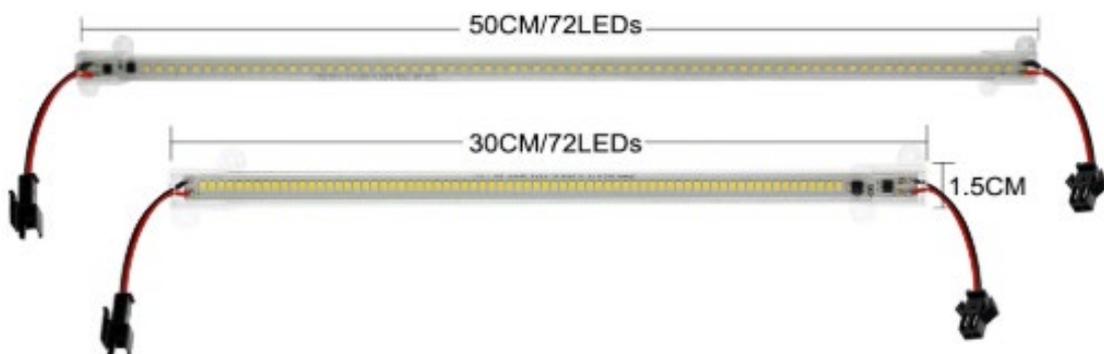


Figura 9.97: Tiras LED para iluminación interior del recinto.

Fuente: Aliexpress.

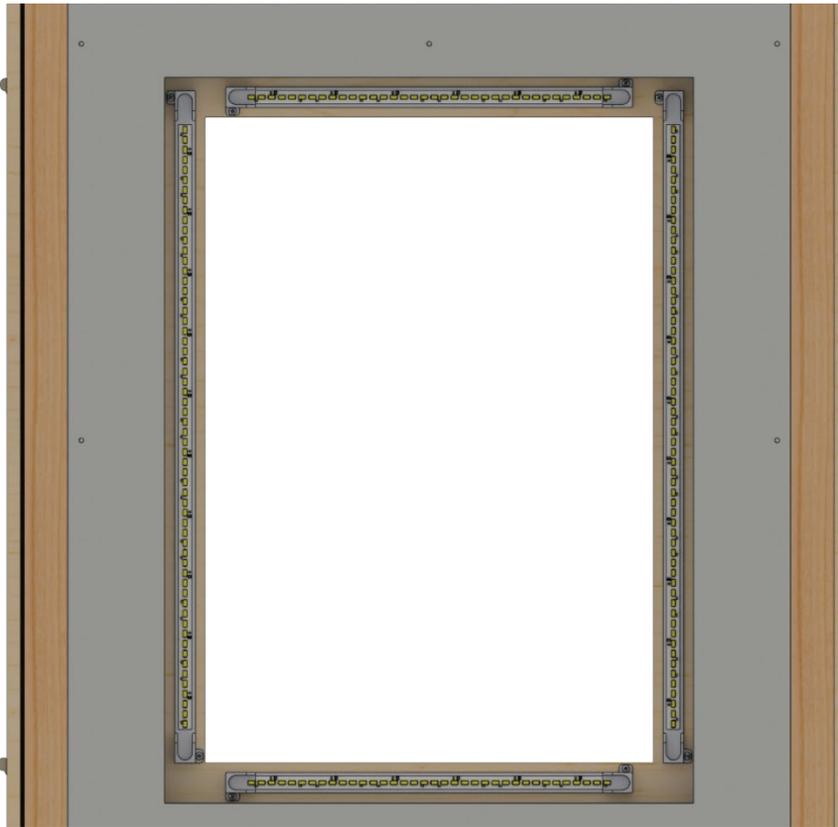


Figura 9.98: Colocación de tiras LED en tablero frontal.

Fuente: Elaboración propia.

10. Conclusiones/Conclusions

En el apartado 5 de este documento se pudieron visualizar diferentes tipos de recintos para impresora 3D, siendo una de las soluciones más completas el modelo 870 del fabricante 3D PRINT CLEAN, aunque también es la solución más cara (2700€). En este caso se ha conseguido realizar un recinto que comparte muchas prestaciones con el modelo 870, como, por ejemplo, la capacidad de calentamiento interior, facilidad de acceso a la impresora, reducción de ruido, entre otros. De acuerdo con el presupuesto obtenido (excluyendo algunos gastos que no se contemplan pero que encarecen el presupuesto final; (véase apartado de presupuesto para más información) se estima que el proyecto se puede desarrollar por un costo estimado de 1.521,36€, más de 1000€ menos que el modelo 870, lo que hace que el recinto hecho en este proyecto sea una solución más atractiva en el aspecto económico. A esto último hay que añadirle que el modelo 870 es solo compatible con un número limitado de impresoras 3D abiertas puesto que están ya preparadas para aguantar altas temperaturas (Lulzbot Taz 6, Fusion F306 y BCN3D Sigma), siendo la más económica de las 3, la Lulzbot Taz 6, con un volumen de impresión de 280mm x 250mm x 250mm y un costo aproximado de 2700€, mientras que la Creality CR-10, que es la impresora que se utiliza en este proyecto, ofrece un volumen de impresión mayor (300mm x 300mm x 400mm) y es mucho más económica (entorno a los 400€).

In section 5 of this document there were different types of 3D printer, being one of the most complex solutions the model 870 from the manufacturer 3D PRINT CLEAN, though the most expensive solution was also the most expensive (2700€). In this case have been done one enclosure which share many performances with the model 870, like the capability of inside warming, easy access to the printer, drawdown of noise, among others. According to the obtained budget (see budget section for more information) it is estimated that the project can be developed with an estimated cost of 1521,36€, more than 1000€ less than the model 870, that makes the enclosure made in this project more attractive in the economy aspect. Also, the model 870 feats only with a limited number of open 3D printers because of they are already to support high temperatures (Lulzbot Taz 6, Fusion F306 y BCN3D Sigma), being the cheapest one the Lulzbot Taz 6, with a printing volume of 280mm x 250mm x 250mm and an estimated cost of 2700€, while the Creality CR-10, which is the 3D printer used in this project, has a bigger printing volume (300mm x 300mm x 400mm) and is cheaper (around 400€).

Índice de figuras

Figura 4.1: Patente de Charles W. Hull sobre máquina de estereolitografía.....	5
Figura 4.2: Pedal de freno impreso en 3D.	6
Figura 4.3: Prótesis de mano impresa en 3D	6
Figura 4.4: Motor de reacción de Rolls Royce impreso en 3D.....	7
Figura 4.5: Funcionamiento de estereolitografía.	7
Figura 4.6: Uso de estereolitografía en el campo de la odontología.....	8
Figura 4.7: Fabricación mediante SLS.....	8
Figura 4.8: Proceso de formación de piezas 3D mediante inyección de material.....	9
Figura 4.9: Ejemplo de para aplicaciones médicas mediante inyección de material..	9
Figura 4.10 Proceso de formación de piezas 3D mediante FDM	11
Figura 4.11: Ejemplo de pieza hecha mediante FDM.....	11
Figura 4.12: Bloques de LEGO fabricados con ABS.	12
Figura 4.13: Zapato hecho con filamento flexible.	13
Figura 4.14: Barco Benchy impreso en PLA de varios colores.	13
Figura 4.15: Uso combinado de HIPS y ABS para la creación de una pieza.....	14
Figura 4.16: Pieza impresa con PETG.....	15
Figura 4.17: Ejemplo de utilización de nylon en FDM para fabricación de engranajes..	15
Figura 4.18: Uso de ASA para piezas que se estarán a la intemperie.....	16
Figura 4.19: Uso de policarbonato para la fabricación de un elevador manual.	17
Figura 4.20: Fabricación de una botella utilizando polipropileno.	17
Figura 4.21: Ejemplo de disolución de soportes de PVA en agua caliente.....	18
Figura 4.22: Pieza fabricada de nylon y fibra de carbono.....	19
Figura 4.23: Piezas fabricadas con polvos de madera (izquierda) y metálicos (derecha).....	19
Figura 4.24: Efecto del Warping en impresión FDM.	22
Figura 4.25: Efecto del Cracking en impresión FDM.....	22
Figura 4.26: Aparición de Warping y Cracking debido a corrientes de aire.....	22
Figura 4.27: Productos adheretes.....	23
Figura 4.28: Estructuras tipo balsa y tipo borde.	23
Figura 4.29: Porcentajes de relleno de piezas impresas mediante FDM.	24
Figura 4.30: Ejemplo de impresora 3D abierta (izquierda) y cerrada (derecha).....	25
Figura 4.31 Impresora 3D con calentamiento interno.....	26
Figura 4.32: Volumen de impresión de la impresora Creality CR-10..	27
Figura 4.33: Impresoras 3D similares a la Creality CR-10.....	27
Figura 4.34: COVs emitidos por diferentes materiales de impresión FDM	28
Figura 4.35: Concentración de UFP.	29
Figura 5.1: Recinto de acrílico.....	30
Figura 5.2: Recinto de box3d con sistema de ventilación con filtros.	31
Figura 5.3: Recinto modelo 870 de 3D PRINT CLEAN.	31
Figura 9.1: Dimensiones de la Creality CR-10.....	40

Figura 9.2: Dimensiones de los listones de madera.....	41
Figura 9.3: Tubillón de ø6mm x 30mm.....	41
Figura 9.4: Tornillo tirafondo según DIN 7997 Z.	42
Figura 9.5: Taladros para tubillones de listones de 533mm.	42
Figura 9.6: Taladros para tubillones de listones de 692mm.	43
Figura 9.7: Taladros para tubillones de listones de 826 mm.	43
Figura 9.8: Unión de listones mediante tubillones.	44
Figura 9.9: Unión de listones de 533 y 826mm.....	45
Figura 9.10: Unión de listones de 692 y 826mm.....	45
Figura 9.11: Unión de listones de 533,692 y 826mm.....	46
Figura 9.12: Estructura del recinto.	46
Figura 9.13: Dimensiones de tablero contrachapado.....	47
Figura 9.14: Tope simple macho de caucho.	49
Figura 9.15: Inserto para madera.	49
Figura 9.16: Unión de base y listones.....	50
Figura 9.17: Tope de caucho en listón.....	50
Figura 9.18: Tablero superior y unión con listones.	51
Figura 9.19: Tablero trasero y unión con listones.	52
Figura 9.20: Tablero frontal y unión con listones.....	53
Figura 9.21: Puerta con planchas de policarbonato.	54
Figura 9.22: Adhesivo para policarbonato. Fuente: itwconsumer.	55
Figura 9.23: Bisagra Small FinAlu.....	56
Figura 9.24: Colocación de una de las bisagras en puerta de policarbonato.	56
Figura 9.25: Burlete de caucho marca Axton.	57
Figura 9.26: Sistema de cierre a presión.....	57
Figura 9.27: Insertos para plástico.....	58
Figura 9.28: Tornillo allen cilíndrico DIN 912.	58
Figura 9.29: Soporte y tope para cierre a presión.	59
Figura 9.30: Funcionamiento de cierre a presión.	59
Figura 9.31: Tablero lateral izquierdo y unión con listones	60
Figura 9.32: Asa EBP-B de Elesa.....	61
Figura 9.33: Tornillo avellanado allen según DIN 7991	62
Figura 9.34: Colocación del asa en el tablero.....	62
Figura 9.35: Colocación de bisagras en tableros.	63
Figura 9.36: Pestillo de gancho.	63
Figura 9.37: Tope de gancho.	64
Figura 9.38: Tope de gancho.	64
Figura 9.39: Guía telescópica modelo 2731CL de Accuride.....	65
Figura 9.40: Partes de guía telescópica.....	66
Figura 9.41: Tornillo tirafondo según DIN 7996 Z.	66

Figura 9.42: Colocación de rail externo en listón de 533mm.	67
Figura 9.43: Colocación de rail interior en listón de 533mm.	67
Figura 9.44: Conjunto de guías telescópicas montadas.	67
Figura 9.45: Funcionamiento del sistema de extracción.	68
Figura 9.46: Localización del centro de masas del recinto.	69
Figura 9.47: Obtención de chapas de aluminio.	71
Figura 9.48: Taco de fijación.	72
Figura 9.49: Sacabocados de 10mm de diámetro.	73
Figura 9.50: Aislamiento y aluminio de tablero trasero.	73
Figura 9.51: Colocación de aislamiento y aluminio traseros.	74
Figura 9.52 Unión tablero-aislamiento-aluminio.	74
Figura 9.53: Aislamiento y aluminio de tablero frontal.	75
Figura 9.54: Colocación de aislamiento y aluminio frontales.	76
Figura 9.55: Aislamiento y aluminio de tablero lateral izquierdo.	77
Figura 9.56: Colocación de aislamiento y aluminio del lateral izquierdo.	77
Figura 9.57: Aislamiento y aluminio de tablero lateral derecho.	78
Figura 9.58: Colocación de aislamiento y aluminio del lateral derecho.	79
Figura 9.59: Aislamiento y aluminio de tablero superior (techo).	80
Figura 9.60: Calentador de silicona + Controlador.	81
Figura 9.61: Colocación de aislamiento, calentador y aluminio en tablero superior.	81
Figura 9.62: Adaptador de enchufe tipo A a tipo C.	82
Figura 9.63: Colocación del controlador de temperatura keenovo.	82
Figura 9.64: Termómetro del recinto.	83
Figura 9.65: Colocación del termómetro en el recinto.	84
Figura 9.66: Motores Nema 17 de impresora Creality CR-10.	86
Figura 9.67: Bloque de refrigeración motores.	86
Figura 9.68: Colocación de bloques de refrigeración.	87
Figura 9.69: Hotend original y ventilador de capa de la Creality CR-10.	88
Figura 9.70: Hotend original V6-All Metal.	89
Figura 9.71: Hotend V6-All Metal con camisa de refrigeración.	90
Figura 9.72: Montaje de Hotend V6-All Metal con camisa de refrigeración.	90
Figura 9.73: Inhibidor de corrosión. Fuente: Mayhems.	91
Figura 9.74: Serie galvánica.	92
Figura 9.75: Bomba de impulsión.	93
Figura 9.76: Radiador.	94
Figura 9.77: Ventilador para el radiador.	94
Figura 9.78: Tubo transportador de líquido refrigerante.	95
Figura 9.79: Racor de compresión.	95
Figura 9.80: Accesorios refrigeración líquida.	97
Figura 9.81: Conexiones refrigeración líquida parte superior.	98

Figura 9.82: Conexión interior refrigeración líquida parte inferior.....	98
Figura 9.83: Modelo de ventilador y filtro utilizados.....	100
Figura 9.84: Sistema de extracción de gases 3D PrintPRO 2.....	100
Figura 9.85: Ensamble de ventilador del lateral izquierdo.....	101
Figura 9.86: Colocación de ventilador en tablero lateral izquierdo.....	102
Figura 9.87: Tubo de extracción de gases.....	102
Figura 9.88: Compuerta acople de tubo.....	103
Figura 9.89: Efectos de la humedad sobre el filamento.....	103
Figura 9.90: Acoplador neumático PC4-M6.....	104
Figura 9.91: DryBox para almacenar filamento.....	105
Figura 9.92: Pasador de filamento.....	106
Figura 9.93: Colocación del DryBox en tablero izquierdo.....	107
Figura 9.94: Conectores tipo GX.....	108
Figura 9.95: Extensor de cables y conexiones de impresora.....	108
Figura 9.96: Conexiones eléctricas del recinto.....	109
Figura 9.97: Tiras LED para iluminación interior del recinto.....	109
Figura 9.98: Colocación de tiras LED en tablero frontal.....	110



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN RECINTO PARA IMPRESORA 3D
CON CONTROL DE ATMÓSFERA

ANEXOS

ALUMNO: JOEL HERNÁNDEZ MEDEROS

TUTORES: FERNANDO RIVERA LÓPEZ Y JOSÉ ANTONIO VÁLIDO GARCÍA

ANEXO I. CÁLCULOS

Para calcular las necesidades de calentamiento interior del recinto, las necesidades de refrigeración de los motores y del hotend de la impresora 3D se han utilizado las expresiones que se mostrarán a continuación, las cuales han sido obtenidas de la bibliografía.

Energía calorífica [J]	$E = m \cdot c_p \cdot \Delta T = \rho \cdot V \cdot c_p \cdot \Delta T$	(Ecuación I.1)
------------------------	--	----------------

Volúmen [m ³]	$V = a \cdot b \cdot e$	(Ecuación I.2)
---------------------------	-------------------------	----------------

Potencia calorífica [W]	$Q = \frac{E}{t}$	(Ecuación I.3)
-------------------------	-------------------	----------------

Ley de enfriamiento de Newton [W]	$Q_{conv.} = h \cdot A_s \cdot \Delta T$	(Ecuación I.4)
-----------------------------------	--	----------------

Ley de Fourier [W]	$Q_{cond.} = \frac{\lambda \cdot A_s}{e} \cdot \Delta T$	(Ecuación I.5)
--------------------	--	----------------

Potencia calorífica [W]	$Q = \frac{\Delta T}{R} = q \cdot A_s$	(Ecuación I.6)
-------------------------	--	----------------

Resistencias térmicas en serie $\left[\frac{K}{W}\right]$	$R = R_{conv.} + R_{cond.}$	(Ecuación I.7)
---	-----------------------------	----------------

Resistencia térmica por convección $\left[\frac{K}{W}\right]$	$R_{conv} = \frac{1}{h \cdot A_s}$	(Ecuación I.8)
---	------------------------------------	----------------

Resistencia térmica por conducción $\left[\frac{K}{W}\right]$	$R_{cond.} = \frac{e}{\lambda \cdot A_s}$	(Ecuación I.9)
---	---	----------------

Resistencia térmica por
conducción en un
cilindro $\left[\frac{K}{W}\right]$

$$R_{cond.cil.} = \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot L_{cil.}} \quad (\text{Ecuación I.10})$$

Área superficial de
transferencia de calor
[m²]

$$A_s = a \cdot b \quad (\text{Ecuación I.11})$$

Temperatura de
película [K]

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (\text{Ecuación I.12})$$

Coefficiente de
expansión volumétrica
[K⁻¹]

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (\text{Ecuación I.13})$$

Número de Rayleigh en
función de la longitud
[adim.]

$$Ra_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot L^3}{\nu \cdot \alpha} \quad (\text{Ecuación I.14})$$

Longitud característica
de placa horizontal [m]

$$L_c = \frac{A_s}{P} \quad (\text{Ecuación I.15})$$

Número de Nusselt para
placas verticales
[adim.]

$$Nu_L = 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}}; Ra_L \leq 10^9 \quad (\text{Ecuación I.16})$$

Número de Nusselt para
placas horizontales con
superficie superior
caliente [adim.]

$$Nu_L = 0,54 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}; 10^4 \leq Ra_L \leq 10^7 \quad (\text{Ecuación I.17})$$

Número de Nusselt para
placas horizontales con
superficie inferior
caliente [adim.]

$$Nu_L = 0,27 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}; 10^5 \leq Ra_L \leq 10^{10} \quad (\text{Ecuación I.18})$$

Coefficiente de
convección $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$h = \frac{Nu_L \cdot k}{L} \quad (\text{Ecuación I.19})$$

Caudal volumétrico $\left[\frac{L}{s} \right]$

$$\dot{v} = \dot{m} \cdot v \quad (\text{Ecuación I.20})$$

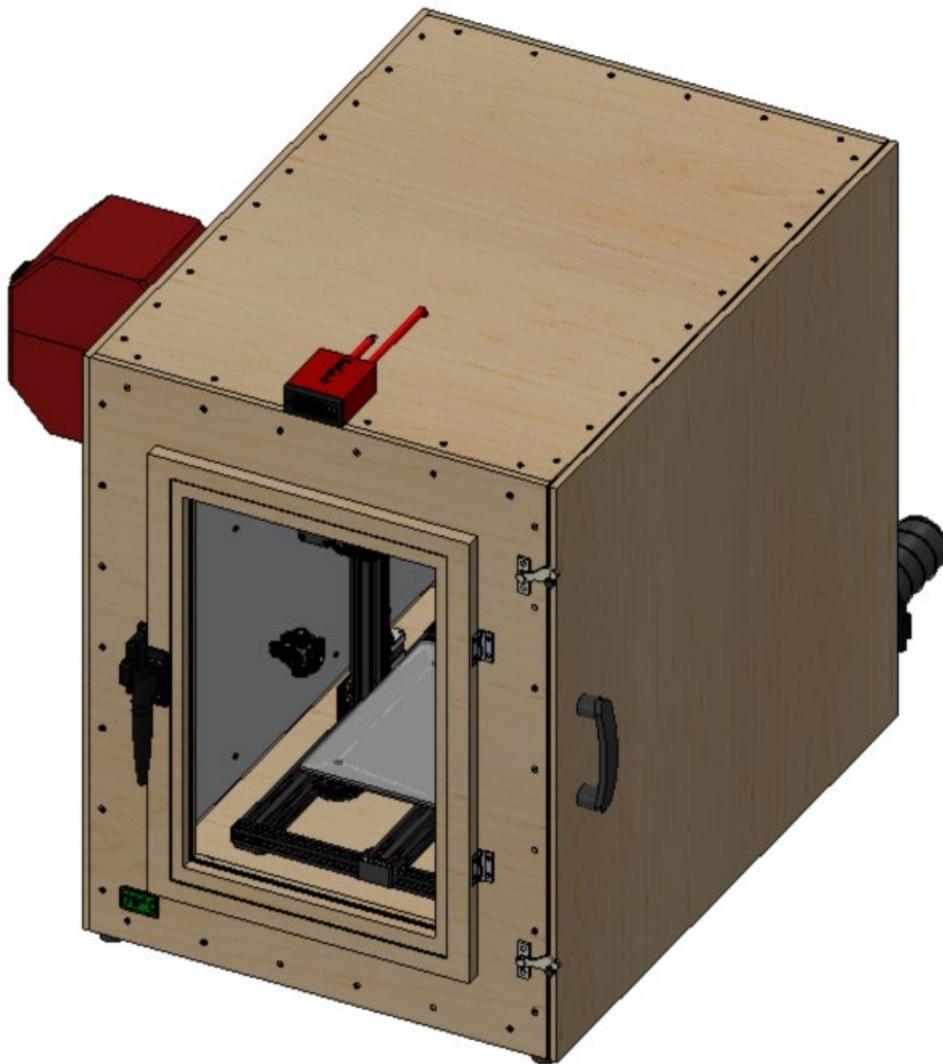
A continuación, se procederá con la definición de las variables no explicadas.

- m: Masa [kg]
- c_p : Calor específico [J/(g·K)]
- ΔT : Diferencia de temperatura [K]
- q: Potencia calorífica por unidad de superficie [W/m²]
- ρ : Densidad [kg/m³]
- a y b: Longitudes de dimensión [m]
- e: Espesor [m]
- t: Tiempo [s]
- λ : Conductividad térmica del material [W/(m·K)]

- D_2 y D_1 : Diámetros del exterior y del interior (respectivamente) del cilindro [m]
- $L_{cil.}$: Longitud del cilindro [m]
- T_s : Temperatura superficial [K]
- T_∞ : Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie [K]
- g : Valor de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- L : Longitud de placa vertical [m]
- ν : Viscosidad cinemática del fluido [m^2/s]
- α : Difusividad térmica [m^2/s]
- P : Perímetro [m]
- Pr : Número de Prandtl [adim.]
- \dot{m} : Caudal másico [kg/h]
- v : Volumen específico [m^3/kg]

En las siguientes páginas se podrá visualizar el proceso de cálculo para el calentamiento interno del recinto, la refrigeración de los motores y la refrigeración del hotend y para ello, se ha utilizado el programa de cálculo SmathStudio

CALENTAMIENTO DEL RECINTO



$$T_{int}^a := 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ext}^a := 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h := 10 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \text{ K}} \quad (\text{Suele ser entre } 5\text{-}25 \text{Watt/m}^2 \cdot \text{K} \text{ para el aire})$$

$$\lambda_{al} := 229 \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \quad e_{al} := 2 \text{ mm}$$

$$\lambda_{mad} := 0,13 \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \quad e_{mad} := 10 \text{ mm}$$

$$\lambda_{aislante} := 0,04 \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \quad e_{aislante} := 30 \text{ mm}$$

Cálculo de resistencia térmica:

$$R := \frac{1}{h} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} + \frac{e_{aislante}}{\lambda_{aislante}} + \frac{e_{mad}}{\lambda_{mad}} + \frac{1}{h}$$

$$R = 1,0269 \frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}}$$

$$q := \frac{(T_{int}^a - T_{ext}^a)}{R}$$

$$q = 76,9282 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Se obtiene la temperatura de la chapa de aluminio en el interior del recinto y la temperatura exterior de este:

$$T_{al}^a := T_{int}^a - \frac{1}{h} \cdot q$$

$$T_{al}^a = 365,4572 \text{ K}$$

$$T_{mad}^a := T_{ext}^a + \frac{1}{h} \cdot q$$

$$T_{mad}^a = 301,8428 \text{ K}$$

Tras esto, se aplican las correlaciones para obtener de manera aproximada los coeficientes de convección

Coefficiente de convección aire-aluminio

$$T_f := \frac{(T_{int}^a + T_{al}^a)}{2}$$

$$T_f = 369,3036 \text{ K}$$

Propiedades Tabla A4 Incropera

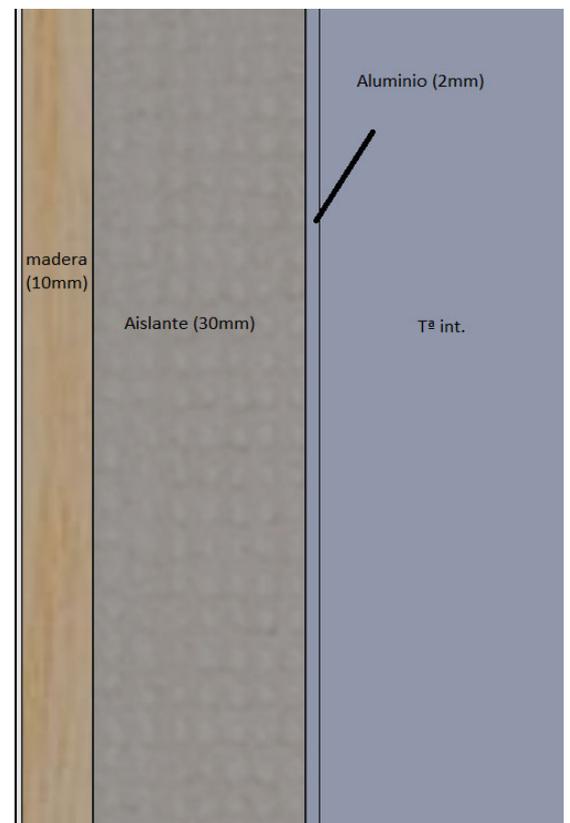
	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7
T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
400 K	$26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	$38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,69

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 2,304 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} - 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) + 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \cdot 10^{-3} = 0,0315 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 3,3143 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot (0,69 - 0,7) + 0,7 = 0,6861$$



$$T_f = 369,3036 \text{ K}$$

$$h_{pared} := 659,4 \text{ mm}$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0027 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$g := 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Ra_L := \frac{\left(g \cdot \beta \cdot (T_{int}^a - T_{al}^a) \cdot h_{pared}^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 7,6728 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr_1} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 48,624$$

$$h_1 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pared}} = 2,3204 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Coefficiente de convección madera-aire

Propiedades Tabla A4 Incropera

$$T_f := \frac{(T_{mad}^a + T_{ext}^a)}{2}$$

$$T_f = 297,9964 \text{ K}$$

	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	Pr
250 K	11,44 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	22,3 $\frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	15,9 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,72
T_f	ν_1	k_1	α_1	Pr_1
300 K	15,89 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	26,3 $\frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	22,5 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,707

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 1,5712 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(26,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 22,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 22,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0261 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,2236 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Pr_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot (0,707 - 0,72) + 0,72 \right) = 0,7075$$

$$\beta_1 := \frac{1}{T_f} = 0,0034 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{\left(g \cdot \beta_1 \cdot (T_{mad}^a - T_{ext}^a) \cdot h_{pared}^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 2,0784 \cdot 10^8$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\frac{4}{9}} = 62,4005$$

$$\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr_1} \right)^{\frac{9}{16}} \right)$$

$$h_2 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pared}} = 2,4737 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Se recalcula q y la temperatura del aluminio y la madera:

$$R := \frac{1}{h_1} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} + \frac{e_{aislante}}{\lambda_{aislante}} + \frac{e_{mad}}{\lambda_{mad}} + \frac{1}{h_2} = 1,6622 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$q := \frac{(T_{int}^a - T_{ext}^a)}{R} = 47,5286 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{al}^a := T_{int}^a - \frac{1}{h_1} \cdot q = 352,6668 \text{ K}$$

$$T_{mad}^a := T_{ext}^a + \frac{1}{h_2} \cdot q = 313,3639 \text{ K}$$

Se vuelven a calcular de nuevo los coeficientes de convección para obtener una mejor aproximación:

Coefficiente de convección aire-aluminio

Propiedades Tabla A4 Incropera

$$T_f := \frac{(T_{int}^a + T_{al}^a)}{2}$$

$$T_f = 362,9084 \text{ K}$$

	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	Pr
350 K	20,92 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	30 $\frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	29,9 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7
T_f	ν_1	k_1	α_1	Pr_1
400 K	26,41 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	33,8 $\frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	38,3 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,69

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 2,2337 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(33,8 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 30 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 30 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \cdot 10^{-3} = 0,031 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 3,2069 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Pr_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot (0,69 - 0,7) + 0,7 = 0,6874$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0028 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta \cdot (T_{int}^a - T_{al}^a) \cdot h_{pared}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 2,2162 \cdot 10^8$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr_1}\right)^{\frac{9}{16}}\right)^{\frac{4}{9}}} = 63,1957$$

$$h_1 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pared}} = 2,9692 \frac{W}{m^2 K}$$

Coefficiente de convección madera-aire

Propiedades Tabla A4 Incropera

$$T_f := \frac{(T_{mad}^a + T_{ext}^a)}{2}$$

$$T_f = 303,7569 K$$

	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	Pr
300 K	$15,89 \frac{m^2}{s}$	$26,3 \frac{watt}{(m K)}$	$22,5 \frac{m^2}{s}$	0,707
T_f	ν_1	k_1	α_1	Pr_1
350 K	$20,92 \frac{m^2}{s}$	$30 \frac{watt}{(m K)}$	$29,9 \frac{m^2}{s}$	0,7

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot \left(20,92 \frac{m^2}{s} - 15,89 \frac{m^2}{s} \right) + 15,89 \frac{m^2}{s} \cdot 10^{-6} = 1,6268 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot \left(30 \frac{watt}{(m K)} - 26,3 \frac{watt}{(m K)} \right) + 26,3 \frac{watt}{(m K)} \cdot 10^{-3} = 0,0266 \frac{W}{m K}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot \left(29,9 \frac{m^2}{s} - 22,5 \frac{m^2}{s} \right) + 22,5 \frac{m^2}{s} \cdot 10^{-6} = 2,3056 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$Pr_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot (0,7 - 0,707) + 0,707 = 0,7065$$

$$\beta_1 := \frac{1}{T_f} = 0,0033 \cdot \frac{1}{K}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta_1 \cdot (T_{mad}^a - T_{ext}^a) \cdot h_{pared}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 4,7434 \cdot 10^8$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr_1}\right)^{\frac{9}{16}}\right)^{\frac{4}{9}}} = 76,5289$$

$$h_2 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pared}} = 3,0846 \frac{W}{m^2 K}$$

Se recalcula q y la temperatura del aluminio y la madera:

$$R := \frac{1}{h_1} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} + \frac{e_{aislante}}{\lambda_{aislante}} + \frac{e_{mad}}{\lambda_{mad}} + \frac{1}{h_2} = 1,4879 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$q := \frac{(T_{int}^a - T_{ext}^a)}{R} = 53,0943 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{al}^a := T_{int}^a - \frac{1}{h_1} \cdot q = 355,2681 \text{ K}$$

$$T_{mad}^a := T_{ext}^a + \frac{1}{h_2} \cdot q = 311,3627 \text{ K}$$

Se realiza una última iteración puesto que los coeficientes de convección ya no varían mucho

Coefficiente de convección aire-aluminio

Propiedades Tabla A4 Incropera

$$T_f := \frac{(T_{int}^a + T_{al}^a)}{2}$$

$$T_f = 364,209 \text{ K}$$

	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
350 K	20,92 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	30 $\frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	29,9 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7
T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
400 K	26,41 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	33,8 $\frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	38,3 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,69

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 2,248 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} - 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) + 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \cdot 10^{-3} = 0,0311 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot \left(38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 3,2287 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \right) \cdot (0,69 - 0,7) + 0,7 = 0,6972$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0027 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta \cdot (T_{int}^a - T_{al}^a) \cdot h_{pared}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 1,9026 \cdot 10^8$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\frac{4}{9}}$$

$$\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)$$

$$h_1 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pared}} = 2,8729 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Coefficiente de convección madera-aire

Propiedades Tabla A4 Incropera

$T_f := \frac{(T_{mad}^a + T_{ext}^a)}{2}$		$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
$T_f = 302,7564 \text{ K}$	300 K	$15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,707
	T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
	350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 1,6167 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0265 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,2908 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot (0,7 - 0,707) + 0,707 \right) = 0,7066$$

$$\beta_1 := \frac{1}{T_f} = 0,0033 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta_1 \cdot (T_{mad}^a - T_{ext}^a) \cdot h_{pared}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 4,3177 \cdot 10^8$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 74,7682$$

$$h_2 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pared}} = 3,0052 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Se recalcula q y la temperatura del aluminio y la madera:

$$R := \frac{1}{h_1} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} + \frac{e_{aislante}}{\lambda_{aislante}} + \frac{e_{mad}}{\lambda_{mad}} + \frac{1}{h_2} = 1,5078 \frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}}$$

$$q := \frac{(T_{int}^a - T_{ext}^a)}{R} = 52,3954 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{al}^a := T_{int}^a - \frac{1}{h_1} \cdot q = 354,9121 \text{ K}$$

$$T_{mad}^a := T_{ext}^a + \frac{1}{h_2} \cdot q = 311,5847 \text{ K}$$

Se realizan los cálculos de pérdidas para el caso de la parte de la pared frontal con placas de policarbonato con cámara de aire:

$$T^a_{int} := 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T^a_{ext} := 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h := 10 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \text{ K}} \quad \text{Suponemos mismo coeficiente de convección}$$

Puesto que en el espacio entre las placas de policarbonato, el aire se encuentra estático, se supone que en este espacio (e) se producirá la transferencia de calor por conducción, luego, con la ayuda de la tabla A.4 del incropera se obtiene el coeficiente de conductividad térmica del aire aproximadamente

$$T^a_{aire} := \frac{(T^a_{int} + T^a_{ext})}{2} = 333,65 \text{ K}$$

$$e_{aire} := 20 \text{ mm} \quad k \cdot 10^3$$

$$e_{pc} := 2 \text{ mm} \quad 300 \quad 26,3$$

$$\lambda_{pc} := 0,22 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \quad T^a_{aire} \quad \lambda_{aire}$$

$$h_{pc} := 480 \text{ mm} \quad 350 \quad 30$$

$$\lambda_{aire} := \left(\frac{(T^a_{aire} - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \right) \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \cdot 10^{-3} = 0,0288 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$q_{pc} := \frac{(T^a_{int} - T^a_{ext})}{\frac{1}{h} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{e_{aire}}{\lambda_{aire}} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{1}{h}} = 86,5407 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Obtención de las temperaturas superficiales:

$T_{pc,in}$ Temperatura en la superficie del policarbonato del lado del interior del recinto.

$T_{aire,in}$ Temperatura en la superficie del policarbonato del lado del interior del recinto en contacto con la cámara de aire.

$T_{aire,ext}$ Temperatura en la superficie del policarbonato del exterior en contacto con la cámara de aire.

$T_{pc,ext}$ Temperatura en la superficie del policarbonato del lado del exterior del recinto.

$$T_{pc,in} := T^a_{int} - q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 364,4959 \text{ K}$$

$$T_{aire,in} := T_{pc,in} - q_{pc} \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 363,7092 \text{ K}$$

$$T_{pc,ext} := T^a_{ext} + q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 302,8041 \text{ K}$$

$$T_{aire,ext} := T_{pc,ext} + q_{pc} \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 303,2804 \text{ K}$$

Ahora λ_{aire} se calcula para la T^a intermedia entre $T_{aire,in}$ y $T_{aire,ext}$

$$T^a_{aire} := \frac{T_{aire,in} + T_{aire,ext}}{2} = 333,4948 \text{ K}$$

	$k \cdot 10^3$
300	26,3
T_{aire}^a	λ_{aire}
350	30

$$\lambda_{aire} := \left(\frac{(T_{aire}^a - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0288 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Se recalculan los coeficientes de convección:

Coeficiente de convección interior (h3)

$T_f := \frac{(T_{int}^a + T_{pc,in})}{2}$	Propiedades Tabla A4 Incropera				
$T_f = 368,823 \text{ K}$	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r	
	350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7
	T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
	400 K	$26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,69

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,2987 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0314 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 3,3062 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot (0,69 - 0,7) + 0,7 \right) = 0,6962$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0027 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta \cdot (T_{int}^a - T_{pc,in}) \cdot h_{pc}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 3,3495 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 39,7155$$

$$h_3 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pc}} = 2,6006 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Coeficiente de convección exterior (h4)

	Propiedades	Tabla A4 Incropera			
$T_f := \frac{(T_{ext}^a + T_{pc,ext})}{2}$		$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
$T_f = 298,477 \text{ K}$	250 K	$11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$22,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,72
	T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
	300 K	$15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,707

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 1,5754 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 22,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 22,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0262 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,2299 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot (0,707 - 0,72) + 0,72 \right) = 0,7074$$

$$\beta_1 := \frac{1}{T_f} = 0,0034 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta \cdot (T_{pc,ext} - T_{ext}^a) \cdot h_{pc}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 7,2461 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 48,1061$$

$$h_4 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pc}} = 2,6236 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Se recalcula la transferencia de calor y las temperaturas superficiales:

$$q_{pc} := \frac{(T_{int}^a - T_{ext}^a)}{\frac{1}{h_3} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{e_{aire}}{\lambda_{aire}} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{1}{h_4}} = 53,4207 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{pc,in} := T_{int}^a - q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 367,8079 \text{ K}$$

$$T_{aire,in} := T_{pc,in} - q_{pc} \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 367,3223 \text{ K}$$

$$T_{pc,ext} := T_{ext}^a + q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 299,4921 \text{ K}$$

$$T_{aire,ext} := T_{pc,ext} + q_{pc} \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 299,9684 \text{ K}$$

Se recalcula la T^a de aire en la cámara para recalculer la conductividad térmica:

$$T_{aire}^a := \frac{T_{aire,in} + T_{aire,ext}}{2} = 333,6453 \text{ K} \quad k \cdot 10^3$$

300	26,3
T_{aire}^a	λ_{aire}
350	30

$$\lambda_{aire} := \left(\frac{T_{aire}^a - 300 \text{ K}}{350 \text{ K} - 300 \text{ K}} \right) \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \cdot 10^{-3} = 0,0288 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Se recalculan los coeficientes de convección:

Coefficiente de convección interior (h3)

$T_f := \frac{T_{int}^a + T_{pc,in}}{2}$	Propiedades Tabla A4 Incropera					
$T_f = 370,479 \text{ K}$	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r		
	350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7	
	T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}	
	400 K	$26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	$38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,69	

$$\nu_1 := \left(\frac{T_f - 350 \text{ K}}{400 \text{ K} - 350 \text{ K}} \right) \cdot \left(26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 2,3169 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{T_f - 350 \text{ K}}{400 \text{ K} - 350 \text{ K}} \right) \cdot \left(33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} - 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) + 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \cdot 10^{-3} = 0,0316 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{T_f - 350 \text{ K}}{400 \text{ K} - 350 \text{ K}} \right) \cdot \left(38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 3,334 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{T_f - 350 \text{ K}}{400 \text{ K} - 350 \text{ K}} \right) \cdot (0,69 - 0,7) + 0,7 = 0,6959$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0027 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{g \cdot \beta \cdot (T_{int}^a - T_{pc,in}) \cdot h_{pc}^3}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 2,0252 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 35,0997$$

$$h_3 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pc}} = 2,3075 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Coeficiente de convección exterior (h4)

Propiedades Tabla A4 Incropera

$$T_f := \frac{(T^a_{ext} + T_{pc,ext})}{2}$$

$$T_f = 296,821 \text{ K}$$

	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
250 K	$11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$22,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,72
T_f	ν_1	k_1	α_1	
300 K	$15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,707

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 1,5607 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 22,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 22,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,026 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,208 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot (0,707 - 0,72) + 0,72 \right) = 0,7078$$

$$\beta_1 := \frac{1}{T_f} = 0,0034 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta \cdot (T_{pc,ext} - T^a_{ext}) \cdot h_{pc}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 4,5395 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\frac{4}{9}} = 42,8762$$

$$\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)$$

$$h_4 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pc}} = 2,3265 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Se recalcula la transferencia de calor y las temperaturas superficiales:

$$q_{pc} := \frac{(T^a_{int} - T^a_{ext})}{\frac{1}{h_3} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{e_{aire}}{\lambda_{aire}} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{1}{h_4}} = 50,1251 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{pc,in} := T^a_{int} - q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 368,1375 \text{ K}$$

$$T_{aire,in} := T_{pc,in} - q_{pc} \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 367,6818 \text{ K}$$

$$T_{pc,ext} := T^a_{ext} + q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 299,1625 \text{ K}$$

$$T_{aire,ext} := T_{pc,ext} + q \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 299,6388 \text{ K}$$

Se realiza una última iteración

$$T_{aire}^a := \frac{T_{aire,in} + T_{aire,ext}}{2} = 333,6603 \text{ K} \quad k \cdot 10^3$$

300	26,3
T_{aire}^a	λ_{aire}
350	30

$$\lambda_{aire} := \left(\frac{(T_{aire}^a - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0288 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Se puede observar que el valor de la conductividad del aire de la cámara no ha variado con respecto al valor del primer cálculo, por tanto, se recalculan los coeficientes de convección.

Coefficiente de convección interior (h3)

$T_f := \frac{(T_{int}^a + T_{pc,in})}{2}$	Propiedades Tabla A4 Incropera				P_r
$T_f = 370,6437 \text{ K}$	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$		
	350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7
	T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
	400 K	$26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}}$	$38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,69

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,3187 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} - 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) + 30 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{m K}} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0316 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 3,3368 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot (0,69 - 0,7) + 0,7 \right) = 0,6959$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0027 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{g \cdot \beta \cdot (T_{int}^a - T_{pc,in}) \cdot h_{pc}^3}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 1,8964 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 34,5385$$

$$h_3 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pc}} = 2,2716 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Coeficiente de convección exterior (h4)

Propiedades Tabla A4 Incropera

$$T_f := \frac{(T_{ext}^a + T_{pc,ext})}{2}$$

$$T_f = 296,6563 \text{ K}$$

	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
250 K	$11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$22,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,72
T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
300 K	$15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$26,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,707

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 11,44 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 1,5592 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(26,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 22,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 22,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,026 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot \left(22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,2059 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 250 \text{ K})}{(300 \text{ K} - 250 \text{ K})} \cdot (0,707 - 0,72) + 0,72 \right) = 0,7079$$

$$\beta_1 := \frac{1}{T_f} = 0,0034 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta_1 \cdot (T_{pc,ext} - T_{ext}^a) \cdot h_{pc}^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 4,2658 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 42,2255$$

$$h_4 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{h_{pc}} = 2,2901 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Se vuelve a calcular la transferencia de calor y las temperaturas superficiales:

$$q_{pc} := \frac{(T_{int}^a - T_{ext}^a)}{\frac{1}{h_3} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{e_{aire}}{\lambda_{aire}} + \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} + \frac{1}{h_4}} = 49,6936 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{pc,in} := T_{int}^a - q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 368,1806 \text{ K}$$

$$T_{aire,in} := T_{pc,in} - q_{pc} \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 367,7289 \text{ K}$$

$$T_{pc,ext} := T_{ext}^a + q_{pc} \cdot \frac{1}{h} = 299,1194 \text{ K}$$

$$T_{aire,ext} := T_{pc,ext} + q_{pc} \cdot \frac{e_{pc}}{\lambda_{pc}} = 299,5957 \text{ K}$$

Ahora se puede calcular las pérdidas por las dos paredes laterales, la del fondo y la frontal, hay que destacar que la parte de abajo se excluye de los cálculos ya que la propia cama caliente de la impresora 3D ayudará con el calentamiento, así pues, las pérdidas por las paredes son:

$$q = 52,3954 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_{pc} = 49,6936 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$A_{lateral} := 762 \text{ mm} \cdot 660 \text{ mm} = 0,5029 \text{ m}^2$$

$$A_{fondo} := 533 \text{ mm} \cdot 659,4 \text{ mm} = 0,3515 \text{ m}^2$$

$$A_{policarbonato} := 480 \text{ mm} \cdot 330 \text{ mm} = 0,1584 \text{ m}^2$$

$$Q_{laterales} := 2 \cdot q \cdot A_{lateral} = 52,7014 \text{ W}$$

$$Q_{fondo} := q \cdot A_{fondo} = 18,4149 \text{ W}$$

$$Q_{frontal} := q \cdot (A_{fondo} - A_{policarbonato}) + q_{pc} \cdot A_{policarbonato} = 17,9869 \text{ W}$$

$$Q_{paredes} := Q_{laterales} + Q_{fondo} + Q_{frontal} = 89,1032 \text{ W}$$

Ahora se procede a realizar el cálculo de para la parte superior del recinto: Se comprobará cuanto debe ser el tiempo de caliente para que todo el calor inyectado en el volumen de aire no se vaya por las paredes:

Se procede a realizar el cálculo de la densidad y del calor específico del aire:

$$T_{ext}^a = 294,15 \text{ K}$$

	ρ	c_p
250 K	$1,3947 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
T_{ext}^a	ρ_0	c_{p0}
300 K	$1,1614 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1,007 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

$$\rho_0 := \left(\frac{T_{ext}^a - 250 \text{ K}}{300 \text{ K} - 250 \text{ K}} \right) \cdot \left(1,1614 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,3947 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) + 1,3947 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,1887 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{p0} := \left(\frac{T_{ext}^a - 250 \text{ K}}{300 \text{ K} - 250 \text{ K}} \right) \cdot \left(1,007 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} - 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right) + 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} = 1006,883 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$T_{int}^a = 373,15 \text{ K}$$

	ρ	c_p
350 K	$0,995 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1,009 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
T_{int}^a	ρ_1	c_{p1}
400 K	$0,8711 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1,014 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

$$\rho_1 := \left(\frac{(T^a_{int} - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(0,8711 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 0,995 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) + 0,995 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 0,9376 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{p1} := \left(\frac{(T^a_{int} - 350 \text{ K})}{(400 \text{ K} - 350 \text{ K})} \cdot \left(1,014 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} - 1,009 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right) + 1,009 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right) = 1011,315 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

El volúmen de aire es:

$$V := 658,4 \text{ mm} \cdot 533 \text{ mm} \cdot 762 \text{ mm} = 0,2674 \text{ m}^3$$

Se calcula la la energía calorífica que habría que inyectar:

$$E_0 := \rho_0 \cdot V \cdot c_{p0} \cdot (T^a_{int} - T^a_{ext}) = 25284,1839 \text{ J}$$

Se escoge el más desfavorable de los dos, que en este caso es E0

$$E_1 := \rho_1 \cdot V \cdot c_{p1} \cdot (T^a_{int} - T^a_{ext}) = 20031,7563 \text{ J}$$

Sabiendo la energía calorífica necesaria a inyectar y la que se pierden por las paredes, se podrá conocer el tiempo máximo de calentamiento.

$$t := \frac{E_0}{Q_{paredes}} = 283,7628 \text{ s}$$

El resultado indica que en 4,7 minutos, aproximadamente, es posible calentar el volúmen de aire. No obstante, se reducirá el tiempo necesario, aumentando así la potencia de entrada para asegurarse de que la potencia inyectada no se escape y, por tanto, se pueda obtener la la temperatura consigna (100°C). Si se supone que se produce el calentamiento en 3 minutos, la potencia calorífica que se le debe inyectar al volúmen de aire ha de ser de:

$$t := 3 \text{ min}$$

$$Q_{volumen} := \frac{E_0}{t} = 140,4677 \text{ W}$$

Ahora Se procede a realizar el cálculo de para la parte superior del recinto:

$$A_s := 533 \text{ mm} \cdot 762 \text{ mm} = 0,4061 \text{ m}^2$$

$$q_{volumen} := \frac{Q_{volumen}}{A_s} = 345,8552 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Para los calculos se supone despreciable las resistencia del pegamento que une el generador con la placa de aluminio

Se supone un coeficiente de convección inicial:

$$h_{int} := 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

$$R := \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} = 0,2 \frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}}$$

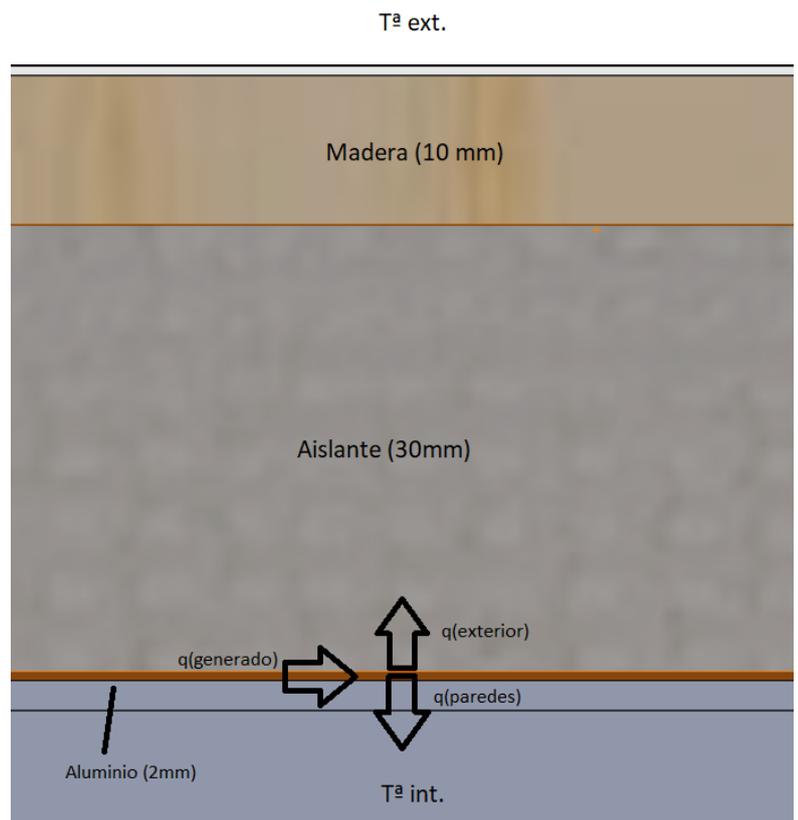
Se obtiene una primera aproximación del valor de la T^a del calentador:

$$T_g := q_{volumen} \cdot R + T^a_{int} = 442,3241 \text{ K}$$

Se obtiene la T^a del aluminio:

$$T^a_{al} := T^a_{int} + q_{volumen} \cdot \frac{1}{h_{int}} = 442,321 \text{ K}$$

I.20



Se recalcula el coeficiente de convección mediante las correlaciones para convección libre en placa horizontal

$$A_s := 533 \text{ mm} \cdot 762 \text{ mm} = 0,4061 \text{ m}^2$$

$$P := 2 \cdot (533 \text{ mm} + 762 \text{ mm}) = 2,59 \text{ m}$$

$L := \frac{A_s}{P} = 0,1568 \text{ m}$	400 K	$\nu \cdot 10^6$ $26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$k \cdot 10^3$ $33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$\alpha \cdot 10^6$ $38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	P_r $0,69$
---	-----------------	---	---	---	-----------------

$T_f := \frac{(T_{al}^a + T_{int}^a)}{2}$	T_f 450 K	ν_1 $32,39 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	k_1 $37,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	α_1 $47,2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	Pr_1 $0,686$
---	--------------------------	--	--	--	-------------------

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(32,39 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,7335 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(37,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0343 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(47,2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 3,9677 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Pr_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot (0,686 - 0,69) + 0,69 \right) = 0,6894$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0025 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{(g \cdot \beta \cdot (T_{al}^a - T_{int}^a) \cdot L^3)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 5,917 \cdot 10^6$$

$$Nu_1 := 0,27 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}} = 13,3165$$

$$h_{int} := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{L} = 2,9163 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Se calcula la temperatura del calentador:

$$R := \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} = 0,3429 \frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}}$$

$$T_g^a := q_{volumen} \cdot R + T_{int}^a = 491,7485 \text{ K}$$

$$T_{al}^a := T_{int}^a + q_{volumen} \cdot \frac{1}{h_{int}} = 491,7455 \text{ K}$$

Se recalcula el coeficiente de convección:

$T_f := \frac{(T_{al}^a + T_{int}^a)}{2}$	400 K	$\nu \cdot 10^6$ $26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$k \cdot 10^3$ $33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$\alpha \cdot 10^6$ $38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	P_r $0,69$
$T_f = 432,4478 \text{ K}$	T_f 450 K	ν_1 $32,39 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	k_1 $37,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	α_1 $47,2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	Pr_1 $0,686$

$$v_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(32,39 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 3,0291 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(37,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0361 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(47,2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 4,4076 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot (0,686 - 0,69) + 0,69 \right) = 0,6874$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0023 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{\left(g \cdot \beta \cdot (T_{al}^a - T_{int}^a) \cdot L^3 \right)}{v_1 \cdot \alpha_1} = 7,7704 \cdot 10^6$$

$$Nu_1 := 0,27 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}} = 14,2552$$

$$h_{int} := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{L} = 3,2791 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Se recalcula la temperatura del calentador:

$$R := \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} = 0,305 \frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}}$$

$$T_g^a := q_{volumen} \cdot R + T_{int}^a = 478,6258 \text{ K}$$

$$T_{al}^a := T_{int}^a + q_{volumen} \cdot \frac{1}{h_{int}} = 478,6227 \text{ K}$$

Se realizará una iteración más:

		$v \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	
$T_f := \frac{(T_{al}^a + T_{int}^a)}{2}$	400 K	$26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	P_r
$T_f = 425,8864 \text{ K}$	T_f	v_1	k_1	α_1	Pr_1
	450 K	$32,39 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$37,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$47,2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,686

$$v_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(32,39 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 26,41 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,9506 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(37,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 33,8 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0356 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot \left(47,2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 38,3 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 4,2908 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 400 \text{ K})}{(450 \text{ K} - 400 \text{ K})} \cdot (0,686 - 0,69) + 0,69 \right) = 0,6879$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0023 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{\left(g \cdot \beta \cdot (T_{a1}^a - T_{int}^a) \cdot L^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 7,3997 \cdot 10^6$$

$$Nu_1 := 0,27 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}} = 14,0821$$

$$h_{int} := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{L} = 3,198 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Se calcula la temperatura del calentador:

$$R := \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{al}}{\lambda_{al}} = 0,3127 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$T_g^a := q_{volumen} \cdot R + T_{int}^a = 481,2994 \text{ K}$$

$$T_{al}^a := T_{int}^a + q_{volumen} \cdot \frac{1}{h_{int}} = 481,2964 \text{ K}$$

Según los cálculos, el generador ha de calentarse hasta los 206°C aproximadamente, ahora se calcularán las pérdidas de calor hacia la parte superior del recinto:

$$h_{ext} := 10 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$R := \frac{e_{aislante}}{\lambda_{aislante}} + \frac{e_{mad}}{\lambda_{mad}} + \frac{1}{h_{ext}} = 0,9269 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$q_{ext} := \frac{T_g^a - T_{ext}^a}{R} = 201,9039 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{mad}^a := q_{ext} \cdot \frac{1}{h_{ext}} + T_{ext}^a = 314,3404 \text{ K}$$

Se calcula el coeficiente de convección:

$$T_f := \frac{(T_{mad}^a + T_{ext}^a)}{2}$$

Propiedades Tabla A4 Incropera

$T_f = 304,2452 \text{ K}$	300 K	$\nu \cdot 10^6$ $15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$k \cdot 10^3$ $26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$\alpha \cdot 10^6$ $22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	Pr $0,707$
	T_f	ν_1	k_1	α_1	Pr_1
	350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$0,7$

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \right) \cdot \left(20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6} = 1,6317 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \right) \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \cdot 10^{-3} = 0,0266 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\left(\frac{T_f - 300 \text{ K}}{350 \text{ K} - 300 \text{ K}} \right) \cdot \left(29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,3128 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\left(\frac{T_f - 300 \text{ K}}{350 \text{ K} - 300 \text{ K}} \right) \cdot (0,7 - 0,707) + 0,707 \right) = 0,7064$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0033 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{\left(g \cdot \beta \cdot (T_{mad}^a - T_{ext}^a) \cdot L^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 6,652 \cdot 10^6$$

$$Nu_1 := 0,54 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}} = 27,4241$$

$$h_{ext} := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{L} = 4,6544 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

$$R := \frac{e_{aislante}}{\lambda_{aislante}} + \frac{e_{mad}}{\lambda_{mad}} + \frac{1}{h_{ext}} = 1,0418 \frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}}$$

$$Q_{ext} := \frac{T_{g}^a - T_{ext}^a}{R} = 179,6448 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{mad}^a := Q_{ext} \cdot \frac{1}{h_{ext}} + T_{ext}^a = 332,7469 \text{ K}$$

Se recalcula el coeficiente de convección:

$T_f := \frac{(T_{mad}^a + T_{ext}^a)}{2}$	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
300 K	$15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,707
$T_f = 313,4485 \text{ K}$	T_f	k_1	α_1	P_{r1}
350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7

$$\nu_1 := \left(\left(\frac{T_f - 300 \text{ K}}{350 \text{ K} - 300 \text{ K}} \right) \cdot \left(20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 1,7243 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k_1 := \left(\left(\frac{T_f - 300 \text{ K}}{350 \text{ K} - 300 \text{ K}} \right) \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0273 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\alpha_1 := \left(\left(\frac{T_f - 300 \text{ K}}{350 \text{ K} - 300 \text{ K}} \right) \cdot \left(29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,449 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$P_{r1} := \left(\left(\frac{T_f - 300 \text{ K}}{350 \text{ K} - 300 \text{ K}} \right) \cdot (0,7 - 0,707) + 0,707 \right) = 0,7051$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0032 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$Ra_L := \frac{\left(g \cdot \beta \cdot (T_{mad}^a - T_{ext}^a) \cdot L^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 1,1031 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,54 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}} = 31,1202$$

$$h_{ext} := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{L} = 5,4168 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R := \frac{e_{aislante}}{\lambda_{aislante}} + \frac{e_{mad}}{\lambda_{mad}} + \frac{1}{h_{ext}} = 1,0115 \frac{m^2 K}{W}$$

$$q_{ext} := \frac{T_g^a - T_{ext}^a}{R} = 185,0157 \frac{W}{m^2}$$

$$T_{mad}^a := q_{ext} \cdot \frac{1}{h_{ext}} + T_{ext}^a = 328,3056 K$$

Se realiza otra iteración:

$$T_f := \frac{(T_{mad}^a + T_{ext}^a)}{2}$$

$$T_f = 311,2278 K$$

Propiedades Tabla A4 Incropera

	$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	Pr
300 K	15,89 $\frac{m^2}{s}$	26,3 $\frac{watt}{(m K)}$	22,5 $\frac{m^2}{s}$	0,707
T_f	ν_1	k_1	α_1	Pr_1
350 K	20,92 $\frac{m^2}{s}$	30 $\frac{watt}{(m K)}$	29,9 $\frac{m^2}{s}$	0,7

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot \left(20,92 \frac{m^2}{s} - 15,89 \frac{m^2}{s} \right) + 15,89 \frac{m^2}{s} \cdot 10^{-6} = 1,702 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot \left(30 \cdot \frac{watt}{(m K)} - 26,3 \cdot \frac{watt}{(m K)} \right) + 26,3 \cdot \frac{watt}{(m K)} \cdot 10^{-3} = 0,0271 \frac{W}{m K}$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot \left(29,9 \frac{m^2}{s} - 22,5 \frac{m^2}{s} \right) + 22,5 \frac{m^2}{s} \cdot 10^{-6} = 2,4162 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$Pr_1 := \left(\frac{(T_f - 300 K)}{(350 K - 300 K)} \right) \cdot (0,7 - 0,707) + 0,707 = 0,7054$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} = 0,0032 \cdot \frac{1}{K}$$

$$Ra_L := \frac{\left(g \cdot \beta \cdot (T_{mad}^a - T_{ext}^a) \cdot L^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 1,0095 \cdot 10^7$$

$$Nu_1 := 0,54 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}} = 30,4386$$

$$h_{ext} := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{L} = 5,2663 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R := \frac{e_{\text{aislante}}}{\lambda_{\text{aislante}}} + \frac{e_{\text{mad}}}{\lambda_{\text{mad}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}} = 1,0168 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$q_{\text{ext}} := \frac{T_g^a - T_{\text{ext}}^a}{R} = 184,0555 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_{\text{mad}}^a := q_{\text{ext}} \cdot \frac{1}{h_{\text{ext}}} + T_{\text{ext}}^a = 329,0996 \text{ K}$$

A partir de aquí, se puede obtener la potencia calorífica por unidad de superficie que debe suministrar el generador:

$$q_{\text{gen}} := q_{\text{volumen}} + q_{\text{ext}} = 529,9107 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad \text{Aproximadamente } 530 \text{ W/m}^2$$

Ahora se procederá a calcular la potencia calorífica del exterior del techo:

$$A_{\text{techo}} := 533 \text{ mm} \cdot 762 \text{ mm} = 0,4061 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{ext}} := q_{\text{ext}} \cdot A_{\text{techo}} = 74,7534 \text{ W}$$

La potencia calorífica que debe aportar el generador debe ser de:

$$Q_{\text{gen}} := Q_{\text{ext}} + Q_{\text{volumen}} = 215,2211 \text{ W}$$

Con un generador que suministre una potencia de 220W se pueden cumplir los requisitos

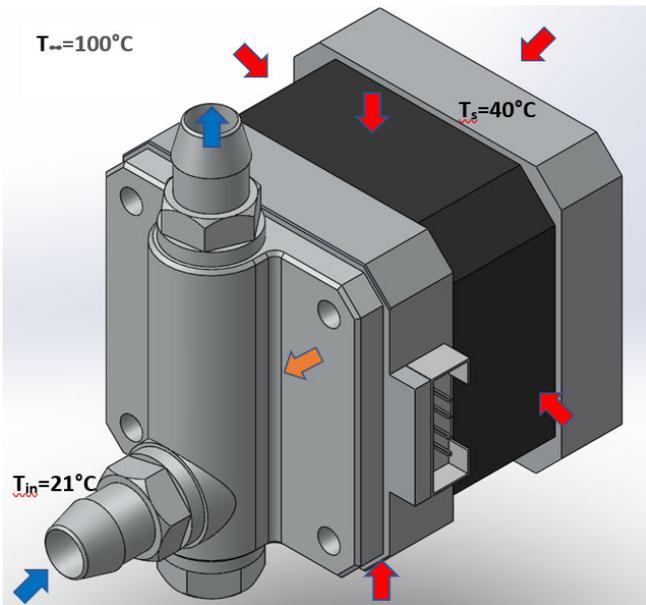
El fabricante de calentadores Keenovo tiene a disposición diferentes calentadores de silicona que generan potencia suficiente para suplir estas necesidades de calentamiento por ello, se ha escogido el modelo de calentador de 150mm x 200mm de este fabricante, el cual, es capaz de generar 250W de potencia calorífica con una tensión de 220V y además, este calentador viene con un controlador que permite regular la temperatura del propio calentador.



REFRIGERACIÓN DE LOS MOTORES



Cálculo térmico para refrigeración de un motor Nema 17

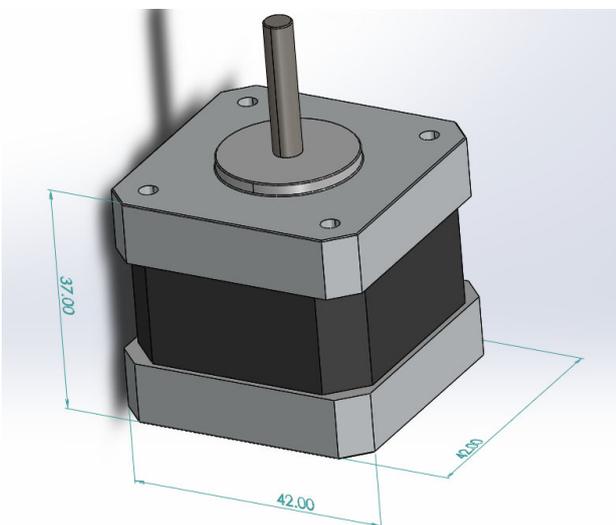


1.8° 42mm Hybrid Stepper Motor-NEMA17



General Specification:

Item	Specifications
Step Angle	1.8°
Temperature Rise	80°C max
Ambient Temperature	-20°C~+50°C
Insulation Resistance	100 MΩ Min. ,500VDC
Dielectric Strength	500VAC for 1minute
Shaft Radial Play	0.02Max. (450g-load)
Shaft Axial Play	0.08Max. (450g-load)
Max. radial force	28N (20mm from the flange)
Max. axial force	10N



Se ha representado uno de los motores y las condiciones de contorno, cabe destacar que el cálculo es válido para el resto de motores de la impresora 3D (el motor del eje Z un poco más pequeño en altura que el resto, sin embargo, se considerarán válidos los cálculos para el resto de motores, ya que no habrá mucha diferencia)

Las flechas rojas representan la transferencia de calor desde el interior del recinto (el cual se encuentra a una T^a de 100°C) hacia el motor.

Las flechas azules representan el paso de líquido refrigerante, que en este caso, se trata de agua destilada, la cual absorberá el calor transmitido por el motor. La entrada de agua al bloque de refrigeración proviene de un radiador que ha conseguido refrigerar hasta T^a ambiente el agua que sale calentada del bloque de refrigeración. El agua entra por tanto al bloque de refrigeración a T^a ambiente. (Se supone T^a ambiente 21°C).

La flecha naranja representa el calor disipado por el motor. Los motores Nema 17 consumen aproximadamente 5W. Aunque esa potencia es utilizada para producir un movimiento en un eje (movimiento mecánico), parte de la energía será disipada en forma de calor.

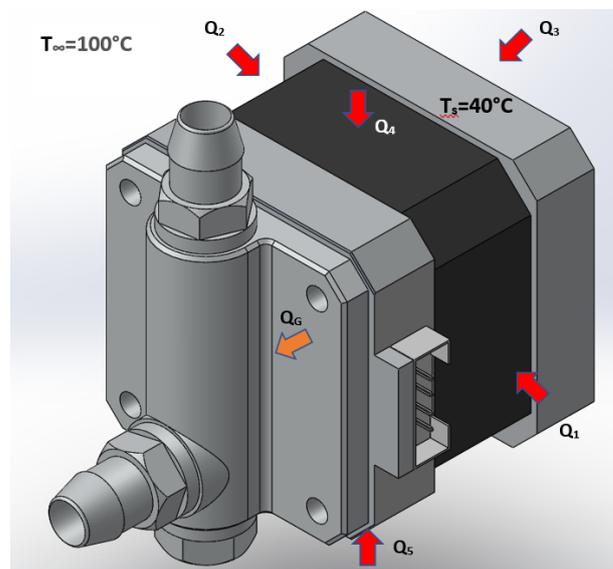
Para estar del lado de la seguridad se supone que esos 5W son disipados en forma de calor. La T^a máxima de operación de los motores NEMA 17 es de aproximadamente 80°C y se recomienda no superar una T^a ambiente de 50°C . Por ello se supone como T^a máxima superficial de los motores una T^a de 40°C .

Los motores NEMA 17 de la Creality CR-10 tienen una base de 42x42mm y una altura de 37 mm.

Con toda la información, se procede a realizar los cálculos.

Suposiciones generales realizadas para los cálculos:

- 1.- Se consideran despreciables los efectos de transferencia de calor por radiación.
- 2.- Se considera que las caras de los motores son planas, es decir, no tienen los rebajes hechos en el mecanizado como los que se muestran en la imagen anterior.
- 3.- Se considera el coeficiente de convección constante y uniforme a lo largo de toda la superficie de cada una de las caras.
- 4.- Se considera que el sistema se encuentra en régimen estacionario, y que por tanto, las condiciones y propiedades de los fluidos no varían con respecto al tiempo.
- 5.- Se considera despreciable la caída de T^a producida por la resistencia térmica del bloque de refrigeración por tener un espesor pequeño y ser de aluminio (buena conductividad térmica).
- 6.- Se considera que los tramos de tuberías del sistema de refrigeración líquida no sufren cambios de temperatura debido a la temperatura interior del recinto.



Cálculos realizados:

Dimension de la base del motor: $b := 42 \text{ mm}$

Dimension de la altura del motor: $H := 37 \text{ mm}$

Área superficial de la base del motor: $A_b := b \cdot b = 0,0018 \text{ m}^2$

Área superficial de los laterales del motor: $A_H := b \cdot H = 0,0016 \text{ m}^2$

Se supone primeramente un coeficiente de convección para todas las superficies, posteriormente se irá ajustando el valor. Para un medio con aire como fluido, y transferencia de calor mediante convección natural, el coeficiente de convección ronda los valores de entre $5\text{-}25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Se supone pues un coeficiente de convección de $5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$:

$$h := 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Como se comentó anteriormente, se considera que los motores disipan una potencia calorífica de 5 W , luego:

$$Q_g := 5 \text{ W}$$

La transferencia de calor en las paredes de los motores se definen como se puede apreciar en la anterior imagen como: Q1, Q2, Q3, Q4 y Q5

El calor total que debe absorber el agua para refrigerar el motor es el resultado de la suma algebraica de todas las potencias calorificas, luego:

$$Q_T := Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_g$$

De acuerdo con la ley de enfriamiento de Newton se tiene que:

$$Q := h \cdot A_s \cdot \Delta T$$

Se obtiene el valor de diferencia de Tª entre la superficie del motor y el interior del recinto:

Temperatura en el interior del recinto: $T_\infty := 100 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura superficial del motor: $T_s := 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Diferencia de Tª entre el interior del recinto y la superficie del motor:

$$\Delta T := T_\infty - T_s = 60 \text{ K}$$

Teniendo en cuenta que se ha supuesto primeramente un valor de coeficiente de convección de $h = 5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ par todas las paredes del motor y que además 4 paredes tienen el mismo valor de área superficial obtenemos que $Q_1 = Q_2 = Q_4 = Q_5$:

$$Q_1 := h \cdot A_H \cdot \Delta T = 0,4662 \text{ W}$$

$$Q_3 := h \cdot A_b \cdot \Delta T = 0,5292 \text{ W}$$

$$Q_2 := Q_1 \quad Q_4 := Q_1 \quad Q_5 := Q_1$$

Luego, como primera aproximación, la potencia calorífica que debe absorber el agua de refrigeración para mantener el motor a 40°C es de:

$$Q_T = 7,394 \text{ W}$$

Ahora se calculará de manera más aproximada los coeficientes de convección aplicando algunas de las expresiones obtenidas del libro de Fundamentos de Transferencia de Calor de Frank P. Incropera y David P. DeWitt:

Obtención del coeficiente de convección en placas verticales cuando se tiene convección natural: Paredes 1, 2 y 3.

Cálculo de la temperatura de capa límite y algunas propiedades del aire para esa Tª:

Propiedades Tabla A4 Incropera

		$\nu \cdot 10^6$	$k \cdot 10^3$	$\alpha \cdot 10^6$	P_r
$T_f := \frac{T_\infty + T_s}{2}$	300 K	$15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$26,3 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,707
$T_f = 343,15 \text{ K}$	T_f	ν_1	k_1	α_1	P_{r1}
	350 K	$20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$30 \frac{\text{watt}}{(\text{m K})}$	$29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	0,7

Viscosidad cinemática:

$$\nu_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(20,92 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 15,89 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,0231 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Conductividad Térmica

$$k_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(30 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} - 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) + 26,3 \cdot \frac{\text{watt}}{(\text{m K})} \right) \cdot 10^{-3} = 0,0295 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Difusividad térmica:

$$\alpha_1 := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot \left(29,9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} - 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) + 22,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \cdot 10^{-6} = 2,8886 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Nº de Prandtl:

$$P_{r1} := \left(\frac{(T_f - 300 \text{ K})}{(350 \text{ K} - 300 \text{ K})} \cdot (0,7 - 0,707) + 0,707 \right) = 0,701$$

Obtención del recíproco de la Tª de capa límite:

$$\beta_1 := \frac{1}{T_f} = 0,0029 \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

Valor de la gravedad:

$$g_e = 9,8066 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Obtención del nº de Rayleigh:

$$Ra_L := \frac{\left(g_e \cdot \beta_1 \cdot (T_\infty - T_s) \cdot b^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 2,1739 \cdot 10^5$$

Obtención del nº de Nusselt:

$$Nu_1 := 0,68 + \frac{0,67 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_{r1}} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} = 11,768$$

Obtención del coeficiente de convección para los lados 1, 2 y 3:

$$h_1 := \frac{Nu_1 \cdot k_1}{b} = 8,2637 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Ahora se calculará el coeficiente de convección en los lados 4 y 5 utilizando las expresiones para placa horizontal cuando se tiene convección natural.

Perímetro: $P := 2 \cdot b + 2 \cdot H = 0,158 \text{ m}$

Longitud característica: $L_c := \frac{A_H}{P} = 0,0098 \text{ m}$

Calculamos el nº de Rayleigh:

Lado 4 y 5:

$$Ra_L := \frac{\left(g_e \cdot \beta_1 \cdot (T_\infty - T_s) \cdot L_c^3 \right)}{\nu_1 \cdot \alpha_1} = 2791,6714$$

Para este caso, al ser un elemento pequeño, las correlaciones utilizadas para placas horizontales no son válidas, ya que exigen un nº de Rayleigh mucho mayor, se supone pues para estos dos lados el mismo coeficiente de convección anteriormente.

Ahora se obtienen las potencias caloríficas:

$$Q_1 := h_1 \cdot A_H \cdot \Delta T = 0,7705 \text{ W}$$

$$Q_3 := h_1 \cdot A_b \cdot \Delta T = 0,8746 \text{ W}$$

$$Q_2 := Q_1 \quad Q_4 := Q_1 \quad Q_5 := Q_1$$

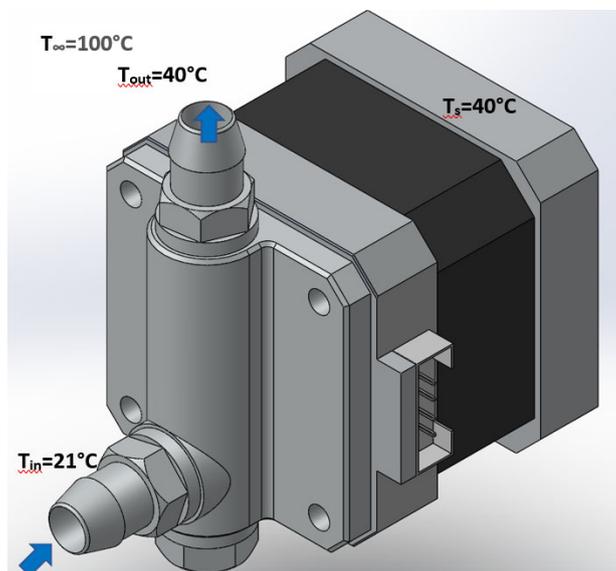
Luego, la potencia calorífica que debe absorber el agua de refrigeración para mantener el motor a 40°C es de:

$$Q_T = 8,9566 \text{ W}$$

El agua de refrigeración necesita absorber aproximadamente 9W de potencia calorífica para mantener el motor a 40°C

Ahora se procede a calcular el caudal de agua de refrigeración necesaria para absorber dicha potencia calorífica.

Para el cálculo se considera que la Tª de salida del agua de refrigeración coincide con la Tª superficial del motor:



A partir de la ecuación de la velocidad de transferencia de calor se obtendrá el caudal necesario:

Temperatura de entrada del agua de refrigeración: $T_{in} := 21 \text{ } ^\circ\text{C}$

Temperatura de salida del agua de refrigeración: $T_{out} := 40 \text{ } ^\circ\text{C}$

Temperatura media del agua: $T_m := \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = 303,65 \text{ K}$

A partir de la Tabla A.6 del libro de Fundamentos de Transferencia de Calor de Frank P. Incropera y David P. DeWitt se pueden obtener sin interpolar un valor bastante fiable del calor específico y el volumen específico del agua a esa temperatura media:

Calor específico: $C_p := 4,1785 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

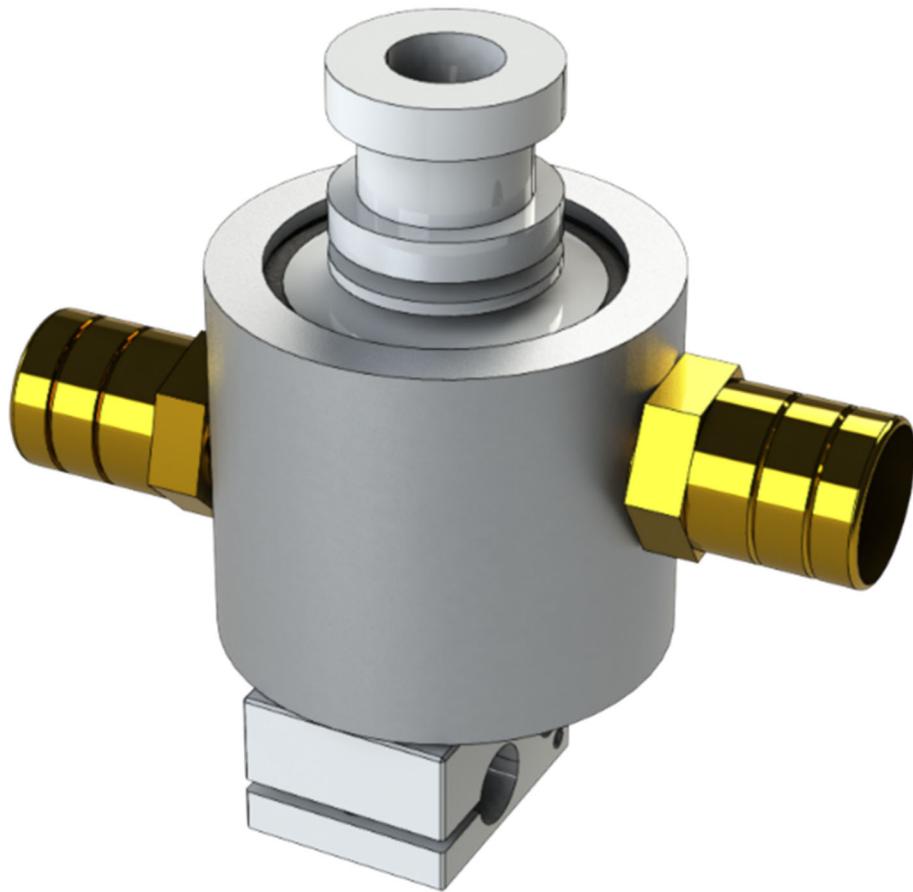
Volumen específico: $v := 1,004 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

Caudal másico: $\dot{m} := \frac{Q_T}{C_p \cdot (T_{out} - T_{in})} = 0,0001 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

Caudal volumétrico: $v_c := \dot{m} \cdot v = 1,1327 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Transformando las unidades del caudal volumétrico a Litros/horas se obtiene un caudal volumétrico de aproximadamente 0,41 L/h.

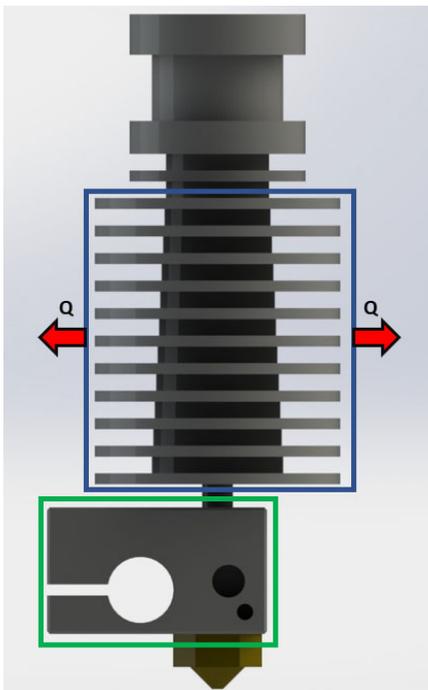
REFRIGERACIÓN DEL HOTEND



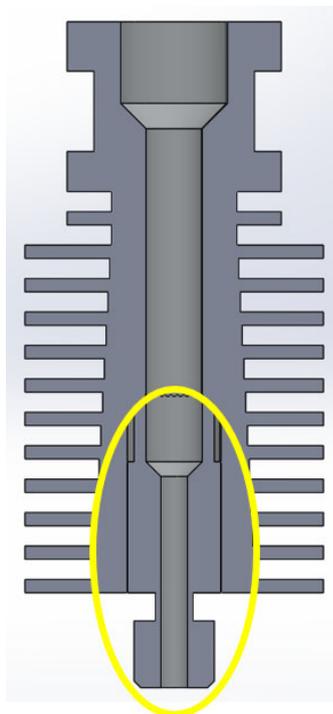
Durante la impresión de una pieza es posible que el filamento se atasque en el hotend, concretamente, en el barrel o garganta de este. Esto ocurre debido a que el bloque calentador del filamento (situado en el recuadro verde de la imagen izquierda), que es el que se encarga de calentar el filamento hasta la temperatura de fusión del material a imprimir, transmite calor hacia el barrel o garganta(imagen del centro), pudiendo alcanzar temperaturas lo suficientemente altas como para que el filamento se empiece a fundir y en consecuencia, a pegarse en las paredes del barrel o garganta. Por este motivo, es importante tener esa zona refrigerada, para evitar así que el filamento se pegue.

En este caso, se ha sustituido el hotend original de la impresora 3D Creality CR-10 por un hotend V6 All-Metal del fabricante E3D, ya que es más recomendable para imprimir materiales como el ABS, pudiendo alcanzar este último hotend una temperatura máxima de 300° C, aunque el fabricante no recomienda que se superen los 285°C.

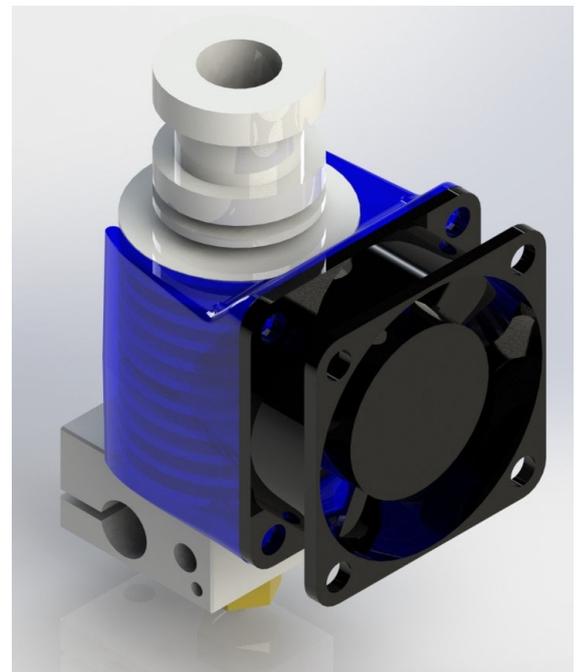
Para refrigerar el barrel del hotend, el fabricante ha decidido aumentar la superficie de transferencia de calor mediante el uso de aletas circulares, ayudando además a refrigerar mediante transferencia de calor por convección forzada (utilizando un ventilador axial) como se puede apreciar en la imagen derecha). Aunque el disipador (conjunto de aletas) está hecho para disipar el calor mediante convección forzada de aire, se aprovechará la refrigeración líquida utilizada para refrigerar los motores Nema 17 de la impresora 3D para para refrigerar la zona del barrel o garganta del hotend.



Disipador (recuadro azul) +
Bloque calentador (recuadro
verde)



Corte longitudinal del
disipador + barrel



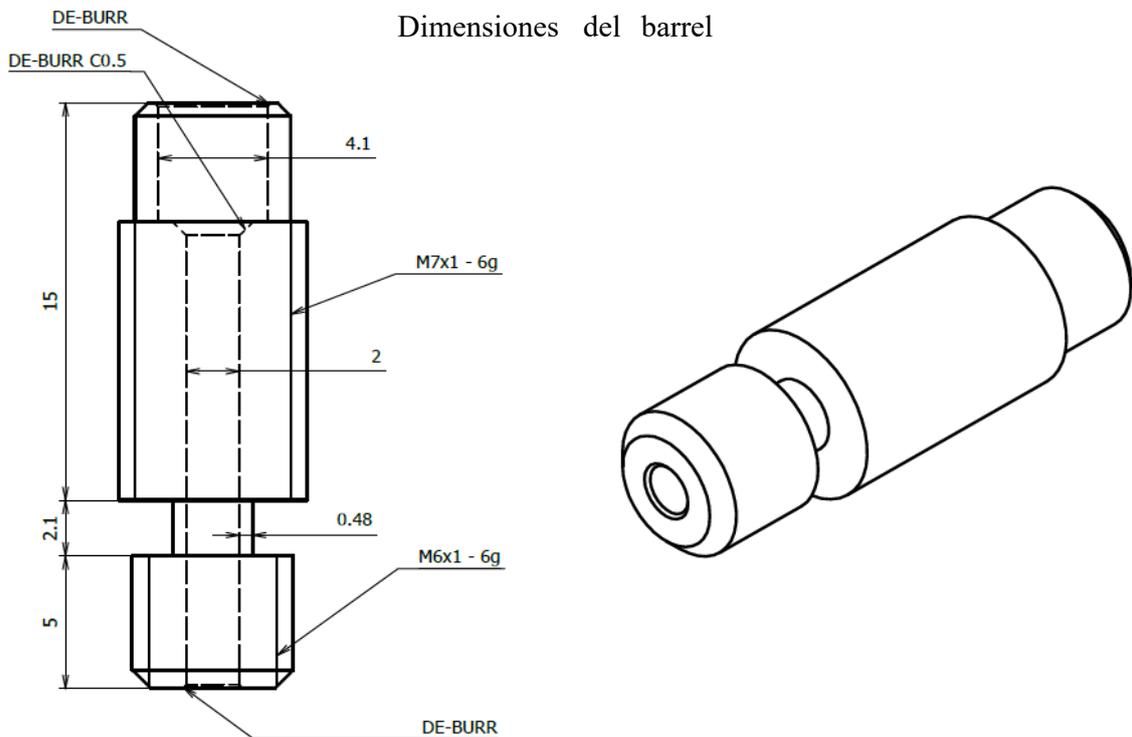
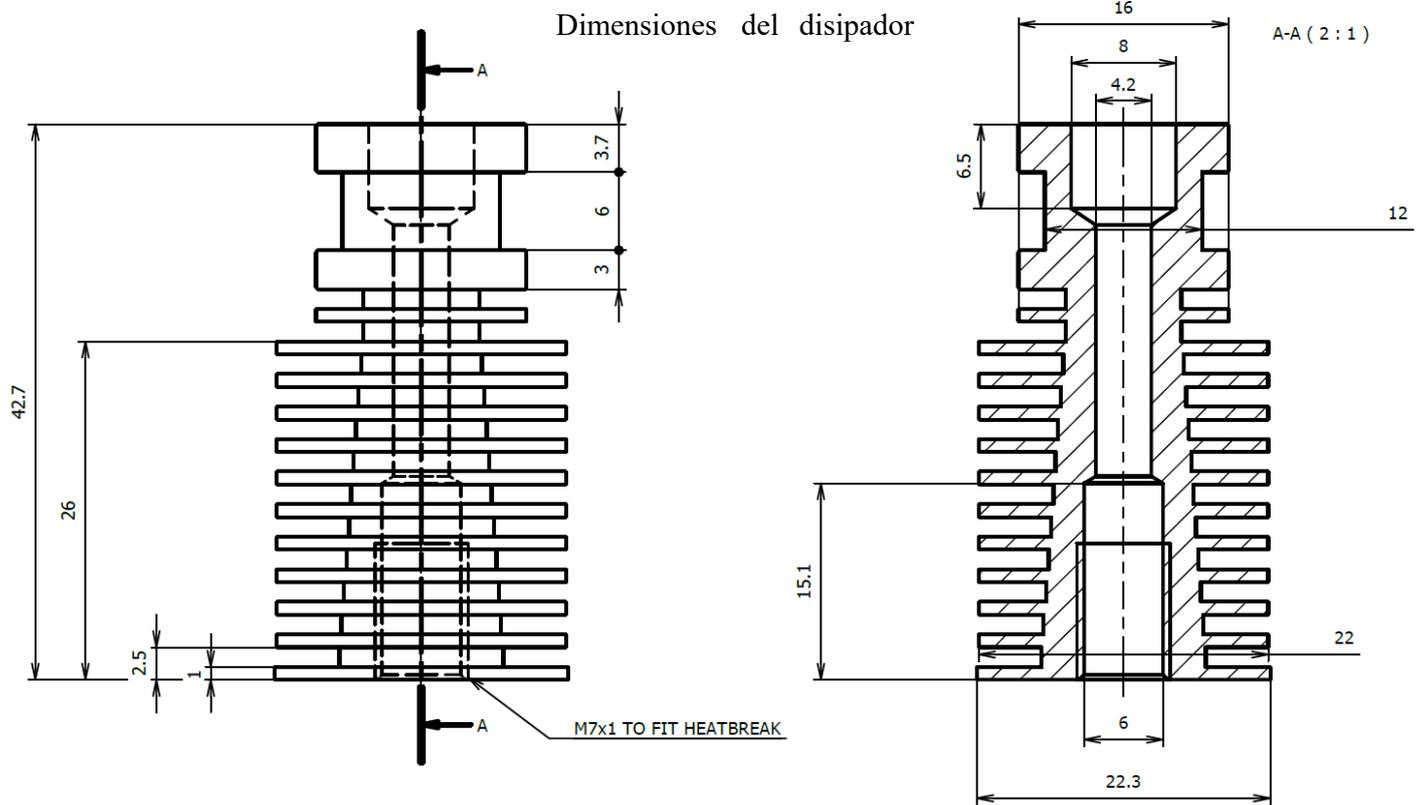
Hotend E3D V6 all metal

Cabe destacar que el barrel como tal se trata de una pieza que va enroscada entre el bloque disipador y el bloque calentador, sirviendo de unión entre estos y de barrera térmica con ayuda del disipador para el filamento. A continuación se muestra el barrel original del hotend V6 All-Metal:



Con respecto a los materiales de los que está fabricado este hotend, el bloque disipador y el bloque calentador están hechos de aluminio, mientras que el barrel está hecho de acero inoxidable.

Por otro lado, en las siguientes imágenes se pueden observar las dimensiones del disipador y del barrel:



Es importante destacar que estas dimensiones corresponden con la versión de hotend V6 All-Metal para filamentos de 1,75 mm de diámetro.

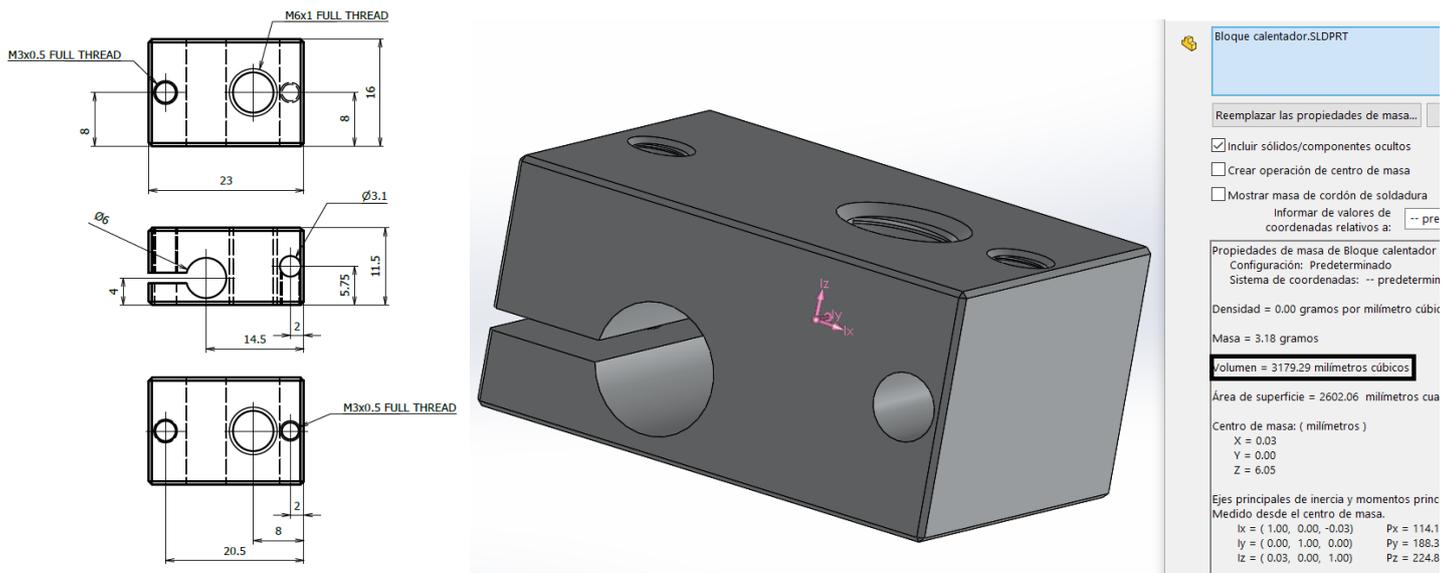
Con todo esto, se procede a realizar los cálculos para refrigerar el barrel

Suposiciones generales realizadas para los cálculos:

- 1.- Se consideran despreciables los efectos de transferencia de calor por radiación.
- 2.- Se consideran despreciables las pérdidas de calor por conducción axial en el barrel.
- 3.- Para simplificar los cálculos, no se consideran los efectos de transferencia de calor por convección entre el interior del recinto y el hotend.
- 4.- Se considera que los tramos de tuberías del sistema de refrigeración líquida no sufren cambios de temperatura debido a la temperatura interior del recinto.
- 5.- Se considera que el sistema se encuentra en régimen estacionario, y que por tanto, las condiciones y propiedades de los fluidos no varían con respecto al tiempo.
- 6.- Se consideran los cálculos suponiendo que la impresora 3D parte desde el reposo sin tener en cuenta el calentamiento interior del propio recinto.

Cálculos realizados:

Primero se obtendrá el volumen del bloque calentador a partir de las dimensiones proporcionadas por el fabricante:



Volúmen de bloque calentador: $V_c := 3179,29 \text{ mm}^3$

Se supone una temperatura ambiente inicial de 21°C: $T_\infty := 21 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura a alcanzar por el bloque de calentamiento de 250°C: $T_b := 250 \text{ }^\circ\text{C}$

Se toma un valor de densidad del aluminio de 2700 kg/m³: $\rho_{al} := 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Se obtiene el valor de la masa del bloque de aluminio a partir de la densidad del aluminio y el volúmen del bloque calentador:

$$m_c := \rho_{al} \cdot V_c = 0,0086 \text{ kg}$$

A partir de la Tabla A3 de la 4ª edición del libro de transferencia de calor y masa de Yunus A. Çengel y Afshin J. Ghajar se obtiene el calor específico del aluminio:

Calor específico del aluminio: $C_{p,al} := 903 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$

A partir de la ecuación de la velocidad de transferencia de calor se obtiene la energía necesaria para calentar el bloque de calentamiento hasta los 250°C:

$$E_c := m_c \cdot C_{p,al} \cdot (T_b - T_\infty) = 1775,0768 \text{ J}$$

Un hotend suele tardar en calentar hasta los 250°C entre 2-3 minutos (dependiendo de la potencia del cartucho calentador). El hotend del fabricante E3D incluye un cartucho calentador de 30W y este elemento que va insertado en el bloque de aluminio es el que se encarga de calentarlo:



Cartucho calentador

Se define el tiempo de calentamiento en 2,5 minutos: $t_c := 2,5 \text{ min}$

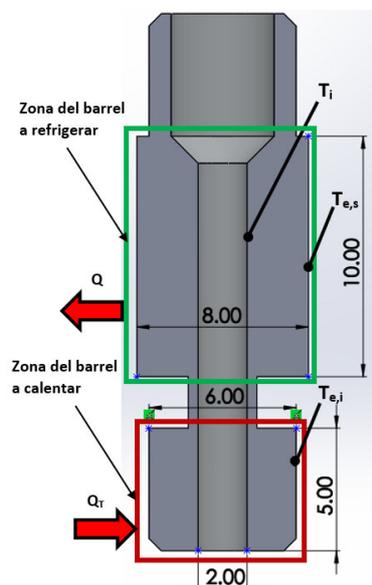
La potencia calorífica necesaria para que el bloque calentador llegue a 250°C:

$$Q_c := \frac{E_c}{t_c} = 11,8338 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta que el cartucho calentador tiene una potencia de 30W, la potencia calorífica restante es de:

$$Q_b := 30 \text{ W} - Q_c = 18,1662 \text{ W}$$

A partir de aquí, se calculará de manera aproximada la temperatura que alcanza la pared interior del barrel:



Se calcula la temperatura interior del barrel a partir de la ecuación de transferencia de calor por conducción de Fourier aplicada a conductos circulares huecos.

Se supone que la pared exterior del barrel alcanza los 250°C, luego: $T_{e,i} := 250 \text{ } ^\circ\text{C}$

La potencia calorífica a suministrar por el cartucho calentador es de 30W: $Q_T := 30 \text{ W}$

Diámetro interior del barrel: $d_1 := 2 \text{ mm}$

Diámetro exterior del barrel en la zona de calentamiento: $D_1 := 6 \text{ mm}$

Longitud de zona del barrel a calentar: $h_1 := 5 \text{ mm}$

Se obtiene el coeficiente de conductividad térmica del acero inoxidable según la tabla A3 del libro de transferencia de calor y masa de Yunus A. Çengel y AfshinJ. Ghajar. Puesto que no se conoce la composición del acero inoxidable, se escogerá un valor promedio

$$k_{\text{acero,inox}} := 14 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$T_i := T_{e,i} - \frac{Q_T \cdot \ln\left(\frac{D_1}{d_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot h_1 \cdot k_{\text{acero,inox}}} = 448,2145 \text{ K}$$

Como se puede comprobar, el barrel hace su función de barrera térmica, consiguiendo bajar la temperatura desde los 250°C hasta los 175°C aproximadamente, sin embargo, esta temperatura es impensable en la pared interior de la parte superior al barrel, ya que supera la temperatura de transición vítrea de materiales como el ABS, que ronda los 100°C ablandándose el material en esa zona y pudiendo causar atascos.

A continuación se calculará de manera aproximada el caudal másico de agua destilada que se ha de utilizar en el sistema de refrigeración líquida para refrigerar el barrel:

Se supone como temperatura a la que se encuentra la pared interior del barrel (por la cual puede entrar en contacto el filamento) una temperatura máxima de 40°C, alejándose este valor de temperatura a la temperatura de transición vítrea (Tg) de los materiales de impresión 3D FDM, siendo las de menor valor las correspondientes al PLA, que suele rondar los 50-60°C:

Temperatura deseada en el la pared interior del barrel: $T_i := 40 \text{ } ^\circ\text{C}$

Diámetro interior del barrel (la parte superior se supone del mismo diámetro): $d_2 := 2 \text{ mm}$

Diámetro exterior del barrel en la zona de refrigeración: $D_2 := 8 \text{ mm}$

Longitud de zona del barrel a refrigerar: $h_2 := 10 \text{ mm}$

Se calcula la resistencia térmica del barrel en la parte de refrigeración:

$$R_{\text{barrel}} := \frac{\ln\left(\frac{D_2}{d_2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{\text{acero,inox}} \cdot h_2} = 1,576 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Ahora se procede a calcular la resistencia térmica del dissipador de aluminio teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1.- No se tendrán en cuenta la transferencia de calor de las superficies extendidas (aletas) pues, por lo general, solo tienen sentido cuando se tiene convección forzada a través de estas.

2.- El cuerpo del disipador es de sección troncocónica. Sin embargo, para simplificar cálculos se supondrá que es un cilindro.

Tras tener en cuenta las consideraciones, se definen las variables para el disipador:

Diámetro interior del disipador: $d_3 := 6 \text{ mm}$

Diámetro exterior del disipador: $D_3 := 8 \text{ mm}$

Longitud del disipador: $h_3 := 26 \text{ mm}$

Se obtiene el coeficiente de conductividad térmica del aluminio según la tabla A3:

$$k_{\text{aluminio}} := 237 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Se considera que la superficie exterior del bloque de refrigeración se mantiene a la temperatura de entrada del agua a la camisa de refrigeración. Se supone que el agua entra a temperatura ambiente (se considera 21°C).

Temperatura superficial del disipador de aluminio: $T_s := 21 \text{ °C}$

Se procede a calcular la resistencia térmica del disipador teniendo en cuenta las consideraciones anteriores:

$$R_{\text{disipador}} := \frac{\ln\left(\frac{D_3}{d_3}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{\text{aluminio}} \cdot h_3} = 0,0074 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Puesto que resistencia térmica del barrel se encuentra en serie con la del aluminio, el flujo de calor que atraviesa las dos resistencias es el mismo, luego, la potencia calorífica de refrigeración se obtiene como:

$$Q_R := \frac{(T_i - T_s)}{R_{\text{disipador}} + R_{\text{barrel}}} = 11,9995 \text{ W}$$

Sin embargo, a esta potencia calorífica hay que sumarle la potencia calorífica restante de los 30 W, luego:

$$Q_{R,TOTAL} := Q_R + Q_b = 30,1657 \text{ W}$$

El agua de refrigeración debe disipar aproximadamente 30W, ahora se calculará el caudal másico de agua necesario suponiendo además que la temperatura de salida del agua coincide con los 40°C supuestos para el barrel:

Temperatura de entrada del agua: $T_{in} := 21 \text{ °C}$

Temperatura de salida del agua: $T_{out} := 40 \text{ °C}$

Temperatura media del agua: $T_m := \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = 303,65 \text{ K}$

A partir de la Tabla A.6 del libro de Fundamentos de Transferencia de Calor de Frank P. Incropera y David P. DeWitt se pueden obtener sin interpolar un valor bastante fiable del calor específico y el volumen específico del agua a esa temperatura media:

Calor específico: $C_p := 4,1785 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

Volumen específico: $V := 1,004 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

Caudal másico: $\dot{m} := \frac{Q_{R,TOTAL}}{C_p \cdot (T_{out} - T_{in})} = 0,0004 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

Caudal volumétrico: $V_c := \dot{m} \cdot V = 3,8148 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Transformando las unidades del caudal volumétrico a Litros/segundo se obtiene un caudal volumétrico de $3.8148 \cdot 10^{-4}$ l/s o lo que es lo mismo 1,37 l/h.

Teniendo en cuenta que la bomba es capaz de suministrar un caudal de 120 l/h y que hay 5 tubos de refrigeración que son capaces de transportar un caudal de 24 l/h cada uno, se puede afirmar que se puede refrigerar el barrel sin problemas.

ANEXO II. RENDERS-CONJUNTO



Figura II.1: Parte frontal y lateral derecho del recinto.

Fuente: Elaboración propia.

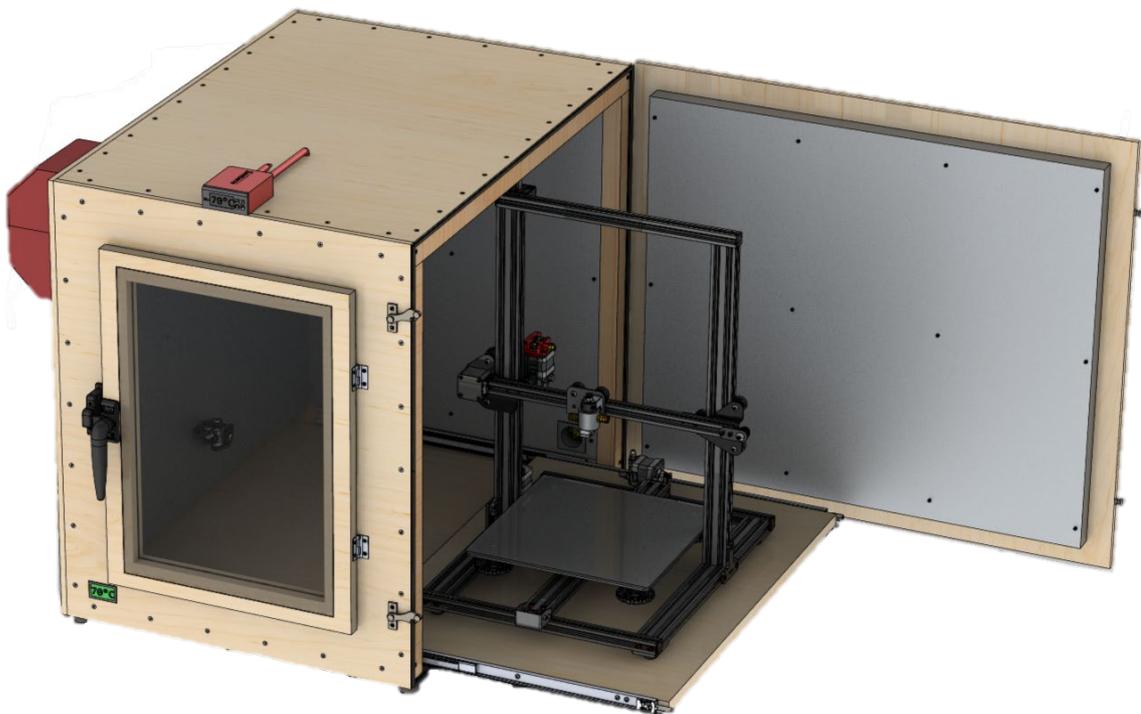


Figura II.2: Apertura de lateral derecho para extracción de impresora.

Fuente: Elaboración propia.



Figura II.3: Vista interior del recinto.

Fuente: Elaboración propia.

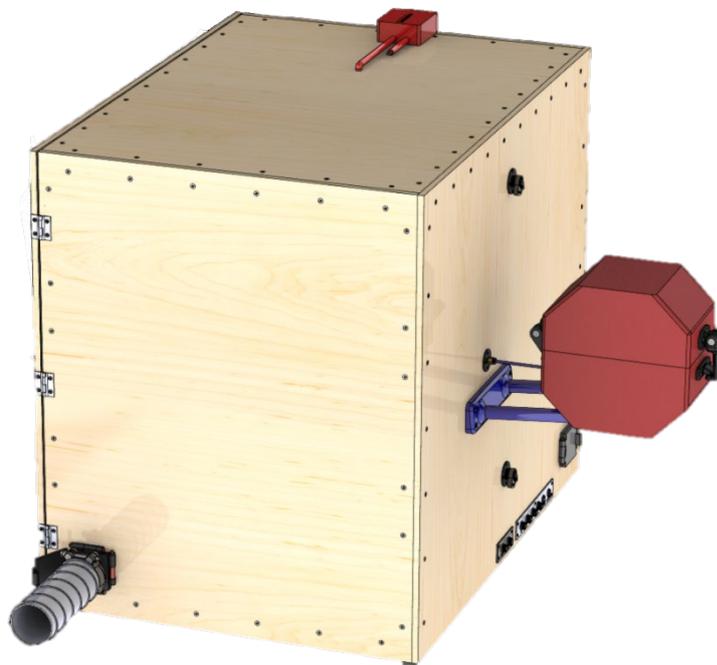


Figura II.4: Vista trasera y del lateral izquierdo del recinto

Fuente: Elaboración propia.

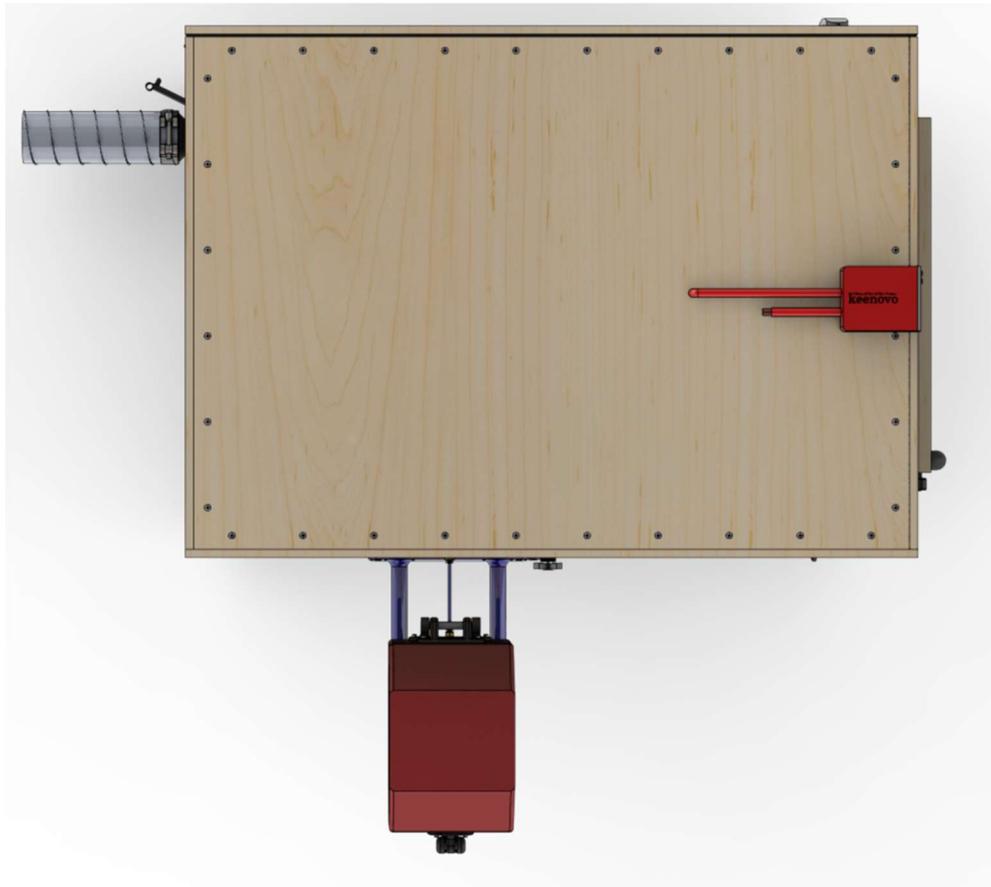


Figura II.5: Vista superior del recinto.

Fuente: Elaboración propia.

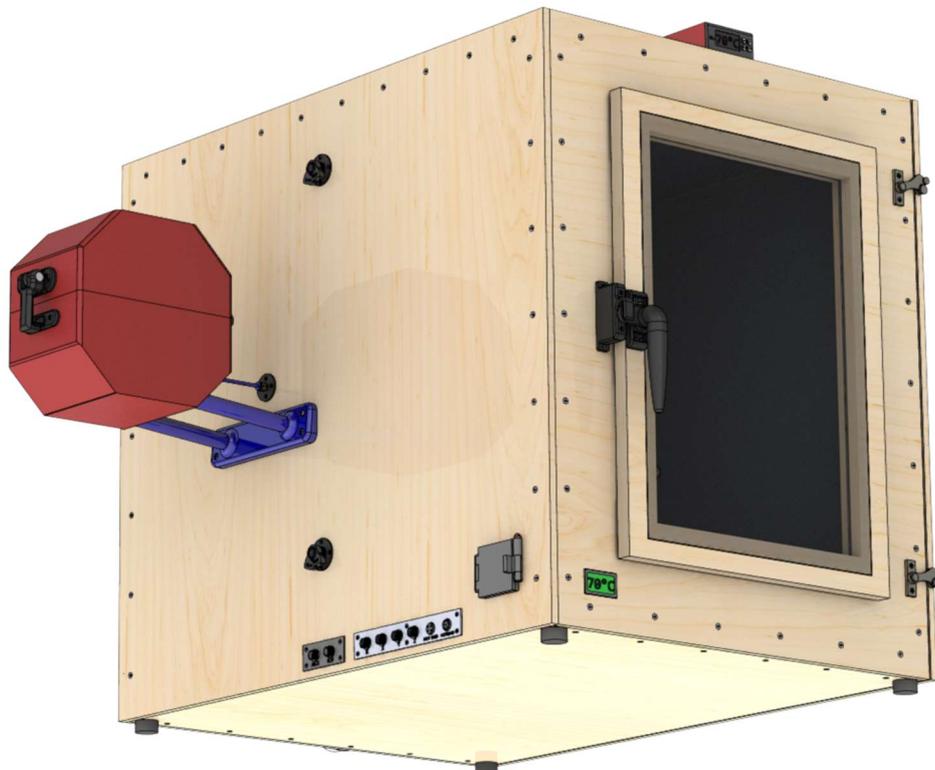


Figura II.6: Vista inferior del recinto

Fuente: Elaboración propia.

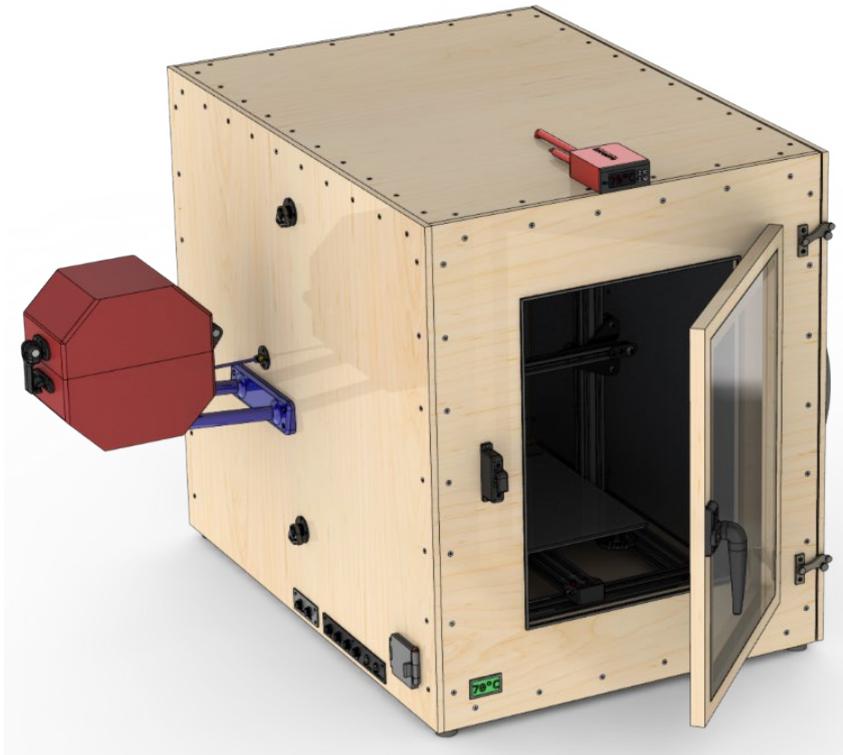


Figura II.7: Vista del recinto con puerta frontal abierta.

Fuente: Elaboración propia.

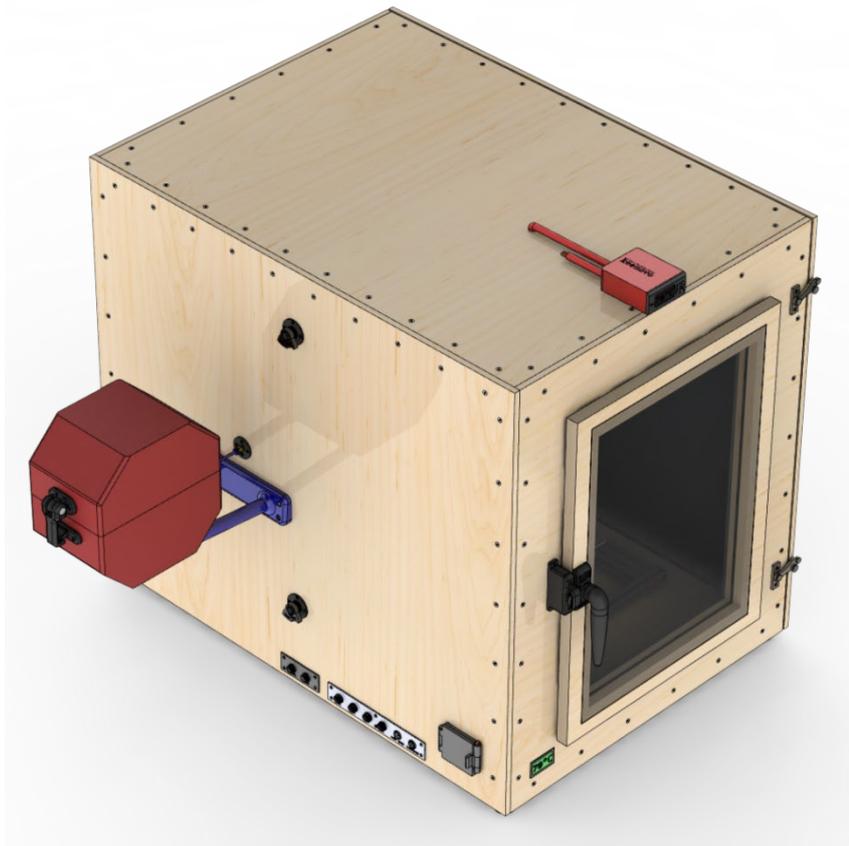


Figura II.8: Vista en perspectiva del recinto.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO III. DATASHEETS



GW Ovens Needled Mat

Cooking Ovens Insulation

ISOVER needled mat is designed to provide high insulating efficiency in household and industrial ovens.



Thermal insulation

Excellent thermal insulation for maximum efficiency and low energy consumption of the oven



Service temperature

Service temperature up to 550 °C



Flexibility

Fast and easy installation, flexibility around the cavity



Low emissions

Complies with the most stringent regulations on VOC emissions



GW Ovens Needled Mat



Cooking Ovens Insulation

Characteristic	Symbol	Unit	Quantities and measured values	Standard
Application field	-	-	ISOVER needled mat is a thermal insulation felt material made from glass wool, mechanically consolidated by means of needling The glass wool needled mat does not contain slugs	-
Material	-	-	Glass wool with quality mark EUCEB & RAL by the Gütegemeinschaft Mineralwolle e. V., unrisky regarding health according to German decree on dangerous substances, decree on prohibition of chemicals and to guideline EU 97/69 Nota Q	-
Thermal conductivities	T	[°C]	10 50 100 150 200 250	EN 12 667
	$\lambda_{N,P}$	[mW/(m·K)]	30 35 41 49 57 66	
Thermal behaviour	-	-	Service temperature reaches 500 °C in continuous service, up to 550 °C maximum by intermittence, with stable dimensions	AGI Q 132
Behaviour in fire	-	-	Non-combustible, fire class A1	EN 13501
Specific thermal capacity	c	[kJ/(kg·K)]	~ 1	-
Chemical composition	-	-	Binder free, which helps complying with the most stringent regulations on VOC emissions Formaldehyde emissions < 10 mg/kg Free of sulfite, chromium and sulphur Complies with RoHS directive	-
Facing	-	-	Facing available upon request: Aluminium foil	-
Non corrosive	-	-	Non corrosive according to standard IEC 60335-1	IEC 60335-1
Delivery form	-	-	Thicknesses: 10 to 40 mm Available in roll or panel shape Panels can be cut to size and stamped with a customized design Packaging: - Closed polyethylene bag for rolls - Pallets and carton boxes for stamped slabs Products must be stored in covered areas	-

ISOVER-OEM-INT-ENG-GW Ovens Needled Mat 2017-11

www.isover-technical-insulation.com

The technical information corresponds to our present state of knowledge and experience at the date of printing (see imprint). But no legal guarantee can be given, unless it has been explicitly agreed. The state of experience and knowledge is developing continuously. Please see to it that you always use the latest edition of this information. The described product applications do not take special circumstances in consideration. Please verify whether our products are appropriate for the concrete application. For further information please contact our Isover sales offices. We deliver only according to our terms of trade and terms of delivery.

SAINT-GOBAIN ISOVER · "Les Miroirs" · 18, avenue d'Alsace · 92400 Courbevoie · France





POLICARBONATO COMPACTO

PROPIEDADES FÍSICAS			
Densidad relativa – Masa volúmica (método A)	1.20	Kg/dm ³	DIN 53479
Absorción de agua (método 1)	0.36	%	ISO 62

PROPIEDADES MECÁNICAS			
Resistencia a la tracción	>70	Mpa	ISO 527-2
Módulo de elasticidad E	>2200	Mpa	DLN 53457
Resistencia al choque con entalla	>60	KJ/m ²	DIN 53457

PROPIEDADES ELÉCTRICAS			
Resistencia específica	10 ¹⁵	Ohm	Din 53458
Resistencia de volumen	10 ¹⁵	Ohm.cm	Din 53458
Constante dieléctrica			Din 53483
a) 50 Hz	3.6		
b) 0.1 Hz	2.8		

PROPIEDADES TÉRMICA			
Dilatación	>110	%	ISO 527-2
Dilatación lineal térmica	65.10 ⁻⁶	I/°C	VDE 0304/1
Temperatura de reblandecimiento VICAT	>140	°C	ISO 306
Conductividad térmica	0.21	W/mK	DIN 52612
Clasificación al fuego	M2V2	-	UL 94
Ensayo con filamento incandescente	960	°C	CCEI 695-2-1 VDE 0471

PROPIEDADES ÓPTICAS			
Transmisión luminosa total de luz (3mm.)	87	%	ISO 489

PROPIEDADES ACÚSTICAS			
Aislamiento acústico (4mm.)	27	dB	



2107 West Blue Heron Blvd.
Riviera Beach, FL 33404
Phone: 561-845-2425
Toll Free: 800-327-6880
www.itwconsumer.com

Plastic Welder

Technical Data Sheet

Rev 04/2011

PRODUCT DESCRIPTION: A strong structural adhesive formulated for bonding dissimilar substrates as well as unprepared metals, ceramics, wood, concrete and hard plastics. The final adhesive bond is designed to be load bearing and resistant to weathering, humidity and wide temperature variations. Minimal surface preparation. Non-sagging formula.

WORKS BEST ON: Hard plastics, metal, concrete, glass, ceramics, china, acrylics, ABS, vinyl, PVC, fiberglass, glass, wood, styrene, corian. **DO NOT USE ON AREAS THAT WILL COME IN CONTACT WITH FOOD RELATED ITEMS.**

* Does not bond to Polyethylene or Polypropylene plastics. Not recommend for use on copper or brass.

PRODUCT FEATURES:

Tensile Strength: 3,500 psi
Color: Cream
Viscosity: Adhesive: 55,000 cps; Activator: 50,000 cps
Waterproof
Gap Filling to 0.125 in.
Working Time: 4-5 minutes
Set Time: 10-15 minutes
Can be Handled In: 15 minutes
Full Bond: 24 hours
Temperature Range: -40°F to 200°F
Chemical Solvent Resistance: Good chemical resistance.
Flashpoint: 51°F

Once fully cured, can be sanded and painted **but not with an oil based paint.**

Storage: After use, pull back slightly (1/8" on plunger). Replace cap. **Store in a cool, dry environment between 55°F to 75°F. DO NOT FREEZE. Storage above 75°F will reduce the shelf life. Shelf life can be extended by storing in temperatures 45°F to 55°F.**

SURFACE PREPARATION: Slightly roughen, solvent-wipe to remove dirt, grease and oil; and let area dry.

REMOVAL METHODS:

Before cure: (test inconspicuous area of product to be sure chemicals do not harm surface)

Metal, ceramic, glass, hard plastics, pvc: use acetone, isopropyl alcohol or Methyl Ethyl Ketone (MEK).

Fabric or wood: use acetone or Methyl Ethyl Ketone (MEK).

After cure:

Metal/Ceramics/Glass: Acetone, Methyl Ethyl Ketone (MEK), may need to soak, checking periodically.

Fabric/Wood: It is impossible to remove once product is cured.

HELPFUL HINTS: Do not thin or modify. Plastic Welder sets up so quickly that thinner will not have enough time to evaporate and will become trapped inside compromising the cured product. Mass mixing of Plastic Welder generates intense heat levels due to its rapid curing features (film thickness cures in excess of 1/8" should be avoided whenever possible) which can cause the release of volatile components as evidenced by out-gassing. Once fully cured, the Plastic Welder can be sanded and painted (do not use with stains as they will not penetrate into the adhesive.)

Heat is generated while the epoxy mixture cures; the more epoxy and hardener that is mixed together, the more heat that is generated causing the epoxy mixture to cure faster. Only mix the amount of epoxy and hardener together that can be used within the working time.

Equal portions of the hardener and resin must be thoroughly mixed together in order for this product to cure properly. The most common problem with a two-part epoxy product is not mixing it thoroughly; it will not cure and will remain tacky. It is recommended that these epoxies be mixed on a clean surface (such as a paper cup, in the inside of the blister it is packaged on or etc.); do not mix it directly on the surface to be repaired. Once the product is thoroughly mixed, it can be applied to the repair area(s). *Please note, during the mixing process, be sure to scrape the sides and bottom into the mixture so that you are mixing all of the epoxy resin and hardener together.*

See MSDS for more complete information, safe handling instructions and first aid.

Consumer Commodity ORM-D

Part Numbers: 22045, 47809, 47829



The technical data contained herein are intended as a reference only.



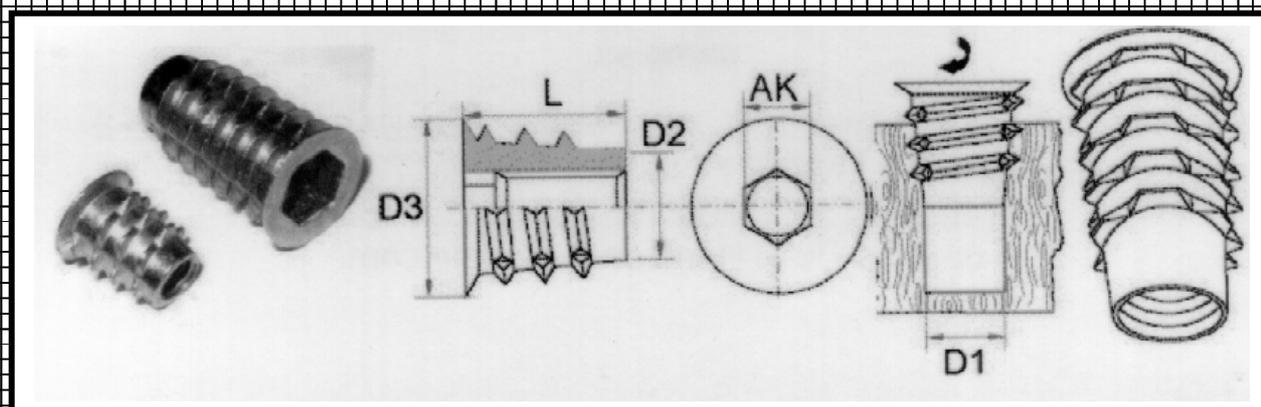
FICHE TECHNIQUE

sous réserve de toutes modifications

41/TBH

INSERT TETE AFFLEURANTE EMPREINTE HEXAGONALE CREUSE A VISSER DANS LE BOIS

61 avenue de l'Europe - 78140 Vélizy-Villacoublay - Tel : 00 33 (0)1 78 74 32 00 - Fax : 00 33 (0)1 78 74 32 01

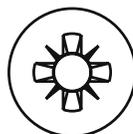
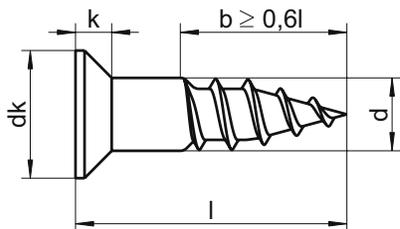


REFERENCE	PAS METRIQUE	LONGUEUR	D1	D2	D3	AK
	M	L				
41/TBH040H100	M4	10	5.7/6	5.5	8.5	4
41/TBH050H100	M5	10	7.7/8	6.5	11.5	5
41/TBH050H130	M5	13	7.7/8	6.5	11.5	5
41/TBH060H100	M6	10	8.7/9	7.5	12.5	6
41/TBH060H130	M6	13	8.7/9	7.5	12.5	6
41/TBH060H200	M6	20	8.7/9	7.5	12.5	6
41/TBH060H250	M6	25	8.7/9	8	12.5	6
41/TBH080H130	M8	13	10.7/11	9.5	14.5	8
41/TBH080H250	M8	25	10.7/11	9.5	14.5	8
41/TBH100H130	M10	13	12.2/12.25	11.5	16	10
41/TBH100H250	M10	25	12.2/12.25	11.5	16	10

DIN 7997 Z

Tornillo de cabeza avellanada para madera

con impronta Z (Pozidrive)



dk	5,6	6,5	7,5	8,3	9,2	11,0
k	1,65	1,93	2,20	2,35	2,50	3,00
⊕	Z 1	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	Z 3
Long. / Ø	3	3,5	4	4,5	5	6
12	▲	▲				
16	▲	▲	▲			
20	▲	▲	▲	▲	▲	
25	▲	▲	▲	▲	▲	▲
30	▲	▲	▲	▲	▲	▲
35	▲	▲	▲	▲	▲	▲
40		▲	▲	▲	▲	▲
45		▲	▲	▲	▲	▲
50		▲	▲	▲	▲	▲
60			▲	▲	▲	▲
70			▲	▲	▲	▲
80					▲	▲
90					▲	▲
100					▲	▲
110						▲
120						▲
UV	200	200	200	200	200	100

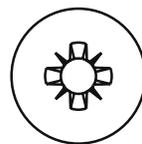
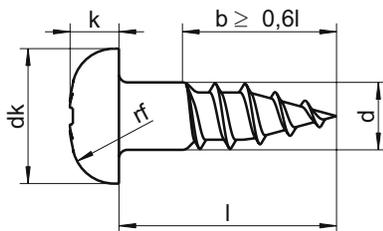
■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido

Ejemplo Art.-Nr.: 7997-2-6X40Z DIN 7997 - A2 - Ø 6mm - l = 40mm - Pozidrive

DIN 7996 Z

Tornillos para madera cabeza redonda

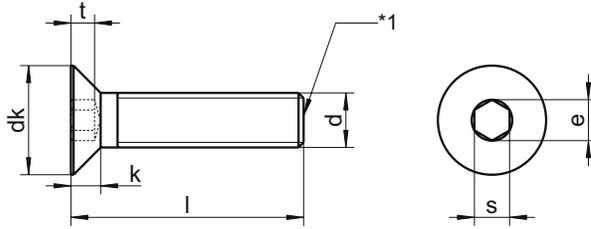
con impronta Z (Pozidrive)



dk	6	7	8	9	10	12
k	2,10	2,35	2,80	3,10	3,50	4,20
rf	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	9,6
⊕	Z 1	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	Z 3
Long. / Ø	3	3,5	4	4,5	5	6
12	▲	▲	▲			
16	▲	▲	▲			
20	▲	▲	▲			
25	▲	▲	▲	▲	▲	▲
30	▲	▲	▲	▲	▲	▲
35	▲	▲	▲	▲	▲	▲
40		▲	▲	▲	▲	▲
45		▲	▲	▲	▲	▲
50		▲	▲	▲	▲	▲
60			▲	▲	▲	▲
70			▲	▲	▲	▲
80					▲	▲
90					▲	▲
100					▲	▲
120						▲
UV	200	200	200	200	200	100

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido
Ejemplo Art.-Nr.: 7996-2-6X40Z DIN 7996 - A2 - Ø 6mm - l = 40mm - Pozidrive

sim. ISO 10642 - **DIN 7991 VO**
Tornillo avellanado Allen
 rosca completa



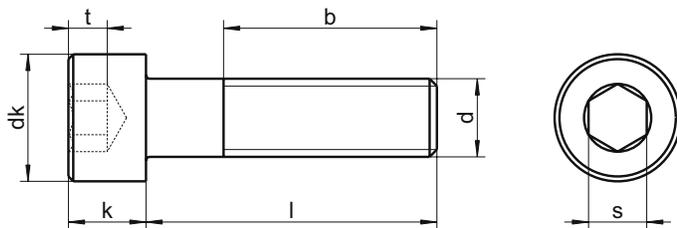
	6	8	10	12	16	20	24	30	36	39
dk	1,7	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7,5	7,5	14,0
k	1,7	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7,5	7,5	14,0
s	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
t	1,2	1,8	2,3	2,5	3,5	4,4	4,6	5,3	5,3	10,3
e	2,30	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	11,43	16,00
●	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Long. / Ø	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
25	▲●									
30	▲●	▲●								
35	▲●	▲●	▲●							
40	▲●	▲●	▲●	▲●						
45		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
50		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
55		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
60		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
65		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
70		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
75			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
80			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
90			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
100			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
110					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
120					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
130					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
140					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
150					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
160					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
UV	500	200	200 ≥ 90 100	200 ≥ 45 100	100 ≥ 70 50	100 ≥ 50 50	50 ≥ 80 25	25	25	25

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido
 Ejemplo Art.-Nr.: 7991-2-8X45VO DIN 7991 - A2 - M8 - l = 45mm - Rosca completa

Por favor tenga en cuenta que nuestra gama de suministro DIN 7991 VO se compone de medidas que, en contra de la norma, tienen rosca entera. Los tornillos avellanados ranurados están como DIN 963, con impronta en cruz H y Z como DIN 965, con impronta TX como WS 9470 y WS 9475. Como tornillo de seguridad TX+PIN bajo WS 9482 de este catálogo.

DIN 912 - Página 1 - sim. ISO 4762

Tornillo Allen cilíndrico

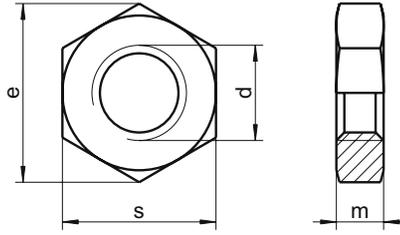


dk max.	3,0	3,8	4,5	5,5	7,0	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0	27,0
k max.	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
s	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14
b	15	16	17	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48
t	0,7	1,0	1,1	1,3	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
●	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14
Long. / Ø	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18
3	▲●	▲●											
4	▲●	▲●	▲●	▲●									
5	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●								
6	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●						
8	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●						
10	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●					
12	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
14	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
16	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
18		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
20		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
22			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
25			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
30				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
35				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
40				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
45				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
50				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
55					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
60					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
65					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
70					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
75					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
UV	1000	1000	1000	1000 ≥ 45 500	1000 ≥ 35 500	500 ≥ 45 200	500 ≥ 45 200	200 ≥ 45 100	100	100 ≥ 55 50	25	25	25

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido

Ejemplo Art.-Nr.: 912-2-8X40 DIN 912 - A2 - M8 - l = 40mm

El tornillo Allen cilíndrico DIN 912 con rosca completa o conforme a AD2000-W2 se encuentra en las siguientes páginas. Los tornillos cilíndricos con impronta TX aparecen como ISO 14579 en este catálogo. Tornillos cilíndricos Allen con rosca UNC/UNF conforme ANSI B18.3 disponibles bajo pedido.



d	m min.	s	e	⌀
M1,6	0,75	3,2	3,48	3,2
M2	0,95	4	4,32	4
M2,3	0,95	4,5	5,20	4,5
M2,5	1,35	5	5,45	5
M2,6	1,35	5	5,80	5
M3	1,55	5,5	6,01	5,5
M4	1,95	7	7,66	7
M5	2,45	8	8,79	8
M6	2,90	10	11,05	10
M8	3,70	13	14,38	13
M10	4,70	17	18,90	17
M12	5,70	19	21,10	19
M14	6,42	22	24,49	22
M16	7,42	24	26,75	24
M18	8,42	27	29,56	27
M20	9,10	30	32,95	30
M22	9,90	32	35,03	32
M24	10,90	36	39,55	36
M27	12,40	41	45,20	41
M30	13,90	46	50,85	46
M33	15,40	50	55,37	50
M36	16,90	55	60,79	55
M39	18,20	60	66,44	60
M42	19,70	65	71,30	65
M45	21,20	70	76,95	70
M48	22,70	75	82,60	75

Grado	UV
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	200
▲●	200
▲●	200
▲●	100
▲●	100
▲●	50
▲●	50
▲●	25
▲●	25
▲●	25
▲●	25
▲●	25
▲●	10
▲●	10
▲●	10
▲●	10
▲●	10

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido

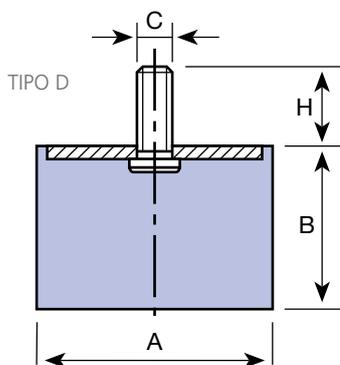
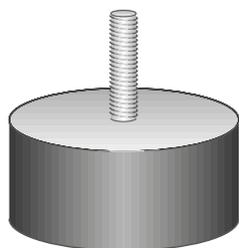
Ejemplo Art.-Nr.: 439-2-8 DIN 439 - A2 - M8

TOPES SIMPLES AMC MECANOCAUCHO® TIPO D MACHO

APLICACIONES

Como topes: En cualquier caso de limitación de amplitud de un elemento flexible.

- Fin de carrera de ballesta o amortiguador.
- Fin de carrera de grúas y polipastos.
- Calaje de material frágil en los embalajes.



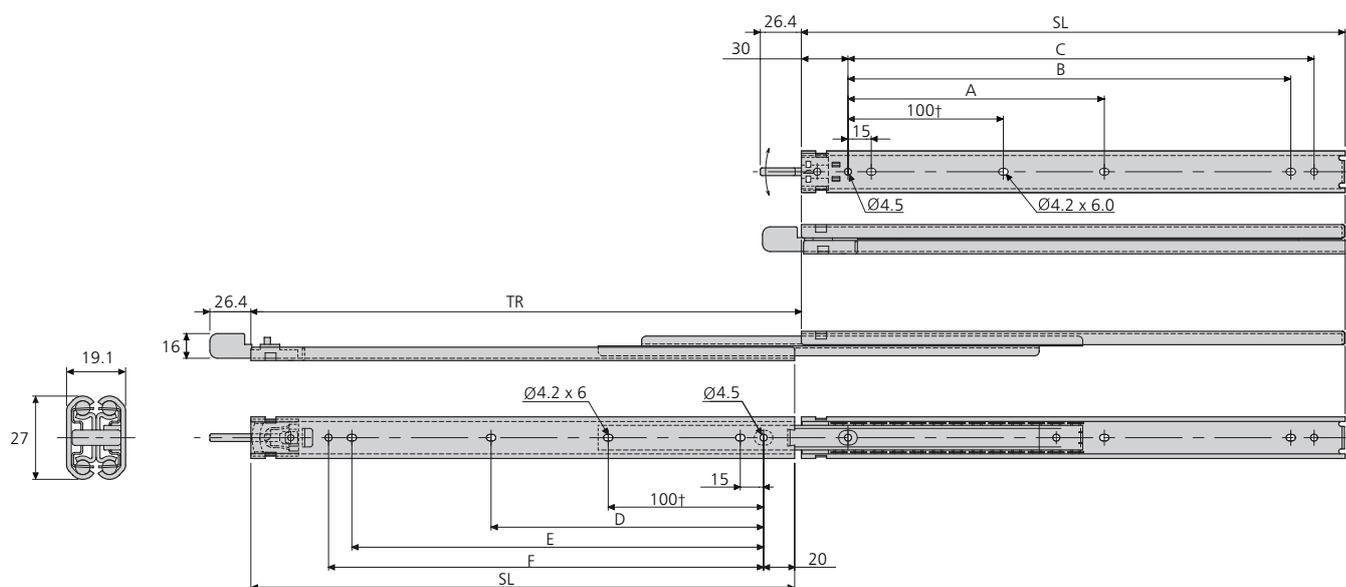
Tipo	Código	A (mm.)	B (mm.)	C	H (mm.)	COMPRESIÓN CARGA Máx. daN	COMPRESIÓN FLECHA mm.
TOPES SIMPLES MACHO 12-25	110001	12,5	10	M5	10	12	2
	110002	12,5	15	M5	10	10	3
	110003	12,5	20	M5	10	8	3,5
	110004	16	10	M5	12	20	1,5
	110005	16	15	M5	12	20	3
	110006	16	20	M5	12	15	4
	110007	16	25	M5	12	15	5
	110008	20	8,5	M6	16,5	40	1,5
	110009	20	15	M6	16,5	35	4
	110010	20	20	M6	16,5	30	5
	110011	20	25	M6	16,5	30	5,5
	110012	20	30	M6	16,5	25	7
	110091	25,5	10	M6	18	80	2
	110092	25,5	15	M6	18	60	3,5
	110093	25,5	20	M6	18	55	4,5
	110094	25,5	25	M6	18	50	6
	110095	25,5	30	M6	18	50	8
	110013	25,5	10	M8	20	80	2
	110014	25,5	15	M8	20	60	3,5
110015	25,5	19	M8	20	55	4,5	
110016	25,5	22	M8	20	50	5,5	
110017	25,5	25	M8	20	50	6	
110018	25,5	30	M8	20	50	8	
110019	25,5	40	M8	20	50	10	
TOPES SIMPLES MACHO 30-50	110020	30	15	M8	20	90	3
	110021	30	22	M8	20	80	5
	110101	30	25	M8	20	75	6,5
	110022	30	30	M8	20	70	8
	110023	30	40	M8	20	60	9
	110112	40	20	M8	20	160	5
	110113	40	25	M8	20	150	6
	110114	40	28	M8	20	150	6
	110115	40	30	M8	20	150	6
	110116	40	35	M8	20	120	8
	110117	40	40	M8	20	120	10
	110118	40	45	M8	25	120	11
	110024	40	20	M10	25	160	5
	110110	40	25	M10	25	150	6
	110025	40	28	M10	25	150	6
	110111	40	30	M10	25	150	6
	110026	40	35	M10	25	120	8
	110027	40	40	M10	25	120	10
	110028	40	45	M10	25	120	11
	110121	50	20	M10	25	300	5
110029	50	25	M10	25	300	6	
110122	50	30	M10	25	275	7	
110030	50	35	M10	25	250	8	
110123	50	40	M10	25	210	10	
110031	50	45	M10	25	190	11	
110124	50	50	M10	25	170	11	
110032	50	60	M10	25	150	11	
TOPES SIMPLES MACHO 60-95	110033	60	25	M10	25	400	6
	110034	60	36	M10	25	300	9
	110035	60	45	M10	25	250	11
	110036	60	60	M10	25	200	12
	110037	70	35	M10	25	450	8
	110038	70	50	M10	25	350	11
	110039	70	60	M10	25	300	12
	110040	70	70	M10	25	300	14
	110041	75	25	M12	30	650	7
	110042	75	40	M12	30	500	9
	110043	75	45	M12	30	500	10
	110044	75	55	M12	30	450	11
	110045	80	30	M14	35	950	7
	110046	80	40	M14	35	600	9
	110047	80	50	M14	35	550	10
	110048	80	55	M14	35	550	11
	110049	80	70	M14	35	500	13
110050	80	75	M14	35	450	14	
110051	95	40	M16	45	1200	8	
110052	95	55	M16	45	1000	11	
110053	95	60	M16	45	800	12	
110054	95	75	M16	45	700	13	
TOPES SIMPLES MACHO 105-150	110055	105	50	M16	45	1200	9
	110056	105	75	M16	45	1000	13
	110057	105	100	M16	45	800	16
	110058	120	50	M16	45	1500	9
	110059	120	75	M16	45	1200	13
	110060	120	200	M16	45	1000	16
	110062	130	50	M16	45	1600	9
	110063	130	75	M16	45	1450	13
	110064	130	200	M16	45	1200	16
	110065	150	50	M20	50	1800	9
110066	150	75	M20	50	1650	13	
110067	150	200	M20	50	1400	16	

- Load rating up to 30kg
- 100% extension
- 19.1mm slide thickness
- Low profile – 27mm high
- Lock-in
- Front lever lock release

80,000

- Capacidad de carga hasta 30kg
- 100% extensión
- Espesor de la guía de 19,1mm
- Perfil bajo: 27mm de altura
- Dispositivo de bloqueo en posición cerrada
- Liberación de bloqueo mediante palanca frontal

- Portata fino a 30kg
- Estrazione 100%
- Spessore guida 19,1mm
- Profilo basso: 27mm di altezza
- Blocco in posizione di chiusura
- Sblocco con levetta frontale



- † Hole not available for DZ2731-0020
- † Agujero no disponible para la guía DZ2731-0020
- † Foro non disponibile per DZ2731-0020

2731CL	mm								kg	
	SL	TR±3	A	B	C	D	E	F	W	L
DZ2731-0020CL	200	207	-	135	150	-	115	130	0.561	23
DZ2731-0025CL	250	256	-	185	200	-	165	180	0.723	26
DZ2731-0030CL	300	305	-	235	250	-	215	230	0.885	30
DZ2731-0035CL	350	354	-	285	300	-	265	280	1.047	28
DZ2731-0040CL	400	404	-	335	350	-	315	330	1.209	26
DZ2731-0045CL	450	453	215	385	400	225	365	380	1.371	24
DZ2731-0050CL	500	502	240	435	450	250	415	430	1.533	22



Notes:

- Fixing recommendation: M4 or M3
- Max. head height 2.5mm/Ø8.3mm
- Slide is unhande
- Load ratings quoted are the maximum for a pair of side mounted slides installed 450mm apart, unless otherwise stated. For more information go to page 169 of the catalogue.
- Please refer to 2D CAD drawing for dimensional tolerances

Notas:

- Recomendaciones de montaje: M4 o M3
- Altura máxima de la cabeza 2,5mm/Ø8,3mm
- La guía es igual para ambos lados
- Sin precisión adicional, la capacidad de carga máxima corresponde a un par de guías montada verticalmente y con una distancia entre ellas de 450mm. Para mas información, consulte la pagina 173 del catalogo
- Por favor, miren el dibujo 2D para las tolerancias dimensionales

Hinweise:

- Consigli per il fissaggio: vite M3 o M4
- Altezza max. testa della vite 2,5mm/Ø8,3mm
- Verso sinistro e destro intercambiabile
- Le portate dichiarate sono il massimo per una coppia di guide montate di lato a 450mm di larghezza a meno che diversamente dichiarato. Per maggiori informazioni andate alla pagina 177 del catalogo
- Per le tolleranze dimensionali si prega di fare riferimento ai disegni 2D CAD

Asas de montaje frontal

Tecnopolímero

MATERIAL

Tecnopolímero de base poliamídica (PA) reforzado con fibra de vidrio, color gris-negro, acabado mate.

TAPITAS

Tecnopolímero en los colores Ergostyle, mate. Se suministra sin montar, montaje encajando la pieza. Se puede extraer con un destornillador.

Disponibles también como accesorios que se venden por separado (véase tabla ECA.).

Código	Descripción	Tapas para
29830-*	ECA.B0-*	EBP.110
29831-*	ECA.B1-*	EBP.140 EBP.150 EBP.180 EBP.200

* Completar con el código de color (C1, ..., C6).

EJECUCIONES ESTÁNDAR

- **EBP:** Agujero pasante para montaje frontal o trasero mediante tornillos de cabeza cilíndrica con alojamiento hexagonal, tornillos de cabeza hexagonal o tuercas estándar.
- **EBP-B:** casquillos de latón, agujeros ciegos roscados para montaje posterior.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

Las asas de montaje frontal EBP. pueden ser aplicadas en contraposición a las asas de montaje posterior EBP.B (Fig.1)

DATOS TÉCNICOS

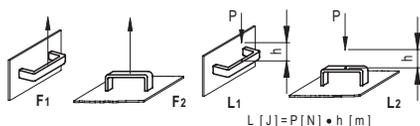
Resistencia a la aplicación de un esfuerzo de tracción y resistencia a la rotura: los valores F1, F2, L1 y L2 han sido registrados durante ensayos de rotura por medio de un equipo dinamométrico apropiado en las condiciones de prueba ilustradas y con temperatura ambiente.

ACCESORIOS BAJO PEDIDO

Casquillos de separación DS-EBP en tecnopolímero de base poliamídica (PA) para aumentar la distancia entre el asa y las superficie de fijación.

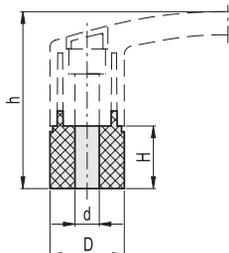


Fig.1



$$L [J] = P [N] \cdot h [m]$$

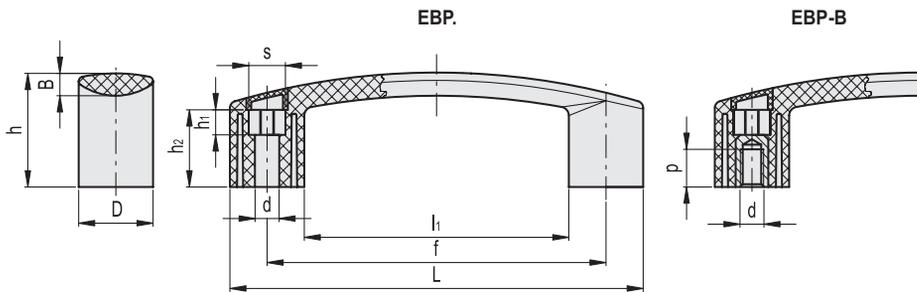
DS-EBP.



DS-EBP.

Código	Descripción	d	D	H	h	F1 [N]	F2 [N]	L1 [J]	L2 [J]	⚖️
260001	DS-EBP.110	6.5	22.5	18	53	1600	1500	8	3	7
260003	DS-EBP.140	8.5	26.5	19.5	58.5	2200	1800	10	4	9
260005	DS-EBP.180	9	29	20.5	64.5	2200	1500	12	5	11
260005	DS-EBP.200	9	29	20.5	70.5	2200	1500	12	5	11





* Completar con el código del color: 260111-C2 EBP.110-6-C2

	C1		C2		C3		C4		C5		C6
	RAL7021		RAL2004		RAL7035		RAL1021		RAL5024		RAL3000

EBP.

Código	Descripción	L	f	d	s	D	h	h1	h2	B	l1	F1 [N]	F2 [N]	L2 [J]	L2 [J]	⚖️
260111-*	EBP.110-6-*	116	93.5±0.5	6.5	10	22	35	6.5	23.5	7.5	72	2000	1500	8	3	35
260210-*	EBP.140-6-*	144	117±0.5	6.5	11	26	39	19.5	26.5	8.5	92	2700	1800	10	4	57
260211-*	EBP.140-8-*	144	117±0.5	8.5	13	26	39	8.5	26.5	8.5	92	2700	1800	10	4	55
260251-*	EBP.150-8-*	159	132±0.5	8.5	13	27	42	10.5	28	9.5	105	2700	1800	11	4	65
260311-*	EBP.180-8-*	178	150±1	8.5	13	28	45	14	32	9.5	122	2700	1500	12	5	78
260411-*	EBP.200-8-*	208.5	179±1	8.5	13	28.5	51	16	35	9.5	150.5	2200	1500	16	9	95

EBP-B

Código	Descripción	L	f	d6H	D	h	B	l1	p	F1 [N]	F2 [N]	L2 [J]	L2 [J]	⚖️
260120-*	EBP.110-B M5-*	116	93.5±0.5	M5	22	35	7.5	72	10	2000	1500	8	3	46
260121-*	EBP.110-B M6-*	116	93.5±0.5	M6	22	35	7.5	72	12	2000	1500	8	3	45
260220-*	EBP.140 B-M6-*	144	117±0.5	M6	26	39	8.5	92	12	2700	1800	10	4	70
260221-*	EBP.140 B-M8-*	144	117±0.5	M8	26	39	8.5	92	13	2700	1800	10	4	65
260255-*	EBP.150-B M6-*	159	132±0.5	M6	27	42	9.5	105	13	2700	1800	10	4	84
260256-*	EBP.150 B-M8-*	159	132±0.5	M8	27	42	9.5	105	13	2700	1800	11	4	82
260321-*	EBP.180 B-M8-*	178	150±1	M8	28	45	9.5	122	13	2700	1500	12	5	98
260421-*	EBP.200 B-M8-*	208.5	179±1	M8	28.5	51	9.5	150.5	13	2200	1500	16	9	108
260422-*	EBP.200-B M10-*	208.5	179±1	M10	28.5	51	9.5	150.5	13	2200	1500	16	9	106



Asas 4

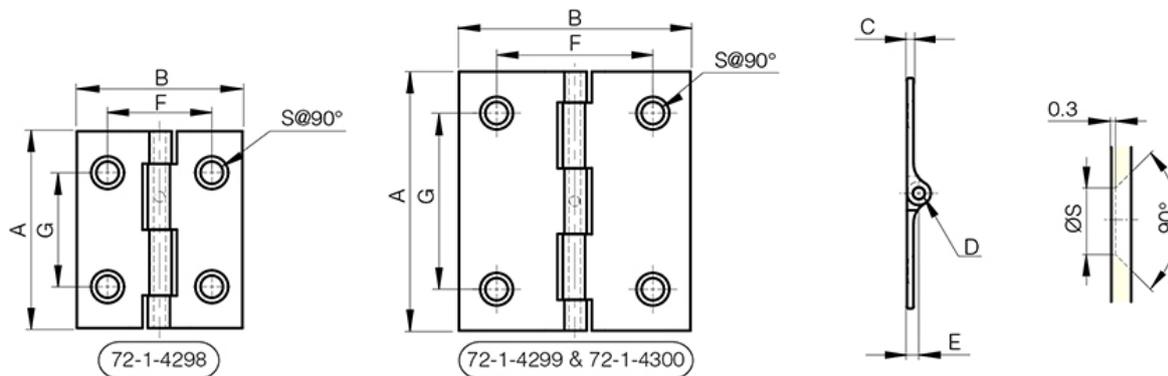
Small FinAlu® hinges

Model : 72-1-4298



Small hinges in aluminium profile with a small pin diameter.
This nice design can be used in many applications:
(medical, electronic enclosures, food equipment, transportation...).

These drilled hinges have same features as FinAlu® continuous hinges.
They have the similar dimensions to hinges used in the aircraft industry.



Material	6082 T5 alu
Finish	anodised
A (length)	38
B (width)	31.75
D (pin diameter)	2.29
C	1.3
E	2.29
Weight (g)	5
G (pitch)	22
F (pitch)	20
Opening angle	270
S	4.3
Material	aluminium
Functions	free swing hinges
Pin material	stainless steel

Max. 9 m³/h

DC axial fans

□ 40 x 10 mm

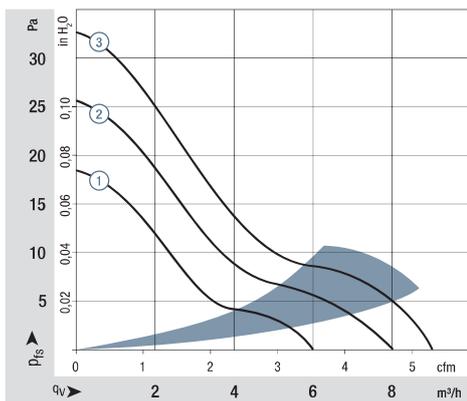


- **Material:** Housing: GRP¹⁾ (PBT)
Impeller: GRP¹⁾ (PA)
 - **Direction of air flow:** Exhaust over struts
 - **Direction of rotation:** Counterclockwise, looking towards rotor
 - **Connection:** Via single wires AWG 28, TR 64
 - **Highlights:** Some models are suitable for use at high ambient temperatures
 - **Weight:** 17 g
- **Possible special versions:** (See chapter DC fans - specials)
 - Speed signal
 - Go / NoGo alarm
 - Moisture protection

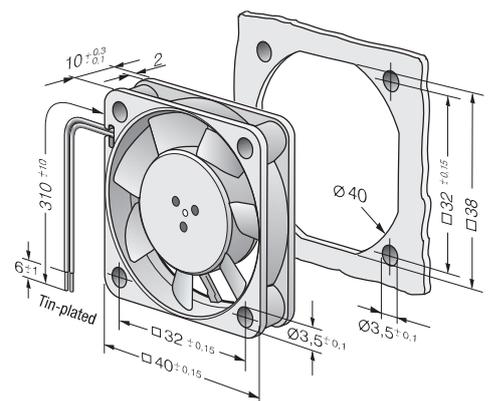
1) Fiberglass-reinforced plastic

Series 400 F														
Nominal data	Air flow		Nominal voltage	Voltage range	Sound pressure level	Sound power level	Sinter sleeve bearings Ball bearings	Power consumption	Nominal speed	Temperature range	Service life L ₁₀ (20 °C) ebm-papst standard	Service life L ₁₀ (60 °C) ebm-papst standard	Life expectancy L ₁₀ IPC (40 °C) see page 17	Curve
	Type	m ³ /h												
405 F	8	4.7	5	4.5...5.5	22.1	4.4	□	0.7	5 400	-20...+70	45 000 / 17 500	47 500	②	
405 FH	9	5.3	5	4.5...5.5	26.0	4.6	□	0.9	6 000	-20...+70	45 000 / 17 500	47 500	③	
412 FM	6	3.5	12	10...14	17.0	3.8	□	0.5	4 300	-20...+70	45 000 / 17 500	47 500	①	
412 F	8	4.7	12	10...14	22.1	4.4	□	0.7	5 400	-20...+70	45 000 / 17 500	47 500	②	
412 FH	9	5.3	12	10...14	26.0	4.6	□	0.8	6 000	-20...+70	45 000 / 17 500	47 500	③	
414 F	8	4.7	24	20...28	22.1	4.4	□	0.8	5 400	-20...+70	45 000 / 17 500	47 500	②	
414 FH	9	5.3	24	21.6...26.4	26.0	4.4	□	0.9	6 000	-20...+70	45 000 / 17 500	47 500	③	
Model with temperature range up to +85 °C.														
412 FM-074	6	3.5	12	10...14	17.0	3.8	□	0.4	4 300	-20...+85	45 000 / 17 500	47 500	①	
412 F-130	8	4.7	12	10...14	22.1	4.4	□	0.6	5 400	-20...+85	45 000 / 17 500	47 500	②	
412 FH-132	9	5.3	12	10...14	26.0	4.6	□	0.8	6 000	-20...+85	45 000 / 17 500	47 500	③	

Subject to change



Air performance measured according to: ISO 5801.
Installation category A, without contact protection.
Noise: Total sound power level L_{WA} ISO 103002 measured on a hemisphere with a radius of 2 m.
Sound pressure level L_{pA} measured at 1 m distance from fan axis.
The values given are applicable only under the specified measuring conditions and may differ depending on the installation conditions.
In the event of deviation from the standard configuration, the parameters must be checked after installation!
For detailed information see <http://www.ebmpapst.com/general-conditions>



Fan Filter Kit

ABS plastic/PU, 40 x 40 mm



FEATURES:

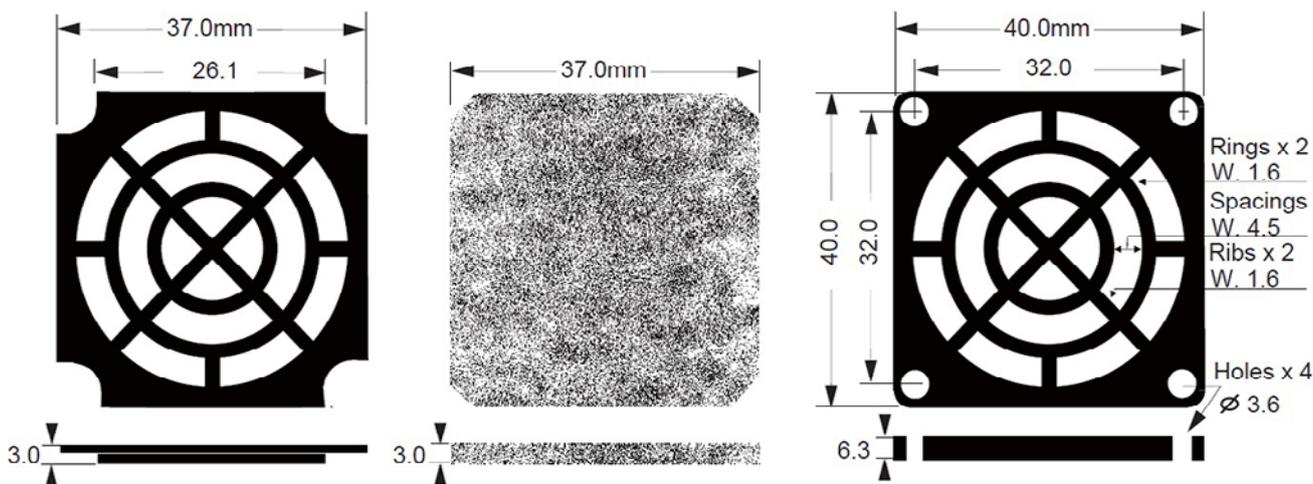
- Includes plastic guard, foam filter and retainer
- Fan guard and retainer are made of ABS764 glass reinforced plastic - flammability rated UL94V-0
- Filter is made of PU foam
- Fan filter kit for 40 mm (1.57") fans
- Filtering holes - 45 PPI (Porous per inch)

SPECIFICATION:

Suitable for fan	40 x 40 mm
Material	ABS plastic/PU
Length	40 mm
Width	40 mm
Height	12.3 mm
Colour	black
Weight	4.5 g



Art. Nr.
RND 460-00047



GENERAL PURPOSE VENTILATION HOSE FOR TEMPERATURES UP TO +300°F

Master-Clip NEOPRENE H

Material

Hose wall: Heavier coated neoprene polyester fabric
External helix: galvanized steel

Applications

- Transfer of hot or cold air
- Air-conditioning/ventilation systems
- Automotive manufacturing
- Engine manufacturing
- Exhaust fumes equipment
- Extraction of corrosive media
- Chemical industry
- Higher Vacuum applications

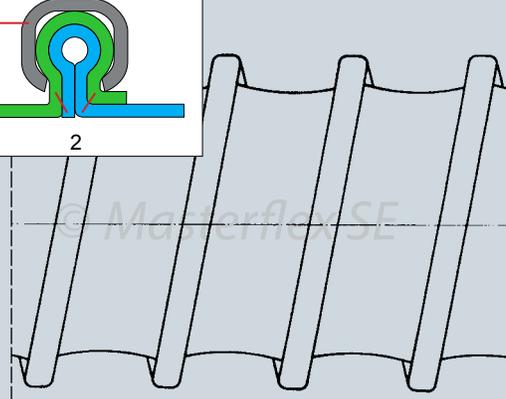
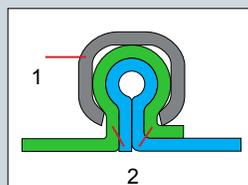
Properties

- Flame-resistant to FTM 5903 criteria
- Improved temperature resistance
- Highly flexible
- Extreme compressibility 1:6
- Small bend radius
- Vibration-proof
- Good chemical resistance
- External steel helix protects against abrasion



Construction

1. External helix
2. Hose wall: heavier coated neoprene polyester fabric



Temperature Range*

- -30°F up to +300°F
- Intermittent to +350°F

Chem. Resistance

See resistance table

*Hoses used for vehicle exhaust extraction, or operating near maximum temperature, must be used within a properly designed fan system to avoid damaging the hose.

Master-Clip NEOPRENE H

Dia (in.)	Positive (in. w.c.)	Negative (in. w.c.)	*Bending radius (in.)	Weight (lbs./ft.)	Product Code
2.50	273	95	1.56	0.4697	234-063-107
3.00	249	78	1.80	0.5368	234-075-107
3.50	225	54	2.16	0.6039	234-090-107
4.00	205	44	2.40	0.6710	234-100-107
4.50	193	37	2.64	0.7381	234-115-107
5.00	133	28	3.00	0.8052	234-125-107
5.60	100	23	3.36	0.8723	234-140-107
6.00	88	20	3.60	0.8723	234-150-107
6.40	84	17	3.84	0.8723	234-160-107
7.00	74	15	4.20	0.9394	234-175-107
8.00	59	11	4.80	1.0736	234-200-107
9.00	46	9	6.32	1.3420	234-225-107
10.00	40	7	7.00	1.4091	234-250-107
11.00	32	6	7.72	1.5433	234-275-107
12.00	28	5	8.40	1.6104	234-300-107
13.00	24	4	9.12	1.8788	234-325-107
14.00	23	4	9.80	2.2143	234-350-107
15.00	20	3	10.52	2.3485	234-375-107
16.00	19	3	11.20	2.5498	234-400-107
18.00	18	2	14.40	2.8182	234-450-107
20.00	17	2	16.00	3.1537	234-500-107
22.00	17	2	17.60	3.5563	234-550-107
24.00	16	1	19.20	3.9589	234-600-107
28.00	12	1	22.40	4.6299	234-700-107
32.00	9	1	25.60	5.0996	234-800-107
36.00	6	1	28.80	5.5022	234-900-107

*Referring to the inner side of the elbow of hose.
The above mentioned data refers to an average and ambient temperature of 68o F. Subject to technical changes and color variations. Please refer to technical data sheet when selecting hose.

Standard Production

- Diameter: 2.5" to 36"
- Color: black
- Standard lengths: 25'

Available on Request

- Special lengths
- Custom design with other pitches and helix sizes
- External helix also in stainless steel
- Special diameters metric

Installation and connection possibilities



Clip-Grip hose clamp, screwable



Hose connector, screwable

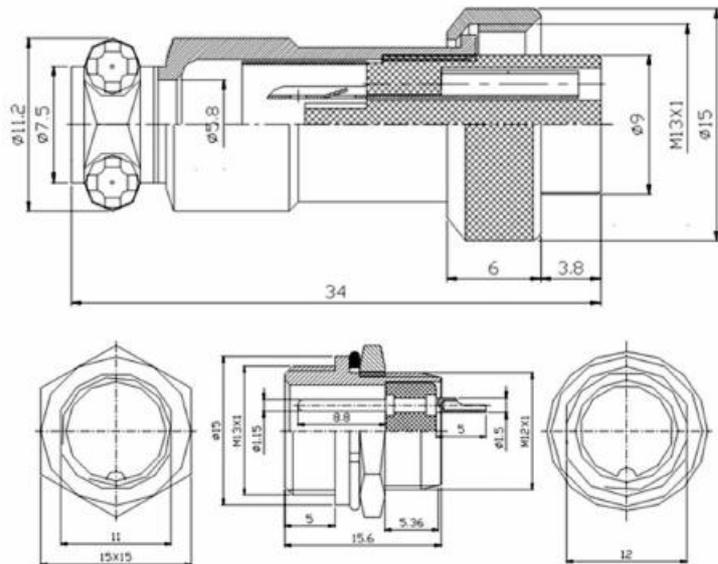


Hose reducer, symmetrical

Masterduct, Inc.
5235 Ted Street
Houston, TX 77040 USA
Tel. +1 713 462-5779
Tel. +1 800 318-3300
Fax +1 713 939-8441
www.Masterduct.com

 **MASTERDUCT**
Connecting Values

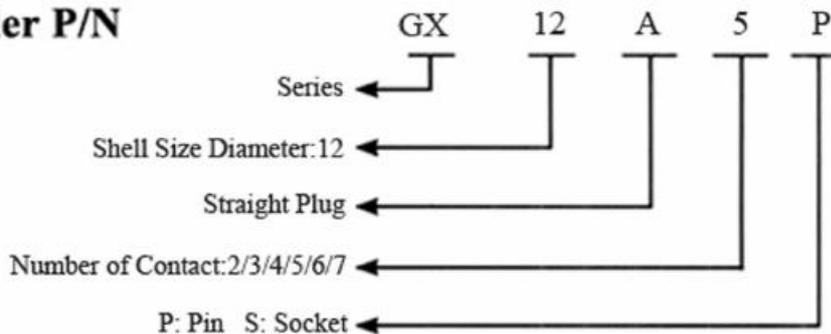
Renhotec GX12 Connector



Material and Specifications

Coupling	Threaded Coupling		Termination	Solder	
Shell Material	Zinc Alloy with Nickel plated		Mating Cycle	500 Times	
Insert Material	Bakelite		Temperature Range	-20°C ~ +85°C	
Contact Material	Copper (Silver plated/Gold)		Cable Diameter	≤ Φ5.0mm	
			Protection Degree	IP55	
Core Number	2 Core	3 Core	4 Core	5 Core	6 Core
Contact Arrangement					
Contact Diameter, Number	Φ 1.2*2	Φ 1.2*3	Φ 1.2*4	Φ 1.2*5	Φ 1.2*6
Rated Current(A)	5	5	5	5	5
Working Voltage (AC,V,RMS)	250	250	250	250	250

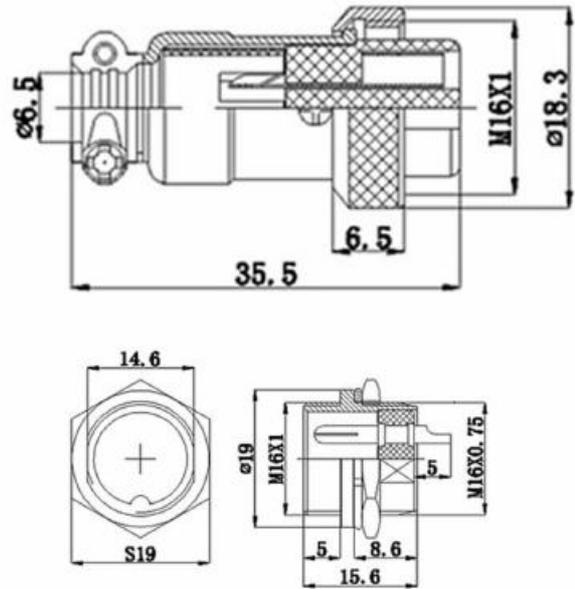
Order P/N



Note:

- A: Straight Plug
- B: Panel Mount Socket
- K: Docking Cable Plug
- D: Angled Plug
- E: 3 Hole Circular Flange
- F: Bulkhead
- H: 4 Hole Square Flange

Renhotec GX16 Connector

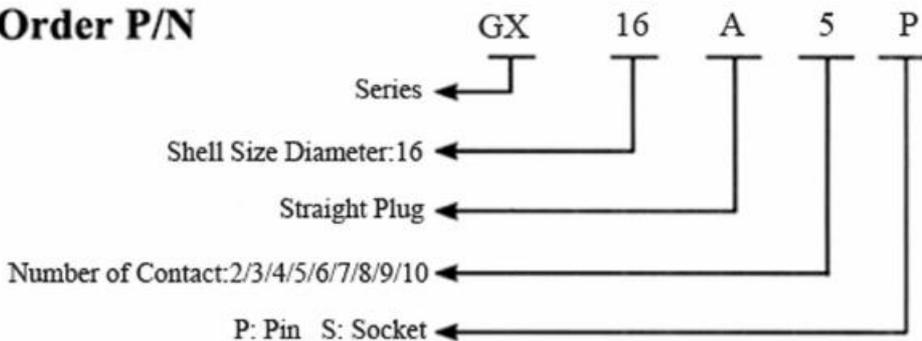


Material and Specifications

Coupling	Threaded Coupling	Termination	Solder
Shell Material	Zinc Alloy with Nickel plated	Mating Cycle	500 Times
Insert Material	Bakelite	Temperature Range	-20°C ~ +85°C
Contact Material	Copper (Silver plated/Gold)	Cable Diameter	$\Phi 7.5\text{mm} \sim \Phi 8.5\text{mm}$
		Protection Degree	IP55

Core Number	2 Core	3 Core	4 Core	5 Core	6 Core	7 Core	8 Core
Contact Arrangement							
Contact The Diameter, Number	$\phi 2.5 \cdot 2$	$\phi 2.5 \cdot 3$	$\phi 2.5 \cdot 4$	$\phi 2.5 \cdot 5$	$\phi 2.5 \cdot 6$	$\phi 2.5 \cdot 7$	$\phi 2.5 \cdot 8$
Rated Current(A)	7	7	5	5	4	4	4
Working Voltage (AC,V,RMS)	250	250	250	250	250	250	250

Order P/N



Note:

- A: Straight Plug
- B: Panel Mount Socket
- K: Docking Cable Plug
- D: Angled Plug
- E: 3 Hole Circular Flange
- F: Bulkhead
- H: 4 Hole Square Flange

ABS

Es un filamento que aguanta altas temperaturas, es mecanizable y soluble en acetona. Una de las cualidades de nuestro filamento de ABS es su resistencia, es reciclable y es fácil de pintar. Es un plástico que se usa en múltiples aplicaciones, objetos domésticos, piezas industriales, en automoción y muchas más.



Reciclable
Recyclable
Recyclable



Apto para contacto
con alimentos
Food Approved
Aliments approuvés

	VALOR	UNIDADES DE MEDIDA	STANDARD		
PROPIEDADES FÍSICAS					
Composición química	Acrylonitrile Butadiene Styrene				
Densidad	1.04	g/cm ³	ISO 1183		
PROPIEDADES MECÁNICAS					
Resistencia a la tracción (hasta rotura, 23°)	45	MPa	ISO 527		
Alargamiento a la tracción(hasta rotura)	65	MPa	ISO 178		
Módulo de tracción	2300	MPa	ISO 527		
Fuerza de Impacto Charpy (entalla, 23°)	22	kJ/m ²	ISO 179		
Dureza Rockwell	97	MPa	ISO 2039-1		
PROPIEDADES TÉRMICAS					
Temperatura de deflexión térmica	99	°C	ISO 75		
Temperatura de ablandamiento Vicat B50	105	°C	ISO 306		
PROPIEDADES DE IMPRESIÓN					
Temperatura de impresión	230-250	°C			
Temperatura de la cama	80-100	°C			
Ventilador de capa	OFF	%			
TAMAÑO	PESO NETO	PESO BRUTO	DIAMETROS	COLOR	EMBALAJE
M	750 g	975 g	1.75 mm/2.85 mm	Varios colores	SmartBag, sello de seguridad, bolsa desecante
L	1000 g	1256 g	1.75 mm/2.85 mm	Varios colores	

SMARTFIL[®] PLA

PLA de primera calidad, no incorpora reciclado ni recuperado. Totalmente estabilizado y con una variabilidad en diámetro de 0.03 mm. No produce warping. Excelente resolución en la impresión.

PLA 100% premium. It does not incorporate recycled or recovered material. Fully stabilized and a variability in the diameter only of 0.03 mm. No warping occurs. Excellent resolution for printing.

PLA

Colores Disponibles / Available Colours

Color	Name	Colour
Natural	Natural	Natural
Blanco	Ivory White	White
Negro	True Black	Black
Amarillo	Orinoco	Yellow
Naranja	Sunset	Oranje
Coral	Coral	Coral
Rojo	Ruby	Red
Brilla en la Oscuridad	Smart Glow	Glows in the Dark
Marrón	Mahogany	Brown
Verde	Chlorophyll	Green 1
Verde 2	Emerald	Green 2
Verde 3	Jade	Green 3
Verde 4	Olive	Green 4
Azul 1	Sapphire	Blue 1
Azul 2	Cobalt	Blue 2
Fluor Yellow	Neo Yellow	Fluor Yellow
Violeta 1	Wisteria	Violet 1
Violeta 2	Aubergine	Violet 2
Rosa	Hillier Lake	Pink
Grís	Antracite	Grey
Dorado	Gold	Gold
Plateado	Silver	Silver
Cambio de Color	Mix	Colour Transition
Rosa Fluor	Neo Pink	Fluor Pink

Physical Properties	Typical Value	Test Method
Material Density	1,24 g/cm ³	ISO 1183
Chemical Name	Polylactic Acid	

Mechanical Properties	Typical Value	Test Method
Tensile Strength	MD 110 MPa	ASTM D882
	TD 114 MPa	ASTM D882
Tensile Modulus	MD 3309 MPa	ASTM D882
	TD 3861 MPa	ASTM D882
Elongation at Break	MD 160%	ASTM D882
	TD 100%	ASTM D882
Elmendorf Tear	MD 15 g/ml	ASTM D1922
	TD 13 g/ml	ASTM D1922

Thermal Properties	Typical Value	Test Method
Heat Deflection Temperature B	65 °C	ASTM D1505
Vicat Softening Temperature	85° C	ASTM D1525

Printing Properties	Typical Value
Print Temperature	220±20 °C
Hot Pad	0-60 °C
Fan Layer	On (100%)

Size	Net W.	Gross W.	Diameters	Packaging Characteristics
S	330 g	348 g	1.75 mm	SmartBag, security seal
M	750 g	975 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
L	1000 g	1256 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XL ¹	3300 g	3864 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XXL ¹	5600 g	6346g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XXXL ¹	8000 g	8746 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal

(1)XL, XX and XXL son fabricados bajo demanda. Plazo de entrega entre 1 y 5 semanas.
 XL, XX and XXL spools are made under order. Delivered term between 1 and 5 weeks.



Reciclabre
Recyclable
Recyclable



Apto para contacto
con alimentos
Food Approved
Aliments approuvés



Biocompostable
Biocompostable
Biocompostables

Nota: Ninguno de nuestro filamentos contiene material reciclado con el fin de ofrecer filamentos de la mejor calidad.

Note: None of our filaments is produced with recycled material in order to get the highest quality filaments.

SMARTFIL® NYLSTRONG

Nylon (PA6) reforzado con cargas, lo que le adquiere gran resistencia al impacto y un balance único entre resistencia y rigidez. Material ideal para diversas prestaciones industriales debido a sus elevadas propiedades mecánicas y resistencia térmica.

Reinforced Nylon (PA6) with has great impact resistance and a unique balance between hardness and mechanical resistance. Besides, its high thermal resistance makes this material perfect for industrial purposes.

Physical Properties	Typical Value	Test Method		
Material Density	1,58 g/cm ³	ISO 1183		
Chemical Name	Polyamide with Fiber Glass			
Mechanical Properties	Typical Value	Test Method		
Notched Izod Impact	11,52 kJ/m ²	ISO 180		
Tensile Strength	160 MPa	ISO 527-1/-2		
Thermal Properties	Typical Value	Test Method		
Vica Softening Temperature	212 °C	ISO 306		
Printing Properties	Typical Value			
Print Temperature	255±10 °C			
Hot Pad	90-100 °C			
Fan Layer	On (20 - 100%)			
Layer Height	> 0,2			
Size	Net W.	Gross W.	Diameters	Packaging Characteristics
M	750 g	975 g	1 75/2'85 mm	SmartBag, security seal
XL ¹	3300 g	3864 g	1 75/2'85 mm	SmartBag, security seal
XXL ¹	5600 g	6346g	1 75/2'85 mm	SmartBag, security seal
XXXL ¹	8000 g	8746 g	1 75/2'85 mm	SmartBag, security seal

(1) XL, XX and XXL son fabricados bajo demanda. Plazo de entrega entre 1 y 5 semanas.
XL, XX and XXL spools are made under order. Delivered term between 1 and 5 weeks.

Debido a las cargas de vidrio, este material es **altamente abrasivo** por lo que para evitar el desgaste en las boquillas de latón es **necesario el uso de boquillas de acero endurecido**.

Due to glass loads, this material is **highly abrasive** so to avoid wear in brass nozzles it is **necessary to use hardened steel nozzles**.



Recyclable
Recyclable
Recyclable

Nota: Ninguno de nuestro filamentos contiene material reciclado con el fin de ofrecer filamentos de la mejor calidad.

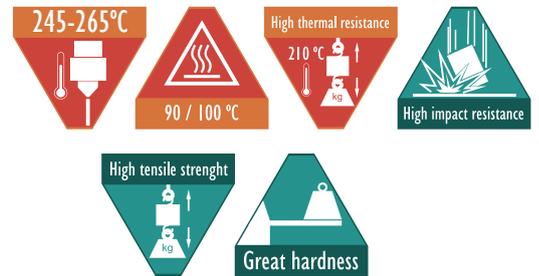
Note: None of our filaments is produced with recycled material in order to get the highest quality filaments.

Note: Nos filaments ne sont pas fabriqués avec des matériaux recyclés dans le but d'offrir un produit de la meilleure qualité

NYLSTRONG

Colores Disponibles / Available Colours

Color	Name	Colour
Natural	Natural	Nature



SMARTTIPS

- Recomendamos encarecidamente imprimir usando Raft para evitar que se deformen en sus impresiones. También puede utilizar el parámetro Brim aunque puede encontrar un poco de deformación en la base dependiendo de la forma de la pieza.
- We strongly recommend printing using Raft to prevent warping in your prints. You can also use Brim parameter though you might find a little bit of warping on the base depending of the piece shape.
- También recomendamos el uso de laca de alto rendimiento diseñada especialmente para la impresión 3D con el fin de asegurar una correcta adhesión a la cama caliente y reducir las contracciones.
- We also recommend using high performance hairspray specially designed for 3D printing in order to ensure a correct adhesion to the heated bed and reduce contractions.

Después del proceso de impresión, si retira rápidamente la pieza del calentador, debido al rápido cambio de temperatura, es muy probable que encuentre deformaciones en la base de su impresión. Por eso te **aconsejamos que sigas la regla 5x5**:

Justo después de terminar la impresión, disminuya la temperatura de la calefacción a 5°C y manténgala durante 5 minutos. Después de eso, **hágalo de nuevo hasta llegar a unos 50°C**, entonces usted será capaz de quitar la pieza de forma segura.

After the printing process, if you remove fast the piece from the heater bed, due to the fast temperature change, it's very likely you find warping on the base of your print. That is why we advise you to **follow the 5x5 rule**:

Just after a print is finished, decrease the heated bed temperature 5°C and keep it for 5 minutes. After that, **do it again until you reach around 50°C**, then you will be able to remove the piece safely.

- **No imprima este filamento con una altura de capa inferior a 0,1 mm** ya que las partículas de refuerzo pueden bloquear el extrusor si este valor es demasiado pequeño.
- **Do not print filament with lower layer height than 0,1mm** as reinforcement particles might block the extruder if this value is too small.
- **Recomendamos no imprimir con una densidad de relleno superior al 30%** si no es necesario. Cuanto más densidad de relleno, más deformación.
- **We recommend not to print with higher infill density than 30%** if it is not necessary. The more infill density, the more warping.



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

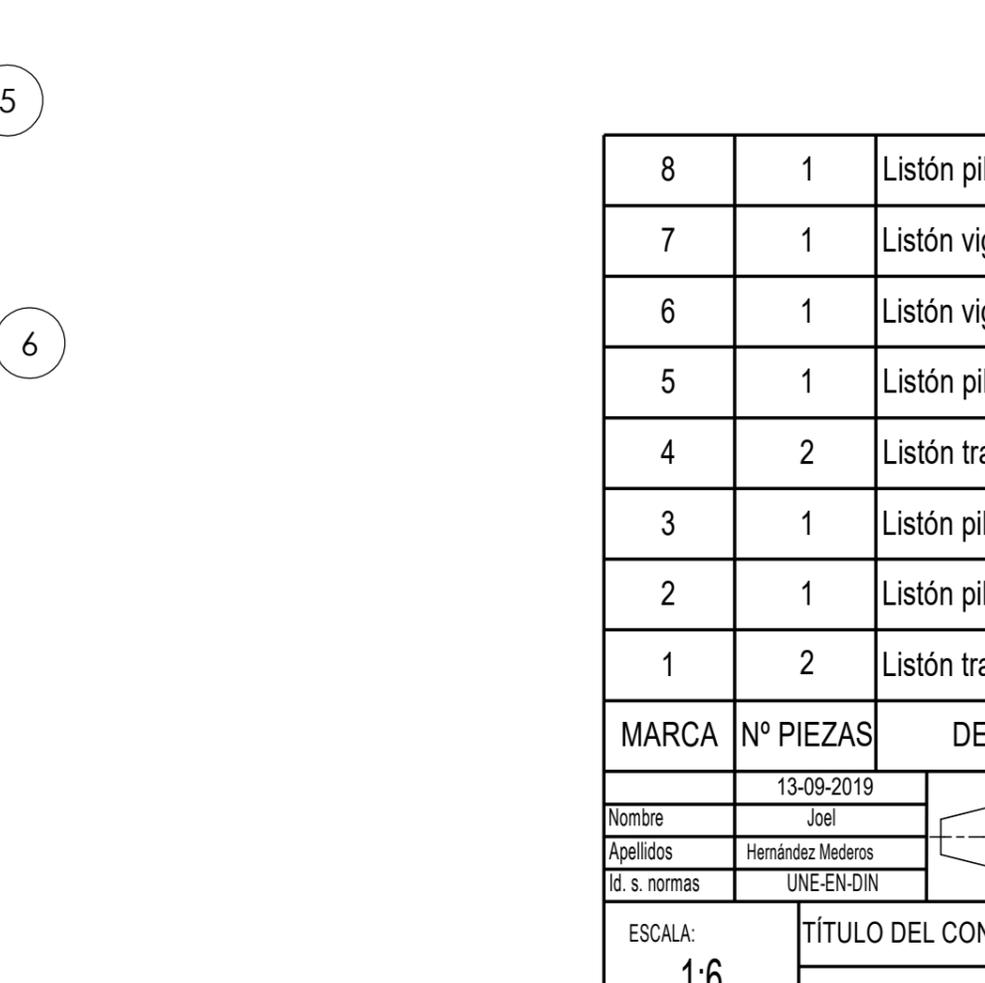
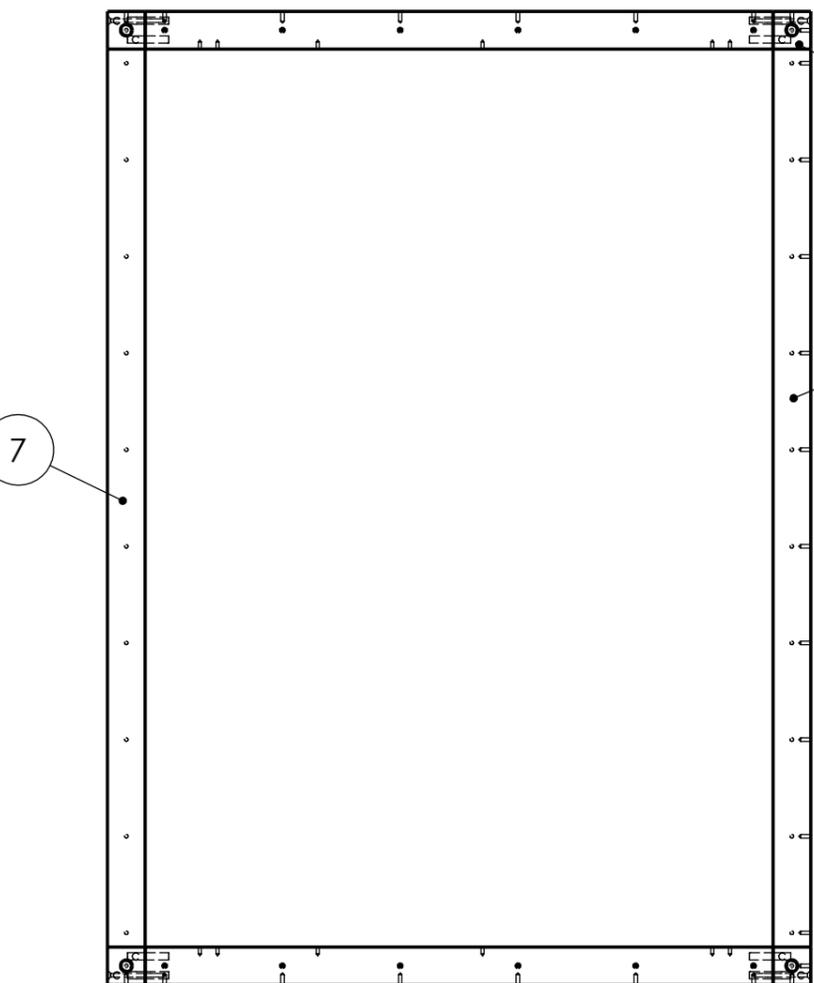
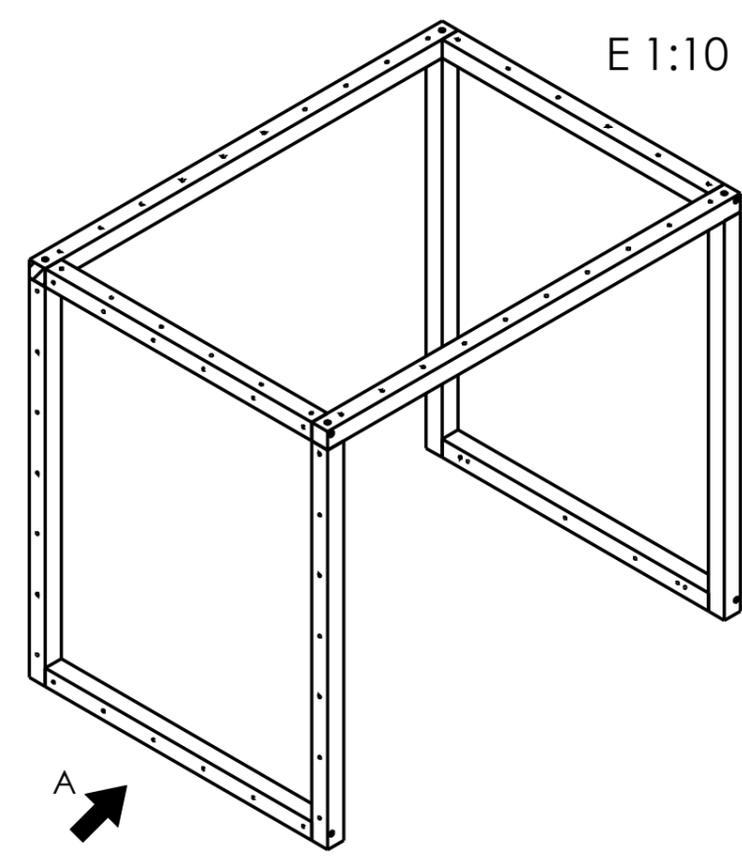
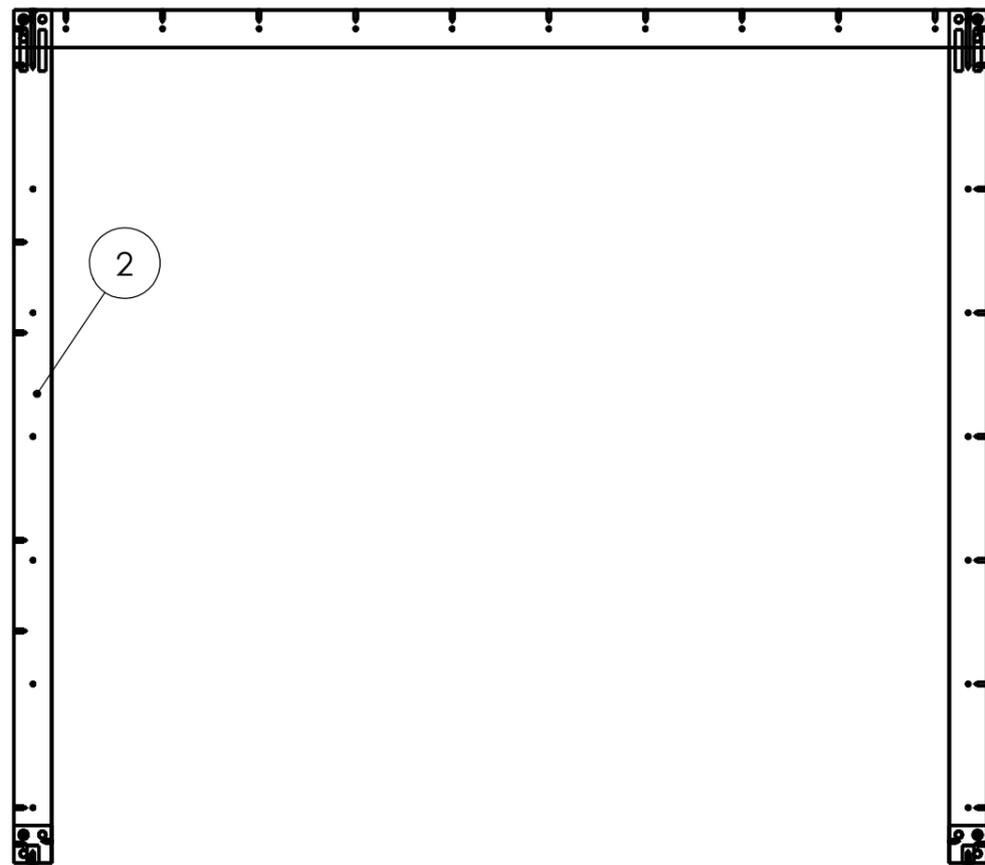
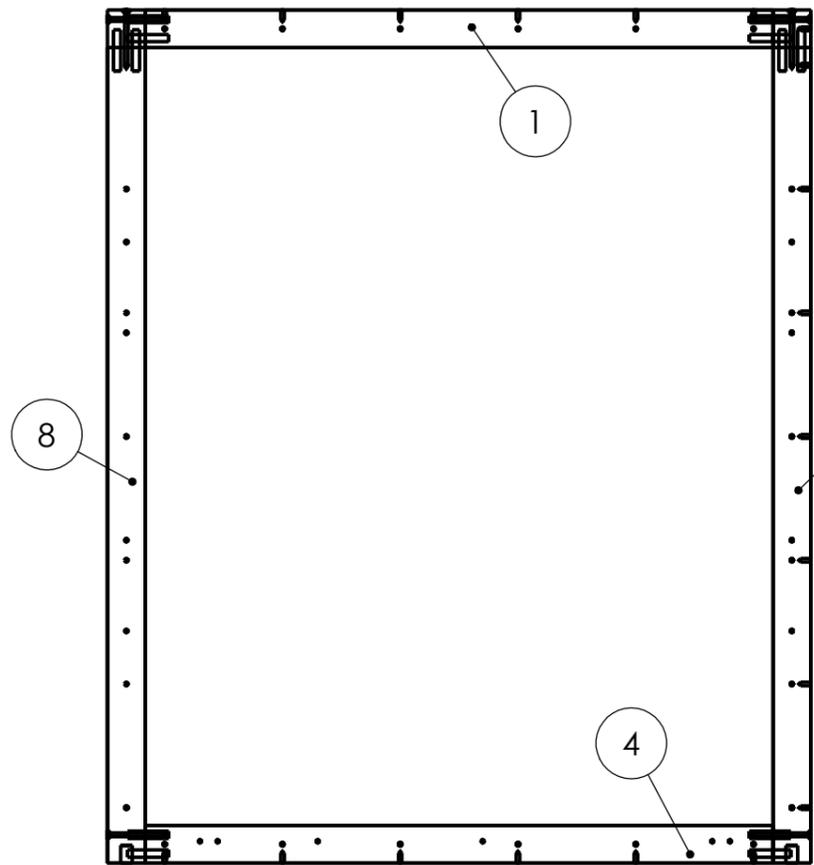
TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN RECINTO PARA IMPRESORA 3D
CON CONTROL DE ATMÓSFERA

PLANOS

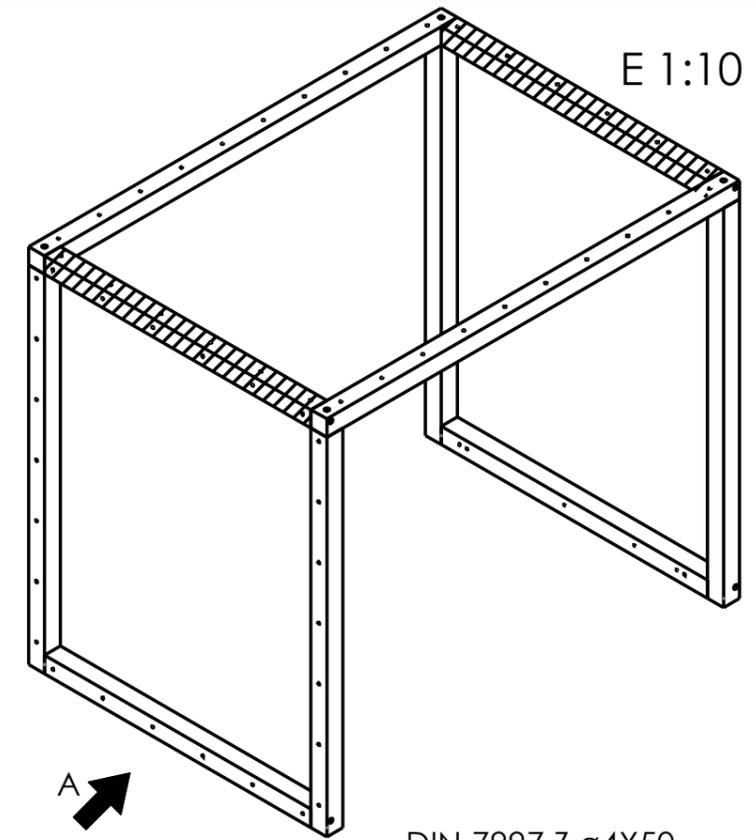
ALUMNO: JOEL HERNÁNDEZ MEDEROS

TUTORES: FERNANDO RIVERA LÓPEZ Y JOSÉ ANTONIO VÁLIDO GARCÍA

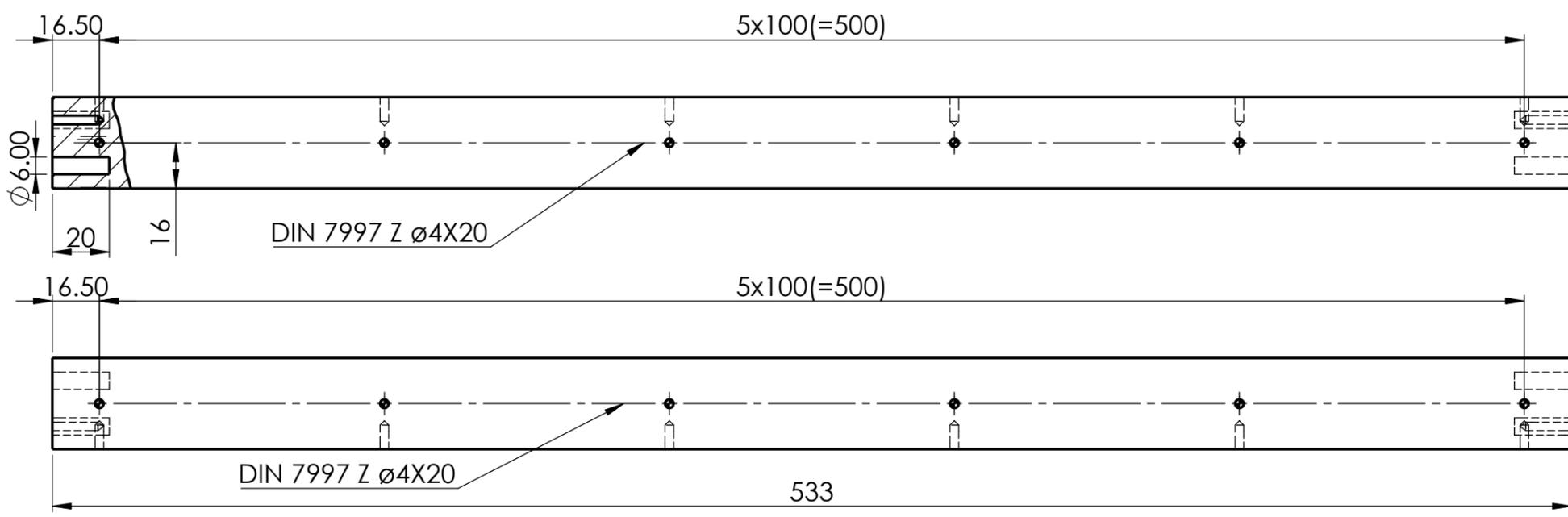
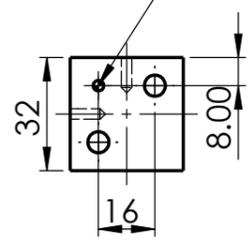


8	1	Listón pilar frontal izquierdo	-	Madera de abeto
7	1	Listón viga superior izquierdo	-	Madera de abeto
6	1	Listón viga superior derecho	-	Madera de abeto
5	1	Listón pilar trasero derecho	-	Madera de abeto
4	2	Listón transv. frontal inferior	-	Madera de abeto
3	1	Listón pilar frontal derecho	-	Madera de abeto
2	1	Listón pilar trasero izquierdo	-	Madera de abeto
1	2	Listón transv. frontal superior	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:6	TÍTULO DEL PLANO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE PLANO: 1.00	

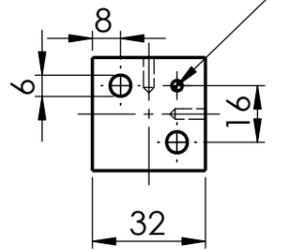
E 1:10



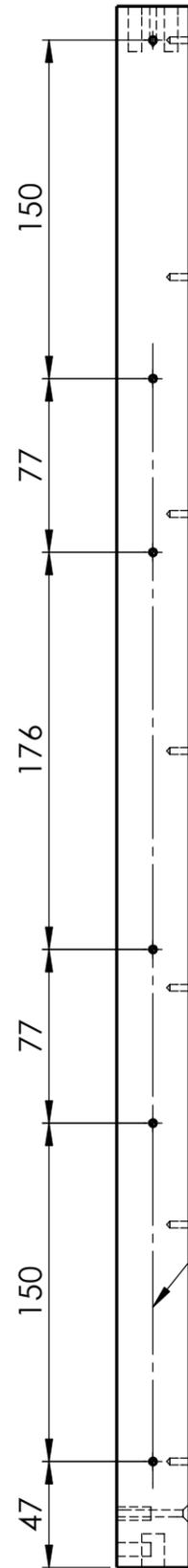
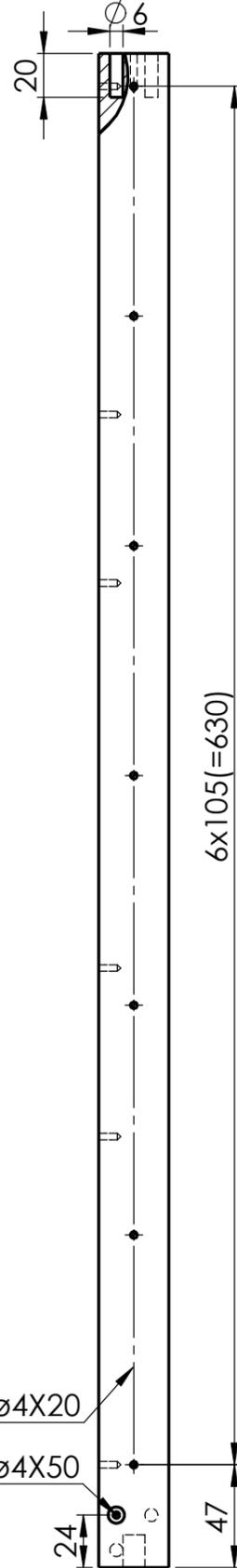
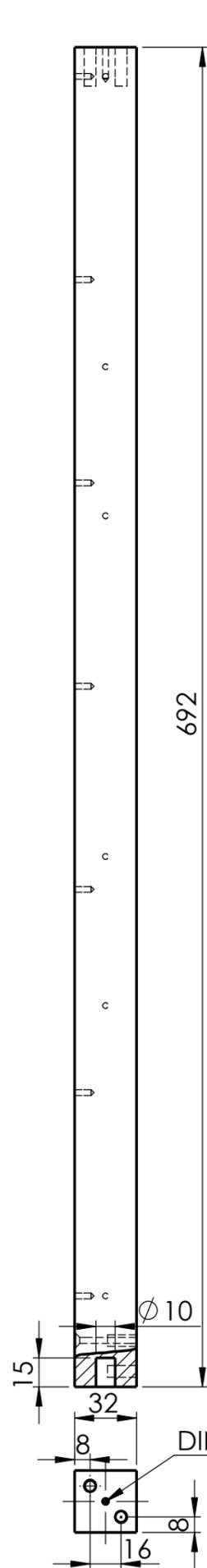
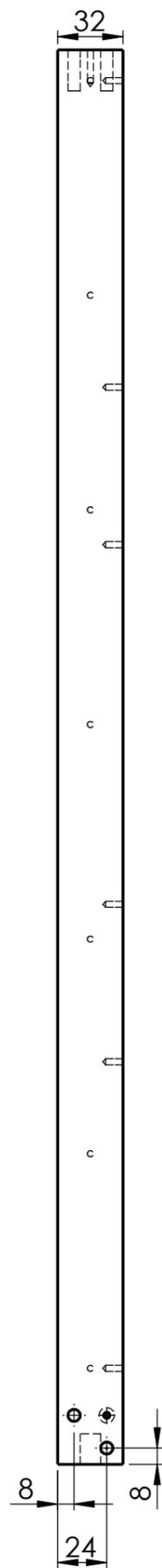
DIN 7997 Z ϕ 4X50



DIN 7997 Z ϕ 4X50



1	2	Listón transv. frontal superior	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:2	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN TRANSV. FRONTAL SUPERIOR		Nº DE PLANO: 1.01	

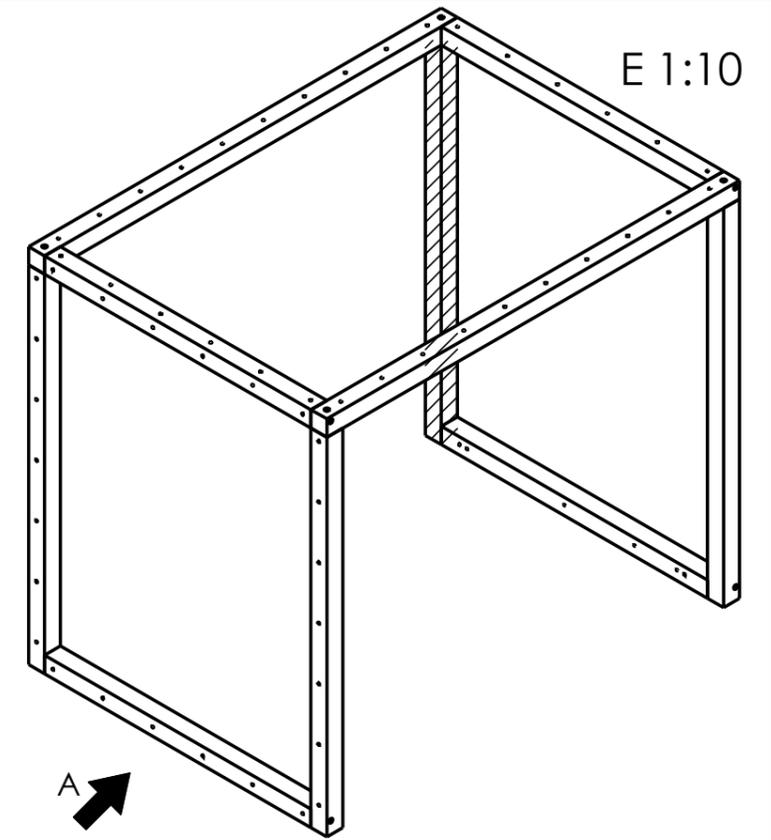


DIN 7997 Z \varnothing 4X20

DIN 7997 Z \varnothing 4X20

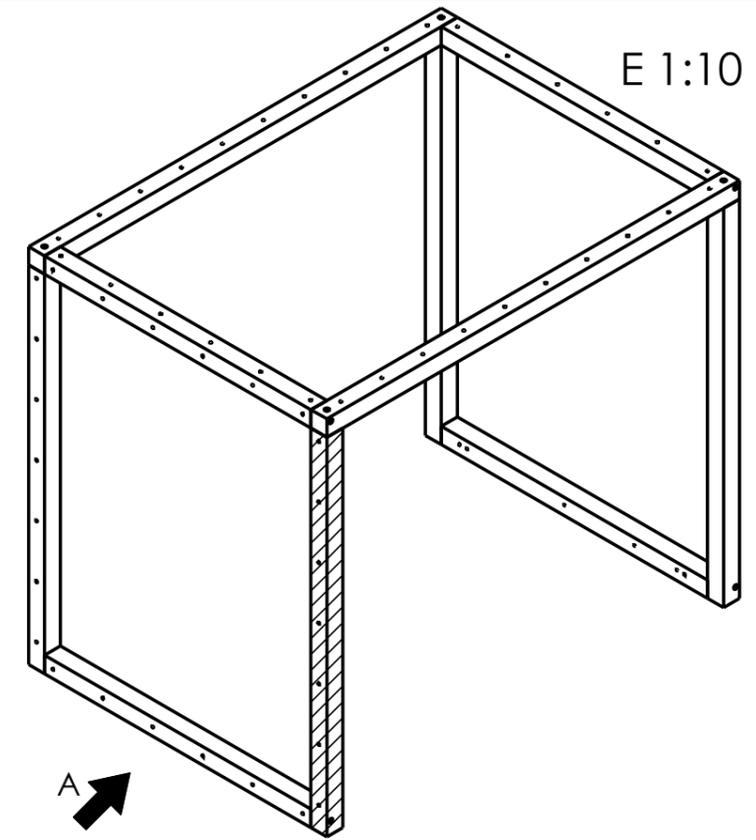
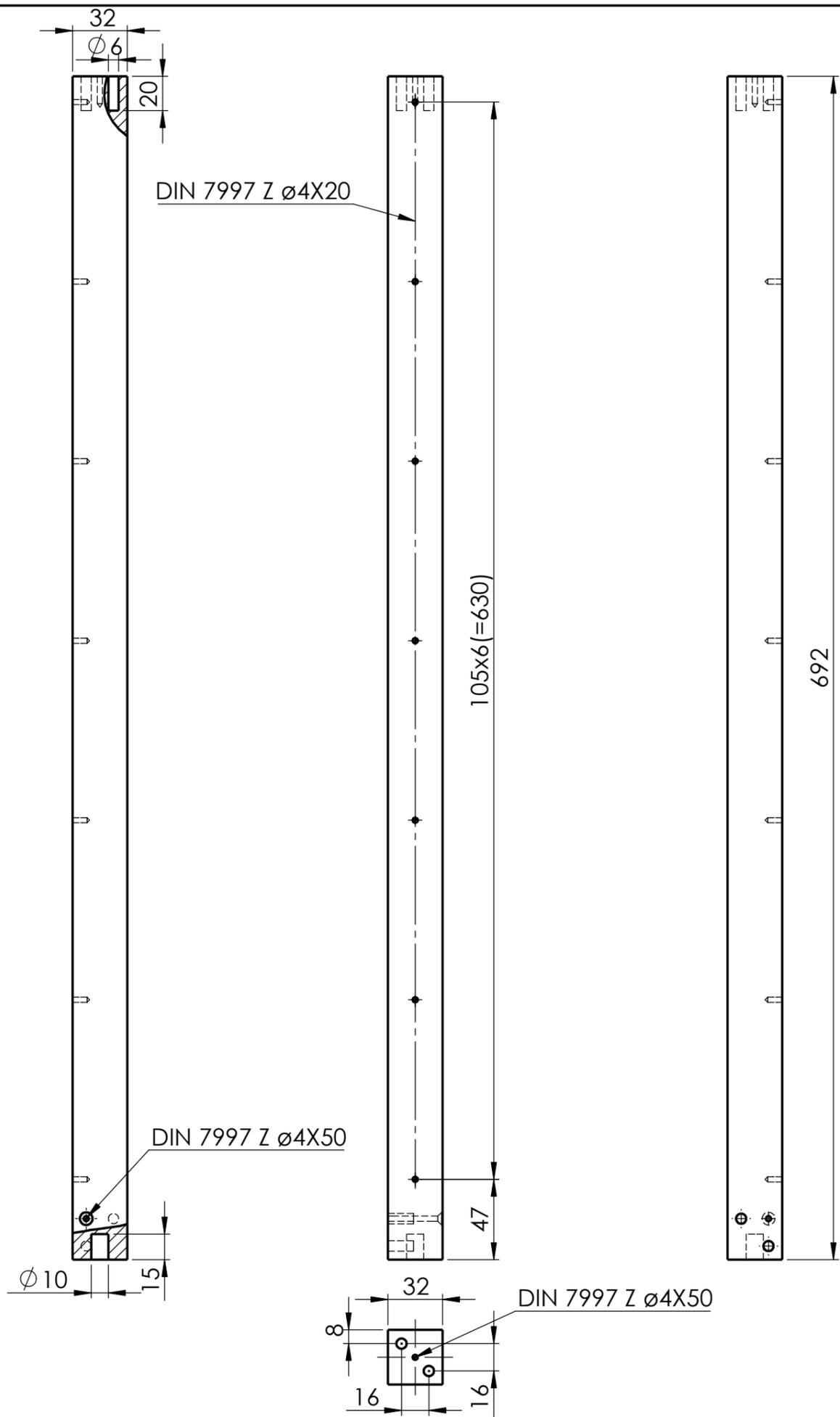
DIN 7997 Z \varnothing 4X50

DIN 7997 Z \varnothing 4X50



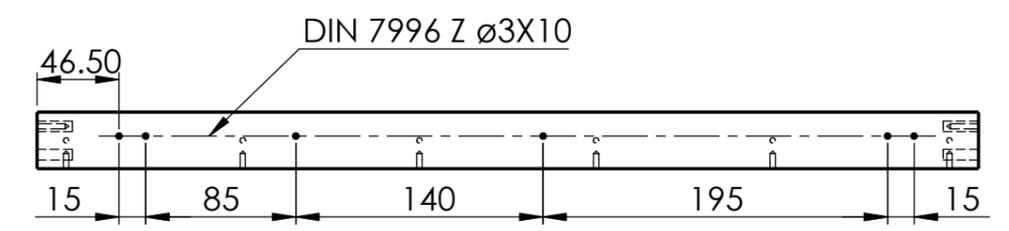
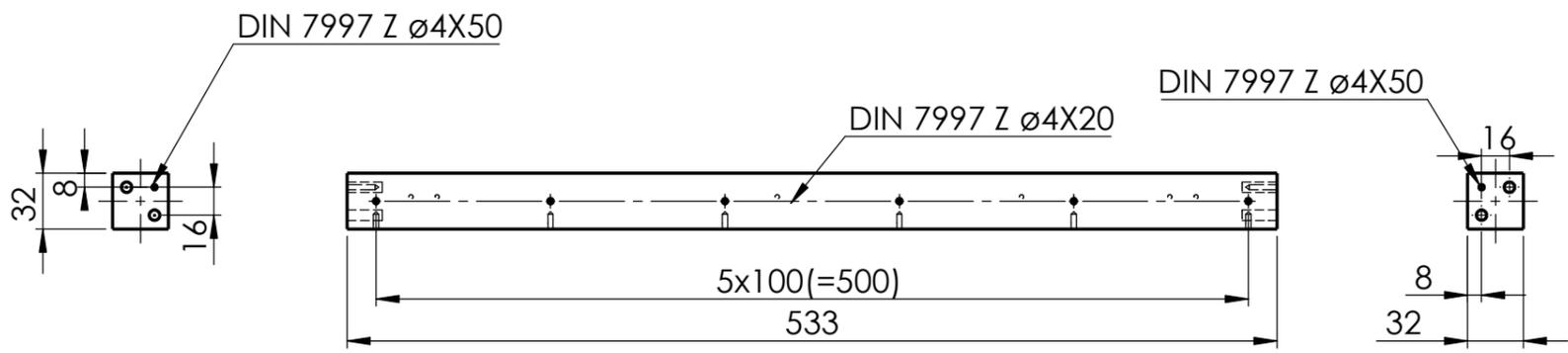
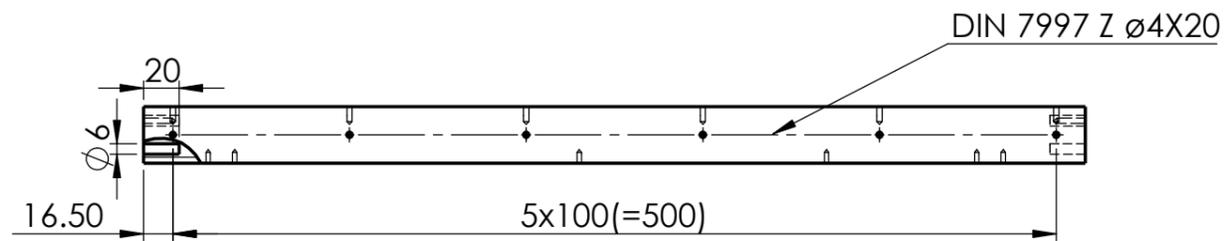
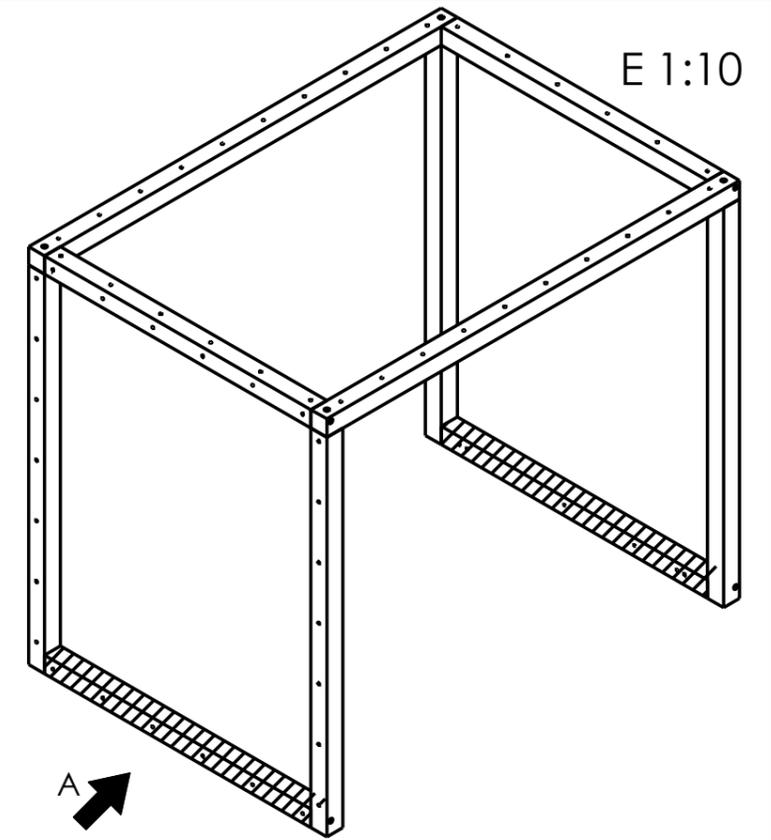
2	1	Listón pilar trasero izquierdo	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN PILAR TRASERO IZQUIERDO		Nº DE PLANO: 1.02	

E 1:10

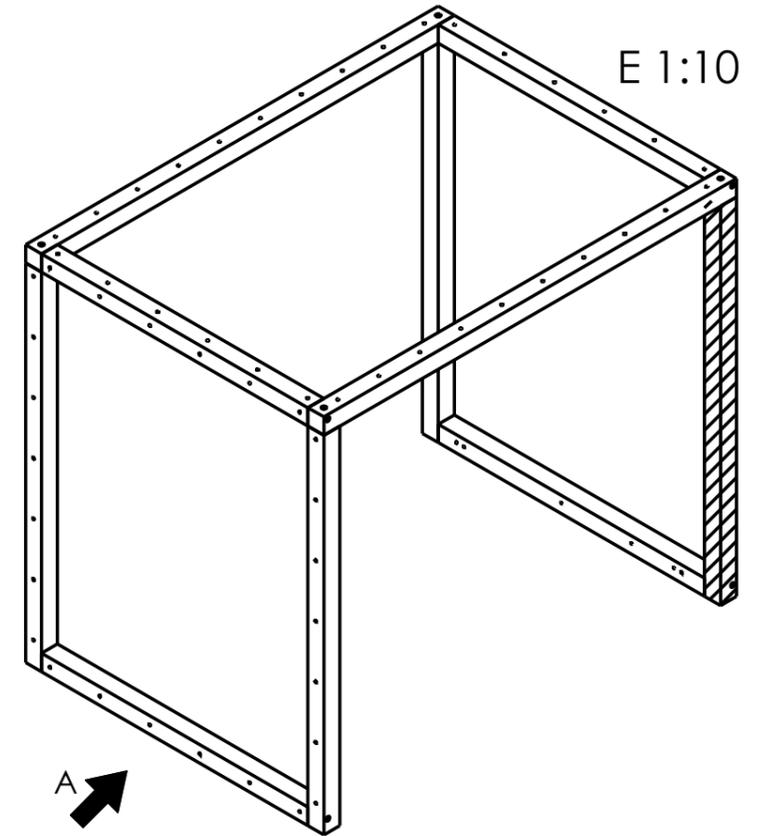
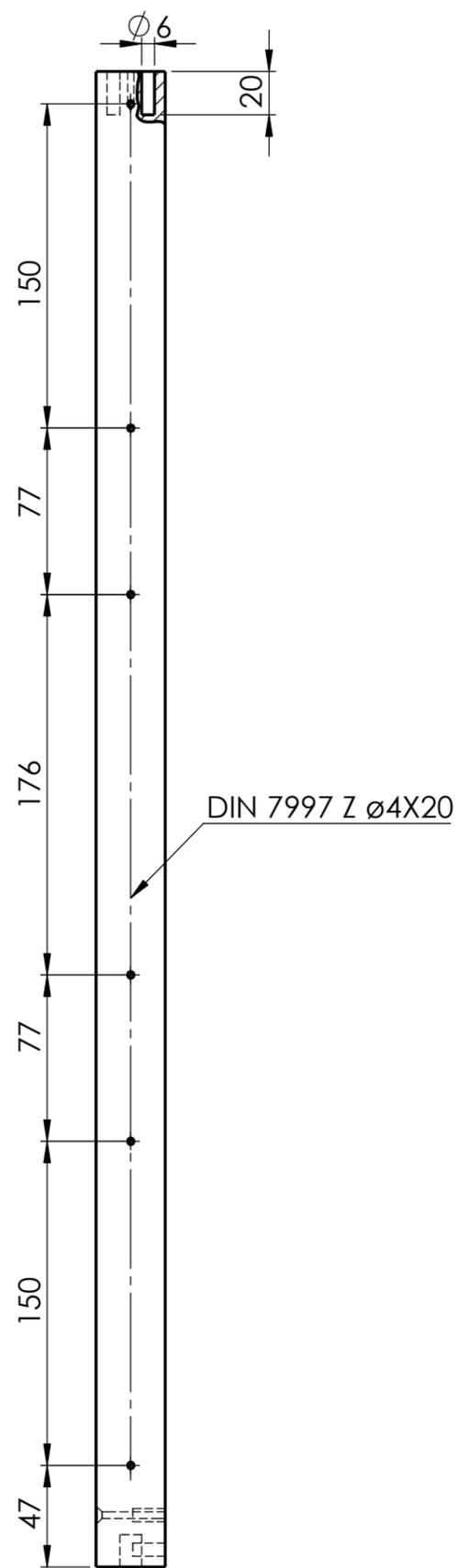
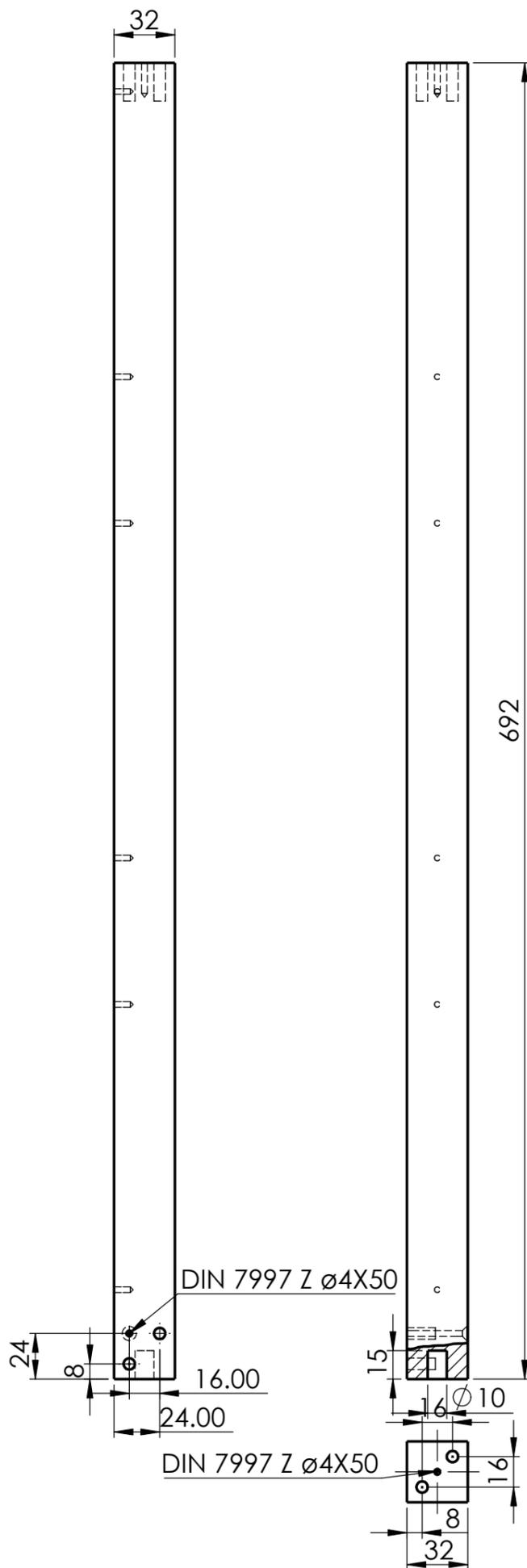


3	1	Listón pilar frontal derecho	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN PILAR FRONTAL DERECHO		Nº DE PLANO: 1.03	

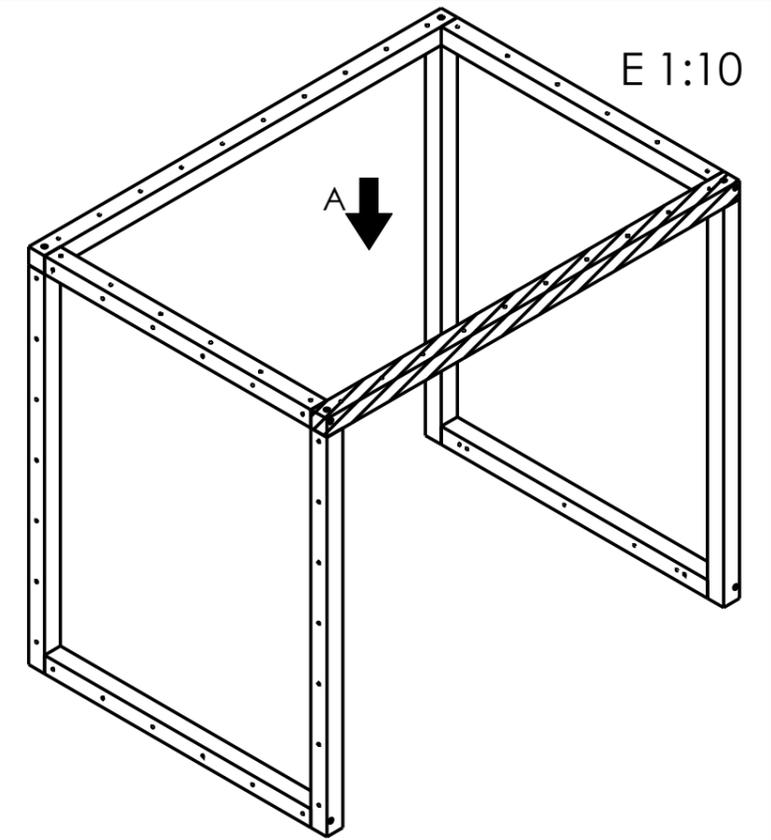
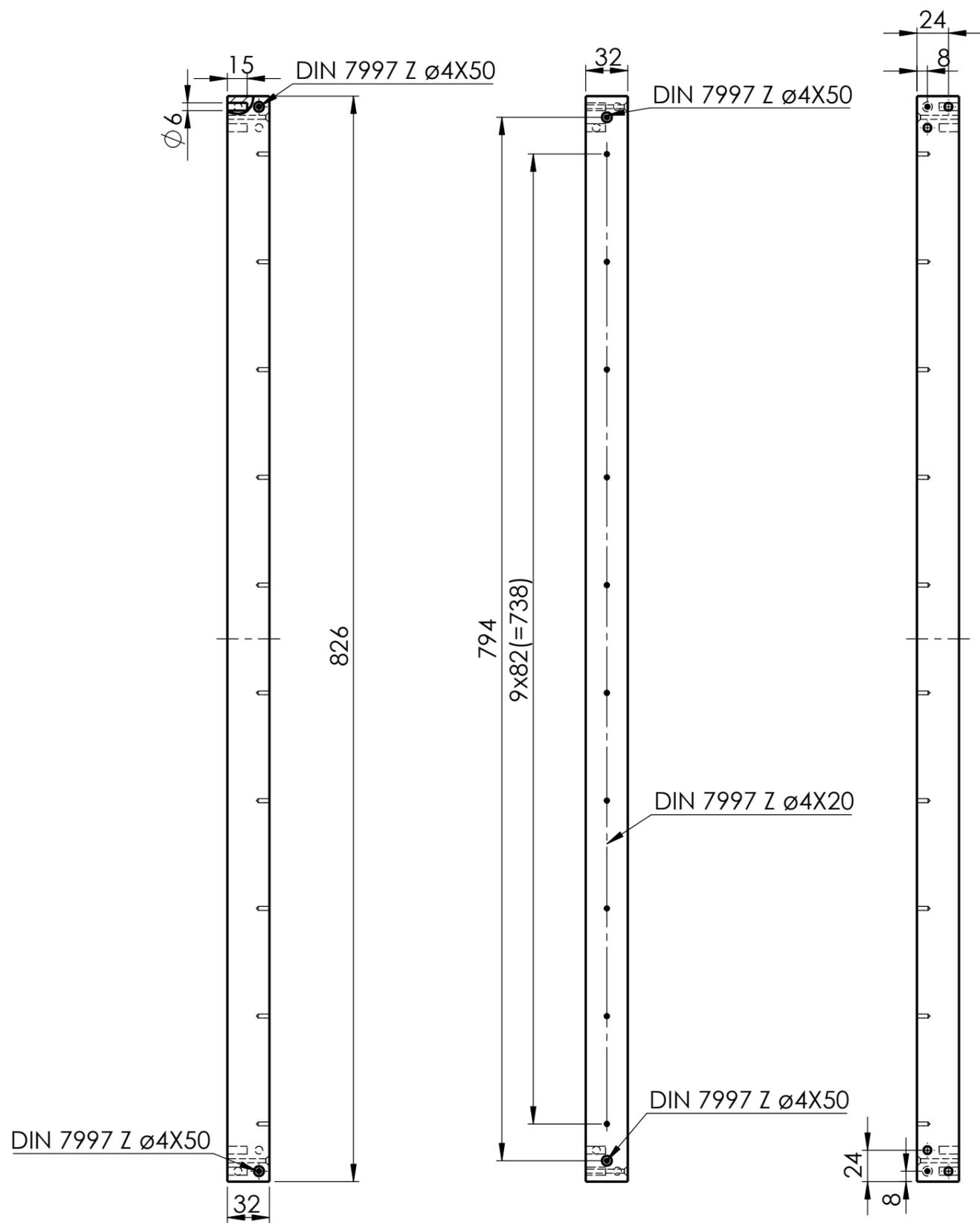
E 1:10



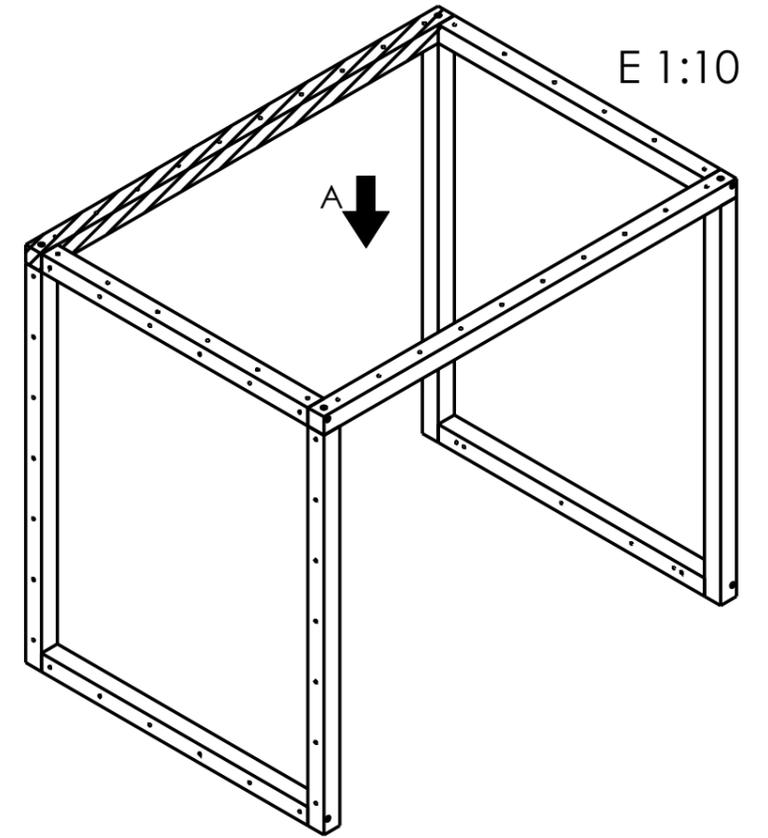
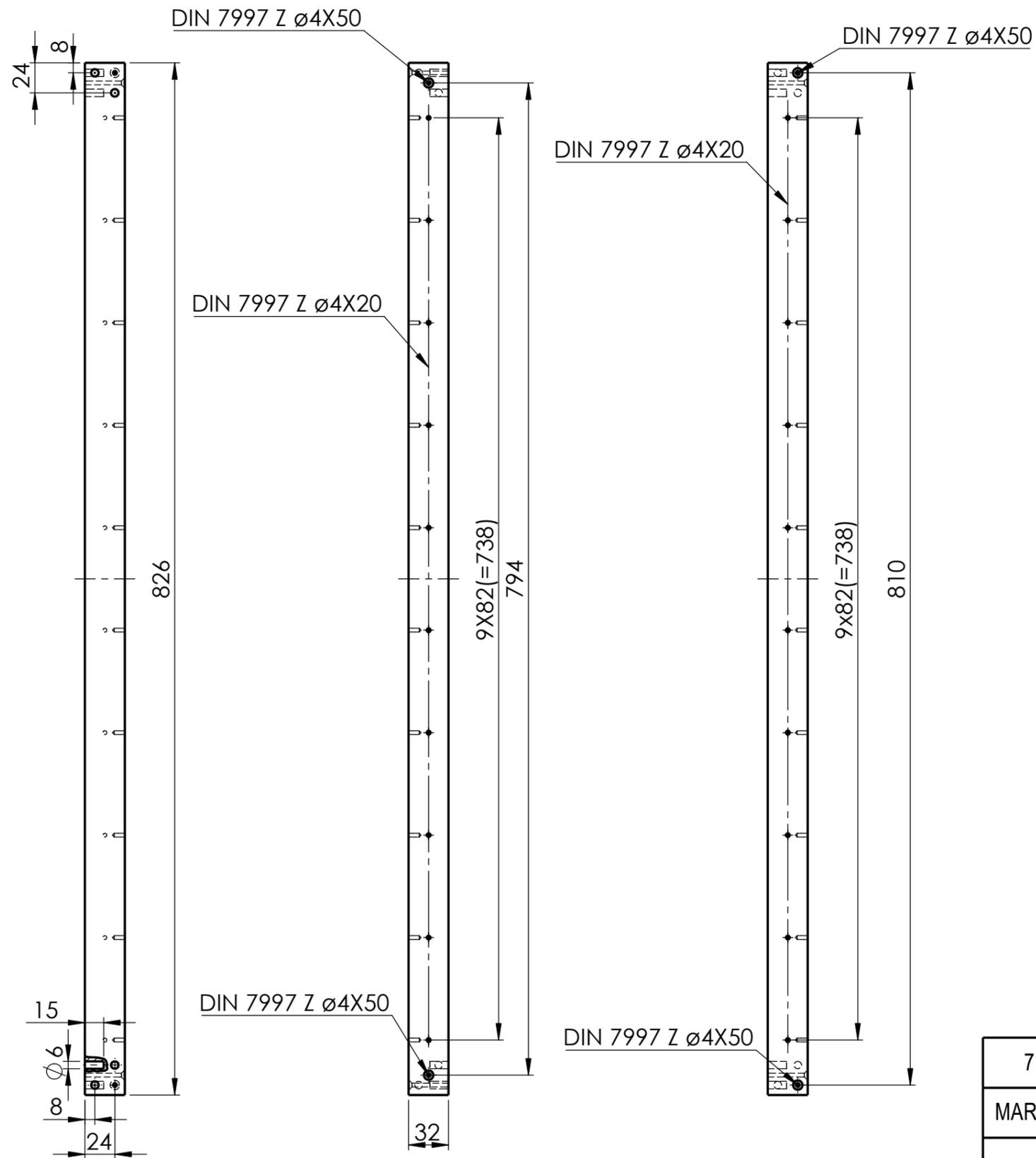
4	2	Listón transv. frontal inferior	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN TRANSV. FRONTAL INFERIOR		Nº DE PLANO: 1.04	



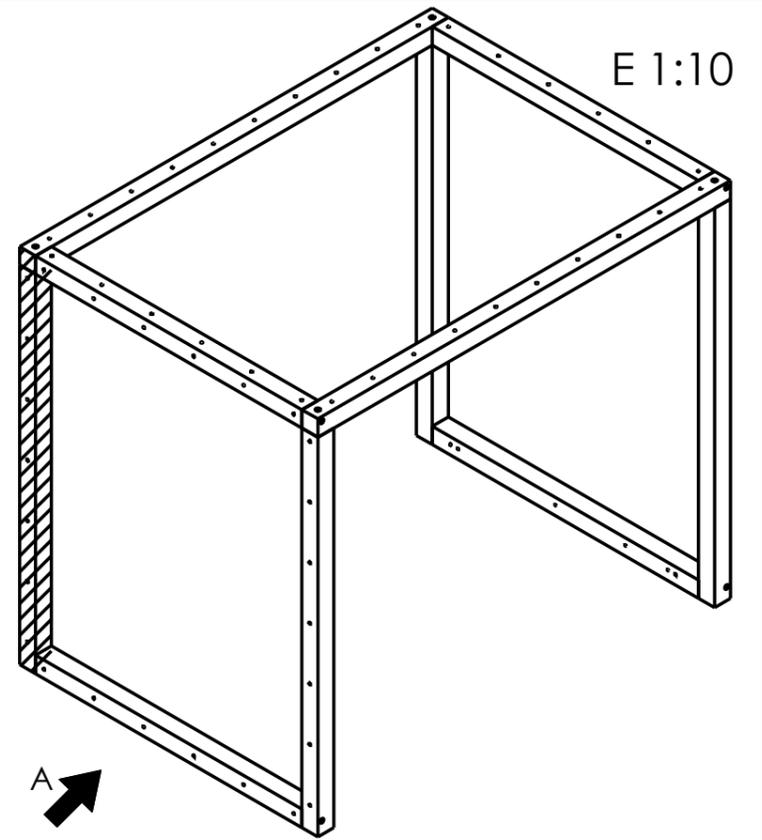
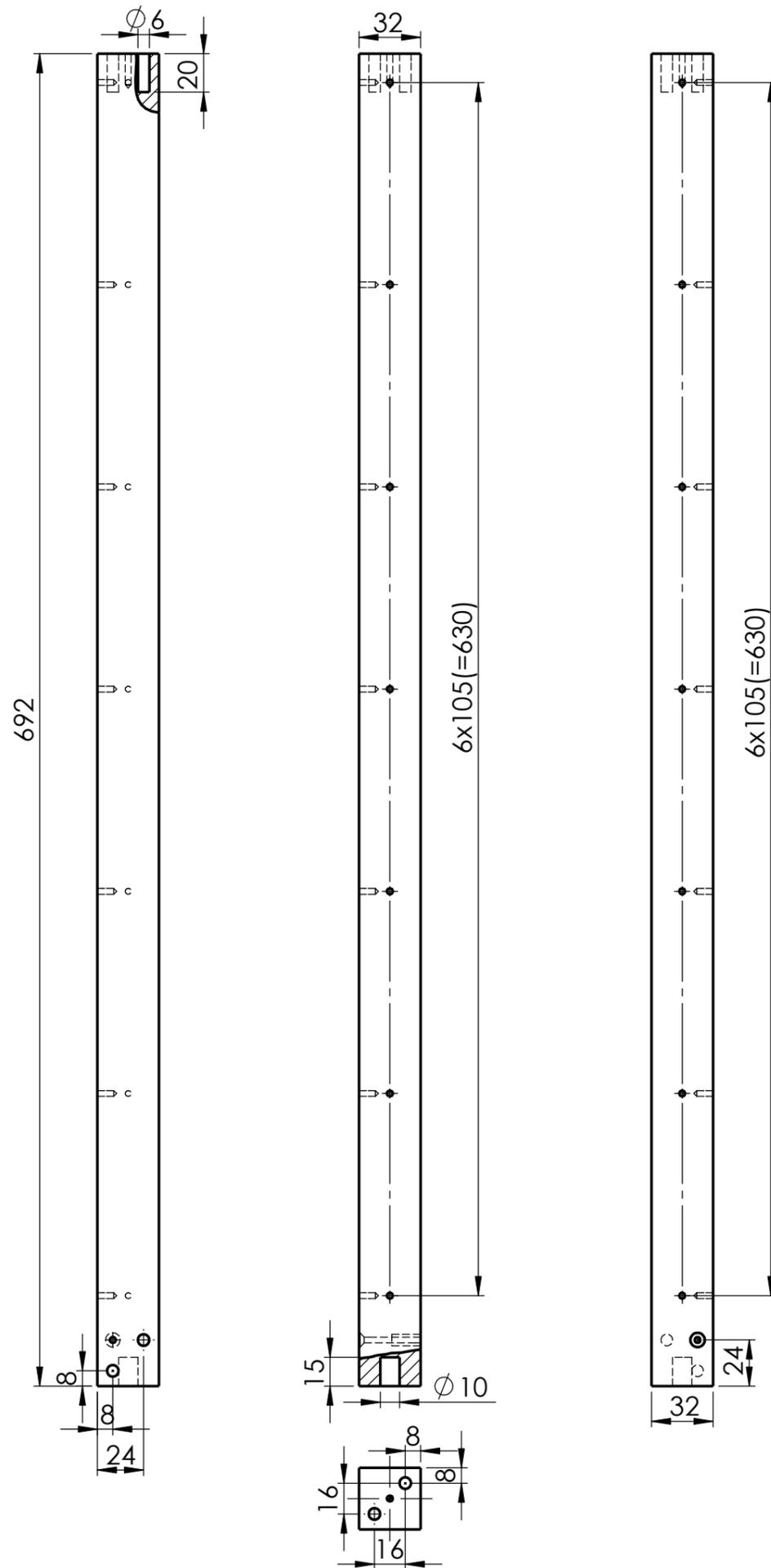
5	1	Listón pilar trasero derecho	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN PILAR TRASERO DERECHO		Nº DE PLANO: 1.05	



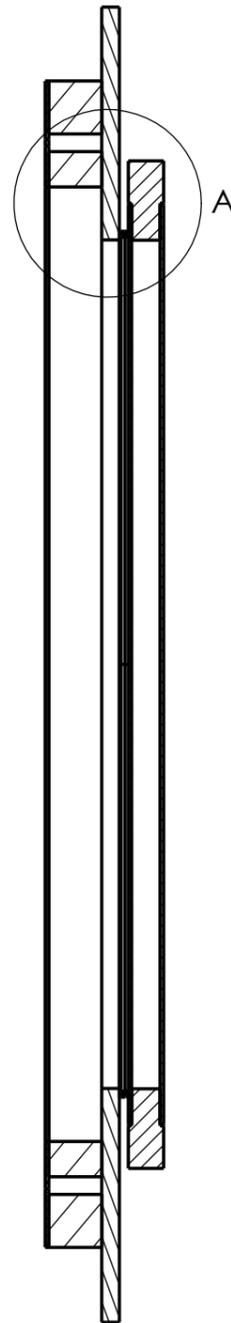
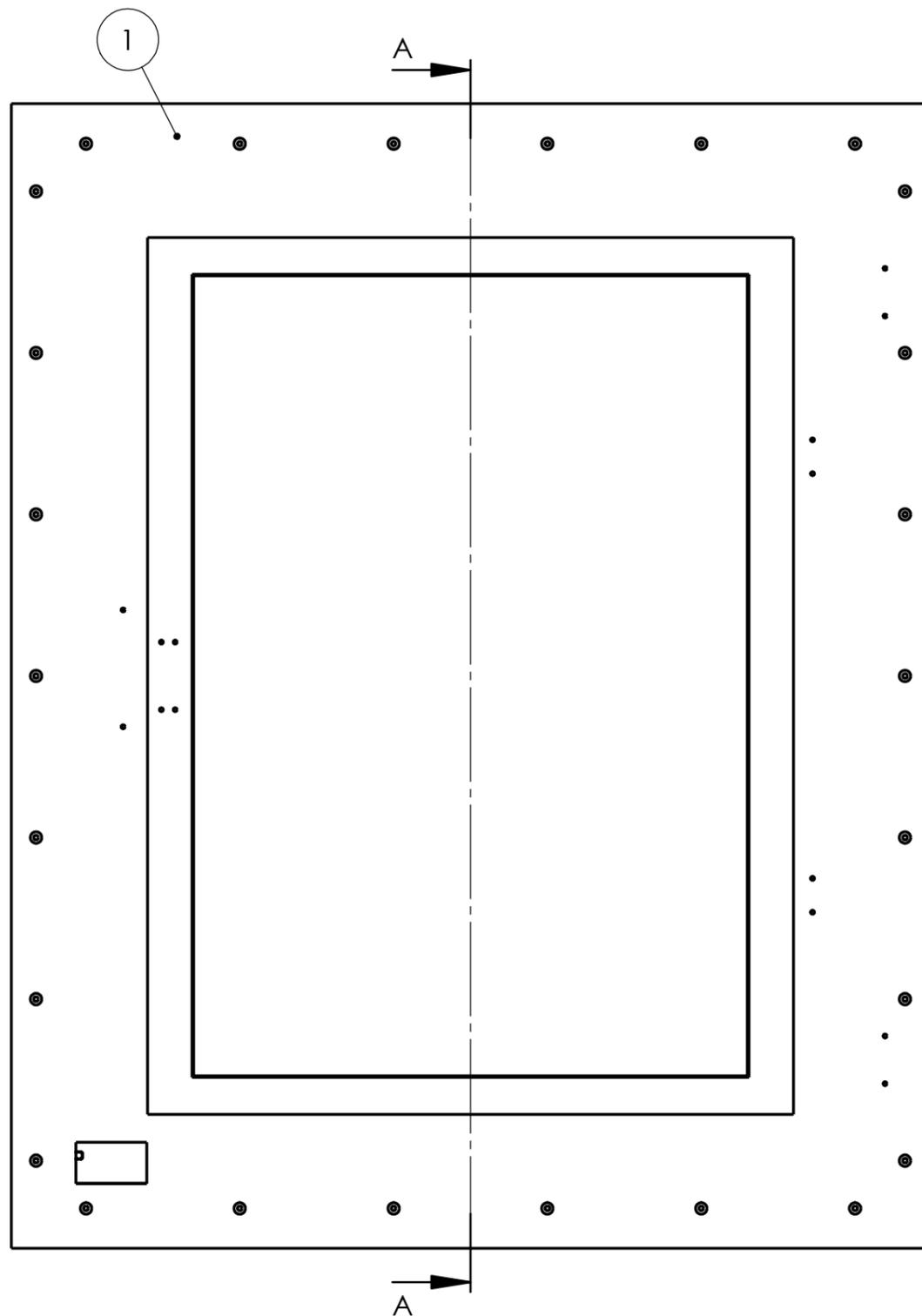
6	1	Listón viga superior derecho	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Joel			
Id. s. normas	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO	Nº DE CONJUNTO: 1.00
		1:4	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN VIGA SUPERIOR DERECHO	Nº DE PLANO: 1.06



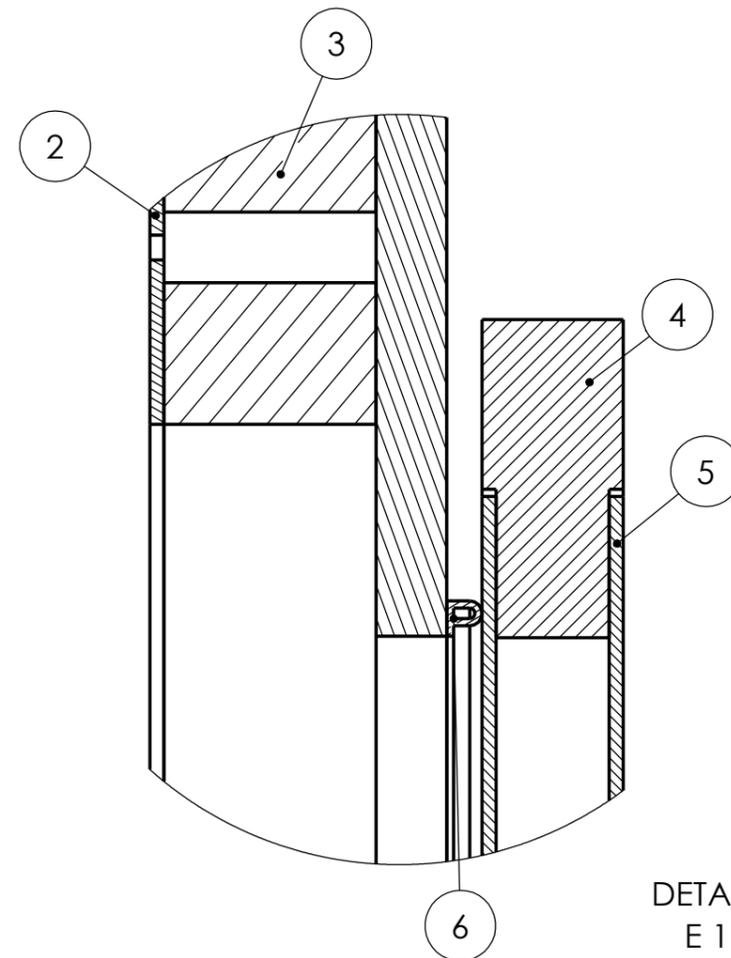
7	1	Listón viga superior izquierdo	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN VIGA SUPERIOR IZQUIERDO		Nº DE PLANO: 1.07	



8	1	Listón pilar frontal izquierdo	-	Madera de abeto
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: ESTRUCTURA DEL RECINTO		Nº DE CONJUNTO: 1.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: LISTÓN PILAR FRONTAL IZQUIERDO		Nº DE PLANO: 1.08	

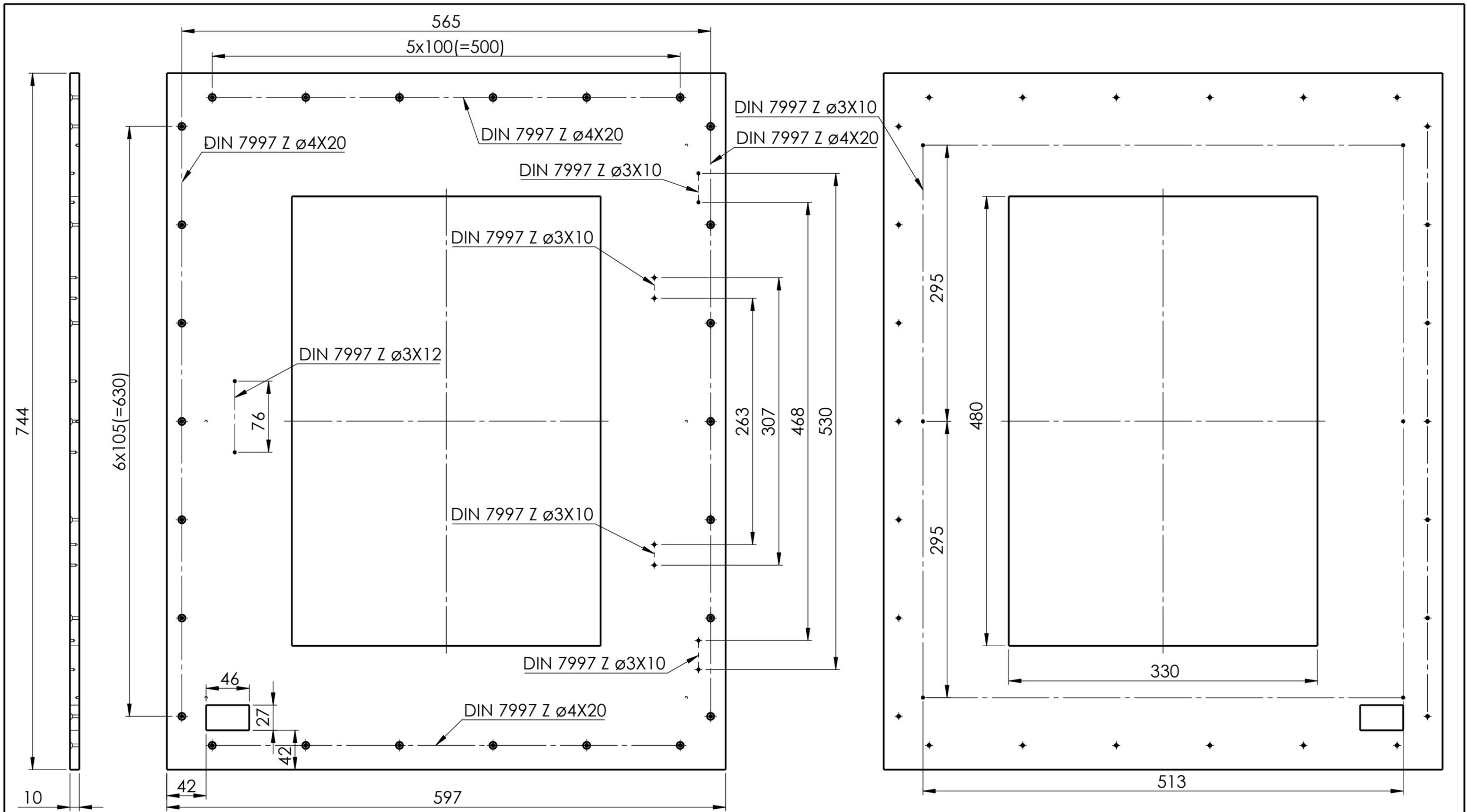


CORTE
A-A

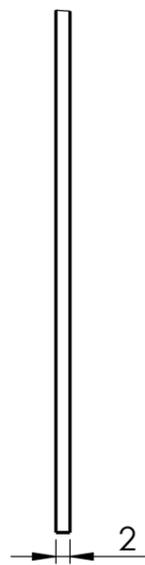


DETALLE A
E 1 : 1

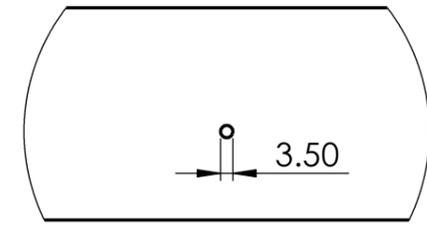
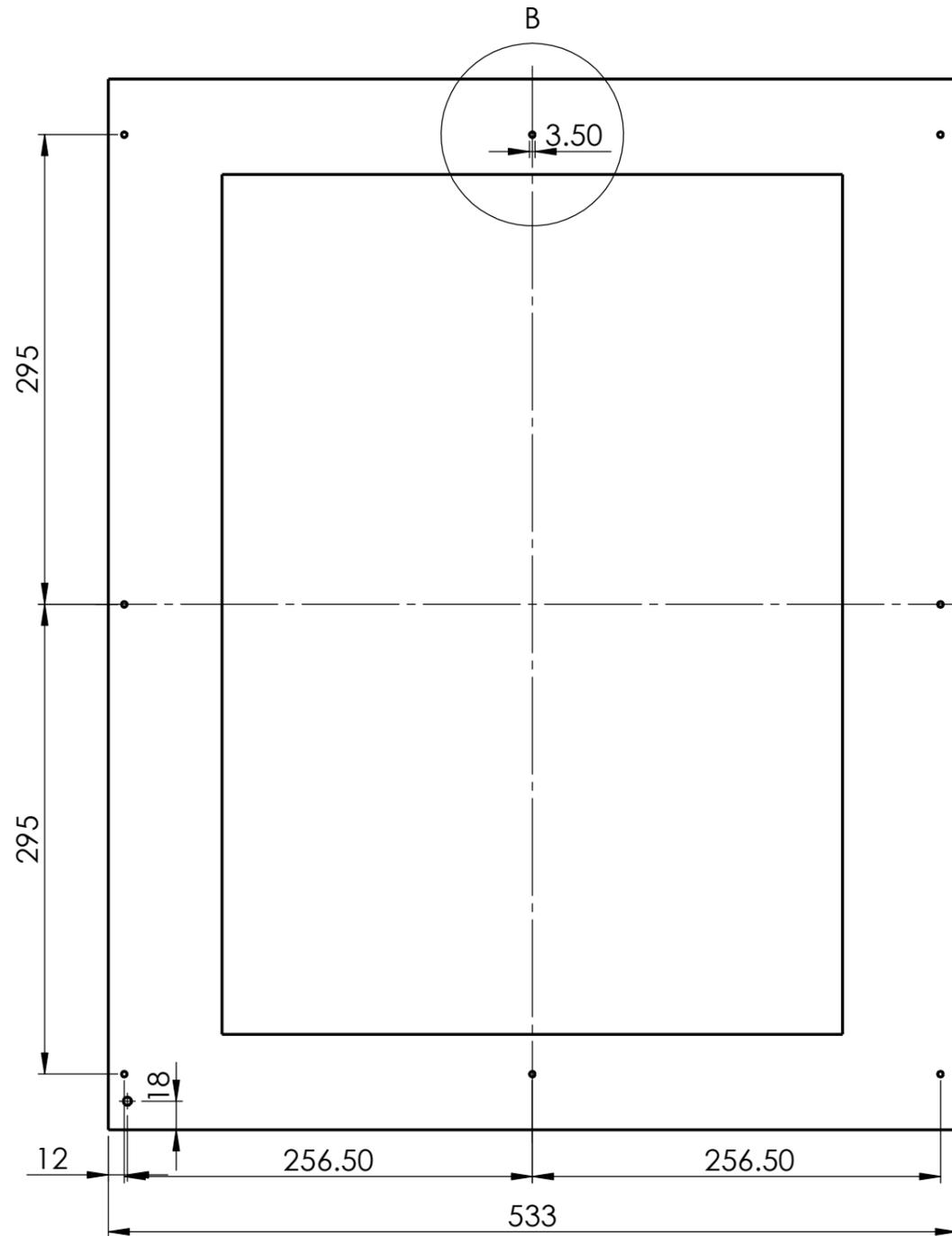
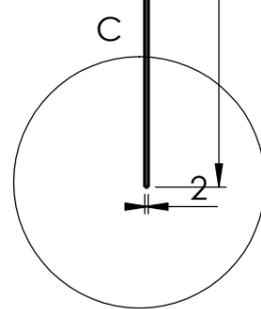
6	1	Burlete	-	Caucho
5	2	Plancha de policarbonato	-	Policarbonato
4	1	Tablero para puerta frontal	-	Contrachapado
3	1	Panel de aislamiento frontal	-	Lana de vidrio
2	1	Chapa de aluminio frontal	-	Aluminio 5754 H111
1	1	Tablero frontal	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE FRONTAL		Nº DE CONJUNTO: 2.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: PARTE FRONTAL		Nº DE PLANO: 2.00	



1	1	Tablero frontal	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	Nº DE CONJUNTO: 2.00
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE FRONTAL		Nº DE CONJUNTO: 2.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: TABLERO FRONTAL		Nº DE PLANO: 2.01	

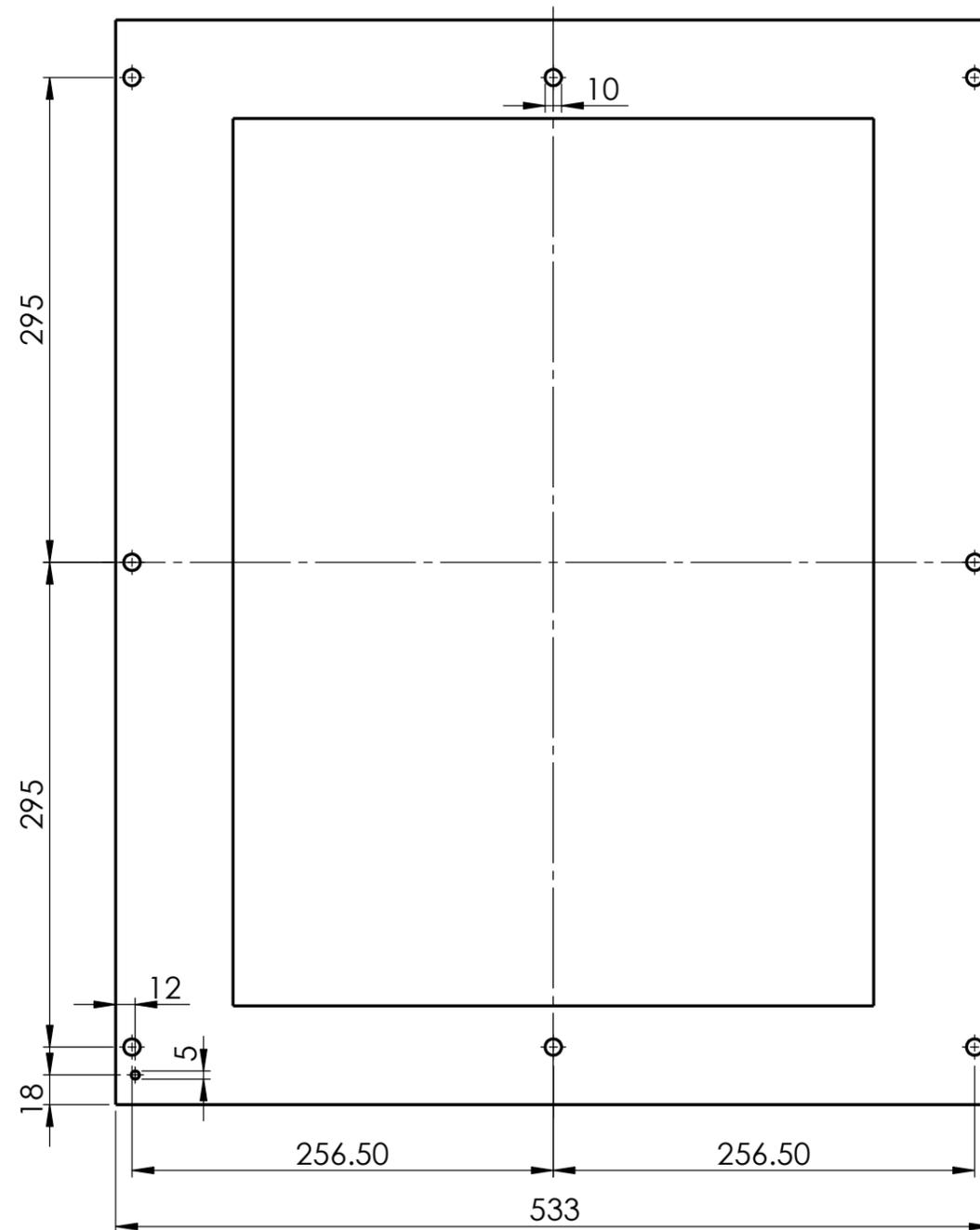
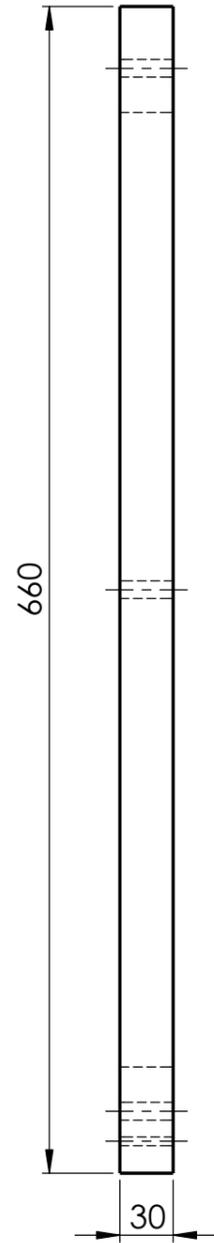


DETALLE C
E 1:1

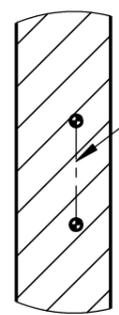


DETALLE B
E 1:2

2	1	Chapa de aluminio frontal	-	Aluminio 5754 H111
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE FRONTAL			Nº DE CONJUNTO: 2.00
1:4	TÍTULO DEL PLANO: CHAPA DE ALUMINIO FRONTAL			Nº DE PLANO: 2.02

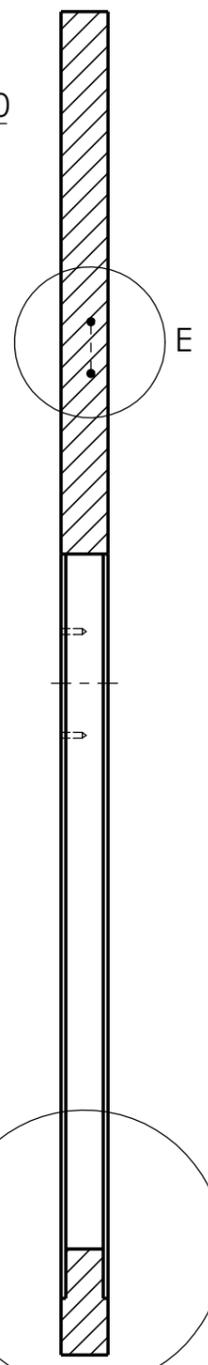


3	1	Panel de aislamiento frontal	-	Lana de vidrio
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE FRONTAL		Nº DE CONJUNTO: 2.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: PANEL DE AISLAMIENTO FRONTAL		Nº DE PLANO: 2.03	



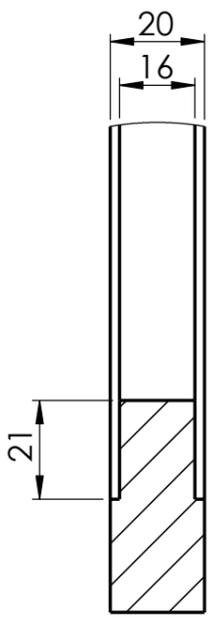
DIN 7997 Z ø3X10

DETALLE E
E 2:3

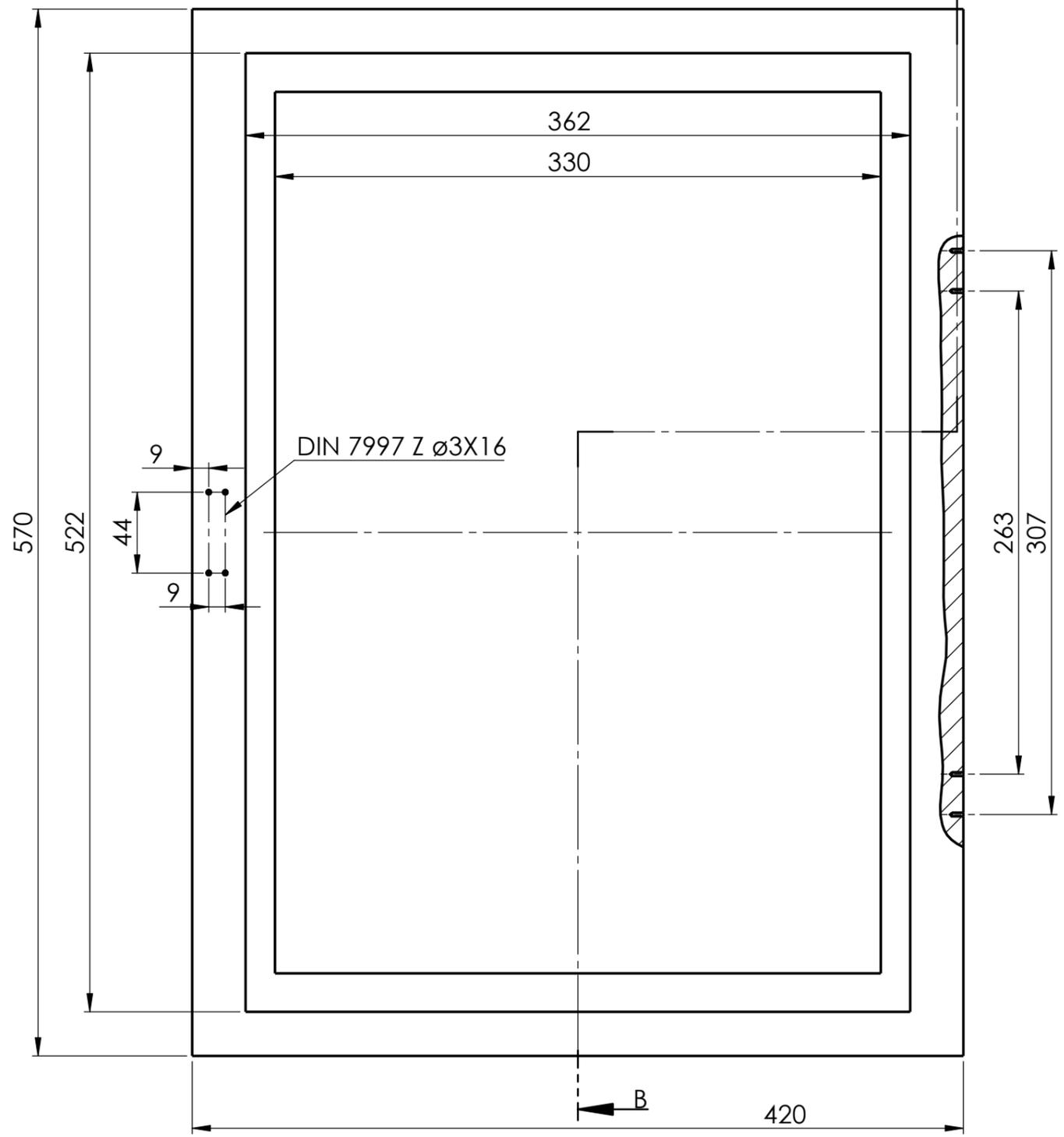


D

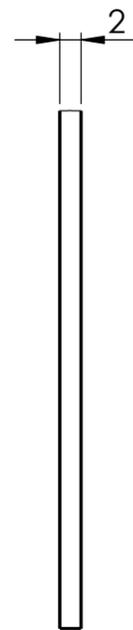
Corte
B-B



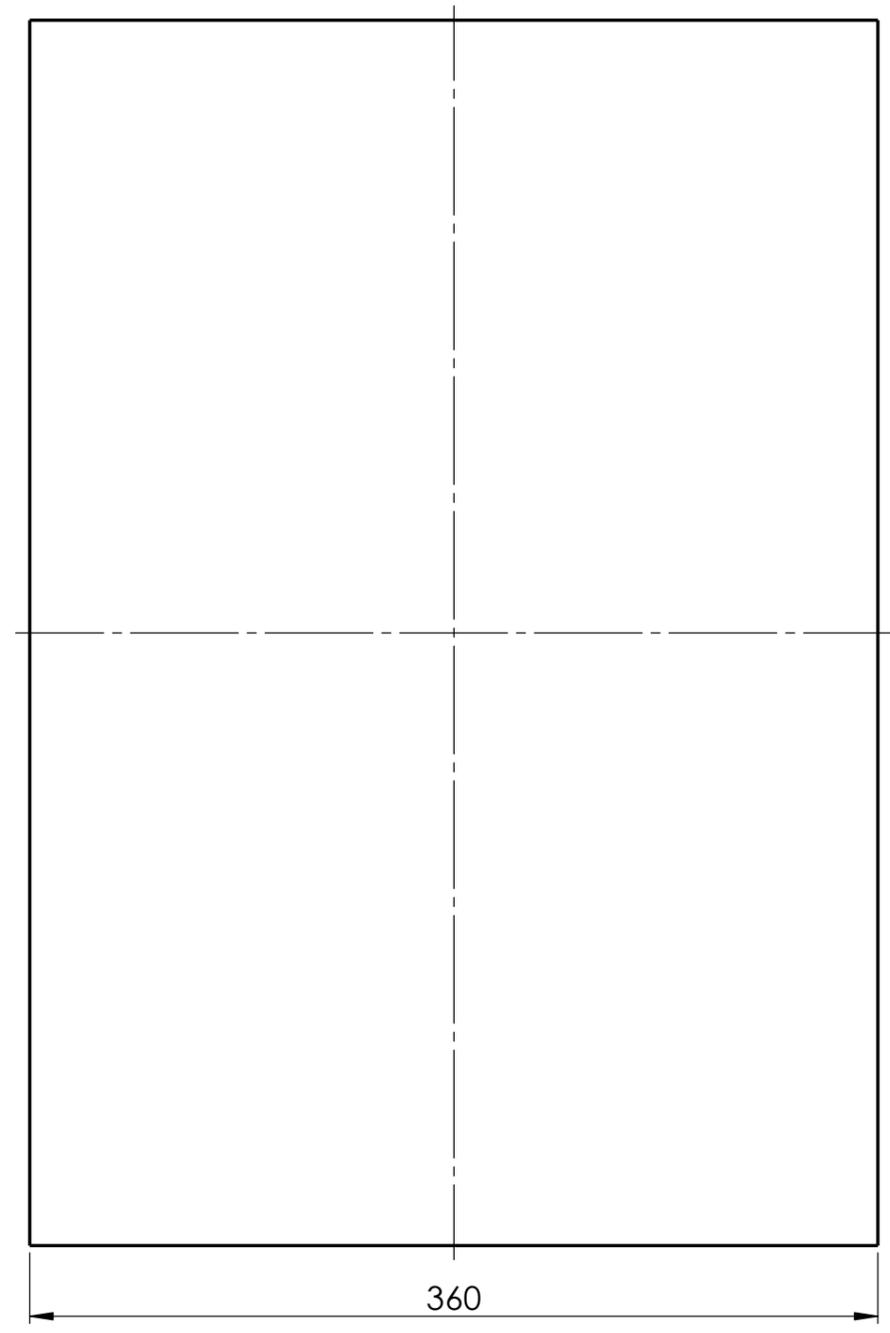
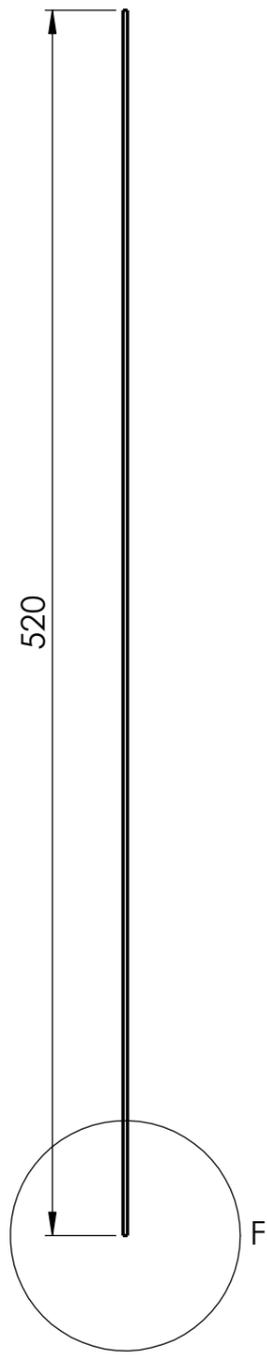
DETALLE D
E 2:3



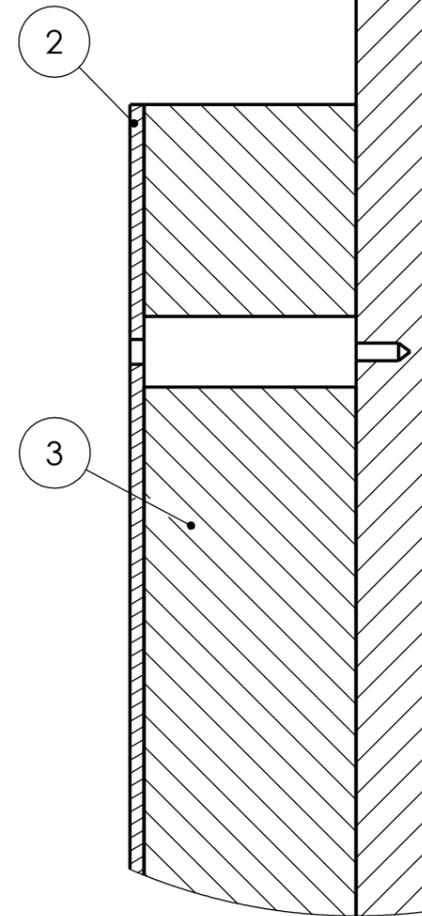
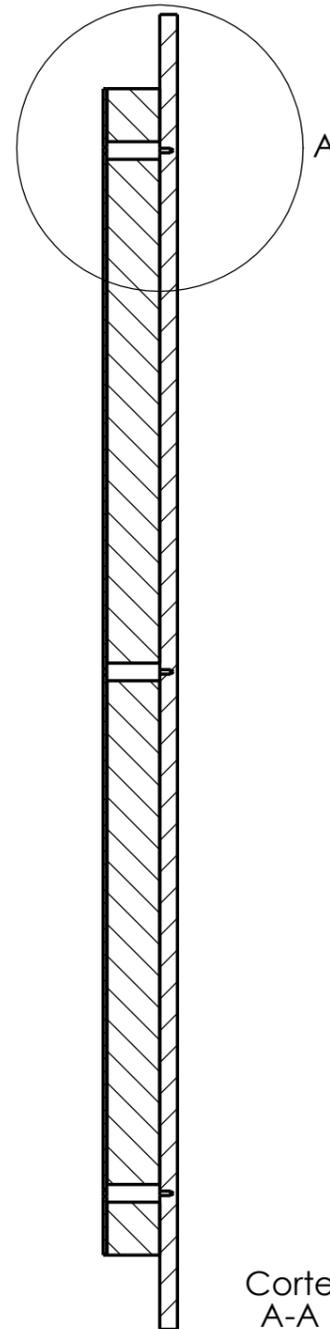
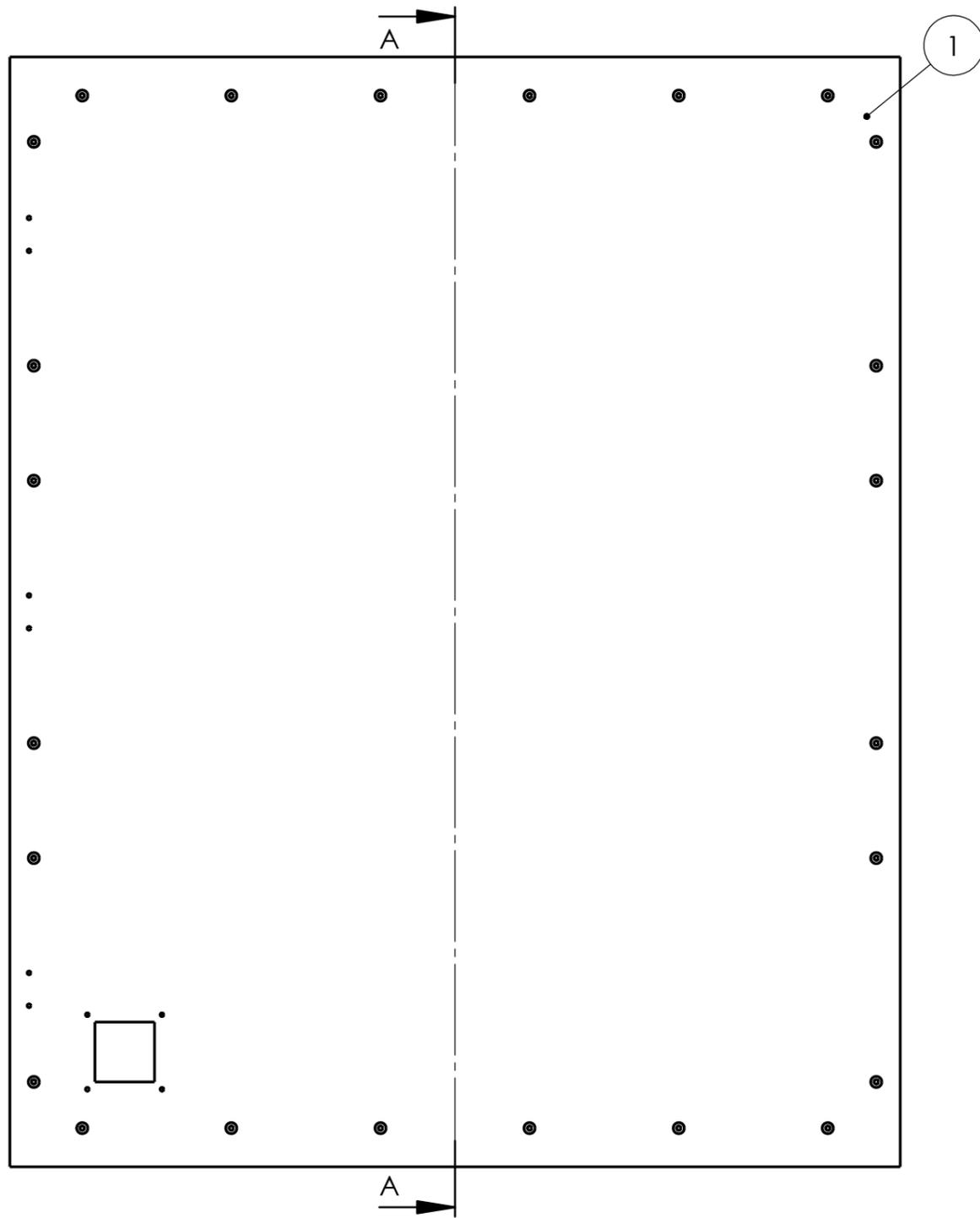
4	1	Tablero para puerta frontal	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE FRONTAL		Nº DE CONJUNTO: 2.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: TABLERO PARA PUERTA FRONTAL		Nº DE PLANO: 2.04	



DETALLE F
E 3 : 2



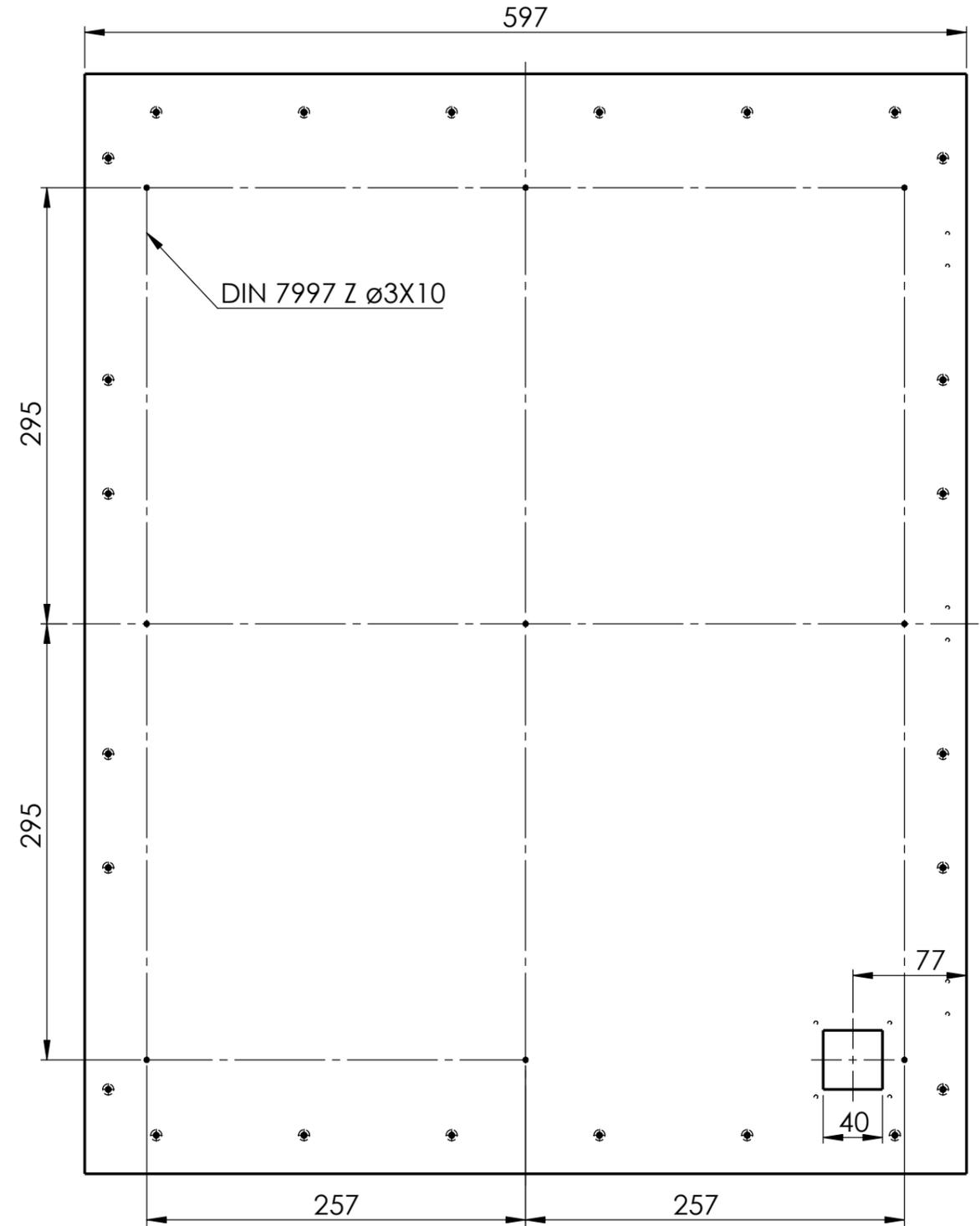
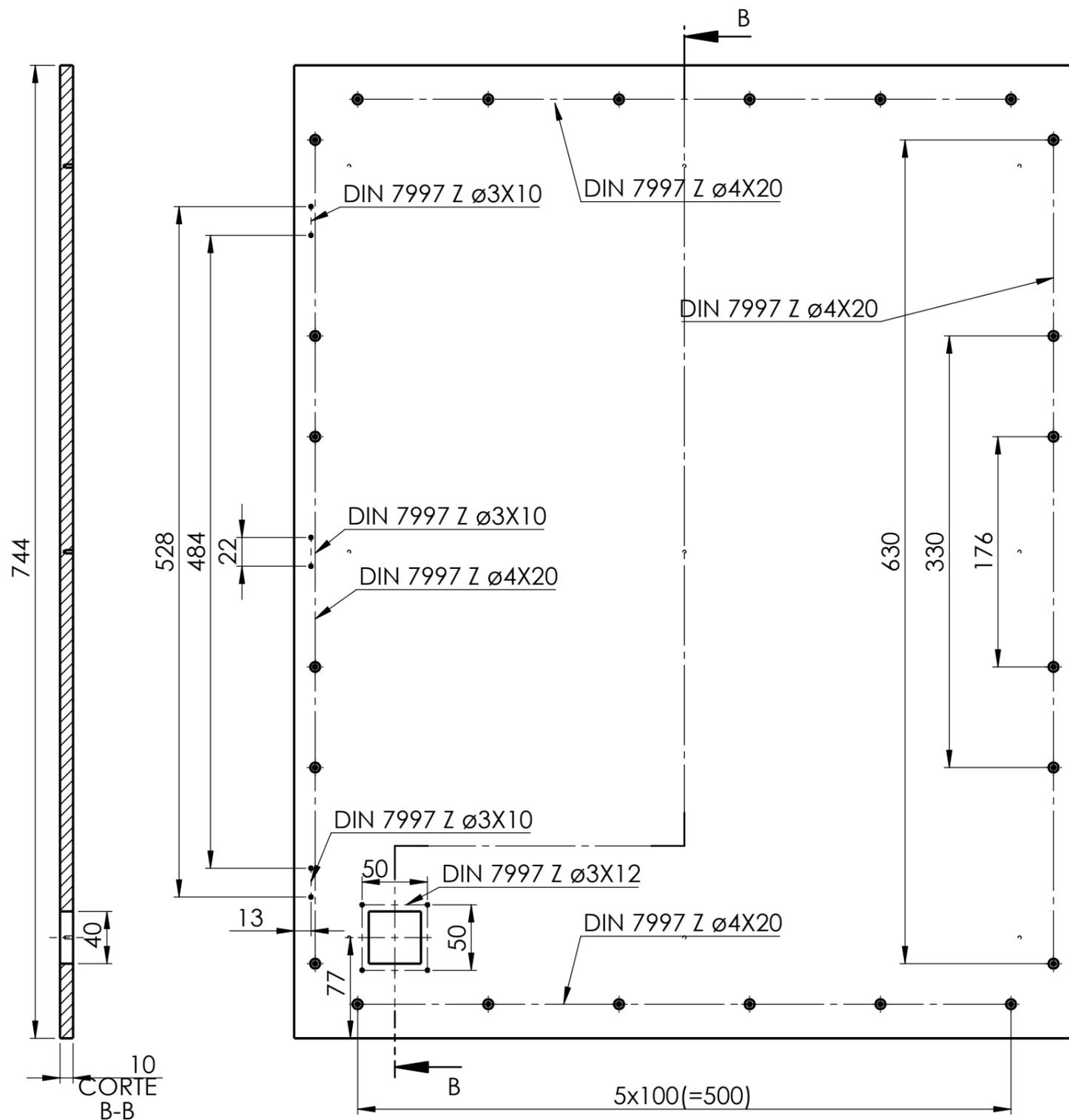
5	2	Plancha de policarbonato	-	Policarbonato
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE FRONTAL		Nº DE CONJUNTO: 2.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: PLANCHA DE POLICARBONATO		Nº DE PLANO: 2.05	



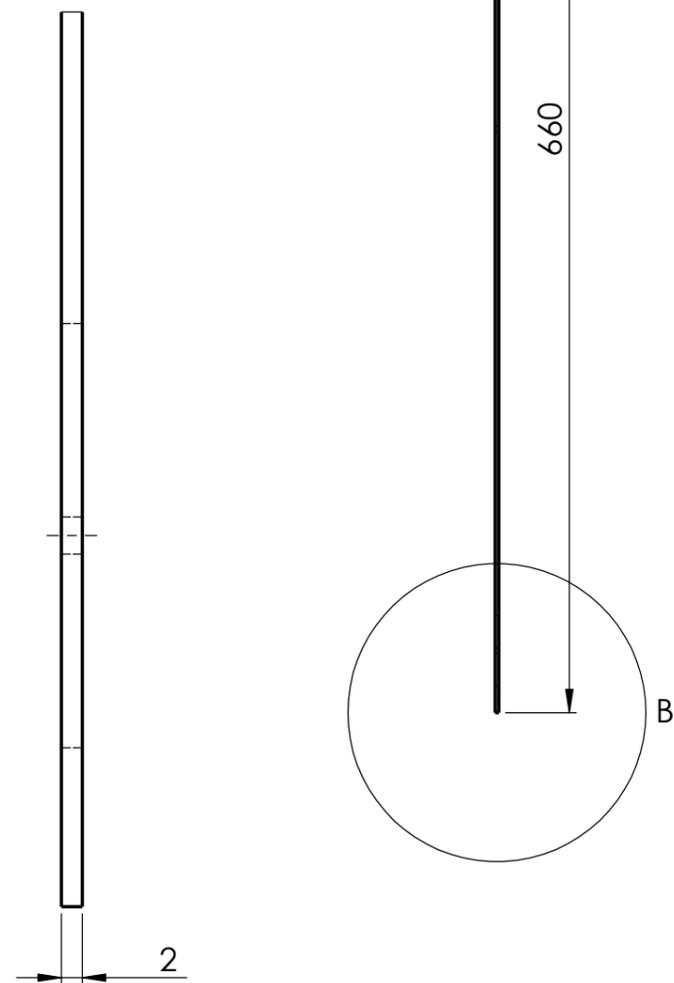
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

Corte
A-A

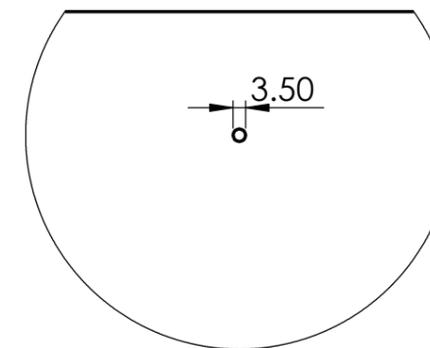
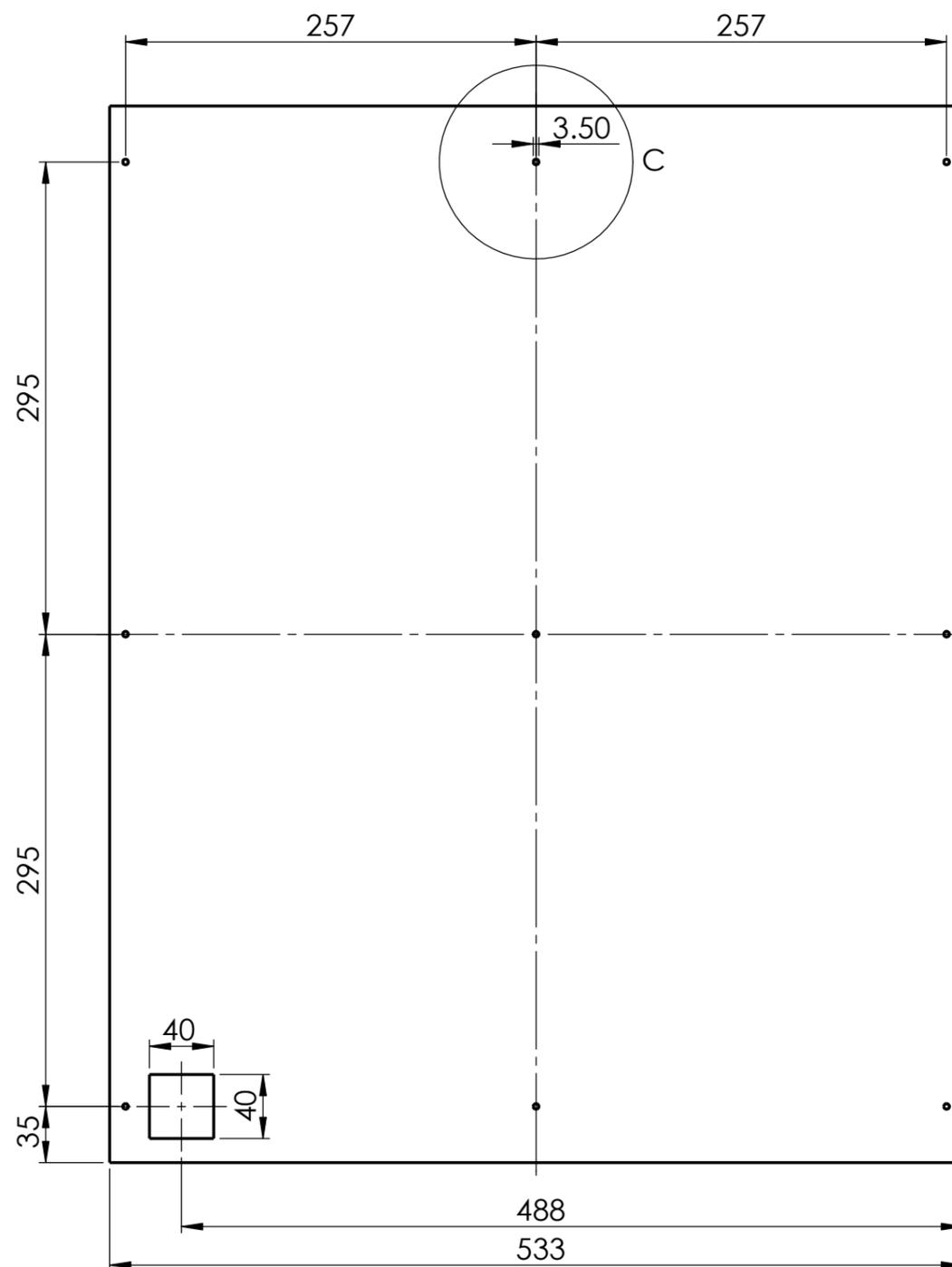
3	1	Panel de aislamiento trasero	-	Lana de vidrio
2	1	Chapa de aluminio trasera	-	Aluminio 5754 H111
1	1	Tablero trasero	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE TRASERA		Nº DE CONJUNTO: 3.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: PARTE TRASERA		Nº DE PLANO: 3.00	



1	1	Tablero trasero	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE TRASERA		Nº DE CONJUNTO: 3.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: TABLERO TRASERO		Nº DE PLANO: 3.01	

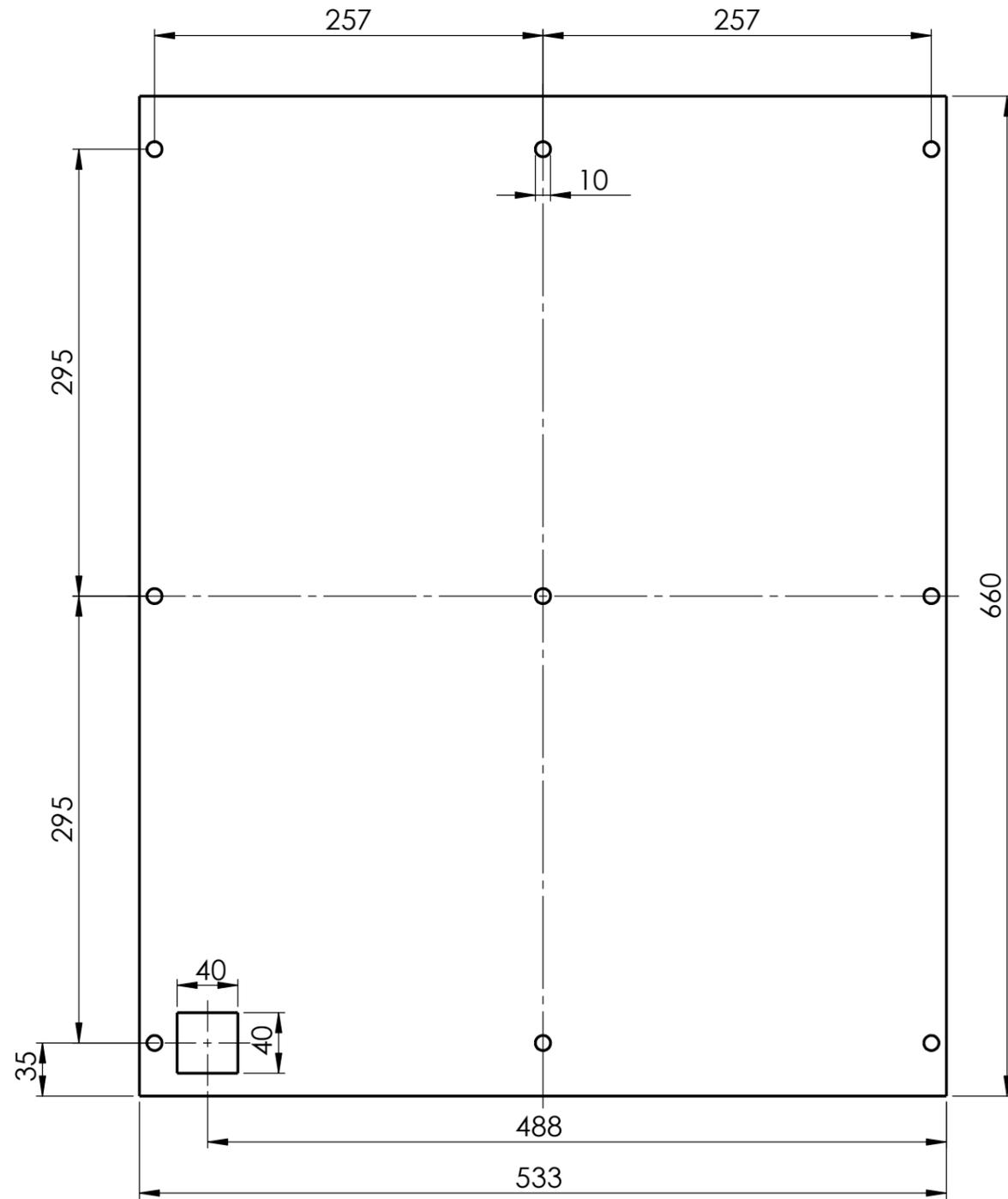
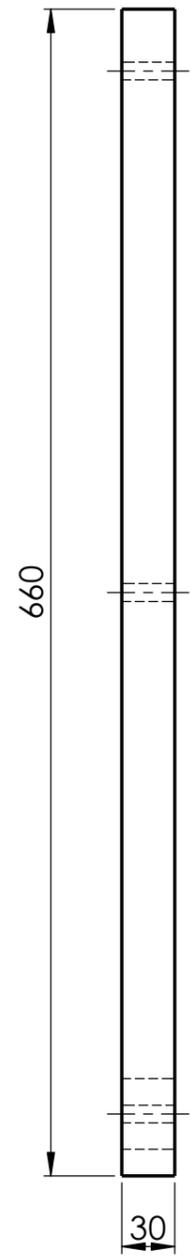


DETALLE B
E 3 : 2

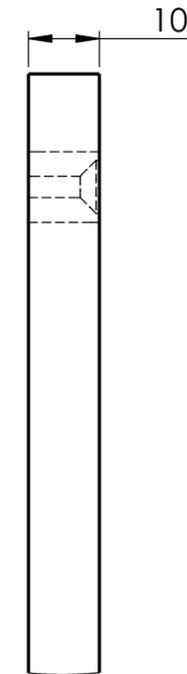
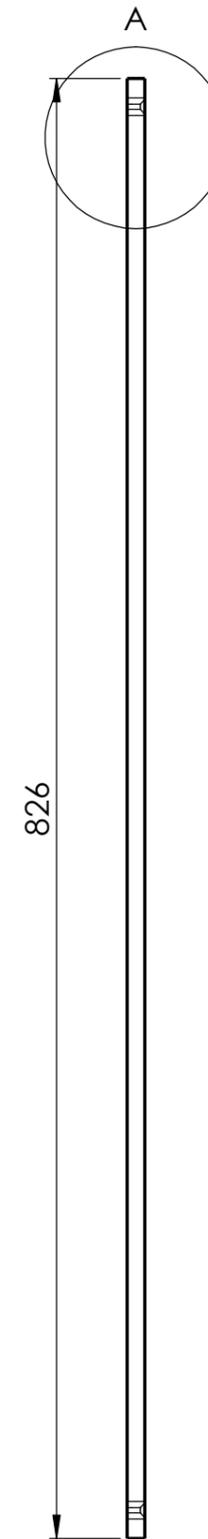
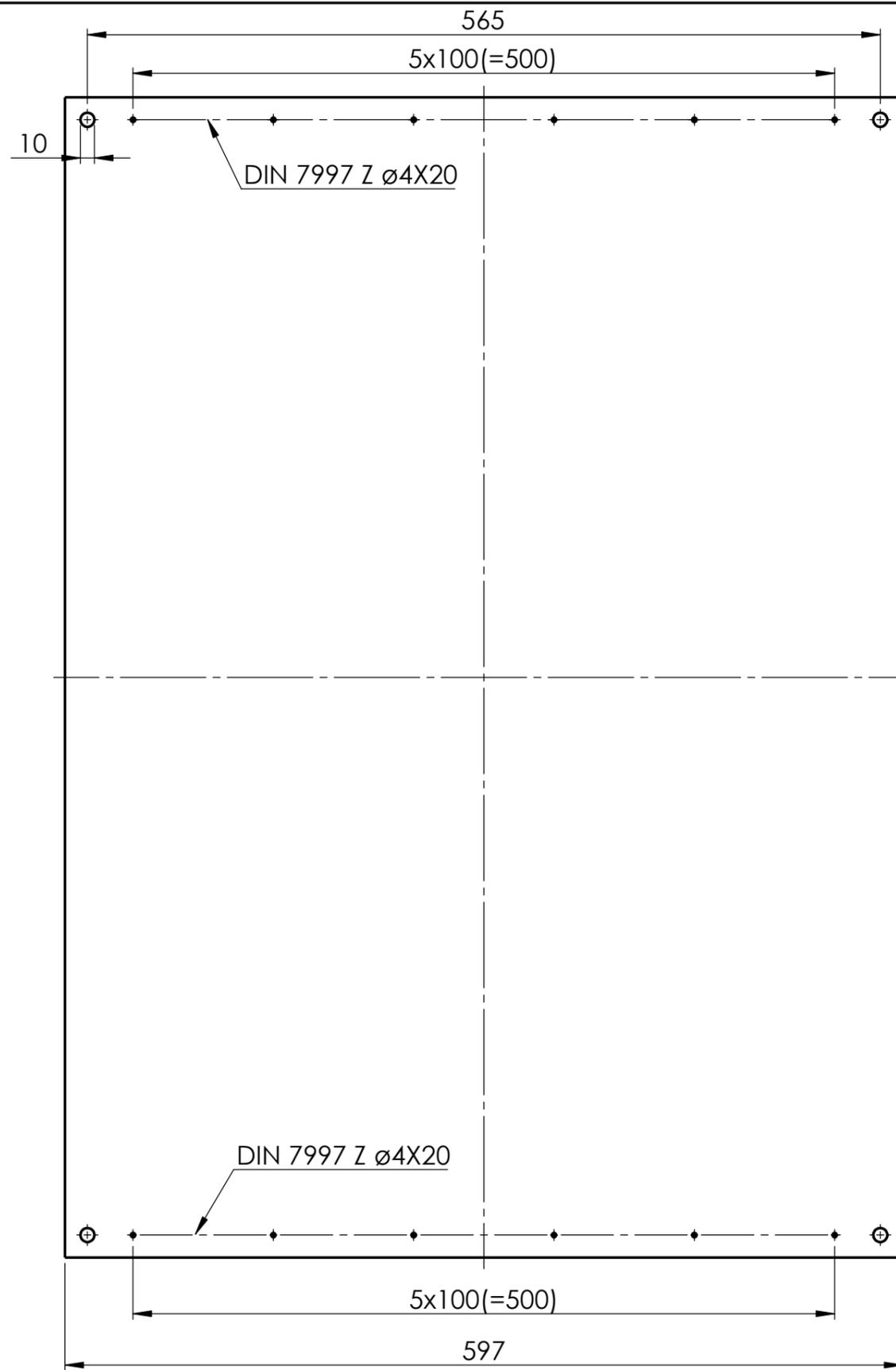


DETALLE C
E 1 : 2

2	1	Chapa de aluminio trasera	-	Aluminio 5754 H111
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE TRASERA		Nº DE CONJUNTO: 3.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: CHAPA DE ALUMINIO TRASERA		Nº DE PLANO: 3.02	

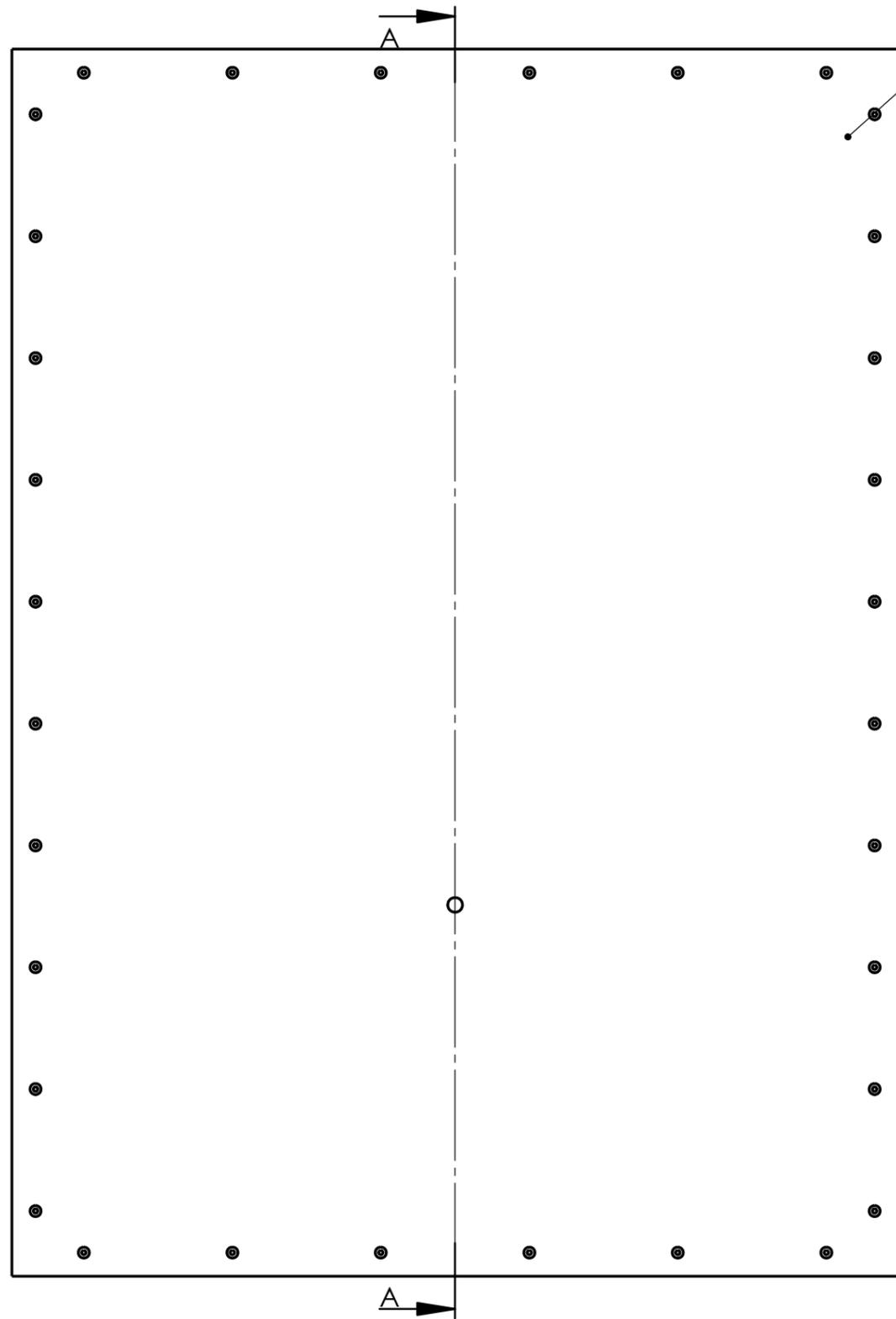


3	1	Panel de aislamiento trasero	-	Lana de vidrio
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE TRASERA		Nº DE CONJUNTO: 3.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: PANEL DE AISLAMIENTO TRASERO		Nº DE PLANO: 3.03	

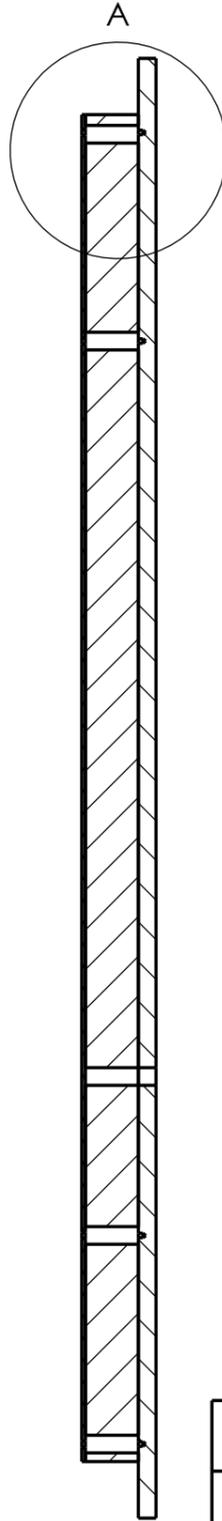


DETALLE A
E 1 : 1

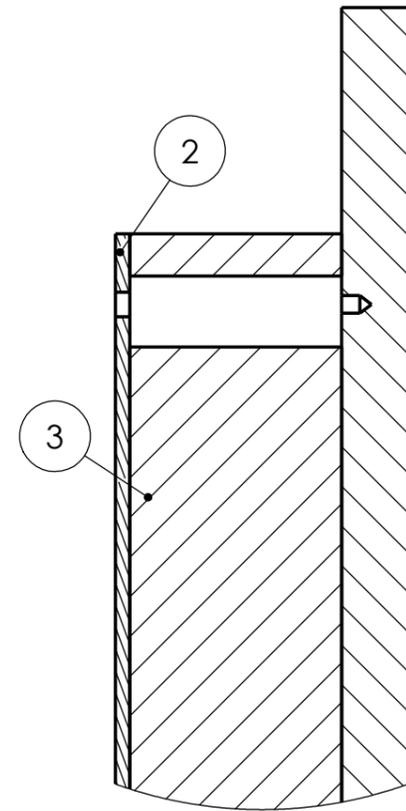
Nombre	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Joel			
Id. s. normas	Hernández Mederos			
	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	1:4	TÍTULO DEL PLANO: TABLERO INFERIOR		Nº DE PLANO: 4.0



1

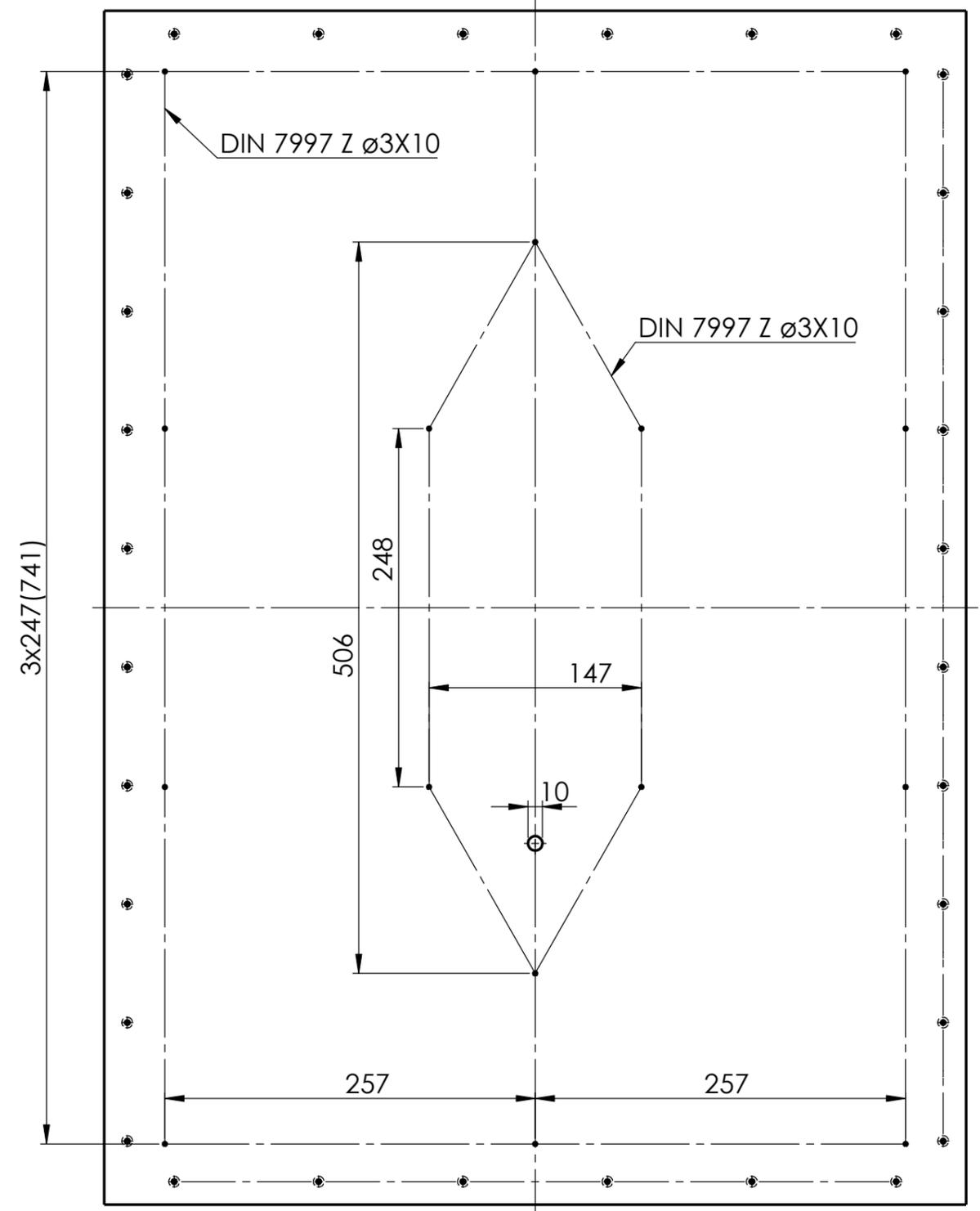
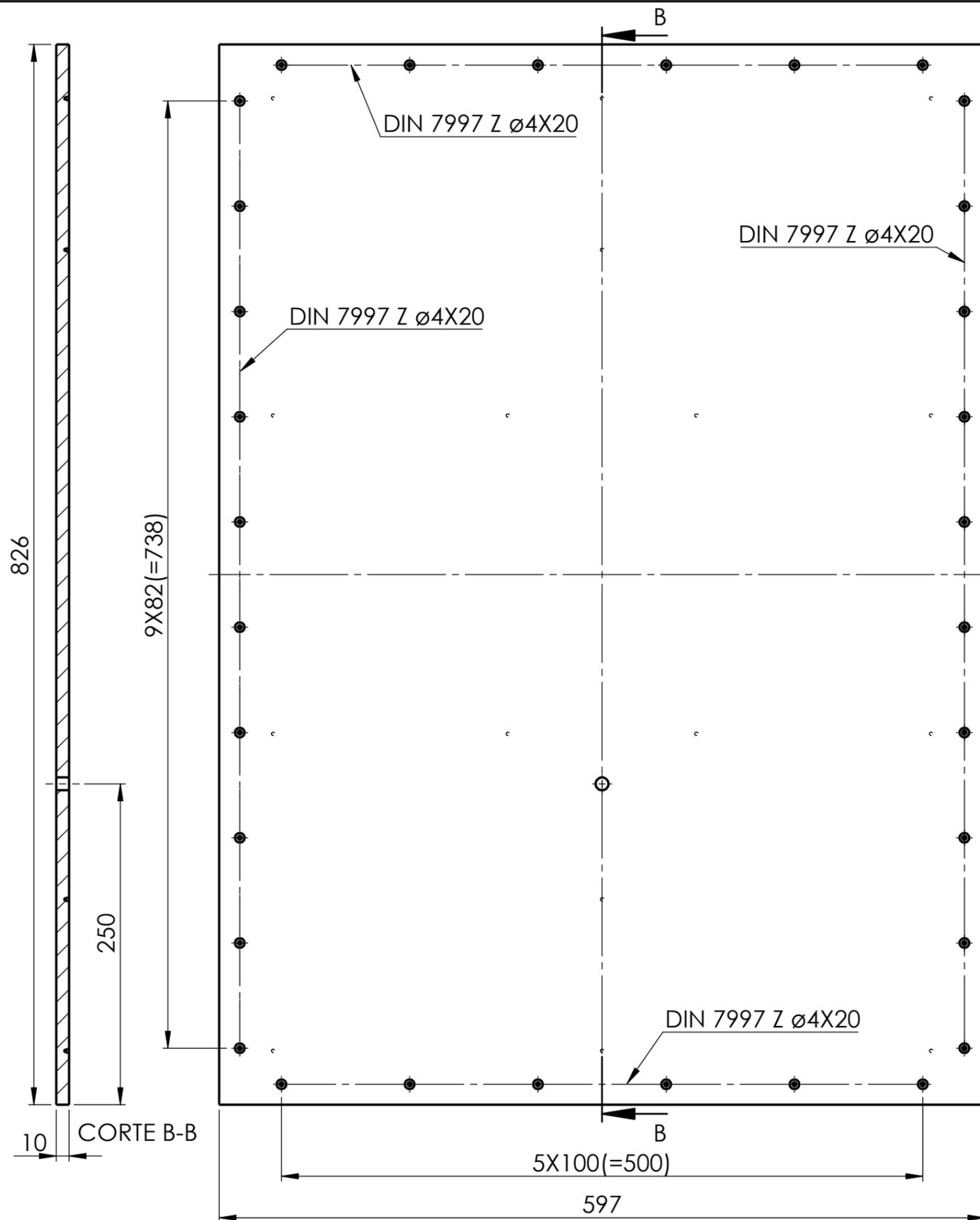


Corte A-A

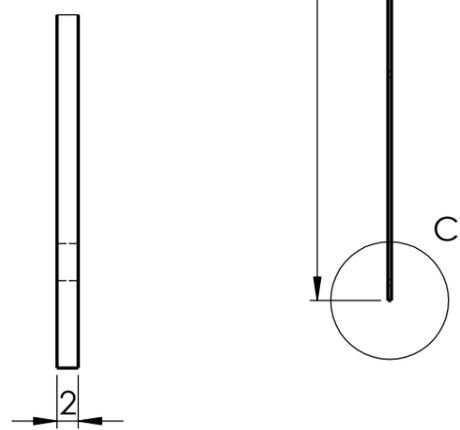
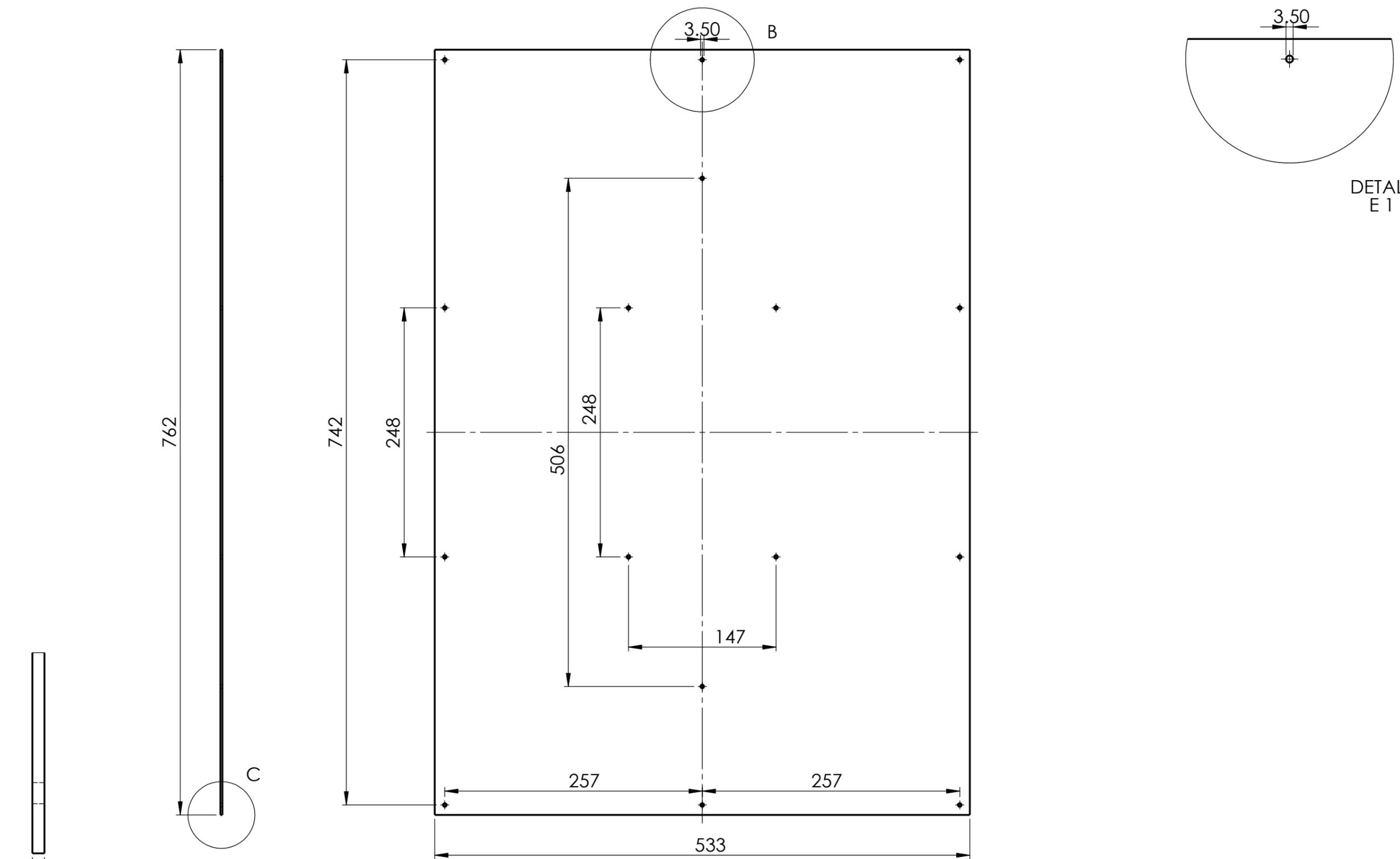


DETALLE A
E 1:1

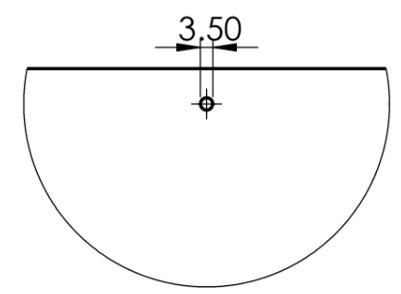
3	1	Panel de aislamiento superior	-	Lana de vidrio
2	1	Chapa de aluminio superior	-	Aluminio 5754 H111
1	1	Tablero superior	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE SUPERIOR		Nº DE CONJUNTO: 5.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: PARTE SUPERIOR		Nº DE PLANO: 5.00	



1	1	Tablero superior	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE SUPERIOR			Nº DE CONJUNTO: 5.00
1:4	TÍTULO DEL PLANO: TABLERO SUPERIOR			Nº DE PLANO: 5.01

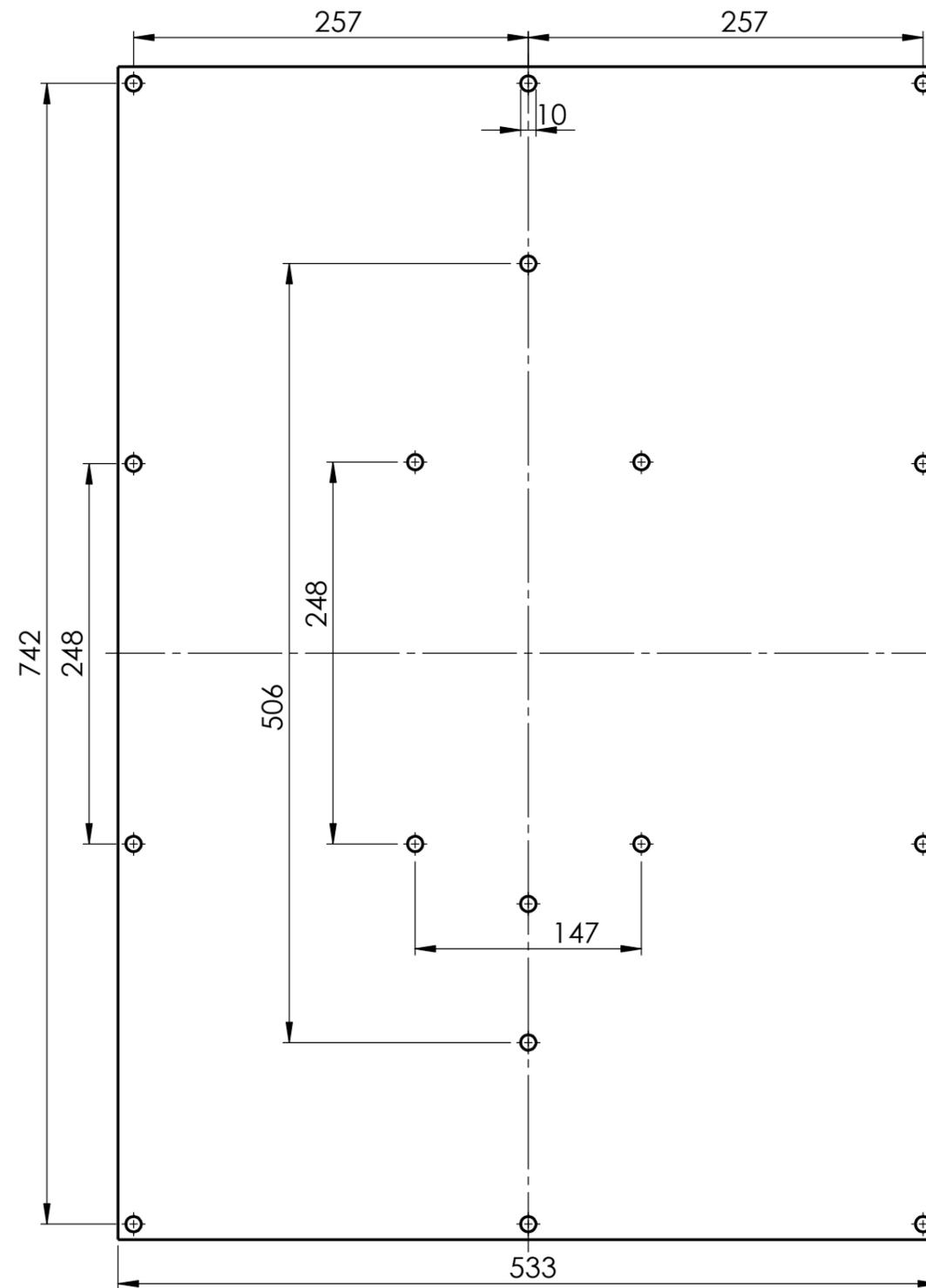
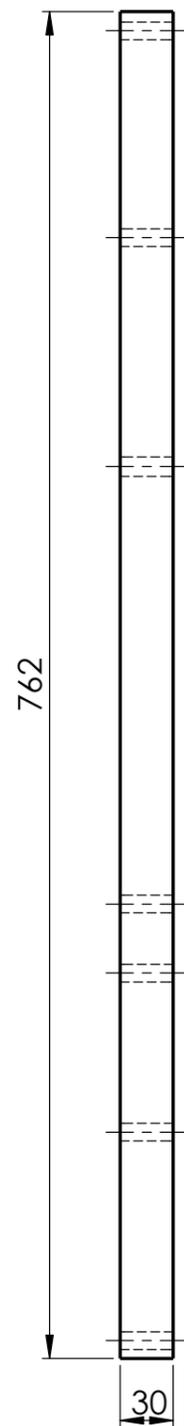


DETALLE C
E 3 : 2

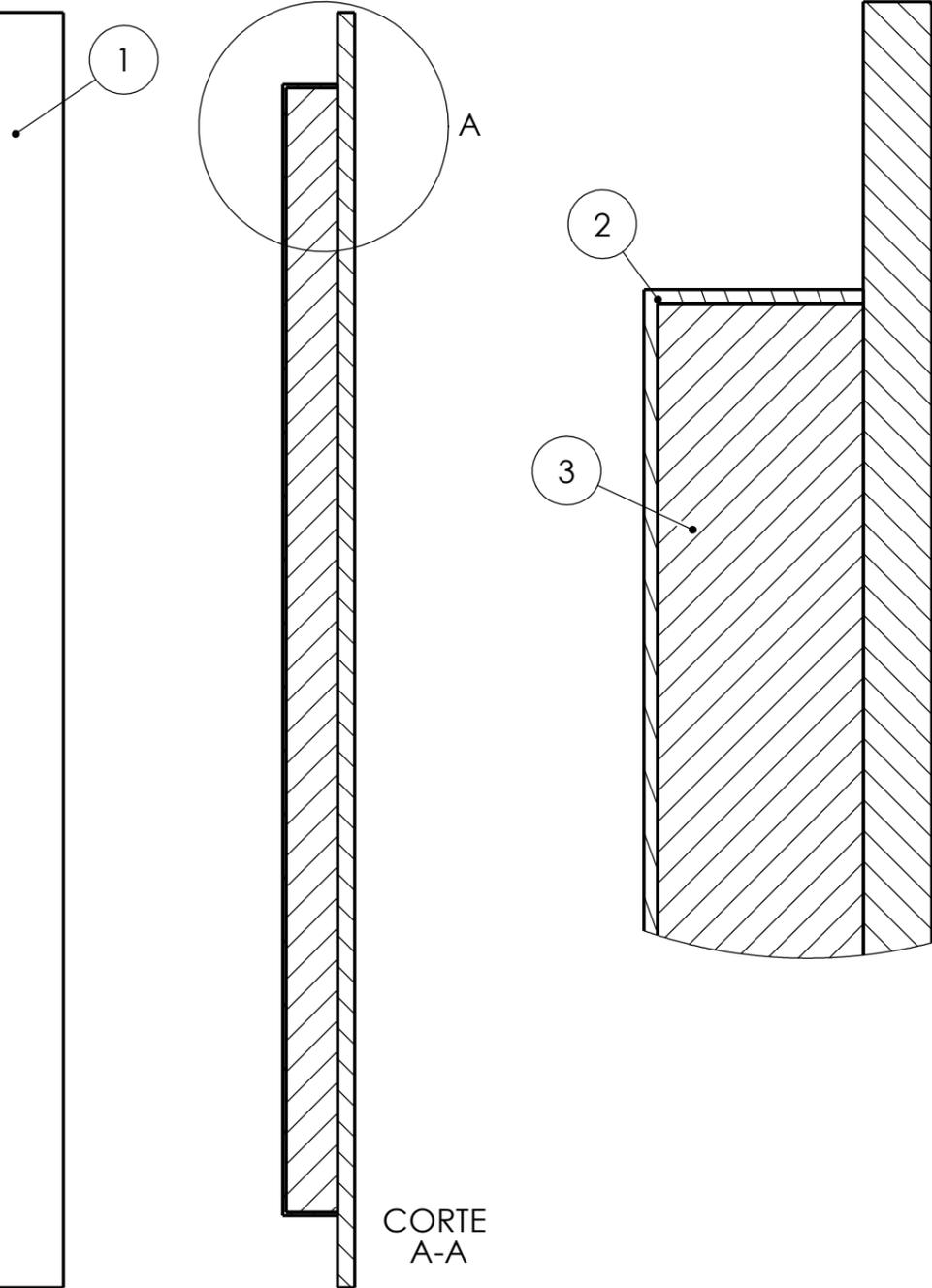
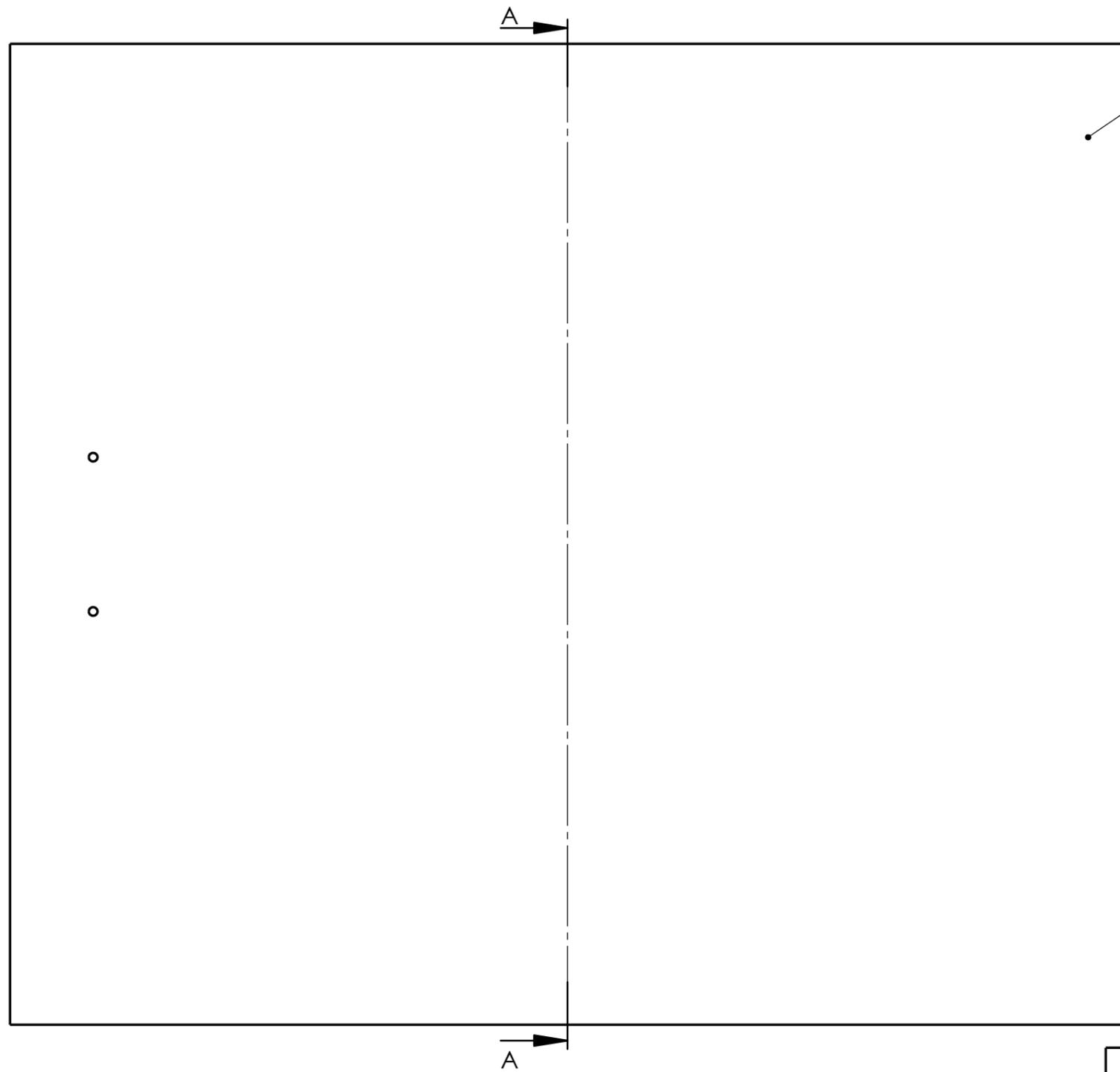


DETALLE B
E 1 : 2

2	1	Chapa de aluminio superior	-	Aluminio 5754 H111
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE SUPERIOR		Nº DE CONJUNTO: 5.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: CHAPA DE ALUMINIO SUPERIOR		Nº DE PLANO: 5.02	



3	1	Panel de aislamiento superior	-	Lana de vidrio
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: PARTE SUPERIOR		Nº DE CONJUNTO: 5.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: PANEL DE AISLAMIENTO SUPERIOR		Nº DE PLANO: 5.03	

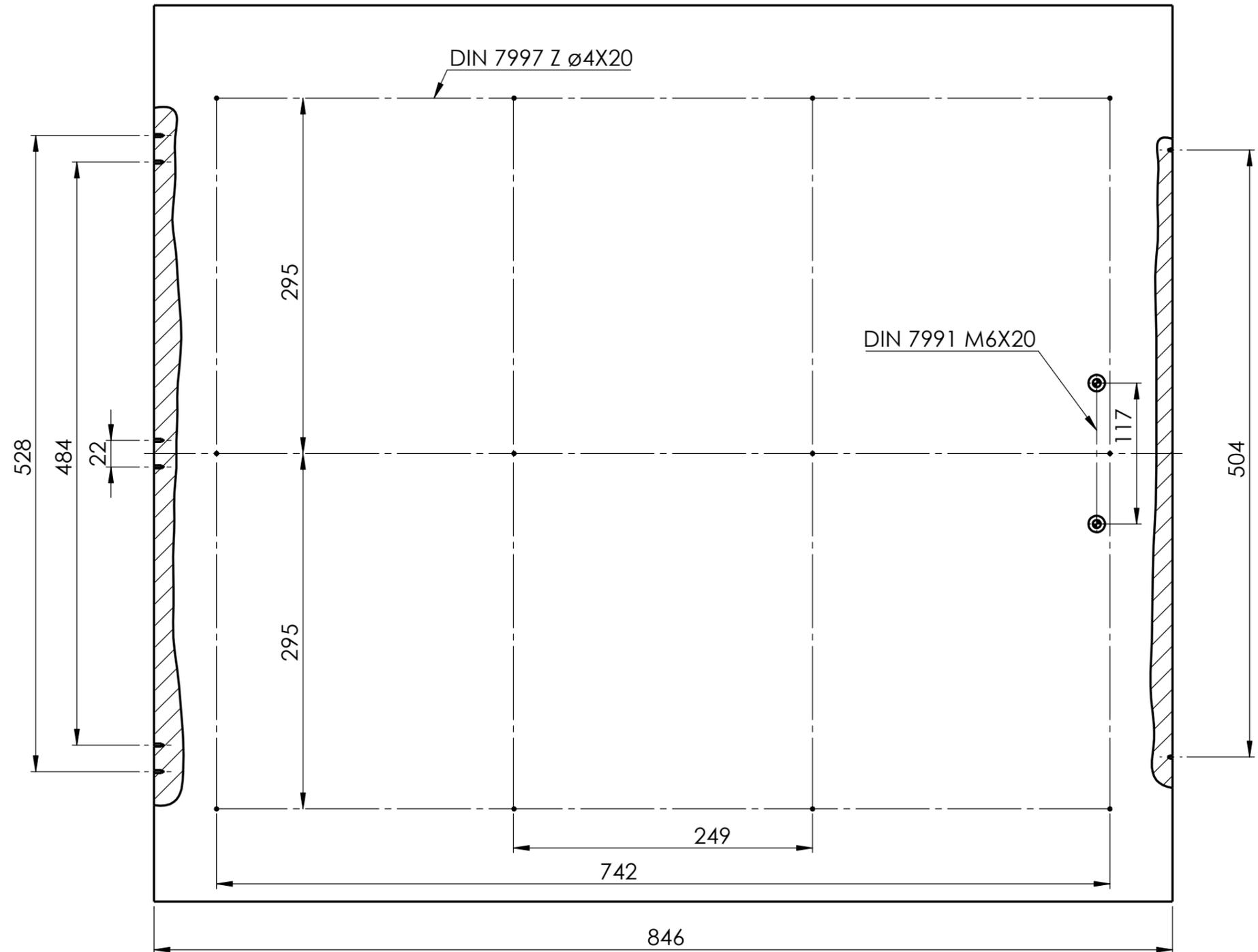
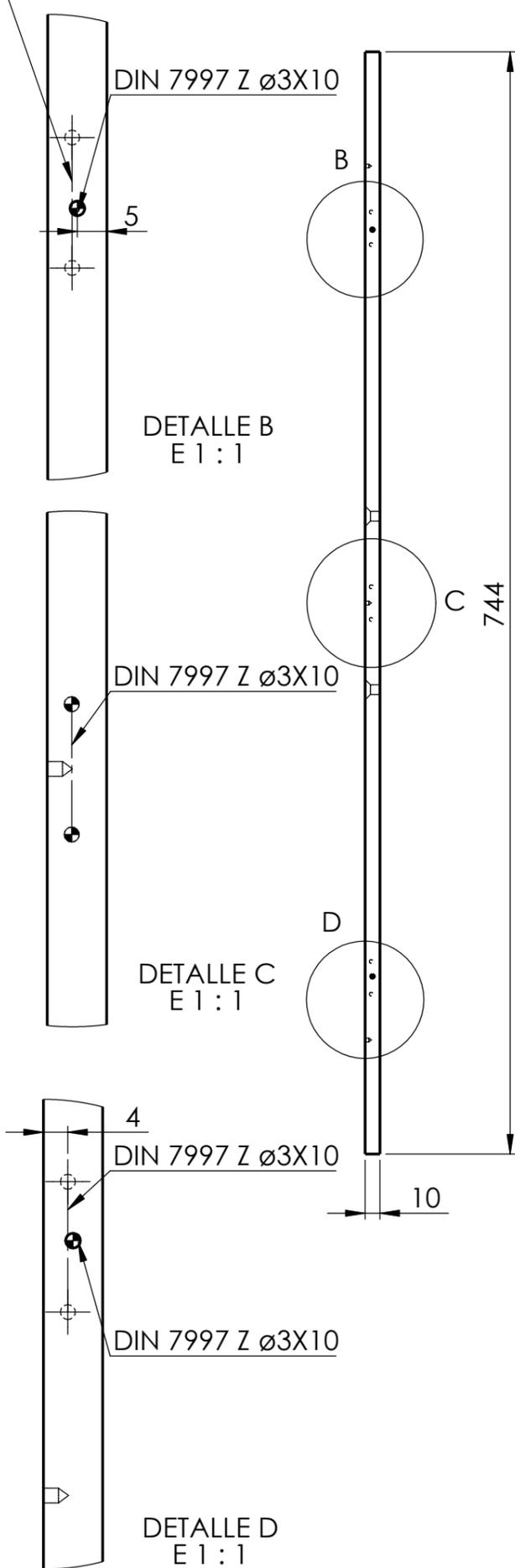


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

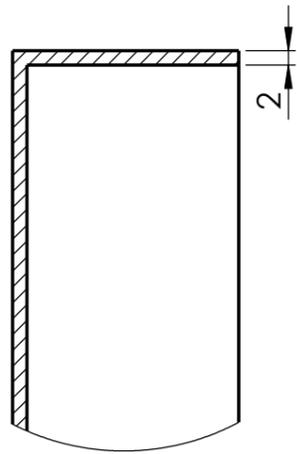
CORTE
A-A

3	1	Panel aisl. lateral derecho	-	Lana de vidrio
2	1	Chapa alu. lateral derecho	-	Aluminio 5754 H111
1	1	Tablero lateral derecho	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: LATERAL DERECHO		Nº DE CONJUNTO: 6.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: LATERAL DERECHO		Nº DE PLANO: 6.00	

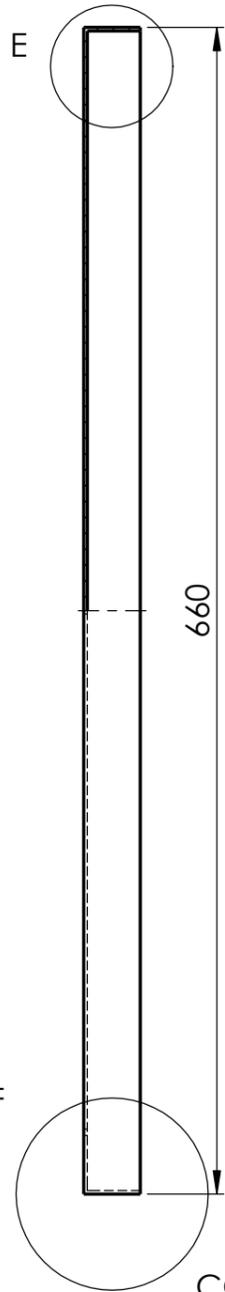
DIN 7997 Z \varnothing 3X10



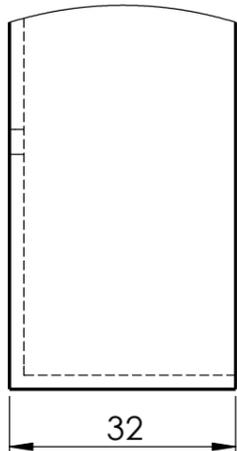
1	1	Tablero lateral derecho	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: LATERAL DERECHO		Nº DE CONJUNTO: 6.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: TABLERO LATERAL DERECHO		Nº DE PLANO: 6.01	



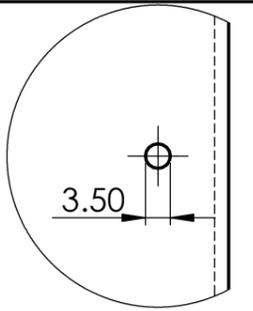
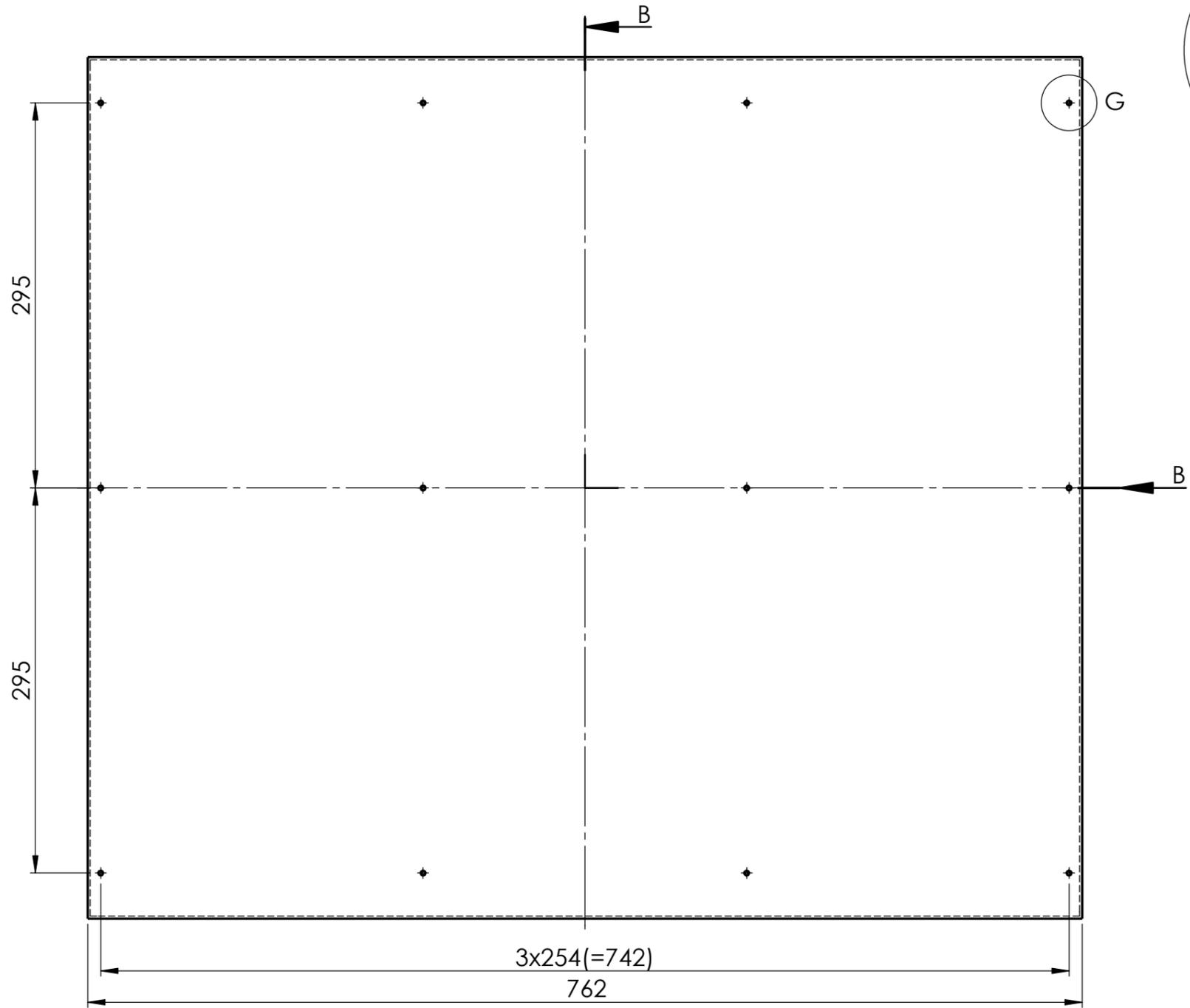
DETALLE E
E 1:1



CORTE
B-B

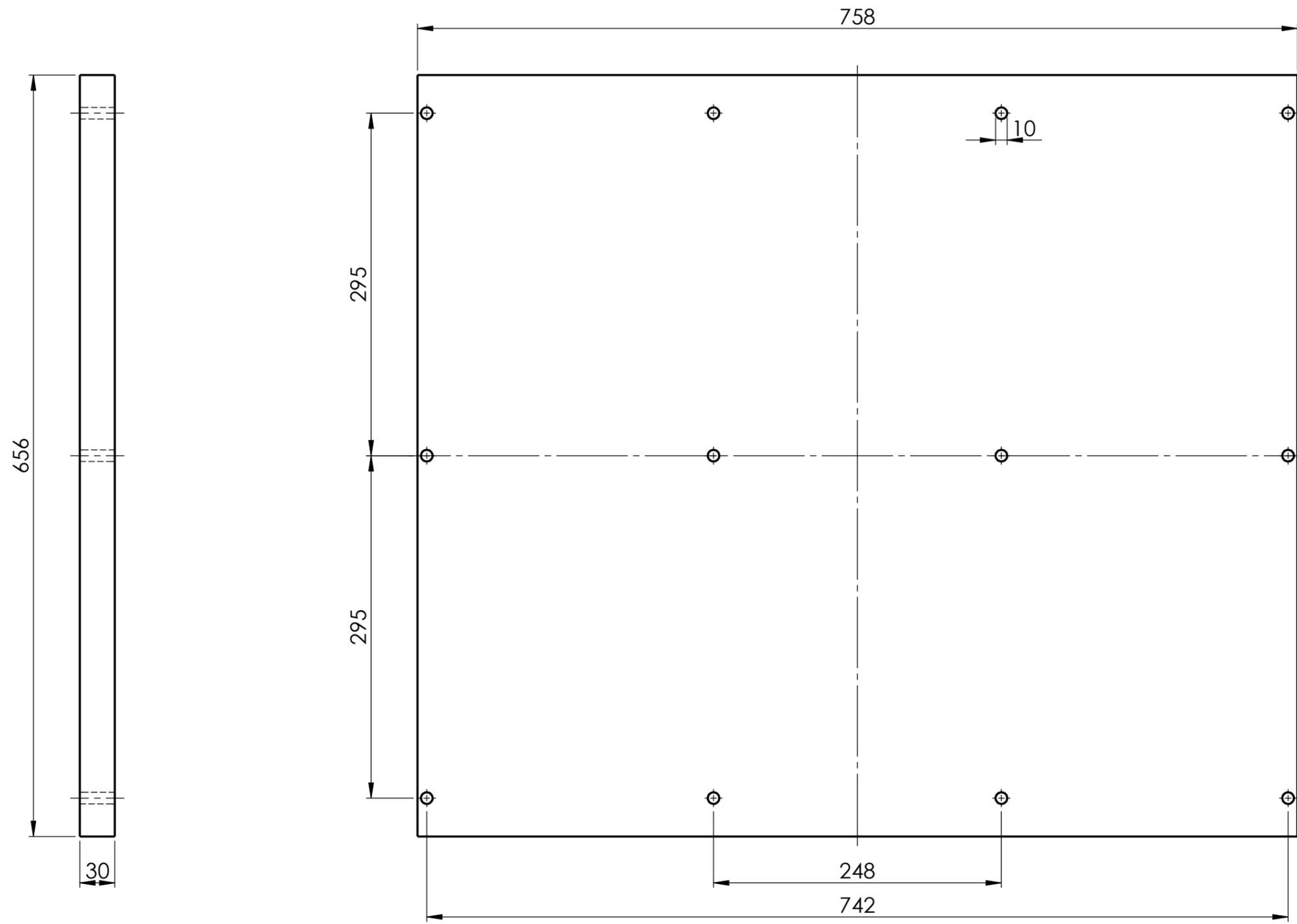


DETALLE F
E 1:1

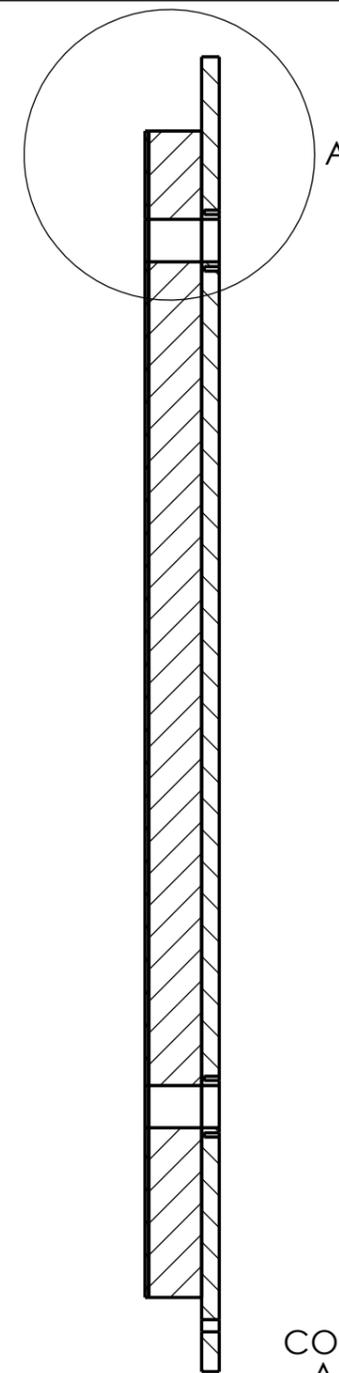
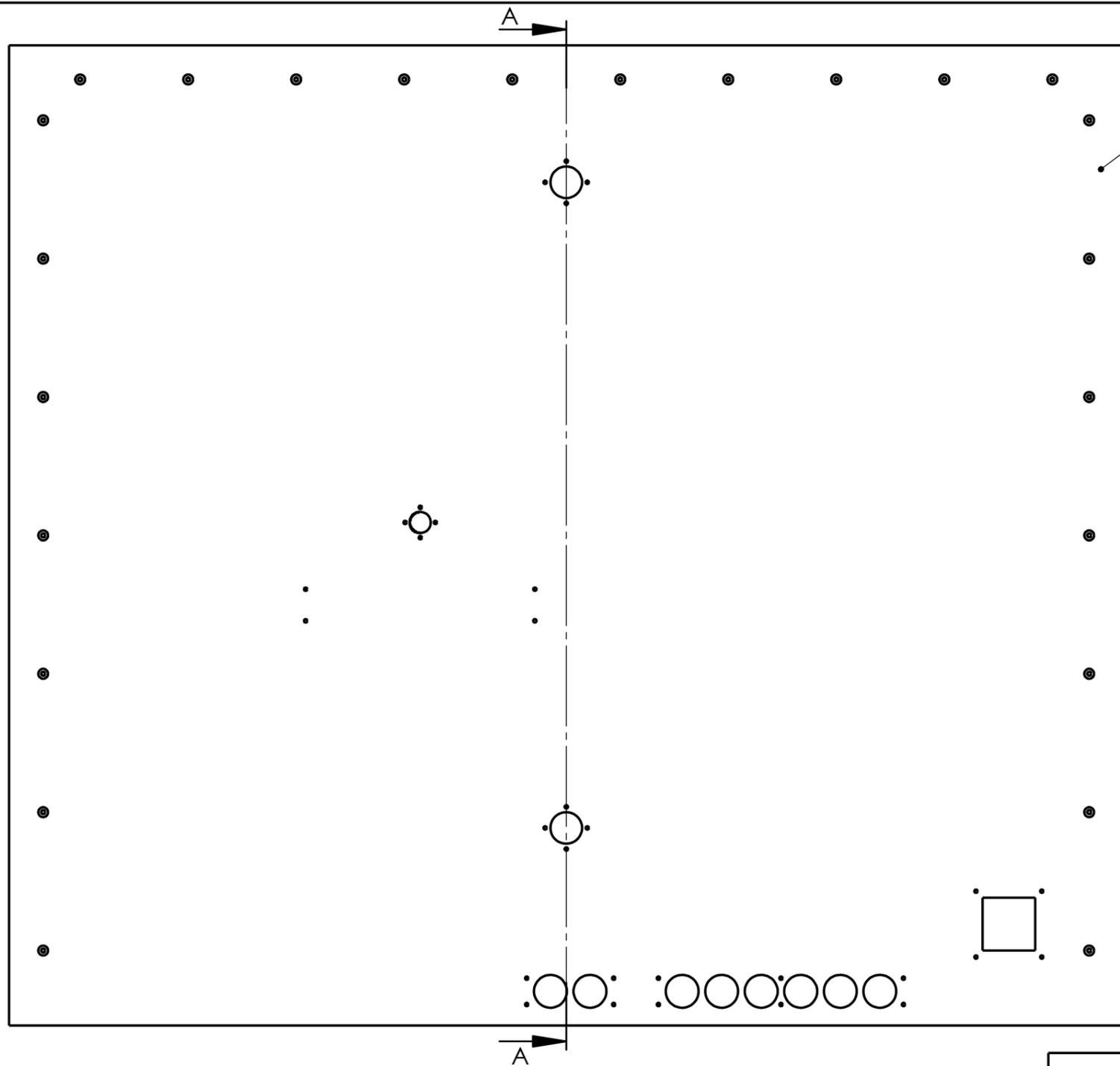


DETALLE G
E 1:1

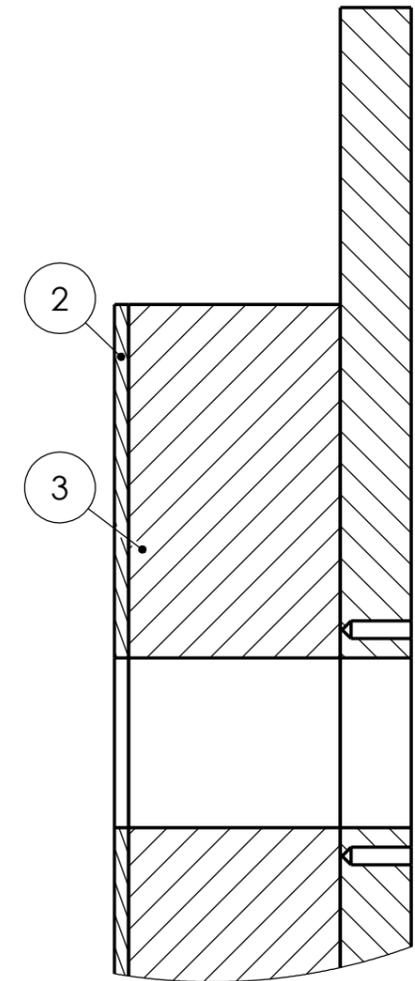
2	1	Chapa alu. lateral derecho	-	Aluminio 5754 H111
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: LATERAL DERECHO		Nº DE CONJUNTO: 6.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: CHAPA DE ALUMINIO LATERAL DERECHO		Nº DE PLANO: 6.02	



3	1	Panel aisl. lateral derecho	-	Lana de vidrio
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: LATERAL DERECHO		Nº DE CONJUNTO: 6.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: PANEL DE AISLAMIENTO LATERAL DERECHO		Nº DE PLANO: 6.03	

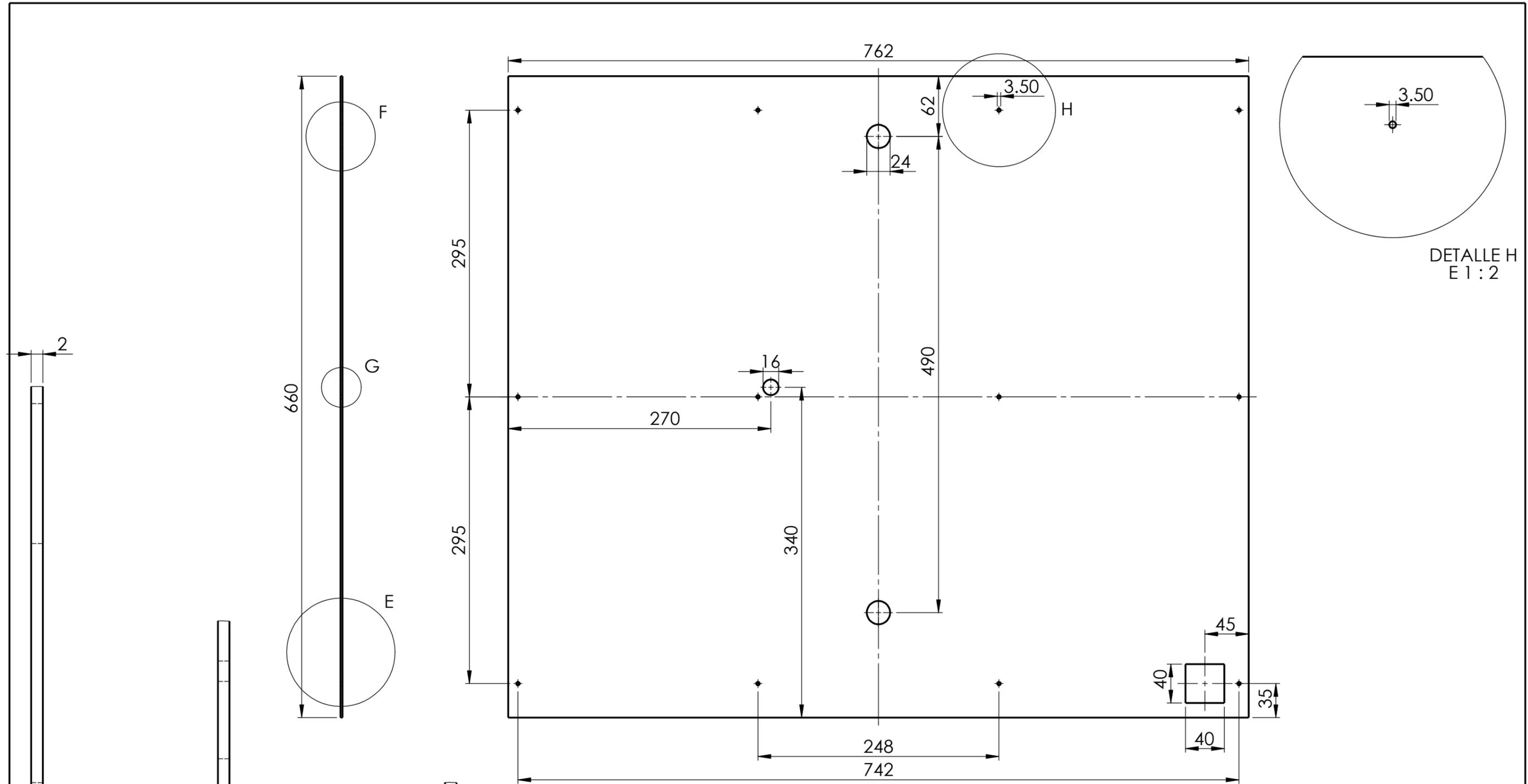


CORTE A-A



DETALLE A
E 1:1

3	1	Panel aisl. lateral izquierdo	-	Lana de vidrio
2	1	Chapa alu. lateral izquierdo	-	Aluminio 5754 H111
1	1	Tablero lateral izquierdo	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: LATERAL IZQUIERDO		Nº DE CONJUNTO: 7.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: LATERAL IZQUIERDO		Nº DE PLANO: 7.00	



DETALLE H
E 1 : 2

DETALLE E
E 3 : 2

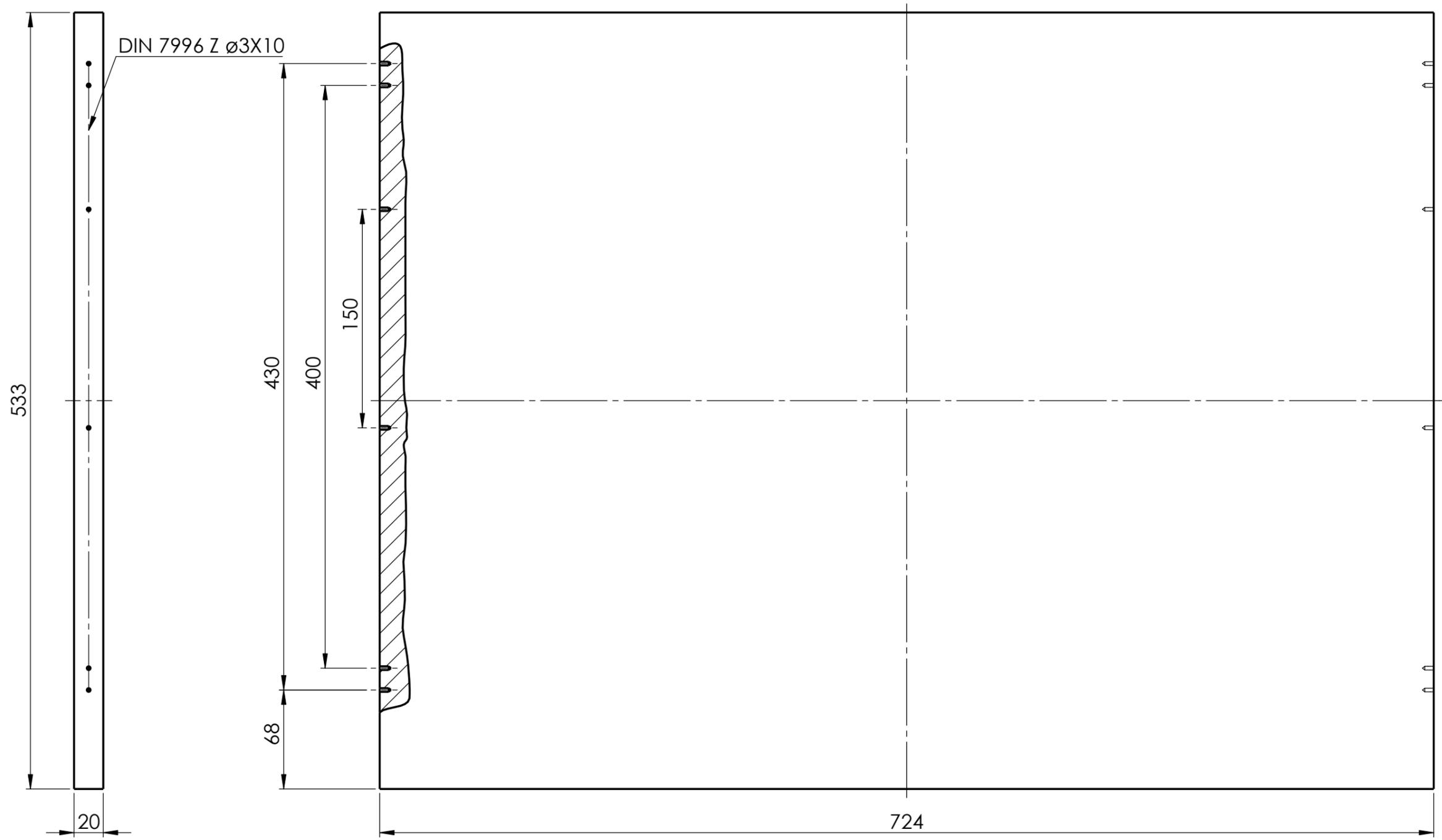
DETALLE F
E 3 : 2

DETALLE G
ESCALA 3 : 2

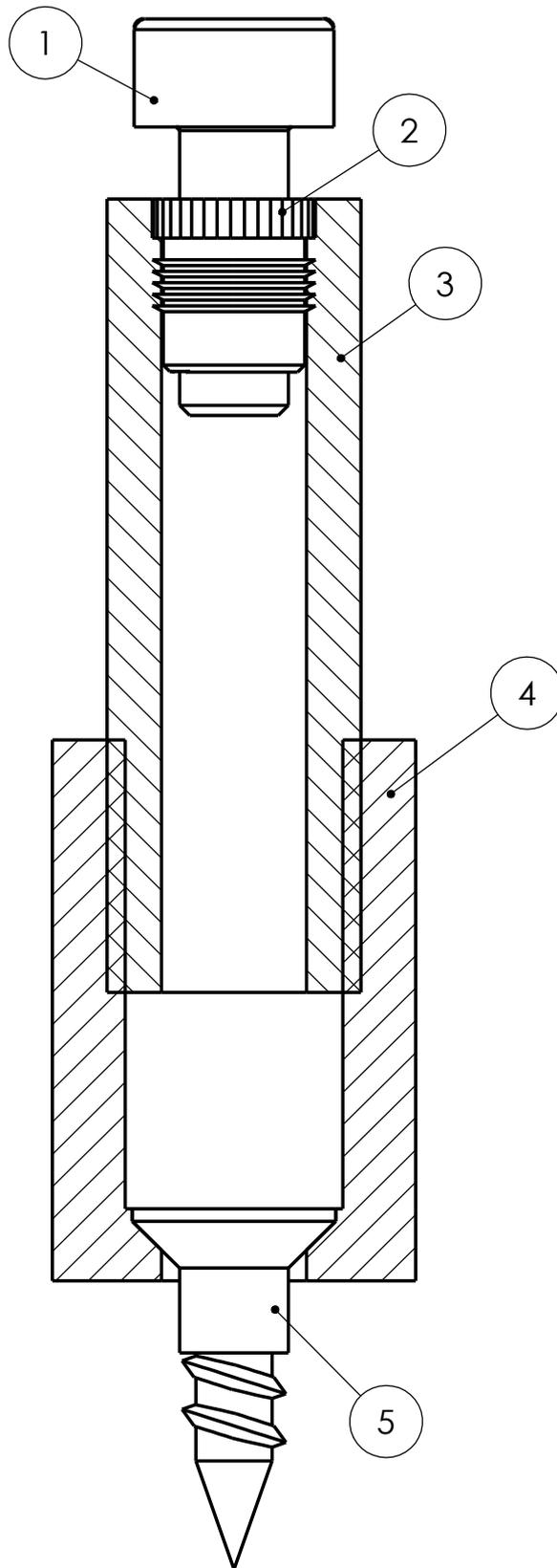
2	1	Chapa alu. lateral izquierdo	-	Aluminio 5754 H111
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: LATERAL IZQUIERDO		Nº DE CONJUNTO: 7.00	
1:4	TÍTULO DEL PLANO: CHAPA DE ALUMINIO LATERAL IZQUIERDO		Nº DE PLANO: 7.02	

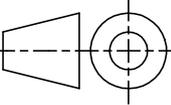


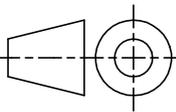
2	2	Guía telescópica Accuride	-	DZ2731-0050CL
1	1	Tablero de extracción	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: SISTEMA DE EXTRACCIÓN IMPRESORA		Nº DE CONJUNTO: 8.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: SISTEMA DE EXTRACCIÓN IMPRESORA		Nº DE PLANO: 8.00	

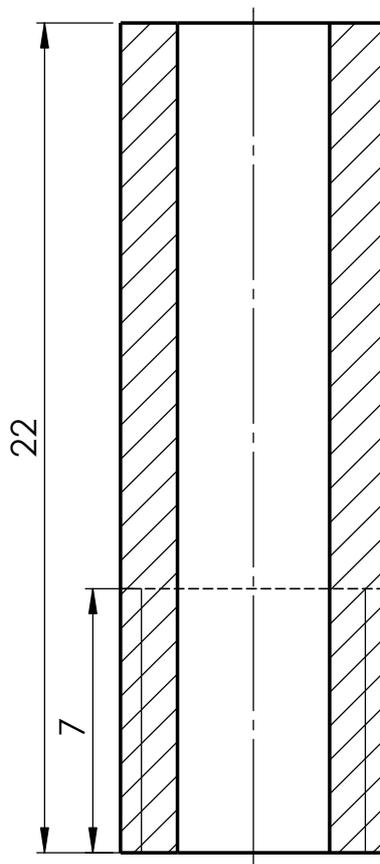
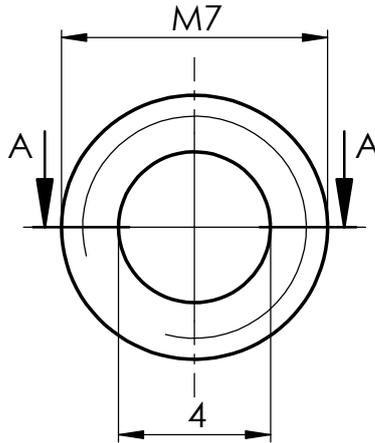


1	1	Tablero de extracción	-	Contrachapado
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: SISTEMA DE EXTRACCIÓN IMPRESORA		Nº DE CONJUNTO: 8.00	
1:3	TÍTULO DEL PLANO: TABLERO DE EXTRACCIÓN		Nº DE PLANO: 8.01	



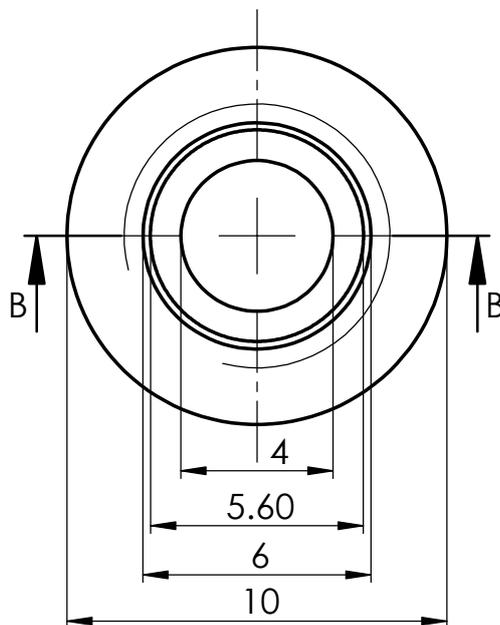
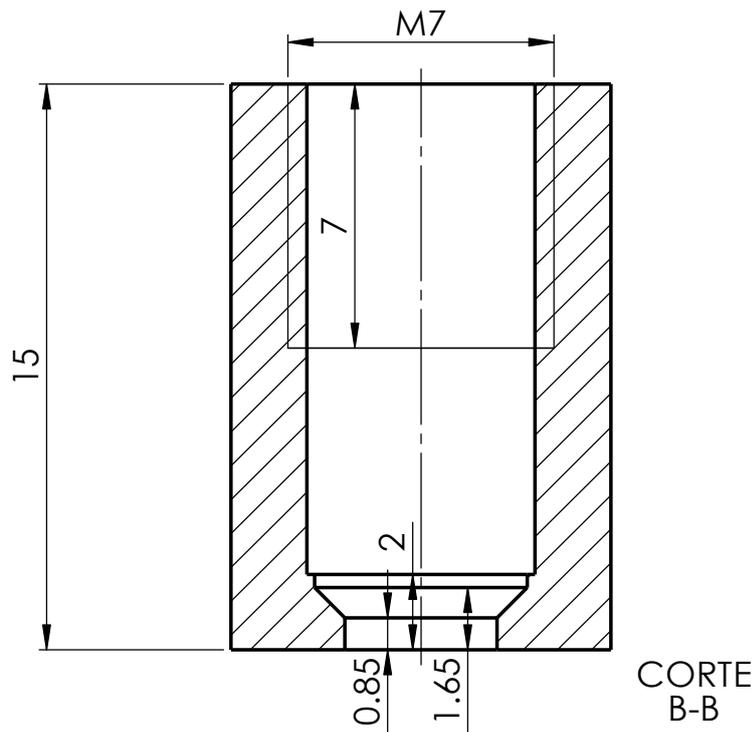
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019	 	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 5:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: TACO DE SUJECIÓN			Nº DE CONJUNTO: 9.00
	TÍTULO DEL PLANO: TACO DE SUJECIÓN			Nº DE PLANO: 9.00

5	1	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3x10
4	1	Base hueca con rosca	-	ABS M7X1
3	1	Eje hueco con rosca	-	ABS M7X1
2	1	Inserto para plástico	-	LATÓN M3
1	1	Tornillo cilíndrico Allen	DIN 912	M3X8
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: TACO DE SUJECIÓN			Nº DE CONJUNTO: 9.00
	TÍTULO DEL PLANO: TACO DE SUJECIÓN			Nº DE PLANO: 9.00

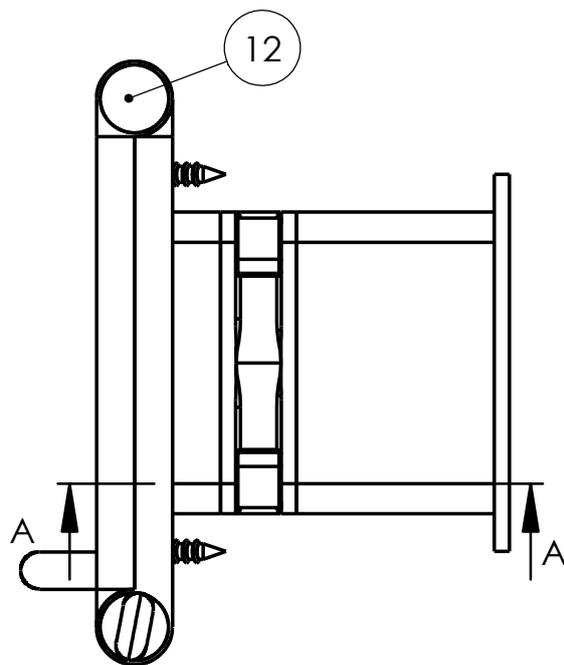
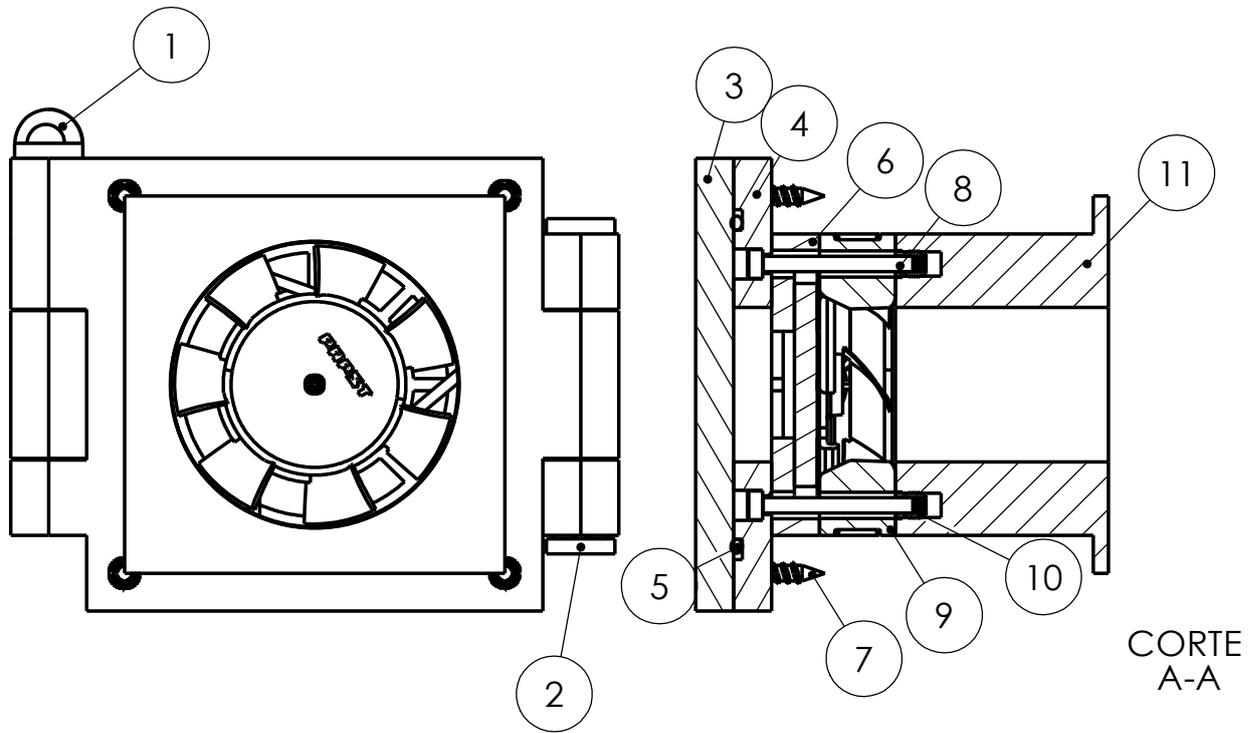


CORTE A-A

3	1	Eje hueco con rosca	-	ABS M7X1
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 5:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: TACO DE SUJECIÓN			Nº DE CONJUNTO: 9.00
	TÍTULO DEL PLANO: EJE HUECO CON ROSCA			Nº DE PLANO: 9.03

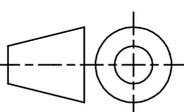


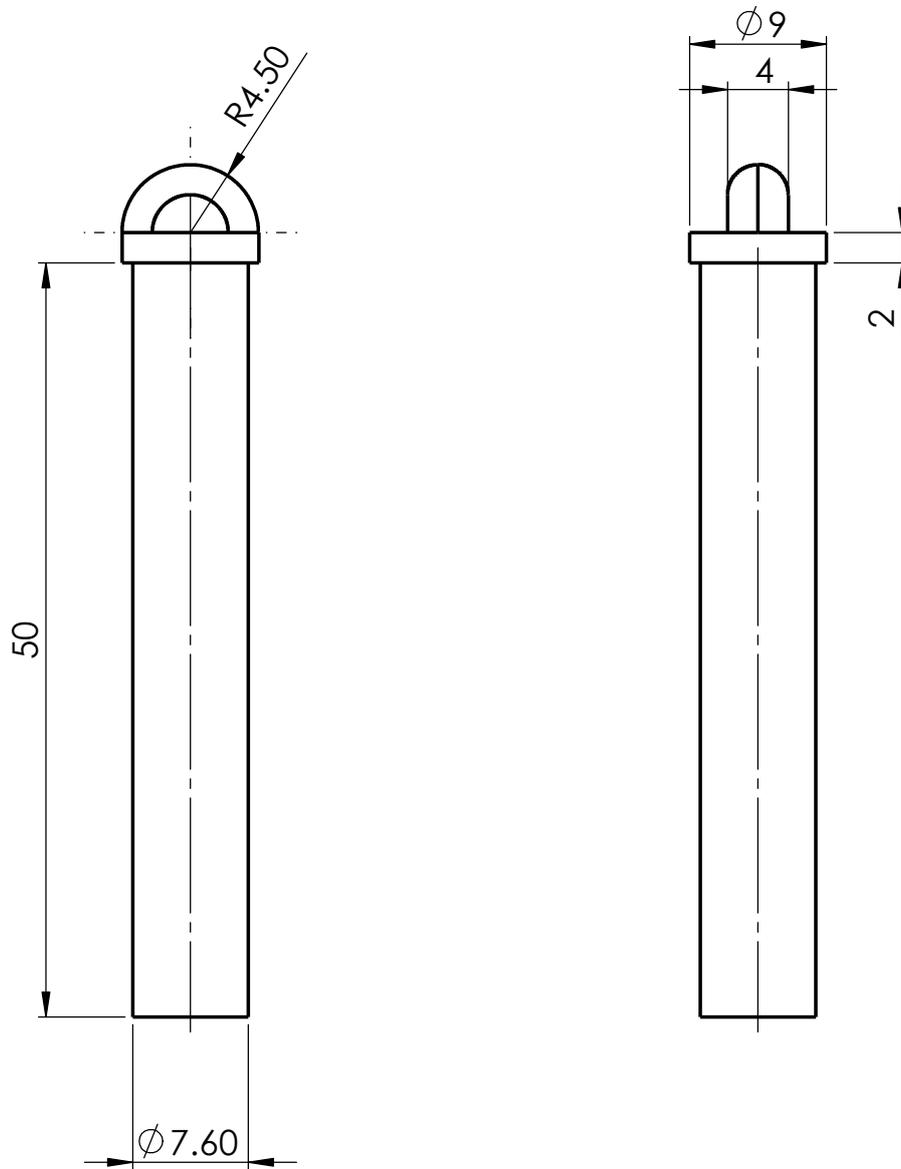
4	1	Base hueca con rosca	-	ABS M7X1
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: TACO DE SUJECIÓN			Nº DE CONJUNTO: 9.00
5:1	TÍTULO DEL PLANO: BASE HUECA CON ROSCA			Nº DE PLANO: 9.04

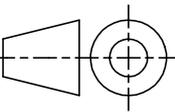


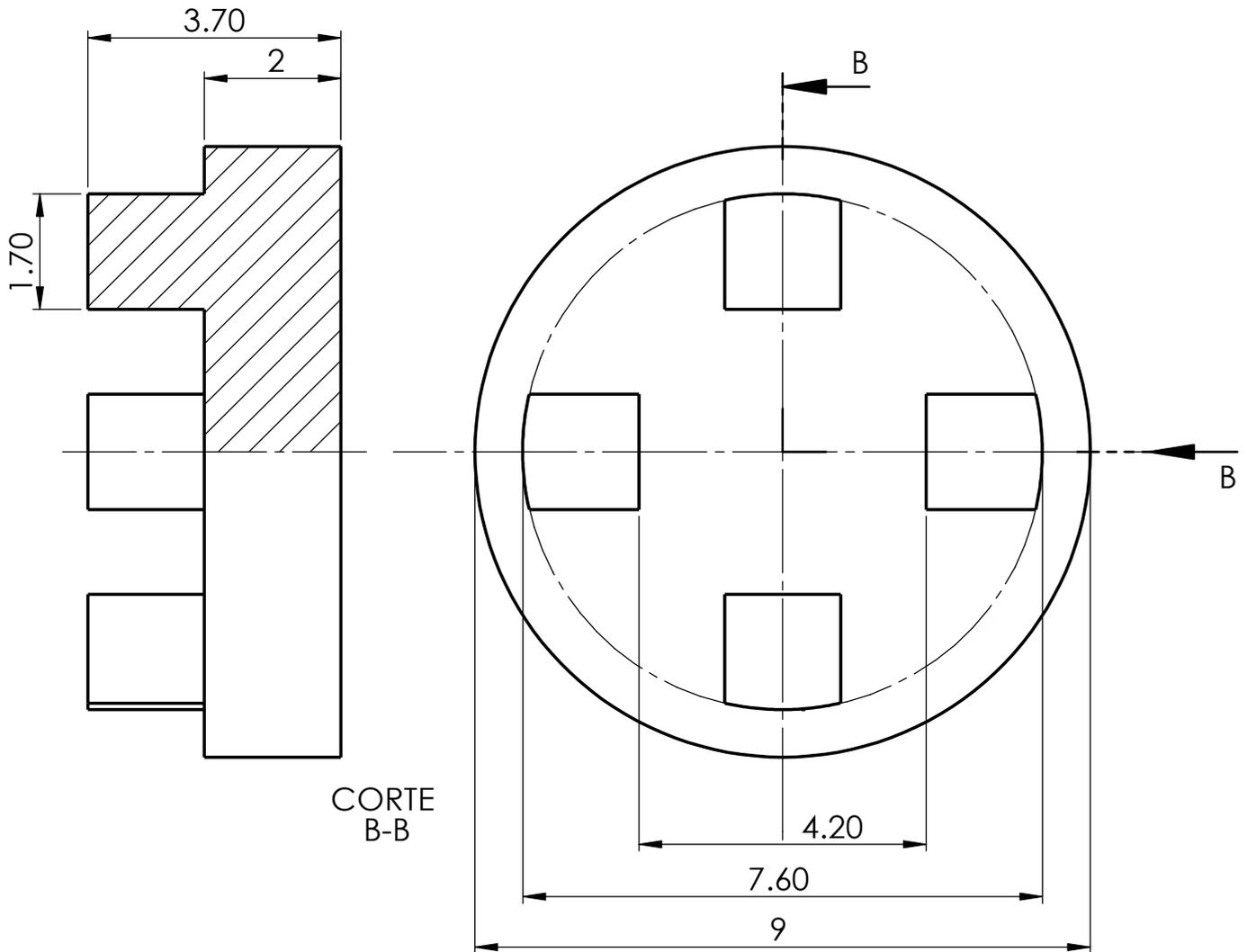
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: CONJUNTO VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE PLANO: 10.00

12	1	Eje fijo	-	ABS
11	1	Pieza de sujeción	-	ABS
10	4	Inserto para plástico	-	LATÓN M2
9	1	Ventilador axial	-	412 FH-132
8	4	Tornillo cilíndrico	DIN 912	M2X20
7	4	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3X12
6	1	Filtro de aire	-	ABS/PU
5	1	Junta tórica	DIN 3771	FPM OR 52X1,5
4	1	Tapa de sujeción	-	ABS
3	1	Compuerta	-	ABS
2	1	Tapa de eje fijo	-	ABS
1	1	Eje extraíble	-	ABS

MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: CONJUNTO VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE PLANO: 10.00

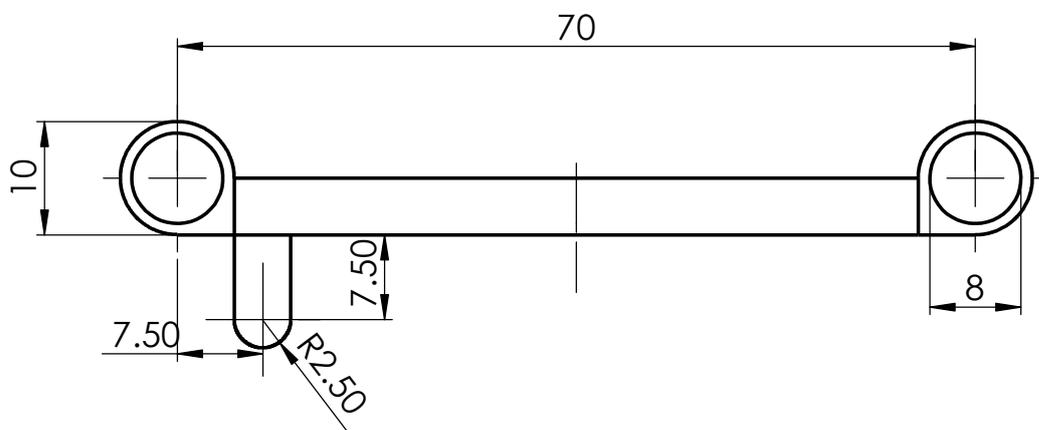
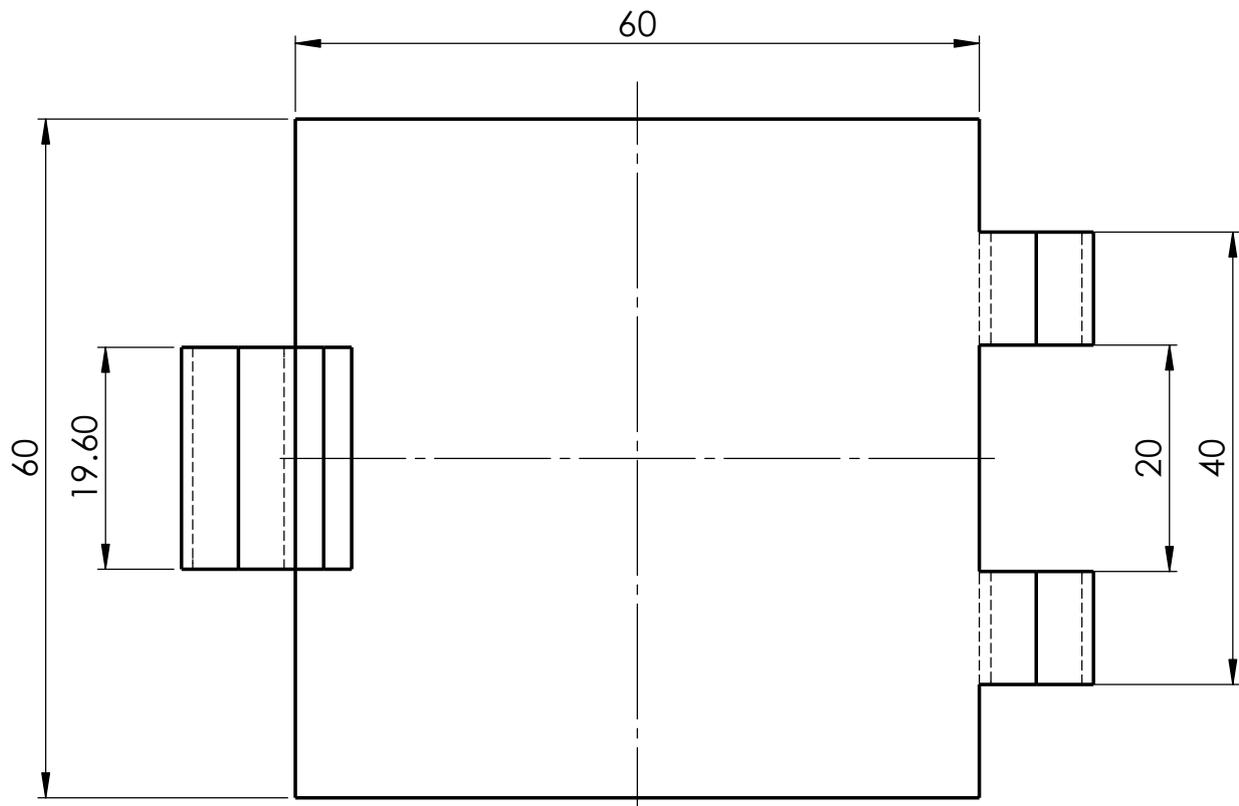


1	1	Eje extraíble	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: EJE EXTRAÍBLE			Nº DE PLANO: 10.01

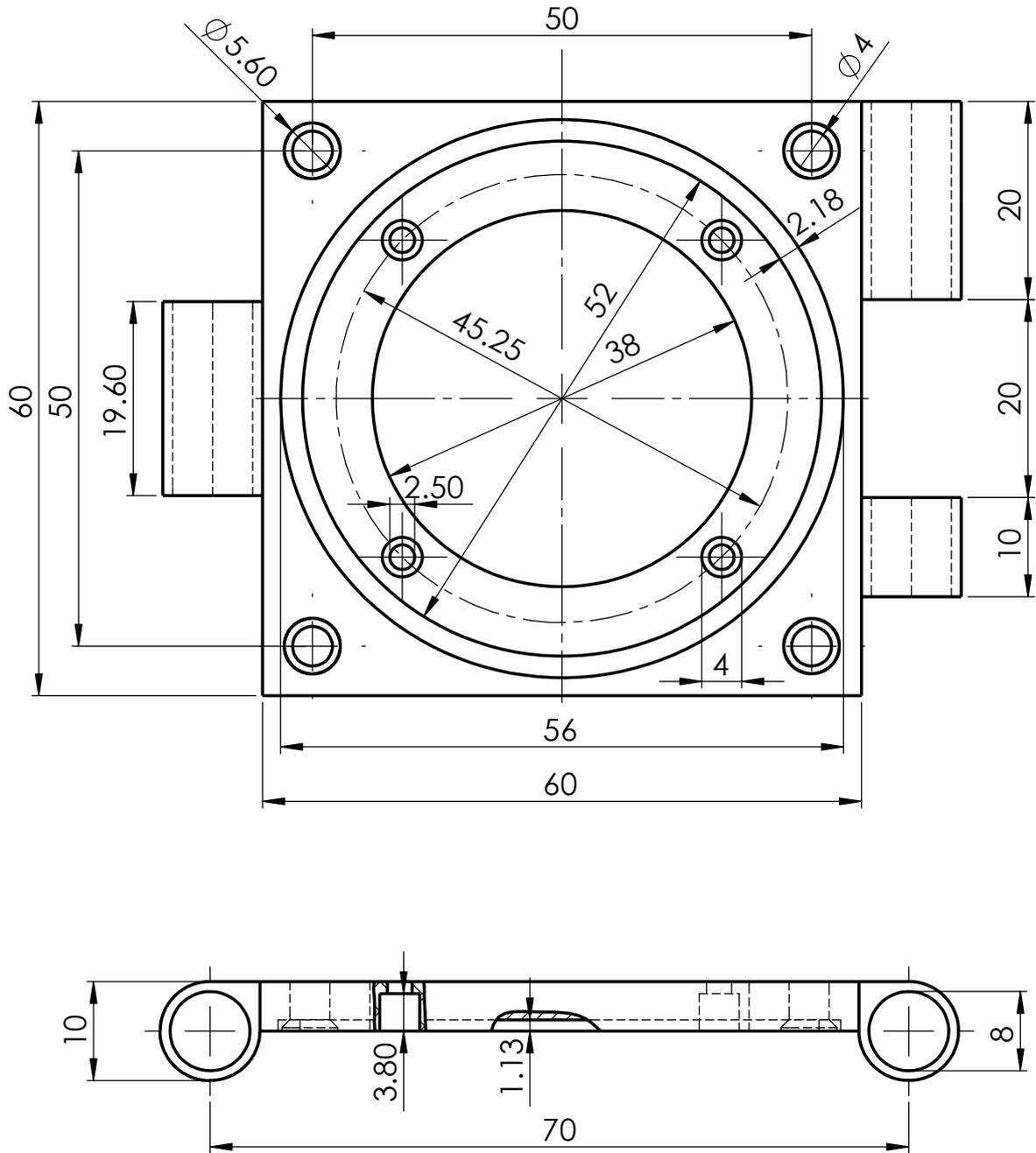


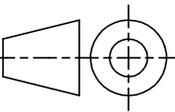
CORTE
B-B

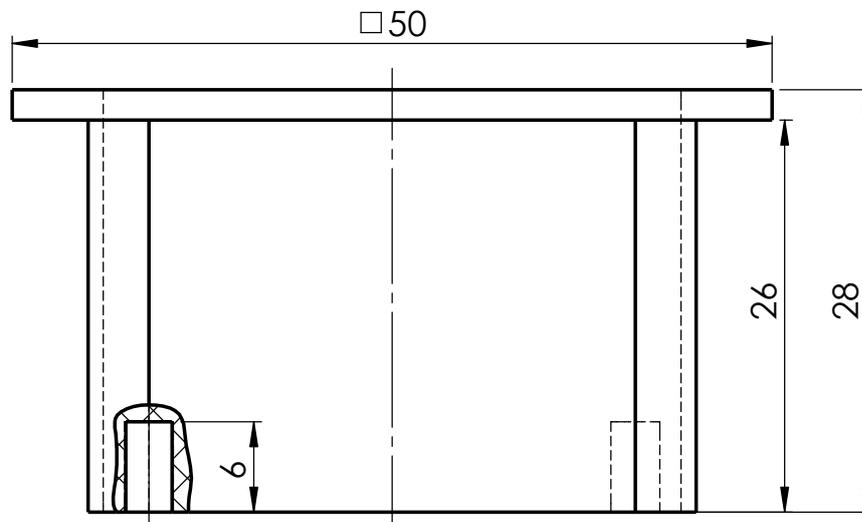
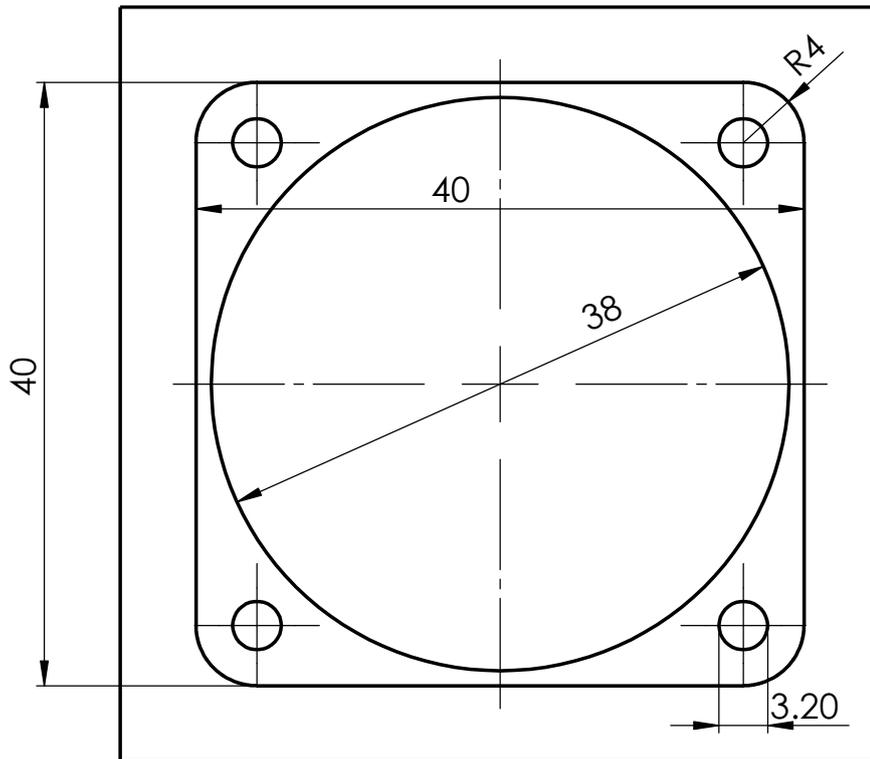
2	1	Tapa de eje fijo	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 10:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: TAPA DE EJE FIJO			Nº DE PLANO: 10.02



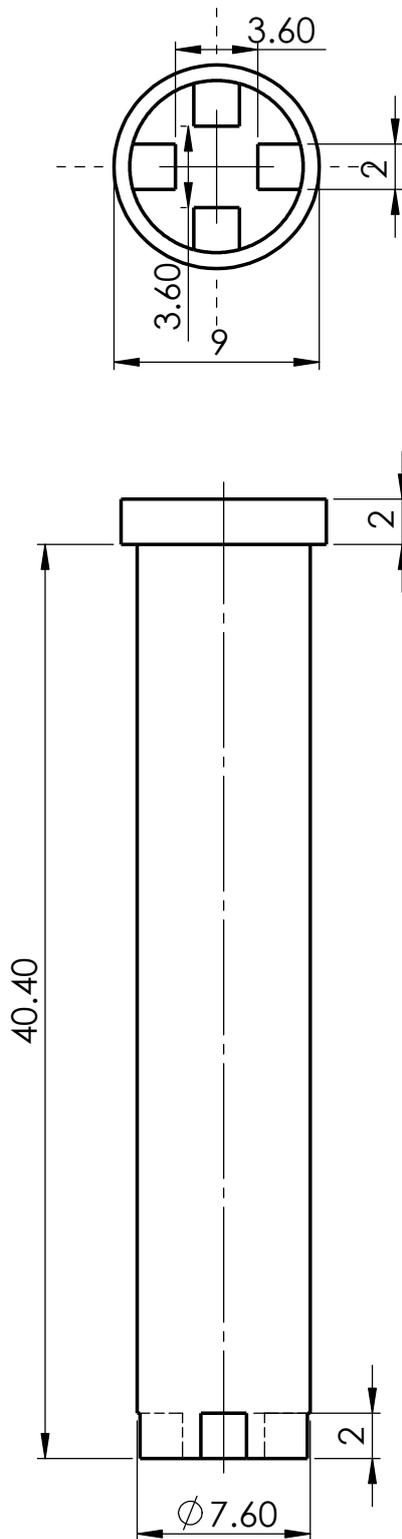
3	1	Compuerta	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:2	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: COMPUERTA			Nº DE PLANO: 10.03

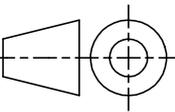


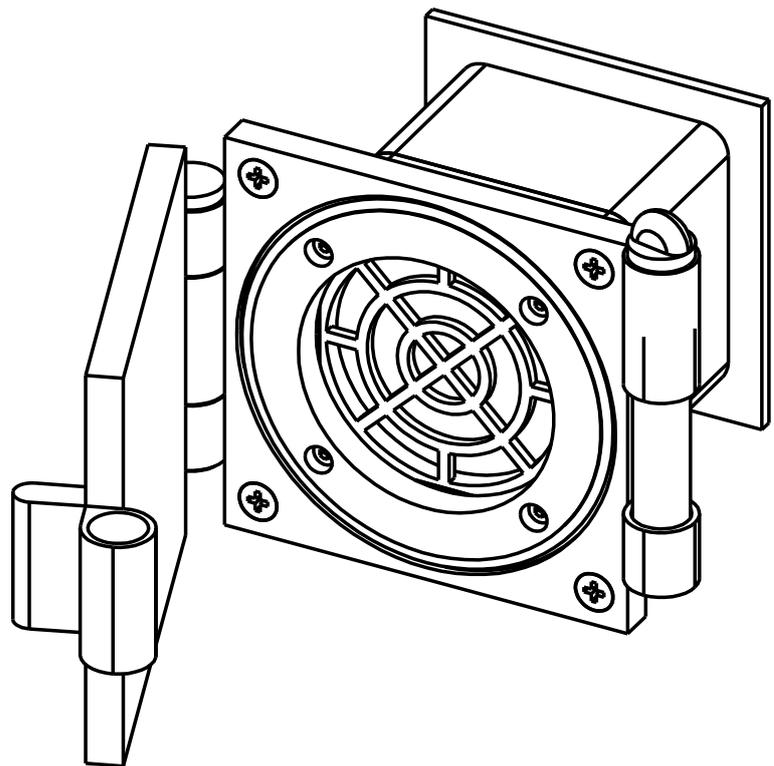
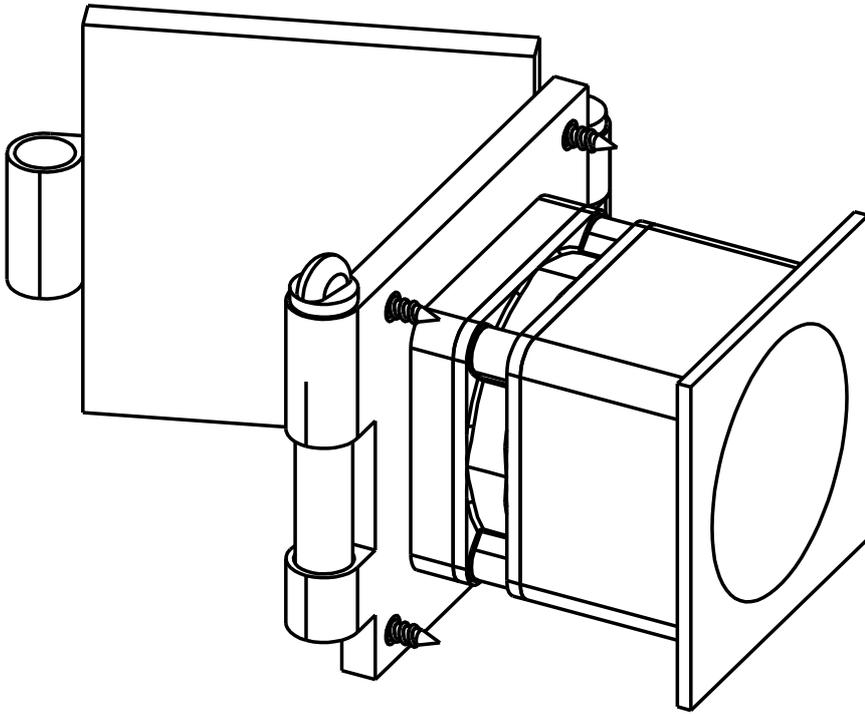
4	1	Tapa de sujeción	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:2	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: TAPA DE SUJECIÓN			Nº DE PLANO: 10.04

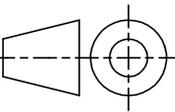


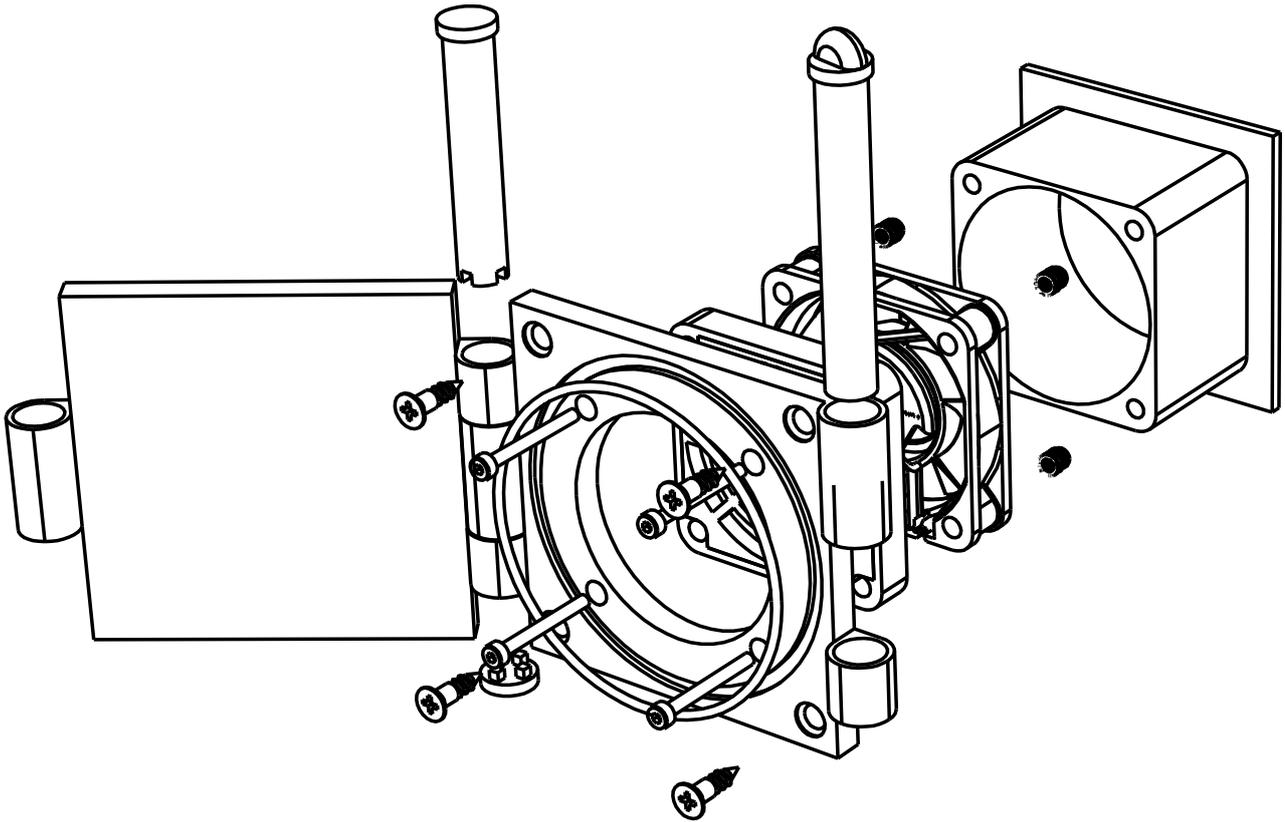
11	1	Pieza de sujeción	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: PIEZA DE SUJECIÓN			Nº DE PLANO: 10.11

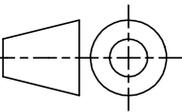


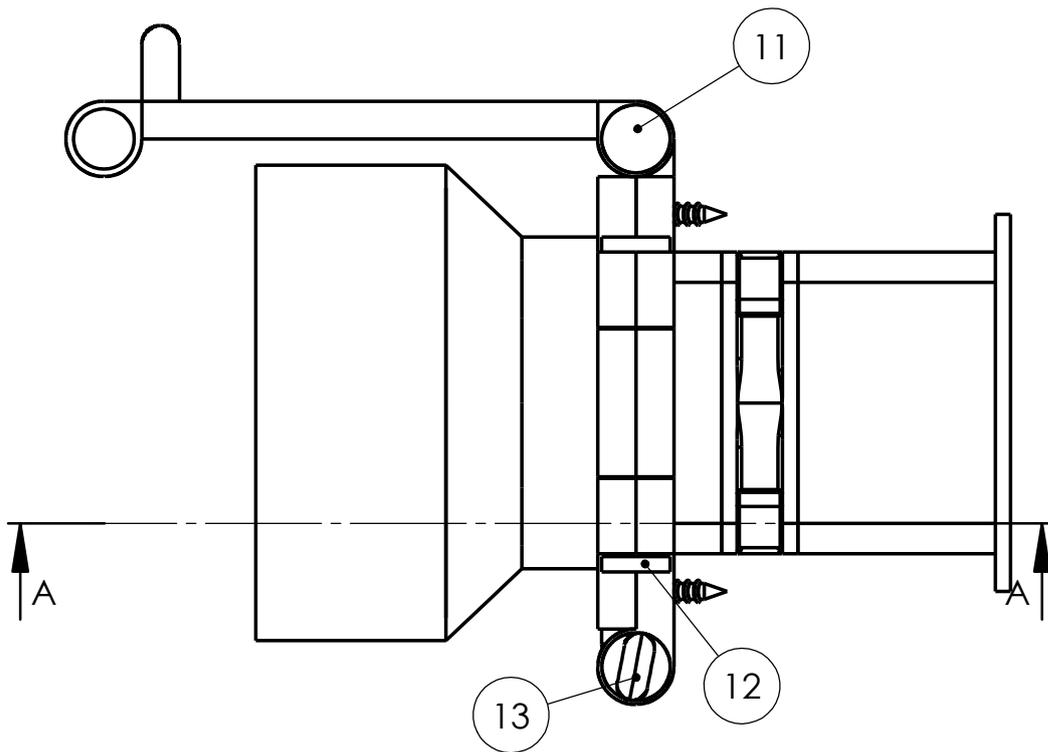
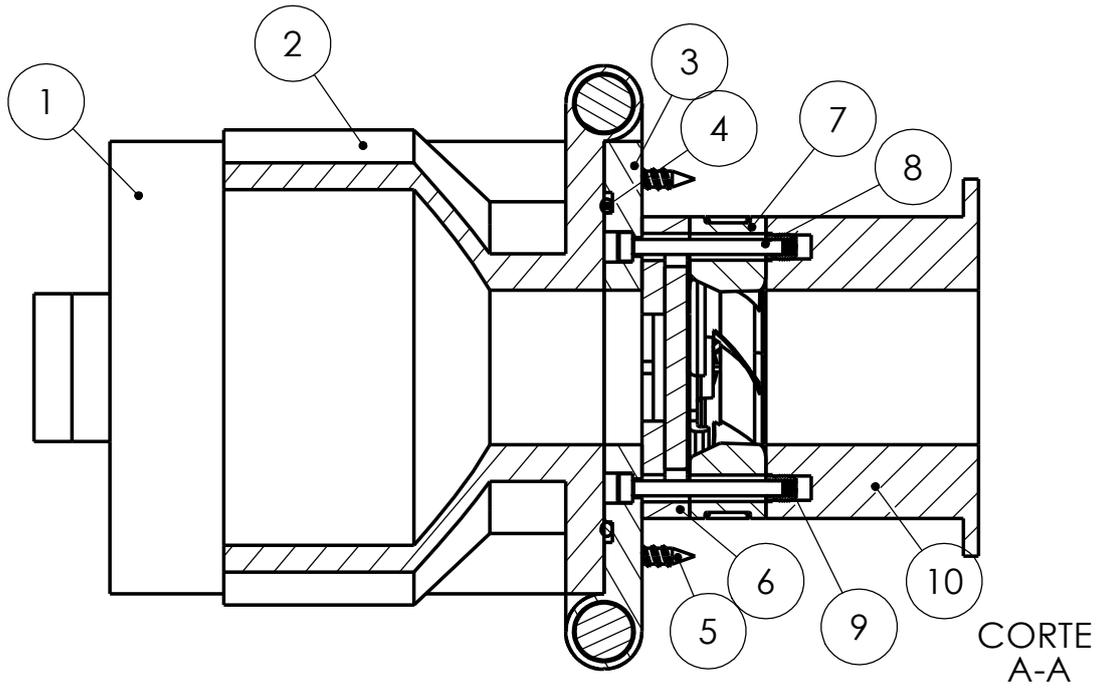
12	1	Eje fijo	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: EJE FIJO			Nº DE PLANO: 10.12



MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: PERSPECTIVAS			Nº DE PLANO: 10.S1

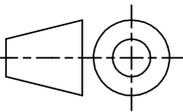


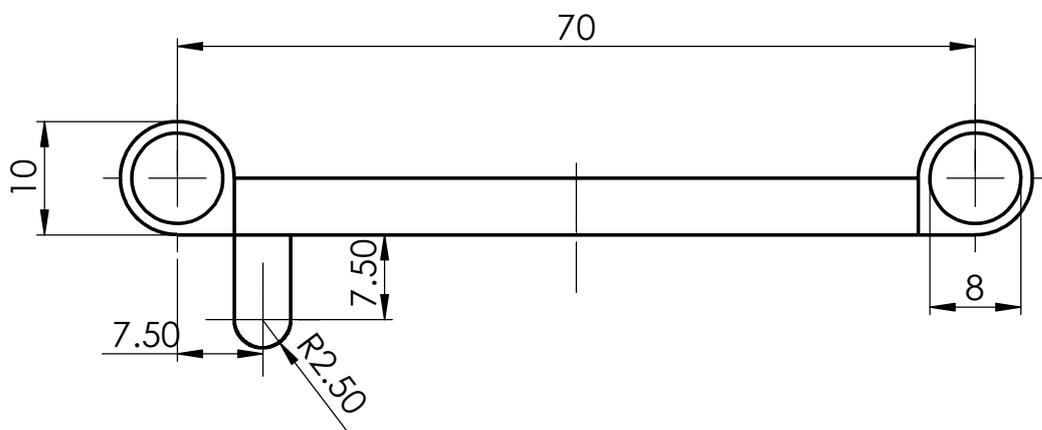
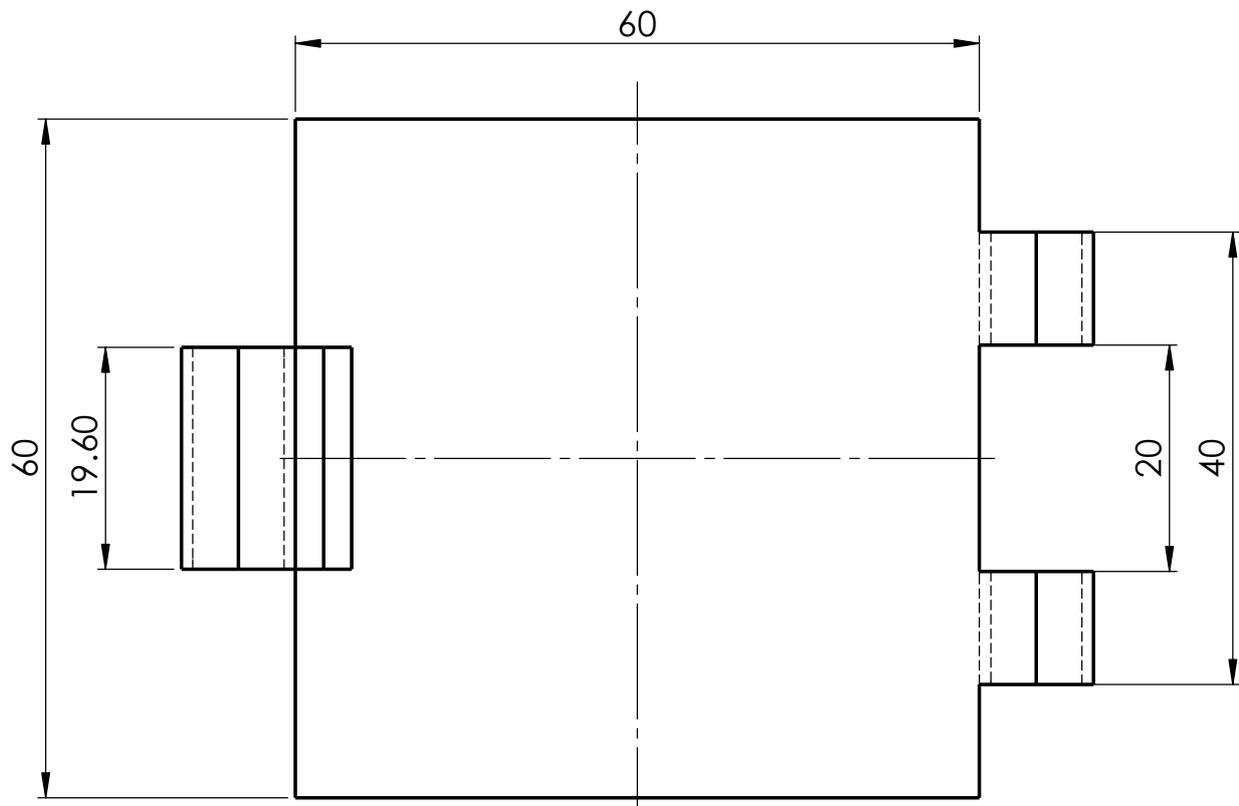
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN LATERAL			Nº DE CONJUNTO: 10.00
	TÍTULO DEL PLANO: PERSPECTIVA EXPLOSIONADA			Nº DE PLANO: 10.S2



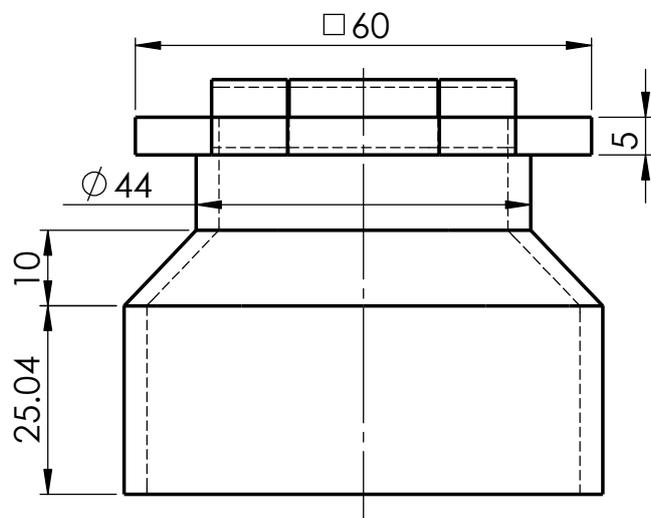
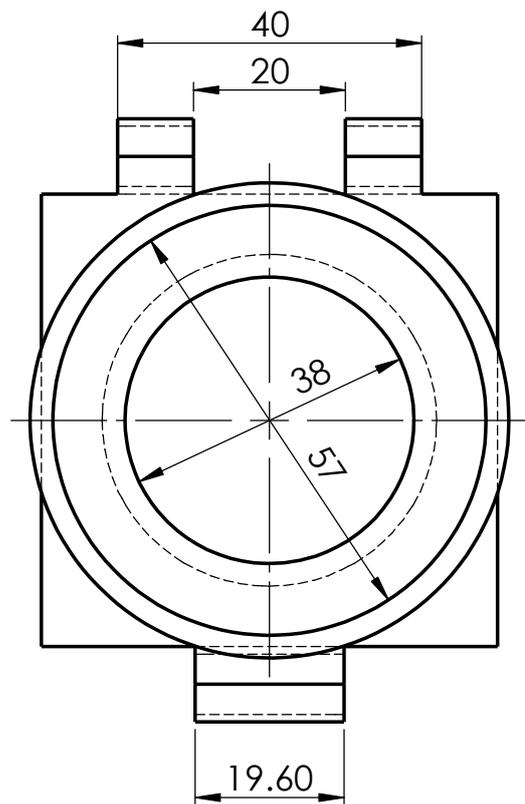
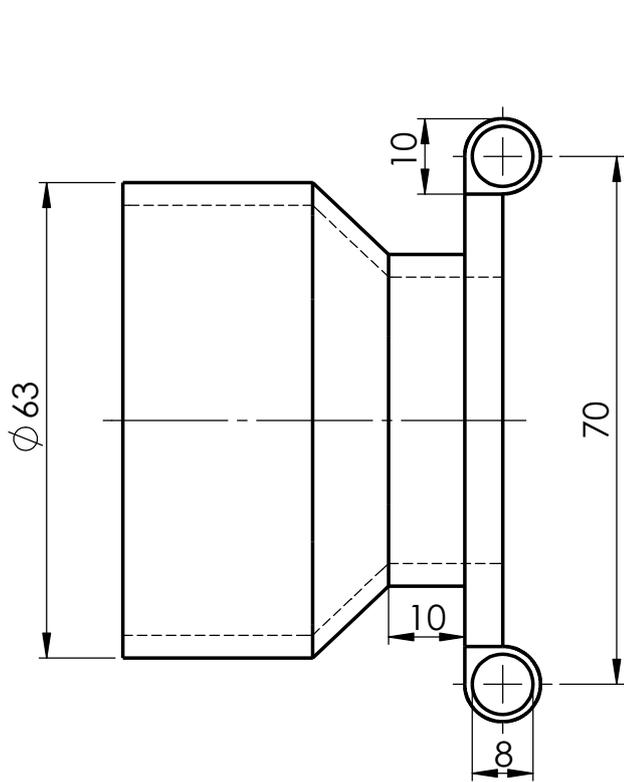
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: CONJUNTO VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE PLANO: 11.00

13	2	Eje extraíble	-	ABS
12	2	Tapa de eje fijo	-	ABS
11	2	Eje fijo	-	ABS
10	1	Pieza de sujeción	-	ABS
9	4	Inserto para plástico	-	LATÓN M2
8	4	Tornillo cilíndrico	DIN 912	M2X20
7	1	Ventilador axial	-	412 FH-132
6	1	Filtro de aire	-	ABS/PU
5	4	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3X12
4	1	Junta tórica	DIN 3771	FPM OR 52X1,5
3	1	Tapa de sujeción para tubo	-	ABS
2	1	Compuerta para tubo	-	ABS
1	1	Compuerta	-	ABS

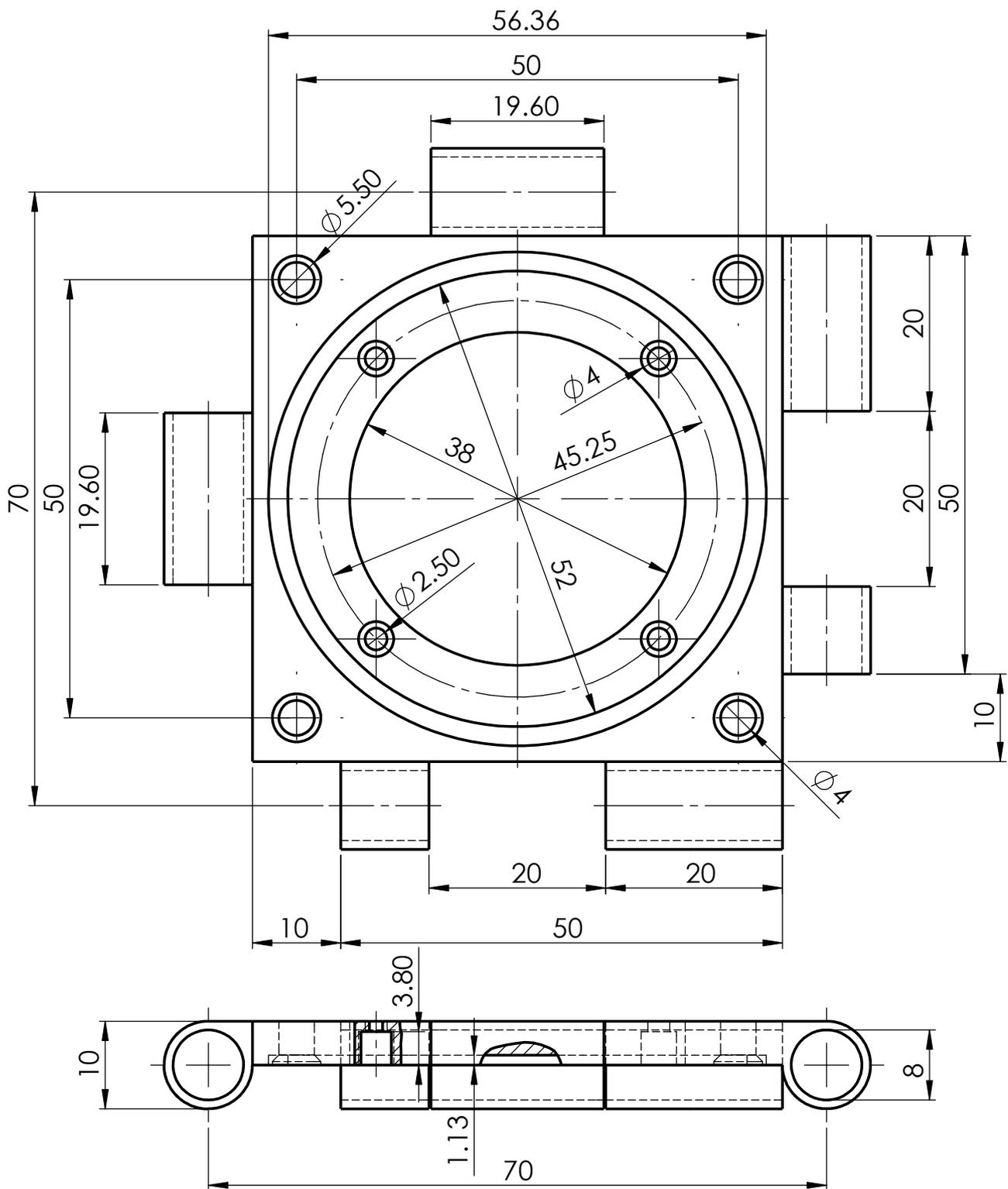
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: CONJUNTO VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE PLANO: 11.00

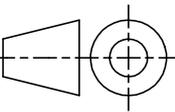


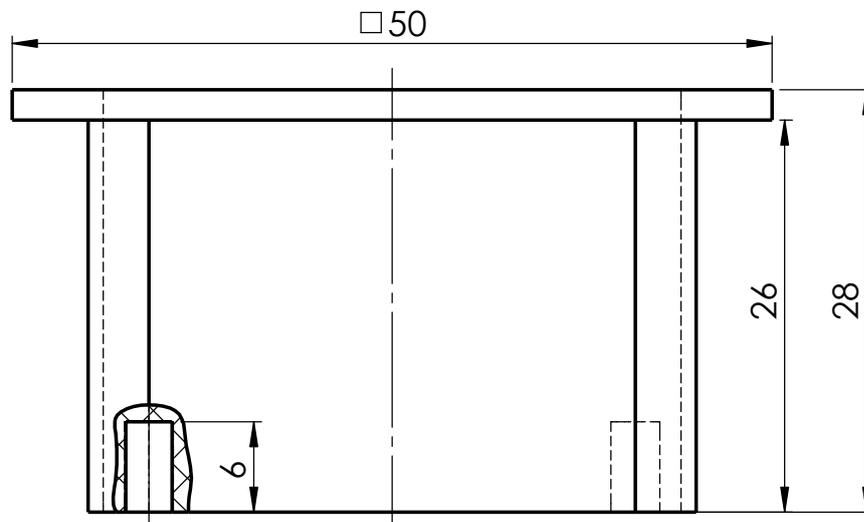
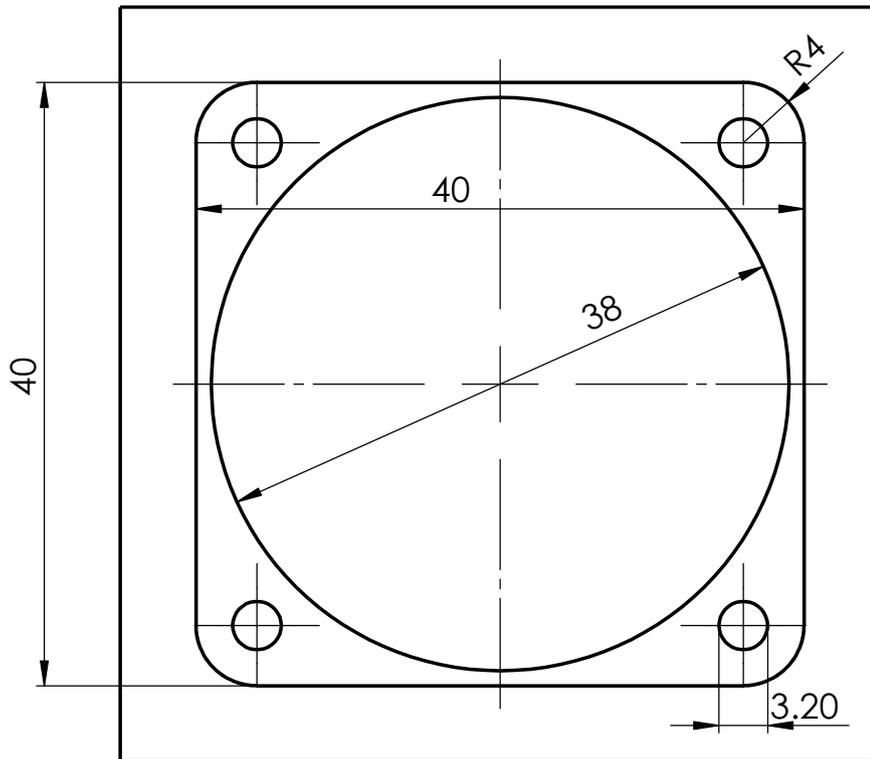
1	1	Compuerta	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:2	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: COMPUERTA			Nº DE PLANO: 11.01



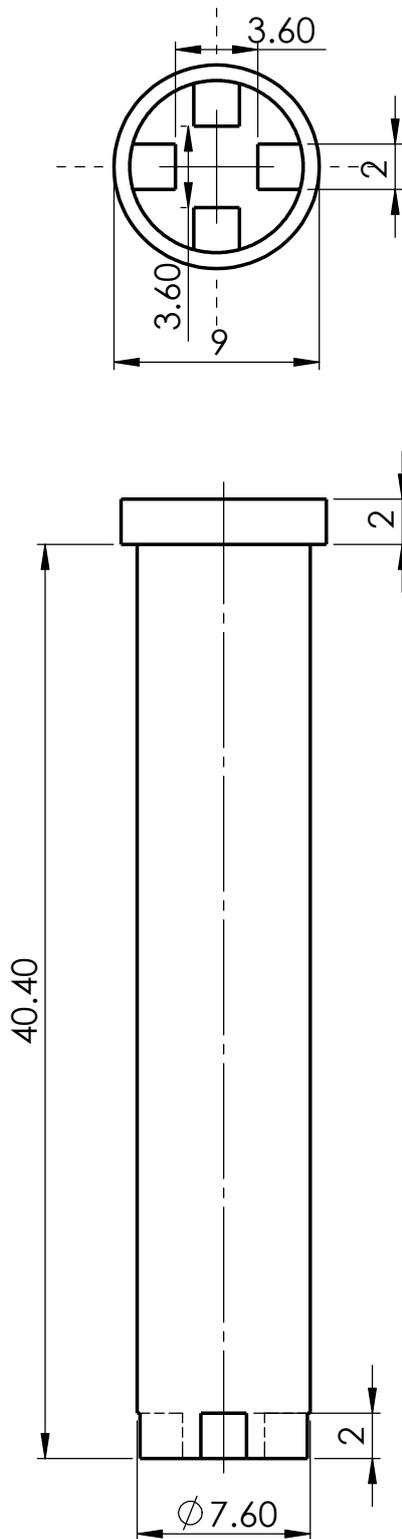
2	1	Compuerta para tubo	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
1:1	TÍTULO DEL PLANO: COMPUERTA PARA TUBO			Nº DE PLANO: 11.02

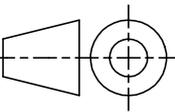


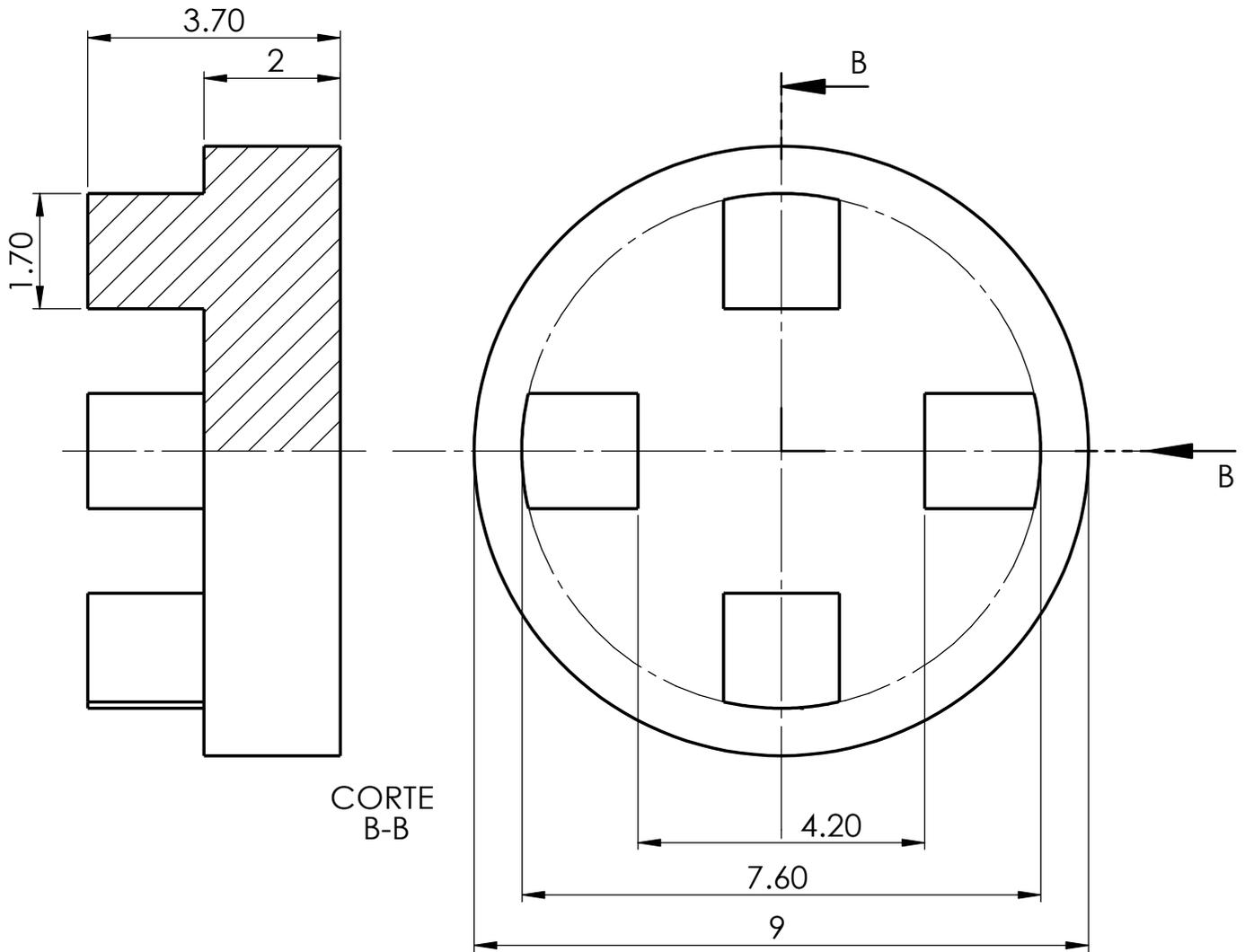
3	1	Tapa de sujeción para tubo	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:2	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: TAPA DE SUJECIÓN PARA TUBO			Nº DE PLANO: 11.03



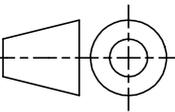
10	1	Pieza de sujeción	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: PIEZA DE SUJECIÓN			Nº DE PLANO: 11.10

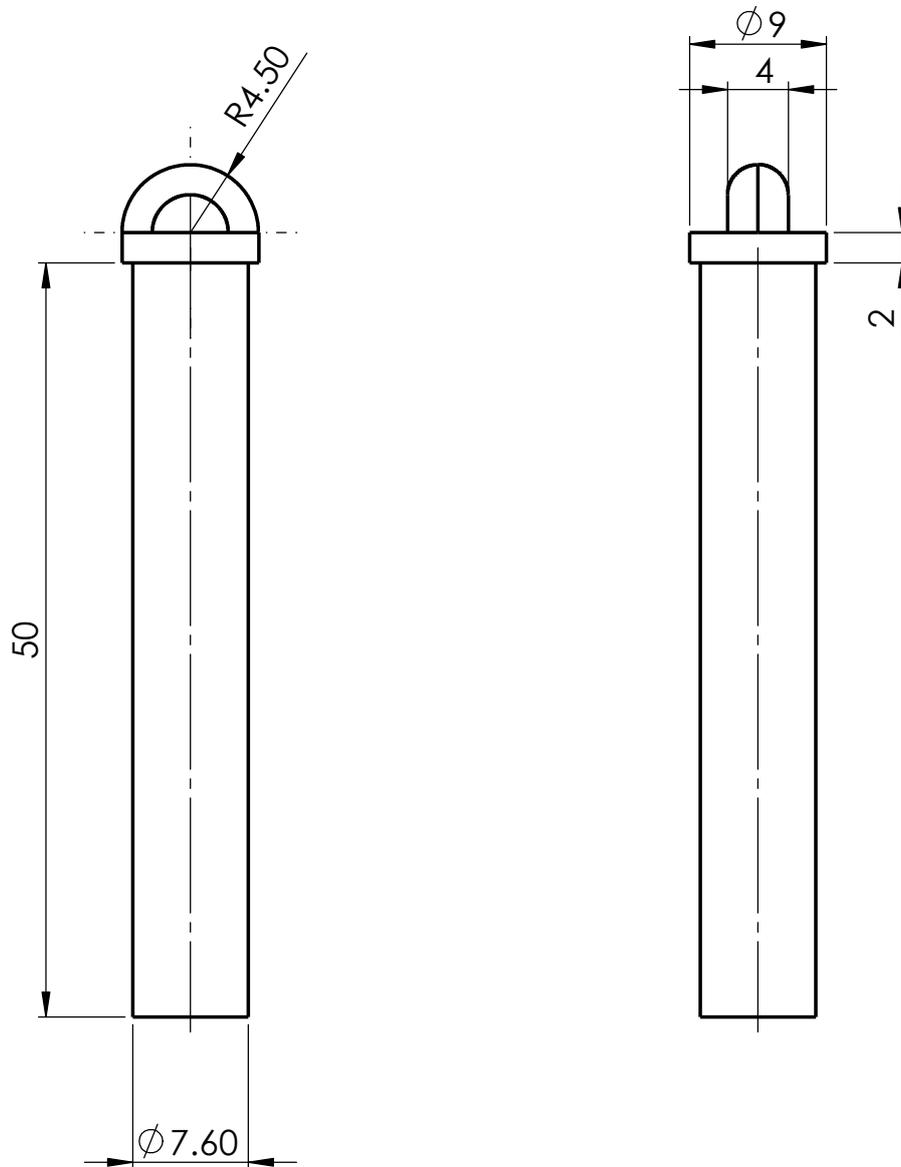


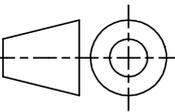
11	1	Eje fijo	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
3:1	TÍTULO DEL PLANO: EJE FIJO			Nº DE PLANO: 11.11

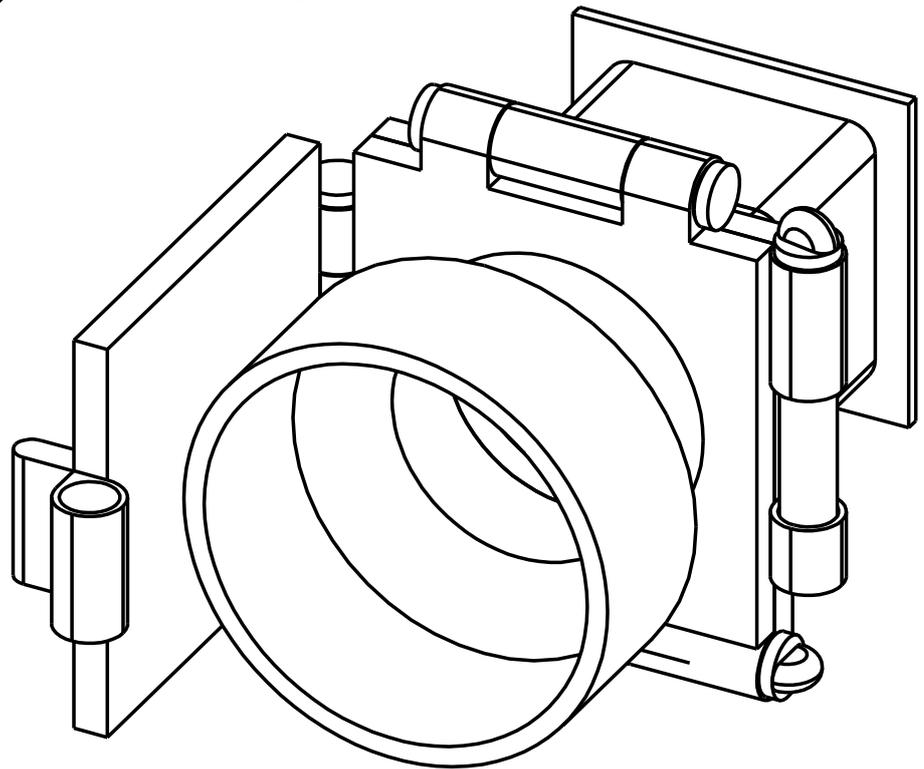
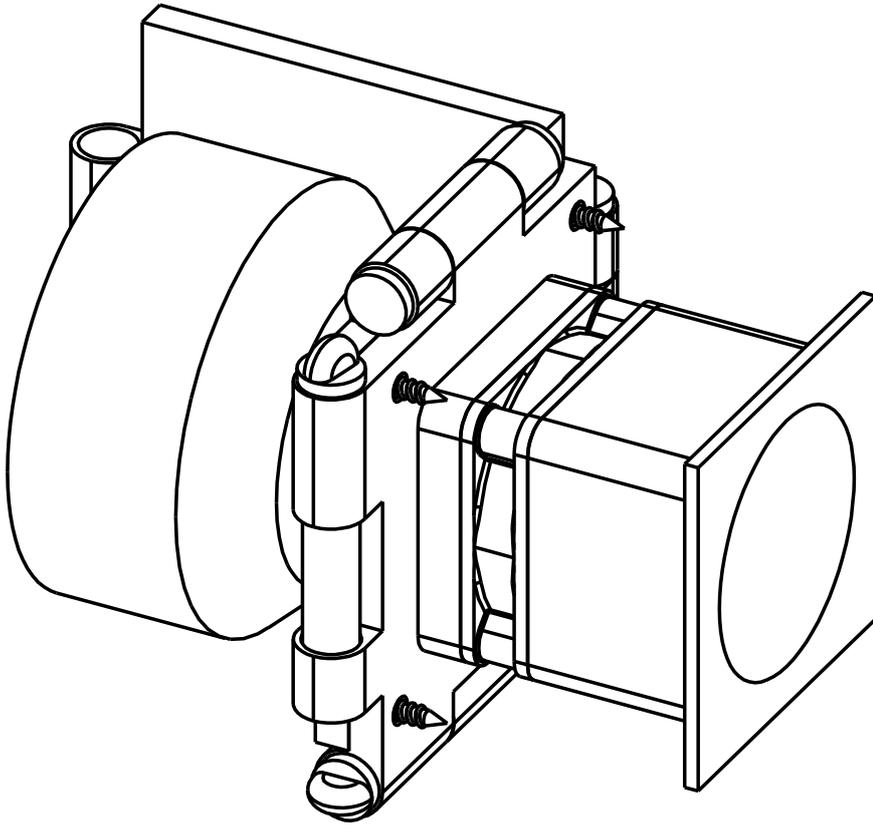


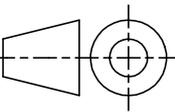
CORTE
B-B

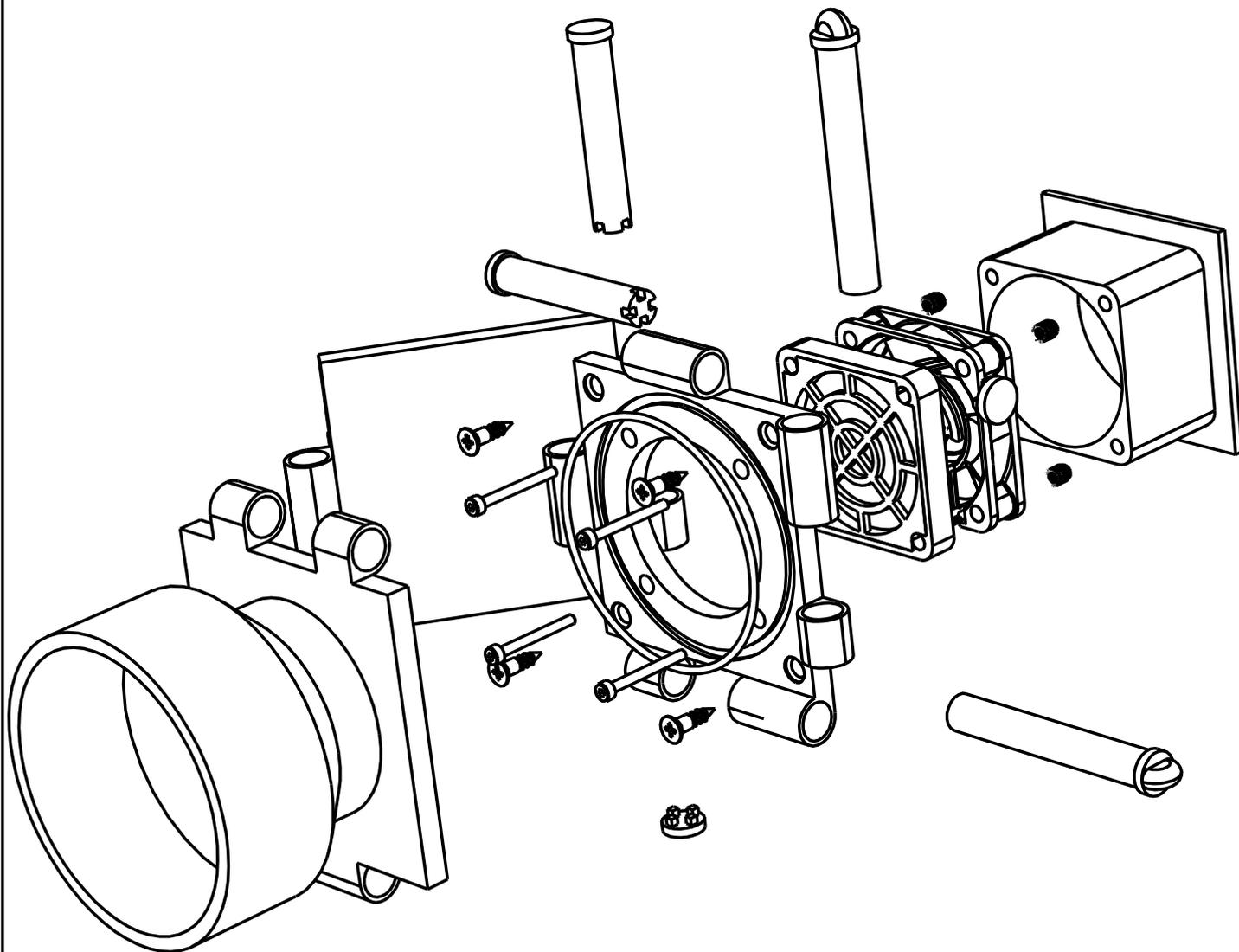
12	1	Tapa de eje fijo	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 10:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: TAPA DE EJE FIJO			Nº DE PLANO: 11.12

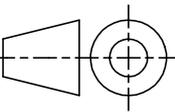


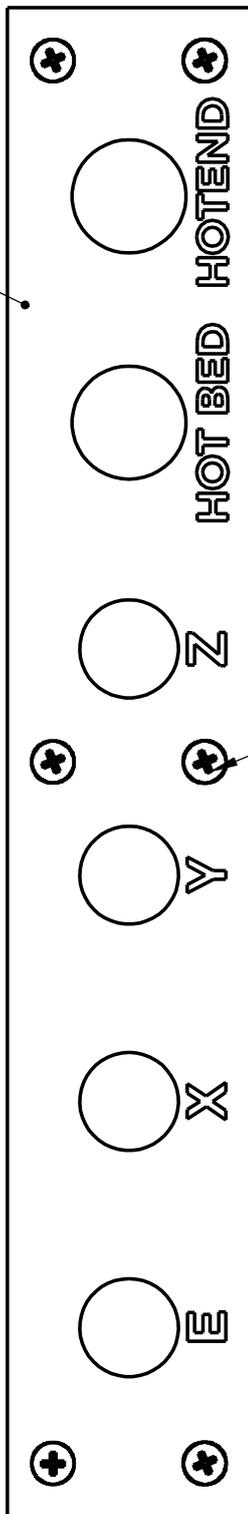
13	1	Eje extraíble	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: EJE EXTRAÍBLE			Nº DE PLANO: 11.13



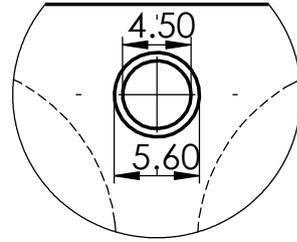
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019	  Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: PERSPECTIVAS			Nº DE PLANO: 11.S1



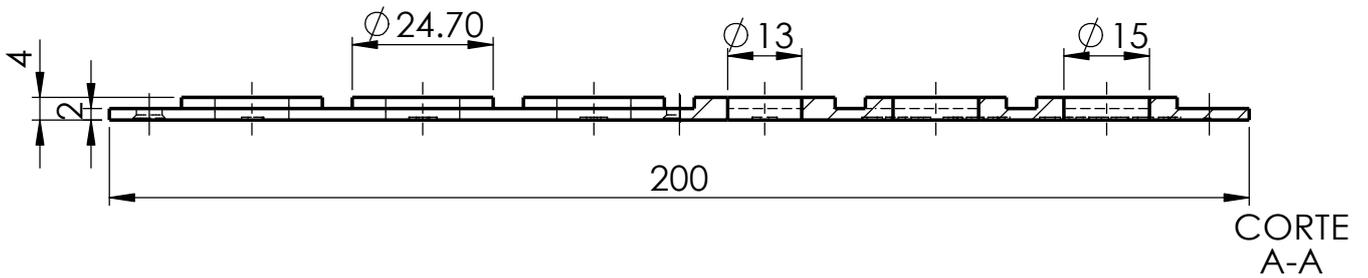
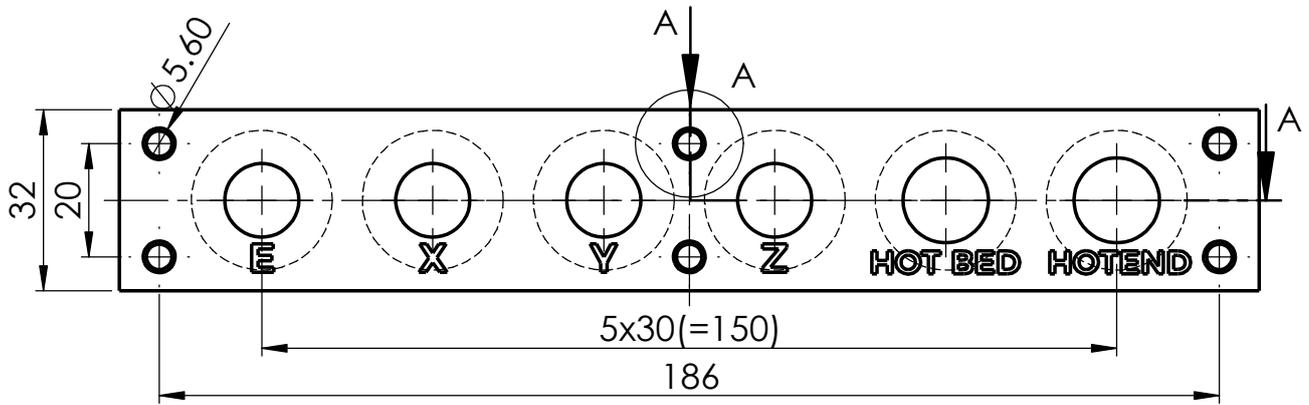
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: VENTILACIÓN TRASERA			Nº DE CONJUNTO: 11.00
	TÍTULO DEL PLANO: PERSPECTIVA EXPLOSIONADA			Nº DE PLANO: 11.S2



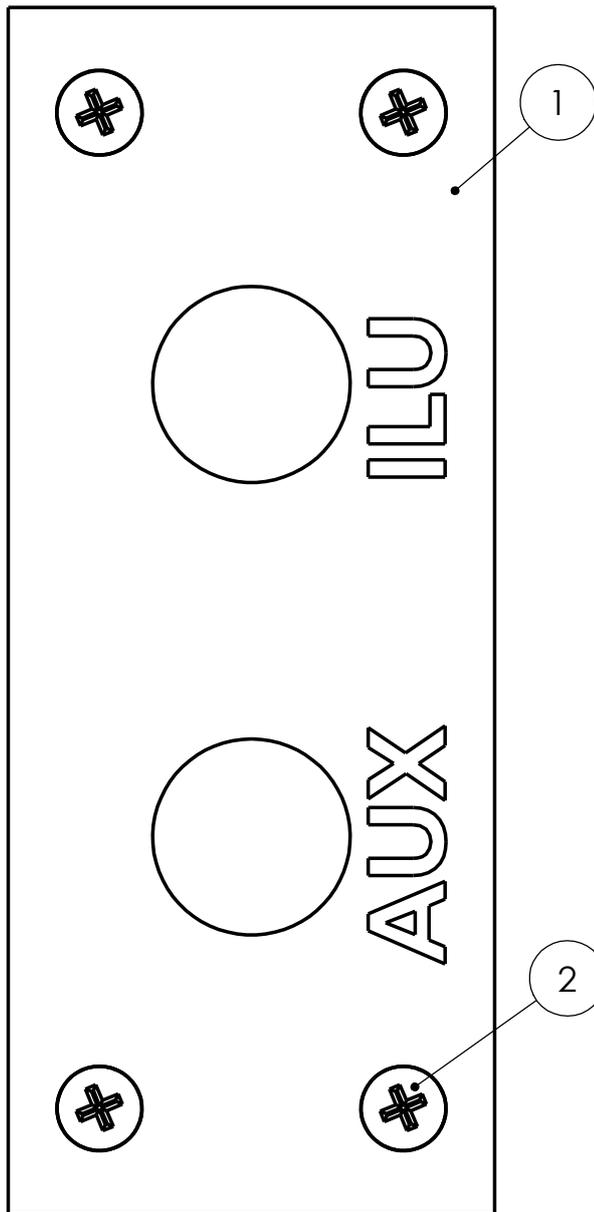
2	6	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3x10
1	1	Soporte de 6 conexiones	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE DE CONEXIÓN 1			Nº DE CONJUNTO: 12.00
	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE DE CONEXIÓN 1			Nº DE PLANO: 12.00

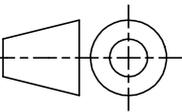


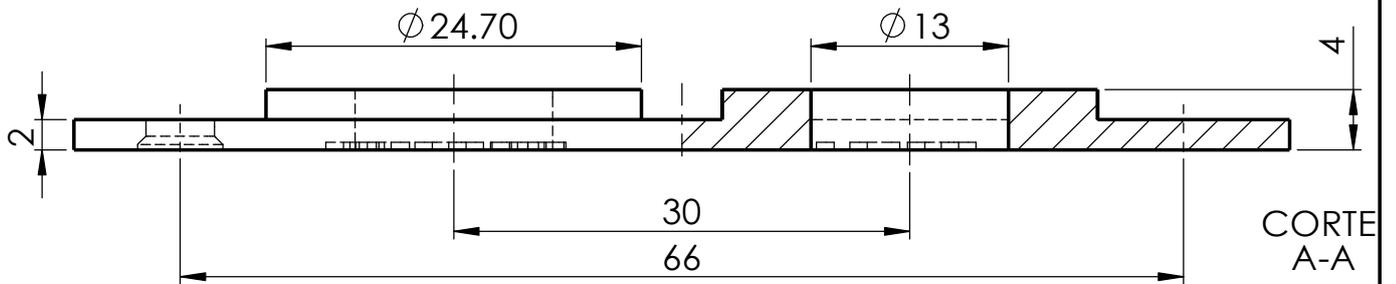
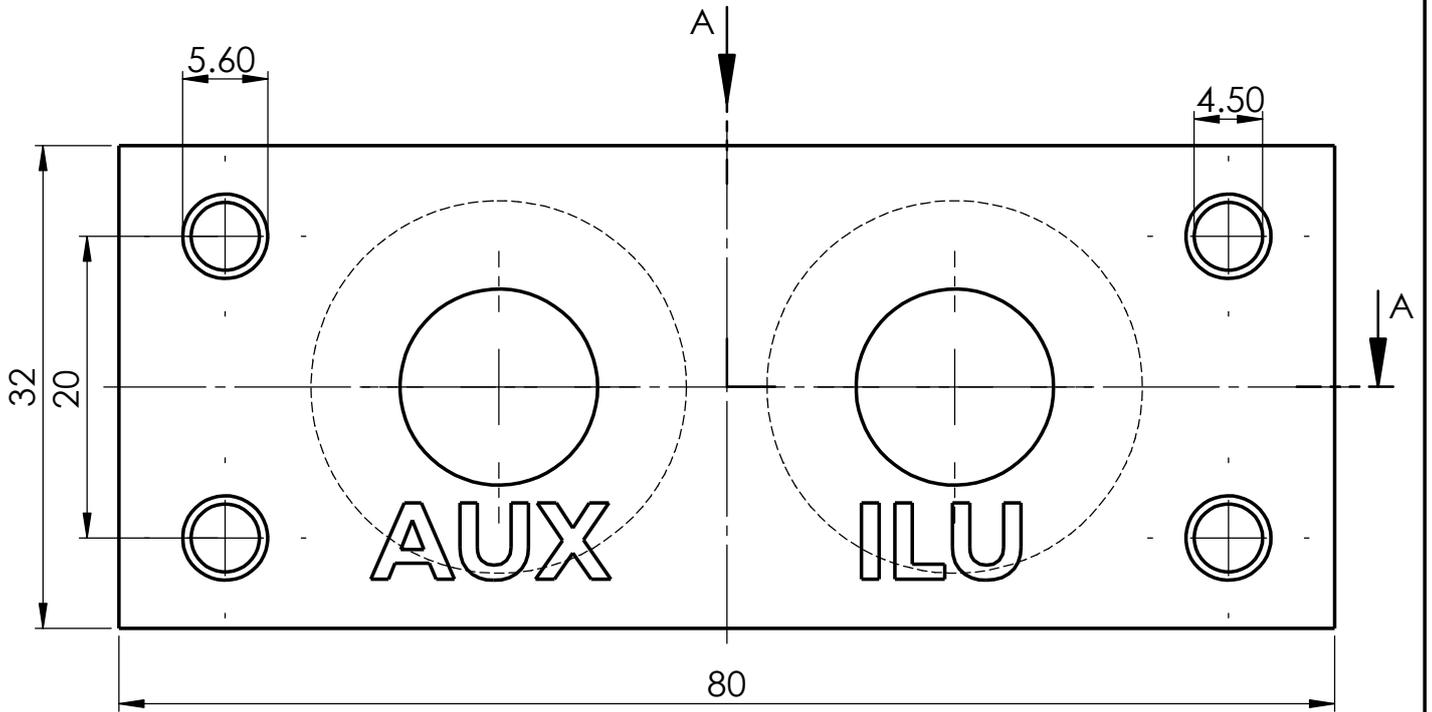
DETALLE A
E 2:1



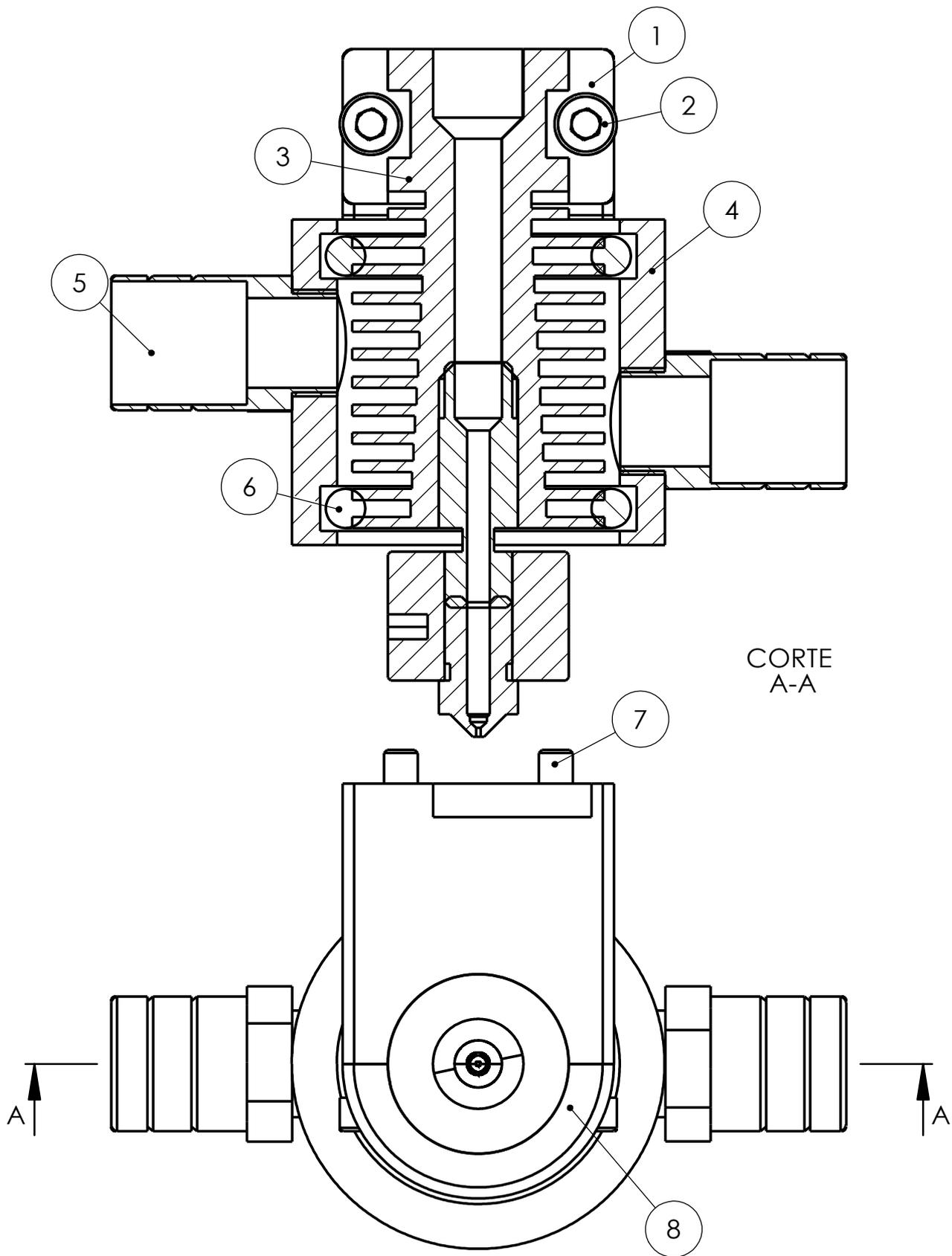
1	1	Soporte de 6 conexiones	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:4	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE DE CONEXIÓN 1			Nº DE CONJUNTO: 12.00
	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE DE 6 CONEXIONES			Nº DE PLANO: 12.01

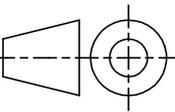


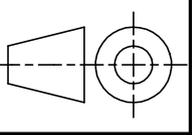
2	4	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3x10
1	1	Soporte de 2 conexiones	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE DE CONEXIÓN 2			Nº DE CONJUNTO: 13.00
	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE DE CONEXIÓN 2			Nº DE PLANO: 13.00

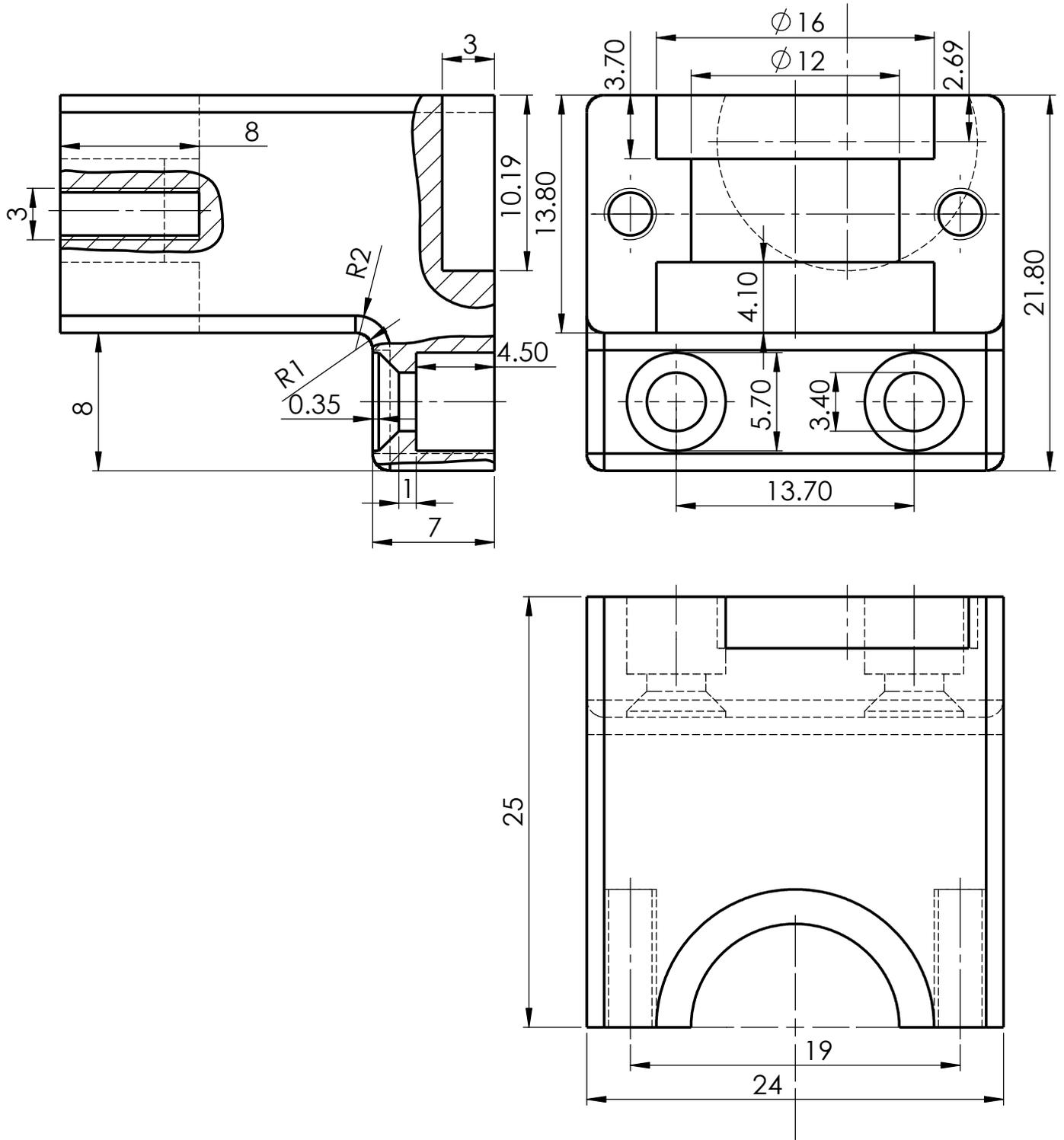


1	1	Soporte de 2 conexiones	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE DE CONEXIÓN 2			Nº DE CONJUNTO: 13.00
2:1	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE DE 2 CONEXIONES			Nº DE PLANO: 13.01

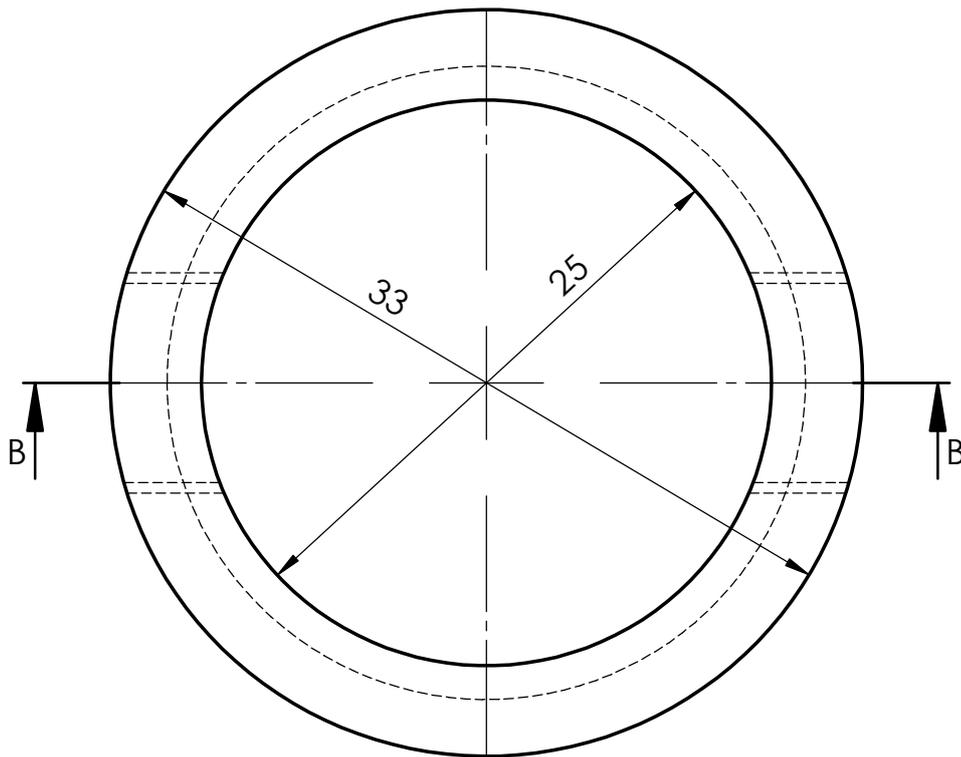
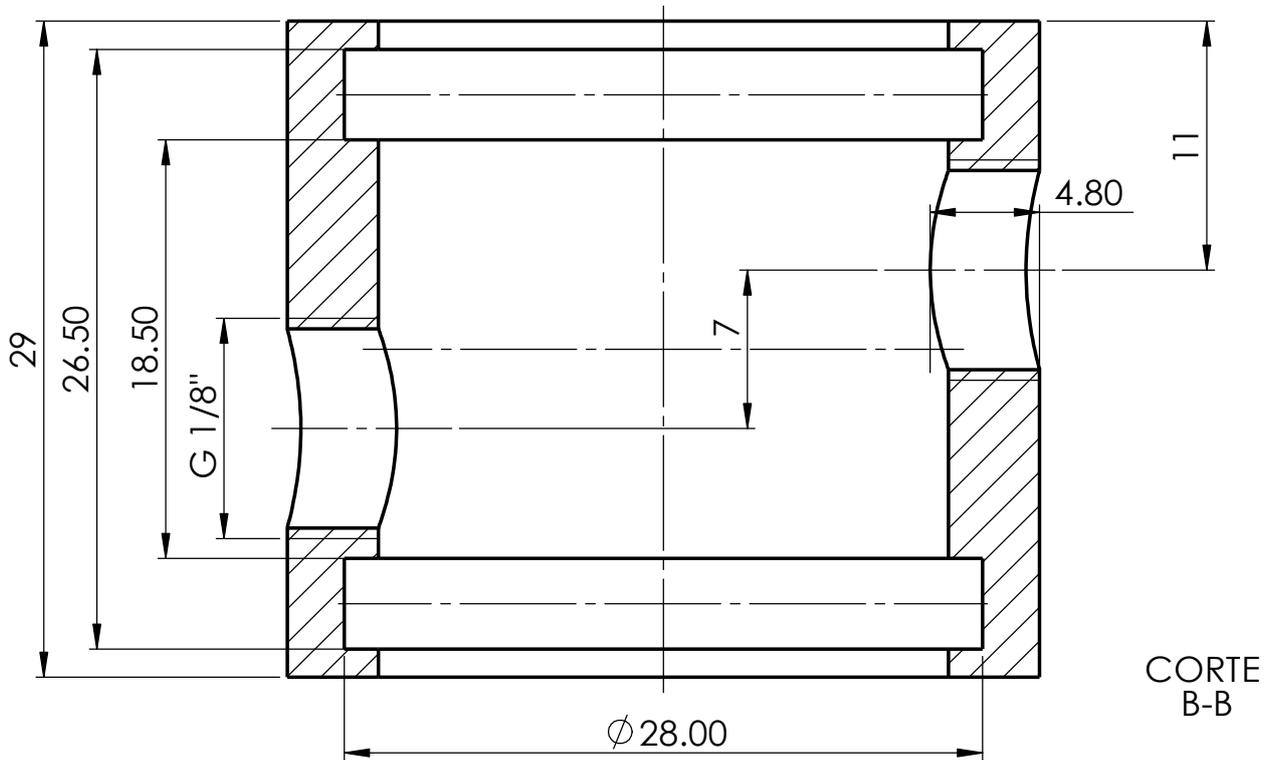


MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE CONJUNTO: 14.00
	TÍTULO DEL PLANO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE PLANO: 14.00

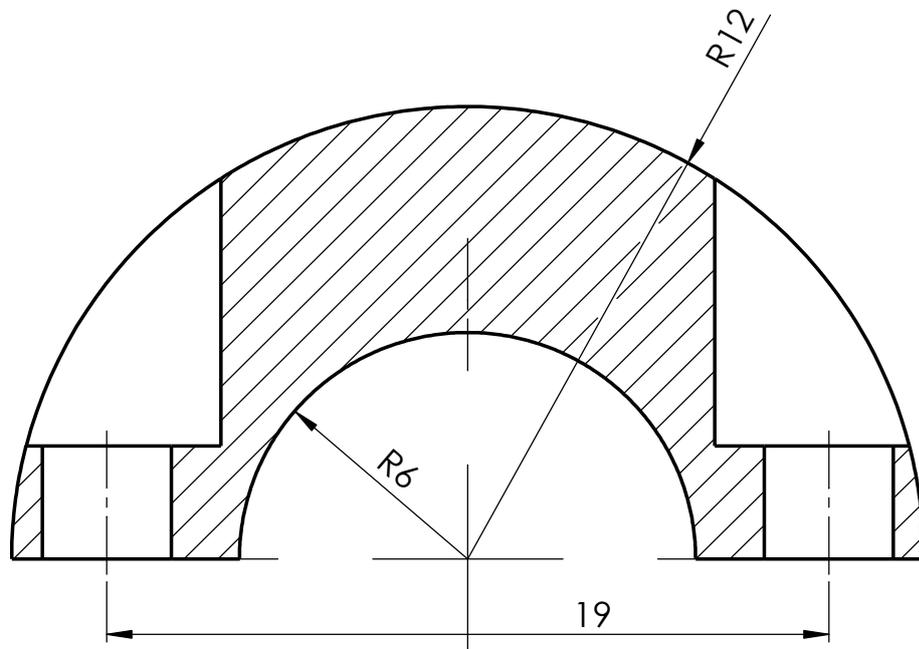
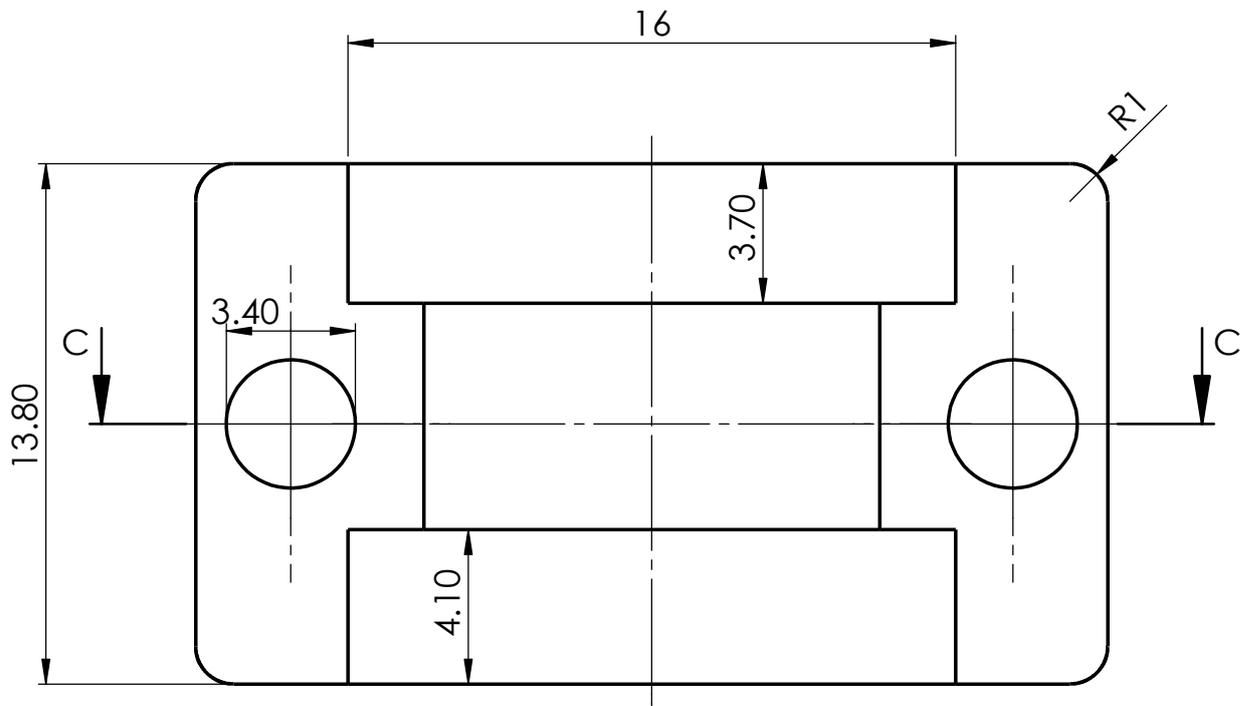
8	1	Tapa de soporte	-	Nylon (PA6)
7	2	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7991	M3X10
6	2	Junta tórica	DIN 3771	FPM OR 20X3,5
5	2	Racor para camisa	-	Latón Ø12 G1/8
4	1	Camisa de refrigeración	-	Aluminio
3	1	Hotend E3D	-	V6 All-Metal
2	2	Tornillo cilíndrico	DIN 912	M3X10
1	1	Base de soporte	-	Nylon (PA6)
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE CONJUNTO: 14.00
	TÍTULO DEL PLANO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE PLANO: 14.00



1	1	Base de soporte	-	Nylon (PA6)
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE CONJUNTO: 14.00
	TÍTULO DEL PLANO: BASE DE SOPORTE			Nº DE PLANO: 14.01

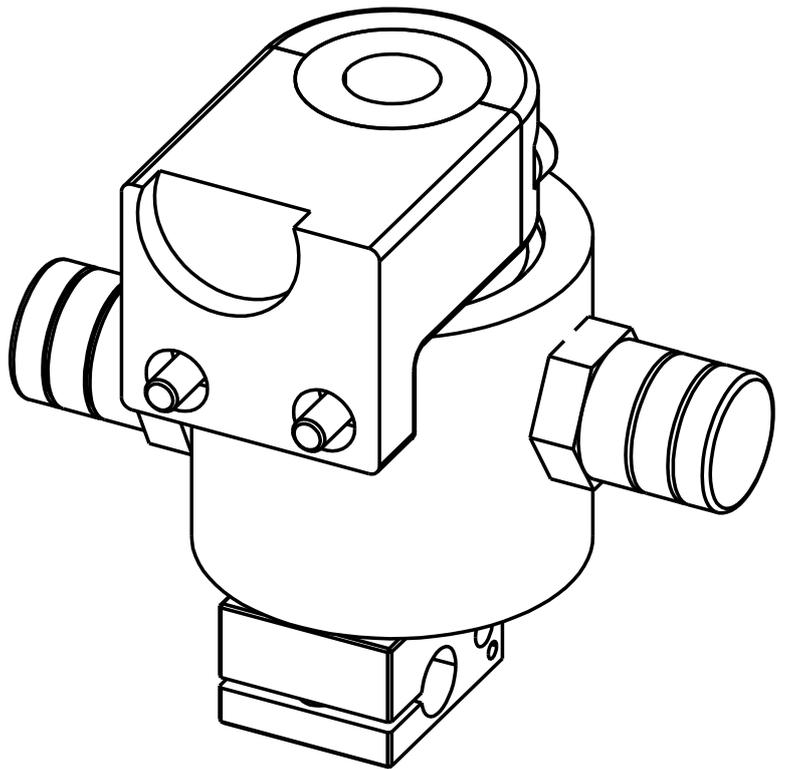
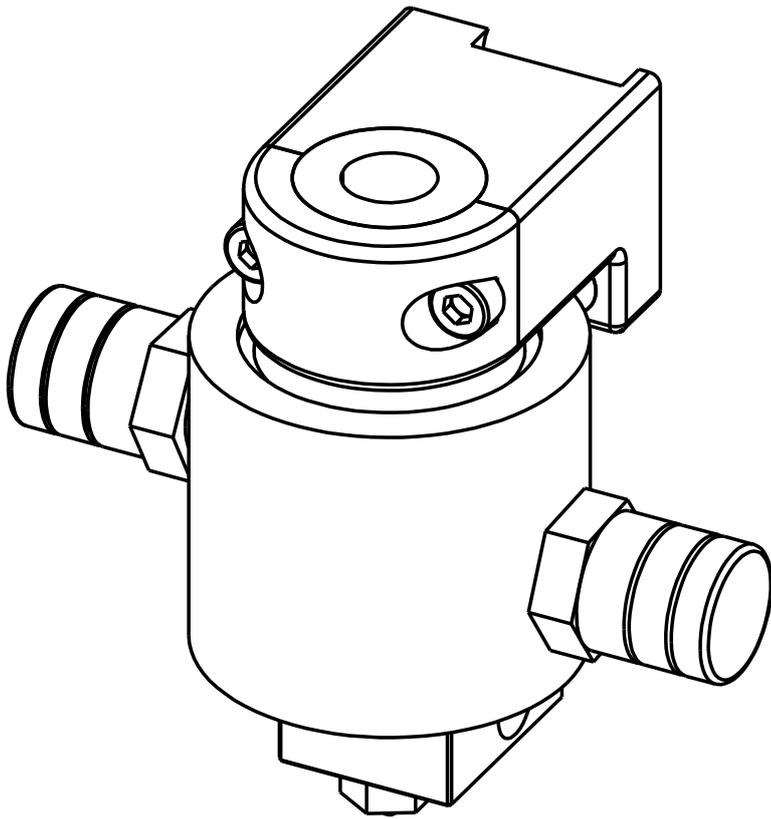


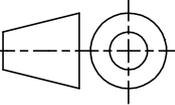
4	1	Camisa de refrigeración	-	Aluminio
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE CONJUNTO: 14.00
	TÍTULO DEL PLANO: CAMISA DE REFRIGERACIÓN			Nº DE PLANO: 14.04

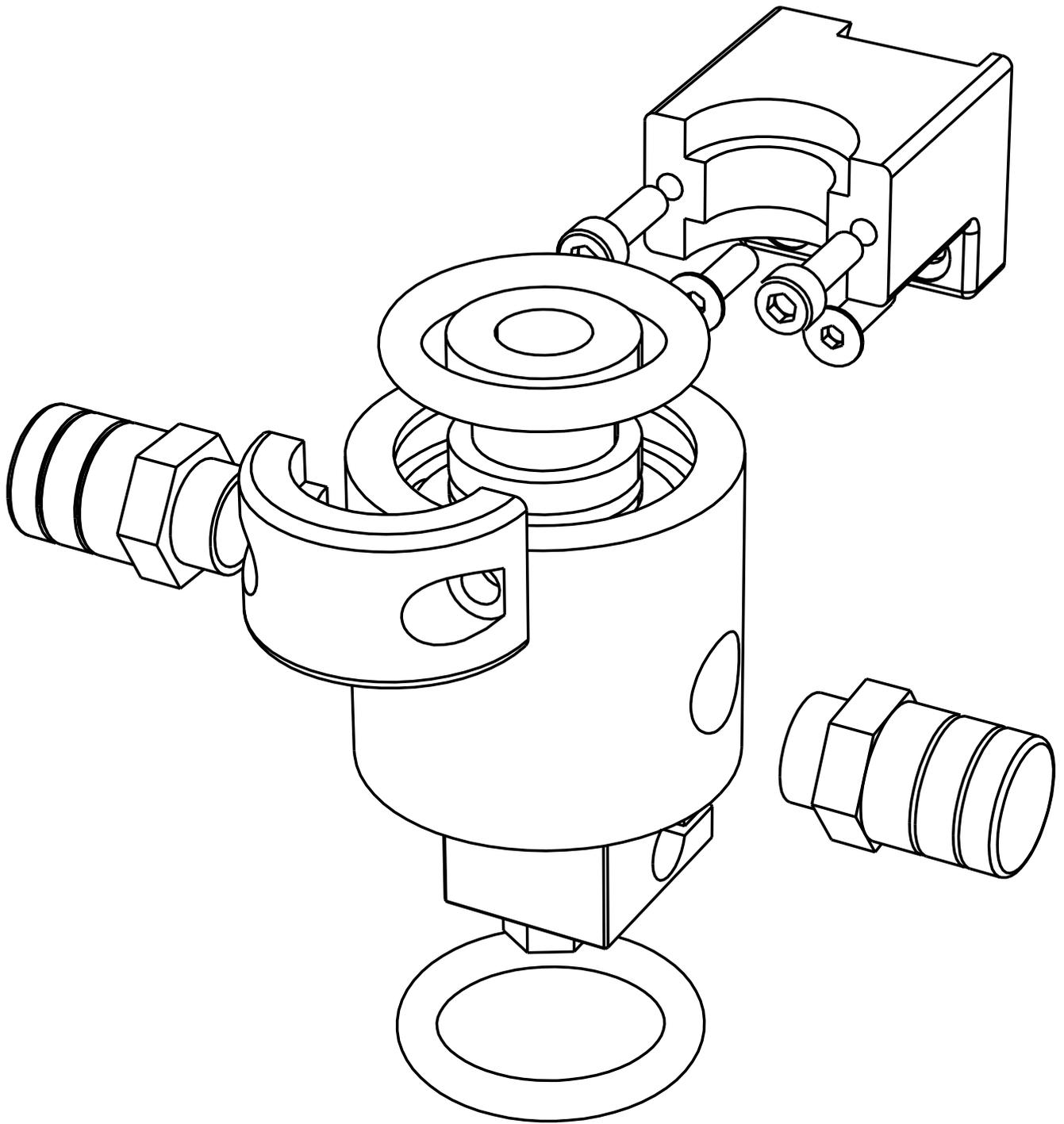


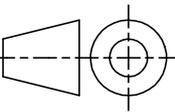
CORTE
C-C

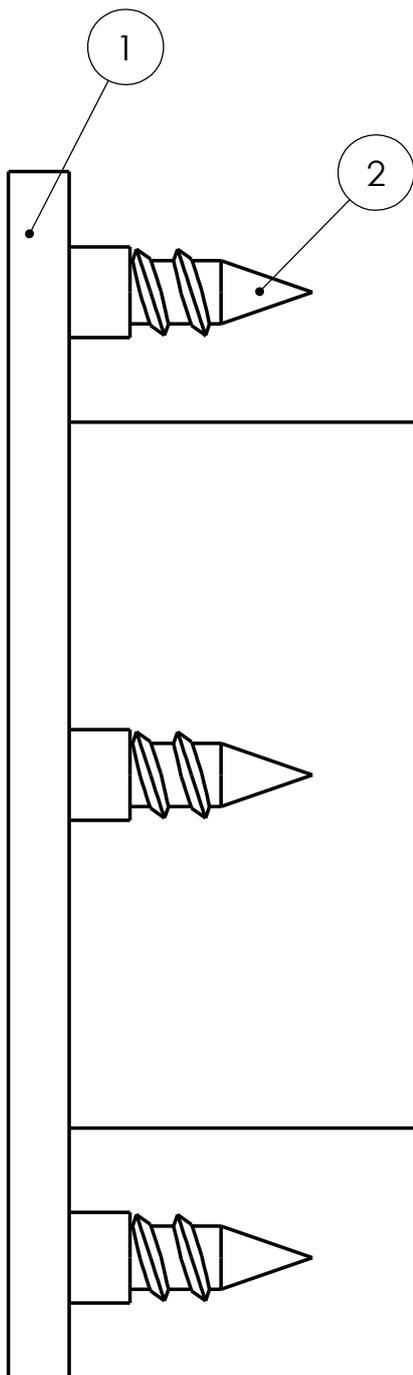
8	1	Tapa de soporte	-	Nylon (PA6)
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 5:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE CONJUNTO: 14.00
	TÍTULO DEL PLANO: TAPA DE SOPORTE			Nº DE PLANO: 14.08

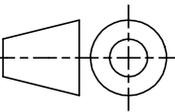


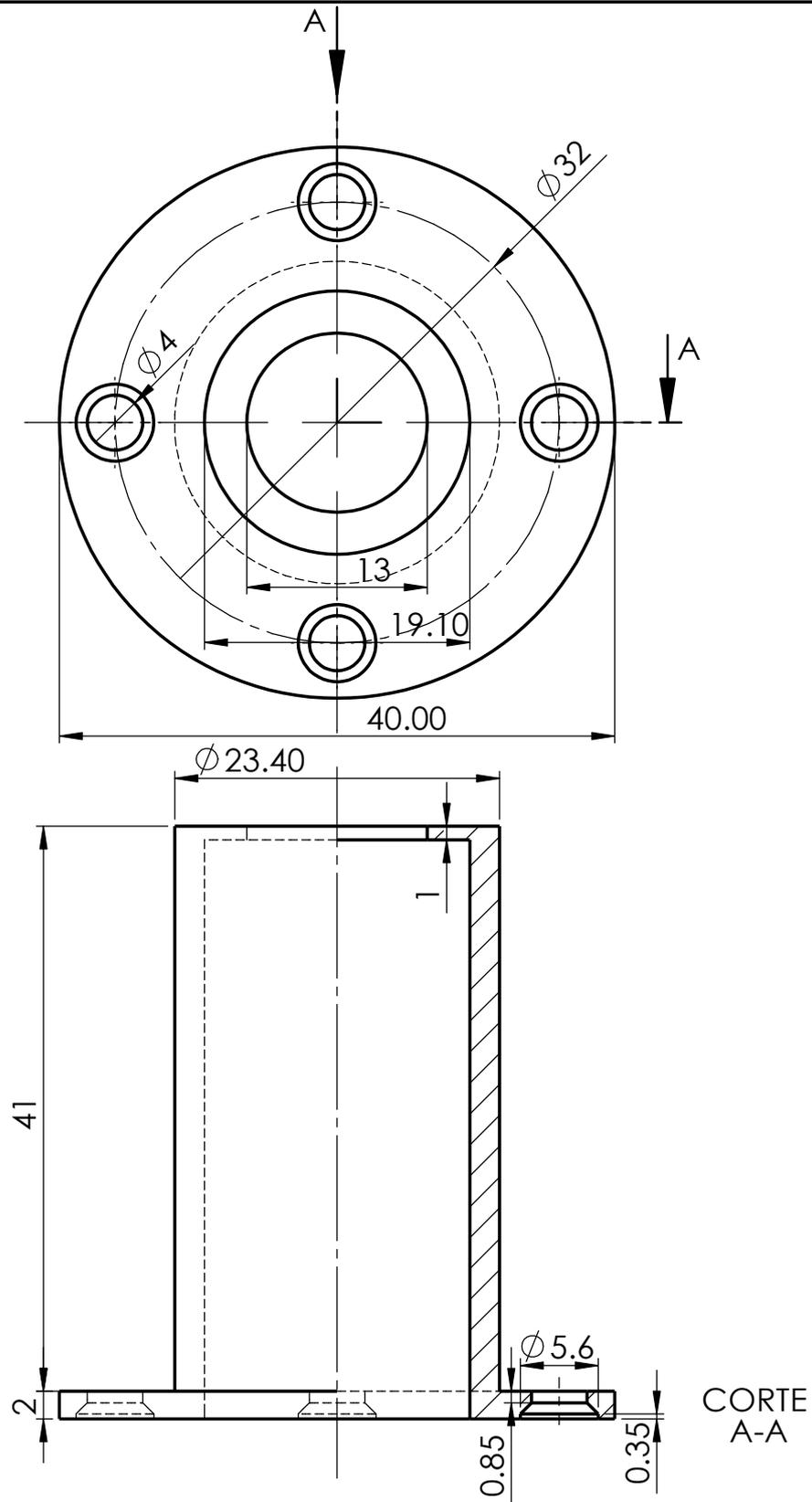
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE CONJUNTO: 14.00
	TÍTULO DEL PLANO: PERSPECTIVAS			Nº DE PLANO: 14.S1



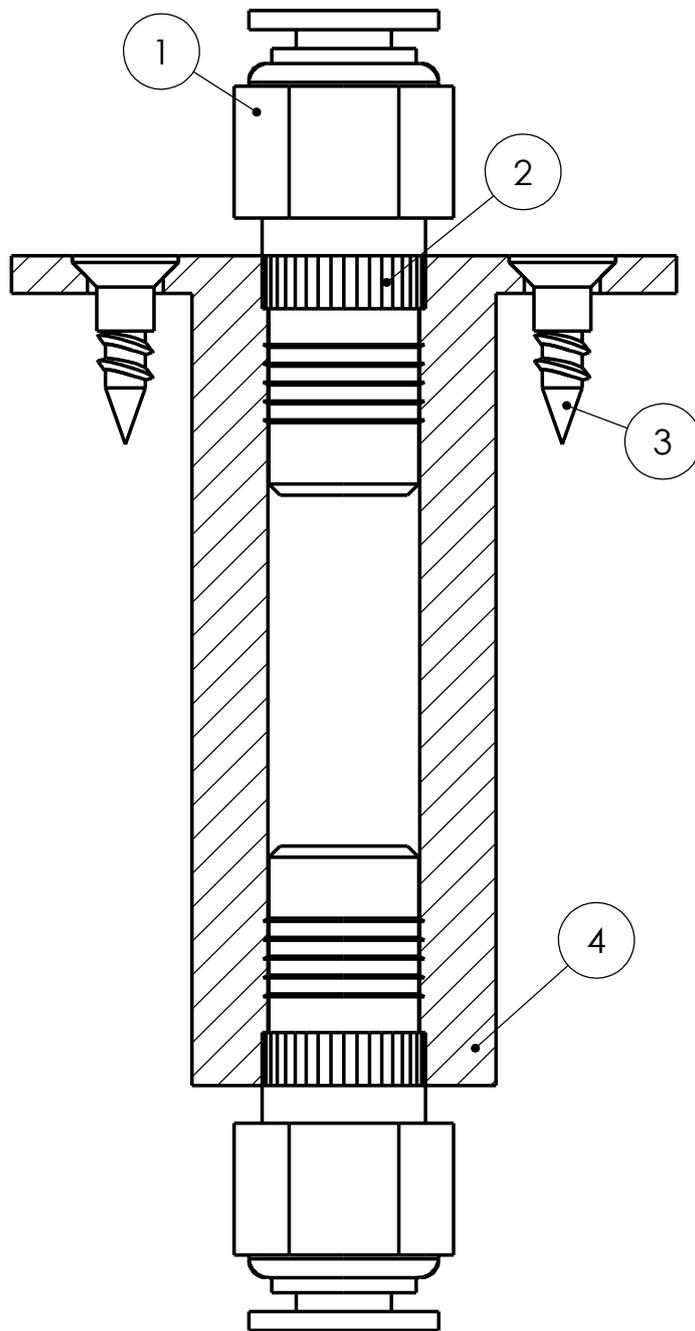
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: REFRIGERACIÓN DEL HOTEND			Nº DE CONJUNTO: 14.00
	TÍTULO DEL PLANO: PERSPECTIVA EXPLOSIONADA			Nº DE PLANO: 14.S2

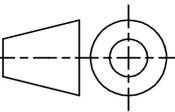


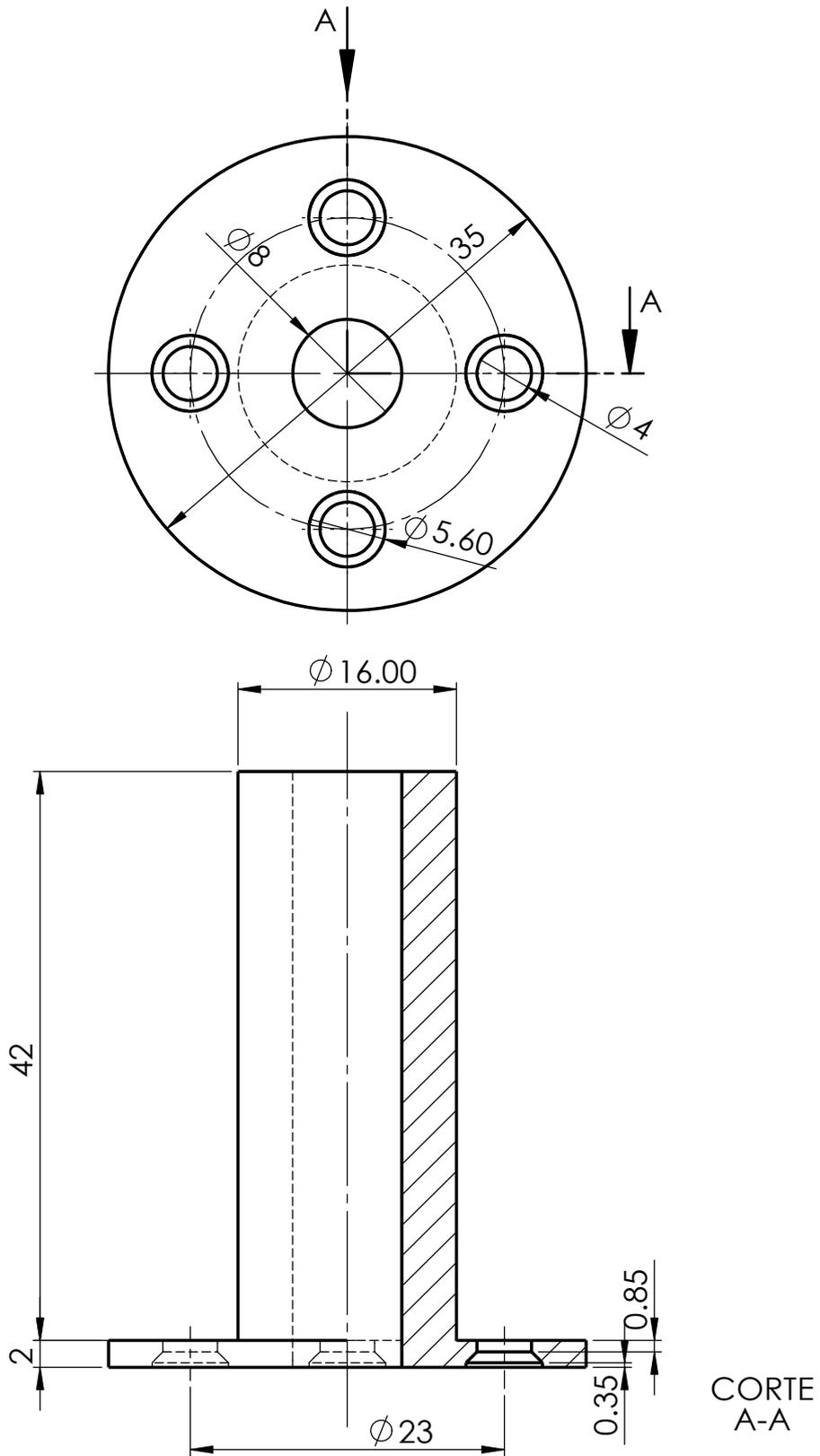
2	4	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3x10
1	1	Soporte extensor	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 4:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE REFRIGERACIÓN LÍQUIDA		Nº DE CONJUNTO: 15.00	
	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE REFRIGERACIÓN LÍQUIDA		Nº DE PLANO: 15.00	

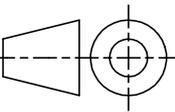


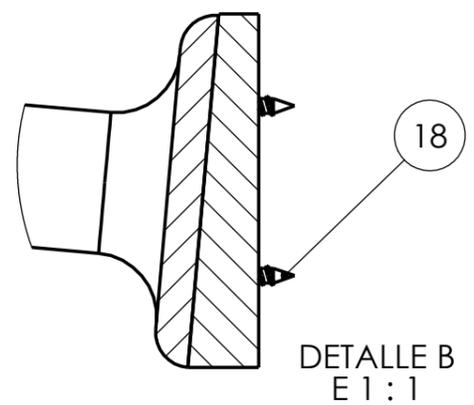
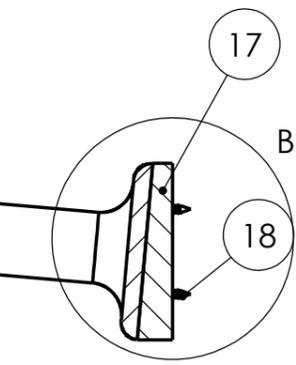
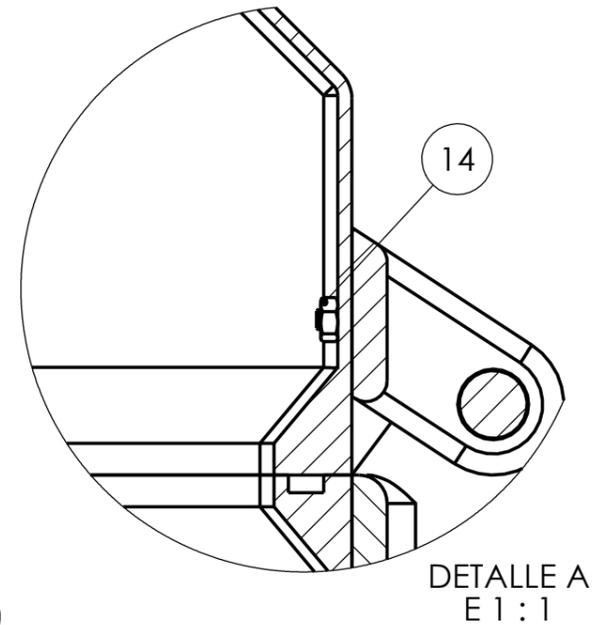
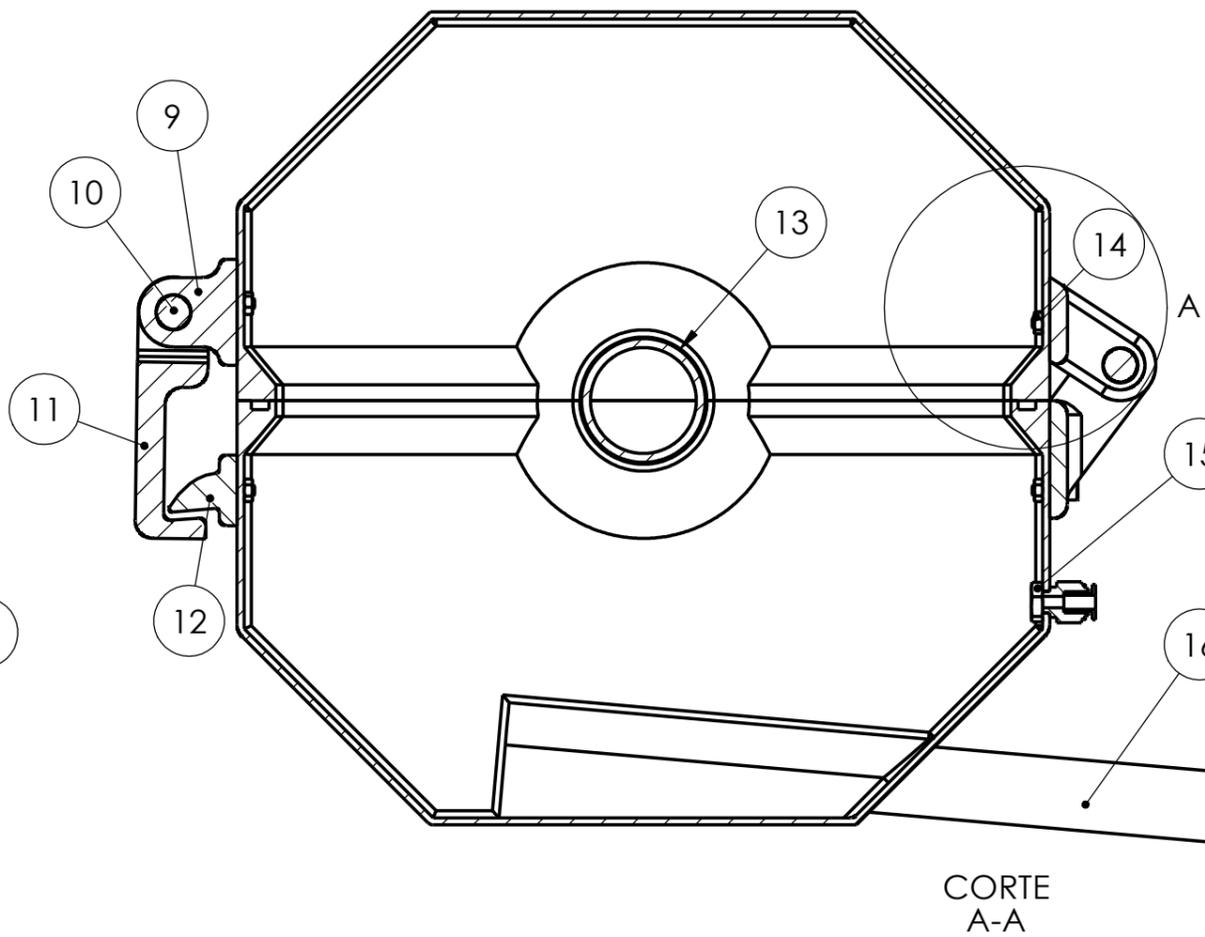
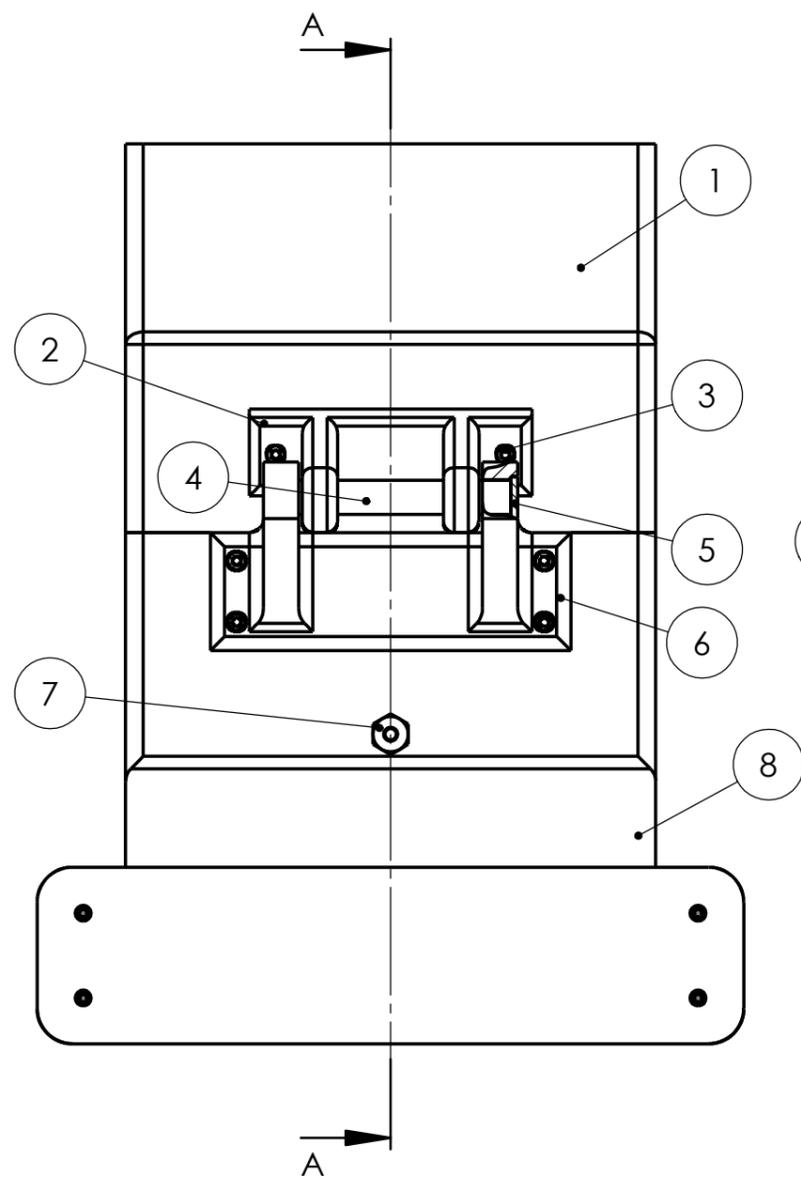
1	1	Soporte extensor	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE REFRIGERACIÓN LÍQUIDA		Nº DE CONJUNTO: 15.00	
2:1	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE EXTENSOR		Nº DE PLANO: 15.01	



4	1	Pasador de filamento	-	ABS
3	4	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	ABS
2	1	Inserto para plástico	-	LATÓN M6
1	2	Acoplador neumático	-	PC4-M6
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 5:2	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE SISTEMA BOWDEN			Nº DE CONJUNTO: 16.00
	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE SISTEMA BOWDEN			Nº DE PLANO: 16.00

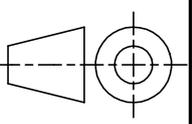


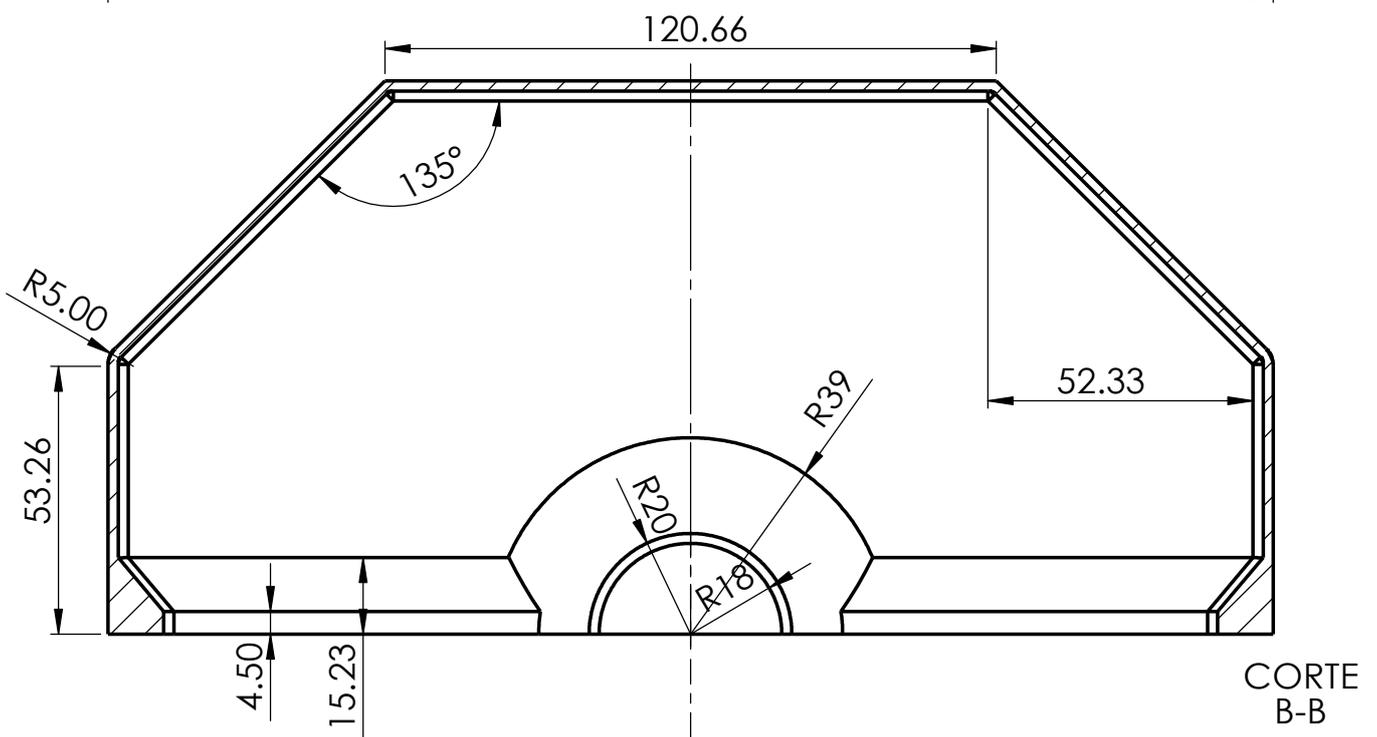
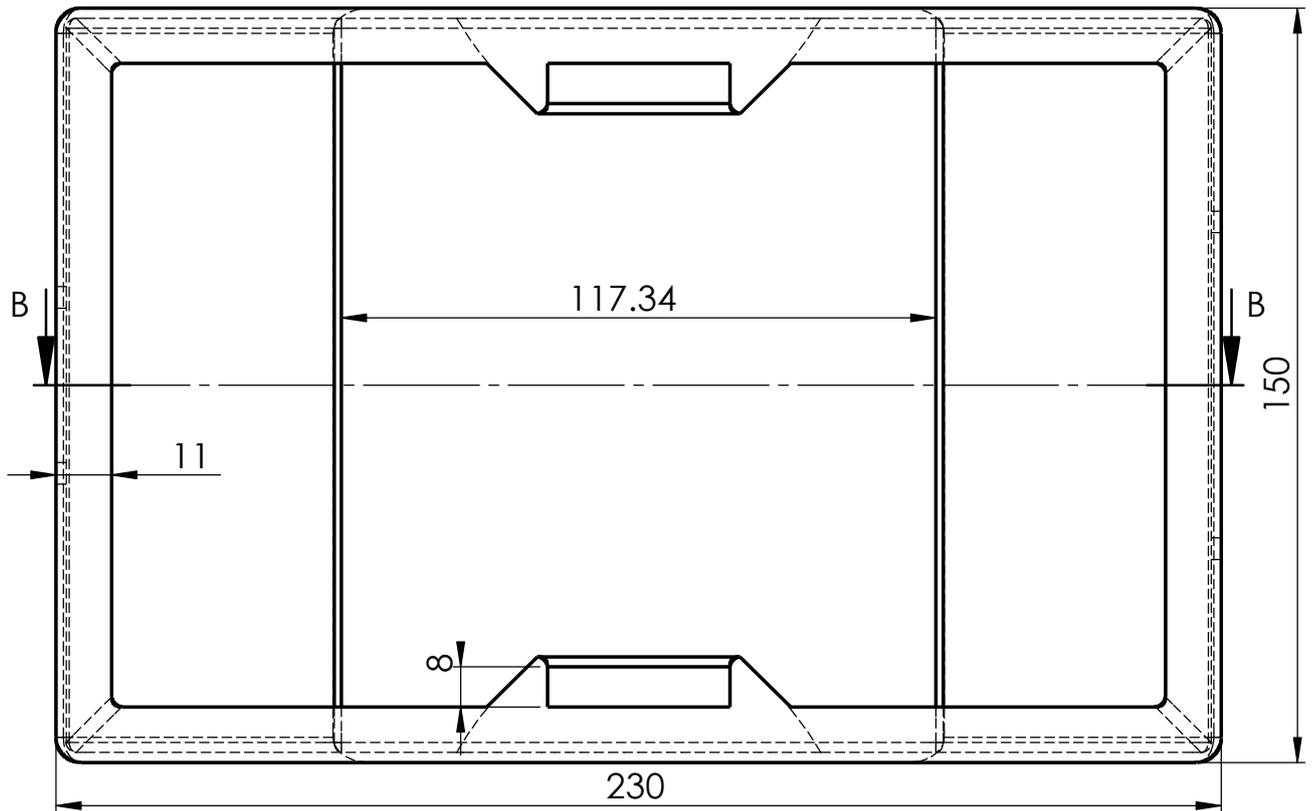
4	1	Pasador de filamento	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: SOPORTE SISTEMA BOWDEN			Nº DE CONJUNTO: 16.00
	TÍTULO DEL PLANO: PASADOR DE FILAMENTO			Nº DE PLANO: 16.04



MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	Nº DE CONJUNTO: 17.00
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX		Nº DE CONJUNTO: 17.00	
1:2	TÍTULO DEL PLANO: DRYBOX		Nº DE PLANO: 17.00	

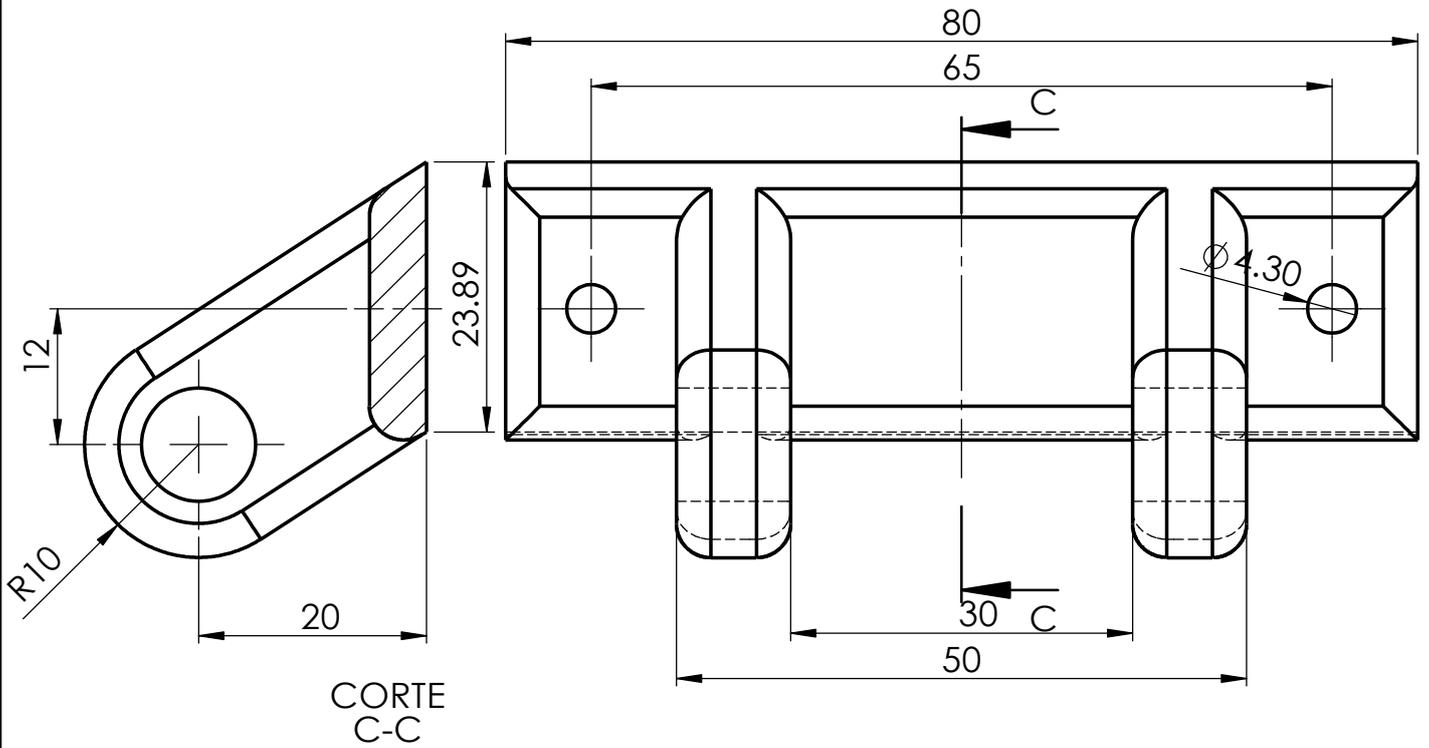
18	2	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3X16
17	1	Base de barras de sujeción	-	ABS
16	1	Barras de sujeción	-	ABS
15	1	Tuerca hexagonal baja	DIN 439	M6
14	10	Tuerca hexagonal	DIN 934	M3
13	1	Eje para bobina	-	PLA
12	1	Eganche inferior	-	PLA
11	1	Gancho de unión	-	PLA
10	1	Eje de enganche superior	-	PLA
9	1	Eganche superior	-	PLA
8	1	Carcasa inferior	-	PLA
7	1	Acoplador neumático	-	PC4-M6
6	1	Bisagra inferior	-	PLA
5	2	Tapa de ejes	-	PLA
4	1	Eje de bisagras	-	PLA
3	10	Tornillo cilíndrico	DIN 912	M3X10
2	1	Bisagra superior	-	PLA
1	1	Carcasa superior	-	PLA

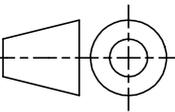
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: DRYBOX			Nº DE PLANO: 17.00

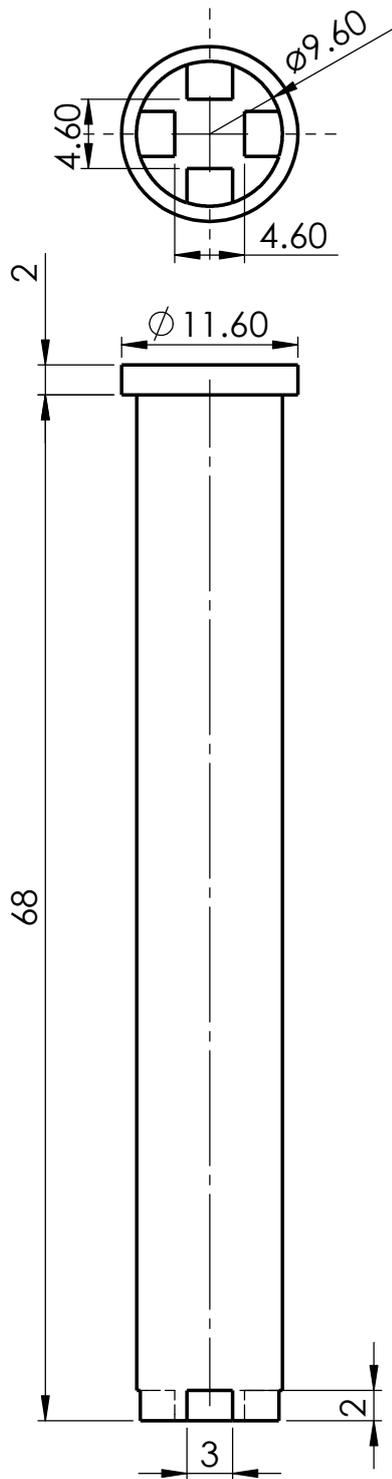


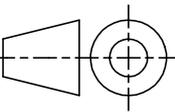
CORTE B-B

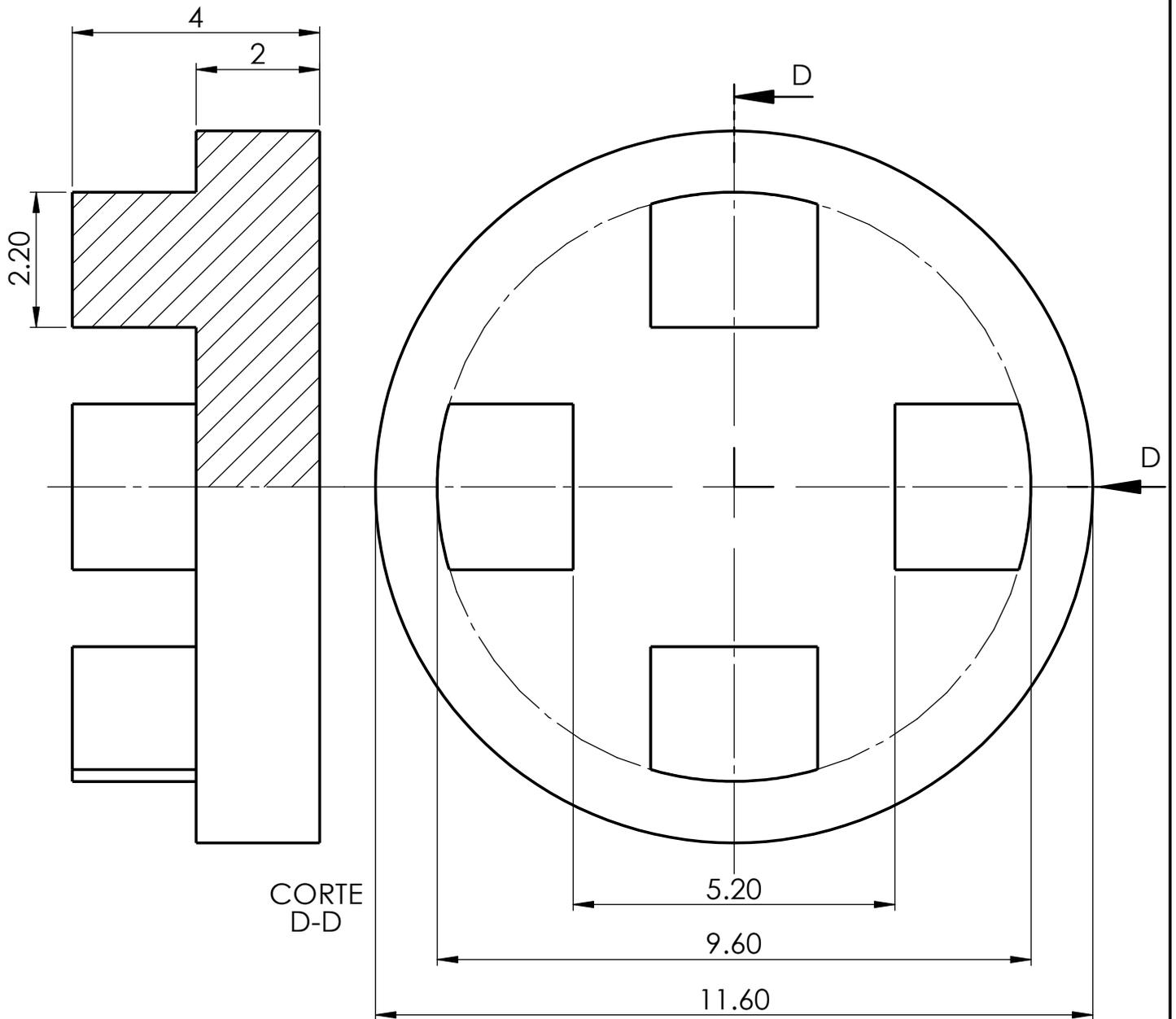
1	1	Carcasa superior	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX		Nº DE CONJUNTO: 17.00	
2:3	TÍTULO DEL PLANO: CARCASA SUPERIOR		Nº DE PLANO: 17.01	



2	1	Bisagra superior	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:2	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: BISAGRA SUPERIOR			Nº DE PLANO: 17.02

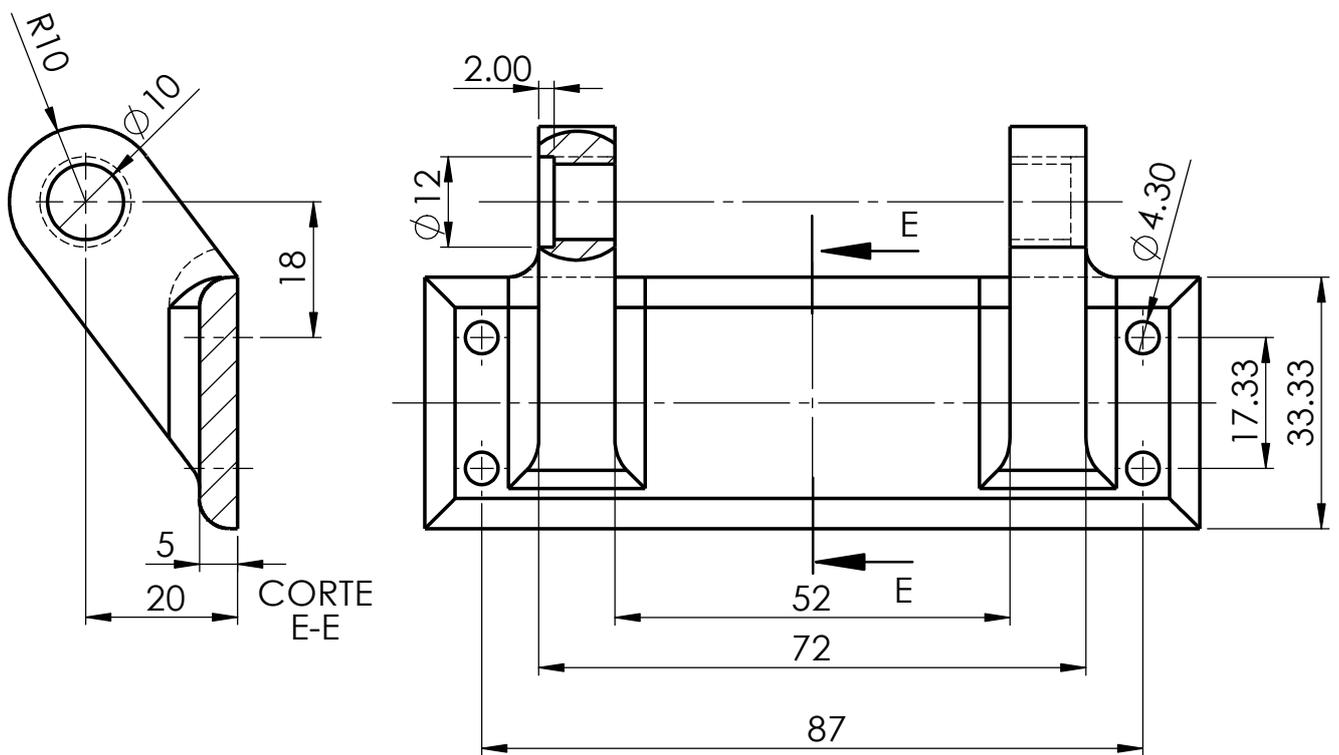


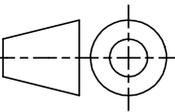
4	1	Eje de bisagras	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:2	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: EJE DE BISAGRAS			Nº DE PLANO: 17.04

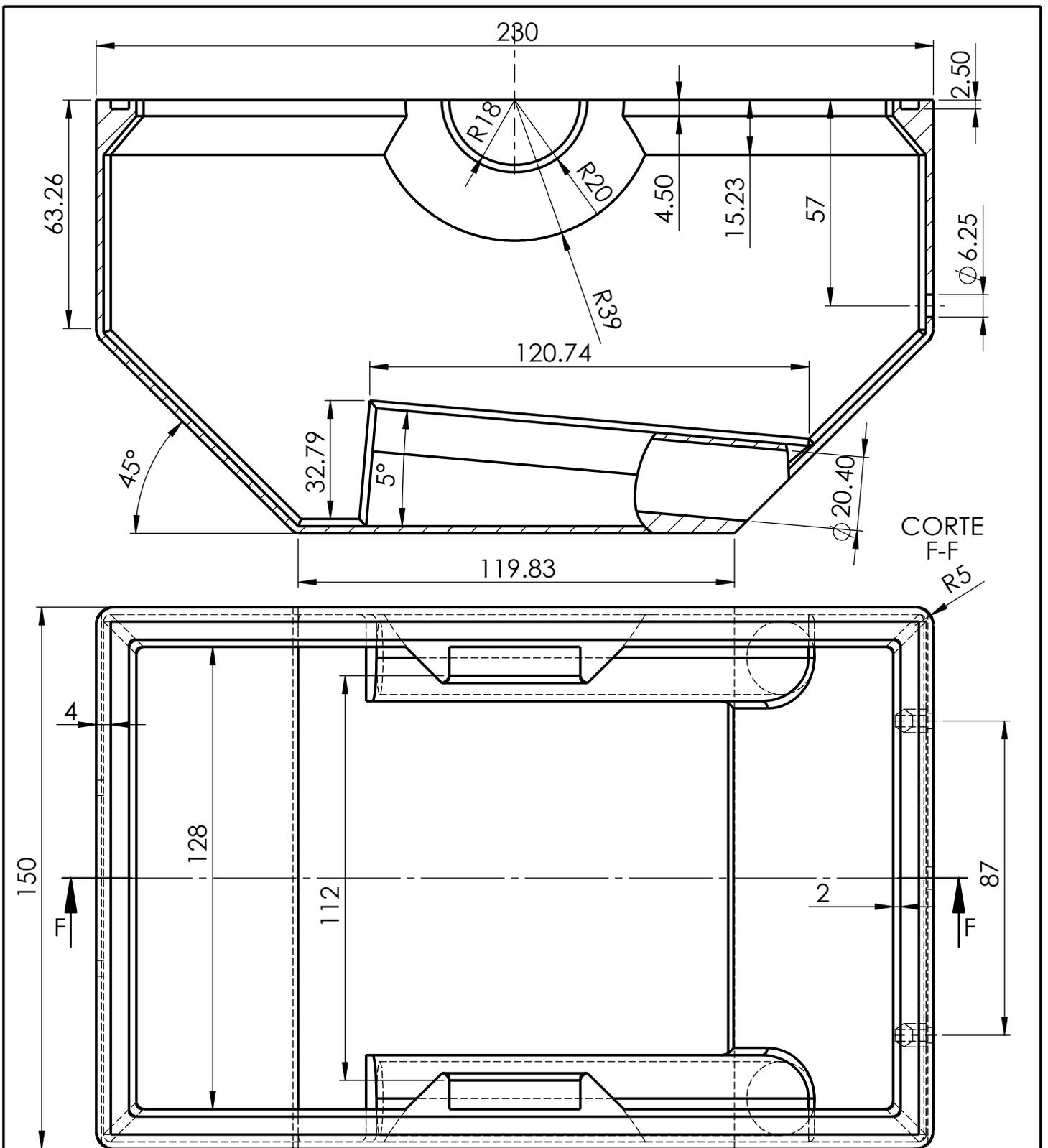


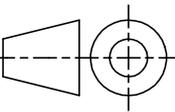
CORTE
D-D

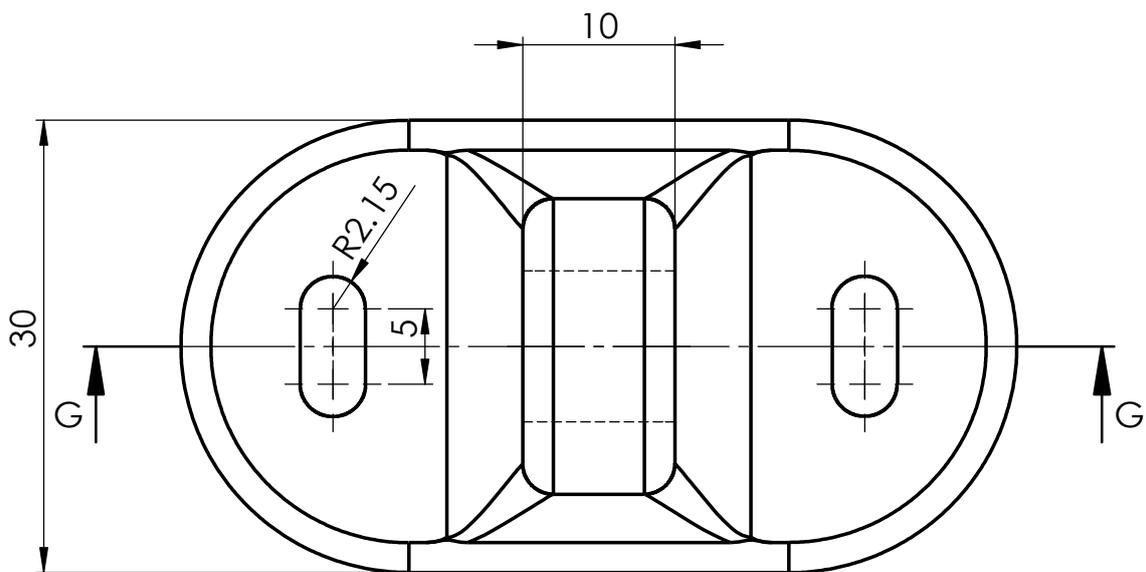
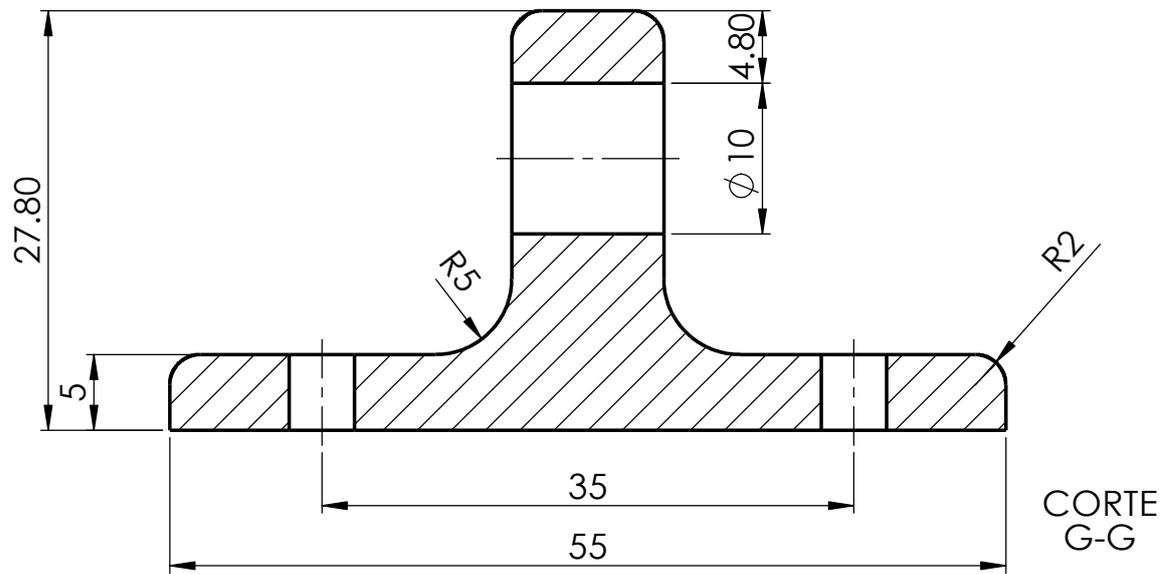
5	2	Tapa de ejes	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 10:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: TAPA DE EJES			Nº DE PLANO: 17.05

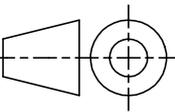


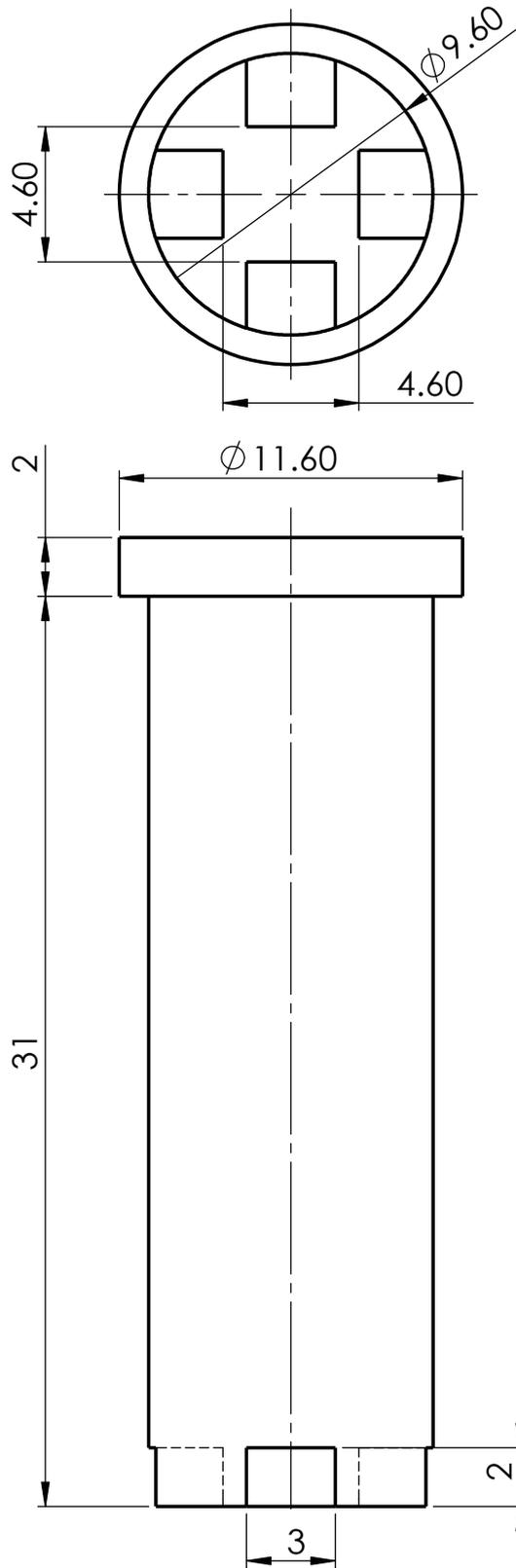
6	1	Bisagra inferior	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: BISAGRA INFERIOR			Nº DE PLANO: 17.06

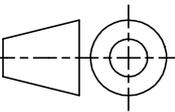


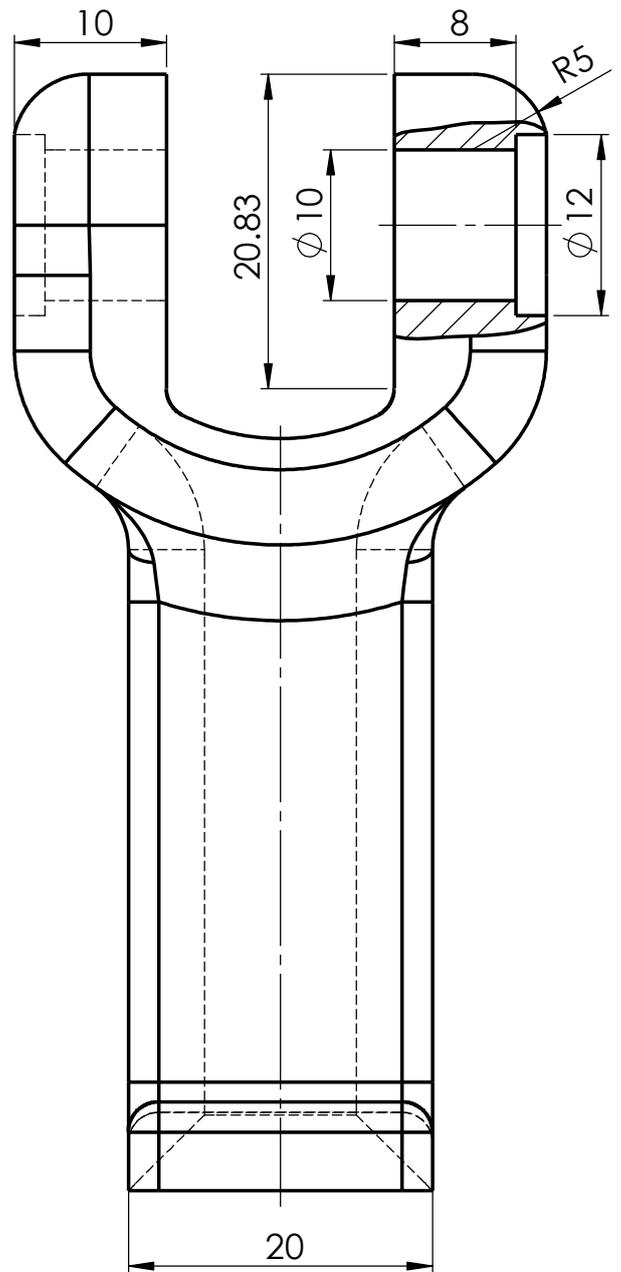
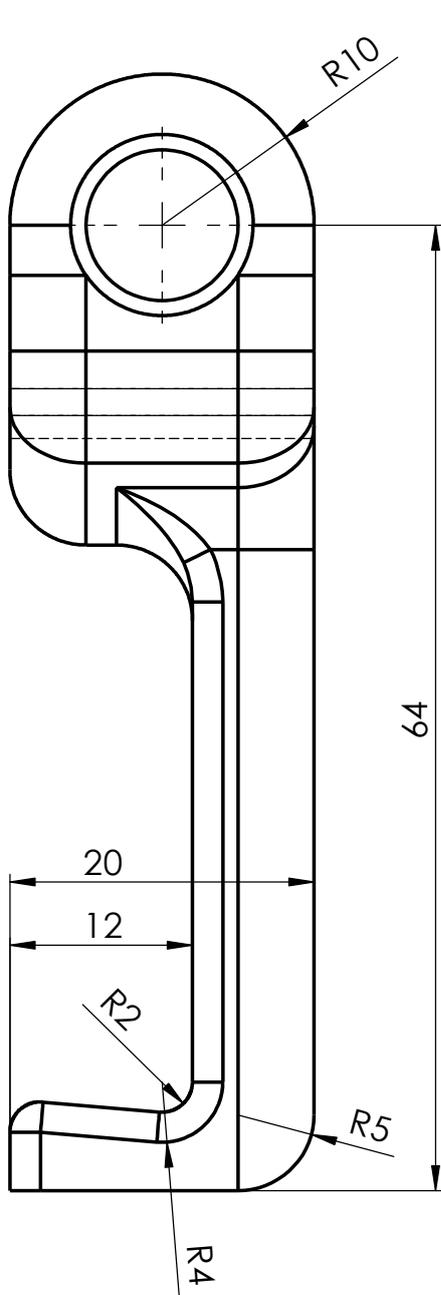
8	1	Carcasa inferior	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:3	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: CARCASA INFERIOR			Nº DE PLANO: 17.08



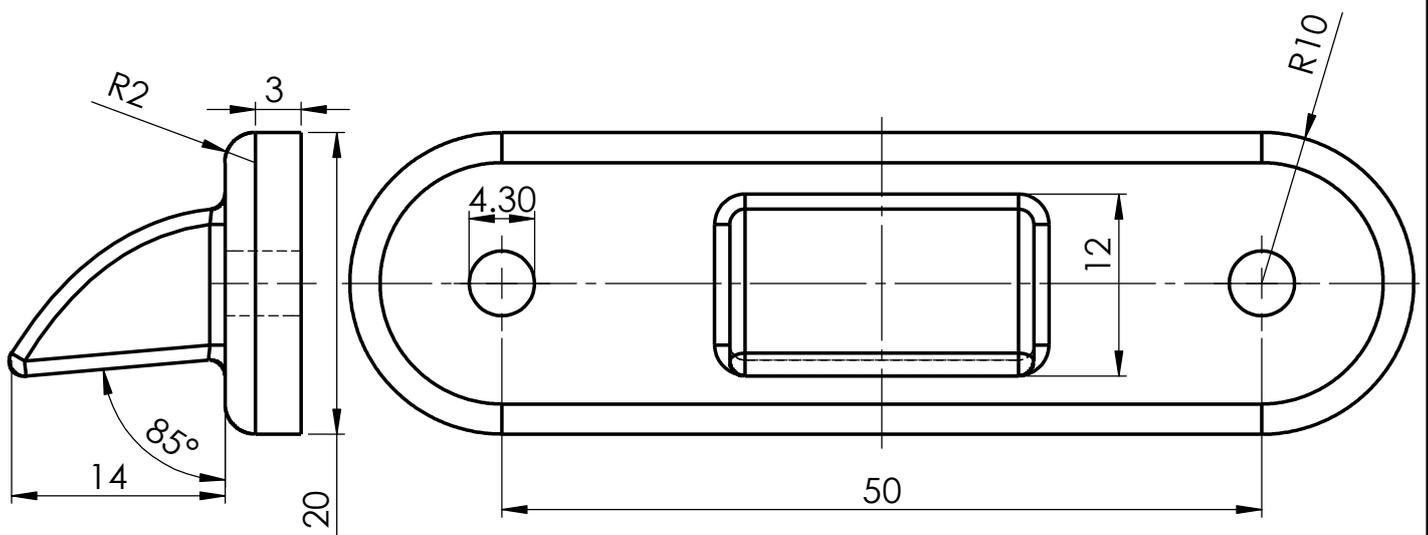
9	1	Enganche superior	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: ENGANCHE SUPERIOR			Nº DE PLANO: 17.09

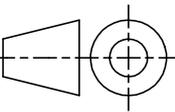


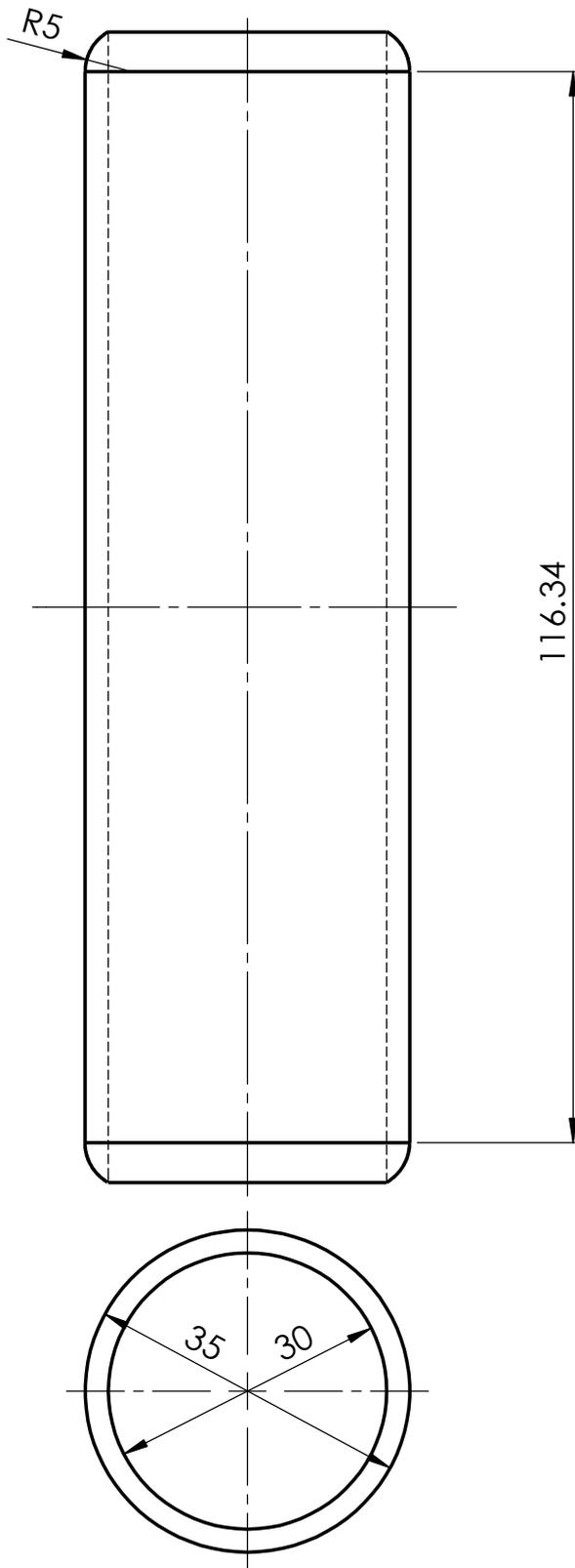
10	1	Eje de enganche superior	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
4:1	TÍTULO DEL PLANO: EJE DE ENGANCHE SUPERIOR			Nº DE PLANO: 17.10



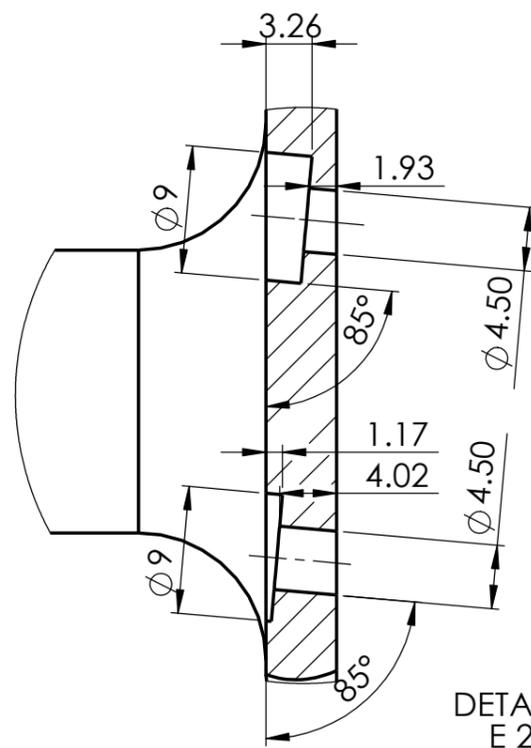
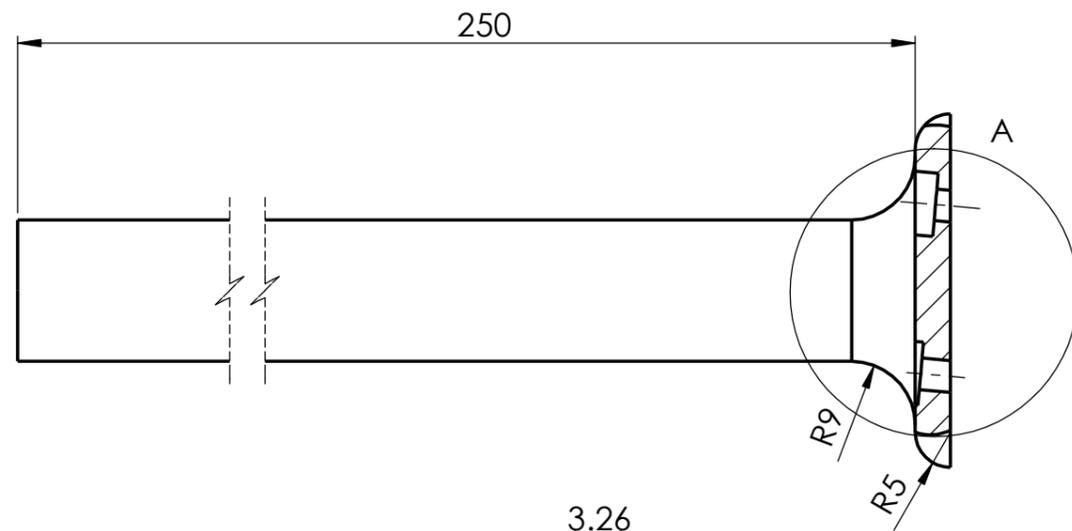
11	1	Gancho de unión	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: GANCHO DE UNIÓN			Nº DE PLANO: 17.11



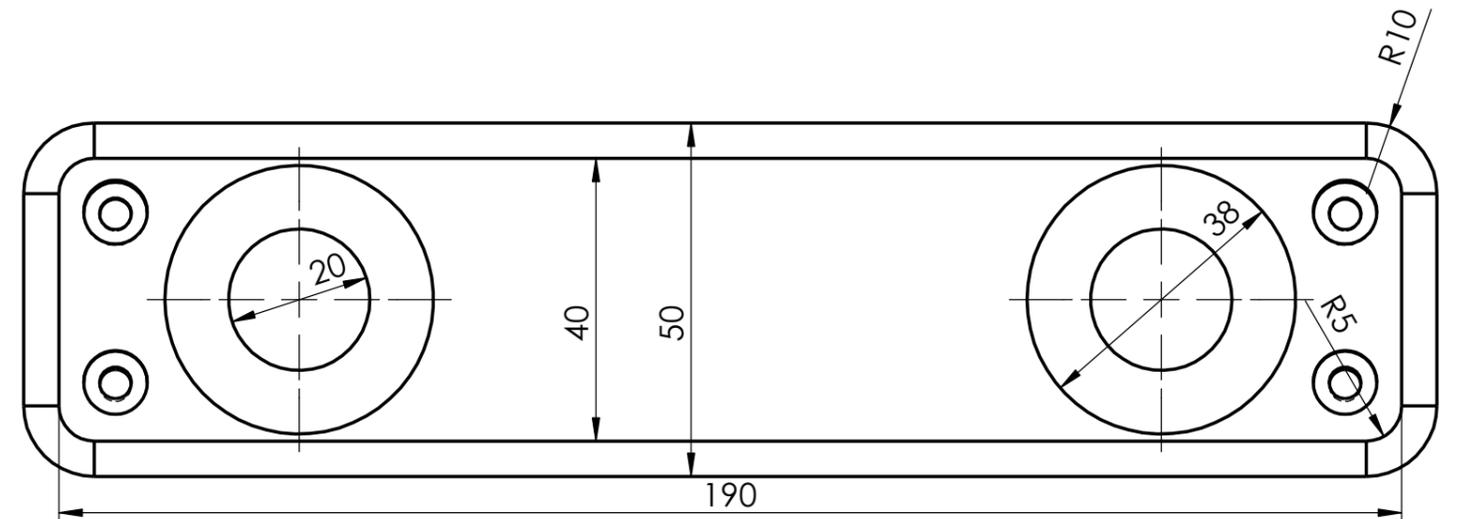
12	1	Enganche inferior	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: ENGANCHE INFERIOR			Nº DE PLANO: 17.12



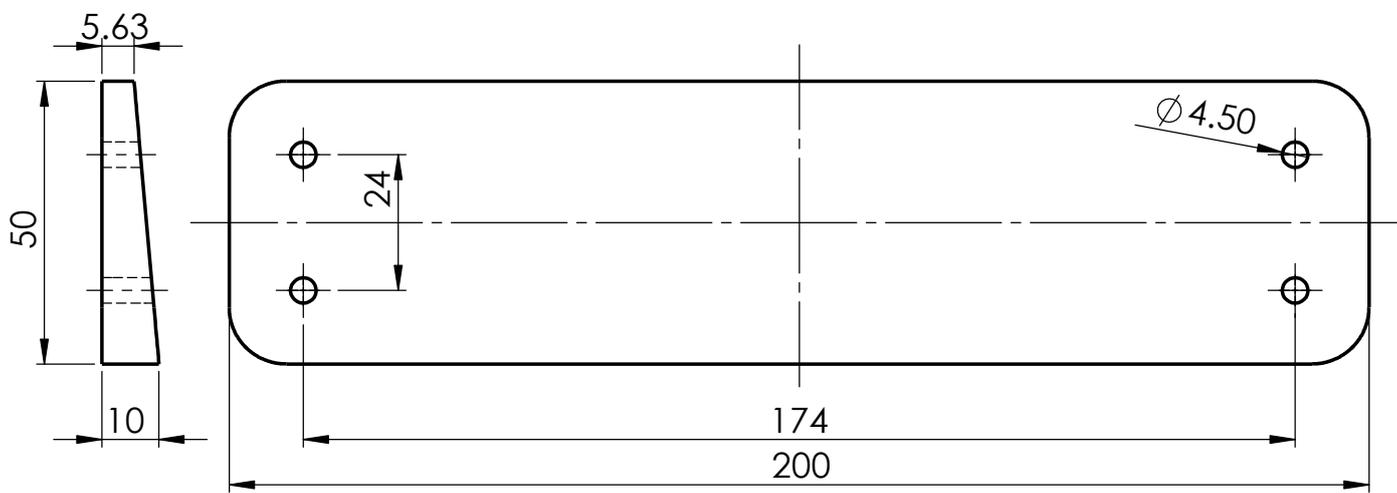
13	1	Eje para bobina	-	PLA
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 5:4	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: EJE PARA BOBINA			Nº DE PLANO: 17.13

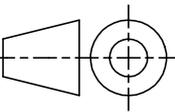


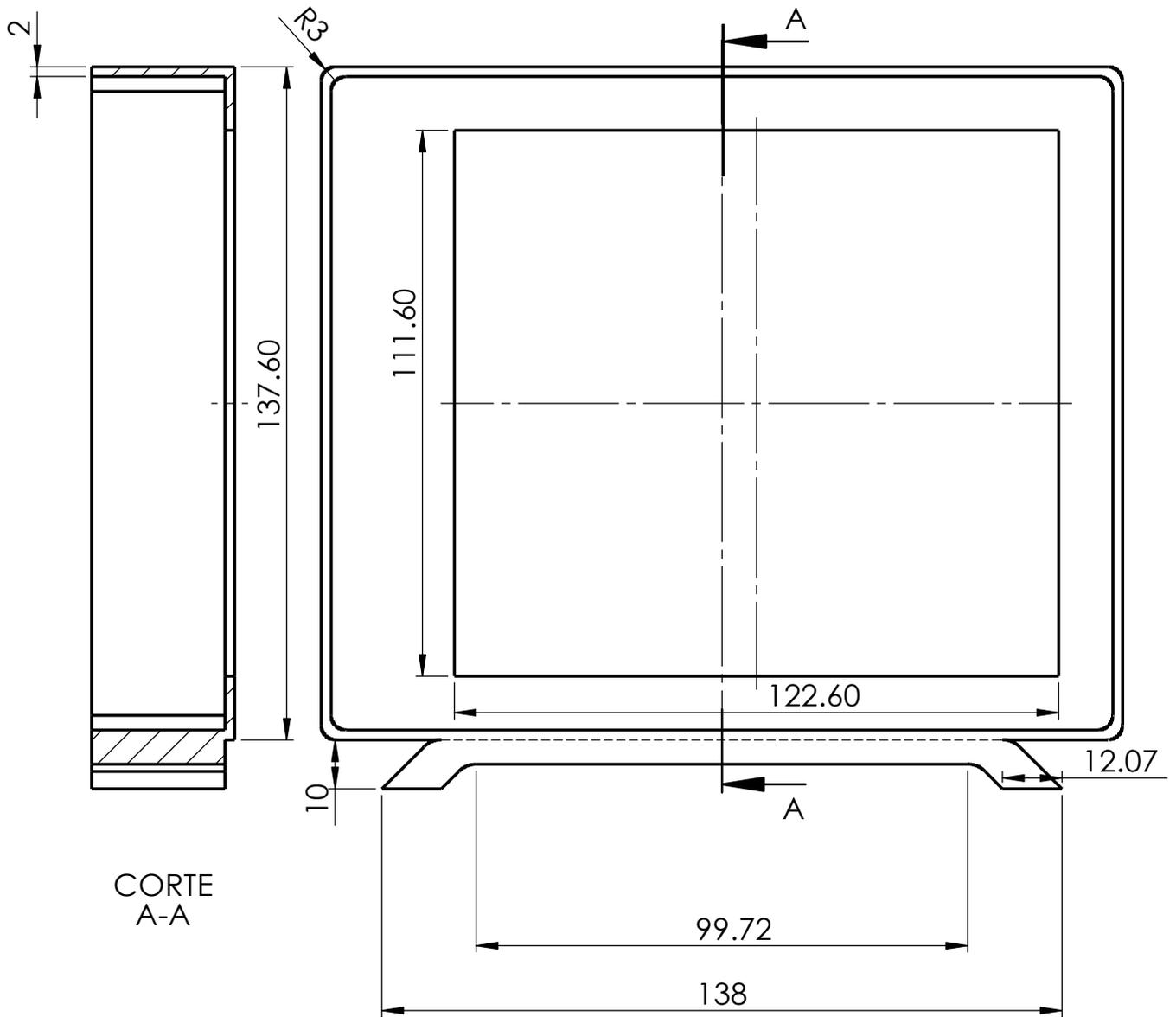
DETALLE A
E 2 : 1



16	1	Barras de sujeción	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX		Nº DE CONJUNTO: 17.00	
1:1	TÍTULO DEL PLANO: BARRAS DE SUJECIÓN		Nº DE PLANO: 17.16	

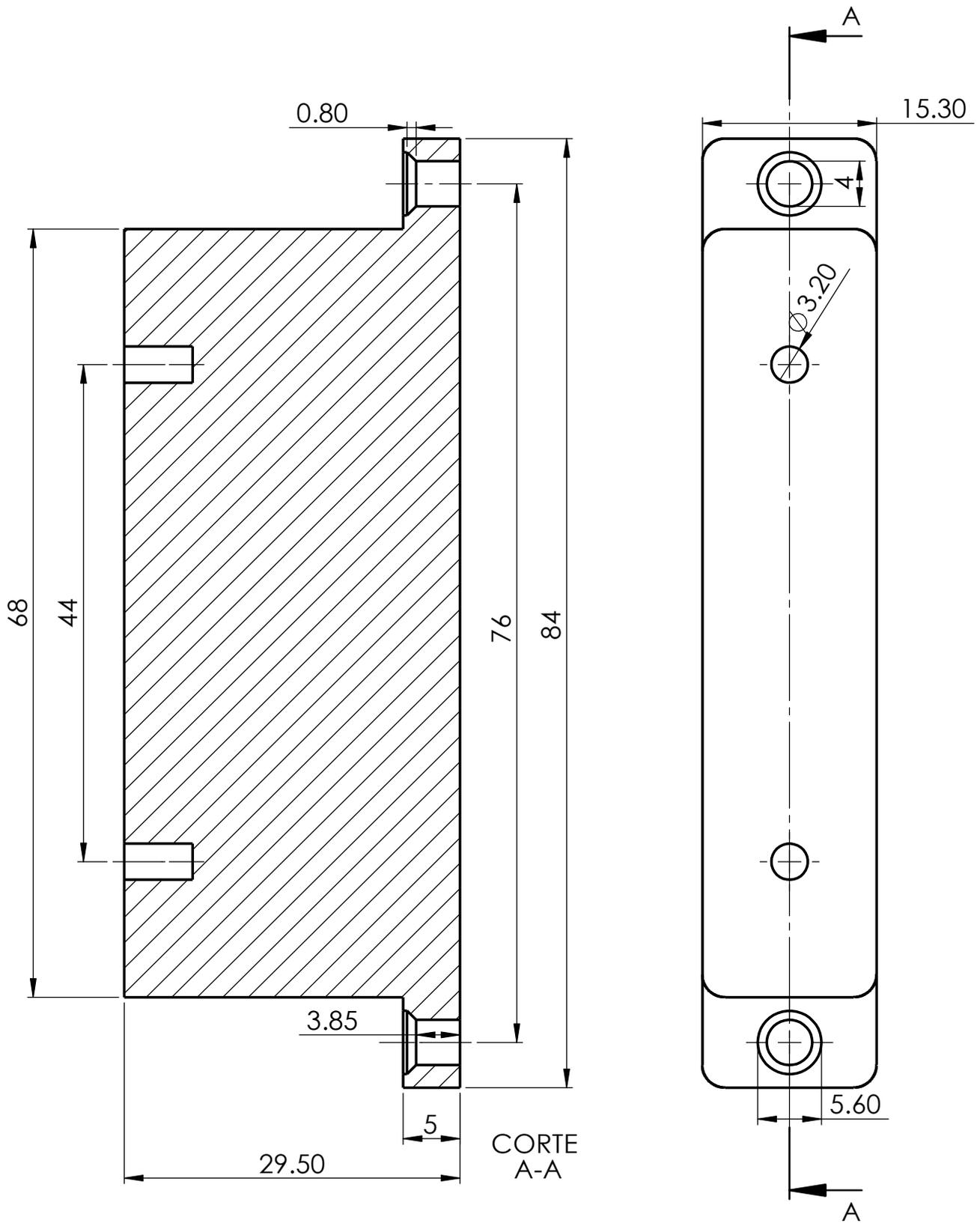


17	1	Base de barras de sujeción	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:4	TÍTULO DEL CONJUNTO: DRYBOX			Nº DE CONJUNTO: 17.00
	TÍTULO DEL PLANO: BASE DE BARRAS DE SUJECIÓN			Nº DE PLANO: 17.17

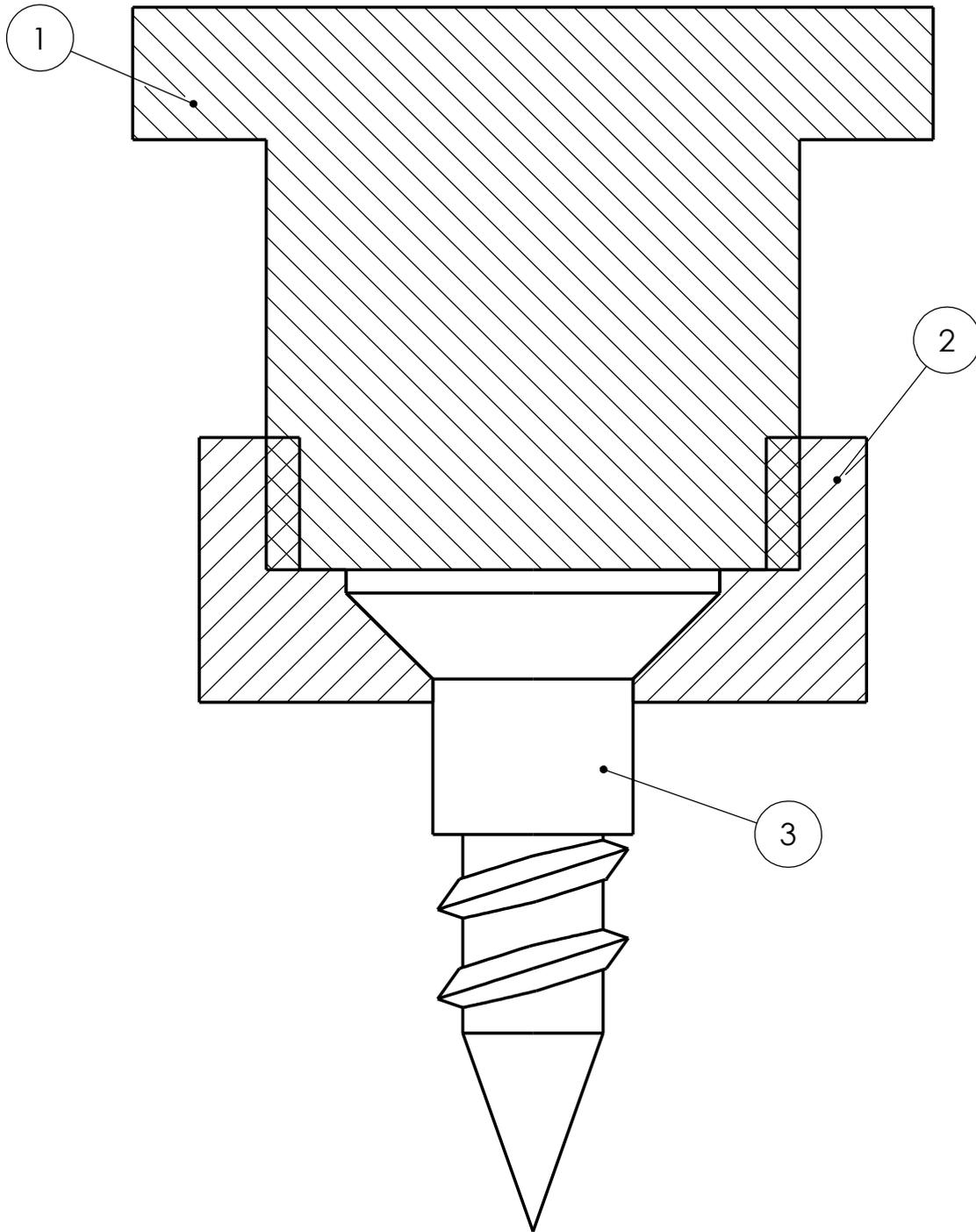


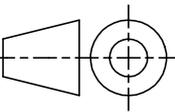
CORTE
A-A

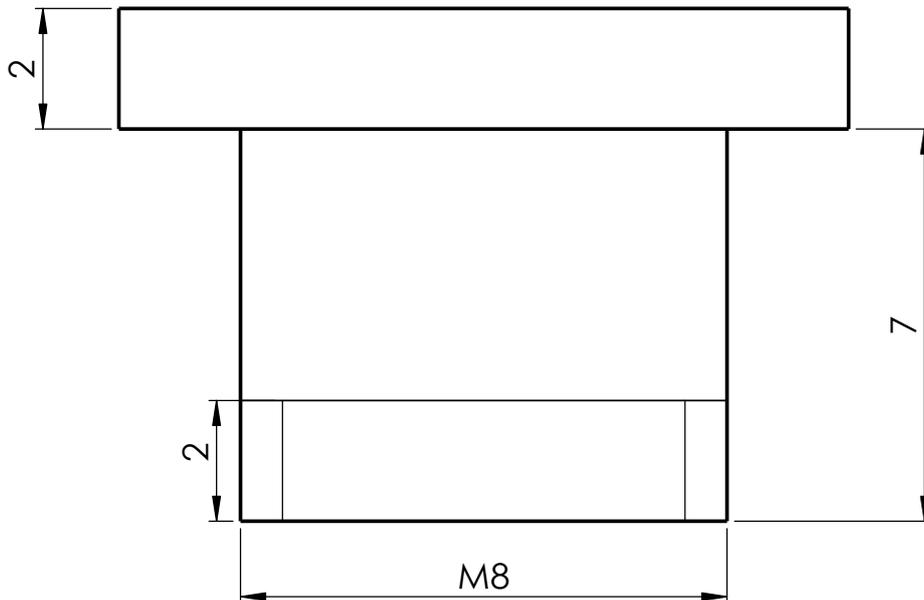
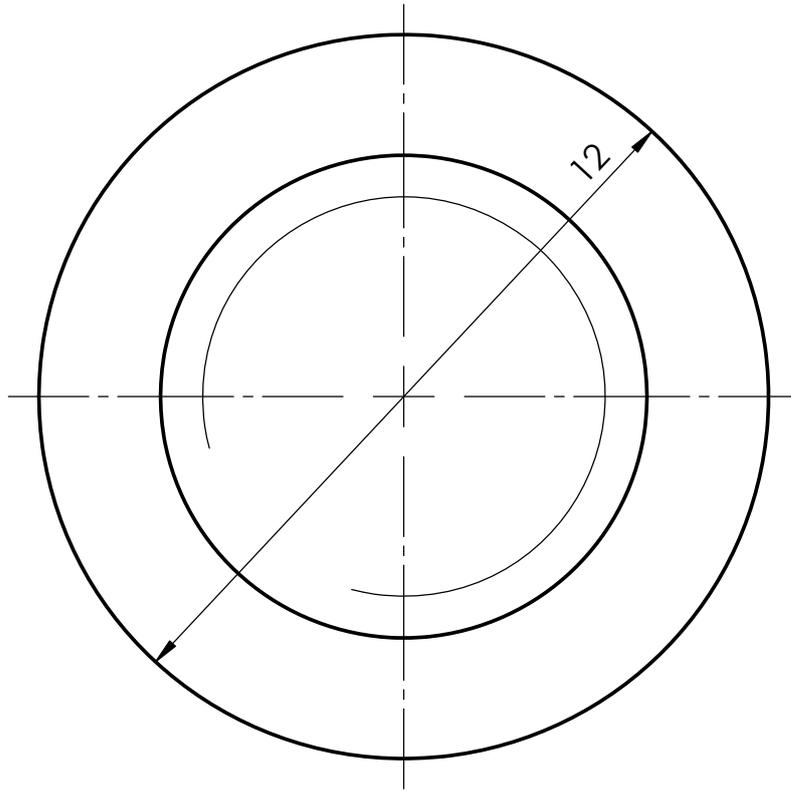
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:4	TÍTULO DEL PLANO: SOPORTE PARA EL RADIADOR			Nº DE PLANO: 18.00

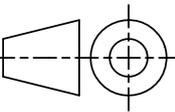


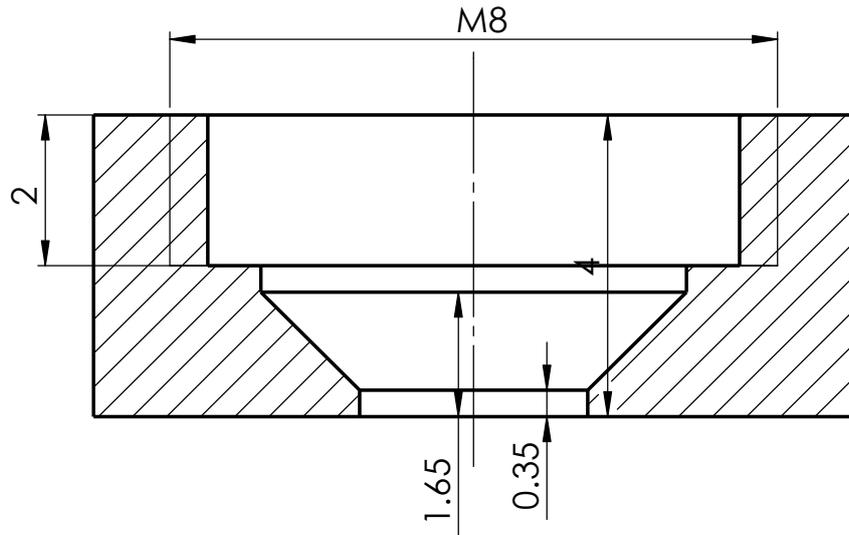
	13-09-2019		 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO: SUPLEMENTO PARA CIERRE DE PRESIÓN		Nº DE PLANO: 19.00	
2:1				



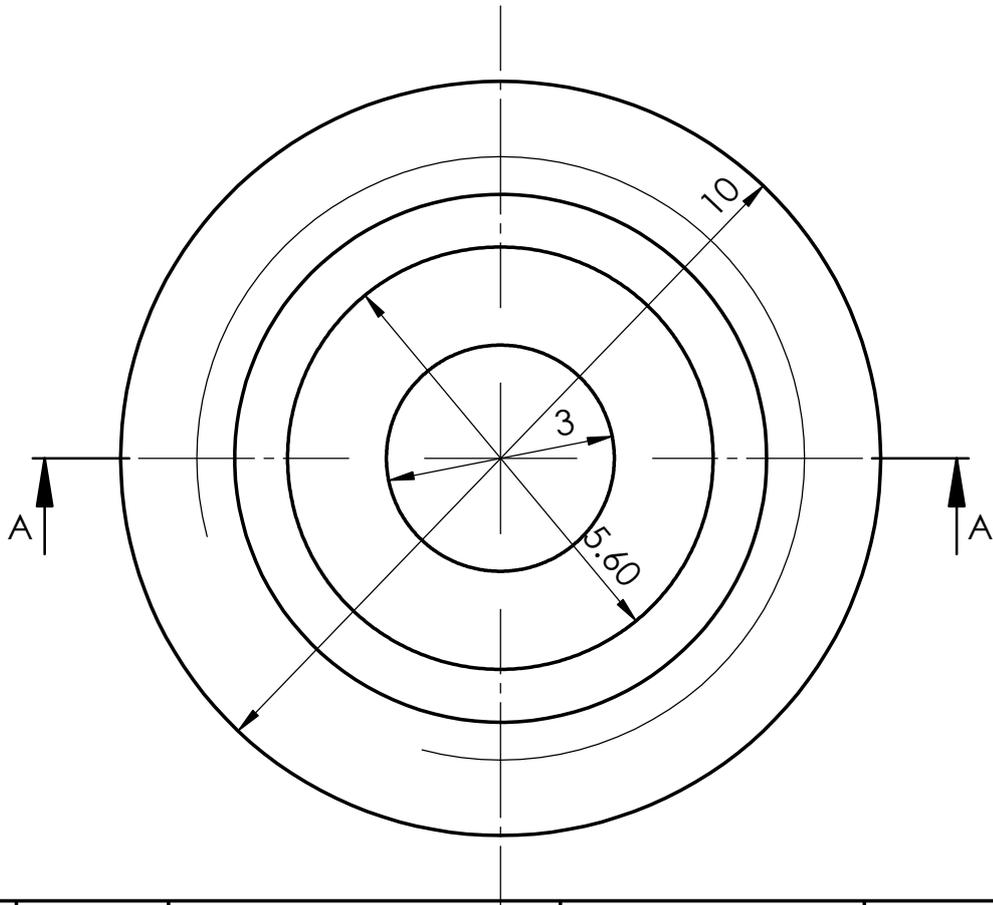
3	1	Tornillo de cabeza avellanada	DIN 7997 Z	Ø3X10
2	1	Base roscada	-	ABS
1	1	Enganche roscado	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
	13-09-2019			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Joel			
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 10:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: CIERRE DE GANCHO			Nº DE CONJUNTO: 20.00
	TÍTULO DEL PLANO: CIERRE DE GANCHO			Nº DE PLANO: 20.00

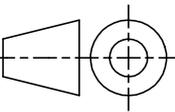


1	1	Enganche roscado	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 8:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: CIERRE DE GANCHO			Nº DE CONJUNTO: 20.00
	TÍTULO DEL PLANO: ENGANCHE ROSCADO			Nº DE PLANO: 20.01



CORTE
A-A



2	1	Base roscada	-	ABS
MARCA	Nº PIEZAS	DESIGNACIÓN	NORMATIVA	MATERIAL Y MEDIDAS
Nombre	13-09-2019 Joel			ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Hernández Mederos			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 10:1	TÍTULO DEL CONJUNTO: CIERRE DE GANCHO			Nº DE CONJUNTO: 20.00
	TÍTULO DEL PLANO: BASE ROSCADA			Nº DE PLANO: 20.02



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN RECINTO PARA IMPRESORA 3D
CON CONTROL DE ATMÓSFERA

PRESUPUESTO

ALUMNO: JOEL HERNÁNDEZ MEDEROS

TUTORES: FERNANDO RIVERA LÓPEZ Y JOSÉ ANTONIO VÁLIDO GARCÍA

En este apartado se recogerá de manera aproximada los costos materiales necesarios para poder desarrollar el proyecto, incluyendo en el precio los impuestos. No se tendrán en cuenta los costes de mano de obra y tampoco los correspondientes a todos los elementos modificados (recortes de elementos como la chapa de aluminio, tableros de madera, listones de madera, paneles de aislamiento y el tratamiento anticorrosivo para el hotend). No se incluye en el precio el coste de la propia impresora y tampoco el precio del cableado para completar las conexiones.

Elementos a comprar

CAPÍTULO 1: ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y CERRAMIENTOS				
Artículo	Descripción	Uds.	Coste (€) / unidad	Importe (€)
Listón de madera	Listón de madera de 2m de longitud y de sección de 32mm x 32mm. (Leroy Merlin Ref. 14131131)	4	11,29	45,16
Tableros	Tablero contrachapado de 250cm x 122cm x 1cm de espesor para cubrir el recinto. (Leroy Merlin Ref. 18896535)	2	36,99	73,98
Chapa de aluminio	Chapa de aleación de aluminio 5754 H111 de 250cm x 125cm x 2mm de espesor. (Lumetal Ref. 2801100342506)	1	60,05	60,05
Aislamiento	Aislamiento GW Needled Mat de 3m x 1,9m x 3cm de espesor (Isover).	1	78	78,00
Tableros	Tablero contrachapado de 250cm x 120cm x 2cm de espesor para puerta de recinto y extracción de la impresora. (basic madera Ref. 1037)	1	59,95	59,95
Plancha de policarbonato	Plancha de policarbonato compacto incoloro de 520mm x 360mm x 2mm de espesor. (MuchoPlástico Ref. MP0021004PF000000002)	2	8,56	17,12
TOTAL				334,26

CAPÍTULO 2: ELEMENTOS DE UNIÓN				
Artículo	Descripción	Uds.	Coste (€) / unidad	Importe (€)
Tubillón	Tubillón de madera de ø6 x 30mm, lote de 50 unidades. (Leroy Merlin Ref. 12228846)	1	1,62	1,62
Inserto para plástico	Inserto de latón para plástico para roscas M2 y 4mm de longitud, lote de 100 unidades. (AliExpress)	1	1,97	1,97
Inserto para plástico	Inserto de latón para plástico para roscas M3 y 4mm de longitud, lote de 100 unidades. (AliExpress)	1	2,19	2,19
Inserto para plástico	Inserto de latón para plástico para roscas M6 y de 12mm de longitud, lote de 20 unidades. (AliExpress)	1	3,15	3,15

Inserto para madera	Inserto de latón autorroscante para madera tipo TBH con roscas M8 y de 13mm de longitud, lote de 5 unidades. (AliExpress)	1	1,75	1,75
Tornillo	Tornillos tipo tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de Ø4x50 según la normativa DIN 7997 Z, lote de 200 uds.	1	9,42	9,42
Tornillo	Tornillos tipo tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de Ø4x20 según la normativa DIN 7997 Z, lote de 200 uds.	1	4,76	4,76
Tornillo	Tornillos tipo tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de Ø3x16 según la normativa DIN 7997 Z, lote de 200 uds.	1	2,57	2,57
Tornillo	Tornillos tipo tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de Ø3x12 según la normativa DIN 7997 Z, lote de 200 uds.	1	2,33	2,33
Tornillo	Tornillos tipo tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de Ø3x10 según la normativa DIN 7997 Z, lote de 200 uds.	1	2,15	2,15
Tornillo	Tornillos tipo tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de Ø3x16 según la normativa DIN 7996 Z, lote de 200 uds.	1	2,57	2,57
Tornillo	Tornillos tipo tirafondo avellanado para madera, con impronta Z de Ø3x10 según la normativa DIN 7996 Z, lote de 200 uds.	1	2,15	2,15
Tornillo	Tornillo de cabeza avellanada M3x10 según normativa DIN 7991. (Entaban Ref. 7991H03010)	2	0,10	0,20
Tornillo	Tornillo de cabeza avellanada M6x20 según normativa DIN 7991. (Entaban Ref. 7991H06020)	2	0,10	0,20
Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal M2x20 según normativa DIN 912, lote de 100 unidades. (AliExpress)	1	5,33	5,33
Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal M2x8 según normativa DIN 912, lote de 5 unidades. (AliExpress)	1	1,72	1,72
Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal M3x8 según normativa DIN 912, lote de 100 unidades. (AliExpress)	1	4,70	4,70
Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal M3x10 según normativa DIN 912, lote de 100 unidades. (AliExpress)	1	4,60	4,60
Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal M3x25 según normativa DIN 912, lote de 4 unidades. (AliExpress)	1	1,92	1,92
Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal M3x30 según normativa DIN 912, lote de 2 unidades. (AliExpress)	6	0,42	2,52
Tuerca	Tuerca hexagonal M3 según DIN 934. (Ferreteriacalafell Ref. 00280003)	10	0,05	0,50
Tuerca	Tuerca hexagonal baja M6 según DIN 439. (Motedis)	1	3,99	3,99
Acoplador	Acoplador neumático PC4-M6. (Aliexpress)	3	0,85	2,55
Adhesivo para policarbonato	Adhesivo para unión de las planchas de policarbonato en el tablero. (Amazon)	3	12,29	36,87

Burlete	Burlete de caucho Axton negro 3-5mm autoadhesivo para puerta frontal y tablero lateral derecho. (Leroy Merlin Ref. 16275406)	1	2,78	2,78
TOTAL				104,51

CAPÍTULO 3: ACCESORIOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS				
Artículo	Descripción	Uds.	Coste (€) / unidad	Importe (€)
Tope simple de caucho	Topes simples macho de caucho de 30 mm de diámetro y 15mm de altura. (AMC Mecanocaucho Ref. 110020)	4	4,19	16,76
Guía telescópica	Guía telescópica de 1000ml de longitud con extensión y perfil bajo de 27mm (1 par). (Accuride Ref. DZ2731-0050CL)	1	65,46	65,46
Asa	Asa EBP-P tipo puente de longitud total de 117mm para tornillos de métrica 6. (Elesa+Ganter Ref. 260220-C1)	1	4,56	4,56
Bisagras	Bisagras de aluminio Small FinAlu de 38mm x 31,75mm. (PINET Ref. 72-1-4298)	5	17,98	89,90
Pestillo de gancho	Pestillo de gancho de 35mm. (Leroy Merlin Ref. 10457174)	2	2,65	5,30
Cierre de presión	Cierre de presión mediante manilla. (Aliexpress)	1	7,18	7,18
Hotend	Hotend V6 All-Metal para filamentos de 1,75mm, sistema bowden y tensión de 12V. (E3D-Online Ref. V6-175-B)	1	63,17	63,17
Calentador de silicona	Kit de calentador de silicona de 150mm x 200mm, 220V y 250W con controlador de temperatura. (Keenovo)	1	73,95	73,95
Termómetro	Termómetro digital con pantalla LCD (no incluye las dos pilas que lleva). (Aliexpress)	1	1,36	1,36
Pila	Pila de botón tipo LR44 MAXELL 1,5V. (Electrónica embajadores Ref. BA5AAG13)	2	0,50	1,00
Ventilador	Ventilador axial 12V de 40mm x 40mm x 10mm de espesor. (ebm-papst Ref. 412 FH-132)	2	11,38	22,76
Filtro de aire	Filtro de aire para ventiladores de 40mm x 40mm. (reichelt Ref. RND 460-00047)	2	0,77	1,54
Junta tórica	Junta tórica OR 52 x 1,5 según DIN 3771 de FPM para ventiladores. (Epidor Ref. 641593)	2	0,91	1,82
Tubo	Tubo de extracción de aire Master-Clip Neoprene H de 2,5" de diámetro interior y 7,6m de longitud. (MasterDuct Ref. 234-063-107)	1	142,52	142,52
Abrazadera	Abrazadera para tubos de 47-67mm de diámetro exterior según DIN 3017 (pack de 2 unidades). (Leroy Merlin Ref. 914241)	1	1,10	1,10
Cables de extensión	Cableado de extensión para impresora Creality CR-10. (Aliexpress)	1	16,15	16,15

Conector GX-12	Conectores macho y hembra GX-12 de 6 pines. (Aliexpress)	5	0,76	3,80
Conector GX-12	Conectores macho y hembra GX-12 de 4 pines. (Aliexpress)	1	0,71	0,71
Conector GX-16	Conectores macho y hembra GX-16 de 8 pines. (Aliexpress)	1	1,51	1,51
Conector GX-16	Conectores macho y hembra GX-16 de 4 pines. (Aliexpress)	1	1,33	1,33
Iluminación	Tira LED de luz blanca de 50cm de longitud (lote de 5 unidades) (Aliexpress)	1	9,90	9,90
Iluminación	Tira LED de luz blanca de 30cm de longitud (lote de 5 unidades) (Aliexpress)	1	8,25	8,25
TOTAL				540,03

CAPÍTULO 4: REFRIGERACIÓN LÍQUIDA

Artículo	Descripción	Uds.	Coste (€) / unidad	Importe (€)
Bomba de impulsión	Bomba de impulsión EK-XRES 100 SPC-60 MX PWM con depósito incluido. (EKWB Ref. 3831109843246)	1	81,30	81,30
Radiador	Radiador Black Ice Nemesis 120 GTS. (Ibertrónica Ref. 4806518484617)	1	39,82	39,82
Ventilador	Ventilador Corsair ML120PRO de levitación magnética superior PWM de 120mm x 120mm x 25mm de espesor. (Corsair Ref. CO-9050040-WW)	1	21,90	21,90
Bloque de refrigeración	Bloque de refrigeración DyzeXtruder ENP con racores de 9,53mm para motores NEMA 17. (Dyze Design)	4	35,85	143,40
Racor para camisa de refrigeración	Racor de latón de 12mm de diámetro y rosca G1/8. (AliExpress)	2	1,28	2,56
Junta tórica	Junta tórica OR 20 x 3,5 según DIN 3771 de FPM para camisa de refrigeración. (Epidor Ref. 641593)	2	0,94	1,88
Extensor	Extensor Macho-Hembra de 30mm de longitud con rosca G1/4. (EKWB Ref. 3831109846209)	3	4,53	13,59
Adaptador	Adaptador Hembra-Hembra de 12mm de longitud con rosca G1/4.	2	3,00	6,00
Multiplicador de conexiones	Multiplicador de conexiones 1 entrada-5 salidas con rosca G1/4. (Barrowint Ref. FBX5T-A01)	2	6,57	13,14
Codo de 90°	Codo de 90° Macho-Hembra con rosca G1/4. (EKWB Ref. 3831109845288)	4	8,09	32,36
Racor de compresión	Racor de compresión para tubos de 10/16mm (Ø interno/Ø externo) con rosca G1/4. (EKWB Ref. 3831109814437)	4	7,07	28,28
Racor con hendiduras	Racor con hendiduras para tubos de 10mm de diámetro interno con rosca G1/4. (EKWB Ref. 3831109846780)	12	2,81	33,72
Tubo flexible	Tubo flexible de 10/16mm (Ø interno/Ø externo) hecho de EPDM (3m de longitud)	4	14,19	59,6
TOTAL				477,55

Sumando la cuantía de estos 4 capítulos se obtiene que el costo de los elementos a comprar asciende hasta los 1.456,35€.

Elementos a imprimir

A continuación, se mostrarán los costos referidos a las piezas impresas. Todas las piezas de ABS serán impresas con un relleno del 50%, una altura de capa de 0,2mm y filamento de 1,75mm de diámetro. La camisa será impresa con una altura de capa de 0,1mm y relleno del 100%, para una mayor resistencia. Las piezas del DryBox (a excepción de las barras de sujeción y su base), estarán impresas con un relleno del 20% y una altura de capa de 0,2mm. El ABS y el PLA escogido para realizar este presupuesto, pertenecen a la gama “Antracite” del fabricante Smart materials 3D, mientras que el Nylon escogido es el modelo “Nylstrong” de este mismo fabricante. Las piezas de menor tamaño y de 2 o más unidades se podrán imprimir a la vez o en tandas para ahorrar costes. Las bobinas tienen un costo de 18,20€ (PLA 750g), 16,95€ (ABS 750g) y 3€ (Nylon 35g). No se tendrá en cuenta el precio de la energía eléctrica necesaria y se consideran que las piezas serán impresas por el interesado en realizar el proyecto, no por un tercero, por lo que solo se tiene en cuenta el precio del material necesario.

Artículo	Parte	Material	Coste filamento (€/kg)	Peso (g)	Uds.	Coste (€) / unidad	Importe (€)
Taco de sujeción	Eje hueco con rosca	ABS	21,95	1	57	0,022	1,25
	Base hueca con rosca			1	57	0,022	1,25
Ventilación lateral	Eje extraíble	ABS	21,95	2	1	0,044	0,04
	Tapa de eje fijo			0,5	1	0,011	0,01
	Compuerta			18	1	0,395	0,40
	Tapa de sujeción			11	1	0,241	0,24
	Pieza de sujeción			12	1	0,263	0,26
	Eje fijo			2	1	0,044	0,04
Ventilación trasera	Eje extraíble	ABS	21,95	2	1	0,044	0,04
	Tapa de eje fijo			0,5	1	0,011	0,01
	Compuerta			21	1	0,461	0,46
	Tapa de sujeción tubo			12	1	0,263	0,26
	Pieza de sujeción			12	1	0,263	0,26
	Eje fijo			2	1	0,044	0,04
	Compuerta tubo			30	1	0,659	0,66
Soporte de 6 conexiones		ABS	21,95	13	1	0,285	0,29
Soporte de 2 conexiones		ABS	21,95	5	1	0,110	0,11
Refrigeración hotend	Camisa de refrigeración	Nylon	50,60	14	1	0,708	0,71
	Base de soporte	ABS	21,95	6	1	0,132	0,13
	Tapa de soporte			2	1	0,044	0,04
Soporte extensor refrigeración líquida		ABS	21,95	9	2	0,198	0,40
Pasador sistema bowden		ABS	21,95	7	1	0,154	0,15

Artículo	Parte	Material	Coste filamento (€/kg)	Peso (g)	Uds.	Coste (€) / unidad	Importe (€)
DryBox	Carcasa superior	PLA	23,50	235	1	5,523	5,52
	Bisagra superior			9	1	0,212	0,21
	Eje de bisagras			3	1	0,071	0,07
	Tapa de ejes			0,5	2	0,012	0,02
	Bisagra inferior			18	1	0,423	0,42
	Carcasa inferior			283	1	6,651	6,65
	Enganche superior			6	1	0,141	0,14
	Eje de enganche superior			1	1	0,024	0,02
	Gancho de union			12	1	0,282	0,28
	Enganche inferior			5	1	0,118	0,12
	Eje para bobina			27	1	0,635	0,63
	Barras de sujeción			ABS	21,95	134	1
	Base de barras	51	1			1,119	1,12
Soporte para radiador		ABS	21,95	54	1	1,185	1,19
Suplemento cierre de presión		ABS	21,95	20	1	0,439	0,44
Cierre de gancho	Base roscada	ABS	21,95	0,5	2	0,011	0,02
	Enganche roscado			0,5	2	0,011	0,02
TOTAL							26,86

Como se puede observar en la tabla, el costo de todas las piezas impresas es de aproximadamente de 26,86€. En realidad, el costo sería más elevado, ya que no se ha tenido en cuenta el costo de la energía eléctrica, y las posibles pérdidas de material de impresiones fallidas. En el caso de que se requiera realizar las impresiones de las piezas mediante una empresa especializada, el coste se elevaría exponencialmente.

Si a este costo le sumamos el costo de los elementos que hay que comprar para realizar el proyecto, incluyendo el costo de las bobinas, el total asciende hasta los 1.521,36€.

