



GRADO	Ingeniería Mecánica
TÍTULO	Diseño de un sistema termográfico en una máquina híbrida (DE-LB/M+CNC)
TUTOR	Modesto Pérez Sánchez
AUTOR	Alberto Monsalvez Fresneda
FECHA	JUNIO 2023
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 → ANEXO
ANEXO 1 → CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Tabla de contenidos

Anexo I. Cálculos Justificativos.....	5
1 Cálculos de fluidos para el sistema de refrigeración.....	5
2 Cálculos térmicos para el sistema de refrigeración y selección del chiller	16
3 Cálculos de fluidos para el sistema de purga.....	27
4 Cálculos de resistencia a cortadura de los tornillos de anclaje.....	32

Índice de figura.

Figura 1. Diagrama de Moody.....	8
Figura 2. Esquema de circuito refrigerante	11
Figura 3. Diagrama de Moody.....	14
Figura 4. Segundo principio de la termodinámica.....	16
Figura 5. Tramo 1 del circuito de refrigeración.....	21
Figura 6. Tabla de propiedades del agua. Fuente: S.A Klein y F.L. Alvarado.....	22
Figura 7. Tramo 2 del circuito de refrigeración.....	24
Figura 8. Tramo 3 del circuito de refrigeración.....	25
Figura 9. Esquema del sistema de purga de aire.....	28
Figura 10. Subconjunto Anclaje optimizada	32
Figura 11. Esfuerzos del soporte.....	33
Figura 12. Esfuerzo del soporte.....	34
Figura 13. Esfuerzo cortante del tornillo.....	35

Índice de tablas.

Tabla 1. Tabla de valores k.....	10
Tabla 2. Suma valores k.....	12
Tabla 3. Suma de valores k.....	29
Tabla 4. Elementos del subconjunto Anclaje optimizado.....	32

Anexo I. Cálculos Justificativos.

En este anexo del trabajo de fin de grado se va a exponer los cálculos que han sido utilizados para el desarrollo del mismo, donde en primer lugar se hará mención de conocimientos dentro de tres marco teórico sobre mecánica de fluidos, termodinámica y cálculo de esfuerzos, los cuales van a ser los tres aspectos fundamentales de la realización de los cálculos.

Continuando con aspectos teóricos, este anexo se separa en tres apartados anteriormente mencionados. Uno de ellos tiene el objetivo el conocer las pérdidas de carga que transcurren por todo el circuito de refrigeración y el circuito de purga, con ello conocer datos como la presión inicial necesaria para la alimentación de los complementos de la cámara termográfica. Por otro lado, en cuanto a aspectos termodinámicos será necesario conocer la potencia frigorífica que necesita el enfriador para vencer a las pérdida que va a sufrir el fluido por el transcurso del circuito.

Y para finalizar un cálculo de esfuerzos a cortadura que sufren los tornillos de anclaje del soporte, para poder conocer si los tornillos seleccionados son aceptables para el esfuerzo a cortadura.

1 Cálculos de fluidos para el sistema de refrigeración.

Este primer cálculo que va a existir para el sistema de refrigeración tendrá lugar en el ámbito de la mecánica de fluidos. Esta parte de la física es la encargada en estudiar los fenómenos donde aparecen y participan fluidos en él, lo cual puede ocurrir de forma natural como sucede en las olas de la playa, en las cascadas o en el mismo viento. De igual forma el humano ha intentado siempre controlar o poder aprovechar la energía que nos puede transmitir de alguna forma estos fluidos bien puede ser por energía potencial o bien por energía cinética.

Los fluidos se dividen entre líquidos y gases donde los más populares o los más conocidos son el agua y el aire, los cuales son capaces de moldearse y adaptarse a la forma del recipiente y los envuelve, Además existen parámetros como el de la viscosidad que dependiendo de si el fluido es más viscoso o menos significa que el fluido es más resistente a la de formación o menos.

Esta viscosidad de los fluidos es una propiedad que relaciona el esfuerzo ejercido al fluido con la deformación que produce este esfuerzo. También se caracteriza a la viscosidad por la capacidad que posee sobre la cantidad de movimiento en el fluido, ya que si el fluido es muy viscoso será más resistente a este desplazamiento que si no lo es, Esta propiedad puede fluctuar según la temperatura en la que en un fluido líquido si este se calienta disminuye la viscosidad de este, Sin embargo ocurre lo opuesto si se trata de un fluido gaseoso, puesto este sí aumenta la temperatura lleva la consecuencia de aumentar la viscosidad.

En el caso de este trabajo de fin de grado el fluido en cuestión en este apartado es el agua, por lo que la relación que existe entre el aumento de temperatura y el aumento de viscosidad es proporcionalmente inverso.

Dentro de las propiedades que aparecen en los fluidos y en la mecánica de fluidos aparecen cuatro propiedades las cuales son las más importantes: la velocidad V , la presión P , la densidad δ y la temperatura T . En el caso que el fluido sea incompresible, como lo es al tratarse de agua, la densidad del mismo será constante, sin embargo si no fuera así entrarían variables térmicas que variarían la resolución de los cálculos.

No obstante, al tratarse de un circuito impulsado cerrado por una bomba se considera fluidodinámica, ya que este está en constante, si el fluido se encontrará en forma de reposo se hablaría de que estaríamos en un caso de estática de fluidos. Aquí es donde entran leyes físicas como las siguientes:

- Conservación de la Masa.
- Conservación de la cantidad de movimiento (Ley de Newton).
- Conservación de la energía.
- Ecuación de estado.
- Segundo principio de la termodinámica.

Además aparece en la fluidodinámica un concepto llamado caudal volumétrico, el cual hace referencia al volumen de fluido que atraviesa una sección durante una unidad de tiempo. En el caso del caudal transcurrido por una sección se puede calcular mediante la multiplicación de la velocidad media del fluido por la sección donde va a transcurrir.

$$Q = V_{media} \cdot Sección$$

En el caso de que la sección sea circular, como ocurre en las tuberías que se van utilizar, será el área lo que multiplicará a la velocidad media para calcular el caudal, donde la D se refiere al diámetro interior de la tubería.

$$Q = V_{media} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Por otra parte aparece la ecuación de la continuidad que representa que todo caudal que entra debe salir, esto solo siendo aplicable en los fluidos compresibles como el agua.

$$\Sigma Q_{entrada} = \Sigma Q_{salida}$$

Para poder describir y estudiar el comportamiento de un fluido a lo largo de un circuito se utiliza la ecuación de Bernoulli, donde la trayectoria y la vía del fluido pueden que no sea constantes y puedan ocasionar desviaciones en parámetros como la presión y la velocidad del mismo, pero con la única certeza que el caudal que entra es el mismo que el que sale. Estas variaciones son causadas por diversos factores como la diferencia de cota entre puntos o un cambio de sección de la vía, donde todo esto influirá en factores como la presión y la velocidad. Siendo la ecuación la siguiente:

$$z1 + \frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} \pm hb/t = z2 + \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + hT$$

Z = Cota en la que se sitúa el punto[m]

P = Presión [bar]

V = Velocidad lineal [m/s]

γ = densidad del fluido

g = gravedad [m^2/s]

Hb = aporte de la bomba [W]

Ht = cedido a la turbina[W]

HT = Total de pérdidas de cargas [m]

Además aparecen a lo largo de un circuito pérdidas de cargas en forma de pérdidas de presión producidas por dos tipos, tal y como se puede observar en la ecuación de Bernoulli como hT.

Por un lado las pérdidas de cargas continuas o por rozamiento las cuales son causadas por la fricción del fluido por tubo o vía por donde circule, la cual tiene en cuenta la longitud que va a atravesar, el diámetro si es el caso de una sección circular y la velocidad, teniendo también en cuenta la gravedad, tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$h_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

h_r = Pérdidas continuas o por rozamiento [m]

f = coeficiente de fricción

V = Velocidad lineal [m/s]

g = gravedad [m^2/s]

$L = \text{longitud [m]}$

$D = \text{Diámetro de sección [m]}$

Este coeficiente de fricción, el cual aparece en la fórmula de pérdidas, se puede hallar mediante el uso del cálculo del número de Reynolds y el diagrama de Moody, dependiendo del número que nos salga de Reynolds mediante su fórmula se puede representar en la gráfica, por otro lado se requiere de conocer para el uso de este diagrama la rugosidad relativa teniendo en cuenta la rugosidad del material y el diámetro de la tubería.

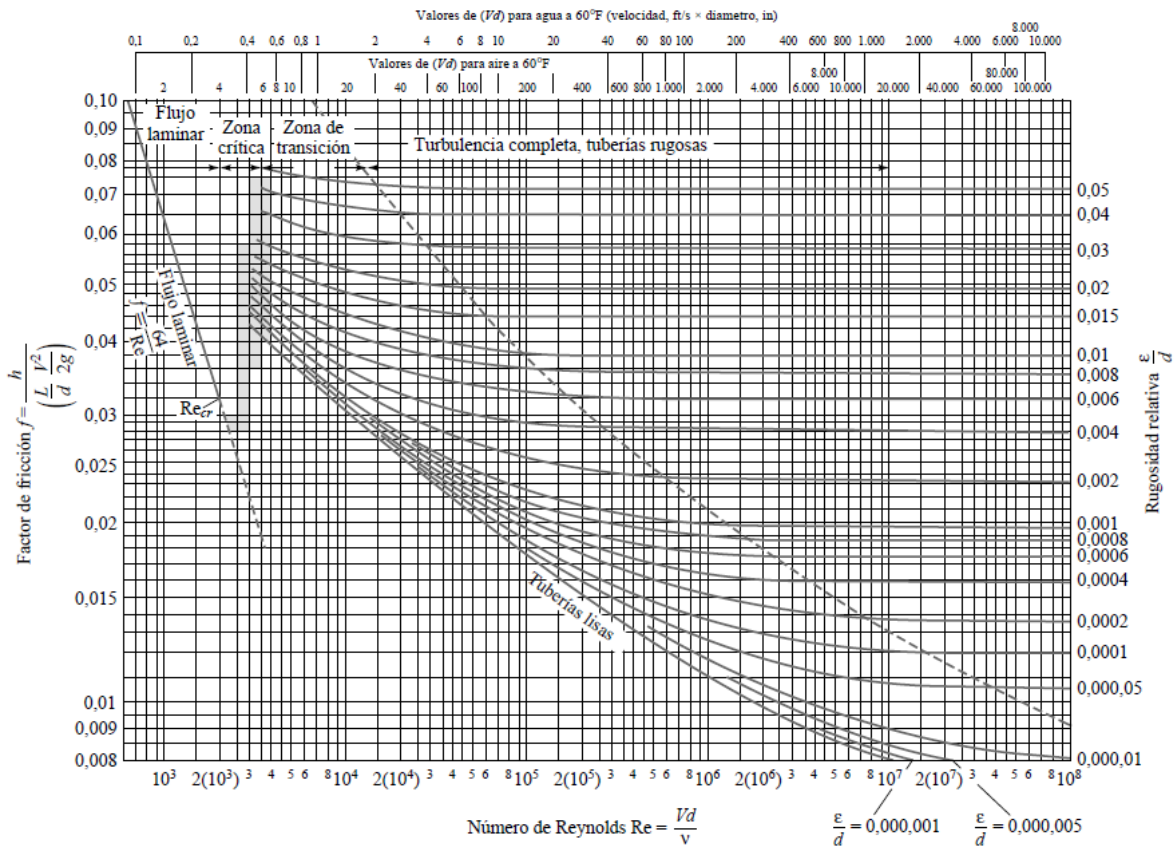


Figura 1. Diagrama de Moody..

$$\text{Número de Reynold } Re = \frac{Vd}{\nu}$$

$Re = \text{Numero de Reynolds}$

$V = \text{Velocidad lineal [m/s]}$

$d = \text{Diámetro de sección [m]}$

$\nu = \text{Viscosidad cinemática [mm}^2/\text{s]}$

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{d}$$

$\varepsilon = \text{Rugosidad del material } [\mu\text{m}]$

$d = \text{Diámetro de sección } [m]$

Sin embargo, esto mismo se puede realizar de una forma menos a ojo, como sucede en el diagrama de Moody que es mediante el uso de fórmulas dependiendo del tipo de caudal que exista.

- flujo laminar $Re \leq 2000$

$$f = \frac{64}{Re}$$

- Régimen turbulento liso $5000 < Re < 10^8$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

- Régimen turbulento de transición $10^4 < Re < 10^8$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} + \frac{k/D}{3.71}\right)$$

- Régimen turbulento rugoso

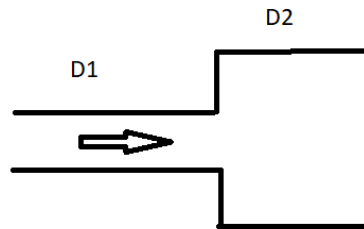
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{k/D}{3.71}\right)$$

Y por otro lado, aparecen otro tipos de cargas conocidas como singulares o localizadas, estas son casadas por puntos en concreto de un circuito y no se prolonga en una longitud como ocurría en la anterior. Son causadas por numerosos potenciadores a estas pérdidas, como por un cambio de sección o por la llegada del fluido a un codo de 90°, dependiendo de cual sea de forma empírica se averigua una constante k con un valor, a continuación se observa una tabla con estos valores.

ELEMENTO	k	ELEMENTO	k
Válvula de Globo	10,3	Válvula de pie	15
Válvula de Guillotina	0,19	Unión roscada	0,07
Válvula de retención de clapeta	2,30	Codo 90°	1
Válvula de retención de impulso	12	Válvula en "Y"	2,90
Válvula de retención esférica	70	Codo 22,5°	0,35
Codo 45°	0,5	Derivaciones en "T"	2
Embocadura depósito viva	0,5	Embocadura abocinada	0,05

Tabla 1. Tabla de valores k.

Pero cuando se trata de un cambio de sección circular la k se calcula de la siguiente manera.



$$K = \left(1 - \frac{D1^2}{D2^2}\right)$$

K = constante adimensional de pérdidas singulares

D = Diámetro de sección [m]

No obstante una vez obtenida la constante adimensional k se puede calcular las pérdidas localizadas, teniendo en cuenta la velocidad del fluido y la gravedad.

$$h_s = k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

K = constante adimensional de pérdidas singulares

h_s = Pérdidas singulares o localizadas [m]

V = Velocidad lineal [m/s]

g = gravedad [m^2/s]

Teniendo en cuenta estos dos tipos de pérdidas se puede realizar el sumatorio de ambas si existieran y se obtendrá las pérdidas de cargas totales del tramo o del circuito.

Antes de centrarse en los cálculos referentes a la transferencia de calor hay que conocer bien cómo se desenvuelve y funciona el fluido dentro de este circuito, el fluido en cuestión es agua la cual posee una densidad de 993 Kg/m³. Este sistema requiere una alimentación a la cáscara de refrigeración de entre 1 y 5 l/min, Sin embargo por cuestiones de se un por si este número pueda fluctuar con el tiempo, por lo que se deseará un caudal de entrada en la carcasa de refrigeración de 2,5 l/min.

Por otra parte, no se conoce la presión de salida del Water chiller, por lo que se desea conocer teniendo en cuenta las pérdidas de carga que van a transcurrir durante el trayecto del fluido, desde que sale del enfriador hasta que llega a la cámara y regresa. Teniendo esas pérdidas en cuenta se podrá calcular la altura de presión del chiller.

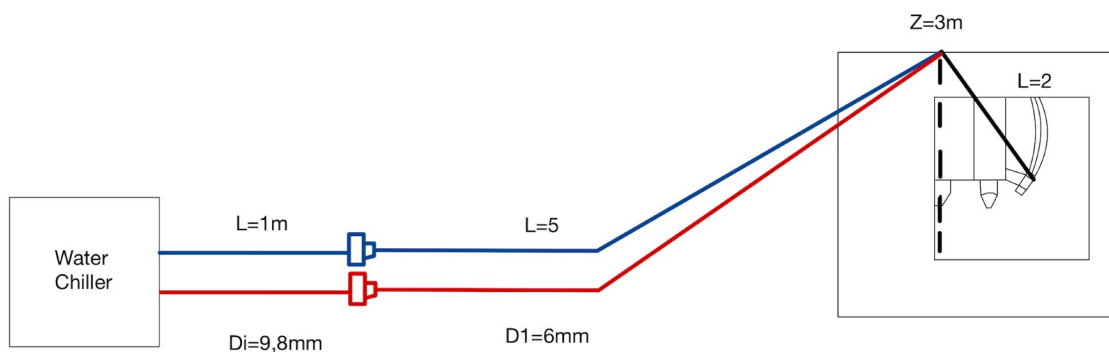


Figura 2. Esquema de circuito refrigerante .

Primero de todo hay que conocer a qué velocidades va cada uno de los dos tomos, ya que poseen diferentes secciones cada uno de los. Además, conociendo la ley de continuidad, se conoce tanto la entrada como la salida del flujo.

$$\Sigma Q_{entrada} = \Sigma Q_{salida}$$

$$Q = V_{media} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$V1 = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot D1} = \frac{Q}{\pi \cdot R1^2} = \frac{4.166 \cdot 10^{-5} m^3/s}{0.000301 m^2} = 0.138 m/s$$

$$V2 = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot D2} = \frac{Q}{\pi \cdot R2^2} = \frac{4.166 \cdot 10^{-5} m^3/s}{0.000028 m^2} = 1.473 m/s$$

$$V_{media} = \frac{\Delta V}{N^{\circ}V} = \frac{V2 - V1}{2} = \frac{1.473 + 0.138}{2} = 0.8055 m/s$$

Se utilizará la velocidad media para simplificar algunos procesos de cálculo de pérdidas.

Para poder calcular la altura de presión del chiller que es necesaria para la llegada del fluido al depósito del mismo se debe conocer las pérdidas totales del circuito. En primer lugar se calcularán las pérdidas localizadas, estas estarán numeradas en la tabla de abajo teniendo en cuenta la tabla de valores K que posteriormente se puede calcular las, además por la geometría interna de la carcass refrigerante se hace una estimación de las posible valor K que van a suponer.

Elementos	Número de elementos	Valor K
Carcasa Refrigerante	1	8
Codo a 90°	2	2
Unión roscada	2	0.14
TOTAL		10.14

Tabla 2. Suma valores k.

Sin embargo, el cambio de sección no está normalizado para cada caso por lo que habrá que calcularlo mediante la siguiente forma, sabiendo que el diámetro interior 1 es de 9.8 mm y el 2 de 6 mm.

$$K = \left(1 - \frac{D1^2}{D2^2}\right) = \left(1 - \frac{9.8^2}{6^2}\right) = 1.667$$

Conociendo que hay dos cambios de sección uno a la ida y otro a la vuelta el K total es de 3.334, y teniendo en cuenta las anteriores K suman 13.474.

Una vez obtenido una K total del circuito es momento de conocer la altura en pérdidas localizadas del circuito, teniendo en cuenta la velocidad media del mismo.

$$h_s = k \cdot \frac{v^2}{2g} = 13.474 \cdot \frac{0.8055^2}{2g} = 0.435 \text{ metros}$$

Una vez conocidas la altura de pérdidas de carga es momento de calcular las pérdidas continuas y del mismo modo determinar el régimen de fluidos que es. Para ello, en primer lugar, habrá que calcular el número de Reynolds. Se tiene en cuenta que la viscosidad del agua es de $1.14 \cdot 10^{-6}$.

TRAMOS DE: L=1 metro D= 9.8 mm

$$\text{Número de Reynold } Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{0.138 \cdot 0.0098}{1.14 \cdot 10^{-6}} = 1186.45$$

Al poseer un número de Reynolds por debajo de 2000 se trata para este tramo de un flujo laminar, por lo que habrá que calcular el coeficiente de fricción de la siguiente manera:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1186.45} = 0.05394$$

Teniendo en cuenta el coeficiente de rozamiento, la longitud del tubo, el diámetro y la velocidad se puede determinar las pérdidas singulares para estas dos secciones de tubos de 1 metro y diámetro 9.8 mm.

$$h_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0.05394 \cdot \frac{1}{0.0098} \cdot \frac{0.138^2}{2 \cdot 9.81} = 0.00534 \text{ metros}$$

$$h_r = 2 \cdot 0.00534 \text{ metros} = 0.01 \text{ metros}$$

TRAMOS DE: L= 7 metro D= 6 mm

$$\text{Número de Reynold } Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{1.473 \cdot 0.006}{1.14 \cdot 10^{-6}} = 7752.63$$

Al poseer un número de Reynolds por encima de 5000 se trata para este tramo de un régimen turbulento liso, por lo que se utilizará el diagrama de Moody para determinarlo.

Teniendo en cuenta que la rugosidad de los tubos de poliamida son de 10µm.

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0.01}{6} = 0.0016$$

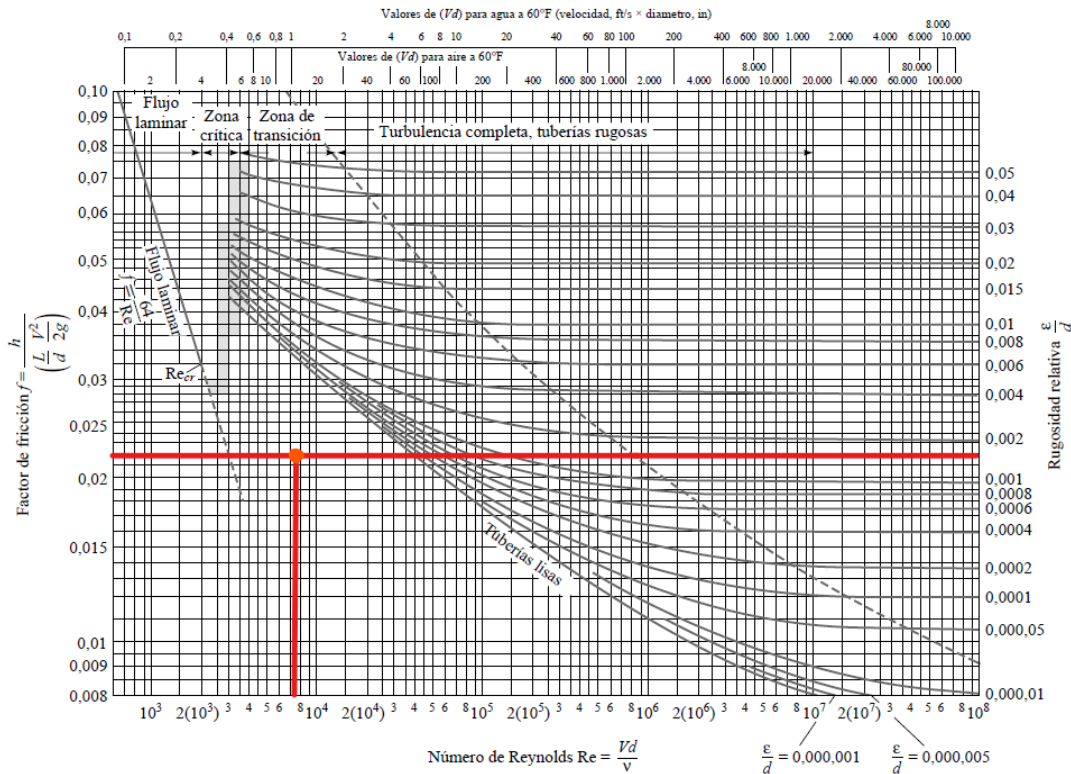


Figura 3. Diagrama de Moody.

Tal y como se observa en el diagrama de Moody el valor del coeficiente de fricción es de 0.022.

Teniendo en cuenta el coeficiente de rozamiento, la longitud del tubo, el diámetro y la velocidad se puede determinar las pérdidas singulares para estas dos secciones de tubos de 7 metros y diámetro 6 mm.

$$h_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0.022 \cdot \frac{7}{0.006} \cdot \frac{1.473^2}{2 \cdot 9.81} = 2.838 \text{ metros}$$

$$h_r = 2 \cdot 2.838 \text{ metros} = 5.676 \text{ metros}$$

En resumen teniendo en cuenta todas las pérdidas de cargas, las continuas o por rozamiento, y las singulares o localizadas, suman 6.121 metros de columna de agua. Por una parte, teniendo en cuenta la densidad del agua como 1000Kg/m³ y la gravedad, se puede calcular la presión necesaria que debe ejercer la bomba del chiller para que el fluido llegue al depósito del mismo. Por otra parte se ha anulado las pérdidas por diferencia de cota ya que el fluido vuelve a su cota 0 al tratarse de un circuito cerrado.

$$P = \gamma \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9.81 \cdot 6.121 = 60047.01 \text{ N/m}^2 \text{ o } 60047.01 \text{ Pa}$$

$$P = 60047.01 \text{ Pa} = 0.6 \text{ bar}$$

No obstante, la presión de salida del chiller debe de ser de 0.6 bar para que el fluido pueda regresar al depósito con un caudal de 2.5 l/m³.

2 Cálculos térmicos para el sistema de refrigeración y selección del chiller .

En este segundo cálculo que aparece en el sistema de refrigeración tendrá lugar el ámbito de la termodinámica. Esta parte de la física proporciona tener una visión de la transferencia de energía que hay en un sistema y en su entorno, dicha energía puede aparecer en forma de trabajo o de calor. Esta transferencia solo aparece cuando hay una diferencia de temperaturas entre los dos puntos, donde en un determinado momento si no hay un aporte energético estas quedan en un equilibrio térmico.

En este estudio aparecen dos principios fundamentales, el primer principio de la termodinámica es que al igual que la energía el calor y el trabajo ni se crea ni se destruye, sino que por medio de intercambio se crea un equilibrio. Y el segundo establece el sentido de la transmisión de calor, ya que el flujo siempre va de un cuerpo caliente a un cuerpo frío.

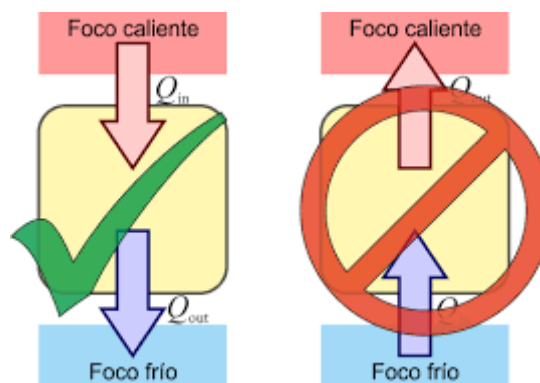


Figura 4. Segundo principio de la termodinámica..

Existen tres formas de transmitir el calor:

- **Conducción:** ocurre en el interior de un material sólido en reposo.
- **Convección:** procede en el seno del fluido debido a la conducción, y a la energía asociada a movimiento y a la densidad del mismo.
- **Radiación:** Mediante ondas electromagnéticas.

En los tres tipos de formas de transmisión aparece siempre un flujo de calor, el cual es la energía que se transmite por el tiempo y por volumen o por superficie o por longitud.

En el caso de este trabajo de fin de grados solo se van a considerar la transmisión por conducción y por convección, donde por un lado el calor transmitido por conducción por unidad de tiempo [W] es mediante la ley de Fourier de la conducción.

$$q_k = - K \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} [W]$$

q_k = calor transmitido por conducción por unidad de tiempo [W]

K = coeficiente de conductividad térmica [W/m · K]

A = área de transferencia de calor [m²]

dT = diferencia de temperatura [K]

dx = dirección de propagación del flujo de calor [m]

Por otro lado, para conocer el calor transmitido por convección por unidad de tiempo [W] va regido por la ley de enfriamiento de Newton.

$$q_c = hc \cdot A \cdot (T_s - T_{f\infty}) [W]$$

q_c = calor transmitido por convección por unidad de tiempo [W]

hc = coeficiente de transmisión de calor por convección entre líquido sólido [W/m · K]

A = área de transferencia de calor [m²]

T_s = temperatura media de superficie [K]

$T_{f\infty}$ = temperatura del flujo no perturbado [K]

Se puede simplificar las transmisiones de calor mediante la analogía eléctrica y según la ley de Ohm, donde el flujo de electricidad depende del medio que atraviesa y la diferencia de potencia.

$$I = \frac{\Delta V}{R} \Rightarrow q = \frac{\Delta T}{Rt}$$

Se puede observar una analogía entre el flujo de calor y el flujo de corriente, entre la diferencia de temperatura y de voltaje, y entre la resistencia térmica y eléctrica. de esta forma y mediante la ley de Fourier y de Newton es posible calcular la resistencia térmica.

Resistencia de conducción:

$$q_k = -K \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \rightarrow q_k = K \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{L} = \frac{\Delta T}{L/k \cdot A} \rightarrow R_{tk} = \frac{L}{K \cdot A}$$

Resistencia de convección:

$$q_c = hc \cdot A \cdot (T_s - T_{f\infty}) \rightarrow q_c = \frac{T_s - T_{f\infty}}{1/hc \cdot A} \rightarrow R_{tc} = \frac{1}{hc \cdot A}$$

Por otro lado, cuando el flujo tiene que atravesar más de un medio de diferente, uno seguido de otro, se unen las resistencias térmicas al igual que una resistencia eléctrica en serie para conocer la resistencia total.

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

En cambio, cuando el flujo de calor es repartido por diferentes medios al mismo tiempo este se toma al igual que la unión de resistencias en paralelo.

$$R_{total} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Al existir la transferencia de calor donde intervienen resistencias o bien en paralelo o en series se debe definir un coeficiente global de transferencia de calor, conocido como U, donde el calor que se atraviesa se determina de la siguiente manera:

$$q = U \cdot A \cdot (T1 - T2) [W]$$

q = calor atravesado por el sistema por unidad de tiempo [W]

U = coeficiente de transferencia de calor del sistema [$W/m^2 \cdot K$]

A = área de transferencia de calor [m^2]

$T1$ $T2$ = temperatura en los extremos [K]

Mediante esta fórmula y la fórmula para poder calcular el flujo de calor es posible averiguar el coeficiente de transferencia del sistema.

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{total} = \frac{\Delta T_{total}}{R_{total}} \rightarrow U = \frac{1}{A \cdot R_{total}}$$

Este coeficiente de transferencia va a variar respecto a la sección de mi tubo, ya que dependiendo del área va a ser uno u otro.

Dentro de la transferencia por conducción aparece una ecuación del calor dirigida para paredes circulares, la cual tienen para la temperatura (T) la siguiente ecuación, donde aplicándola en la ecuación de la Ley de Fourier se puede despejar la resistencia térmica del traspaso por un material. De esta forma se tiene en cuenta tanto el espesor del cilindro como la longitud del mismo.

$$T = C_1 \cdot \ln(r) + C_2$$

$$q_k = -K \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} = \frac{T1-T2}{\frac{\ln(re/ri)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot l}} = \frac{T1-T2}{Rk} \rightarrow Rk = \frac{\ln(re/ri)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot l}$$

$$q = \frac{\Delta T_{total}}{R_{total}} = \frac{T2-T1}{\frac{\ln(re/ri)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot l}}$$

Por otra parte, cuando se desconoce el coeficiente de transmisión por convección se puede hallar mediante el tipo de flujo que aparece en la sección, el número de Prandtl (Pr), y el número de Nusselt.

- **Número de Prandtl (Pr):** es la relación de la cantidad de movimiento por su viscosidad y la transferencia de calor (k).

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$$

- **Número de Nusselt (Nu):** coeficiente de transmisión adimensional.

$$Nu_{Lc} = \frac{h_c \cdot L_c}{k}$$

Flujo laminar

$$Nu_D = 3.66$$

Sieder y tate

$$Nu_D = 1.86 \left(\frac{Re_D Pr}{L/D} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14}$$

Condiciones: $0.48 < Pr > 16700$, $Re_D Pr (L/D) > 10$

Flujo turbulento

Dittus-Boelter

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n$$

Condiciones: $0.6 < Pr > 160$, $L/D > 10$, $n=0.4$ si $T_s > T_m$, $n=0.33$ si $T_s < T_m$

Sieder y tate

$$Nu_D = 0.027 Re_D^{4/5} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{1/4}$$

Condiciones: $0.7 < Pr > 16700$, $L/D > 10$

Una vez estudiado el paso del fluido por el circuito en el anterior punto, da paso a un estudio termográfico de la evolución del fluido por el medio en el que está, dando una supuesta de hipótesis crítica de que la nave pesado, donde está la máquina Meltio-Hass, está a una temperatura ambiente de 35°C , situándose en un caso desfavorable. Se requiere seleccionar un water chiller que soporte en potencia frigorífica las necesidades de pérdidas que van a existir en el circuito.

Además se debe tener en cuenta que por mediciones con termómetros el espacio cerrado de fabricación de la máquina aumenta la temperatura una media en el espacio de 20°C , aunque si te acercas más a la zona de fabricación esto puede aumentar considerablemente, sin embargo se va a utilizar la temperatura media del espacio. No obstante se habla de que la temperatura media es de 55°C .

La temperatura del fluido que va a transcurrir por el sistema es de 20°C , y los cálculos se va a separar en 3 tramos, que van dirigidos a las de ida, pero al realizarse el mismo trayecto a la vuelta las pérdidas se deben multiplicar por dos en cada tramo, puesto que el circuito es cerrado.

TRAMO 1

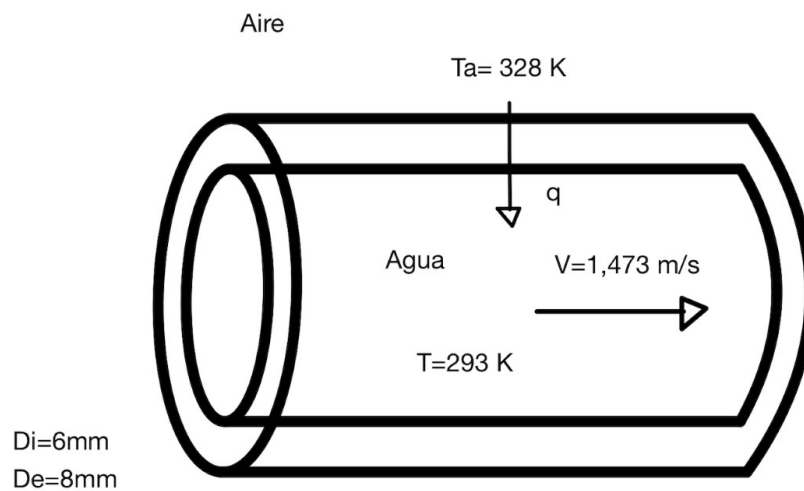


Figura 5. Tramo 1 del circuito de refrigeración.

Este tramo corresponde al que está situado en el interior de la máquina Hass-Meltio, con el caso más desfavorable. Aquí se van a realizar una serie de iteraciones hasta lograr la temperatura de salida óptima para que lleguen 20°C a la cámara termográfica.

La temperatura media del fluido es 293 K , conociendo además por la tabla de propiedades del agua los siguientes datos:

T (°C)	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	$\beta \cdot 10^3$ (1/K)	Pr
0.001	1005	4.213	1766	1.757	567.2	0.1339	-0.08021	13.12
5	1004	4.201	1506	1.500	574.8	0.1363	0.01135	11.00
10	1003	4.191	1300	1.297	583.0	0.1387	0.08744	9.348
15	1001	4.184	1135	1.134	591.4	0.1412	0.1523	8.033
20	999.5	4.180	1001	1.001	599.8	0.1436	0.209	6.975
25	997.9	4.176	890.1	0.8920	608.0	0.1459	0.2594	6.114
30	996.2	4.175	797.6	0.8007	616.0	0.1481	0.3051	5.406
35	994.3	4.174	719.6	0.7238	623.6	0.1503	0.347	4.817
40	992.4	4.174	653.3	0.6583	630.7	0.1523	0.3859	4.323
45	990.3	4.175	596.3	0.6022	637.4	0.1542	0.4225	3.906
50	988.1	4.177	547.1	0.5537	643.6	0.1559	0.4572	3.551
55	985.7	4.179	504.2	0.5115	649.3	0.1576	0.4903	3.245
60	983.2	4.182	466.6	0.4746	654.4	0.1592	0.5221	2.981
65	980.6	4.184	433.5	0.4420	659.1	0.1606	0.5528	2.752
70	977.9	4.188	404.1	0.4132	663.2	0.1620	0.5827	2.551
75	975.0	4.191	378.0	0.3877	666.9	0.1632	0.6118	2.375
80	971.9	4.195	354.6	0.3648	670.2	0.1644	0.6402	2.219
85	968.8	4.199	333.6	0.3443	673.0	0.1654	0.6682	2.081
90	965.5	4.204	314.6	0.3259	675.5	0.1664	0.6958	1.958
95	962.1	4.209	297.5	0.3092	677.5	0.1673	0.723	1.848
100	958.5	4.214	281.9	0.2941	679.3	0.1682	0.7501	1.749

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

Figura 6. Tabla de propiedades del agua. Fuente: S.A Klein y F.L. Alvarado

Por otro lado se conoce el número de Reynolds calculado en el anterior apartado el cual su valor es de 7752.63, por lo que se trata de un régimen turbulento con un Pr por debajo de 160 por lo que se puede utilizar la ecuación de Dittus-Boelter. N valdrá 0.4 porque la temperatura que posee la superficie es superior a la media interna. Además se conoce la conductividad de la poliamida la cual es de 0.3 W/mK.

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n = 0.023 \cdot 7752.63^{4/5} \cdot 6.975^{0.4} = 64.67$$

$$Nu_D = \frac{h_c \cdot L_c}{k} \rightarrow hc = \frac{Nu_D \cdot K}{D} = \frac{64.67 \cdot 0.3}{0.006} = 3233.51 \frac{W}{m^2 K}$$

El coeficiente de película al situarse en la franja de entre 50 y 10000 W/m²K se trata de una convección forzada de agua.

$$A = 2\pi r_e - 2\pi r_i = 2\pi 0.004 - 2\pi 0.003 = 0.006283 \text{ m}^2$$

$$R_{tk} = \frac{L}{K \cdot A} = \frac{2}{0.3 \cdot (0.00628)} = 1061.03 \text{ K/Wm}$$

$$R_{tc} = \frac{1}{hc \cdot A} = \frac{1}{3233.51 \cdot \frac{\pi \cdot 0.006^2}{4}} = 10.937 \text{ K/Wm}$$

$$R_{total} = R_{tk} + R_{tc} = 1061.03 + 10.937 = 1071.96 \text{ K/Wm}$$

$$q = \frac{T_e - T_i}{R_{total}} = \frac{328 - 293}{1071.96} = 0.0326 \text{ W/m}$$

Teniendo en cuenta que son cuatro metros de mismo tipo de tramo, dos metros de ida y dos de vuelta, las pérdidas frigoríficas serían las siguientes:

$$q_1 = 0.0326 \cdot 2 \text{ tramos} \cdot 2 \text{ metros/tramo} = 0.1304 \text{ W}$$

No obstante, una vez se han hallado las resistencias térmicas por convección y conducción se ha observado que debido a la poca conductividad térmica de los tubos de poliamida la resistencia por conducción es altísima y por lo tanto el flujo de calor entre el ambiente que envuelve el tubo y el fluido es muy baja. Dicho esto las pérdidas frigoríficas han sido muy bajas.

TRAMO 2

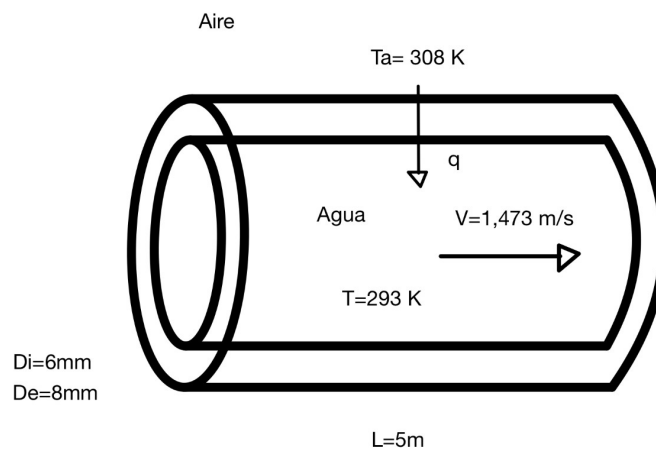


Figura 7. Tramo 2 del circuito de refrigeración.

Este tramo comparte el mismo coeficiente de película, ya que en ambos el fluido va con la misma velocidad y a la temperatura de 20°C, además de poseer la misma sección de tubo. Sin embargo, la temperatura ambiente que envuelve el tubo es de 35°C ya que este tramo del tubo se sitúa entre la salida de cambio de sección y la máquina Hass-Meltio. Habrá que realizar el mismo procedimiento que se ha seguido en el primer tramo pero que diferente temperatura ambiental.

$$A = 2\pi r_e - 2\pi r_i = 2\pi 0.004 - 2\pi 0.003 = 0.006283 \text{ m}^2$$

$$R_{tk} = \frac{L}{K \cdot A} = \frac{5}{0.3 \cdot (0.00628)} = 2653.92 \text{ K/Wm}$$

$$R_{tc} = \frac{1}{hc \cdot A} = \frac{1}{3233.51 \cdot \frac{\pi \cdot 0.006^2}{4}} = 10.937 \text{ K/Wm}$$

$$R_{total} = R_{tk} + R_{tc} = 2653.92 + 10.937 = 2664.86 \text{ K/Wm}$$

$$q = \frac{T_e - T_i}{R_{total}} = \frac{308 - 293}{2664.86} = 0.005628 \text{ W/m}$$

Teniendo en cuenta que son cuatro metros de mismo tipo de tramo, dos metros de ida y dos de vuelta, las pérdidas frigoríficas serían las siguientes:

$$q_2 = 0.005628 \cdot 2 \text{ tramos} \cdot 5 \text{ metros/tramo} = 0.05628 \text{ W}$$

Tal y como se observa en las ecuaciones de arriba ocurre el mismo caso debido al poco coeficiente de conductividad térmica que presenta la poliamida, esto causa una baja pérdida de frío.

TRAMO 3

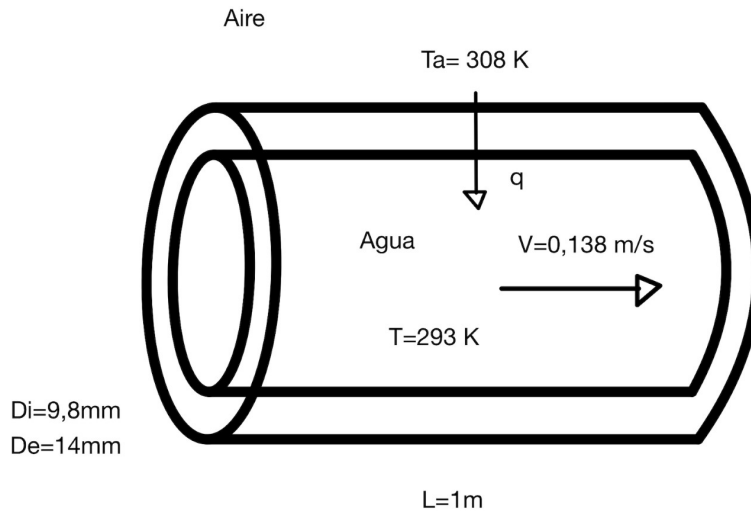


Figura 8. Tramo 3 del circuito de refrigeración.

A diferencia de los anteriores dos tramos este sí que posee una variación en la sección del tubo, ya que este es de mayor diámetro, esto significa que posee una velocidad menor por lo que también el número de Reynold será diferente. Tanto la velocidad del fluido como el número de Reynold en este tramo fueron calculados en el apartado 1 del Anexo de Cálculos. Dado el número que es se destacó en el anterior apartado que era un flujo laminar.

En un primer momento se desea calcular el coeficiente de película (hc) que existe entre el fluido y el sólido, para ello se utilizará el número de Nusselt con la ecuación de Dittus-Boelter. N es 0.4 porque la temperatura que posee la superficie es superior a la media interna.

$$Nu_D = 1.86 \left(\frac{Re_D Pr}{L/D} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14} = 1.86 \left(\frac{1186.45 \cdot 6.975}{1/0.0098} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{1001 \cdot 10^{-6}}{1001 \cdot 10^{-6}} \right)^{0.14}$$

$$Nu_D = 8.051$$

$$Nu_D = \frac{h_c \cdot L_c}{k} \rightarrow hc = \frac{Nu_D \cdot K}{D} = \frac{8.051 \cdot 0.3}{0.0098} = 246.46 \frac{W}{m^2 K}$$

El coeficiente de película al situarse en la franja de entre 50 y 10000 W/m²K se trata de una convección forzada de agua.

$$A = 2\pi r_e - 2\pi r_i = 2\pi 0.007 - 2\pi 0.0049 = 0.0132 \text{ m}^2$$

$$R_{tk} = \frac{L}{K \cdot A} = \frac{1}{0.3 \cdot (0.0132)} = 252.52 \text{ K/Wm}$$

$$R_{tc} = \frac{1}{hc \cdot A} = \frac{1}{246.46 \cdot \frac{\pi \cdot 0.0098^2}{4}} = 53.79 \text{ K/Wm}$$

$$R_{total} = R_{tk} + R_{tc} = 252.52 + 53.79 = 306.311 \text{ K/Wm}$$

$$q = \frac{T_e - T_i}{R_{total}} = \frac{308 - 293}{306.311} = 0.049 \text{ W/m}$$

Teniendo en cuenta que son cuatro metros de mismo tipo de tramo, dos metros de ida y dos de vuelta, las pérdidas frigoríficas serían las siguientes:

$$q_3 = 0.049 \cdot 2 \text{ tramos} \cdot 1 \text{ metros/tramo} = 0.098 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta el sumatorio de pérdidas en cada tramo del circuito las pérdidas totales son las siguientes:

$$q_{total} = q_1 + q_2 + q_3 = 0.1304 + 0.05628 + 0.098 = 0.28468 \text{ W}$$

No obstante, tras la comprobación de las pérdidas caloríficas se ha dado la conclusión que pueden ser despreciables por su bajo nivel, por lo que la selección del chiller irá más dedicada a otros atributos o aspectos a tener en cuenta.

3 Cálculos de fluidos para el sistema de purga.

En este tercer cálculo va en relación con el sistema de purga mediante aire a presión, tendrá lugar en el ámbito de la mecánica de fluidos al igual que el primer apartado de cálculos, pero en este caso en vez de ser un fluido líquido es un fluido gaseoso y comprensible, ya que el fluido en cuestión es aire.

Sin embargo, se cogen todas las referencias alrededor de la mecánica de fluido, coincidiendo en muchas ecuaciones y leyes que los líquidos, además por la pequeña demanda de caudal y de presión en el sistema se hace despreciable la variación de la densidad del aire puesto no va a resultar una resistencia en el circuito y este se expulsa al ambiente en forma de cortina de aire, en otras palabras se considerará como un fluido comprensible ya que los rangos de la necesidad de caudal es amplio y se puede permitir una variación del mismo.

Se desea que salga un flujo de entre 2 l/min y 10 l/min, por motivos de dónde se va a utilizar, ya que se requiere para limpiar todas las virutas y taladrina que pueda depositarse en la lente, se desea un caudal de salida de 8 l/min.

Al tratarse de un fluido comprensible no tiene sentido decir que el caudal es continuo sino que la masa se conserva, por lo que se puede igualar la masa de entrada por la de salida para averiguar la densidad de un tramado del fluido.

$$m_1 = m_2$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta T = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta T$$

v = Velocidad del gas [m/s]

A = Área que ocupa el gas [m²]

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

ΔT = Diferencia de temperatura [K]

Por otro lado, a diferencia del cálculo de pérdidas de cargas de presión que aparecía en el cálculo de refrigeración esta caída de presión se puede hallar mediante el uso de la fórmula de D'Arcy.

$$\Delta p = 3.25 \cdot f \cdot \frac{q^2 \cdot L \cdot \delta}{d^5}$$

$\Delta p =$ Caída de presión [atmósfera]

$D =$ Diámetro interno de la tubería [mm]

$q =$ Caudal [m/s]

$L =$ Longitud de la tubería [m]

$\delta =$ densidad [Kg/m³]

$f =$ coeficiente de fricción

Sin embargo, para las pérdidas localizadas se hallan de la misma manera que ocurre con un fluido incompresible, como el caso del agua.

A continuación se muestra un esquema del circuito de aire comprimido que va a realizar el gas hasta su expulsión en el sistema de purga de la cámara termográfica. Los cálculos se tendrán en cuenta en la sección del circuito después del regulador de presión, el cual se desea conocer la presión de salida. La temperatura a la cual va a ir el aire es de 35°C ambiental en la hipótesis desfavorable del anterior apartado.

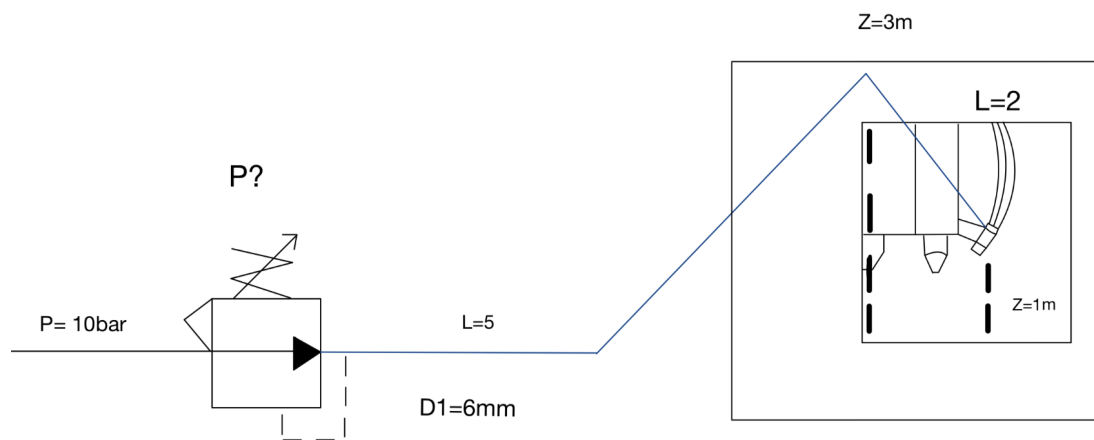


Figura 9. Esquema del sistema de purga de aire.

En un primer lugar se va a calcular la velocidad del aire por la tubería de 6 mm de diámetro interior.

$$Q = V_{media} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$V = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot D^2} = \frac{Q}{\pi \cdot R^2} = \frac{0.0001333 \text{ m}^3/\text{s}}{0.000028 \text{ m}^2} = 4.76 \text{ m/s}$$

Una vez determinado la velocidad la cual va el fluido se puede determinar las pérdidas localizadas que aparecen a lo largo del circuito desde el regulador de presión, por lo que aparecen los siguientes elementos:

Elementos	Número de elementos	Valor K
sistema de purga	1	3
Unión roscada	2	0.14
TOTAL		3.14

Tabla 3. Suma de valores k.

Para el sistema de purga se le ha dado un valor K ya que por la geometría interna del canalización sería imposible determinar un valor preciso.

Teniendo en cuenta la suma de los valores constantes de K de los elementos del circuito se puede determinar la pérdidas localizadas.

$$h_s = k \cdot \frac{V^2}{2g} = 3.14 \cdot \frac{4.76^2}{2g} = 3.626 \text{ metros}$$

Una vez determinada los metros de pérdidas localizadas hay que centrarse en el coeficiente de fricción para posteriormente determinar, para posteriormente conocer la caída de presión que existe a lo largo de la tubería. se da como viscosidad cinemática del aire $1.65 \cdot 10^{-5}$.

$$\text{Número de Reynold } Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{4.76 \cdot 0.006}{1.64 \cdot 10^{-5}} = 1741.46$$

Al poseer un número de Reynolds por debajo de 2000 se trata para este tramo de un flujo laminar, por lo que habrá que calcular el coeficiente de fricción de la siguiente manera:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1741.46} = 0.0367$$

Por otro lado, para conocer la pérdidas de cargas a lo largo del tubo hay que conocer la densidad del aire dentro del circuito para ello se utilizará la conservación de la masa para determinar ese valor, sabiendo que la densidad del aire es de 1.39 Kg/m^3 y la sección cuadrada de salida de purga es de $36\text{mm} \cdot 2\text{mm}$. Además la diferencia de temperatura es la misma en los dos tramos por lo que se elimina.

$$V_{\text{salida}} = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot D1} = \frac{Q}{\pi \cdot R1^2} = \frac{0.0001333 \text{ m}^3/\text{s}}{0.000078 \text{ m}^2} = 1.7 \text{ m/s}$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta T = \rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta T$$

$$\rho_1 \cdot 0.000028 \cdot 4.76 = 1.39 \cdot 0.000078 \cdot 1.7 = 1.3829 \text{ Kg/m}^3$$

Una vez determinado el coeficiente de fricción y la densidad del aire dentro de la tubería se pueden determinar las pérdidas de carga del circuito.

$$\Delta p = 3.25 \cdot f \cdot \frac{q^2 \cdot L \cdot \delta}{d^3} = 3.25 \cdot 0.0367 \cdot \frac{0.000133^2 \cdot 7 \cdot 1.3829}{0.006^3} = 0.094 \text{ m}$$

No obstante, ahora se puede utilizar la ecuación de bernoulli entre el tramo de tubería y el exterior donde se va a expulsar el aire por el sistema de purga.

$$z1 + \frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} \pm hb/t = z2 + \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + hT$$

$$0 + \frac{P1}{1382.9} + \frac{4.76^2}{2 \cdot 9.8} = 1 + \frac{1.7^2}{2 \cdot 9.8} + 0.094 + 3.626$$

$$P = 3.711 \cdot 9.81 \cdot 1382.9 = 50.3444 \text{ Pa} = 0.5 \text{ bar}$$

4 Cálculos de resistencia a cortadura de los tornillos de anclaje

En este apartado los cálculos van destinados a los esfuerzos de cortadura de los tornillos de anclaje de la pieza Anclaje con la máquina Meltio-Hass, de forma de averiguar si los tornillos seleccionados inicialmente resisten al esfuerzo cortante.

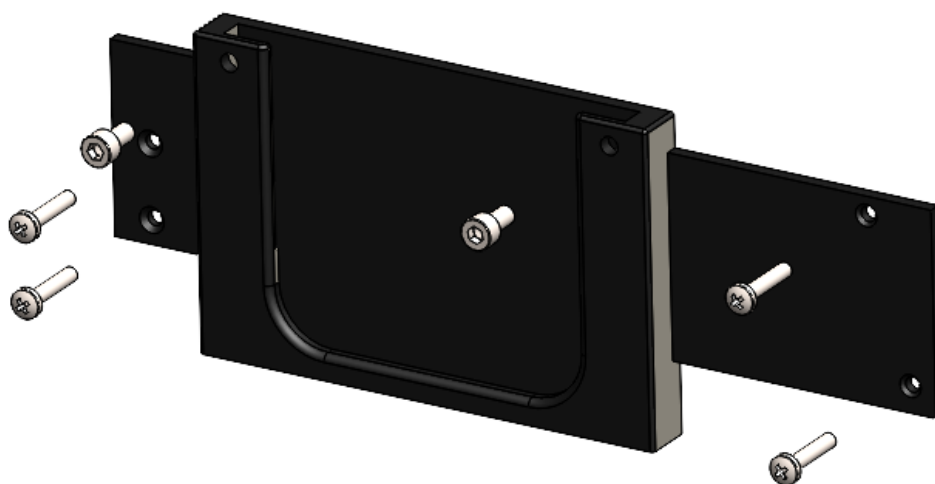


Figura 10. Subconjunto Anclaje optimizada .

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	1-1	Anclaje	1
2	1-2	Tornillo M5 x 10 ranura exagonal	2
3	1-3	Tornillo M4 x 20 ranura en cruz	4

Tabla 4. Elementos del subconjunto Anclaje optimizado.

Los tornillos deben de ser de métrica 4 con una longitud de 20 mm para que asegure la unión de la pieza Anclaje con el cabezal de la máquina. Se desean utilizar tornillos con un acero que soporta un esfuerzo a fluencia de 210 MPa.

Esta cortadura está generada por el peso de la cámara termográfica, donde también influye la distancia hasta los tornillos, ya que esta distancia es de 144 mm. La fuerza vertical que ejerce el sensor es de 60N, realmente sería mucho menor pero por seguridad se desea sobredimensionar el conjunto.

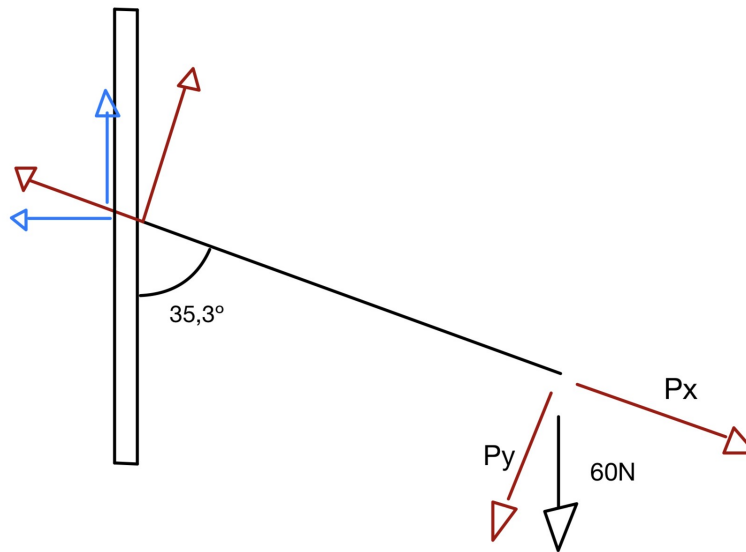


Figura 11. Esfuerzos del soporte.

En primer lugar, tal y como aparece en la imagen de arriba se muestra la distribución de cargas teniendo en cuenta que se ha simplificado el soporte como una barra empotrada inclinado la cual en su extremo posee una carga vertical de 60N, simulando la fuerza ejercida por la cámara.

La longitud de la barra como se comentó anteriormente es de 144 mm, por lo que a partir de estos datos se puede conocer las tensiones de la barra y del anclaje de la barra.

$$\Sigma F_{axiles} = 60 \cdot \cos 35.3^\circ = 47.97N$$

$$\Sigma F_{cortantes} = 60 \cdot \sen 35.3^\circ = 34.67N$$

$$\Sigma Momento = 60 \cdot 0.114 = 8.64N \cdot m$$

Una vez hallados los esfuerzos en la otra parte de la viga como esfuerzos resultantes hay que descomponerlos en fuerzas horizontales y verticales.

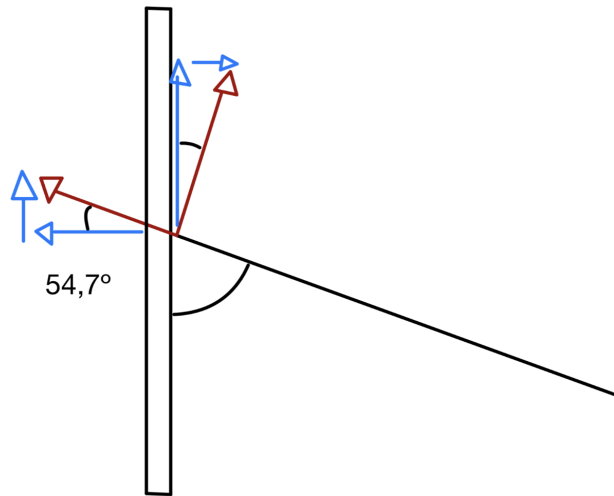


Figura 12. Esfuerzo del soporte.

$$\Sigma F_{axiales} = 60 \cdot \cos 35.3^\circ = 47.97N$$

$$F_x = 47.97 \cdot \cos 54.7^\circ = 28.29N$$

$$F_y = 47.97 \cdot \sen 54.7^\circ = 39.96N$$

$$\Sigma F_{cortantes} = 60 \cdot \sen 35.3^\circ = 34.67N$$

$$F_x = 34.67 \cdot \sen 54.7^\circ = 28.29N$$

$$F_y = 34.67 \cdot \cos 54.7^\circ = 20.03N$$

Siendo el esfuerzo cortante al final de la barra con el valor de 20.03N en valores negativos pues lo calculado es la reacción del soporte y tornillo para que sea posible la anulación de fuerzas, por lo que el cortante es -20.03N.

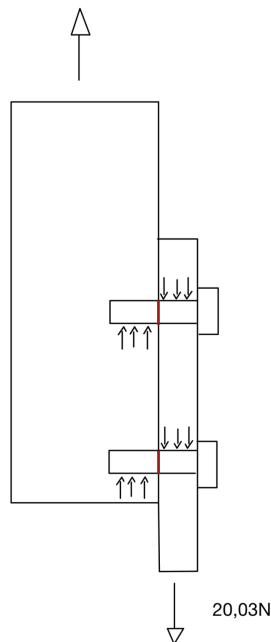


Figura 13. Esfuerzo cortante del tornillo.

Una vez conocido la fuerza cortante se tiene también en cuenta para la comprobación de la resistencia de los tornillos seleccionados, el número de tornillos usado, el cual es 4, la resistencia a fluencia del acero 304 A2 de los tornillos, la cual es 210 Mpa (φ_{ub}) y coeficiente de 1.25 (φ_{m2}) que es el coeficiente de resistencia de los tornillos.

$$\tau = \frac{F_{cortante}}{N^{\circ} \text{ de tornillos} \cdot A} \leq \frac{\varphi_{ub}}{\varphi_{m2}} \rightarrow \frac{20.03}{4 \cdot \left(\frac{\pi 4^2}{4}\right)} \leq \frac{210}{1.25}$$

$$\frac{20.03}{50.265} \leq \frac{210}{1.25} \rightarrow 0.398 \leq 168$$

Viendo que el valor que debe de soportar los tornillos es inferior a lo que es capaz el material de ellos se da por aceptados el uso de el acero 304 A2 para los tornillos de anclaje.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



GRADO	Ingeniería Mecánica
TÍTULO	Diseño de un sistema termográfico en una máquina híbrida (DE-LB/M+CNC)
TUTOR	Modesto Pérez Sánchez
AUTOR	Alberto Monsalvez Fresneda
FECHA	JUNIO 2023
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 → ANEXO
ANEXO 2 → PRESUPUESTO	

Tabla de contenidos

1. COSTES DE DISEÑO.....	3
2. COSTES DE MATERIA PRIMA.....	3
3. COSTES DE FABRICACIÓN.....	4
4. COSTES DE POSTPROCESADO.....	4
5. ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	5
6. COSTE DE MONTAJE Y PRUEBAS.....	6
7. RESUMEN COSTES DEL PROYECTO.....	7
8. RESUMEN COSTES DEL PROYECTO.....	8
9. COMPARATIVA CON LA COMPETENCIA.....	9

En este anexo se han dividido en apartados el desglose del presupuesto que supondría realizar este trabajo, en otras palabras el coste para realizar la incorporación de la termografía en la máquina de Hass-Meltio. Este desglose de apartados incluye los costes por el diseño del soporte, costes de materia prima, costes de fabricación, coste de postprocesado, costes de elementos normalizados, coste de montaje y pruebas.

Al final de este anexo se muestra el coste final para realizar este trabajo.

1. COSTES DE DISEÑO

DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTES [€/h]	PRECIO TOTAL [€]
Búsqueda de información	20	60	1200
Escaneo de la máquina	2	60	120
Reconstrucción de malla	10	60	600
Diseño primitivo	15	60	900
FEM 1	3	60	180
Optimización del diseño	8	60	480
Diseño optimizado	12	60	720
FEM 2	3	60	180
Planos	25	60	1500
Documentación técnica	30	60	1800
Total			7,680.00 €

COSTES TOTALES DE DISEÑO: 7,680.00€

2. COSTES DE MATERIA PRIMA

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PESO [Kg]	PRECIO MATERIAL [Kg/€]	PRECIO [€]
Envoltura	1	0.0474	67	3.1758
Cuerpo	1	0.323	67	21.641
Anclaje	1	0.106	67	7.102
Total				31.92 €

COSTES TOTALES DE MATERIA PRIMA: 31.92€

3. COSTES DE FABRICACIÓN

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VOLUMEN [mm ³]	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
Envoltura	1	44282.94	92.7	30.5	112
Cuerpo	1	324691.22	116	158	165
Anclaje	1	89405.07	13.5	86	237

DESCRIPCIÓN	PRECIO EN FUNCIÓN DEL VOLUMEN	PRECIO EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN EN UN CUADRADO	SUMATORIO DE PRECIOS [€]	PRECIO TOTAL[€]
Envoltura	2.829	4.72	7.549	16.49
Cuerpo	20.74	45.07	65.81	143.8
Anclaje	5.711	4.1	9.811	21.44
Total				181.73 €

COSTES TOTALES DE FABRICACIÓN: 181.73€

4. COSTES DE POSTPROCESADO

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	HORAS	COSTES [€/h]	PRECIO TOTAL [€]
Envoltura	1	0.083	40	3.32
Cuerpo	1	0.15	40	6
Anclaje	1	0.1	40	4
Total				13.32 €

COSTES TOTALES DE POSTPROCESADO: 13.32€

5. ELEMENTOS NORMALIZADOS

5.1. ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL SOPORTE.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO[€]	PRECIO TOTAL [€]
Tornillo de cabeza alomada M4x20, acero inoxidable, DIN 7985	8	0.17	1.36
Tuerca autoblocante M4 RS PRO A4 316, DIN 985	4	0.18	0.72
Tornillo Allen de cabeza cilíndrica RS PRO, M5x10	2	0.42	0.84
		Total	2.92 €

COSTES DE ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL SOPORTE: 13.32€

5.2. ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO[€]	PRECIO TOTAL [€]
Tubos semirigido (PA) Parker 8mm.	1	42.33	42.33
Racar roscado, conexión de tornillo prisionero, A macho G1/8, B encaje a presión 8mm.	2	5.357	10.714
Racor de ancaje a presión, A 14mm, B 8mm.	2	4.6	9.2
Labtech H150/2100NS	1	3880	3880
Cámara Termográfica optris	1	2500	2500
		Total	6,442.24 €

COSTES DE ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL S.R.: 6442.24€

5.3. ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL SISTEMA DE PURGA.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO [€]	PRECIO TOTAL [€]
Tubos semirígido (PA) Parker 8mm.	1	42.33	42.33
Racor roscado, conexión de tornillo prisionero, A macho G1/8, B encaje a presión 8mm.	1	5.357	5.357
Filtro regulador Parker serie P31, G 1/4.	1	117.49	117.49
Racor a presión Macho G 1/4, empujar 10mm.	1	3.927	3.927
Racor neumático, adaptador de rosca acodado, A macho G1/4, B encaje a presión 6mm.	1	3.635	3.635
		Total	172.74 €

COSTES DE ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL S.P.: 172.74€

5.4. COSTES DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.

COSTES DE ELEMENTOS NORMALIZADO = SOPORTE + S.R. + S.P. = 6628.31€

COSTES DE ELEMENTOS NORMALIZADOS: 6628.31€

6. COSTE DE MONTAJE Y PRUEBAS

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	HORAS	COSTES [€/h]	PRECIO TOTAL [€]
Preparación de la bandeja de fabricación	1	1.2	35	42
Montaje soporte	1	0.16	35	5.6
Montaje sistema de purga	1	1	35	35
Montaje sistema de refrigeración	1	1.16	35	40.6
Pruebas	1	4	35	140
			Total	263.20 €

COSTES TOTALES DE POSTPROCESADO: 263.20€

7. RESUMEN COSTES DEL PROYECTO

7.1. Presupuesto de materiales y materia prima.

- ❖ Elementos normalizados - Apartado 5.....6628.31€
- ❖ Materia Prima - Apartado 2..... 31.92€

TOTAL.....6660.23€

7.2. Presupuesto de ejecución.

- ❖ Diseño - Apartado 1.....7680.00€
- ❖ Fabricación - Apartado 3.....181.73€
- ❖ Postprocesado - Apartado 4.....13.32€
- ❖ Montajes y pruebas - Apartado 6.....263.20€

TOTAL.....8096.25€

TOTAL PRESUPUESTO.....14756.48€

**CATORCE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON
CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS**

8. RESUMEN COSTES DEL PROYECTO

COSTES DE DISEÑO

Este primer coste va en relación a las horas que se han invertido en cada parte del diseño hasta obtener las piezas finales, donde se tiene en cuenta que la hora de diseño en AIDIMME se cobra a 60€/h.

COSTES DE MATERIA PRIMA

Aquí se tiene en cuenta el peso final de cada pieza y el coste por kilogramo de la poliamida 12 de HP, la cual cuesta cada 130 Kg 7200€ sin IVA, teniendo en cuenta el IVA el valor asciende a 8712€, lo cual un kilogramo sale a 67€

COSTES DE FABRICACIÓN

Para poder determinar el coste de fabricación hay que conocer el volumen que ocupa la pieza a fabricar mediante el software SolidWork, para conocer los gastos de material y del proceso. El volumen de pieza cuesta 63.87€/l, por lo que se puede conocer el precio en función del volumen.

Una vez determinado lo anterior se determina lo que ocuparía la pieza envuelta en un volumen cúbico rectangular para conocer cuánto ocuparía en la bandeja de fabricación. El precio por volumen ocupado es de 14.90€/l.

Por último se hace un sumatorio de los dos factores y se implementa un factor de corrección por compactación, el cual está determinado por la empresa, una vez implementado este factor se conoce el precio final de fabricación de cada pieza.

Para este coste no se tiene en cuenta el IVA ya que este proyecto es para la misma empresa por lo que el IVA se desgrava, la misma situación ocurre con el coste de postprocesado y el de montaje y pruebas.

COSTES DE POSTPROCESADO

El coste de postprocesado viene determinado por el coste por hora que hay en limpieza, el cual es de 40€/h, y el tiempo transcurrido en la limpieza de cada pieza.

COSTES DE MONTAJE Y PRUEBAS

Este coste viene determinado por el coste por hora que hay en trabajo realizado por los técnicos, el cual es de 35€/h, y el tiempo transcurrido en cada montaje y en la prueba .

9. COMPARATIVA CON LA COMPETENCIA

Tras haber realizado un desarrollo del presupuesto del proyecto ha sido complicado realizar una competencia de mercado de la integración de la tecnología termográfica en la máquina, ya que por la novedad de la maquinaria híbrida no se ha podido crear un mercado de este tipo, por lo que se ha realizado una comparativa en costes de proceso de fabricación con la competencia directa de AIDIMME.

Una vez realizada la propuesta de presupuesto de fabricación de las tres piezas se dio el coste por ellas, el cual era 236.6€ teniendo en cuenta costes de envío.

En conclusión se ha podido de alguna forma abaratar costes no subcontratando una empresa para la fabricación del soporte, ya que el coste de fabricación de AIDIMME es de 181.76€.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



GRADO	Ingeniería Mecánica
TÍTULO	Diseño de un sistema termográfico en una máquina híbrida (DE-LB/M+CNC)
TUTOR	Modesto Pérez Sánchez
AUTOR	Alberto Monsalvez Fresneda
FECHA	JUNIO 2023
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 → ANEXO
ANEXO 3 → PLIEGO DE CONDICIONES	

Tabla de contenidos

1 Objeto del pliego de condiciones.....	3
2 Condiciones generales.....	3
2.1 Normas aplicadas al proyecto.....	3
2.2 Normativa de las piezas normalizadas	3
3 Condiciones técnicas.....	4
3.1 Material.....	4
3.2 Fabricación.....	4

1 Objeto del pliego de condiciones

En este pliego de condiciones se establecen qué condiciones debe de tener el proyecto para que este pueda funcionar y llevarse a cabo, teniendo en cuenta normativa aplicadas, de materiales, de fabricación y de piezas normalizadas.

2 Condiciones generales

2.1 Normas aplicadas al proyecto.

En este apartado se representan las bases legales y normativas que se han empleado para la realización del proyecto.

- **UNE 157001:2014** Criterio generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico .
- **UNE 22768-1** Tolerancias generales.
- **UNE-EN 16714** Ensayos no destructivos. Ensayo por termografía.
- **UNE-EN 17119:2019** Ensayos no destructivos. Ensayo por termografía. Termografía activa.

2.2 Normativa de las piezas normalizadas .

- **DIN 7985.**
 - Tornillo de cabeza alomada M4x20, acero inoxidable.
- **DIN 985.**
 - Tuerca autoblocante M4 RS PRO A4 316.
- **DIN 912.**
 - Tornillo Allen de cabeza cilíndrica RS PRO, M5x10.

➤ **DIN 74324 -1 / DIN 73378 / ISO 7628.**

- Tubos semirrígidos PA parker.

3 Condiciones técnicas

Por otra parte en este apartado se comentarán las condiciones técnicas, las cuales se han adaptado para la realización del proyecto, teniendo en cuenta el material utilizado y la fabricación de piezas.

3.1 Material.

El material que se va a utilizar para la fabricación de piezas para el soporte es la poliamida 12 (PA12), en concreto del fabricante HP. Se escoge esta poliamida ya que donde se va a fabricar posee materiales de uso cerrados, los cuales no te puedes salir de los que te proporciona el fabricante de la máquina. Por una parte tienes la certeza de que la fabricación va a ser exitosa respecto a controles de calidad de fabricación aditiva, sin embargo no puedes experimentar con materiales de otras marcas.

3.2 Fabricación.

Las piezas del soporte se fabrican mediante MJF (Multi Jet Fusion) perteneciente a HP, la cual al tratarse de una fabricación aditiva se debe de preparar una bandeja de fabricación, la cual lo realiza un técnico, una vez distribuido esta bandeja con las pieza es cuando se puede poner en marcha.

Las tolerancias de fabricación requeridas se comentan en el Apartado 5.1 de la Memoria, donde se comentan las preferencias y consideraciones iniciales.

Con este método de fabricación y el material elegido se logran rugosidades superficiales de valores de 10 y 12 μm .



GRADO	Ingeniería Mecánica
TÍTULO	Diseño de un sistema termográfico en una máquina híbrida (DE-LB/M+CNC)
TUTOR	Modesto Pérez Sánchez
AUTOR	Alberto Monsalvez Fresneda
FECHA	JUNIO 2023
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 → ANEXO
ANEXO 4 → COMPONENTES NORMALIZADOS	

Datasheet

RS Pro Plain Stainless Steel Pan Head Machine Screws, M4 x 20mm

RS Stock No: **528-845**



Product Details

RS Pro machine screw measuring M4 x 20 mm, is made of type 304 S15 plain A2 grade 18//8 stainless steel. This pan head screw can be used at up to 800°C. The screw comes with cross recess and metric thread. This slotted drive screw is suitable for use in food, medical, chemical, construction and electronic applications.

Features and Benefits

- Pan head screws with cross recess, metric thread
- A2 grade 18/8 stainless steel (Type 304 S15) construction
- Can be used up to 800°C
- Suitable for use in most food, medical, chemical, construction, electronic and domestic applications

**Specifications:**

Drive Type	Pozidriv
Finish	Plain
Head Shape	Pan
Material	Stainless Steel
Length	20 mm
Stainless Steel Type	304 (A2)
Thread Pitch	0.7
Thread Size (Metric)	M4
Head Diameter	7.64 to 8 mm
Head Height	2.92 to 3.1 mm
Recess Diameter	1.89 to 2.34 mm
Specification	DIN 7985

CARACTERÍSTICAS

- Se pueden utilizar en lugar de perno de cabeza hexagonal cuando hay menos espacio libre
- La altura de la cabeza es igual al diámetro del mango
- Tornillo de cabeza hueca: El más resistente de todos los estilos de cabeza
- Varios tamaños de rosca disponibles

Tornillo de cabeza hueca hexagonal RS Pro M5 x 10mm plano Acero inoxidable

Código RS 281-063



Los productos con aprobación profesional RS le proporcionan piezas de calidad profesional en todas las categorías de productos. Nuestra gama de productos ha sido probada por ingenieros y proporciona una calidad comparable a las marcas líderes sin pagar un precio superior.

Descripción del

Los tornillos de cabeza hueca hexagonal RS Pro tienen un cabezal estrecho y son perfectos para usar en áreas de difícil alcance. Las fijaciones son útiles en reparación y mantenimiento de máquinas y en muchos sectores.

Puesto que estos tornillos de cabeza hueca están fabricados de acero inoxidable A2 (304), son ideales para usar en la industria de alimentos y bebidas. El acero inoxidable A2 proporciona una buena resistencia a la corrosión y es más asequible que el acero inoxidable A4 (316).

Especificaciones

Tamaño de rosca	M5
Forma de la cabeza	Tapa de vaso hexagonal
Material	Acero inoxidable
Acabado	Sencillo
Tipo de rosca	Métrico
Aplicaciones	Carpintería, aplicaciones domésticas, fijaciones y fijaciones, Reparación y mecanizado, Protección de seguridad, Construcción de paneles

Especificaciones mecánicas

Longitud	10mm
Tipo de acero inoxidable	304 A2
Paso de rosca	0.8mm
Rango de diámetro de cabezal	de 8,27 mm a 8,72 mm
Rango de altura de la cabeza	4,82 mm a 5mm
Rango nominal de tamaño de clave	4,20 mm a 4,095mm
Compromiso clave	2.5mm

CARACTERÍSTICAS

- Tuercas de bloqueo para aplicaciones de altas prestaciones
- Encastres de nylon reforzado con fibra de vidrio
- A DIN985
- Acero inoxidable 18/8 grado A4 (tipo 316 S16) – larga duración

RS Pro, M6, tuerca de bloqueo de encastrado de nylon simple

RS Código RS: 767-810



Los productos con aprobación profesional RS le proporcionan piezas de calidad profesional en todas las categorías de productos. Nuestra gama de productos ha sido probada por

Descripción del

De la Marca de confianza RS Pro, estas contratuercas contienen un encastre de nylon para una fijación segura. Están diseñados para permanecer seguros a pesar de las condiciones de vibración severa. La tuerca está fabricada de acero inoxidable A2 con un chapado de zinc brillante, para mayor durabilidad y resistencia ambiental durante un largo período de uso. Al tener un grado de A4, es incluso adecuado para su uso en entornos exigentes.

Especificaciones

Tamaño de rosca	M4
Tipo	Encastre de nylon
Material	Acero inoxidable
Acabado	Sencillo
Grado	A4
Aplicaciones	Electrodomésticos como lavadoras y secadoras, maquinaria industrial, industria de automoción

Especificaciones mecánicas

Tipo de acero inoxidable	A4 316
Especificación	DIN 7985

Aprobaciones

Cumplimiento/Certificaciones	RoHS
-------------------------------------	------



ENGLISH

Datasheet

Stock No: 299-4165

RS Pro Pneumatic Elbow Threaded-to-Tube Adapter, G 1/4 Male, Push In 6 mm



Product Details

Elbow Adaptor - Male Tapered/Parallel

Threaded, Tube-to-Tube & Adaptors

Threaded Tube-to-Tube & Adaptors

The push-on and screw collar design of these fittings makes them secure and suitable for instrumentation, vacuum and general purpose applications, and they can be used with nylon or polyurethane tubing.

Operating Temperature Range -18 to +70°C

Operating Pressure of -1 to 15 bar

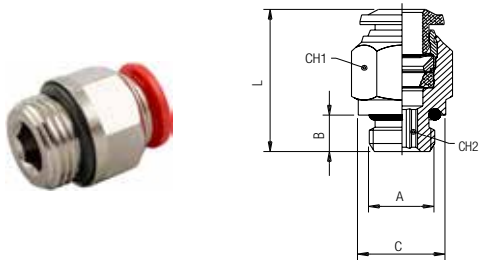
Specifications:

Threaded Connection	G 1/4 Male
Tube Connection	Push In 6 mm
Tube Connection - Tube Size	6mm
Threaded Connection - Thread Size	1/4in
Angle	90°
Threaded Connection - Gender	Male
Manufacturer Series	1115
Tube Connection - Type	Push In
Threaded Connection - Thread Standard	G
Minimum Operating Temperature	-18°C
Maximum Operating Temperature	+70°C
Maximum Operating Pressure	15 bar

STRAIGHT MALE ADAPTOR (PARALLEL)

RACCORDO DIRITTO MASCHIO CILINDRICO

GERADE EINSCHRAUBVERSCHRAUBUNG ZYLINDRISCH
 RACCORD DROIT MÂLE, CYLINDRIQUE
 RACOR RECTO MACHO CILÍNDRICO CON TÓRICA
 CONEXÃO RETA COM ROSCA PARALELA

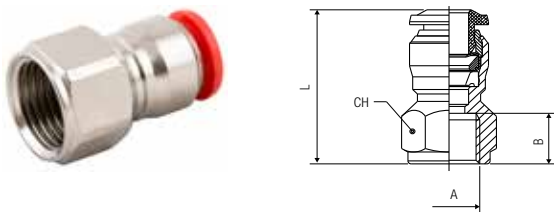


Code	Tube	A	B	C	L	CH1	CH2	Pack.
176-1275	4	M5	4	8	21	10	2	10
176-1276	4	1/8	6	13	20	10	3	10
176-1283	4	1/4	8	16	19.5	16	3	10
176-1282	6	M5	4	10	24.5	13	2	10
176-1277	6	1/8	6	13	23.5	13	4	10
176-1278	6	1/4	8	16	23.5	13	4	10
176-1284	6	3/8	9	20	25	13	4	10
176-1285	6	1/2	10	25	27	13	4	10
176-1279	8	1/8	6	13	25	14	5	10
176-1280	8	1/4	8	16	23	14	6	10
176-1281	8	3/8	9	20	24	14	6	10
176-1286	8	1/2	10	25	26.5	14	6	10

STRAIGHT FEMALE ADAPTOR

RACCORDO DIRITTO FEMMINA

AUFSCHRAUBVERSCHRAUBUNG
 RACCORD DROIT, TARAUDE
 RACOR RECTO HEMBRA
 CONEXÃO RETA COM ROSCA FÊMEA

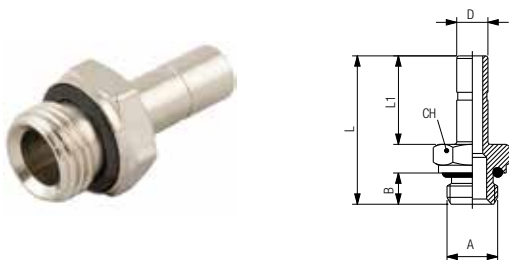


Code	Tube	A	B	L	CH	Pack.
176-1293	4	M5	5.5	21	11	10
176-1287	4	1/8	8.5	24	13	10
176-1294	4	1/4	11	27.5	16	10
176-1288	6	1/8	8.5	26	13	10
176-1290	6	1/4	11	29.5	16	10
176-1291	8	1/8	8.5	27	15	10
176-1292	8	1/4	11	29.5	17	10
176-1295	8	3/8	12	32	19	10

MALE ADAPTOR PARALLEL

ADATTATORE MASCHIO CILINDRICO

EINSCHRAUBSTECKVERSCHRAUBUNG ZYLINDRISCH
 ADAPTATEUR ENCLIQUETABLE MÂLE, CYLINDRIQUE
 ADAPTADOR MACHO CILÍNDRICO CON TÓRICA
 ADAPTADOR MACHO COM ROSCA PARALELA



Code	D	A	B	L	L1	CH	Pack.
176-1299	4	M5	4	24	15	8	10
176-1300	4	1/8	6	26.5	15	13	10
176-1306	5	M5	4	26	17	8	10
176-1307	5	1/8	6	28.5	17	13	10
176-1308	5	1/4	8	31	17	16	10
176-1309	6	M5	4	26	17	8	10
176-1301	6	1/8	6	28.5	17	13	10
176-1303	8	1/8	6	29.5	18	13	10
176-1304	8	1/4	8	32	18	16	10
176-1305	8	3/8	9	33.5	18	20	10
176-1783	10	1/8	6	33.5	22	13	10
176-1779	10	1/4	8	36	22	16	10
176-1780	10	3/8	9	37.5	22	20	10
176-1781	12	1/4	8	38.5	24.5	16	10
176-1782	12	3/8	9	40	24.5	20	10
176-1784	14	1/2	10	44	26.5	24	10

SPECIFICATION

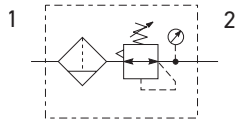
Model	Smart H150-1000N	Smart H150-1000NLT	Smart H150-1500NS	Smart H150-2100NS	Smart H150-2100NSLT	Smart H150-3000NS
Temp. control range	8 ~35 °C	-20~35°C	8 ~35 °C	8 ~35 °C	-20~35°C	8 ~35 °C
Temp. control mode	PID					
Cooling mode	Compressor cooling					
Refrigerant	R134A					
Temp. stability	±0.1 °C					
Cooling capacity	1000W@25°C	1000W@25°C 100W @-15°C	1500W@25°C	2100W@25°C	2100W@25°C 200W @-15°C	3000W@25°C
Pump capacity	5L /min	5L /min	5L /min	13L /min	13L /min	13L /min
Reservoir volume	2.2L	2.2L	3.5L	3.5L	3.5L	3.5L
Recirculating pump	PR4	PR4	PR4	PRG8	PRG8	PRG8
Weight	56Kg	56Kg	72Kg	80Kg	80Kg	85Kg
Dimension(LxWxHmm)	560x360x590		650x385x625	740x460x700		

Model	H150-5000N	H150-7000N	H150-9000N
Temp. control range	8 ~35 °C		
Temp. control mode	PID		
Cooling mode	Compressor cooling		
Refrigerant	R404A		
Temp. stability	±0.2 °C		
Cooling capacity	5000W@25°C	7000W@25°C	9000W@25°C
Pump capacity	13L /min	13L /min	13L /min
Reservoir volume	22L	22L	22L
Recirculating pump	PRG8	PRG8	PRG8
Weight	170Kg	170Kg	170Kg
Dimension(LxWxHmm)	690x640x1100	690x640x1100	690x640x1100

NOTE: the value of temperature stability is tested in standard operating mode.

P31 Filter / Regulators – Mini

- Integral 1/4" ports (NPT, BSPP & BSPT)
- High efficiency 5 micron element as standard
- Excellent water removal efficiency
- Robust but lightweight aluminum construction
- Positive bayonet latch to ensure correct & safe fitting
- Secondary pressure ranges
- Secondary aspiration plus balanced poppet provides quick response and accurate pressure regulation



Port Size	Description (relieving)	Bowl / Drain Type †	Part Number
1/4"	125 psig (8 bar)	Poly / Manual	P31EB12EGMBNTP
1/4"	125 psig (8 bar)	Poly / Pulse	P31EB12EGBBNTP
1/4"	125 psig (8 bar)	Metal / Manual	P31EB12EMMBNTP
1/4"	125 psig (8 bar)	Metal / Pulse	P31EB12EMBBNTP

† For polycarbonate bowl, see caution in Engineering Section A.

Operating Information

Flow capacity*:	1/4	73 scfm (35 dm ³ /s, ANR)
Operating temperature‡:		
Plastic bowl		14°F to 125°F (-10°C to 52°C)
Metal bowl		14°F to 150°F (-10°C to 65.5°C)
Supply pressure (max):		
Plastic bowl		150 psig (10 bar)
Metal bowl		250 psig (17 bar)
Standard filtration		5 micron
Useful retention†:		0.4 US oz. (12 cm ³)
Adjusting range pressure:		0 to 30 psig (0 to 2 bar) 0 to 60 psig (0 to 4 bar) 0 to 125 psig (0 to 8 bar) 0 to 250 psig (0 to 17 bar)
Gauge port (2 each)**:		1/8 NPT, BSPP, BSPT
Weight:		0.42 lb (0.19 kg)

* Inlet pressure 145 psig (10 bar). Secondary pressure 91.3 psig (6.3 bar) and 14.5 psig (1 bar) pressure drop.

**Non-gauge option only.

‡ Units with square gauges: 5°F to 150°F (-15°C to 65.5°C)

† Useful retention refers to volume below the quiet zone baffle.

Air quality: Within ISO 8573-1: 2010 Class 6 (Particulates)

Ordering Information:

P31EB	1	2	E	G	M	B	N	T	P
Basic Series Global Modular Mini Filter / Regulator P31EB	Thread Type BSPP 1 BSPT 2 NPT 9	Port Size 1/4 2	Element 5µ Element E	Bowl Type Poly Bowl with Bowl Guard G Metal Bowl without Sight Gauge M	Drain Type Pulse Drain B Manual Drain M Flex Drain X	Relief B Relieving N Non-Relieving	Adjustment N Non-Rising Knob		Mounting P Plastic Panel Mount Nut
								Adjustment Range	
								With Square Gauge	With Round Gauge
								psig bar	Z 30 psig; 2 bar; 0.2 MPa
								1 = 30* V = 2*	M 60 psig; 4 bar; 0.4 MPa
								3 = 60 S = 4	G 125 psig; 8 bar; 0.8 MPa
								5 = 125 T = 8	J [§] 232 psig; 16 bar; 1.6 MPa
									Without Gauge
									Y 30 psig; 2 bar; 0.2 MPa
									L 60 psig; 4 bar; 0.4 MPa
									N 125 psig; 8 bar; 0.8 MPa
									H [§] 232 psig; 16 bar; 1.6 MPa

* Regulator comes with gauge respective to the adjustment range selected.
 § Not available with poly bowl with bowl guard.

Most Popular



Material Specifications

Body	Aluminum
Adjustment knob	Acetal
Body cap	ABS
Bonnet	PBT
Plastic bowl	Polycarbonate
Metal bowl	Aluminum
Bowl guard	Nylon
Filter element	Polyethylene
Seals	Nitrile
Springs	Steel
Valve assembly	Brass / Nitrile
Diaphragm assembly	Brass / Nitrile
Panel nut	Acetal

WARNING

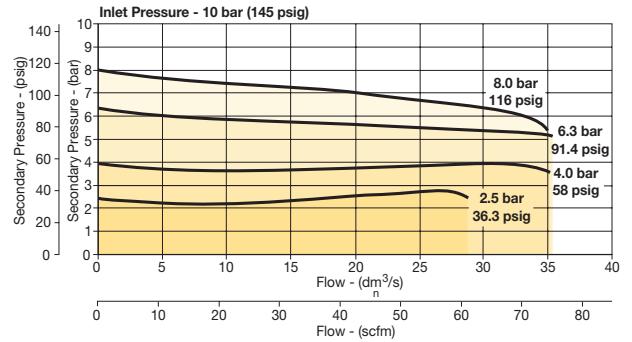
**Product rupture can cause serious injury.
Do not connect regulator to bottled gas.
Do not exceed Maximum primary pressure rating.**

CAUTION:

REGULATOR PRESSURE ADJUSTMENT - The working range of knob adjustment is designed to permit outlet pressures within their full range. Pressure adjustment beyond this range is also possible because the knob is not a limiting device. This is a common characteristic of most industrial regulators, and limiting devices may be obtained only by special design. For best performance, regulated pressure should always be set by increasing the pressure up to the desired setting.

Flow Charts

P31EB 1/4" Filter / Regulator



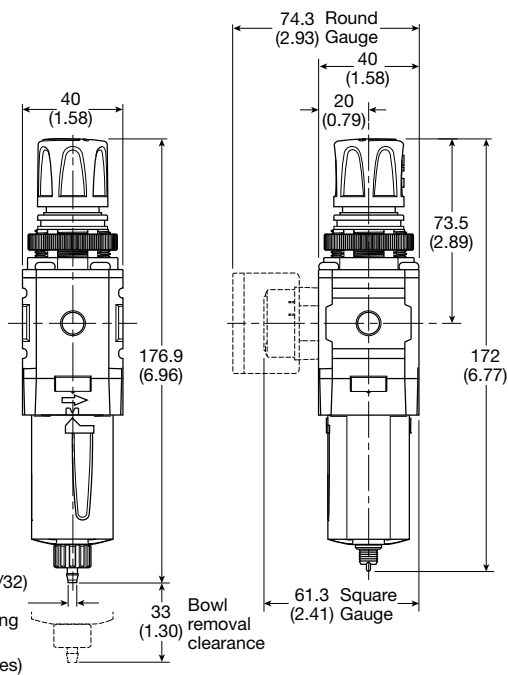
Repair and Service Kits

Plastic bowl / bowl guard manual drain	P31KB00BGM
Plastic bowl / bowl guard pulse drain	P31KB00BGB
Metal bowl / w/o sight gauge pulse drain	P31KB00BMB
5µ particle filter element	P31KA00ESE
Diaphragm repair kit - relieving	P31KB00RB
Diaphragm repair kit - non-relieving	P31KB00RC
Panel mount nut - aluminum	P31KA00MM
Panel mount nut - plastic	P31KA00MP
Angle bracket (attaches via panel nut)	P31KB00MR
C-bracket (fits to body)	P31KA00MW
T-bracket with body connector	P31KA00MT
Body connector	P31KA00CB

Gauges

Square flush mount gauge	0-4 bar	K4511SCR04B
	0-11 bar	K4511SCR11B
	0-60 psig	K4511SCR060
	0-160 psig	K4511SCR160
Square with adapter kit	0-4 bar	P6G-PR11040
	0-11 bar	P6G-PR11110
	0-60 psig	P6G-PR90060
	0-160 psig	P6G-PR90160
40mm Round 1/8" center back mount	0-60 psig / 0-4 bar	P3D-KAB1ALN
	0-140 psig / 0-10 bar	P3D-KAB1ANN
	0-300 psig / 0-20 bar	P3D-KAB1AHN

For best performance, regulated pressure should always be set by increasing the pressure up to the desired setting.



Manual Drain

Pulse Drain

Most Popular



PA Tubing

Tried-and-tested for industrial or vehicle applications, PA tubing guarantees **excellent durability** due to its stable long-term mechanical properties.

Parker Legris' special grade of semi-rigid polyamide is manufactured according to our **Eco-Design** approach for higher performance.

Product Advantages

Tried-&-Tested Material

- Good chemical and humidity resistance
- Excellent material stability (mechanical and chemical)
- Continuous calibration during production for excellent reliability
- Two material grades: rigid and semi-rigid
- Bio-based semi-rigid material

Versatility & Performance

- Wide range of working pressure and temperature
- Good vibration absorption
- Abrasion-resistant
- Remaining length marking
- Large choice of colours to facilitate circuit identification
- Silicone-free



Applications

- Packaging
- Tooling
- Compressed Air
- Motion Technologies
- Robotics
- Industrial Machinery

Technical Characteristics

Tubing	Semi-Rigid PA	Rigid PA
Compatible Fluids	Compressed air, other fluids	Compressed air, lubricants, other fluids
Working Pressure	Vacuum to 50 bar	Vacuum to 58 bar
Working Temperature	-40°C to +100°C	-40°C to +80°C
Component Materials	Bio-based polyamide (68 Shore D)	Polyamide (65 Shore D)

Regulations

Industrial

DI: 2002/95/EC (RoHS), 2011/65/EC
 DI: 97/23/EC (PED)
 RG: 1907/2006 (REACH)

Transportation

Chemical performance and resistance tested according to
 DIN 74324 -1 / DIN 73378 / ISO 7628

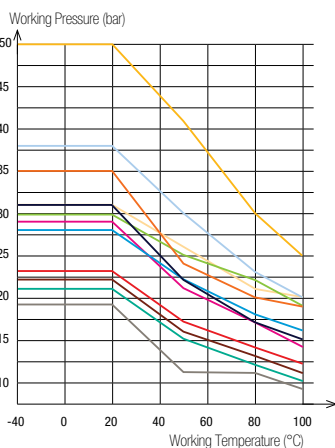
Packaging

Tube^{pack}: 25 m, 100 m
 Drum: 500 m, 1 000 m

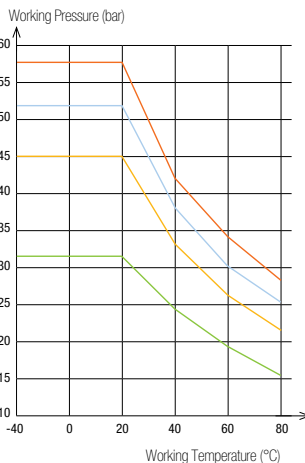
Reliable performance is dependent upon the type of fluid conveyed and fittings being used. Use is guaranteed with a vacuum of 755 mm Hg (99% vacuum).

Performance of PA Tubing

Semi-Rigid



Rigid



Tube O.D.	Tube O.D. Tolerance
3 to 5 mm	+0.05 / -0.08
6 to 16 mm	+0.05 / -0.10

Connected to Parker Legris push-in fittings, the calibration of Parker Legris tubing ensures perfect sealing in accordance with NF E49-100.

HP 3D High Reusability PA 12



Strong, lowest cost,¹ quality parts

Produce strong, functional, detailed complex parts

- Robust thermoplastic produces high-density parts with balanced property profiles and strong structures.
- Provides excellent chemical resistance to oils, greases, aliphatic hydrocarbons, and alkalis.²
- Ideal for complex assemblies, housings, enclosures, and watertight applications.
- Biocompatibility certifications—meets USP Class I-VI and US FDA guidance for Intact Skin Surface Devices.³

Quality at the lowest cost per part¹

- Achieve the lowest cost per part¹ and reduce your total cost of ownership.⁴
- Minimize waste—reuse surplus powder batch after batch and get functional parts, no throwing away anymore.⁵
- Get consistent performance while achieving 80% surplus powder reusability.⁶
- Optimize cost and part quality—cost-efficient material with industry-leading surplus powder reusability.⁵

Engineered for HP Multi Jet Fusion technology

- Designed for production of functional parts across a variety of industries.
- Provides the best balance between performance and reusability.⁷
- Achieves watertight properties without any additional post-processing.
- Engineered to produce final parts and functional prototypes with fine detail and dimensional accuracy.



Picture taken after graphite post-processing

For more information, please visit
hp.com/go/3DMaterials

Technical specifications⁸

Category	Measurement	Value	Method
General properties	Powder melting point (DSC)	187°C/369°F	ASTM D3418
	Particle size	60 µm	ASTM D3451
	Bulk density of powder	0.425 g/cm ³ /0.015 lb/in ³	ASTM D1895
Mechanical properties	Density of parts	1.01 g/cm ³ /0.036 lb/in ³	ASTM D792
	Tensile strength, max load, ⁹ XY, XZ, YX, YZ	48 MPa/6960 psi	ASTM D638
	Tensile strength, max load, ⁹ ZX, ZY	48 MPa/6960 psi	ASTM D638
	Tensile modulus, ⁹ XY, XZ, YX, YZ	1800 MPa/261 ksi	ASTM D638
	Tensile modulus, ⁹ ZX, ZY	1800 MPa/261 ksi	ASTM D638
	Elongation at break, ⁹ XY, XZ, YX, YZ	20%	ASTM D638
	Elongation at break, ⁹ ZX, ZY	15%	ASTM D638
	Flexural strength (@ 5%), ¹⁰ XY, XZ, YX, YZ	70 MPa/10150 psi	ASTM D790
	Flexural strength (@ 5%), ¹⁰ ZX, ZY	70 MPa/10150 psi	ASTM D790
	Flexural modulus, ¹⁰ XY, XZ, YX, YZ	1800 MPa/261 ksi	ASTM D790
	Flexural modulus, ¹⁰ ZX, ZY	1800 MPa/261 ksi	ASTM D790
	Izod impact notched (@ 3.2 mm, 23°C), XY, XZ, YX, YZ	3.6 kJ/m ²	ASTM D256 Test Method A
	Izod impact notched (@ 3.2 mm, 23°C), ZX, ZY	3.5 kJ/m ²	ASTM D256 Test Method A
Thermal properties	Shore Hardness D, XY, XZ, YX, YZ, ZX, ZY	80	ASTM D2240
	Heat deflection temperature (@ 0.45 MPa, 66 psi), XY, XZ, YX, YZ	175°C/347°F	ASTM D648 Test Method A
	Heat deflection temperature (@ 0.45 MPa, 66 psi), ZX, ZY	175°C/347°F	ASTM D648 Test Method A
	Heat deflection temperature (@ 1.82 MPa, 264 psi), XY, XZ, YX, YZ	95°C/203°F	ASTM D648 Test Method A
	Heat deflection temperature (@ 1.82 MPa, 264 psi), ZX, ZY	95°C/203°F	ASTM D648 Test Method A
Reusability	Refresh ratio for stable performance	20%	
Accuracy	Dimensional accuracy	±0.2 mm/0.008 inches to	
		±0.2% ¹¹	
Recommended environmental conditions	Recommended relative humidity	50-70% RH	
Certifications	USP Class I-VI and US FDA guidance for Intact Skin Surface Devices, RoHS, ¹² EU REACH, PAHS, UL 94, UL 746A, Statement of Composition for Toy Applications		

Ordering Information

	HP 3D High Reusability PA 12	HP 3D High Reusability PA 12	HP 3D High Reusability PA12 Production Material	HP 3D High Reusability PA12 ¹³
Product number	V1R10A	V1R16A	V1R34A	V1R20A
Weight	13 kg/28.7 lb	130 kg/286.7 lb	130 kg/286.7 lb	600 kg/1322.8 lb
Capacity	30L ¹⁴	300L ¹⁴	300L ¹⁴	1400L ¹⁴
Dimensions (xyz)	600 x 333 x 302 mm	800 x 600 x 1205 mm	800 x 600 x 1205 mm	1143 x 1143 x 1500 mm
Compatibility	HP Jet Fusion 3D 4210/4200 Printing Solution	HP Jet Fusion 3D 4210/4200 Printing Solution	HP Jet Fusion 3D 4210 Printing Solution	HP Jet Fusion 3D 4210 Printing Solution

Eco Highlights

- Powders and agents are not classified as hazardous¹⁵
 - Cleaner, more comfortable workplace—enclosed printing system, and automatic powder management¹⁶
 - Minimizes waste due to industry-leading reusability of powder¹⁷
- Find out more about HP sustainable solutions at hp.com/ecosolutions

Dynamic security enabled printer. Only intended to be used with cartridges using an HP original chip. Cartridges using a non-HP chip may not work, and those that work today may not work in the future. More at: hp.com/go/learnaboutequipment.

Learn more at hp.com/go/3DMaterials

- Based on internal testing and public data for solutions on market as of April, 2016. Cost analysis based on: standard solution configuration price, supplies price, and maintenance costs recommended by manufacturer. Common cost criteria: using HP 3D High Reusability PA 12 material, and the powder reusability ratio recommended by manufacturer. HP Jet Fusion 3D 4200 Printing Solution average printing cost per part is half the average cost of comparable fused deposition modeling (FDM) and selective laser sintering (SLS) printer solutions from \$100,000 to \$300,000 USD. Cost criteria: printing 1 build chamber per day/5 days per week over 1 year of 30 cm³ parts at 10% packing density. HP Jet Fusion 3D 4210 Printing Solution average printing cost per part is 65% lower versus the average cost of comparable FDM and SLS printer solutions from \$100,000 to \$300,000 USD and is 50% lower versus the average cost of comparable SLS printer solutions from \$300,000 to \$450,000 USD. Cost criteria: printing 1.4 full build chambers of parts per day/5 days per week over 1 year of 30 cm³ parts at 10% packing density on fast print mode.
- Tested with diluted alkalis, concentrated alkalis, chlorine salts, alcohol, ester, ethers, ketones, aliphatic hydrocarbons, unleaded petrol, motor oil, aromatic hydrocarbons, toluene, and DOT 3 brake fluid.
- Based on HP internal testing, June 2017, HP 3D600 Fusing and Detailing Agents and HP 3D High Reusability PA 12 powder meet USP Class I-VI and US FDA's guidance for Intact Skin Surface Devices. Tested according to USP Class I-VI including irritation, acute systemic toxicity, and implantation; cytotoxicity per ISO 10993-5, Biological evaluation of medical devices—part 5: Tests for in vitro cytotoxicity; and sensitization per ISO 10993-10, Biological evaluation of medical devices—Part 10: Tests for irritation and skin sensitization. It is the responsibility of the customer to determine that its use of the fusing and detailing agents and powder is safe and technically suitable to the intended applications and consistent with the relevant regulatory requirements (including FDA requirements) applicable to the customer's final product. For more information, see www.hp.com/go/biocompatibilitycertificate/PA12.
- Compared to selective laser sintering (SLS) and fused deposition modeling (FDM) technologies, HP Multi Jet Fusion technology can reduce the overall energy requirements needed to attain full fusing and reduce the system requirements for large, vacuum-sealed ovens. In addition, HP Multi Jet Fusion technology uses less heating power than SLS systems for better material properties and material reuse rates, minimizing waste.
- Based on using recommended packing densities and compared to selective laser sintering (SLS) technology, offers excellent reusability without sacrificing mechanical performance. Tested according to ASTM D638, ASTM D256, ASTM D790, and ASTM D648 and using a 3D scanner for dimensional accuracy. Testing monitored using statistical process controls.
- HP Jet Fusion 3D printing solutions using HP 3D High Reusability PA 12 provide 80% post-production surplus

- powder reusability, producing functional parts batch after batch. For testing, material is aged in real printing conditions and powder is tracked by generations (worst case for recyclability). Parts are then made from each generation and tested for mechanical properties and accuracy.
- Compared to selective laser sintering (SLS) technology. Tested according to ASTM D638, ASTM D256, ASTM D790, and ASTM D648.
- The following technical information should be considered representative of averages or typical values and should not be used for specification purposes. These values are with FW TATDAG_15_18_11.38 and have been obtained from a sample of specimens printed in plots with 6% packing density. Separation between specimens in the plot was 10 mm. Modulus has been calculated using the slope of the regression line between 0.05% and 0.25% strain measured with an automatic extensometer during the entire test. Cross-section dimension measures using a micrometer with round ends. Conditioning according to ASTM D618 Procedure A. Testing conducted 48 hours after printing and unpacking of the parts at 23°C/73°F and 50% RH.
- Test results realized under the ASTM D638 with a test rate of 10 mm/min, specimens type V.
- Test results realized under ASTM D790 Procedure B at a test rate of 13.55 mm/min.
- Dimensional accuracy of ±0.2 mm/0.008 inches on XY for hollow parts below 100 mm/3.94 inches and ±0.2% for hollow parts over 100 mm/3.94 inches, using HP 3D High Reusability PA 12 material, measured after sandblasting.
- RoHS certification for EU, Bosnia-Herzegovina, China, India, Japan, Jordan, Korea, Serbia, Singapore, Turkey, Ukraine, Vietnam.
- Additional material management equipment is required.
- Liters refers to the materials container size and not the actual materials volume. Materials are measured in kilograms.
- The HP powder and agents do not meet the criteria for classification as hazardous according to Regulation (EC) 1272/2008 as amended.
- Compared to manual print retrieval process used by other powder-based technologies. The term "cleaner" does not refer to any indoor air quality requirements and/or consider related air quality regulations or testing that may be applicable.
- Compared to PA 12 materials available as of June, 2017. HP Jet Fusion 3D printing solutions using HP 3D High Reusability PA 12 provide 80% post-production surplus powder reusability, producing functional parts batch after batch.

© Copyright 2017, 2018 HP Development Company, L.P.

The only warranties for HP products and services are set forth in the express warranty statements accompanying such products and services. Nothing herein should be construed as constituting an additional warranty. HP shall not be liable for technical or editorial errors or omissions contained herein.

4AA6-4895ENA, July 2018

This is an HP Indigo digital print.



Technical Data Sheet

Ultrasint® PP 1400

Technical Data Sheet for Ultrasint® PP 1400

Version No.: 2, revised 10/2022

General information

Components

Polypropylene-based powder for Laser Sintering

Product Description

Ultrasint® PP 1400 is especially developed for the SLS process as an alternative to polyamide.

In contrast to commonly used polyamides, It offers an excellent plasticity, high elongation, low moisture absorption and high durability. The fields of application vary widely from automotive, electrical and sports goods to health care and orthopedic products. It works perfectly for hinges and clips. It allows post processing like thermoforming or sealing. Ultrasint® PP 1400 is resistant to most acids and bases and has a slightly translucent appearance. Due to its attractive commercial value, it is an interesting material to expand 3D printing applications and volumes. It has been successfully tested on most common SLS printers. Parameters for printing will be provided.

Delivery Form & Warehousing

Ultrasint® PP 1400 powder should be stored at 15 – 25°C in its originally sealed package in a clean and dry environment.

Product Safety

Mandatory and recommended industrial hygiene procedures and the relevant industrial safety precautions must be followed whenever this product is being handled and processed. Product is sensitive to humid environment conditions. For additional information please consult the corresponding material safety data sheets.

For your Information

Ultrasint® PP 1400 comes in a white translucent color. Chemical properties (e.g. resistance against particular substances) and tolerance for solvents are available upon request. Generally, these properties correspond to publicly available data on polypropylen.

Notice

The data contained in this publication are based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application of our product, these data do not relieve processors from carrying out their own investigations and tests; neither do these data imply any guarantee of certain properties, nor the suitability of the product for a specific purpose. Any descriptions, drawings, photographs, data, proportions, weights etc. given herein may change without prior information and do not constitute the agreed contractual quality of the product. It is the responsibility of the recipient of our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed.

The safety data given in this publication is for information purposes only and does not constitute a legally binding Material Safety Data Sheet (MSDS). The relevant MSDS can be obtained upon request from your supplier or you may contact Forward AM directly at sales@basf-3dps.com.

Technical Data Sheet for Ultrasint® PP 1400

Version No.: 2, revised 10/2022

General Properties	Test Method	Typical Values
Bulk Density / kg/m ³	DIN EN ISO 60	330
Printed Part Density / kg/m ³	ISO 61	890
Mean Particle Size d50 / μm	Laser Diffraction	60-70
Melting Temperature / °C	ISO 11357 (10 K/min)	140
Crystallization Temperature / °C	ISO 11357 (10 K/min)	100
Melt Volume Flow Rate / cm ³ /10min	ISO 1133 (230 °C, 2.16 kg)	14

Thermal Properties	Test Method	Typical Values
HDT/A (1.8 MPa) / °C	ISO 75-2	62
HDT/B (0.45 MPa) / °C	ISO 75-2	102
Vicat/A (10 N) / °C	ISO 306	131
Vicat/B (50 N) / °C	ISO 306	90
UL Flammability	UL 94	HB (0.9-3.3mm)

Electrical Properties	Test Method	Typical Values (X-direction)	Typical Values (Z-direction)
Specific Volume Resistivity / Ωcm	IEC 62631-3-1	>1•10 ⁶	>1•10 ⁶
Specific Surface Resistivity / Ω	IEC 62631-3-2	>1•10 ⁶	>1•10 ⁶
Dielectric Strength (1mm) / kV/mm	IEC 60243-1	40	40

Skin Contact	Test Method	Typical Value
Cytotoxicity	ISO 10993-5	Pass
In vitro Skin Irritation Testing	ISO 10993-10, OECD Guideline No. 439	Pass
In vivo Sensitization Testing	ISO 10993-10, OECD Guideline No. 429	Pass

Mechanical Properties	Test Method	Typical Values X-direction	Typical Values Z-direction
Tensile Strength / MPa	ISO 527-2	28	28
Tensile Modulus / MPa	ISO 527-2	1400	1400
Tensile Elongation at Break / %	ISO 527-2	30	10
Flexural Modulus / MPa	DIN EN ISO 178	1250	1500
Charpy Impact Strength (notched) / kJ/m ²	ISO 179-1	3.3	3.2

Technical Data Sheet for Ultrasint® PP 1400

Version No.: 2, revised 10/2022

Mechanical Properties	Test Method	Typical Values X-direction	Typical Values Z-direction
Charpy Impact Strength (unnotched) / kJ/m ²	ISO 179-1	29	20
Izod Impact Strength (notched) / kJ/m ²	ISO 180	3.5	3.0
Izod Impact Strength (unnotched) / kJ/m ²	ISO 180	24	16

 Detailed material data and support for FEA simulations available on request (sales@basf-3dps.com).

Technical Data Sheet

Ultrasint® TPU01 for HP Jet Fusion Printers

Technical Data Sheet for Ultrasint® TPU01

Version No.: 3.0, revised 11/2020

General information

Components

Thermoplastic polyurethane powder for HP Jet Fusion Printers

Product Description

Ultrasint® TPU01 is a multi-purpose material for application in Multi Jet Fusion. Parts produced with this material offer a balanced property profile with good flexibility, shock absorption and the possibility to print very fine structures with a high level of detail. In addition, the material is easy to print, and has good UV and hydrolysis resistance. Ultrasint® TPU01 passed skin sensitisation and cytotoxicity tests in accordance with ISO 10993-10 and ISO 10993-5. Ultrasint® TPU01 is only processable in HP Multi Jet Fusion printers.

Typical applications are:

- Sports & Leisure
- Footwear
- Transportation Industry
- Jigs & Fixtures

Delivery form & warehousing

Ultrasint® TPU01 should be stored at 15 – 35°C in its originally sealed package in a clean and dry environment.

Product safety

Mandatory and recommended industrial hygiene procedures and the relevant industrial safety precautions must be followed whenever this product is being handled and processed. Product is sensitive to humid environment conditions. For additional information please consult the corresponding material safety data sheets.

For your information

Ultrasint® TPU01 comes in white color. Chemical properties (e.g. resistance against particular substances) and tolerance for solvents are available upon request. Generally, these properties correspond to publicly available data on polyurethanes.

Notice

The data contained in this publication are based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application of our product, these data do not relieve processors from carrying out their own investigations and tests; neither do these data imply any guarantee of certain properties, nor the suitability of the product for a specific purpose. Any descriptions, drawings, photographs, data, proportions, weights etc. given herein may change without prior information and do not constitute the agreed contractual quality of the product. It is the responsibility of the recipient of our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed.

The safety data given in this publication is for information purposes only and does not constitute a legally binding Material Safety Data Sheet (MSDS). The relevant MSDS can be obtained upon request from your supplier or you may contact Forward AM directly at sales@basf-3dps.com.

Technical Data Sheet for Ultrasint® TPU01

Version No.: 3.0, revised 11/2020

General Properties	Test Method	Typical Values
Bulk Density / g/cm ³	DIN EN ISO 60	0.5
Printed Part Density / g/cm ³	DIN EN ISO 1183-1	1.1
Mean particle size d50 / μm	ISO 13320	70-90
Glass transition Temperature / °C	ISO 11357 (20 K/min)	- 48
Melting Temperature / °C	ISO 11357 (20 K/min)	120-150

Thermal Properties	Test Method	Typical Values ¹ X-Direction	Typical Values ¹ Z-Direction
UL Flammability	UL 94	HB (1.6-4.2 mm)	HB (1.6-4.2 mm)
Vicat/A (10 N) / °C	DIN EN ISO 306	97	98

Mechanical Properties	Test Method	Typical Values ¹ X-Direction	Typical Values ¹ Z-Direction
Hardness Shore A	DIN ISO 7619-1	88-90	88-90
Tensile Strength / MPa	DIN 53504, S2	9	7
Tensile Elongation at break / %	DIN 53504, S2	280	150
Tensile Modulus / MPa	ISO 527-2, 1A	85	85
Flexural Modulus / MPa	DIN EN ISO 178	75	75
Tear resistance (propagation, Trouser) / kN/m	DIN ISO 34-1, A	21	18
Tear resistance (initiation, Graves) / kN/m	DIN ISO 34-1, B	38	32
Compression Set B (23°C, 72h) / %	DIN ISO 815-1	23	24
Rebound resilience / %	DIN 53512	63	63
Abrasion resistance / mm ³ (method A)	DIN ISO 4649	96	100
Charpy Impact Strength (notched, 23°C) / kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1	No break	No break
Charpy Impact Strength (notched, -10°C) / kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1	46	44
Fatigue behavior (Rossflex, 100k cycles, 23°C)	ASTM D1052 (methode A)	No cut growth	
Fatigue behavior (Rossflex, 100k cycles, -10°C)	ASTM D1052 (method A)	No cut growth	

Technical Data Sheet for Ultrasint® TPU01

Version No.: 3.0, revised 11/2020

1) Measured after conditioning 3 days at 23°C and 50% r.h.

All values represent the stable part performance obtained when using the recommended refresh rate of 20% fresh + 80% recycled powder.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



GRADO	Ingeniería Mecánica
TÍTULO	Diseño de un sistema termográfico en una máquina híbrida (DE-LB/M+CNC)
TUTOR	Modesto Pérez Sánchez
AUTOR	Alberto Monsalvez Fresneda
FECHA	JUNIO 2023
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 → ANEXO
ANEXO 5 → PLANOS	

Tabla de contenidos

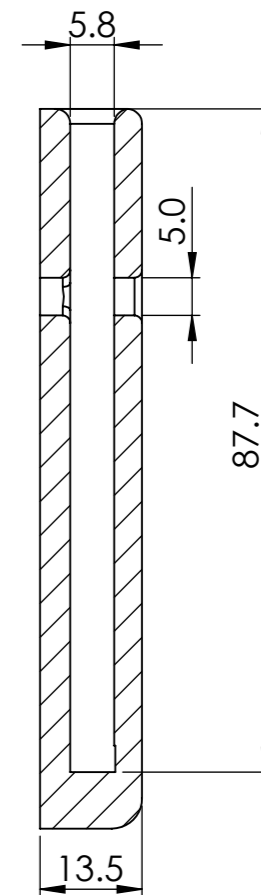
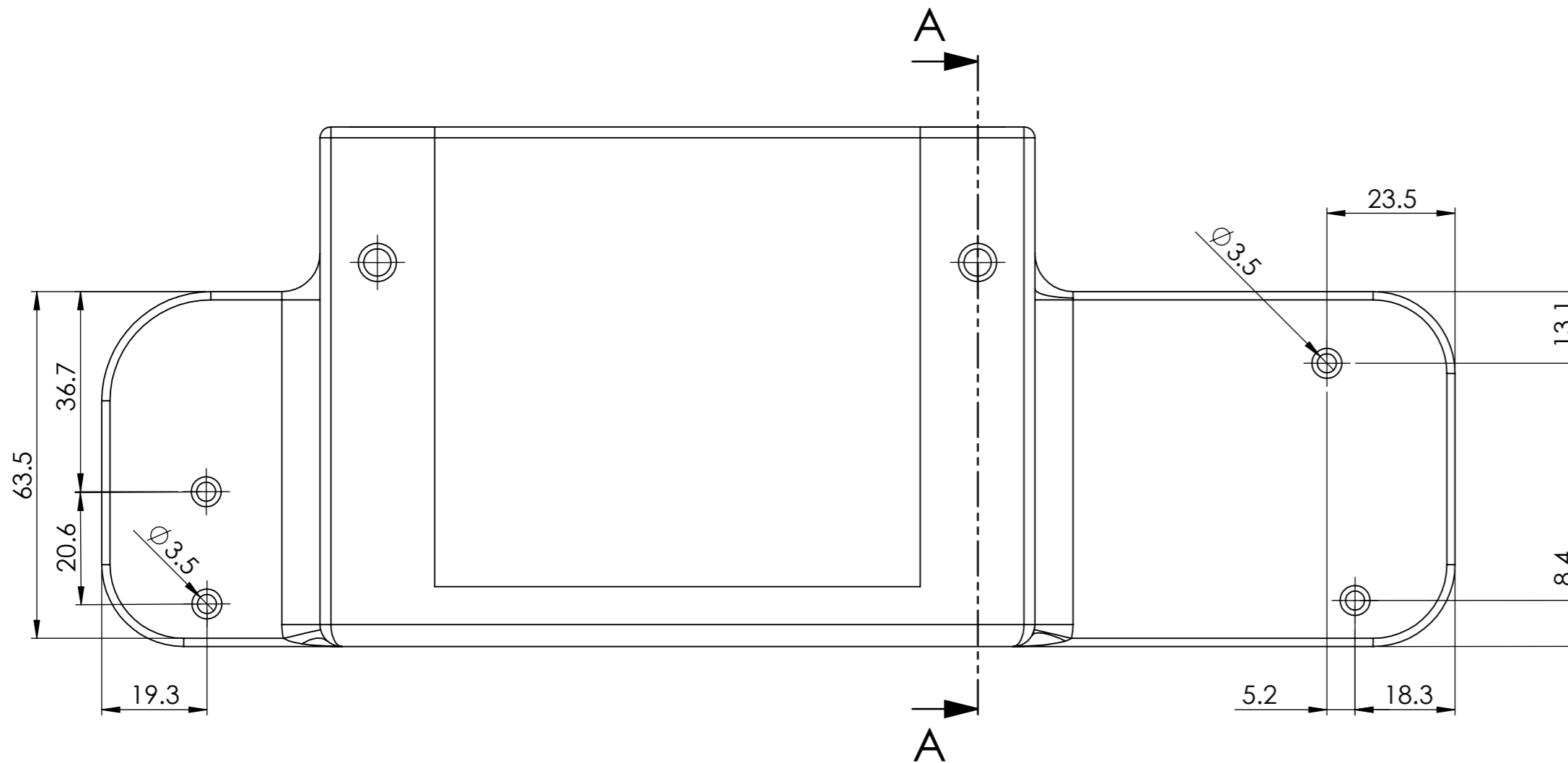
➤ Plano 1: Anclaje.....	2
➤ Plano 1: Vista Explosionada 1 Anclaje.....	3
➤ Plano 2: Cuerpo.....	4
➤ Plano 2: Vista Explosionada 2 Cuerpo.....	5
➤ Plano 3: Envoltura.....	6
➤ Plano 3: Vista Explosionada 3 Envoltura.....	7
➤ Plano 4: Anclaje optimizado.....	8
➤ Plano 4: Vista Explosionada 4 Anclaje optimizada.....	9
➤ Plano 5: Cuerpo optimizado.....	10
➤ Plano 5: Vista Explosionada 5 Cuerpo optimizado.....	11
➤ Plano 6: Conjunto soporte.....	12
➤ Plano 6: Vista Explosionada 6 Conjunto soporte.....	13

En este anexo muestra los planos de cada uno de los elementos del soporte que se han diseñado y desarrollado para este proyecto, donde en los planos de vistas explosionadas se puede observar el conjunto de componentes diseñado con componentes normalizados como bien pueden ser tornillos o tuercas.

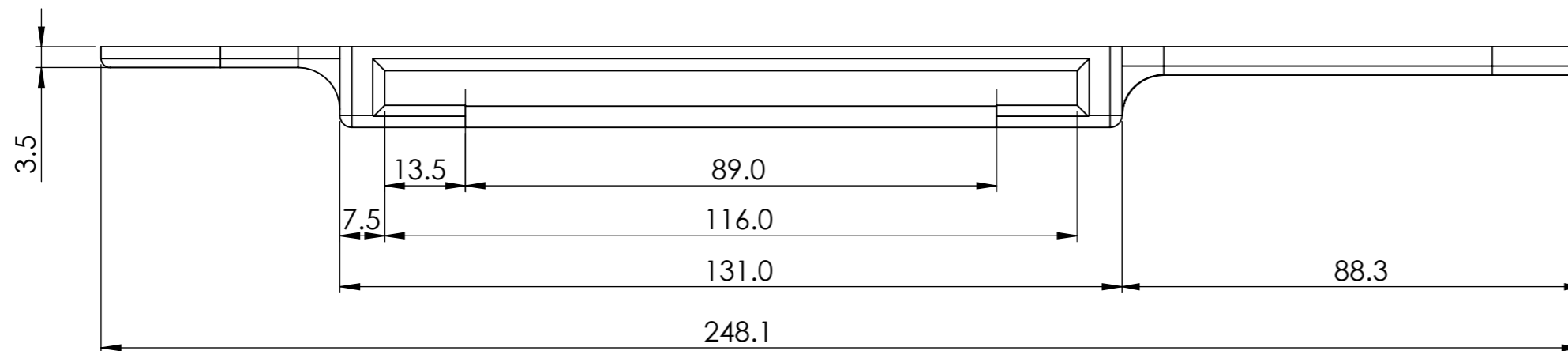
Hay que tener en cuenta que por el proceso de fabricación al que se van a someter los elementos diseñados no es necesario el uso planos de fabricación, sino que son fabricados mediante el uso de archivos STL (estereolitografía) o G-Codes sin la necesidad de realizar de tener en cuenta apartados como el acabado superficial o tolerancias ya que se generan las mismas en la fabricación.

Por otro lado al hacer uso de Softwares como Altair Inspire con su módulo en optimización topológica se crean piezas con formas muy orgánicas imposibles de plasmar las cotas en un plano, por lo que todos los diseños realizados se han tenido en cuenta esta libertad geométrica muy complicada de plasmar. Por dicha razón en los siguientes planos aparecen cotas de referencias de tamaños con mayor relevancia, para posteriormente comprobar las tolerancias de fabricación mediante la pieza fabricada y el plano, y comprobar si existe una gran aproximación al valor.

Esta comprobación de control de calidad también se puede lograr mediante el uso de la tecnología de escaneo 3D donde una vez escaneada la pieza fabricada se realizar una comprobación de similitudes entre el CAD previamente realizado.



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

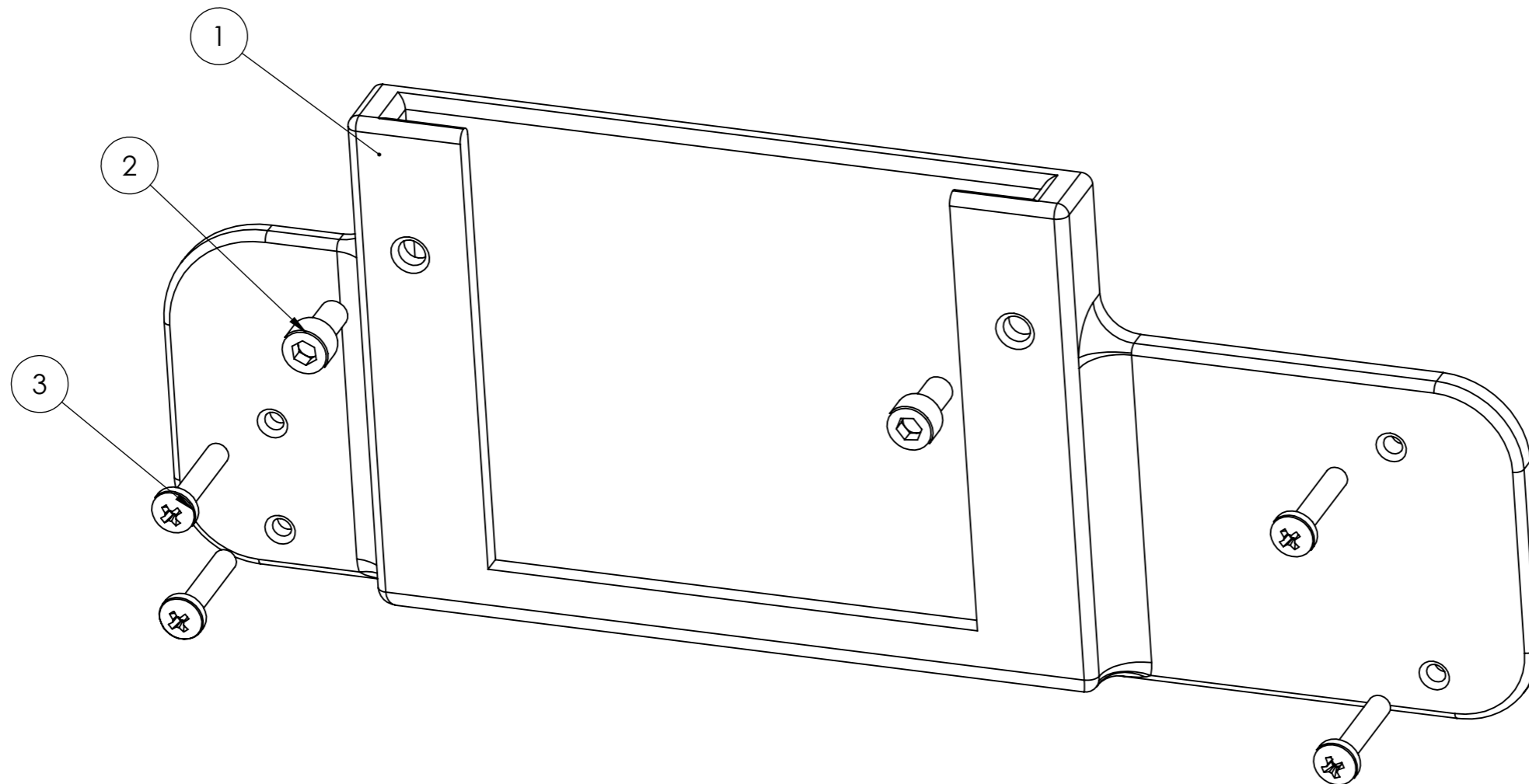


ESCALA 1:3

Grado de precisión	Medidas normales (mm) (longitud del lado mas corto)			
	>0...10	>10...50	>50...120	>120
fino o medio	±1 ^º	±30'	±20'	±10'

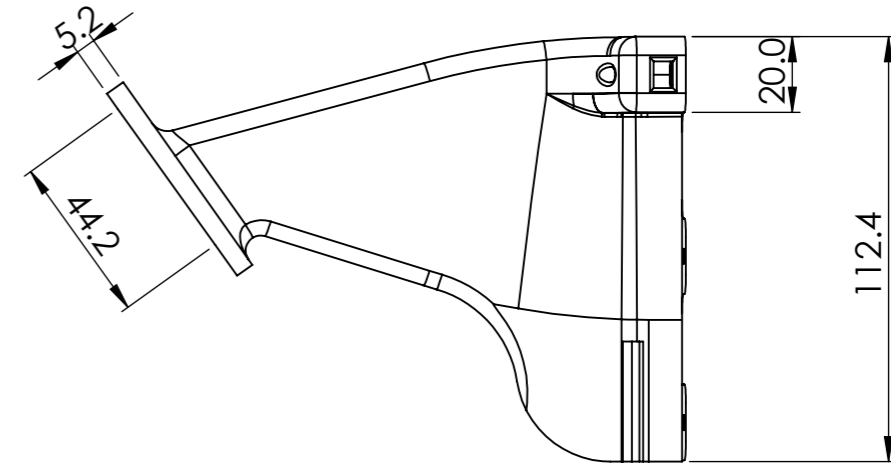
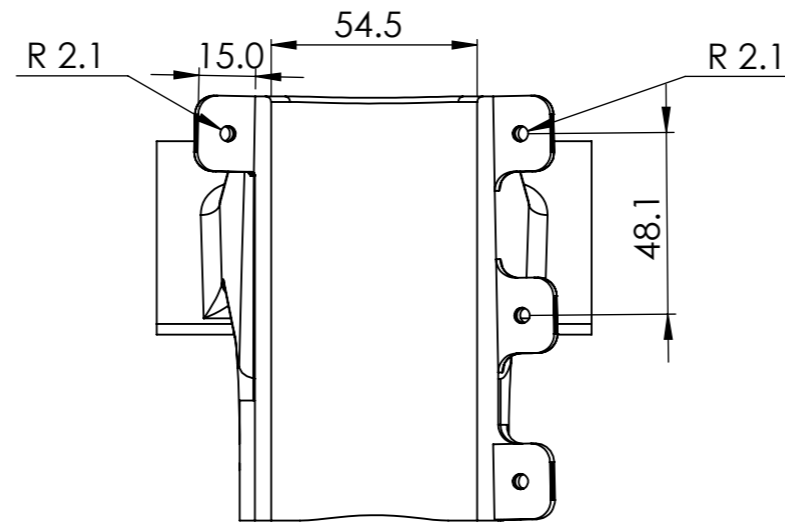
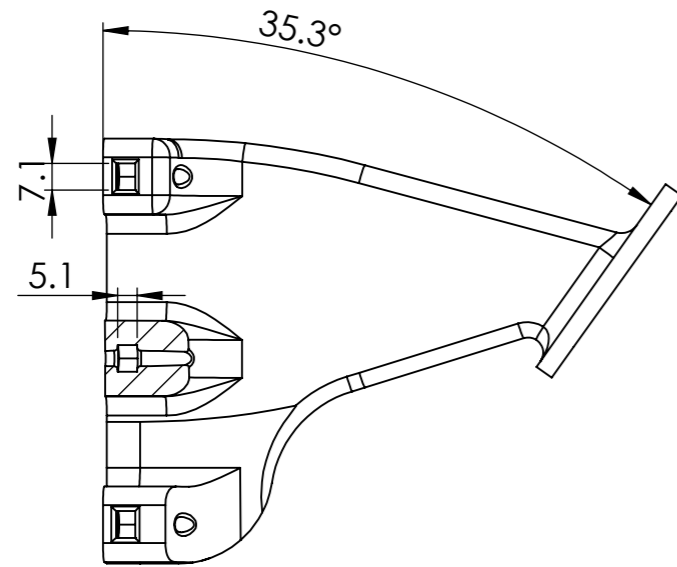
Grado de precisión	Desviación admisible respecto al valor nominal (mm)							
	>0.5...3	>3...6	>6...30	>30...120	>120...400	>400...1000	>1000...2000	>2000...4000
medio	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2

	Fecha	Nombre	A3	Material: PA12	NºPlano: 1
Dibujado	31/05/2023	A.Monsalvez Fresneda			
Escala: 1:1	Anclaje			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
					



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	1-1	Anclaje	1
2	1-2	Tornillo M5 x 10 ranura exagonal	2
3	1-3	Tornillo M4 x 20 ranura en cruz	4

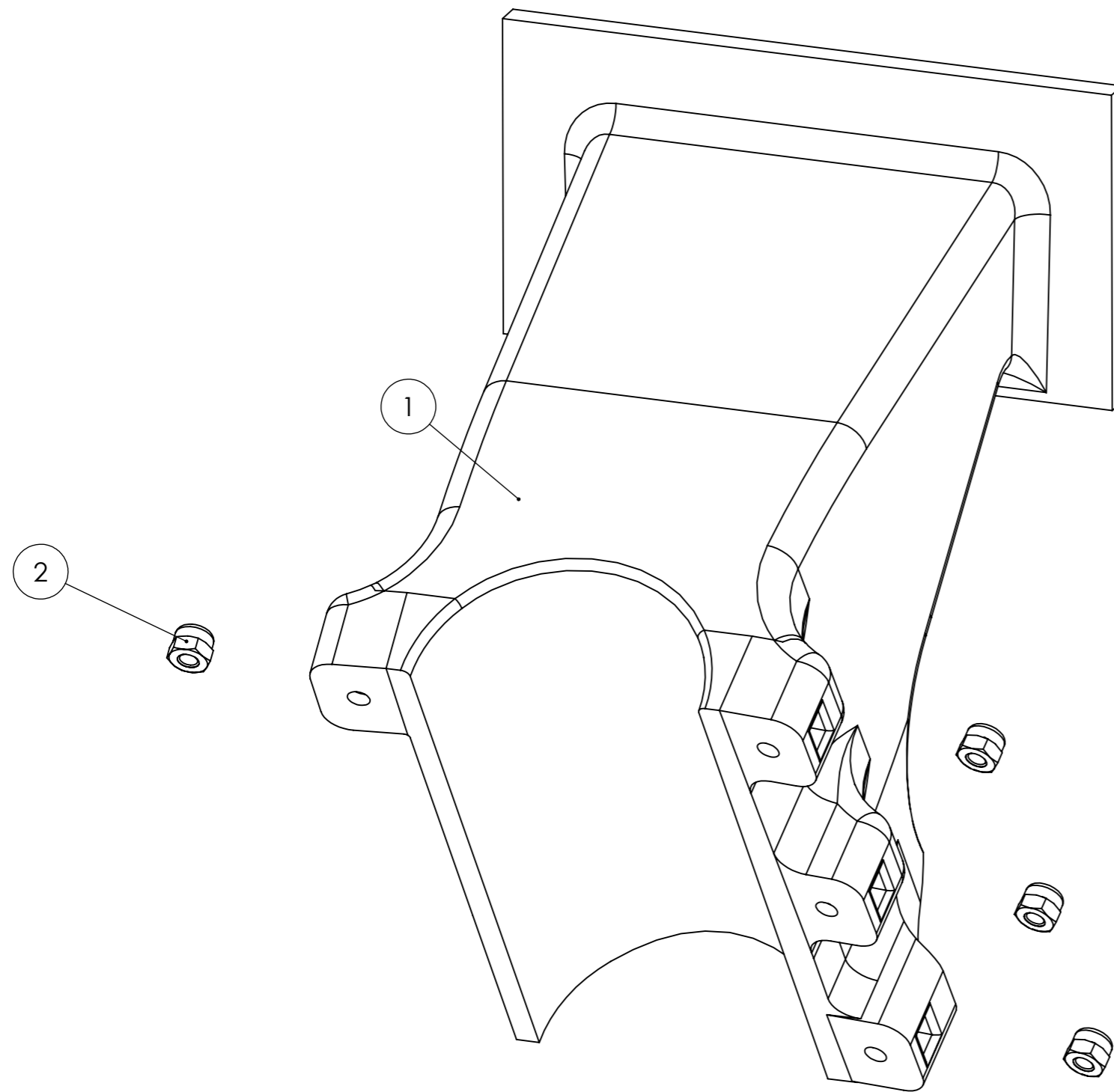
	Fecha	Nombre	Apellidos	A3	Material: PA12	NºPlano: 1
Dibujado	31/05/2023	Alberto	Monsalvez Fresneda			
Escala: 1:1	Vista Explosionada 1-1			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		



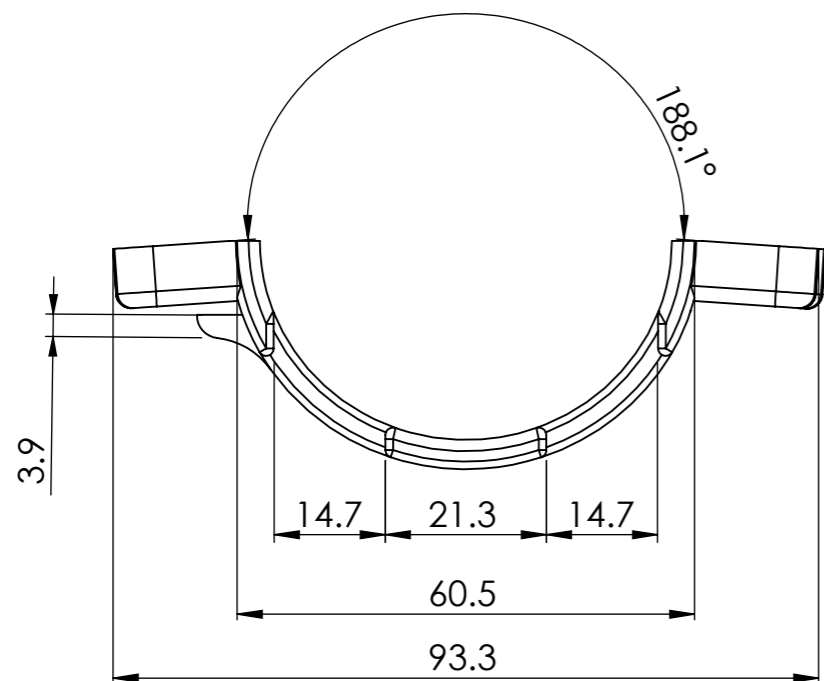
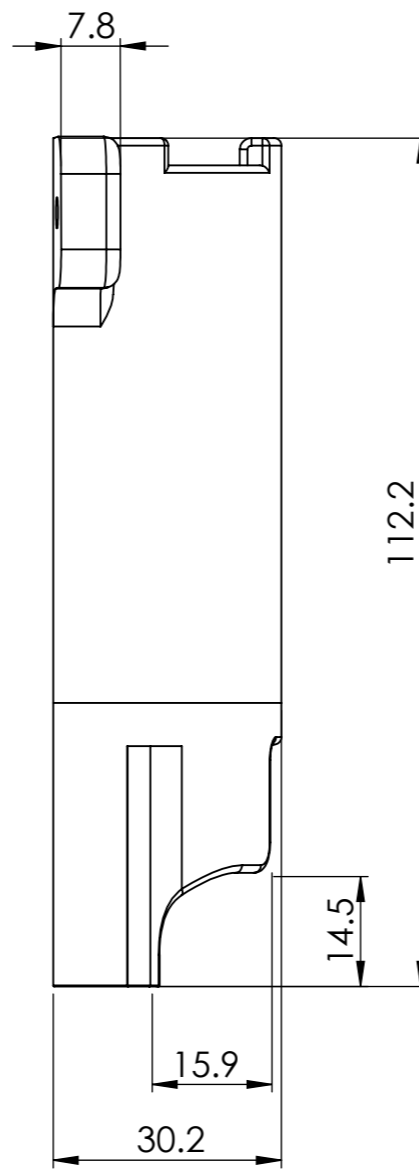
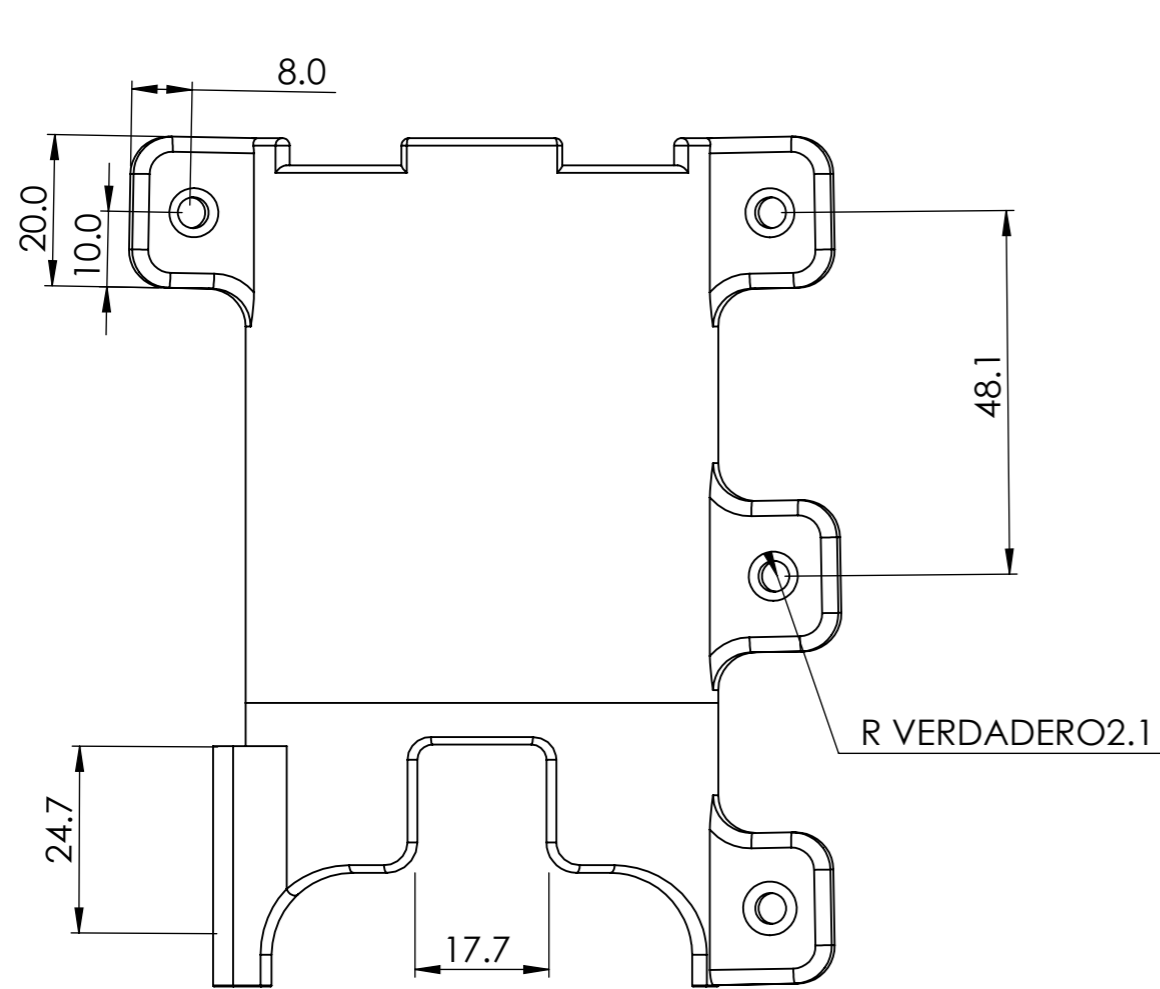
Grado de precisión	Medidas normales (mm) (longitud del lado mas corto)			
	>0...10	>10...50	>50...120	>120
fino o medio	±1°	±30'	±20'	±10'

Grado de precisión	Desviación admisible respecto al valor nominal (mm)							
	>0.5...3	>3...6	>6...30	>30...120	>120...400	>400...1000	>1000...2000	>2000...4000
medio	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2

	Fecha	Nombre	A3	Material: PA12	NºPlano: 2
Dibujado	31/05/2023	A.Monsalvez Fresneda			
Escala: 1:2	Cuerpo			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
					




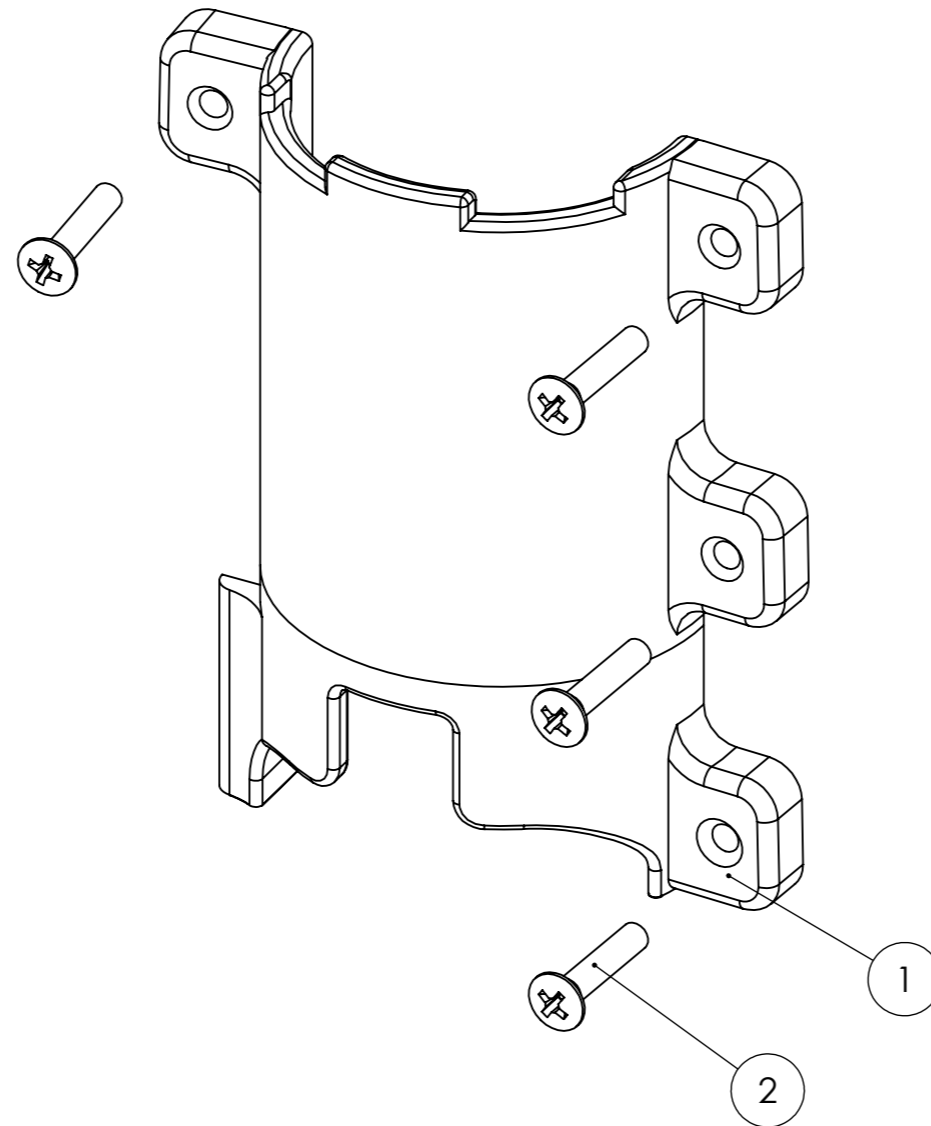
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	2-1	Cuerpo	1
2	2-2	Tuerca autofrenante M4	4
	Fecha	Nombre	A3
Dibujado	31/05/2023	A. Monsalvez Fresneda	Material:
Escala:	Vista explosionada		NºPlano:
1:1			2
			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



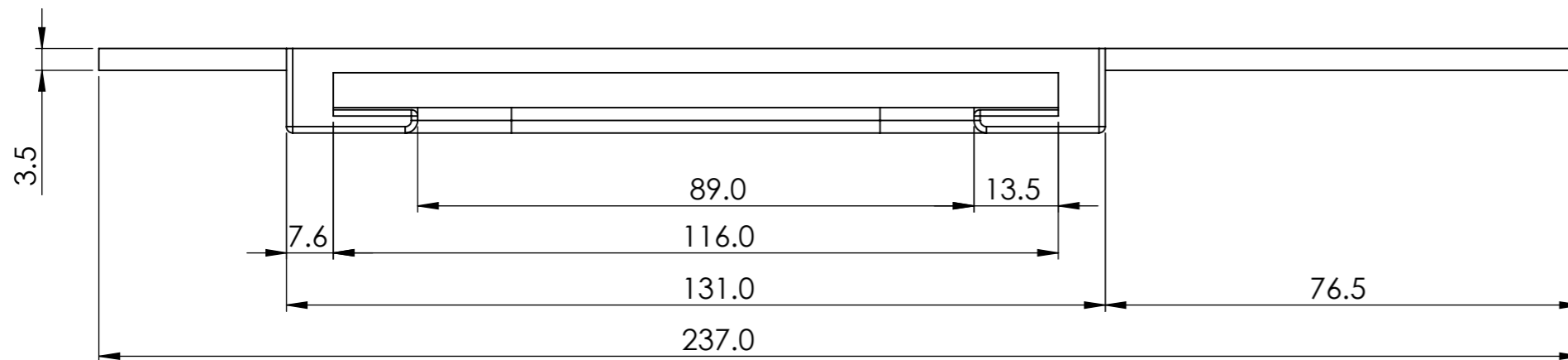
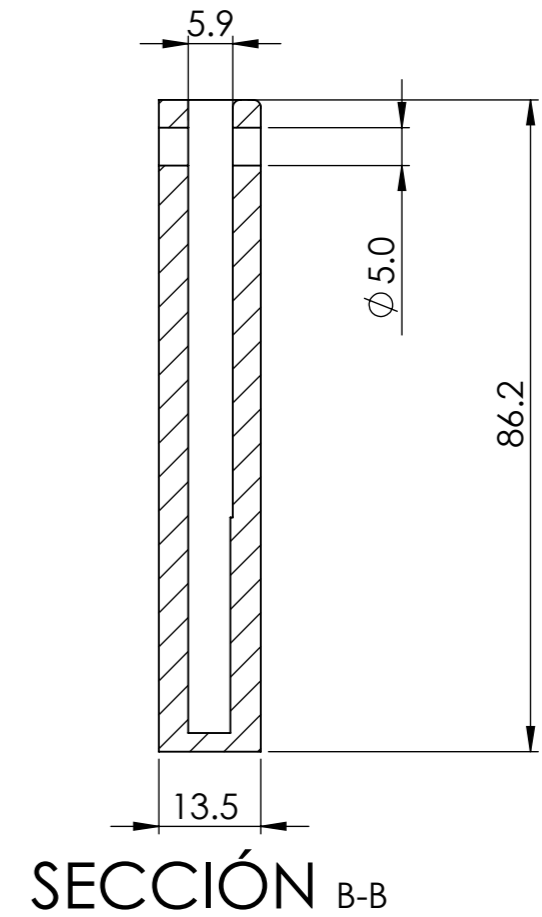
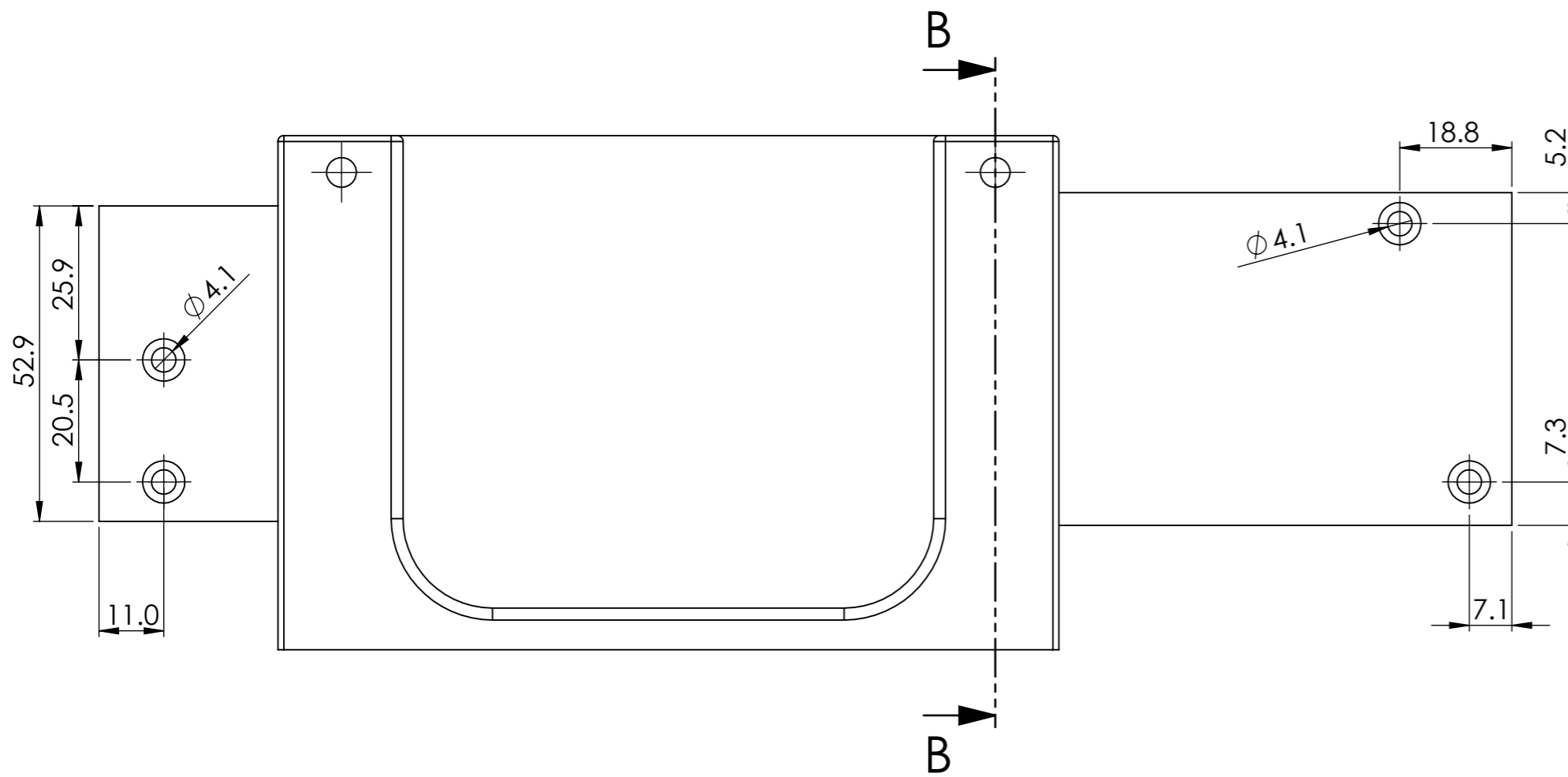
Grado de precisión	Medidas normales (mm) (longitud del lado mas corto)			
	>0...10	>10...50	>50...120	>120
fino o medio	±1°	±30'	±20'	±10'

Grado de precisión	Desviación admisible respecto al valor nominal (mm)							
	>0.5...3	>3...6	>6...30	>30...120	>120...400	>400...1000	>1000...2000	>2000...4000
medio	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2

	Fecha	Nombre	A3	Material:	NºPlano:
Dibujado	31/05/2023	A.Monsalvez Fresneda		PA12	3
Escala:	Envoltura			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
1:1					


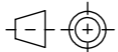


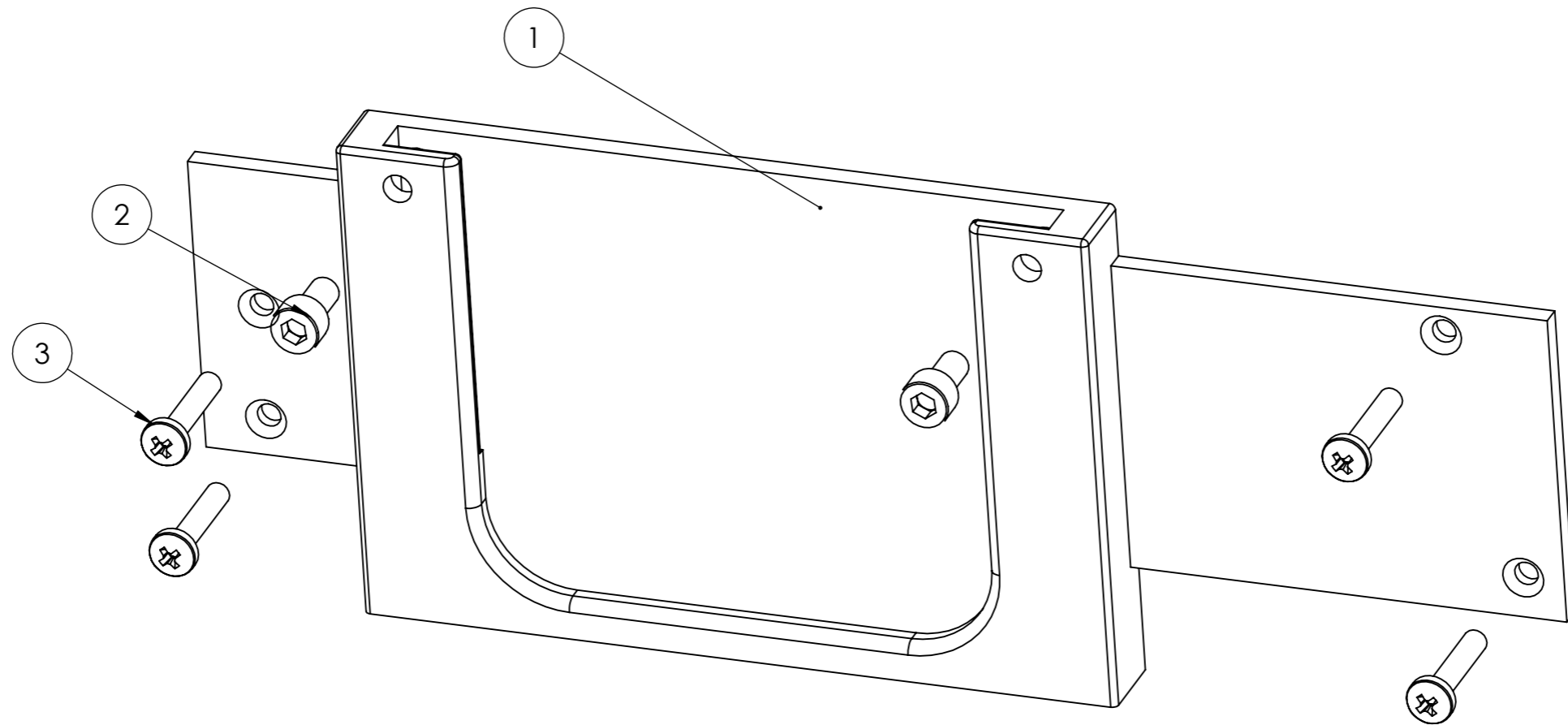
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	3-1	Envoltura	1
2	3-2	Tornillo M4 x 20 ranura en cruz	4
	Fecha	Nombre	A3
Dibujado	31/05/2023	A. Monsalvez Fresneda	Material:
Escala:	Vista explosionada		NºPlano:
1:1			3
			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Grado de precisión	Medidas normales (mm) (longitud del lado mas corto)			
	>0...10	>10...50	>50...120	>120
fino o medio	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$

Grado de precisión	Desviación admisible respecto al valor nominal (mm)							
	>0.5...3	>3...6	>6...30	>30...120	>120...400	>400...1000	>1000...2000	>2000...4000
medio	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2

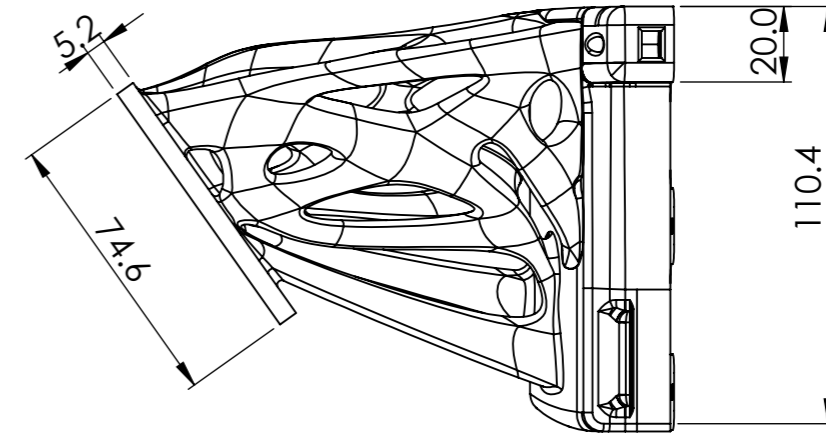
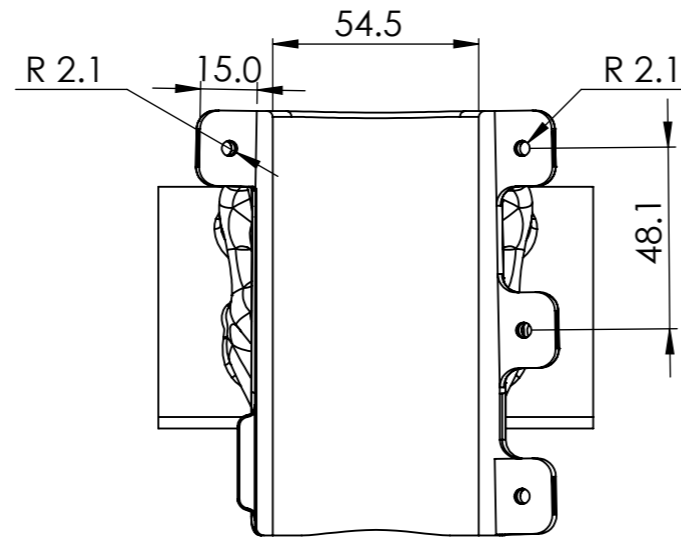
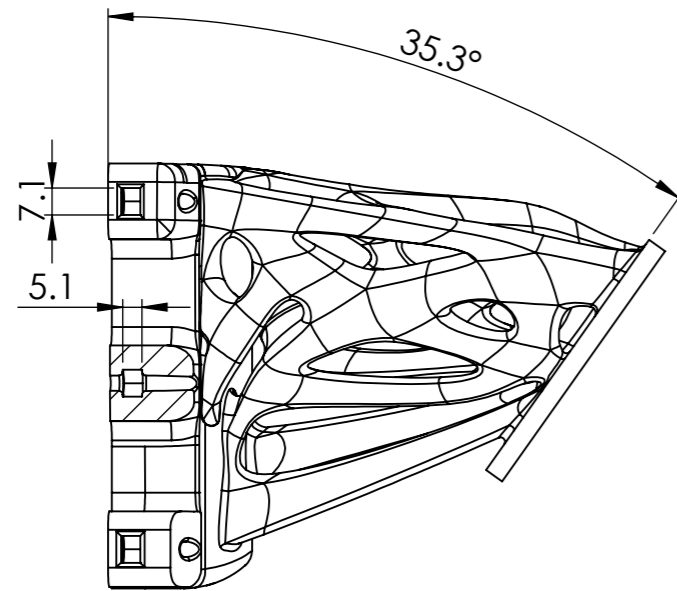
	Fecha	Nombre	A3	Material: PA12	NºPlano: 4
Dibujado	31/05/2023	A.Monsalvez Fresneda			
Escala: 1:1	Anclaje optimizado			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
					



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	4-1	Anclaje optimizado	1
2	4-2	Tornillo M5 x 10 ranura exagonal	2
3	4-3	Tornillo M4 x 20 ranura en cruz	4


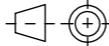
	Fecha	Nombre	Apellidos	A3	Material: PA12	NºPlano: 4
Dibujado	31/05/2023	Alberto	Monsalvez Fresneda			

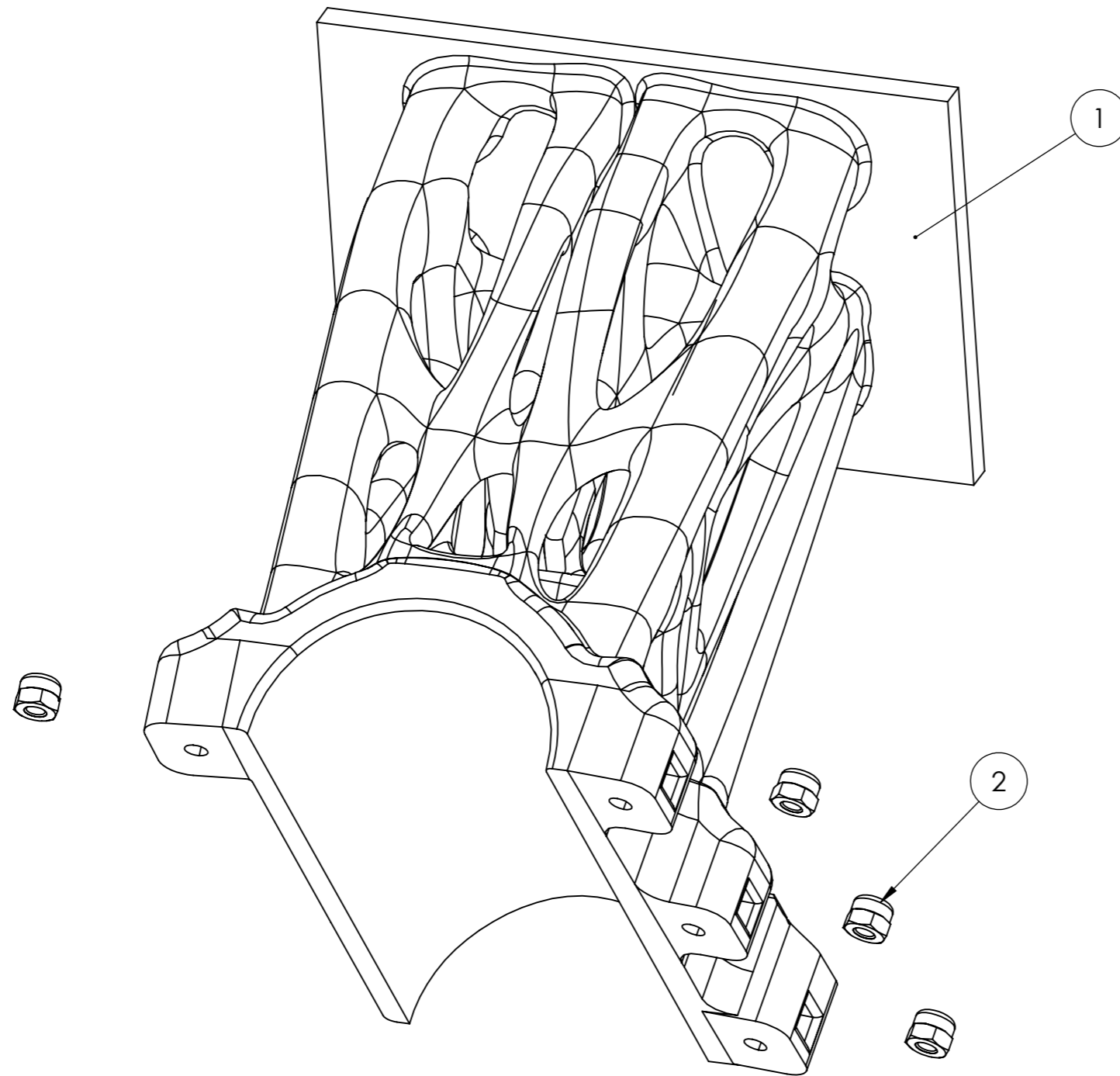
Escala: 1:1 	Vista Explosionada 4-1	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
--------------------	------------------------	---

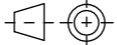



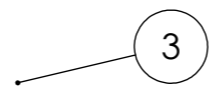
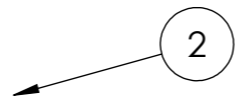
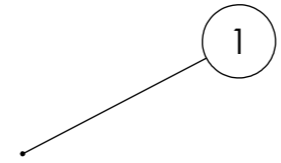
Grado de precisión	Medidas normales (mm) (longitud del lado mas corto)			
	>0...10	>10...50	>50...120	>120
fino o medio	±1°	±30'	±20'	±10'

Grado de precisión	Desviación admisible respecto al valor nominal (mm)							
	>0.5...3	>3...6	>6...30	>30...120	>120...400	>400...1000	>1000...2000	>2000...4000
medio	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2

	Fecha	Nombre	A3	Material: PA12	NºPlano: 5
Dibujado	31/05/2023	A.Monsalvez Fresneda			
Escala: 1:2	Cuerpo optimizado			 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA	
					

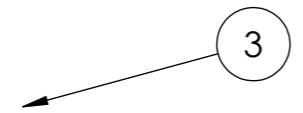
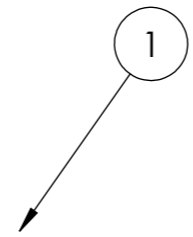
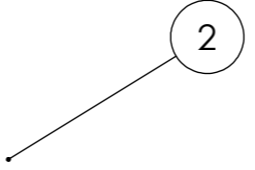


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	5-1	Cuerpo	1
2	5-2	Tuerca autofrenante M4	4
	Fecha	Nombre	A3
Dibujado	31/05/2023	A. Monsalvez Fresneda	Material:
Escala:	Vista explosionada		NºPlano: 5
1:1			
			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	4	Anclaje optimizado	1
2	5	Cuerpo optimizado	1
3	3	Envoltura	1

	Fecha	Nombre	A3	Material:	NºPlano: 3
Dibujado	31/05/2023	A. Monsalvez Fresneda			
Escala: 1:1 	Conjunto soporte				UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	4	Anclaje optimizado	1
2	5	Cuerpo optimizado	1
3	3	Envoltura	1

	Fecha	Nombre	A3	Material:	NºPlano: 6
Dibujado	31/05/2023	A. Monsalvez Fresneda			
Escala: 1:5 	Vista explosionada			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	