

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Diseño y fabricación de una máquina de rotomoldeo sin calentamiento

**MEMORIA**



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Pablo Aragón Sesma

Sara Marcelino Sádaba

Pamplona, a 6 de septiembre de 2019



## Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi tutora, Sara Marcelino Sádaba la oportunidad que me dio al proponerme un proyecto de diseño de una estación de rotomoldeo con la idea de fabricarla en un futuro. Me ha guiado, y me ha ayudado a poder sacar a la luz un proyecto sobre una temática completamente desconocida para mí, y que ahora entiendo mucho mejor.

Han sido muchas e intensas horas de hacer bocetos y diseños, pero ha merecido la pena el esfuerzo.



## Resumen

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo final el diseño de una máquina de rotomoldeo sin calentamiento. En un futuro la idea es llegar a fabricar la máquina para utilizarla en los laboratorios de la UPNA en Pamplona.

El rotomoldeo es una técnica de moldeo de piezas huecas utilizada desde la antigüedad. Se pueden fabricar canoas, pelotas huecas, tuberías con formas extrañas y muchas figuras más. Análisis de las técnicas de moldeo existentes y comparación entre ellas y con el rotomoldeo. Se realizan varias propuestas innovadoras y se selecciona una de ellas. Esta idea se desarrollará con la herramienta de diseño SolidWorks, diseñando cada una de las piezas por separado para finalmente realizar un montaje del conjunto

### *Palabras clave:*

Moldeo en frío de polímeros termoplásticos

Piezas huecas

Doble rotación perpendicular

Diseño

Prototipo



## ÍNDICE

Agradecimientos .....	1
Resumen.....	3
ÍNDICE.....	5
ILUSTRACIONES .....	7
TABLAS .....	10
GRÁFICAS.....	11
1 INTRODUCCIÓN .....	13
1.1 Motivación del proyecto .....	13
1.2 Estado del arte.....	13
1.2.1 Técnicas de moldeado de plásticos.....	13
1.3 Rotomoldeo.....	16
1.3.1 Fases del rotomoldeo .....	17
1.3.2 Tipos de rotomoldeo .....	19
1.3.3 Materiales.....	23
1.3.4 Velocidad de giro.....	23
1.1.1. Relación de transmisión.....	23
2 ANTECEDENTES .....	24
3 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE ROTOMOLDEO .....	25
3.1 Requisitos de diseño .....	25
3.2 Análisis de alternativas .....	26
3.2.1 Estación de aluminio y pinzas.....	26
3.2.2 Estación de aglomerado y doble guiado .....	27
3.2.3 Estación de listones de pino y chapa taladrada.....	28
3.3 Análisis dafo de la alternativa seleccionada .....	29
3.4 Resumen boceto seleccionado .....	32
3.5 Normativa .....	33

3.6	Diseño de la estación .....	34
3.6.1	Bastidor fijo .....	34
3.6.2	Bastidor móvil exterior .....	34
3.6.3	Bastidor móvil interior .....	35
3.6.4	Soportes de rodamiento.....	36
3.6.5	Ejes.....	37
3.6.6	Cadena cinemática .....	38
3.6.7	Separadores .....	41
3.6.8	Sistema de anclaje.....	43
4	PRESUPUESTO .....	46
5	Conclusiones .....	48
6	Referencias.....	49
	ANEXO I .....	53
1	CÁLCULOS ESTRUCTURALES .....	53
1.1	Selección de ejes .....	53
1.2	Selección de rodamiento .....	57
1.3	Selección de poleas y correa .....	60
1.4	Posición del centro de masas .....	62
	ANEXO II.....	65
1	ÍNDICE DE PLANOS .....	65



## ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Proceso de inyección de plásticos. FUENTE: [1] .....	14
Ilustración 2: Fases del proceso de soplado. FUENTE: [2].....	14
Ilustración 3: Fases del proceso de termoconformado. FUENTE: [3].....	15
Ilustración 4: Inicio del proceso de termoconformado. FUENTE: Elaboración propia. ....	15
Ilustración 5: Fase de vacío en el proceso de termoconformado. FUENTE: Elaboración propia. .....	16
Ilustración 6: Ejemplo molde para rotomoldeo. FUENTE: .....	17
Ilustración 7: Ejemplo anclaje del molde a la estación. FUENTE: Elaboración propia.....	17
Ilustración 8: Ejemplo primera fase rotomoldeo. FUENTE: [4] .....	17
Ilustración 9: Fase de desmoldeo y obtención del producto terminado. FUENTE: [4].....	19
Ilustración 10: Envase hueco realizado por rotomoldeo. FUENTE: Elaboración propia.....	19
Ilustración 11: Máquina de rotomoldeo tipo carrusel con 3 brazos fijos. FUENTE: [4].....	20
Ilustración 12: Máquina de rotomoldeo de tipo Rock & Roll. FUENTE: [5] .....	21
Ilustración 13: Fases del proceso de rotomoldeo en concha. FUENTE: [6].....	21
Ilustración 14: Estación de rotocasting. FUENTE: [7] .....	22
Ilustración 15: Sistema de pinzas de la alternativa 1. FUENTE: Elaboración propia. ....	26
Ilustración 16: Chasis aluminio alternativa 1. FUENTE: Elaboración propia.....	26
Ilustración 17: Sistema de doble guiado para el anclaje de los moldes. FUENTE: Elaboración propia .....	27
Ilustración 18: Alternativa 2. Estructura de tableros de aglomerado con sistema de accionamiento y sistema de anclaje. FUENTE: Elaboración propia. ....	27
Ilustración 19: Estructura con listones de pino y paneles de contrachapado. Sistema de anclaje con plancha agujerada para sujetar el molde con tornillos. FUENTE: Elaboración propia. ...	28
Ilustración 20: Boceto del diseño correspondiente a la alternativa hecho en Solidworks. FUENTE: Elaboración propia.....	32
Ilustración 21: Estructura del bastidor fijo. FUENTE: Elaboración propia.....	34
Ilustración 22: Bastidor móvil exterior compuesto por 4 listones. FUENTE: Elaboración propia. .....	34
Ilustración 23: Disposición de los tonillos que unen las piezas del bastidor exterior. FUENTE: Elaboración propia .....	35
Ilustración 24: Bastidor móvil interior compuesto por 4 piezas. FUENTE: Elaboración propia. .....	35

Ilustración 25: Soporte de rodamiento diseñado en Solidworks. FUENTE: Elaboración propia. .....	36
Ilustración 26: Conjunto soporte de rodamiento con tornillos. FUENTE: Elaboración propia .....	37
Ilustración 27: Eje diseñado en SolidWorks con rebaje para engranaje y manivela. Además de los agujeros para bloquear los ejes. FUENTE: Elaboración propia.....	37
Ilustración 28: Manivela para mover los bastidores móviles. FUENTE: Elaboración propia.	38
Ilustración 29: Disposición de la correa y las poleas de la cadena cinemática. FUENTE: Elaboración propia. ....	38
Ilustración 30: Eje intermedio de unión entre polea y piñón. FUENTE: Elaboración propia.	39
Ilustración 31: Sistema de anclaje para el eje intermedio. FUENTE: Elaboración propia.....	39
Ilustración 32: Despiece soporte de rodamiento 2. FUENTE: Elaboración propia.....	40
Ilustración 33: Conjunto soporte rodamiento 2. FUENTE: Elaboración propia. ....	40
Ilustración 34: Transmisión mediante piñones cónicos. FUENTE: Elaboración propia. ....	40
Ilustración 35: Anclaje y bloqueo de los rodamientos mediante espárragos. FUENTE: Elaboración propia. ....	41
Ilustración 36: Separadores (en color rojo) ubicados sobre el eje. FUENTE: Elaboración propia .....	41
Ilustración 37: Separadores en la zona de los piñones. FUENTE: Elaboración propia.....	42
Ilustración 38: Diseño de casquillo en SolidWorks. FUENTE: Elaboración propia.....	42
Ilustración 39: Guiados laterales insertados en el bastidor. FUENTE: Elaboración propia....	43
Ilustración 40: Pletina roscada para sujetar los moldes. FUENTE: Elaboración propia. ....	43
Ilustración 41: Apretador con agujeros para pletina y ranura para el tornillo de apriete.....	44
Ilustración 42: Apretador con tornillo, tuercas y rueda de apriete.....	44
Ilustración 43: Pletina con apretadores. FUENTE: Elaboración propia. ....	45
Ilustración 44: Sistema de anclaje en posición cerrada. FUENTE: Elaboración propia. ....	45
Ilustración 45: Sistema de anclaje en posición abierta. FUENTE: Elaboración propia. ....	45
Ilustración 46: Presupuesto elementos no comerciales. FUENTE:Elaboración propia.....	46
Ilustración 47: Presupuesto elementos comerciales. FUENTE: Elaboración propia.....	47
Ilustración 48: Presupuesto total Estación de rotomoldeo. FUENTE: Elaboración propia.....	47
Ilustración 49: Identificación de zonas de rodamientos en la estación de rotomoldeo. FUENTE: Elaboración propia. ....	53
Ilustración 50: Resultado del análisis de propiedades de toda la máquina. FUENTE: Elaboración propia	57

Ilustración 51: Cálculo de la masa de las partes móviles de la máquina, SolidWorks. FUENTE: Elaboración propia.	58
Ilustración 52: Distribución de zonas para el cálculo de rodamientos.....	58
Ilustración 53: Rodamientos de 10 mm de interior para el eje en la ZONA 1. ....	59
Ilustración 54: Proceso iterativo para calcular la carga equivalente.....	59
Ilustración 55: Introducción de datos en programa de dimensionamiento de poleas y correas. FUENTE: [10]	60
Ilustración 56: Resultados obtenidos para el cálculo de la correa y las poleas. FUENTE: [10] .....	61
Ilustración 57: Correa seleccionada sobre el catálogo. FUENTE: [11].....	61

## TABLAS

Tabla 1: Velocidades recomendadas en función de la forma del molde [9].....	24
Tabla 2: Ponderación requerimientos funcionales. FUENTE: Elaboración propia.....	29
Tabla 3: Rangos de la configurabilidad. FUENTE: Elaboración propia. ....	30
Tabla 4: Rangos del mantenimiento. FUENTE: Elaboración propia. ....	30
Tabla 5: Rangos del precio FUENTE: Elaboración propia. ....	30
Tabla 6: Rangos del peso. FUENTE: Elaboración propia. ....	30
Tabla 7: Rangos de la sostenibilidad. FUENTE: Elaboración propia. ....	30
Tabla 8: Evaluación de propuestas frente a requerimientos. FUENTE: Elaboración propia. .	31
Tabla 9: Resultados de la selección de propuestas. FUENTE: Elaboración propia. ....	31
Tabla 10: Cargas aplicadas sobre bastidor exterior. FUENTE: Elaboración propia. ....	53
Tabla 11: Distancia de CDG a apoyos de rodamiento. FUENTE: Elaboración propia.....	54
Tabla 12: Cálculo de cortantes. FUENTE: Elaboración propia.....	54
Tabla 13: Cálculo de flectores. FUENTE: Elaboración propia. ....	54
Tabla 14: Cálculo de tensiones principales. FUENTE: Elaboración propia.....	54
Tabla 15: Cálculo de los factores de seguridad en la ZONA 1 con 8 mm de diámetro. FUENTE: Elaboración propia.....	55
Tabla 16: Cálculo de los factores de seguridad en la ZONA 1 con 10 mm de diámetro. FUENTE: Elaboración propia.....	55
Tabla 17: Cargas aplicadas sobre bastidor interior. FUENTE: Elaboración propia.....	55
Tabla 18: Distancia de CDG a apoyos de rodamiento en ZONA 2. FUENTE: Elaboración propia. ....	56
Tabla 19: Cálculo de los esfuerzos cortante en los soportes de la ZONA 2. FUENTE: Elaboración propia.....	56
Tabla 20: Cálculo de los momentos flectores en los soportes de la ZONA 2. FUENTE: Elaboración propia.....	56
Tabla 21: Cálculo de los valores de la tensión en la ZONA 2 con 8 mm de diámetro. FUENTE: Elaboración propia.....	56
Tabla 22: Cálculo de los factores de seguridad en la ZONA 2 con 8 mm de diámetro. FUENTE: Elaboración propia.....	56

## GRÁFICAS

Gráfico 1: Ponderación de los requerimientos funcionales. FUENTE: Elaboración propia ...	29
Gráfico 2: Resultado de la selección de bocetos. FUENTE: Elaboración propia.....	31





## 1 INTRODUCCIÓN

Antes de plantear el objetivo del proyecto y continuar con la memoria es necesario realizar una breve exposición acerca del entorno en el que se va a trabajar. A la hora de realizar la fabricación de una simple pelota de plástico es necesario recurrir a técnicas de inyección, soplado o termoconformado. Se procede a explicar brevemente cada uno de estos procesos alternativos al rotomoldeo para poder compararlos posteriormente

### 1.1 Motivación del proyecto

Todo comienza en la visita a los talleres de prototipado de la UPNA en Tudela. Allí fue donde trabajamos con distintas técnicas de moldeo de polímeros y distintos tipos de materias primas. Una de las técnicas utilizadas fue el rotomoldeo. Fue una de las elaboraciones más complicadas debido a la complejidad del sistema dado que es necesario verter la colada rápidamente para evitar que se seque antes de cubrir todas las paredes del molde. Así se planteó la posibilidad de desarrollar una versión mejorada del sistema de rotomoldeo para su instalación y uso en los talleres de prototipado de la UPNA en Pamplona. En ese momento se nos propuso como temática de TFG el diseño del nuevo prototipo y su construcción.

### 1.2 Estado del arte

A la hora de realizar la fabricación de una simple pelota de plástico es necesario recurrir a técnicas de inyección, soplado o termoconformado. Se procede a explicar brevemente cada uno de estos procesos alternativos al rotomoldeo para poder compararlos posteriormente.

#### 1.2.1 Técnicas de moldeo de plásticos

##### 1.2.1.1 Moldeo por inyección

Es uno de los más utilizados hoy en día por su alta productividad y velocidad en series largas. Consiste en inyectar a presión un polímero en estado fundido en un molde frío. Al entrar en contacto con las paredes el polímero se enfría y solidifica en forma de cristales. Una vez ha solidificado completamente el molde se abre y unos punzones empujan la pieza terminada fuera del molde. Por último, el molde se cierra y vuelve a comenzar el proceso.

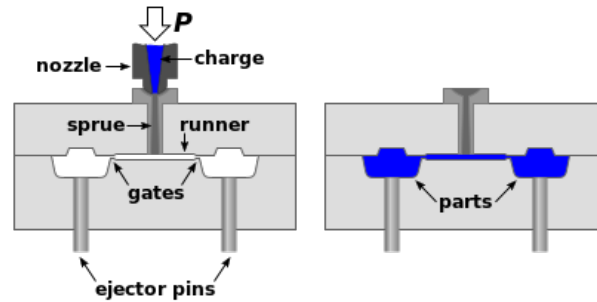


Ilustración 1: Proceso de inyección de plásticos. FUENTE: [1]

### 1.2.1.2 Moldeo por soplado

Es un proceso similar al proceso de inyección, pero en este caso el producto obtenido es hueco. Primeramente, se introduce una probeta de plástico hueca en el interior del molde. La probeta está anclada a una boquilla de aire. Una vez se cierra el molde comienza a inyectarse aire caliente por la boquilla, el material se va deformando y se expande tomando la forma del molde. Una vez el material ocupa todo el molde, se enfría rápidamente y por último, se expulsa la pieza ya terminada.

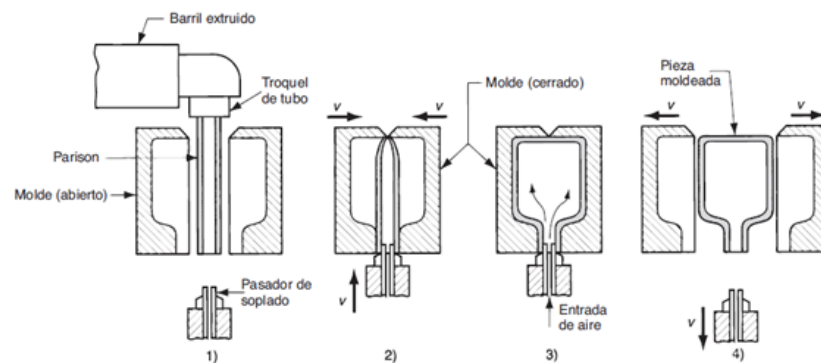


Figura 1: Moldeo soplado por extrusión: 1) extrusión de párison; 2) se pincha la parte superior del párison y se sella en la inferior alrededor de un pasador metálico de soplado, conforme las dos mitades del molde se junta; 3) el tubo se infla de modo que adopta la forma de cavidad del molde; y 4) el molde se abre para retirar la pieza solidificada.

Ilustración 2: Fases del proceso de soplado. FUENTE: [2]

### 1.2.1.3 Moldeo por termoconformado o vacío

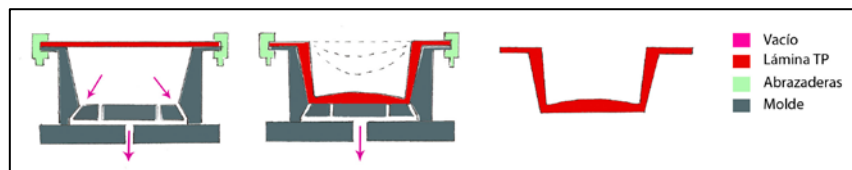
Se trata de una técnica similar a la inyección, pero en vez de utilizar presión positiva se utiliza vacío. El moldeo se realiza en varias fases: Inicialmente se coloca una lámina de polímero encima del molde (En este caso el molde es el macho de la pieza a fabricar). El molde tiene varios orificios a través de los cuales se realiza el vacío para que la lámina se adhiera bien. En segundo lugar, la lámina se calienta con una resistencia eléctrica, hasta la temperatura de transición vítrea para que pueda adaptarse



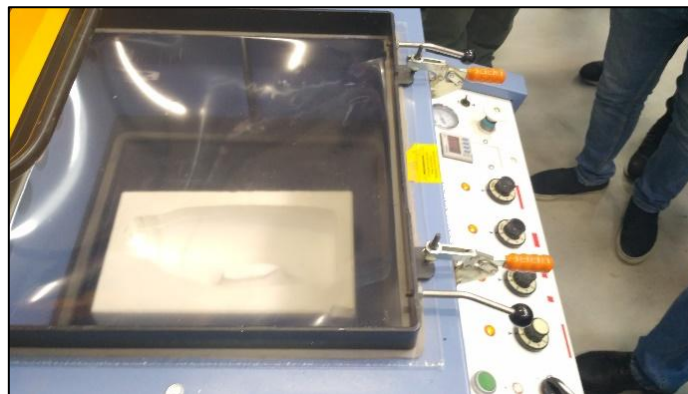
con facilidad al molde. Instantes después de retirar la resistencia, se pone en contacto la lámina con el molde y se realiza el vacío. Una vez baja la temperatura de la lámina se extrae del molde obteniendo la pieza ya terminada.

El molde utilizado en esta técnica suele estar realizado mediante impresión 3D en escayola, este suele tener, como ya se ha dicho, agujeros localizados para la buena extracción del aire. Además, los bordes deben tener un ángulo de salida de 2 a 7 grados para poder extraer más tarde la lámina con facilidad.

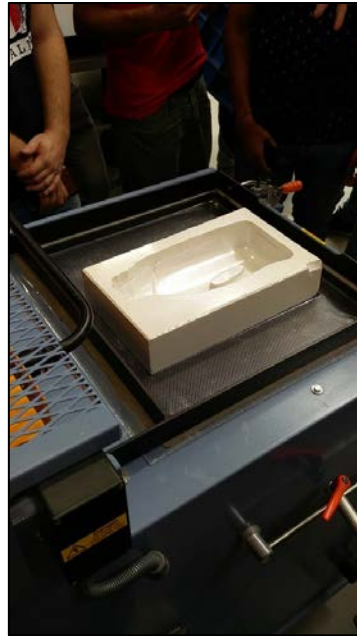
En cuanto a la lámina utilizada solo cabe destacar que es termosensible y que tiene un film protector que a veces se utiliza en el proceso cuando no se quieren reproducir ciertos errores del molde o la rugosidad de este.



*Ilustración 3: Fases del proceso de termoconformado. FUENTE: [3]*



*Ilustración 4: Inicio del proceso de termoconformado. FUENTE: Elaboración propia.*



*Ilustración 5: Fase de vacío en el proceso de termoconformado. FUENTE: Elaboración propia.*

### 1.3 Rotomoldeo

El rotomoldeo o moldeo rotacional es un método para la obtención de piezas huecas. Esta forma de moldeo basada en formar una lámina de material en el interior de un molde hueco haciéndolo girar se remonta a hace varios siglos, en aquella época lo hacían con arcilla. El rotomoldeo como se conoce hoy en día, utilizando materiales poliméricos como material de moldeo, tiene su origen en 1940.

El rotomoldeo es un método de obtención de productos poliméricos similar a los procesos de inyección, soplado o termoconformado. Cualquier máquina de rotomoldeo tiene 3 bastidores: el primero de ellos es un bastidor fijo, anclado al suelo; El segundo bastidor es un bastidor móvil conectado al bastidor fijo. A este bastidor se le llama bastidor primario o bastidor exterior; El tercer y último bastidor cuelga del bastidor exterior y tiene un giro relativo con respecto de este. A este tercer bastidor se le llama bastidor secundario o bastidor interior. Se compone de dos ejes perpendiculares que hacen girar el molde en todas las direcciones. Los bastidores exterior e interior están conectados con un primer eje y el bastidor exterior y el fijo están unidos con un segundo eje que va en dirección perpendicular al primer eje. De esta forma, el polímero se reparte uniformemente por todo el molde.

Para entender cómo funciona una máquina de rotomoldeo es necesario conocer previamente cuales son las fases del proceso de rotomoldeo. [4] [5]

### 1.3.1 Fases del rotomoldeo

El proceso de rotomoldeo se divide en 3 fases. Previamente, se fabrica el molde, dividido en dos partes. Generalmente está fabricado en acero para aguantar las temperaturas de calentamiento y sufrir menor dilatación térmica.



Ilustración 6: Ejemplo molde para rotomoldeo. FUENTE:

En primer lugar, el molde se cierra y se coloca en la estación de rotomoldeo donde debe quedar perfectamente anclado. Es en esta fase es donde se introduce el polímero en el molde, ya sea en forma de polvo o líquido.



Ilustración 7: Ejemplo anclaje del molde a la estación. FUENTE: Elaboración propia.

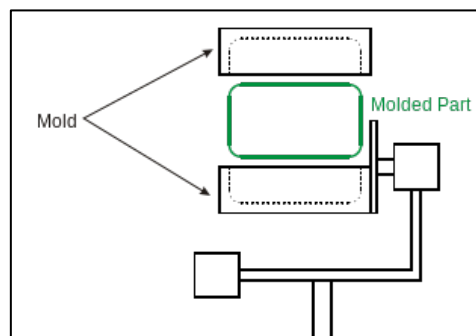
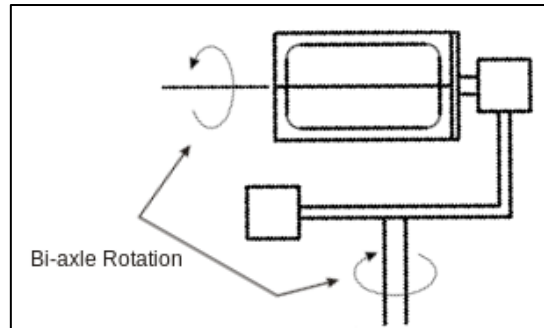


Ilustración 8: Ejemplo primera fase rotomoldeo. FUENTE: [6]

En segundo lugar, se hace rotar el sistema de forma continua para conseguir que el polímero se reparta por todo el molde. Es necesario aplicar una velocidad de giro constante, pero se puede realizar tanto de forma manual como automatizada. Es en esta fase es cuando se añade el calentamiento mediante llama directa o con resistencias eléctricas, siempre que se utilizan polímeros termoplásticos.



*Ilustración 9: Accionamientos para el giro en máquina de rotomoldeo. FUENTE: [6]*



*Ilustración 10: Fase de giro en máquina de rotomoldeo. FUENTE:Elaboración propia*

Por último, una vez solidificada toda la mezcla se procede a la retirada del molde. Se retira el molde del bastidor y se realiza el desmoldeo. Una vez retirado el producto se vierte de nuevo materia prima en el molde y vuelve a comenzar el proceso.

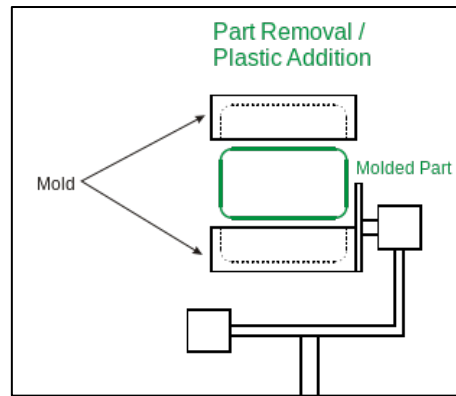


Ilustración 9: Fase de desmoldeo y obtención del producto terminado. FUENTE: [6]



Ilustración 10: Envase hueco realizado por rotomoldeo. FUENTE: Elaboración propia

### 1.3.2 Tipos de rotomoldeo

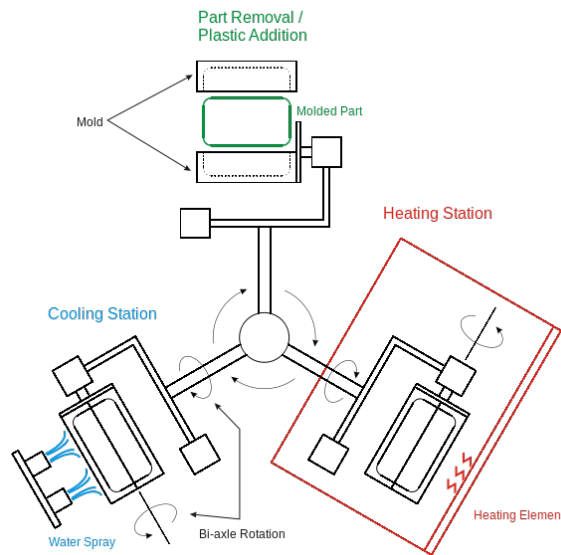
A continuación, se exponen 3 tipos de rotomoldeo con calentamiento y uno sin calentamiento.

#### 1.3.2.1 Tipo carrusel

Actualmente es el tipo más común y eficiente en la industria. Las primeras máquinas llevaban 3 brazos colocados a  $120^\circ$  y actuadas desde una torreta motorizada. Cada uno de los brazos corresponde a una estación: carga-descarga, calentamiento y enfriamiento. Actualmente, las máquinas se componen de 4 brazos a  $90^\circ$ . Tres de ellos son idénticos a los de las máquinas de 3 brazos y el cuarto brazo es una estación auxiliar de enfriamiento, por si se fabrica un modelo de geometría compleja que necesita ser enfriado más tiempo. El calentamiento en este tipo de máquinas se realiza mediante llama directa, que

se aplica desde un punto fijo en una de las estaciones de la máquina. El polímero se coloca en polvo en el interior del molde y al calentar las paredes en la fase de rotación, el polímero termoplástico se funde y toma la forma del molde.

Este tipo de rotomoldeo es más eficiente ya que permite colocar distintos moldes en cada brazo y poder fabricar distintas piezas al mismo tiempo.



*Ilustración 11: Máquina de rotomoldeo tipo carrusel con 3 brazos fijos.*  
*FUENTE: [6]*

### 1.3.2.2 Tipo Rock and Roll

Este tipo de rotomoldeo se utiliza para piezas de gran tamaño, se caracteriza por no realizar un giro completo sobre sus dos ejes. El eje principal si que realiza giros completos de 360°, se le llama roll, mientras que el otro eje solo realiza un movimiento de vaivén llamado “rock”, es decir, se desplaza entre 35° y 45° hacia ambos lados. No se pueden obtener giros completos ya que el espacio disponible y el tamaño del molde no lo permiten. Se utiliza para la fabricación de piraguas, depósitos cilíndricos o conos de tráfico.

Generalmente solo se puede colocar un molde cada vez, ya que son piezas de gran tamaño y la máquina suele disponer de un solo brazo en el que colocar los moldes. El calentamiento del molde generalmente se realiza mediante llama directa. Tiene como desventaja la distancia de las llamas al molde. En el caso de moldes cilíndricos se pueden aplicar todas las llamas a una distancia constante, mientras que en los casos en los que el molde tiene

geometría más compleja no se puede conseguir la misma distancia de llama a lo largo de todo el molde y con ello las temperaturas y los espesores en el interior de este varían.

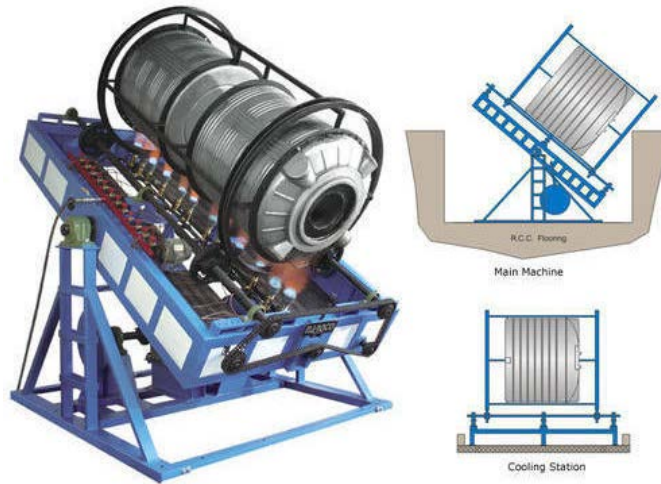


Ilustración 12: Máquina de rotomoldeo de tipo Rock & Roll. FUENTE: [7]

### 1.3.2.3 Tipo concha

Es uno de los sistemas de rotomoldeo más compacto. Las fases de giro, calentamiento y enfriamiento se producen en el mismo sitio. La máquina dispone de un solo brazo, con dos ejes perpendiculares. Tiene una zona de anclaje para los moldes. El calentamiento se produce mediante llama directa sobre el molde. Otra opción es mediante fluido caloportador alrededor del molde, pero es menos común.

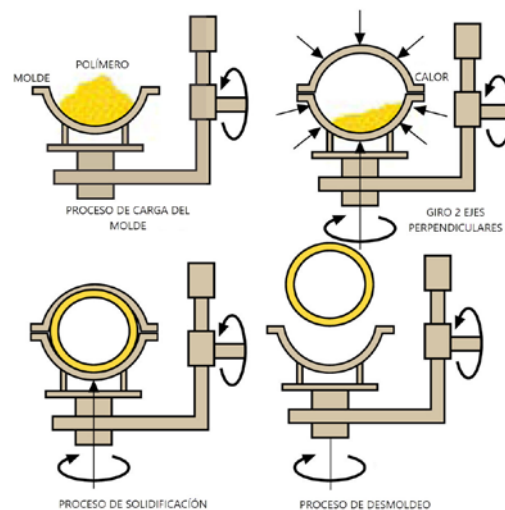


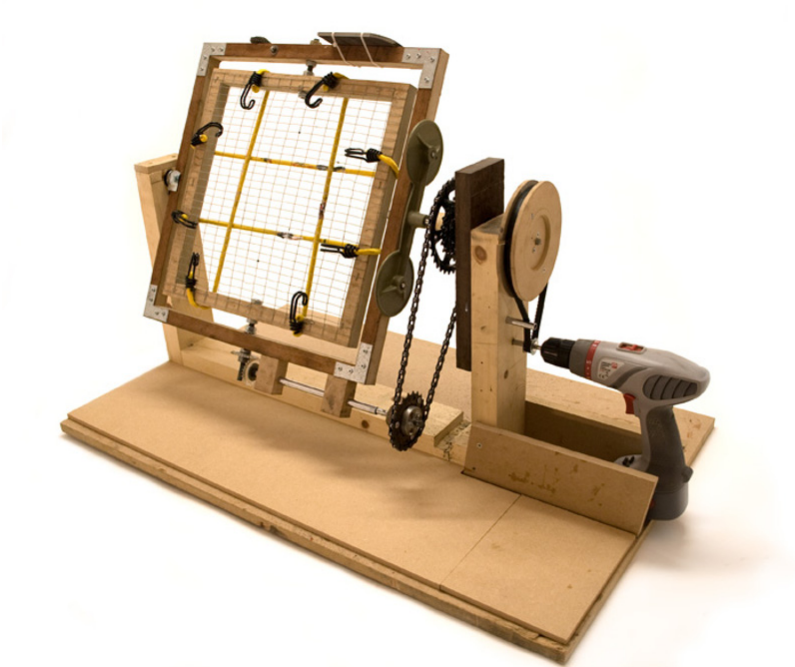
Ilustración 13: Fases del proceso de rotomoldeo en concha. FUENTE: [8]

#### 1.3.2.4 Rotomoldeo en frío o rotocasting

Todos los tipos de moldeo rotacional anteriores poseen una fase de calentamiento. Sin embargo, existe una opción de rotomoldeo sin calentamiento. Se trata de un método poco común. Se utiliza para pequeños proyectos y prototipos por su bajo coste y sencillez en cuanto a su construcción.

El molde está generalmente fabricado en silicona, uretano o fibra de vidrio curada con resina. Posee un orificio en la parte superior por el que se inserta la colada. Una vez vertido todo se coloca un tapón para cubrir dicho orificio y se da paso al proceso de rotación.

Los materiales utilizados son termoestables. Se utiliza una resina bicomponente, ambos componentes se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente. Para el rotomoldeo se mezclan ambos componentes y, antes de que se produzca la solidificación, se debe introducir dentro del molde y esparcirlo por toda su superficie. Los tiempos de curado son cortos por lo que no es posible utilizar este tipo de resinas en moldes de gran tamaño.



*Ilustración 14: Estación de rotocasting. FUENTE: [9]*



### 1.3.3 Materiales

Existen dos grupos principales de polímeros que se utilizan en el moldeo rotacional. Termoplásticos y termoestables.

Los más utilizados son los termoplásticos ya que se pueden introducir en forma de gránulos, es decir, deben calentarse hasta el punto de transición vítrea para que se encuentren en estado líquido y sean moldeables. En el mundo del rotomoldeo los termoplásticos más utilizados son HDPE, LDPE, PVC y PP. La ventaja de este tipo de polímeros es su fácil reutilización, volviéndolos a fundir.

Por otro lado, se encuentran los polímeros termoestables. Se utilizan en menos ocasiones y su uso se limita a moldeos para prototipado o experimentos en laboratorios ya que la calidad superficial tiende a ser rugosa y los espesores de la pieza no son uniformes.

### 1.3.4 Velocidad de giro

Para que la distribución de la colada se realice de forma correcta y uniforme es importante controlar la velocidad de giro.

Se debe tener en cuenta que el rotomoldeo es un proceso relativamente lento, normalmente a velocidades superiores a 12 rev/min. No se debe confundir el rotomoldeo con el proceso de centrifugado que se realiza a alta velocidad. Aunque resultaría atractivo poder rotomoldear a alta velocidad la complejidad de los moldes no lo permite. [5]

#### 1.1.1. Relación de transmisión

No solo es importante la velocidad de giro del bastidor exterior, sino que también se debe tener en cuenta la relación de transmisión entre el bastidor interior y exterior. En la siguiente tabla se puede ver la relación de transmisión necesaria en función de la forma de la pieza que se quiera fabricar. El valor de delante de los dos puntos es la velocidad del bastidor interior y el valor de después de los dos puntos es el valor de velocidad del bastidor exterior. [10]

Tabla 1: Velocidades recomendadas en función de la forma del molde [10].

Table 3.1 Recommended speed ratios for various mould shapes (adapted from recommendations by McNeill Akron Co.)	
Speed ratio	Shapes
8:1	Oblongs, straight tubes (mounted horizontally)
5:1	Ducts
3:1	Cubes, balls, rectangular boxes, most regular 3-D shapes
2:1	Rings, tires, mannequins, flat shapes
1:2	Parts that show thinning when run at 2:1
1:3	Flat rectangles, suitcase shapes
1:3	Curved ducts, pipe angles, parts that show thinning at 3:1
1:5	Vertically mounted cylinders

## 2 ANTECEDENTES

Una vez analizada la materia se puede comprobar que para la fabricación de objetos huecos es más eficiente el rotomoldeo que la inyección. En cuanto a la calidad de acabado el termoformado no puede alcanzar pequeños detalles para que la lámina no se desgarre, mientras que el rotomoldeo puede alcanzar tantos detalles como pueda tener el molde. El soplado es el único sistema que puede obtener objetos huecos y es más eficiente que el rotomoldeo. Pero el moldeo rotacional es más económico y los equipos utilizados son menos complejos que en el termoformado.

Como punto de partida se toma la estación de rotomoldeo montada en los laboratorios de la UPNA en Tudela. Con el objetivo de mejorar el diseño existente se analiza con detenimiento su funcionamiento y se ensaya en varias ocasiones con distintos moldes. Se observa que al colocar los moldes sobre el bastidor el anclaje es complicado y poco firme (se realiza con pulpos). Teniendo en cuenta que la masa inercial debida al giro es alta y que se está trabajando con polímeros en su proceso de solidificación, un mal anclaje puede conllevar un riesgo para la seguridad. Por ello uno de los objetivos del rediseño consiste en realizar un sistema de anclaje más seguro y sencillo.

Otro factor importante para tener en cuenta es la velocidad de giro de los bastidores. Es necesario que el giro se realice a velocidad constante, para que el polímero se reparta por todo el molde de manera uniforme. Como mejora se pretende motorizar el sistema para lograr velocidades constantes y varios rangos de velocidad.

Hoy en día la optimización de los procesos productivos ha tomado gran importancia en el sector industrial, en este aspecto, el rotomoldeo también ha tenido que actualizarse con el objetivo de conseguir mayores espesores en las zonas de la pieza que estén sometidas a mayores esfuerzos. Para poder introducir esta mejora en el sistema se podría implementar un sistema de calentamiento o enfriamiento parcial que permita regular los espesores de polímero que se vayan depositando en cada zona independiente del molde.



### 3 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE ROTOMOLDEO

Antes de proceder a realizar cualquier boceto, es necesario plantear cuáles serán los requisitos de diseño de la estación.

#### 3.1 Requisitos de diseño

Estructuralmente la estación debe estar compuesta por un bastidor fijo y dos bastidores móviles para conseguir un reparto uniforme en la colada. El eje de la manivela debe estar conectado mediante una cadena cinemática a ambos bastidores para hacerlos girar uno sobre otro. Por lo que el **primer requisito** consiste en diseñar un **bastidor fijo rígido y estable**.

A la hora de anclar el molde sobre el bastidor interior el aspecto de la seguridad es el más importante. Dadas las velocidades de giro y el efecto de la gravedad la sujeción del molde debe ser muy firme. Al mismo tiempo, debe ser un sistema sencillo ya que en ocasiones será un solo individuo el que realice el proceso de rotomoldeo en varias ocasiones y no se puede demorar mucho en la colocación del molde. En definitiva, surge la necesidad de encontrar un **sistema de anclaje firme y sencillo**, este será el **segundo requisito**.

Como **tercer requisito** se busca un **sistema de anclaje flexible y configurable**. Ya que los moldes tienen diversidad de formas y tamaños por lo que el sistema se tiene que adaptar a cualquier tipo de molde.

El **precio** es el **cuarto requisito**. Se considera de un factor importante al tratarse de una máquina de rotomoldeo para un laboratorio de prototipos. Ya que no se va a obtener una rentabilidad directa con su fabricación y la amortización es a largo plazo.

Por último y no menos importante se debe valorar la huella ambiental del producto. Hoy en día todos los productos que se fabrican deben ser **sostenibles** por lo que en el diseño se tendrá en cuenta como **quinto requisito**.

### 3.2 Análisis de alternativas

Para el diseño de la estación partimos del pliego de condiciones, teniendo en cuenta estos requisitos de diseño se procede a realizar 3 propuestas de estaciones de rotomoldeo.

#### 3.2.1 Estación de aluminio y pinzas

Estación con estructura en perfilaría de aluminio, con estructura autoportante de un solo brazo. Compuesta por dos bastidores, uno exterior que gira solidario a la manivela y otro interior que se mueve gracias al accionamiento. La cadena cinemática está compuesta por una única correa y dos poleas conectadas a 90 grados de forma que al girar el bastidor exterior se consigue desplazar al bastidor interior al mismo tiempo

El sistema de anclaje se realizaría mediante unas pinzas metálicas que pellizcarían al molde por los laterales, sujetándolo en tres o cuatro puntos para que quede firme. Las pinzas se pueden desplazar por unos ejes de aluminio para aproximarse o alejarse del molde en función del tamaño.

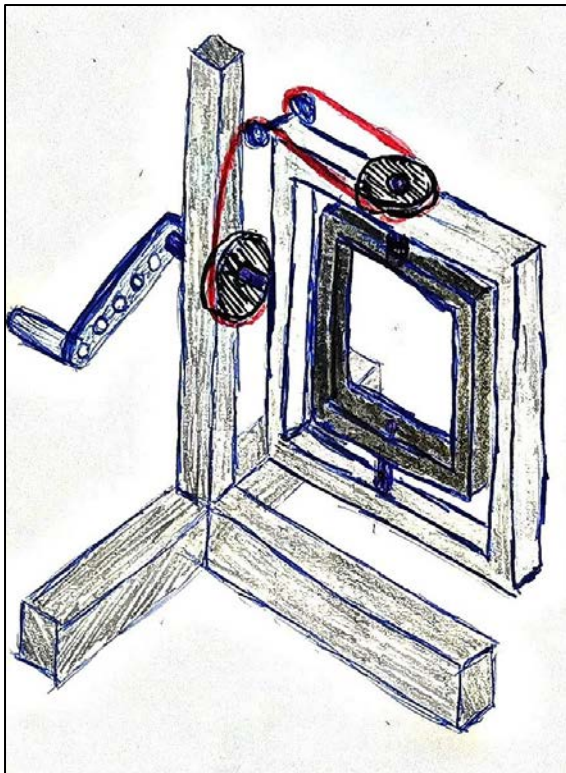


Ilustración 16: Chasis aluminio alternativa 1.  
FUENTE: Elaboración propia.

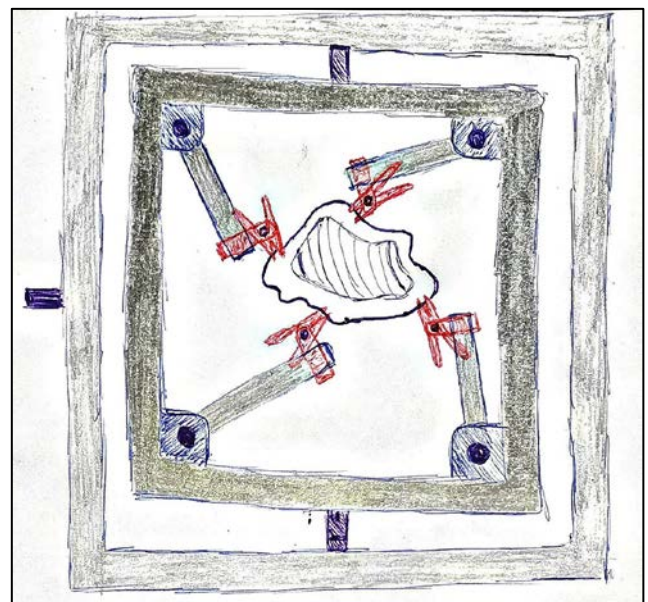


Ilustración 15: Sistema de pinzas de la alternativa 1.  
FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2.2 Estación de aglomerado y doble guiado

En este caso se plantea realizar los bastidores con tableros de aglomerado chapado. Es consistente, hay mayor variedad de espesores que en el caso de la perfilería metálica y su precio es inferior a esta. El bastidor exterior se coloca con su eje en vertical y el bastidor interior con su eje en horizontal. Esta disposición se adopta porque el bastidor más pesado es el exterior y por lo tanto no interesa que sea este bastidor el que tenga que vencer la fuerza de la gravedad. El accionamiento se realiza mediante una manivela que gira un piñón cónico que está conectado a 90 grados a un piñón que gira solidario al bastidor exterior. Una correa con dos poleas se encarga de transmitir el movimiento al eje intermedio y mediante otros dos piñones cónicos se transmite el movimiento desde el eje intermedio al eje del bastidor interior.

Para el anclaje de las piezas se plantea un sistema de guiados bidireccional que permita ajustarse a cualquier tipo de pieza. El bloqueo de ambos guiados se realiza directamente sobre la guía. Consiste en colocar el molde y ajustar las escuadras hasta que encajan con el molde y en ese momento se bloquean los guiados.

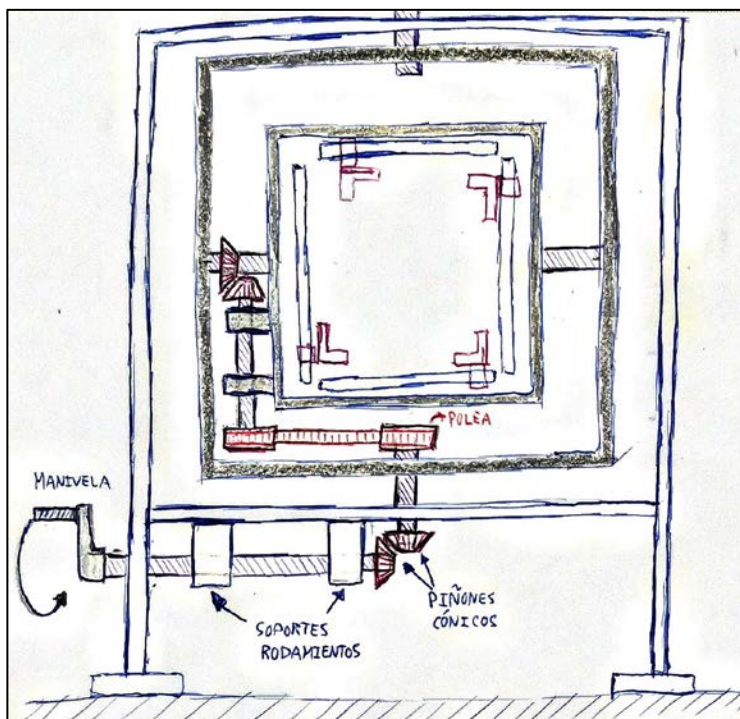


Ilustración 18: Alternativa 2. Estructura de tableros de aglomerado con sistema de accionamiento y sistema de anclaje.  
 FUENTE: Elaboración propia.

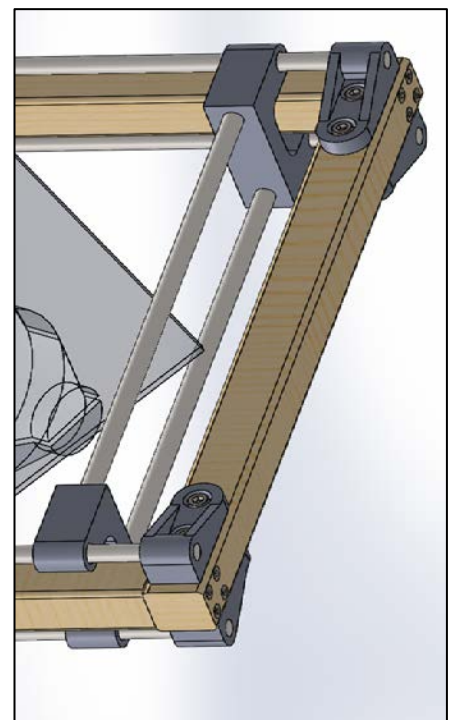
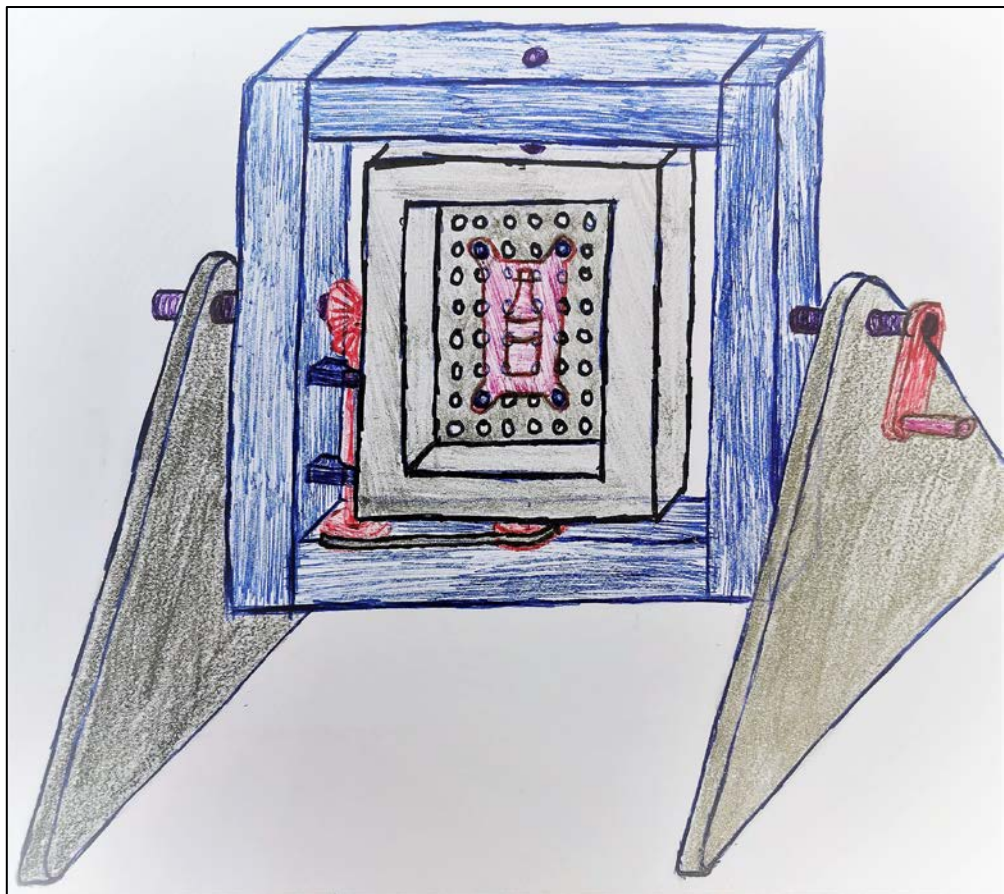


Ilustración 17: Sistema de doble guiado para el anclaje de los moldes.  
 FUENTE: Elaboración propia

### 3.2.3 Estación de listones de pino y chapa taladrada

Para este modelo se opta por utilizar listones de madera de pino cuadrados para conseguir más resistencia en ambas direcciones del bastidor. En este caso el bastidor exterior se coloca en posición horizontal y el bastidor interior en vertical. Esta disposición reduce los componentes de la cadena cinemática, pero tiene como desventaja la gravedad. Más adelante se analizará en detalle que factores son más favorables en cada una de las propuestas. Para el anclaje se diseñan unas pletinas con agujeros sobre las que se atornillaran los moldes. En los moldes se debe añadir unos agujeros pasantes para realizar el anclaje a las chapas.



*Ilustración 19: Estructura con listones de pino y paneles de contrachapado. Sistema de anclaje con plancha agujerada para sujetar el molde con tornillos. FUENTE: Elaboración propia.*

### 3.3 Análisis dafo de la alternativa seleccionada

Una vez expuestas las alternativas se procede a realizar el análisis y la selección de la mejor opción. Previamente al análisis se debe establecer cuáles son los requerimientos funcionales del producto y la ponderación de estos.

En primer lugar, la configurabilidad que tiene el sistema para poder adaptarse a los distintos tamaños y formas de los moldes. Por otro lado, la estación no debe necesitar grandes mantenimientos. Su precio y su peso serán requerimientos para tener en cuenta a la hora de seleccionar una opción u otra. Finalmente, en el entorno ambiental es importante tener en cuenta si la fabricación y los materiales son sostenibles o no. La ponderación queda de la siguiente forma:

Tabla 2: Ponderación requerimientos funcionales. FUENTE: Elaboración propia

Requerimientos funcionales	Valor (%)	Valor (100 / %)
Configurabilidad	25	0.25
Consistencia	10	0.1
Precio	15	0.15
Peso	25	0.25
Sostenibilidad	25	0.25
Total	100	1



Gráfico 1: Ponderación de los requerimientos funcionales. FUENTE: Elaboración propia

A los distintos requerimientos funcionales se les asigna un rango de valoración que va de 1 a 5 siendo 1 la opción más desfavorable. En las siguientes tablas se exponen los rangos para cada una de las funcionalidades.

Tabla 3: Rangos de la configurabilidad. FUENTE: Elaboración propia.

Configurabilidad	Opciones	Valor
Tamaños de molde que puede sostener, ejes móviles: 0,1,2 Número de fomas de anclaje disponibles, 1,2	0 ejes y 1 tipos de anclajes	1
	1 ejes y 1 tipos de anclajes	2
	1 ejes y 2 tipos de anclajes	3
	2 ejes y 1 tipos de anclajes	4
	2 ejes y 2 tipos de anclajes	5

Tabla 4: Rangos del mantenimiento. FUENTE: Elaboración propia.

Consistencia	Opciones	Valor
Hace referencia a la rigidez de las estructura y a la resistencia y firmeza de las uniones entre las piezas de los bastidores	Carece de rigidez. Uniones flexibles	1
	Poco rígida	2
	Medianamente rígida pero uniones débiles	3
	Medianamente rígida y uniones firmes	4
	Muy rígida y con uniones firmes	5

Tabla 5: Rangos del precio FUENTE: Elaboración propia.

Precio	Opciones	Valor
Costes: -> Materiales -> Fabricación -> Procesado -> Instalación	Más de 2000 €	1
	1500 - 2000 €	2
	1000 - 1500 €	3
	500 - 1000 €	4
	0 - 500 €	5

Tabla 6: Rangos del peso. FUENTE: Elaboración propia.

Peso	Opciones	Valor
Al tratarse de un conjunto que tiene conjuntos móviles el peso es un factor importante	25 a 30 kg	1
	20 a 25 kg	2
	15 a 20 kg	3
	10 a 15 kg	4
	Menos de 15 kg	5

Tabla 7: Rangos de la sostenibilidad. FUENTE: Elaboración propia.

Sostenibilidad	Opciones	Valor
Se tiene en cuenta si se trata de productos reciclables o reciclados y la cantidad de recursos productivos para su fabricación	No reciclables y recursos productivos altos	1
	No reciclables y recursos productivos bajos	2
	Reciclables y recursos productivos altos	3
	Reciclables y recursos productivos bajos	4
	Reciclados y recursos productivos bajos	5



Una vez definidos los requerimientos funcionales y sus rangos de valoración se proceden a ponderar las distintas propuestas realizadas frente a los requerimientos funcionales.

Tabla 8: Evaluación de propuestas frente a requerimientos. FUENTE: Elaboración propia.

Rango 1 a 5	Configurabilidad	Consistencia	Precio	Peso	Sostenibilidad
ALUMINIO Y PINZAS	5	5	2	3	3
AGLOMERADO Y DOBLE GUIADO	4	3	3	3	5
LISTONES Y PLETINAS	3	4	4	5	4

A continuación, se enfrenta el resultado de la tabla anterior con la ponderación de los requerimientos para obtener el valor real.

Tabla 9: Resultados de la selección de propuestas. FUENTE: Elaboración propia.

Ponderado	Configurabilidad	Consistencia	Precio	Peso	Sostenibilidad	TOTAL
ALUMINIO Y PINZAS	1.25	0.5	0.3	0.75	0.75	3.55
AGLOMERADO Y DOBLE GUIADO	1	0.3	0.45	0.75	1.25	3.75
LISTONES Y PLETINAS	0.75	0.4	0.6	1.25	1	4

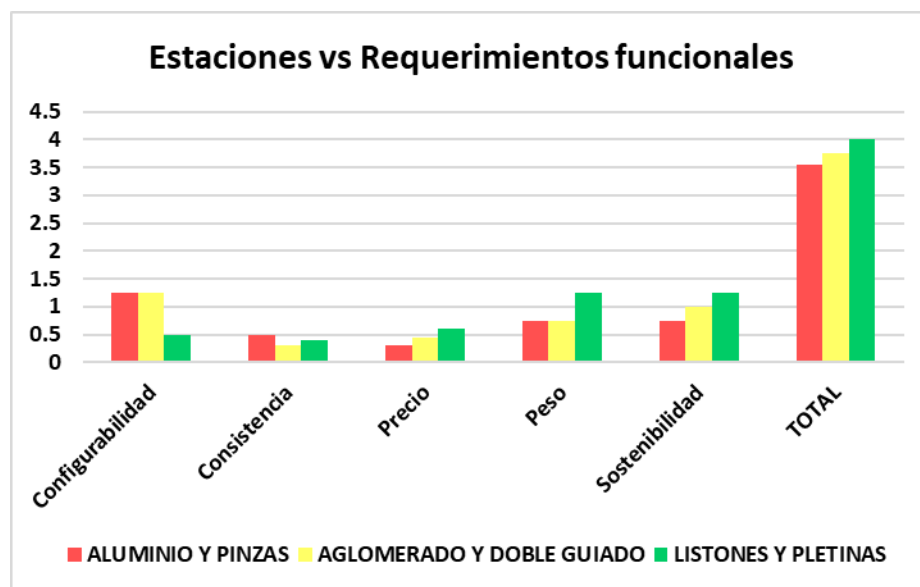


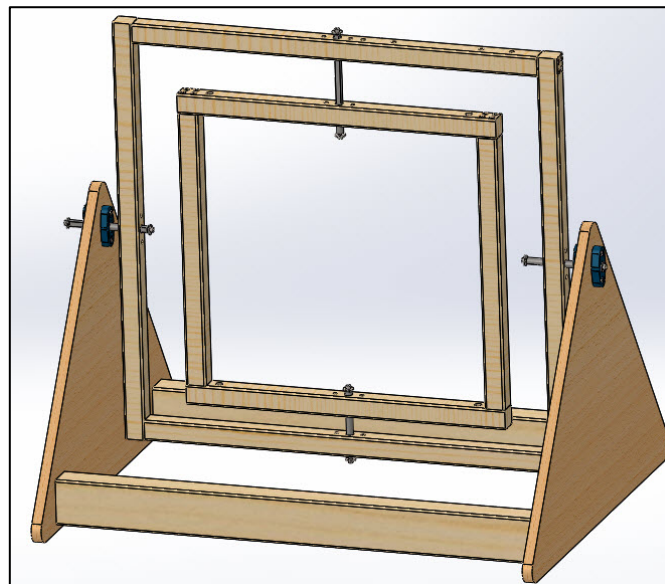
Gráfico 2: Resultado de la selección de bocetos. FUENTE: Elaboración propia.

Tomando como referencia la tabla ponderada se comprueba que la opción mejor valorada es la de **listones y pletinas**. Podemos comprobar que es la mejor valorada gracias a la buena valoración que recibe en cuanto a peso, precio y sostenibilidad. No destaca en los requerimientos principales, pero es más constante en sus resultados. En el aspecto de los

sistemas de anclaje son las **pinzas** y el **doble guiado** los galardonados. Sin embargo, el sistema de **pletinas** queda relegado a un tercer lugar. Finalmente, una vez realizada la valoración y el análisis se concluye que la opción a diseñar tendrá la estructura de la propuesta de **listones y pletinas**, pero con un sistema de anclaje que lo aporte las mismas funcionalidades que el sistema de **doble guiado**.

### 3.4 Resumen boceto seleccionado

Antes de acometer el proceso de diseño como tal se exponen a continuación las principales características extraídas de la selección de bocetos y los requisitos de diseño. La estación tendrá un bastidor fijo en su parte exterior, fabricado en madera. Ya que es menos densa, más barata y sostenible que el aluminio. Por esta misma razón, los bastidores móviles también se diseñarán en madera. La disposición de los bastidores será como en la segunda propuesta: bastidor exterior con eje en horizontal y bastidor interior con eje en vertical. El accionamiento se realizará mediante una manivela en un lateral del bastidor fijo. La manivela hará girar el bastidor exterior y a su vez una polea unida a ella. Esta polea estará conectada con una correa a otra polea la cual transmitirá el giro a un piñón cónico dentado. Este Piñón estará conectado a 90 grados con el piñón que se encuentra en el eje del bastidor interior. Esta cadena cinemática es más corta y ligera que la segunda propuesta y no tiene opción a patinar como le podría ocurrir a la primera propuesta. En la ilustración 20 se puede ver un pequeño boceto de la estación seleccionada con las mejoras implementadas.



*Ilustración 20: Boceto del diseño correspondiente a la alternativa hecho en Solidworks.  
 FUENTE: Elaboración propia.*

### 3.5 Normativa

En este apartado se aglutina toda la normativa de aplicación para el diseño de la estación de moldeo rotacional.

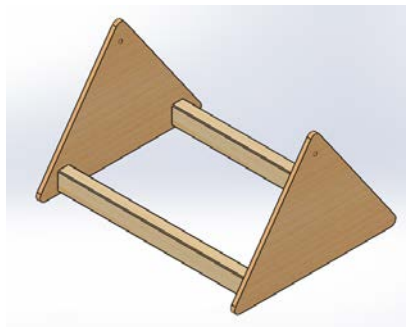
- UNE-EN 1005-1:2002+A1:2009 Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 1: Términos y definiciones.
- UNE-EN 1005-2:2004+A1:2009 Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus partes componentes.
- UNE-EN 1005-3:2002+A1:2009 Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009 Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.
- UNE-EN ISO 13857:2008 Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores (ISO 13857:2008)
- UNE-EN ISO 14159:2008 Seguridad de las máquinas. Requisitos de higiene para el diseño de las máquinas. (ISO 14159:2002)
- UNE-EN ISO 11161:2009 Seguridad de las máquinas. Sistemas de fabricación integrados. Requisitos fundamentales. (ISO 11161:2007)
- UNE-EN 13861:2011 Seguridad de las máquinas. Guía para la aplicación de las normas sobre ergonomía al diseño de máquinas.
- UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)
- UNE-EN ISO 14119:2014 Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección. (ISO 14119:2013)

### 3.6 Diseño de la estación

El diseño de la estación se va a realizar con la herramienta de diseño en 3D SOLIDWORKS. El diseño se descompone en módulos, bastidores (fijo, móvil exterior y móvil interior), ejes, soportes de rodamiento, cadena cinemática y sistema de anclaje.

#### 3.6.1 Bastidor fijo

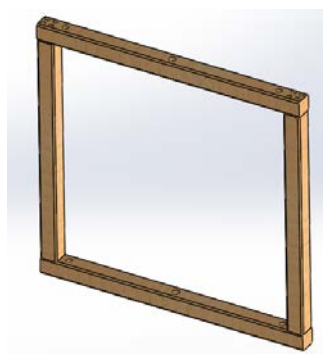
Es la estructura que da cuerpo a la estación, por lo que debe ser muy rígida y estable. Para ello se opta por utilizar dos paneles laterales en aglomerado chapado de espesor comercial 15mm y unidos por su parte inferior mediante dos listones de pino, atornillados de 30mm x 30mm. En la parte superior de los paneles se harán los agujeros para meter los ejes que sujetaran a los bastidores móviles.



*Ilustración 21: Estructura del bastidor fijo. FUENTE: Elaboración propia.*

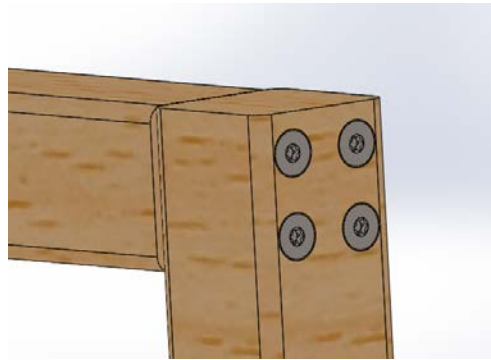
#### 3.6.2 Bastidor móvil exterior

Este bastidor está unido al bastidor fijo y a su vez sujeta al bastidor interior. El diseño debe resistir el peso del bastidor interior y el molde. Debe llevar dos agujeros sobre los que se introducirán los ejes para el accionamiento. El material seleccionado son listones de pino, gracias a su baja densidad y precio. El diseño es el siguiente:



*Ilustración 22: Bastidor móvil exterior compuesto por 4 listones. FUENTE: Elaboración propia.*

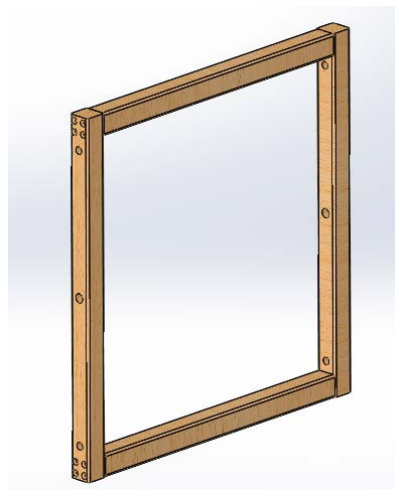
El bastidor está dividido en 4 partes, iguales 2 a 2. La unión entre ellos se realiza con tornillos rosca-madera normalizados. Para evitar el giro de las piezas se colocan 4 tornillos en cada unión formando un cuadrado. Se utilizan tornillos con cabeza torx para que no resbalen como los philips o los de cabeza plana.



*Ilustración 23: Disposición de los tonillos que unen las piezas del bastidor exterior. FUENTE: Elaboración propia*

### 3.6.3 Bastidor móvil interior

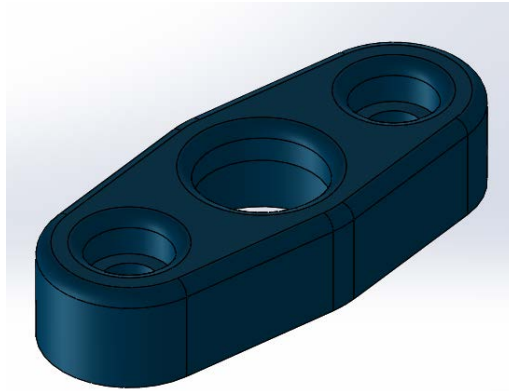
Sobre este bastidor será el lugar donde se coloquen los distintos moldes, por lo que debe llevar el guiado para los moldes y unos agujeros para colocar los ejes y los accionamientos. El material utilizado y la unión entre los listones se realizará de la misma forma que en el bastidor exterior. El diseño queda de la siguiente forma:



*Ilustración 24: Bastidor móvil interior compuesto por 4 piezas. FUENTE: Elaboración propia.*

### 3.6.4 Soportes de rodamiento

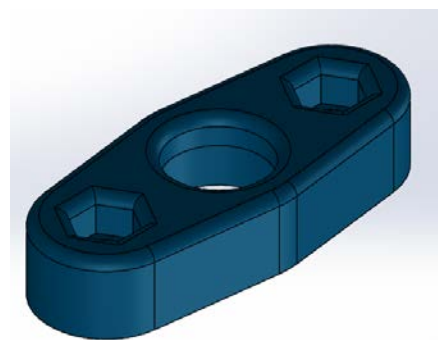
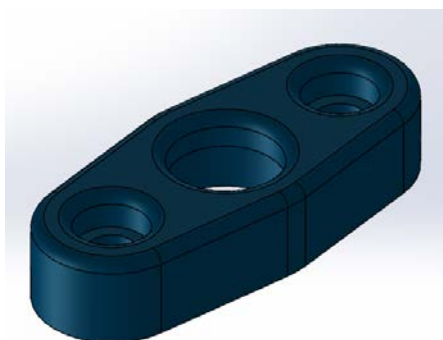
Como se planteó la idea de motorizar el sistema es necesario que los ejes no rueden directamente sobre la madera y lleven rodamientos para reducir la fricción y el par de arrastre. Se diseñan unos soportes de rodamiento que se atornillaran a los bastidores en aquellos puntos en los que pase un eje a través de los bastidores.

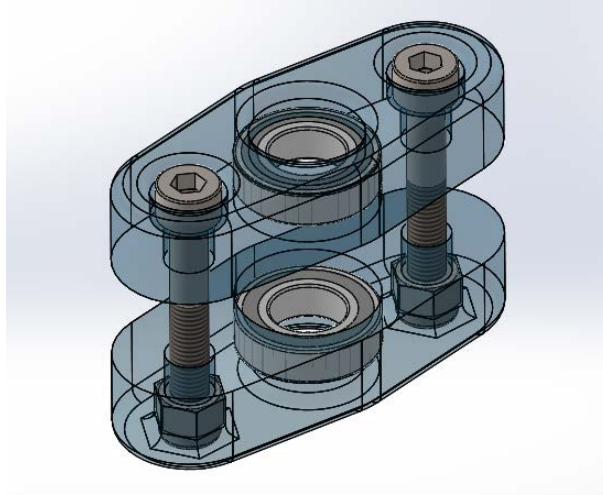


*Ilustración 25: Soporte de rodamiento diseñado en Solidworks. FUENTE: Elaboración propia.*

Se realiza una caja para que los tornillos queden insertados en la pieza, y en el centro de la pieza se encuentra el alojamiento del rodamiento. Se estima un peso aproximado de 20kg entre ambos bastidores móviles y el accionamiento. Para una velocidad de 12 rpm para el bastidor exterior y una relación de transmisión de 1:3 o 1:4 [10]. Se realiza un cálculo del tipo de rodamiento y el tamaño del eje, estos cálculos se incluyen en el **ANEXO I**

Para poder atornillar los soportes se realizan en el bastidor dos agujeros pasantes y se monta a cada lado del bastidor un soporte de rodamiento. Uno de los soportes tendría el alojamiento para el rodamiento y las cajas para las cabezas de los tornillos y el soporte del lado opuesto tendría el alojamiento para el rodamiento y por otro lado, dos agujeros hexagonales en los que encajaría las tuercas autoblocantes de los tornillos. Aquí se muestran los dos tipos de soportes y el montaje realizado sobre el bastidor fijo.



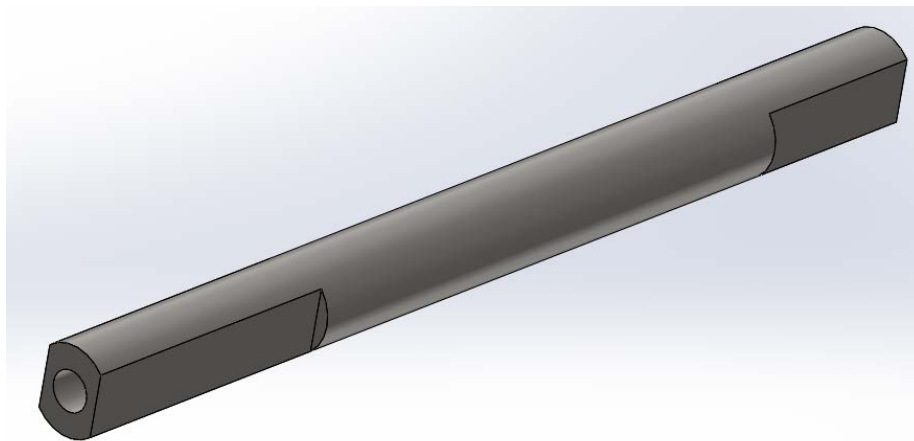


*Ilustración 26: Conjunto soporte de rodamiento con tornillos. FUENTE: Elaboración propia*

Para poder abaratar costes y ya que las solicitaciones mecánicas no son muy grandes los soportes se fabricarán en una impresora 3D. Utilizando como material de aporte PLA reciclado.

### **3.6.5 Ejes**

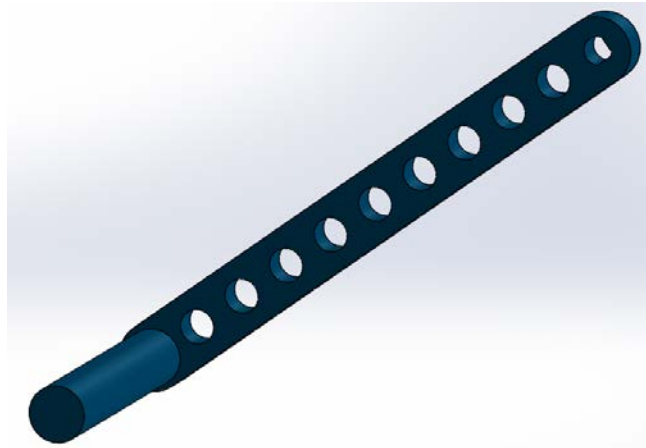
Los ejes se realizan en acero inoxidable según los cálculos realizados en el ANEXO I. Algunos de ellos llevan un rebaje para poder bloquear el giro de los engranajes y poleas. Se utilizan ejes de 10 mm y 8 mm. En total son 4 ejes. Dos entre cada dos bastidores. Para poder asegurar que no se salen los ejes de su posición, se les realiza dos agujeros roscados en los extremos en los que se montaran unos tornillos para bloquearlos.



*Ilustración 27: Eje diseñado en SolidWorks con rebaje para engranaje y manivela. Además de los agujeros para bloquear los ejes. FUENTE: Elaboración propia.*

### 3.6.6 Cadena cinemática

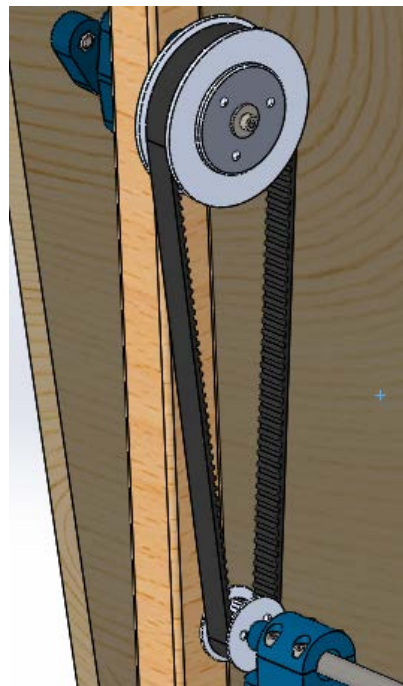
Antes de poder dimensionar la cadena cinemática se debe tener en cuenta las partes que la componen. El inicio de la cadena es una manivela. El material seleccionado para la manivela es PLA reciclado.



*Ilustración 28: Manivela para mover los bastidores móviles. FUENTE: Elaboración propia.*

#### 3.6.6.1 Sistema de poleas y correa

Los siguientes componentes de la cadena son la correa y las poleas que desplazan el movimiento al bastidor interior. Los cálculos y la selección de la correa y las poleas están en el ANEXO 1



*Ilustración 29: Disposición de la correa y las poleas de la cadena cinemática. FUENTE: Elaboración propia.*



La polea conducida está conectada a un eje que transmite el movimiento hasta el eje de del bastidor móvil interior. Al final de este eje se coloca un engranaje cónico que transmite el movimiento al bastidor móvil interior.

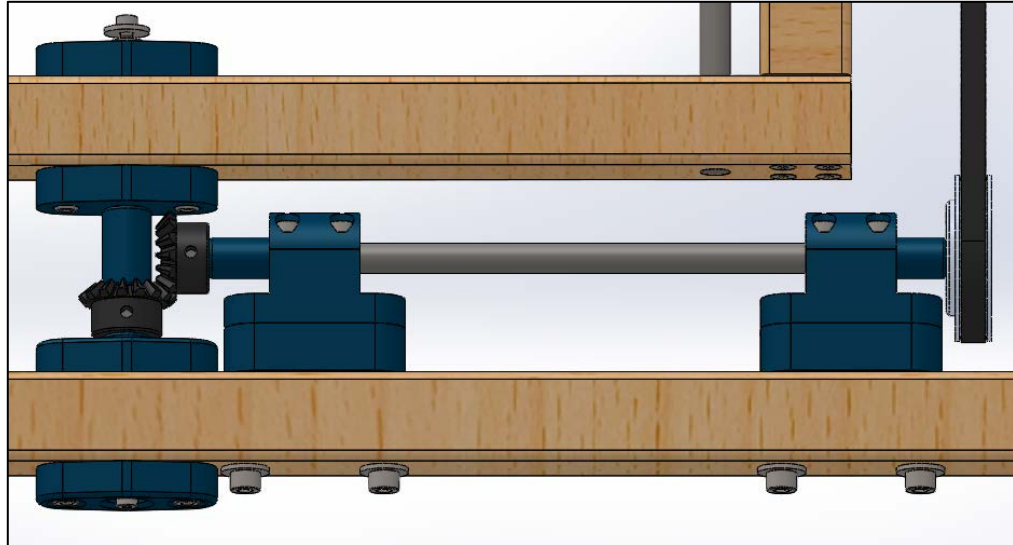


Ilustración 30: Eje intermedio de unión entre polea y piñón. FUENTE: Elaboración propia

Para sujetar el eje intermedio se diseñan unos soportes de rodamiento y unos separadores que permiten fijar al eje en la posición deseada.

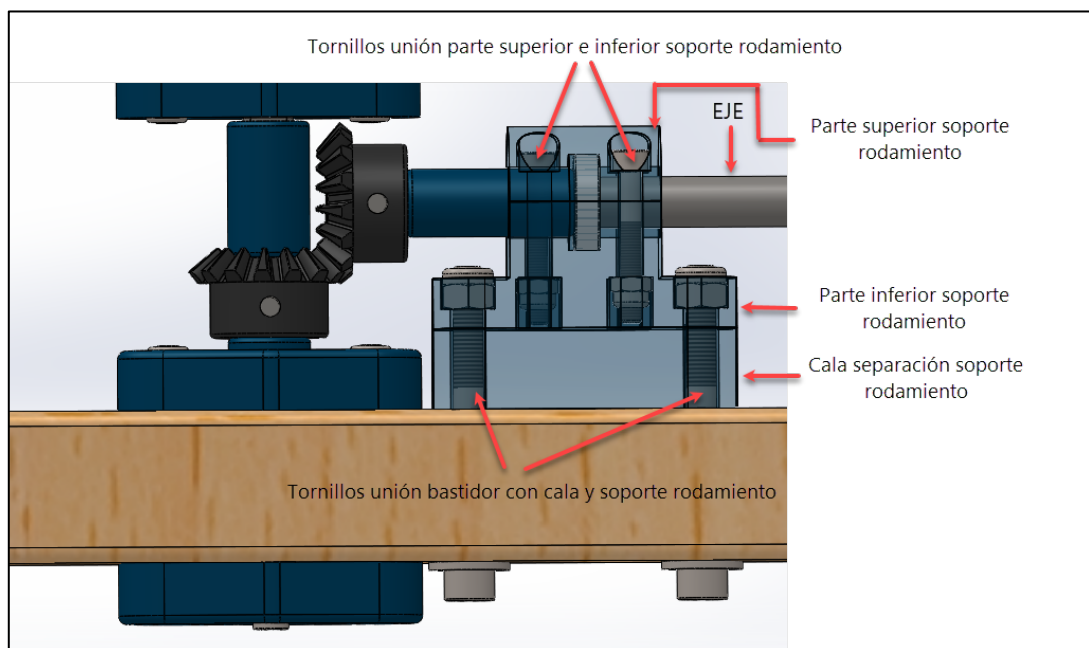
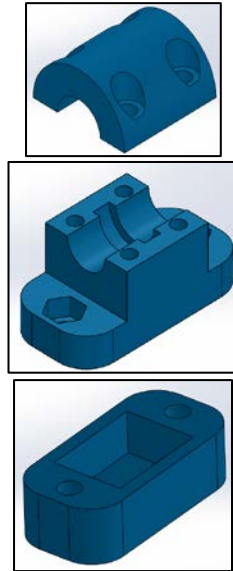
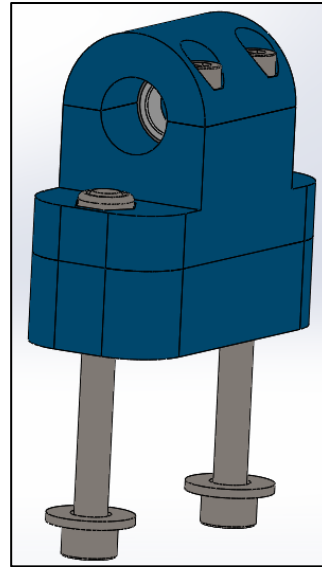


Ilustración 31: Sistema de anclaje para el eje intermedio. FUENTE: Elaboración propia.



*Ilustración 32: Despiece soporte de rodamiento 2.  
FUENTE: Elaboración propia*



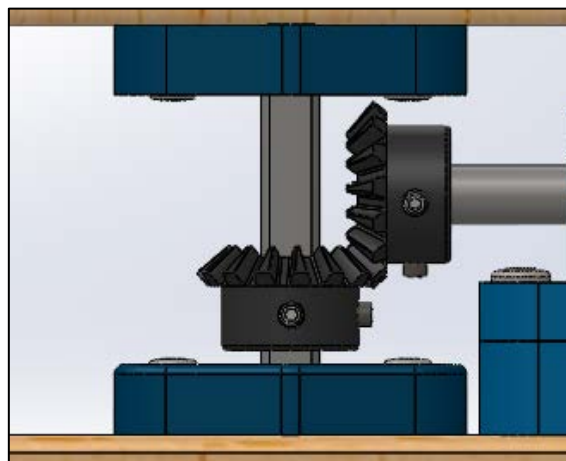
*Ilustración 33: Conjunto soporte rodamiento 2.  
FUENTE: Elaboración propia.*

La tornillería seleccionada para los soportes es:

- 2 x Tornillo Allen ISO-4762 M6 x 60
- 2 x Tuerca M6 ISO-7040 autoblocante
- 4 x Tornillo Allen ISO-4762 M4 x 40
- 4 x Tuerca M4 ISO-7040 autoblocante

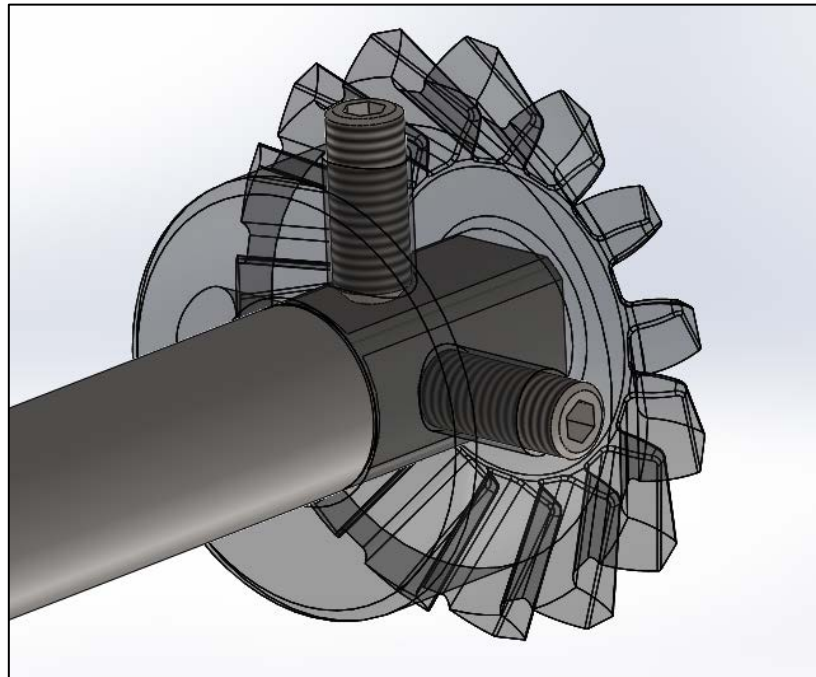
### 3.6.6.2 Sistema de engranajes

Para poder transmitir el movimiento al eje del segundo bastidor es necesario realizar un cambio de ángulo en la transmisión. Esto se realiza mediante dos piñones cónicos.



*Ilustración 34: Transmisión mediante piñones cónicos. FUENTE: Elaboración propia.*

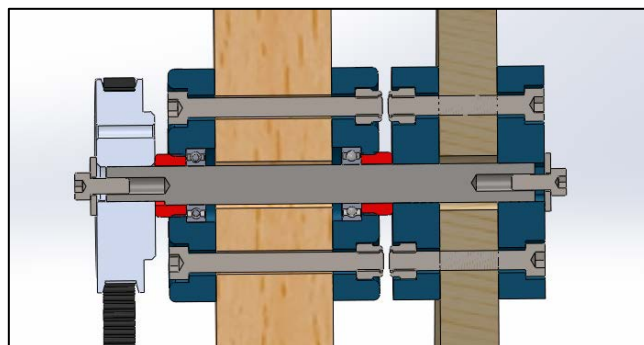
Para poder bloquear los piñones se utilizan unos espárragos M4 ISO-4026 con cabeza Allen y punta plana. Los ejes poseen una cara plana sobre la que empujan los espárragos.



*Ilustración 35: Anclaje y bloqueo de los rodamientos mediante espárragos.  
FUENTE: Elaboración propia.*

### 3.6.7 Separadores

Para que los ejes no se desplacen en los rodamientos y poder separar los bastidores entre ellos con una distancia fija se fabrican unos separadores de PLA. Se diseñan en función del lugar donde se van a ubicar y se aprovecha el anillo interior de los rodamientos para que sea ahí el lugar donde apoyen los separadores. En la imagen 36 se pueden observar los separadores en color rojo.



*Ilustración 36: Separadores (en color rojo) ubicados sobre el eje. FUENTE: Elaboración propia*

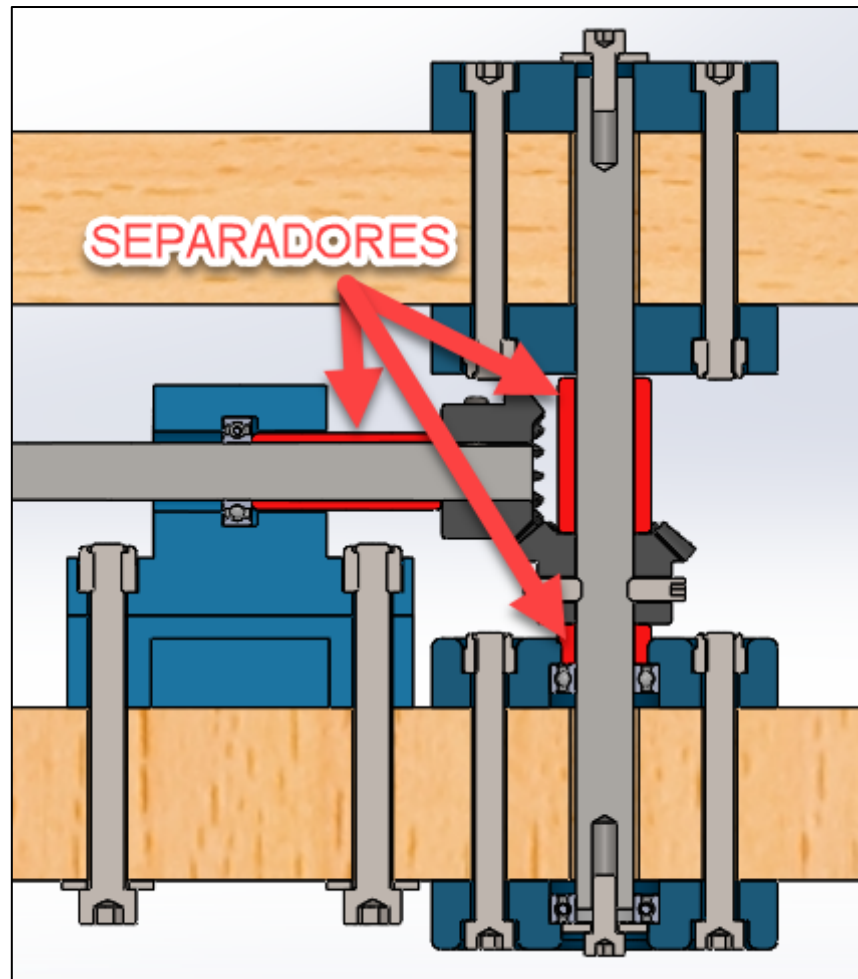


Ilustración 37: Separadores en la zona de los piñones. FUENTE: Elaboración propia.

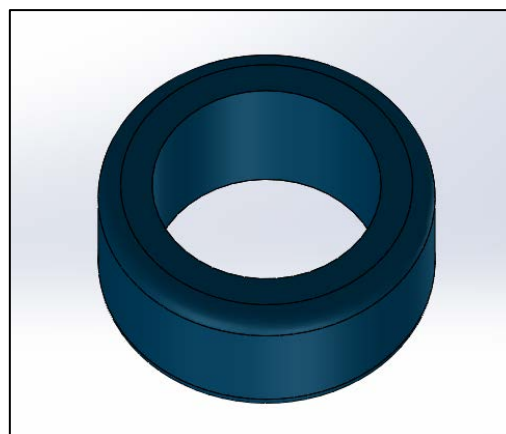


Ilustración 38: Diseño de casquillo en SolidWorks. FUENTE: Elaboración propia.

Se selecciona el PLA reciclado para la fabricación de los separadores. Se añadirán varios separadores extra como recambios para poder absorber los fallos de ajuste que puedan tener los bastidores de la estructura en su fabricación.

### 3.6.8 Sistema de anclaje

El sistema de anclaje está compuesto por dos guiados insertados en el bastidor móvil interior y unas pletinas con apretadores que deslizan por su interior.

Los guiados se diseñan en acero inoxidable, ya que al estar en contacto con la piel al manipular la máquina tienen riesgo de oxidarse. Se selecciona varilla calibrada de espesor 10mm.

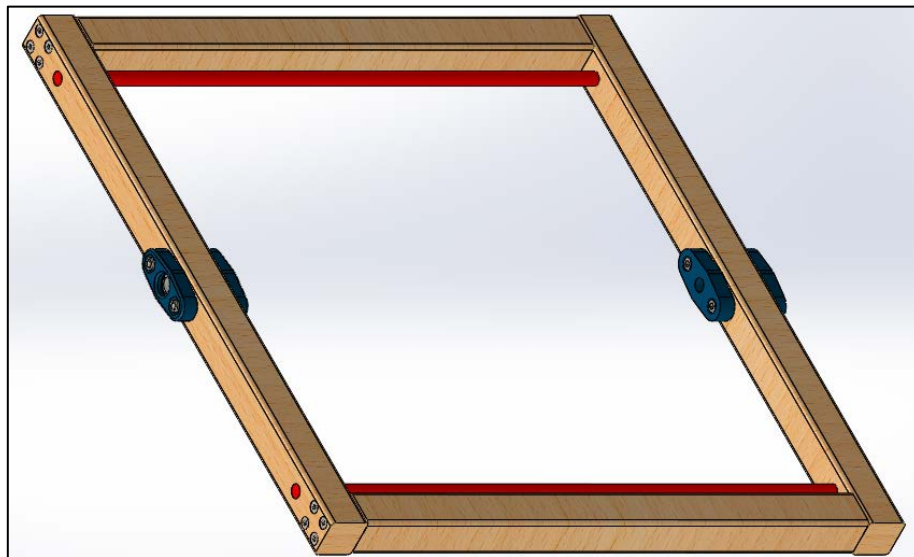


Ilustración 39: Guiados laterales insertados en el bastidor. FUENTE: Elaboración propia.

El sistema de pletinas se compone de unas pletinas taladradas y roscadas de 350 mm de largo y 8mm de espesor.

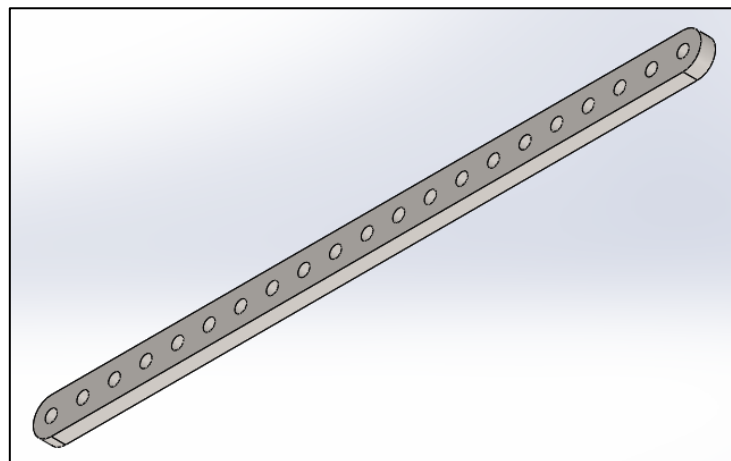
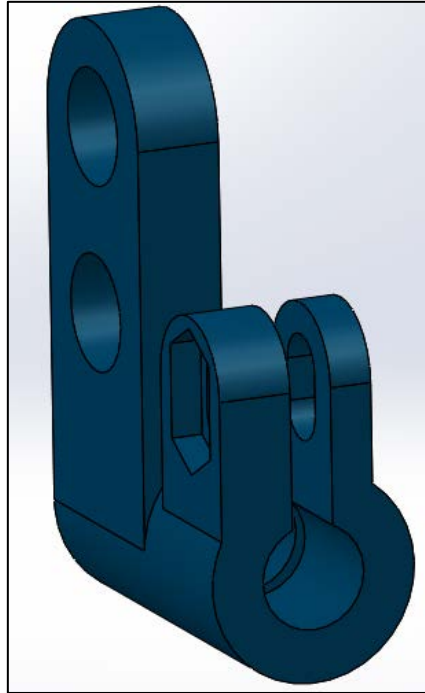


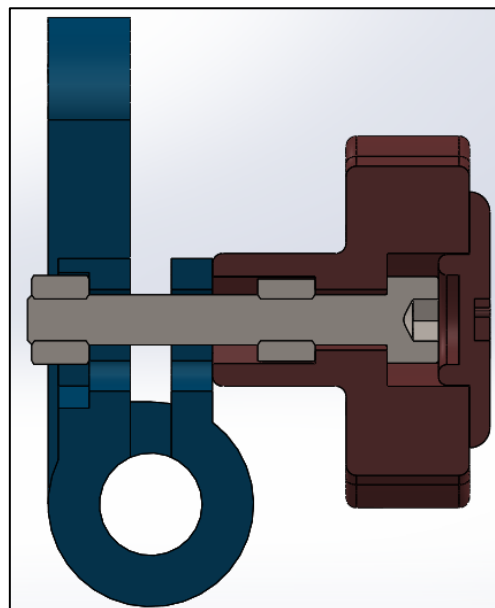
Ilustración 40: Pletina roscada para sujetar los moldes. FUENTE: Elaboración propia.

La pletina se atornilla a los apretadores que se bloquean con el guiado. El bloqueo se realiza con la ayuda de una rueda de apriete. Se deja el perfil del apretador abierto para que al cerrar el tornillo la abrazadera ceda y pellizque al guiado.



*Ilustración 41: Apretador con agujeros para pletina y ranura para el tornillo de apriete.*

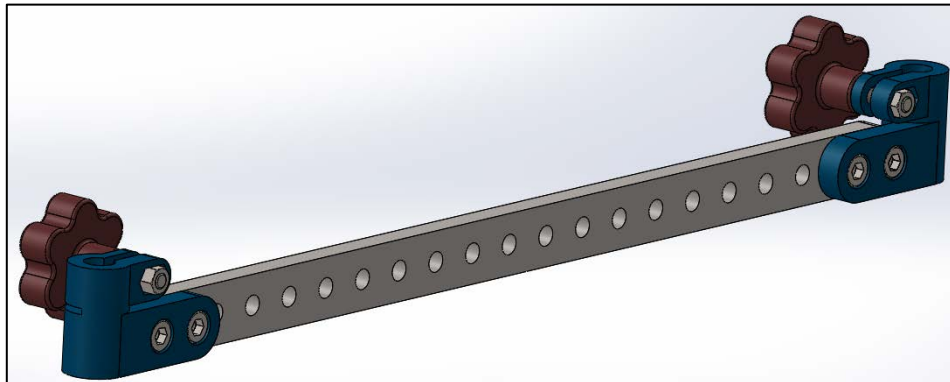
*FUENTE: Elaboración propia.*



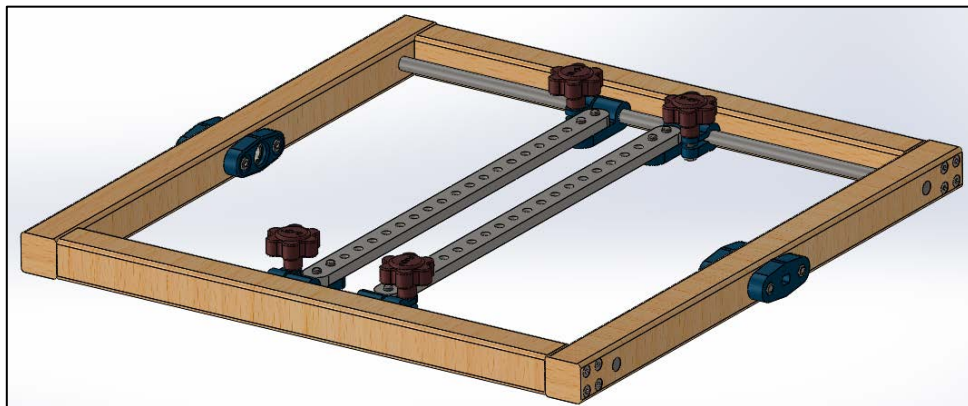
*Ilustración 42: Apretador con tornillo, tuercas y rueda de apriete.*

*FUENTE: Elaboración propia.*

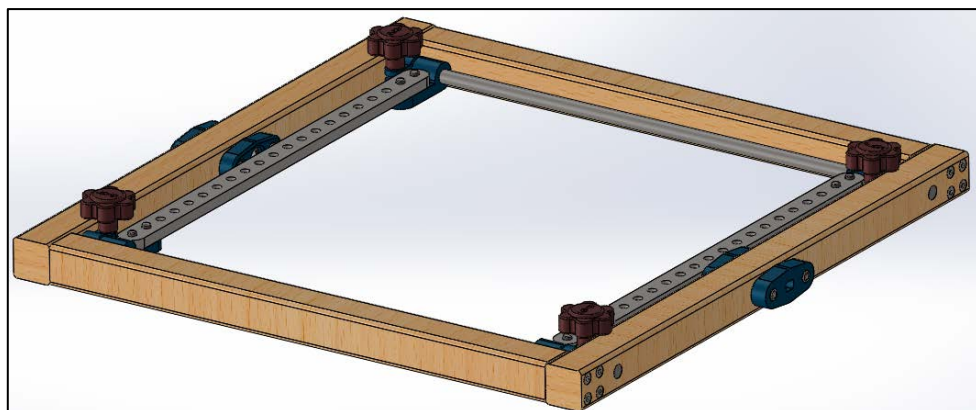
Los apretadores se atornillan a las pletinas y se colocan en el interior de los guiados. Se pueden desplazar a lo largo de todo el guiado en función del tamaño que tenga el molde a utilizar.



*Ilustración 43: Pletina con apretadores. FUENTE: Elaboración propia.*



*Ilustración 44: Sistema de anclaje en posición cerrada. FUENTE: Elaboración propia.*



*Ilustración 45: Sistema de anclaje en posición abierta. FUENTE: Elaboración propia.*

## 4 PRESUPUESTO

Una vez diseñadas todas las piezas de la estación y realizado el ensamblaje en SolidWorks. Corresponde elaborar el presupuesto para posteriormente acometer la fabricación. En primer lugar, se dividen todas las piezas en elementos no comerciales y comerciales. En el caso de los no comerciales el coste se calcula teniendo en cuenta el precio de un metro o un kilo de material y multiplicándolo por la cantidad utilizada.

ELEMENTOS NO COMERCIALES	REFERENCIA	CANTIDAD	MATERIAL	PESO O LARGO	COSTE MATERIAL €/kg o €/m	COSTE MATERIAL (€)
Manivela	2019_06_001_002	1	PLA	0.20	35.00	7.00
Molde 1	2019_06_001_001	1	Fibra de vidrio moldes	0.00	1.16	0.00
Bastidor interior	2019_06_002_001	1	Haya	2.00	0.75	1.50
Soporte rodamiento 2 tuerca	2019_06_005_001	5	PLA	0.05	35.00	8.75
Soporte rodamiento 2 cabeza	2019_06_005_002	5	PLA	0.05	35.00	8.75
Soporte bloqueo tuerca	2019_06_007_001	2	PLA	0.05	35.00	3.50
Soporte móvil cabeza	2019_06_007_002	2	PLA	0.05	35.00	3.50
Soporte pletina inferior	2019_06_008_002	2	PLA	0.15	35.00	10.50
Rueda apretador	2019_06_008_005	4	PLA	0.07	35.00	9.80
Tapa rueda apretador	2019_06_008_006	4	PLA	0.02	35.00	2.80
Soporte pletina superior	2019_06_008_004	2	PLA	0.15	35.00	10.50
Plantilla agujeros	2019_06_008_007	2	1.4301 (X5CrNi18-10)	0.40	0.00	0.00
Guiado lateral apretadores	2019_06_008_008	2		2.00	3.00	12.00
Bastidor exterior	2019_06_003_001	1	Haya	3.00	3.00	9.00
Pata lateral 1	2019_06_004_001	1	DM	2.00	10.00	20.00
Listón inferior	2019_06_004_002	2	Pino	2.00	8.00	32.00
Soporte bloqueo cabeza	2019_06_007_003	1	PLA	0.05	35.00	1.75
Soporte bloqueo tuerca	2019_06_007_004	1	PLA	0.05	35.00	1.75
Pata lateral 2	2019_06_004_005	1	DM	2.00	10.00	20.00
Eje 5	2019_06_010_005	1	1.4000 (X6Cr13)	0.70	6.50	4.55
Base soporte rodamiento accionamiento	2019_06_006_002	2	PLA	0.15	35.00	10.50
Tapa soporte rodamiento accionamiento	2019_06_006_003	2	PLA	0.15	35.00	10.50
Separador soporte rodamiento	2019_06_006_008	2	PLA	0.05	35.00	3.50
Eje 1	2019_06_010_001	1	1.4000 (X6Cr13)	0.50	6.40	3.20
Eje 2	2019_06_010_002	1	1.4000 (X6Cr13)	0.50	6.40	3.20
Eje 3	2019_06_010_003	1	1.4000 (X6Cr13)	0.50	6.40	3.20
Eje 4	2019_06_010_004	1	1.4000 (X6Cr13)	0.50	6.40	3.20
Casquillo ejes 1 y 2 interior y exterior	2019_06_011_001	4	PLA	0.02	35.00	2.80
Casquillo piñón eje 3 exterior	2019_06_011_002	1	PLA	0.02	35.00	0.70
Casquillo piñón eje 3 interior	2019_06_011_003	1	PLA	0.02	35.00	0.70
Casquillo piñón eje 5	2019_06_011_004	1	PLA	0.02	35.00	0.70
Casquillo polea eje 5	2019_06_011_005	1	PLA	0.02	35.00	0.70
Casquillo interior eje 4	2019_06_011_006	1	PLA	0.02	35.00	0.70
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>211.25</b>
					<b>IVA (21%)</b>	<b>44.36</b>
					<b>TOTAL</b>	<b>255.61</b>

Ilustración 46: Presupuesto elementos no comerciales. FUENTE:Elaboración propia.



ELEMENTOS COMERCIALES	REFERENCIA	CANTIDAD	MATERIAL	COSTE UNITARIO	COSTE MATERIAL (€)
Allen M6 x 16	ISO 4762 M6 x 16 - 16C	2		0.1	0.2
Arandela 6 normal	ISO 10673-7.4-N	6		0.06	0.36
Rodamiento	6800ZZ	12		2.66	31.92
Tuerca autoblocante M5	ISO 7040-M5-C	16		0.15	2.4
Allen M5 x 50	ISO 4762 M5 x 50 - 22C	12		0.08	0.96
Allen M5 x 35	ISO 4762 M5 x 35 - 22C	8		0.09	0.72
	ISO - 4034 - M5 - N	8		0.06	0.48
Allen M6 x 12	ISO 4762 M6 x 12 - 12C	12		0.08	0.96
Tornillo autoros 25mm	ISO 14586 - ST3.5 x 25-F-N	32		0.04	1.28
	ISO 14586 - ST6.3 x 38-F-N	16		0.12	1.92
Allen M4 x 10	ISO 4762 M4 x 10 - 10C	9		0.14	1.26
Arandela i5 e15	ISO 10669-4.7-L	9		0.05	0.45
Allen M4 x 30	ISO 4762 M4 x 30 - 20C	8		0.11	0.88
Tuerca autoblocante M4	ISO 7040-M4-C	8		0.06	0.48
Tuerca autoblocante M6	ISO 7040-M6-C	4		0.08	0.32
Allen M6 x 60	ISO 4762 M6 x 60 - 24C	4		0.23	0.92
Piñon	Engranaje_conico_ECD_3217	2		9	18
Espárrago Allen M4 x 10	ISO 4026 - M4 x 10-C	6		0.2	1.2
Polea grande	Polea_HD44	1		29.4	29.4
Correa	2019_06_006_007	1	BUTYL	18.11	18.11
Polea pequeña	Polea_HD15	1		5.8	5.8
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>118.02</b>
				<b>IVA (21%)</b>	<b>24.7842</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>142.8042</b>

Ilustración 47: Presupuesto elementos comerciales. FUENTE: Elaboración propia.

Una vez calculados los costes de los materiales, se añaden al coste de horas y materiales extraordinarios.

	HORAS MANO OBRA	COSTO HORA MANO OBRA (€)	COSTO MATERIAL (€)	OTROS COSTOS (€)	TOTAL POR TAREA
<b>DISEÑO</b>					
DISEÑO PRELIMINAR Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	10	25	50	0	300
DISEÑO DE PIEZAS Y ENSAMBLAJES	40	35	100	0	1500
CALCULO ESTRUCTURAL	4	30	100	0	220
REALIZACION DE PLANOS	15	25	10	0	385
DOCUMENTACIÓN	10	20	40	0	240
<b>MATERIALES</b>					
ELEMENTOS COMERCIALES	10	0	142.80	0.00	142.80
ELEMENTOS NO COMERCIALES	30	10	255.61	0.00	555.61
<b>MONTAJE Y PRUEBAS</b>					
NO DISPONIBLE POR EL MOMENTO					
<b>SUBTOTAL</b>	<b>119</b>		<b>698.42</b>	<b>0.00</b>	<b>3343.42</b>
<b>IVA (21%)</b>			<b>146.67</b>	<b>0.00</b>	<b>702.12</b>
<b>TOTAL</b>			<b>845.08</b>	<b>0.00</b>	<b>4045.53</b>

Ilustración 48: Presupuesto total Estación de rotomoldeo. FUENTE: Elaboración propia

Finalmente, el diseño más la fabricación de la máquina de rotomoldeo saldría por 4045,53€

## 5 Conclusiones

Existen diversas técnicas de moldeo de polímero, como pueden ser la inyección, el soplado, el termoconformado o el moldeo rotacional. Este último es de los menos conocidos. A pesar de ello el rotomoldeo destaca por tratarse de una técnica muy económica para series pequeñas y puede realizarse con moldes de gran tamaño.

El rotomoldeo se puede realizar tanto en frío como en caliente, dependiendo de si se utilizan polímeros termoplásticos o termoestables.

La velocidad de giro del rotomoldeo se debe tener muy en cuenta, ya que una velocidad excesiva haría que el polímero se agitara en exceso generando burbujas, mala distribución a lo largo del molde y deformaciones superficiales.

## 6 Referencias

- [1] A. Cornejo, «Wikipedia,» 25 Abril 2015. [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Injection\\_moulding](https://en.wikipedia.org/wiki/Injection_moulding). [Último acceso: 8 Julio 2019].
- [2] M. Carvajal, «Soplado de polimeros,» 12 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://sopladodepolimeros.blogspot.com/2015/11/proceso-de-extrusion-soplado-e.html>. [Último acceso: 8 Julio 2019].
- [3] Sarasby, «Termoconformado,» 6 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Termoconformado>. [Último acceso: 9 Julio 2019].
- [4] M. Beltrán y A. Marcilla, Tecnología de Polímeros, Alicante, 2012.
- [5] R. Crawford y M. Kearns, «The Rotational Moulding Process,» de *Practical Guide to Rotational Moulding*, 2003, p. 11.
- [6] Valyrti, «Proceso de rotomoldeo,» 26 Febrero 2009. [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rotational\\_molding](https://en.wikipedia.org/wiki/Rotational_molding). [Último acceso: 11 Julio 2019].
- [7] Indiamart, «www.indiamart.com,» [En línea]. Available: <https://www.indiamart.com/proddetail/rock-n-roll-rotational-moulding-machine-18103644491.html>. [Último acceso: 10 Julio 2019].
- [8] T. Jofin, «Fabacademy,» Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://fabacademy.org/2019/labs/kochi/students/jofin-thomas/Week10.html>. [Último acceso: 11 Julio 2019].
- [9] T. Spagnoli, «Fabacademy.org,» 2015. [En línea]. Available: <http://fabacademy.org/archives/2015/eu/students/spagnoli.tommaso/documentationfinalproject.html>. [Último acceso: 12 Julio 2019].
- [10] R. Crawford y M. Kearns, «Capítulo 3: Rotational Moulding Machinery; Sección 3.5: Speed Ratio,» de *Practical Guide to Rotational Moulding*, 2003, pp. 68-69.
- [11] SIT S.p.A., Società Unipersonale, «Sit Drive Solutions,» 2019. [En línea]. Available: <http://apps.sitspa.it/SitDrive/es-ES/sitdrivees.html>. [Último acceso: 2 agosto 2019].



- [12 «Dinamica Distribuciones S.A.,» 2010. [En línea]. Available:  
<http://www.dinamica.net/es/productos/transmision-de-potencia/tarifa-precio>.  
[Último acceso: 4 agosto 2019].
- [13 T. d. plástico, «Claves en el proceso de etomoldeo,» [En línea]. Available:  
<http://www.plastico.com/temas/Claves-en-el-proceso-de-rotomoldeo+3055653>.  
[Último acceso: 10 08 2019].

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Diseño y fabricación de una máquina de rotomoldeo sin calentamiento

## ANEXO I



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Pablo Aragón Sesma

Sara Marcelino Sádaba

Pamplona, a 6 de septiembre de 2019



## ANEXO I

### 1 CÁLCULOS ESTRUCTURALES

#### 1.1 Selección de ejes

La estructura se compone de 4 ejes, dos en la zona 1 y otros dos en la zona 2. Los ejes de la zona 1 deben soportar la carga de flexión ejercida por el peso del bastidor en el centro de gravedad. El CDG

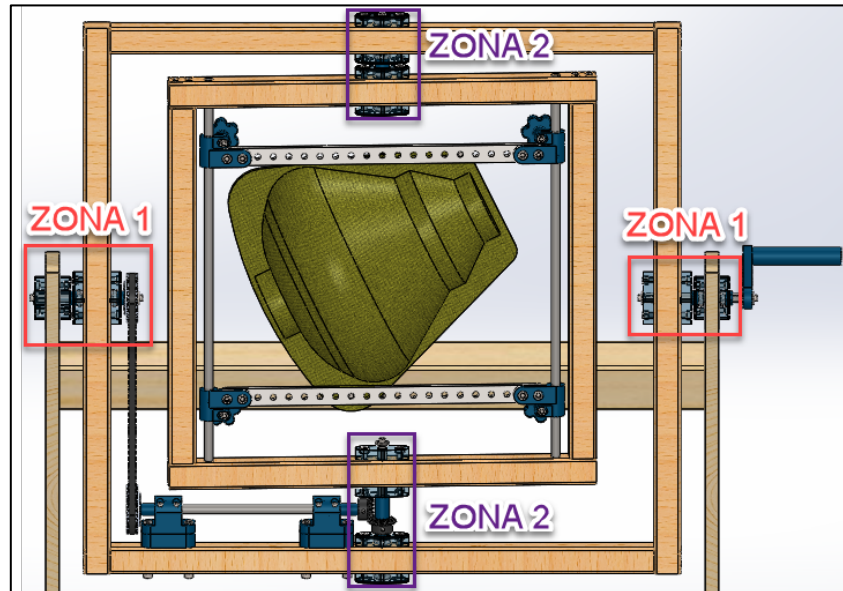


Ilustración 49: Identificación de zonas de rodamientos en la estación de rotomoldeo. FUENTE: Elaboración propia.

#### ZONA 1

Según la disposición en la que están los soportes de rodamiento, hay entre 2 y 4 rodamientos por cada uno de los ejes. Estos rodamientos deben soportar los 12,5 kg de las partes móviles además del peso del molde. Se estima que serán como máximo unos 7 u 8 Kg considerando que se trata de un molde de silicona de gran tamaño. Por lo que la carga total se establece en 20 kg.

Tabla 10: Cargas aplicadas sobre bastidor exterior. FUENTE: Elaboración propia.

Masa total (kg)	Fuerza total (N)	Fuerza por m (kN/m)
20.00	196.20	0.319

Tabla 11: Distancia de CDG a apoyos de rodamiento. FUENTE: Elaboración propia.

Longitud 1-2 (mm)	0.282
Longitud 2-3 (mm)	0.364

Se calcula el valor del momento flector sobre el eje, ya que en este punto no hay componentes de carga axial. Hay esfuerzo cortante, pero ante el momento flector resulta despreciable para el cálculo de tensiones.

Tabla 12: Cálculo de cortantes. FUENTE: Elaboración propia

Cortante en 1 (N)	Cortante en 2 (N)	Cortante en 3 (N)
116,68	-196.20	79.52

El momento flector será el producto de la componente de reacción en la zona 1 derecha por la distancia al centro de gravedad. Lo mismo para el lado izquierdo.

$$M_{flector, \text{máx}} = N * mm$$

Tabla 13: Cálculo de flectores. FUENTE: Elaboración propia.

Flector en 1(Nmm)	Flector en 2(Nmm)	Flector en 3(Nmm)
17567.00	15337.00	13609.00

Una vez calculados los momentos flectores se puede calcular la tensión sobre el eje y con el límite elástico del material se puede calcular el diámetro mínimo del eje.

$$\sigma_1 = \frac{Mt * C}{I} = MPa$$

Se estima inicialmente un diámetro de 8 mm y se obtienen los siguientes valores de tensión.

Tabla 14: Cálculo de tensiones principales. FUENTE: Elaboración propia.

TENSIONES $\sigma$	MF (Nmm)	Diametro (mm)	Inercia (mm <sup>3</sup> )	$\sigma$ Flexión (Mpa)
ZONA 1 IZQ	17567.00	8.00	201.06	349.48
ZONA 1 DER	13609.00	8.00	201.06	270.74



Se selecciona como material un acero inoxidable ya que la máquina va a estar expuesto a manipulación continua. Seleccionando un Acero inoxidable A2 con un límite elástico de 400 Mpa se obtienen los siguientes factores de seguridad.

*Tabla 15: Cálculo de los factores de seguridad en la ZONA 1 con 8 mm de diámetro.  
FUENTE: Elaboración propia.*

CÁLCULO FS	$\sigma$ Flexión (Mpa)	$\sigma$ Resistente (Mpa)	Factor Seguridad
ZONA 1 IZQ	349.48	400.00	1.14
ZONA 1 DER	270.74	400.00	1.48

Con un factor de seguridad tan próximo a 1 no se asegura la resistencia del eje, se debe seleccionar un diámetro mayor. Concretamente se selecciona un eje de 10 mm. Con este diámetro se obtienen los siguientes factores de seguridad.

*Tabla 16: Cálculo de los factores de seguridad en la ZONA 1 con 10 mm de diámetro.  
FUENTE: Elaboración propia.*

CÁLCULO FS	$\sigma$ Flexión (Mpa)	$\sigma$ Resistente (Mpa)	Factor Seguridad
ZONA 1 IZQ	178.94	400.00	2.24
ZONA 1 DER	138.62	400.00	2.89

Un factor de seguridad superior a 2 es más que suficiente para la aplicación del eje. Definitivamente para la ZONA 1 se selecciona un eje de 10 mm, con el que se consigue un factor de seguridad de 2,24 como mínimo.

## ZONA 2

En esta zona la disposición de los rodamientos es igual que en la zona 1. La carga que deben soportar los ejes en el bastidor interior es inferior. El peso que deben aguantar es el bastidor interior mas el molde y su contenido. El peso de este conjunto es de 8,4 Kg. Procediendo de la misma forma que el CASO 1 se obtienen los siguientes resultados.

*Tabla 17: Cargas aplicadas sobre bastidor interior. FUENTE: Elaboración propia.*

Masa total (kg)	Fuerza total (N)	Fuerza por m (kN/m)
8.40	82.40	0.319

Las distancias desde el centro de gravedad de la pieza hasta los apoyos de los rodamientos son las siguientes.

Tabla 18: Distancia de CDG a apoyos de rodamiento en ZONA 2. FUENTE: Elaboración propia.

Longitud 1-2 (mm)	0.279
Longitud 2-3 (mm)	0.279

A continuación, se muestra el cálculo de los esfuerzos cortantes y flectores

Tabla 19: Cálculo de los esfuerzos cortante en los soportes de la ZONA 2. FUENTE: Elaboración propia.

Cortante en 1 (N)	Cortante en 2 (N)	Cortante en 3 (N)
41.20	-82.40	41.20

Tabla 20: Cálculo de los momentos flectores en los soportes de la ZONA 2. FUENTE: Elaboración propia.

Flector en 1(Nmm)	Flector en 2(Nmm)	Flector en 3(Nmm)
5747.40	5747.40	5747.40

Se establece un diámetro de 8 mm para el cálculo de las tensiones principales, teniendo en cuenta que las cargas son inferiores a las de la ZONA 1 y allí los 8 mm ya daban un factor de seguridad superior a 1. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Tabla 21: Cálculo de los valores de la tensión en la ZONA 2 con 8 mm de diámetro. FUENTE: Elaboración propia

TENSIONES $\sigma$	MF (Nmm)	Diametro (mm)	Inercia (mm <sup>3</sup> )	$\sigma$ Flexión (Mpa)
ZONA 1 IZQ	5747.40	8.00	201.06	114.34
ZONA 1 DER	5747.40	8.00	201.06	114.34

Con los valores de tensión se accede al siguiente paso y en el se obtienen los siguientes factores de seguridad.

Tabla 22: Cálculo de los factores de seguridad en la ZONA 2 con 8 mm de diámetro. FUENTE: Elaboración propia

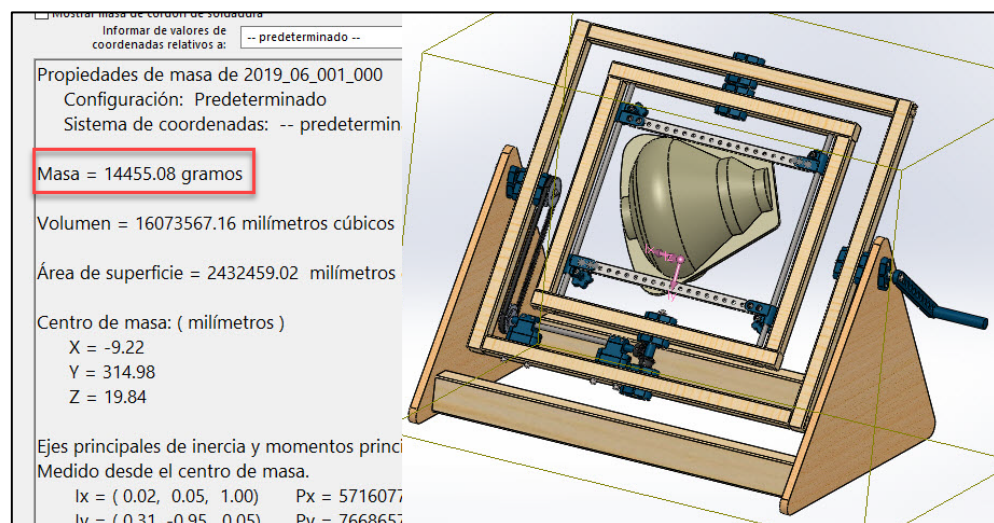
CÁLCULO FS	$\sigma$ Flexión (Mpa)	$\sigma$ Resistente (Mpa)	Factor Seguridad
ZONA 1 IZQ	114.34	400.00	3.50
ZONA 1 DER	114.34	400.00	3.50

Con un factor de seguridad de 3,5 se puede asegurar que el eje resistirá holgadamente. Por lo que se selecciona un eje de acero inoxidable A2 de 8 mm para la ZONA 2.

## 1.2 Selección de rodamiento

Para poder seleccionar un rodamiento se debe tener en cuenta que el molde está girando continuamente y generando desplazamiento en ambas direcciones axiales. Además, en algunas ocasiones la estación se desplazará con cargas descentradas lo que acentuará la componente axial. Por eso se debe recurrir al uso de rodamientos de una hilera de bolas con ranura profunda ya que soportan carga axial en ambas direcciones y las cargas radiales.

En cuanto al tamaño del rodamiento se realiza una estimación de las cargas que va a soportar. Una vez realizado un diseño del conjunto se comprueba que la masa total de todo el conjunto con un molde de fibra de vidrio de 2 kg y 0,5 kg de resina es de unos 14,5 kg.



*Ilustración 50: Resultado del análisis de propiedades de toda la máquina. FUENTE: Elaboración propia*

Una vez conocido la masa total de todo el conjunto se calcula la masa de las partes móviles ya que la masa del bastidor fijo no afecta a los rodamientos por lo que se restan 4 kg. La masa de las partes móviles, con un molde lleno que tiene una masa de 4 kg, es de 10,5 kg.

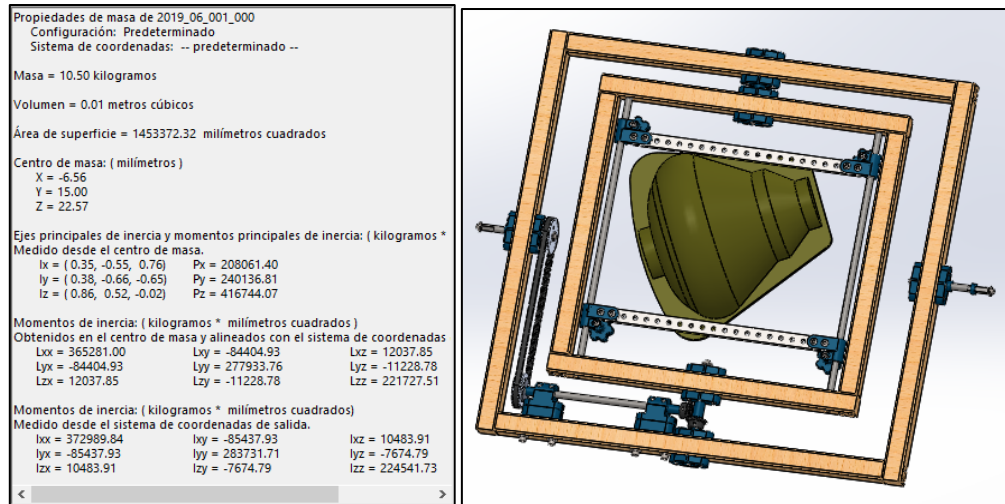


Ilustración 51: Cálculo de la masa de las partes móviles de la máquina, SolidWorks.  
FUENTE: Elaboración propia.

Se puede comprobar que el programa ya ha calculado la posición del centro de masa y los valores de inercia. La posición del centro de masas se analizará en detalle más adelante.

Al tener unos valores de masa relativamente pequeños se busca un rodamiento que entre dentro de los valores de carga que se han extraído de SolidWorks. Se analizan dos zonas. Los rodamientos del bastidor fijo (Zona 1) y los rodamientos que conectan el bastidor móvil exterior con el bastidor móvil interior (Zona 2)

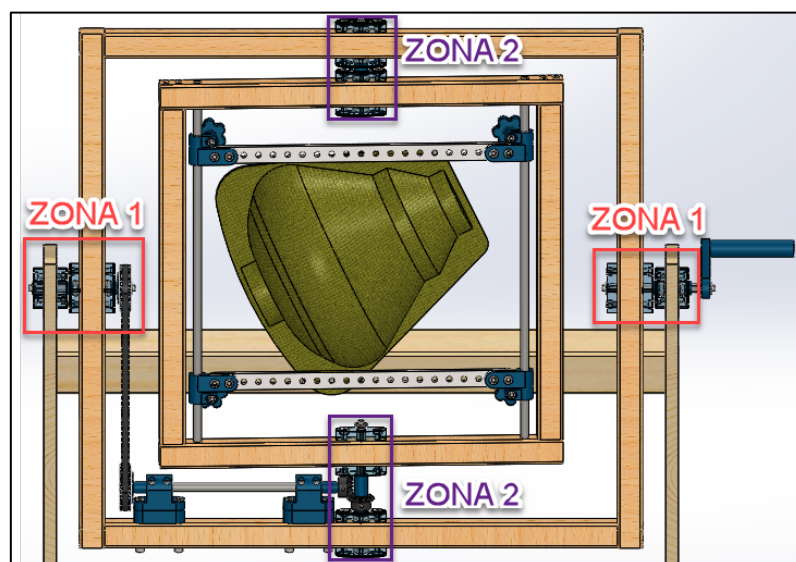


Ilustración 52: Distribución de zonas para el cálculo de rodamientos.

FUENTE: Elaboración propia.

### ZONA 1

Los rodamientos ubicados en esta zona no están sometidos a carga axial únicamente radial. Tomando el valor del cortante calculado en la selección de ejes se obtiene una carga radial de 116 N por lo que cualquier rodamiento de 10 mm de interior aguanta esa carga. Se selecciona un rodamiento del catálogo de NSK. Concretamente el 6800ZZ. Está preparado para aguantar una carga estática de 1720N, por lo que tiene un factor de seguridad más que considerable.

Boundary Dimensions (mm)				Basic Load Ratings (N)				Factor $f_0$	Limiting Speeds (min <sup>-1</sup> )			Bearing Numbers			
$d$	$D$	$B$	$r$ min.	$C_r$	$C_{0r}$	$C_r$	$C_{0r}$		Grease		Oil	Open	Shielded	Sealed	
10	19	5	0.3	1 720	840	175	86	14.8	Open Z	DU	Open Z	6800	ZZ	VV	DD
	22	6	0.3	2 700	1 270	275	129	14.0	Z · ZZ	DDU	Z	6900	ZZ	VV	DD
	26	8	0.3	4 550	1 970	465	201	12.4	V · VV			6000	ZZ	VV	DDU

Ilustración 53: Rodamientos de 10 mm de interior para el eje en la ZONA 1.

FUENTE: Catálogo rodamientos NSK.

### ZONA 2

Es aquí el lugar donde se producen las cargas axiales alternantes, dependiendo de cómo de girado este el bastidor móvil. Según lo establecido para los ejes, la carga que deben soportar los rodamientos son 60N, que corresponde a los 6 kg del bastidor móvil interior con el molde.

Siguiendo el procedimiento del catálogo de NSK se calcula la carga equivalente “P”. En este caso el valor de “P” en la primera iteración es de 109,8 N un valor de carga minúsculo comparando con la resistencia del rodamiento.

Dynamic Equivalent Load					
$P = XF_r + YF_a$					
$\frac{f_0 F_a}{C_{0r}}$	$e$	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.172	0.19	1	0	0.56	2.30
0.345	0.22	1	0	0.56	1.99
0.689	0.26	1	0	0.56	1.71
1.03	0.28	1	0	0.56	1.55
1.38	0.30	1	0	0.56	1.45
2.07	0.34	1	0	0.56	1.31
3.45	0.38	1	0	0.56	1.15
5.17	0.42	1	0	0.56	1.04
6.89	0.44	1	0	0.56	1.00

Static Equivalent Load	
$\frac{F_a}{F_r} > 0.8$	$P_0 = 0.6F_r + 0.5F_a$
$\frac{F_a}{F_r} \leq 0.8$	$P_0 = F_r$

Ilustración 54: Proceso iterativo para calcular la carga equivalente.

FUENTE: Catálogo rodamientos NSK.

### 1.3 Selección de poleas y correa

Para una velocidad de giro seleccionada de 12 rpm, se selecciona una potencia de 250W que sería la potencia aportada por un motor de tamaño mediano que se podría añadir a la transmisión. Con unos valores de potencia y velocidad tan pequeños no es necesario seleccionar una polea de gran sección. La relación de transmisión es de 3 a 1 por lo que se recurre a un programa de cálculo de un distribuidor de poleas y correas para buscar elementos comerciales.

Ilustración 55: Introducción de datos en programa de dimensionamiento de poleas y correas.  
 FUENTE: [11]

Como se puede comprobar se introduce una relación de transmisión 3:1, que se corresponde con la relación de transmisión necesaria para la fabricación de cubos, pelotas y la mayor parte de las geometrías realizadas en 3D. [10] Los resultados obtenidos del cálculo son los siguientes.

CORREA		
Código	CHD665-5M15	
Desarrollo [mm]	665	
Ancho estándar seleccionado [mm]	15	
Ancho mínimo de correa calculado [mm]	10	

POLEAS	Motriz	Conducida
Código para polea ciega	HD44-5M15	HD15-5M15
Código para polea con agujero taper	-	-
Número de dientes	44	15
Diámetro primitivo [mm]	70,03	23,87
Velocidad [RPM]	478	1401
Ancho estándar seleccionado [mm]	15	15
Dientes engranados	23,3	7,1
Used belt Static Load on axis [N]	166	
Used belt Dynamic Load on axis [N]	166	

TRANSMISIÓN		TENSADO	
Distancia entre centros [mm]	257,7	New belt tension [N]	117
Longitud del ramal libre [mm]	256,7	Used belt tension [N]	84
Relación de transmisión	2,93	Método de la flexión	New belt
Potencia transmisible [kW]	0,4	Desviación [mm]	4
Factor de servicio resultante	1,6	Carga [N]	10
Velocidad lineal [m/s]	1,8	Método de la frecuencia de vibración	New belt
Nivel de ruido [dB]	-	Frecuencia de vibración [Hz]	93 ±2%
			Used belt
			79 ±2%

Ilustración 56: Resultados obtenidos para el cálculo de la correa y las poleas. FUENTE: [11]

Elementos seleccionados:

- Correa de caucho de espesor 15mm con un desarrollo de 665 mm.
  - Paso “HTD” 5M Ancho 15mm



Ilustración 57: Correa seleccionada sobre el catálogo. FUENTE: [12]

- Polea conductora o motriz de 44 dientes y diámetro primitivo de 70 mm.
  - Paso “HTD” 5M Ancho 15mm
- Polea conducida de 15 dientes y diámetro primitivo de 23,87 mm.
  - Paso “HTD” 5M Ancho 15mm

#### 1.4 Posición del centro de masas

En el caso analizado para el cálculo de rodamientos las desviaciones son del orden de 0 a 3 mm en cada eje. Con estos valores de desviación del centro de gravedad para un ancho de bastidor de 600 mm se pueden considerar despreciables. En caso de generar desequilibrio siempre es posible una compensación con pequeñas masas distribuidas. Con un programa de simulación como SolidWorks se calcula la ubicación de las masas de compensación sobre los agujeros de las pletinas y se colocan tornillos donde se indique.



# Diseño y fabricación de una máquina de rotomoldeo sin calentamiento

## ANEXO II



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Pablo Aragón Sesma

Sara Marcelino Sádaba

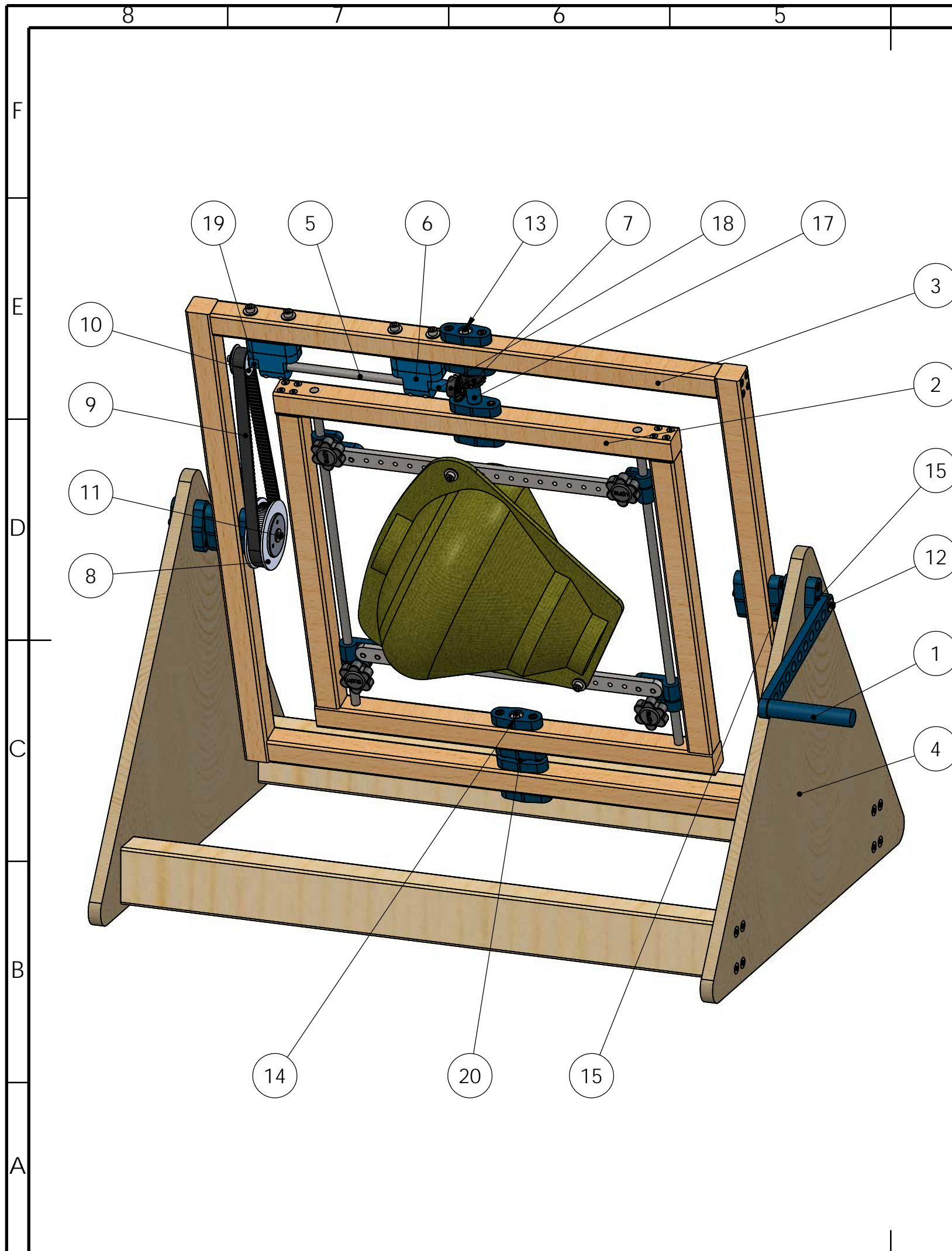
Pamplona, a 6 de septiembre de 2019



## ANEXO II

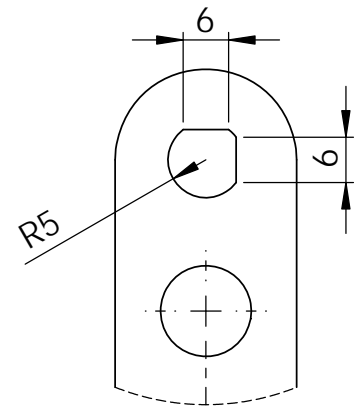
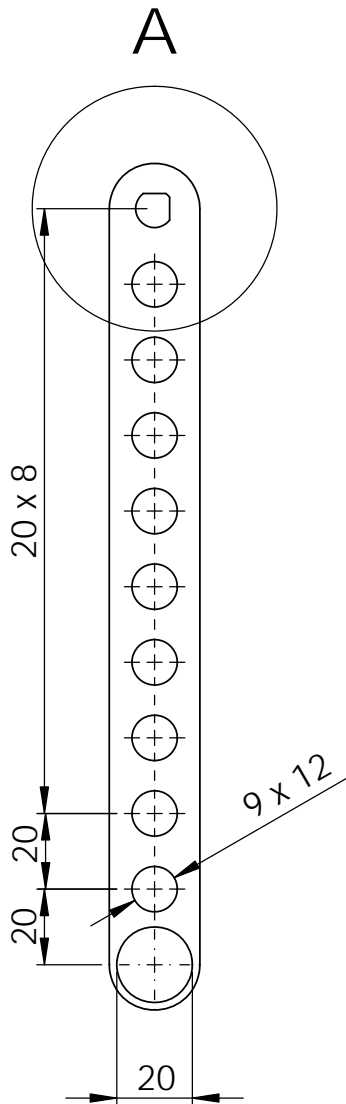
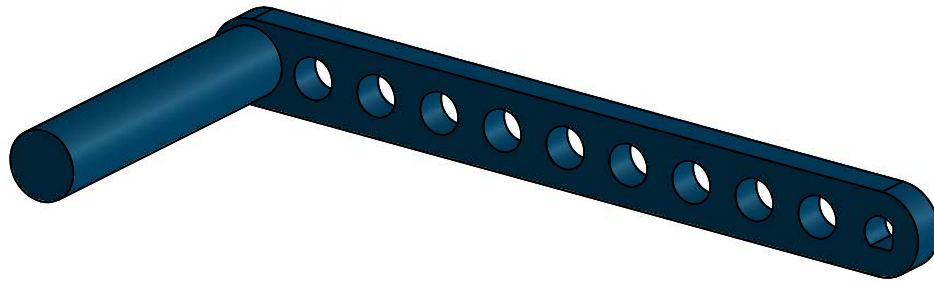
### 1 ÍNDICE DE PLANOS

1. 2019\_06\_001\_000
2. 2019\_06\_001\_002
3. 2019\_06\_002\_000
4. 2019\_06\_002\_001
5. 2019\_06\_002\_002
6. 2019\_06\_002\_003
7. 2019\_06\_003\_000
8. 2019\_06\_003\_001
9. 2019\_06\_003\_002
10. 2019\_06\_004\_000
11. 2019\_06\_004\_001
12. 2019\_06\_004\_002
13. 2019\_06\_004\_003
14. 2019\_06\_004\_004
15. 2019\_06\_004\_005
16. 2019\_06\_005\_000
17. 2019\_06\_005\_001
18. 2019\_06\_005\_002
19. 2019\_06\_006\_001
20. 2019\_06\_006\_002
21. 2019\_06\_006\_003
22. 2019\_06\_006\_008
23. 2019\_06\_007\_001
24. 2019\_06\_007\_002
25. 2019\_06\_007\_003
26. 2019\_06\_007\_004
27. 2019\_06\_008\_000
28. 2019\_06\_008\_002
29. 2019\_06\_008\_004
30. 2019\_06\_008\_005
31. 2019\_06\_008\_006
32. 2019\_06\_008\_007
33. 2019\_06\_008\_008
34. 2019\_06\_010\_001
35. 2019\_06\_010\_002
36. 2019\_06\_010\_003
37. 2019\_06\_010\_004
38. 2019\_06\_010\_005
39. 2019\_06\_011\_001
40. 2019\_06\_011\_002
41. 2019\_06\_011\_003
42. 2019\_06\_011\_004
43. 2019\_06\_011\_005
44. 2019\_06\_011\_006

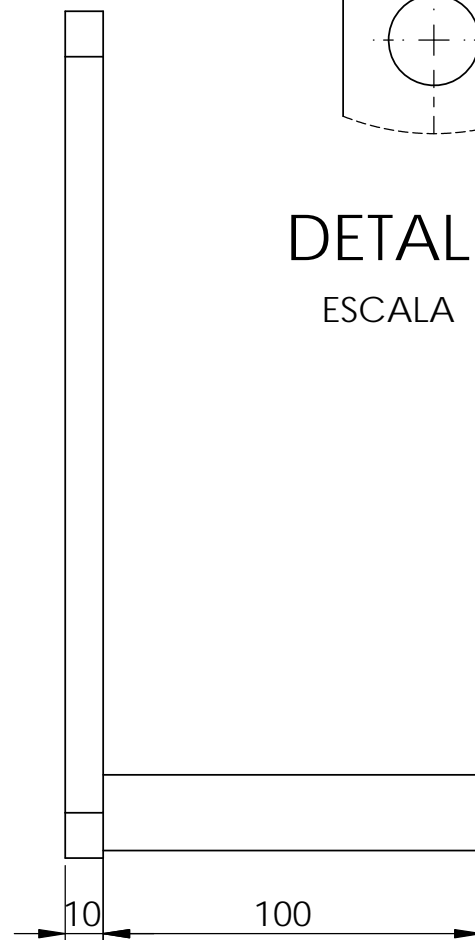


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_001_002		PLA	1
2	2019_06_002_000	Conjunto Bastidor Interior		1
3	2019_06_003_000	Conjunto Bastidor Exterior		1
4	2019_06_004_000	Conjunto bastidor fijo		1
5	2019_06_009_005	Eje 5 con tornillos		1
6	2019_06_006_001	Soporte rodamiento accionamiento		2
7	2019_06_006_004	Piñon con esparragos		2
8	2019_06_006_005	Polea grande con tornillos		1
9	2019_06_006_007	Correa	BUTYL	1
10	2019_06_006_006	Polea pequeña con tornillos		1
11	2019_06_009_001	Eje 1 con tornillos		1
12	2019_06_009_002	Eje 2 con tornillos		1
13	2019_06_009_003	Eje 3 con tornillos		1
14	2019_06_009_004	Eje 4 con tornillos		1
15	2019_06_011_001	Casquillo ejes 1 y 2 interior y exterior	PLA	4
16	2019_06_011_002	Casquillo piñon eje 3 exterior	PLA	1
17	2019_06_011_003	Casquillo piñon eje 3 interior	PLA	1
18	2019_06_011_004	Casquillo piñon eje 5	PLA	1
19	2019_06_011_005	Casquillo polea eje 5	PLA	1
20	2019_06_011_006	Casquillo interior eje 4	PLA	1

	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm
	INGENIERÍA MECÁNICA				
	MATERIAL:				
		TRATAMIENTO: No procede			
		PESO (Kg):			
DENOMINACIÓN: 2019_06_001_000			FECHA	REALIZADO	FIRMA
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento			30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
PLANO: Conjunto Estación rotomoldeo				ESCALA	NÚMERO
				A3	1:10



**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 1



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES  
TOLERANCIAS ISO 2768 mK  
ACABADOS SUPERFICIALES N10  
MATAR ARISTAS 0.5 x 45°  
UNIDADES mm

MATERIAL: PLA  
TRATAMIENTO: No procede  
PESO (Kg): 0.09

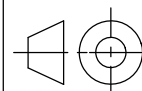
DENOMINACIÓN: 2019\_06\_001\_002

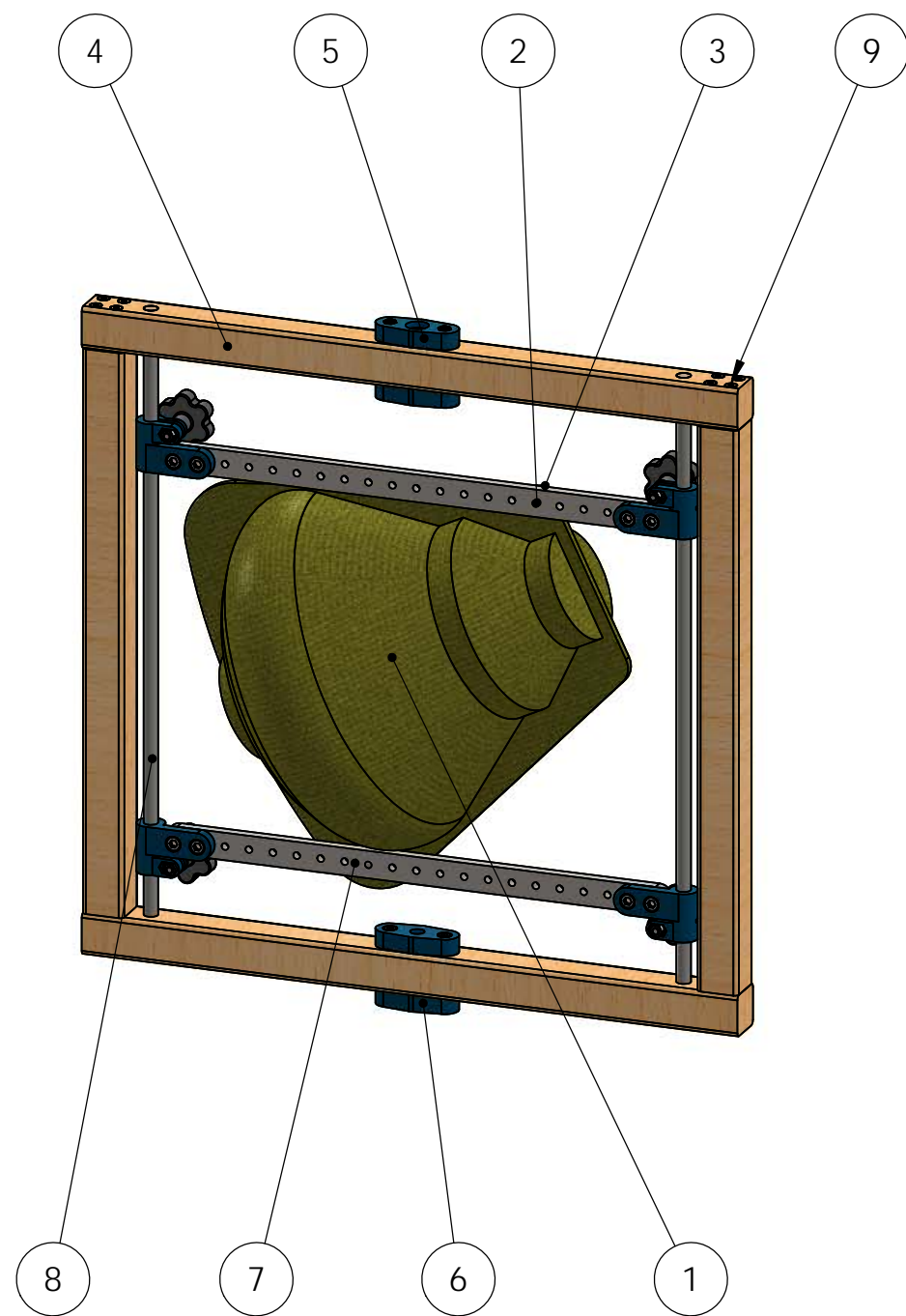
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

Manivela

FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	ESCALA	NÚMERO
	A3	71/113
	2:1	





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_001_001	Molde 1	Fibra de vidrio moldes	1
2	ISO 4762 M6 x 16 - 16C			2
3	ISO 10673-7.4-N	Arandela 6 normal		2
4	2019_06_002_001	Bastidor interior	Haya	1
5	2019_06_002_002	Soporte rodamiento 2 L-L		1
6	2019_06_002_003	Soporte bloqueo 2 L-F		1
7	2019_06_008_000	Conjunto Anclaje		2
8	2019_06_008_008	Guiado lateral apretadores		2
9	ISO 14586 - ST3.5 x 25-F-N	Tornillo autoros 25mm		16



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

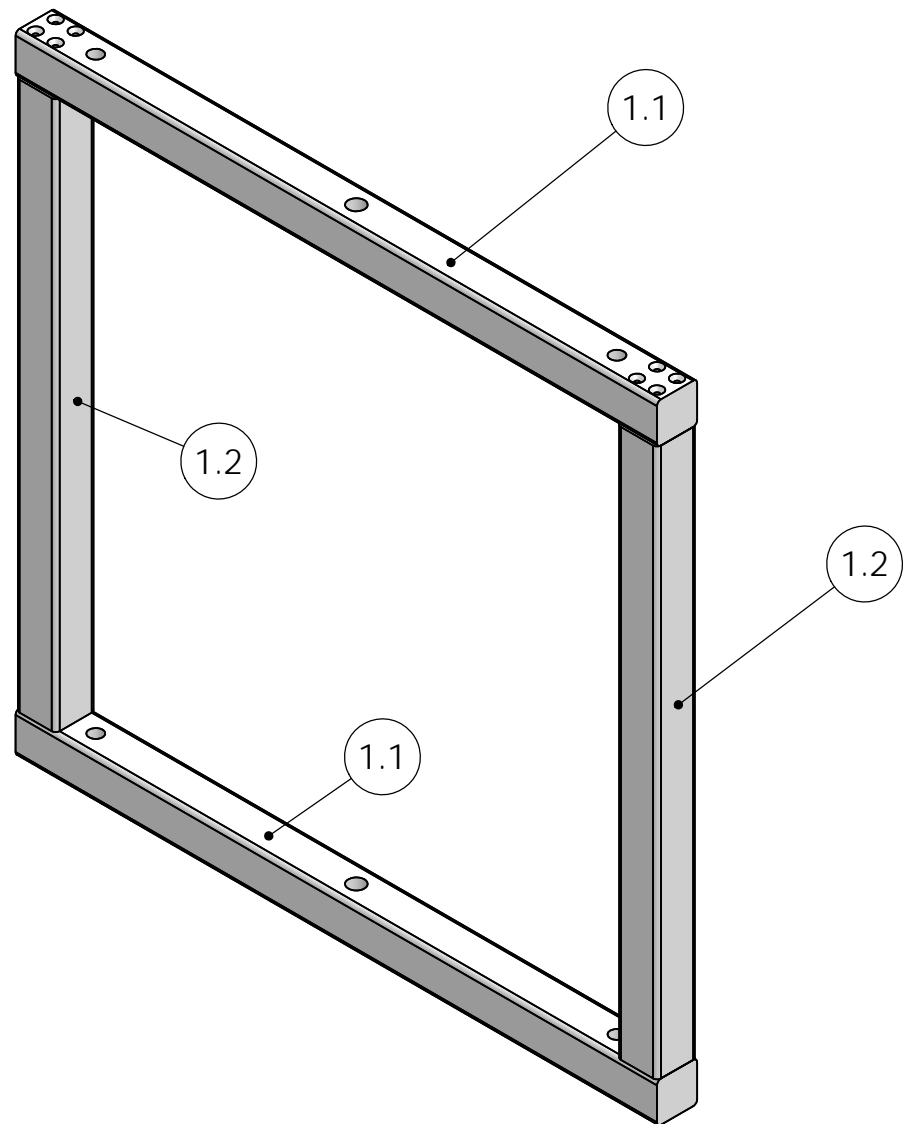
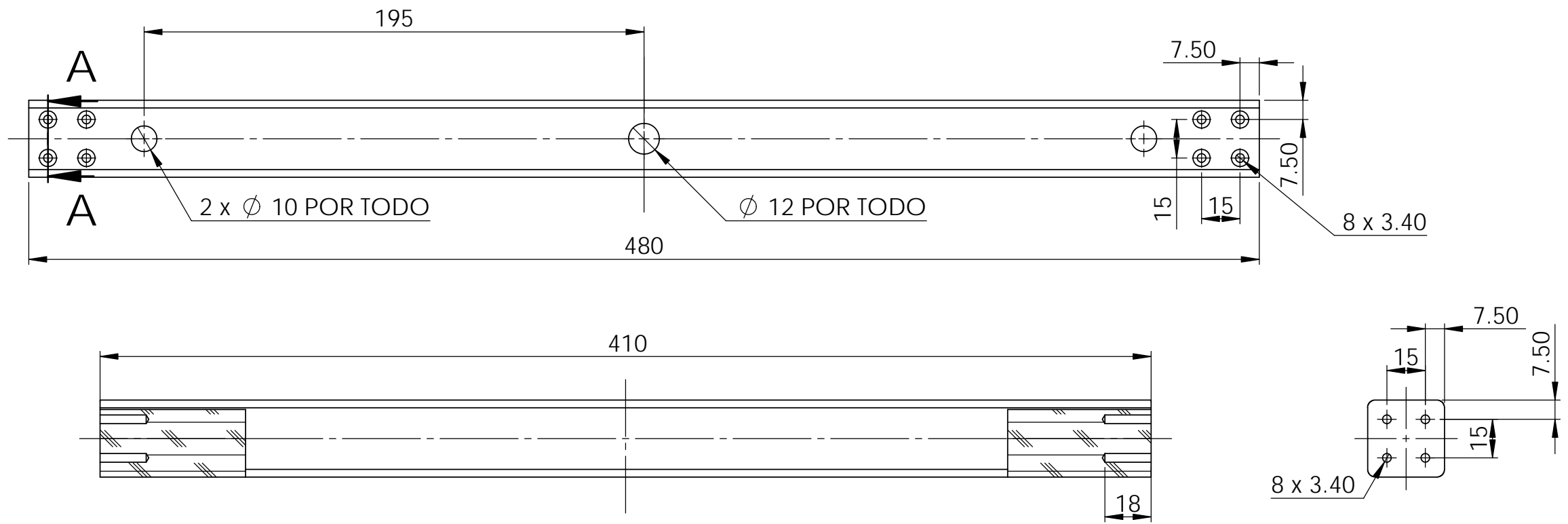
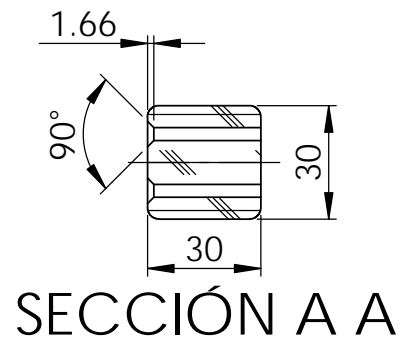
DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES  
TOLERANCIAS ISO 2768 mK  
ACABADOS SUPERFICIALES N10  
MATAR ARISTAS 0.5 x 45°  
UNIDADES mm

MATERIAL:  
TRATAMIENTO: No procede  
PESO (Kg):

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_002\_000  
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento  
PLANO:  
Conjunto Bastidor Interior

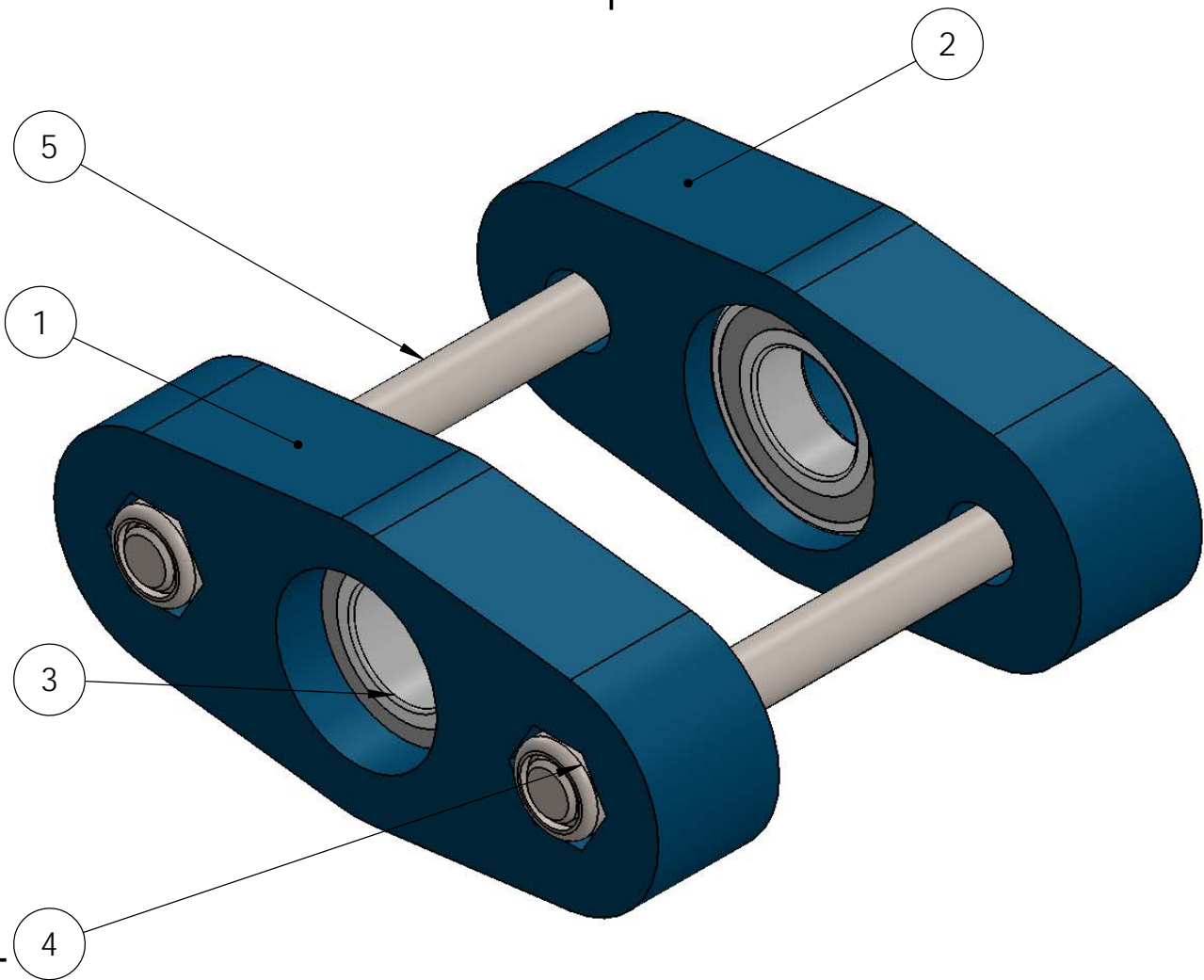
FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	ESCALA	NÚMERO
	A3	72/113
	1:5	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	LONGITUD	CANTIDAD
1	2019_06_002_001	Bastidor interior	Haya		1
1.1		Listón cuadrado 30 mm x 30 mm	Haya	480	2
1.2		Listón cuadrado 30 mm x 30 mm	Haya	410	2

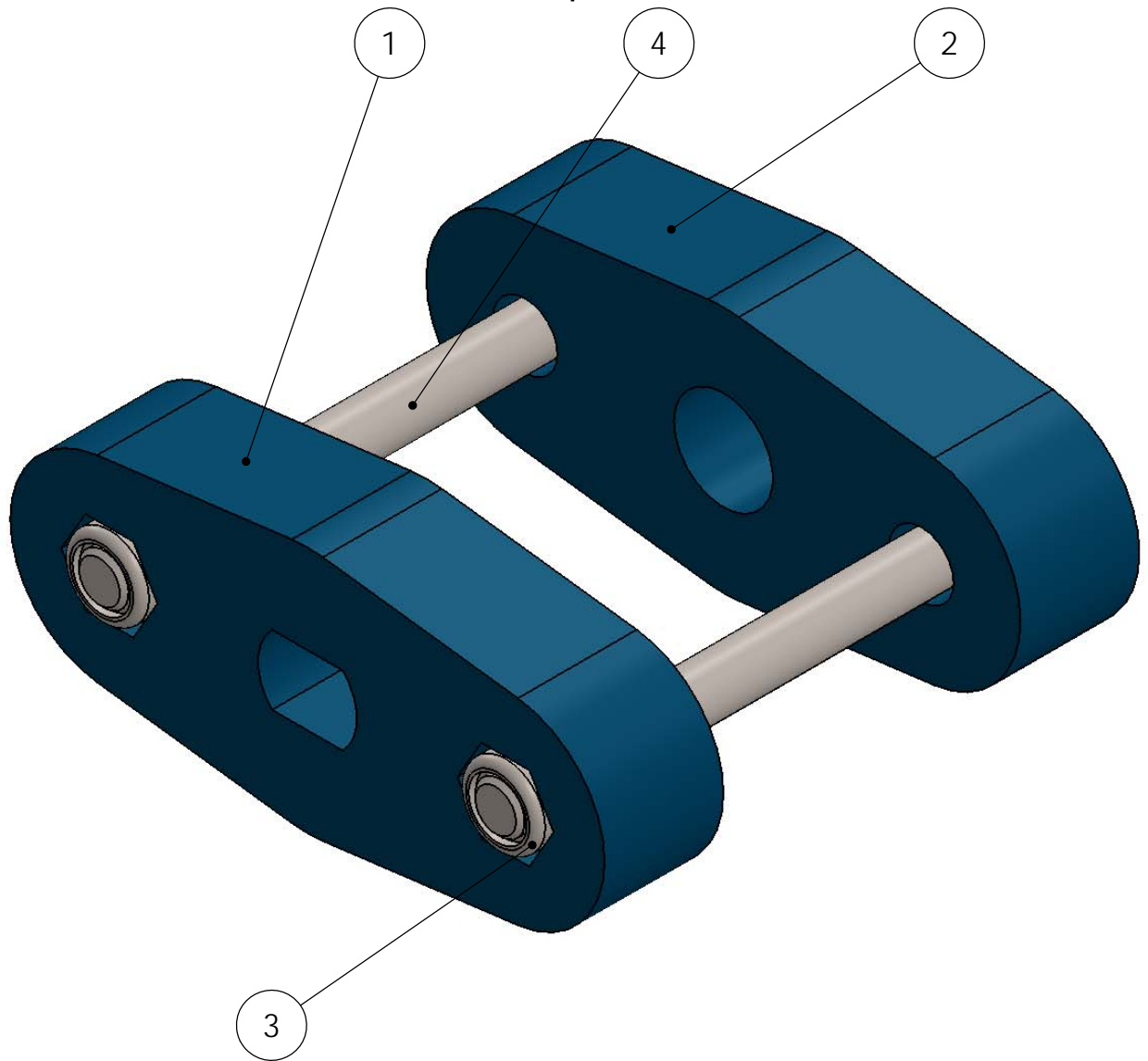
	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES ESPECIFICACIONES TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	INGENIERÍA MECÁNICA				
	MATERIAL: Haya				
		TRATAMIENTO: No procede			
		PESO (Kg): 0.88			
DENOMINACIÓN: 2019_06_002_001			FECHA	REALIZADO	FIRMA
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento			30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
PLANO: Bastidor interior				ESCALA A3 1:2	NÚMERO 73/113



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_005_001	Soporte rodamiento 2 tuerca	PLA	1
2	2019_06_005_002	Soporte rodamiento 2 cabeza	PLA	1
3	6800ZZ	Rodamiento		2
4	ISO 7040-M5-C	Tuerca autoblocante M5		2
5	ISO 4762 M5 x 50 - 22C	Allen M5 x 50		2

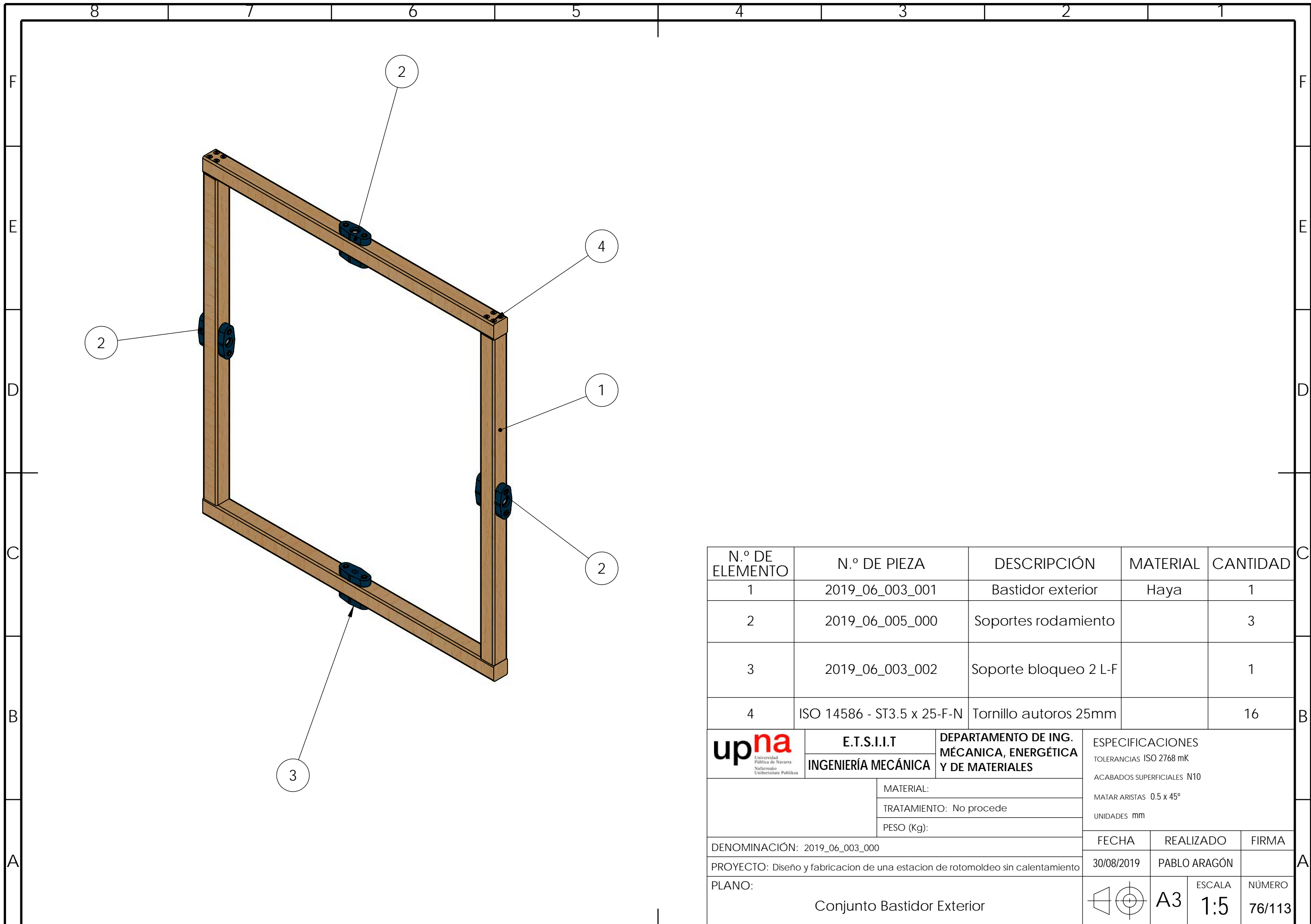
	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm												
	INGENIERÍA MECÁNICA																
MATERIAL:			<table border="1"> <tr> <td>FECHA</td> <td>REALIZADO</td> <td>FIRMA</td> </tr> <tr> <td>30/08/2019</td> <td>PABLO ARAGÓN</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESCALA</td> <td>NÚMERO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>2:1</td> <td>74/113</td> </tr> </table>			FECHA	REALIZADO	FIRMA	30/08/2019	PABLO ARAGÓN		ESCALA	NÚMERO		A3	2:1	74/113
FECHA	REALIZADO	FIRMA															
30/08/2019	PABLO ARAGÓN																
ESCALA	NÚMERO																
A3	2:1	74/113															
TRATAMIENTO: No procede																	
PESO (Kg):																	
DENOMINACIÓN: 2019_06_002_002																	
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento																	
PLANO: Soporte rodamiento 2 L-L																	





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_007_001	Soporte bloqueo tuerca	PLA	1
2	2019_06_007_002	Soporte móvil cabeza	PLA	1
3	ISO 7040-M5-C	Tuerca autoblocante M5		2
4	ISO 4762 M5 x 50 - 22C	Allen M5 x 50		2

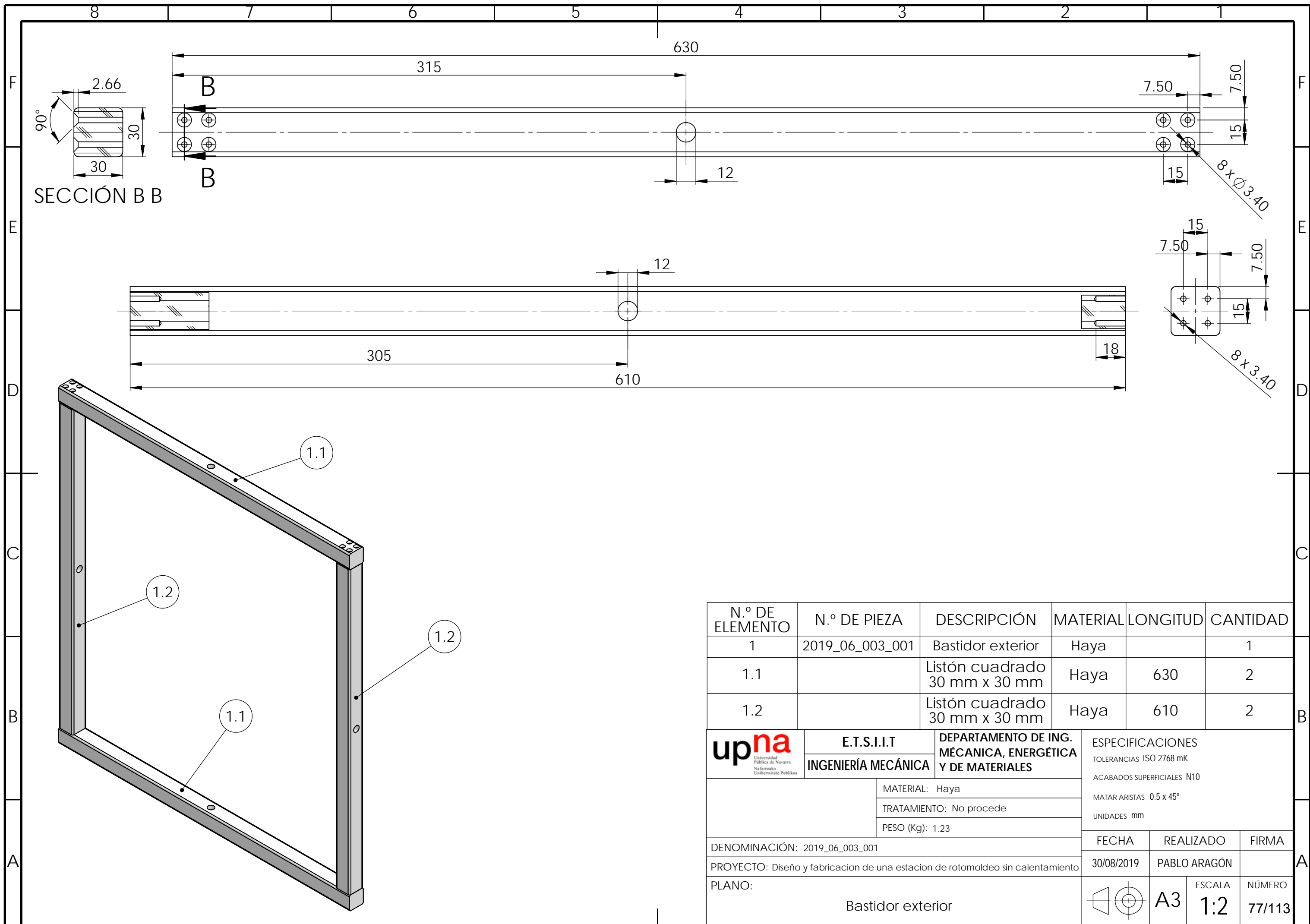
	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm												
	INGENIERÍA MECÁNICA																
MATERIAL:			<table border="1"> <thead> <tr> <th>FECHA</th> <th>REALIZADO</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30/08/2019</td> <td>PABLO ARAGÓN</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>ESCALA</td> <td>NÚMERO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>A3</td> <td>75/113</td> </tr> </tbody> </table>			FECHA	REALIZADO	FIRMA	30/08/2019	PABLO ARAGÓN			ESCALA	NÚMERO		A3	75/113
FECHA	REALIZADO	FIRMA															
30/08/2019	PABLO ARAGÓN																
	ESCALA	NÚMERO															
	A3	75/113															
TRATAMIENTO: No procede																	
PESO (Kg):																	
DENOMINACIÓN: 2019_06_002_003																	
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento																	
PLANO: Soporte bloqueo 2 L-F																	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_003_001	Bastidor exterior	Haya	1
2	2019_06_005_000	Soportes rodamiento		3
3	2019_06_003_002	Soporte bloqueo 2 L-F		1
4	ISO 14586 - ST3.5 x 25-F-N	Tornillo autoros 25mm		16

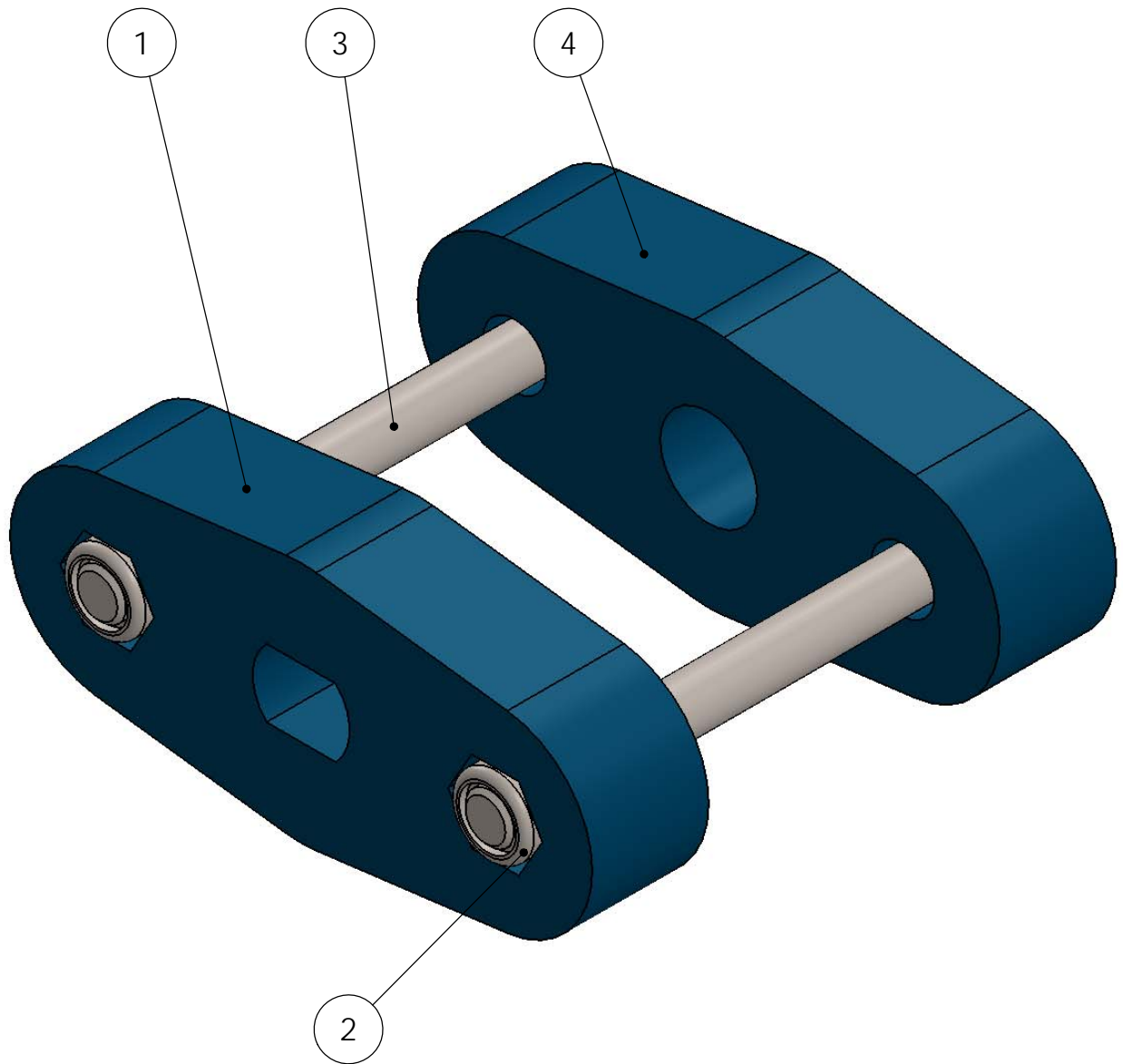
  

	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	ESPECIFICACIONES TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	INGENIERÍA MECÁNICA				
	MATERIAL: TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg):				
DENOMINACIÓN: 2019_06_003_000		FECHA	REALIZADO	FIRMA	
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento		30/08/2019	PABLO ARAGÓN		
PLANO: Conjunto Bastidor Exterior			A3	ESCALA 1:5	NÚMERO 76/113



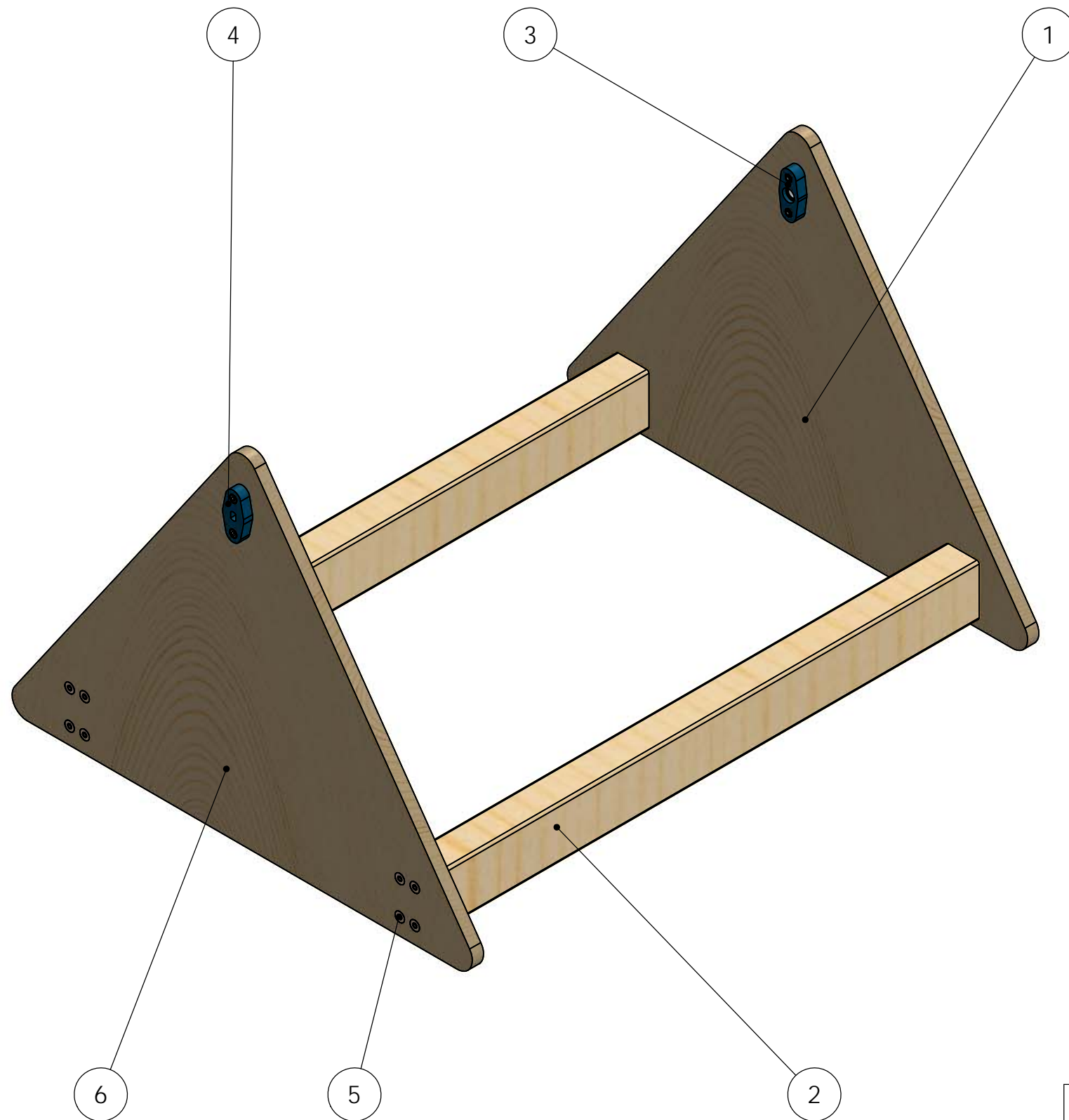
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	LONGITUD	CANTIDAD
1	2019_06_003_001	Bastidor exterior	Haya		1
1.1		Listón cuadrado 30 mm x 30 mm	Haya	630	2
1.2		Listón cuadrado 30 mm x 30 mm	Haya	610	2

	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERÍA MECÁNICA		ESPECIFICACIONES		
	MATERIAL: Haya		TOLERANCIAS ISO 2768 mK		
TRATAMIENTO: No procede		ACABADOS SUPERFICIALES N10			
PESO (Kg): 1.23		MATAR ARISTAS 0.5 x 45°			
		UNIDADES mm			
DENOMINACIÓN: 2019_06_003_001		FECHA	REALIZADO	FIRMA	
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento		30/08/2019	PABLO ARAGÓN		
PLANO: Bastidor exterior			ESCALA	NÚMERO	
			A3	1:2	77/113



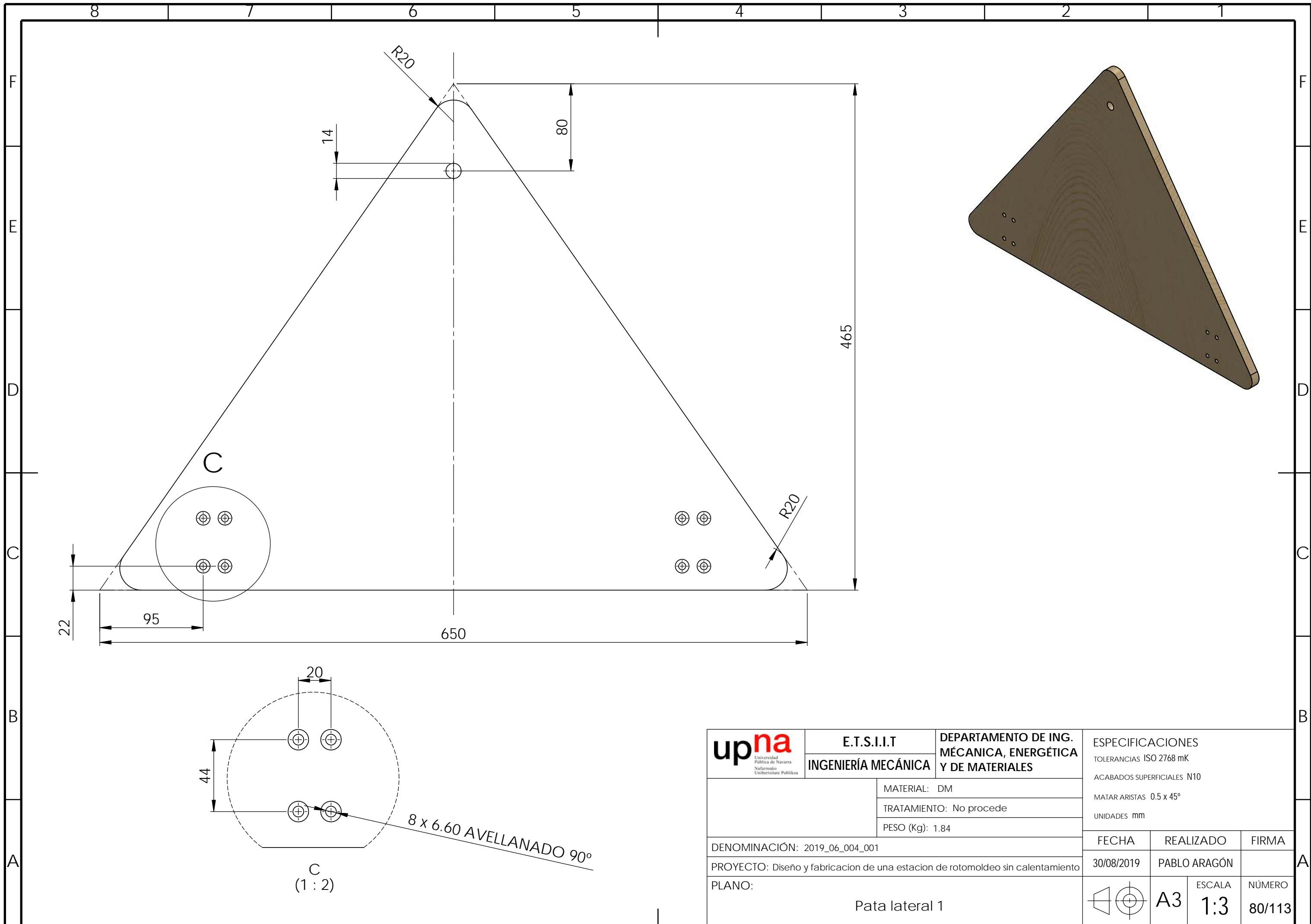
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_007_001	Soporte bloqueo tuerca	PLA	1
2	ISO 7040-M5-C	Tuerca autoblocante M5		2
3	ISO 4762 M5 x 50 - 22C	Allen M5 x 50		2
4	2019_06_007_002	Soporte móvil cabeza	PLA	1



	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm							
	INGENIERÍA MECÁNICA											
		MATERIAL:		<table border="1"> <tr> <td>FECHA</td> <td>REALIZADO</td> <td>FIRMA</td> </tr> <tr> <td>30/08/2019</td> <td>PABLO ARAGÓN</td> <td></td> </tr> </table>			FECHA	REALIZADO	FIRMA	30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
FECHA	REALIZADO	FIRMA										
30/08/2019	PABLO ARAGÓN											
		TRATAMIENTO: No procede		<table border="1"> <tr> <td>ESCALA</td> <td>NÚMERO</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>78/113</td> </tr> </table>		ESCALA	NÚMERO	A3	78/113			
ESCALA	NÚMERO											
A3	78/113											
		PESO (Kg):										
DENOMINACIÓN: 2019_06_003_002												
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento												
PLANO: Soporte bloqueo 2 L-F												

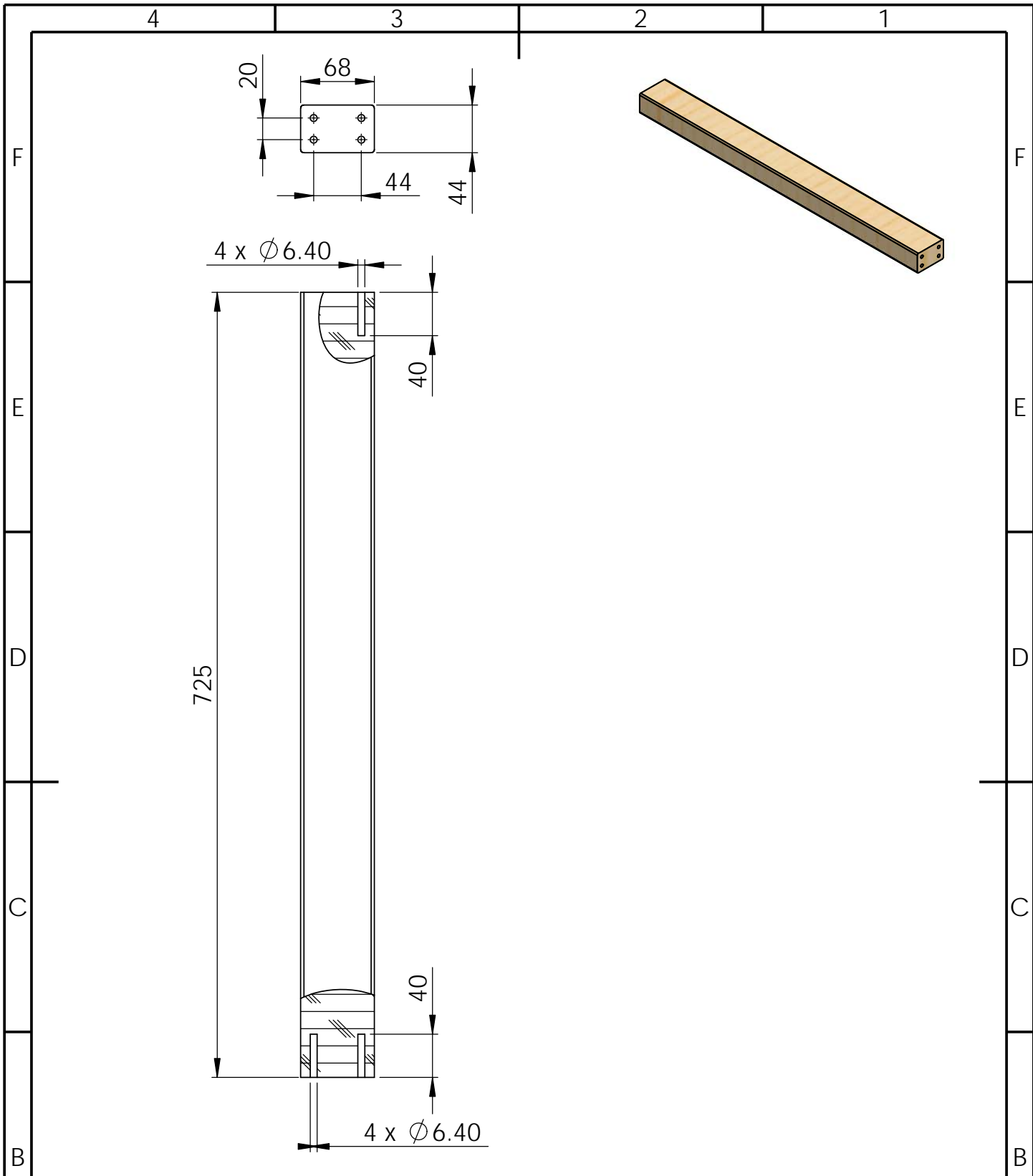


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_004_001	Pata lateral 1	DM	1
2	2019_06_004_002	Listón inferior	Pino	2
3	2019_06_004_003	Soporte rodamiento 1 L-L		1
4	2019_06_004_004	Soporte bloqueo 1 F-L		1
5	ISO 14586 - ST6.3 x 38-F-N			16
6	2019_06_004_005	Pata lateral 2	DM	1

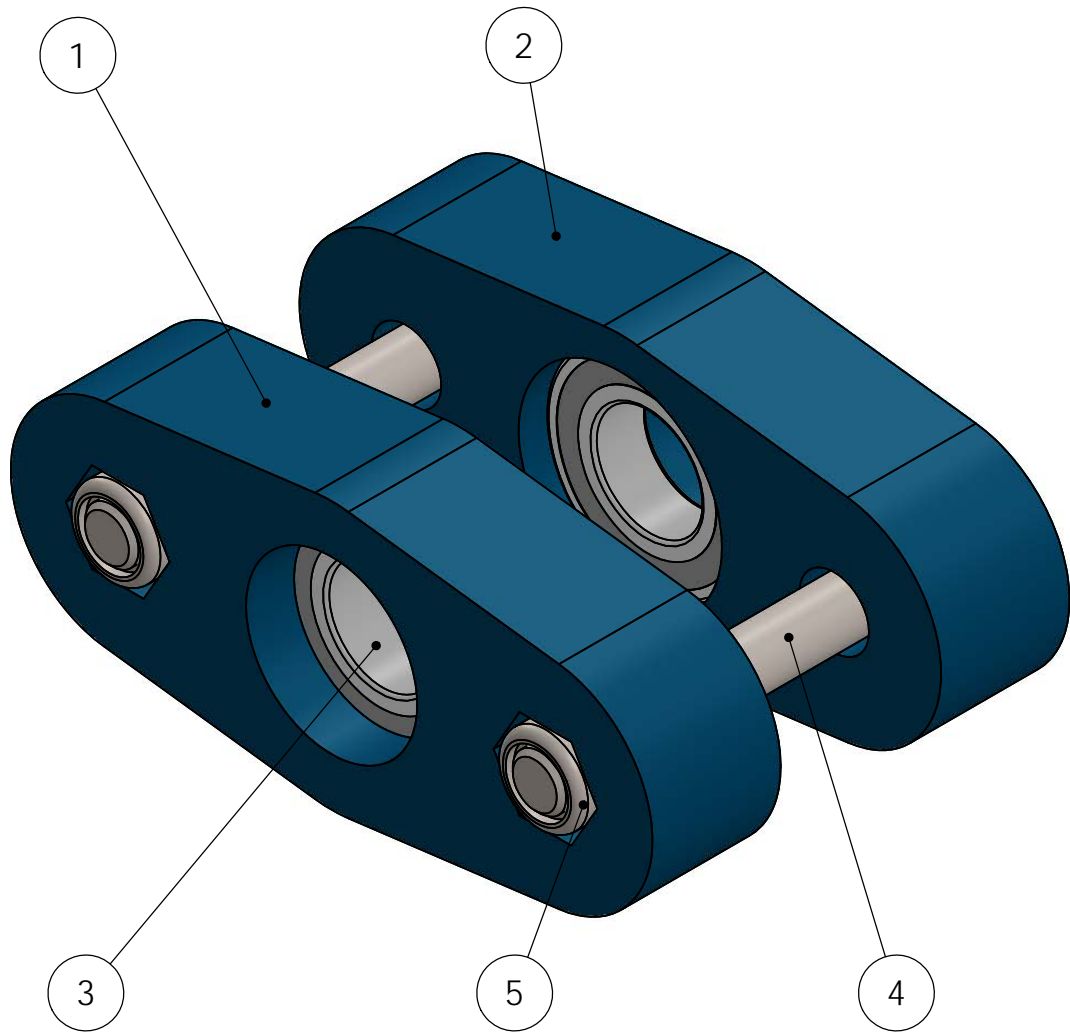
	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	ESPECIFICACIONES TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	INGENIERÍA MECÁNICA				
	MATERIAL: TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg):				
DENOMINACIÓN: 2019_06_004_000			FECHA	REALIZADO	FIRMA
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento			30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
PLANO: Conjunto Bastidor fijo				ESCALA A3 1:5	NÚMERO 79/113



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: DM TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 1.84		FECHA 30/08/2019	REALIZADO PABLO ARAGÓN	FIRMA
	DENOMINACIÓN: 2019_06_004_001 PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento PLANO: Pata lateral 1			ESCALA <b>1:3</b>	NÚMERO <b>80/113</b>



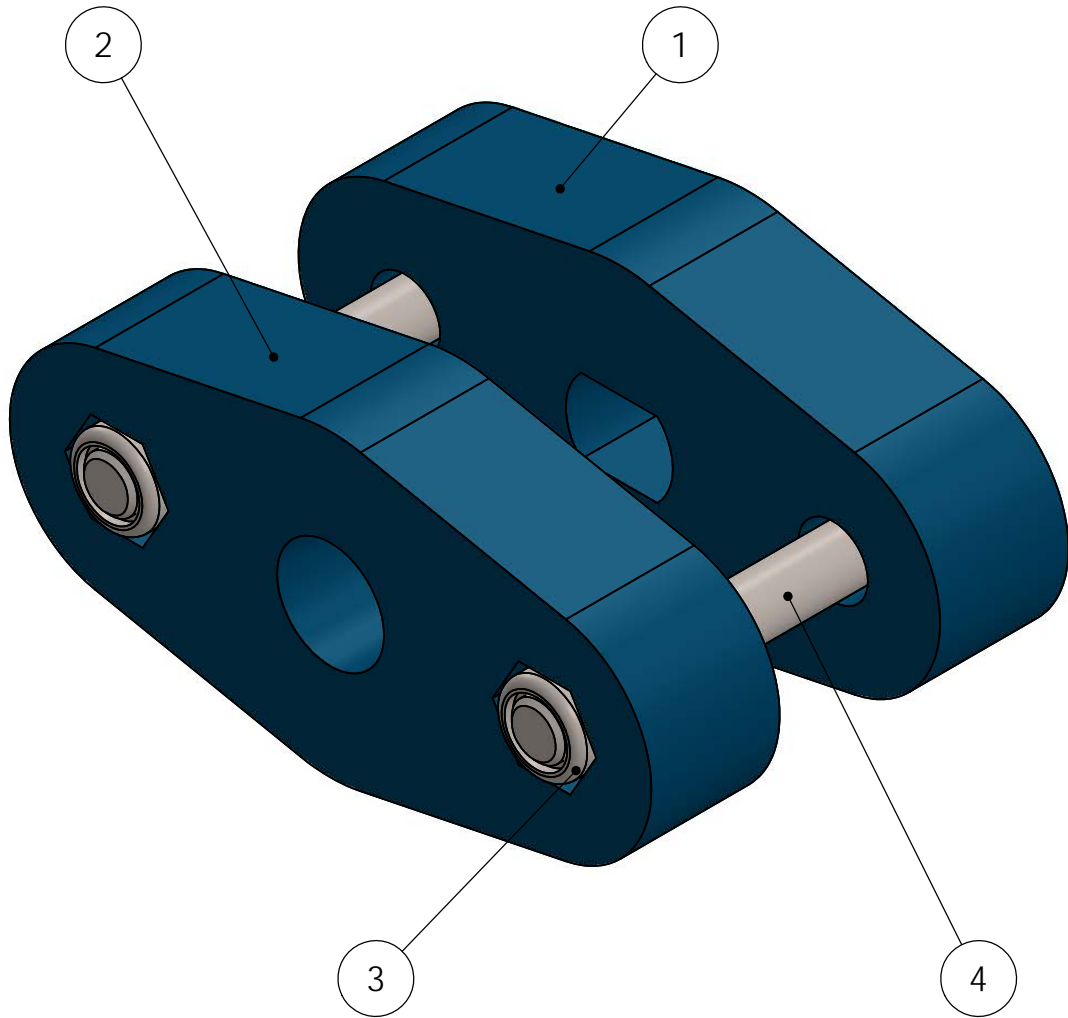
	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERÍA MECÁNICA				
MATERIAL: Pino			<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
TRATAMIENTO: No procede					
PESO (Kg): 0.73					
A	DENOMINACIÓN: 2019_06_004_002		FECHA	REALIZADO	FIRMA
	PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento		30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	PLANO: Listón inferior			A3	ESCALA <b>1:5</b>



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_005_001	Soporte rodamiento 2 tuerca	PLA	1
2	2019_06_005_002	Soporte rodamiento 2 cabeza	PLA	1
3	6800ZZ	Rodamiento		2
4	ISO 4762 M5 x 35 - 22C	Allen M5 x 35		2
5	ISO 7040-M5-C	Tuerca autoblocante M5		2

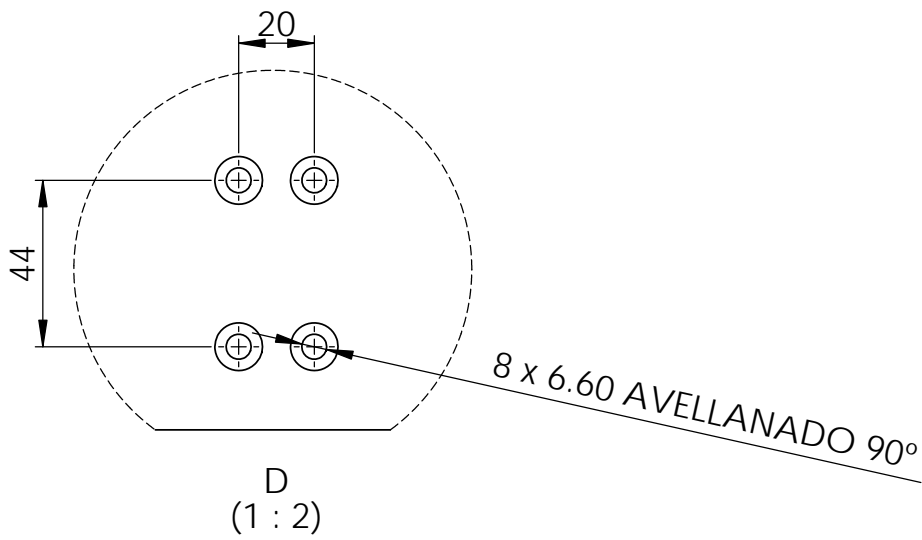
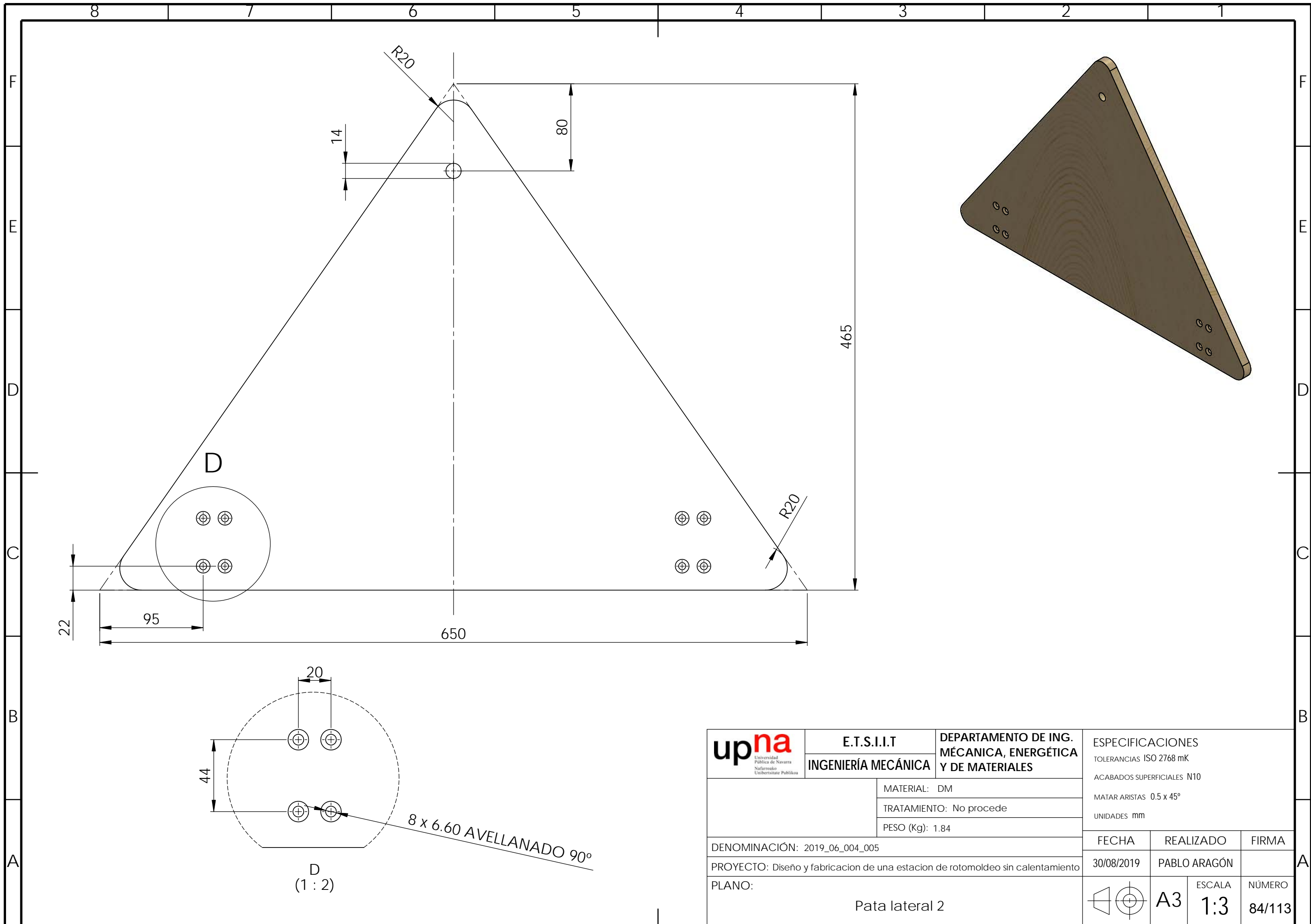
	E.T.S.I.I.T	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	INGENIERÍA MECÁNICA				
	MATERIAL:				
	TRATAMIENTO: No procede				
	PESO (Kg):				
DENOMINACIÓN: 2019_06_004_003		FECHA	REALIZADO	FIRMA	
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento		30/08/2019	PABLO ARAGÓN		
PLANO:			<b>A3</b>	ESCALA <b>2:1</b>	NÚMERO <b>82/113</b>
Soporte rodamiento 1 L-L					



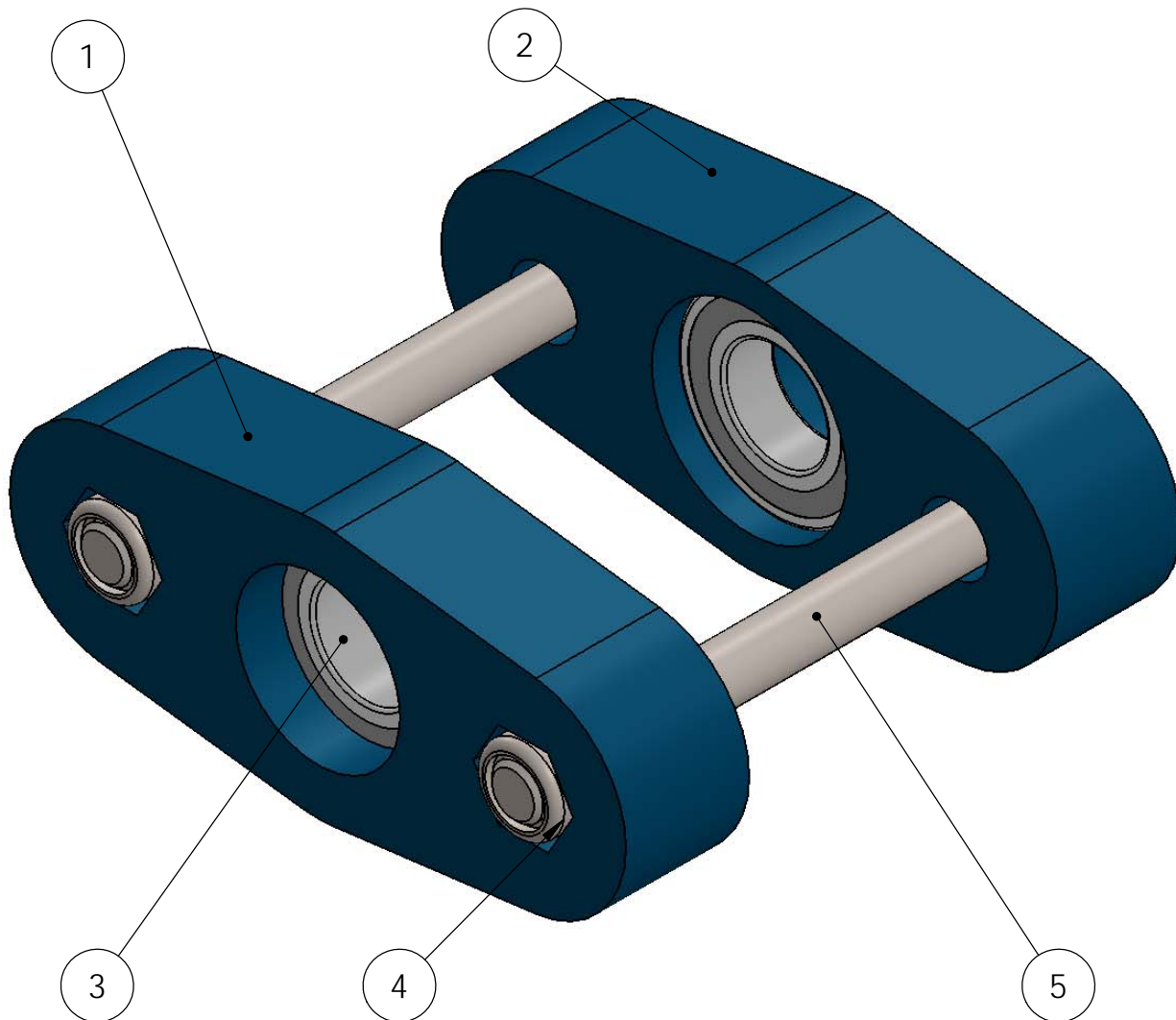


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_007_003	Soporte bloqueo cabeza	PLA	1
2	2019_06_007_004	Soporte bloqueo tuerca	PLA	1
3	ISO 7040-M5-C	Tuerca autoblocante M5		2
4	ISO 4762 M5 x 35 - 22C	Allen M5 x 35		2

	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		ESPECIFICACIONES TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm			
	INGENIERÍA MECÁNICA							
MATERIAL:			FECHA 30/08/2019		REALIZADO PABLO ARAGÓN		FIRMA	
TRATAMIENTO: No procede								
PESO (Kg):								
DENOMINACIÓN: 2019_06_004_004					ESCALA A3		NÚMERO 83/113	
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento								
PLANO: Soporte bloqueo 1 F-L								

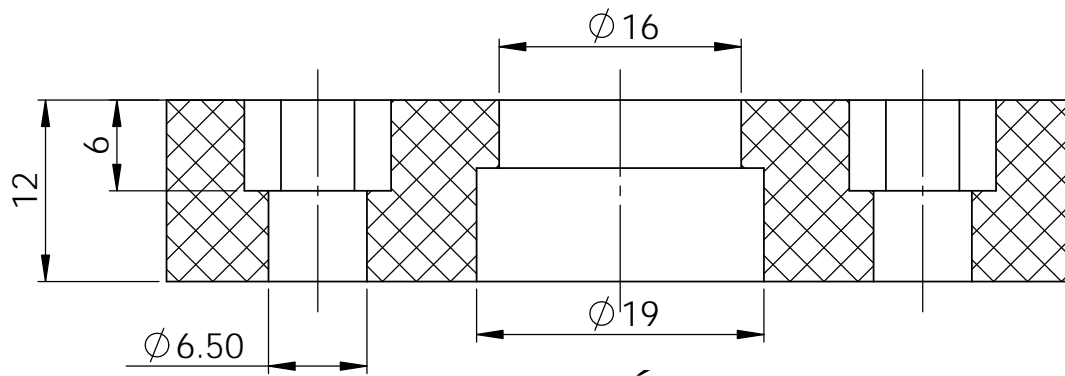


 <small>Universidad Pública de Navarra</small> <small>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small>	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: DM TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 1.84		FECHA	REALIZADO	FIRMA
	DENOMINACIÓN: 2019_06_004_005 PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento PLANO: Pata lateral 2		30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
			A3	ESCALA 1:3	NÚMERO 84/113

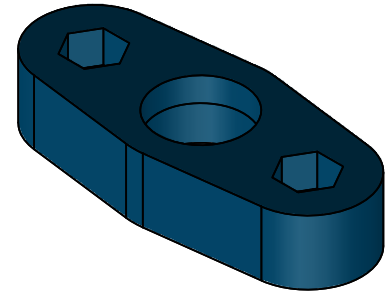
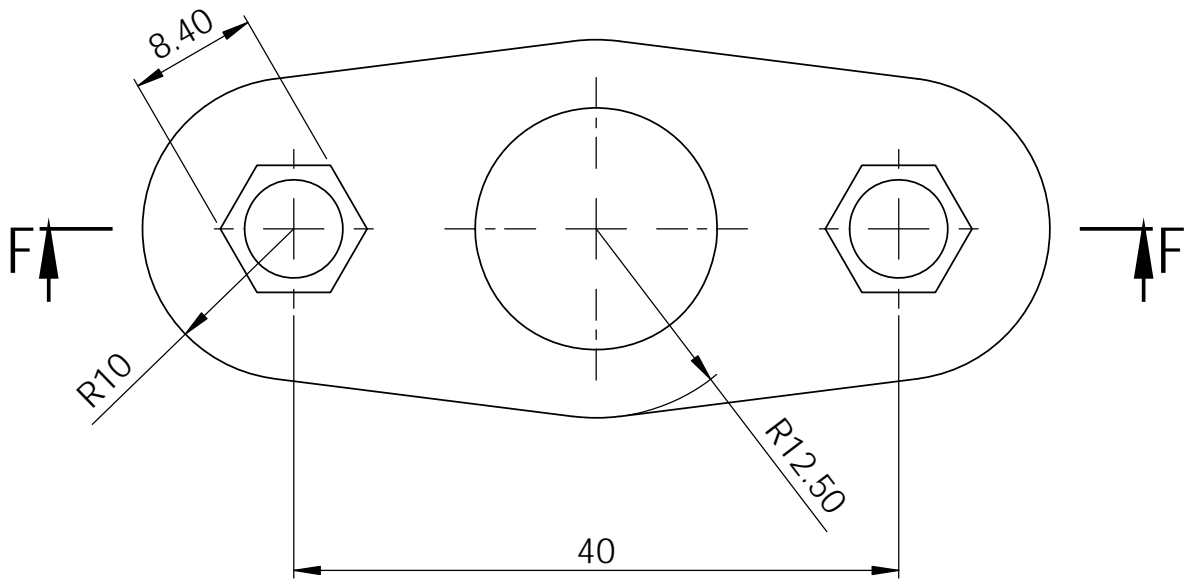


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_005_001	Soporte rodamiento 2 tuerca	PLA	1
2	2019_06_005_002	Soporte rodamiento 2 cabeza	PLA	1
3	6800ZZ	Rodamiento		2
4	ISO 7040-M5-C	Tuerca autoblocante M5		2
5	ISO 4762 M5 x 50 - 22C	Allen M5 x 50		2

	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm				
	INGENIERÍA MECÁNICA								
MATERIAL:						FECHA		REALIZADO	FIRMA
TRATAMIENTO: No procede						30/08/2019		PABLO ARAGÓN	
PESO (Kg):									
DENOMINACIÓN: 2019_06_005_000									
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento									
PLANO: Soportes rodamiento							A3	ESCALA 2:1	NÚMERO 85/113



SECCIÓN F F



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES

TOLERANCIAS ISO 2768 mK

ACABADOS SUPERFICIALES N10

MATAR ARISTAS 0.5 x 45°

UNIDADES mm

MATERIAL: PLA

TRATAMIENTO: No procede

PESO (Kg): 0.01

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_005\_001

PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

Soporte rodamiento 2 tuerca

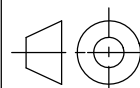
FECHA

REALIZADO

FIRMA

30/08/2019

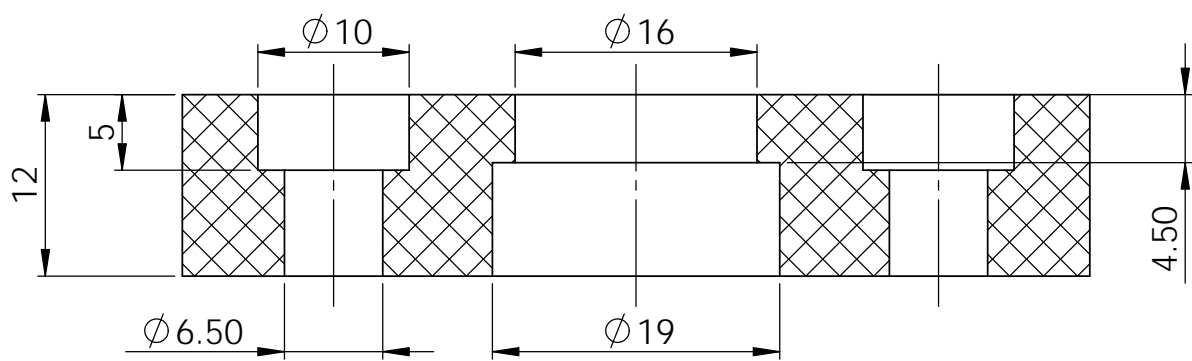
PABLO ARAGÓN



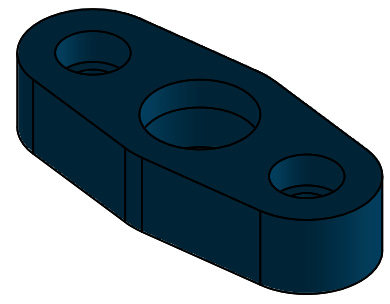
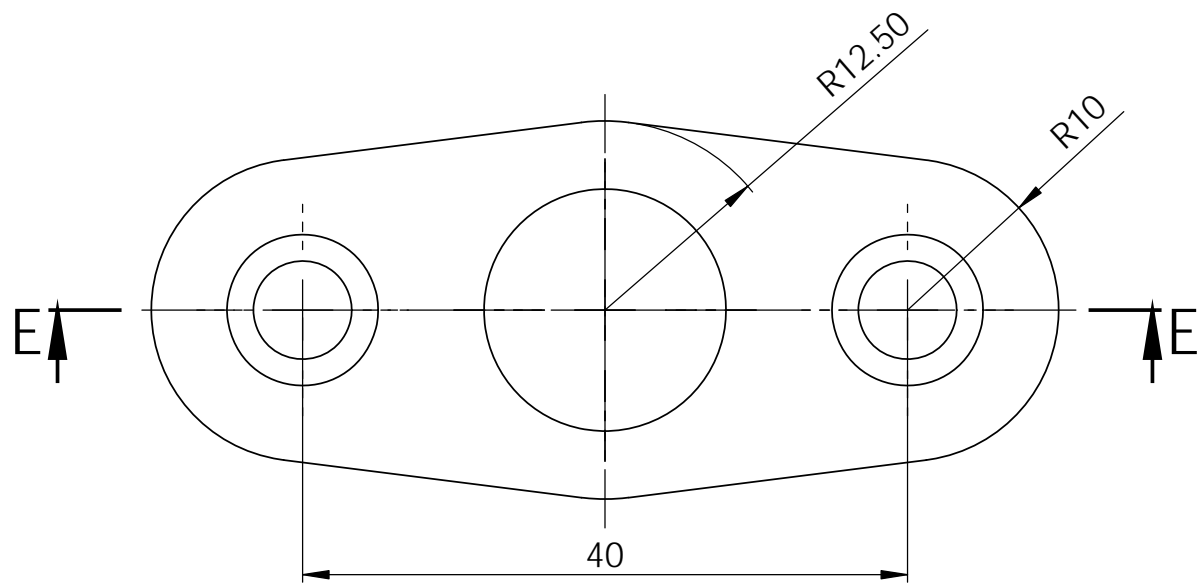
A3

ESCALA  
2:1

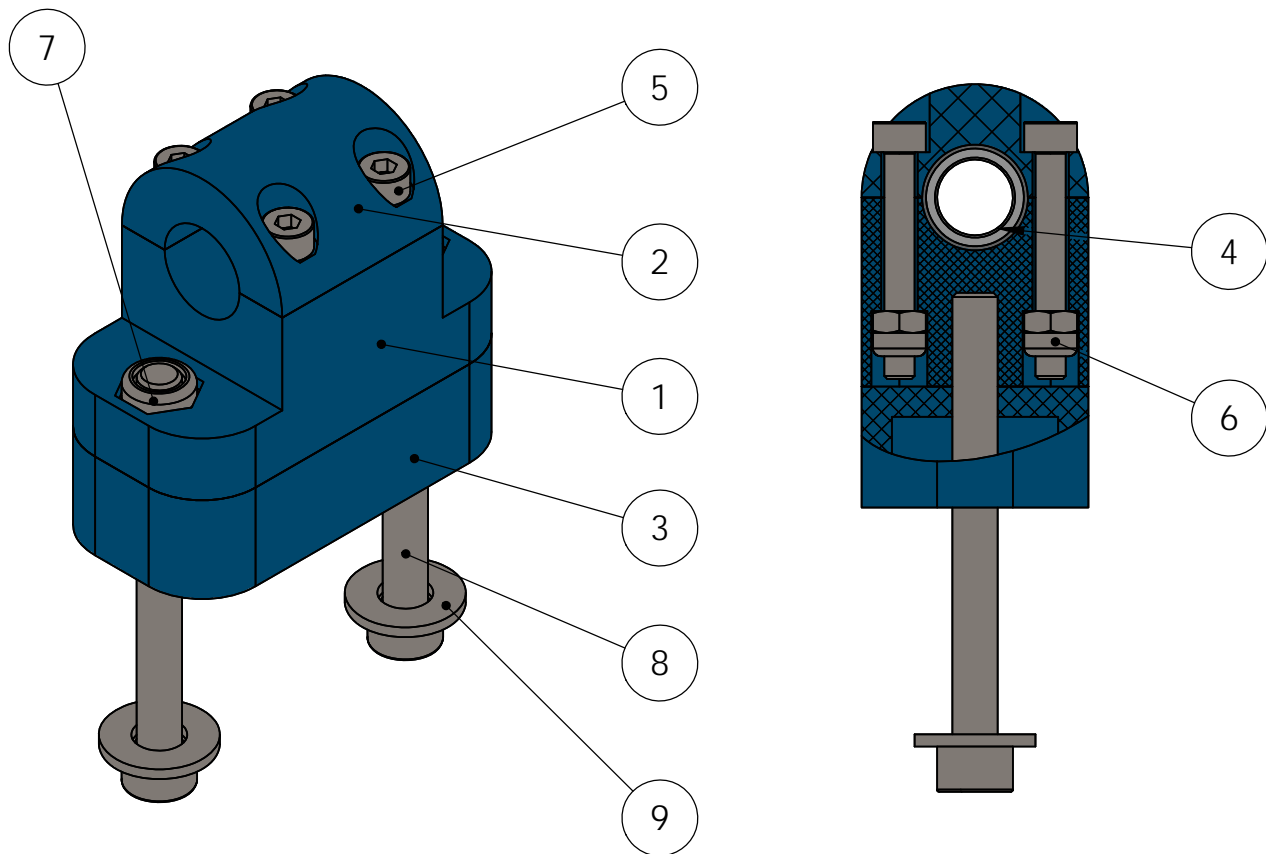
NÚMERO  
86/113



SECCIÓN EE

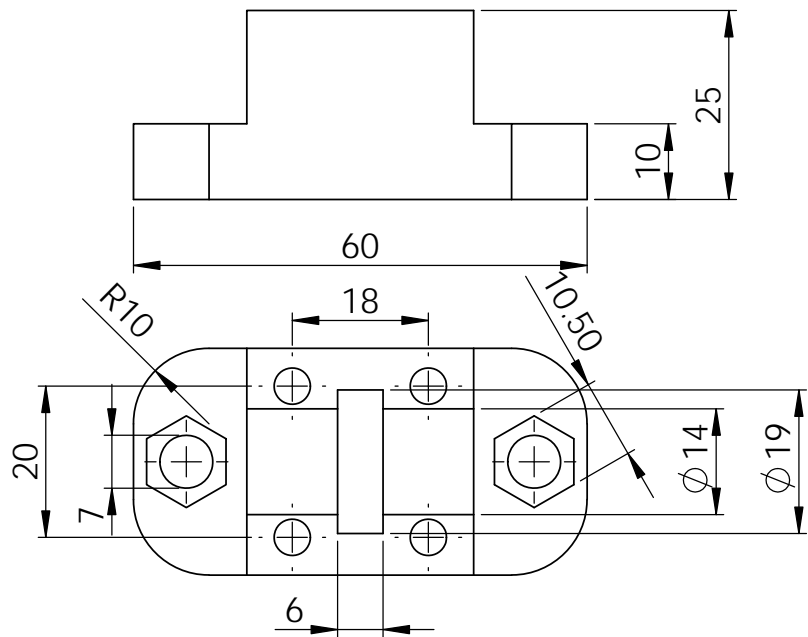
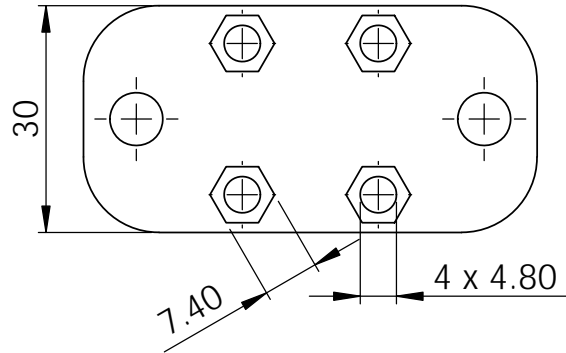
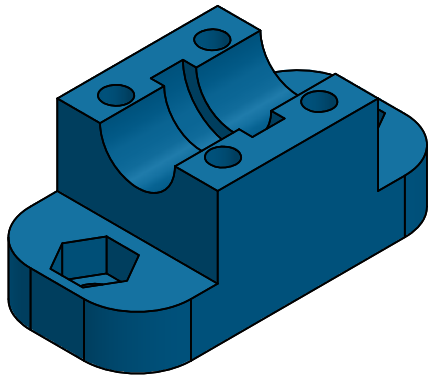


	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		ESPECIFICACIONES		
	INGENIERÍA MECÁNICA			TOLERANCIAS ISO 2768 mK		
	MATERIAL: PLA			ACABADOS SUPERFICIALES N10		
	TRATAMIENTO: No procede			MATAR ARISTAS 0.5 x 45°		
	PESO (Kg): 0.01			UNIDADES mm		
A	DENOMINACIÓN: 2019_06_005_002			FECHA	REALIZADO	FIRMA
	PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento			30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	PLANO: Soporte rodamiento 2 cabeza				A3	ESCALA 2:1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_006_002	Base soporte rodamiento accionamiento	PLA	1
2	2019_06_006_003	Tapa rueda apretador	PLA	1
3	2019_06_006_008	Separador soporte rodamiento	PLA	1
4	6800ZZ	Rodamiento		1
5	ISO 4762 M4 x 30 - 20C	Allen M4 x 30		4
6	ISO 7040-M4-C	Tuerca autoblocante M4		4
7	ISO 7040-M6-C	Tuerca autoblocante M6		2
8	ISO 4762 M6 x 60 - 24C	Allen M6 x 60		2
9	ISO 10673-7.4-N	Arandela 6 normal		2

	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm												
	INGENIERÍA MECÁNICA																
MATERIAL:			<table border="1"> <tr> <td>FECHA</td> <td>REALIZADO</td> <td>FIRMA</td> </tr> <tr> <td>30/08/2019</td> <td>PABLO ARAGÓN</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"> </td> <td rowspan="2">A3</td> <td>ESCALA</td> <td>NÚMERO</td> </tr> <tr> <td>1:1</td> <td>88/113</td> </tr> </table>			FECHA	REALIZADO	FIRMA	30/08/2019	PABLO ARAGÓN			A3	ESCALA	NÚMERO	1:1	88/113
FECHA	REALIZADO	FIRMA															
30/08/2019	PABLO ARAGÓN																
	A3	ESCALA	NÚMERO														
		1:1	88/113														
TRATAMIENTO: No procede																	
PESO (Kg):																	
DENOMINACIÓN: 2019_06_006_001																	
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento																	
PLANO: Soporte rodamiento accionamiento																	



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES

TOLERANCIAS ISO 2768 mK

ACABADOS SUPERFICIALES N10

MATAR ARISTAS 0.5 x 45°

UNIDADES mm

MATERIAL: PLA

TRATAMIENTO: No procede

PESO (Kg): 0.03

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_006\_002

PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

Base soporte rodamiento accionamiento

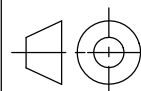
FECHA

30/08/2019

REALIZADO

PABLO ARAGÓN

FIRMA



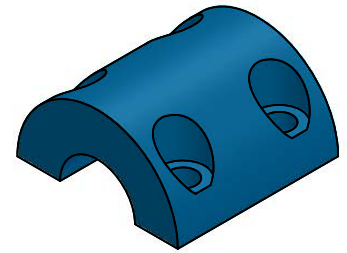
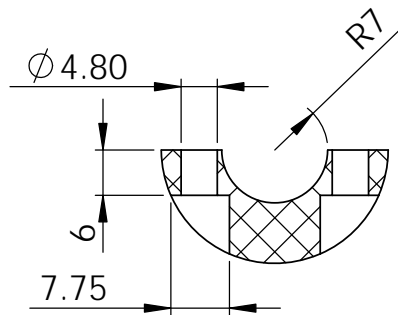
A3

ESCALA

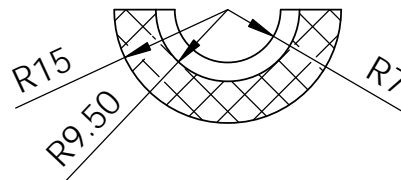
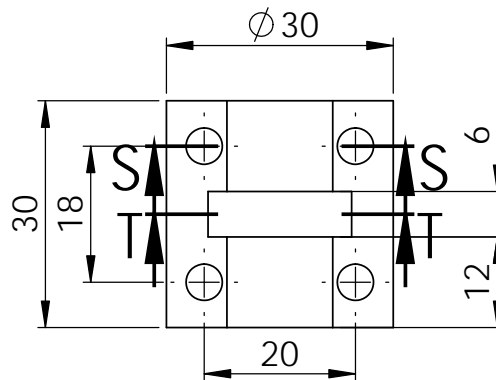
1:1

NÚMERO

89/113



SECCIÓN S S



SECCIÓN T T



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES

TOLERANCIAS ISO 2768 mK

ACABADOS SUPERFICIALES N10

MATAR ARISTAS 0.5 x 45°

UNIDADES mm

MATERIAL: PLA

TRATAMIENTO: No procede

PESO (Kg): 0.01

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_006\_003

PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

Tapa rueda apretador

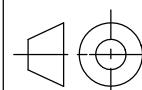
FECHA

REALIZADO

FIRMA

30/08/2019

PABLO ARAGÓN



A3

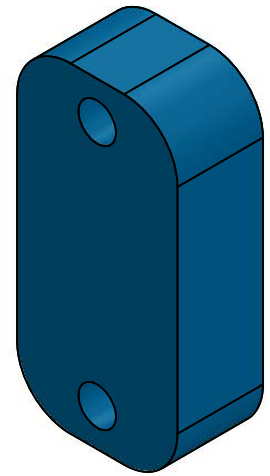
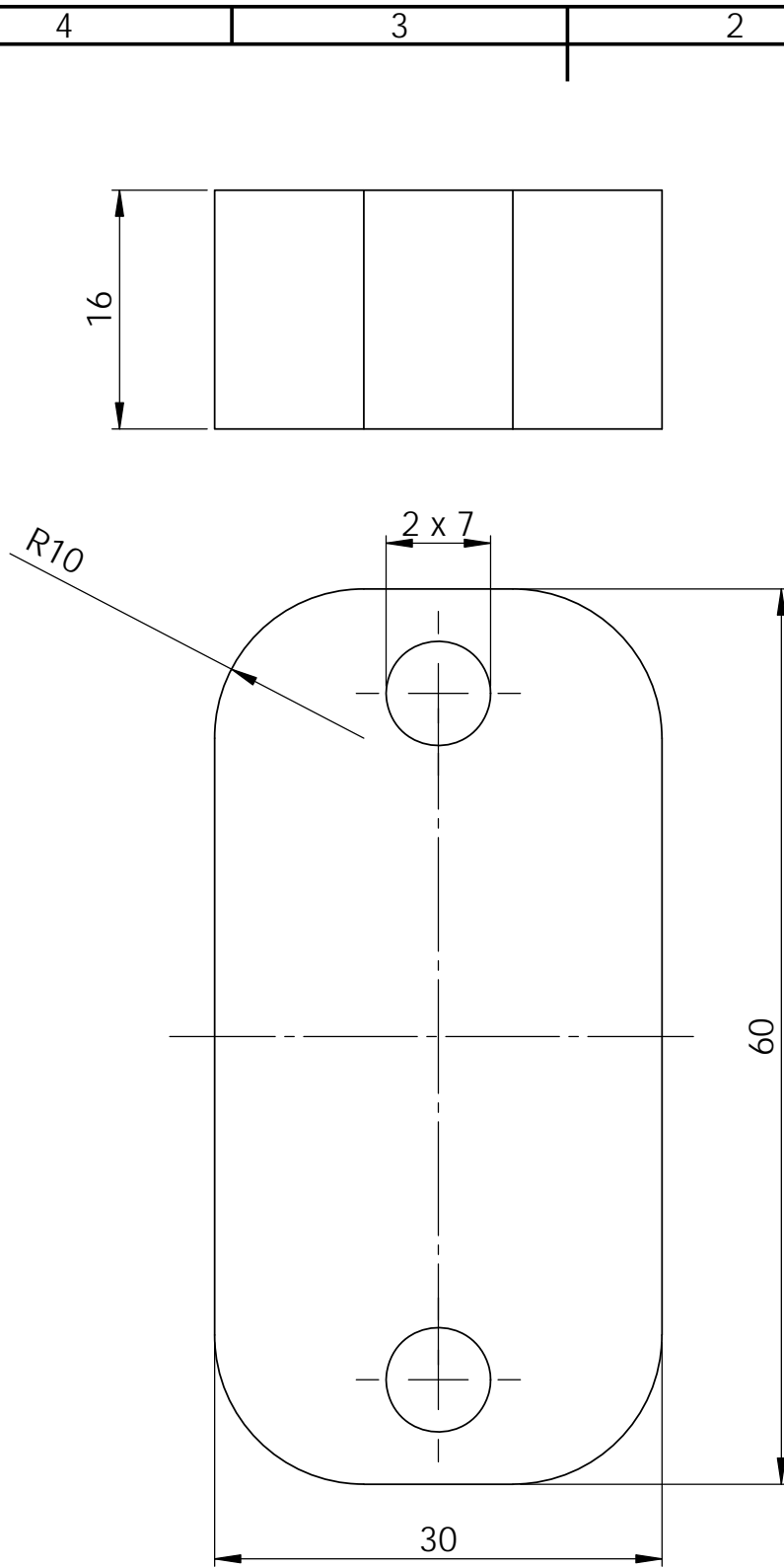
ESCALA

1:1

NÚMERO

90/113





E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES

TOLERANCIAS ISO 2768 mK

ACABADOS SUPERFICIALES N10

MATAR ARISTAS 0.5 x 45°

UNIDADES mm

MATERIAL: PLA

TRATAMIENTO: No procede

PESO (Kg): 0.02

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_006\_008

PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

Separador soporte rodamiento

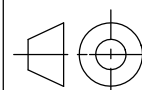
FECHA

30/08/2019

REALIZADO

PABLO ARAGÓN

FIRMA



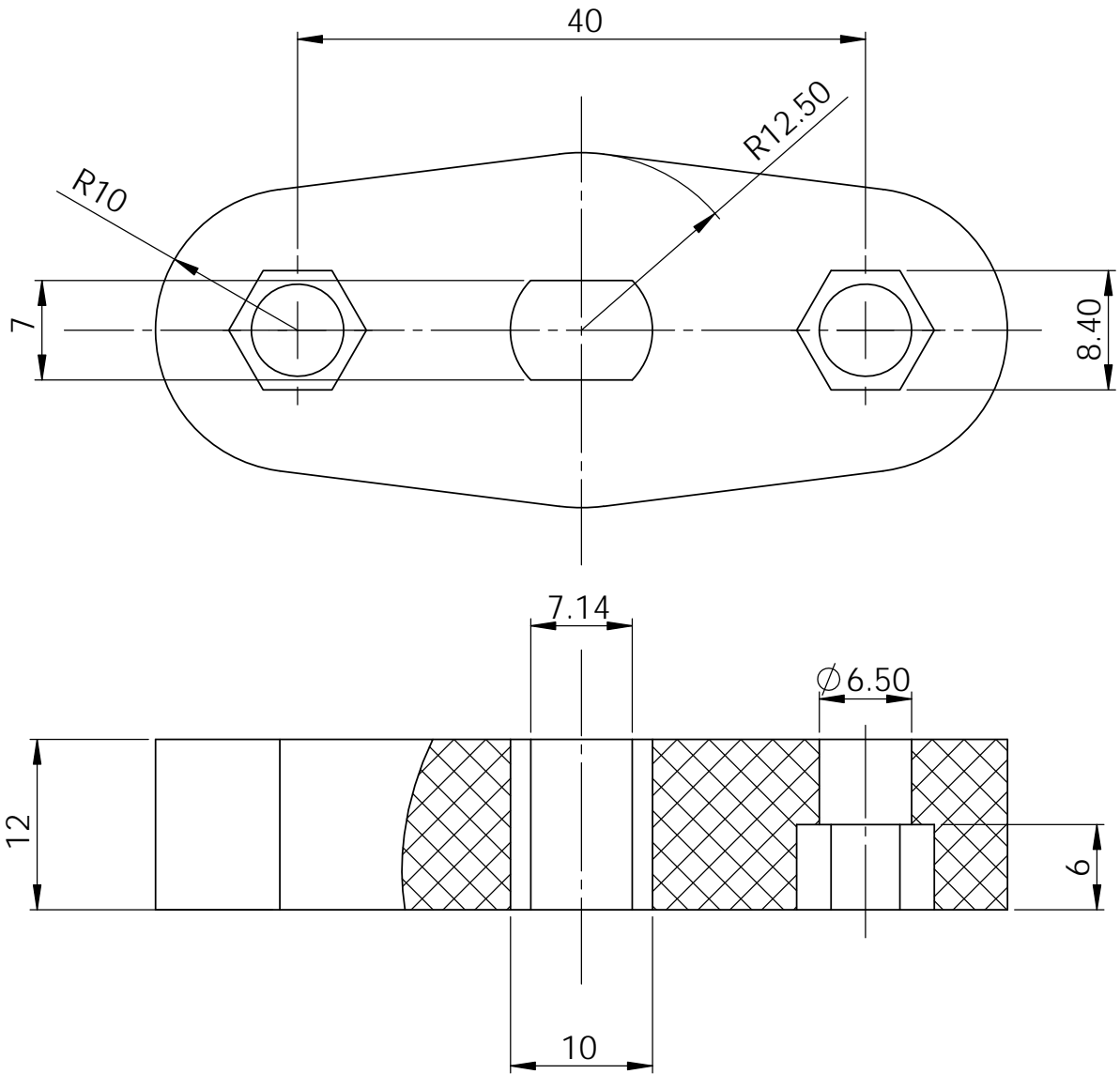
A3


ESCALA

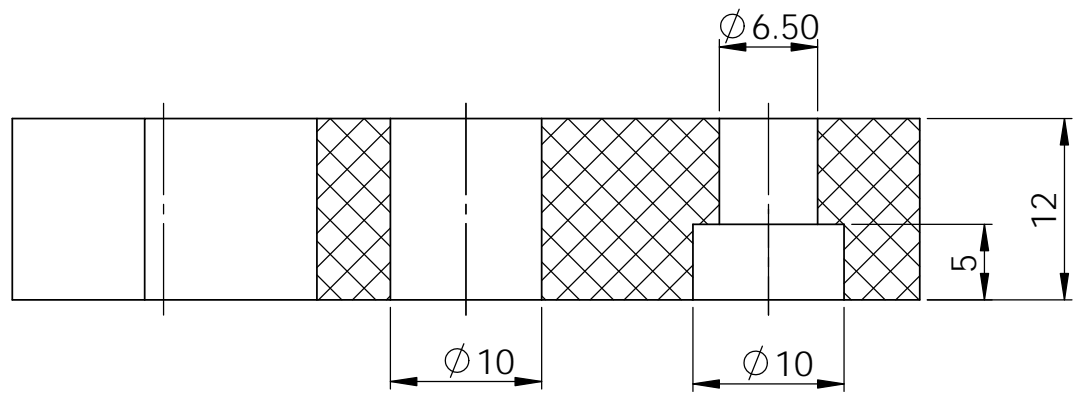
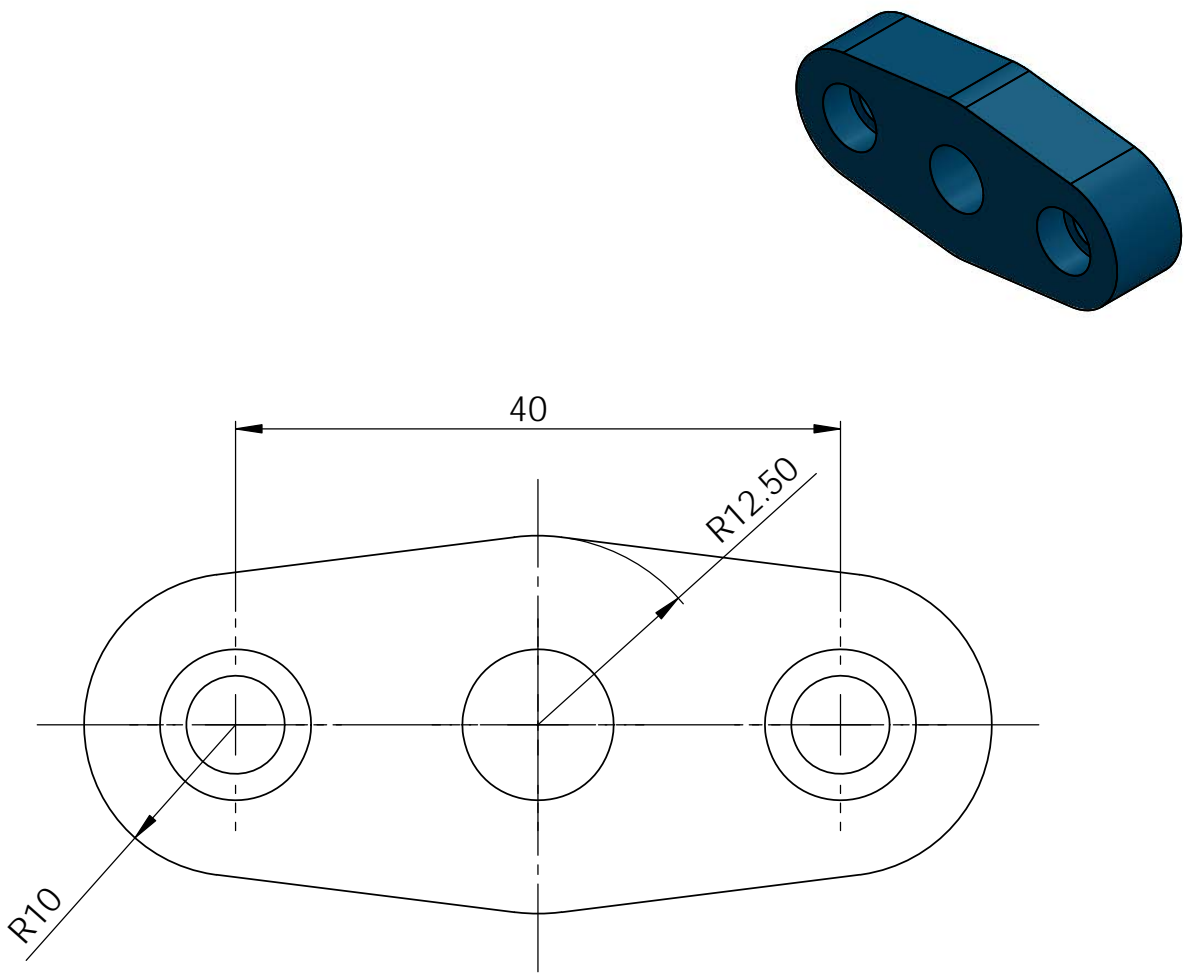
2:1


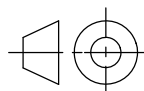
NÚMERO

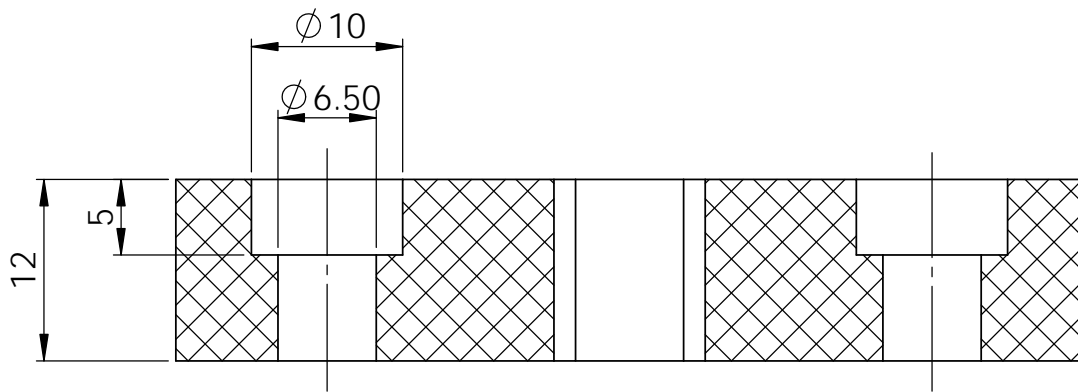
91/113



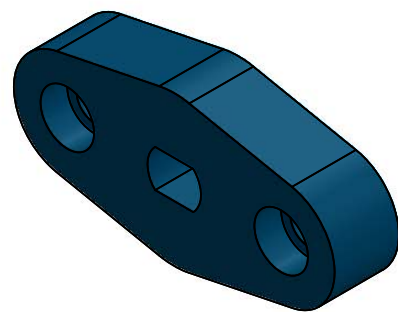
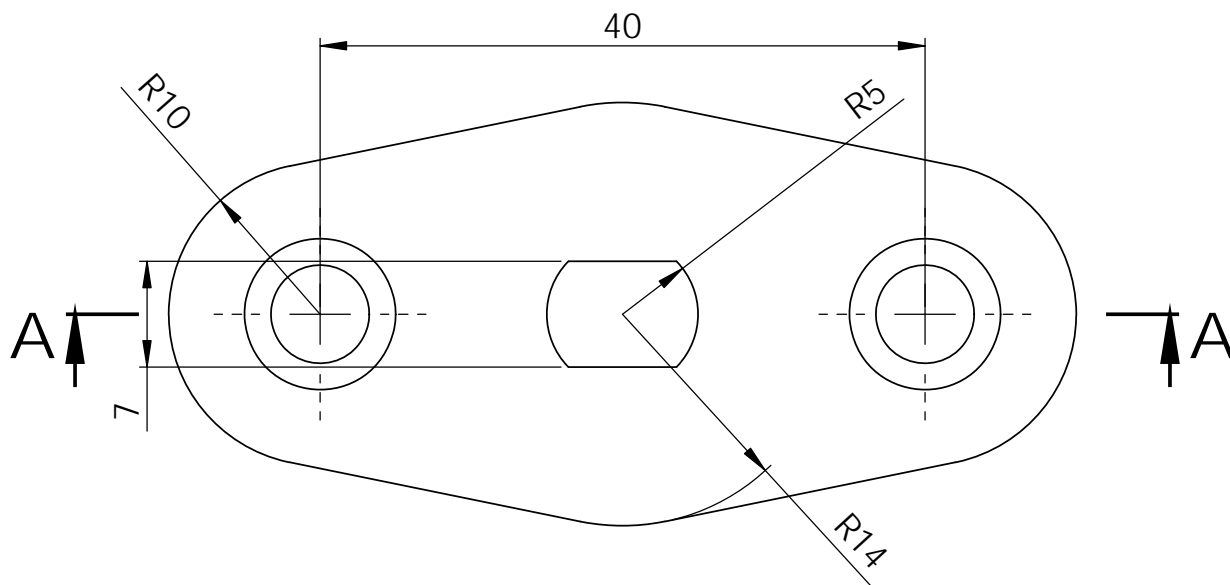
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: PLA TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 0.02		FECHA 30/08/2019			REALIZADO PABLO ARAGÓN	FIRMA
DENOMINACIÓN: 2019_06_007_001			ESCALA <b>A3</b>	NÚMERO <b>92/113</b>	PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento		PLANO: <b>Soporte bloqueo tuerca</b>



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm			
	MATERIAL: PLA TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 0.02		DENOMINACIÓN: 2019_06_007_002 PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento PLANO: Soporte móvil cabeza			FECHA 30/08/2019	REALIZADO PABLO ARAGÓN	FIRMA
						<b>A3</b>	ESCALA <b>2:1</b>	NÚMERO <b>93/113</b>



SECCIÓN A A



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES

TOLERANCIAS ISO 2768 mK

ACABADOS SUPERFICIALES N10

MATAR ARISTAS 0.5 x 45°

UNIDADES mm

MATERIAL: PLA

TRATAMIENTO: No procede

PESO (Kg): 0.02

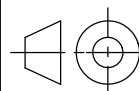
DENOMINACIÓN: 2019\_06\_007\_003

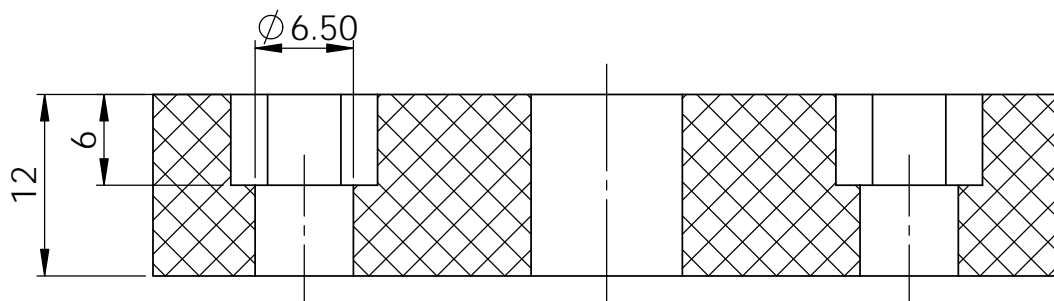
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

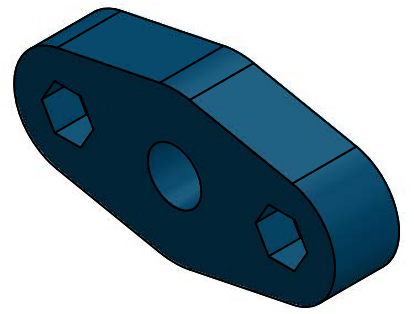
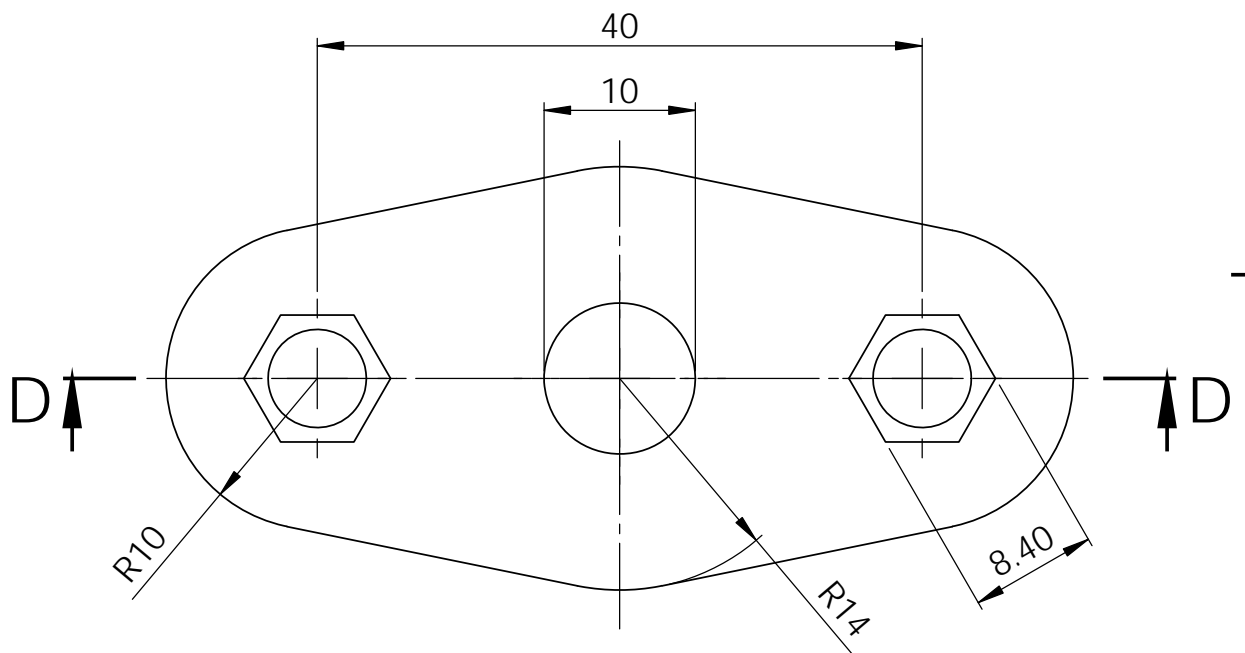
Soporte bloqueo cabeza


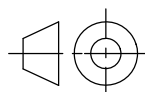
FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	ESCALA	NÚMERO
	A3	2:1
		94/113

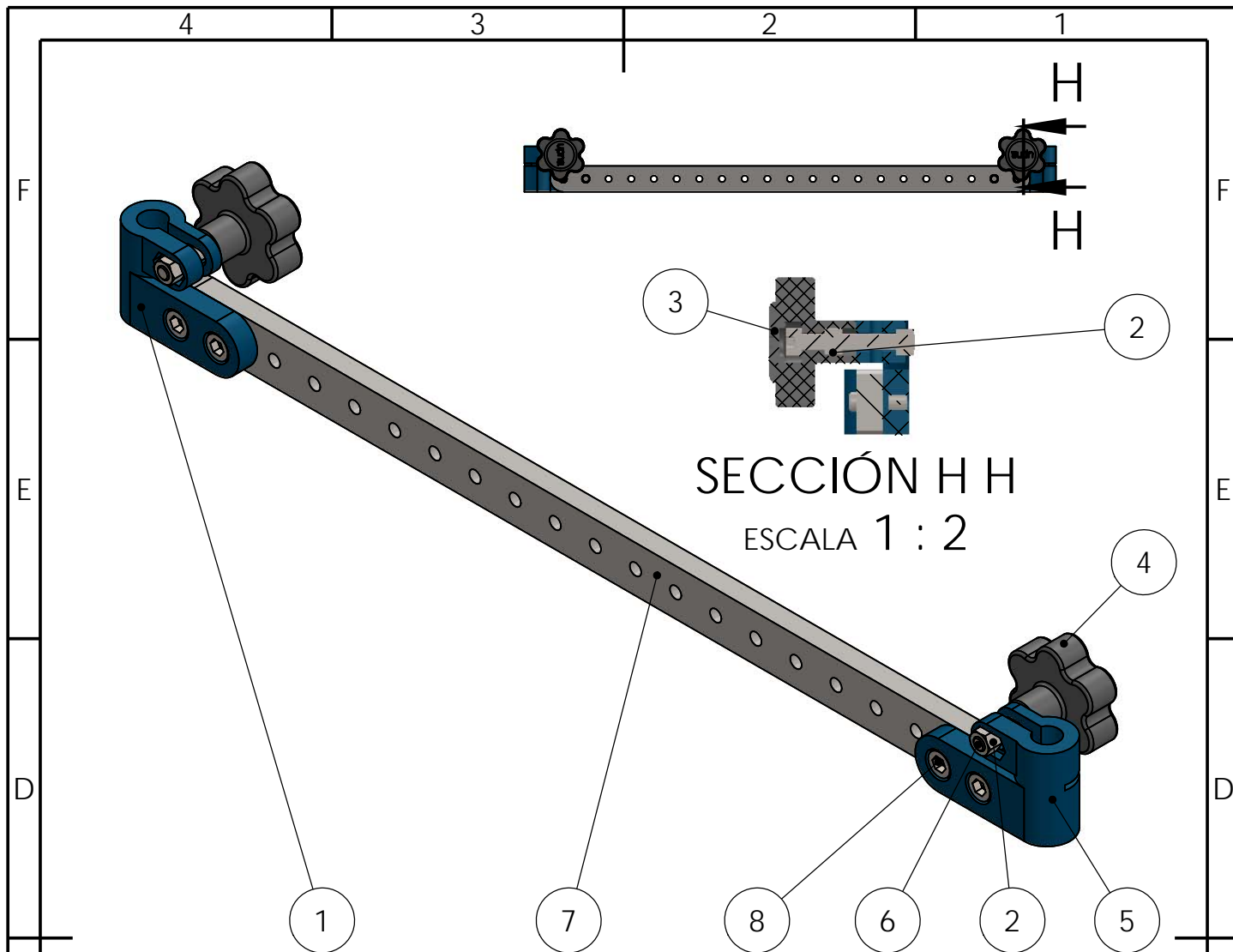





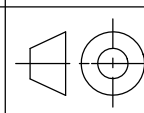
SECCIÓN D D

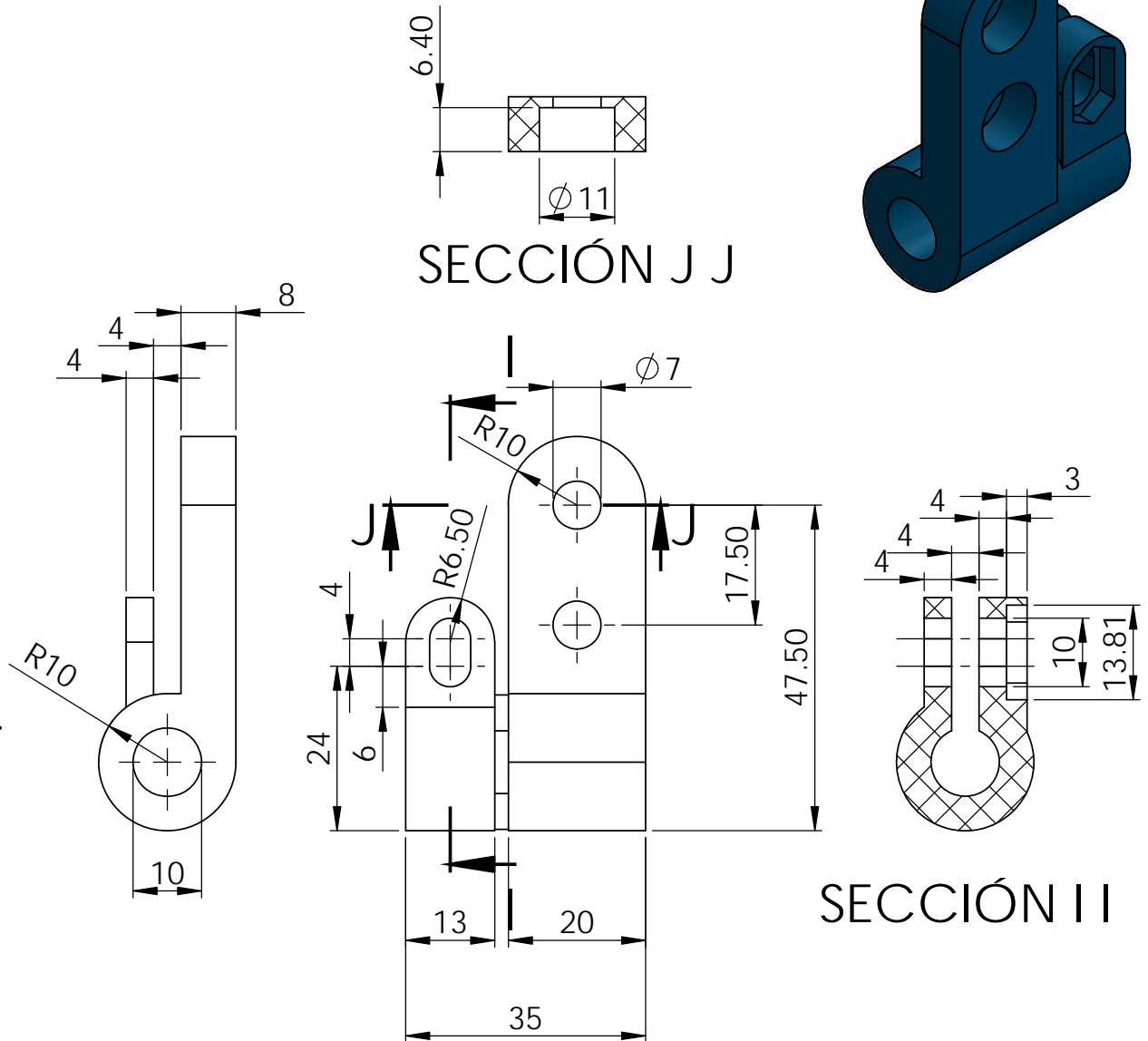



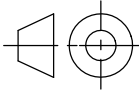
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		ESPECIFICACIONES		
	INGENIERÍA MECÁNICA				TOLERANCIAS ISO 2768 mK		
			MATERIAL: PLA		ACABADOS SUPERFICIALES N10		
			TRATAMIENTO: No procede		MATAR ARISTAS 0.5 x 45°		
			PESO (Kg): 0.02		UNIDADES mm		
A	DENOMINACIÓN: 2019_06_007_004				FECHA	REALIZADO	FIRMA
	PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento				30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	PLANO: Soporte bloqueo tuerca					A3	ESCALA <b>2:1</b>

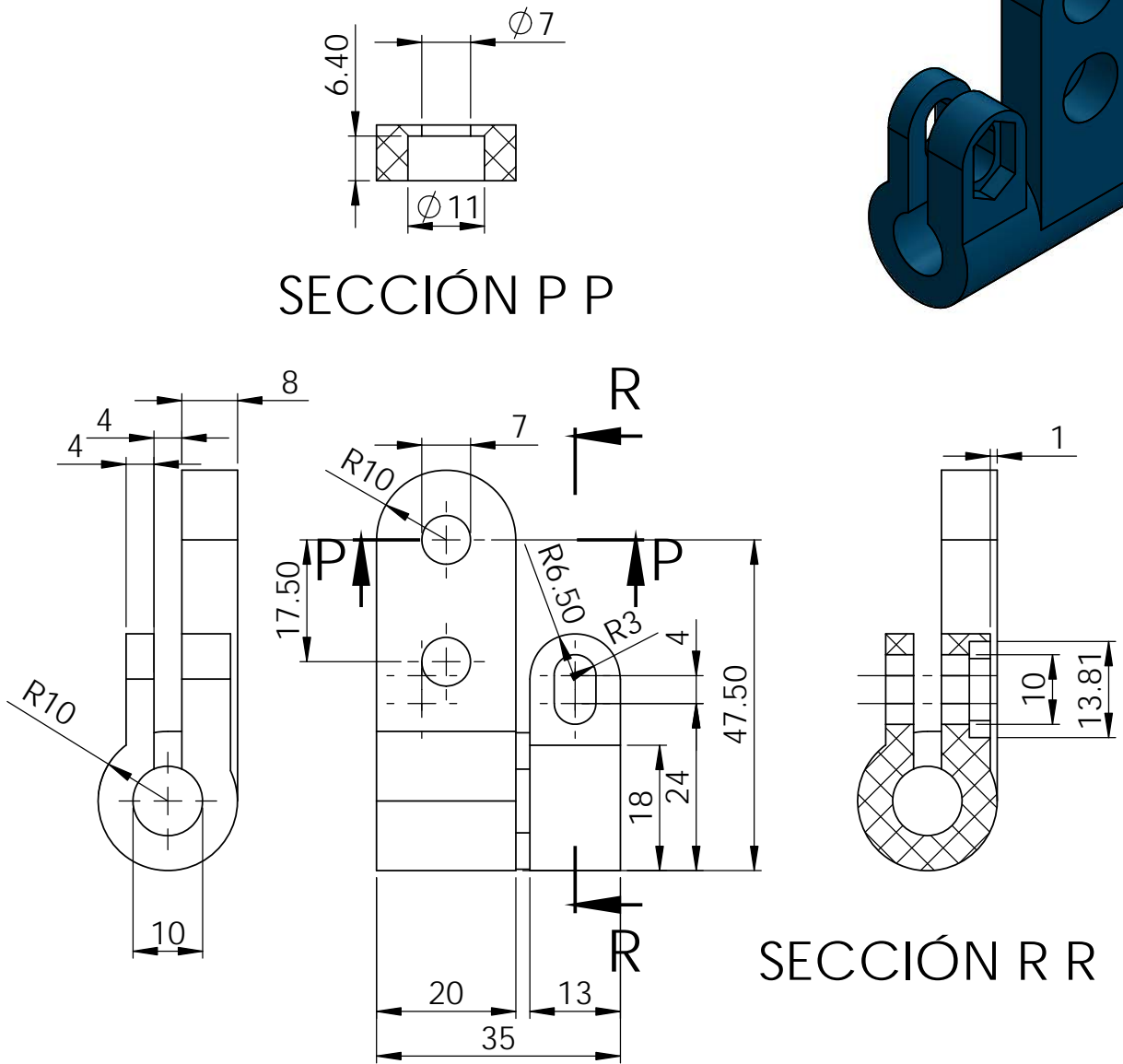


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	2019_06_008_004	Soporte pletina superior	PLA	1
2	ISO - 4034 - M5 - N			4
3	2019_06_008_006	Tapa rueda apretador		2
4	2019_06_008_005	Rueda apretador		2
5	2019_06_008_002	Soporte pletina inferior	PLA	1
6	ISO 4762 M5 x 35 - 22C	Allen M5 x 35		2
7	2019_06_008_007	Plantilla agujeros	1.4301 (X5CrNi18-10)	1
8	ISO 4762 M6 x 12 - 12C	Allen M6 x 12		6

	<b>E.T.S.I.I.T</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>						
	MATERIAL:		TRATAMIENTO: No procede				
DENOMINACIÓN: 2019_06_008_000			FECHA	REALIZADO	FIRMA		
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento			30/08/2019	PABLO ARAGÓN			
PLANO: Conjunto Anclaje				A3	ESCALA 1:5	NÚMERO 96/113	

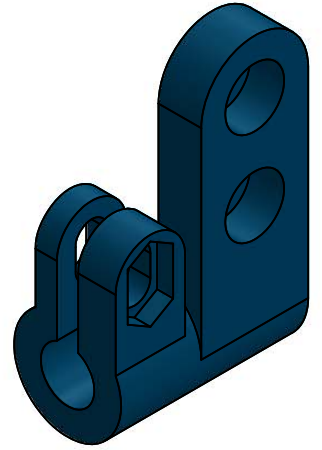


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		ESPECIFICACIONES TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm							
	INGENIERÍA MECÁNICA		MATERIAL: PLA		<table border="1"> <thead> <tr> <th>FECHA</th> <th>REALIZADO</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30/08/2019</td> <td>PABLO ARAGÓN</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			FECHA	REALIZADO	FIRMA	30/08/2019	PABLO ARAGÓN
FECHA	REALIZADO	FIRMA										
30/08/2019	PABLO ARAGÓN											
			TRATAMIENTO: No procede		<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESCALA</th> <th>NÚMERO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A3</td> <td>97/113</td> </tr> </tbody> </table>			ESCALA	NÚMERO	A3	97/113	
ESCALA	NÚMERO											
A3	97/113											
			PESO (Kg): 0.02									
DENOMINACIÓN: 2019_06_008_002												
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento												
PLANO: Soporte pletina inferior												



SECCIÓN P P

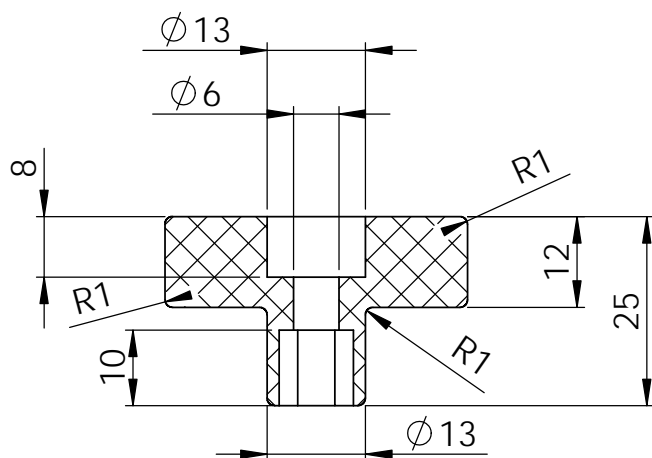
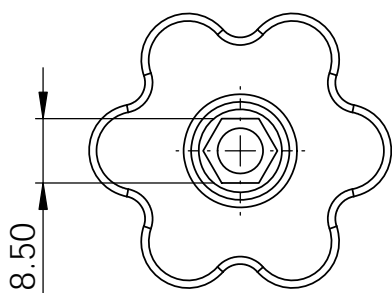
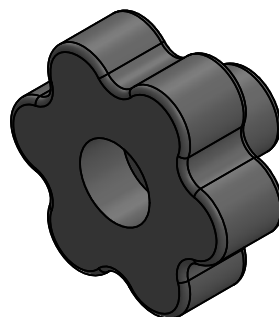
SECCIÓN R R



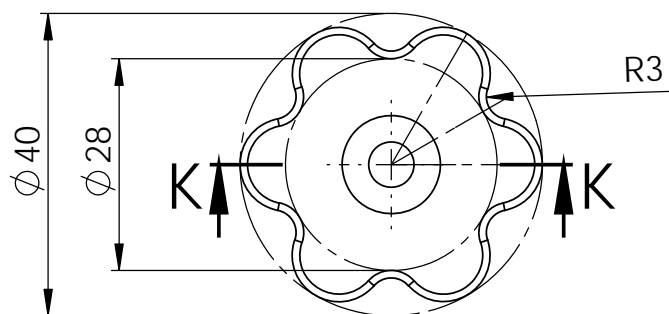
	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: PLA TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 0.02				FECHA	REALIZADO	FIRMA
DENOMINACIÓN: 2019_06_008_004				30/08/2019	PABLO ARAGÓN		
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento					A3	ESCALA	NÚMERO
PLANO: Soporte pletina superior						1:1	98/113



4 3 2 1



SECCIÓN K K



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES  
TOLERANCIAS ISO 2768 mK  
ACABADOS SUPERFICIALES N10  
MATAR ARISTAS 0.5 x 45°  
UNIDADES mm

MATERIAL:  
TRATAMIENTO: No procede  
PESO (Kg):

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_008\_005

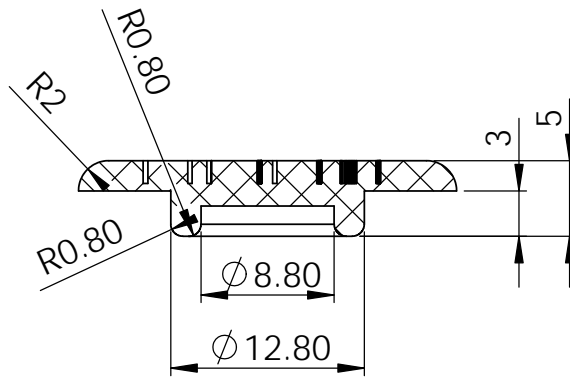
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

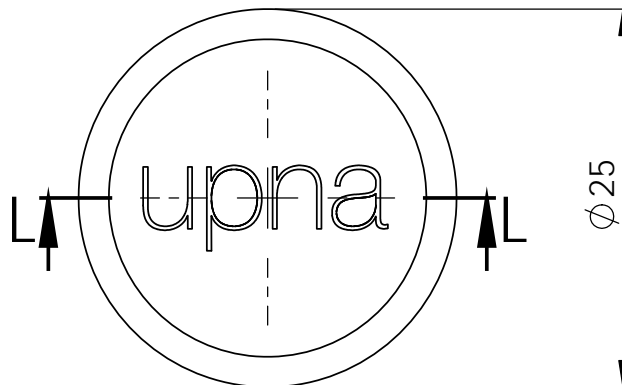
Rueda apretador

FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	ESCALA	NÚMERO
	A3	99/113
	1:1	

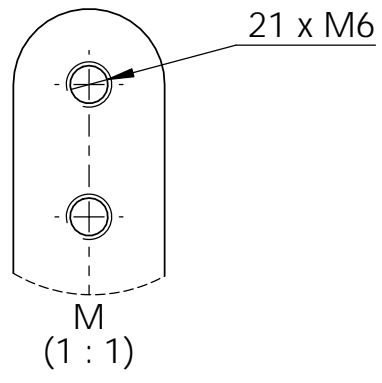
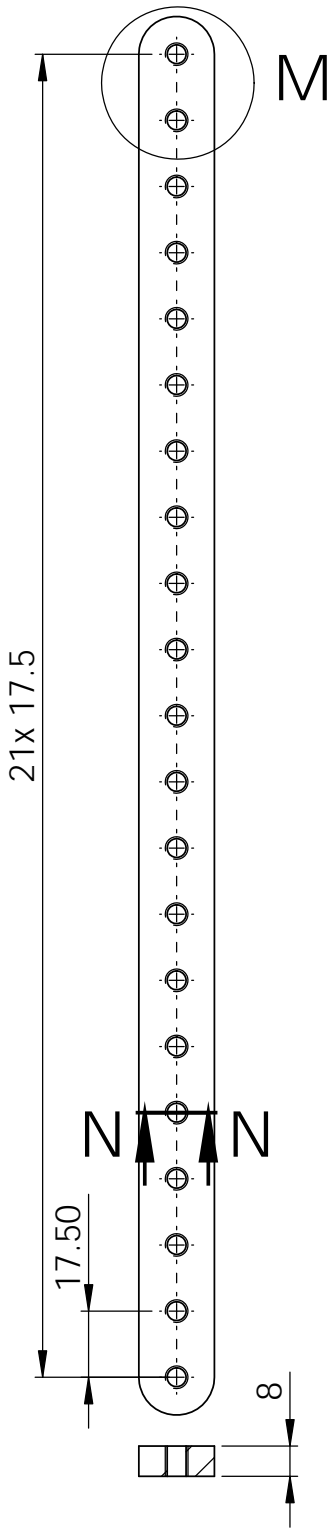
4 3 2 1



SECCIÓN L L



 <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	ESPECIFICACIONES TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	INGENIERÍA MECÁNICA		MATERIAL: TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg):	FECHA	REALIZADO
DENOMINACIÓN: 2019_06_008_006			30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento				ESCALA <b>A3</b> <b>2:1</b>	NÚMERO <b>100/113</b>
PLANO: Tapa rueda apretador					



SECCIÓN N N



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES  
TOLERANCIAS ISO 2768 mK  
ACABADOS SUPERFICIALES N10  
MATAR ARISTAS 0.5 x 45°  
UNIDADES mm

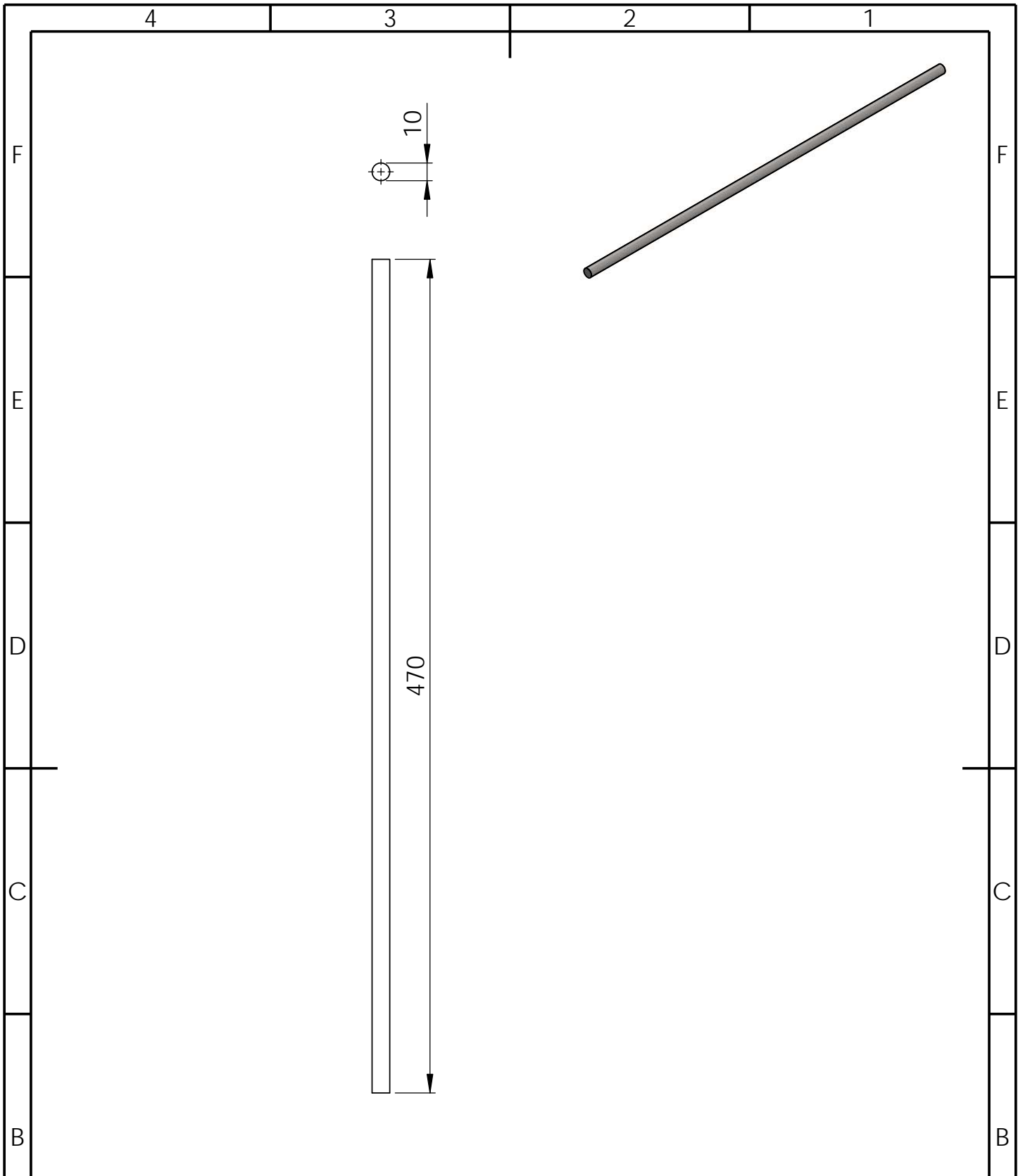
MATERIAL: 1.4301 (X5CrNi18-10)  
TRATAMIENTO: No procede  
PESO (Kg): 0.44

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_008\_007  
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	

PLANO:  
Plantilla agujeros

	A3	ESCALA 1:2	NÚMERO 101/113
--	----	---------------	-------------------



	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg):						
<b>A</b>	DENOMINACIÓN: 2019_06_008_008				FECHA	REALIZADO	FIRMA
	PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento				30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	PLANO: Guiado lateral apretadores					A3	ESCALA <b>1:3</b>

4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

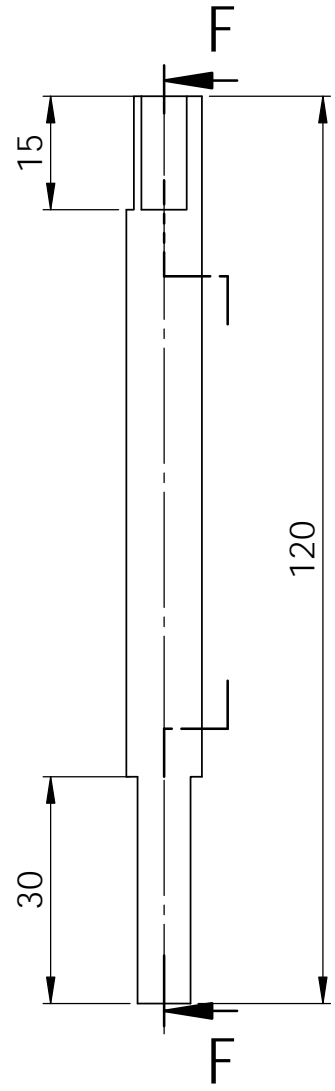
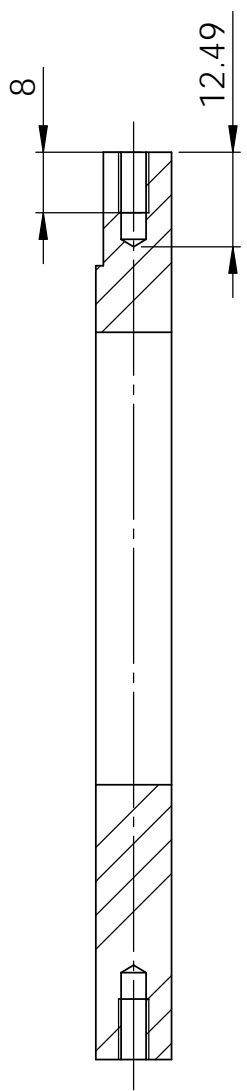
E

D

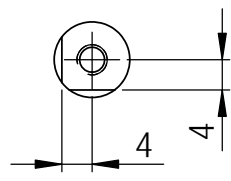
C

B

A



SECCIÓN F F



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		ESPECIFICACIONES			
	INGENIERÍA MECÁNICA				TOLERANCIAS ISO 2768 mK			
			MATERIAL: 1.4000 (X6Cr13)		ACABADOS SUPERFICIALES N10			
			TRATAMIENTO: No procede		MATAR ARISTAS 0.5 x 45°			
			PESO (Kg): 0.07		UNIDADES mm			
DENOMINACIÓN: 2019_06_010_001					FECHA	REALIZADO	FIRMA	
PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento					30/08/2019	PABLO ARAGÓN		
PLANO: Eje 1						A3	ESCALA	NÚMERO
							1:1	103/113

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

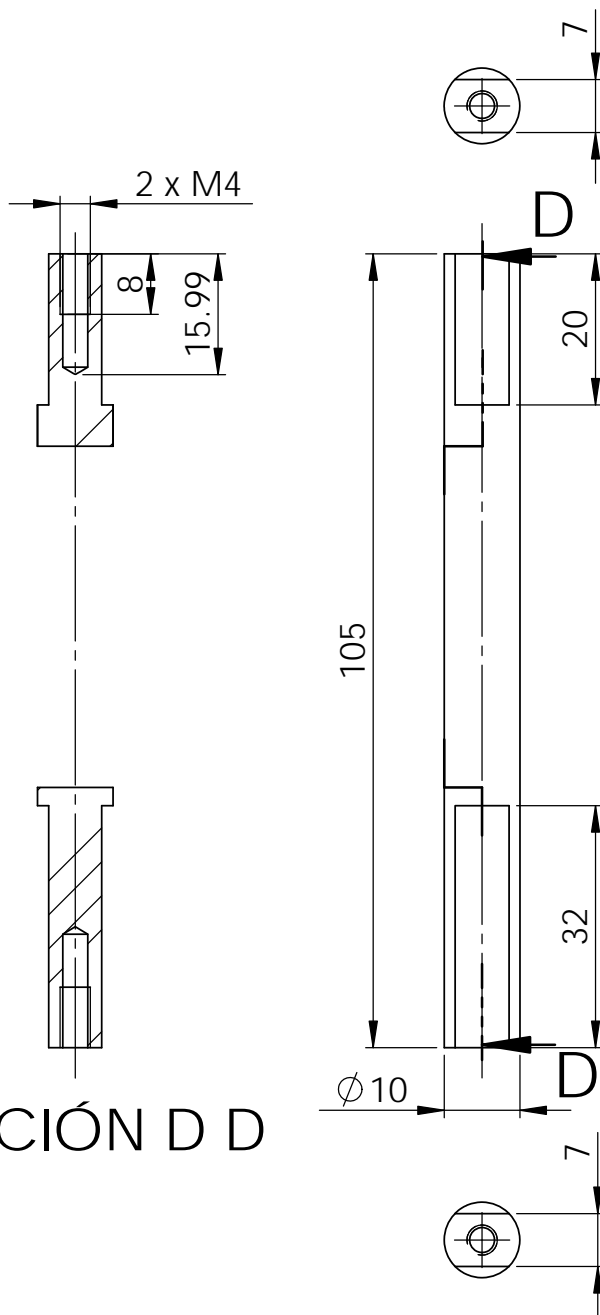
D

C

C

B

B



SECCIÓN D D



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES

TOLERANCIAS ISO 2768 mK

ACABADOS SUPERFICIALES N10

MATAR ARISTAS 0.5 x 45°

UNIDADES mm

MATERIAL: 1.4000 (X6Cr13)

TRATAMIENTO: No procede

PESO (Kg): 0.06

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_010\_002

PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

Eje 2

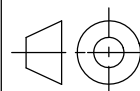
FECHA

REALIZADO

FIRMA

30/08/2019

PABLO ARAGÓN



A3

ESCALA

1:1

NÚMERO

104/113

4

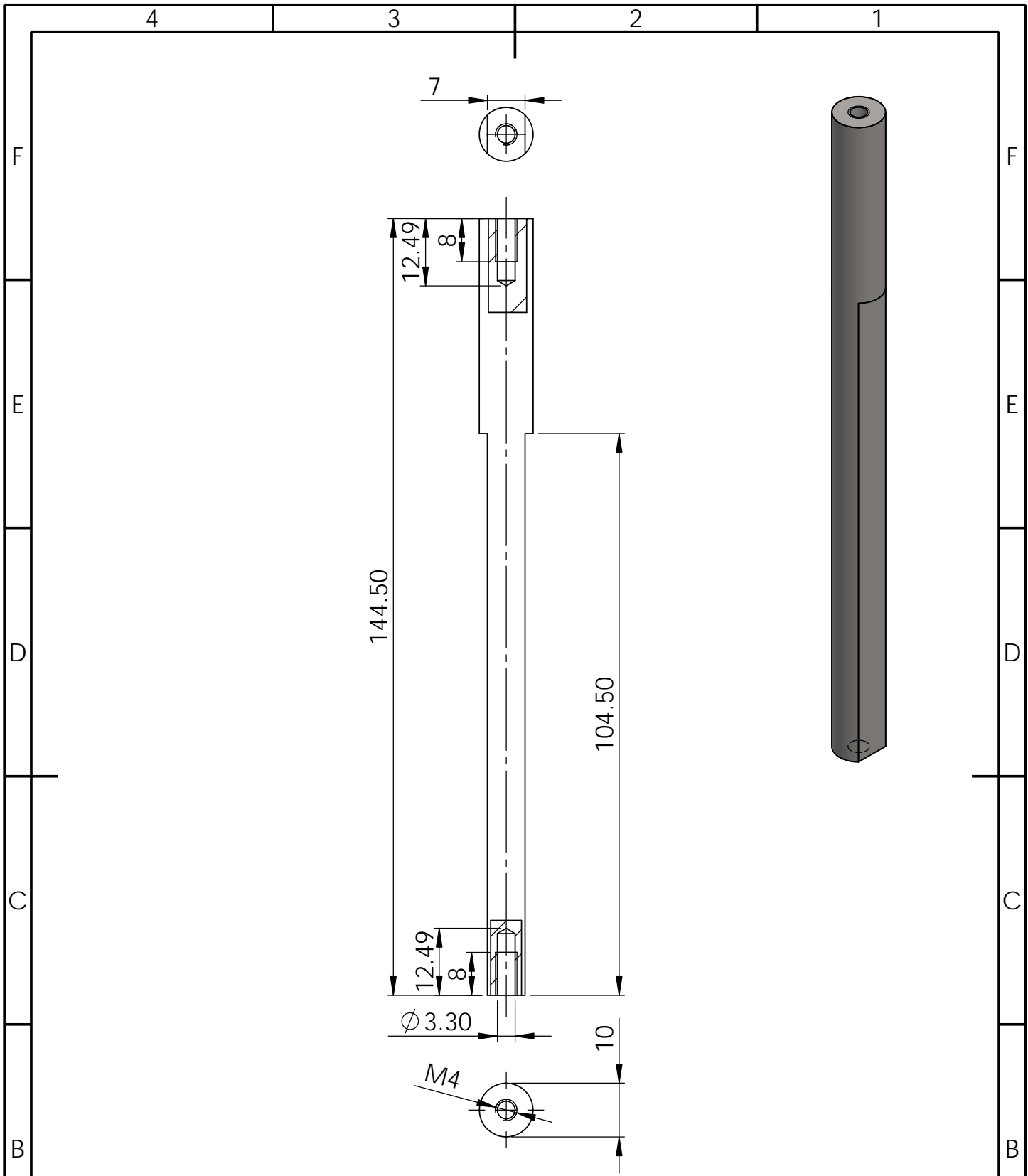
3

2

1

A

A



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES  
TOLERANCIAS ISO 2768 mK  
ACABADOS SUPERFICIALES N10  
MATAR ARISTAS 0.5 x 45°  
UNIDADES mm

MATERIAL: 1.4000 (X6Cr13)  
TRATAMIENTO: No procede  
PESO (Kg): 0.07

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_010\_003  
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

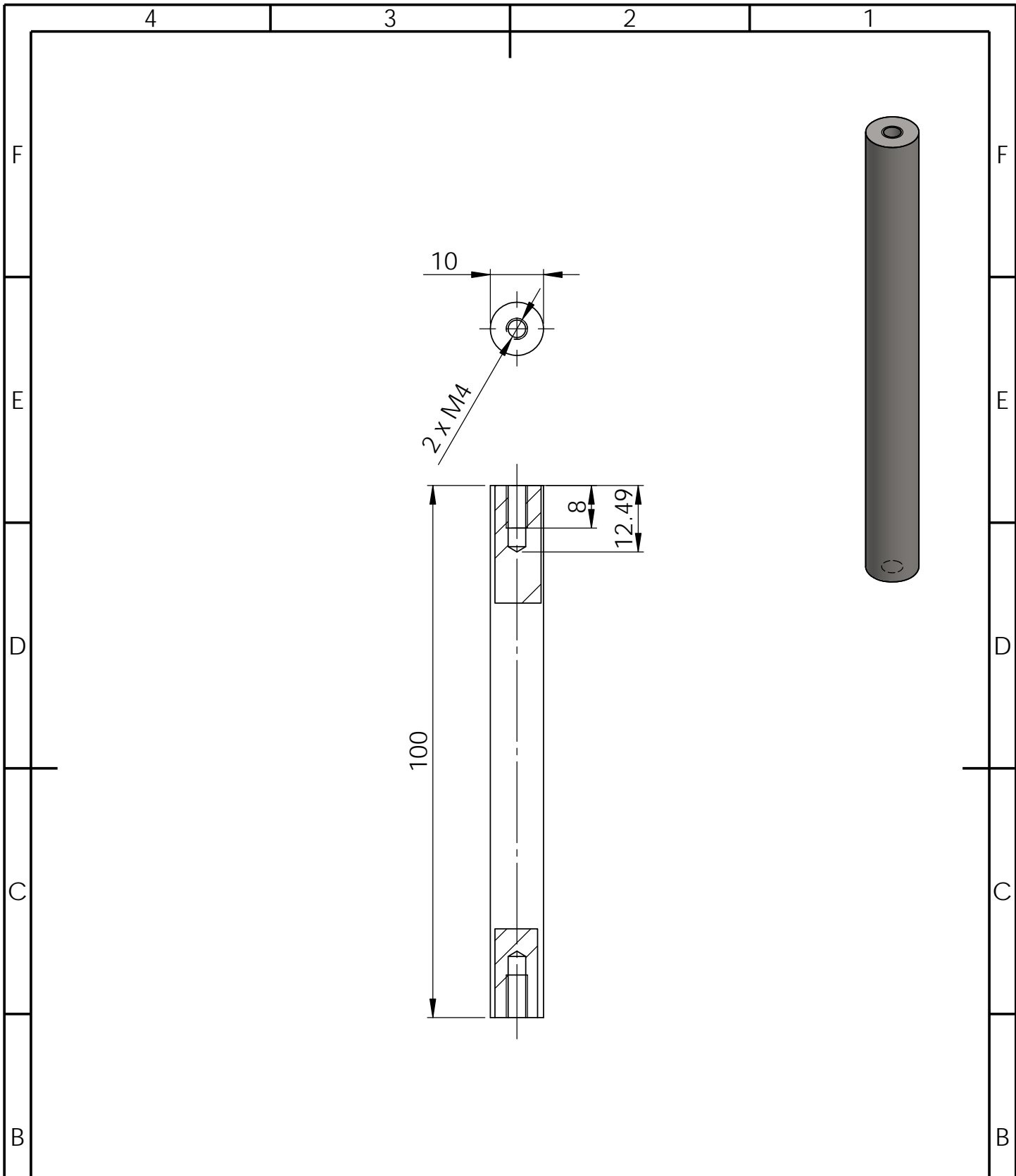
FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	

PLANO:  
Eje 3

ESCALA	NÚMERO
A3 1:1	105/113

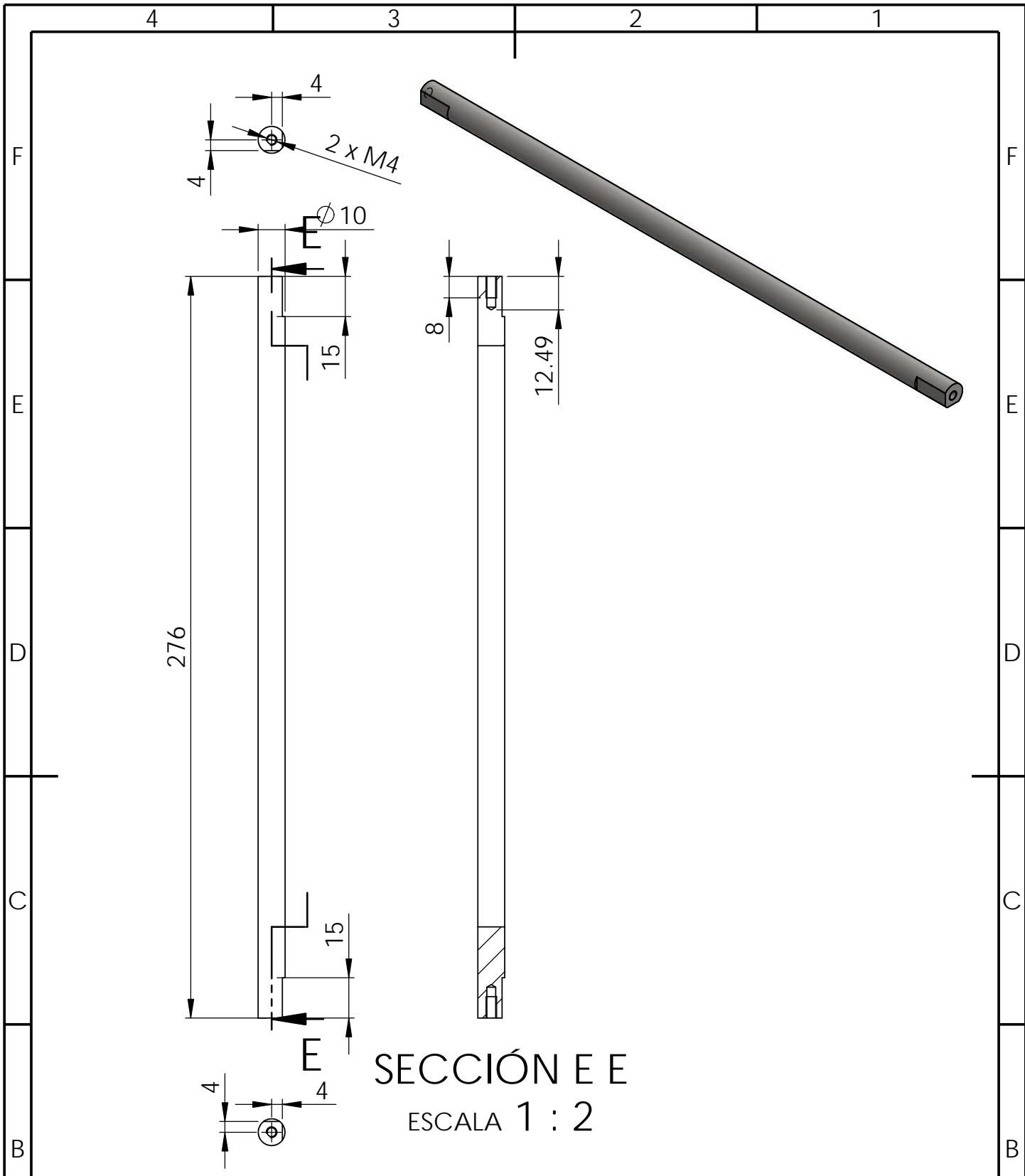
A

A



	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		ESPECIFICACIONES		
	INGENIERÍA MECÁNICA				TOLERANCIAS ISO 2768 mK		
			MATERIAL: 1.4000 (X6Cr13)		ACABADOS SUPERFICIALES N10		
			TRATAMIENTO: No procede		MATAR ARISTAS 0.5 x 45°		
			PESO (Kg): 0.06		UNIDADES mm		
A	DENOMINACIÓN: 2019_06_010_004				FECHA	REALIZADO	FIRMA
	PROYECTO: Diseño y fabricacion de una estacion de rotomoldeo sin calentamiento				30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
	PLANO: Eje 4					A3	ESCALA 1:1





SECCIÓN E E  
ESCALA 1 : 2



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES  
TOLERANCIAS ISO 2768 mK  
ACABADOS SUPERFICIALES N10  
MATAR ARISTAS 0.5 x 45°  
UNIDADES mm

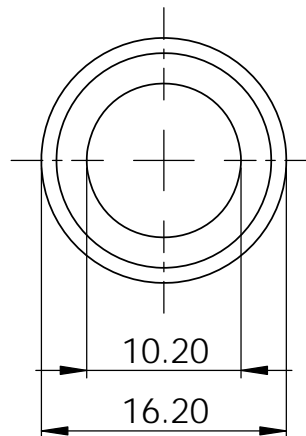
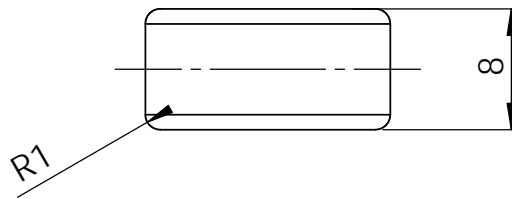
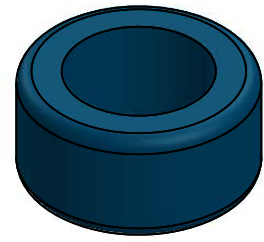
MATERIAL: 1.4000 (X6Cr13)  
TRATAMIENTO: No procede  
PESO (Kg): 0.16


DENOMINACIÓN: 2019\_06\_010\_005  
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

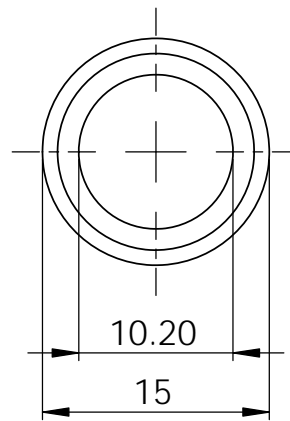
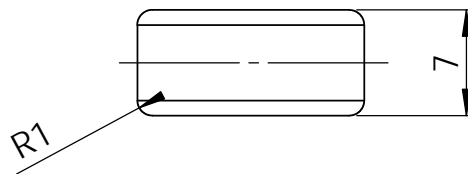
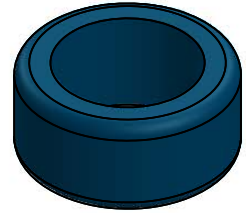
FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	

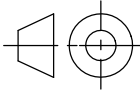
PLANO:  
Eje 5

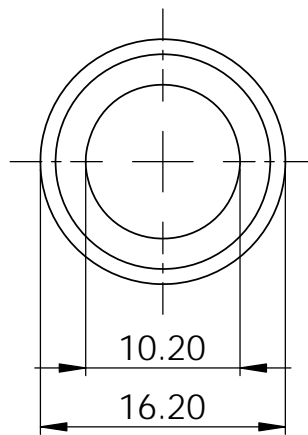
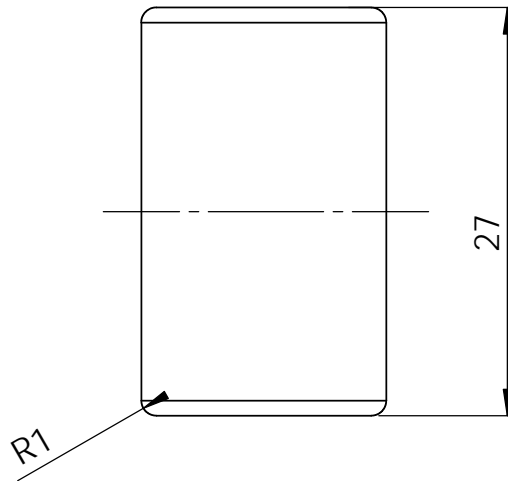
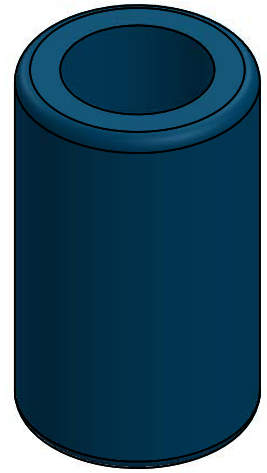
ESCALA	NÚMERO
A3 1:5	107/113



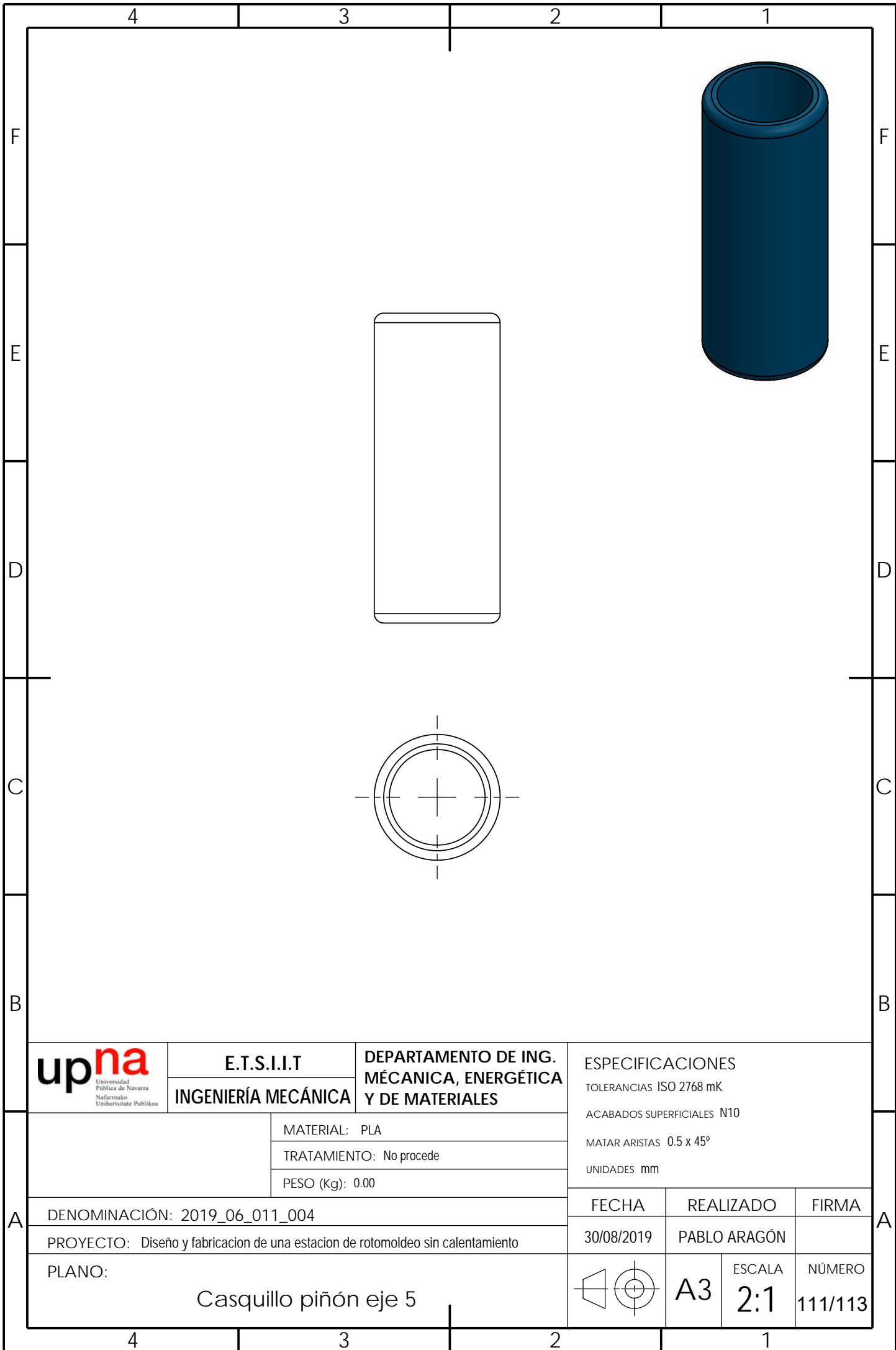
	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: PLA TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 0.00				FECHA	REALIZADO	FIRMA
DENOMINACIÓN: 2019_06_011_001					30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento							
PLANO: Casquillo ejes 1 y 2 interior y exterior						ESCALA <b>A3</b> <b>2:1</b>	NÚMERO <b>108/113</b>



	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: PLA TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 0.00		FECHA	REALIZADO	FIRMA
DENOMINACIÓN: 2019_06_011_002			30/08/2019	PABLO ARAGÓN	
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento				ESCALA <b>A3</b> <b>2:1</b>	NÚMERO <b>109/113</b>
PLANO: <b>Casquillo piñón eje 3 exterior</b>					



	<b>E.T.S.I.I.T</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		<b>ESPECIFICACIONES</b> TOLERANCIAS ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES N10 MATAR ARISTAS 0.5 x 45° UNIDADES mm		
	MATERIAL: PLA TRATAMIENTO: No procede PESO (Kg): 0.00		DENOMINACIÓN: 2019_06_011_003 PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento PLANO: <p style="text-align: center;">Casquillo piñón eje 3 interior</p>			FECHA 30/08/2019	REALIZADO PABLO ARAGÓN
				<b>A3</b>	ESCALA <b>2:1</b>	NÚMERO <b>110/113</b>	



**E.T.S.I.I.T**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES**

**ESPECIFICACIONES**  
TOLERANCIAS ISO 2768 mK  
ACABADOS SUPERFICIALES N10  
MATAR ARISTAS 0.5 x 45°  
UNIDADES mm

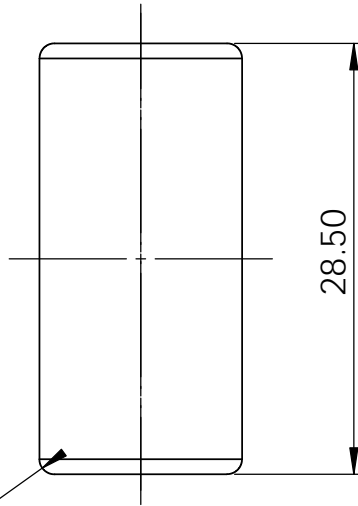
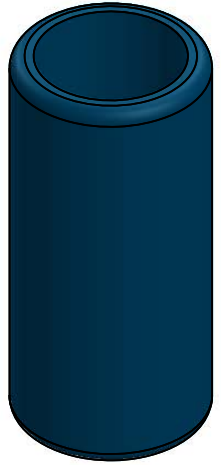
MATERIAL: PLA  
TRATAMIENTO: No procede  
PESO (Kg): 0.00

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_011\_004  
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

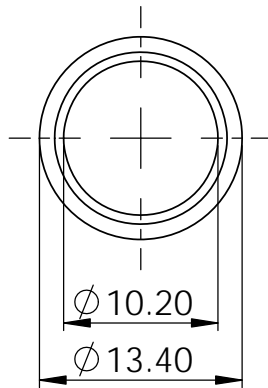
FECHA	REALIZADO	FIRMA
30/08/2019	PABLO ARAGÓN	

PLANO:  
**Casquillo piñón eje 5**

	<b>A3</b>	ESCALA <b>2:1</b>	NÚMERO <b>111/113</b>
--	-----------	----------------------	--------------------------



R7



$\varnothing 10.20$

$\varnothing 13.40$



E.T.S.I.I.T  
INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE ING.  
MÉCANICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES

TOLERANCIAS ISO 2768 mK

ACABADOS SUPERFICIALES N10

MATAR ARISTAS 0.5 x 45°

UNIDADES mm

MATERIAL: PLA

TRATAMIENTO: No procede

PESO (Kg): 0.00

DENOMINACIÓN: 2019\_06\_011\_005

PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento

PLANO:

Casquillo polea eje 5

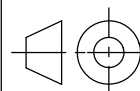
FECHA

REALIZADO

FIRMA

30/08/2019

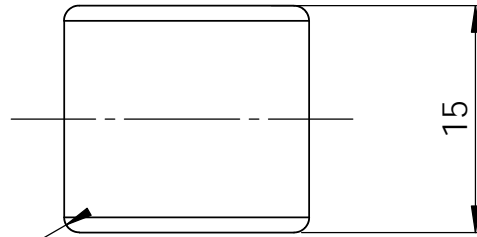
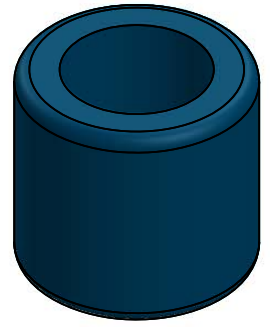
PABLO ARAGÓN



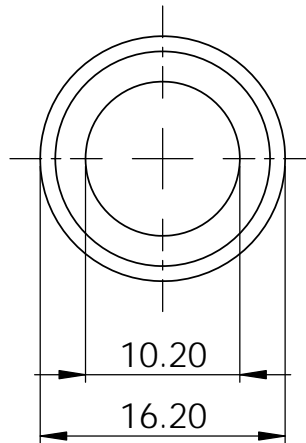
A3

ESCALA  
2:1

NÚMERO  
112/113



R1


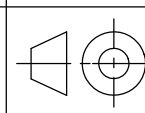


F  
E  
D  
C  
B  
A

F  
E  
D  
C  
B  
A

4 3 2 1

4 3 2 1

	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO DE ING. MÉCANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		ESPECIFICACIONES			
	INGENIERÍA MECÁNICA				TOLERANCIAS ISO 2768 mK			
			MATERIAL: PLA		ACABADOS SUPERFICIALES N10			
			TRATAMIENTO: No procede		MATAR ARISTAS 0.5 x 45°			
			PESO (Kg): 0.00		UNIDADES mm			
DENOMINACIÓN: 2019_06_011_006					FECHA	REALIZADO	FIRMA	
PROYECTO: Diseño y fabricación de una estación de rotomoldeo sin calentamiento					30/08/2019	PABLO ARAGÓN		
PLANO: Casquillo interior eje 4						A3	ESCALA	NÚMERO
							2:1	113/113