



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIJAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO**

AUTOR: CARLOS GARCÍA ABELLÁN

TUTOR: OSCAR LORIENTE LARDIES

**Curso Académico: 2017-18**

## **RESUMEN**

El proyecto se basa en un componente del tren de aterrizaje de un avión de aeromodelismo. Dicho componente se puede encontrar en el mercado en su mayoría en aluminio o fibra de carbono debido a la necesidad de utilizar materiales ligeros para el diseño del avión.

Se ha realizado el cálculo y diseño de un molde y la posterior elección y utilización de una máquina inyectora de plástico para realizar una alternativa comercial a este componente, el cual irá enfocado a iniciados en este hobby. Dicho enfoque se debe a las altas probabilidades de que con un impacto en el aterrizaje, la pieza en aluminio o fibra de carbono quede inutilizada o deformada. El bajo coste que puede tener la misma pieza en plástico favorece su inserción en el mercado.

El plástico a utilizar como alternativa será plástico ABS, el cual dispone de buenas propiedades como ligereza y flexibilidad ante impactos.

Siguiendo las dimensiones de la pieza que se desea fabricar, el molde puede tener una y dos cavidades. Se ha realizado el cálculo de longitud del fluido, máximo recorrido que realiza el plástico para llenar la cavidad y área proyectada para hallar la fuerza de cierre. Esta fuerza determina la máquina inyectora a utilizar. Tras elegir la inyectora, se seleccionan las placas del molde el cual se ha elegido la configuración estándar por ser más económica que la EU. Se seleccionan las placas y se realiza el diseño para una cavidad tras determinar en un escandallo económico que para fabricar una tirada de 10.000 piezas en cinco años realizando lotes de 1.000 piezas, los resultados obtenidos demuestran que es más económico fabricar en una cavidad. Finalmente el presupuesto realizado determina que la fabricación es rentable frente a los costes.

## **RESUM**

Es vol fabricar un component del tren d'aterratge d'un avió d'aeromodelisme. Aquest component es pot trobar al mercat majoritàriament en alumini o fibra de carbó a causa de la necessitat d'utilitzar materials lleugers en el diseny de l'avió.

S'ha realitzat el càlcul y el diseny d'un motlle i la posterior elecció i utilització d'una màquina injectora de plàstic per a realitzar una alternativa comercial d'aquest component, el qual s'ha enfocat a principiants en aquest hobby. Això es a causa de les altes probabilitats de donar un impacte a l'hora de l'aterratge. La peça d'alumini o fibra de carbó pot quedar deformada o inutilitzada. El baix cost que pot tindre la misma peça en plàstic afavoreix la seua inserció al mercat.

El plàstic a utilitzar com alternativa serà plàstic ABS, el qual té bones propietats com lleugeresa i flexibilitat contra impactes.

Seguint les dimensions de la peça que es vol fabricar, el motlle pot tindre una i dos cavitats. S'ha realitzat el càlcul de longitud de fluid, màxim recorregut que fa el plàstic per omplir la cavitat i l'àrea projectada per a calcular la força de tancament. La força de tancament del motlle, determina la màquina injectora a utilitzar. Triada la màquina, es seleccionen les plaques del motlle el qual s'ha agafat la configuració Standard per ser més econòmica que la EU. Les plaques han sigut triades y dissenyades per a una cavitat ja que tras un escandall econòmic per a fabricar una tirada de 10.000 peces en un motlle amb cinc anys d'utilitat i lots de 1.000 peces, els resultats obtinguts demostren que la fabricació es més econòmica a una cavitat. Finalment el presupost del projecte determina que els beneficis son majors que els costos i per tant es un projecte rentable.

## **SUMMARY**

This Project it's about manufacturing a component of the landing gear of an aeromodelism plane. This component can be found in the market mainly in aluminium or carbon-fibre due to the requeriment of using lightweight materials for the design of the aircraft.

It has been made the calculation and design of a mould and the subsequent decision and using of a plastic injection machine to perform a commercial alternative to this component, which will be focused to initiates people on this hobby. This approach is related to the high probabilities that with an impact on the landing gear, the piece in aluminum or carbon fiber can be broken or deformed. The low cost that can have the same piece on plastic It's good for its insertion on the market.

The plastic used as an alternative will be ABS plastic, which has good properties like flexibility and lightness against impacts.

Following the design dimensions of the piece, the mold will be of one or two cavities. It has been made the fluid length and proyected Area that they're needed for the Closing Force of the mold. With this Force, It's possible decide which injection machine is better for the calculated requirements. The next step is choose the parts of the mould. Finally, It has been made an economic scandal for the mold for a production package of 10.000 peaces with a life of the mold of five years and 1.000 peaces per batch resulting that it's cheaper manufacture with one cavity than two. At last, the budget project results determine that the costs are less than the benefits.

## ÍNDICE

<b>1. MEMORIA</b> .....	6
<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>1.2. OBJETIVO</b> .....	7
<b>1.3. PIEZA A FABRICAR</b> .....	7
<b>1.3.1. USO Y REQUERIMIENTOS DE LA PIEZA</b> .....	8
<b>1.4. DISEÑO DE MOLDES</b> .....	9
<b>1.5. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL MOLDE</b> .....	10
<b>1.6. CÁLCULOS DE LA PIEZA</b> .....	17
<b>1.7. CÁLCULO DEL MOLDE PARA UNA CAVIDAD</b> .....	20
<b>1.8. CÁLCULO DEL MOLDE PARA DOS CAVIDADES</b> .....	43
<b>2. PRESUPUESTO</b> .....	48
<b>2.1. CONTENIDO DEL PRESUPUESTO</b> .....	49
<b>2.2. ESCANDALLO ECONÓMICO DE FABRICACIÓN</b> .....	49
<b>3. PLANOS</b> .....	54
<b>3.1. CONJUNTO COMPLETO</b> .....	55
<b>3.2. PIEZA TREN DE ATERRIZAJE</b> .....	56
<b>3.3. BEBEDERO</b> .....	57
<b>3.4. DISCO CENTRADOR</b> .....	58
<b>3.5. PLACA AMARRE HEMBRA</b> .....	59
<b>3.6. PLACA PORTA CAVIDADES HEMBRA</b> .....	60
<b>3.7. PLACA PORTA CAVIDADES MACHO</b> .....	61
<b>3.8. SUFRIDERA</b> .....	62
<b>3.9. CALZOS</b> .....	63
<b>3.10. PLACA PORTA EXPULSORES</b> .....	64
<b>3.11. CORREDERA</b> .....	66
<b>3.12. MECHÓN DE CORREDERA</b> .....	67

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

---

<b>3.13.</b>	<b>EXPULSORES</b> .....	<b>68</b>
<b>3.14.</b>	<b>RETORNADOR</b> .....	<b>70</b>
<b>3.15.</b>	<b>EJE GUÍA</b> .....	<b>71</b>
<b>3.16.</b>	<b>CASQUILLO GUÍA</b> .....	<b>72</b>
<b>4.</b>	<b>ANEXO</b> .....	<b>73</b>

# **1. MEMORIA**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El aeromodelismo es un hobby el cual se precisa de un aprendizaje largo para el que se necesita paciencia y habilidad para no acabar dañando el avión.

El aterrizaje y el despegue son las dos maniobras más críticas dado que tiene mucha importancia la suavidad con la que se realizan. Cabe destacar que es importante la correcta fijación de los componentes así como los materiales utilizados para realizar estas maniobras.

En el aeromodelismo, se buscan materiales ligeros en su diseño y posterior ensamblaje. Esto lleva a que se utilicen materiales como: Fibra de carbono y aluminio para los trenes de aterrizaje, plástico para los servos y varillas de movimiento así como madera de balsa para la estructura del avión.

Es importante señalar, que si se acaba de empezar en este hobby, es complicado fabricar tu propio avión además del tiempo que requiere. Por lo tanto, la comercialización de piezas, componentes y recambios es importante.

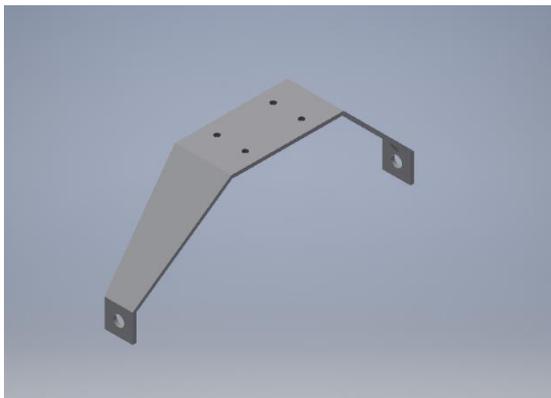
### **1.2. OBJETIVO**

Uno de los componentes de los que componen el tren de aterrizaje de los aviones de aeromodelismo, se fabrica actualmente en fibra de carbono o aluminio como ya se ha descrito. Es posible encontrarlos en establecimientos comerciales en caso que no se disponga de tiempo y/o habilidad para la fabricación propia. Por tanto, el objetivo es el diseño y fabricación de un molde para inyección de plástico para realizar una alternativa comercial a este componente y su escandallo económico según las cavidades del molde y el número de piezas a fabricar para amortizar la viabilidad del proyecto.

### **1.3. PIEZA A FABRICAR**

La pieza que se desea fabricar es la que puede observarse en la figura 1 realizada mediante Autodesk Inventor Professional 2018®.

(Véase el apartado de planos 3.2. Pieza tren de aterrizaje, Plano 2, Página 57).



*Figura 1. Pieza del tren de aterrizaje.*

El material seleccionado para la fabricación de la pieza ha sido plástico ABS (Acrilonitrilo-butadieno-estireno). Se ha seleccionado este plástico por las buenas cualidades de resistencia ante impactos y

durabilidad. En cierto modo, no tiene las mismas cualidades de resistencia ante impactos como puede ser las del aluminio o la fibra de carbono. Pero su bajo coste lo hace un excelente candidato para la fabricación en ABS comparado con los actuales materiales de fabricación. Por ello, va destinado a personas que acaban de iniciarse en este hobby y con lo cual necesitan de materiales que aguanten pero a menor precio.

Cabe destacar la importancia de la reducción de costes que se consigue al realizarlo en plástico ABS a diferencia de la actual comercialización de esta pieza en Fibra de Carbono o Aluminio. De esta manera se consigue una pieza que sin problemas, podría adquirirse más barata y con ello tener repuestos de la pieza sin preocupación por haber causado desperfectos en ella.

### **1.3.1. USO Y REQUERIMIENTOS DE LA PIEZA**

La pieza que se desea fabricar es la parte principal de lo que se compone un tren de aterrizaje completo. A la pieza mostrada anteriormente en la Figura 1, hay que sumarle las ruedas y toda la tornillería esencial para fijar la pieza al fuselaje y las dos ruedas.

Las medidas de altura anchura y espesor seleccionados para la fabricación de la pieza han sido de:

- 200 mm de distancia entre ruedas.
- 80 mm de altura.
- 2,5 mm de espesor
- Cuatro nervios por pieza en las zonas consideradas concentradoras de tensiones o cambios de radio.
- Cuatro agujeros de  $\varnothing 4$  mm para los tornillos que fijarían la pieza con el fuselaje
- Dos agujeros de  $\varnothing 8$  mm para los tornillos que fijan las ruedas en los extremos de la pieza.

Las medidas de la pieza se justifican por ser de aviones pequeños caracterizados por ser más manejables en vuelo y con mayor respuesta. Dicho de otro modo, los más utilizados para aprender y denominados "entrenadores". Son aviones con no más de 2 Kg de peso y pueden realizar maniobras de aterrizaje de hasta 3 G's. Esto quiere decir que la Fuerza resultante de un aterrizaje es:

$$F = m \times 3 G = 2 \times 3 \times 10 = 60 N$$

Teniendo en cuenta que esta fuerza se reparte entre dos ruedas tenemos:

$$F = \frac{60}{2} = 30 N$$

A la distancia que hay desde el centro de la pieza hasta la rueda se genera el máximo momento flector  $M_f$  que resulta ser:

$$M_f = 30 \cdot 100 \text{ mm} = 3000 N \cdot \text{mm} = 3 \text{ KN} \cdot \text{mm}$$

Este momento flector no debe superar nunca al momento resistente  $M_r$  del material.

Resultando ser:

$$M_r = \frac{100 \cdot 2.5^2}{6} \cdot \frac{69}{4} = 1796.87 N \cdot \text{mm}$$

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Con lo que queda demostrado que puede aguantar perfectamente el impacto sin romper siempre y cuando no se supere el módulo resistente o se haga alguna maniobra que pueda dañarse tanto el fuselaje como la pieza a fabricar.

### 1.4. DISEÑO DE MOLDES

El diseño de moldes, como todo diseño, hay que realizar distintos procesos que conlleva la fabricación del molde.

Con el fin de realizar una correcta metodología para el diseño del molde así como del cálculo relacionado del dimensionamiento del mismo, se ha realizado un diagrama de flujo con los principales procesos del diseño:

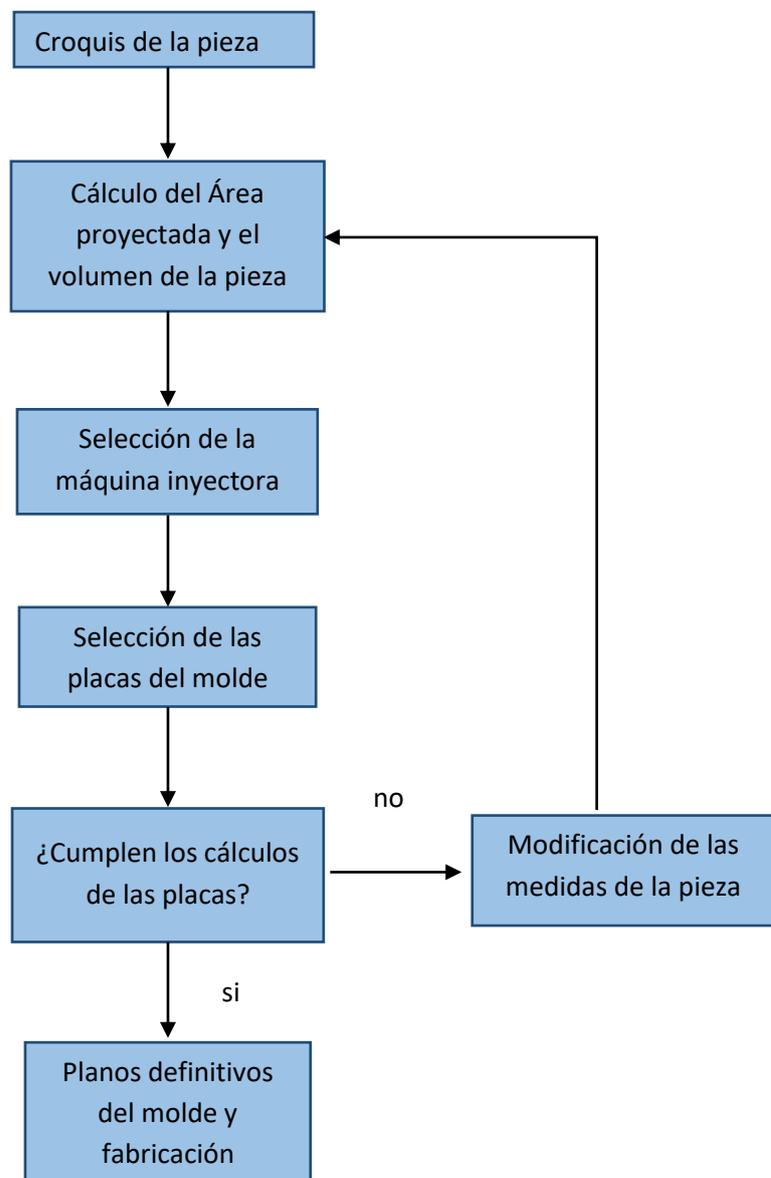


Diagrama 1. Fases del diseño

La descripción de cada uno de los procesos del diagrama es el siguiente:

**Croquis de la pieza:** El primer paso a la hora de realizar un molde para inyección es tener claro la pieza que se desea fabricar. Realizando un croquis, se dimensiona la pieza.

**Cálculo del área proyectada y el volumen de la pieza:** Una vez realizado el dimensionado de la pieza, se realizan los cálculos geométricos necesarios. Estos cálculos son, volumen y área proyectada de la pieza. En el cálculo de moldes, el área proyectada, es el cálculo del área que resulta de la pieza vista desde el plano ortogonal al plano de partición del molde.

(Véase apartados “1.6 Cálculos de la pieza” y “1.7 Cálculo del molde para una cavidad”, Pag.).

**Selección de la máquina inyectora:** Se selecciona teniendo en cuenta la fuerza de cierre del molde, el volumen capaz a inyectar por la máquina y el tamaño del plato de sujeción del molde. La fuerza de cierre se halla mediante el área proyectada anteriormente calculada y la presión interna del molde mediante la tabla de presiones internas según el espesor de pared.

**Selección de las placas del molde:** Como criterio de selección de las placas, hay que tener en cuenta el tamaño del plato de la máquina inyectora así como las dimensiones de la pieza para el cajado interior en las placas porta cavidades. El tamaño de las placas no puede superar el tamaño del plato de la máquina inyectora. Para la pieza que se fabrica, hay que asegurar el espacio interior de las placas porta cavidades sin condicionar los agujeros de fijación entre placas. Por otra parte, en cada una de las placas, se selecciona el espesor necesario de cada una de ellas que sea conveniente para la fabricación de la pieza.

**Cumplimiento de cálculos:** En este proceso se realizan los cálculos necesarios para que las placas y elementos de fijación del molde soporten la presión interna generada durante la inyección. Cabe destacar que la placa sufridera, se dimensiona su espesor al realizar los cálculos de máxima flecha y flector máximo. Se realiza esta comprobación dado que la placa porta cavidades macho y la sufridera se encuentran en voladizo y apoyada en los calzos a ambos extremos (viga biapoyada). En caso que no cumplieren los cálculos realizados, es necesario recalcular o redimensionar la pieza en concreto o coger una máquina inyectora mayor y realizar los cálculos con placas de molde mayores.

**Planos definitivos y fabricación:** En caso que los cálculos realizados en las placas y elementos de fijación sean correctos, se procede a la realización de los planos definitivos de las placas, elementos de sujeción y los elementos auxiliares que componen el conjunto. Si es cierto que las etapas para el cálculo de los dos moldes son iguales, el cálculo difiere en ambos.

(Véase apartados 1.7 “Cálculo para una cavidad” y 1.8 “cálculo para dos cavidades”, Pág.20 - 47).

### **1.5. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL MOLDE**

El tipo de molde seleccionado para el cálculo y diseño es la configuración standard. Se ha elegido esta configuración ya que es más económica que la EU. El material utilizado en todas las placas del molde que a continuación se describen es acero de herramienta de uso general 1.1370. En la *figura 2* podemos ver las partes principales de un molde de esta configuración.

El molde ha sido suministrado por la Ferrería Brú Y Rubio, S.L. mediante su catálogo (Véase apartado 4 “anexo”, página “Catálogo Brú y Rubio”).

ASSEMBLY STANDARD / MONTAGE STANDAR  
MONTAJE ESTANDAR / MONTAGEM STANDARD

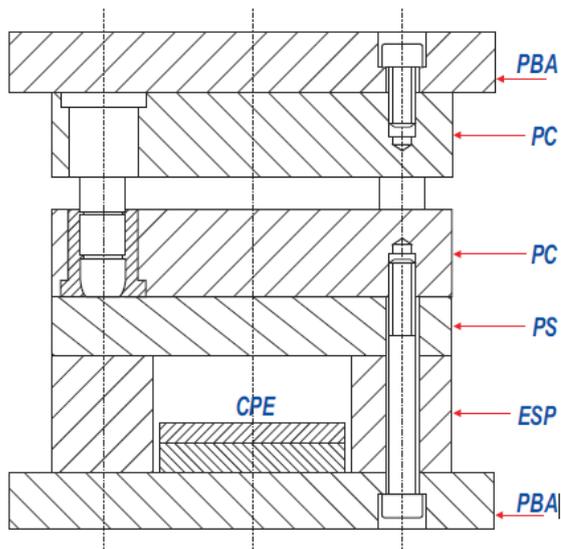


Figura 1. Configuración estándar del molde.

**Disco centrador**

El disco centrador se coloca en la zona de inyección del molde justo en la parte superior del plato de amarre hembra. La misión de esta pieza como su propio nombre indica, es centrar la boquilla del husillo de la inyectora con el bebedero del molde y quedar de esta manera perfectamente alineado. Va sujeto al plato de amarre Hembra mediante tornillos de M8. Las medidas de este componente son las siguientes:

- Diámetro exterior de 90 mm.
- Distancia entre centros de 70 mm de los roscados M8.
- Espesor del disco centrador 12 mm.
- Diámetro interior de 36 mm para ajustar con el bebedero.

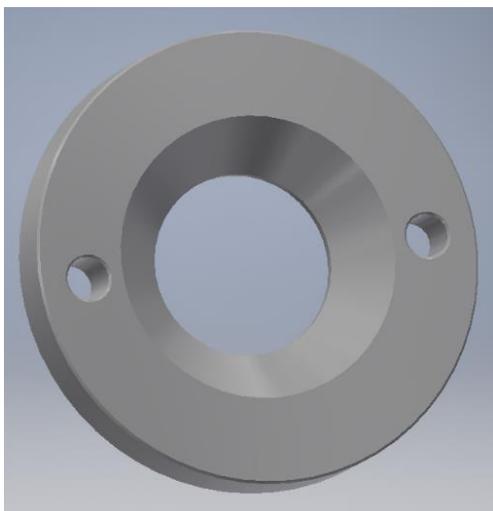
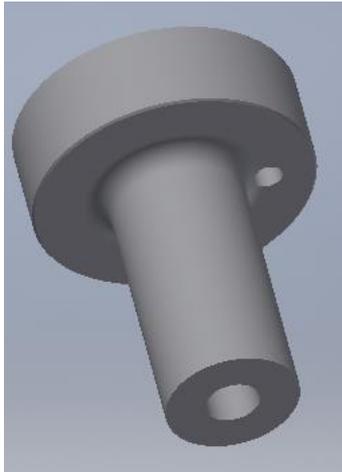


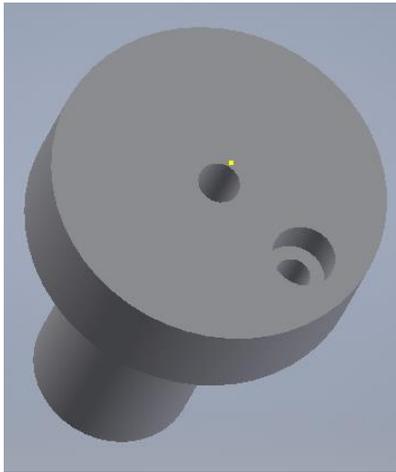
Figura 2. Disco centrador

### **Bebedero**

Esta pieza es la encargada de hacer llegar el plástico fundido hasta los canales de distribución del molde y estos a su vez hasta la figura del molde para conseguir que la figura del molde salga perfectamente conformada. Va alojada en el agujero de  $\varnothing 14$  del plato porta-cavidades hembra y fijada en el plato de amarre hembra por medio de un tornillo de M4 para evitar que se pueda girar. La longitud del bebedero es de 46 mm y el caño del bebedero pasa de ser de un diámetro de 4 mm a un diámetro de 7.21 mm de diámetro.



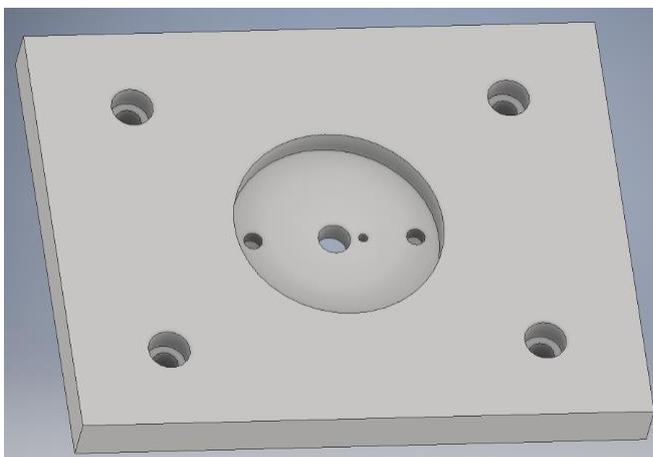
*Figura 3. Bebedero*



*Figura 4. Bebedero*

### **Placa de amarre hembra (PBA)**

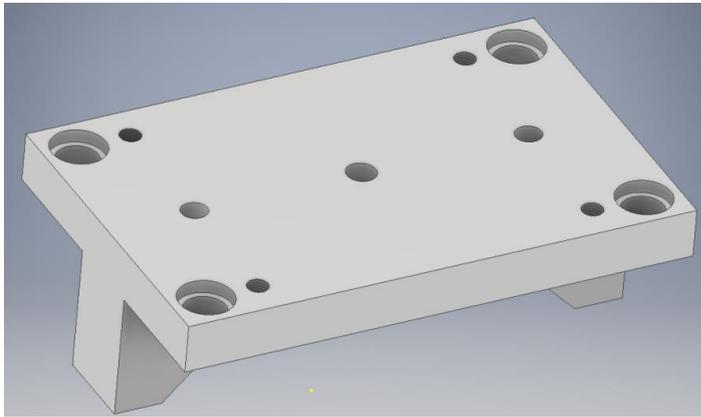
También conocida como parte fija o lado de inyección. La función de este plato es hacer de unión entre la placa porta-cavidades hembra y la máquina inyectora. Para conseguir la unión, se han realizado cuatro orificios con sus correspondientes cabezas donde se alojan los tornillos M10 para una correcta fijación. Las dimensiones de esta placa son superiores a la porta-cavidades hembra con lo cual resulta útil para colocar las garras de sujeción en la máquina inyectora. En este plato se aloja también el disco centrador mediante los tornillos de sujeción roscados de M8 dentro del cajeadado realizado. En el centro se realiza un agujero de  $\varnothing 14$  para que pueda pasar el bebedero o boquilla de inyección. Se debe realizar también un taladro de M4 para el tornillo del bebedero. Este tornillo M4 tiene como misión que el bebedero no de vueltas al encajarse tanto en el disco centrador como en la placa de amarre hembra.



*Figura 5. Placa de amarre hembra*

### **Placa porta-cavidades hembra (PCH)**

Esta placa está situada en la zona de la inyección o parte fija de la máquina inyectora junto con el plato de amarre de la hembra. Se ha escogido una placa de 96 mm de espesor por los mecanizados que se necesitan realizar debido a la geometría de la pieza. Las medidas de la placa son de 156 x 246. Contiene los cuatro alojamientos para los ejes guía, un taladro central de  $\varnothing 14$  para encajar el bebedero y permitir que llegue hasta el punto de inyección. En esta placa, se realizan los taladros de rosca para alojar los tornillos M10 que realizan la fijación de la placa amarre con la porta cavidades. Otros taladros que se realizan sobre esta placa son los de M8 y M4 que son para fijar el disco centrador y el bebedero respectivamente. Por último, se han realizado dos taladros laterales de 12 mm de diámetro para alojar los mechones de las correderas, para una correcta fijación de los mechones, el diámetro de 12 mm se realiza pasante y luego se realiza a 10 mm de diámetro para crear un apoyo de la cabeza del mechón. La inclinación del taladro para los mechones se ha realizado a  $18^\circ$  dado que es la inclinación estandar para realizar el movimiento del eje y agujero sin que quede obstruido el movimiento del mecanismo formado entre mechón y corredera.



*Figura 6. Placa porta cavidades hembra.*

### **Placa portacavidades macho (PCM)**

También conocido como parte móvil o de expulsión. En esta placa se realiza la mayor parte del mecanizado con la forma de la pieza que se desea fabricar. Se ha realizado un sistema de refrigeración en U en dos niveles distintos y con la entrada/salida del agua alternada para crear un enfriamiento homogéneo en toda ella. Como los taladros realizados para el sistema de refrigeración son pasantes, los finales de carrera de los mismos se taponan para evitar la salida del agua. En esta placa se dispone los cuatro agujeros de  $\varnothing 20$  mm que es donde van alojados los casquillos para que los ejes guía pasen por ellos y los elementos del molde vayan correctamente guiados y conseguir que la placa porta cavidades macho realice un movimiento de vaivén. Por otro lado, están los agujeros de  $\varnothing 6$  mm donde se alojan los retornadores para el correcto guiado de la placa expulsora al ser empujada por el pistón de la máquina inyectora para más tarde volver a la posición inicial. Para realizar la expulsión de la pieza, se ha realizado el mecanizado de ocho agujeros de  $\varnothing 3$  mm en el que se alojarán los expulsores que son los encargados de sacar la pieza del molde para preparar la siguiente inyectada. En los laterales, se ha realizado el mecanizado para que la corredera pueda ir guiada. El método de guiado es mediante cola de milano así evitando el gripado que podría obtenerse de un guiado rectangular. Por último, la placa porta cavidades macho va roscada por

debajo mediante tornillos de M10 los cuales se alojan desde la Placa de amarre macho. La función de estos tornillos es la de fijar el conjunto formado por la placa porta cavidades macho, sufridera, calzos y placa de amarre.

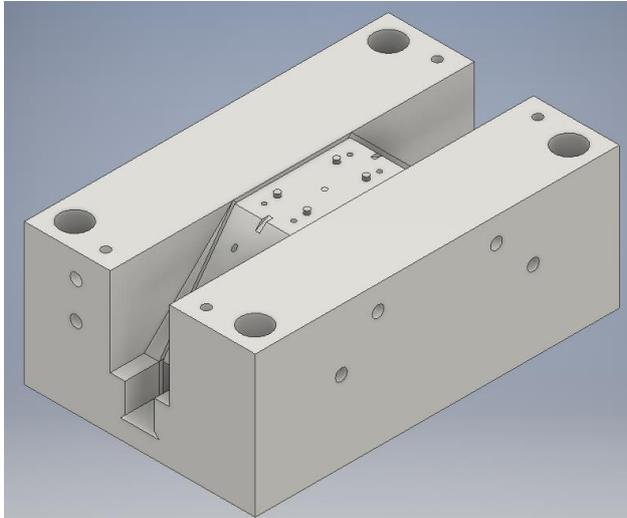


Figura 7. Placa porta cavidades macho.

#### **Corredera.**

La función de esta pieza es deslizarse por los alojamientos realizados en la placa porta cavidades macho con el objetivo de que se realicen los agujeros de la pieza durante la inyección. El movimiento de la corredera es ortogonal a la dirección de apertura. El agujero realizado con 18° de inclinación es solidario con el agujero de la placa porta cavidades hembra para que el mechon empuje la corredera a la hora de la apertura del molde. En la apertura, el mechon es lo suficientemente largo para que la corredera no se caiga y la apertura es suficiente para que no caiga del guiado mecanizado.

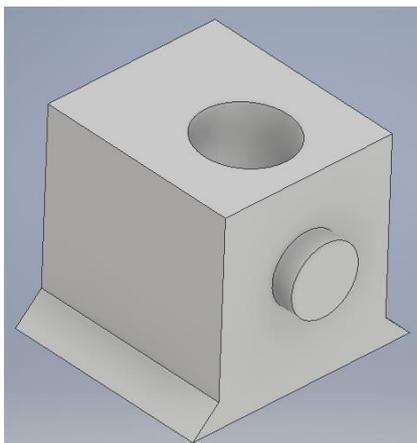
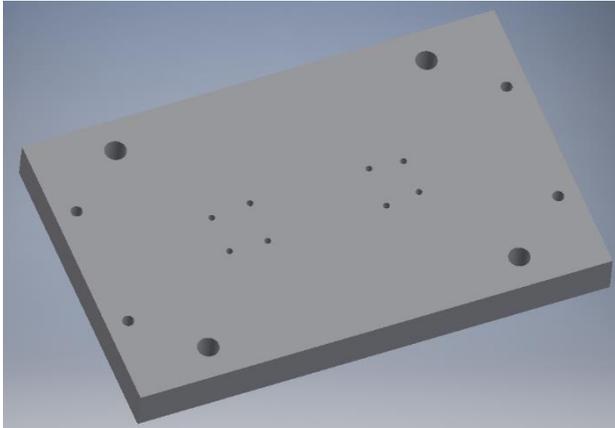


Figura 8. Corredera.

### **Sufridera (PS)**

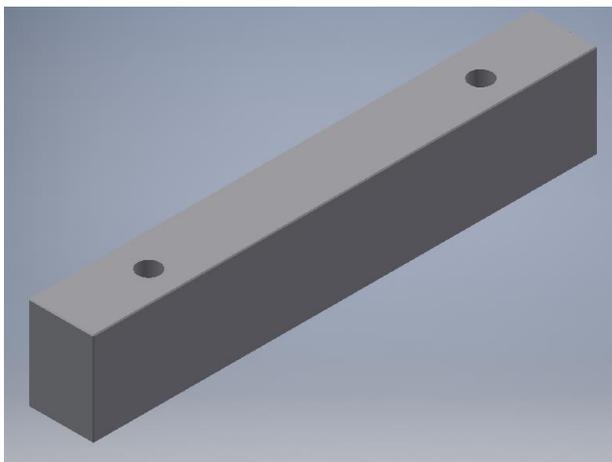
Llamada así por ser un plato, cuya misión es la de ayudar a la placa porta cavidades macho a que el esfuerzo por flexión causado por la presión interna del molde sea menor y así evitar la rotura o la deformación por flexión. En esta placa se han realizado los ocho orificios de  $\varnothing 3$  mm para los expulsores y cuatro orificios de 6 mm de diámetro para los retornadores.



*Figura 9. Sufridera*

### **Calzos (ESP)**

Conocidos también como reglas. Se trata de dos piezas individuales colocadas en los laterales del molde, con unos agujeros para permitir el paso de los tornillos de montaje y entre las cuales se forma el puente, para que se pueda efectuar el recorrido de la placa extractora para poder realizar la extracción de la pieza. La altura de los calzos seleccionada es de  $S = 46$  mm. Suficiente para realizar la operación de expulsión.



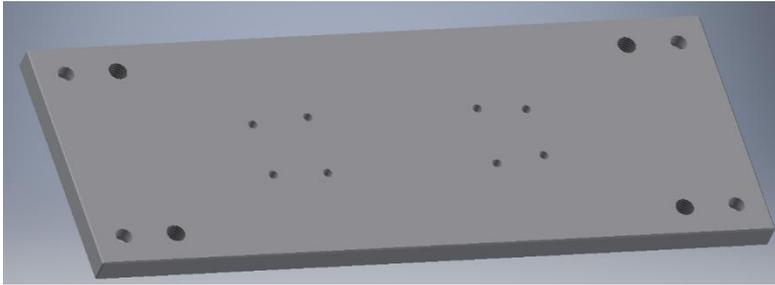
*Figura 10. Calzos*

### **Placas extractoras (CPE)**

Es una placa doble. En estas placas se realiza el mecanizado de los retornadores y los agujeros en la posición exacta donde van a ir los expulsores de la pieza inyectada, cuando el vástago de expulsión de la máquina inyectora empuja estas placas. Para esta placa no se han realizado cálculos por no considerarse necesarios únicamente realizando la selección desde catálogo.

La placa inferior tiene los cuatro alojamientos para los tornillos M8 mientras que en la placa superior lleva el alojamiento para los cuatro retornadores y los ocho expulsores.

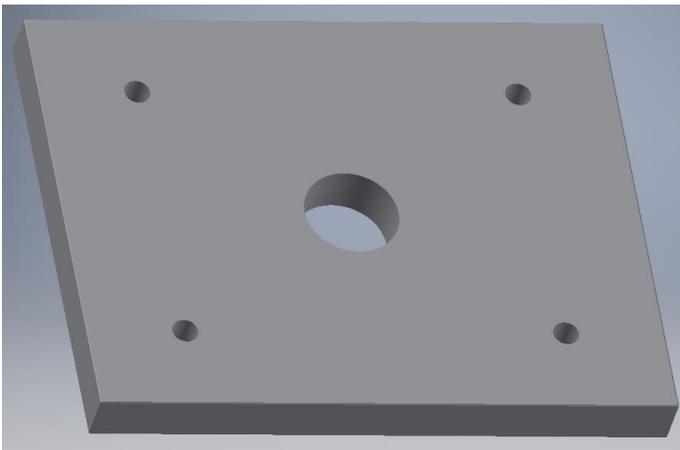
Los tornillos M8 que se alojan en la placa inferior, van roscados en la placa superior dejándolas unidas.



*Figura 11. Placa porta expulsores*

### **Placa de amarre macho (PBA)**

La función de este plato es hacer de unión entre el plato del macho, los calzos, la sufridera y la máquina inyectora. Para conseguir la unión con el plato de la macho se han realizado cuatro orificios con sus correspondientes cabezas para conseguir la fijación mediante tornillos M10. En este plato se realiza también un agujero para que el pistón de la máquina pueda pasar y empujar a la placa extractora para que realice la función de expulsión.



*Figura 12. Placa de amarre macho.*

## 1.6. CÁLCULOS DE LA PIEZA

### Croquis de la pieza

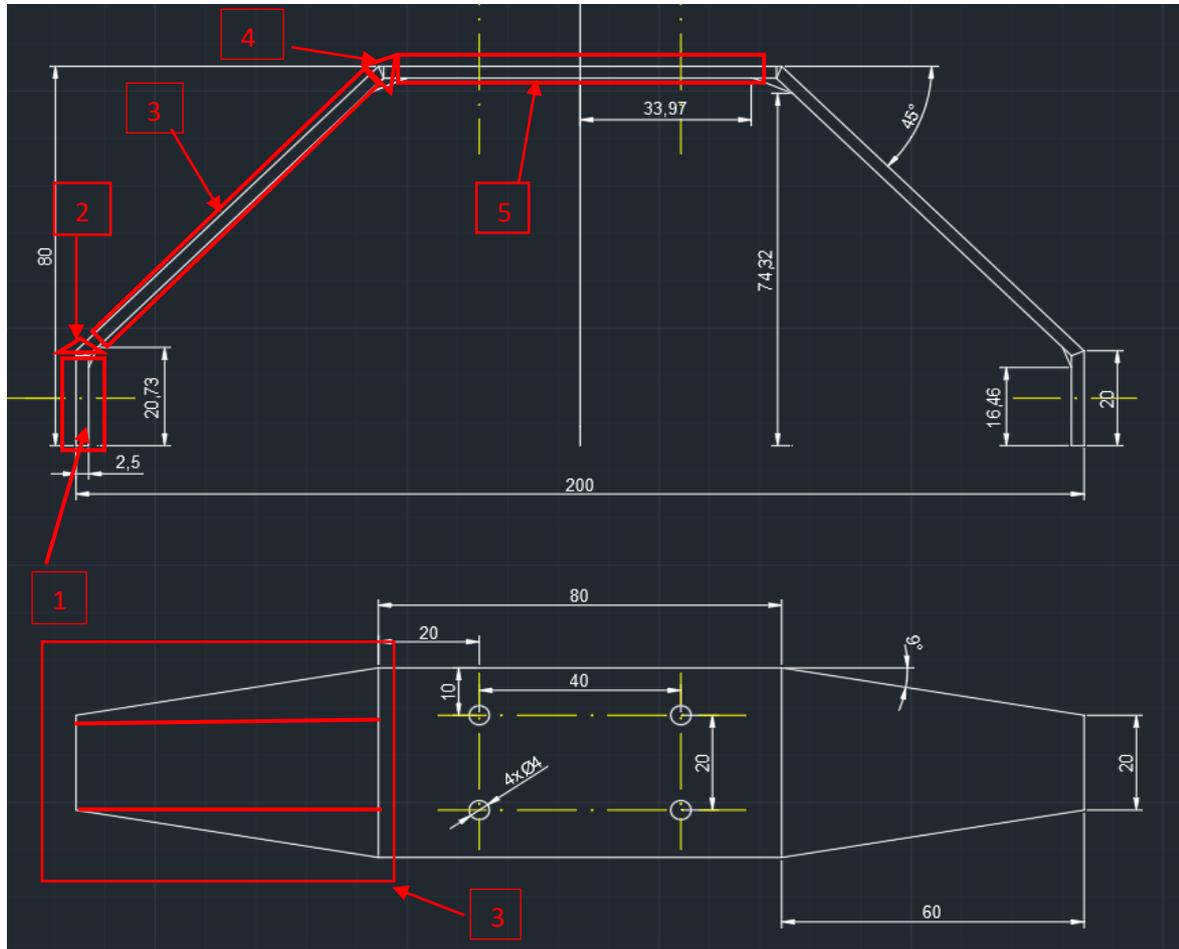


Figura 1. Croquis de la pieza.

Para realizar los cálculos oportunos, en la figura 1 se puede observar el croquis de la pieza con todas las medidas en milímetros.

### Volumen de la pieza

Separando la pieza por formas geométricas más sencillas marcadas en rojo, se ha calculado el área de cada una de estas partes con el fin de hallar el volumen de la pieza. El espesor de la pieza es constante en toda ella y con un valor de  $esp = 2.5 \text{ mm}$ .

#### Parte 1:

$$A_{\text{CUADRADO}} = 18.9 \cdot 20 = 378 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

$$A_{\text{CIRCULO}} = \pi \cdot \left(\frac{8}{2}\right)^2 = 50.26 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 378 - 50.26 = 327.74 \text{ mm}^2 \quad (3)$$

$$V_{\text{PARTE1}} = 327.74 \cdot esp = 819.35 \text{ mm}^3 \quad (4)$$

Como la parte 1 se repite por simetría, se ha multiplicado por 2 para finalmente obtener:

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

---

$$V_{TOTALPARTE1} = 819.35 \cdot 2 = 1638.7 \text{ mm}^3 \quad (5)$$

**Parte 2:**

Al ser triángulos rectángulos es posible obtener el área mediante:

$$A_{PARTE2} = \frac{1}{2} \cdot 2.5 \cdot 1.0355 = 1.29 \text{ mm}^2 \quad (6)$$

El volumen resulta:

$$V_{PARTE2} = 1.29 \cdot 20 = 25.8 \text{ mm}^3 \quad (7)$$

Por simetría, se ha multiplicado por dos el volumen con el siguiente resultado:

$$V_{TOTALPARTE2} = 25.8 \cdot 2 = 51.6 \text{ mm}^3 \quad (8)$$

**Parte 3:**

Se ha dividido esta parte como indica la imagen. Las áreas obtenidas de los dos triángulos y el rectángulo son:

$$A_{TRIANGULOS} = \frac{1}{2} \cdot 84.85 \cdot 10 \cdot 2 \text{ triangulos} = 848.5 \text{ mm}^2 \quad (9)$$

$$V_{TRIANGULOS} = 848.5 \cdot esp = 2121.25 \text{ mm}^3 \quad (10)$$

Resultando el área y el volumen del rectángulo:

$$A_{RECTANGULO} = 20 \cdot 84.85 = 1697 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

$$V_{RECTANGULO} = 1697 \cdot 2.5 = 4242.5 \text{ mm}^3 \quad (12)$$

Finalmente se calcula el volumen total de la parte tres como suma de (10) y (12) y multiplicando por 2 por simetría:

$$V_{TOTALPARTE3} = (V_{RECTANGULO} + V_{TRIANGULOS}) \cdot 2 = 12727.5 \text{ mm}^3 \quad (13)$$

**Parte 4:**

Similar a la parte 2, se ha realizado el cálculo de igual forma, sin embargo cambia la profundidad que pasa de 20 a 40.

$$A_{PARTE4} = \frac{1}{2} \cdot 2.5 \cdot 1.0355 = 1.29 \text{ mm}^2 \quad (14)$$

$$V_{PARTE4} = 1.29 \cdot 40 = 51.6 \text{ mm}^3 \quad (15)$$

Por simetría:

$$V_{TOTALPARTE4} = V_{PARTE4} \cdot 2 = 103.2 \text{ mm}^3 \quad (16)$$

**Parte 5:**

En esta parte se realiza el cálculo del rectángulo completo eliminando las cuatro roscas de M.4.

$$A_{RECTANGULO} = 77.928 \cdot 40 = 3117.12 \text{ mm}^2 \quad (17)$$

$$A_{TOTALROSCAS} = \pi \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^2 \cdot 4 \text{ roscas} = 50.24 \text{ mm}^2 \quad (18)$$

$$A_{TOTAL} = A_{RECTANGULO} - A_{TOTALROSCAS} = 3066.88 \text{ mm}^2 \quad (19)$$

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Finalmente el volumen resulta:

$$V_{PARTE5} = 3066.88 \cdot 2.5 = 7667.2 \text{ mm}^3 \quad (20)$$

Una vez realizado el cálculo de todas las partes, hallamos el Volumen total de la pieza:

$$V_{TOTALPIEZA} = V_{TOTALPARTE1} + V_{TOTALPARTE2} + V_{TOTALPARTE3} + V_{TOTALPARTE4} + V_{PARTE5} = 22.1 \text{ cm}^3 \quad (21)$$

Comprobando el diseño realizado en *Inventor*<sup>®</sup>, es posible consultar el volumen de la pieza diseñada. Como se puede apreciar en la siguiente figura, el volumen resultado en (21) casi exacto.

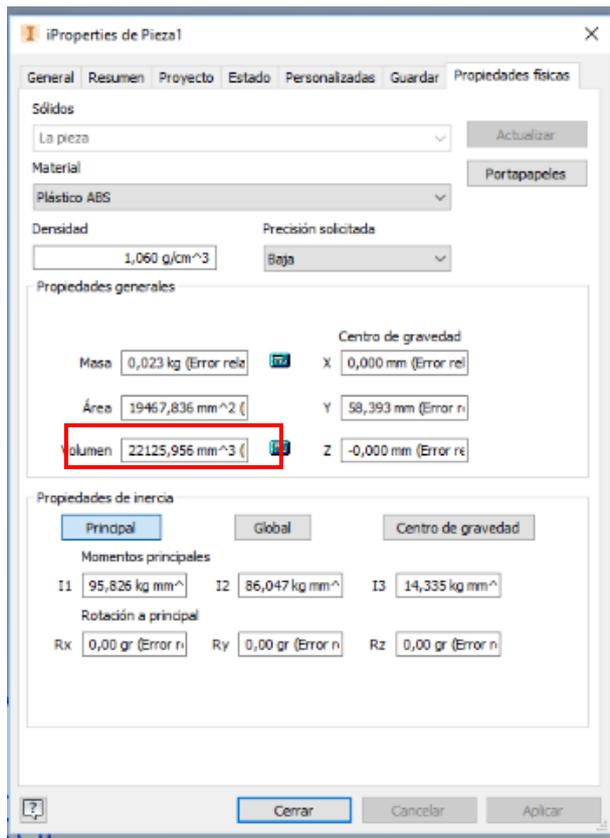


Figura 2. Resultado del volumen mediante *Inventor*<sup>®</sup>.

### 1.7. CÁLCULO DEL MOLDE PARA UNA CAVIDAD

En el capítulo 1.4 se explicaban de forma sencilla, las etapas de diseño y cálculo para moldes y que en este capítulo se han llevado a cabo para una cavidad.

De los cálculos geométricos de la pieza, resultando la Ec. (21) como su volumen, se obtiene la masa de la pieza utilizando la densidad del material en este caso plástico ABS.

$$\text{Densidad plástico ABS: } \rho = 1.06 \text{ g/cm}^3 \quad (22)$$

Masa de la pieza:

$$m = \rho \cdot V_{TOTALPIEZA} = 23.4 \text{ g} \quad (23)$$

Los cálculos que se deben realizar ahora son los esenciales para el escandallo económico realizado en el apartado 2.2 “Escandallo económico de fabricación” en el que se determina las cavidades óptimas de fabricación.

Para incluir en el escandallo económico el molde de una cavidad se ha obtenido:

- Masa de la pieza.
- Máquina inyectora para una cavidad.
- Tiempo de ciclo.
- Precio del molde para una cavidad.

#### Área proyectada

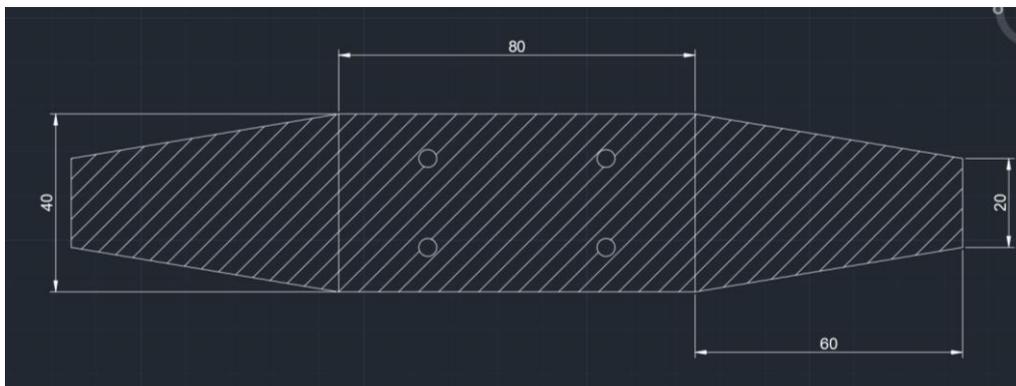


Figura 3. Área proyectada de la pieza.

La parte central tiene cuatro orificios los cuales se han restado.

$$A_{RECTÁNGULO} = 80 \cdot 40 = 3200 \text{ mm}^2 \quad (24)$$

$$A_{AGUJEROS} = \pi \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^2 \cdot 4 = 50.26 \text{ mm}^2 \quad (25)$$

$$A_{TOTALRECTANGULO} = A_{RECTÁNGULO} - A_{AGUJEROS} = 3159.74 \text{ mm}^2 \quad (26)$$

Para las alas laterales:

$$A_{TRAPEZOIDE} = \frac{1}{2} \cdot 60(20 + 40) = 1800 \text{ mm}^2 \quad (27)$$

$$A_{TOTALALAS} = 2 \cdot A_{TRAPEZOIDE} = 3600 \text{ mm}^2 \quad (28)$$

Resultando el área proyectada:

$$Area\ proyectada = A_{TOTALRECTANGULO} + A_{TOTALALAS} = 6759.74\ mm^2 \quad (29)$$

En este caso al ser inyección directa desde la parte superior del centro de la pieza, no afecta la proyectada del bebedero. Por otro lado, cuando se realiza la operación de inyección, la máquina inyectora el volumen de la pieza más el volumen del bebedero para luego realizar una operación de corte por parte de un operario. Por lo tanto, es conveniente calcular el cono interno del bebedero y sumarlo al volumen de la pieza obtenido en (21). En la figura 4, se puede ver el cono interno del bebedero realizado mediante *Autocad*®.

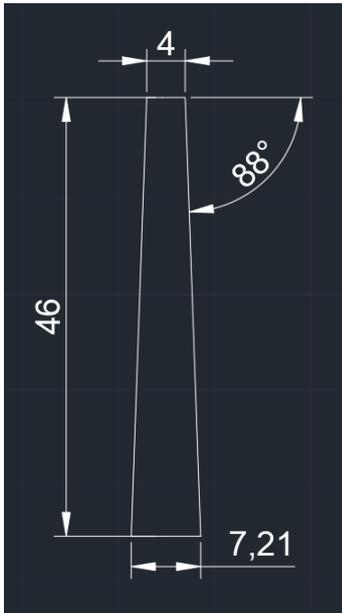


Figura 4. Cálculo del diámetro mayor.

Por catálogo, únicamente aparecen datos del bebedero de longitud, grados de la pared y diámetro de la boquilla, con lo cual el dato que falta es el diámetro mayor. (Véase apartado 1.5 Descripción de las partes del molde).

Calculando:

**Datos**

$$L = 46\ mm \quad a = 12\ mm$$

$$\alpha = 2^\circ \quad \left. \begin{array}{l} D = 4 + 2 \cdot x \\ Tg(2) = \frac{x}{46} \end{array} \right\} \rightarrow D = 7.21\ mm^2 \quad (30)$$

Por lo tanto el volumen de un tronco de cono es:

$$V = \frac{46 \cdot \pi}{3} (R^2 + r^2 + R \cdot r) = 1088.72\ mm^3 \quad (31)$$

Con lo cual, el volumen de la pieza más el bebedero resulta:

$$V_{PIEZA+BEBEDERO} = 22.1 + 1.088 = 23.18 \text{ cm}^3 \quad (32)$$

El volumen obtenido en (32), es uno de los condicionantes para la elección de la máquina inyectora.

### Fuerza de cierre del molde

Para calcular la fuerza de cierre, es necesario calcular previamente la Longitud de fluido ya introducido en el apartado 1.4. En la siguiente figura se indican los recorridos que realiza el plástico para calcular la longitud de fluido:

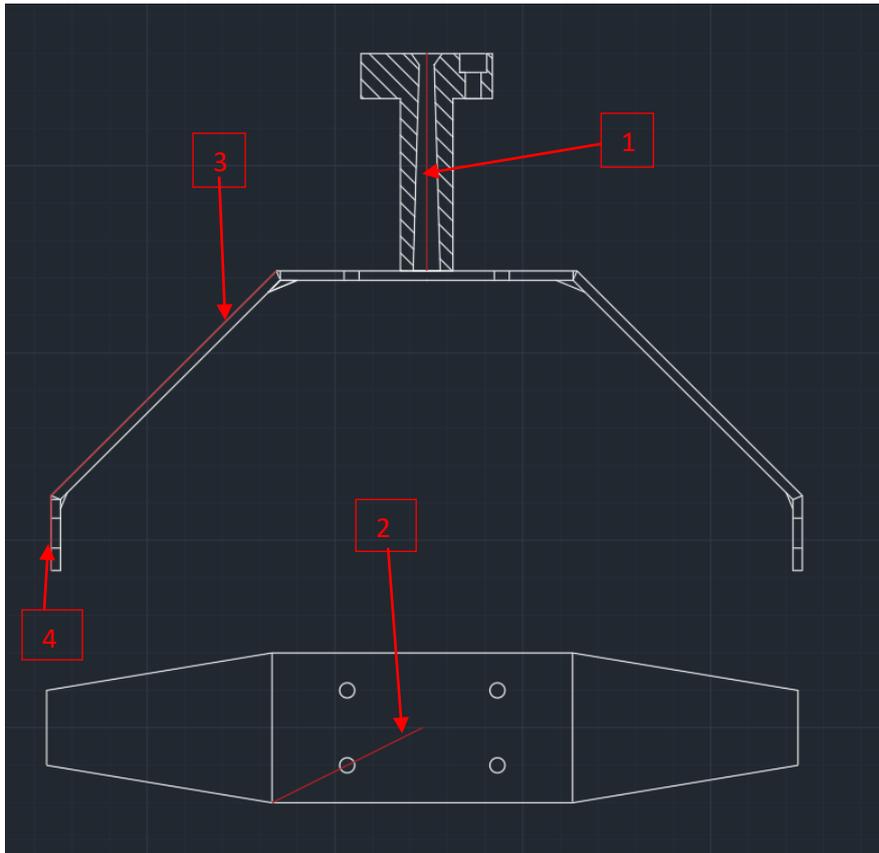


Figura 5. Longitud de fluido.

$$L_1 = 46 \text{ mm}$$

$$L_2 = \sqrt{40^2 + 20^2} = 44.72 \text{ mm}$$

$$L_3 = 84.85 \text{ mm}$$

$$L_4 = 20 \text{ mm}$$

$$L_f = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 195.57 \text{ mm} \quad (33)$$

Con la longitud de fluido y el espesor de la pieza que es siempre constante, se determina la presión interior del molde mediante la tabla 1 de presión interior de molde. Las unidades de presión en la tabla se dan en bares.

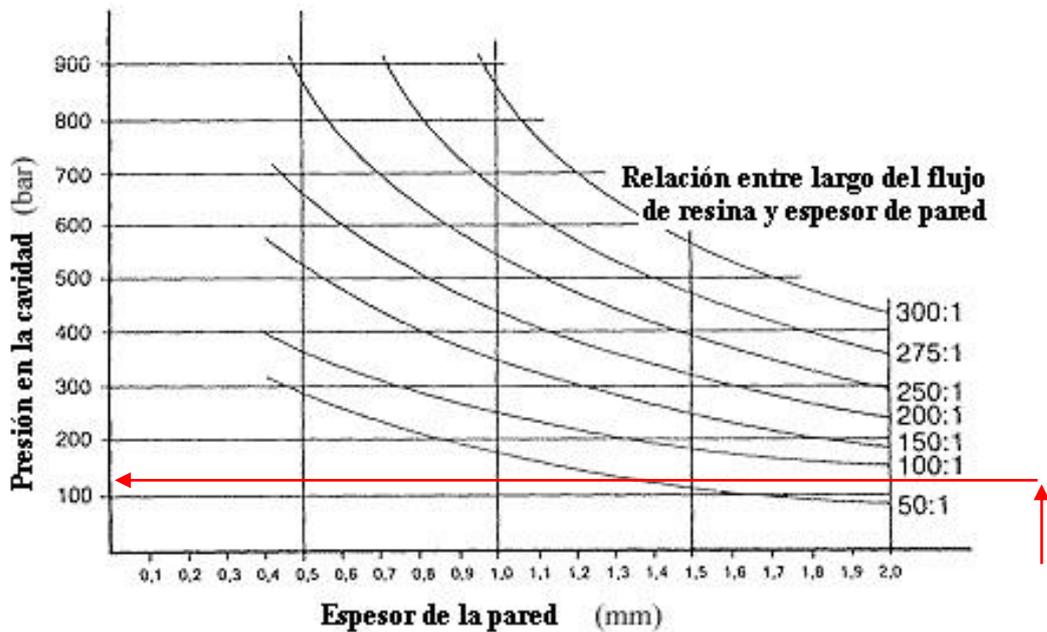


Tabla 1. Presión interna del molde frente a espesor de pared.

Tenemos una relación longitud de flujo/espesor:

$$\frac{L_f}{esp} = 78.38$$

Entrando en la tabla, por espesor de pared, intersectando con la curva de valor 78.38, se obtiene una presión de 110 bares dado que a partir de  $esp = 2$  es prácticamente constante.

Por lo tanto:

$$P_{interna} = 110 \text{ bar.} \quad (34)$$

Con la presión interna del molde, se obtiene la Fuerza de cierre del mismo. Esta fuerza se mayorará con un coeficiente de seguridad para el plástico en cuestión. Los coeficientes de seguridad se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

Coeficiente corrector KM	
KM = 1	para PA, PE, PS
KM = 1.5	para SAN, ABS, CA, POM SB
KM = 2	para PC, PMMA, PPO, PVC

Tabla 2. Coeficiente corrector según el plástico.

$$F_{cierre} = P_{interna} \cdot Area \text{ proyectada} = 110 \cdot \frac{6759.74}{100} = 7435.71 \text{ Kp} \quad (35)$$

Aplicando el coeficiente correspondiente del ABS,

$$F_{cierre \text{ corregida}} = 7435.71 \cdot 1.5 = 11153.57 \text{ Kp} = 11.15 \text{ Tn} \quad (36)$$

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Consultando ahora el “manual de uso y mantenimiento de prensas serie Micro de máquinas inyectoras Sandretto” como referencia, se ha elegido la máquina inyectora que más se adapte a los requerimientos de la pieza que son los siguientes:

$$\left. \begin{array}{l} F_{\text{cierrecorregida}} = 11.15 \text{ Tn} \\ V_{\text{INYECTADA}} = V_{\text{PIEZA+BEBEDERO}} = 23.18 \text{ cm}^3 \\ \text{Tamaño placas molde} = 156 \times 246 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{Máquina a utilizar} \rightarrow \text{Sandretto 30 Tn}$$

La Sandretto 30 Tn responde bien a los requerimientos de la pieza ya que:

$$F_{\text{cierremáquina}} = 30 \text{ Tn} > 11.5 \text{ Tn}$$

$$V_{\text{INYECTADA}} = 38 \text{ cm}^3 > 23.18 \text{ cm}^3$$

$$\text{Plato máquina} = 300 \times 300 > 156 \times 246 \text{ mm.}$$

(Véase en Anexo I, pag. “manual de uso y mantenimiento de prensas serie Micro de máquinas inyectoras Sandretto”).

### Tiempo de ciclo

Es el tiempo que tarda la máquina inyectora fabricar una sola pieza con todas las fases de las que se compone un ciclo de inyección completo. Es una variable a tener en cuenta para la selección de las cavidades de fabricación óptimas o escandallo económico. (Véase apartado 2.1 “Escandallo económico” pag. ).

Podemos determinar el tiempo de ciclo de inyección como:

$$Tc = Ta + Tc + Ti + Tenf + Texp = 35 \text{ s} \quad (37)$$

El tiempo estándar para las fases de apertura cierre y expulsión es de 2 segundos con lo que:

$$Ta + Tc + Texp = 2 + 2 + 2 = 6 \text{ s}$$

El tiempo de inyección viene determinado por el caudal de la máquina y el volumen que hay que inyectar.

$$Ti = \frac{V_{\text{inyectado}}}{Q_{\text{inyectado}}} = \frac{23.18}{31} = 0.74 \text{ s}$$

Y por último, el tiempo de enfriamiento que es siempre el mayor de todos en el tiempo de ciclo completo. Es habitual tomar el 70-80% del tiempo completo de ciclo.

$$Tenf = 35 \cdot 0.8 = 28 \text{ s.}$$

### Selección de las placas

#### Placa de amarre hembra (PBA)

Para la elección de esta placa no es necesario realizar ningún cálculo, se escoge dentro de las posibilidades del catálogo ya que no realiza ningún trabajo. Por lo tanto, para abaratar costes elegimos la de espesor  $S = 22$ .

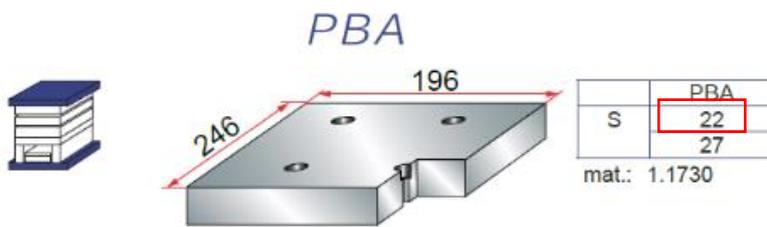


Figura 6. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para placa de amarre hembra.

Se ha seleccionado ese espesor de placa dado que tan sólo es necesaria para fijar los tornillos a la placa porta-cavidades hembra. De esta manera se consigue que el bebedero no tenga que ser tan largo.

### Placa porta cavidades hembra (PCH)

Para la selección de esta placa, no se han realizado cálculos de resistencia. Consultando el catálogo, se ha elegido la placa porta-cavidades con  $S = 96$ .

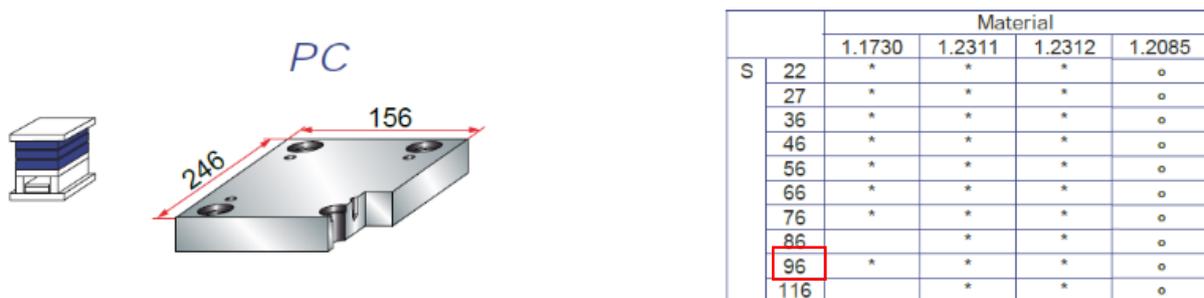


Figura 7. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para placa porta cavidades hembra (PCH).

La elección de este espesor viene justificada por la altura de la pieza y la longitud del bebedero. La pieza tiene 80 mm de altura. Eliminando 20 mm para dejar espacio a la corredera, quedan 60 mm para la PCH. Hay que tener en cuenta que queda un tramo de caño de bebedero que debe asumirlo esta placa. Calculando:

$$S_{PBA} = 22 \text{ mm}$$

$$L_{BEBEDERO} = 46 \text{ mm}$$

$$L_{CAÑO} = L_{BEBEDERO} - S_{PBA} = 24 \text{ mm} \quad (38)$$

$$Placa = H_{PIEZA} + L_{CAÑO} = 84 \text{ mm} \quad (39)$$

Por tanto, como en acero 1.1730 no hay placas de 86 mm, se escoge la de 96 mm y posteriormente se realizarán operaciones de rectificado para eliminar material.

### Bebedero

Se ha escogido las medidas indicadas. Los cálculos justificativos de la elección son los siguientes:

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

$$L_{BEBEDERO} = 46 \text{ mm}$$

$$S_{PBA} = 22 \text{ mm}$$

Quedando de caño en la PCH:

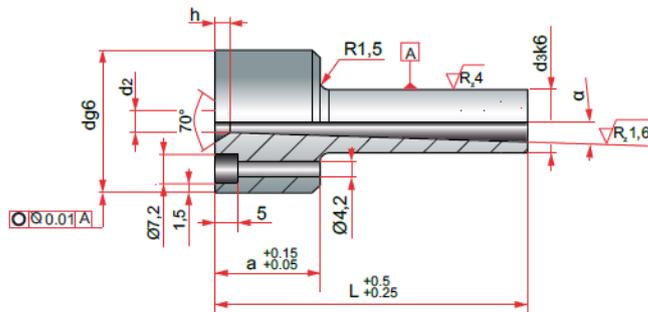
$$L_{CAÑO} = L_{BEBEDERO} - S_{PBA} = 24 \text{ mm}$$

Si eligiésemos un bebedero más largo, no habría ninguna placa porta-cavidades hembra para ponerlo. Sin embargo, cogiendo 46 mm, se ha realizado una cajera en la PBA hembra para que llegue sin problemas.

**B1**



Sprue brushing  
Bebedero de inyección  
Tuleja wtryskowa  
Injector  
Buse d'injection



Mat. : 1.1191. Hardness: 21-23 HRC.

d <sub>2</sub>	h	α (°)	d	a	d <sub>3</sub>	L	REF.
4	3	2	35	12	14	27	B1/ 12 x 27
						36	B1/ 12 x 36
						46	B1/ 12 x 46
		70		B1/ 12 x 70			
		100		B1/ 12 x 100			
		128		B1/ 12 x 128			
	1	2	24	51	B1/ 24 x 51		
				60	B1/ 24 x 60		
				70	B1/ 24 x 70/2°		
		1		24	100	B1/ 24 x 70/1°	
					100	B1/ 24 x 100	
					128	B1/ 24 x 128	

Figura 8. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para bebedero.

**Disco centrador**

Para el disco centrador, se ha escogido una medida estándar del mismo. Las medidas son las siguientes:

$$d_2 = 70 \text{ mm}; d_1 = 90 \text{ mm}; k = 12 \text{ mm}$$

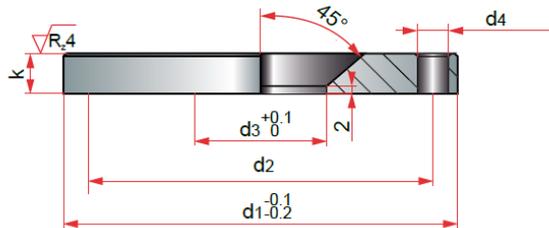
Con estas medidas, se realiza sin problemas el ajuste de bebedero y disco centrador.

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

**DC**



Locating ring  
Disco centrador  
Pierścień centrujący  
Disco de centragem  
Bague de centrage



$d_4$	$d_3$	$d_2$	$d_1$	$k$	REF.	$k$	REF.
8,5	35	59	70	8	DC/ 70 x 8	12	DC/ 70 x 12
		65	80		DC/ 80 x 8		DC/ 80 x 12
		70	90		DC/ 90 x 8		-
		75	100		DC/ 100 x 8		DC/ 100 x 12
		80	110		DC/ 110 x 8		DC/ 110 x 12
		84	120		DC/ 120 x 8		DC/ 120 x 12
		86	125		DC/ 125 x 8		DC/ 125 x 12
		118	150		DC/ 150 x 8		DC/ 150 x 12
		118	160		DC/ 160 x 8		DC/ 160 x 12
		130	175		DC/ 175 x 8		DC/ 175 x 12
		142	200		DC/ 200 x 8		DC/ 200 x 12

Figura 9. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para disco centrador.

## Placa porta-cavidades macho (PCM)

Para la placa porta cavidades macho, no hay que realizar ningún cálculo. Por lo tanto se selecciona desde catálogo:



		Material			
		1.1730	1.2311	1.2312	1.2085
S	22	*	*	*	o
	27	*	*	*	o
	36	*	*	*	o
	46	*	*	*	o
	56	*	*	*	o
	66	*	*	*	o
	76	*	*	*	o
	86	*	*	*	o
	96	*	*	*	o
	116	*	*	*	o

Figura 10. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para placa porta cavidades macho (PCM).

Por otra parte, sí es necesario recurrir a una placa de S = 96 dado que la pieza tiene una altura de 80 mm y con lo cual ese es el criterio de selección a seguir.

## Sufridera

Para elegir la sufridera, hay que tener en cuenta la presión interna del molde. Se considera que la placa porta-cavidades macho y sufridera está biapoyada en los calzos y por lo tanto, puede llegar a

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

flexionar por la presión interna del molde. De modo que es necesario realizar dos comprobaciones para un correcto dimensionado de dicha placa. Las comprobaciones son a resistencia y a flecha máxima. Realizando estas comprobaciones, es posible hallar el espesor de placa  $h$  que es la suma de la sufridera y el espesor de menor altura que disponga la placa porta-cavidades macho. Una vez resueltas las comprobaciones, se escoge el valor de  $h$  más elevado y de ese valor, se selecciona la sufridera para cumplirlo. Es obvio que al seleccionar el valor de  $h$  más elevado, automáticamente la otra comprobación cumplirá.

### Comprobación a resistencia

Se resuelve  $h$  como incógnita reflejada en la siguiente figura:

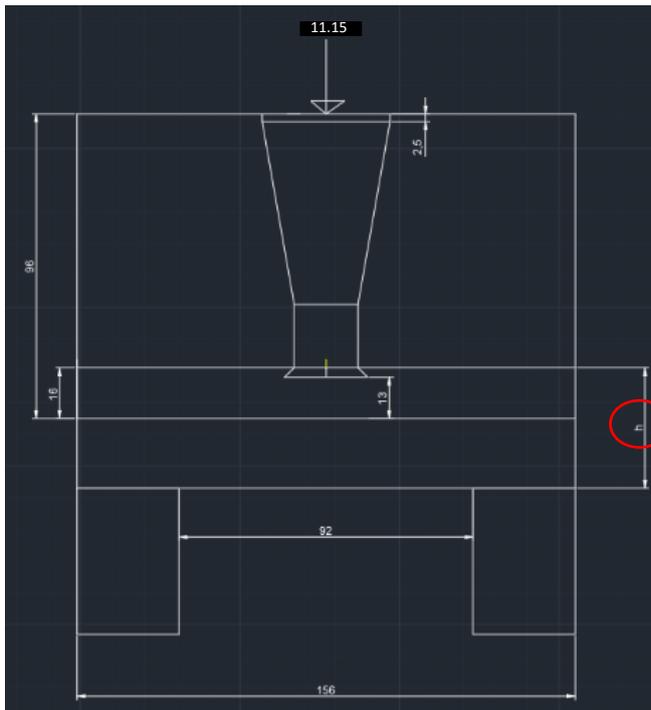


Figura 11. Cálculo de  $h$  sistema viga biapoyada.

Tomando como datos:

$$F_{\text{cierre corregida}} = 11.15 \text{ Tn}$$

$$\sigma_{\text{ROTURA}} = 65 \text{ Kp/mm}^2$$

Coefficiente de seguridad = 4

Se calcula la presión ejercida de las 11.15Tn de la fuerza de cierre del molde en la distancia de la viga biapoyada que es de 92 mm.

$$\sigma_{\text{MOLDE}} = \frac{11153.57}{92} = 121.23 \text{ Kp/mm}^2 \quad (40)$$

Utilizando el coeficiente de seguridad:

$$\sigma_r = \frac{65}{4} = 16.25 \text{ Kp/mm}^2 \quad (41)$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Igualando Momento resistente al Momento flector realizado por la presión, se puede hallar h:

$$M_f = \frac{\sigma_{MOLDE} \cdot l^2}{8} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot \sigma_r = Mr \quad (42)$$

Donde b es la longitud total entre calzos que es de 156 mm y h la incógnita a resolver.

Resolviendo (42) tenemos:

$$\frac{121.23 \cdot 96^2}{8} = \frac{156 \cdot h^2}{6} \cdot 16.25 \rightarrow h = 18.18 \text{ mm}$$

**Comprobación a flecha máx.  $f < 0.05 \text{ mm}$**

La ecuación que iguala la flecha máxima es:

$$0.05 \leq \frac{5 \cdot P \cdot L^4}{348 \cdot E \cdot I} \quad (43)$$

Siendo P la carga de cierre del molde.

$$0.05 \leq \frac{5 \cdot P \cdot L^4}{348 \cdot E \cdot \frac{b \cdot h^3}{12}} \rightarrow h = 22.13 \text{ mm}$$

Se observa que la altura h más restrictiva se obtiene en la comprobación de flecha máxima.

Por lo tanto:

$$h = 22.13 = \text{sufridera} + 13 \rightarrow \text{sufridera} = 22 \text{ mm}$$

Por lo tanto, con una sufridera de 22 mm es suficiente para cumplir los requerimientos del momento flector.

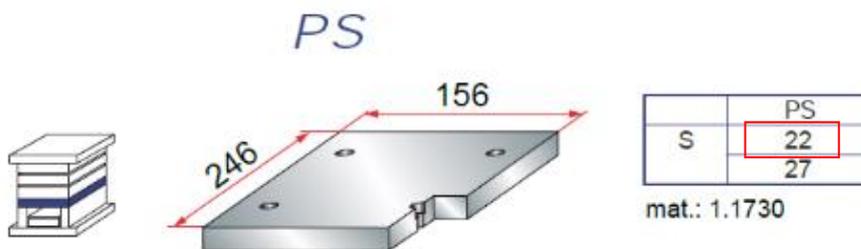


Figura 12. Catálogo "BRÚ Y RUBIO" para placa sufridera.

**Calzos**

Para seleccionar los calzos, el criterio a seguir es la deformación que reciben por la presión interna del molde. Es recomendable comenzar con el primer espesor disponible y realizar un proceso iterativo.

Con esto, se seleccionan los calzos de 46 mm como primera opción y se hacen los cálculos oportunos.

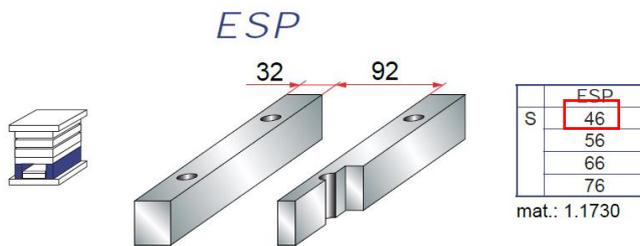


Figura 13. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para calzos.

Los calzos soportan la presión interna del molde, con lo cual son elementos que trabajan a compresión.

Por lo tanto, la comprobación a realizar es el desplome que sufren y que no pueden superar los 0.05 mm.

Partiendo de la siguiente fórmula:

$$\frac{\sigma}{n} = E \cdot \frac{\Delta L}{L} \quad (44)$$

Donde:

$\sigma$  es la tensión que soporta cada uno de los calzos.

$n$  es el coeficiente de seguridad.

$E$  es el módulo de Young con valor  $21000 \text{ Kp/mm}^2$  para Acero.

$\Delta L$  es el máximo desplome de los calzos.

$L$  es la longitud seleccionada por catálogo de los calzos.

Con  $n = 4$ , se ha calculado el valor que se obtiene de  $\Delta L$ :

$$\sigma = \frac{30000/2}{46 \times 246} = 1.33 \text{ Kp/mm}^2$$

$$\Delta L = 0.007 \text{ mm}$$

Con lo que, se comprueba que no superamos el valor de  $\Delta L = 0.05 \text{ mm}$ .

De forma inversa, es posible calcular el coeficiente de seguridad al que se está trabajando admitiendo un desplome máximo de 0.05 mm. Calculando  $n$  de la ecuación 43:

$$n = 0.058$$

Así mismo, se ha comprobado que se trabaja muy por debajo del coeficiente de seguridad de valor 4 que es el habitual para el cálculo de este componente.

### Placas porta expulsores

Para la selección de las placas porta expulsores no ha sido necesario realizar cálculos. Se seleccionan mediante catálogo y únicamente hay que tener en cuenta la distancia que se necesita para los expulsores y los retornadores.

**DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO**

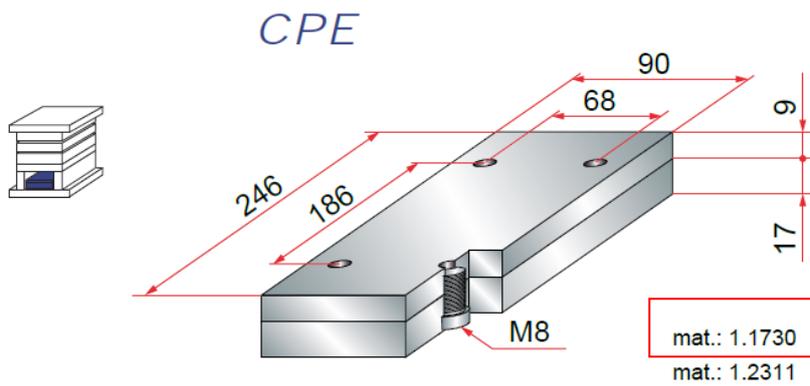


Figura 13. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para placas porta expulsores

**Cálculo de los tornillos**

**Cálculo de tornillos de las placas de amarre (PBA)**

Los tornillos de las placas amarre del molde seleccionado son de M10. Se comprueba que la métrica que viene por catálogo, es correcta para los esfuerzos del molde. Como es fácil comprobar, la presión interna del molde la recibe las placas que a su vez, se divide entre los tornillos que las fijan. Por lo tanto, es necesario comprobar que los tornillos son capaces de soportar la presión interna del molde.

**Tabla de datos de tornillos Allen**

**Material**  
Acero aleado de alta resistencia

**Holo-Code**  
Grabado en la cabeza a partir de diámetro 5

**Normas**  
ISO 4762 - DIN 912 - NFE 25125  
ISO 898/1 Grado 12.9

D	002	002.5	003	004	005	006	008	010	012
Paso	40	45	50	70	80	100	125	150	175
D1 máx.	3.8	4.5	5.68	7.22	8.72	10.22	13.27	16.27	18.27
D2 máx.	2.6	3.1	3.6	4.7	5.7	6.8	9.2	11.2	13.7
K máx.	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
S nom.	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10
L1 min.	16	17	18	20	22	24	28	32	36
Sección útil mm <sup>2</sup>	2.07	3.39	5.03	8.78	14.2	20.1	36.6	58	84.3
Par de apriete (Nm)**	0.66	1.30	2.43	5.7	11.4	19.3	46	88	162

**Propiedades mecánicas:**  
Resistencia a la ruptura : 1220 N/mm<sup>2</sup> (124 kg/mm<sup>2</sup>)  
mínimo  
Dureza : 39 Hrc mínimo  
Alargamiento mínimo a la ruptura : 8 %  
Temperaturas de uso : -29 ° à + 204 °C

**Notas:**  
Los tornillos por encima del trazo oscuro están roscados hasta la cabeza.  
Los tornillos por debajo del trazo oscuro están parcialmente roscados: L1 = (2 x D) + 12  
\*\* Valores recomendados para los tornillos Holo-Krome.

Tabla 1. Tornillos Allen grado 12.9.

De la ecuación (36), tenemos la fuerza de cierre que ejerce el molde:

$$F_{\text{cierre corregida}} = 11153.57 \text{ Kp}$$

Utilizando n = 2 de coeficiente de seguridad:

$$F_{Seguridad} = 11153.57 \cdot 2 = 22307.14 \text{ Kp}$$

A repartir entre 4 tornillos:

$$F_{tornillo} = \frac{22307.14}{4} = 5576.78 \text{ Kp/tornillo}$$

Se comprueba la sección útil del tornillo M10 aplicando la tensión de rotura de  $124 \text{ Kp/mm}^2$ :

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mm}^2 \rightarrow 124 \text{ Kp} \\ x \rightarrow 5576.78 \text{ Kp} \end{array} \right\} \rightarrow x = 44.97 \text{ mm}^2$$

Como puede observarse  $44.97 < 58 \text{ mm}^2$  de sección útil, por lo tanto la métrica que viene por defecto en las placas es suficiente para soportar la presión interna del molde al inyectar.

### Espesor bajo tornillos en las placas de amarre

En este apartado se ha calculado cuál debe de ser el espesor mínimo de la placa bajo la cabeza del tornillo para que rompa antes la cabeza del tornillo que la placa ya que, si se dañasen las placas las perdidas sería más cuantiosas que si rompen los tornillos.

De modo que para realizar este cálculo, se desarrolla el tornillo como una ménsula y que puede verse en la figura siguiente:

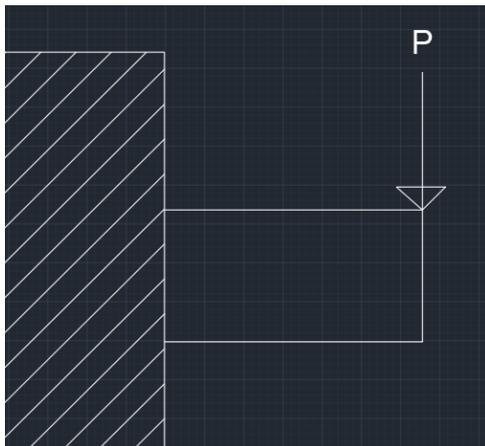


Figura 14. Ménsula empotrada con carga en el extremo.

Se basa en pensar que la corona que queda bajo la cabeza, se puede aproximar por trozos de material en forma de ménsula, que trabaja en voladizo ante una carga, que es la máxima que puede soportar el núcleo del tornillo sin romper.

Siendo la carga P, la carga que soporta el tornillo y posicionada en el punto más desfavorable de mayor Momento flector.

Calculando:

$$F = \sigma_R \cdot S \tag{45}$$

Siendo F la fuerza de rotura del tornillo,  $\sigma_R$  la tensión de Rotura y S la superficie del núcleo del tornillo.

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Resolviendo:

$$F = 124 \cdot \pi \cdot \left(\frac{7.92}{2}\right)^2 = 6108.88 \text{ Kp}$$

Siguiendo ahora con el desarrollo de ménsulas:

$$L_o = \pi \cdot D = 50.26.$$

Con lo que, si una ménsula mide 1, resultarían 50 ménsulas del desarrollo. Con esto, se calcula la carga que resiste una ménsula.

$$P = \frac{6108.88}{50.26} = 121.54 \text{ Kp} \quad (46)$$

Con esta carga, ahora se igualan el momento resistente al momento flector. El objetivo es calcular  $h$ , que es el espesor que debe haber por debajo del agujero del tornillo para que los esfuerzos no rompan la placa y en caso de sobre esfuerzo, únicamente rompa el tornillo.

El momento flector de una ménsula en situación de empotramiento es:

$$Mf = P \cdot L \quad (47)$$

Y el momento resistente:

$$Mr = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot \sigma_r$$

Igualando se obtiene  $h$ :

$$121.54 \cdot 3 = \frac{1 \cdot h^2}{6} \cdot \frac{65}{4} \rightarrow h = 11.6 \text{ mm}$$

Por lo que se verifica que es necesario 11.6 mm debajo del tornillo para no romper. La placa seleccionada para el amarre dispone de 15 mm con lo cual, no romperá.

### Cáncamo

El cáncamo es el elemento que se necesita para el transporte e instalación del molde en la máquina inyectora. Para el cálculo de este elemento, es prioritario saber el peso total del molde. Se ha realizado el cálculo simplificando el conjunto a bloque macizo dado que el material eliminado es en proporción menor a las dimensiones del molde y por lo tanto el peso no variaría en un valor considerable.

Por lo tanto mediante la densidad del acero y el volumen del conjunto, es posible hallar la masa del molde:

$$\rho_{Acero} = 7.85 \text{ kg/dm}^3$$

$$V_{conjunto} = 156 \cdot 246 \cdot (24 + 96) = 4.605 \text{ dm}^3$$

$$m = V \cdot \rho_{Acero} = 36.14 \text{ Kg}$$

Añadimos ahora la masa de placas de amarre, calzos y porta-expulsores:

$$\text{Placas de amarre} \rightarrow V = (196 \cdot 246 \cdot 22) \cdot 2 = 2.121 \text{ dm}^3 \rightarrow m = 2.121 \cdot 7.85 = 16.653 \text{ Kg}$$

$$\text{Calzos} \rightarrow V = (32 \cdot 246 \cdot 46) \cdot 2 = 0.724 \text{ dm}^3 \rightarrow m = 0.724 \cdot 7.85 = 5.68 \text{ Kg}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Placas porta-expulsores  $\rightarrow V = 90 \cdot 246 \cdot 26 = 0.575 \text{ dm}^3 \rightarrow m = 0.575 \cdot 7.85 = 4.518 \text{ Kg}$

Por tanto, la masa total es:

$$m_{Total} = 36.14 + 16.65 + 5.68 + 4.52 = 62.99 \text{ Kg} \cong 63 \text{ Kg} \quad (48)$$

Sumando ejes guía, casquillos, mechones de corredera, tornillería, el peso total es de 94.4 Kg como indica el presupuesto suministrado por la ferretería.

Obtenida la masa del molde, se realiza el cálculo de resistencia del mismo para que aguante el transporte y colocación del molde. Es recomendable comenzar con una métrica M10.

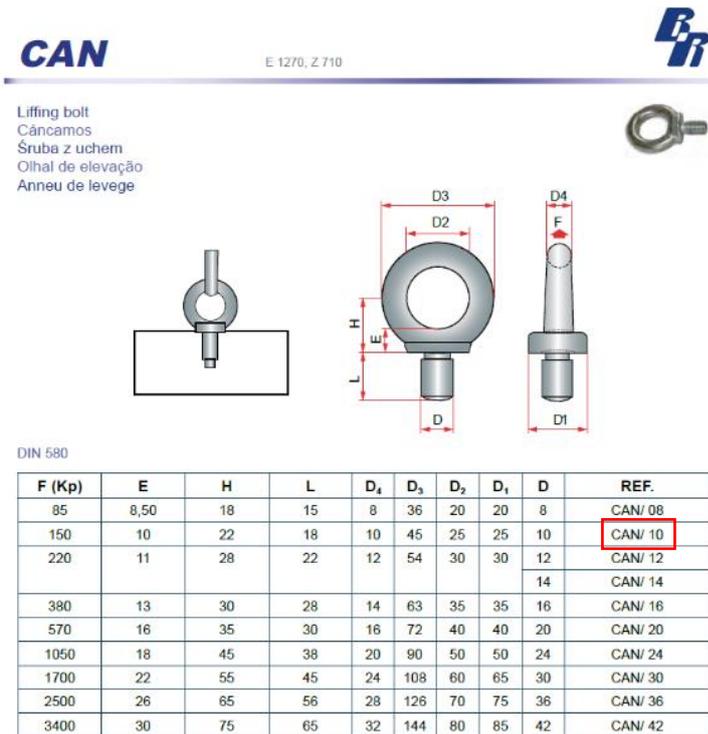


Figura 15. Catálogo “BRÚ Y RUBIO” para cáncamo de transporte.

En primer lugar se ha calculado la superficie de actuación de la rosca del cáncamo:

$$S = \pi \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 78.53 \text{ mm}^2$$

Comprobamos que la tensión de trabajo, no supere la tensión de rotura del cáncamo. Dado que en carga brusca, la masa puede ser hasta el doble se obtiene:

$$\sigma_{TRABAJO} = \frac{2 \cdot m_{Total}}{S} = 2.4 \text{ Kp/mm}^2 \quad (49)$$

$$\sigma_{ROTURA} = \frac{80}{4} = 20 \text{ Kp/mm}^2$$

Finalmente, es posible obtener el coeficiente de seguridad n al que trabajará el cáncamo:

$$n = \frac{\sigma_{ROTURA}}{\sigma_{TRABAJO}} = 8.31$$

Con este resultado, se asegura que el cáncamo trabaja con un factor de seguridad por encima de 4.

Otra conclusión que es fácil deducir es que, mientras la tensión de trabajo no supere la tensión de rotura, no habrá ningún problema en utilizar la M10 para el cáncamo.

### **Diferencia de temperatura entre placa porta expulsores y molde**

En las operaciones de inyección de plástico, es fácil ver que tenemos partes móviles en las que van guiadas por sus respectivos agujeros. Como es lógico, al trabajar con material fundido a alta temperatura puede ocurrir que los ejes como son los extractores o los retornadores se dilaten y puedan gripar dejando el molde totalmente inutilizado. Por lo tanto, es importante mantener controlada esa diferencia de temperatura que se genera entre la placa porta expulsores y la placa porta cavidades macho. Se ha realizado el siguiente procedimiento para saber esa diferencia de temperatura que tiene el molde con la placa porta expulsores.

Mediante la fórmula:

$$L_f = (1 + \alpha \cdot T) \quad (50)$$

Donde  $L_f$  es la longitud final del elemento asumiendo una variación de la longitud de 0.05.

$\alpha$  el coeficiente de dilatación del material en concreto. Para el acero = 0,000012

T la temperatura que deseamos saber y que si es pequeña, no habrá gripado.

$$L_f = L_o + 0.05$$

Siendo  $L_o$  la longitud inicial entre los dos extractores más alejados de las placas extractoras donde se obtiene que:

$$L_o = \sqrt{68^2 + 186^2} = 198.04 \text{ mm}$$

Despejando:

$$T = \frac{0.05}{198.04 \cdot 0.000012} = 21.03 \text{ }^\circ\text{C} \quad (51)$$

La variación de temperatura entre el molde y la placa porta expulsores es de 21.03 °C, por lo tanto no tendremos problema ya que es una diferencia de temperatura muy pequeña y no causará problemas.

### **Cálculo de los mechones de la corredera**

El principal objetivo de este cálculo es evitar el gripado de los mechones. Para ello, debe haber una holgura entre el agujero y el mechón. Además se verifica que los mechones pueden resistir la presión interna del molde dado que es un elemento empotrado en voladizo y con lo cual se ejercerá un momento flector desde el punto más desfavorable que es la distancia más alejada del empotramiento.

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

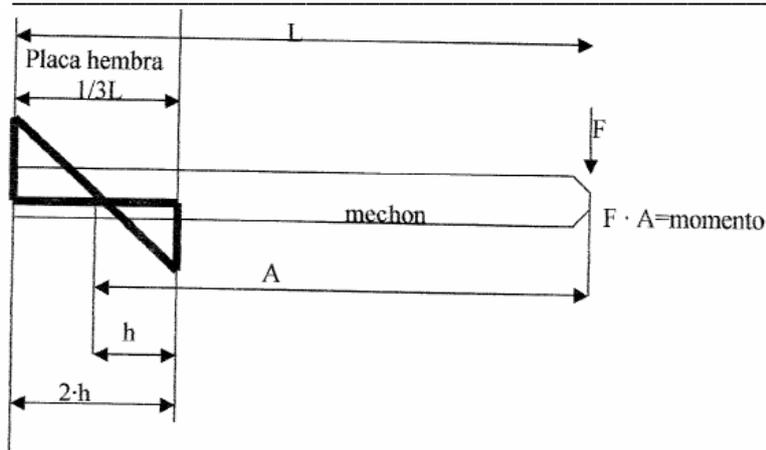


Figura 16. Fuerzas que se ejercen sobre el mechón de la corredera.

La fórmula que se necesita para realizar los cálculos es:

$$\sigma = \frac{3 \cdot F \cdot A}{2 \cdot h^2} \quad (52)$$

Donde F es la fuerza ejercida en el mechón, h es la mitad del empotramiento del mechón y A es la distancia desde el extremo del mechón hasta la mitad del empotramiento.

Tomando un coeficiente de seguridad de  $n = 4$  para la resistencia del material:

$$\sigma = \frac{65}{4} = 16.25 \text{ Kp/mm}^2$$

Tomando un mechón de  $L = 52 \text{ mm}$  que es el que interesa para el diseño del molde, se obtiene A:

$$\frac{1}{3}L = 2 \cdot h \rightarrow h = 8.67 \text{ mm}$$

$$A = 43.33 \text{ mm}$$

Es posible despejar F de (50):

$$F = 18.79 \text{ Kp por milímetro de diámetro.}$$

Ahora queda comprobar que el empotramiento es suficiente. Para ello debemos aplicar la siguiente fórmula en la que se debe hallar h y comprobar que  $2 \cdot h$  no supera el valor de 17.34 mm:

$$h = \sqrt{\frac{3 \cdot A \cdot F}{2 \cdot \sigma}} = 8.66 \text{ mm}$$

Como  $2 \cdot h = 17.33 \text{ mm} < 17.34 \text{ mm}$  y con lo cual resulta el empotramiento exacto que requiere la fuerza.

La fuerza aplicada es por milímetro de diámetro, con lo que para un diámetro de 10 mm:

$$F = 10 \cdot 18.79 = 187.9 \text{ Kp}$$

**DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO**

Igualando el momento resistente del material al momento flector resultante de esta fuerza:

$$Mf = Mr \rightarrow F \cdot L = 0.1 \cdot d^3 \cdot \sigma$$

$$187.9 \cdot 52 = 0.1 \cdot 10^3 \cdot \sigma \rightarrow \sigma = 97.7 \text{ Kp/mm}^2$$

El mechón resiste perfectamente la fuerza aplicada, ya que tiene una dureza de  $220 \text{ kp/mm}^2 \approx 60 \text{ HRC}$ .

**Tolerancias y medidas para ejes y agujeros**

Las tolerancias de los agujeros y ejes del molde vienen por catálogo. Por lo tanto, viene predefinido un ajuste entre agujero y eje para el correcto guiado del mismo. Todas las tolerancias necesarias aparecen en el catálogo “Brú y Rubio” y que aparecen en la *tabla 1* para ejes y en la *tabla 2* para agujeros con lo que únicamente es necesario indicar las medidas con las tolerancias aplicadas.

Por otro lado, se ha determinado la tolerancia de los agujeros por los que van guiados los expulsores y los retornadores para evitar su gripado ya que al trabajar bajo altas temperaturas estos se dilatan.

Tolerancias ISO para Ejes ISO Tolerances for Shafts (ISO 286-2)											Tolerancias ISO para Ejes ISO Tolerances for Shafts (ISO 286-2)										
Diametro nominal ejes (mm) Ø Nominal Shafts Sizes (mm)											Diametro nominal ejes (mm) Ø Nominal Shafts Sizes (mm)										
Sup. Over	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	Sup. Over	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100
inc.	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	inc.	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120
micrometres											micrometres										
a12	-270	-280	-290	-300	-310	-320	-340	-360	-380	-410	h11	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
	-390	-430	-470	-510	-560	-570	-640	-660	-730	-760		-75	-90	-110	-130	-160	-190	-220	-220	-220	-220
d6	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120				h12	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
	-38	-49	-61	-78	-96	-119	-142					-120	-150	-180	-210	-250	-300	-350	-350	-350	-350
e6	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72				j5	+3	+4	+5	+5	+6	+6	+6	+6	+6	+6
	-28	-34	-43	-53	-66	-79	-94					-2	-2	-3	-4	-5	-7	-7	-7	-7	-9
e13	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72				j6	+6	+7	+8	+9	+11	+12	+13	+13	+13	+13
	-200	-245	-302	-370	-440	-520	-612					-2	-2	-3	-4	-5	-7	-7	-7	-7	-9
f5	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36				j7	+8	+10	+12	+13	+15	+18	+20	+20	+20	+20
	-15	-19	-24	-29	-36	-43	-51					-4	-5	-6	-8	-10	-12	-12	-12	-12	-15
f6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36				js5	+2,5	+3	+4	+4,5	+5,5	+6,5	+7,5	+7,5	+7,5	+7,5
	-18	-22	-27	-33	-41	-49	-58					-2,5	-3	-4	-4,5	-5,5	-6,5	-7,5	-7,5	-7,5	-7,5
f7	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36				js6	+4	+4,5	+5,5	+6,5	+8	+9,5	+11	+11	+11	+11
	-22	-28	-34	-41	-50	-60	-71					-4	-4,5	-5,5	-6,5	8	-9,5	-11	-11	-11	-11
g5	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12				js7	+6	+7,5	+9	+10,5	+12,5	+15	+17,5	+17,5	+17,5	+17,5
	-9	-11	-14	-16	-20	-23	-27					-6	-7,5	-9	-10,5	-12,5	-15	-17,5	-17,5	-17,5	-17,5
g6	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12				k5	+6	+7	+9	+11	+13	+15	+18	+18	+18	+18
	-12	-14	-17	-20	-25	-29	-34					+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3
g7	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12				k6	+9	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+25	+25	+25
	-16	-20	-24	-28	-34	-40	-47					+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3
h4	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				k7	+13	+16	+19	+23	+27	+32	+38	+38	+38	+38
	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-10					+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3
h5	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				m5	+9	+12	+15	+17	+20	+24	+28	+28	+28	+28
	-5	-6	-8	-9	-11	-13	-15					+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+13	+13	+13
h6	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				m6	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+35	+35	+35
	-8	-9	-11	-13	-16	-19	-22					+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+13	+13	+13
h7	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				m7	+16	+21	+25	29	+34	+41	+48	+48	+48	+48
	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35					+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+13	+13	+13
h8	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				n5	+13	+16	20	+24	+28	+33	+38	+38	+38	+38
	-18	-22	-27	-33	-39	-46	-54					+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+23	+23	+23
h9	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				n6	+16	+19	+23	+28	+33	+39	+45	+45	+45	+45
	-30	-36	-43	-52	-62	-74	-87					+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+23	+23	+23
h10	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				n7	+20	+25	+30	+36	+42	+50	+58	+58	+58	+58
	-48	-58	-70	-84	-100	-120	-140					+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+23	+23	+23

*Tabla*

**1. Tolerancias ISO para ejes.**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO**

Tolerancias ISO para Agujeros ISO Tolerances for Holes (ISO 286-2)									Tolerancias ISO para Agujeros ISO Tolerances for Holes (ISO 286-2)														
		Diámetro int. nominal (mm)			Ø	Nominal holes Sizes (mm)							Diámetro int. nominal (mm)			Ø	Nominal holes Sizes (mm)						
Sup. Over	inc.	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	Sup. Over	inc.	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100
												micrometres											
E6		+28	+34	+43	+53	+66		+79		+94		H10		+48	+58	+70	+84	+100		+120		+140	
		+20	+25	+32	+40	+50		+60		+72				0	0	0	0	0		0		0	
E7		+32	+40	+50	+61	+75		+90		+107		H11		+75	+90	+110	+130	+160		+190		+220	
		+20	+25	+32	+40	+50		+60		+72				0	0	0	0	0		0		0	
E11		+95	+115	+142	+170	+210		+250		+292		J6		+5	+5	+6	+8	+10		+13		+16	
		+20	+25	+32	+40	+50		+60		+72				-3	-4	-5	-5	-6		-6		-6	
E12		+140	+175	+212	+250	+300		+360		+422		J7		+6	+8	+10	+12	+14		+18		+22	
		+20	+25	+32	+40	+50		+60		+72				-6	-7	-8	-9	-11		-12		-13	
E13		+200	+245	+302	+370	+440		+520		+612		J8		+10	+12	+15	+20	+24		+28		+34	
		+20	+25	+32	+40	+50		+60		+72				-8	-10	-12	-13	-15		-18		-20	
F6		+18	+22	+27	+33	+41		+49		+58		JS6		+4	+4,5	+5,5	+6,5	+8		+9,5		+11	
		+10	+13	+16	+20	+2		+30		+36				-4	-4,5	-5,5	-6,5	-8		-9,5		-11	
F7		+22	+28	+34	+41	+50		+60		+71		JS7		+6	+7,5	+9	+10,5	+12,5		+15		+17,5	
		+10	+13	+16	+20	+25		+30		+36				-6	-7,5	-9	-10,5	-12,5		-15		-17,5	
F8		+28	+35	+43	+53	+64		+76		+90		JS8		+9	+11	+13,5	+16,5	+19,5		+23		+27	
		+10	+13	+16	+20	+25		+30		+36				-9	-11	-13,5	-16,5	-19,5		-23		-27	
G6		+12	+14	+17	+20	+25		+29		+34		K6		+2	+2	+2	+2	+3		+4		+4	
		+4	+5	+6	+7	+9		+10		+12				-6	-7	-9	-11	-13		-15		-18	
G7		+16	+20	+24	+28	+34		+40		+47		K7		+3	+5	+6	+6	+7		+9		+10	
		+4	+5	+6	+7	+9		+10		+12				-9	-10	-12	-15	-18		-21		-25	
G8		+22	+27	+33	+40	+48		+56		+66		KB		+5	+6	+8	+10	+12		+14		+16	
		+4	+5	+6	+7	+9		+10		+12				-13	-16	-19	-23	-27		-32		-38	
H6		+8	+9	+11	+13	+16		+19		+22		M6		-1	-3	-4	-4	-4		-5		-6	
		0	0	0	0	0		0		0				-9	-12	-15	-17	-20		-24		-28	
H7		+12	+15	+18	+21	+25		+30		+35		M7		0	0	0	0	0		0		0	
		0	0	0	0	0		0		0				-12	-15	-18	-21	-25		-30		-35	
H8		+18	+22	+27	+33	+39		+46		+54		M8		+2	+1	+2	+4	+5		+5		+6	
		0	0	0	0	0		0		0				-16	-21	-25	-29	-34		-41		-48	
H9		+30	+36	+43	+52	+62		+74		+87		N6		-5	-7	-9	-11	-12		-14		-16	
		0	0	0	0	0		0		0				-13	-16	-20	-24	-28		-33		-38	

Tabla 2. Tolerancias ISO para agujeros.

**Ajuste Casquillo guía/placa porta cavidades macho y eje guía**

En este ajuste, el casquillo guía hace tanto de eje como de agujero. De eje respecto a la placa porta cavidades macho y de agujero respecto al eje guía.

El ajuste que nos interesa en este cálculo es el de eje guía y casquillo dado que es la parte móvil y la susceptible a sufrir gripado.

Tolerancia Casquillo guía como agujero:

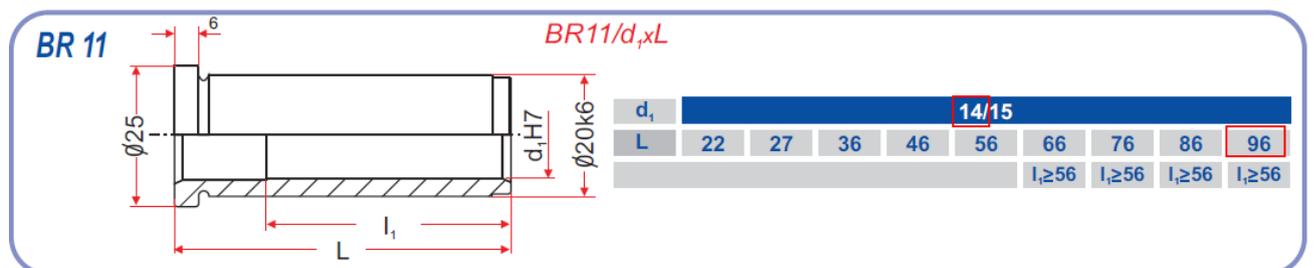


Tabla 3. Casquillo guía para placas 156x246.

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Los casquillos guía del molde son de 96 mm de longitud y con un diámetro d1 de 14 mm.

Las tolerancias para el casquillo guía son H7 para el agujero con diámetro 14 mm y k6 para la zona externa que actúa como eje acoplado en la placa porta cavidades macho.

Por lo tanto se obtiene de las tablas 1 y 2:

$$\varnothing 20 k6 = 20_{-1}^{+12} \rightarrow d_{m\acute{a}x} = 20.012 \text{ mm} ; d_{m\acute{i}n} = 20.001 \text{ mm}$$

$$\varnothing 14 H7 = 14_0^{+18} \rightarrow D_{m\acute{a}x} = 14.018 \text{ mm} ; D_{m\acute{i}n} = 14.000 \text{ mm}$$

Tolerancia Eje guía:

*BR 03* *BR03/d,xm x L*

		L													
d <sub>1</sub>	m	20	25	35	45	55	65	75	85	90	95	105	115	125	135
	22	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
27	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
36	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
46	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
56	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
66	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
76	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
86	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
96	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tabla 4. Eje guía para placas 156x246.

Las medidas del eje guía son de 90 mm de longitud L, 22 mm de longitud para m y 14 mm para el diámetro que se aloja por dentro del casquillo guía y es con quien realiza el ajuste de tolerancias.

Las calidades son de g6 para  $\varnothing 14$  y k6 para la medida de  $\varnothing 20$ .

De las tablas 1 y 2:

$$\varnothing 20 k6 = 20_{-1}^{+12} \rightarrow d_{m\acute{a}x} = 20.012 \text{ mm} ; d_{m\acute{i}n} = 20.001 \text{ mm}$$

$$\varnothing 14 g6 = 14_{-17}^{-6} \rightarrow d_{m\acute{a}x} = 13.994 \text{ mm} ; d_{m\acute{i}n} = 13.983 \text{ mm}$$

La holgura que existe entre el eje y el casquillo es de:

$$D_{m\acute{i}n} - d_{m\acute{a}x} = 6 \mu m$$

### Ajuste expulsor/retornador y placa porta cavidades macho/sufridera

En este apartado se ha calculado la tolerancia que debe tener los agujeros en la placa porta cavidades macho y sufridera para que tanto los expulsores como los retornadores no gripen.

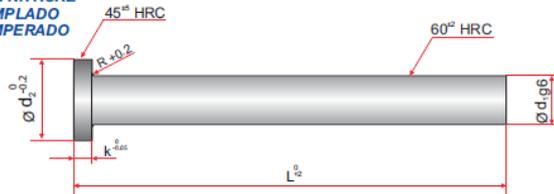
Se prevé una holgura de 0.01 mm en frío por cada 3 mm de diámetro de expulsor o retornador. El objetivo es mantener la holgura que asegura que al trabajar en caliente, los expulsores y retornadores al dilatarse y los agujeros al contraerse, no gripen. La holgura creada es suficiente para que pueda salir el aire pero no el material.

**DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO**

Tolerancia expulsores:



**EJECTOR PIN HARDENED  
EJECTEUR NON NITRURE  
EXPULSOR TEMPLADO  
EXTRATOR TEMPERADO**



**MAT.: 1.2210 / 58-62 HRC  
DIN 1530AH**

**Max. work Temp. : 220° C  
Temp.Máx. de Trab: 220° C**

d <sub>i</sub>	d <sub>e</sub>	k	R	L						
				100	125	160	200	250	315	400
1.1	2.5	1.2		*	*	*	*			
1.2	2.5	1.2		*	*	*	*			
1.3	3	1.5		*	*	*	*			
1.4	3	1.5		*	*	*	*			
1.5	3	1.5		*	*	*	*			
1.6	3	1.5	0.2	*	*	*	*			
1.7	3	1.5		*	*	*	*			
1.8	3	1.5		*	*	*	*			
1.9	3	1.5		*	*	*	*			
2	4	2		*	*	*	*	*	*	*
2.2	4	2		*	*	*	*	*	*	*
2.5	5	2		*	*	*	*	*	*	*
2.7	5	2		*	*	*	*	*	*	*
3	6	3		*	*	*	*	*	*	*
3.2	6	3		*	*	*	*	*	*	*
3.5	7	3		*	*	*	*	*	*	*
3.7	7	3		*	*	*	*	*	*	*
4	8	3	0.3	*	*	*	*	*	*	*
4.2	8	3		*	*	*	*	*	*	*
4.5	8	3		*	*	*	*	*	*	*
4.7	8	3		*	*	*	*	*	*	*
5	10	3		*	*	*	*	*	*	*
5.2	10	3		*	*	*	*	*	*	*
5.5	10	3		*	*	*	*	*	*	*
6	12	5		*	*	*	*	*	*	*

*Tabla 4. Expulsores para placas 156x246.*

Los expulsores seleccionados para el molde son de 160 mm de longitud de 3 mm de diámetro y 6 mm de diámetro en la base.

Tienen tolerancia g6. Tras consultar en la tabla 1 para ejes:

$$\varnothing 3 \text{ g6} = 3_{-12}^{-4} \rightarrow d_{\text{máx}} = 2.996 \text{ mm} ; d_{\text{mín}} = 2.988 \text{ mm}$$

Como tenemos 3 mm de diámetro en el eje, el agujero debe tener 0.01 mm de juego respecto al eje. Esto se debe al trabajar en caliente los expulsores pueden gripar.

Diámetro agujero:  $\varnothing 3.01 \text{ mm} \rightarrow$  Tabla 1 tolerancias de agujeros  $\rightarrow$  H7

$$\varnothing 3.01 \text{ H7} = 3.01_0^{12} \rightarrow D_{\text{máx}} = 3.022 \text{ mm} ; D_{\text{mín}} = 3.01 \text{ mm}$$

Con esto es posible determinar el  $\Delta l$  sumando las tolerancias mínimas para determinar la temperatura de gripado:

$$\Delta l = 4 + 0 + 0.1 = 0.014 \text{ mm}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Ahora con:

$L_0 = 3 \text{ mm}$

$\alpha(\text{coef. dilatación del acero}) = 0.000012$

$\Delta l = 0.014$

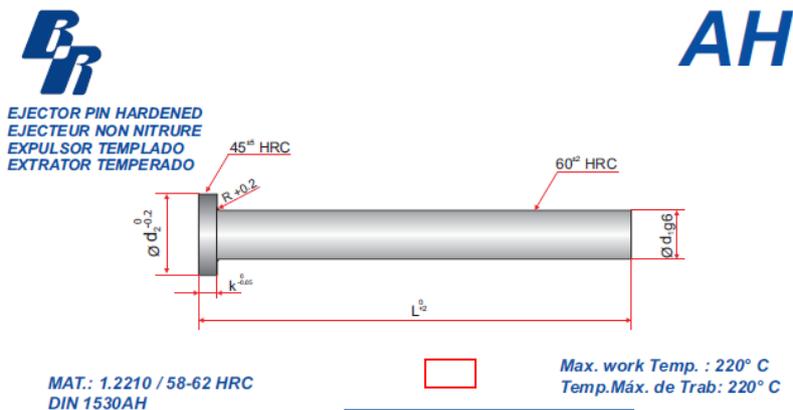
Se obtiene la temperatura utilizando la ecuación (51):

$$T = \frac{0.014}{3 \cdot 0.000012} = 388 \text{ }^\circ\text{C}$$

Con lo cual si no se supera esa temperatura, el expulsor no gripará.

Se realiza el mismo cálculo ahora para los retornadores de  $\varnothing 6 \text{ mm}$ . Se mecaniza en frío con una tolerancia en frío de 0.02 mm teniendo un agujero de  $\varnothing 6.02 \text{ mm}$ .

Tolerancia del retornador:



			L							
d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	k	R	100	125	160	200	250	315	400
1.1	2.5	1.2		*	*	*	*			
1.2	2.5	1.2		*	*	*	*			
1.3	3	1.5		*	*	*	*			
1.4	3	1.5		*	*	*	*			
1.5	3	1.5		*	*	*	*			
1.6	3	1.5	0.2	*	*	*	*			
1.7	3	1.5		*	*	*	*			
1.8	3	1.5		*	*	*	*			
1.9	3	1.5		*	*	*	*			
2	4	2		*	*	*	*	*	*	*
2.2	4	2		*	*	*	*	*	*	*
2.5	5	2		*	*	*	*	*	*	*
2.7	5	2		*	*	*	*	*	*	*
3	6	3		*	*	*	*	*	*	*
3.2	6	3		*	*	*	*	*	*	*
3.5	7	3		*	*	*	*	*	*	*
3.7	7	3		*	*	*	*	*	*	*
4	8	3	0.3	*	*	*	*	*	*	*
4.2	8	3		*	*	*	*	*	*	*
4.5	8	3		*	*	*	*	*	*	*
4.7	8	3		*	*	*	*	*	*	*
5	10	3		*	*	*	*	*	*	*
5.2	10	3		*	*	*	*	*	*	*
5.5	10	3		*	*	*	*	*	*	*
6	12	5		*	*	*	*	*	*	*

Tabla 5. Retornadores para placas 156x246.

Los retornadores seleccionados son de 160 mm de longitud, diámetro 6 mm para toda su longitud y diámetro 12 en la base.

La tolerancia del eje es g6 quedando:

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

---

$$\varnothing 6 g6 = 6_{-12}^{-4} \rightarrow d_{m\acute{a}x} = 5.996 \text{ mm} ; d_{min} = 5.988 \text{ mm}$$

Por cada 3 mm de diámetro en el eje hay que dejar 0.01 mm de juego en el agujero, por lo tanto resulta un agujero de  $\varnothing 6.02 \text{ mm}$  para evitar el gripado. Como la placa es la misma se selecciona H7 en la tabla de agujeros.

$$\varnothing 6.02 H7 = 6.02_0^{12} \rightarrow D_{m\acute{a}x} = 6.032 \text{ mm} ; D_{min} = 6.02 \text{ mm}$$

Con esto es posible determinar el  $\Delta l$  sumando las tolerancias mínimas para determinar la temperatura de gripado:

$$\Delta l = 4 + 0 + 0.2 = 0.024 \text{ mm}$$

Procediendo de igual manera que con los expulsores, pero con  $L_0 = 6 \text{ mm}$ :

$$T = \frac{0.024}{6 \cdot 0.000012} = 333.33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Por lo tanto, si no se supera la temperatura de  $333.33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , el retornador no gripará.

De aquí se deduce que los agujeros para expulsores y retornadores en las placas porta cavidades macho y sufridera ha de ser H7.

### **1.8. CÁLCULO DEL MOLDE PARA DOS CAVIDADES**

En el caso de una cavidad, se realiza inyección directa. En este caso, al tener dos cavidades, la inyección ya no es directa dado que es necesario un sistema de canales de alimentación para realizar la inyección. Cuando el molde dispone de sistema de alimentación, tanto la inyectada del bebedero y los canales de distribución cuentan en el cálculo del área proyectada y esto conlleva cambios en el volumen de la pieza.

#### **Cálculo del forro del canal**

Para un sistema de alimentación de dos o más cavidades, se realiza una compensación en la sección del canal de distribución para que el plástico fluya de manera óptima por los canales.

En el apartado 1.7 Cálculo del molde para una cavidad, se ha calculado el diámetro de la boquilla:

$$D = 7.2 \text{ mm} \rightarrow r = 3.6 \text{ mm}$$

Con el radio, calculamos la sección teniendo en cuenta el cálculo del forro del canal:

Índice de fluidez:  $\left( \begin{array}{l} 1-15 \dots\dots\dots 3\% \\ 16-30 \dots\dots\dots 2\% \\ 31-50 \dots\dots\dots 1\% \end{array} \right)$  (por cada cm. de longitud).

Índice de fluidez del ABS = 20  $\rightarrow$  2%

2% \_\_\_\_\_ 1 cm.

X \_\_\_\_\_ 5 cm.

$x = 2 \cdot 5\% = 10\%$  más de sección en el canal de distribución.

$$A = \pi \cdot r^2 = 40.71 \text{ mm}^2$$

$$A + \%forro = 40.71 \cdot 1.1 = 44.78 \text{ mm}^2 \tag{53}$$

$$S = 44.78 = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{44.78}{\pi}} = 3.77 \text{ mm} \tag{54}$$

Canal principal:

$$S = \frac{44.78}{2} = 22.39 \text{ mm}^2 = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 2.7 \text{ mm}^2. \tag{55}$$

Por lo tanto, el diámetro del canal de alimentación es de :

$$D = 2.7 \cdot 2 + 2.5(\text{espesor de la pieza}) = 7.8 \text{ mm} \tag{56}$$

Por lo tanto, el volumen del sistema de alimentación es de:

$$V = \pi \cdot \left(\frac{7.8}{2}\right)^2 \cdot 50 = 2389.18 \text{ mm}^3 \tag{57}$$

#### **Volumen de la pieza**

De (21) se obtenía el volumen de la pieza. Como ahora son dos cavidades, este volumen se multiplica por dos obteniendo:

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

$$V_{DOS\ CAVIDADES} = 2 \cdot 22.1 = 44.2\ mm^3 \quad (58)$$

Añadiendo el canal de alimentación:

$$V_{SISTEMA\ ALIMENTACIÓN} = 2.39\ cm^2 \quad (59)$$

$$V_{2CAVIDADES} = 2.39 + 44.2 = \mathbf{46.59\ cm^2} \quad (60)$$

Para incluir en el escandallo económico el molde de dos cavidades se ha obtenido:

- Masa de la pieza.
- Máquina inyectora para dos cavidades.
- Tiempo de ciclo.
- Precio del molde para dos cavidades.

### Masa de la pieza

De la ecuación (60) se obtiene el volumen del conjunto que es necesario inyectar. Con la densidad del material, se ha obtenido la masa del conjunto:

$$m = \rho \cdot V_{TOTAL} = 1.06 \cdot 46.59 = 49.38\ g$$

### Área proyectada

Para dos cavidades, el área proyectada puede verse en la figura siguiente.

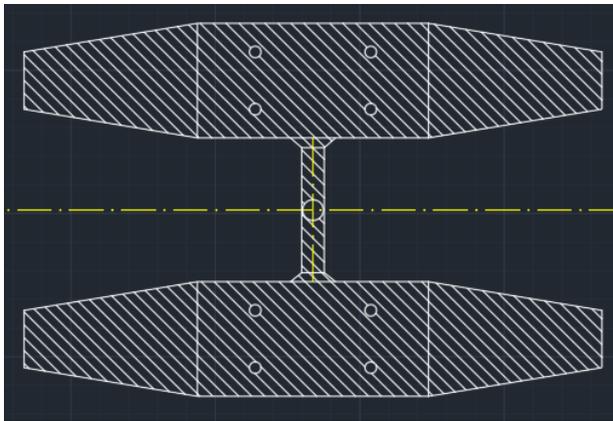


Figura 1. Área proyectada para dos cavidades.

De la ecuación (29) del apartado 1.7, tenemos el área proyectada de la pieza:

$$A_{PROYECTADA} = 6759.74\ mm^2$$

Tomamos este valor por dos dado que ahora son dos cavidades de la pieza y se suma el área proyectada del canal de alimentación y el bebedero:

$$A_{PROYECTADA\ TOTAL} = 2 \cdot 6759.74 + 7.8 \cdot 50 + \pi \cdot \left(\frac{7.2}{2}\right)^2 = 13950.19\ mm^2 \quad (61)$$

**Fuerza de cierre del molde**

Se calcula la longitud de flujo como en una cavidad:

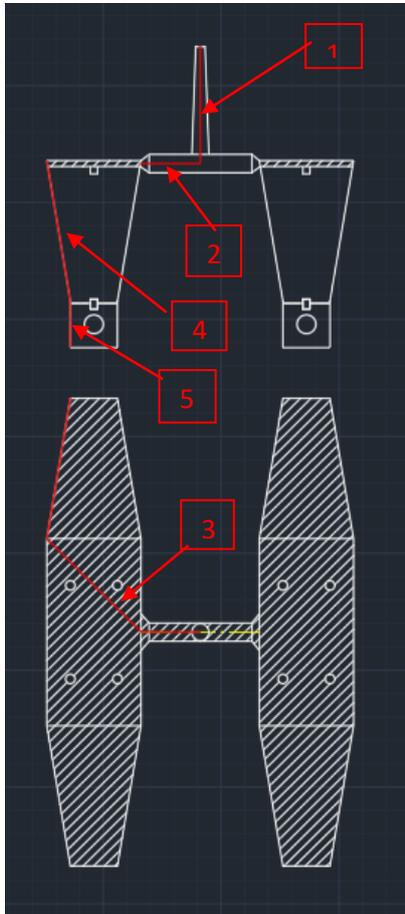


Figura 2. Longitud de flujo.

$$L1 = 46 \text{ mm}$$

$$L2 = 60 \text{ mm}$$

$$L3 = \sqrt{40^2 + 40^2} = 56.56 \text{ mm}$$

$$L4 = 84.85 \text{ mm}$$

$$L5 = 20 \text{ mm}$$

$$L_{\text{fluido}} = L1 + L2 + L3 + L4 + L5 = 267.41 \text{ mm}$$

Con  $e = 2.5$  y  $\frac{L_{\text{fluido}}}{e} = 106.96$  se obtiene la presión interna del molde entrando en la tabla:

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

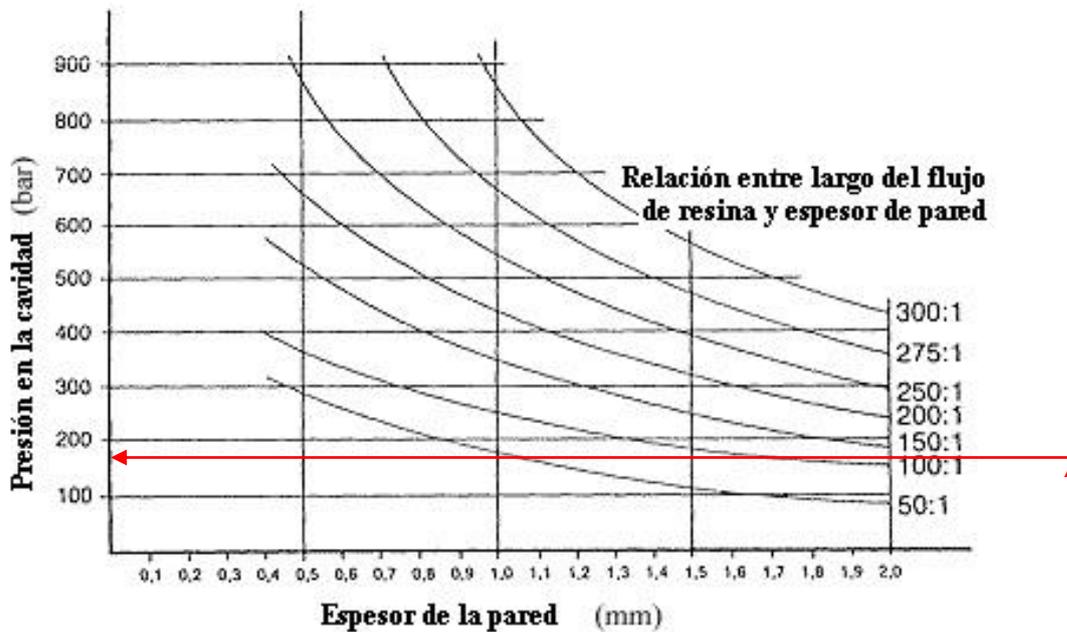


Tabla 1. Presión interna del molde frente a espesor de pared

Se concluye que la presión interna del molde es de 180 bar.

La fuerza de cierre se obtiene como en la ecuación (35):

$$F_{\text{cierre}} = P_{\text{interna}} \cdot \text{Area proyectada} = 180 \cdot \frac{13950.19}{100} = 25110 \text{ Kp} = 25.1 \text{ Tn} \quad (62)$$

Aplicando el coeficiente corrector KM para el plástico ABS de la tabla siguiente:

Coeficiente corrector KM	
KM = 1	para PA, PE, PS
KM = 1.5	para SAN, ABS, CA, POM SB
KM = 2	para PC, PMMA, PPO, PVC

$$F_{\text{corregida}} = 25.1 \cdot 1.5 = 37.65 \text{ Tn} \quad (63)$$

Consultando el “manual de uso y mantenimiento” de las máquinas Sandretto, se escoge la máquina inyectora necesaria para los requerimientos que se tienen para dos cavidades:

$$\left. \begin{array}{l} F_{\text{cierre corregida}} = 37.65 \text{ Tn} \\ V_{\text{INYECTADA}} = V_{2\text{CAVIDADES}} = 46.59 \text{ cm}^3 \\ \text{Tamaño placas molde} \geq 196 \times 296 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{Máquina a utilizar} \rightarrow \text{Sandretto Micro 40.}$$

Propiedades de la Sandretto Micro 40

$$F_{\text{cierre}} = 40 \text{ Tn} > 37.65 \text{ Tn}$$

$$V_{\text{INYECTADA}} = 54 \text{ cm}^3 > 46.59 \text{ cm}^3$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

---

$$Tamaño\ del\ plato = 305 > 196 \times 296$$

**Tiempo de ciclo**

Podemos determinar el tiempo de ciclo de inyección como:

$$Tc = Ta + Tc + Ti + Tenf + Texp = 40\ s$$

El tiempo estándar para las fases de apertura cierre y expulsión es de 2 segundos con lo que:

$$Ta + Tc + Texp = 2 + 2 + 2 = 6\ s$$

El tiempo de inyección viene determinado por el caudal de la máquina y el volumen que hay que inyectar.

$$Ti = \frac{Vinyectado}{Qinyectado} = \frac{46.59}{44} = 1.058\ s$$

Y por último, el tiempo de enfriamiento que es siempre el mayor de todos en el tiempo de ciclo completo. Es habitual que el tiempo de enfriamiento sea del 70-80% del tiempo completo de ciclo.

$$Tenf = 40 \cdot 0.8 = 32\ s$$

Ya calculados los datos necesarios para el escandallo económico, se descarta el desarrollo para dos cavidades. Esto se debe a que en el escandallo económico realizado en el apartado 2 "Presupuestos" da como resultado fabricar el molde con una cavidad ya que es de menor coste que dos cavidades.

## **2. PRESUPUESTO**

## **2.1. CONTENIDO DEL PRESUPUESTO**

El presupuesto se ha podido dividir en dos partes bien diferenciadas. Por un lado, se ha realizado la valoración económica de la fabricación o escandallo económico en el que se tienen en cuenta todos los componentes que condicionan la fabricación de la pieza como la máquina inyectora, el molde seleccionado, las cavidades y el material a inyectar.

Por otro lado, se ha valorado económicamente el trabajo de ingeniería del cálculo y diseño del presente proyecto para la amortización de una pieza que se desea fabricar así como su viabilidad económica para rentabilizar en el mercado. Dentro de este apartado se encuentra también el trabajo realizado por terceros como es el mecanizado de las partes del molde dado que en el sector suele subcontratarse dichos trabajos.

## **2.2. ESCANDALLO ECONÓMICO DE FABRICACIÓN**

Una vez realizados los cálculos de simulación para una y dos cavidades para el molde, se realiza un estudio económico de costes en el que se selecciona el molde que mejor se adapte a las necesidades de fabricación. Tras realizar la consulta a un profesional del sector, para una pieza de estas características, realizamos el escandallo económico para una producción de 10.000 piezas con una vida estimada del molde de cinco años y 1.000 piezas por lote. La producción elegida para la pieza de las características descritas no es de riesgo puesto que se trata de un prototipo.

Toda la información del escandallo económico se ha recopilado en la *tabla 1*.

En primer lugar, para establecer las bases del escandallo es necesario conocer, el número de piezas que se desea fabricar, ya descrito en el párrafo anterior. El material a utilizar es plástico ABS como se ha descrito en el apartado 1.3 "Pieza a fabricar".

Los datos de la pieza, han sido calculados en el apartado 1.7 "Cálculo del molde para una cavidad" y 1.8 "Cálculo del molde para dos cavidades".

Los datos de la máquina seleccionada se han podido obtener del "manual de uso y mantenimiento de máquinas sandretto". Por otro lado, el precio del molde es relativo al pedido del mismo y la subcontratación de las labores de mecanizado.

En el coste de material se tiene el coste por llenar la cavidad y el coste de arrancar la máquina.

Se obtiene por:

Coste por cavidad = (peso pieza + bebedero · precio ABS)/Cavidad/1000.

Coste arrancar = Material de Arranque · Precio ABS.

Siguiendo con la tabla, los costes por pieza se basan en los costes que conlleva la fabricación del lote incluyendo las operaciones del operario.

Por un lado tenemos el coste que conlleva la operación de inyectar por consumo de la máquina y cortar la parte sobrante del bebedero por parte del operario.

Coste de inyección = Precio hora máquina + (precio hora operario · % operario).

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Las piezas por hora que realiza la máquina que va directamente ligado al tiempo de ciclo y las piezas que fabrica en una hora con ese tiempo de ciclo.

Piezas por hora = Una hora / Tiempo ciclo inyectada.

El arranque del lote corresponde al coste que requiere el comienzo de la fabricación. Esto se debe a que no es posible tener una pieza de buena calidad en la primera inyectada nada más poner en marcha la máquina inyectora y conlleva un coste de arranque del lote por pieza.

Arranque lote = (Tiempo de Arranque · Precio Hora máquina + Tiempo arranque · Precio operario · operario arranque) / Tamaño del lote.

Finalizando este apartado, se calcula el precio total de la pieza sumando el coste de inyección y las piezas que se van a fabricar por hora y el arranque del lote.

Precio total pieza = (Coste de inyección/Piezas por hora) + Arranque del lote.

En el último apartado, se ha obtenido el precio final que debe tener la pieza teniendo en cuenta los dos cálculos que llevan a este precio.

Por un lado tenemos el coste total de inyección en el que se suman los costes de inyección de material, los costes de arranque y el precio total de la pieza.

Coste total de Inyección = Coste por cavidad + Coste por arrancar máquina + precio total pieza.

Por otro lado, tenemos la amortización del molde en el que tenemos que asumir un coste fijo en la pieza para amortizarlo con la fabricación que se va a realizar.

Amortización = Coste del molde / Número de piezas

Finalmente, el precio total de la pieza es el la suma del coste por amortización más el coste total por inyección. Esto es:

Coste total pieza = Amortización + Coste total inyección.

El precio obtenido, es el mínimo que se necesita para que la pieza sea rentable.

	1 CAVIDAD	2 CAVIDADES	UNIDADES
<b>NÚMERO DE PIEZAS</b>			
NÚMERO DE PIEZAS ANUAL	10000	10000	piezas
VIDA ESTIMADA	5	5	años
TAMAÑO DEL LOTE	1000	1000	piezas
<b>MATERIAL</b>			
ABS	2,3	2,3	€/Kg
<b>DATOS DE LA PIEZA</b>			
CAVIDADES	1	2	cavidades
PESO PIEZA + BEBEDERO COMPLETO	24,45	50	gr
APROVECHAMIENTO BEBEDERO	0%	0%	
<b>MÁQUINA</b>			
TONELAJE	30	40	Tn

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

PRECIO HORA MÁQUINA	17,8	18,2	€/hora
% OPERARIO	25%	40%	
PRECIO HORA OPERARIO	15,8	15,8	€/hora
MATERIAL ARRANQUE	3	3	Kg
TIEMPO DE ARRANQUE	0,75	0,75	horas
OPERARIOS ARRANQUE	1	1	operario
TIEMPO CICLO INYECTADA	35	40	segundos
PRECIO MOLDE	4500	8000	€
UNA HORA	3600	3600	segundos
<b>COSTE MATERIAL</b>			
COSTE POR CAVIDAD	0,056235	0,0575	€
COSTE ARRANCAR MÁQUINA	0,0069	0,0069	€
<b>COSTE POR PIEZA</b>			
COSTE DE INYECCIÓN	21,75	24,52	€/h
PIEZAS POR HORA	102	180	piezas
ARRANQUE LOTE	0,0252	0,0255	€/pieza
PRECIO TOTAL PIEZA	0,24	0,16	€
<b>COSTE TOTAL</b>			
COSTE TOTAL DE INYECCIÓN	0,299	0,226	€
AMORTIZACIÓN DEL MOLDE	0,45	0,8	€/pieza
PRECIO TOTAL PIEZA	0,749	1,024	€

Tabla 1. Escandallo económico para 1 y 2 cavidades.

En el escandallo se concluye que resulta más económico fabricar la pieza en el molde con una cavidad que en dos cavidades. Si es cierto que el coste de inyección es menor en dos cavidades pero, al ser más caro el molde, para amortizarlo en el precio total es más caro. Por lo tanto, el pedido del molde y las operaciones de mecanizado se realizará teniendo en cuenta el cálculo y diseño para una cavidad.

### **Presupuesto general**

Partiendo de la base en la que, no se disponen de herramientas para comenzar a inyectar, se ha realizado un presupuesto estimativo de las siguientes partidas:

- Máquina inyectora.
- Pedido del molde.
- Mecanizado del molde.
- Trabajo de Ingeniería para el proyecto.

### **Máquina inyectora**

Para la máquina inyectora, consultando el mercado, se ha analizado que la máquina sandretto 30 Tn puede costar entre 7000- 1000 € de segunda mano. Con lo cual, una máquina nueva es posible que encarezca nuestro presupuesto dado que se trata de una partida de fabricación para un prototipo.

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

En conclusión, la máquina inyectora puede tener un coste medio en segunda mano de 8500€.

La consulta de precios se ha realizado mediante la página web "<https://www.exapro.es>".

### Pedido del molde

El molde ha sido encargado a la ferretería Brú y Rubio, SL con un coste aproximado de 700 €. El molde es entregado en placas macizas con los taladros básicos y todos los componentes necesarios para montar el molde sin mecanizados. El listado completo de elementos del pedido puede observarse en la tabla 2. Se ha podido obtener directamente de la compra por internet en la página web del proveedor Brú y Rubio, SL "<http://www.bruyrubio.com>".

Cantidad	Número de artículo	Número de pedido	Denominación	P
1	Combination5			
1	22124	PBA 156 x 246 x 22 / 1.1730	Placa de fijación	
1	39126	PC 156 x 246 x 96 / 1.1730	Placa cavidad	
1	22131	PC 156 x 246 x 22 / 1.1730	Placa cavidad	
1	22856	PS 156 x 246 x 22 / 1.1730	Placa intermedia	
2	22128	ESP 156 x 246 x 46 / 1.1730	Regles	
1	22127	CPE 156 x 246 x 9 / 1.1730	Juego de expulsoras	
1	22124	PBA 156 x 246 x 22 / 1.1730	Placa de fijación	
1	34357	BR03/ 14 x 22 x 90	Guía	
3	34391	BR03/ 15 x 22 x 90	Guía	
1	35664	BR11/ 14 x 96	Casquillo	
3	35665	BR11/ 15 x 96	Casquillo	
4	18885	Ta 12.9 -10x30	Tornillo allen	
4	18897	Ta 12.9 -10x100	Tornillo allen	

Tabla 2. Pedido online Brú y Rubio.

Tras la realización del presupuesto por la página web, finalmente se obtuvo valoración aproximada del mismo sin contar las variaciones que requieren el molde de este proyecto. El coste del molde es de 586 € + IVA =712.69 € y por lo tanto, el cálculo realizado se desvía poco de un presupuesto real.

(Véase apartado 4. Anexos "Presupuesto Brú y Rubio".)

### Mecanizado del molde

En la pequeña y mediana empresa es habitual realizar la subcontratación de trabajos para realizar operaciones que por falta de recursos o por no pertenecer a tu industria, no se puedan realizar por cuenta propia.

Por lo tanto, es posible realizar una estimación del coste que conlleva las operaciones de mecanizado que se deben realizar al diseño del molde. El coste para un molde con placas porta cavidades con los tamaños ya descritos en el apartado 1.7 "Cálculo del molde para 1 cavidad" es aproximadamente de 3800 € incluyendo el beneficio industrial de la empresa subcontratada. En este precio se incluyen costes de mano de obra del operario y costes del número de horas de utilización de la maquinaria

## DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

necesaria para realizar las operaciones de mecanizado tales como taladros, fresados, rectificadas para placas, expulsores casquillos, operaciones de pulido, etc.

### Trabajo de Ingeniería

Esta partida del presupuesto se trata de los costes en horas por parte del ingeniero en la realización del diseño del molde, cálculos del molde y gestión de los pedidos.

El tiempo medio para el diseño de un molde de inyección puede ser aproximadamente de 50 horas en total variando según la dificultad del mismo y con lo cual es un tiempo estimado. El precio puede ser de aproximadamente de 20€/hora por lo tanto conlleva un coste de 1000 € en el diseño y cálculo del molde.

### Cuadro resumen del presupuesto

Para finalizar, en la tabla siguiente se han agrupado los costes de todas las partidas dando lugar al coste total del presupuesto para llevar a cabo el proyecto:

PARTIDA PRESUPUESTARIA	PRECIO			
máquina de inyección 30 Tn	8.000,00 €			
Pedido del molde	700,00 €			
Mecanizado del molde	3.800,00 €			
<b>precio total molde</b>	<b>4.500,00 €</b>			
Ingeniería	1.000,00 €			
<b>PRECIO TOTAL PROYECTO</b>	<b>13.500,00 €</b>			
BALANCE	PIEZAS	PRECIO	AÑOS FABRICANDO	INGRESOS
VENTA TOTAL DE PIEZAS	10.000,00	0,75 €	5,00	37.450,00 €
PRECIO TOTAL PROYECTO		13.500,00 €		
<b>BENEFICIO BRUTO</b>				<b>23.950,00 €</b>

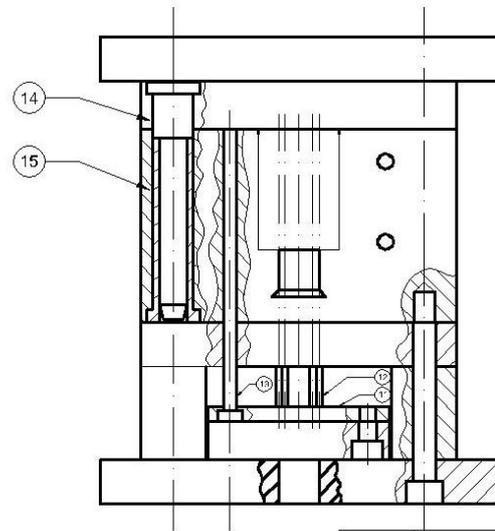
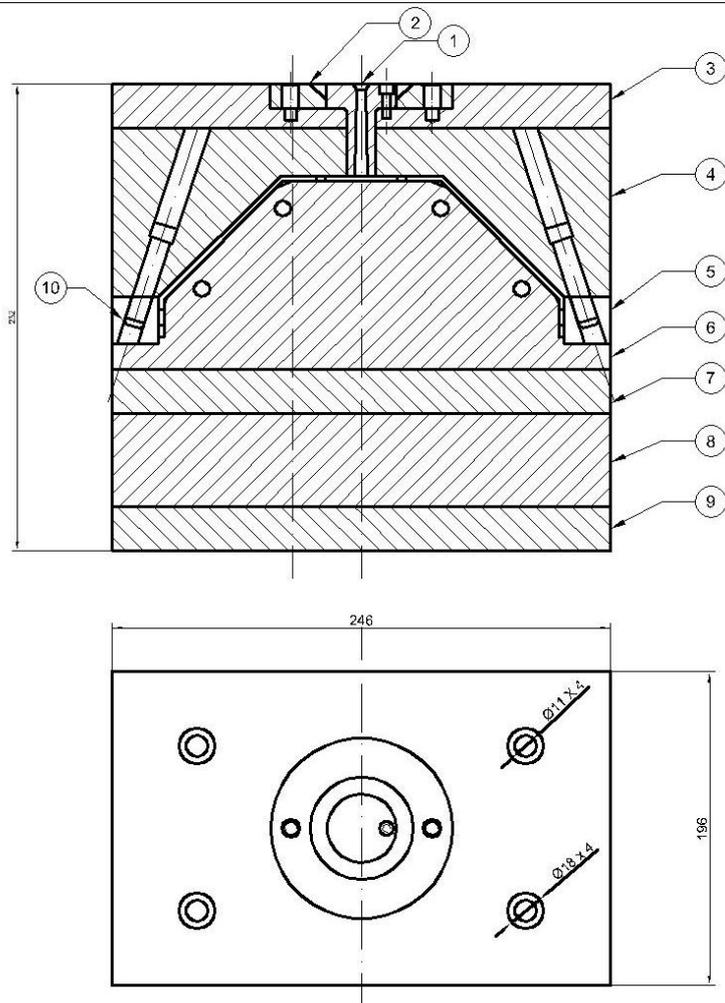
*Tabla 3. Resumen del presupuesto.*

Teniendo en cuenta, que se ha realizado el cálculo del beneficio estimando que se venden todas las piezas, el proyecto conlleva beneficios y con lo cual es viable realizarlo. No obstante, como su nombre indica el beneficio bruto hay que descontar los impuestos del estado en materia medioambiental y de gestión de residuos como es la recogida y transporte de la materia sobrante a plantas de reciclaje, sueldos de las personas implicadas, etc.

## **3. PLANOS**

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

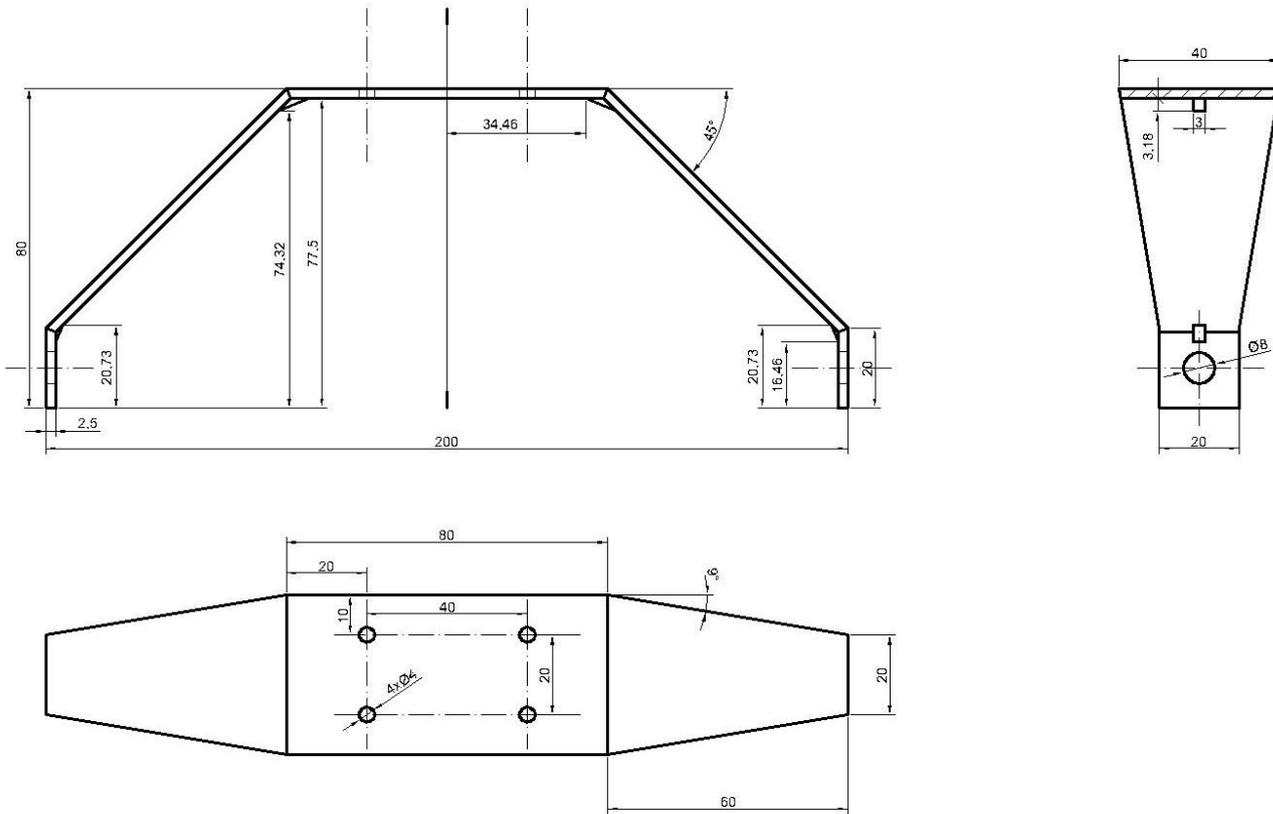
## 3.1. CONJUNTO COMPLETO



Nº	DESCRIPCIÓN
1	Bebedero
2	Disco centrador
3	Placa de amarre hembra
4	Placa porta cavidades hembra
5	Corredera
6	Placa porta cavidades macho
7	Sufridera
8	Calzos
9	Placa amarre macho
10	Mechón de corredera
11	Placa porta expulsores
12	Expulsores
13	Retomadores
14	Ejes guía
15	Casquillos

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.2. PIEZA TREN DE ATERRIZAJE



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

TÍTULO: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

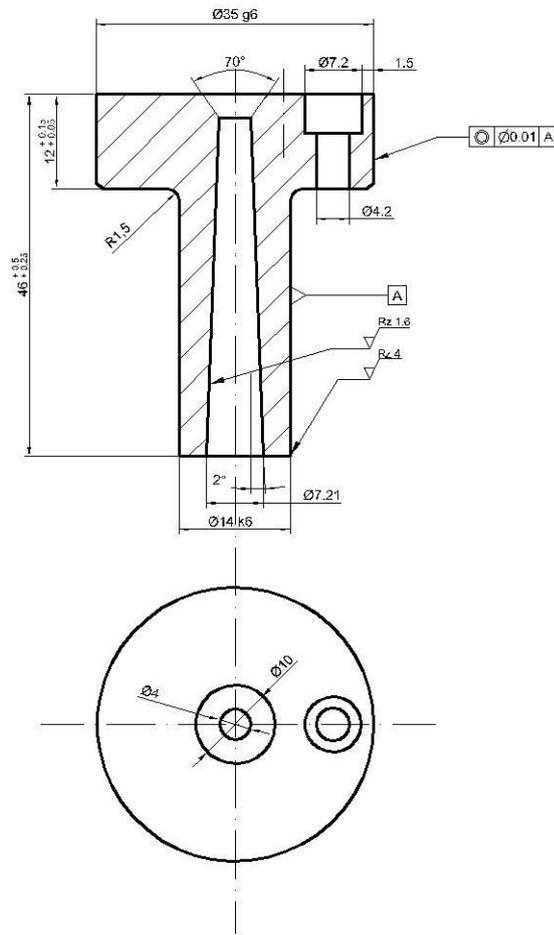
NOMBRE: PIEZA TREN DE ATERRIZAJE  
 AUTOR: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS

FECHA: 30/05/2018  
 ESCALA: 1:1

Nº DE DISEÑO: 2

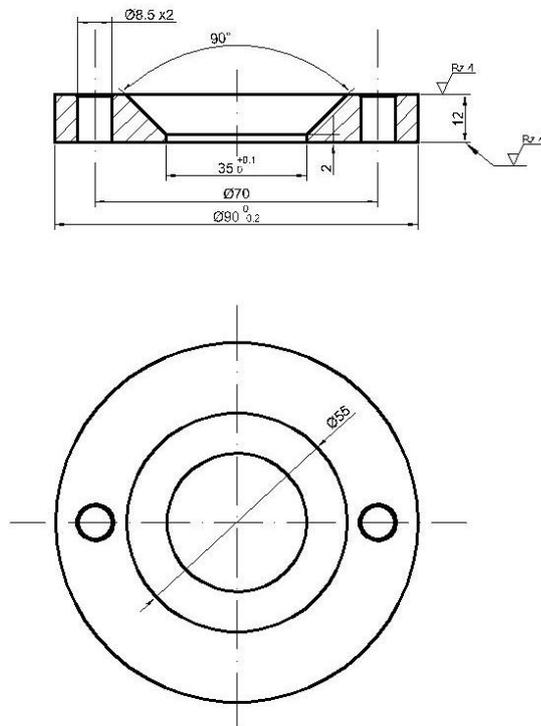
# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.3. BEBEDERO



# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.4. DISCO CENTRADOR



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

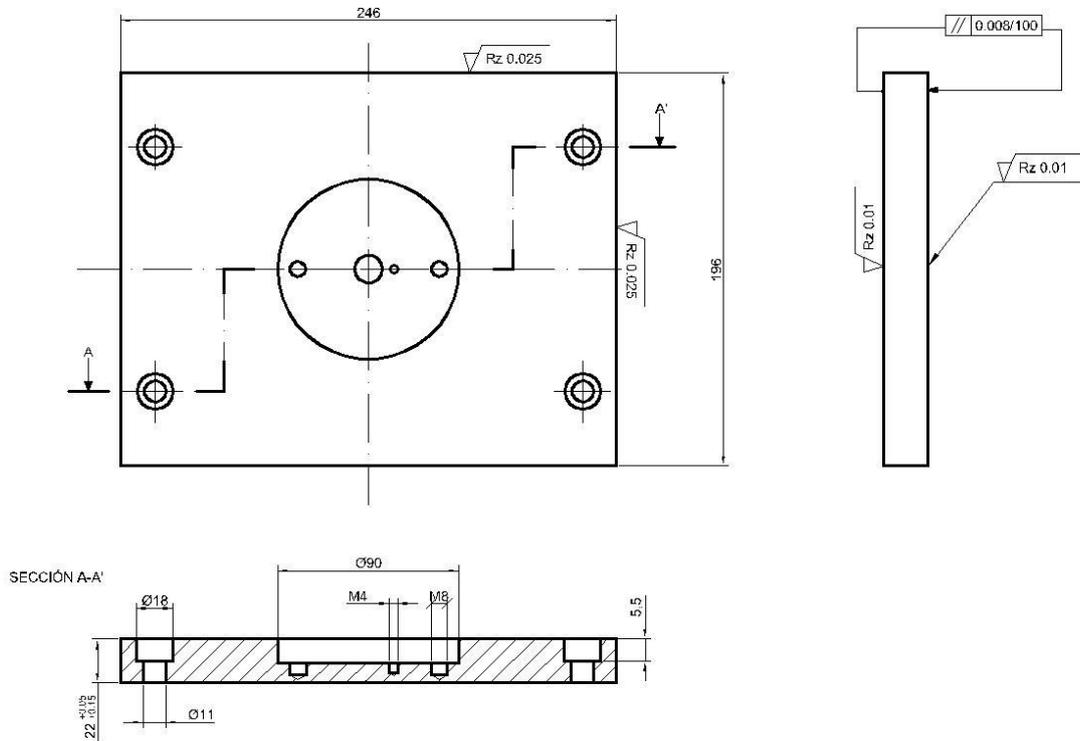
Plano: DISCO CENTRADOR  
 Autor: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS

Fecha: 30/05/2018  
 Escala: 1:1

Nº Plano: 4

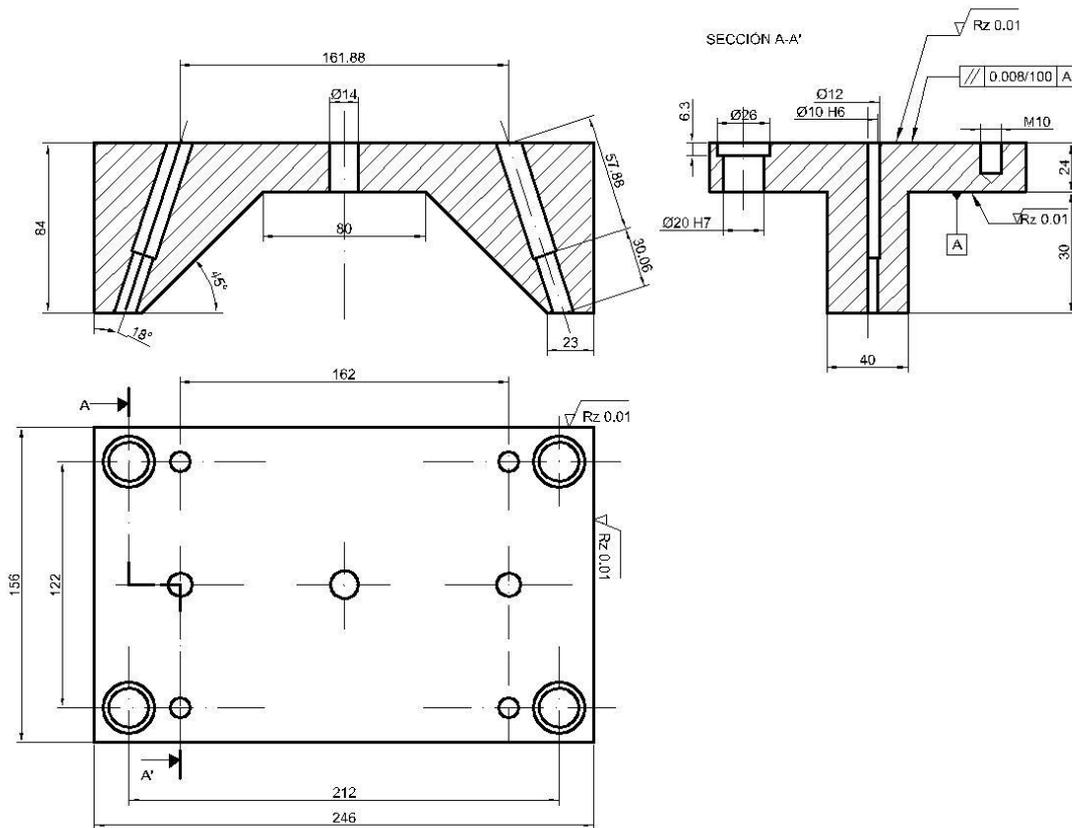
# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.5. PLACA AMARRE HEMBRA



# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

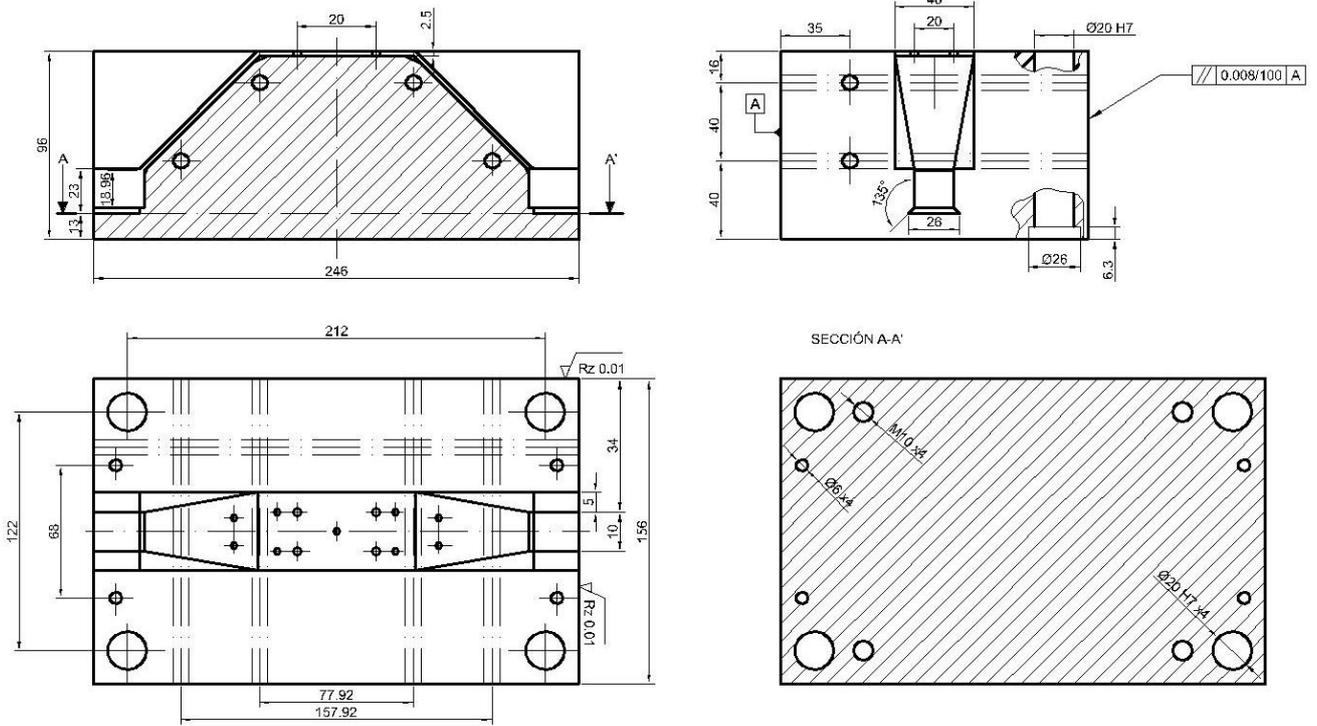
## 3.6. PLACA PORTA CAVIDADES HEMBRA



 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> INDUSTRIALES	 <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</b>	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO	Plano: PLACA PORTA CAVIDADES HEMBRA Autor: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS	Fecha: 30/05/2018 Escala: 1:2	N.º Plano: <span style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">6</span>
--	--	---	--	----------------------------------	--

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

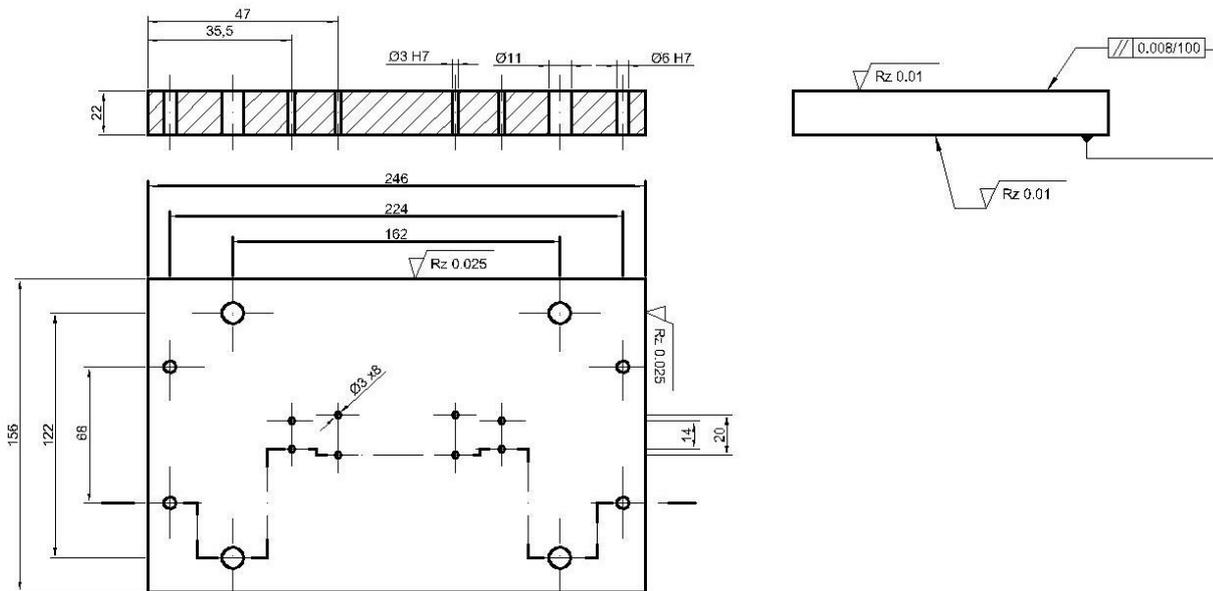
## 3.7. PLACA PORTA CAVIDADES MACHO



	Proyecto: <b>DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO</b>	Plano: <b>PLACA PORTA CAVIDADES MACHO</b>	Fecha: <b>30/05/2018</b>	Nº Plano: <b>7</b>
		Autor: <b>GARCÍA ABELLÁN, CARLOS</b>	Escala: <b>1:2</b>	

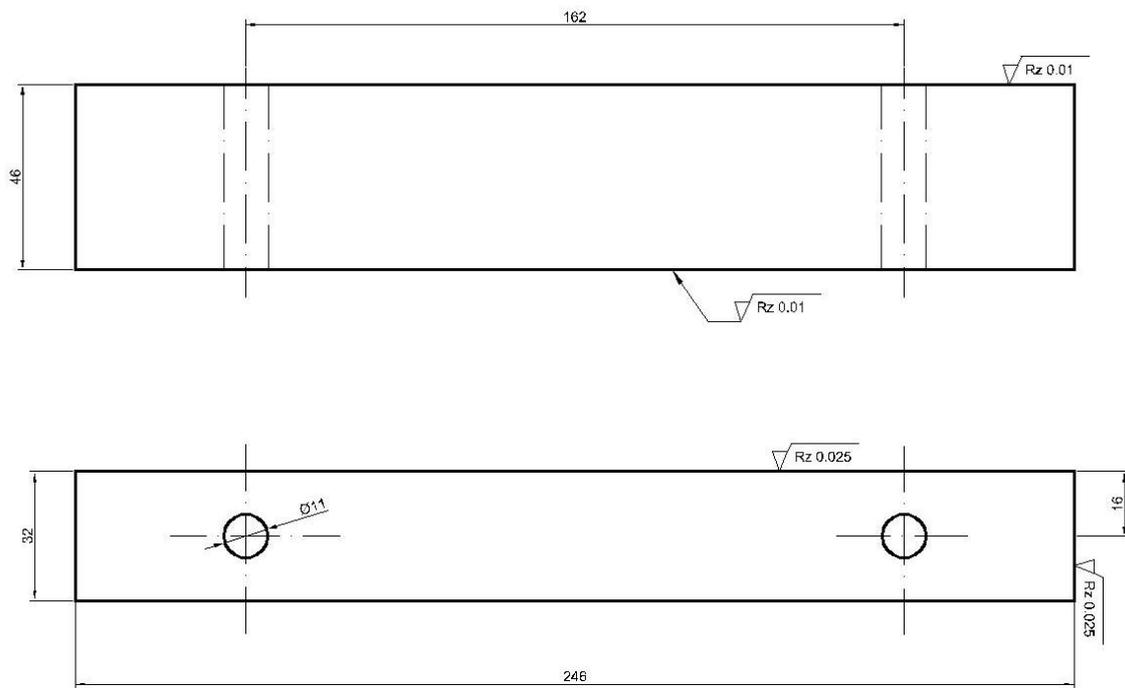
# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.8. SUFRIDERA



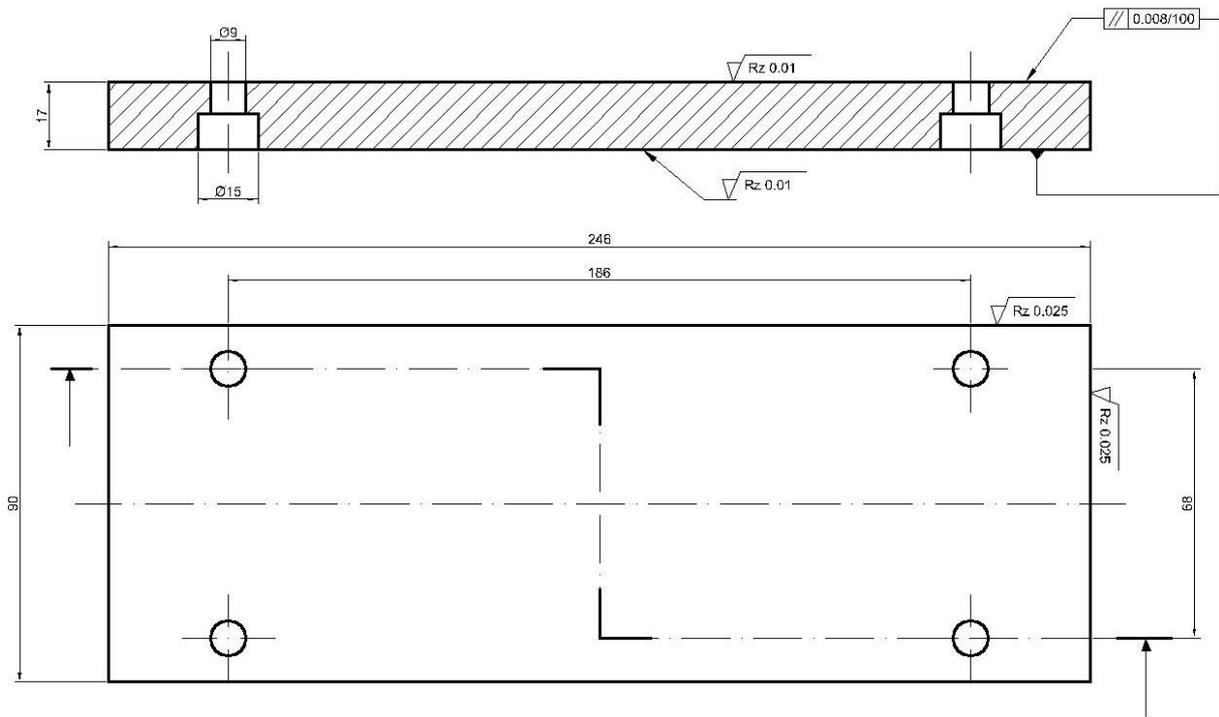
# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

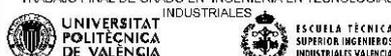
## 3.9. CALZOS



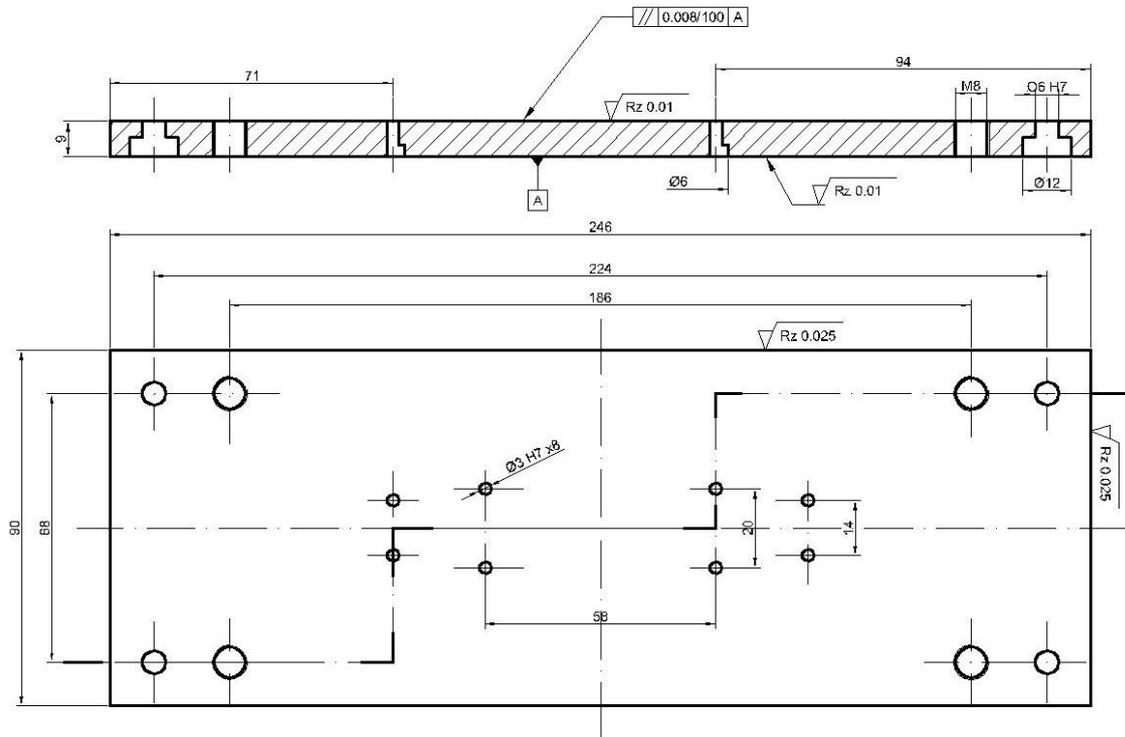
# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.10. PLACA PORTA EXPULSORES



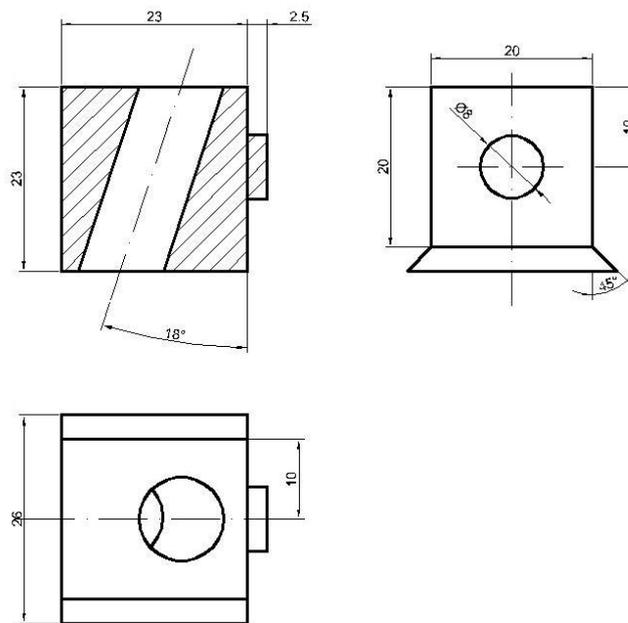
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO	Plano: PLACA PORTA EXPULSORES INFERIOR	Fecha: 30/05/2018	<b>10.1</b>
		Autor: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS	Escala: 1:1	

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO



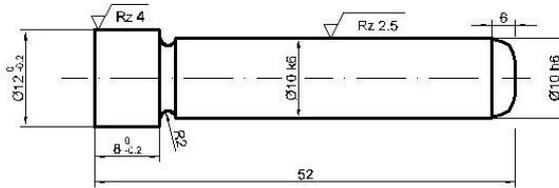
DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

3.11. CORREDERA



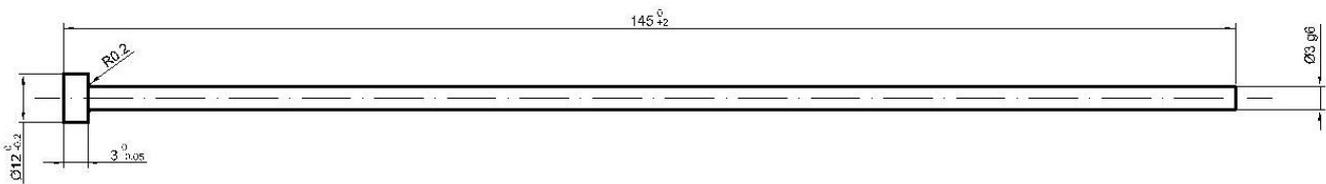
# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.12. MECHÓN DE CORREDERA



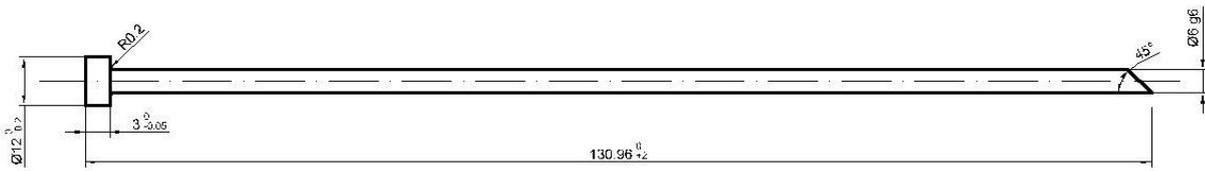
# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.13. EXPULSORES



<p>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES</p> <p><b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b></p> <p><b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA</b></p>	<p>Título: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO</p>	<p>Paro: EXPULSOR CENTRAL</p> <p>Aula: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS</p>	<p>Fecha: 30/05/2018</p> <p>Escala: 2:1</p>	<p>Nº Folio: <b>13.1</b></p>
---	--	---	---	------------------------------

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Título: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

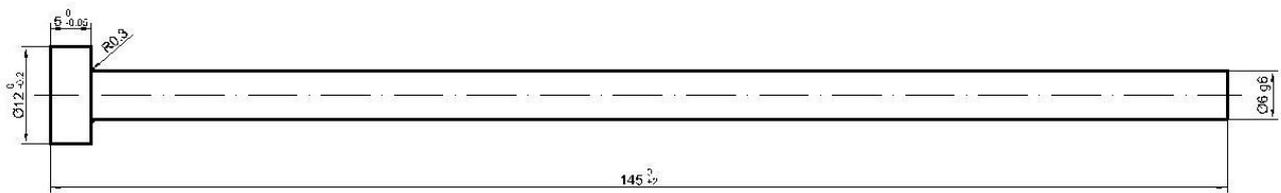
Parto: EXPULSOR LATERAL  
 Autor: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS

Fecha: 30/05/2018  
 Escala: 2:1

Nº Plano: 13.2

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

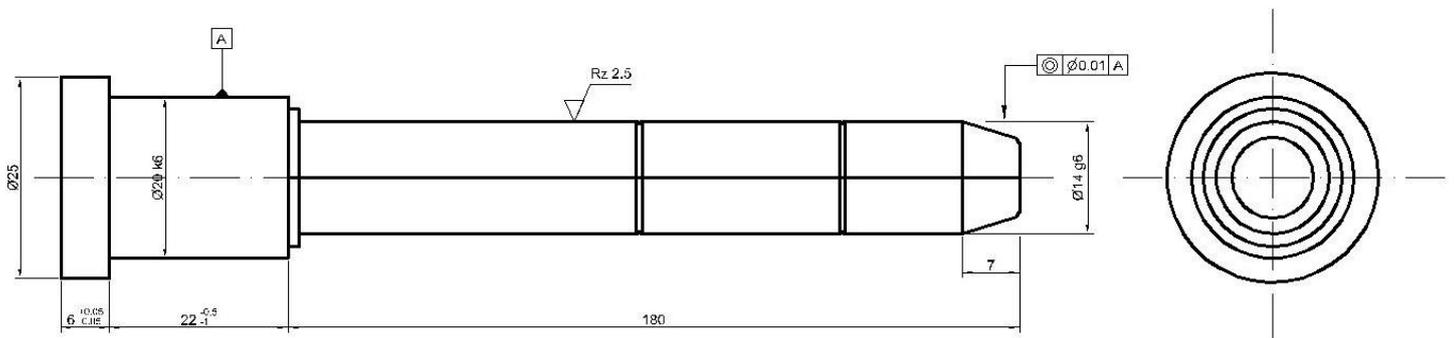
## 3.14. RETORNADOR



	TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proceso: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO	Plano: Retornador	Fecha: 30/05/2018	Nº Plano: 14
			Autor: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS	Escala: 2:1	

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

3.15. EJE GUÍA



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA**

Título: DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

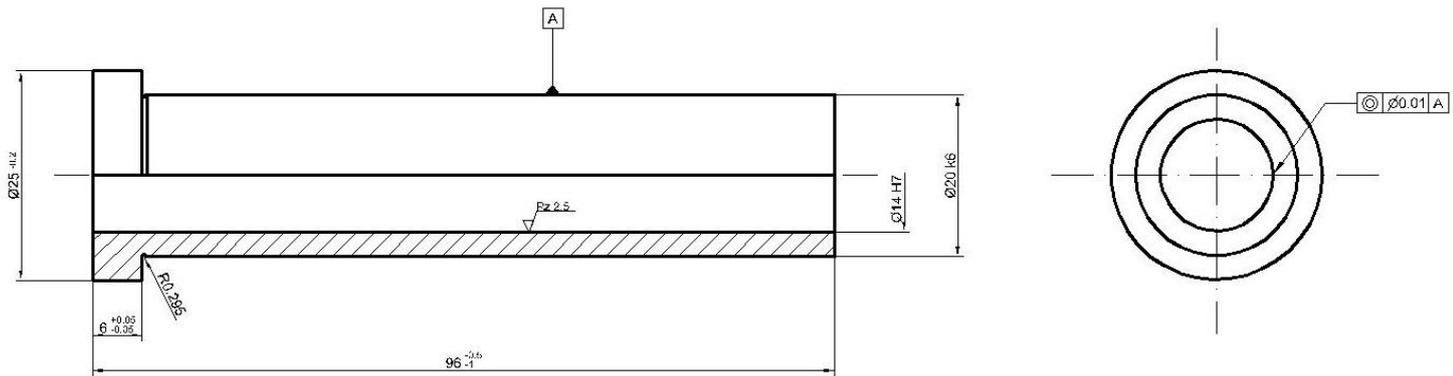
Plant: EJE GUÍA  
 Autor: GARCÍA ABELLÁN, CARLOS

Fecha: 30/05/2016  
 Escala: 2:1

Nº Plano: 15

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## 3.16. CASQUILLO GUÍA



## **4. ANEXO**

---

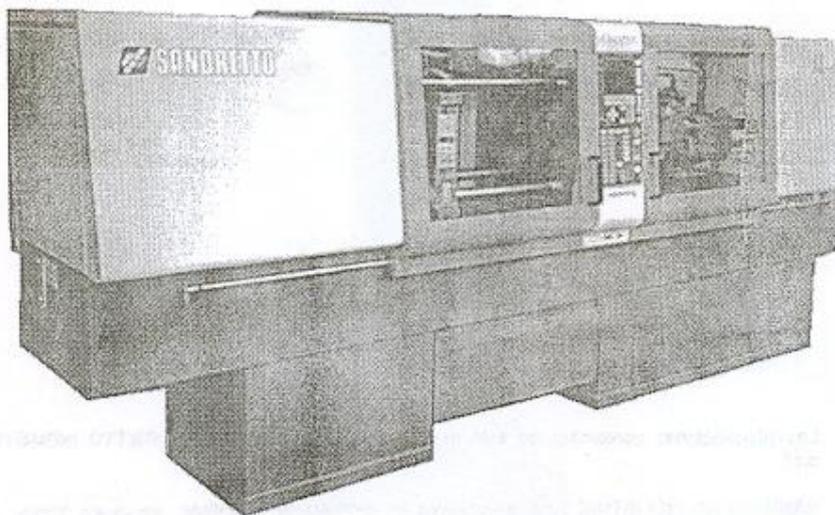
**FICHA TÉCNICA MÁQUINA INYECTORA**

Ficha técnica proporcionado por le manual de uso y manutención de máquinas Sandretto.



# PRENSAS SERIE MICRO

## Manual de Uso y Manutención



Código: 400B1579E1

DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

Modelo			Micro 30	Micro 30
Clasificación EUROMAP	kN/cm <sup>3</sup>		300/107	300/247
Diámetro husillo	mm		20 / 24 / 28	28 / 32 / 36
Volumen de inyección	cm <sup>3</sup>		38 / 54 / 74	99 / 129 / 163
Longitud husillo	LD		20	20
Caudal de inyección	cm <sup>3</sup> /s		31 / 44 / 60	59 / 76 / 96
Caudal de plastificación	g/s		3'4 / 5'6 / 8	10'3/16'8/22'1
Presión sobre el material	bar		2400/1980/1455	2520/1930/1525
Par del motor	Nm		174/200/200	409
Velocidad del husillo	RPM		318	262
Potencia del motor hidráulico	HP		10	15
Carrera carro de inyección	mm		220	220
Zonas termoreguladas (+ boquilla)	nº		3	3
Potencia calefactores total	kW		3 / 3'3 / 4	4 / 5 / 7
Fuerza de cierre del molde	Tm		30	30
Espesor mínimo del molde	mm		100	100
Carrera plano móvil	mm		400	400
Dimensiones platos (O x V)	mm		450 x 450	450 x 450
Paso entre columnas (O x V)	mm		305 x 305	305 x 305
Diámetro de las columnas	mm		45	45
Potencia extractor	kN		30	30
Carrera extractor	mm		125	125
Ciclo en vacío (*1/*2)	n		32 / 35	41 / 45
Presión circuito hidráulico	bar		190	190
Presión inyección	bar		160 / 190 / 190	190
Presión tonelaje	bar		190	190
Aceite Contenido	L		165	165
Frigorías enfriamiento frig./h	aceite		640	690

**DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO**

Agua a 15°C para enfriam. Aceite		0'06	0'09
Potencia motor eléctrico	kW	7'5	11
Potencia total instalada	kW	10'5/10'8/11'5	15 / 16 / 18
Peso neto total	kg	2600	2750

**CATÁLOGO DE MOLDES BRÚ Y RUBIO, S.L.**

**156.246**



*PS*

PS
8
22
27

mat.: 1.1730

*PS-EU*

PS-EU
8
22
27

mat.: 1.1730

---

*ESP*

ESP
8
46
56
66
76

mat.: 1.1730

*ESP-EU*

ESP-EU
8
46
56
66
76

mat.: 1.1730

---

*CPE*

mat.: 1.1730  
mat.: 1.2311

---

**P PLATES**

*PBA-P*

PBA-P
8
22
27

mat.: 1.1730

*PBAV-P*

PBAV-P
8
22
27

mat.: 1.1730

---

*PC-P*

Material			
8	1.2311	1.2312	1.2085
22	+	+	+
27	+	+	+
36	+	+	+
46	+	+	+
56	+	+	+
66	+	+	+
76	+	+	+
86	+	+	+
96	+	+	+
116	+	+	+

\* Entrega 3/4 dias - Delivery 3/4 days

*ESP-P*

ESP-P
8
46
56
66
76

mat.: 1.1730

---

*PS-P*

PS-P
8
22
27

mat.: 1.1730

*CPE-P*

mat.: 1.1730  
mat.: 1.2311

**DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO**

**PRESUPUESTO REAL BRÚ Y RUBIO, S.L DEL MOLDE PARA UNA CAVIDAD**



BRU Y RUBIO SL  
 POL. IND. L'ALFAÇ, II - C./HUELVA, 19  
 APART. 16  
 IBI 03440 (ALICANTE)  
 ESPAÑA  
 TELÉFONO 96 555 31 39 - FAX 966 555 168  
 pedidos@bruyrubio.com  
 www.bruyrubio.com

PRESUPUESTO	
FECHA	NUMERO
27/06/2018	157095

CARLOS GARCIA  
 0  
 03440 IBI  
 ALICANTE (ESPAÑA)  
 0

N / Nº CIF	S / Nº CIF	CLIENTE	Su Pedido
B03005923	0	1/99.999	

Le atendió: CARLOS GARCIA VICEDO  
 UN=UNIDADES / ML=MILLARES / CE=CENTENAS

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO	UN	IMPORTE
22124	PBA - 1730 - 246X196X22 (156X246)	2,000		UN	
22856	PS - 1730 - 156X246X22	1,000		UN	
22127	CPE - 1730 - 246X 9X17 (156X246)	1,000		UN	
22128	ESP - 1730 - 246X 46 (156X246)	2,000		UN	
39151	PC - 2311 - 156X246X 96	2,000		UN	
35609	BR-03 - 14X96X 75	1,000		UN	
35590	BR-03 - 15X96X 75	4,000		UN	
35664	BR-11 - 14X96	1,000		UN	
35665	BR-11 - 15X96	3,000		UN	
18884	TORNILLO ALLEN DIN 912 12.9 M-10X025	4,000		CE	
18897	TORNILLO ALLEN DIN 912 12.9 M-10X100	4,000		CE	
1862	DC - 090	1,000		UN	
1873	B1 - 12X046	1,000		UN	
40438	*****	1,000		UN	
888888	PESO TOTAL 94.40 KG.	1,000		UN	
777777	MOLDE BYR	1,000		UN	589,21

**Ahora, Placa Aislante Mecanizada bajo Plano en 24 horas\* !!!**

info@bruyrubio.com      www.bruyrubio.com

\* Tiempo de transporte no incluido.

CONSÚLTENOS!

	<b>TOTAL SIN IVA</b>
	<b>589,21€</b>

	V.B.O. BYR	V.B.O. CLIENTE

- Las Tolerancias para Agujeros y Cajas acabados será de H 7, y profundidad de +/- 0,01.  
 - Plazo de entrega contará desde la recepción de la documentación en su totalidad (2D y 3D).  
 - En caso de no enviar 2D/3D (con especificación de Medidas con Tolerancias), se generará en ByR y el plazo de entrega contará desde la recepción del 2D/3D aprobado por el cliente.  
 - Las mediciones de control de los trabajos son tomadas y registradas en máquina, quedando como garantía de la correcta realización.  
 - Los grabados laterales no están incluidos en el presupuesto. Si desea que sea incluido en el

Doc. Reg. Mecánico de Alicante, Tomo 1.846 General, Folio 24, Hoja nº. A-23.796, 10-06-96, Ins. nº

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## CALIDADES DEL ACERO

Tabla de calidades del acero proporcionada por el catálogo Brú y Rubio, S.L

STEEL QUALITY / QUALITÉ DE L'ACIER / CALIDADES DEL ACERO/ TIPO DE AÇO				
Mat.	1.1730	1.2311	1.2738	1.2344
Din	C 45W3	40 CrMnMo 7	40 CrMnNiMo 8.6.4	X 40 CrMnMoV 5.1
Comp.	C-0.45 Si-0.30 Mn-0.70	C-0.40 Si-0.30 Mn-1.50 Cr-1.90 Mo-0.20	C-0.40 Mn-2.0 Cr-1.5 Mo-0.20 Ni-1.0	C-0.40 Si-1.5 Mn-0.40 Cr-5.20 Mo-1.4 v-1.0
Resistencia	aprox. 640 N/mm <sup>2</sup> (aprox. 65 kp/mm <sup>2</sup> )	aprox. 1080 N/mm <sup>2</sup> (aprox. 110 kp/mm <sup>2</sup> )	aprox. 1100 N/mm <sup>2</sup> (aprox. 110 kp/mm <sup>2</sup> )	aprox. 775 N/mm <sup>2</sup> (aprox. 78 kp/mm <sup>2</sup> )
Features	Unalloyed tool steel good machinability.	Hardened and tempered mold steel	Mold steel, with better properties compared to 1.2311 steel	Hot working steel
Aptitudes	Acier pour outillages non allié.	Acier prétraité	Acier pour outillage. Meilleures propriétés qu'au acier 1.2311	Acier pour travail en chaud
Características	Aceros para utillajes sin aleación.	Acero templado y revenido	Aceros para utillajes, mejores propiedades de temple al núcleo que el 1.2311	Acero para trabajo en caliente
Características	Aço para ferramentas sem liga, de fácil maquinação.	Aço pre-tratado, temperado e revenido	Aço para utillajes melhores propiedades que o aço 1.2311	Aço para trabalhar em quente
Examples	Die, mold and tool making	Mold plates and inserts for plastics injection. Good polishing properties, good EDM properties.	Plastic mold making: injection and pressing tools. Suitable for acid engraving, polishing, and hard chrome.	Extruder tools including pipe extruders. Plastics and die casting molds.
Applications	Plaques et carcasses de moules matières plastiques.	Moules et empreintes de moules pour matières plastiques. Aptitude au polissage, grenage et à l'usinage par electro-erosion	Fabrication de moules et outillage pour plastique: injection et presse	Outillage pour extrusion. Moules pour plastique et foundrie.
Aplicación	Componentes sin templar en la construcción de moldes, utillajes y dispositivos.	Placas molde y postizos para la transformación del plástico. Se deja pulir bien. Es posible aplicarle fotoerosión y erosión estructural	Moldes para prensado e inyección de plásticos. Es apto para grabado al ácido, pulido, cromado duro. Buen mecanizado	Matrices para extrusionar tubos y perfiles. Moldes para plásticos y fundición a presión.
Aplicações	Construção dos moldes e ferramentas para peças de superestrutura, bases, calços,....	Placas para moldes e postizo para a transformação de plásticos. Boas características de polir, e possível aplicar erosão.	Fabricação de moldes de plásticos tanto por pressão como por injeção. Apto para gravação al ácido, polimento, cromo duro. Ótima mecanização	Ferramentas para prensas de extrusão. Moldes para plásticos e fundição.

# DISEÑO Y CÁLCULO DE MOLDE PARA INYECCIÓN DE ELEMENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE DE AVIONES DE AEROMODELISMO

## PROPIEDADES DEL PLÁSTICO ABS



**Novodur P2M-AT**  
Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

TECHNICAL  
DATASHEET

### DESCRIPTION

Novodur® P2M-AT is a medium impact, high gloss injection molding grade with good flowability and contains an antistatic additive.

### FEATURES

- Medium impact
- High gloss

### APPLICATIONS

- Household appliances
- Telecommunication

Property, Test Condition	Standard	Unit	Values
<b>Rheological Properties</b>			
Melt Volume Rate 220 °C/10 kg	ISO 1133	cm <sup>3</sup> /10 min	22
<b>Mechanical Properties</b>			
Izod Notched Impact Strength, 23 °C	ISO 180/A	kJ/m <sup>2</sup>	23
Izod Notched Impact Strength, -30 °C	ISO 180/A	kJ/m <sup>2</sup>	11
Charpy Notched Impact Strength, 23° C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	22
Charpy Notched Impact Strength, -30 °C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	11
Charpy Unnotched, 23 °C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	180
Charpy Unnotched, -30 °C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	120
Tensile Stress at Yield, 23 °C	ISO 527	MPa	39
Tensile Strain at Yield, 23 °C	ISO 527	%	2.1
Tensile Strain at Break, 23 °C	ISO 527	%	> 15
Tensile Modulus	ISO 527	MPa	2300
Flexural Strength, 23 °C	ISO 178	MPa	60
Flexural Modulus, 23 °C	ISO 178	MPa	2100
Hardness, Ball Indentation	ISO 2039-1	MPa	95

**REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

- Ficha técnica del Novodur P2M-AT ABS plastic.

Obtenido de la pagina web en formato PDF: <https://www.ineos-styrolution.com/>

Consulta realizada en marzo de 2018.

- Catálogo comercial Brú y Rubio, S.L versión de 2018.

<http://www.bruyrubio.com/>

Consulta realizada en Junio de 2018.

- Manual de uso y manutención de máquinas inyectoras Sandretto.

Consulta realizada Mayo de 2018.

- Presupuesto molde Brú y Rubio, S.L obtenido comercialmente por email.

Realizado por la empresa en Junio de 2018.

- Apuntes de teoría de moldes de inyección de plástico, Autor: Oscar Loriente Lardies.

Consultados durante primer trimestre de 2018.

- Tabla de presión interna del molde obtenida desde google images.

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/08/fuerza-de-cierre-clamping-force.html>  
**"tablas presion interna de molde"**