

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN
PARA LA CUVIERTA DEL RETROVISOR
DE UN COCHE***

DOCUMENTO 2- MEMORIA

Alumno: Zabala Agirre, Egoitz

Director: Lobato González, Roberto

Curso: 2019-2020

Fecha: Bilbao, 09 de marzo de 2020

ÍNDICE

2	DOCUMENTO: MEMORIA	7
2.1	OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO	7
2.2	ANTECEDENTES	7
2.2.1	HISTORIA	7
2.2.2	MÁQUINAS DE INYECCIÓN	8
2.2.3	POLIMEROS	10
2.2.3.1	TERMOPLÁSTICOS	10
2.2.3.2	TERMOESTABLES	11
2.2.3.3	ELASTOMEROS	11
2.2.4	DIAGRAMA TERMODINÁMICO	12
2.2.5	INTERCAMBIADOR DE CALOR	14
2.2.6	PROCESO DE MOLDEADO	14
2.2.7	VARIABLES DEL PROCESO DE INYECCIÓN	16
2.2.7.1	TEMPERATURA DE INYECCIÓN	16
2.2.7.2	VISCOSIDAD	16
2.2.7.3	TEMPERATURA DEL MOLDE	16
2.2.7.4	PRESION DE LLENADO	17
2.2.7.5	PRESIÓN DE MANTENIMIENTO	17
2.2.7.6	TIEMPO DE INYECCIÓN	17
2.2.7.7	TIEMPO DE MANTENIMIENTO	17
2.2.7.8	TIEMPO DE RETROCESO	17
2.2.7.9	TIEMPO DE ENFRIAMIENTO	18
2.2.7.10	TIEMPO DE CICLO	18
2.2.8	PREVIABILIDAD	19
2.2.8.1	CONICIDAD EN LA LÍNEA DE DESMOLDEO	19
2.2.8.2	CONTRASALIDAS	19
2.2.8.3	ARISTAS VIVAS	19
2.3	NORMATIVA Y REFERENCIAS	20
2.3.1	NORMATIVA GENERAL	20
2.3.2	NORMATIVA DE SEGURIDAD	20
2.3.3	NORMATIVA DE PLANOS	20
2.3.4	NORMATIVA DE ELEMENTOS	21
2.3.5	BIBLIOGRAFÍA	21
2.3.6	PROGRAMAS DE CÁLCULO	21
2.3.7	REFERENCIAS	22
2.3.7.1	PLANOS	22
2.3.7.2	CATÁLOGOS	22
2.4	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	22
2.4.1	TIPOS DE MOLDE SEGÚN EL NÚMERO DE CAVIDADES	22
2.4.1.1	MOLDES DE UNA SOLA CAVIDAD	22

2.4.1.2	MOLDES MULTICAVIDAD	23
2.4.2	TIPOS DE MOLDE SEGÚN EL DESMOLDEO	24
2.4.2.1	MOLDE ESTANDAR	24
2.4.2.2	MOLDE CON MORDAZAS	24
2.4.3	TIPOS DE MOLDE SEGÚN EL NÚMERO DE PLACAS	24
2.4.3.1	MOLDE DE DOS PLACAS	24
2.4.3.2	MOLDE DE TRES PLACAS	25
2.4.3.3	MOLDE SANDWICH	25
2.4.4	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	26
2.4.4.1	DISTRIBUCIÓN DE LAS CAVIDADES	26
2.4.4.2	PUNTO DE INYECCIÓN	28
2.4.4.3	CANAL	28
2.4.4.4	MÉTODO DE RECORTE	29
2.4.4.4.1	RECORTE MANUAL	29
2.4.4.4.2	RECORTE AUTOMÁTICO	29
2.4.4.5	COLADA	30
2.4.4.5.1	COLADA EN FRÍO	30
2.4.4.5.2	COLADA CALIENTE	30
2.4.4.5.3	COLADA MIXTA	31
2.4.5	SISTEMA DE EXPULSIÓN	31
2.4.5.1	METODO DE EXTRACCIÓN	32
2.4.5.1.1	EXTRACCIÓN MEDIANTE EXPULSORES	32
2.4.5.1.2	EXTRACCIÓN MEDIANTE CASQUILLOS	33
2.4.5.1.3	EXTRACCIÓN POR AIRE COMPRIMIDO	33
2.4.5.2	EXTRACCIÓN PERPENDICULAR AL DESMOLDEO	34
2.4.5.2.1	CARROS	34
2.4.5.2.1.1	CARRO ESTANDAR CON GUÍA	34
2.4.5.2.1.2	CARRO ESTANDAR CON MUELLE DE GAS	35
2.4.5.2.1.3	CARRO SUBMARINO	35
2.4.5.2.1.4	CARRO DOBLE	36
2.4.5.2.2	DESPLAZABLES	36
2.4.5.2.2.1	DESPLAZABLES INCLINADOS	37
2.4.5.2.2.2	DESPLAZABLES BASCULANTES	38
2.4.5.2.2.3	DESPLAZABLES RECTOS	38
2.4.5.3	TIPOS DE ACCIONAMIENTO	39
2.4.5.3.1	ACCIONAMIENTO POR BULONES	39
2.4.5.3.2	ACCIONAMIENTO POR PISTONES	39
2.4.5.4	SISTEMA DE RETORNO	39
2.4.6	SISTEMA DE ATEMPERAMIENTO	40
2.4.6.1	TIPO DE CIRCUITO	40
2.4.6.1.1	CIRCUITO EN SERIE	40
2.4.6.1.2	CIRCUITO EN PARALELO	41
2.4.6.2	DEFLECTORES Y FUENTES	42
2.4.6.2.1	FUENTES	42
2.4.6.2.2	DEFLECTORES	42
2.5	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.	43

2.5.1	MATERIAL	43
2.5.2	MOLDE MULTICAVIDAD	45
2.5.3	MOLDE COMÚN	45
2.5.4	PUNTO DE INYECCIÓN	45
2.5.5	COLADA FRÍA	45
2.5.6	MOLDE DE DOS PLACAS	45
2.5.7	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	45
2.5.8	DISTRIBUCIÓN	46
2.5.9	SISTEMA DE EXPULSIÓN	46
2.5.9.1	EXPULSIÓN MEDIANTE EXPULSORES	46
2.5.9.2	ACCIONAMIENTO POR PISTONES	46
2.5.9.3	DESPLAZABLES	47
2.5.10	RETROCESOS	47
2.5.11	SISTEMA DE ATEMPERAMIENTO	47
2.5.11.1	DISTRIBUCIÓN EN SERIE	47
2.5.11.2	DEFLECTORES	47
2.5.12	ELEMENTOS DEL MOLDE	48
2.5.12.1	MOLDE	48
2.5.12.2	ZÓCALO FIJO	51
2.5.12.3	ZÓCALO MÓVIL	52
2.5.12.4	ANILLA DE CENTRAJE FIJA	53
2.5.12.5	ANILLA DE CENTRAJE MÓVIL	53
2.5.12.6	PORTA-CAVIDAD	54
2.5.12.7	PORTA-NÚCLEO	55
2.5.12.8	CAVIDAD	56
2.5.12.9	NÚCLEO	57
2.5.12.10	PLACA GUIA EXPULSORES	58
2.5.12.11	BEBEDERO	59
2.5.12.12	PLACA EXPULSORA SUPERIOR	59
2.5.12.13	PLACA EXPULSORA INFERIOR	60
2.5.12.14	TOPES	60
2.5.12.15	SUFRIDERAS	61
2.5.12.16	SELLADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	61
2.5.12.17	COLUMNAS Y CASQUILLOS GUÍA	61
2.5.12.17.1	GUÍA MOLDE	61
2.5.12.17.2	GUÍA SISTEMA DE EXPULSIÓN	62
2.5.12.18	UNIDAD DE CENTRADO	63
2.5.12.19	REGLES	63
2.5.12.20	UNIDAD DE CIERRE	64
2.5.12.21	DEFLECTORES	64
2.5.12.22	SISTEMA DE RETORNO	64
2.6	PLANIFICACIÓN	65
2.7	DEFECTOS COMUNES	66
2.7.1	LLENADO INCOMPLETO	66
2.7.2	REBABA O EFECTO FLASH	67

2.7.3	MARCAS Y DEFORMACIONES POR LA EXPULSIÓN _____	67
2.7.4	RECHUPES _____	68
2.7.5	EFFECTO DIÉSEL _____	68
2.7.6	ATRAPAMIENTOS DE AIRE _____	69
2.7.7	DELAMINACIÓN DE CAPAS _____	69
2.7.8	WARPING O PANDEO _____	70
2.7.9	DEFORMACIONES _____	70
2.7.10	PIEL DE NARANJA _____	70
2.7.11	LÍNEAS DE SOLDADURA _____	71
2.7.12	EFFECTO JETTING _____	71
2.7.13	GRIETAS Y MICROGRIETAS _____	72

LISTA DE ILUSTRACIONES

1.	Figura. Máquina de inyección.	8
2.	Figura. Disposición macromolecular de los termoplásticos.	10
3.	Figura. Disposición macromolecular de los termoestables.	11
4.	Figura. Disposición macromolecular de los elastómeros.	11
5.	Figura. Flujos de calor en un molde de inyección.	14
6.	Figura. Cierre del molde.	14
7.	Figura. Inyección del material fundido.	15
8.	Figura. Refrigeración de la cavidad.	15
9.	Figura. Fundición de resina.	15
10.	Figura. Expulsión.	16
11.	Figura. Ángulo de desmoldeo que facilita la extracción.	19
12.	Figura. Rediseño del molde para evitar contrasalidas en el desmoldeo.	19
13.	Figura. Molde de cavidad única.	23
14.	Figura. Molde multicavidad.	23
15.	Figura. Molde con mordazas.	24
16.	Figura. Molde multicavidad de dos placas.	24
17.	Figura. Molde de tres placas.	25
18.	Figura. Molde sándwich.	26
19.	Figura. Diferentes tipos de distribución.	27
24.	Perfiles de canal.	28
25.	Figura. Ejemplos de ataque de corte manual.	29
26.	Figura. Ejemplos de ataque de corte manual.	29
27.	Figura. Residuos de la colada en frío.	30
28.	Figura. Sistema de cámara caliente.	30
29.	Figura. Sistema de colada mixta.	31
30.	Figura. Ejemplo de un sistema de expulsores.	32
31.	Figura. Expulsión mediante casquillos.	33
32.	Figura. Expulsión por aire comprimido.	33
33.	Figura. Carro estándar con guía.	34
34.	Figura. Carro estándar con muelle de gas.	35
35.	Figura. Carro submarino.	35
36.	Figura. Carro doble.	36
37.	Figura. Detalle del prisionero	37
38.	Figura. Desplazable inclinado.	37
39.	Figura. Desplazable basculante.	38
40.	Figura. Desplazable recto.	38
41.	Figura. Sistema de retroceso mecánico.	39
42.	Figura: Flujo laminar (a) vs flujo turbulento (b)	40
43.	Figura: Circuito en serie	41
44.	Figura: Circuito en paralelo	41
45.	Figura: Fuente	42
46.	Figura. Deflector.	42
47.	Figura. Distribución de cavidades.	46
48.	Figura. Detalle de las contrasalidas	47
49.	Figura. Molde completo.	48

50.	Figura. Parte fija.	49
51.	Figura. Parte móvil.	50
52.	Figura. Zócalo fijo.	51
53.	Figura. Zócalo móvil.	52
54.	Figura. Anilla de centraje fija.	53
55.	Figura. Anilla de centraje móvil.	53
56.	Figura. Porta-cavidad.	54
57.	Figura. Porta-núcleo.	55
58.	Figura. Cavidad.	56
59.	Figura. Núcleo.	57
60.	Figura. Placa guía expulsores.	58
61.	Figura. Placa expulsora superior.	59
62.	Figura. Placa expulsora inferior.	60
63.	Figura. Posicionamiento de las sufrideras.	61
64.	Figura. Posicionamiento de las columnas guía de las placas expulsoras.	62
65.	Figura. Unidad de centrado.	63
66.	Figura. Regle.	63
67.	Figura. Cierre de seguridad.	64
68.	Figura. Sistema de retorno mecánico	64
69.	Figura. Inyectada corta.	66
70.	Figura. Rebaba en pieza moldeada.	67
71.	Figura. Marca habitual debido al uso de expulsores.	67
72.	Figura. Rechupes.	68
73.	Figura. Efecto diésel.	68
74.	Figura. Atrapamientos de aire.	69
75.	Figura. Delanimación.	69
76.	Figura. Warping.	70
77.	Figura. Piel de naranja.	70
78.	Figura. Formación de una línea de soldadura.	71
79.	Figura. Efecto jetting.	71
80.	Figura. Izquierda grieta superficial. Derecha microgrieta interna.	72

LISTA DE TABLAS

1.	Tabla. Propiedades ABS	44
2.	Tabla. Desarrollo del proyecto.	65

LISTA DE DIAGRAMAS

1.	Diagrama (derecha). Relación PVT para polímeros cristalinos y semi-cristalinos.	12
2.	Diagrama (izquierda). Relación PVT para polímeros no cristalinos.	12
3.	Diagrama PVT.	12
4.	Diagrama. Influencia de las contracciones.	13
5.	Diagrama. Diagrama de la presión ejercida.	17
6.	Diagrama. Desglosamiento del tiempo de ciclo.	18
1.	Diagrama. Diagrama Gantt sobre el desarrollo del proyecto.	65

2 DOCUMENTO: MEMORIA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO

El objetivo del proyecto será el diseño mecánico de un molde de inyección para el retrovisor de un coche, quedando fuera del alcance del trabajo los análisis de los sistemas eléctricos, electrónicos o hidráulicos.

Partiendo de una geometría proporcionada por el cliente se realiza una pre-viabilidad del proyecto donde se analizarán los parámetros necesarios para comprobar que la pieza facilitada es apta para un proceso de inyección. En esta pre-viabilidad se analizarán los ángulos de desmolde, las caras verticales, las aristas vivas... En el caso de que la geometría dada no cumpla con los requisitos será necesario modificar la geometría, teniendo que ser aprobado por el cliente cualquier modificación propuesta.

Una vez definida la geometría de la pieza a fabricar, se realiza el análisis de viabilidad, mediante el programa Autodesk Moldflow 2019. En este programa se realizarán los análisis de llenado, de enfriado, atrapamientos de aire, desmoldeo, líneas de soldadura etc. para definir para definir la distribución de las cavidades, sistema de inyección, sistema de atemperamiento y el sistema de expulsión.

Por último, se diseña el conjunto del molde en el programa PLM-NX10.

El proyecto se llevará adelante basado en los criterios generales de la UNE 157001-2014. Constará de siete documentos los cuales serán suficientes para definir el proyecto por completo.

2.2 ANTECEDENTES

2.2.1 HISTORIA

El primer polímero orgánico fue creado por Jons Jacob Berzelius en 1847, aunque la primera patente de una máquina de inyección está fechada en 1872 por John Hyatt. 1932 aparece la primera máquina para inyección operada con sistemas eléctricos, desarrollada por la compañía Eckert & Ziegler y es a finales de los años treinta cuando el polietileno y el PVC, ambos de alta producción y bajo coste, provocaron una revolución en el desarrollo de la maquinaria.

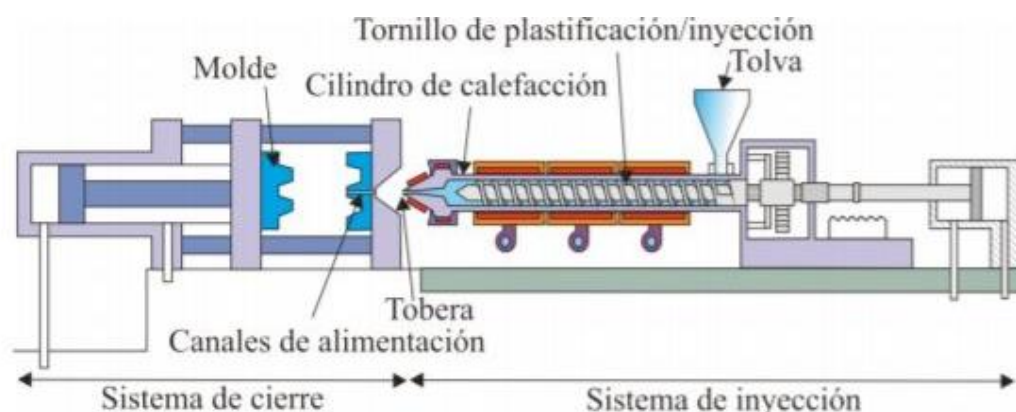
Al finalizar la segunda guerra mundial, la industria de la inyección de plástico experimentó un crecimiento comercial sostenido pero es a partir de la década de los ochenta, cuando se enfoca a la eficiencia del diseño, uso de sistemas software CAD, inclusión de robots, mejoras en el control de la calidad del producto etc.

2.2.2 MÁQUINAS DE INYECCIÓN

La inyección de termoplásticos es un proceso físico y reversible, en el que se funde una materia prima llamada termoplástico por el efecto del calor en una máquina llamada inyectora. Esta máquina con el termoplástico en estado fundido, lo inyecta dentro de las cavidades huecas de un molde con una determinada presión, velocidad y temperatura. Transcurrido un cierto tiempo, el plástico fundido en el molde, pierde calor y se solidifica adaptándose a las formas de las partes huecas del molde donde ha estado alojado.

Una máquina inyectora se puede dividir en cuatro sistemas principales:

- Sistema de inyección: Consta un sistema de alimentación (tolva) y del sistema cilindro-tornillo. Para evitar el retroceso del material durante la inyección, estas máquinas están dotadas de válvulas de no retorno. Su objetivo principal es fundir el material de manera homogéneamente posible e inyectarlo a una presión óptima.
- Sistema de cierre: Tiene una gran importancia en el acabado de las piezas. Un cierre perfecto evita los procesos secundarios de la eliminación de rebabas y las piezas tienen un acabado superficial óptimo. Este sistema será el encargado de absorber las presiones generadas por la inyección y la solidificación del material.
- Sistema de atemperamiento: Es un sistema dotado por tuberías. Serán estas tuberías las encargadas de trasladar el líquido refrigerante o calefactor para una correcta solidificación de la pieza.
- Sistema de expulsión: Se encargará de la expulsión de la pieza del molde una vez que se haya solidificado y puede ser manual o automático.



1. Figura. Máquina de inyección.

A la hora de definir una máquina de inyección debemos tener en cuenta las siguientes características:

- Capacidad de inyección: Define la cantidad máxima de material que es capaz de inyectar por ciclo.
- Capacidad de plastificación: Define la cantidad máxima que es capaz de plastificar la máquina por unidad de tiempo.
- Fuerza de cierre: La fuerza de cierre es aquella que mantiene las dos mitades del molde unidad, mientras en la cavidad del molde se desarrolla la una presión interna en como consecuencia de su llenado. Esta última fuerza tenderá a separar las dos mitades del molde, teniendo que ser la fuerza de cierre ligeramente superior.
- Velocidad de inyección: La velocidad de inyección es el caudal de material que sale de la máquina durante el proceso de inyección.

También se pueden clasificar por el tipo de accionamiento:

- Sistema hidráulico: La fuerza de cierre es ejercida mediante un pistón, por lo cual, será necesario la utilización de aceites. Este tipo de máquinas destacan por su gran resistencia y gran fuerza de cierre.
- Sistema eléctrico: Las articulaciones en la unidad de sujeción se extienden y contraen mediante un servomotor. El cierre es mucho más estable y las operaciones son mucho más limpias que en otro tipo de máquinas. Dichas máquinas normalmente se suelen utilizar para la producción de productos médicos.
- Sistema híbrida: Son una combinación de los dos sistemas anteriormente comentados. El movimiento de cierre es más rápido y su mantenimiento mejora, ofreciendo así un menor tiempo de inactividad.

2.2.3 POLIMEROS

Los polímeros se descubrieron en 1860 en USA, provenientes de la destilación del petróleo. También se pueden obtener a partir de carbón de hulla, gas natural y de otros elementos orgánicos en los que aparezca el carbono. Estos son de los materiales más usados hoy en día, y es posible encontrarlos en casi cualquier producto.

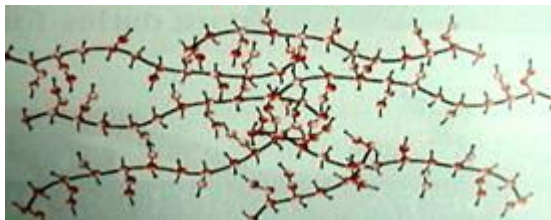
Los polímeros o plásticos comúnmente conocidos se dividen en dos grupos principales: cristalinos y amorfos

- Cristalinos: Se define como un polímero cristalino, cuando su estructura interna mayormente tiene un orden, habiendo partes amorfas. La característica principal de los polímeros cristalinos es que al calentarlo por encima de la temperatura de fusión, el polímero se reblandece debido a la movilidad de la estructura interna.
- Amorfos: Este tipo de polímero tiene una estructura interna amorfa. El proceso de estos polímeros se suele realizar por encima de la temperatura de transmisión vítrea. La fluidez aumentara, cuando mayor sea la temperatura.

En el proceso de calentamiento, los polímeros se calientan obteniendo en ambos casos estructuras amorfas. En la etapa de enfriamiento los polímeros tienden a contraerse debido a la expansión y contracción térmica, siendo los polímeros cristalinos los que mayor contracción sufren por una mayor compactación de la estructura cristalina.

2.2.3.1 TERMOPLÁSTICOS

Son polímeros lineales que pueden estar ramificados o no. Este tipo de polímeros se reblandecen con el calor, permitiendo calentar, moldear y enfriar indefinidamente. Suelen tener buenas propiedades mecánicas, son fáciles de procesar y bastante económicos. En cambio, no son aplicables a funcionamientos en temperaturas elevadas.

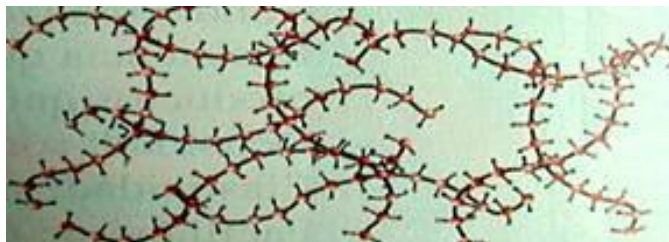


2. *Figura. Disposición macromolecular de los termoplásticos.*

Los termoplásticos más conocidos son los siguientes: Policloruro de vinilo (PVC), Poliestireno (PS), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP).

2.2.3.2 TERMOESTABLES

Sus macromoléculas se cruzan formando una red cerrada. Debido a esta disposición se pueden deformar cuando se calientan, pero una vez se enfrían quedarán con esta forma permanentemente. Junto con su alta resistencia térmica se caracteriza por tener alta resistencia química, rigidez, dureza superficial y buena estabilidad dimensional. La mayor desventaja son los acabados pobres comparando con la mayoría de los termoplásticos.

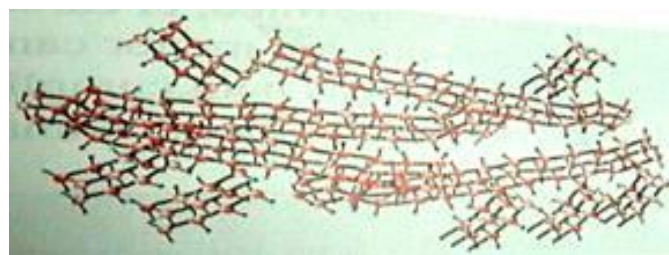


3. *Figura. Disposición macromolecular de los termoestables.*

La baquelita, resina de poliéster y melanina son los principales plásticos termoestables.

2.2.3.3 ELASTOMEROS

Sus macromoléculas contienen enlaces dobles en la cadena principal, dándoles gran elasticidad, también son muy adherentes que recuperan su forma cuando dejan de actuar sobre ellos una fuerza. Son materiales muy tenaces, resistentes a aceites y grasas y presentan buena flexibilidad a baja temperatura. La mayor desventaja de estos polímeros es que el proceso de fabricación no es sencillo requiriendo mucho tiempo y energía.



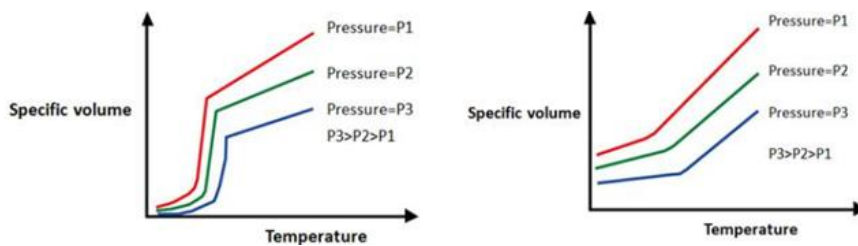
4. *Figura. Disposición macromolecular de los elastómeros.*

El caucho, la silicona y el neopreno son los elastómeros principales.

2.2.4 DIAGRAMA TERMODINÁMICO

En el moldeo de inyección se dan varios estados termodinámicos en el material inyectado. El material entra en la tova en estado sólido, siendo fundido durante el proceso para inyectarla en el molde con las condiciones previamente establecidas. Una vez inyectada, se mantendrá una presión estable mientras que el material cede calor al exterior hasta solidificarse, pudiendo ser expulsada en forma de la pieza deseada.

El diagrama PVT relaciona el volumen específico con la temperatura y la presión. En todos los polímeros, sean cristalinos, semi-cristalinos o no cristalinos, sucede un aumento del volumen específico cuando se dan subidas de temperatura a presión constante. En cambio, si aumentamos la presión a una temperatura constante, el volumen específico tiende a bajar. Sin embargo, el diagrama PVT será diferente por un lado, para los polímeros cristalinos y semi-cristalinos, por otro lado, para polímeros no cristalinos.

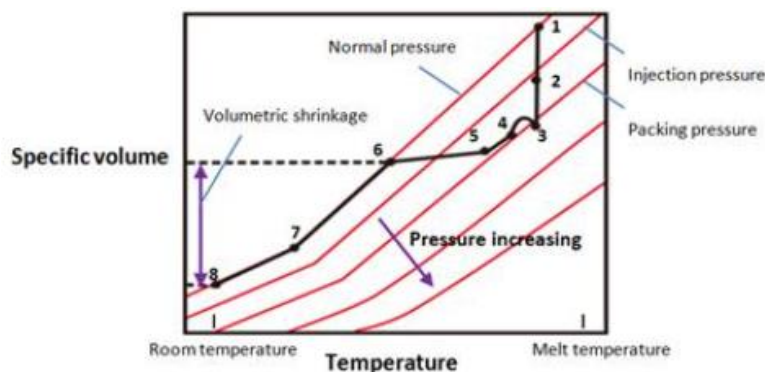


1. Diagrama (derecha). Relación PVT para polímeros cristalinos y semi-cristalinos.

2. Diagrama (izquierda). Relación PVT para polímeros no cristalinos.

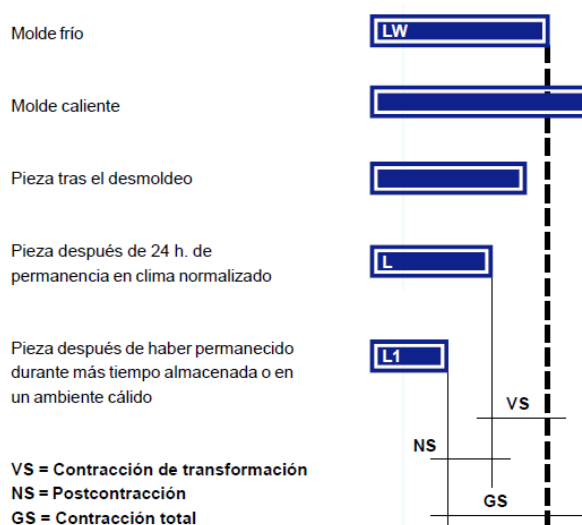
En esto diagramas podemos observar que los polímeros no-cristalinos son los que menor contracción sufren, como se menciona anteriormente en el apartado 2.5 *Polimeros*

Si se analiza el diagrama PVT de un proceso de inyección con polímeros no cristalinos, se obtiene el siguiente resultado.



3. Diagrama PVT.

- Punto 1: Comienzo de llenado del molde.
- Etapa 1-2: Proceso de llenado de molde. Se da un aumento de presión gradual. Etapa isoterma.
- Punto 2: Molde completamente llenado. En este punto se comienza a aplicar la presión de mantenimiento para contrarrestar la presión surgida por el llenado de la cavidad por el material fundido.
- Etapa 2-3: Se aumenta la contrapresión hasta el valor establecido. Etapa isoterma.
- Punto 3: Se aplica la contrapresión establecida.
- Etapa 3-4: El molde lleno no admite mayor cantidad de material, por lo que, cierta cantidad de material retrocede desde la cavidad a la boquilla.
- Punto 4: Comienza el proceso de enfriamiento.
- Etapa 4-5: El material fundido comienza a solidificarse desde las caras exteriores al interior dando un descenso de la presión.
- Punto 5: Se solidifica la entrada del material dejando de aplicar la contrapresión.
- Etapa 5-6: Sigue enfriándose el material dándose contracciones y disminuyendo la presión.
- Punto 6: La presión á disminuido hasta el valor de la presión atmosférica.
- Etapa 6-7: Se siguen dando contracciones debido al enfriamiento de la pieza. Al final del proceso la pieza consigue una rigidez suficiente para ser extraída del molde sin deformarse. Etapa isobara.
- Punto 7: Las piezas son extraídas del molde.
- Etapa 7-8: La pieza se sigue contrayendo debido al enfriamiento. Etapa isobárico fuera del molde.
- Punto 8: La pieza alcanza temperatura ambiente y consigue una geometría y dimensiones definitivas.

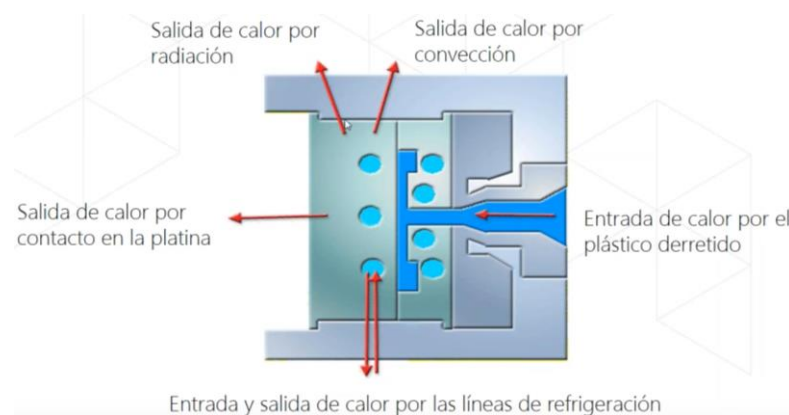


4. Diagrama. Influencia de las contracciones.

2.2.5 INTERCAMBIADOR DE CALOR

Uno de los aspectos principales en un molde de inyección es la transmisión de calor que se genera. En un molde de inyección hay diferentes fuentes de calor, por tanto, se dan varios flujos.

Si se analiza el molde como un sistema de intercambio de calor se obtienen los siguientes flujos de calor:



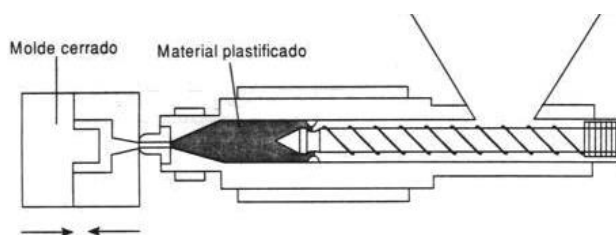
5. Figura. Flujos de calor en un molde de inyección.

Sumando todos los flujos de calor se obtienen un equilibrio, esto es, que la suma de todas las entradas de calor, en este caso la entrada por el plástico derretido, sea igual a la suma de todas las salidas de calor, radiación + convección + contacto de placas + refrigerante.

2.2.6 PROCESO DE MOLDEADO

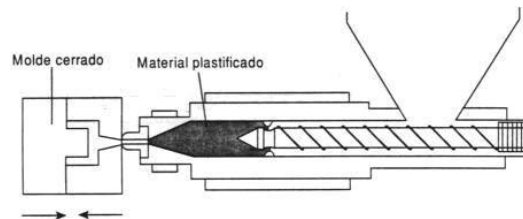
En un proceso de moldeo de inyección común se darán las siguientes etapas:

- **Cierre del molde:** Una vez que el sistema de inyección tenga el material en las condiciones óptimas, se cierra el molde. Este proceso se llevará a cabo primero con un movimiento rápido para terminar cerrándolo a una velocidad moderada cuando las matrices estén cerca. Por último, se le aplicará una fuerza al molde cerrado para evitar fugas y/o aperturas del molde durante el proceso.



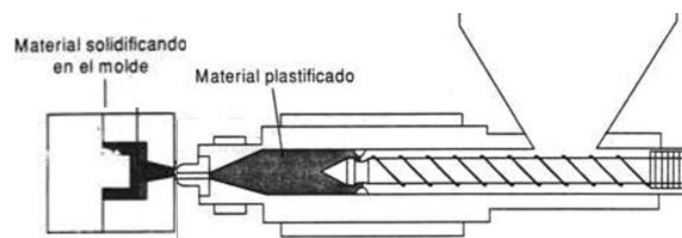
6. Figura. Cierre del molde.

- **Inyección:** Una vez que el molde este bien cerrado el sistema de inyección aplicara una presión inyectando el material fundido. A su vez, el material fundido empujara al aire hacia el exterior, el cual se expulsara de la línea de partición, machos, expulsos etc.



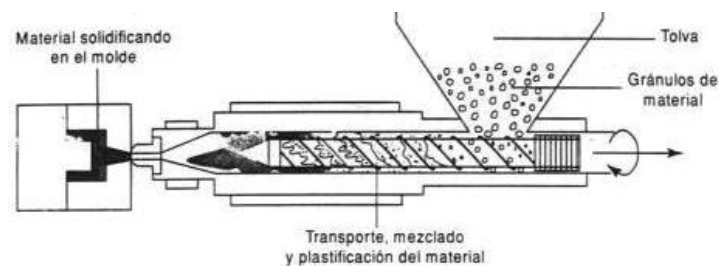
7. *Figura. Inyección del material fundido.*

- **Refrigeración:** Finalizada la inyección se pasa a refrigerar el material. El tiempo de refrigeración estará limitado principalmente por el grosor de la pieza, el material inyectado y el refrigerante utilizado. Durante este proceso, el pistón de inyección permanecerá un corto periodo en posición avanzada para compactar el material y compensar la contracción que sufre al enfriarse.



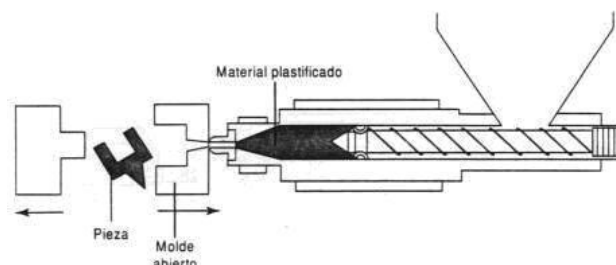
8. *Figura. Refrigeración de la cavidad.*

- **Solidificación:** Una vez que la entrada a la cavidad solidifica, el pistón ya no es capaz de transmitir más presión dentro del molde, por lo que retrocederá a la posición inicial, empujando los granos de resina sólidos a la cámara de fundición.



9. *Figura. Fundición de resina.*

- **Expulsión:** Una vez que la pieza ha solidificado suficientemente para poder ser expulsada mediante el sistema de expulsores sin deformarse, se abre el molde y se expulsa la pieza.



10. Figura. Expulsión.

2.2.7 VARIABLES DEL PROCESO DE INYECCIÓN

Existen cientos de variables que influyen en un molde de inyección de manera directa o indirecta. Lamentablemente, estas variables no son independientes unas de otras, por lo cual, no son fáciles de controlarlas.

2.2.7.1 TEMPERATURA DE INYECCIÓN

La temperatura de inyección indica la temperatura a la que se calienta el material antes de ser inyectado. De este parámetro depende principalmente la viscosidad.

La temperatura del material aumenta gradualmente desde que entra por la tolva, hasta que el material se encuentra preparado para ser inyectado. Por lo tanto, la temperatura de inyección dependerá de los calefactores, velocidad del husillo, velocidad de inyección y contrapresión, ya que estos también generan calor debido a la fricción.

La temperatura no podrá sobrepasar el límite superior en el que el material empieza a descomponerse, ni ser demasiado baja, ya que se aumentaría el tiempo de ciclo.

Es habitual controlar mediante termopares la temperatura en varios puntos del camino que recorre el material, para así poder mantener en el rango establecido.

2.2.7.2 VISCOSIDAD

La viscosidad es una de las propiedades intrínsecas del material y representa la dificultad para fluir en el molde. La viscosidad depende principalmente de la temperatura y del gradiente de velocidad, teniendo gran impacto en el llenado.

2.2.7.3 TEMPERATURA DEL MOLDE

Se trata de la temperatura a la que se encuentra la superficie de la cavidad de moldeo. Esta debe ser lo suficientemente baja para enfriar y solidificar el material inyectado y dependerá de la temperatura del fluido refrigerante, temperatura del material inyectado, características térmicas del molde etc.

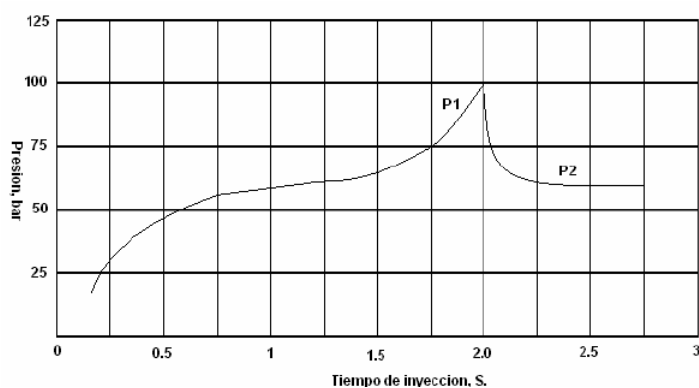
La velocidad de enfriamiento es un aspecto muy importante, puesto que condicionara las propiedades físicas, mecánicas, ópticas... del material.

2.2.7.4 PRESION DE LLENADO

Es la presión aplicada inicialmente al material y desarrollada como consecuencia del movimiento hacia delante del husillo. Esta presión obligará al material introducirse en la cavidad, produciendo el llenado.

2.2.7.5 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO

Es una presión que se ejerce una vez que el molde está casi lleno. Su función será la de mantener las dos partes del molde unidas durante el proceso de enfriamiento. Una vez la entrada a la cavidad ha solidificado no hay necesidad de mantener la contrapresión.



5. *Diagrama. Diagrama de la presión ejercida.*

En el diagrama mostrado se puede observar cómo se aplica inicialmente una presión P1, la cual corresponde a la presión de llenado y después se mantiene una presión P2, la cual corresponde a la presión de mantenimiento.

2.2.7.6 TIEMPO DE INYECCIÓN

El tiempo de inyección es el tiempo necesario para que el husillo realice todo el recorrido hacia delante obligando a introducir el material. Depende principalmente de la cantidad del material inyectado, su viscosidad, las características del molde y la presión de inyección.

2.2.7.7 TIEMPO DE MANTENIMIENTO

Es tiempo necesario desde que se aplica la contrapresión hasta que la entrada a la cavidad se solidifica. Una vez la entrada a la cavidad ha sido solidificado no hay necesidad de mantener la contrapresión y la pieza continuará enfriándose progresivamente.

2.2.7.8 TIEMPO DE RETROCESO

Se produce cuando la entrada de la cavidad queda solidificada y la unidad de inyección retrocede, comenzando el movimiento rotatorio del husillo con el fin de plastificar el material para la siguiente etapa.

2.2.7.9 TIEMPO DE ENFRIAMIENTO

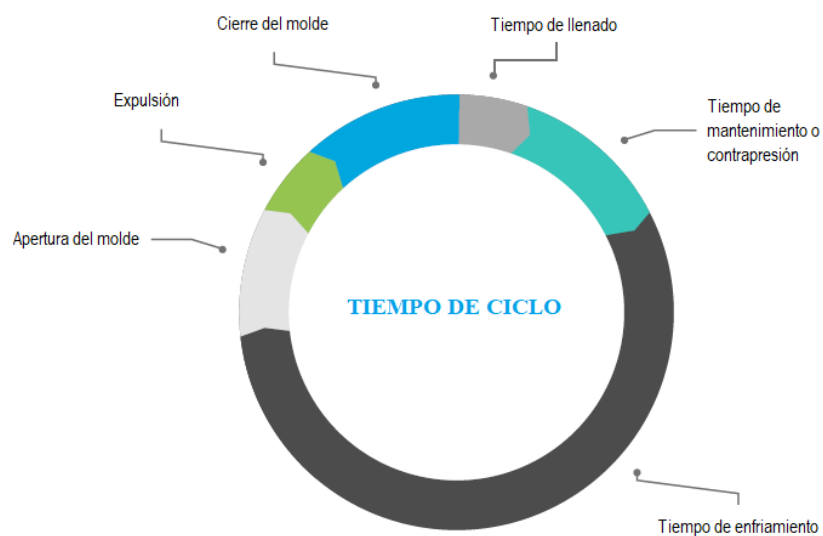
Es una de las variables más importantes para conseguir una pieza de buena calidad. Es el tiempo que requiere la pieza para enfriarse hasta que ha solidificado y ha adquirido rigidez suficiente para ser expulsada sin deformarse. Depende de la capacidad de extracción de calor del molde y del sistema de refrigeración.

2.2.7.10 TIEMPO DE CICLO

El tiempo de ciclo refleja el tiempo necesario para realizar un ciclo completo. Es un parámetro importante, ya que refleja el tiempo necesario para crear una pieza por cavidad.

El tiempo de ciclo está compuesto por el tiempo de cierre, inyección, mantenimiento, enfriamiento, apertura y expulsión. El tiempo de enfriamiento será el parámetro con mayor impacto.

Un menor tiempo de ciclo supone una mayor producción, por lo que es recomendable recortar los tiempos de ciclo lo máximo posible, siempre y cuando no se pierda calidad en la pieza.



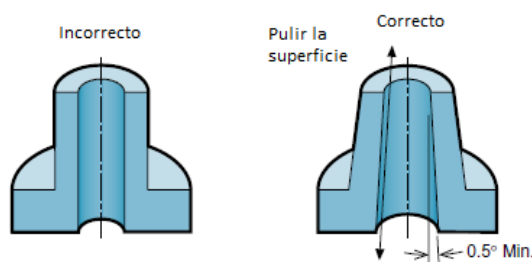
6. Diagrama. Desglosamiento del tiempo de ciclo.

2.2.8 PREVIABILIDAD

Antes de diseñar el molde, habrá que tener en cuenta los posibles fallos que pueda sufrir la pieza a la hora del moldeo. En caso de no ser moldeable la pieza, se modificarán sus parámetros siempre con la aprobación del cliente. Los aspectos a tener en cuenta antes de empezar las simulaciones serán los siguientes:

2.2.8.1 CONICIDAD EN LA LÍNEA DE DESMOLDEO

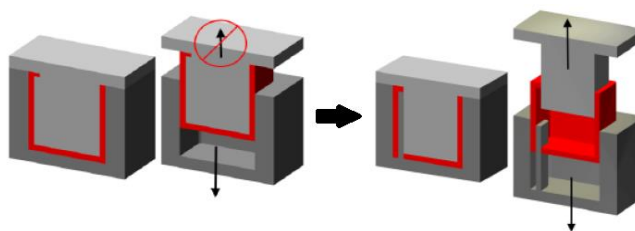
Los moldes de inyección constan de dos partes: una móvil y otra fija. Es esta última contará con el sistema de expulsión, por lo cual, será muy importante a la hora de realizar el diseño lograr que la pieza quede “atrapada” en esta parte de la pieza. Estas dos partes están divididas por una línea imaginaria llamada línea de partición, en cuya dirección se realizara la apertura y cierre del molde. Para liberar adecuadamente la pieza cuando se abre el molde. Las paredes laterales del molde tienen una forma cónica hacia la dirección en que se abre el molde, esto se conoce como conicidad en la línea de desmoldeo.



11. Figura. Ángulo de desmoldeo que facilita la extracción.

2.2.8.2 CONTRASALIDAS

Las contrasalidas son elementos que impiden la apertura del molde. En estos casos será necesario implantar carros o desplazables para así desplazarlas en otra dirección pudiendo ahora realizar el desmoldeo.



12. Figura. Rediseño del molde para evitar contrasalidas en el desmoldeo.

2.2.8.3 ARISTAS VIVAS

Para una mejor fluidez del material fundido en la cavidad se recomienda evitar aristas vivas y ángulos pequeños, evitando así tensiones internas.

2.3 NORMATIVA Y REFERENCIAS

2.3.1 NORMATIVA GENERAL

- UNE 157001: 2014 (Criterios generales para la elaboración de un proyecto).
- DIN 16750: 1991 (Moldes de inyección para materiales plásticos).
- UNE-EN 10020: 2001 (Definición y clasificación de aceros).

2.3.2 NORMATIVA DE SEGURIDAD

- UNE-EN 201:2010 Maquinaria de plásticos y caucho. Máquinas de moldeo por inyección. Requisitos de seguridad.
- Ley de industria 21/1992- Seguridad y calidad industrial.
- Real decreto 1435/1992- Maquinas, componentes de seguridad. Mercado CE
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre: Prevención de riesgos laborales.
- Real decreto 39/1997 de 17 de enero: Reglamento de los servicios de prevención.
- Real decreto 485/1997 de 14 de abril: señalización de seguridad en el trabajo.
- Real decreto 486/1997 de 14 de abril: seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real decreto 773/1997 de 30 de mayo: Utilización de equipos de protección individual.
- Real decreto 1215/1997 de 18 de julio: Utilización de equipos de trabajo.
- Real decreto 1644/2008- Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Norma de UNE-EN ISO 12100:2012: Seguridad de máquinas. Bases para la evaluación de riesgos.

2.3.3 NORMATIVA DE PLANOS

- UNE-EN 1027: 2017 (Plegado de planos).
- UNE 1035: 1995 (Cuadro de rotulación).
- UNE 1039: 1994 (Acotación).
- UNE 1135: 1989 (Lista de elementos).
- UNE-EN ISO 5455: 1996 (Escalas).
- UNE-EN ISO 5457: 2000 (Formatos y presentación).
- ISO 2768-1: 1989 (Tolerancias generales).
- UNE-EN ISO 286-1:2011 (Base de tolerancias, desviaciones y ajustes).
- UNE-EN ISO 6433: 2012 (Referencia de los elementos).

2.3.4 NORMATIVA DE ELEMENTOS

- DIN 906 (Tapones de sellado).
- DIN 1530 (Expulsores).
- DIN 1530 FH (Expulsores laminados)
- DIN 16756 (Casquillos expulsos).
- DIN 912 (Tornillo de cabeza Allen).

2.3.5 BIBLIOGRAFÍA

- Libros:
 - o Maribel Beltrán y Antonio Marcilla, "Tecnología de polímeros", 2012.
 - o Vanessa Goodship, "Practical guide to injection moulding", 2004.
 - o Rainer Dangel, "Injection Molds for beginners", 2016.
 - o Hans Gastrow, "Moldes de inyección para plásticos", 2ª edición española.
- Manuales:
 - o Manual de ayuda MoldWizard.
- Páginas web:
 - o <https://polymerdatabase.com/>
 - o <http://www.mhs-hotrunners.com/>
 - o <https://www.roechling.com/es/>
 - o <https://knowledge.autodesk.com/>
 - o <http://www.moldex3d.com/en/moldex3d-help/>
 - o <https://www.milacron.com/>
 - o <https://www.hasco.com/>

2.3.6 PROGRAMAS DE CÁLCULO

- Siemens PLM-NX10 (Programa para diseño de CAD y molde mediante el asistente MoldWizard).
- Autodesk Moldflow Adviser 2019 (Utilizado para simular el llenado del molde, sistema de refrigeración, atrapamientos de aire, rechupes, calidad de la pieza etc.).
- Herramienta de cálculo Milacron (Utilizado para decidir el tipo de colado, esta herramienta está disponible en la página web de la empresa Milacron).

2.3.7 REFERENCIAS

2.3.7.1 PLANOS

En este apartado se hará referencia de los planos que compone el proyecto

PLANOS

MOLDE DE INYECCIÓN	MI-CJ-01
ZÓCALO FIJO	MI-PF-PI01
ZÓCALO MÓVIL	MI-PM-PI01
PORTA-CAVIDAD	MI-PF-PI02
PORTA-NÚCLEO	MI-PM-PI02
CAVIDAD.....	MI-PF-PI03
NÚCLEO	MI-PM-PI03
PLACA GUÍA EXPULSORES	MI-PM-PI04
PLACA EXPULSORA SUPERIOR	MI-PM-PI05
PLACA EXPULSORA INFERIOR.....	MI-PM-PI06
REGLE.....	MI-PM-PI07

2.3.7.2 CATÁLOGOS

- <https://www.dme.net/>
- <https://www.meusburger.com/>
- <https://us.misumi-ec.com/>
- <https://www.hasco.com/>
- <https://royme.com/>

2.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este apartado se analizarán las alternativas viables del proyecto. Partiendo de la pieza facilitada por el cliente y con los requisitos previamente establecidos se decidirá por la alternativa más adecuada analizando las ventajas y desventajas de todas.

2.4.1 TIPOS DE MOLDE SEGÚN EL NÚMERO DE CAVIDADES

2.4.1.1 MOLDES DE UNA SOLA CAVIDAD

Los moldes de una cavidad sólo pueden producir una única pieza por ciclo de inyección. Este tipo de moldes son adecuados para piezas grandes o tiradas pequeñas. Los moldes de única cavidad usan un diseño de dos placas.

- Ventajas: Si la pieza tiene un único punto de inyección, se podría inyectar a través del bebedero evitando el uso de canales.

- Desventaja: Al producir una única pieza por ciclo tienen menor productividad que los moldes multicavidad.

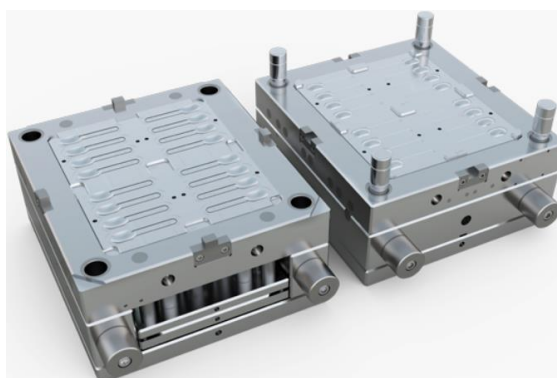


13. Figura. Molde de cavidad única.

2.4.1.2 MOLDES MULTICAVIDAD

Son moldes de dos o más cavidades. Las cavidades pueden ser idénticas produciendo varias copias por ciclo, o pueden ser diferentes y así producir piezas relacionadas por ciclo, estos últimos también se les conoce como moldes de familia. Este tipo de moldes son recomendables para producir grandes volúmenes de piezas o piezas pequeñas.

- Ventajas: Tienen un mayor producción que los moldes de cavidad única, reduciendo el coste de producción.
- Desventajas: El tiempo de ciclo es mayor y también el gasto de material al necesitar los sistemas de alimentación.



14. Figura. Molde multicavidad.

2.4.2 TIPOS DE MOLDE SEGÚN EL DESMOLDEO

2.4.2.1 MOLDE ESTANDAR

Son moldes que se abren en dos partes desde la línea de partición extrayendo la pieza sin ningún otro movimiento requerido.

2.4.2.2 MOLDE CON MORDAZAS

Se utilizan este tipo de moldes cuando la extracción de la pieza no es posible con un molde estándar. Para la correcta extracción de la pieza con contrasalidas, serán necesarios unos movimientos adicionales que se dan en los moldes estándar, estos movimientos serán realizados mediante las mordazas.



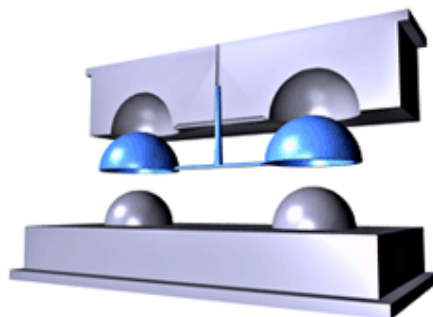
15. Figura. Molde con mordazas.

2.4.3 TIPOS DE MOLDE SEGÚN EL NÚMERO DE PLACAS

2.4.3.1 MOLDE DE DOS PLACAS

Estos tipos de moldes tienen el plano de partición alineado con la entrada para poder ser expulsados cuando se abran. En los moldes con varias cavidades es importante mantener un flujo equilibrado por los canales.

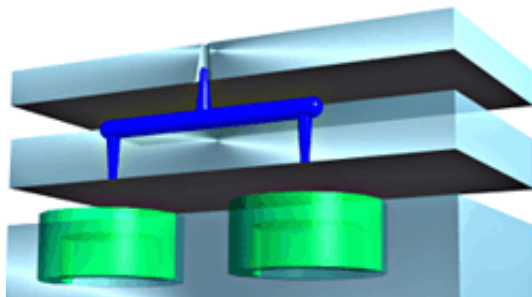
- Ventajas: Tipo de molde más utilizado por ser el más económico y tener un menor tiempo de fabricación
- Desventaja: Si no es posible mantener un flujo equilibrado, será necesario sustituirlo por un molde de tres placas o la implantación de cámara caliente.



16. Figura. Molde multicavidad de dos placas.

2.4.3.2 MOLDE DE TRES PLACAS

Se utilizan moldes de tres placas cuando el sistema de canales no comparte plano con el punto de inyección.



17. Figura. Molde de tres placas.

El sistema de canales se coloca en un plano paralelo al plano de partición, permitiendo la expulsión de canales y bebedero cuando se abre el molde. Al ubicar la estructura de colada en otro plano, es posible expulsar por separado las piezas y el sistema de alimentación, evitando así operaciones secundarias.

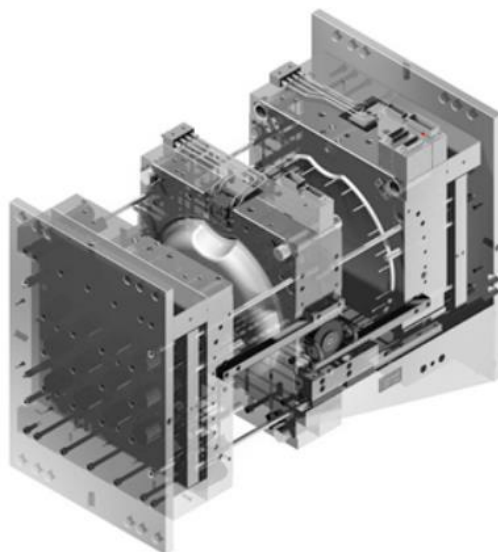
Ventajas y desventajas de un molde de tres placas con un molde de cámara caliente:

- **Ventajas:** Son más baratos y tienen menor probabilidad de degradación con materiales térmicamente sensibles. Además, tiene una menor tendencia a romperse.
- **Desventajas:** Mayor tiempo de ciclo debido a la expulsión de los canales, mayor desperdicio de material, sobre todo cuando no son reciclables, y mayor presión para llenar el molde

2.4.3.3 MOLDE SANDWICH

Los moldes sándwich son moldes complejos de dos o más líneas de partición. La mayor característica de los moldes tipo sándwich es que las cavidades de las diferentes placas se superponen reduciendo el espacio del área proyectada.

- **Ventajas:** Se superponen las cavidades de cada placa logrando al menos duplicar la producción de un molde convencional sin aumentar excesivamente el tamaño y reduciendo el coste de la pieza. Además, no requerirá mucha más fuerza de cierre ya que la superficie proyectada de las cavidades, en ambas caras de la placa, cancelan sus fuerzas.
- **Desventajas:** Necesidad del uso de cámara caliente y un bebedero para la transmisión del material entre las diferentes placas.



18. Figura. Molde sándwich.

2.4.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de alimentación se encarga de trasladar el polímero fundido desde la unidad de inyección hasta la cavidad del molde.

La función de un sistema de alimentación son los siguientes:

- Llenado correcto de la cavidad
- Ciclos cortos
- Mínimo desechos
- Mínimo impacto visual superficial

En el caso de pieza de gran importancia, también se buscara la orientación de las fibras que dependerá directamente del punto de inyección y las condiciones del proceso. Las propiedades mecánicas, eléctricas... se verán afectadas dependiendo de la orientación de las fibras.

2.4.4.1 DISTRIBUCIÓN DE LAS CAVIDADES

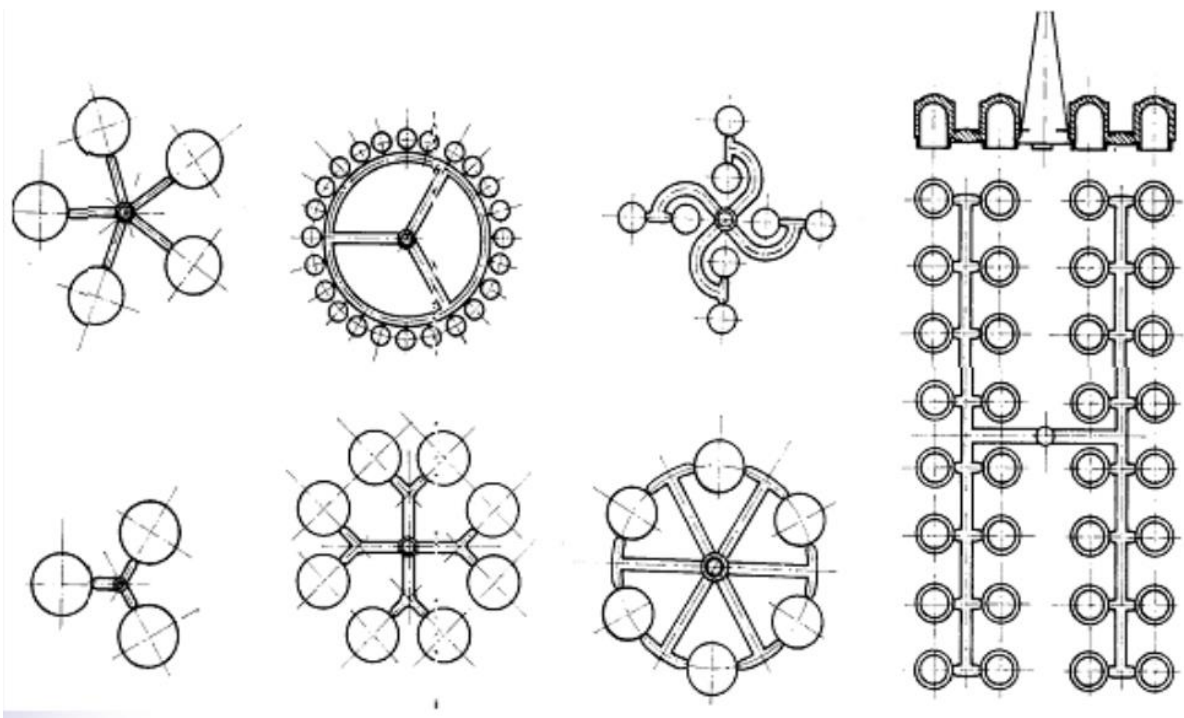
Se diseña un molde de múltiples cavidades para la fabricación del mayor número de piezas posible por ciclo utilizando el menor espacio posible. Esta distribución dependerá del espacio disponible en el molde y de la geometría de la pieza. Al diseñar estas distribuciones hay que tener en cuenta las siguientes restricciones:

- Distancia entre cavidades: Las cavidades deben de tener un margen mínimo de distancia para evitar roturas por la presión ejercida al molde y para evitar la transmisión de calor entre ellas.
- Llenado uniforme: En caso de la fabricación en masa de la misma pieza, es necesario asegurarse que todas las piezas están a la misma distancia del punto de inyección, asegurándose el llenado de las cavidades al unísono.

También es recomendable que el llenado se realice por la misma zona en todas las piezas.

- Sistema de atemperamiento y expulsión: Para la fabricación de piezas correctas es necesario que el enfriamiento sea uniforme en todas las piezas para su correcta expulsión. La colocación de estos sistemas dependerá en gran medida de la colocación de las cavidades, teniendo que tenerlas en cuenta a la hora de la distribución.

Existen varios tipos de distribuciones (lineales, circulares...) teniendo que escoger la que mejor se adapte dependiendo de las condiciones anteriormente comentadas.



19. Figura. Diferentes tipos de distribución.

2.4.4.2 PUNTO DE INYECCIÓN

Cada cavidad puede tener uno o más puntos de inyección. La cantidad de puntos de inyección depende del volumen de material a inyectar, complejidad de la geometría, tiempo de llenado, confianza de llenado, calidad de la pieza, tipo de entrada...

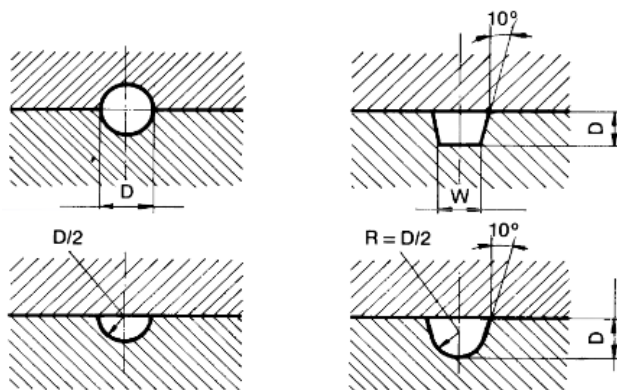
El objetivo cuando se diseña el sistema de alimentación, es diseñar un sistema con flujo equilibrado, de modo que cada parte del molde se llene a la misma velocidad. También se recomienda la utilización de puntos de inyección en zonas no visibles de la pieza, ya que estos dejan siempre una marca en la pieza.

La cantidad óptima de puntos de inyección siempre será uno, dado que la unión de diferentes flujos de materia producen líneas de soldadura, produciendo zonas más débiles en la pieza. Por lo cual, siempre que sea posible se intentará el uso de un único punto de inyección.

2.4.4.3 CANAL

En el sistema de alimentación, para trasladar la materia desde el bebedero hasta la cavidad se utiliza un sistema de canales. La sección ideal del sistema es una sección circular, siendo esta, la que menos pérdida de calor genera por rozamiento. La mayor desventaja de este tipo de canal es que hay que mecanizar con gran exactitud en ambas placas, lo que conlleva un gran coste a la hora de mecanizarlos. Además, el hecho de que esté mecanizada en ambas partes de la placa provoca que la alineación de las placas entre ellas deba ser muy exacta. Si esto no sucede, conlleva a una reducción del diámetro del canal provocando mayor calentamiento por rozamiento.

En caso de no usar el canal circular, se recomienda el uso de otro tipo de canales que se asemejen a las circulares, por ejemplo, el canal parabólico. Este tipo de canal es parecida a la circular, pero se mecaniza solamente en una de las placas teniendo mayores pérdidas de calor en comparación de los circulares.



24. Perfiles de canal.

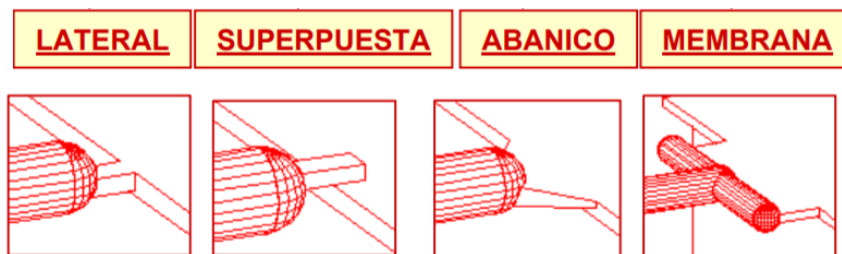
2.4.4.4 MÉTODO DE RECORTE

Dependiendo del tipo del molde seleccionado o el tipo de entrada utilizada obtendremos un método de recorte manual o automático.

2.4.4.4.1 RECORTE MANUAL

Las entradas de recorte manual requieren separ las piezas de los canales durante una operación secundaria. Este tipo de entradas se utilizan en las siguientes circunstancias:

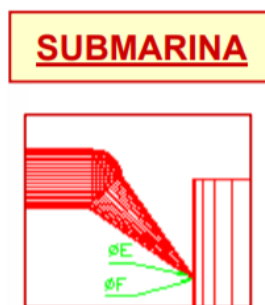
- Una entrada demasiado grande como para cortarse de la pieza al abrir el molde
- Material sensible a la cizalla (PVC).
- Distribución simultánea del flujo a través de un frente amplio para lograr una orientación específica de las fibras.



25. Figura. Ejemplos de ataque de corte manual.

2.4.4.4.2 RECORTE AUTOMÁTICO

Con este tipo de recorte se separa el sistema de alimentación de la pieza con la apertura del molde evitando operaciones secundarias para este proceso.



26. Figura. Ejemplos de ataque de corte manual.

El corte automático se realiza debido a la sección mínima que tiene la entrada. El material al enfriarse se contrae disminuyendo más la sección de entrada. Al ser esta tan débil a cizalla, al realizar la expulsión de la pieza se realiza la rotura de esta liberando la pieza del sistema de alimentación.

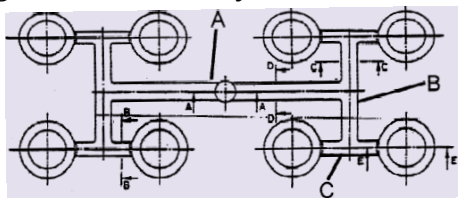
2.4.4.5 COLADA

A la hora de inyectar un material en el molde se puede hacerse mediante una colada fría o una colada caliente.

2.4.4.5.1 COLADA EN FRÍO

La colada en frío es el conjunto de bebedero, canal principal (A), canal auxiliar (B) y entrada (C). Es este sistema el que va a recorrer el material fundido hasta la cavidad. Es un sistema de corte manual o automática.

- Ventajas: Tiene un menor coste de puesta a punto y de mantenimiento. Si el volumen de producción es elevado la cantidad de escoria es más reducida.
- Desventajas: Mayor gasto de material y necesidad de expulsar los canales.

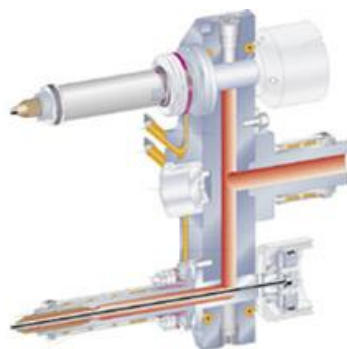


27. Figura. Residuos de la colada en frío.

2.4.4.5.2 COLADA CALIENTE

Un sistema de colada en caliente consiste en un distribuidor y un juego de boquillas, que mantienen la resina fundida desde su salida de la máquina inyectora hasta que entra en cada una de las cavidades, esto es, cada boquilla inyectará el material en una pieza. En este tipo de sistemas es muy importante tener un control eficiente de la temperatura.

- Ventajas: Reducción del material o eliminación de los desperdicios de la resina y reducción del tiempo de ciclo (este tipo de colada tiene el corte automático), al evitar los ramales de la pieza de inyección.
- Desventajas: Mayor inversión principal y mayor tiempo de inactividad por controles de mantenimiento.



28. Figura. Sistema de cámara caliente.

2.4.4.5.3 COLADA MIXTA

Este tipo de colada es la combinación entre la colada en frío y colada en caliente. Se suele utilizar cuando se desea una colada en caliente pero esta no es posible por toda la pieza o su instalación tiene un gran coste. La mayor ventaja en comparación con la colada en frío es la reducción del sistema de alimentación.



29. Figura. Sistema de colada mixta.

2.4.5 SISTEMA DE EXPULSIÓN

El sistema de expulsión se encarga de extraer la pieza, que tiende a quedarse fija sobre el núcleo, sin que esta sufra ninguna deformación y la extracción del sistema de alimentación en caso de que sea necesario. Lo más habitual es que este proceso se realice con un solo movimiento, siendo en algunos casos, necesarios la implantación de otros debido a la geometría compleja de la pieza.

El sistema de expulsión dependerá de:

- La contracción
- Ángulo de desmoldeo
- Módulo elástico
- Rozamiento
- Acabado superficial
- Área de contacto
- Etc.

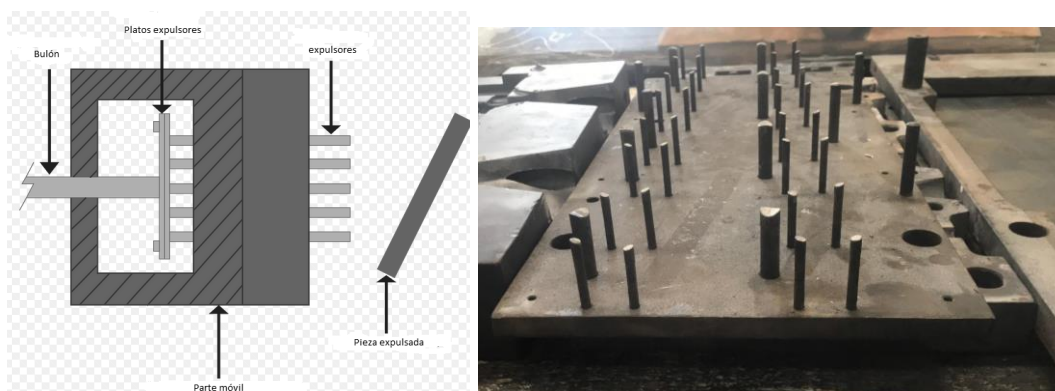
2.4.5.1 METODO DE EXTRACCIÓN

2.4.5.1.1 EXTRACCIÓN MEDIANTE EXPULSORES

Es el más utilizado y uno de los sistemas más baratos, debido a la maniobrabilidad que da a la hora de la instalación de los otros elementos, por ejemplo, el sistema de atemperamiento.

Un expulsor es una barra, que extrae una pieza fuera del molde. Los expulsores suelen tener una sección circular, aunque se mecaniza la punta con la forma de la pieza para adecuarse correctamente, y es por esto que se debe evitar el giro de los expulsores. Habitualmente, los expulsores se colocan entre dos placas, comúnmente llamadas placas expulsoras. A una de las placas se le aplicarán una cajeras para que el expulsor entre y no tenga la opción de giro, mientras que la otra placa se atornillara a la primera evitando que salgan. El movimiento de las placas expulsoras será la misma que la máquina de inyección.

Es importante que los expulsores estén colocados en puntos estratégicos de la pieza para su correcta expulsión. Se recomienda ubicar los expulsores cerca de las zonas más verticales, es decir, en las zonas que opongan mayor resistencia.



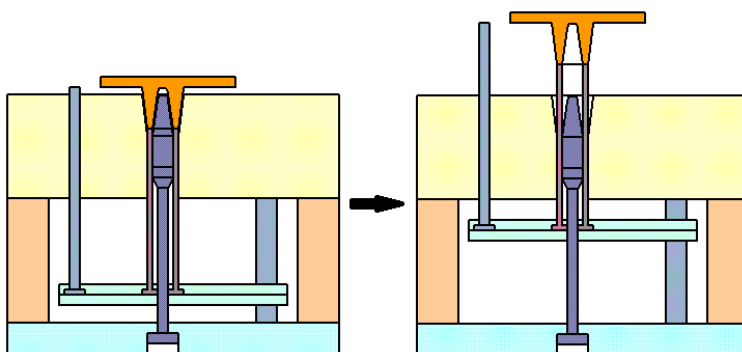
30. Figura. Ejemplo de un sistema de expulsores.

El uso de expulsores con una sección reducida tiende a dejar marcas visibles debido a que su punto de aplicación será reducido también, aplicando una gran presión en un punto pequeño. Es por ello que este tipo de elementos no son recomendables para colocarlos en puntos visibles de la pieza, y tampoco, cuando se desee conseguir una tolerancia ajustada. En cambio, al usar unos expulsores de una sección mayor dejará una marca menos visible en la pieza, aunque teniendo menor espacio para la instalación de otros elementos.

Se aplicará un tratamiento superficial a los extremos de los expulsores con el fin de tener un desgaste menor, aumentando así la vida útil del expulsor.

2.4.5.1.2 EXTRACCIÓN MEDIANTE CASQUILLOS

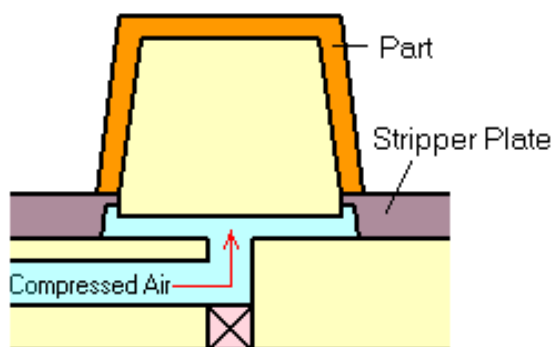
Este sistema consta de un casquillo que se coloca en un expulsor fijo que le sirve de guía, siendo su movimiento el mismo que la extracción mediante expulsores. Con este sistema se logra un área de mayor contacto dejando una marca menos visible en la pieza, siendo adecuadas para la expulsión en zonas vistas de la pieza. Por el contrario, este sistema necesitará un área mayor que los expulsores mediante bulones.



31. Figura. Expulsión mediante casquillos.

2.4.5.1.3 EXTRACCIÓN POR AIRE COMPRIMIDO

La expulsión mediante aire comprimido consiste en la inyección del aire a gran presión para expulsar la pieza. Este tipo de sistemas no deja ninguna marca en la superficie de la pieza siendo adecuadas para la expulsión de zonas visibles de la pieza. En cambio, este sistema es más costoso por la necesidad de un sistema mecánico que lo controle y el mecanizado de los canales de expulsión por los que se transmitirá el aire.



32. Figura. Expulsión por aire comprimido.

2.4.5.2 EXTRACCIÓN PERPENDICULAR AL DESMOLDEO

A veces, no es posible realizar el desmoldeo del molde mediante sistemas comunes debido a contrasalidas, taladros... En estos casos serán necesarios utilizar los siguientes elementos.

2.4.5.2.1 CARROS

Se utilizan carros cuando el elemento a fabricar tiene una contrasalida o un agujero en la dirección del desmoldeo en la cara positiva de la pieza.

Los carros constan al menos de 4 elementos:

- Cuerpo: En la punta de esta estará grabada la forma de la figura de la pieza.
- Base: Es la parte donde se desliza el cuerpo.
- Regletas: Estas se colocan al lado del cuerpo para limitar su movimiento en una única dirección.
- Elemento de accionamiento: Este será el elemento que accione nuestro carro.

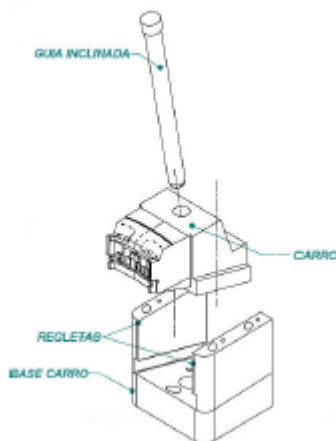
Dependiendo la aplicación se usará un tipo u otro tipo de carro:

2.4.5.2.1.1 CARRO ESTANDAR CON GUÍA

Estos carros se accionan mediante una guía inclinada, la cual irá roscada en la porta-cavidad. Cuanto mayor sea la inclinación de la guía, mayor recorrido tendrá el carro, pero también será mayor la posibilidad de gripado. Esta guía tendrá una inclinación máxima de 15º y el agujero por el que atraviesa deberá de tener una holgura mínima de 2mm.

Respecto al funcionamiento del carro, esta se accionará a la vez que la apertura del molde, ya que la guía desplazará al carro. Su cierre se realizará con el cierre del molde empujado por el núcleo.

Este tipo de carros son una opción económica y fácil de ajustar. No obstante, ocupan gran volumen en el molde y puede darse roturas en la guía.



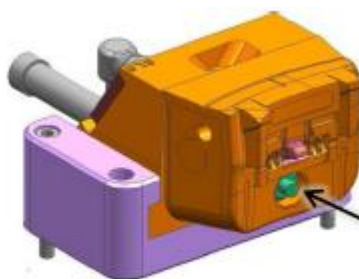
33. Figura. Carro estándar con guía.

2.4.5.2.1.2 CARRO ESTANDAR CON MUELLE DE GAS

El accionamiento de estos carros se realizará debido a un muelle de gas. El muelle irá roscado en la dirección de apertura del carro y ejercerá una fuerza sobre esta para realizar la apertura. El carro volverá a su posición principal empujado por la cavidad.

Estos muelles son elementos comerciales, por lo cual su carrera estará limitada. Para poder optar a la carrera deseada, se hace uso de tornillos pequeños que limiten dicha carrera.

Estos carros tienen un gasto económico mayor que los carros con guía, pero son más fáciles de ajustar y ocupan un espacio menor en el molde.

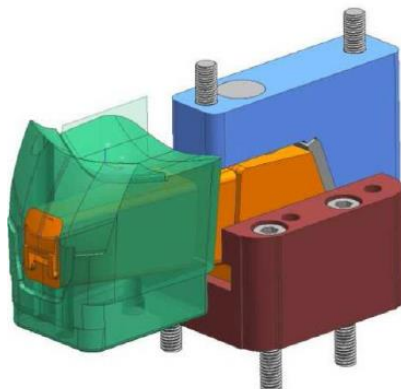


34. Figura. Carro estándar con muelle de gas.

2.4.5.2.1.3 CARRO SUBMARINO

Este tipo de carro se acciona mediante una guía como en los carros estándar. La mayor diferencia respecto a los carros estándar es su geometría, este tipo de carro tiene un cuerpo más estrecho y mucho más alargado, por lo que le permite llegar a zonas más complicadas de la pieza.

Estos carros, como los carros estándar con guía, precisan largas carreras para la expulsión y puede darse el gripado. Además, la colocación o el ajuste en el molde son más complicados.



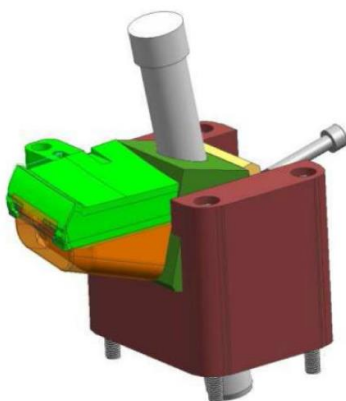
35. Figura. Carro submarino.

2.4.5.2.1.4 CARRO DOBLE

Este tipo de carro permite liberar dos contrasalidas, la que tiene la pieza en la dirección del desmoldeo y la que impida la salida del carro.

Para ello, el carro consta de dos cuerpos que se deslizan entre sí. El cuerpo secundario, liberará la contrasalida del molde, el principal en cambio, liberará la contrasalida para el desmoldeo del carro.

Este tipo de sistema solamente se utiliza en caso de ser necesario, ya que el ajuste es complicado y ocupa gran espacio.



36. Figura. Carro doble.

2.4.5.2.2 DESPLAZABLES

Se utilizan desplazables cuando el elemento a fabricar tiene una contrasalida o un agujero en la dirección del desmoldeo en la cara negativa de la pieza.

Los carros constan al menos de 4 elementos:

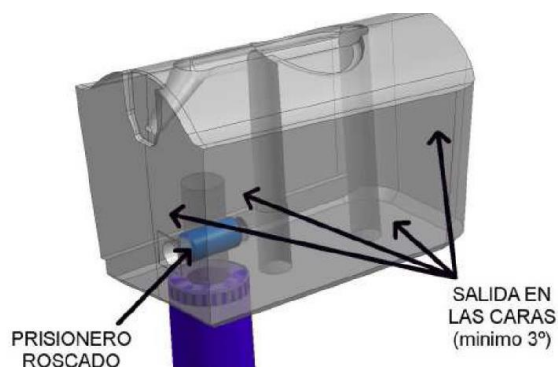
- Cuerpo: En él estará grabado la forma de la figura de la pieza.
- Base: Es la parte donde se desliza el cuerpo.
- Vela: Será el elemento que una el cuerpo con la base.
- Elemento guía: Como su nombre indica, este elemento limitará la dirección del desplazable.

Dependiendo la aplicación se usará un tipo u otro de desplazable:

2.4.5.2.2.1 DESPLAZABLES INCLINADOS

Este tipo de desplazables son los más utilizados debido a su simple configuración. La base del desplazable se posicionará en las placas expulsoras fijada por un tornillo y encima de ella deslizará el cuerpo de T inversa. A sí mismo, este tornillo servirá para limitar el recorrido del elemento.

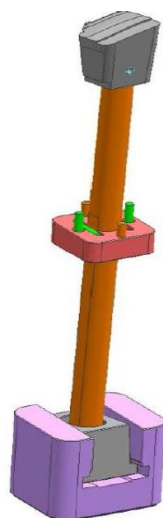
El cuerpo deberá de tener una inclinación mínima de 3° en las caras que no tengan grabadas la geometría de la pieza. Para evitar el giro de la vela, una vez introducida la vela en el cuerpo se mecaniza un agujero de rosca menor que atraviesa la vela y se introduce un prisionero.



37. Figura. Detalle del prisionero

El accionamiento del desplazable se realizará con el cierre y la apertura del sistema de expulsión. Además, este elemento trabajará también como expulsor una vez desmoldeada la cara o el agujero deseado.

Estos elementos ocupan un espacio menor que lo carros, pero su ajuste es complicado debido al movimiento inclinado. Además las velas tienden a romperse debido a los esfuerzos.

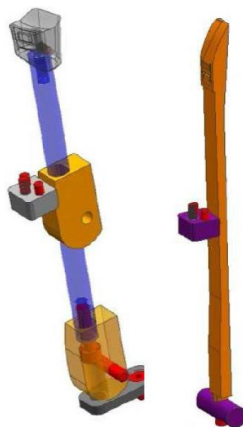


38. Figura. Desplazable inclinado.

2.4.5.2.2 DESPLAZABLES BASCULANTES

Estos desplazables funcionan del mismo modo que los desplazables inclinados. La mayor diferencia entre estos dos elementos radica en el accionamiento de la vela. Esta, rota sobre una superficie mediante una leva para que el cuerpo pueda salir de la pieza.

Este tipo de desplazable se suele utilizar en caso de tener un espacio menor, aunque su ajuste es más complicado que en los desplazables inclinados.



39. Figura. Desplazable basculante.

2.4.5.2.3 DESPLAZABLES RECTOS

Son los desplazables con la configuración más simple y trabajan más como expulsoras que liberando contrasalidas. Estos elementos se utilizan cuando las superficies forman geometrías complicadas, ya que resultaría complicado mecanizar dicha geometría en el extremo de un expulsor.

Estos desplazables se colocan en las placas expulsoras como los desplazables inclinados y también precisan de caras con 3º de inclinación y el tornillo prisionero.



40. Figura. Desplazable recto.

2.4.5.3 TIPOS DE ACCIONAMIENTO

Existen varios tipos de accionamiento; mecánicos, electromagnéticos etc. Este trabajo se centrará en el uso de accionamientos mecánicos.

2.4.5.3.1 ACCIONAMIENTO POR BULONES

Los bulones son elementos de gran tamaño que están colocados de tal manera que sobresalgan de las placas expulsoras. Cuando el molde se abre, estos elementos impactan contra el zócalo fijo evitando el movimiento de las placas expulsoras. Esta acción, permite que la parte móvil del molde siga abriéndose, mientras que los expulsores sobresalen se la cavidad extrayendo la pieza.

Es un sistema que no ofrece una gran capacidad de extracción pero en el caso de moldes de un tonelaje pequeño es suficiente. Además, es un sistema barato y simple.

2.4.5.3.2 ACCIONAMIENTO POR PISTONES

Este tipo de accionamiento se utiliza para moldes de tonelaje mediano o grande. El movimiento de la placa expulsora es realizado por un pistón hidráulico independiente del sistema de cierre. La fuerza de expulsión máxima estará limitada por las características del pistón. Es un sistema más caro y complejo por la necesidad de implantación del sistema hidráulico y su mantenimiento.

Se recomienda usar un número par de pistones para que la fuerza de extracción sea equilibrada alrededor de toda la pieza.

2.4.5.4 SISTEMA DE RETORNO

Son los sistemas de seguridad del sistema de expulsión y se encargan de que ningún expulsor impacte con la cavidad evitando que se dañen.

Este sistema puede ser mecánico, neumático, hidráulico etc., siendo los primeros los más económicos por su sencillez. La elección del tipo de sistema dependerá directamente de las características del molde.

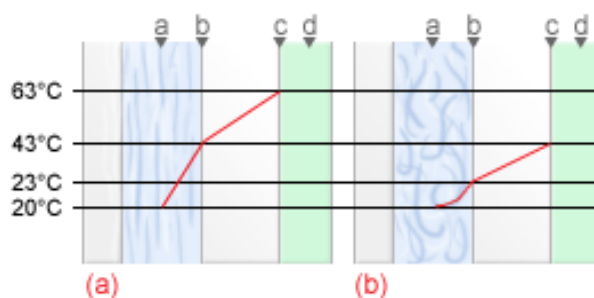


41. Figura. Sistema de retroceso mecánico.

2.4.6 SISTEMA DE ATEMPERAMIENTO

Los sistemas de atemperamiento son sistemas de refrigeración o calefacción con el objetivo de mantener una refrigeración uniforme para garantizar la calidad de la pieza, y una refrigeración rápida para minimizar los costes de producción. Los sistemas de atemperamiento tienen como objetivos principales la refrigeración uniforme de la pieza y minimizar tiempo de ciclo, dependiendo principalmente de la distribución del sistema y velocidad del flujo.

Se recomienda el uso de flujos turbulentos, ya que la capacidad de transferencia de calor aumenta cuanto más turbulento sea el flujo. La inclusión de curvas en el canal de refrigeración aumenta la turbulencia, lo que provoca una gran pérdida de presión y un aumento en la capacidad de transferencias de calor. Para una correcta refrigeración se recomienda un número de Reynolds de 4.500, en cambio, si se desea un flujo completamente turbulento, se recomienda que el número de Reynolds esté cerca de 10.000.



42. Figura: Flujo laminar (a) vs flujo turbulento (b)

A la hora de diseñar el sistema de atemperamiento estará limitado por restricciones mecánicas, como expulsores, desplazables... teniendo que tenerlos en cuenta además del tipo de circuito deseado.

2.4.6.1 TIPO DE CIRCUITO

2.4.6.1.1 CIRCUITO EN SERIE

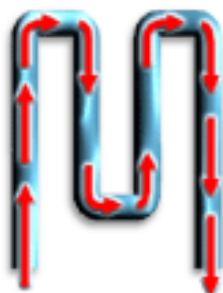
En el circuito en serie los canales de refrigeración son conectados en un único bucle desde la entrada de refrigerante hasta la salida.

Se recomienda que la diferencia de temperatura del refrigerante entre la entrada y la salida no sea superior a 5°C, disminuyendo hasta los 3°C para molde de precisión. En moldes grandes, es posible la necesidad del uso de varios sistemas para garantizar una temperatura de refrigeración uniforme.

- Ventajas: Sencillez a la hora de mantener un flujo turbulento durante todo el circuito ya que la velocidad del flujo es la misma en todas las secciones, y

capacidad de poner alterarla fácilmente cambiando los parámetros de entrada.

- Desventajas: Grandes longitudes del circuito provocan grandes pérdidas de bombeo, transformando a lo largo del circuito un flujo turbulento en uno laminar y mayor limitación a la hora del diseño.

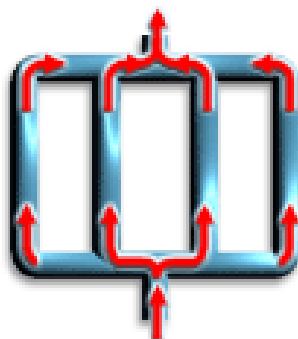


43. Figura: Circuito en serie

2.4.6.1.2 CIRCUITO EN PARALELO

En un circuito en paralelo los canales se dividen desde el colector de suministros hasta un colector de recogida. Debido a la división de los canales, la velocidad del flujo a lo largo de cada uno de ellos puede ser diferente, produciendo una refrigeración no uniforme. La capacidad de refrigeración en este tipo de circuitos dependerá del diámetro de la sección y la longitud de cada ramal.

- Ventajas: Pérdida de presión menor, posibilidades de refrigerar puntos remotos de la pieza y la posibilidad de mantener una refrigeración más eficiente en caso de espesores no uniformes.
- Desventajas: La velocidad de cada ramal se reduce cuantas más ramas se incorporen, reduciendo la eficiencia del refrigerante. En caso que un ramal resulte bloqueado por residuos, la velocidad del flujo en ese punto se reducirá mientras que en las otras aumenta provocando una refrigeración desigual.



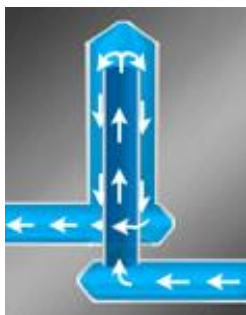
44. Figura: Circuito en paralelo

2.4.6.2 DEFLECTORES Y FUENTES

Las fuentes y los deflectores son secciones de los canales de refrigeración que desvían el flujo de refrigerante hacia áreas del molde que no se pueden refrigerar eficazmente mediante los conductos normales.

2.4.6.2.1 FUENTES

Las fuentes se crean insertando un tubo en el centro de un agujero perforado, formando un canal anular. El refrigerante fluye desde la base del tubo y sale por la parte superior.



45. Figura: Fuente

2.4.6.2.2 DEFLECTORES

Un deflector se construye insertando una placa de metal en los canales de refrigeración. La placa hace que el flujo de refrigerante suba por un lado y baje por el otro. El deflector interrumpe el flujo de refrigerante creando turbulencias que mejora la capacidad de transferencia de calor.



46. Figura. Deflector.

A pesar de que los deflectores generen pérdidas de presión también tienden a interrumpir el flujo creando así turbulencias y mejorando la transferencia de calor.

2.5 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

2.5.1 MATERIAL

Para la elección del material ha de tenerse en cuenta en las condiciones que estará sometida dicha pieza; si trabaja a fatiga o estática, si estará sometida a vibraciones, cargas eléctricas, acabado superficial de la pieza etc. Además, también ha de tenerse en cuenta en el entorno que trabaja; temperatura de trabajo, humedad... Teniendo todo lo anterior en cuenta se debe seleccionar que tipo de material se usará (termoplástico, elastómero...) entre todas las demás posibilidades y dependiendo de las características del material, se decidirá las características de inyección (viscosidad, temperatura de fusión...).






La pieza a fabricar es una cubierta de un retrovisor de coche. Esta pieza trabajará a fatiga, teniendo que soportar una carga alterna que generará el viento. Además, también soportará las vibraciones transmitidas desde los demás elementos del coche.

En cuanto al acabado superficial, este tendrá que ser buena para su posterior pintado se acople correctamente y visualmente quede bien. Además, la cubierta del retrovisor tendrá que aislar de la lluvia y la humedad la parte interior. Por último, estadísticamente se ha comprobado en caso de choques leves entre dos vehículos este suele darse la mayoría de veces en los retrovisores, por ejemplo, en vías estrechas. Por ello, el material tendrá que tener una gran resistencia mecánica frente a los impactos.


Teniendo en cuenta todo esto se decide utilizar un termoplástico llamado *acrilonitrilo butadieno estireno* (ABS). Se selecciona este plástico por sus buenas propiedades mecánicas (dureza, resistencia al impacto...), facilidad de procesabilidad, resistencia química y bajo coste.

Las propiedades principales de la materia prima ofrecida, con nombre comercial ABS, serán las siguientes:

Physical Properties	Metric	English
Density	0.882 - 3.50 g/cc	0.0319 - 0.126 lb/in ³
Water Absorption	0.025 - 2.3 %	0.025 - 2.3 %
Moisture Absorption at Equilibrium	0.10 - 0.24 %	0.10 - 0.24 %
Water Absorption at Saturation	0.30 - 1.03 %	0.30 - 1.03 %
Maximum Moisture Content	0.010 - 0.15	0.010 - 0.15
Linear Mold Shrinkage	0.0015 - 0.0080 cm/cm	0.0015 - 0.0080 in/in
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.0020 - 0.0090 cm/cm	0.0020 - 0.0090 in/in
Melt Flow	0.080 - 75 g/10 min	0.080 - 75 g/10 min

Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Rockwell R	90 - 122	90 - 122
Ball Indentation Hardness	70.0 - 120 MPa	10200 - 17400 psi
Tensile Strength, Ultimate	2.60 - 73.1 MPa	377 - 10600 psi
 Tensile Strength, Ultimate	20.0 - 52.0 MPa @Temperature -18.0 - 90.0 °C	2900 - 7540 psi @Temperature -0.400 - 194 °F
Tensile Strength, Yield	20.0 - 77.0 MPa	2900 - 11200 psi
 Tensile Strength, Yield	64.0 - 64.0 MPa @Temperature -18.0 - -18.0 °C	9280 - 9280 psi @Temperature -0.400 - -0.400 °F
Elongation at Break	1.4 - 110 %	1.4 - 110 %
 Elongation at Break	15 - 15 % @Temperature -18.0 - -18.0 °C	15 - 15 % @Temperature -0.400 - -0.400 °F
Elongation at Yield	1.7 - 6.0 %	1.7 - 6.0 %
Modulus of Elasticity	0.778 - 6.10 GPa	113 - 885 ksi
 Modulus of Elasticity	2.81 - 2.81 GPa @Temperature -18.0 - -18.0 °C	408 - 408 ksi @Temperature -0.400 - -0.400 °F
Flexural Yield Strength	10.3 - 655 MPa	1500 - 95000 psi
Flexural Modulus	0.0241 - 6.89 GPa	3.50 - 1000 ksi
 Flexural Modulus	1.50 - 4.00 GPa @Temperature 60.0 - 90.0 °C	218 - 580 ksi @Temperature 140 - 194 °F

Optical Properties	Metric	English
Haze	2.0 - 4.0 %	2.0 - 4.0 %
Gloss	30 - 98 %	30 - 98 %
Yellow Index	-1.40 - 24.3 %	-1.40 - 24.3 %
Transmission, Visible	0.00 - 90 %	0.00 - 90 %

Processing Properties	Metric	English
Processing Temperature	177 - 232 °C	350 - 450 °F
Nozzle Temperature	191 - 274 °C	375 - 525 °F
Adapter Temperature	200 - 250 °C	392 - 482 °F
Die Temperature	200 - 250 °C	392 - 482 °F
Melt Temperature	149 - 323 °C	300 - 613 °F
Mold Temperature	10.0 - 90.0 °C	50.0 - 194 °F
Injection Velocity	200 - 240 mm/sec	7.87 - 9.45 in/sec
Roll Temperature	60.0 - 100 °C	140 - 212 °F
Drying Temperature	70.0 - 93.3 °C	158 - 200 °F
 Drying Temperature	70.0 - 80.0 °C @Temperature 2.00 - 4.00 °C	158 - 176 °F @Temperature 35.6 - 39.2 °F

1. Tabla. Propiedades ABS

2.5.2 MOLDE MULTICAVIDAD

Se decide utilizar un molde multicavidad con el fin de reducir el tiempo de producción por pieza.

2.5.3 MOLDE COMÚN

Para la expulsión de la pieza será necesaria la implantación de los desplazables. Siendo estos elementos activados mediante el sistema de expulsión se utilizará un molde común.

2.5.4 PUNTO DE INYECCIÓN

Para conocer el punto de inyección óptimo de la pieza se a realizada un estudio en Autodesk Moldflow 2019 analizado en *3.2.3 Análisis de posición de entrada*.

Aunque el punto de inyección óptimo es en la cara superior del retrovisor, al ser esta una zona visible de la pieza se decide inyectar desde un lateral. Para ello se hará uso de una entrada submarina.

2.5.5 COLADA FRÍA

Se ha realizado un estudio sobre costos entre colada en frio y caliente en el apartado *3.1.3. Análisis de colada* mediante una herramienta de cálculo proporciona por Milacron en el cual se ha decidido el uso de una colada fría.

2.5.6 MOLDE DE DOS PLACAS

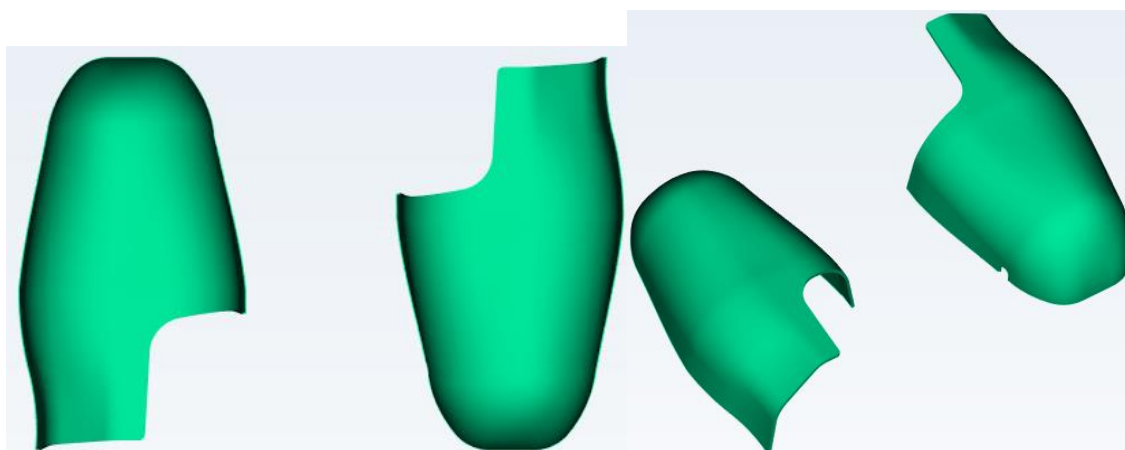
Al posicionar el punto de inyección en la línea de partición, esta posibilita el uso de molde de dos placas, siendo estas las más comunes y menor coste conllevan.

2.5.7 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Se decide utilizar un sistema de alimentación con canal circular, siendo esta la que ofrece las mejores características. Además, al tener una distribución pequeña, el coste de mecanizado no será muy elevado. Como se ha mencionado en el apartado *2.5.4 Punto de inyección*, se utilizará una entrada submarina, ya que esta entrada posibilita la inyección por una zona no visible de la pieza y además al ser una entrada de corte automático reduce los procesos posteriores. Debido a la entrada seleccionada, se implementa un expulsor en el sistema de alimentación. La función de este elemento serán dos; primero retendrá el sistema a la hora de la expulsión de la pieza para realizar el corte y segundo, será el encargado de expulsar el sistema.

2.5.8 DISTRIBUCIÓN

Al ser una pieza de gran tamaño se ha decidido utilizar una distribución paralela pero con direcciones inversas entre ambas piezas para inyectar desde el mismo punto. Será necesario respetar una distancia mínima entre cavidades la cual asegure la resistencia de la sección a las presiones ejercidas por los flujos y que asegure una buena transmisión de calor de cada cavidad, evitando así zonas mal refrigeradas.



47. Figura. Distribución de cavidades.

2.5.9 SISTEMA DE EXPULSIÓN

2.5.9.1 EXPULSIÓN MEDIANTE EXPULSORES

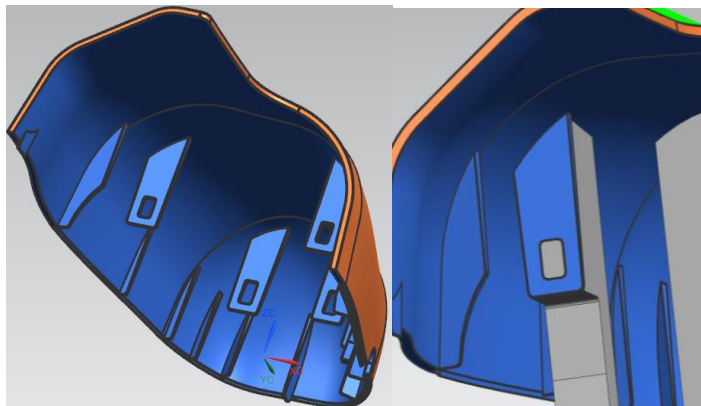
Se ha decidido utilizar un método de expulsión por expulsores, siendo estas las más económicas. Al realizar el accionamiento de estos elementos es la zona no vista de la pieza y al no necesitar ninguna tolerancia en dicha zona, estos serán los elementos más adecuados.

2.5.9.2 ACCIONAMIENTO POR PISTONES

Al tratarse de un molde mediano, la superficie proyectada será de tamaño considerable, por lo que la fuerza de cierre superará las 200 toneladas, siendo necesario un accionamiento por pistones. Para ello se realizará, un taladro de $\varnothing 20\text{mm}$ en el zócalo móvil para pasar el eje por ella y cuatro tornillos de cabeza Allen M8 a una distancia de $\varnothing 21\text{mm}$ para su roscado en la placa expulsora inferior.

2.5.9.3 DESPLAZABLES

Debido a la geometría de la pieza, está consta de cuatro contrasalidas formadas por agujeros en la dirección del desmoldeo.



48. Figura. Detalle de las contrasalidas

Debido a estas contrasalidas para realizar la extracción de las piezas serán necesarias la implantación de desplazables. Así mismo, estos elementos ayudarán en la expulsión de la pieza.

Se decide el uso de desplazables inclinados, ya que la distribución del sistema de expulsión y de atemperamiento, permite su correcta colocación.

2.5.10 RETROCESOS

Se hará uso de cuatro retrocesos mecánicos, los cuales serán los encargados de evitar daños del sistema de expulsión.

2.5.11 SISTEMA DE ATEMPERAMIENTO

2.5.11.1 DISTRIBUCIÓN EN SERIE

Se hará uso de un sistema de atemperamiento con distribución en serie ya que ofrece mejores resultados en la calidad de refrigeración y mayor facilidad para controlar parámetros como el caudal.

Para facilitar el mecanizado del sistema, este se ha realizado en planos paralelos en vez de seguir la geometría de la pieza. Además, los cambios de dirección se realizarán fuera del molde evitando un mecanizado adicional.

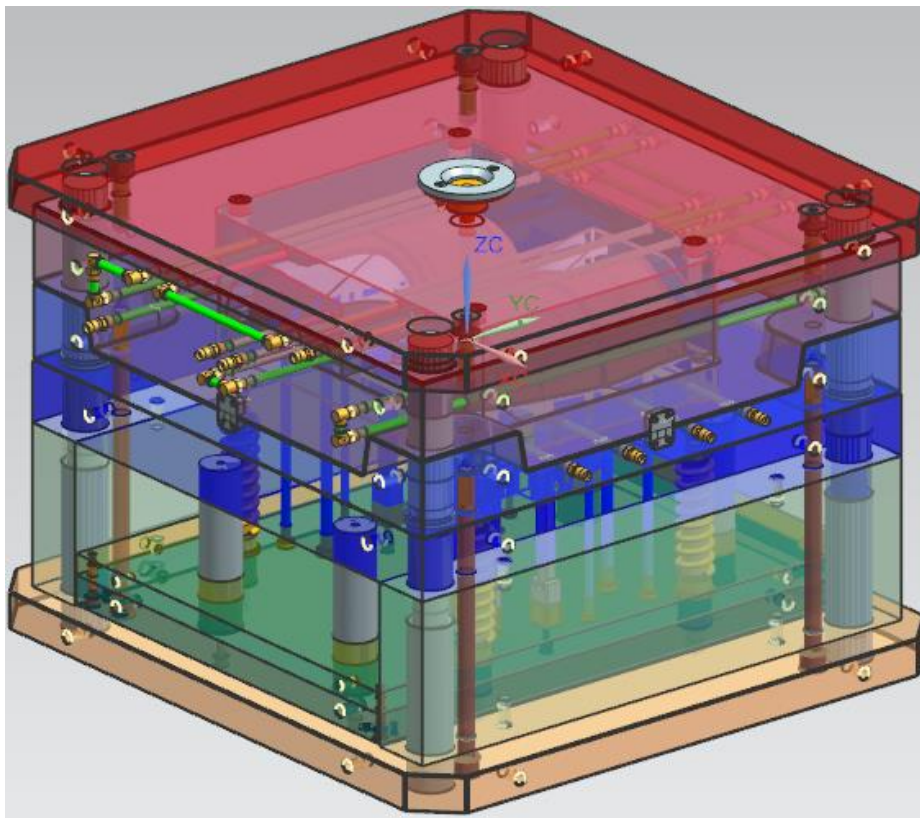
2.5.11.2 DEFLECTORES

Debido a la geometría abovedada de la pieza, para lograr la correcta refrigeración en la cara interna se decide el uso de deflectores.

2.5.12 ELEMENTOS DEL MOLDE

2.5.12.1 MOLDE

Se realiza el diseño y el ensamble de los diferentes elementos del molde obteniendo la siguiente geometría:



49. Figura. Molde completo.

Como se ha mencionado anteriormente, el molde estará compuesto por un sistema de alimentación de canal circular, sistema de expulsión mediante expulsores accionado por un pistón y el sistema de refrigeración en serie.

El molde estará compuesto por once placas. El transporte de las placas se realizará mediante cáncamos roscados como se explica detalladamente en el apartado 5.2.5 *Colocación del molde*. Para ello, se han mecanizado diversos taladros en las placas. Además, el molde constará de un sistema de cierre de seguridad para evitar la apertura del molde durante su transporte.

El guiado de las placas, se realizará mediante un sistema compuesto por columnas guía y casquillos guía. Así mismo, el expulsor del sistema de alimentación tendrá la función de ayudar en el centrado del sistema. La correcta alineación también se dará mediante el sistema de centrado

El molde pesará en torno a dos coma ochenta y siete toneladas y sus dimensiones serán 806x756x558mm. El conjunto del molde queda recogido en el plano MI-CJ-01.

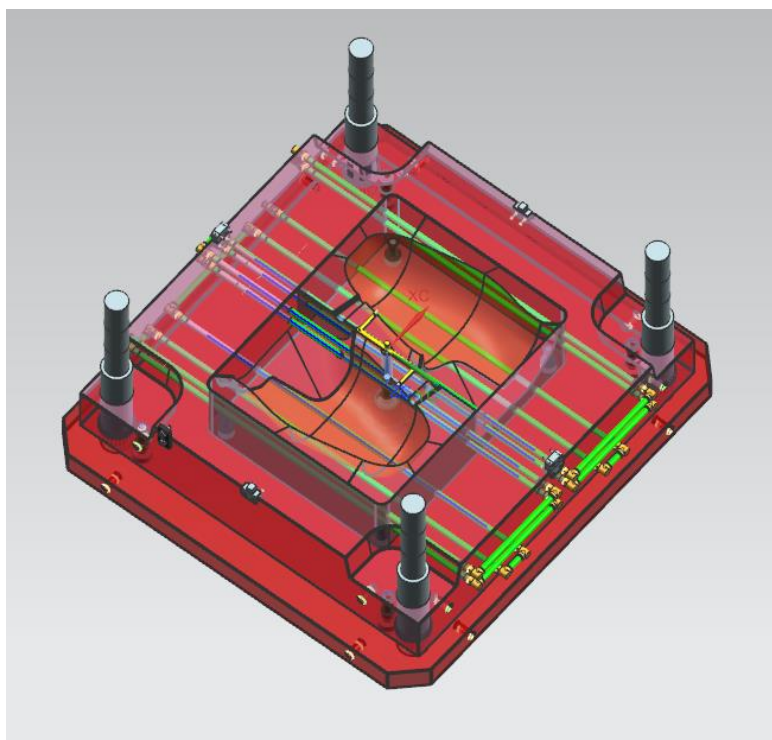
En general, el molde lo podemos dividir en dos mitades:

- Parte fija:

La parte fija se unirá al plato de la máquina de inyección en el que está ubicada la boquilla. Su función principal será la correcta alineación con la boquilla y el guiado de la apertura y el cierre del molde mediante el sistema de guiado previamente mencionado. Esta parte, permanecerá inmóvil durante todo el proceso.

La parte fija constará del zócalo fijo, porta cavidad, cavidad, columnas guía del molde, casquillos guía del molde, sistema de alimentación, sistema de refrigeración superior y anilla de contraje fija.

Estos elementos irán unidos mediante ajustes de apriete y/o tornillería, formando un bloque compacto.

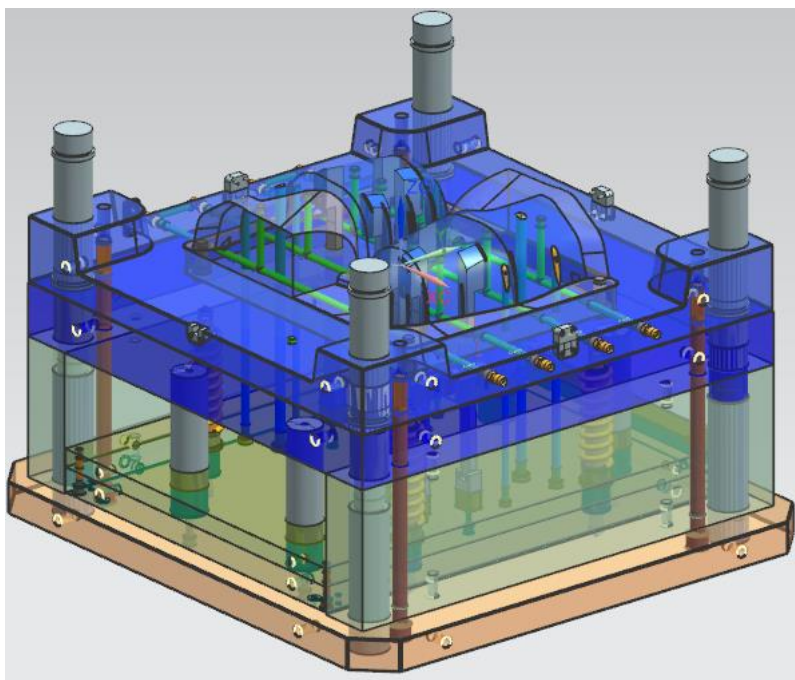


50. Figura. Parte fija.

- Parte móvil:

La parte móvil se unirá al plato de la máquina de inyección, este plato en cambio, permitirá el movimiento en la dirección del desmoldeo. Su función principal será la expulsión correcta de la pieza.

La parte móvil constará del zócalo móvil, placa expulsora inferior y superior, dos reglas, placa guía expulsores, porta-núcleo, núcleo, sistema de expulsión, columnas guía de las placas expulsoras y casquillos guía de las placas expulsoras.



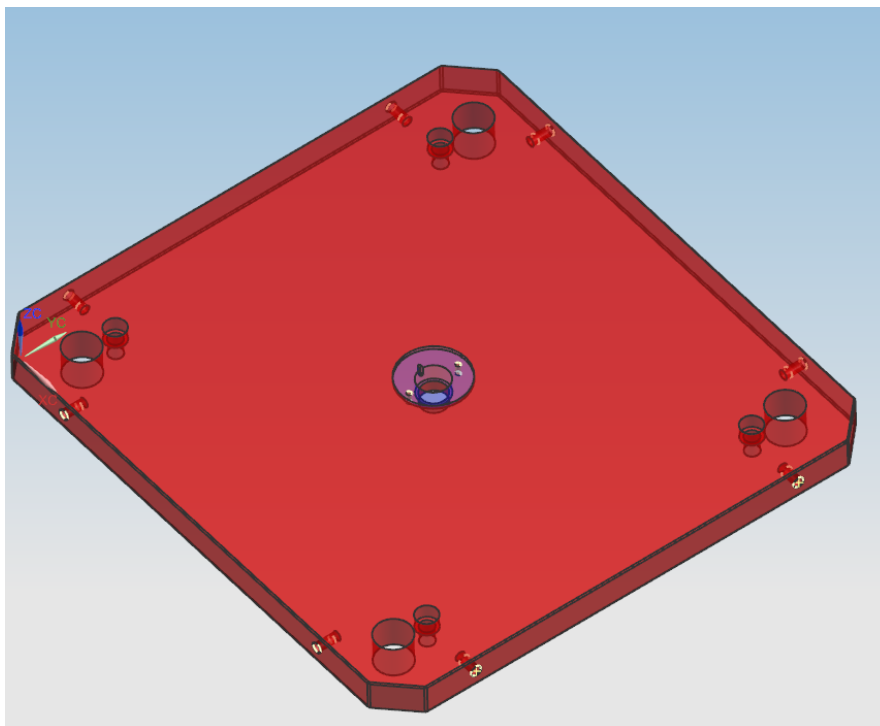
51. Figura. Parte móvil.

2.5.12.2 ZÓCALO FIJO

Se llama zócalo fijo a la placa que realiza la función de conectar la parte fija del molde con la máquina de inyección. Para realizar de manera ajustada la alineación con la máquina de inyección, llevará alojada una anilla de centraje fija, además del bebedero. Asimismo, se mecanizarán unos agujeros para el alojamiento de columnas guía y tornillos para la unión zócalo fijo porta-cavidad.

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

El zócalo será construido partiendo de una placa rectangular de material 1.2842. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$. Las dimensiones del zócalo fijo quedan representadas en el plano MI-PF-PI01.



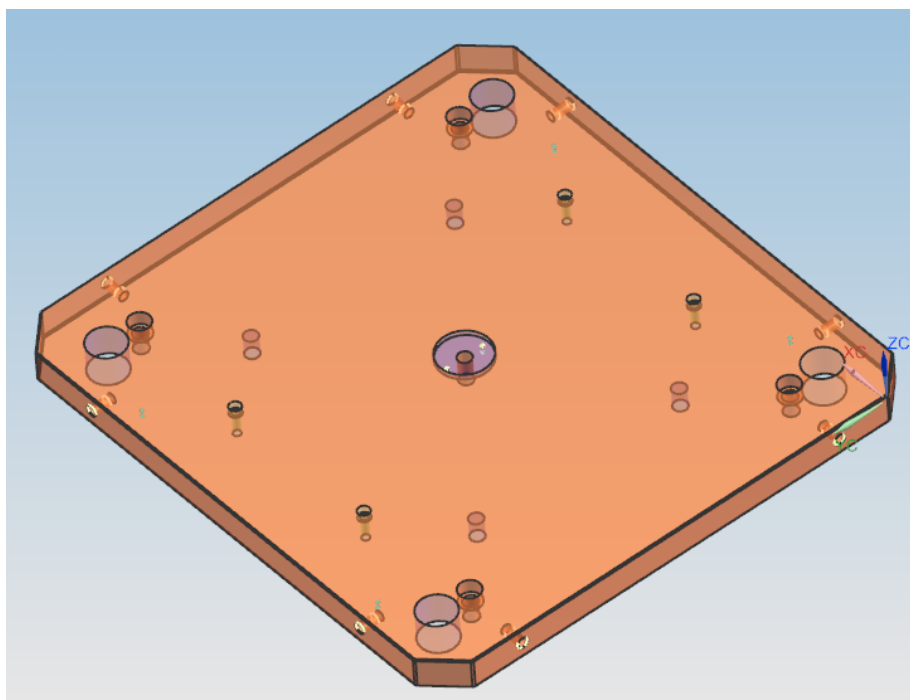
52. Figura. Zócalo fijo.

2.5.12.3 ZÓCALO MÓVIL

Se llama zócalo móvil a la placa que realiza la función de conectar la parte móvil del molde a uno de los platos de la máquina de inyección. Para realizar de manera ajustada la alineación con la máquina de inyección llevará alojada una anilla de centraje fija. Asimismo, se mecanizarán unos agujeros para el alojamiento de los casquillos guía columnas del molde, cuatro tornillos para la unión del zócalo móvil y placa expulsora inferior y cuatro tornillos para la unión del zócalo móvil, regle y porta-núcleo.

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

El zócalo será construido partiendo de una placa rectangular de material 1.2842. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$. Las dimensiones del zócalo móvil quedan representadas en el plano MI-PM-PI01.



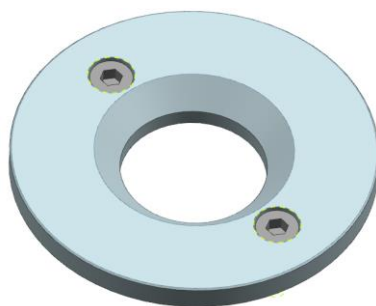
53. Figura. Zócalo móvil.

2.5.12.4 ANILLA DE CENTRAJE FIJA

La unión entre la anilla y el zócalo móvil se realizará con dos tornillos de M8 colocadas entre ellas a 180° y un ajuste deslizante para un correcto posicionamiento.

La función principal de este elemento será el centraje de la parte fija del molde a uno de los platos de la máquina de inyección y la facilitar la alineación del molde con la máquina de inyección.

La anilla de centraje seleccionada pertenece al catálogo MEUSBURGER, con referencia E 1362/110/ 100/44x13 de material 1.2379. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$.



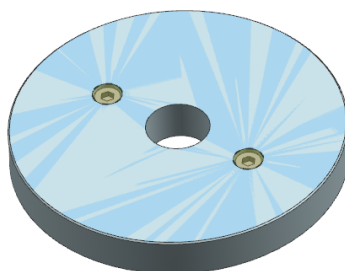
54. Figura. Anilla de centraje fija.

2.5.12.5 ANILLA DE CENTRAJE MÓVIL

La unión entre la anilla y el zócalo móvil se realizará con dos tornillos de M6 colocadas entre ellas a 180° y un ajuste deslizante para un correcto posicionamiento.

La función principal de este elemento será el centraje de la parte móvil del molde a uno de los platos de la máquina de inyección. Se puede diferenciar este elemento de la anilla de centraje fija porque este último no consta de un rebaje para facilitar el centrado.

La anilla de centraje seleccionada pertenece al catálogo MEUSBURGER, con referencia E 1372/110 x14 de material 1.2379. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$.



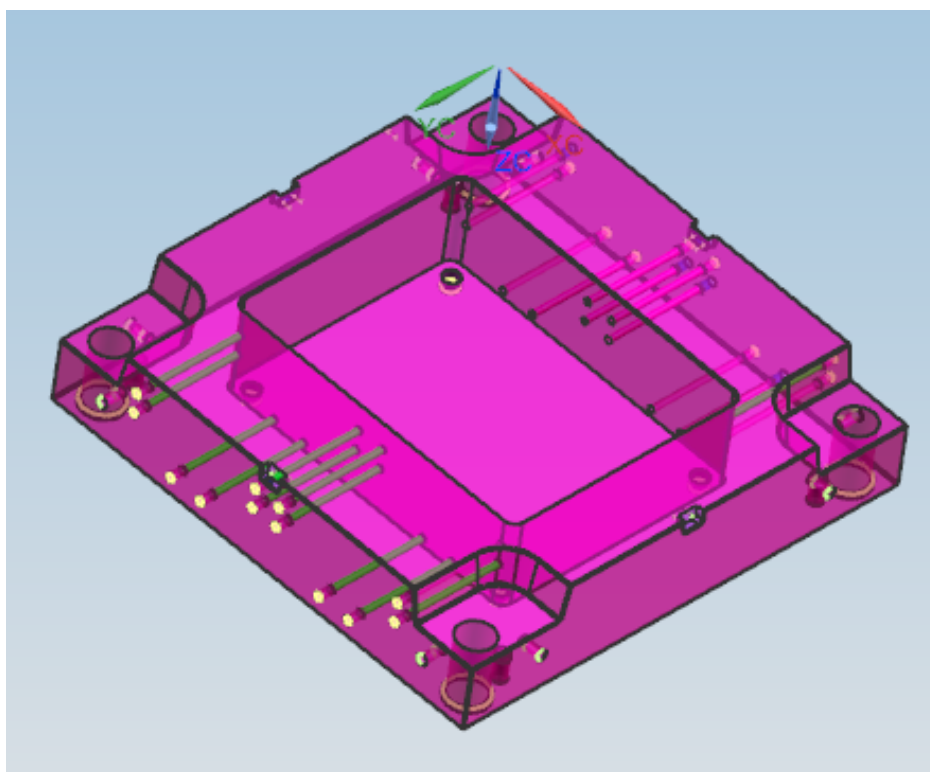
55. Figura. Anilla de centraje móvil.

2.5.12.6 PORTA-CAVIDAD

La porta-cavidad será la encargada de alojar la cavidad. Su unión al zócalo fijo se realizara mediante cuatro tornillos de M20. La cavidad irá unida a la porta-cavidad mediante ajustes deslizantes y cuatro tornillos M16. También se realizarán unos agujeros para los alojamientos de columna-guía molde, los cuales irán unido mediante un ajuste prieto y el alojamiento para los racores. Además se realizarán taladros pasantes de Ø10mm por el cual pasará el sistema de refrigeración.

En todas las aristas vivas de la porta-cavidad se mecanizarán chaflanes para evitar corte. Además, para facilitar el centrado del molde, en las esquinas que estén en contacto con el porta-núcleo se mecanizarán cajeras con un ángulo de 10°. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

La porta-cavidad será construida partiendo de una placa rectangular de material 1.2312. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3 \mu m$ y la superficie de partición se mecanizará con un acabado de $R_a=1,6 \mu m$ para el posterior pulido a mano, logrando un acabado superficial de $R_a=0,5 \mu m$. Las dimensiones de la porta-cavidad quedan representadas en el plano MI-PF-PI02.



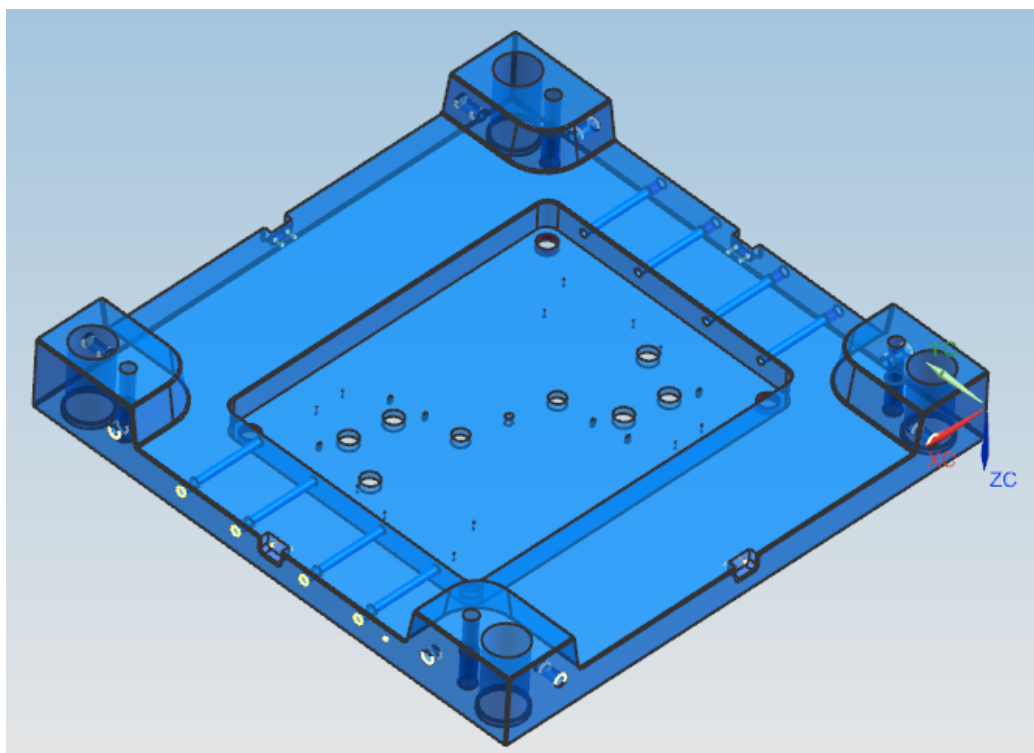
56. Figura. Porta-cavidad.

2.5.12.7 PORTA-NÚCLEO

El porta-núcleo será la encargada de alojar el núcleo. Su unión al zócalo móvil se realizara mediante cuatro tornillos de M20. El núcleo irá unido al porta-núcleo mediante ajustes deslizantes y cuatro tornillos M16. También se realizarán unos agujeros para los alojamientos de casquillos-guía molde, el cual irá unido mediante un ajuste prieto, el alojamiento para los racores y para el sistema de expulsión (conjunto de expulsores y desplazables). Además se realizarán taladros pasantes de $\varnothing 10\text{mm}$ por el cual pasará el sistema de refrigeración.

En todas las aristas vivas del porta-núcleo se mecanizarán chaflanes para evitar corte. Además, para facilitar el centrado del molde, en las esquinas que estén en contacto con la porta-cavidad se mecanizarán cajas con un ángulo de 10° . En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad *5.2.5 Colocación del molde*.

El porta-núcleo será construido partiendo de una placa rectangular de material 1.2312. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3 \mu\text{m}$ y la superficie de partición se mecanizará con un acabado de $R_a=1,6 \mu\text{m}$ para el posterior pulido a mano, logrando un acabado superficial de $R_a=0,5 \mu\text{m}$. Las dimensiones de la porta-núcleo quedan representadas en el plano MI-PM-PI02.



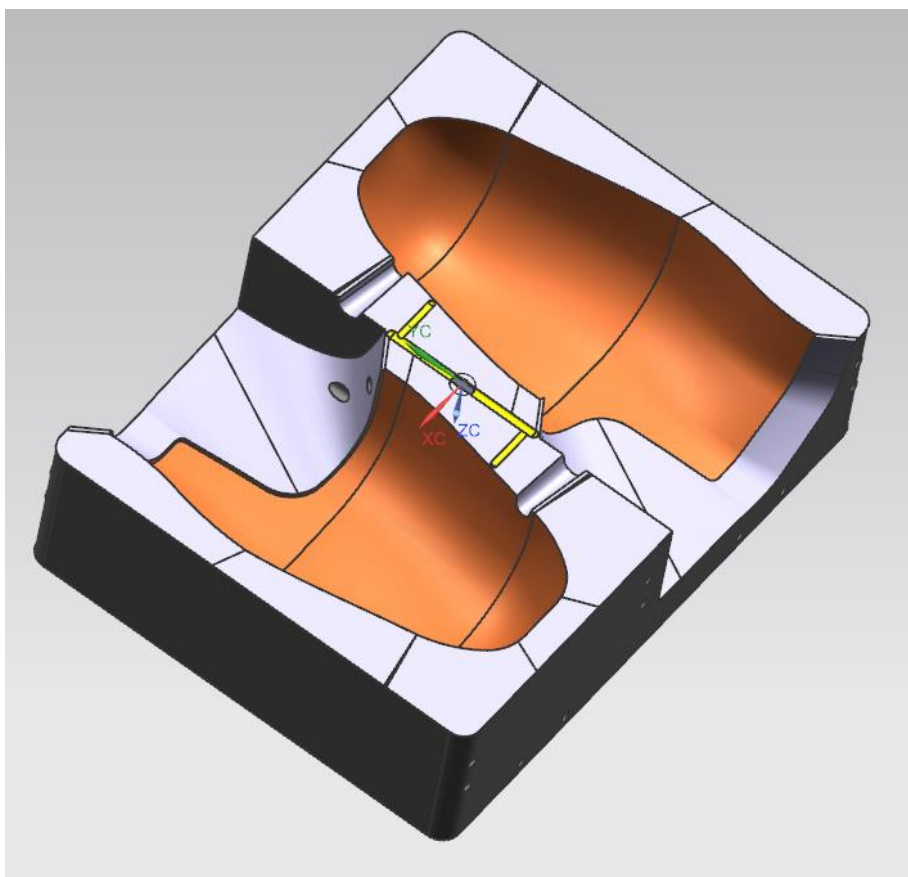
57. Figura. Porta-núcleo.

2.5.12.8 CAVIDAD

Se define como cavidad la placa que lleva grabadas las superficies positivas de la pieza a fabricar. Esta ira unida a la porta-cavidad mediante ajustes deslizantes y cuatro tornillos M16. Así mismo, la cavidad alojará los canales del sistema de alimentación y refrigeración.

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

La cavidad será construida partiendo de una placa rectangular de material 1.2738. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3 \mu m$ y la superficie de partición se mecanizará con un acabado de $R_a=1,6 \mu m$ para el posterior pulido a mano, logrando un acabado superficial de $R_a=0,5 \mu m$. Será necesario realizar un pulido por separado, logrando una rugosidad media de $0,08 \mu m$ en la superficie de las cuatro cavidades. Las dimensiones de la cavidad quedan representadas en el plano MI-PF-PI03.



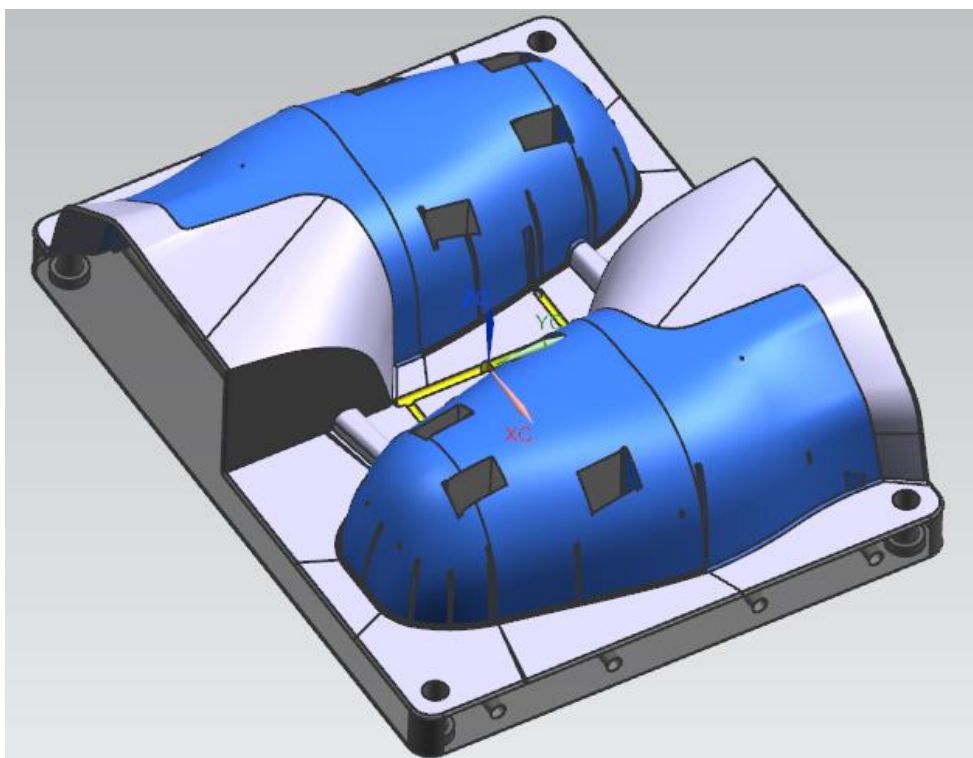
58. Figura. Cavidad.

2.5.12.9 NÚCLEO

Se define como núcleo la placa que lleva grabadas las superficies negativas de la pieza a fabricar. Esta ira unida a la porta-núcleo mediante ajustes deslizantes y cuatro tornillos M16. Así mismo, el núcleo alojará los canales del sistema de refrigeración, incluido deflectores y sus tapones de sellado. También llevará alojados los canales de ataque y la entrada del sistema de alimentación, esto se debe a que la entrada del material se realiza desde la línea de partición y se utiliza una entrada submarina.

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

El núcleo será construido partiendo de una placa rectangular de material 1.2738. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3 \mu m$ y la superficie de partición se mecanizará con un acabado de $R_a=1,6 \mu m$ para el posterior pulido a mano, logrando un acabado superficial de $R_a=0,5 \mu m$. Será necesario realizar un pulido por separado, logrando una rugosidad media de $0,15 \mu m$ en la superficie de los cuatro núcleos. Las dimensiones de la cavidad quedan representadas en el plano MI-PM-PI03.



59. Figura. Núcleo.

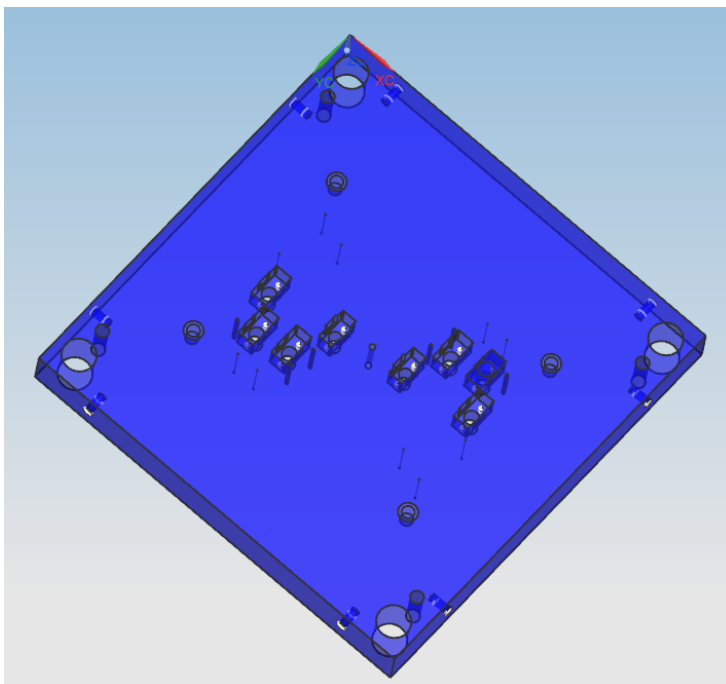
2.5.12.10 PLACA GUIA EXPULSORES

Se llama placa guía expulsora a la placa que está colocada entre el regle y de la porta-núcleo. Su función principal será ayudar en el guiado de los expulsores además de reducir la posibilidad del pandeo de los elementos. Además, en ella se fijarán los desplazables para una mayor rigidez.

Esta placa constará de taladros pasantes para los expulsores además de cajas para el acoplamiento de los desplazables, el acoplamiento de estos últimos se realizará mediante un ajuste deslizante, H7h6, para facilitar su posicionamiento y se fijarán mediante dos taladros de M6. También se fijarán los casquillos guía expulsores mediante un ajuste fijo H7k6.

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la placa mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

La placa guía expulsores será construido partiendo de una placa rectangular de material 1.2842. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$. Las dimensiones del zócalo móvil quedan representadas en el plano M-03-MI-P04.



60. Figura. Placa guía expulsores.

2.5.12.11 BEBEDERO

El bebedero será el elemento encargado de transmitir el material inyectado por la maquina a los canales de ataque. Sus dimensiones han sido calculadas en el apartado 3.2.5.4 *Bebedero*. La unión entre el bebedero y el zócalo fijo se realiza mediante ajustes deslizantes, H7h6.

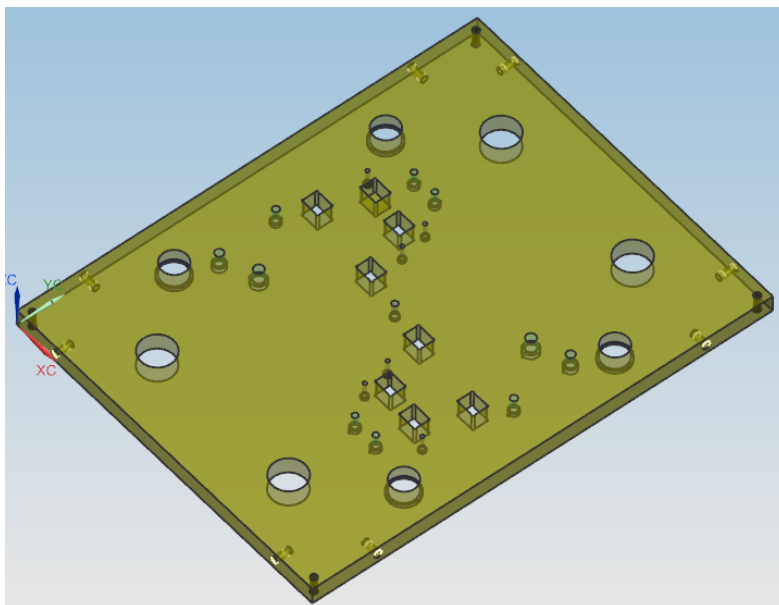
El bebedero seleccionada pertenece al catálogo MEUSBURGER, con referencia E 1610/24x 156/2,5 de material 1.2826.

2.5.12.12 PLACA EXPULSORA SUPERIOR

La placa expulsora superior junto a la inferior será la encargada de evitar movimientos independientes de los expulsores y desplazables, obligándolos a trabajar siempre junto a las placas expulsoras. Esta placa irá unida a la placa expulsora inferior mediante cuatro tornillos M10. Además, constará de taladros y cajas para los expulsores y desplazables. También se taladrarán cajas y agujeros ciegos para casquillos guía-expulsores y retrocesos.

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M12 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

La placa expulsora superior será construida partiendo de una placa rectangular de material 1.1730. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$. Las dimensiones quedan representadas en el plano M-03-MI-P08.



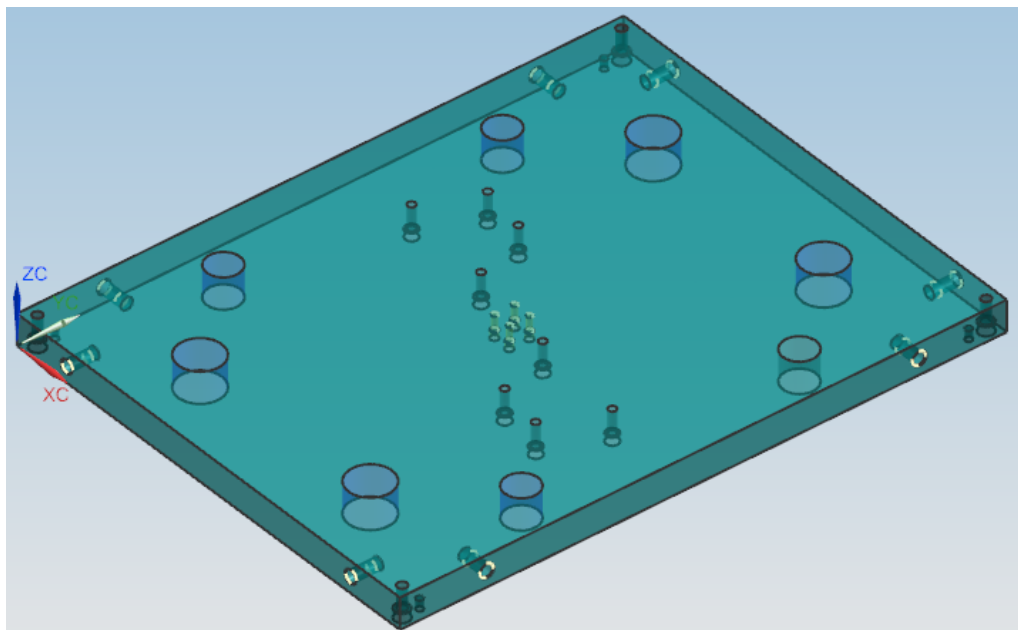
61. Figura. Placa expulsora superior.

2.5.12.13 PLACA EXPULSORA INFERIOR

La placa expulsora inferior junto a la superior será la encargada de evitar movimientos independientes de los expulsores y desplazables, obligándolos a trabajar siempre junto a las placas expulsoras. Esta placa irá unida a la placa expulsora superior mediante cuatro tornillos M10. Además, será necesario mecanizar cajas para alojar la cabeza de los expulsores y desplazables

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la placa mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 *Colocación del molde*.

La placa expulsora inferior será construida partiendo de una placa rectangular de material 1.1730. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$. Las dimensiones quedan representadas en el plano M-03-MI-P09.



62. Figura. Placa expulsora inferior.

2.5.12.14 TOPES

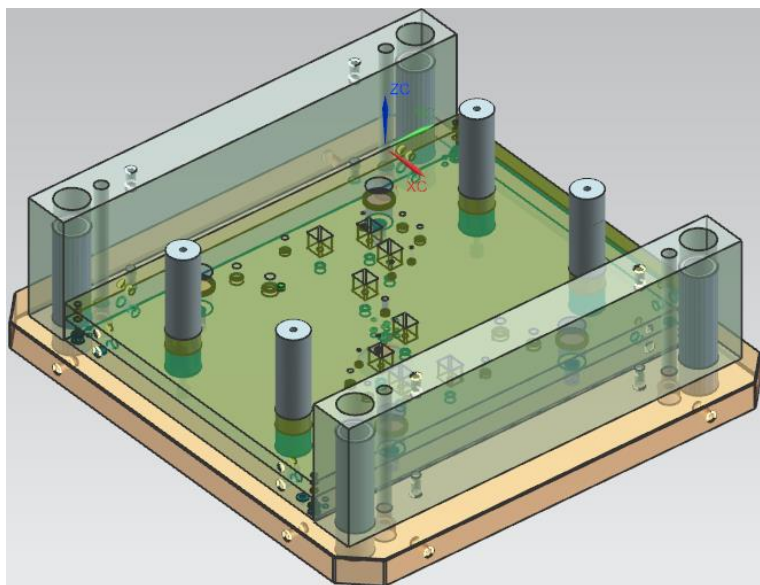
Se hará uso de topes entre la placa expulsora inferior y el zócalo fijo para evitar golpes entre ellas.

El tope seleccionado pertenece al catálogo MEUSBURGER, la referencia es E 1505/20 y su material 1.7131.

2.5.12.15 SUFRIDERAS

Las sufrideras serán las encargadas de evitar la flexión de la porta-núcleo y placa guía expulsor. Estas estarán alojadas en las placas expulsoras mediante ajustes de apriete y se fijarán mediante tornillos al zócalo móvil.

Las sufrideras pertenecen al catálogo HASCO y su referencia será DME FW29 50x126 y su material 1.1730.



63. Figura. Posicionamiento de las sufrideras.

2.5.12.16 SELLADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Se hará uso de elementos comerciales para el sellado del sistema de refrigeración. En las entradas o salidas del sistema se hará uso de racores con roscas de gas, en cambio, al utilizar deflectores en el sistema de refrigeración, será necesario utilizar tapones con roscas cónicas.

Las referencias de los elementos serán las siguientes:

Tapones de sellado: DIN 906, material 1.4305.

Racores: E 2000/ 9/ 10, material 2.0401.

Racores 90°: E 2004/ 9/ 10, material 2.0401.

2.5.12.17 COLUMNAS Y CASQUILLOS GUÍA

2.5.12.17.1 GUÍA MOLDE

Las columnas guía serán las encargadas de asegurar el ajuste correcto entre los diferentes elementos del molde, esto es, serán los elementos de fijación más importantes ya que la alineación de los diversos elementos dependerá directamente de ellos. Estas irán alojadas en la parte fija del molde mediante ajustes de apriete H7k6, en la parte móvil en cambio, se deslizarán sobre los

casquillos guía, teniendo entre ellos un ajuste deslizante H7g6. Los casquillos a su vez, irán unidas a los diferentes elementos de la parte móvil mediante un ajuste de apriete H7k6.

Se harán uso de dos tipos de casquillos dependiendo su colocación.

Las columnas, pertenecerán al catálogo MEUSBURGER, con referencia E 1000/ 40-168/ 193 y estarán compuestos por un material 1.7131.

Los casquillos, ambos, pertenecen al catálogo MEUSBURGER y estarán compuestos por el material 1.2344. Pero las referencias de estos serán E 11202/40- 12/87 y E 1160/40x 200.

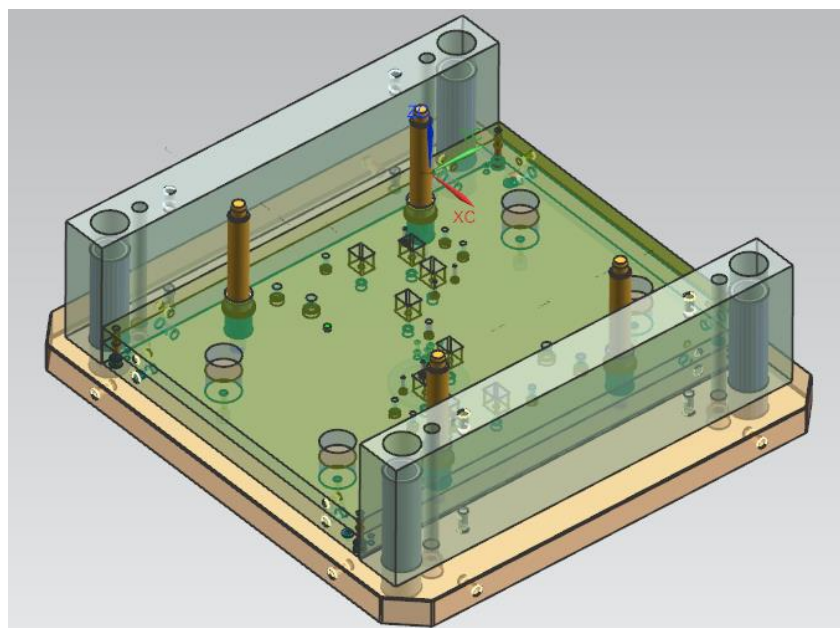
2.5.12.17.2 GUÍA SISTEMA DE EXPULSIÓN

Las columnas guía del sistema de expulsión, serán las encargadas del correcto guiado de estos elementos. En el proyecto se hará uso de un sistema de cuatro columnas con sus referentes casquillos.

Las columnas irán alojadas mediante ajustes de apriete H7k6 en el zócalo móvil y en la placa guía expulsores, en cambio, se utilizará un ajuste deslizante H7g6 entre la columna y los casquillos

Las columna pertenecerán al catálogo MEUSBURGER, con referencia E 1040/30 x 200 y estarán compuestos por un material 1.7131.

Los casquillos pertenecerán al catálogo MEUSBURGER, con referencia E 11202/30-15/44 y estarán compuestos por un material 1.2344

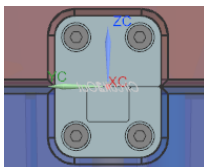


64. Figura. Posicionamiento de las columnas guía de las placas expulsoras.

2.5.12.18 UNIDAD DE CENTRADO

Se ubican cuatro centradores en las caras laterales de la porta-cavidad y de la porta-núcleo. La unión entre las placas y los elementos se realizará mediante ajustes deslizantes, H7h6, para verificar su correcto funcionamiento además de dos tornillos de M6.

Pertenecerán al catálogo DME, con referencia BGS-50 y material 1.2379.



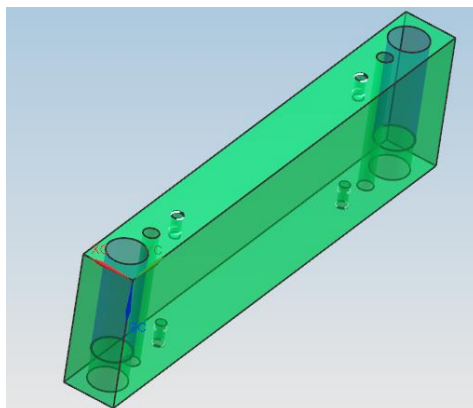
65. Figura. Unidad de centrado.

2.5.12.19 REGLAS

Los regles se colocarán entre el zócalo fijo y la placa guía expulsora. Su función principal será habilitar el espacio necesario para la expulsión de la pieza, esto es, mediante este elemento se proporcionará el recorrido de apertura. Además, también trabajarán como sufrideras y darán mayor rigidez al molde. Los regles llevarán mecanizadas agujeros para el alojamiento de casquillos guía mediante un ajuste prieto H7k6. También llevarán dos taladros pasantes, en los cuales se colocarán los tornillos que unirán el zócalo fijo, el regle, la placa guía expulsora y la porta-cavidad.

Se aplicarán chaflanes en todas las aristas vivas para evitar cortes. En cuanto a la manipulación de la pieza, se aplican 8 taladros de M16 en las cuatro caras laterales de la placa para la elevación de la paca mediante cáncamos roscados como se ha mena en el apartad 5.2.5 Colocación del molde.

Los regles fija serán construidos partiendo de una placa rectangular de material 1.2842. Tendrá un acabado superficial general de $R_a=6,3\mu m$. Las dimensiones quedan representadas en el plano M-03-MI-P07.

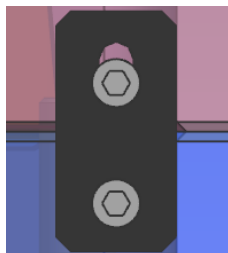


66. Figura. Regle.

2.5.12.20 UNIDAD DE CIERRE

Se añade la unidad de cierre para evitar la apertura del molde durante los movimientos de ella. Esta unidad se colocará en una de las caras laterales de la porta-cavidad y de la porta-núcleo.

Pertenecerá al catálogo HASCODME, con referencia Z73_16x25x63 y material 1.2312.



67. Figura. Cierre de seguridad.

2.5.12.21 DEFLECTORES

Los deflectores son elementos que atraviesan el sistema de refrigeración perpendicularmente posibilitando la refrigeración de zonas de difícil acceso, como la refrigeración de la zona negativa de la pieza como es en este proyecto.

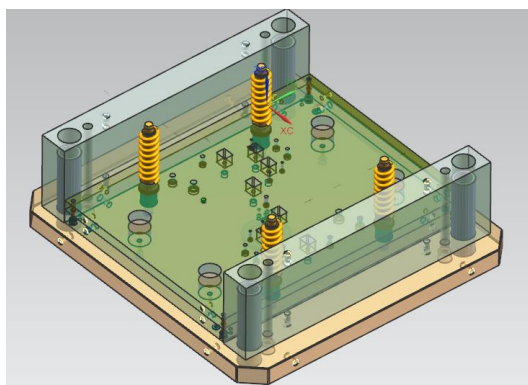
Será necesario taladrar el alojamiento de los deflectores además de realizar roscas cónicas, 1/8", al inicio para realizar el sellado del sistema. Su longitud variará desde los 75mm hasta los 90mm dependiendo de la posición en el molde.

Los deflectores pertenecerán al catálogo MEUSBURGER, con referencias E 21019/1/8/90 y E 21019/1/8/78 respectivamente y material 1.4301

2.5.12.22 SISTEMA DE RETORNO

Se usará un sistema de retorno mecánico mediante muelles para asegurar el retorno del sistema de expulsión una vez expulsada la pieza, evitando así posibles daños en los expulsores del molde.

Los muelles serán elementos normalizados DIN 17223-1 de material, 1.1200.



68. Figura. Sistema de retorno mecánico

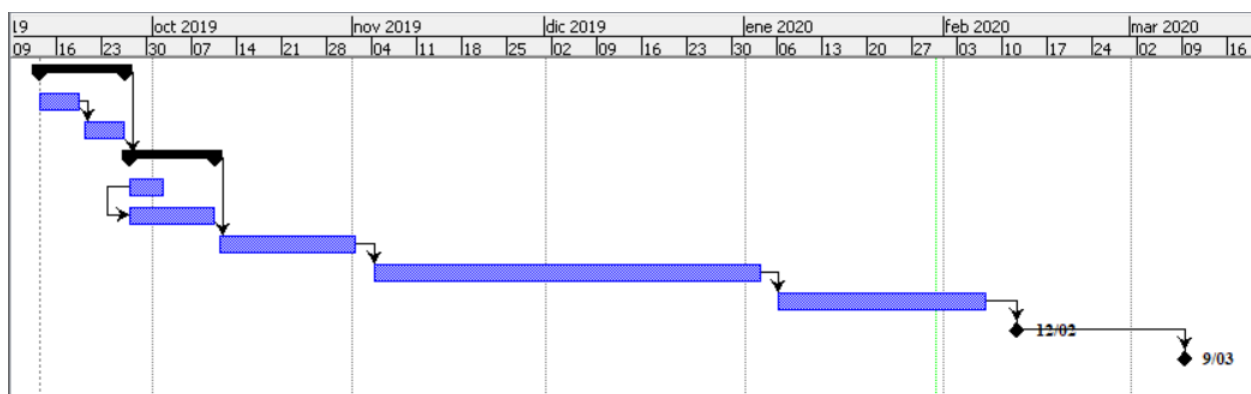
2.6 PLANIFICACIÓN

El desarrollo del proyecto se ha llevado a cabo siguiendo la planificación mostrada en la siguiente tabla.

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
<input checked="" type="checkbox"/> Comienzo del proyecto	10 days	13/09/19 8:00	26/09/19 17:00
Definir objetivo	5 days	13/09/19 8:00	19/09/19 17:00
Definir alcance del proyecto	5 days	20/09/19 8:00	26/09/19 17:00
<input checked="" type="checkbox"/> Elección y desarrollo de la pieza	10 days	27/09/19 8:00	10/10/19 17:00
Definir características de la pieza	4 days	27/09/19 8:00	2/10/19 17:00
Definir apariencia de la pieza	10 days	27/09/19 8:00	10/10/19 17:00
Simulaciones y elaboraciones del sistema de ref	16 days	11/10/19 8:00	1/11/19 17:00
Diseño mecánico del molde	44,875 days	4/11/19 9:00	3/01/20 17:00
Documentación	25 days	6/01/20 8:00	7/02/20 17:00
Entrega	0 days	12/02/20 9:00	12/02/20 9:00
Defensa	0 days	9/03/20 9:00	9/03/20 9:00

2. Tabla. Desarrollo del proyecto.

Mediante un diagrama Gantt se muestra una planificación más detallada. A continuación, se adjunta una imagen del diagrama como objeto para facilitar la visualización.



1. Diagrama. Diagrama Gantt sobre el desarrollo del proyecto.

2.7 DEFECTOS COMUNES

Mediante el programa Autodesk Moldflow Advise 2019 se ha podido simular varios parámetros para estimar la aparición de los defectos en la pieza. A pesar de ello, teniendo en cuenta las numerosas variables que toman parte en un proceso de inyección no sería posible prever la aparición de estas completamente.

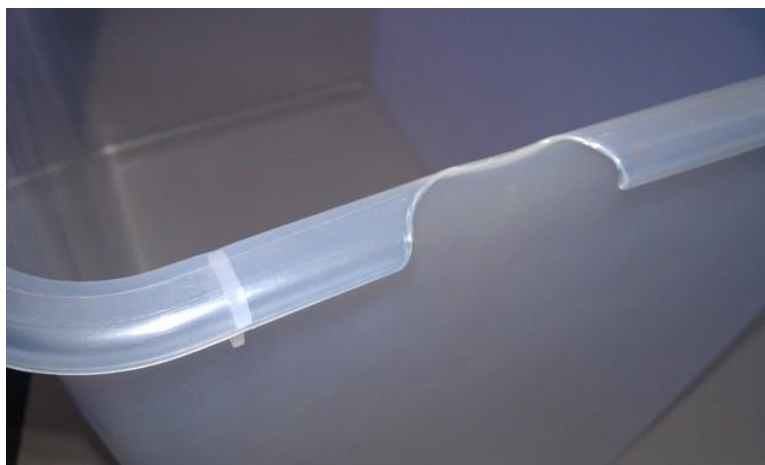
En este apartado explicaremos los errores más comunes y las posibles razones de su aparición.

2.7.1 LLENADO INCOMPLETO

Se dan llenados incompletos cuando la pieza se solidifica antes de ser llenado a través de todo el molde, logrando piezas no terminadas o incompletas.

Se suele dar un llenado incompleto cuando la temperatura o la presión de inyección son demasiado bajas, la extracción del aire es lento, la posición de inyección es inadecuada, el sistema de atemperamiento es inadecuado o por tener una gran diferencia de temperatura entre la temperatura de inyección y la cavidad.

Se recomienda aumentar la temperatura y la presión de inyección, mejorar la ventilación del molde, reubicar la posición de entrada, mejorar el sistema de atemperamiento y aumentar la temperatura de la cavidad



69. Figura. Inyectada corta.

2.7.2 REBABA O EFECTO FLASH

Se le denomina como rebaba al material sobrante que se acumula en los bordes de la pieza, estas estarán localizadas en la línea de partición del molde.

Esto se puede crear por un ajuste no correcto, mantenimiento inadecuado, desgaste del molde por el uso prolongado, presión de inyección demasiado elevada o temperatura de la fusión demasiado alta.

Para prevenir recomendamos asegurarse del paralelismo de las placas *5.2.8 Ajustes del molde*, realizar un mantenimiento adecuado, realizar inspecciones de calidad *5.3 Condiciones de calidad*, disminuir la presión de inyección o en caso de no ser posible aumentar la presión de mantenimiento y aumentar la temperatura de la cavidad.



70. Figura. Rebaba en pieza moldeada.

2.7.3 MARCAS Y DEFORMACIONES POR LA EXPULSIÓN

Son deformaciones o marcas creadas debido a los expulsores. Este tipo de errores se suele dar debido a que la presión de expulsión es elevada.

Se recomienda aumentar la sección del expulsor lo máximo posible, aumentar la cantidad de expulsores y disminuir la fuerza de expulsión.



71. Figura. Marca habitual debido al uso de expulsores.

2.7.4 RECHUPES

Son defectos visuales, hendiduras que aparecen en la superficie de la pieza.

Estas pueden causarse en el proceso de inyección cuando no se añaden material adicional cuando la pieza empieza a contraerse. También es posible que este tipo de defecto se forme después de que la pieza sea extraída del molde. En el caso de realizar una inyección demasiado rápida el núcleo de la pieza permanecerá en estado líquido al ser expulsada creando un estado tensional que se traducen en hendiduras superficiales.

Se recomienda que la pieza sea de un espesor uniforme en la medida posible, asegurarse de la adecuada refrigeración del molde, reubicar el punto de inyección en la pared más gruesa, reducir temperatura de fusión, disminuir la velocidad de inyección, reducir temperatura de la cavidad y aumentar presión y el tiempo de mantenimiento.



72. Figura. Rechupes.

2.7.5 EFECTO DIÉSEL

Se denomina como efecto diesel las quemaduras de la pieza siendo fácilmente perceptible por la aparición del color negro en la superficie y porque no se a dado el llenado completamente. Es común que este tipo de defecto se de en zonas estrechas del molde.

Este defecto suele darse a causa de una mala ventilación. El material es inyectado y a causa de la mala ventilación el aire queda atrapado en la cavidad, aumentando la temperatura del molde degradando el material.

Se recomienda mejorar la ventilación y disminuir la presión de inyección.



73. Figura. Efecto diésel.

2.7.6 ATRAPAMIENTOS DE AIRE

Cuando se cierra el molde las cavidades están llenas de aire. Se empieza a inyectar el material fundido ocupando el espacio que anteriormente ocupaba el aire, el cual es expulsado por la línea de partición, mazarotas y expulsores. En caso de tener un sistema de ventilación deficiente, o que el aire no tenga un flujo adecuado, el aire quedará atrapado creando burbujas o poros tanto externos como internos. Esto afectará en la apariencia estética de la pieza y disminuirán sus características mecánicas.

Suele suceder cuando el material se inyecta a una velocidad muy elevada o cuando el aire no tiene un flujo predominante dando a indecisiones a la hora de elegir la ruta de escape o cuando las salidas de aire son deficientes.

Se recomienda disminuir la presión de inyección del molde y mejorar la ventilación.



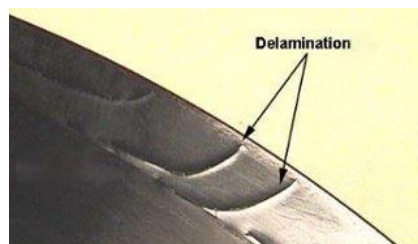
74. Figura. Atrapamientos de aire.

2.7.7 DELAMINACIÓN DE CAPAS

Se considera como delaminación, la separación entre las diferentes capas de la pieza. Este efecto ocurre principalmente en zonas delgadas y largas del cuerpo. Es posible de que este tipo de error aparezca una vez que la pieza se haya enfriado completamente, por lo cual, no es un error fácil de prever.

Su aparición suele darse debido a una gran diferencia de temperatura entre el material fundido y la cavidad y baja velocidad de inyección.

Se recomienda disminuir la diferencia de temperatura de la cavidad al molde y aumentar la presión de inyección.



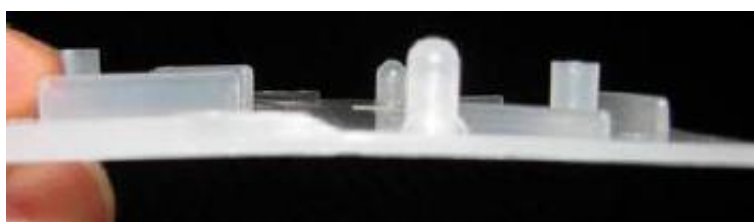
75. Figura. Delaminación.

2.7.8 WARPING O PANDEO

El warping es la deformación a lo largo de un eje, por lo cual cuanto mayor sea la longitud mayor será el defecto.

Esto puede suceder debido a la fuerza de expulsión elevada y sobre todo a las tensiones internas de la pieza.

Se recomienda utilizar temperaturas de inyección inferiores y utilizar materiales con bajo coeficiente de contracción, además de una correcta distribución del sistema de expulsión.



76. Figura. Warping.

2.7.9 DEFORMACIONES

Es una variación dimensional o geométrica que se dan en la pieza debido a las tensiones internas y contracciones que se dan en la pieza.

La causa principal será la presión excesiva a la hora de inyectar. Además, la variación de espesores en la pieza también puede producir este defecto, por lo cual, es recomendable utilizar espesores más parecidos posibles.

Se recomienda reducir la presión de inyección y mantenimiento.

2.7.10 PIEL DE NARANJA

La superficie de la pieza tiene una textura porosa, como ondulaciones y picaduras.

Esto se debe a un pulido incorrecto de las cavidades.

Se recomienda pulir adecuadamente las cavidades.



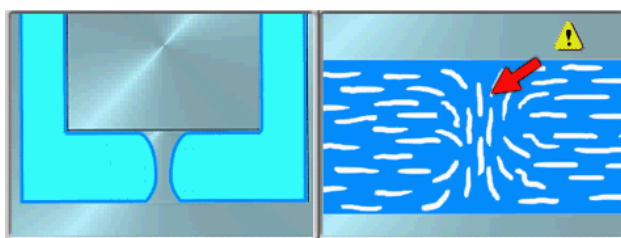
77. Figura. Piel de naranja.

2.7.11 LÍNEAS DE SOLDADURA

Estas líneas se crean en el punto de unión de dos flujos diferentes. Si las líneas de convergencia de los flujos forman un ángulo inferior de 135° se les denominará líneas de soldadura, en cambio, si el ángulo es mayor, se les denominará líneas de unión, teniendo estas últimas mejores características mecánicas.

Este tipo de defecto se puede generar por una baja presión y temperaturas de inyección, un incorrecto punto de inyección o por un sistema de atemperamiento deficiente.

Recomendamos aumentar la presión y la temperatura de inyección, reubicar el punto de inyección o rediseñar el sistema de atemperamiento. En caso de que no se puedan evitar completamente, reubicar la posición de entrada para trasladar las líneas de unión a zonas no críticas de la pieza.



78. Figura. Formación de una línea de soldadura.

2.7.12 EFECTO JETTING

El cordón fundido hace un mínimo contacto con la pared de la cavidad, expandiéndose en pliegues durante la fase de llenado y solidificándose antes que el material a su alrededor.

Este tipo de error se debe principalmente a la errónea posición de inyección.

Se recomienda reubicar la posición de entrada y en caso de ser posible utilizar un material menos viscoso, siendo la viscosidad la mayor causa de que el material se expanda poco.



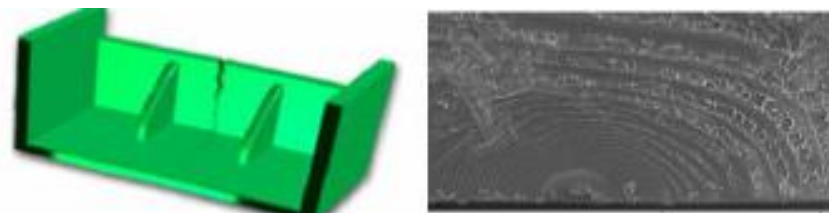
79. Figura. Efecto jetting.

2.7.13 GRIETAS Y MICROGRIETAS

Son hendiduras o aberturas originadas por tensiones internas o esfuerzos, generalmente creadas por una velocidad de enfriamiento excesiva. Es posible que se produzcan en el proceso de expulsión, ya que la pieza al enfriarse se agarra al núcleo debido a la contracción recibida y los expulsores fuerzas la expulsión de la pieza.

Se suele producir por una gran diferencia entre las temperaturas del material inyectado y la cavidad o por la incorrecta colocación de los expulsores.

En estos casos se recomienda incrementar la temperatura del molde, que los expulsores estén colocados para que la fuerza se aplique uniformemente y que trabajen al unísono.



80. Figura. Izquierda grieta superficial. Derecha microgrieta interna.