

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

MOLDE DE INYECCIÓN PARA BANDEJA DE PINTURA

DOCUMENTO 2- MEMORIA

Alumno: Fernández Canseco, Iker
Director: Lobato González, Roberto

Curso: 2018-2019

Fecha: 19/06/2019

2. MEMORIA

2.1.	Contexto	6
2.2.	Objeto del proyecto.....	7
2.3.	Alcance del proyecto	7
2.4.	Materiales plásticos.....	8
2.4.1.	Elastómeros.....	8
2.4.2.	Termoestables.....	8
2.4.2.1.	Plásticos de urea-formaldehido (UF)	9
2.4.2.2.	Plásticos de melanina-formaldehido (MF).....	9
2.4.3.	Termoplásticos	9
2.4.3.1.	Acrílico.....	10
2.4.3.2.	Celulósicos	10
2.4.3.3.	Nylon (poliamida).....	10
2.4.3.4.	Óxido fenileno.....	10
2.4.3.5.	Poliéster	10
2.4.3.6.	Sulfuro de polifenileno (PPS)	11
2.4.3.7.	Polisulfona.....	11
2.4.3.8.	Poliuretano.....	11
2.4.3.9.	Policarbonato.....	11
2.4.3.10.	Polietileno	11
2.4.3.11.	Polipropileno	12
2.4.3.12.	Poliestireno (PS)	12
2.4.3.13.	Acilonitrilo butadieno estireno (ABS)	12
2.5.	Proceso de inyección	13
2.5.1.	Fases del proceso	13
2.5.1.1.	Cierre.....	13
2.5.1.2.	Inyección	13
2.5.1.3.	Mantenimiento	14
2.5.1.4.	Enfriamiento y plastificación	14
2.5.1.5.	Apertura	15
2.5.1.6.	Expulsión	15
2.5.2.	Variables que intervienen en el proceso.....	16

2.5.2.1.	Temperatura de inyección	16
2.5.2.2.	Temperatura del molde	16
2.5.2.3.	Presión inicial o de llenado	17
2.5.2.4.	Presión de mantenimiento o compactación.....	17
2.5.2.5.	Presión posterior o de retroceso	17
2.5.2.6.	Tiempo de inyección inicial.....	17
2.5.2.7.	Tiempo de mantenimiento o compactación	18
2.5.2.8.	Tiempo de enfriamiento	18
2.6.	Máquina de inyección	19
2.6.1.	Unidad inyectora	19
–	Boquillas de inyección.....	20
2.6.2.	Unidad de cierre	20
2.6.2.1.	Cierre por rodillera simple	21
2.6.2.2.	Cierre por rodillera doble	21
2.6.2.3.	Cierre por pistón hidráulico	22
2.6.2.4.	Cierre hidromecánico.....	23
2.7.	Molde de inyección	24
2.7.1.	Clasificación de moldes	24
2.7.1.1.	Según el proceso de transformación	24
2.7.1.2.	Según las características estructurales.....	25
2.7.1.3.	Según el tipo de la producción	28
2.7.2.	Partes del molde	29
2.7.2.1.	Parte fija	29
2.7.2.2.	Parte móvil.....	33
2.7.2.3.	Sistemas auxiliares de desmoldeo.....	37
2.7.2.4.	Sistemas de colada.....	37
2.8.	Aspectos a tener en cuenta	39
2.8.1.	Rebaba.....	39
2.8.2.	Rechupes	39
2.8.3.	Burbujas.....	40
2.8.4.	Marcas hundidas y huecos	40
2.8.5.	Líneas de flujo o de soldadura	41
2.8.6.	Efecto Stick-Slip	42

2.8.7.	Efecto Diesel.....	42
2.8.8.	Efecto Jetting.....	43
2.8.9.	Contracción	44
2.8.10.	Espesor de las paredes.....	44
2.8.11.	Nervios	44
2.8.12.	Aristas vivas.....	45
2.8.13.	Ángulos de salida.....	45
2.8.14.	Contrasalidas.....	46
2.8.15.	Acabado superficial	46
2.9.	Materiales para la construcción de moldes	47
2.9.1.	Aceros.....	47
2.9.2.	Materiales de colada.....	48
2.9.3.	Materiales obtenidos galvánicamente.....	48
2.9.4.	Materiales para elementos de accionamiento y montaje en moldes de inyección	48
2.10.	Normas y referencias.....	49
2.10.1.	Bibliografía	49
2.10.2.	Normas	49
2.10.3.	Software	49

2.1. Contexto

Las máquinas de inyección de plástico derivan de las máquinas de fundición a presión para metales. La primera máquina de inyección se construyó en Alemania y era una máquina para la producción de piezas de materiales termoplásticos, mediante el proceso de inyección, esta máquina era totalmente manual, años más tarde en el mismo país se creó una máquina para la inyección de plásticos accionada por cilindros neumáticos, pero no tuvo mucho éxito debido a que eran necesarias máquinas con presiones superiores.

El moldeo por inyección de termoplásticos es el procedimiento que ha experimentado un desarrollo mayor dentro de la industria del moldeo; continuamente aparecen nuevos materiales; estos materiales puros o modificados amplían enormemente la posibilidad de lanzar al mercado nuevos productos plásticos.

Paralelamente al progreso de los materiales han surgido nuevas máquinas de moldeo, que permiten una variedad más amplia de piezas que se pueden crear mediante inyección y que necesitan de menos trabajo posterior al moldeo para estar listas para su utilización lo que acelera de forma considerable la producción de piezas, abaratando así el precio.

En la mayor parte de los casos, las máquinas de inyección de tornillos, alternativo, han desplazado a las primitivas prensas de pistón; esto ha dado lugar a un mayor crecimiento del moldeo por inyección y a aumentar el empleo de productos plásticos.

- Los equipos de moldeo por inyección que se emplean actualmente con más frecuencia pertenecen a los tipos básicos siguientes:
- La prensa de inyección a pistón lleva una cámara de calentamiento y un pistón que obliga al material a entrar en el molde.
- La máquina de preplastificación a pistón e inyección en una segunda etapa consta de un cilindro de calentamiento convencional y de un pistón; en este cilindro se plastifica el material por calor y se impulsa a una segunda cámara o cilindro, generalmente de mayor capacidad, desde donde se inyecta en el moldeo por la acción de otro pistón.
- La prensa de tornillo de dos etapas, lleva en la mayoría de los casos, un tornillo fijo para plastificar los gránulos de plástico y empujar el compuesto fundido a una cámara desde la cual se trasfiere al molde con la ayuda de un pistón.
- El torpedo rotatorio, que es una variante de la prensa de inyección a pistón descrita anteriormente, va accionado por un eje que le obliga a dar vueltas dentro del cilindro de calentamiento, independiente del pistón de inyección, ayudando con ello a la fusión de la granza de plástico. El llenado posterior del molde se logra con el movimiento hacia adelante del pistón de inyección.

2.2. Objeto del proyecto

En este proyecto se va a diseñar un molde de inyección de plástico para la fabricación de una bandeja de pintura. El material utilizado para la fabricación de la pieza es polipropileno ya que es el material más utilizado en este tipo de artículos por sus propiedades, entre las que cabe destacar la baja densidad y la rigidez. Además, este material es de los más económicos en el diseño de piezas por inyección de plástico.

La pieza a fabricar es la siguiente:

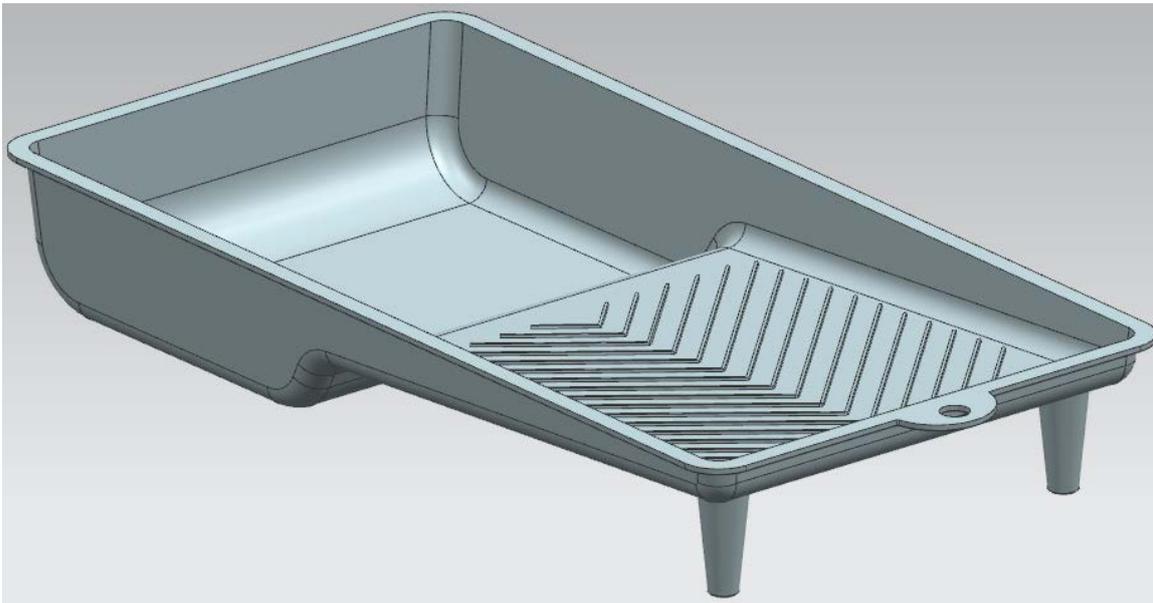


Imagen 1. Bandeja de pintura

2.3. Alcance del proyecto

El proyecto consta de tres partes diferenciadas:

En primer lugar, se realizará el diseño de la pieza a fabricar en función de las características exigidas por el cliente.

Una vez diseñada la geometría del producto, se analizará la viabilidad de fabricación mediante el software de simulación Moldflow. Gracias a este programa se podrán obtener los análisis necesarios mediante el método de elementos finitos.

Con ayuda del Moldflow se harán numerosos cálculos: tiempo de llenado, fuerza de cierre, tiempo de refrigeración. También se podrá ver la calidad de la pieza observando los defectos que pueden aparecer, como rechupes o líneas de soldadura. Con toda esta información se podrá calcular el tipo y la disposición de la refrigeración del molde, elegir el material más adecuado y cuales son el tamaño y las secciones de la distribución más

adecuada para el diseño del molde. Además, se obtendrá una estimación del tiempo total del ciclo.

En cuanto se cerciore que la fabricación de la pieza es posible, se comenzará con la tercera parte del proyecto la cual consiste en el diseño del molde de donde posteriormente se sacarán los planos necesarios para la fabricación de las piezas no comerciales, así como la obtención de los elementos comerciales que sean necesarios para proceder a un buen montaje y funcionamiento del molde. Para esta fase se utilizará el software Siemens NX.

2.4. Materiales plásticos

Los materiales plásticos están formados por grandes moléculas llamadas polímeros, que a su vez están formadas por otras más pequeñas, monómeros. Los polímeros son grandes cadenas de átomos que contienen materiales de origen orgánico y de elevado peso molecular. Están compuestos fundamentalmente de carbono y otros elementos como el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno o el azufre.

Existen diversos tipos de polímeros, que pueden clasificarse en tres grupos según su estructura interna.

2.4.1. Elastómeros

Las macromoléculas de los elastómeros están ordenadas formando una red de pocos enlaces. Esta disposición permite obtener plásticos de gran elasticidad que recuperan su forma y dimensiones cuando deja de actuar sobre ellos una fuerza. En definitiva, se caracterizan por su gran elasticidad, adherencia y baja dureza.

El grupo de elastómeros comprende los hules naturales (goma o caucho) o los hules sintéticos y se caracterizan por poder ser elongados entre un 100 y un 200 %. Las mejores propiedades de estos materiales se obtendrán tras un proceso de vulcanizado en el que el caucho es endurecido mediante la presencia del azufre, donde tras ser tratados, no podrán ser plastificados y serán más resistentes a la acción de los agentes químicos. A menudo, no suelen ser materiales aptos para el moldeo por inyección.

2.4.2. Termoestables

Sus macromoléculas se entrecruzan formando una red de malla cerrada. Solo se les puede dar forma una vez, siendo imposible su fundido posteriormente, ya que un segundo calentamiento produciría su destrucción.

En cuanto a las características físicas, químicas y mecánicas, Destacan por su alta estabilidad dimensional y térmica, su resistencia química, su mínima conductividad eléctrica y su dureza y rigidez a temperatura ambiente, pese a tener gran fragilidad.

2.4.2.1. Plásticos de urea-formaldehído (UF)

Se trata de resinas incoloras de gran dureza y resistencia a la tracción. Se trabajan a compresión, inyección y transferencia. Su principal aplicación es la fabricación de adhesivos y lacas. También se emplean como aglomerantes de masas prensables y planchas de construcción.

2.4.2.2. Plásticos de melamina-formaldehído (MF)

Estos compuestos tienen gran estabilidad térmica, buenas cualidades eléctricas y una excelente resistencia a la humedad. Se utilizan en la fabricación de lacas, adhesivos, como aglomerantes en planchas de construcción y en masas prensables y productos laminados. Su principal aplicación es el recubrimiento de conglomerado y otros derivados de la madera.

Las masas de resina de melamina con carga de celulosa tienen mayor resistencia frente a la temperatura y al rayado que la mayoría de los termoplásticos, razón por la cual se utilizan mucho en la confección de vajillas.

2.4.3. Termoplásticos

Los polímeros que lo componen están dispuestos libremente sin entrelazarse. Gracias a esta disposición, se reblandecen con el calor adquiriendo la forma deseada, la cual se conserva al enfriarse.

La principal ventaja de este tipo de material es que pueden ser refundidos en repetidas ocasiones porque no sufren ningún cambio en su composición química durante los cambios de temperatura y estado. Así es posible reutilizarlo o reciclarlo simplemente volviéndolo a recalentar o remodelar.

A temperatura ambiente pueden ser blandos, duros y frágiles, incluso duros y tenaces. Sin embargo, al ser calentados se reblandecen, adquiriendo características de un líquido pastoso, lo que los hace óptimos para el moldeo. Sin embargo, no pueden ser utilizados a altas temperaturas.

2.4.3.1. Acrílico

Alta claridad óptica, excelente resistencia a la intemperie; duro, superficie brillante; excelentes propiedades eléctricas, resistencia química aceptable; disponible en colores brillantes transparentes. Su principal inconveniente es el elevado precio.

2.4.3.2. Celulósicos

Familia de materiales tenaces y duros; acetato, propionato, butirato de celulosa y etil-celulosa. Los márgenes de las propiedades son amplios debido a las composiciones; disponibles con diversos grados de resistencia a la intemperie, humedad y productos químicos; estabilidad dimensional de aceptable a mala.

2.4.3.3. Nylon (poliamida)

Familia de las resinas usadas en ingeniería, la poliamida además de dureza y tenacidad alta, también posee una alta resistencia a la deformación. Tiene unas excelentes propiedades eléctricas y resistencia química. Pero las buenas propiedades mecánicas apenas se alcanzan después de un acondicionamiento del material.

2.4.3.4. Óxido fenileno

Excelente estabilidad dimensional; con propiedades mecánicas y eléctricas superiores sobre un amplio margen de temperaturas. Resiste la mayoría de los productos químicos, pero es atacado por algunos hidrocarburos.

2.4.3.5. Poliéster

Estabilidad dimensional, alta tenacidad. Propiedades eléctricas y resistencia química excelentes, excepto a los ácidos fuertes o bases. Sensible al ranurado. No adecuado para el uso en exteriores o en instalaciones para agua caliente.

2.4.3.6. Sulfuro de polifenileno (PPS)

Alta rigidez, excelente estabilidad dimensional y baja contracción. Inerte a la mayoría de los compuestos químicos en un amplio rango de temperaturas. Requiere altas temperaturas para su procesado.

2.4.3.7. Polisulfona

Alta resistencia mecánica, a la fluencia y rigidez incluso a altas temperaturas. Propiedades eléctricas y estabilidad dimensional excelentes. Muy buena estabilidad frente a radiaciones, pocas impurezas iónicas y buena resistencia química.

2.4.3.8. Poliuretano

Material tenaz, de extrema resistencia a la abrasión y al impacto. Buenas propiedades térmicas; gran resistencia temperaturas extremas, gran capacidad de aislamiento. Buena resistencia a los hidrocarburos.

2.4.3.9. Policarbonato

Propiedades muy interesantes en cuanto a resistencia al impacto, resistencia al calor y transparencia óptica. Estabilidad en exteriores y resistencia a la deformación plástica bajo cargas excelentes. Buenas propiedades de aislamientos eléctrico y resistencia a los productos químicos aceptable.

2.4.3.10. Polietileno

Material con poca estabilidad dimensional y mala resistencia al calor. Propiedades eléctricas excelentes, químicamente inerte. Amplia variedad de grados: compuestos con densidad baja, media y alta. Los tipos BD son flexibles y tenaces. Los tipos MD y AD son más fuertes, más duros y más rígidos; todos son materiales de peso ligero, fáciles de procesar y de bajo costo.

2.4.3.11. Polipropileno

Plástico opaco; muy duro y resistente a la flexión y al agrietamiento por esfuerzo. Buena estabilidad térmica. Resistencia química y propiedades eléctricas excelentes. Buena resistencia al impacto. Material de baja densidad, lo que se traduce en peso ligero, bajo costo.

Este es el material plástico escogido para la fabricación de la bandeja de pintura. EL material se inyectará en el molde a una temperatura de 221 C°.

2.4.3.12. Poliestireno (PS)

Bajo costo, fácil de procesar, material rígido, claro, quebradizo como el cristal; baja absorción de humedad, baja resistencia al calor, mala estabilidad en exteriores; con frecuencia se modifica para mejorar la resistencia al calor o al impacto.

2.4.3.13. Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Es un material de gran tenacidad, incluso a baja temperatura. Además, es duro y rígido; resistencia química aceptable; baja absorción de agua, por lo tanto buena estabilidad dimensional; alta resistencia a la abrasión; se recubre con una capa metálica con facilidad.

2.5. Proceso de inyección

2.5.1. Fases del proceso

2.5.1.1. Cierre

Es la fase que da comienzo a cada ciclo de inyección, que se realiza cuando la pieza del anterior ciclo ha sido expulsada. La platina móvil de la unidad de cierre avanza, mediante la fuerza que recibe del sistema de accionamiento, hasta que la parte núcleo del molde contacte con la cavidad.

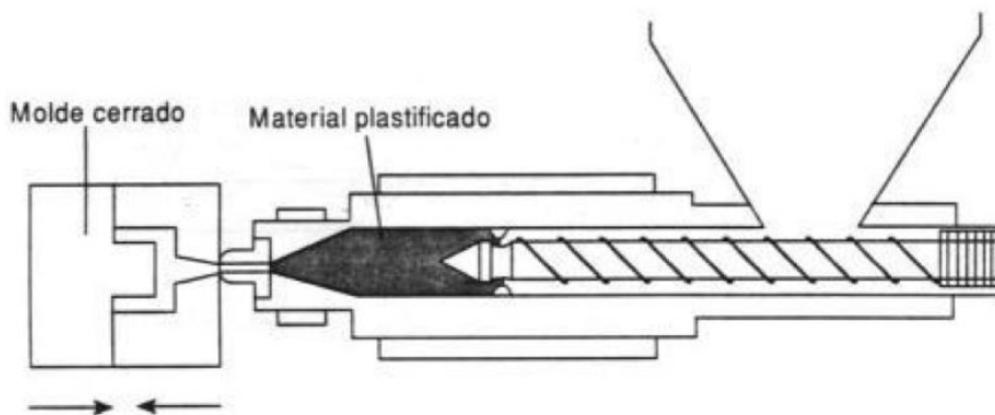


Imagen 2. Cierre.

2.5.1.2. Inyección

Es la fase en que se inyecta material para abarcar todo el volumen de la cavidad, que supone el 95-98% del total de la pieza. Esta cantidad se denomina dosis, y se determina en la máquina mediante el recorrido que realiza el tornillo.

En esta fase se llena la huella que empieza estando totalmente vacía, por lo que cobra importancia el inyectar material lo más rápido posible. Por esta razón, el parámetro a controlar durante esta etapa es la velocidad de inyección.

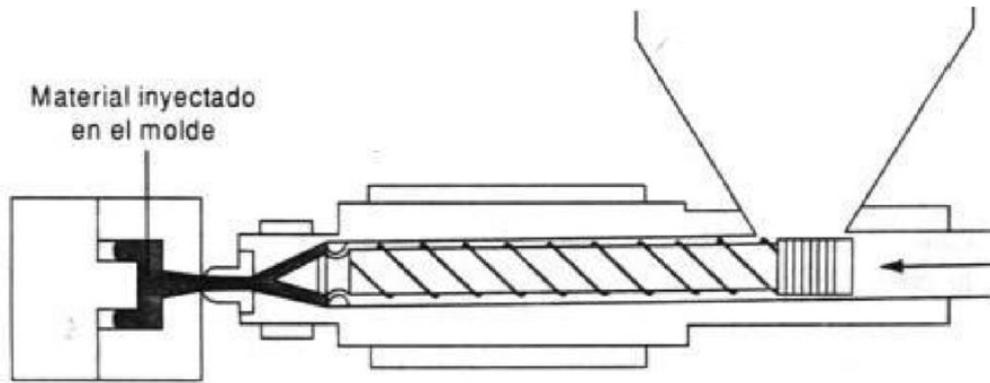


Imagen 3. Inyección.

2.5.1.3. Mantenimiento

Una vez inyectado el material, empezará a enfriarse, lo que provocará que el material se contraiga dentro del molde. Por este motivo, se añadirá más material para que el volumen de la pieza sea el deseado. Durante la fase de mantenimiento la presión de la pieza disminuye y la velocidad de inyección baja. Así se añadirá la cantidad suficiente de material para completar la pieza y compensar las contracciones.

Esta fase finalizará cuando la presión baja hasta la del entorno. Esta fase condiciona algunas características de la pieza final, como el peso total o sus tolerancias dimensionales. Las variables que más afectan son:

- Tiempo de mantenimiento de la segunda presión.
- Temperatura del molde.
- Nivel de presión de mantenimiento.
- Ajuste del tiempo del mantenimiento.

Al realizarse la fase de mantenimiento, debe quedar en el cilindro una pequeña cantidad de material adicional entre la boquilla y el husillo, llamado colchón o amortiguamiento del tornillo. Es necesario para que se pueda ejercer presión.

2.5.1.4. Enfriamiento y plastificación

Cuando se finaliza la fase de mantenimiento, la pieza sigue enfriándose dentro del molde cerrado hasta que ese haya enfriado y endurecido lo suficiente como para no deformarse durante su extracción.

Durante todo este tiempo, la máquina no debe realizar ninguna acción especial, por lo tanto, se aprovecha para preparar el material que se inyectará durante el ciclo siguiente.

El termoplástico se suministra generalmente en forma granular a través de la tolva de alimentación situada sobre el cilindro de la unidad de inyección. Los granos caen por el conducto que conecta la tolva y el cilindro por efecto de la gravedad. El material, ya en

el cilindro, se empuja con el husillo que gira, y pasa por las zonas calefactadas que aumentan su temperatura. Por influencia de la alta temperatura éste se funde y homogeneiza. El material fundido se va almacenando en el cilindro. Cuanto mayor es el material almacenado, mayor la presión que se ejerce al husillo, que retrocede hasta colocarse en posición para comenzar la inyección.

Es una fase importante, puesto que influye directamente en la calidad de la mezcla del material.

Por lo tanto, se han de seleccionar con cuidado las temperaturas de los calefactores y la velocidad de rotación del usillo, para evitar a toda costa el quemado del material o su degradación.

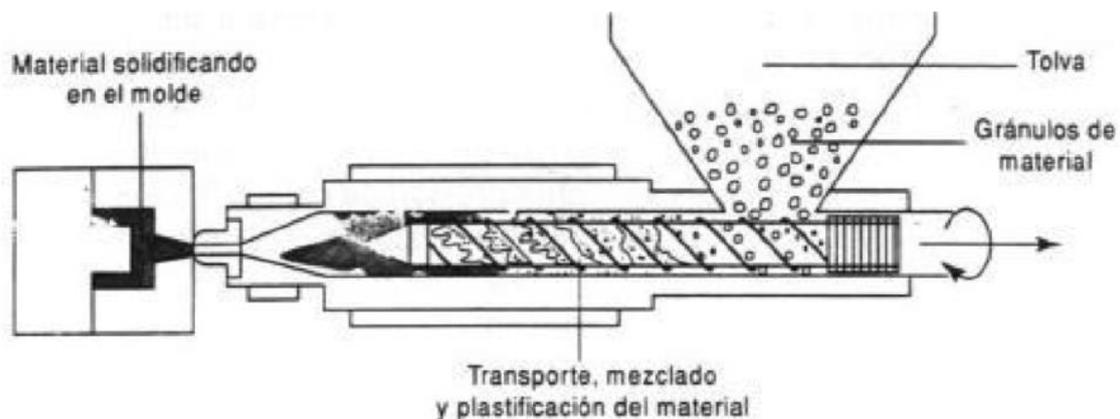


Imagen 4. Enfriamiento y plastificación.

2.5.1.5. Apertura

Tras enfriarse la pieza hasta la temperatura de extracción, la unidad de cierre deja de ejercer presión, de forma que la platina móvil de la máquina retrocede hasta su posición inicial y se abre el molde.

2.5.1.6. Expulsión

La fase de expulsión de la pieza termina un ciclo de inyección. Se lleva a cabo cuando la unidad de cierre de la máquina se abre por completo, de forma que el espacio entre la parte cavidad y la parte núcleo es el máximo posible. El accionamiento de expulsión del molde mueve las placas expulsoras, que al mismo tiempo moverán todos los elementos de expulsión. Estos movimientos librarán la pieza y la empujarán al exterior de la huella del núcleo, con lo que se podrá retirar la pieza final.

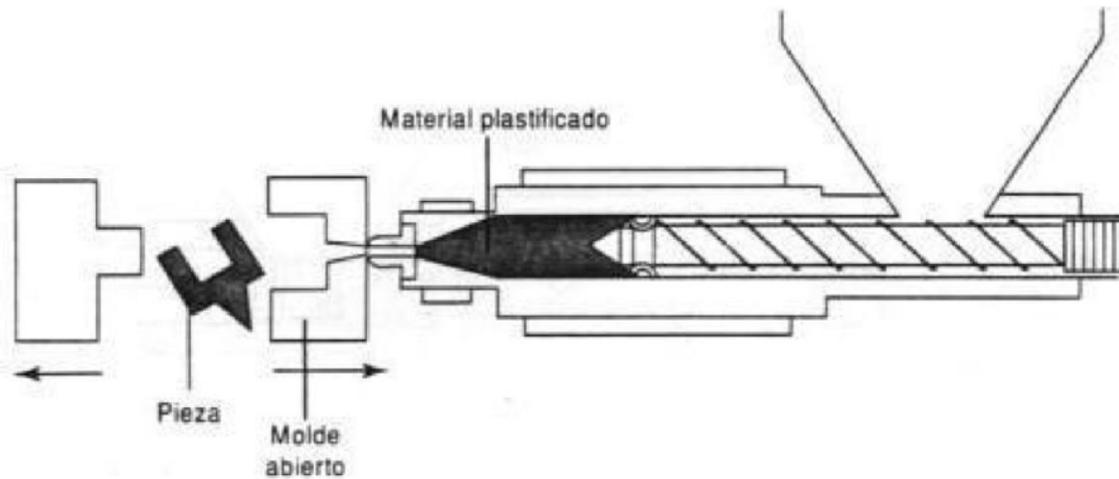


Imagen 5. Apertura y expulsión.

2.5.2. Variables que intervienen en el proceso

2.5.2.1. Temperatura de inyección

Es la temperatura a la que se calienta el material para introducirlo en el interior del molde. La temperatura del material aumenta gradualmente desde que entra por la tolva hasta que se encuentra preparado para ser inyectado. Esta temperatura es función del tipo de material, y no debe ser superior a la que comienza a descomponerse, pero debe ser suficientemente elevada para permitir que el material a lo largo de la cámara de plastificación se lleva a cabo por los mismos mecanismos que se describieron para las extrusoras.

2.5.2.2. Temperatura del molde

Es la temperatura a la que se encuentra la superficie de la cavidad de moldeo. Debe ser lo suficientemente baja para enfriar el material fundido y conseguir que solidifique. Esta temperatura varía a lo largo del molde y depende de varios parámetros, pero a efectos plásticos se evalúa como el valor medio a lo largo de toda la cavidad. La velocidad a la que se enfría el plástico es un factor muy importante puesto que va a condicionar la morfología del material, y por tanto sus propiedades físicas, mecánicas, etc.

2.5.2.3. Presión inicial o de llenado

Es la presión que se aplica inicialmente al material fundido y que se desarrolla como consecuencia del movimiento hacia adelante del tornillo. Esta presión obliga a que el material fundido fluya hacia adelante, produciendo el llenado inicial del molde. En una situación ideal la presión inicial debe ser lo mayor posible, de modo que el llenado se produzca lo más rápidamente posible.

2.5.2.4. Presión de mantenimiento o compactación

Es la presión que se aplica al final de la inyección del material, cuando el molde se encuentra casi completamente lleno. Se llama presión de mantenimiento o compactación, puesto que es la presión que se aplica durante la etapa de compactación, cuando algunas partes del material han comenzado a enfriarse y contraerse, y obliga a que el molde se acabe de llenar y se obtenga una pieza con una densidad uniforme.

2.5.2.5. Presión posterior o de retroceso

Es la presión que se aplica al tornillo mientras retrocede, una vez finalizada la etapa de compactación. Una vez que el molde está completamente lleno el tornillo comienza a girar para plastificar más material para el siguiente ciclo. Este material comienza a alojarse delante del husillo, obligando a que el husillo retroceda, sin embargo, no se permite que el husillo retroceda libremente si no que se aplica una cierta presión posterior para conseguir que el material se mezcle y homogeneice adecuadamente.

2.5.2.6. Tiempo de inyección inicial

El tiempo necesario para realizar la inyección depende de numerosos factores, como de cuanto material se está inyectando, su viscosidad, las características del molde y el porcentaje de la capacidad de inyección que se está empleando. En la mayoría de las máquinas el tiempo de inyección se divide en dos: el tiempo de inyección inicial y el tiempo de mantenimiento. El tiempo de inyección inicial es el tiempo para que el husillo realice el recorrido hacia adelante, obligando a que el material se introduzca dentro del molde. Normalmente este tiempo no es superior a 2 segundos, y rara vez excede los 3 segundos.

2.5.2.7. Tiempo de mantenimiento o compactación

El tiempo de mantenimiento o tiempo de compactación es el tiempo que, después de realizar la inyección inicial del material, el husillo permanece en posición avanzada, para mantener la presión del material dentro del molde. Este tiempo se prolonga hasta que la entrada a la cavidad de moldeo solidifica. A partir de ese instante la cavidad de moldeo queda aislada del resto del sistema mientras continúa enfriándose por lo que prolongar el tiempo que el pistón permanece en posición avanzada carecería de sentido.

2.5.2.8. Tiempo de enfriamiento

Es una de las variables más importantes para conseguir una pieza de buena calidad. Es el tiempo que la pieza requiere para enfriarse hasta que ha solidificado y además ha adquirido la rigidez suficiente para poder ser extraída del molde sin que se deforme. Las partes más externas de las piezas se enfrían a velocidades más rápidas. El tiempo de enfriamiento debe ser suficiente para que un espesor considerable de la pieza se encuentra frío para evitar que la pieza se deforme. Lógicamente cuanto mayor sea el espesor de la pieza que se está moldeando, mayor será el tiempo de enfriamiento requerido. Como media una pieza de 1.5 milímetros de espesor el tiempo de mantenimiento no suele exceder de 6 segundos.

2.6. Máquina de inyección

Las máquinas de inyección se caracterizan por dos componentes principales: la unidad inyectora y la unidad de cierre. La unidad inyectora abarca el dispositivo de aportación de material, los elementos mecánicos para la plastificación del mismo y el accionamiento del émbolo inyector. La unidad de cierre efectúa los movimientos de apertura y cierre del molde de inyección.

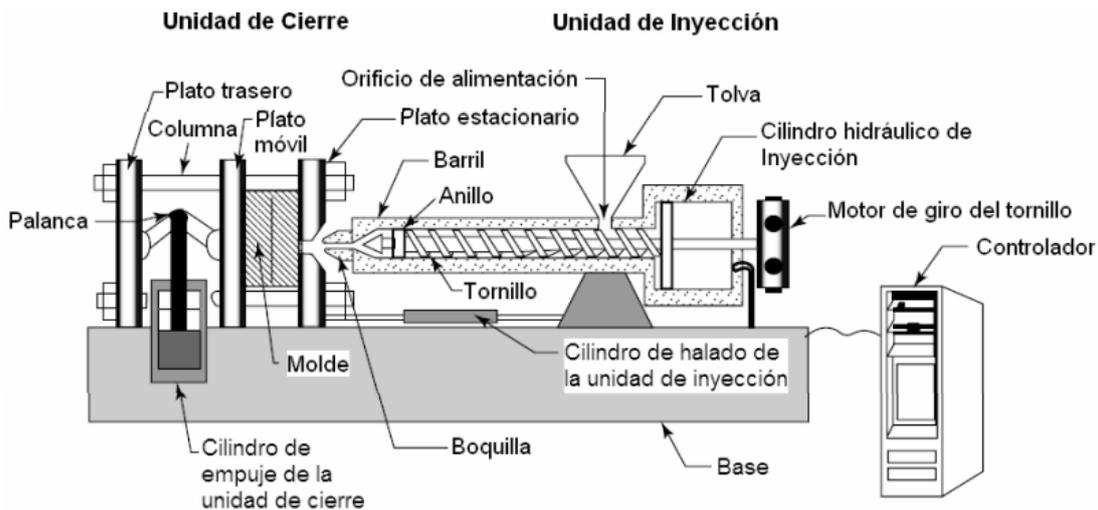


Imagen 6. Máquina de inyección.

2.6.1. Unidad inyectora

La tarea de la unidad de inyección consiste en introducir en los canales de flujo de molde una cantidad de material previamente determinada, que corresponde al volumen de la cavidad o cavidades del molde, y disgregada mediante el sistema de plastificación.

Esta unidad tiene que ser tal que permita una adaptación de las funciones a las exigencias de la producción. La amplia escala de materiales termoplásticos disponibles y sus diversas propiedades de elaboración hacen problemático encontrar un diseño para todas las máquinas de inyección.

La elaboración de materiales con estrechas tolerancias de fluidificación exige por lo general un rápido llenado del molde, para evitar que la solidificación prematura de la masa de inyección en las vías de llenado impida el completo llenado del molde, por lo que, es necesario trabajar con una rápida velocidad de inyección.

La unidad inyectora tiene que ofrecer además la posibilidad de compensar las contracciones de volumen que se presentan en la pieza durante la solidificación. En la práctica se deja actuar el pistón de inyección durante un tiempo determinado sobre el material disgregado, bajo la presión específica correspondiente, con objeto de poder equilibrar, mediante nueva aportación de material plastificado, la contracción de volumen que se presenta durante el enfriamiento.

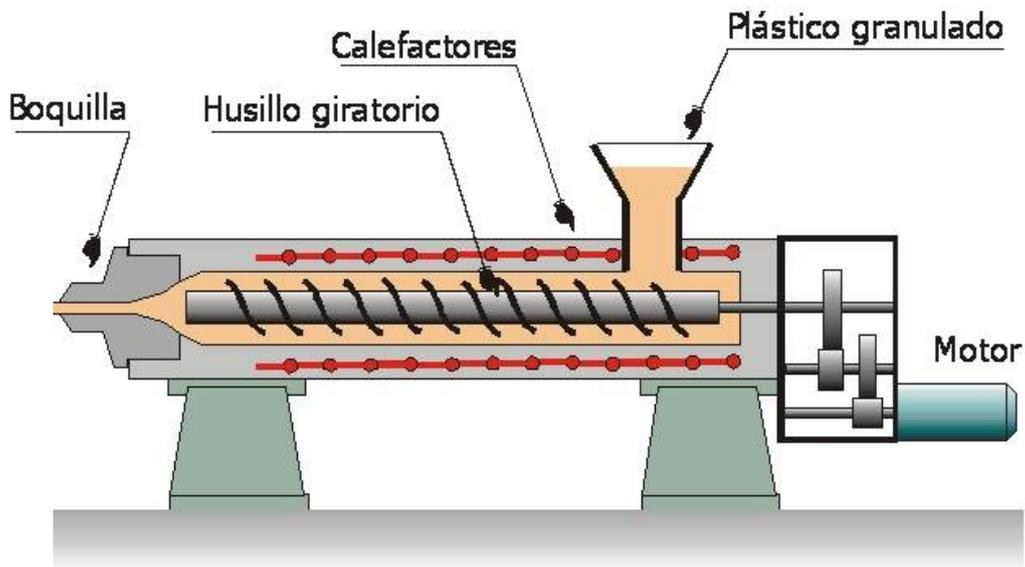


Imagen 7. Unidad de inyección.

– Boquillas de inyección

Mediante las boquillas de inyección se establece la conexión entre el cilindro de inyección y el molde, para dirigir el material termoplástico al bebedero. Las boquillas se fijan a la parte anterior del cilindro de inyección mediante rosca o también mediante un perfil de bayoneta; este último, tiene la ventaja de un rápido cambio de boquilla.

El diámetro del canal de flujo en la boquilla depende del volumen de la cavidad del molde. En piezas de peso reducido el orificio de la boquilla tiene que poseer un diámetro de unos 3-3,5 milímetros. Para moldes mayores y piezas con diversos espesores de pared pueden utilizarse boquillas con un orificio de hasta 6 milímetros de diámetro.

2.6.2. Unidad de cierre

Tiene la misión de efectuar el movimiento hacia la posición de cierre y apertura del molde dentro del ciclo total de trabajo de la máquina. Los moldes constan casi exclusivamente de dos mitades, que se unen y separan entre sí por el plano de separación. La mitad correspondiente al bebedero está unida a la placa portamolde lado boquilla, que generalmente es fija o tiene escaso movimiento. La mitad del molde del lado del expulsor efectúa, en cambio, juntamente con el plato portamolde lado expulsor, al que va unida, los movimientos de apertura y cierre.

Se han creado muchos sistemas de cierre, pero los más conocidos y utilizados son:

- Cierre por rodillera (simple o doble).
- Cierre por pistón (también conocido como cierre directo).
- Cierre hidromecánico o pistón bloqueado.

2.6.2.1. Cierre por rodillera simple

La rodillera simple es un sistema de bielas que consigue multiplicar la fuerza que se le aplica, de tal forma que se obtiene la fuerza requerida para el correcto cerrado del molde. La relación de multiplicación obtenida varía entre 15 y 25 veces la fuerza aplicada. Normalmente, los sistemas de rodillera son accionados por un cilindro hidráulico. En la siguiente imagen podemos observar el esquema de un grupo de cierre por rodillera simple:

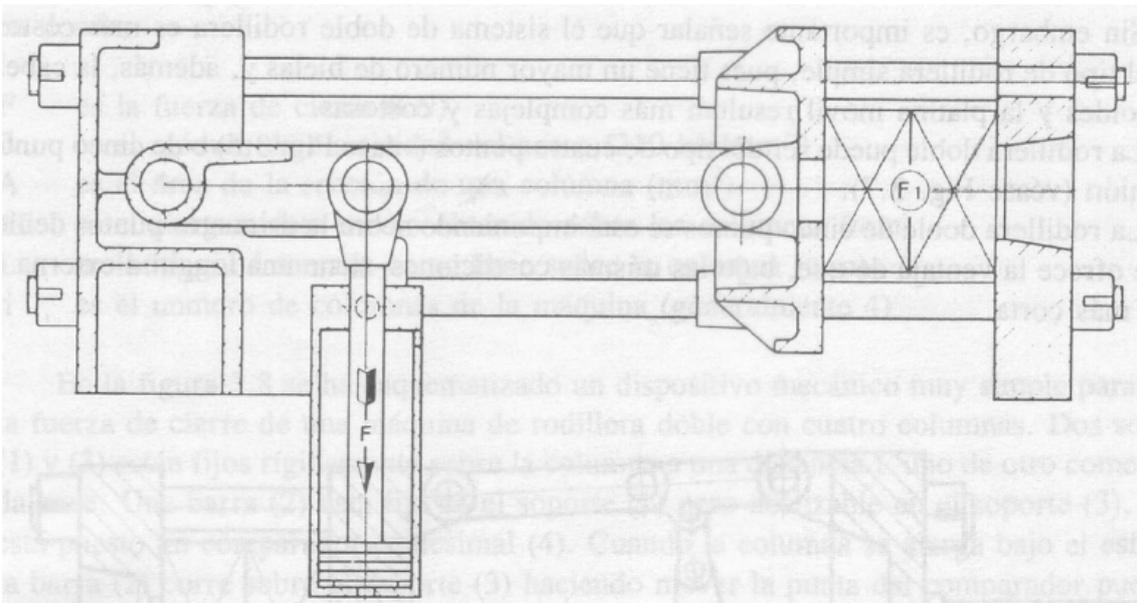


Imagen 8. Cierre por rodillera simple.

Para una misma fuerza de cierre producida, el consumo de energía de una máquina equipada con rodillera simple es superior con respecto al de una máquina con rodillera doble (explicado a continuación).

2.6.2.2. Cierre por rodillera doble

El sistema de doble rodillera es el más utilizado. Las razones por las cuales se emplea tanto se hallan en el hecho de que proporciona una mayor velocidad de desplazamiento a la platina móvil, acortando los tiempos de cierre y apertura del molde, lo que conlleva una reducción del tiempo total del ciclo de moldeo. Además, la relación de multiplicación es mayor que la de un sistema con rodillera simple, situándose entre 25 y 50 veces la fuerza aplicada.

Sin embargo, este sistema es más costoso que el de rodillera simple ya que tiene un mayor número de bielas y, además, la cabeza de moldes y platina móvil resultan más complejas y costosas.

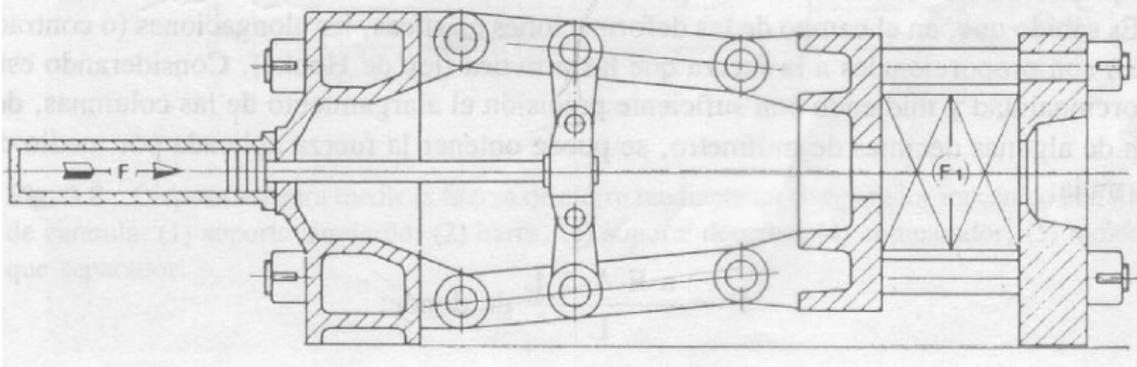


Imagen 9. Cierre por rodillera doble con 4 puntos de unión.

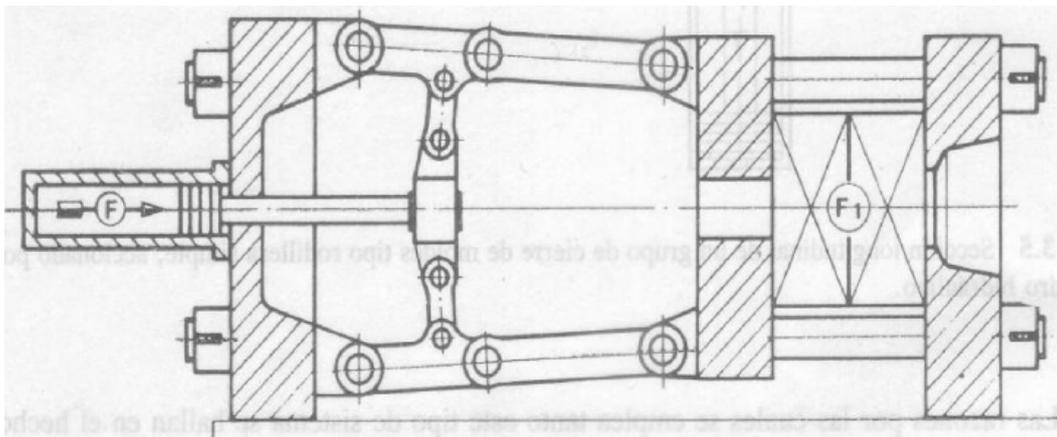


Imagen 10. Cierre por rodillero doble con 5 puntos de unión.

2.6.2.3. Cierre por pistón hidráulico

Comparado con el sistema por rodillera, el sistema por pistón resulta más lento, pero permite tener una carrera muy larga de la platina móvil, sin aumentar sustancialmente el costo del sistema. En este sistema, la platina móvil se acerca a la platina fija por medio de un pistón pequeño localizado en el centro del pistón principal o por medio de dos cilindros laterales al mismo pistón principal, todo esto con objeto de reducir el consumo de fluido hidráulico. La fuerza de cierre real es el propio empuje del pistón principal, si queremos conocer la fuerza de cierre, basta con multiplicar el área de la sección del pistón por la presión del fluido hidráulico que actúa sobre el mismo pistón.

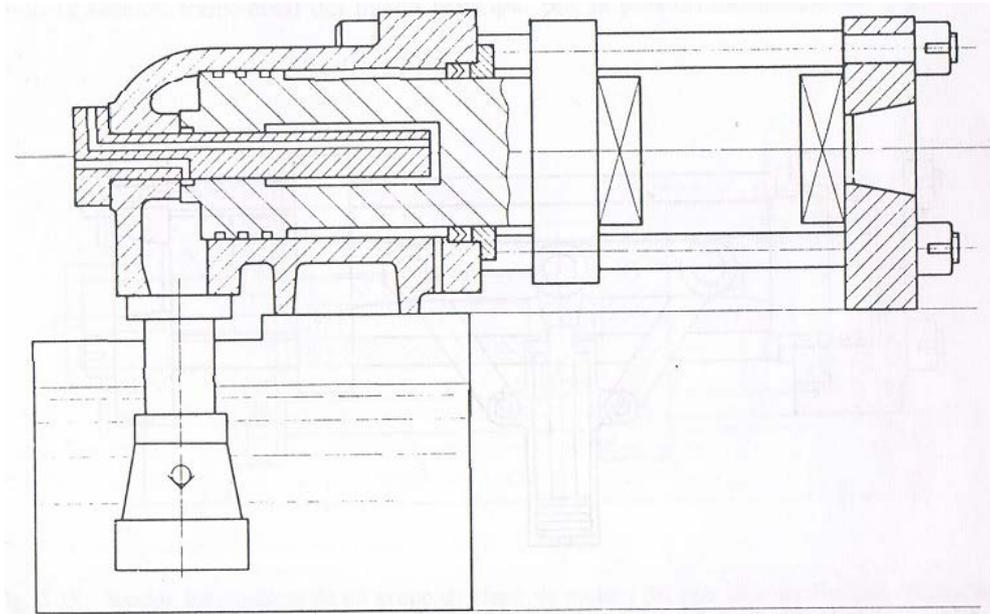


Imagen 11. Cierre por pistón hidráulico.

2.6.2.4. Cierre hidromecánico

Se trata de un tipo que se usa preferentemente para máquinas grandes, en la que se puede obtener una carrera larga de la platina móvil sin aumentar notablemente el costo del sistema. En este caso, la fase de acercamiento del molde se obtiene por medio de un pistón pequeño que actúa en el centro del pistón principal o mediante dos cilindros puestos lateralmente al mismo pistón principal, en tanto que la fase de cierre final (compresión) la proporciona el pistón principal colocado sobre la platina móvil o sobre la cabeza de moldes. Para este sistema, la fuerza de cierre se puede conocer de la misma manera que en el cierre por pistón hidráulico.

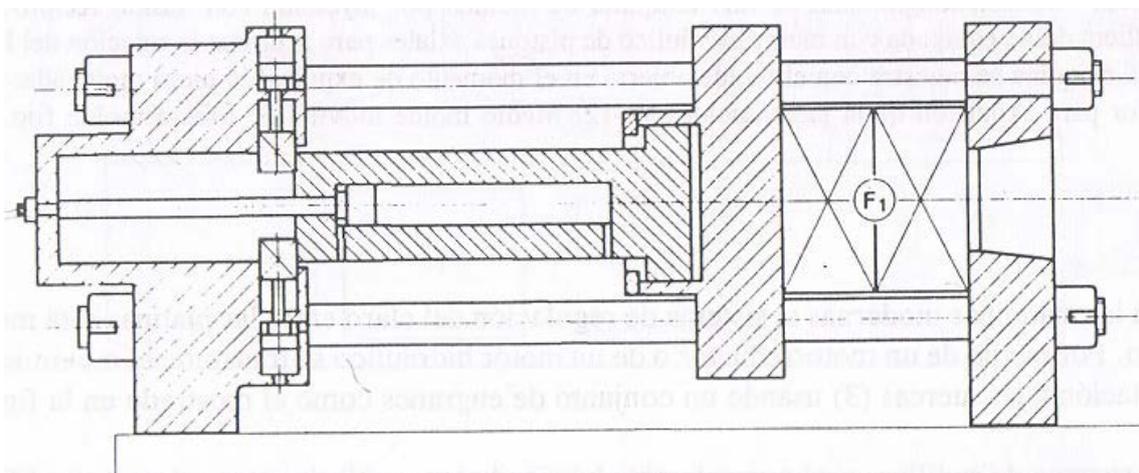


Imagen 12. Cierre hidromecánico.

2.7. Molde de inyección

2.7.1. Clasificación de moldes

Antes de profundizar en el molde de inyección se van a explicar brevemente los diferentes tipos de molde que existen. Se pueden clasificar según tres criterios:

- Según el proceso tecnológico de transformación
- Según las características estructurales del molde.
- Según el tipo de la producción del molde.

2.7.1.1. Según el proceso de transformación

▪ Inyección

Proceso por el que el material previamente plastificado y elevado a la temperatura de moldeo es introducido de forma brusca (alta presión y velocidad) en el molde cerrado donde se enfría adquiriendo la forma de este.

▪ Prensado

Proceso en el que el material plástico es introducido en el molde abierto y caliente sin ningún tipo de presión inicial. A continuación, el molde cierra y procede al prensado de la materia plástica que se reparte por toda la cavidad. El material adquirirá la forma del molde debido a la presión y temperatura a la que es sometido. Una vez conformada, la pieza puede ser retirada del molde.

▪ Transferencia

Variante del anterior en la que la primera fase del precalentamiento se realiza en una cámara independiente (cilindro) para posteriormente ser transferido al molde previamente cerrado.

▪ Soplado

Proceso altamente utilizado para la fabricación de cuerpos huecos. Una preforma generalmente en forma de macarrón se deposita entre las dos mitades del molde a la temperatura adecuada. Una vez cerrado el molde se introduce aire a presión por un extremo hasta conseguir “hinchar” la pieza y llenar el espacio dejado por el molde.

▪ Termoconformado

Es el método que de forma genérica da forma a planchas, lámina, mantas... de material con la ayuda de temperatura y presión. Calentando la materia prima a la temperatura necesaria para plastificarla y con la acción de algún tipo de presión (vacío, soplado, embutición) conseguiremos la forma del molde.

- Moldeo rotacional

El material (a la temperatura de plastificación), se deposita por toda la superficie interior del molde, gracias al movimiento rotacional alrededor de los tres ejes cartesianos. Una vez enfriado el material, se obtiene la pieza hueca deseada.

2.7.1.2. Según las características estructurales

- Moldes standards o de dos placas

Son aquellos en los que la forma de la pieza se obtiene en el interior de un molde, que se abre en dos partes quedando la pieza totalmente conformada y liberada entre estas dos mitades.

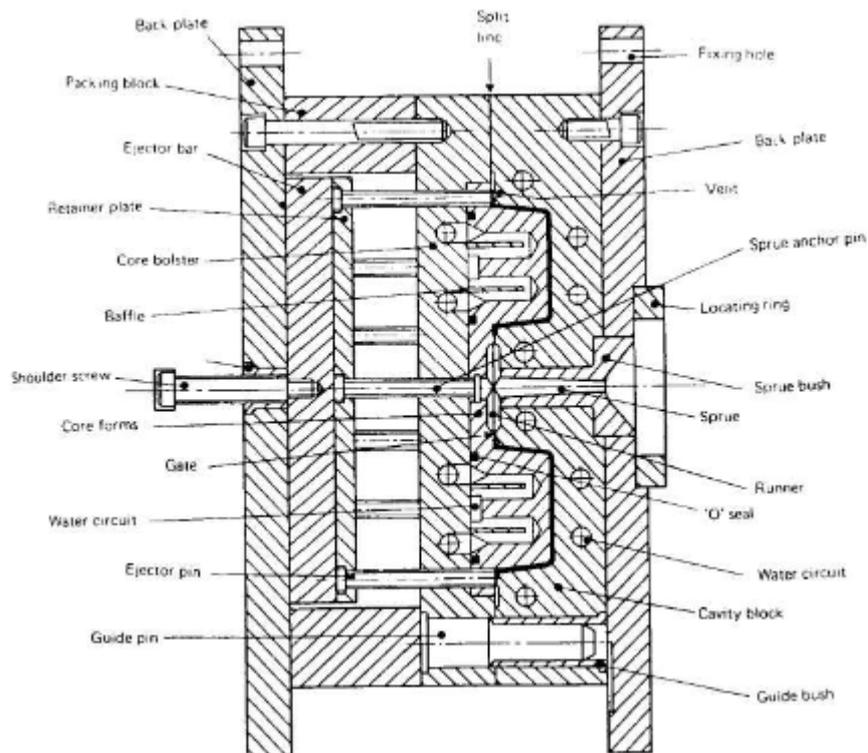


Imagen 13. Molde standard o de dos placas.

- Moldes de mordazas

Generalmente llamadas correderas son todos aquellos moldes en los que para permitir el desmoldeo de la pieza son necesarios elementos desplazables (correderas), ya sean éstas de carácter mecánico/hidráulico.

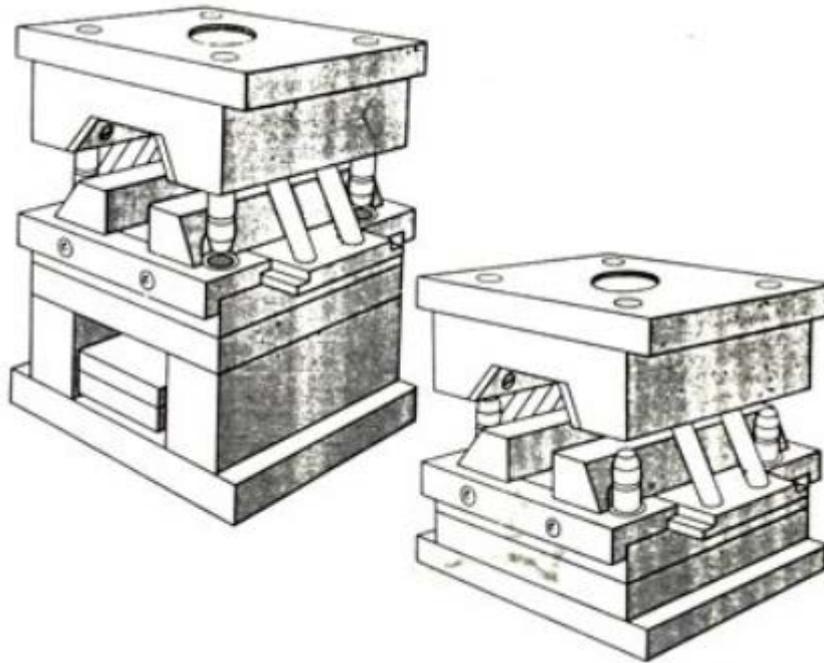


Imagen 14. Molde de mordazas.

- Extracción por segmentos

Una vez moldeada la pieza, la extracción de esta, se realiza en varias fases por extracción por segmentos.



Imagen 15. Molde de extracción por segmentos.

- De tres partes

Son todos aquellos moldes que, por diversos condicionantes, es necesario partirlos en más de las dos partes simples del molde estándar.

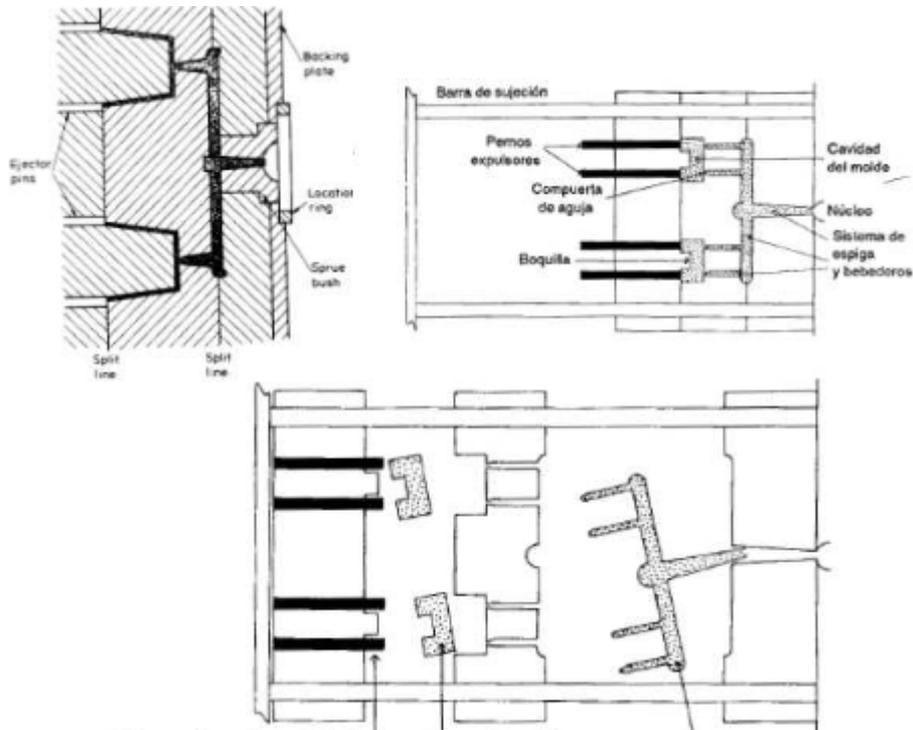


Imagen 16. Molde de tres partes.

- De pisos

Una variante de los moldes de inyección en la que las diferentes cavidades, se superponen unas a otras en forma de pisos para con ello mejorar el aprovechamiento de la capacidad de inyección de la máquina sin aumentar la superficie proyectada.

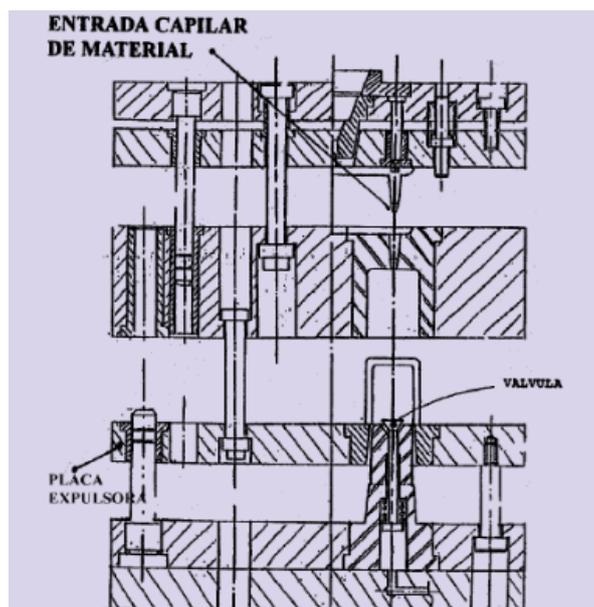


Imagen 17. Molde de pisos.

2.7.1.3. Según el tipo de la producción

- Experimentales

Son moldes en los que su principal objetivo es experimentar con cualquiera de sus características; llenado, pulido, refrigeración...

- Prototipo

Se denominan de esta forma a los moldes en los que las piezas obtenidas tienen un carácter de prototipo sin que criterios como ciclo, producción, resistencia, ect, representen condicionantes importantes.

- Producción

Son los moldes definitivos, ya sean series cortas, largas, etc., en los que factores como producción, ciclo o pulido son determinantes, así como las formas, tolerancias, etc.

2.7.2. Partes del molde

2.7.2.1. Parte fija

Está anclada a la máquina de inyección, posee la parte negativa del molde y en ningún momento cambia su posición relativa a la máquina. En ella se produce la entrada de material a través del canal de inyección donde se acopla la boquilla de inyección.

A su vez, la parte fija estará formada por diferentes elementos.

- Placa superior

Es una placa de metal cuyas dimensiones se adecúan para que el tamaño de pieza a inyectar permita espacios libres por donde se podrá sujetar mediante bridas al plato fijo de la máquina. El grosor de ésta será lo suficiente, para evitar deformaciones y dependerá del peso total del molde.

En el caso de este molde, la placa superior tendrá unas dimensiones de 646x596x56 milímetros. El material utilizado para esta pieza es el UNE 1.1730 y pesará 165.5 kg.

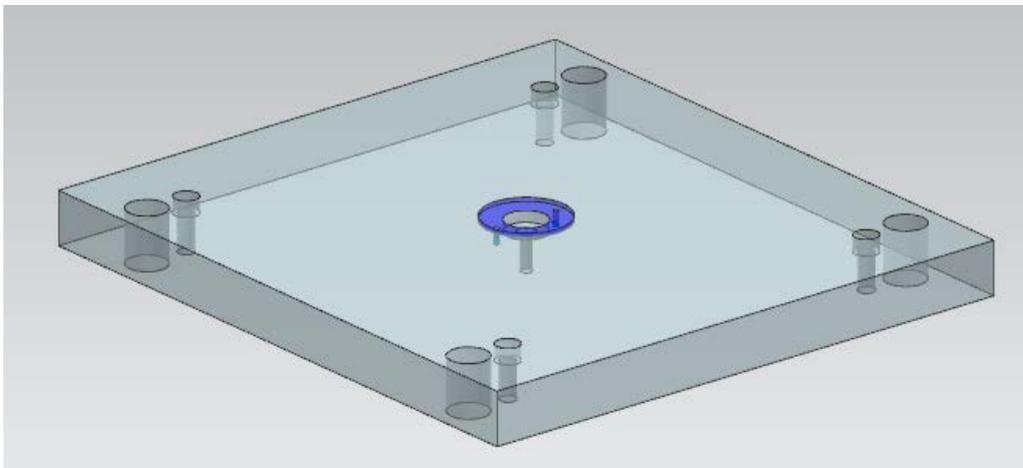


Imagen 18. Placa superior.

- Placa portacavidades

Estas placas son donde se realizan las figuras de la pieza, bien sea como postizos ajustados en la misma, o directamente labradas sobre ella. La hembra llamada cavidad suele realizarse en la parte fija del molde. El macho también llamado núcleo se realiza en la parte móvil del molde.

Las dimensiones de la placa portacavidades son 596x546x116 milímetros, con un peso de 222.9 kg. Al igual que la placa superior estará hecha del material UNE 1.1730. Además, en esta parte se encuentran los canales de refrigeración de los que consta el molde.

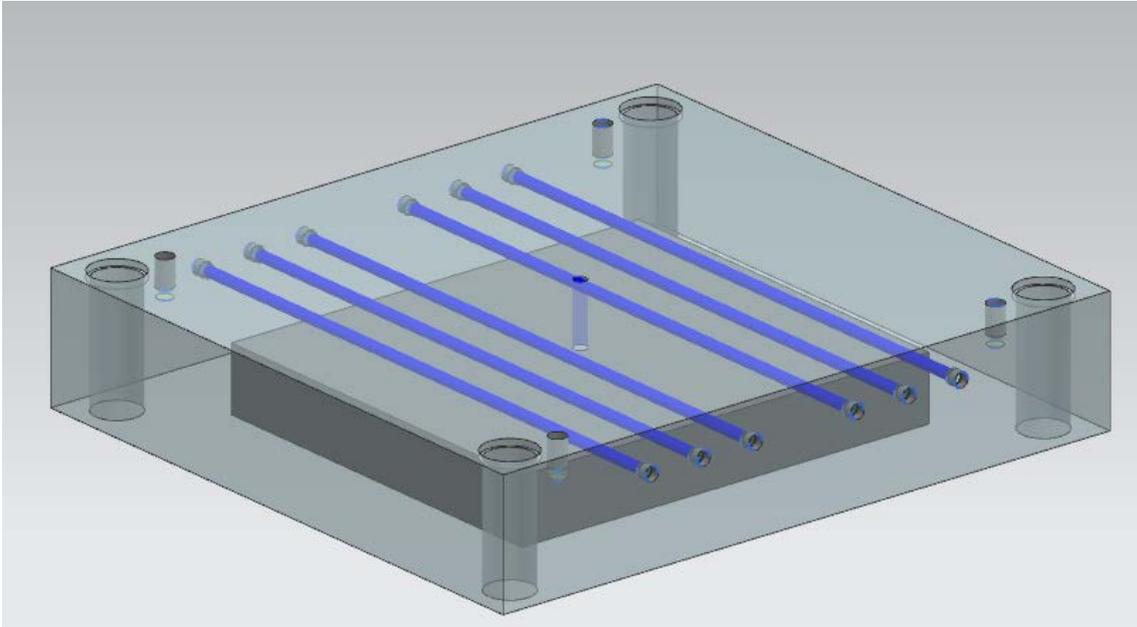


Imagen 19. Placa portacavidades.

- Centrador

Sirve para centrar el molde en la máquina. Suele ser redondo y sobresale de la placa base. Lo que sobresale entra ajustadamente en el plato fijo de la máquina. Así una vez centrado el molde en el cilindro de inyección de la máquina, coincide con el orificio por donde tiene que entrar el plástico fundido en el molde.

El anillo centrador utilizado se trata de una pieza normalizada, a continuación se muestra una imagen de este componente.

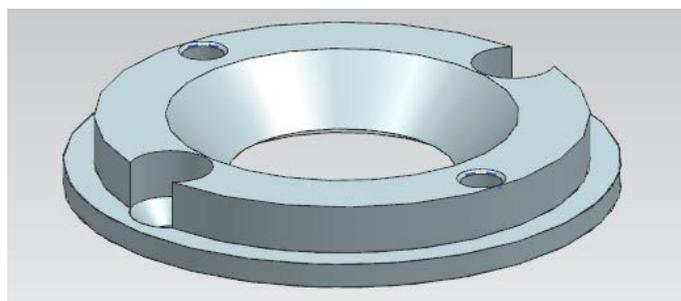


Imagen 20. Anillo centrador.

- Bebedero, ramales de distribución y entradas

Son huecos creados en el molde, que sirven para que el plástico fundido que viene del cilindro de inyección de la máquina, pueda llegar a través de ellos hasta los huecos que tienen la forma de la pieza.

La mazarota es el primer tramo, donde la boquilla de la máquina apoya ajustándose al molde. Tras la mazarota se sitúan los ramales de distribución primarios y secundarios.

Los bebederos y entradas a la pieza son conductos que se llenan de plástico y que no forman parte de la pieza, cuando el plástico se enfría constituyen una merma del material empleado, llamada colada, que tiene que ser minimizada con un estudio minucioso de las mismas.

También es posible mantener estos conductos a una temperatura lo suficientemente alta, mediante resistencias integradas en el molde, que mantenga el plástico fundido sin llegar a degradarse. Con ello se evita la merma de las coladas y entonces se estaría hablando de moldes con cámaras calientes.

El diámetro del orificio por el que circulará el material plástico a través del bebedero es de 8 mm, teniendo en cuenta que cuenta con un chaflán en la entrada. La longitud total del bebedero es de 110 mm. Este componente estará hecho del material UNE 1.2510 y pesará aproximadamente 0.443 kg.



Imagen 21. Bebedero.

- Circuitos de refrigeración

La refrigeración se realiza mediante una serie de circuitos, tanto en el interior de la placa portafiguras como en los postizos que tienen las figuras de la pieza, por donde pasa el líquido refrigerante.

Con este sistema, se establecerá un equilibrio entre la cantidad de calor que se suministra al molde con el plástico fundido, y la cantidad de calor que se le quita con el líquido refrigerante. El ciclo tiene que ser el menor posible para que mantenga las piezas con la calidad requerida.

El sistema de refrigeración se ubicará únicamente en la parte fija del molde; a 80 mm del plano de partición y con unos canales conectados en paralelo de 10 mm de diámetro. En la siguiente imagen se puede ver el diseño del sistema de refrigeración.

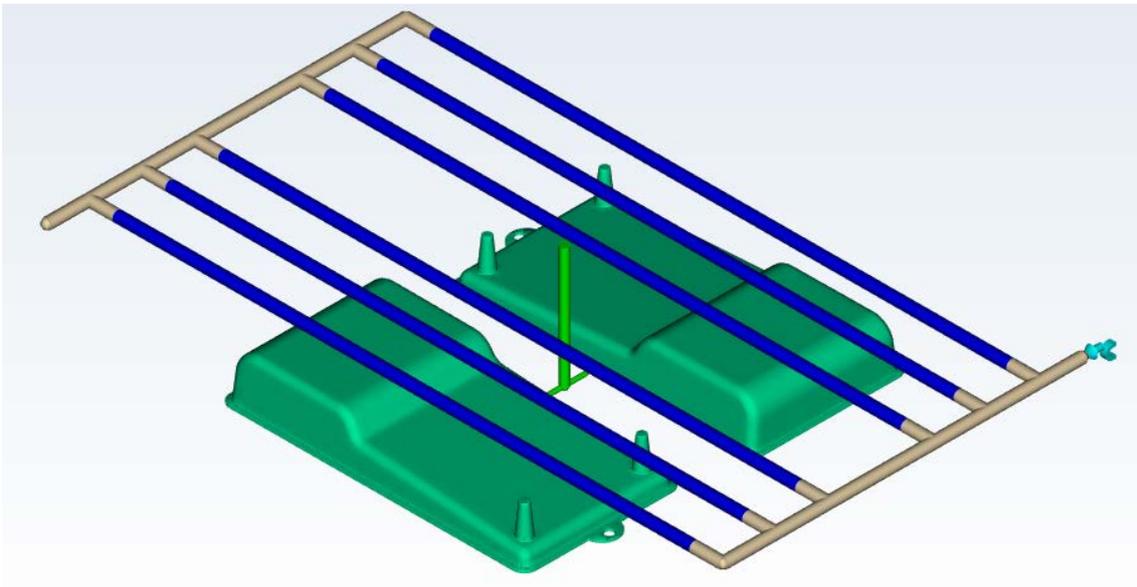


Imagen 22. Sistema de refrigeración.

- Columnas guía

Su función es asegurar el cierre preciso del molde alineando perfectamente ambas placas. Son cuatro elementos acoplados a la placa fija y que se introducen sin juego en la placa móvil asegurando el sellado del molde para que no halla fugas de material.

2.7.2.2. Parte móvil

Es la parte del molde que va unida al carro móvil, se mueve longitudinalmente para realizar el proceso de acoplamiento-inyección-expulsión. Posee la parte positiva o macho de la cavidad donde se inyectará el plástico.

- **Placa inferior**

Sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la máquina de inyección. A diferencia de la anterior, esta placa no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada del vástago expulsor de la máquina hasta la placa expulsora del molde.

La placa inferior tendrá las mismas dimensiones que la placa superior; es decir, 646x596x56 mm. También estará fabricada del mismo material y, por lo tanto, el peso es similar, 165.3 kg exactamente.

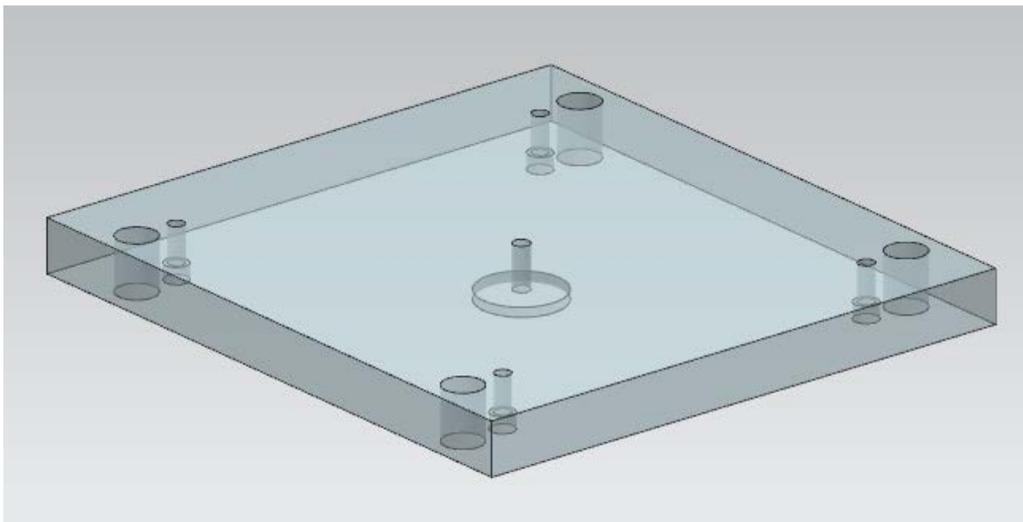


Imagen 23. Placa inferior.

- **Placa portanúcleos**

Como ya se ha mencionado anteriormente son las placas donde se realizan las figuras de la pieza. En la parte móvil del molde también se realizan las figuras mediante postizos ajustados o directamente sobre ella.

En este molde, la placa portanúcleos es de 596x546x76 milímetros con un peso de 168.6 kg y de material UNE 1.1730.

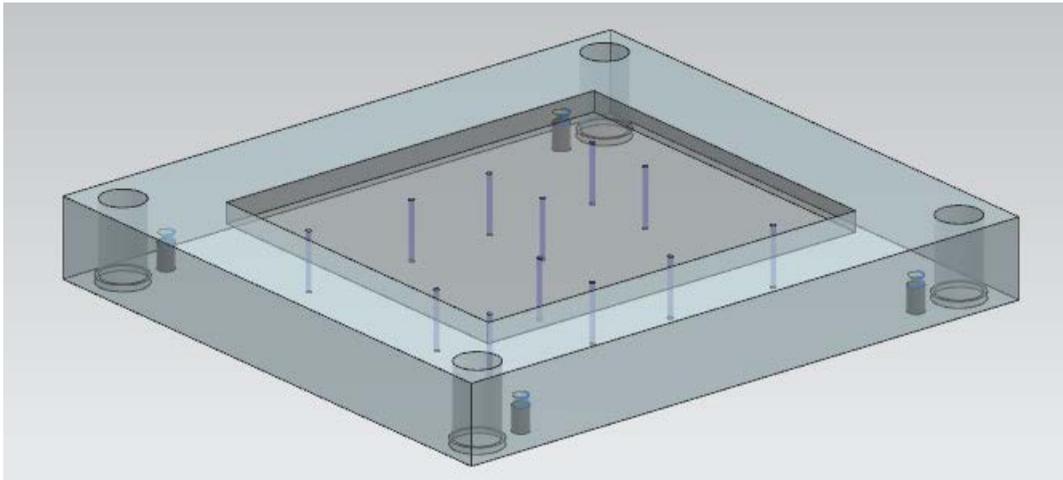


Imagen 24. Placa portanúcleos.

- Placa expulsora

Es una placa doble que lleva los expulsores y recuperadores. Va flotante y guiada en un determinado espacio dentro de esta mitad del molde y cuya misión consiste en extraer la pieza con los expulsores que aloja cuando el vástago de expulsión de la máquina hace presión sobre la misma. Mediante los recuperadores lleva la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre del molde.

Para que la expulsión de las piezas sea la correcta, se han diseñado las dos siguientes placas:

- Placa portaexpulsores: de dimensiones 596x418x27 mm y 52.57 kg de peso, es donde se encuentran ubicados los 12 expulsores de los que consta el molde.

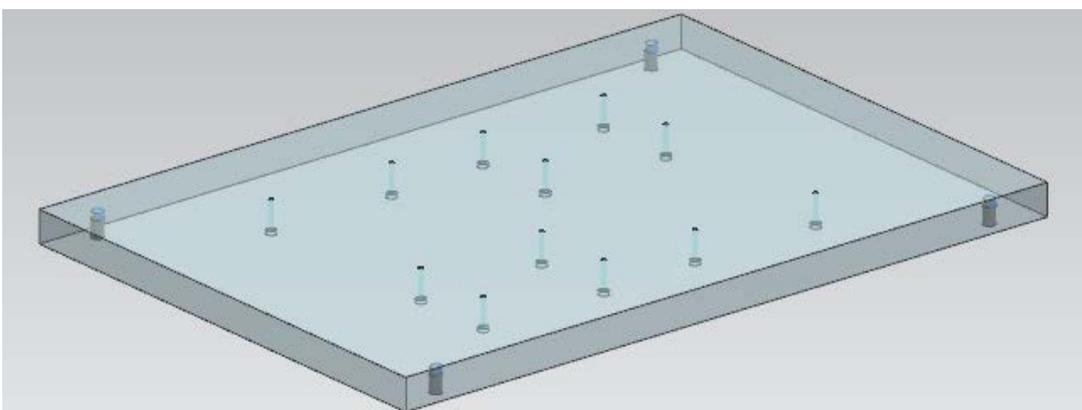


Imagen 25. Placa portaexpulsores.

- Placa expulsora: de dimensiones 596x418x36 mm y 70.07 kg de peso, es la placa que se encarga de transmitir el movimiento de expulsión a los expulsores.

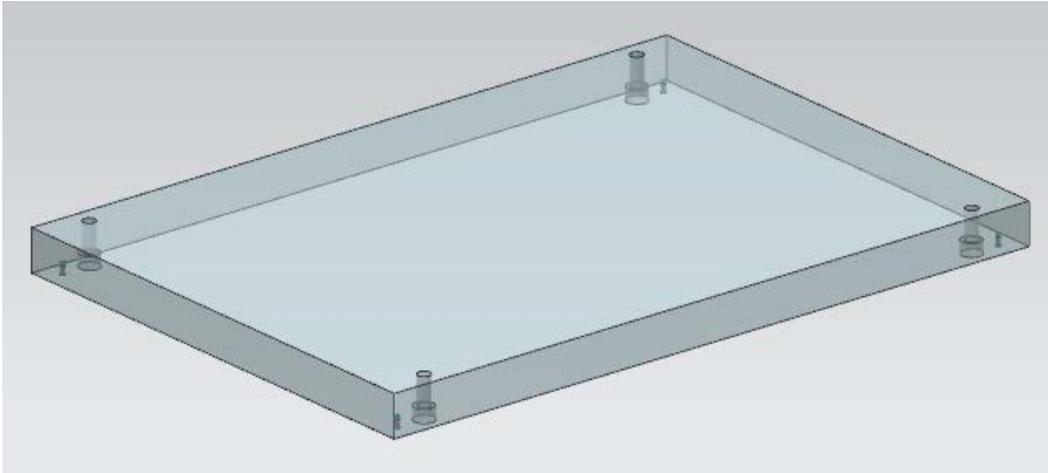


Imagen 26. Placa expulsora.

- Placas laterales

Son gruesos de hierro, puestos a ambos lados del molde, sujetos a la placa base y placa portafiguras mediante tornillos, creando un hueco central entre las dos placas, por donde se deslizará mediante guías la placa expulsora.

- Expulsores

Pueden tener diferentes formas, según la pieza, aunque lo común es que sean de forma cilíndrica o laminar. Su situación, en un extremo la placa expulsora y en el otro formando parte de la superficie en contacto con el plástico, hace de transmisor directo en la extracción de la pieza de la cavidad del molde donde se aloja.

Con el enfriamiento de la pieza, al solidificarse el molde, se produce una contracción volumétrica de la pieza moldeada provocando dos fenómenos: la separación de las partes cóncavas del molde y la adherencia en las partes convexas.

Para la extracción de cada pieza se han diseñado 6 expulsores. Como en cada ciclo se fabrican 2 bandejas de pintura, el molde consta de 12 expulsores en total, todos ellos de la misma longitud.

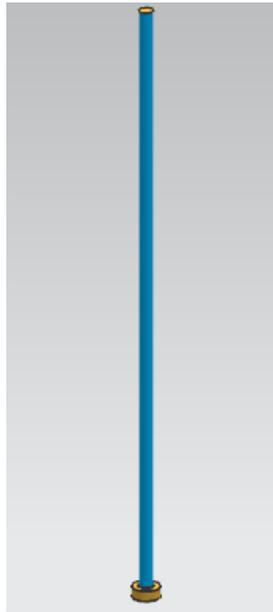


Imagen 27. Expulsor.

- Recuperadores

Son varillas cilíndricas de mayor tamaño que los expulsos, ubicadas fuera de la superficie del molde que hace pieza y cuya misión es evitar que los expulsos dañen el molde cuando se cierran ambas mitades. Asegura así, una recuperación de la placa expulsora y expulsos hasta su posición inicial.

- Líneas de partición

Se trata de una zona alrededor de las figuras donde ambas partes del molde se tocan, creando el límite de llenado de la cavidad. El ajuste tiene que ser perfecto para evitar que existan sobrantes de material en la pieza. La comprobación del ajuste del molde consistirá en pintar una de las caras, presionando después ambas partes y comprobando después que la fabricación del molde es correcta.

- Salida de gases

Son pequeñas ranuras creadas de forma precisa en el molde. Están situadas principalmente en las terminaciones de llenado de las piezas y permiten que el aire existente en los huecos de la cavidad al llenar, junto con los gases que se generan en la inyección, tenga huecos en el ajuste para salir. Estas salidas tendrán el tamaño adecuado para que salgan los gases, pero no el plástico líquido.

- Agujeros roscados y cáncamos

El molde posee en todas sus placas de agujeros roscados de orificio suficiente para el enroscado de cáncamos, que serán utilizados en el manejo del molde.

2.7.2.3. Sistemas auxiliares de desmoldeo

- Carros laterales

Cuando la pieza tiene ángulos de salida negativos o bien geometrías negativas que impiden la expulsión, es necesario instalar carros laterales que entren y salgan con ayuda de pernos inclinados. Al abrirse el molde estos pernos moverán los carros hacia fuera liberando las geometrías negativas.

También pueden auxiliarse de expulsores, levas, pistones hidráulicos y placas expulsoras.

Debido a que la geometría de la pieza a fabricar no es compleja, en este caso, no será necesario diseñar ningún tipo de sistema auxiliar de desmoldeo.

2.7.2.4. Sistemas de colada

Una colada es, literalmente, el camino que debe recorrer el plástico fundido para poder llenar la cavidad del molde y formar la pieza; en otras palabras, es el canal que guía a la resina hacia la cavidad del molde con la forma de la pieza que se formará una vez que se enfríe y expulse del molde.

La colada se compone de bebedero; canal cónico inyectado desde la punta de la unidad de inyección como una unidad a parte del molde, las ramas y los puntos de inyección (a las cavidades del molde).

Una colada fría es toda la “araña” de ramas, bebedero y puntos de inyección que se enfrían junto con las piezas en cada tiro, mientras que una colada caliente es un sistema dentro del molde que mantiene la resina caliente para que se alimente material directo a las cavidades sin necesidad de enfriar o solidificar la colada.

Para la fabricación de la bandeja de pintura se ha optado por un molde con un sistema de colada fría, principalmente por lo económico que resulta utilizar este tipo de colada.

- Sistema de colada fría

Típicamente, hay dos o tres placas situadas entre la base del molde. Cuando el plástico tiene que ser inyectado en el molde, tiene que ser a través del bebedero y posteriormente el plástico se mueve por la colada antes de entrar finalmente en la cavidad del molde a través del punto de inyección.

En un molde de dos placas, la colada y las partes de la cavidad están unidas y para separar a ambas del molde, se tiene que usar un sistema de expulsión. Por otra parte, en un molde de tres placas, la colada se encuentra en una placa separada. Como resultado, las partes de la cavidad pueden ser expulsadas por sí solas.

Es importante tener en cuenta, que independientemente de que el molde sea de dos o tres placas, la colada siempre se mueve y recicla. Esto ayuda a reducir los residuos de plástico, pero hace que el tiempo de ciclo aumente.

Las ventajas de este tipo de colada son las siguientes:

- Es relativamente más barato de mantener y usar.
- Permite cambiar colores con relativa facilidad.
- Se puede utilizar tanto para polímeros de uso general como para polímeros de ingeniería.
- Si se utiliza robots para separar las coladas, el tiempo de ciclo puede ser bastante rápido.

- Sistema de colada caliente

Un sistema de colada caliente está compuesto por varias partes, encargadas de llevar el plástico fundido desde la válvula de inyección de la máquina hasta la compuerta de acceso de cada cavidad del molde. Así, este sistema que se instala dentro del molde, reduce o elimina la utilización de ramales o mazarotas, necesaria con los sistemas de colada fría.

Básicamente, un sistema de colada caliente consiste en un distribuidor y en 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 del molde. El calor requerido para mantener la resina fundida es proporcionado mediante resistencias eléctricas.

Los puntos a favor de este tipo de colada se pueden resumir en:

- El tiempo de ciclo es por lo general más corto.
- Como no hay coladas sólidas, el desperdicio es mucho menor.
- No hay necesidad de invertir en robots, ya que no hay coladas que separar.
- Es ideal para fabricar piezas grandes.
- Se tiene más control sobre el adecuado llenado de las cavidades.

2.8. Aspectos a tener en cuenta

En los aspectos a tener en cuenta a la hora de fabricar el molde, han de observar tanto los defectos en la pieza final como los aspectos geométricos y diferentes parámetros del molde y la pieza. A continuación se explican los más significativos:

2.8.1. Rebaba

Esto ocurre Cuando la fusión de polímero se mete en la superficie de separación entre las partes del molde. Generalmente ocurre por los siguientes motivos: una presión de inyección muy alta comparada con la fuerza de sujeción, tamaño excesivo de la cargavo mal sello en las cavidades.



Imagen 28. Rebaba.

2.8.2. Rechupes

Se trata de una pequeña depresión en la superficie de una pieza moldeadas. Estas marcas son defectos que se presentan debido a la deficiencia de la materia prima o a un elevado gradiente térmico dentro de la pieza. Hace que el material en el centro se contraiga y tire del material de la superficie, sin que haya una compensación por esta contracción de volumen.

Para evitar este defecto hay que asegurar una buena refrigeración el molde. Además, se puede prevenir evitando diferencias de espesor de las paredes y prestando atención a la relación grosor-diseño de los nervios.

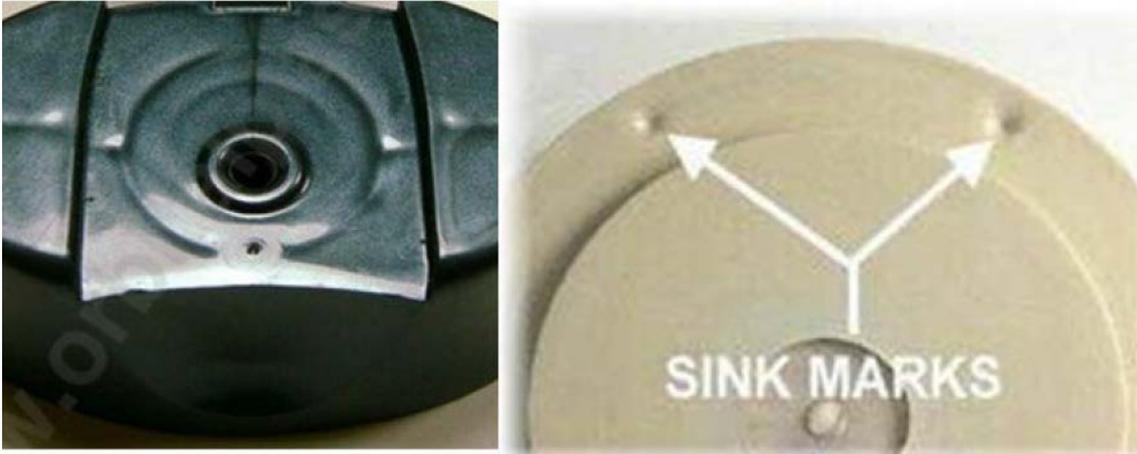


Imagen 29. Rechupes.

2.8.3. Burbujas

Son atrapamientos de humedad o de aire. Este molesto defecto de la pieza no sólo ocasiona problemas en el aspecto, sino que también afecta las propiedades físicas.

Para evitar la creación de burbujas, hay que tener en cuenta varios factores, entre los que cabe destacar la temperatura de fusión y la temperatura de la pared de la cavidad.



Imagen 30. Burbujas.

2.8.4. Marcas hundidas y huecos

Las marcas hundidas son causadas por la solidificación y contracción de la superficie exterior antes que el interior. Una vez solidificada la capa exterior ocurre una contracción del material provocando un hundimiento. Los huecos también son provocados por el mismo fenómeno, pero, se manifiesta con un hueco interno. El defecto se puede evitar usando secciones más delgadas y espesores uniformes.

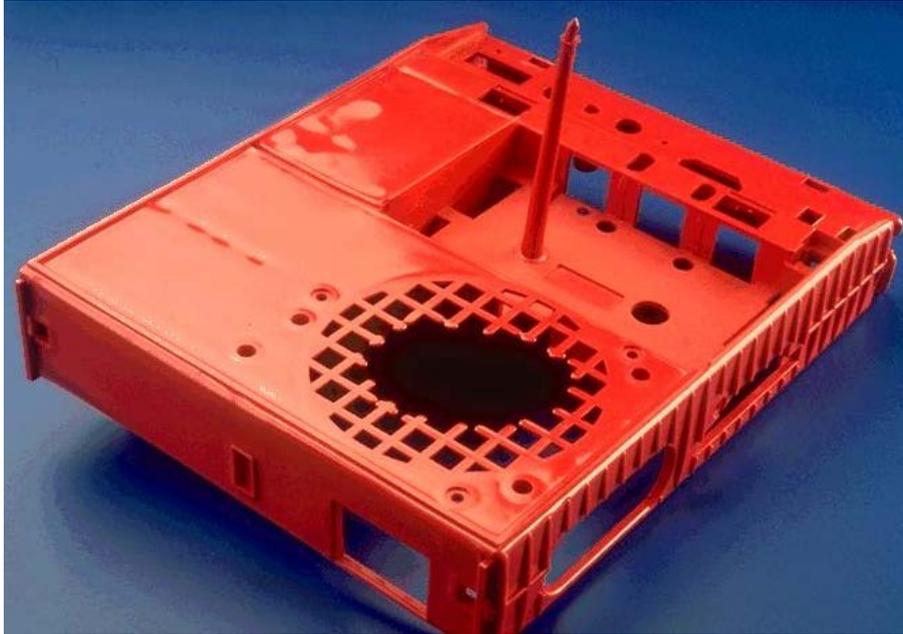


Imagen 31. Marcas hundidas y huecos.

2.8.5. Líneas de flujo o de soldadura

Las líneas de soldadura se originan cuando se encuentran dos o más frentes de flujo. Los frentes de flujo redondeados de la masa quedan aplastados y unidos cuando se tocan. Por lo general, es un problema meramente estético; no obstante, pueden constituir un punto físicamente débil si coinciden en una parte de la pieza sometida a fuerte tensión.

Las temperaturas altas de fusión, las presiones altas de inyección, las localizaciones alternas de las puertas en la pieza y una mejor ventilación son formas de evitar este defecto.



Imagen 32. Líneas de flujo o de soldadura.

2.8.6. Efecto Stick-Slip

La razón física de este problema son las vibraciones elásticas del plástico fundido inyectado, que se deben en parte a una velocidad demasiado lenta en conjunción con las paredes de la cavidad que están relativamente frías.

Estas ranuras en la pieza inyectada también pueden ser producidas por una falta de presión de inyección, por una baja temperatura del plástico fundido y/o la temperatura del molde en combinación con las dos causas mencionadas. La eliminación del defecto se consigue mediante la corrección de estos parámetros del molde y de la máquina de inyección.

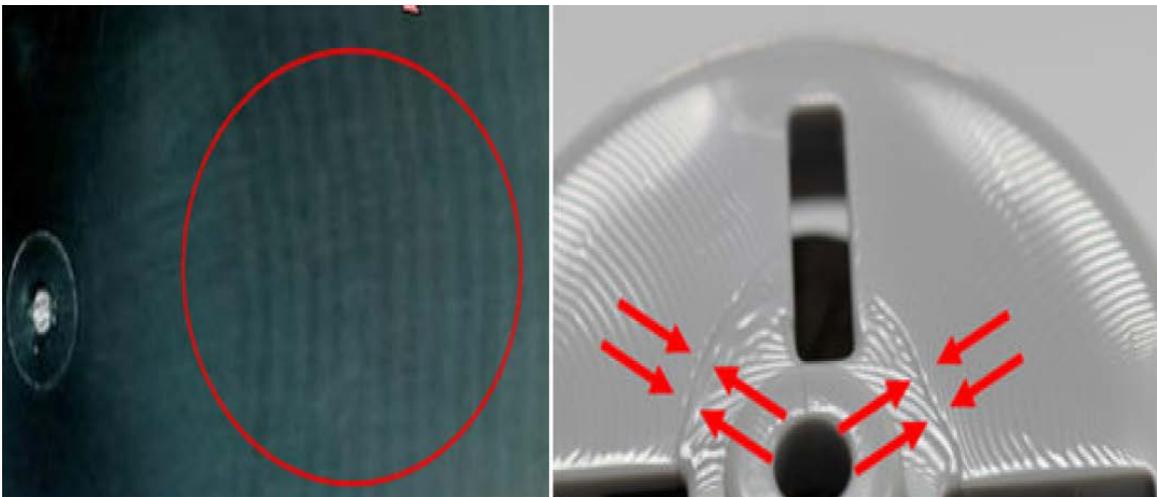


Imagen 33. Efecto Stick-Slip.

2.8.7. Efecto Diesel

Cuando ocurre este defecto se aprecian manchas negras en la superficie de la pieza. El efecto aparece cuando la ventilación no es adecuada, por lo tanto, el aire no puede escapar. El aire que se ha quedado atrapado se comprime y llega a altas temperaturas, lo que provoca una auto ignición y la aparición de manchas las manchas negras por las quemaduras.

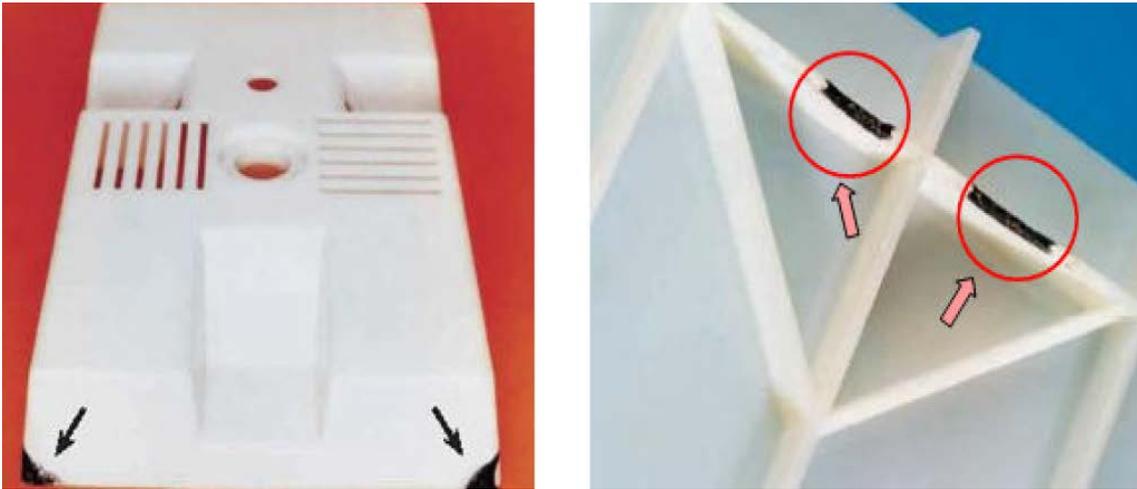


Imagen 34. Efecto Diesel.

2.8.8. Efecto Jetting

“Jetting” es la formación de un cordón de plástico fundido que entra en la cavidad del molde desde el conducto de colada, en un movimiento incontrolado. El cordón fundido hace un mínimo contacto con la pared de la cavidad, extendiéndose en pliegues durante la fase de llenado que después son rodeados por el plástico fundido que entra a continuación. La principal causa es la insuficiencia de flujo que recorre la cavidad.



Imagen 35. Efecto Jetting.

2.8.9. Contracción

A causa de los cambios de temperatura, todos los materiales sufren aumentos o reducciones de su volumen, uniforme en todas las direcciones si se considera el material homogéneo e isótropo. A pesar de que las contracciones suelen ser relativamente pequeñas, han de tenerse en cuenta antes de diseñar el molde porque repercuten en las dimensiones y tolerancias de la pieza. Al ser proporcionales al tamaño de la misma, las contracciones serán más evidentes cuanto mayor sean sus dimensiones originales.

2.8.10. Espesor de las paredes

El espesor de las paredes influye en varios de los defectos explicados previamente. Por lo tanto, se deben considerar 3 cosas principalmente:

- Se tienen que evitar las paredes gruesas con el fin de prevenir la aparición de defectos como deformaciones o rechupes.
- Tampoco se deben utilizar espesores excesivamente delgados con el fin de que la pieza se pueda llenar correctamente y con la menor dificultad posible.
- Por último, es interesante mantener espesores uniformes; es decir, evitar los cambios de sección repentinos. De esta manera se evitan varios defectos en la inyección.

2.8.11. Nervios

Los nervios en las piezas se utilizan para mejorar su rigidez con el fin de evitar aumentar los espesores de las paredes. No obstante, hay que tener en cuenta que los nervios pueden ser fuente de defectos como por ejemplo rechupes. Para evitar cualquier defecto en la pieza se pueden adoptar las soluciones mostradas en la siguiente imagen:

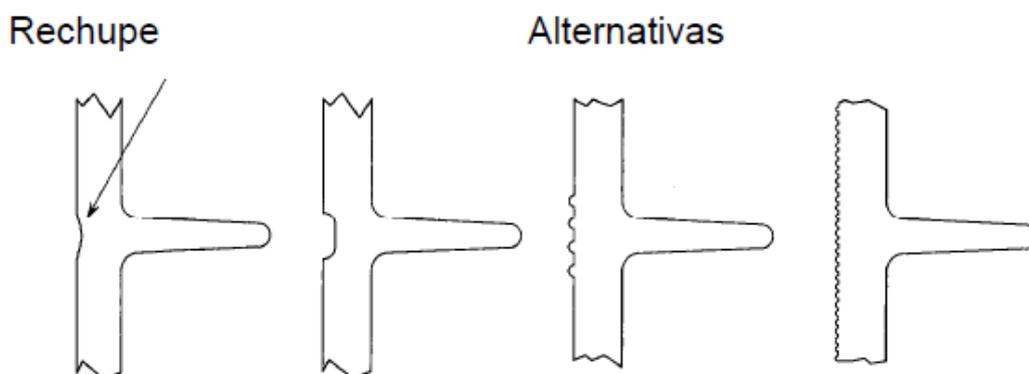


Imagen 36. Nervios.

2.8.12. Aristas vivas

Es conveniente evitar las aristas vivas y esquinas, por lo que se redondean. Al redondear estas zonas, se evita las concentraciones de tensiones, por el contrario, estas zonas podrían fallar cuando la pieza se somete a cargas mecánicas.

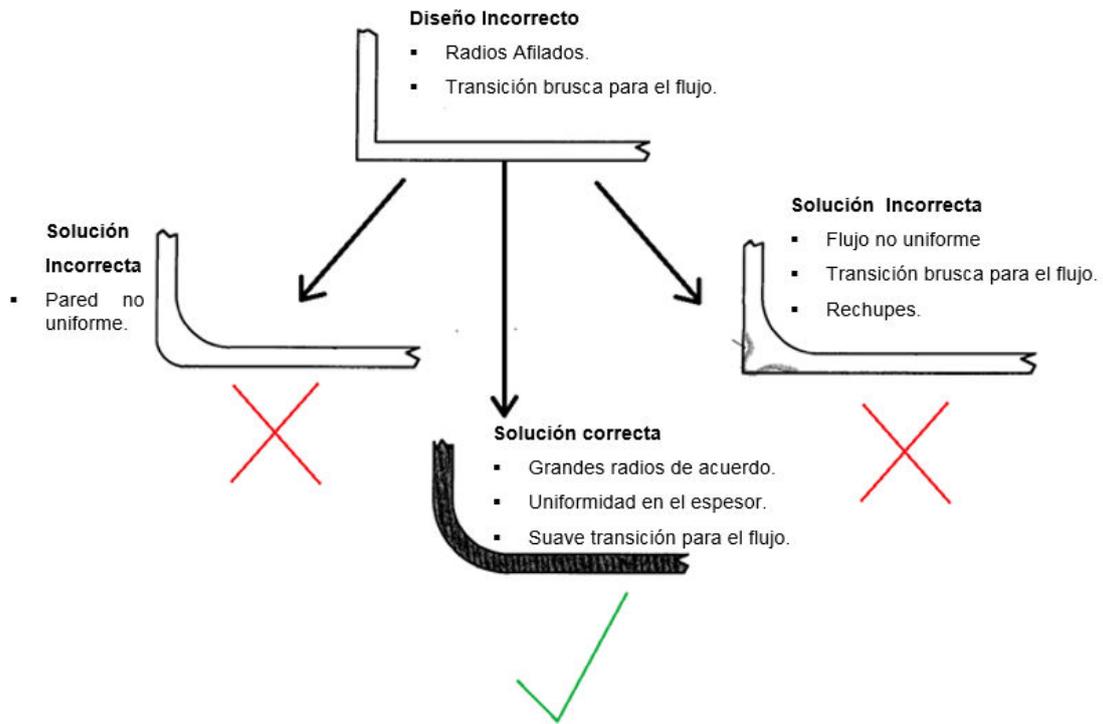


Imagen 37. Aristas vivas.

2.8.13. Ángulos de salida

El diseño del molde debe facilitar la extracción de la pieza, para ello las paredes perpendiculares a la dirección de desmoldeo deben tener un ángulo de como mínimo 0.5°. Este ángulo podrá aumentarse en función del tipo de plástico utilizado y la profundidad de la cavidad.

2.8.14. Contrasalidas

Las contrasalidas son huecos de la pieza donde fluye el plástico, y una vez solidificado, impiden la extracción. Esto suele suceder cuando hay agujeros en la pieza, o en caras con conicidad negativa respecto al cierre. Lo más habitual es librar las contrasalidas con elementos móviles.

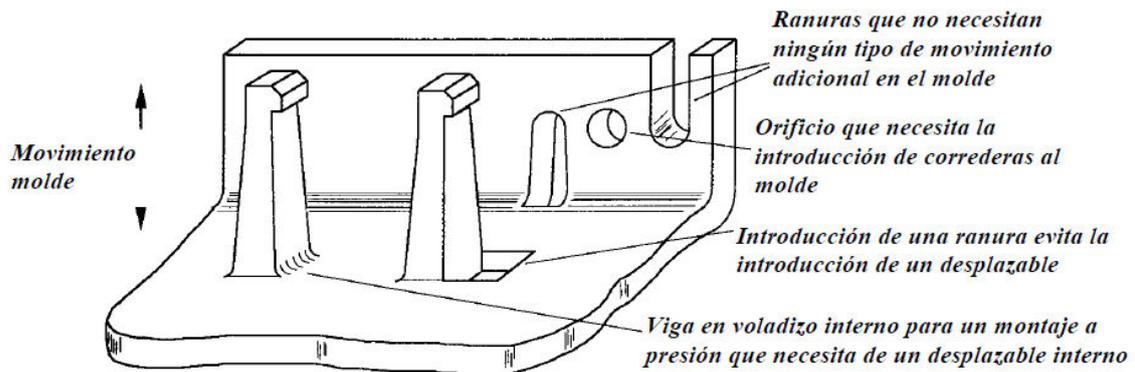


Imagen 38. Contrasalidas.

2.8.15. Acabado superficial

A la hora de fabricar el molde es un factor importante a tener en cuenta, ya que en función del acabado superficial del macho y la cavidad variará el acabado superficial de la pieza fabricada. Es decir, que si se quiere obtener una pieza con gran acabado superficial en la fabricación del molde hay que escoger correctamente tanto el material como la forma de fabricación.

2.9. Materiales para la construcción de moldes

Para la fabricación de piezas por inyección son necesarios moldes de gran calidad, con una elaboración muy precisa y que deben presentar una elevada duración. El tipo de molde a elegir para una pieza que se haya de fabricar viene determinado esencialmente por consideraciones de rentabilidad, que dependen de:

- Las exigencias impuestas a la pieza fabricada
- Los costes de fabricación del molde
- El tiempo de ciclo
- El número de piezas a fabricar con el molde

Estas condiciones no van incondicionalmente unidas con las propiedades térmicas y mecánicas, ni tampoco con la facilidad de elaboración de los materiales. Por ejemplo, los materiales con buenas propiedades térmicas presentan generalmente propiedades mecánicas menos buenas. Los tiempos de ciclo cortos significan, con estos materiales, duraciones de vida menos elevadas. Por lo tanto, al elegir los materiales deben aceptarse ciertos compromisos. Si un artículo está sometido a exigencias especiales, como, por ejemplo, buen aspecto de superficie, exactitud de medidas, elevada velocidad de producción, etc., los moldes se elaboran, casi exclusivamente por arranque de viruta o por troquelado en frío. Como consecuencia, solamente se emplean bloques de acero refinado, forjado o laminado, bloques de metal no férnico o materiales cerámicos. En estos casos se aceptan los mayores costes de fabricación para el molde, en comparación con los moldes colados. Sin embargo, si solo se quieren efectuar algunas inyecciones de ensayo para obtener muestras de una pieza, se elegirán materiales más económicos y métodos de fabricación más sencillos para el molde; en este caso, se emplean particularmente resinas de colada y metales colados. A continuación se presentan los materiales utilizados para la fabricación de moldes.

2.9.1. Aceros

Las exigencias que debe satisfacer un acero para la construcción de moldes destinados al moldeo por inyección proceden, por una parte, de las condiciones impuestas a la pieza terminada y, por otra, de los esfuerzos a los que se ve sometido el molde. De ello se desprende que los aceros deben poseer las siguientes propiedades:

- Buenas condiciones para su elaboración; mecanibilidad, templabilidad...
- Resistencia a la compresión, temperatura y abrasión.
- Aptitud para el pulido.
- Suficiente resistencia a la tracción y tenacidad.
- Buena conductividad térmica.
- Buena resiliencia.
- Resistencia a los ataques químicos

2.9.2. Materiales de colada

La fabricación de moldes con perfiles forjados o laminados es relativamente cara por la mano de obra necesaria para su mecanización y por las máquinas que se requieren. Además, se originan pérdidas muy elevadas en la mecanización, que, en ciertos casos pueden llegar a alcanzar entre el 30% y 50%. Los costes de los materiales y de su elaboración pueden reducirse mediante el empleo de materiales colados. Sin embargo, el tiempo empleado puede ser considerable en los moldes colados, ya que hay que confeccionar modelos y moldes de colada. También hay que tener en cuenta que la exactitud de dimensiones y la calidad superficial son inferiores, y la duración de vida más baja respecto a los moldes fabricados por mecanización.

2.9.3. Materiales obtenidos galvánicamente

La separación metálica producida galvánicamente proporciona un nuevo medio para ejecutar, con exactitud de medidas, vaciados de formas complicadas. Existe una serie de materiales para el moldeo galvánico. Los más importantes para la fabricación de moldes son el níquel y las aleaciones níquel-cobalto, ya que presentan las mejores propiedades de resistencia, poseen la máxima dureza superficial y tienen un comportamiento óptimo frente a la corrosión y la abrasión.

El cobre y el hierro obtenidos galvánicamente son excesivamente blandos para utilizarlos como materiales para moldes, incluso en su forma galvánicamente más dura. En cambio, el cromo galvánico es tan duro que no es posible efectuar un trabajo posterior, como, por ejemplo, el taladro de orificios para los eyectores; por otro lado, el cromo galvánico presenta fuertes tensiones internas, que pueden conducir fácilmente a la formación de grietas en la capa de cromo.

2.9.4. Materiales para elementos de accionamiento y montaje en moldes de inyección

Además de las piezas del molde que entran en contacto con la pieza final, es necesario la construcción de una serie de piezas sometidas a esfuerzos. Estas son, en particular, los eyectores, columnas y manguitos de guía, placas de fijación, bridas de centrado...; estos elementos pueden adquirirse ya terminados, gracias a los elementos normalizados disponibles en el mercado. Estos elementos normalizados, por lo general, tienen un precio relativamente bajo gracias a su producción en grandes series.

2.10. Normas y referencias

2.10.1. Bibliografía

- Bodini, G. y Cacchi Pessani, F. (1992). “Moldes y máquinas de inyección para transformaciones de plásticos: Tomo 2”. Negri Bossi.
- Mink, W. (1977). “Inyección de plásticos”. Editorial Gustavo Gili, S. A.
- Menges, G. y Mohren, G. (1980). “Moldes para inyección de plásticos”. Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Gastrow, H. (1992). “Moldes de inyección para plásticos”. Hanser-Gardner Publication.
- Sánchez Valdés, S., Yáñez Flores, I. G. y Rodríguez Fernández, O. S. (2001). “Moldeo por inyección de termoplásticos”. Editorial Limusa.
- Savgorodny, V. K. (1978). “Transformación de plásticos”. Editorial Gustavo Gili, S.A.

2.10.2. Normas

- DIN 16750. Moldes de inyección para materiales plásticos.
- DIN 1530-4. Eyectores de molde plano.
- Código WNr. Designación comercial de aceros para moldes de inyección.
- Norma UNE.

2.10.3. Software

- Autodesk Moldflow Adviser 2018
- Siemens NX 10.0