



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**“MOLDEO POR INYECCIÓN DE PLÁSTICOS UNA  
TÉCNICA MODERNA Y COMPETITIVA”**

***T E S I S***

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTA  
**JUAN HERNÁNDEZ BARRERA**

ASESOR  
**ING. IGNACIO FRANCO TORRES**

**MORELIA MICHOACÁN AGOSTO 2007**



# RECONOCIMIENTOS

Primeramente a Dios por haberme permitido la vida hasta este momento y el que me haya dado las fuerzas y el conocimiento necesario para poder luchar por superarme ya que sin su ayuda no lo habría logrado.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres que me apoyaron a lo largo de toda mi carrera también a mi esposa y a mi hija por el espacio de tiempo de su vida que me dieron para preparar esta tesis y todas las personas que colaboraron de una manera directa o indirecta.

Y en forma muy especial doy las gracias a mis profesores y a la Escuela de Ingeniería Eléctrica por el apoyo que me brindaron a lo largo de toda mi carrera ya que gracias a la formación profesional que aquí se me brindó yo he podido hacer frente a los retos que ofrece la vida laboral.

Lista de figuras.....	5
Resumen.....	7

## Capítulo 1

### 1.0 Descripción de los materiales plásticos

1.1 Introducción.....	8
1.2 Materiales plásticos .....	9
1.2.1 Materiales plásticos de gran volumen.....	10
1.2.2 Materiales plásticos de ingeniería.....	10
1.2.3 Materiales plásticos de especialidad .....	11
1.3 Materiales termoplásticos y termofijos.....	11
1.3.1 Materiales termoplásticos.....	11
1.3.2 Materiales termofijos.....	11

## Capítulo 2

### 2.0 Máquina de Inyección de Plásticos.

2.1 Introducción.....	12
2.2 Elementos de una máquina de inyección.....	13
2.2.1 Unidad de inyección.....	14
2.2.2 Unidad de cierre.....	16
2.2.3 Sistema mecánico de cierre con palancas acodadas.....	16
2.2.4 Sistema hidráulico de cierre .....	17
2.3 Tipos de Máquinas de Inyección.....	18
2.3.1 Máquina con tornillo alternativo.....	18
2.3.2 Máquinas de inyección multicolor giratorias.....	18
2.3.3 Máquinas con unidad de inyección vertical... ..	19
2.4 Características principales de una máquina.....	19
2.4.1 Introducción .....	19
2.4.2 Capacidad ó tonelaje de cierre.....	19
2.4.3 Capacidad de inyección.....	21
2.4.4 Presión de Inyección.....	21
2.4.5 Recorrido de apertura de molde .....	22

## Capítulo 3

### 3.0 Conceptos básicos del proceso de inyección

3.1 Introducción...	24
3.2 Función y partes del tornillo.....	24
3.2.1 Zona de alimentación.....	25
3.2.2 Zona de transición o compresión .....	25
3.2.3 Zona de dosificación y bombeo .....	26
3.3 Ciclos de inyección. ....	27
3.3.1 Cierre del molde .....	27
3.3.2 Inyección.....	27
3.3.3 Sostenimiento .....	28
3.3.4 Recarga de material .....	28
3.3.5 Enfriamiento y expulsión.....	29

## Capítulo 4

### 4.0 Equipo auxiliar.

4.1 Introducción.....	30
4.2 Equipos de secado de plásticos.....	30
4.3 Válvulas de bloqueo de flujo.....	31
4.3.1 Válvula anti-retorno de anillo.....	31
4.3.2 Válvula anti-retorno de bola.....	31
4.3 Boquillas de inyección.....	32
4.4 Válvula de descompresión de material .....	33

## Capítulo 5

### 5.0 Moldes.

5.1 Introducción.....	34
5.2 Partes del molde.....	34
5.3 Tipos de moldes.....	35
5.3.1 Moldes de dos platos .....	35
5.3.2 Moldes de tres platos.....	35
5.3.3 Moldes de canales calientes.....	36
5.4 Sistemas de canales de alimentación.....	36
5.5 Sistemas de entrada.....	37
5.5.1 Entrada lateral .....	38
5.5.2 Entrada en tunel o submarina.....	38
5.5.3 Entrada capilar.....	39
5.5.4 Entrada de lengüeta.....	39
5.6 Refrigeración, calefacción.....	40

# Capítulo 6

## 6.0 Problemas típicos. en el moldeo por inyección.

6.1 Introduccion.....	41
6.2 Principales problemas y soluciones.....	41
6.2.1 Piezas incompletas.....	41
6.2.2 Piezas con rebabas.....	41
6.2.3 Hundimientos y huecos.....	42
6.2.4 Líneas de soldadura.....	42
6.2.5 Decoloración por degradación .....	42
6.3 Conclusiones.....	43
Bibliografia .....	44

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.1</b>	Materia prima virgen.....	9
<b>Figura 1.2</b>	Tabla de características de moldeo para los plásticos de gran volumen...	10
<b>Figura 1.3</b>	Tabla de características de moldeo para los plásticos de Ingeniería .....	10
<b>Figura 1.4</b>	Materiales Termoplásticos.....	11
<b>Figura 1.5</b>	Materiales Termofijos.....	11
<b>Figura 2.1</b>	Máquina de inyección.....	13
<b>Figura 2.2</b>	Elementos de una maquina de inyección.....	13
<b>Figura 2.3</b>	Diseño de la unidad de inyección.....	15
<b>Figura 2.4</b>	Unidad de inyección.....	15
<b>Figura 2.5</b>	Unidad de cierre.....	16
<b>Figura 2.6</b>	Sistema de cierre mecánico con palancas acodadas.....	17
<b>Figura 2.7</b>	Sistema de cierre hidráulico.....	17
<b>Figura 2.8</b>	Sistema de inyección con tornillo alternativo.....	18
<b>Figura 2.9</b>	Máquina de inyección multicolor giratoria.....	18
<b>Figura 2.10</b>	Máquina de inyección vertical... ..	19
<b>Figura 2.11</b>	Presión media en el molde.....	20
<b>Figura 2.12</b>	Características de un tornillo de inyección... ..	21
<b>Figura 2.13</b>	Recorrido de apertura del molde.....	22
<b>Figura 2.14</b>	Recorrido de apertura del molde (molde instalado)... ..	23
<b>Figura 3.1</b>	Función y partes del tornillo.....	24
<b>Figura 3.2</b>	Zona de alimentación del tornillo de inyección.....	25
<b>Figura 3.3</b>	Zona de transición del tornillo de inyección.....	25
<b>Figura 3.4</b>	Corte transversal del tornillo que muestra la transición del material ....	26
<b>Figura 3.5</b>	Zona de salida (transición o compresión) del tornillo de inyección.....	26
<b>Figura 3.6</b>	Cierre del molde y comienzo de la inyección.....	27
<b>Figura 3.7</b>	Inyección del material hacia el molde... ..	27
<b>Figura 3.8</b>	Aplicación de la presión de sostenimiento.....	28
<b>Figura 3.9</b>	Proceso de recarga de material.....	28
<b>Figura 3.10</b>	Enfriamiento y expulsión de la pieza.....	29
<b>Figura 4.1</b>	Equipo de secado.....	30
<b>Figura 4.2</b>	Válvula anti-retorno de anillo.....	31
<b>Figura 4.3</b>	Válvula anti-retorno de bola.....	32
<b>Figura 4.4</b>	Boquilla de inyección.....	32
<b>Figura 4.5</b>	Ajuste del radio de la boquilla sobre el bebedero.....	33
<b>Figura 4.6</b>	Ajuste del diametro de la boquilla sobre el bebedero.....	33
<b>Figura 4.7</b>	Válvula de descompresión de material.....	33
<b>Figura 5.1</b>	Partes del molde.....	34
<b>Figura 5.2</b>	Molde de dos platos.....	35
<b>Figura 5.3</b>	Molde de tres platos.....	35
<b>Figura 5.4</b>	Corte del molde de canales calientes.....	36
<b>Figura 5.5</b>	Sección transversal de los principales tipos de canales de Alimentación	36

<b>Figura 5.6</b>	Diferentes arreglos de canales de alimentación.....	37
<b>Figura 5.7</b>	Entrada lateral.....	38
<b>Figura 5.8</b>	Entrada en túnel o submarina.....	38
<b>Figura 5.9</b>	Entrada capilar.....	39
<b>Figura 5.10</b>	Entrada de lengüeta.....	39
<b>Figura 5.11</b>	Sistema de enfriamiento para piezas rectangulares.....	40
<b>Figura 5.12</b>	Sistema de enfriamiento para piezas cilíndricas.....	40

# Resumen

El moldeo por inyección ha sido una de las herramientas de fabricación más importantes para la industria del plástico desde que se patentó la máquina de tornillo recíproca en 1956[1]. En la actualidad es prácticamente imposible hacer algo sin partes moldeadas por inyección. Se utilizan en interiores de automóviles, cubiertas de dispositivos electrónicos, artículos para el hogar, equipos médicos, discos compactos e incluso casas para perros. El moldeo por inyección se utiliza para fabricar pallets, juguetes, cajones, y baldes, contenedores para alimentos de paredes delgadas, tapas de botellas de leche etc.

En el proceso de moldeo por inyección se funde el plástico en un extrusor y se utiliza el tornillo del extrusor para inyectar el plástico en un molde donde se enfría. La velocidad y consistencia son elementos claves para que la operación de moldeo por inyección sea exitosa.

La creciente expansión en el uso de los plásticos a nivel mundial ha hecho que la industria del plástico crezca notablemente en los últimos años. En México la industria del plástico representa un área en continuo desarrollo, siendo el Moldeo Por Inyección uno de los más importantes para transformar los materiales plásticos en una gran variedad de productos.

El continuo desarrollo que presenta este proceso en México se ha debido al constante incremento en la producción de artículos plásticos tanto para consumo interno como para exportación, en 1990 México importaba aproximadamente 992.7 millones de dls. en materiales plásticos y sus manufacturas mientras que para 1999 llegó a importar hasta 9,299 millones de dls. con esto se puede observar un crecimiento constante.

Por otro lado el consumo global de resinas plásticas en México también se ha incrementado, esto ha contribuido a colocar el **Moldeo Por Inyección de Plásticos como una de las técnicas de mayor auge en nuestro país.**

Ventajas y desventajas de la utilización de este proceso en la elaboración de partes plásticas.

## Ventajas

- Producción de partes a alta velocidad.
- Costo bajo de operario por unidad.
- Altamente automatizable.
- Piezas producidas a bajo costo.
- Se logra controlar una buena calidad en los productos.

## Desventajas

- Alto costo en inversión inicial en la compra de una máquina de inyección nueva.
- Alto costo en inversión de moldes así como su mantenimiento.
- Alto costo en equipo auxiliar.



# Capítulo 1

## Descripción de materiales para moldeo por inyección de plásticos

### 1.1 Introducción.

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860 en los Estados Unidos, cuando se ofrecieron 10.000 dólares a quien produjera un sustituto del marfil (cuyas reservas se agotaban) para la fabricación de bolas de billar[5]. Ganó el premio John Hyatt, quien inventó un tipo de plástico al que llamó celuloide, el celuloide se fabricaba disolviendo celulosa, un hidrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución de alcanfor y etanol. Con él se empezaron a fabricar distintos objetos como mangos de cuchillo, armazones de lentes y película cinematográfica. Sin el celuloide no hubiera podido iniciarse la industria cinematográfica a fines del siglo XIX. El celuloide puede ser ablandado repetidamente y moldeado de nuevo mediante calor, por lo que recibe el calificativo de termoplástico.

En 1907 Leo Baekeland inventó la baquelita, el primer plástico calificado como termofijo o termoestable: plásticos que pueden ser fundidos y moldeados mientras están calientes, pero que no pueden ser ablandados por el calor y moldeados de nuevo una vez que han fraguado. La baquelita es aislante y resistente al agua, a los ácidos y al calor moderado. Debido a estas características se extendió rápidamente a numerosos objetos de uso doméstico y componentes eléctricos de uso general.

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivó a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP).

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

También en los años 30 se crea la primera fibra artificial, el nylon. Su descubridor fue el químico Wallace Carothers, que trabajaba para la empresa Du Pont. Descubrió que dos sustancias químicas como el hexametildiamina y ácido adípico podían formar un polímero que bombeado a través de agujeros y estirados podían formar hilos que podían tejerse. Su primer uso fue la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana. Al nylon le siguieron otras fibras sintéticas como por ejemplo el orlón y el acrilán.

## 1.2 Materiales plásticos.

Los plásticos son básicamente *polímeros* ( poli = muchos, meros = partes ) orgánicos formadas por la unión repetida de una o varias moléculas, las moléculas antes de combinarse para formar un polímero se les llama *monómeros* ( mono = uno, meros = Partes )[1].

El proceso químico mediante el cual cientos o miles de pequeñas moléculas de monómeros se enlazan entre sí para formar una gran molécula de polímero a esto se le llama reacción de polimerización. El monómero es el reaccionante original que se transforma químicamente en un polímero que generalmente son formulados con diversos tipos y/o aditivos para proporcionarles ciertas características[2].

Además es posible que dos o más monómeros sean polimerizados juntos en las proporciones deseadas dando lugar a *copolímeros*, un buen ejemplo es el copolímero estireno-butadieno. El poliestireno es un material transparente y quebradizo, el polibutadieno es un hule sintético, si mezclamos un copolímero de 25 % de poliestireno y 75 % de polibutadieno obtendremos como producto un hule con aplicaciones directas en alfombras, cojines etc. Ahora que sucede si nuestra proporción de nuestros polímeros anteriores es inversa, es decir, si mezclamos un copolímero de 75 % de poliestireno y 25 % de polibutadieno obtendríamos como producto un material rígido con aplicaciones en muebles y gabinetes, en la figura 1.1 se muestra la materia prima virgen.



**Fig. 1.1 Materia prima virgen**

### 1.2.1 Materiales plásticos de gran volumen.

De acuerdo al volumen de producción y costo a nivel mundial aproximadamente dos terceras partes de los plásticos utilizados son de gran volumen, los más comunes son polietilenos, polipropilenos, poliestirenos y policloruro de vinilo, en la tabla 1.1 se muestran las características de moldeo para estos materiales.

**PLASTICOS DE GRAN VOLUMEN**

PLASTICO	Temp. Fundido (°C)	Temp. Molde (°C)	Vel del Tornillo RPM	Presión Kg/cm <sup>2</sup>	Encogimiento in/in	Secado
<b>Polietileno de Baja densidad</b>	190-288	10-38	Máxima	3.5-7.03	0.015-0.025	NO
<b>Polietileno de Alta densidad</b>	204-315	10-38	Máxima	3.5-7.03	0.025-0.040	NO
<b>Polipropileno</b>	218-288	10-65	Máxima	3.5-7.03	0.015-0.020	NO
<b>Poliestireno</b>	190-288	38-65	50-200	3.5-7.03	0.004-0.010	NO
<b>PVC flexible</b>	154-288	38-65	150-200	3.5-7.03	0.004-0.010	NO
<b>PVC Rígido</b>	165-182	38-65	50-75	10.5-14.07	0.004-0.0065	NO

**Tabla 1.2** Tabla de características de moldeo para los plásticos de gran volumen.

### 1.2.2 Materiales plásticos de Ingeniería.

En general, se caracterizan como materiales que tienen propiedades superiores a los plásticos de gran volumen. Presenta buena estabilidad térmica alta resistencia tensil, buena resistencia al impacto. El más común de esta familia es el Nylon, en la en la tabla 1.2 se muestran las características de moldeo para estos materiales.

**PLÁSTICOS DE INGENIERÍA**

PLASTICO	Temp. Fundido (°C)	Temp. Molde (°C)	Vel del Tornillo RPM	Presión Kg/cm <sup>2</sup>	Encogimiento in/in	Secado
<b>Acrílicos</b>	222-274	65-93	50-100	3.5	0.004-0.007	SI
<b>ABS</b>	246-274	38-93	50-100	5.3-8.8	0.005-0.007	SI
<b>Polioxido de Fenileno</b>	246-315	65-107	25-75	3.5	0.005-0.006	SI
<b>Policarbonato</b>	274-329	79-107	25-50	3.5	0.006-0.007	SI
<b>Nylon 6</b>	222-274	38-93	Máxima	3.5-7.03	0.006-0.014	SI
<b>Nylon 6.6</b>	260-288	38-93	Máxima	3.5-7.03	0.0120-0.020	SI
<b>Acetal</b>	204-260	65-121	100-150	3.5-7.03	0.018-0.025	USUALMENTE
<b>Polietileno Tereftalato</b>	232-260	65-107	50-100	3.5	0.016-0.020	SI

**Tabla 1.3** Tabla de características de moldeo para los plásticos de Ingeniería

### 1.2.3 Materiales plásticos de especialidad.

A pesar de su alto costo, las características tan especiales que presentan los hacen muy específicos. El Teflón o Tetrafluoroetileno es el de mayor importancia comercial de los plásticos de este grupo.

### 1.3 Materiales termoplásticos y termofijos.

Los plásticos son polímeros sintéticos de alto peso molecular o bien modificaciones de algunos polímeros naturales, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a su comportamiento termomecánico en **termofijos** y **termoplásticos**.

#### 1.3.1 Materiales termoplásticos.

Estos materiales pueden ser calentados, fundidos, moldeados y enfriados repetidas veces; es decir, **son materiales que pueden ser reprocesados**. Las moléculas de estos materiales, no se entrecruzan, aunque durante el proceso de moldeo experimentan cambios físicos (fig. 1.2).

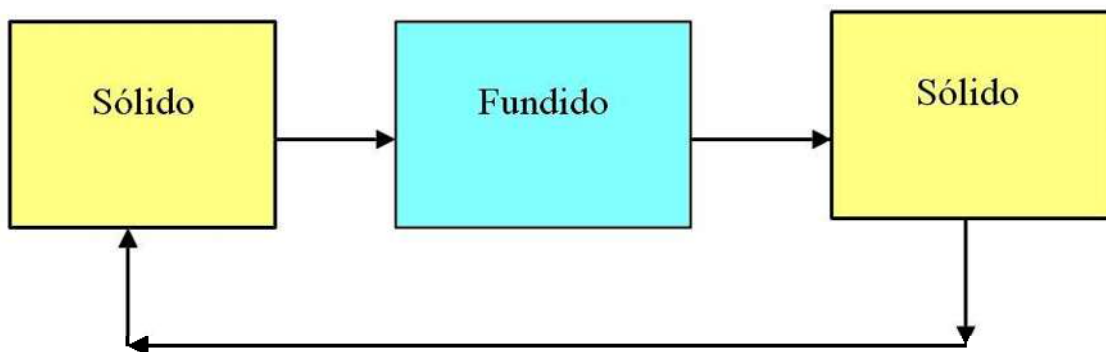


Fig. 1.4 Materiales Termoplásticos

#### 1.3.2 Materiales termofijos.

Estos materiales pueden ser moldeados bajo presión, con calentamiento, las moléculas que componen estos materiales se enlazan químicamente entre si formando una estructura tridimensional permanente. Este material entrecruzado no puede ser remolido y utilizado nuevamente. (fig. 1.3).

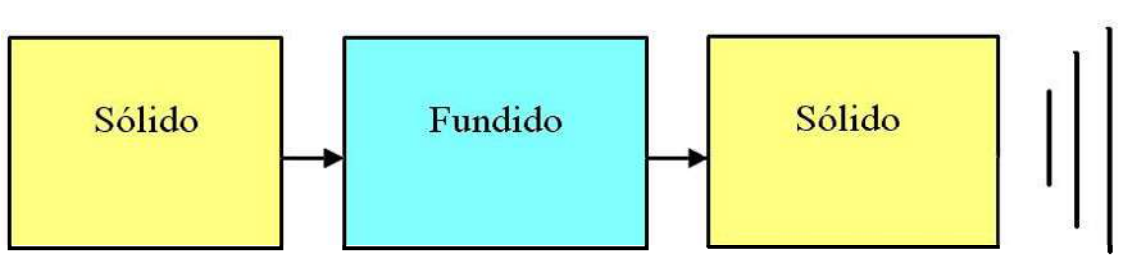


Fig. 1.5 Materiales Termofijos.

# Capítulo 2

## Máquina de Inyección de Plásticos.

### 2.1 Introducción.

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso[1].

John Hyatt registró en 1872 la primera patente de una máquina de inyección, la cual consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos. Sin embargo, se atribuye a la compañía alemana Cellon-Werkw el haber sido pionera de la máquina de inyección moderna. Esta firma presentó, en 1928, una patente incluyendo la descripción de nitrocelulosa (celuloide). Debido al carácter inflamable de la nitrocelulosa, se utilizaron posteriormente otros derivados celulósicos como el etanoato de celulosa. Los británicos John Beard y Peter Delafield, debido a ciertas diferencias en la traducción de la patente alemana, desarrollaron paralelamente la misma técnica en Inglaterra, con los derechos de patente Inglesa para la compañía F.A. Hughes Ltd.

El primer artículo de producción masiva en Inglaterra fue la pluma fuente, producida durante los años treinta por la compañía Mentmore Manufacturing. La misma utilizaba máquinas de moldeo por inyección de Eckert & Ziegler (Alemania). Estas máquinas funcionaban originalmente con aire comprimido (aproximadamente 31 Kg./cm<sup>2</sup>); el sistema de apertura de molde y la extracción de la pieza eran realizados manualmente, y los controles incluían válvulas manuales, sin control automático ni pantallas digitales; además, carecían de sistemas de seguridad.

En 1932 apareció la primera máquina para inyección operada con sistemas eléctricos, desarrollada por la compañía Eckert & Ziegler. Al mismo tiempo, otros países como Suiza e Italia empezaban a conseguir importantes avances en maquinaria. Ya a finales de los años treinta, el polietileno y el PVC (ambos, de alta producción y bajo costo) provocaron una revolución en el desarrollo de la maquinaria. En 1951 se desarrolló en Estados Unidos la primera máquina de inyección con un tornillo recíprocante (o, simplemente, husillo), aunque no fue patentada hasta 1956. Este cambio ha sido la aportación más importante en la historia de las máquinas inyectoras. Al finalizar la segunda guerra mundial, la industria de la inyección de plástico experimentó un crecimiento comercial sostenido. Sin embargo, a partir de la década de los ochenta, las mejoras se han enfocado a la eficiencia del diseño, del flujo del polímero, el uso de sistemas de software CAD, inclusión de robots más rápidos para extracción de piezas, inyección asistida por computadora, eficacia en el control de calentamiento y mejoras en el control de la calidad del producto, la figura 2.1 muestra una máquina de inyección automatizada y la figura 2.2 sus elementos.



Fig. 2.1 Máquina de Inyección.

## 2.2 Elementos de una máquina de Inyección.

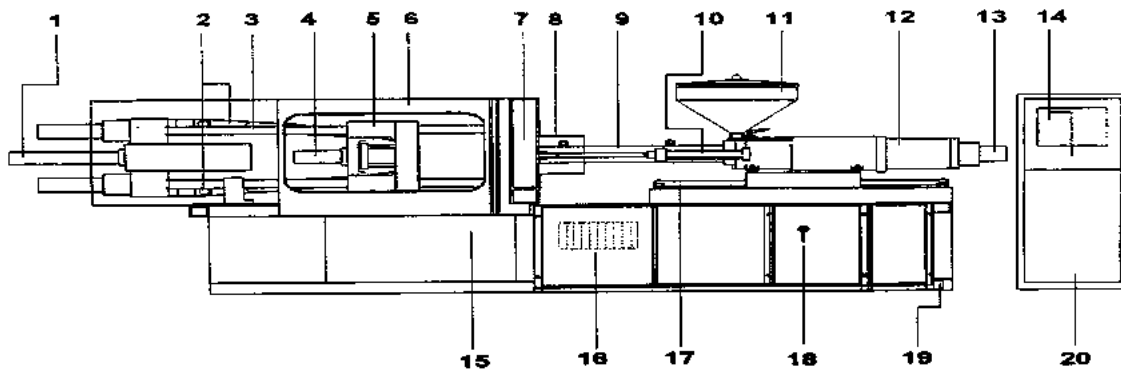


Fig. 2.2 Elementos de una máquina de inyección.

Donde:

1.- Cilindro de Cierre	2.- Mecanismo de Rodillera
3.- Columnas (4 Unidades)	4.- Cilindro expulsión
5.- Placa móvil	6.- Puerta seguridad
7.- Interruptores manejo manual	8.- Rejilla de purga
9.- Cilindro plastificador	10.- Cilindro de apoyo (2 unidades)
11.- Tolva Material	12.- Unidad de Inyección
13.- Motor accionamiento husillo	14.- Pantalla y panel Frontal
15.- Zona caída piezas	16.- Rack de cartas (interior puerta Izq.)
17.- Columnas unidad de inyeccion (2 Unid.)	18.- Interruptor Principal
19.- Entrada Cableado	20.- Armario de mandos (separado)

### 2.2.1 Unidad de Inyección.

La unidad de inyección realiza las funciones de cargar la materia prima, hace girar tornillo para que este transporte el material, que al pasar por el barril sea fundido y transportado hacia las cavidades del molde, la unidad de inyección mantiene bajo presión el plástico fundido dentro del molde hasta que se completa el tiempo de curado de las piezas, después el molde abre y expulsa las piezas ya formadas, y el ciclo se repite[2].

El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas:

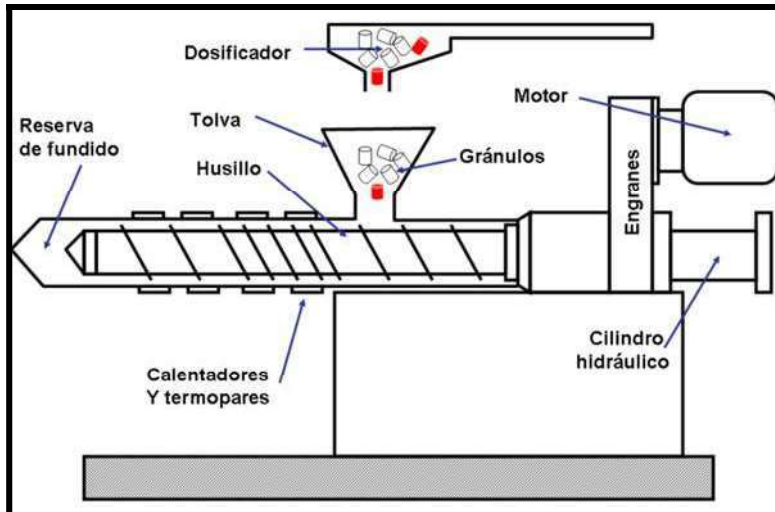
1. La temperatura de procesamiento del polímero.
2. La capacidad calorífica del polímero.
3. El calor latente de fusión, si el polímero es semicristalino.

El proceso de fusión involucra un incremento en el calor del polímero, que resulta del aumento de temperatura y de la fricción entre el barril y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros no son buenos conductores de calor. Un incremento en temperatura disminuye la viscosidad del polímero fundido; lo mismo sucede al incrementar la velocidad de corte. Por ello ambos parámetros deben ser ajustados durante el proceso. Existen, además, metales estándares para cada polímero con el fin de evitar la corrosión o degradación. Con algunas excepciones (como el PVC), la mayoría de los plásticos pueden utilizarse en las mismas máquinas.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo el barril calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad entre el canal y el husillo disminuye gradual (o drásticamente, en aplicaciones especiales) desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. De esta manera, la presión en el barril aumenta gradualmente. El esfuerzo mecánico, de corte y la compresión añaden calor al sistema y funden el polímero más eficientemente que si hubiera únicamente calor, siendo ésta la razón fundamental por la cual se utiliza un husillo y no una autoclave para obtener el fundido.

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es la existencia de una parte extra llamada cámara de reserva. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado. Esta cámara actúa como la de un pistón; toda la unidad se comporta como el émbolo que empuja el material. Debido a esto, una parte del husillo termina por subutilizarse, por lo que se recomiendan cañones largos para procesos de mezclado eficiente. Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PvT (Presión, volumen, temperatura), que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundir, la figura 2.3 muestra el diseño de la unidad de inyección y la figura 2.4 muestra la unidad de inyección instalada en una máquina.





**Fig. 2.3 Diseño de la unidad de inyección**

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es la existencia de una parte extra llamada cámara de reserva. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado. Esta cámara actúa como la de un pistón; toda la unidad se comporta como el émbolo que empuja el material. Debido a esto, una parte del husillo termina por subutilizarse, por lo que se recomiendan cañones largos para procesos de mezclado eficiente. Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PvT (Presión, volumen, temperatura), que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundir, la figura 2.3 muestra el diseño de la unidad de inyección y la figura 2.4 muestra la unidad de inyección instalada en una maquina.



Unidad de Inyección

Carga de material

**Fig. 2.4 Unidad de Inyección**



### 2.2.2 Unidad de Cierre.

La función principal de la unidad de cierre es sujetar el molde de inyección, suministrar el movimiento y la fuerza necesaria para mantener las 2 mitades del molde ya sea abiertas o cerradas [1].

La unidad de cierre es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa (Pascal es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades, se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma), que sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que la pieza final tenga defectos de rebabas. Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza (fig. 2.5).

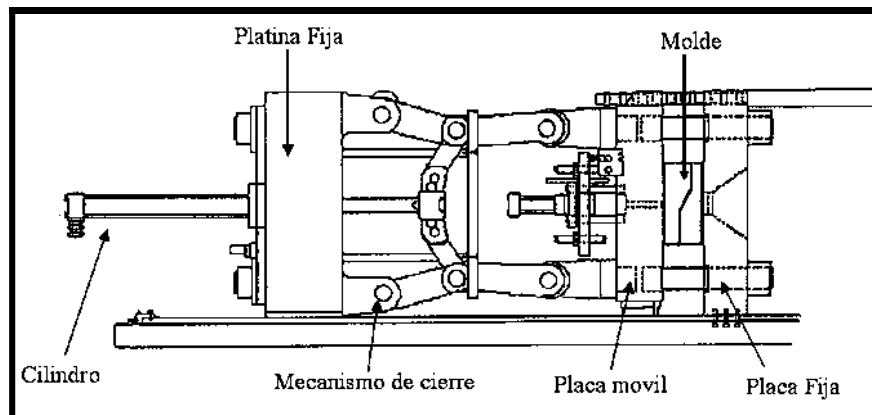
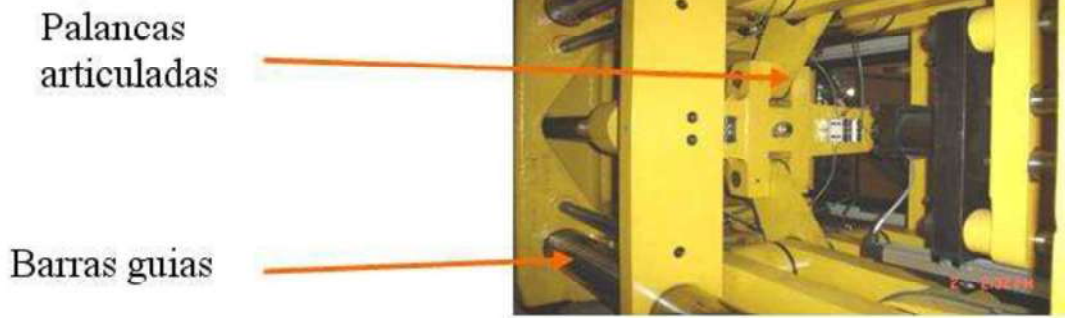


Fig. 2.5 Unidad de Cierre.

### 2.2.3 Sistema de cierre mecánico con palancas acodadas.

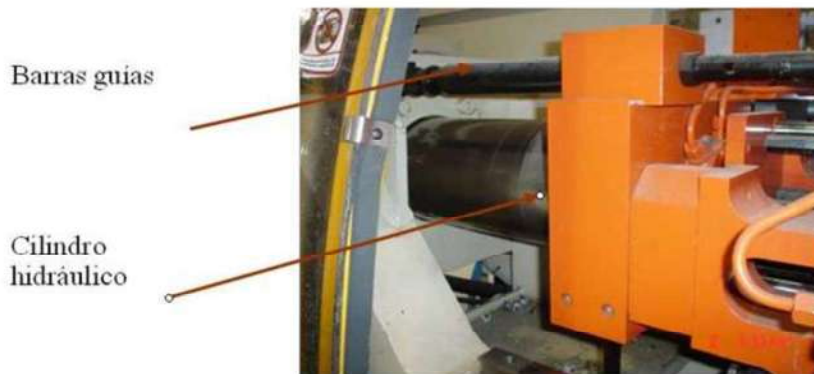
En los sistemas de cierre mecánico la fuerza de cierre es ejercida exclusivamente por un sistema de palancas articuladas que generalmente son accionadas hidráulicamente durante la apertura y cierre del sistema. Este sistema consta de un cilindro hidráulico cuyo pistón está ligado a las palancas articuladas, el pistón al adelantarse provoca el movimiento de las articulaciones dando lugar al movimiento del molde (fig. 2.6).



**Fig. 2.6 Sistema de cierre mecánico con palancas acodadas**

#### **2.2.4 Sistema hidráulico de cierre.**

La característica principal de este sistema es el uso de un cilindro hidráulico para ejercer la fuerza de cierre, la cual generalmente esta localizado en la parte central del sistema, el cilindro solidamente unido al plato móvil es el que ejerce las funciones de apertura y cierre del molde. El movimiento de cierre es ejercido por cilindros de alta velocidad mas pequeños conectados directamente a la bomba hidráulica, el recorrido total del cilindro es usado para el ajuste de moldes de diferentes tamaños estando limitado solo por el espacio necesario para el molde(fig. 2.7).



**Fig. 2.7 Sistema de cierre hidráulico.**

## 2.3 Tipos de Máquinas de Inyección.

### 2.3.1 Máquina con tornillo alternativo.

Este tipo de máquinas se caracterizan por realizar la fusión e inyección del material mediante un tornillo alternativo, el cual alterna su función de plastificar e inyectar el material fundido. Esta disposición representa el avance más significativo en el moldeo por inyección de plásticos y es el sistema más utilizado hoy día [2].

El movimiento de giro del tornillo transporta el material hacia delante mientras lo va fundiendo, cuando se tiene el volumen necesario para la inyectada el tornillo deja de girar y se mueve axialmente hacia delante actuando como pistón para inyectar el material dentro del molde, este sistema permite fundir el material a gran velocidad, controlar más adecuadamente la temperatura y la cantidad de material a inyectar, además permite obtener un fundido más homogéneo y mejora la reproducibilidad en la obtención de piezas con buena calidad, la fig. 2.8 muestra el sistema de inyección con tornillo alternativo.

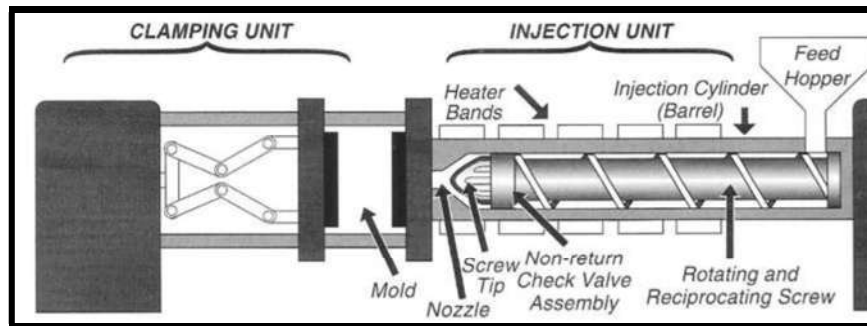


Fig. 2.8 Sistema de inyección con tornillo alternativo.

### 2.3.2 Máquinas de inyección multicolor giratorias.

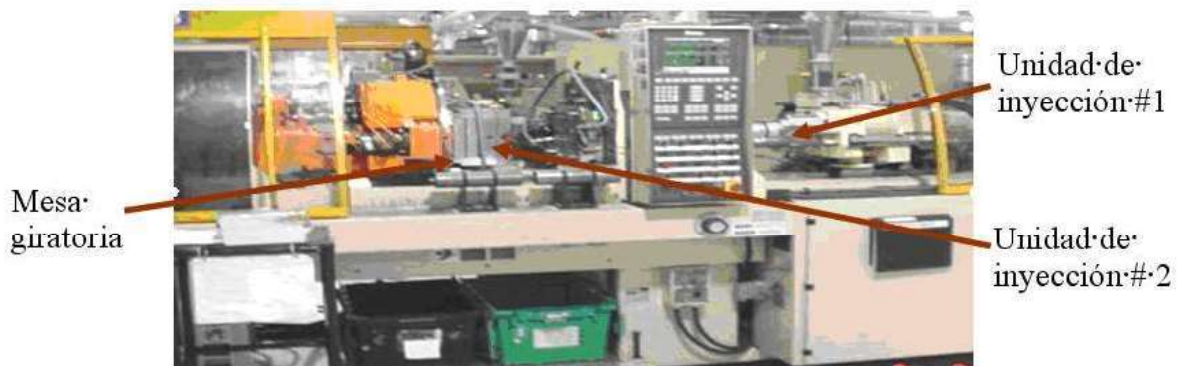


Fig. 2.9 Máquina de inyección multicolor giratoria.

Las máquinas de moldeo por inyección multicolor inicialmente fueron empleadas para producir teclas para máquina de escribir y cajas registradoras. Desde la aparición de este tipo de máquinas especiales se desarrolló un importante mercado el cual fue estimulado por la demanda de micas para luces traseras multicolores en la industria automotriz, estas máquinas pueden ser de diseño horizontal con varias unidades de inyección en paralelo y de diseño vertical con una unidad de empalme vertical y unidades de inyección laterales[4] (Fig. 2.9).

### 2.3.2 Máquinas con unidad de inyección vertical.

Este tipo de máquinas son utilizadas especialmente cuando se requiere la inserción de partes metálicas, tiene la ventaja de utilizar menos espacio de suelo, pero tiene el inconveniente de necesitar mas espacio de altura, la ayuda de la gravedad al cerrar el molde puede permitir altas velocidades de cierre sin emplear unidades de gran potencia (Fig.2.10)

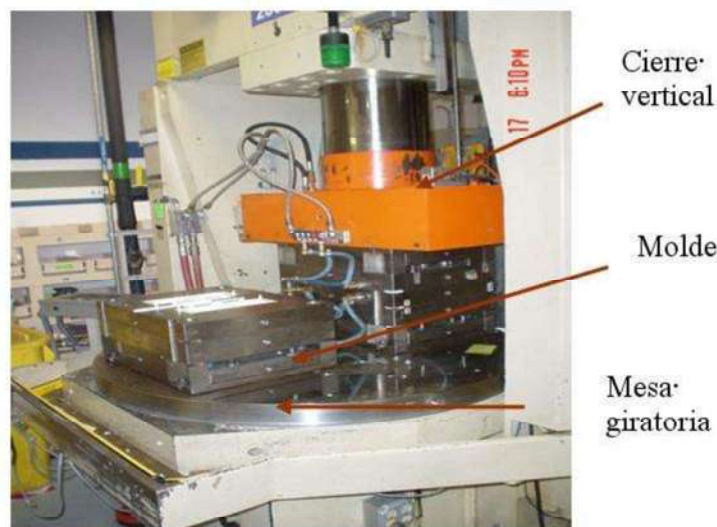


Fig. 2.10 Máquina de inyección vertical

## 2.4 Características principales de una máquina.

### 2.4.1 Introducción.

Los fabricantes de máquinas inyectoras comúnmente especifican una serie de características que permiten definir las limitaciones en el tamaño y peso de la pieza a inyectar, tamaño del molde, velocidad de producción, etc., estas características generales permiten valorar y comparar las posibilidades de las máquinas, dentro de las principales características se encuentran:

### 2.4.2 Capacidad o tonelaje de cierre.

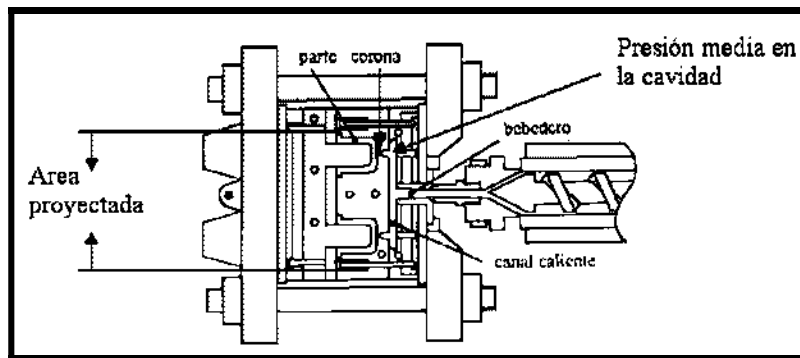
Es una de las características más importantes que se especifican en una maquina de inyección, indica como la fuerza máxima en toneladas que se opone a la presión de inyección y que mantiene cerrado el molde.

Debido a que los materiales termoplásticos al estar fundidos se comportan como fluidos, su comportamiento bajo presión y en las condiciones de flujo que existen en el proceso de inyección hacen que la transmisión de presión sea difícil, la estructura molecular de los polímeros impide que la presión sea transmitida igualmente en todas las direcciones de tal forma que la presión transmitida al molde es menor que la aplicada por el tornillo de inyección. El porcentaje de presión que se transfiere depende de varios factores, especialmente de la viscosidad del material plastificado y de la temperatura de plastificación, si la viscosidad del polímero es baja(semicolonjante al agua), se incrementa la eficacia de transmisión de la presión.

Debido a que el material que entra en la cavidad del molde se enfría continuamente, el material en los extremos de la pieza estará más frío que en la zona próxima a la entrada generándose un gradiente de presión a lo largo de la línea de partición del molde (fig. 2.11).

Por lo tanto la fuerza de apertura real (F), debida a la presión en el molde será el producto de la presión media en el molde (Pm) por el área proyectada de la pieza(A).

$$F = P_m \times A \quad \text{Ec. 2.1}$$



**Fig. 2.11 Presión media en el molde**

El valor de la presión media en el molde ó presión promedio será siempre menor que la presión de entrada, que a su vez será menor que la presión aplicada por el tornillo de inyección, debido a las pérdidas que se producen en el extremo del tornillo y la cavidad del molde.

La fuerza de cierre esta íntimamente relacionada con el área proyectada del producto a moldear, por lo que se debe tener cuidado, que el área del producto a inyectar no sea mayor que el valor del área proyectada máxima de la máquina.

Los valores del área proyectada que pueden utilizarse con seguridad para una fuerza de cierre determinada dependen además de otras características de la pieza, tales como espesor de la pared, profundidad de la pieza, tipo de la entrada de la cavidad, etc.

Para plásticos con buena fluidez tales como el polietileno la presión promedio (Pm) dentro del molde es de aproximadamente 250 Kg /cm<sup>2</sup>. Y para aquellos de baja fluidez como el PVC es aproximadamente 300 Kg /cm<sup>2</sup>.

### 2.4.3 Capacidad de inyección.

La capacidad de cierre se conoce como el volumen máximo de material que puede ser desplazado hacia delante del tornillo o pistón de inyección a lo largo de la longitud de su carrera máxima sin que ocurran fugas de material esta capacidad puede determinarse con la siguiente formula:

$$Q_c = \pi \times \frac{d^2}{4} \times L \quad \text{Ec. 2.2}$$

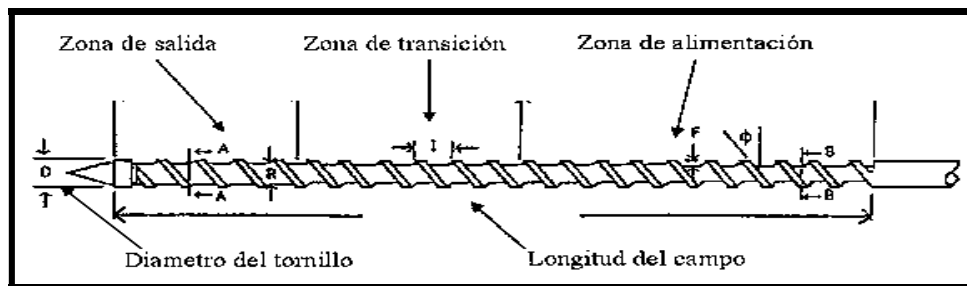
Donde:

**Q<sub>c</sub>** = Capacidad de inyección calculada.

**d** = Diámetro nominal del tornillo.

**L** = Carrera máxima del tornillo.

En algunas máquinas se puede incrementar la capacidad de inyección montando pistones o tornillos de diferentes diámetros cada uno de ellos con su correspondiente barril o cilindro, las máquinas están proyectadas para alcanzar una determinada fuerza de inyección total sobre el tornillo para cada diámetro se tiene así, una presión de inyección diferente. Así que por un lado se puede aumentar la capacidad de inyección instalando un tornillo de mayor diámetro pero se reduce la presión de inyección que puede aplicarse, la fig. 2.12 muestra las características de un tornillo de inyección.



**Fig. 2.12 Características de un tornillo de inyección.**

### 2.4.4 Presión de inyección.

Una de las variables que afectan más directamente la calidad de la pieza moldeada es la presión de inyección, esta se define como la fuerza máxima que puede ejercer el tornillo sobre el material plástico, dicha presión es la que obliga al material fundido a introducirse en las cavidades del molde, la presión real que se aplica al material depende de la eficacia con que se transmita esta presión a través del volumen de material situado entre el tornillo y la boquilla.

Esta presión es desarrollada mediante un pistón que empuja hacia delante el tornillo, venciendo la resistencia que opone el material plástico, las máquinas modernas están provistas de dispositivos que permiten regular la presión de forma continua.

Debido a que normalmente se presentan pérdidas substanciales de presión en la resina durante su trayecto desde la punta de la boquilla le la máquina hasta la cavidad del molde, es preferible colocar sensores de medición de presión en la cavidad en lugar del cilindro, lo cual facilita un control mas preciso de las medidas y peso de la pieza.

### 2.4.5 Recorrido de apertura de molde.

La distancia que queda libre entre la placa fija y la móvil cuando el molde esta cerrado definen el espesor del molde que puede utilizarse mientras que el tamaño de los platos la altura y el ancho del mismo.

El espesor máximo del molde es la distancia máxima que puede obtenerse entre el plato fijo y el móvil cuando el mecanismo de cierre esta totalmente retraído, mientras que el espesor mínimo del molde es la distancia del mecanismo de cierre cuando este está totalmente extendido para el cierre.

En máquinas con sistema de cierre de palanca acodada se especifica un espesor de molde máximo y mínimo para que cualquier molde con un espesor dentro de estos limites pueda instalarse sin dificultad, este sistema tiene un mecanismo que proporciona una carrera fija, por lo que es necesario poder regular la posición final del plato que puede variar según el espesor del molde a instalar.

En las maquinas que emplean un sistema de cierre completamente hidráulico, la fuerza de cierre que se desarrolla es independiente de la posición del plato móvil, por lo tanto no es necesario ningún ajuste ya que el pistón de cierre de la máquina ejercerá la fuerza total de cierre cuando se junten las dos mitades del molde, además de los espesores del molde se especifican las dimensiones de las platinas portamoldes, esta característica nos indica las dimensiones globales del molde que puede ser colocado dentro de la máquina, una vez que ha cumplido con las demás restricciones, las platinas portamoldes presentan en su superficie una serie de perforaciones en las que se pueden colocar los tornillos que han de sujetar al molde, la localización de estas perforaciones esta estandarizada por la Sociedad de Industrias del Plástico (SPI) para así facilitar el intercambio de moldes de una máquina a otra, las figura 2.13 y 2.14 muestran el recorrido de apertura de molde.

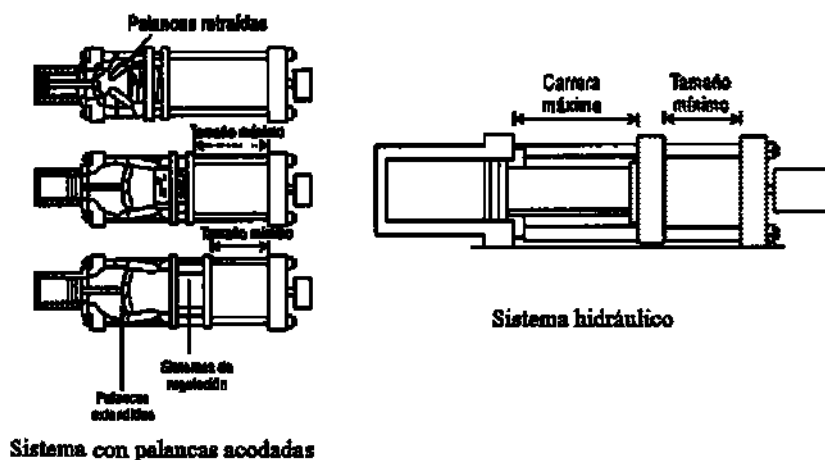
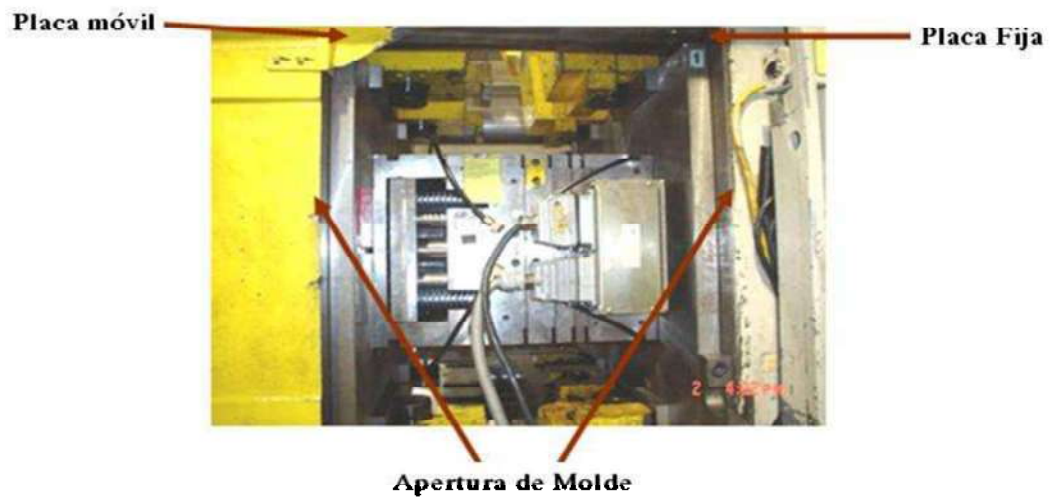


Fig. 2.13 Recorrido de apertura de molde



**Fig. 2.14 Recorrido de apertura de molde(molde instalado)**



# Capítulo 3

## Conceptos básicos del proceso de inyección.

### 3.1 Introducción.

En la primera máquina de inyección registrada por John Hyatt en 1872 se utilizó un pistón el cual empujaba el material colocado en una cámara el cual bajo presión y acción de calor era forzado a pasar a través de una boquilla hacia el molde lo cual no ofrecía un buen mezclado de material, actualmente en lugar de usar un pistón para inyectar el plástico se utiliza un tornillo que tiene la facultad de transportar, fundir e inyectar el material hacia el molde esto ofrece un mejor mezclado de material y consistencia en la calidad de las piezas.

### 3.2 Función y partes del tornillo.

El funcionamiento del tornillo consiste en tomar gránulos de la tolva, llevar y compactar el material en la zona de transición, eliminar gases y fundir el material para después transportarlo hacia el molde, su principal ventaja es su acción mezcladora que permite tener un material fundido muy homogéneo en temperatura, composición y color, además el tornillo debe alternar estas funciones con la de inyectar actuando como pistón para inyectar el material plastificado y mantener una presión tal que haga permanecer el material dentro del molde hasta que enfrié[1] (Fig. 3.1).

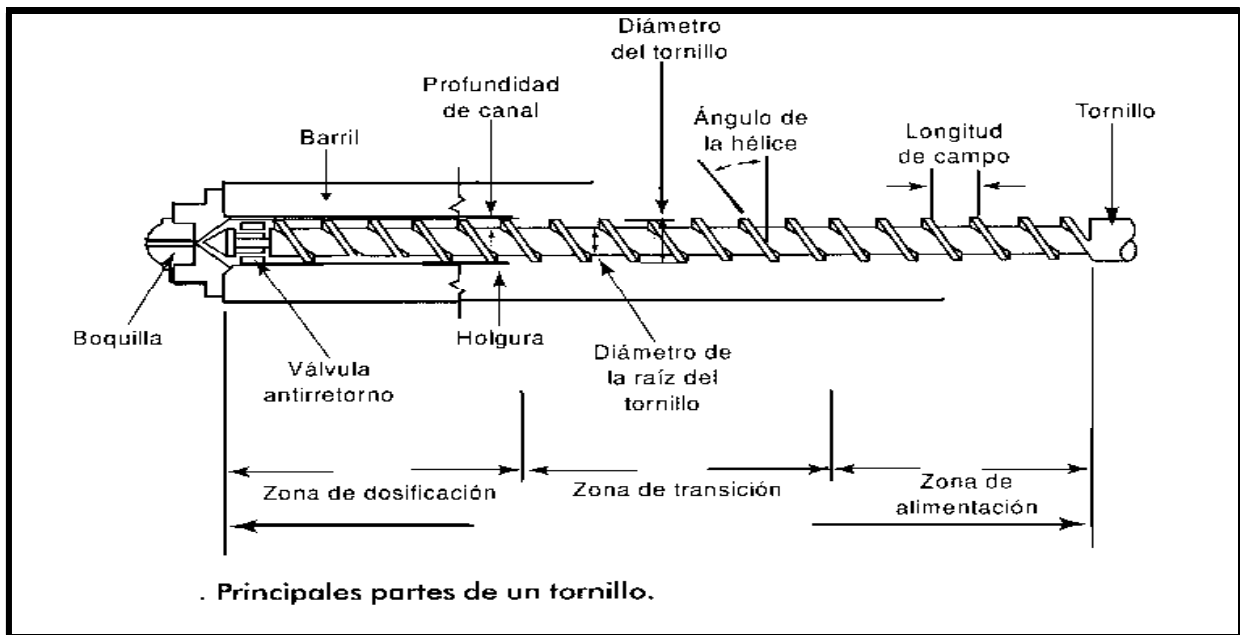


Fig. 3.1 Función y partes del tornillo

### 3.2.1 Zona de alimentación.

La función de la zona de alimentación es recibir los gránulos de la tolva e ir transportándolos hacia delante por el canal del tornillo, es importante asegurar una adecuada temperatura en esta zona para lograr que el material se pegue mas al barril y sea arrastrado hacia delante por las hélices del tornillo sin llegar a una temperatura que haga que se forme un tapón y se bloquee la boquilla, para evitar este problema se utilizan bajas temperaturas del barril en esta zona, la fig. 3.2 muestra la zona de alimentación de un tornillo de inyección.

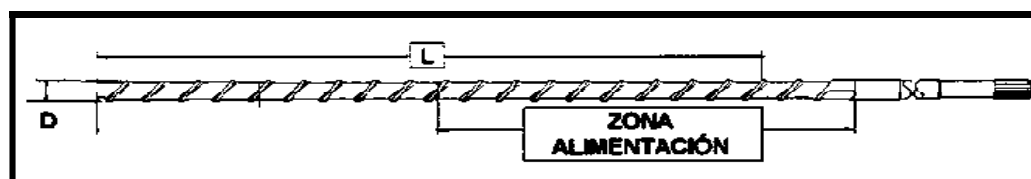


Fig. 3.2 Zona de alimentación del tornillo de inyección.

Los principales factores que afectan el transporte de los gránulos de materia prima son: profundidad del canal, grado de fricción entre gránulos tornillo y gránulos barril y el ángulo de hélice.

### 3.2.2 Zona de transición o compresión.

En esta zona el material se compacta y se empieza a fundir, este fundido es arrastrado hacia delante por el movimiento del tornillo comenzando una trayectoria circulante, a su vez el tornillo empuja el material a la zona dosificación o bombeo, la fig. 3.3 muestra la zona de transición de un tornillo de inyección.

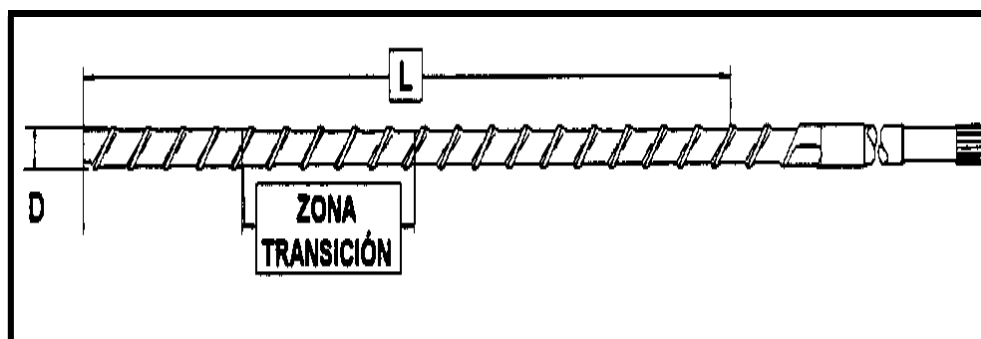


Fig. 3.3 Zona de transición del tornillo de inyección.

La figura 3.4 esquematiza las principales etapas durante la transición o compresión de material, El material que entra en contacto con el barril funde por conducción, este fundido es arrastrado hacia delante por el movimiento del tornillo comenzando una trayectoria circular.

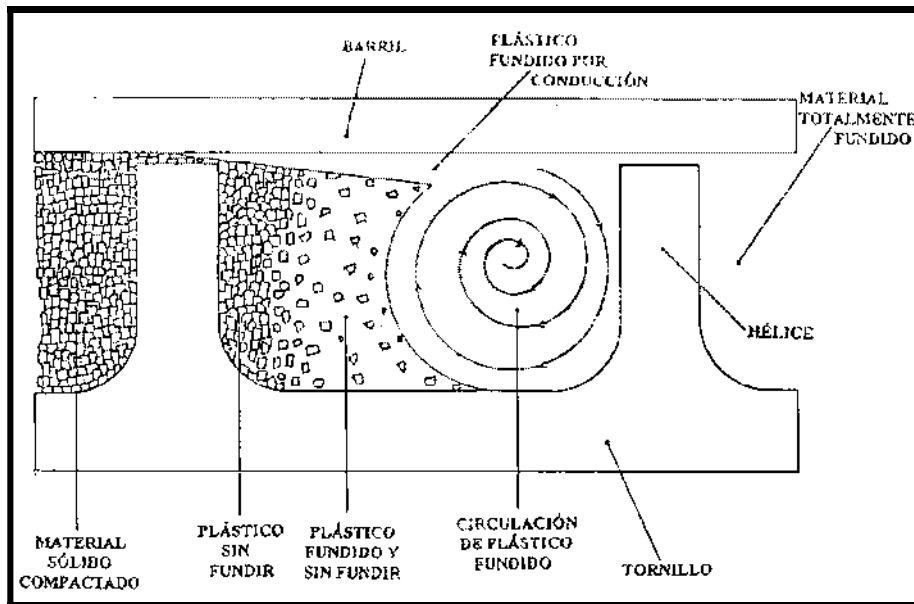


Fig. 3.4 Corte transversal del tornillo que muestra la transición del material.

### 3.2.3 Zona de dosificación y bombeo.

A medida que el tornillo va fundiendo más material, este va pasando a la zona de dosificación o bombeo la cual alimenta el material ya totalmente fundido hacia la parte delantera del tornillo donde se acumulara para ser inyectado, en esta zona el material debe estar totalmente fundido con temperatura y composición homogénea antes de ser inyectado al molde.

En la zona de dosificación se requiere de una presión relativamente alta para obtener en óptimas condiciones el mezclado de material, este incremento en la presión se obtiene al imponer restricciones al flujo del plástico fundido en dicha zona, la fig. 3.5 muestra la zona de transición o compresión del tornillo de inyección.

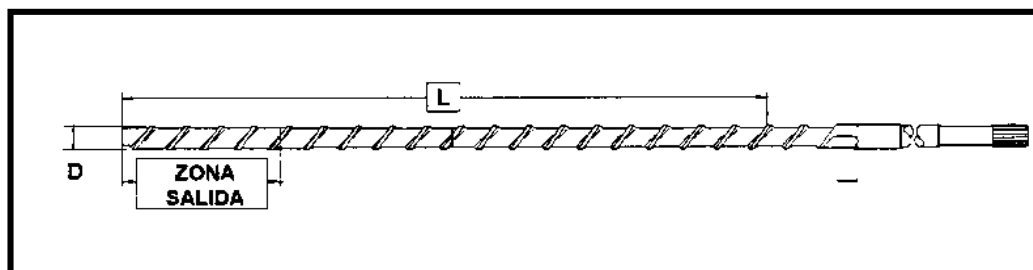


Fig. 3.5 Zona de salida (transición o compresión) del tornillo de inyección.

### 3.3 Ciclos de inyección.

#### 3.3.1 Cierre del molde.

El proceso inicia al momento de cerrar el molde vacío, mientras se tiene la cantidad de material fundido dentro del barril de la maquina, el molde normalmente se cierra en varias etapas: primero en alta velocidad y baja presión deteniéndose antes de que hagan contacto las platinas, posteriormente se mueve a baja velocidad y baja presión hasta hacer contacto las platinas y por ultimo a alta presión hasta alcanzar la fuerza de cierre necesaria para que el molde no se abra durante la inyección, la fig. 3.6 muestra el cierre del molde y comienzo de la inyección.

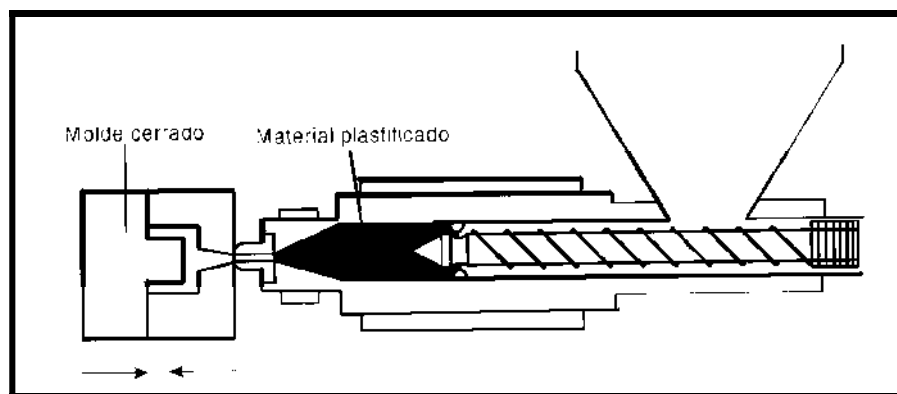


Fig. 3.6 Cierre del molde y comienzo de la inyección.

#### 3.3.2 Inyección.

La inyección se realiza al introducir el material mediante el tornillo el cual actúa como un pistón (sin girar) forzando el material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde con una determinada velocidad y presión de inyección, la fig. 3.7 muestra la inyección del material hacia el molde.

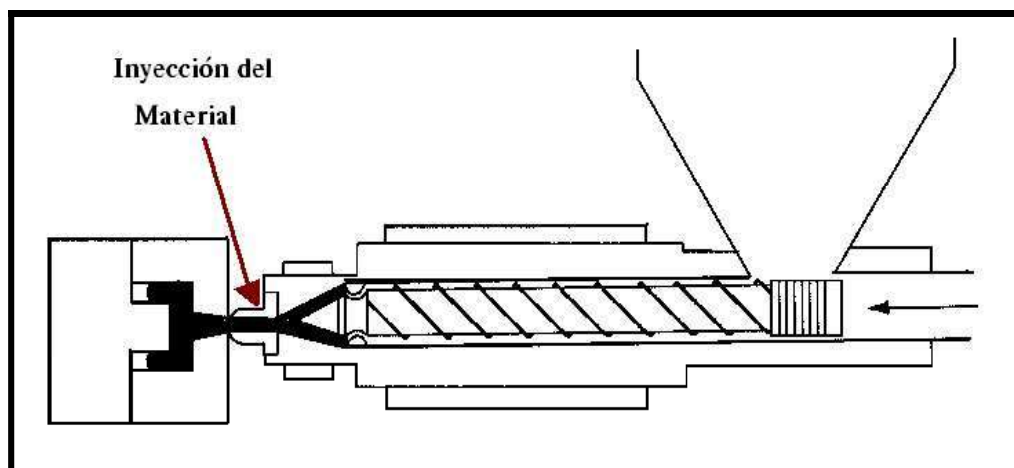


Fig. 3.7 Inyección del material hacia el molde.

### 3.3.3 Sostenimiento.

Una vez terminada la inyección, se mantiene la inyección sobre el material inyectado en el molde antes de que se solidifique para contrarrestar la contracción de la pieza durante su enfriamiento, esto se conoce como presión de sostenimiento o post-presión (también conocida como presión de compactación o de recalque). Una vez que comienza a solidificar la pieza se puede liberar la aplicación de esta presión, la fig. 3.8 muestra la aplicación de la presión de sostenimiento.

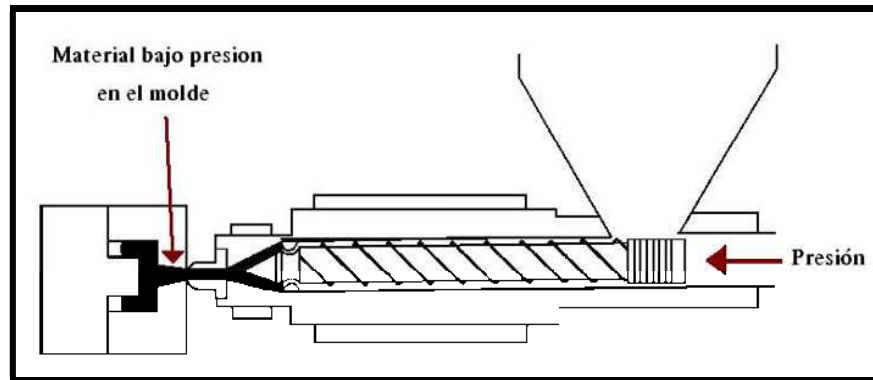


Fig. 3.8 Aplicación de la presión de sostenimiento

### 3.3.4 Recarga de material.

La recarga de material se realiza después de haber inyectado el plástico y haber aplicado la presión de sostenimiento, el tornillo mientras gira va tomando gránulos sólidos de la tolva y los va fundiendo (plastificando) con el calor generado por la fricción al girar el tornillo y por el calor suministrado por las bandas calefactoras. Posteriormente hace pasar el material a la parte delantera del tornillo por lo que comienza a desarrollarse presión contra la boquilla cerrada orillando a que el tornillo se retraiga (se mueva hacia atrás) mientras sigue girando hasta acumular (dosificar) en su parte delantera la cantidad de material fundido necesaria para la siguiente inyección, al término de esta dosificación el material puede descomprimirse retrocediendo ligeramente el tornillo para evitar que el material se tire de la boquilla antes de ser inyectado, la fig. 3.9 muestra el proceso de recarga de material.

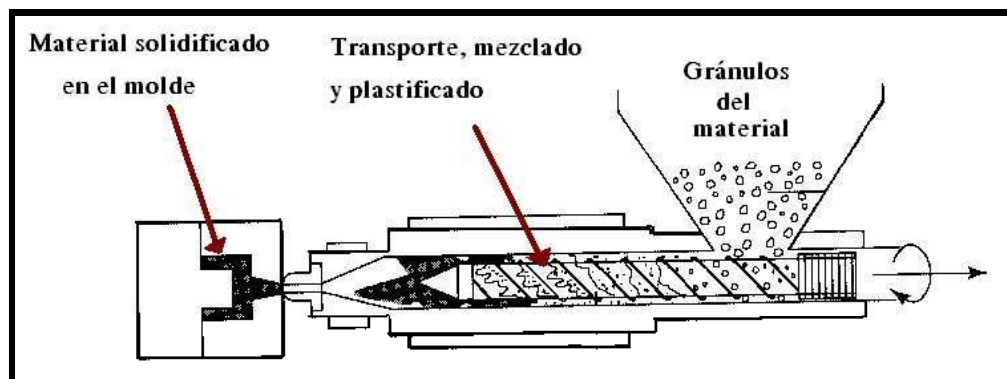


Fig. 3.9 Proceso de recarga de material.

### 3.3.5 Enfriamiento y expulsión.

Al encontrarse el material dentro del molde este empieza a enfriarse transfiriendo su calor hacia el molde en donde es disipado por mismo sistema de enfriamiento del molde, una vez terminado el tiempo de enfriamiento se abren las dos partes del molde y el mecanismo de expulsión extrae la pieza, fig. 3.10.

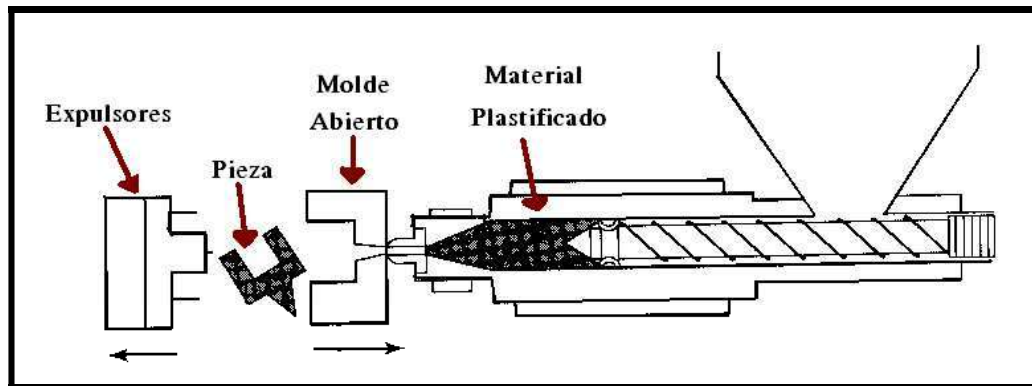


Fig. 3.10 Enfriamiento y expulsión de la pieza.

# Capitulo 4

## Equipo auxiliar

### 4.1 Introducción.

Uno de los principales equipos auxiliares es la maquina secadora de material, la función de esta es extraer la humedad de la materia prima y lo hace mediante un sistema de calefacción y flujo de aire seco, la mayoría de las resinas necesitan pasar por un proceso de secado antes de ser procesadas en una máquina inyectora debido a la humedad que adquieren del medio ambiente de esta manera se evitan problemas en la apariencia y propiedades del producto final, ya una vez seco el material es procesado y fundido en la unidad de inyección .

### 4.2 Equipos de secado de plásticos.

El proceso de secado consiste en hacer pasar aire seco con bajo punto de rocío proveniente del deposito de desecante hacia los calentadores donde se eleva su temperatura hasta el valor deseado posteriormente este aire es distribuido homogéneamente hacia el material para remover su humedad, finalmente el aire cargado con la humedad del plástico regresa hacia la cama del desecante, la fig. 4.1 muestra un equipo de secado.

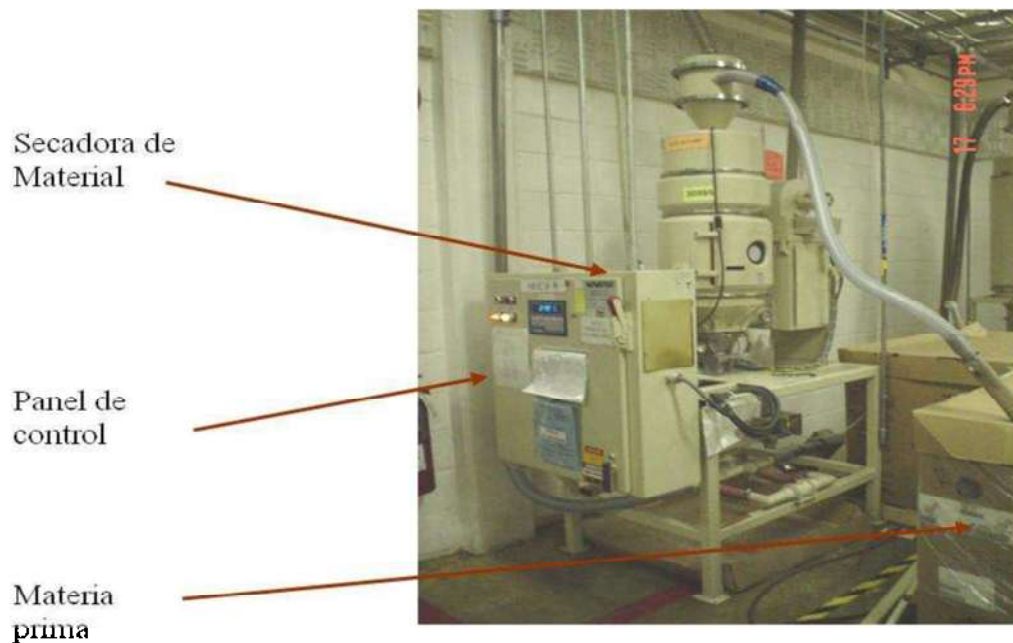


Fig. 4.1 Equipo de secado.

### 4.3 Válvulas de bloqueo de Flujo.

Las máquinas de tornillo alternativo utilizan el tornillo como si fuera un pistón, cuando este va hacia delante el material puede pasar hacia atrás y volver a los canales del tornillo. En el caso de materiales muy viscosos tales como el PVC es suficiente poner una cabeza cónica al final del tornillo para evitar el flujo del material fundido hacia atrás del tornillo, los materiales menos viscosos se trabajan con tornillos que tienen instaladas válvulas antirretorno siendo las más importantes la válvula anti-retorno de anillo y la válvula anti-retorno de bola[1].

#### 4.3.1 Válvula anti-retorno de anillo.

Esta válvula se coloca en la punta del tornillo, consta de un anillo el cual se desliza suavemente sobre el cilindro, cuando gira el tornillo la fuerza del plástico obliga al anillo a moverse hacia delante permitiendo el paso del fundido, cuando el tornillo actúa como pistón para inyectar el material en el molde, el anillo se mueve hacia atrás y toma contacto con el asiento produciendo el cierre y evitando que se regrese material hacia los canales del tornillo durante la etapa de inyección permitiendo además que el tornillo genere la presión necesaria para la inyección del material, la figura 4.2 muestra el funcionamiento de la válvula anti-retorno de anillo.

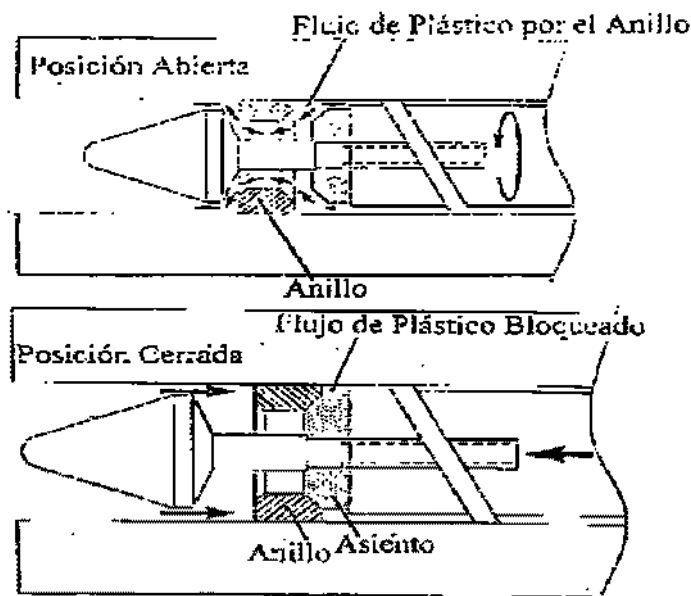


Fig. 4.2 Válvula anti-retorno de anillo

#### 4.3.2 Válvula anti-retorno de bola.

Este tipo de válvula hace la función de cierre mediante una bola metálica, esta válvula debe tener un recorrido corto y una sección de paso suficientemente grande de modo que el material plastificado pueda moverse libremente sin producir un calor de fricción excesivo, este tipo de válvulas tienen un mantenimiento fácil, la figura 4.3 muestra el funcionamiento de una válvula anti-retorno de bola.



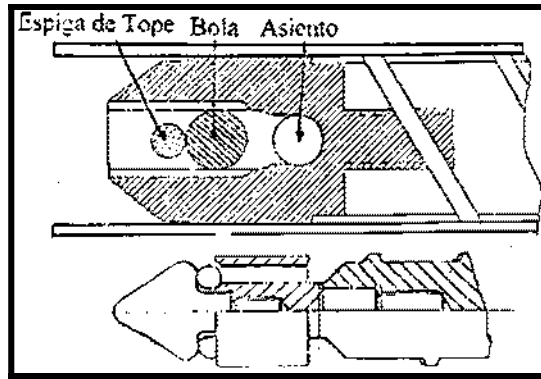


Fig. 4.3 Válvula anti-retorno de bola.

#### 4.4 Boquillas de inyección.

La boquilla se encuentra localizada en el extremo frontal del cilindro de calefacción, su función consiste en permitir el paso del material fundido desde el cilindro de la unidad de inyección hacia el molde, la boquilla es la que hace contacto con el bebedero o boquilla del molde, el diseño de las boquillas depende mucho del polímero y del diseño del molde, la boquilla no debe ofrecer una grave restricción al flujo del material fundido además debe mantener una temperatura adecuada del fundido para evitar por un lado que se enfríe el material y debido esto se solidifique formando así un tapón y por otro lado debe evitar el fenómeno de goteo que ocasiona que el material se tire por la boquilla, fig. 4.4

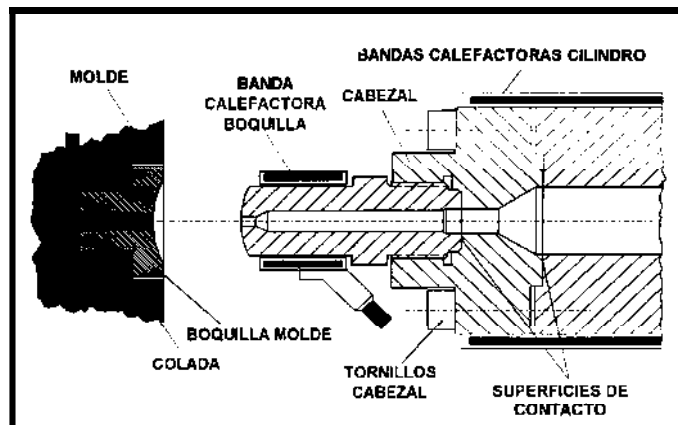
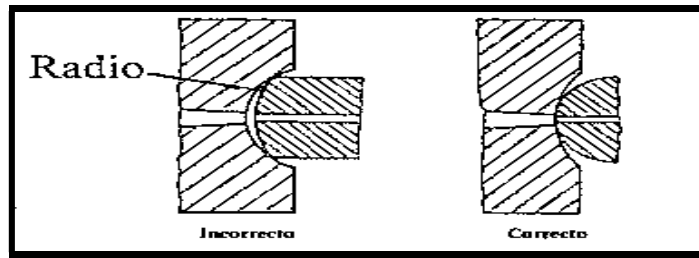


Fig. 4.4 Boquilla de inyección

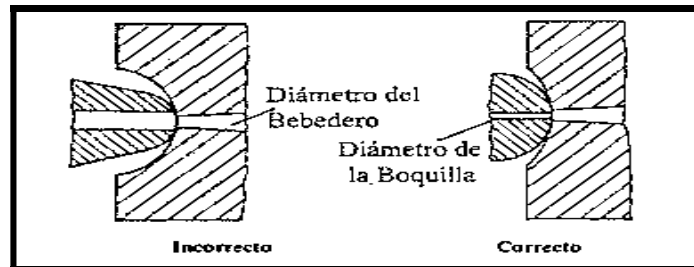
La mayoría de las boquillas son de forma esférica para que las fuerzas que actúan sobre ellas produzcan el menor desgaste posible. Es de gran importancia que el radio de la boquilla ajuste con el diámetro interno del bebedero para evitar que fugue material en el momento de la inyección, ver figura 4.5.

Es de gran importancia que el diámetro del orificio de la salida de la boquilla sea igual o menor que el orificio de entrada del bebedero (localizado en el molde) para evitar puntos muertos (lugares donde el material se acumula sin fluir y se degrada).



**Fig. 4.5 Ajuste del radio de la boquilla sobre el bebedero.**

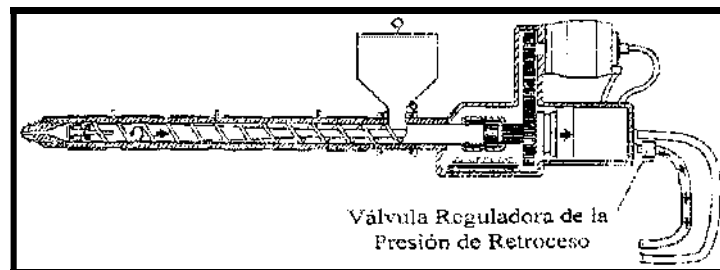
Normalmente el diámetro del orificio de la boquilla varía con el tamaño de la máquina, sin embargo los diámetros más comunes van desde 1.6 a 9.5 mm., conviene que la boquilla pueda cambiarse con facilidad para poder poner en cada caso la más adecuada de acuerdo al molde y tipo de material, ver figura 4.6



**Fig. 4.6 Ajuste del diámetro de la boquilla sobre el bebedero**

#### **4.5 Válvula de descompresión de material.**

La mayoría de las máquinas de inyección vienen equipadas con válvula de descompresión, de modo que el tornillo puede ser retirado hidráulicamente, el objetivo de este movimiento consiste en liberar la presión del fundido en el cilindro y en los canales de alimentación del molde, para que no tenga lugar el goteo. Esta técnica es muy útil, sin embargo se debe tener mucha precaución ya que si la descompresión es demasiado grande puede introducirse aire y otros volátiles en el fundido, la figura 4.7 muestra el sistema de descompresión de material.



**Fig. 4.7 Válvula de descompresión de material.**

# Capítulo 5

## Moldes

### 5.1 Introducción.

El molde (también llamado herramienta) es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que es el espacio donde se genera la pieza; en el molde se pueden fabricar piezas de alta complejidad geométrica y por su excelente precisión pueden lograrse altos volúmenes de producción con un bajo costo de mano de obra.

### 5.2 Partes del molde.

Como se ha visto hasta ahora, el material plastificado e inyectado desde la unidad de inyección pasa a través de la boquilla hacia los canales y cavidades del molde donde se enfría y solidificará para luego ser expulsada al abrirse las dos partes del molde. La calidad de la pieza y su costo se ven fuertemente influenciadas por el diseño, construcción y maquinado del molde, la figura 5.1 muestra las partes de un molde[2].

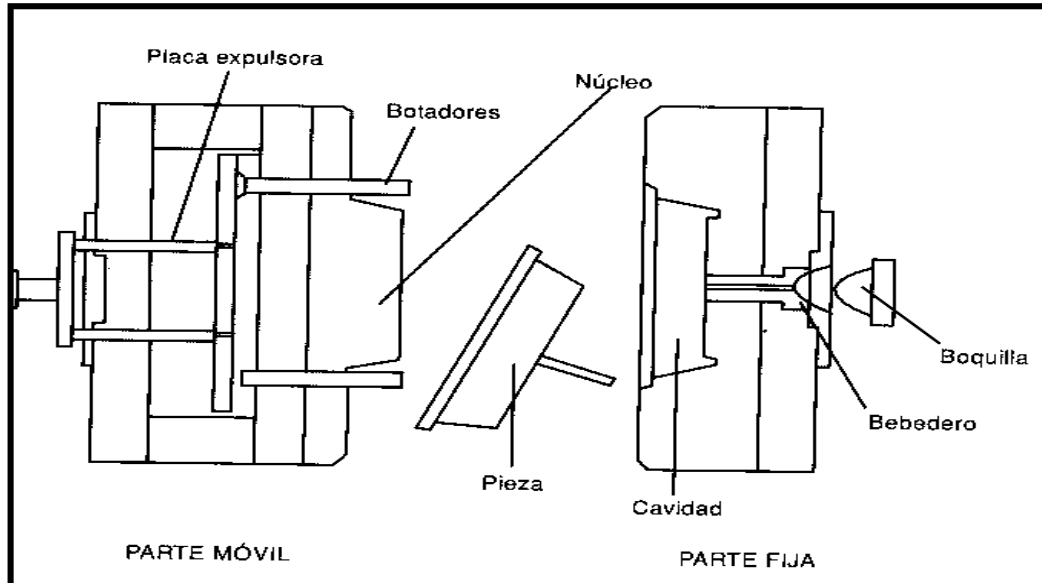


Fig. 5.1 Partes del molde.

### 5.3 Tipos de moldes.

#### 5.3.1 Moldes de dos platos.

Las cavidades del molde se montan en un plato y los núcleos en otro, el bebedero central va situado en la mitad fija del molde y alimenta directamente al sistema de canales de alimentación. La mitad móvil del molde contiene los núcleos, el mecanismo extractor y los canales de alimentación. Fig. 5.2

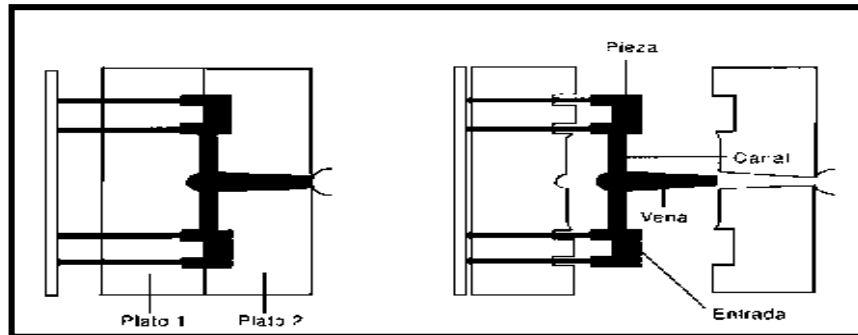


Fig. 5.2 Molde de dos platos.

#### 5.3.2 Moldes de tres platos.

Este tipo de moldes está formado por primeramente un plato estacionario o fijo que está unido al plato portamoldes de la máquina, el cual normalmente contiene la vena y la mitad de los canales de alimentación, el segundo plato es el intermedio o flotante el cual contiene la otra mitad de los canales de alimentación, las entradas y las cavidades. Por último el tercer plato es móvil y contiene los núcleos del molde así como el sistema expulsor de la pieza. Esto ocasiona que al moverse tanto el plato intermedio como el móvil liberen separadamente la vena de los canales de alimentación y por otro lado libera la pieza de los canales. Fig. 5.3

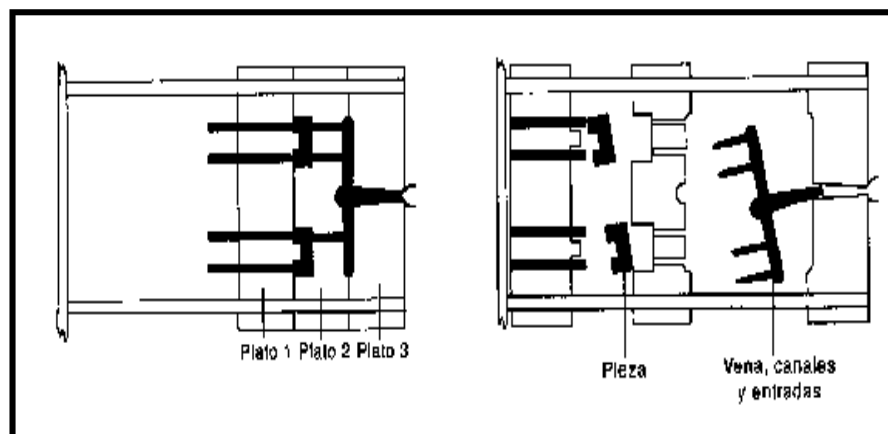


Fig. 5.3 Molde de tres platos.

### 5.3.3 Moldes de canales calientes.

Los moldes de canales calientes o aislados térmicamente, se utilizan para mantener el plástico en estado fundido hasta la misma entrada de la cavidad. Este procedimiento se llama también moldeo sin canales. Cuando se abre el molde la entrada que acaba de endurecerse queda libre del sistema de canales de alimentación los cuales todavía siguen calientes, de este modo la pieza sale del molde libre de entradas y canales de alimentación lo cual permite un moldeo automático. Fig. 5.4

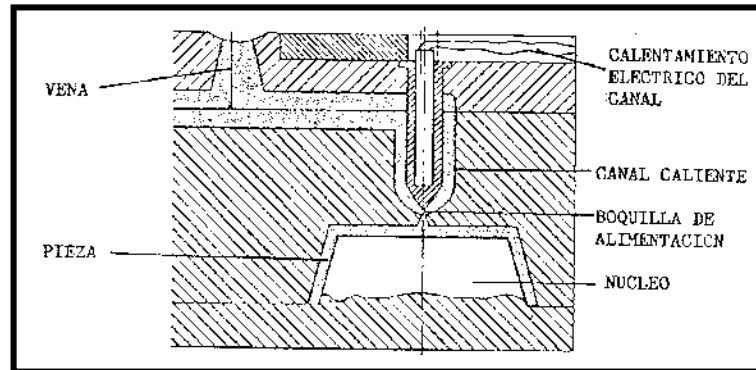


Fig. 5.4 Corte del molde de canales calientes.

La temperatura de los canales calientes debe controlarse perfectamente, es fundamental el empleo de varios pirómetros y dispositivos de calentamiento con voltaje variable con objeto de poder mantener las temperaturas apropiadas en todas las zonas. Deben instalarse dispositivos indicadores que llamen la atención cuando ocurre una variación extrema de calor para evitar que el material se solidifique se tire o gotee.

### 5.4 Sistemas de canales de alimentación.

Un canal de alimentación es la conexión entre la vena y la entrada, debe tener un tamaño tal que permita un rápido y uniforme llenado de todas las piezas. Existen varios tipos de canales de alimentación como nos los muestra la fig. 5.5

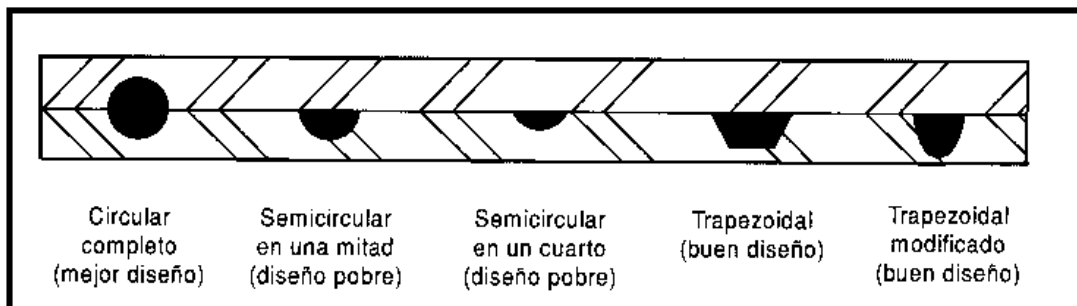


Fig. 5.5 Sección transversal de los principales tipos de canales de alimentación

Es preferible la utilización de canales totalmente circulares, ya que presentan la menor relación de superficie a volumen, con esto se logra la mas mínima pérdida de calor y presión. Los canales trapezoidales dan buenos resultados y permiten que el sistema de alimentación vaya en una sola parte del molde.

La disposición preferible de canales de alimentación se conoce con el nombre de canales equilibrados, como lo muestra la figura 5.6 un canal equilibrado permite la mejor uniformidad del flujo del material desde el bebedero a las distintas cavidades, ya que todas ellas se encuentran a igual distancia del bebedero permitiendo que todas las cavidades se llenen al mismo tiempo. Este tipo de diseño es utilizado para trabajar con todo tipo de materiales ya que a través de ellos pasa un volumen menor y desde el punto de vista económico es conveniente utilizar en los canales el mínimo de material.

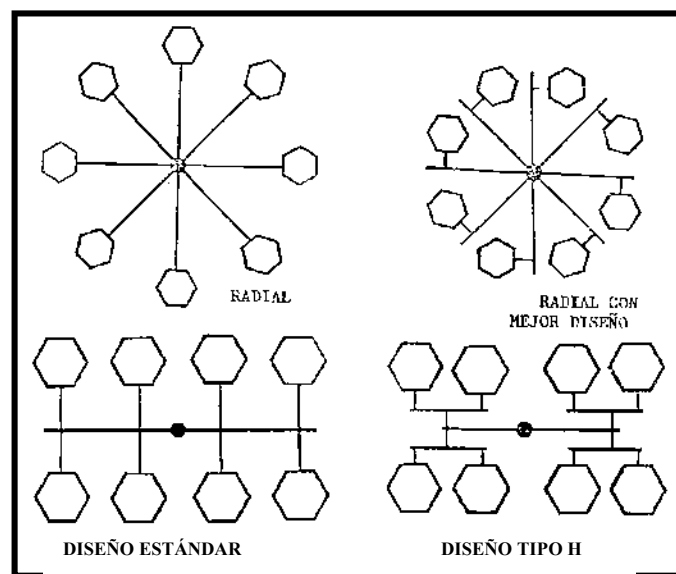


Fig. 5.6 Diferentes arreglos de Canales de alimentación.

### 5.5 Sistemas de entrada.

La entrada es la abertura que existe entre el sistema de alimentación y la cavidad. Las entradas tienen normalmente diámetros muy pequeños no mayores a 0.06 pulgadas lo cual permite que la pieza pueda desprenderse con facilidad de los canales de alimentación. Por otro lado ocasionan que el material aumente su velocidad al pasar por ellas, además de generarse algo de calor incrementándose la temperatura en dicha zona de la entrada y conduciendo así a una disminución de la viscosidad del material.

El tamaño de la entrada es lo suficientemente pequeño tal que cuando el flujo cesa, el material en la entrada se enfriará. Es decir que una vez iniciado el flujo del plástico, deberá continuar hasta que la cavidad se llene, un buen diseño de entrada minimiza el estancamiento y sobre-empacado de material en el molde, normalmente las entradas se localizan en las partes gruesas de la pieza y en las partes no críticas de tal forma que el material haga contacto con la superficie de la cavidad lo más rápido posible.

### 5.5.1 Entrada lateral.

Este tipo de entradas alimentan el plástico fundido por un costado de la pieza y se requiere de un operario para ser desprendidas. Fig. 5.7

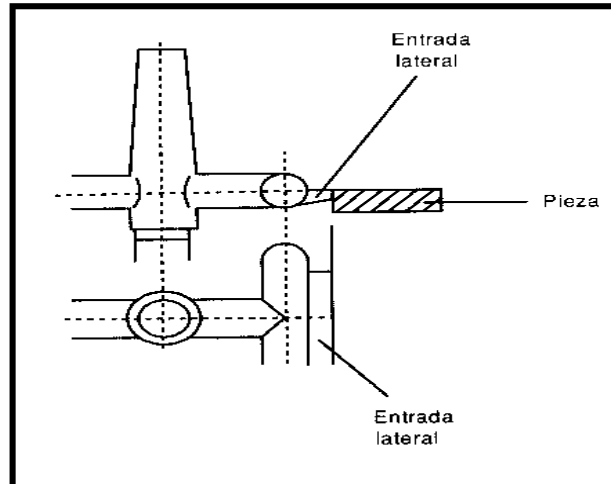


Fig. 5.7 Entrada lateral

### 5.5.2 Entrada en túnel o submarina.

Este sistema permite la separación automática de las piezas del sistema de alimentación durante el ciclo de la expulsión. Cuando el molde abre el pequeño extremo de la entrada se rompe y así se libera la pieza de los canales de alimentación. Fig. 5.8

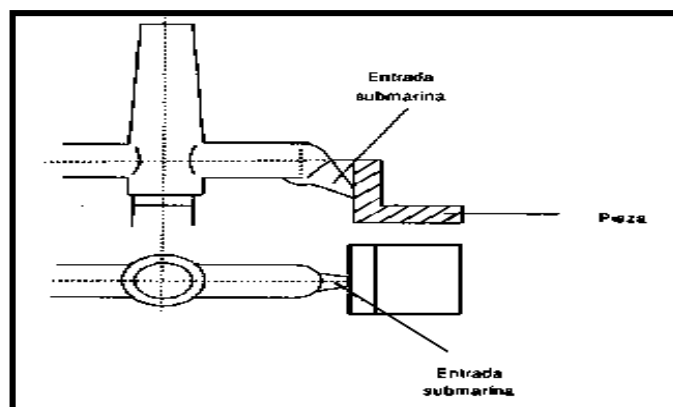


Fig. 5.8 Entrada en túnel o submarina

### 5.5.3 Entrada capilar

Este tipo de entradas son muy utilizadas con la mayoría de los materiales plásticos principalmente las piezas pequeñas y permiten la separación automática del sistema de alimentación, debido a que este tipo de entrada (capilar) es muy pequeña, las piezas son desprendidas con facilidad. Fig. 5.9

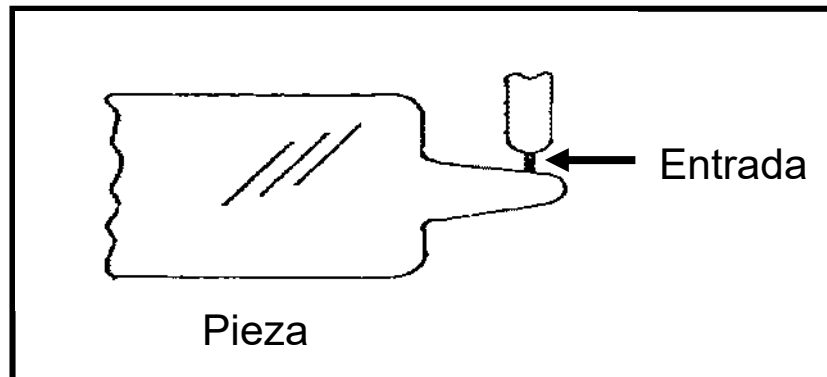


Fig. 5.9 Entrada capilar.

### 5.5.4 Entrada de lengüeta.

Se utiliza principalmente en el molde de policarbonatos y acrílicos, la pequeña área de entrada permite que la temperatura del material aumente por fricción, la lengüeta forma una cámara que permite que el material caliente choque contra sus paredes y llene finalmente la cavidad con flujo constante y uniforme de material bien plastificado.

Las lengüetas pueden ser horizontales o verticales y en ocasiones puede modificarse el diseño de la pieza con objeto de que las lengüetas formen parte de la misma. No obstante si esto no fuera posible después del molde deben contarse. Fig. 5.10

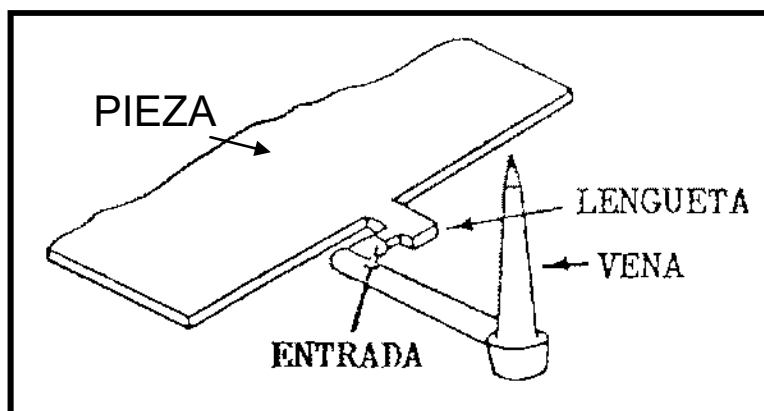


Fig. 5.10 Entrada de lengüeta.



## 5.6 Refrigeración y calefacción.

Para que el material endurezca o solidifique en un período de tiempo mínimo es importante reducir la temperatura del material moldeado del pues de que ha penetrado en las cavidades. Si el molde esta muy caliente la pieza requerirá de mucho tiempo para solidificar y para ser extraída también se consumiría demasiado tiempo en el ciclo de inyección y reduciría la cantidad de producción. Si el molde esta muy frío, el material fundido solidificara prematuramente durante su trayecto hacia las cavidades originando un mal llenado de la pieza.

En general, los moldes llevan canales interiores que permiten el flujo del fluido de enfriamiento o calefacción (agua, anticongelante o aceite) a diferentes temperaturas bien controladas para asegurar que todo el molde se encuentre a una temperatura adecuada, las partes móviles deben refrigerarse lo mismo las zonas que rodean las cavidades. Fig. 5.11, 5.12

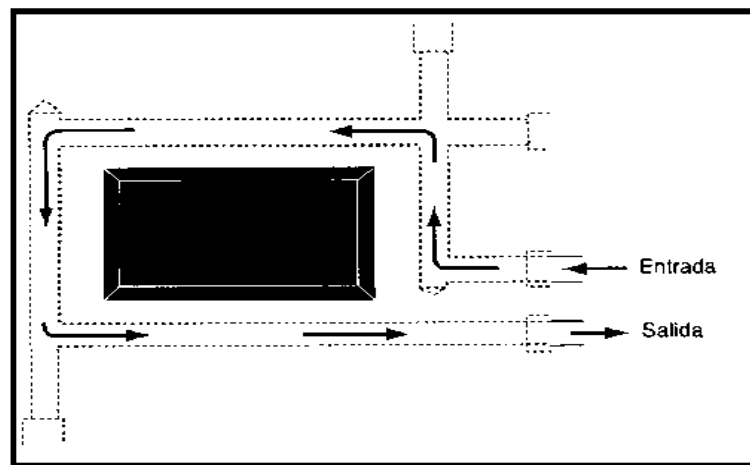


Fig. 5.11 Sistema de enfriamiento para piezas rectangulares.

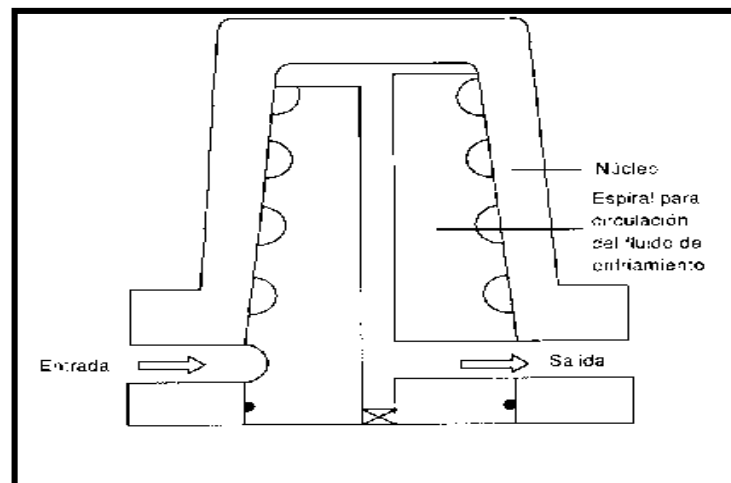


Fig. 5.12 Sistema de enfriamiento para piezas cilíndricas.

# Capítulo 6

## Problemas típicos en moldeo por inyección

### 6.1 Introducción.

En el moldeo por inyección, frecuentemente se enfrentan una gran variedad de problemas principalmente relacionados con la calidad de la pieza la falta de conocimiento en el proceso conduce comúnmente a errores que repercuten en la calidad de los productos si no son atendidos adecuadamente, dan lugar a la obtención de productos que no cuentan con las propiedades deseadas ocasionando con esto que la pieza pueda fallar durante su uso, aun cuando esta no presente ningún defecto apreciable a simple vista.

En base a esto, es de gran importancia conocer algunos de los principales problemas, las causas y las soluciones para lograr obtener piezas con mejor calidad.

### 6.2 Principales problemas y soluciones.

#### 6.2.1 Piezas incompletas.

Se enlistan a continuación algunas de las causas posibles que ocasionan este problema.

- Velocidad de inyección muy baja.
- Velocidad de llenado de las cavidades no uniforme.
- Canales de alimentación y entradas muy pequeños.
- Presión de inyección muy baja.
- Perdida de presión de inyección.
- Mal funcionamiento de la válvula antirretorno del tornillo de inyección.
- Obstrucción de la boquilla o esta tiene el orificio muy pequeño.
- Obstrucción en la garganta de la tolva.
- El material no ha alcanzado su temperatura de procesamiento.
- El volumen del molde es mayor a la capacidad de plastificación de la máquina.
- Falta de material en la tolva.

#### 6.2.2 Piezas con rebaba.

- Temperatura de inyección muy alta.
- Presión de inyección muy alta.
- Tiempo de inyección muy largo.
- Velocidad de inyección muy rápido.
- Temperatura de molde muy alta.
- Cierre inadecuado del molde.
- Platos portamoldes no paralelos.
- Fuerza de cierre insuficiente.
- Ajuste inadecuado de cavidades y núcleos.

### **6.2.3 Hundimientos y huecos.**

- Presión de inyección baja.
- Tiempo de compresión (presión de sostenimiento) muy corto.
- Velocidad de inyección muy baja.
- Material sobrecalentado.
- Material húmedo.
- Enfriamiento del molde no uniforme.
- Tamaño de los canales de alimentación y boquilla muy pequeños.
- Espesores de la pieza no uniformes.

### **6.2.4 Líneas de soldadura.**

- Temperatura del barril, boquilla y molde muy baja.
- Temperatura del fundido no uniforme.
- Presión de inyección muy baja.
- Velocidad de inyección muy baja.
- Insuficiente respiración en la línea de unión de flujos.
- Velocidad de llenado no uniforme.
- Flujo inadecuado del material.

### **6.2.5 decoloración por degradación.**

- Material contaminado.
- Material húmedo.
- Material degradado.
- Aditivos degradados.
- Contaminación dentro del barril o en la tolva.
- Mal funcionamiento del sistema de control de temperatura.
- Temperatura del barril y de la boquilla excesivamente altas.
- Velocidad del tornillo alta.
- Presión de retroceso demasiado alta.
- Respiración insuficiente en el molde.
- Estancamiento del material en el barril o en la boquilla.

# Conclusiones

El principal proceso de transformación de plástico es el moldeo por inyección, seguido del de extrusión. Un ejemplo de productos fabricados por esta técnica son una gran cantidad de componentes de automóviles, aviones y naves espaciales.

Los polímeros han logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido

La popularidad de este método se explica con la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de fabricación, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, color y transparencia u opacidad, buena tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin insertos y con diferentes colores.

En la época actual resultaría difícil imaginar que alguno de los sectores de nuestra vida diaria, de la economía o de la técnica, pudiera prescindir de los plásticos. Sólo basta con observar a nuestro alrededor y analizar cuántos objetos son de plástico para visualizar la importancia económica que tienen estos materiales.

Dicha importancia se refleja en los índices de crecimiento que, mantenidos a lo largo de algunos años desde principios de siglo, superan a casi todas las demás actividades industriales y grupos de materiales. En 1990 la producción mundial de plásticos alcanzó los 100 millones de toneladas y para el año 2,000 llegó a 160 millones de toneladas.

# Bibliografía

**[1] Moldeo por inyección de plásticos.**

Autor. CIQA (Centro de investigación en química aplicada).

**[2] Moldeo por inyección practico.**

Autor. Paulson Training Programs Inc.

**[3] Ticona Molding Injection guide.**

Autor. Ticona plastics.

**[4] Máquina de inyección.**

Autor. Engel.

**[5] [www.elplasticoysuhistoria.com](http://www.elplasticoysuhistoria.com)**