

76
Lej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"DESCRIPCION DEL PROCESO, MANTENIMIENTO Y LAS PARTES GENERALES DE UNA MAQUINA PARA LA INYECCION DE PLASTICO".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

ARMANDO SANDOVAL PARTIDA

ASESOR: ING. ROLANDO CORTES MONTES DE OCA.

2/10/84

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1999

TESIS CON
FALLA DE SPICEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
 P R E S E N T E.



ATN.: Q. M. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
 JEFE DEL DEPARTAMENTO.

Con base al artículo 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a Usted que revisamos el TRABAJO de TESIS con el nombre de:

"Descripción del Proceso, Mantenimiento y las Partes Generales de una Máquina para la Inyección de Plásticos".

que presenta el pasante: SANDOVAL PARTIDA ARMANDO con número de cuenta : 8802018-5 para obtener el Título de :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cuautitlán Izc., México, a 5 de Octubre de 1998

Presidente ING. MA. SOLEDAD ALVARADO MARTINEZ

Vocal ING. ENRIQUE CORTES GONZALEZ

Secretario ING. ROLANDO CORTES MONTES DE OCA

1er. Sup. ING. JESUS GARCIA LIRA

2do. Sup. ING. SERGIO MARTIN DURAN GUERRERO

AGRADECIMIENTOS:

i

A MI ALMA MATER:

Por existir con ideas y principios, por su apoyo y visión de hacer de México un país de pensadores.

A MIS PADRES:

A Ramiro Sandoval Avila y Graciela Partida Zepeda, por el empeño puesto en cada uno de nosotros.

A DIOS:

Por permitirme vivir para aprender mas acerca de esta vida, cumpliendo con estas honorables metas.

A TODA LA GENERACION 91:

Que sin su amistad y entusiasmo, la carrera hubiera sido muy triste.

El ingeniero; al encontrarse con la industria, después de haber concluido sus estudios, se enfrenta a la terrible realidad de no conocer: el sistema político de trabajo, el proceso productivo y el funcionamiento de la maquinaria que interviene en la línea productiva. Al menos en mi caso esa era mi realidad; pero no todo es así, este ingeniero cuenta con conocimientos básicos que si son bien empleados a partir de un análisis científico, con el extremo cuidado de perseguir los objetivos para no desgastar tiempo, podrá plantear soluciones rápidas, con un margen de error admisible.

Al ingresar como supervisor el la instalación de máquinas de inyección de plástico Cincinnati Milacron y sus periféricos adaptados a un proceso de inyección diferente, para la compañía Sunbeam Mexicana S.A. de C.V. me percate de mi desconocimiento en el tema. Tuve que recurrir a lo que en un principio la Universidad enseña y en mi opinión es a manejar todas las fuentes de información a nuestro alcance para poder aprender acerca de cualquier problema que se nos presente.

Por tal motivo, me di a la tarea de documentarme en libros, manuales de maquinas proporcionados por el fabricante y de explicaciones verbales del gerente de mantenimiento. Esta información y el participar directamente en la mismas maquinas se pudieron convertir en un trabajo documentado para presentar en tesis, gracias a la orientación y apoyo de mi asesor Ing. Rolando Cortes Montes de Oca.

TEMARIO

iii

PAG.

1. AGRADECIMIENTOS	i
2. PROLOGO	ii
TEMARIO	iii
I. QUE SON LOS PLASTICOS	1
1. DEFINICION	1
2. CLASIFICACION	1
2.1 Clasificación por comportamiento de calor	1
2.1.1. Termoplásticos	1
2.1.2. Termofijos	4
2.2. Clasificación por contenido de monómeros	5
2.2.1. Homopolímeros.	5
2.2.2. Copolímeros	5
3. SITUACION ACTUAL DEL PROCESO DE INYECCION	6
II. QUE ES UNA MAQUINA DE INYECCION	11
1. HISTORIA	11
2. DEFINICION DEL PROCESO DE INYECCION	12
3. CLASIFICACION	13
4. COMPONENTES	15
4.1. Unidad de Inyección	16
4.1.1. Tolva	17
4.1.2. Cilindro o Barril	18
4.1.3. Cabezal del cilindro o adaptador	20
4.1.4. Husillo	21
4.1.5. Punta de husillo	25
4.1.6. Válvula No-Retorno	28
4.1.7. Boquilla	29
4.1.8. Capacidad de Inyección	39
4.2. Unidad de cierre	39
4.2.1. Unidad de cierre por rodillera	40
4.2.1. Unidad de cierre por pistón hidráulico	50
4.2.3. Unidad de cierre hidromecánica	55
4.3. Sistema hidráulico	56
4.3.1. Depósitos	56
4.3.2. Bombas hidráulicos	57
4.3.3. Válvulas hidráulicos	59
4.3.4. Motor hidráulico	64
4.3.5. Cilindros hidráulicos	65
4.3.6. Distribuidores	67
4.3.7. Accesorios hidráulicos	68
4.3.8. Circuitos Hidráulicos	69
4.4. Sistema Eléctrico	71
4.4.1. Motores eléctricos	72
4.4.2. Controles	72

5. ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA	75
6. PROCESOS ESPECIALES	76
6.1. Equipo Revolver Giratorio	77
6.2. Inyección Bicolor	77
6.3. Equipo bicolor	78
6.4. Modelo por inyección por gas	79
6.5. Decoración dentro del molde	81
III. OPERACION DE LA MAQUINARIA	82
1. DEFINICION DE CONCEPTOS	82
1.1. Perfil de temperaturas	83
1.2. Presiones	83
1.2.1. Presión de inyección	83
1.2.2. Presión de sostenimiento	84
1.2.3. Contrapresión	85
1.3. Velocidades	85
1.3.1. Velocidad de inyección	85
1.3.2. Velocidad de husillo	86
2. ARANQUE DE LA MAQUINA	88
3. CICLO DE INYECCION	89
4. OBLIGACIONES DE OPERACION	90
5. PURGADO	91
6. PARO DE LA MAQUINA	92
7. CONDICIONES DE OPERACION	92
IV. EQUIPO PERIFERICO	110
1. SECADORES	110
1.1. Secadores por aire caliente	112
1.2. Deshumificadores de aire seco	113
2. DOSIFICADORES O CARGADORAS	115
3. ENFRIAMIENTO O SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	118
3.1. REQUERIMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	118
4. GRANULADOS	120
5. ROBOTS	122
V. MOLDES	123
1. MATERIALES PARA MOLDES	123
1.1. ACEROS	124
1.1.1. Aceros de cementación	125
1.1.2. Aceros de temple total	126
1.1.3. Aceros bonificados	127
1.1.4. Aceros resistentes a la corrosión	127
1.1.5. Aceros de nitruración	128
2. DENOMINACION PARA LOS ELEMENTOS DEL MOLDE	130
2.1. FUNCION Y PARTES DEL MOLDE	130
3. CALSIFICACION DE LOS MOLDES	132
3.1. Molde normal o estándar	132
3.2. Molde con placa expulsara	133
3.3. Molde con pernos inclinados	133
3.4. Molde de desplazamiento lateral con placas de refuerzo	134
3.5. Molde de desenrosque automático	135

3.6. Molde con sistema de tres placas	135
3.7. Molde de colada caliente	136
4. CONSIDERACIONES BASICAS PARA EL DISEÑO DEL MOLDE	139
4.1. Contracción	139
4.2. Bebedero	140
4.3. Canales de distribución o coladas	141
4.4. Puntos de inyección	142
4.5. Orificios de venteo	146
4.6. Canales de enfriamiento	147
VI. SEGURIDAD EN UNA PLANTA DE INYECCION	151
1. ORGANISMOS QUE RIGEN EN LA SEGURIDAD EN UNA MAQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO	152
2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	152
3. REGLAS DE SEGURIDAD	153
4. PROTECCIONES DE LA MAQUINA	155
5. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	159
6. SEÑALES DE SEGURIDAD	160
VII. PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN EL PROCESO DE INYECCION	161
VIII. CONCLUSIONES	168
IX. BIBLIOGRAFIA	169

INYECCION DE PLASTICOS

I. ¿QUE SON LOS PLASTICOS?

1. DEFINICION

Plásticos es una palabra de raíces griegas que significan capaz de ser moldeado, sin embargo, existen diversos materiales que pueden ser moldeados como el barro, el yeso, etcétera, sin ser considerados plásticos.

En la actualidad, plásticos es un término específico que también se refiere a materiales moldeables pero de características especiales y bajo ciertas condiciones. De tal manera que cuando se habla de plásticos debe entenderse que se trata de un material de origen orgánico, de estructura macromolecular y en consecuencia de alto peso molecular, que se origina mediante síntesis o por transformación de productos naturales, y que bajo determinadas condiciones de calor y presión puede ser moldeado.

2. CLASIFICACION

Existen diversos criterios de clasificación como propiedades, comportamiento en la transformación, aplicación.

Las clasificaciones que se plantean a continuación, consideran aspectos que pueden aplicarse en la práctica

2.1. CLASIFICACION POR COMPORTAMIENTO AL CALOR

Con base en este criterio, los plásticos se clasifican en termoplásticos y termofijos.

2.1.1. Termoplásticos

Se caracterizan por ser fundibles y solubles repetidamente, mínimo se hinchan al contacto con solventes. A temperatura ambiente pueden ser blandos o duros, son derivados de la misma estructura molecular, ya que las moléculas tienen forma de cadena abierta o de hilos.

Los termoplásticos al reblandecerse y fundirse tienen ventajas y desventajas. por ejemplo. pueden termoformarse o moldearse por calor. es decir. una lámina o tubo puede transformarse a un estado elástico. similar al de una goma blanda. adquiriendo nueva forma después de enfriarla en un molde. Además pueden soldarse, sus desechos son reciclables.

Sus desventajas como producto son: el reblandecimiento provocado por el calor que limita en gran medida las temperaturas de uso, sobre todo cuando se someten a la acción simultánea de fuerzas mecánicas.

Los termoplásticos se subdividen:

a) **Termoplásticos Amorfos**

Se caracterizan porque sus moléculas filamentosas están en completo desorden, enredados entre sí, permiten el paso de la luz, por ello son transparentes (figura no. 1).

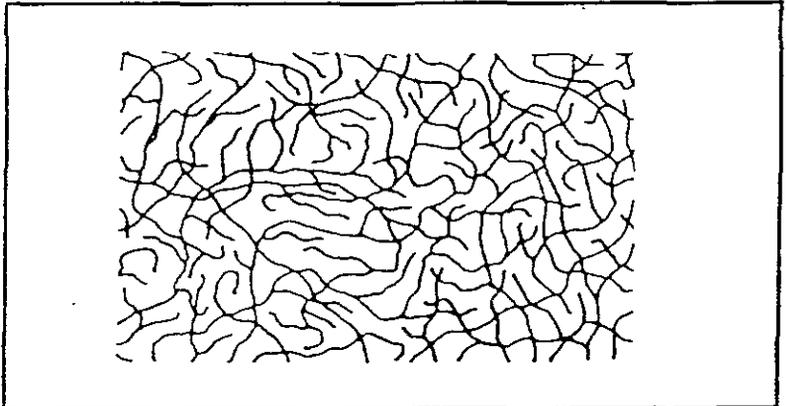


Figura No 1 Modelo Estructural de un Termoplástico Amorfo.

b) Termoplásticos Semicristalinos

Su orden molecular es relativamente bueno, apreciándose un cierto paralelismo dentro de los filamentos moleculares. El ordenamiento en los tramos de macromoléculas paralelas equivale al acomodo de átomos o moléculas en forma de cristales, se oponen al paso de la luz y provocan una apariencia lechosa o translúcida.

En la figura no. 2, se puede ver el ordenamiento de los plásticos semicristalinos.

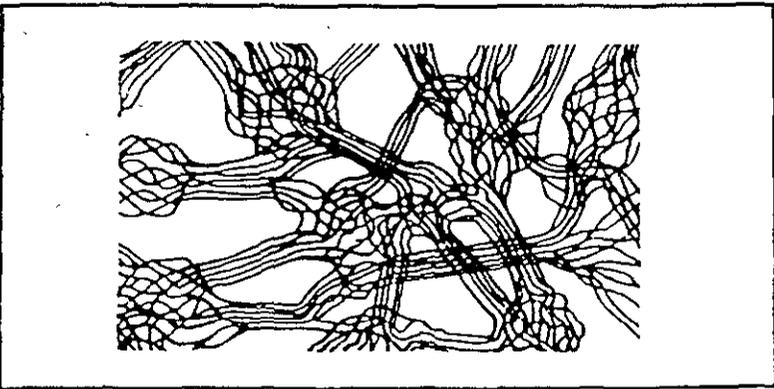


Figura No 2 Modelo Estructural de un Termoplástico Semicristalino.

2.1.2. Termofijos

Los plásticos que se mantienen rígidos y sólidos a temperaturas elevadas, se denominan termofijos. Se obtienen por la reticulación de productos líquidos de bajo peso molecular. Están entrecruzados en todas direcciones, debido a su estructura no son moldeables, no pueden ser disueltos y raramente se hinchan. A temperatura ambiente son duros y frágiles, no son reciclables. Observe la figura no. 3.

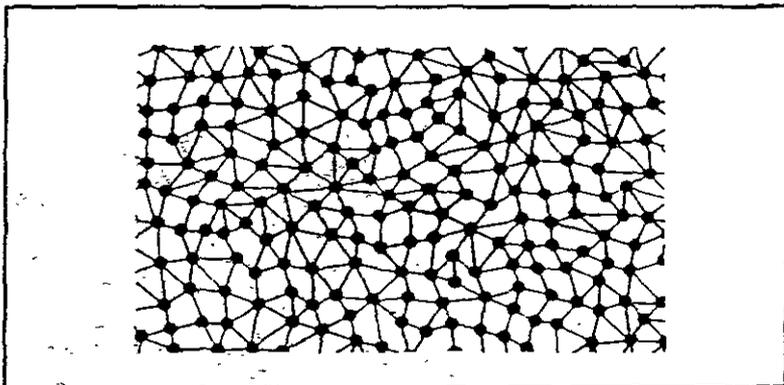


Figura No.3 Modelo Estructural de un Termofijo.

2.2. CLASIFICACION POR CONTENIDO DE MONOMERO

De acuerdo a la cantidad de monómeros presentes en el proceso de polimerización, se distinguen los siguientes tipos de polímeros:

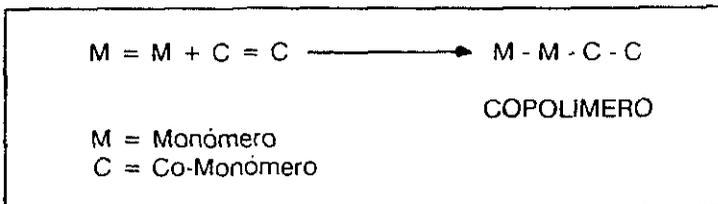
2.2.1. Homopolímero

Es un polímero obtenido de un tipo de monómero. La reacción se lleva a cabo mediante el uso de agentes químicos llamados iniciadores, por ejemplo, peróxidos orgánicos bajo ciertas condiciones de calor y presión.



2.2.2. Copolímero

Cuando en la polimerización participan dos o más monómeros de diferentes tipo, se obtienen plásticos denominados copolímeros.



3. SITUACION ACTUAL DEL PROCESO DE INYECCION

Es uno de los procesos de mayor interés en la transformación de plásticos. ocupa el primer lugar en cuanto a capacidad de equipo, pero debido a la cantidad de artículos que se producen y al consumo de resina, es superado por el proceso de extrusión.

En 1993 el consumo de plásticos fue aproximadamente de 1,360 millones de toneladas, respectivamente en 2,500 empresas transformadoras, de éstas 1,100 se dedican a la inyección de plásticos, representando el 44% del total de las industrias de transformación.

Consumo de plásticos en México por proceso de transformación y número de empresas en cada proceso.

CONSUMO DE PLASTICOS EN MEXICO 1993

	MTONS	NO. EMPRESAS
EXTRUSION	660	900
INYECCION	250	1,100
SOPLADO	170	400
CALANDREO	40	10
OTROS	240	90
TOTAL	1,360	2,500

A pesar de que el proceso de inyección, no alcanza los volúmenes de producción que logra el proceso de extrusión, su importancia radica en la gran variedad de artículos que se pueden producir y en la diversidad de mercados que puede abarcar, se fabrican piezas sencillas como cucharas desechables, plumas, tapas, hasta engranes de ingeniería o piezas complicadas para implantes quirúrgicos, objetos del tamaño de un botón, asimismo, tarimas para embalaje industrial, defensas de automóviles.

Por esta razón económica, se requerirá de un análisis detallado para determinar que posición ocupa la inyección en cuanto al monto de ventas logrado, pues si bien podemos ver que la extrusión es el proceso que ocupa mayor volumen de resina que cualquier otro, la inyección se caracteriza por producir piezas con un mayor valor agregado.

A continuación, se presenta una tabla con el consumo de cada plástico y la fracción correspondiente que se utiliza para transformar por inyección.

DISTRIBUCION DEL CONSUMO DE MATERIALES TRANSFORMADOS POR INYECCION

MATERIAL	CONSUMO %
PE	46
PP	29
PVC	10
PS	7
ABS	3.9
SAN	1.6
PMMA	0.4
PC	0.5
PA	0.4
POM	0.3
OTROS	0.3
TOTAL	250.000 ton

Como se puede ver en la tabla anterior, el Polietileno (PE) es el material de mayor consumo en inyección, ocupa el 46%, que representa 115,000 toneladas, aunque este proceso de transformación no es el más importante para el Polietileno, ya que su consumo representa el 16%. El Polietileno está dirigido principalmente a sectores de mercados muy específicos como empaque en aplicaciones de tapas, cajas y pallets para embalaje, en el sector de consumo las aplicaciones son: en artículos del hogar, juguetes, entre otros.

El Polipropileno (PP), debido a sus propiedades ha diversificado sus aplicaciones. El consumo de Polipropileno en inyección, es casi del 30% equivale a 74,000 toneladas ocupa el 35% del consumo total de este material

Sus aplicaciones se dirigen en los siguientes sectores. Transporte: paneles, componentes exteriores y baterías. Empaque: principalmente tapas. Eléctrico-electrónico: partes de interruptores, aparatos electrodomésticos. Muebles: partes de asientos para oficina y sillas de jardín. Consumo: cubiertos, macetas, recipientes para comida, jeringas desechables, entre otros.

Dentro de los materiales de mayor consumo se encuentra el Cloruro de Vinilo (PVC), el 13% se utiliza en inyección, es decir, 25.000 ton, que equivalen al 10% del consumo total de plásticos en este proceso.

Se emplea para producir: artículos como suelas y tacones, en el sector de la construcción para conexiones de tubería.

El Poliestireno (PS), transformado por inyección ocupa el 7% del consumo total de resinas en este proceso, el porcentaje equivale a 17.000 toneladas, aproximadamente el 19% de el consumo total de este material. Sus aplicaciones principales se encuentran en el sector eléctrico-electrónico: en partes de aparatos electrodomésticos, en el sector de artículos de consumo: cubiertos desechables, artículos de oficina, de dibujo, entre otros.

Del Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) se inyecta el 75% del consumo total como resina, es un material que tiene propiedades aptas para usos particulares, su consumo en inyección es de 9.960 toneladas, que representan el 4% del total de resina que se inyecta. Se emplea en los siguientes sectores de mercado. *Transportación: partes interiores y exteriores de los automóviles, eléctrico electrónico: carcasas de electrodomésticos y computadoras, de consumo: juguetes.*

A el Estireno Acrilonitrilo (SAN), le corresponde el 1.6% del consumo de plásticos para inyección con 4.000 toneladas, se modifica principalmente por inyección, ya que este proceso transforma el 96% del consumo de material en inyección. Debido a sus propiedades tiene importancia en el sector eléctrico-electrónico: en partes de aparatos electrodomésticos, en el sector consumo: para envase de artículos de belleza, algunas aplicaciones en medicina, artículos para el hogar, cepillos de dientes, entre otros.

- El Acrílico, es un material que apenas tiene un 0.4% del consumo en inyección, equivale a 1.100 toneladas, sus principales aplicaciones se encuentran en anuncios luminosos que se fabrican por otros procesos de transformación. En inyección este material ocupa el 14% del consumo total de acrílico. Cuando se transforma por inyección, su principal sector de mercado es el transporte, para fabricar calaveras de automóviles, el sector eléctrico-electrónico, en iluminación y el sector de artículos de consumo, incluye artículos para el hogar, de decoración y algunas aplicaciones en medicina.

En la actualidad el consumo de Policarbonato (PC) es de 1,140 ton en inyección, se esperan crecimientos importantes durante los próximos años, debido a la producción de discos compactos. El consumo en inyección representa el 0.5% del total de los plásticos inyectados y del total de Policarbonato que se consume el 60% se transforma por inyección. Se aplica en el sector de transportación: para iluminación en automóviles, en el sector eléctrico-electrónico: en contactos, interruptores de protección, medidores de corriente, tapas y carcasas para distribución.

Las Poliamidas, ocupan el 0.4% del consumo en inyección. Son materiales de ingeniería, con aplicaciones específicas. Del total de resinas que se consumen, el 54% se transforma por inyección. Los principales sectores de mercado para las Poliamidas son transporte, aspas de ventiladores, partes de filtros de aceite, carcasas de retrovisor, rejillas de radiador, eléctrico-electrónico, bobinas, enchufes, carcasas de motor, carcasas de aparatos eléctricos, consumo, sedales.

El POM es el plástico que representa el 0.3% del consumo de resinas en inyección, equivale a 750 toneladas, este material es transformado en un 98% de su consumo total por inyección. Es un material de ingeniería con propiedades adecuadas para ciertos mercados, transportación: en componentes del sistema de combustible, cinturones de seguridad, partes del tablero, partes de la bomba de gasolina, construcción: en regaderas, válvulas de mezclado, cartucho para sanitario y lavabo, eléctrico-electrónico: en teclas y mecanismos de control, partes de teléfono, impulsores de bombas, consumo, en peines, cuerpos de encendedores, componentes de juguetes, partes de cassettes de audio y video, cierres para ropa.

**TABLA DE CONSUMO Y FRACCION CORRESPONDIENTE
EN INYECCION (TONELADAS)**

MATERIAL	CONSUMO GENERAL	CONSUMO EN INYECCION	CONSUMO EN INYECCION %	VALOR NS
PE	714,600	115,000	16	276,000,000
PP	185,000	74,000	35	185,000,000
PS	86,000	17,000	19	59,000,000
PVC	194,000	25,310	13	63,275,000
SAN	4,500	4,320	96	32,400,000
ABS	13,280	9,960	75	74,700,000
PMMA	9,080	1,270	14	10,160,000
PC	1,900	1,140	60	17,100,000
PA	1,880	1,020	34	10,200,000
POM	1,000	980	98	9,800,000
		250,000		737,635,000

**DISTRIBUCION DEL MERCADO PARA CADA MATERIAL
TRANSFORMADO POR EL PROCESO DE INYECCION**

MATERIAL	TRANSPOR-TACION	EMPAQUE	CONSTRUC-CION	ELECTRICO-ELECTRON.	MUEBLES	CONSUMO	OTROS	CONSUMO INYECCION
Poliuretano		37 950				69 000	8,050	115,000
Polipropileno	5 660	1,110		14,800	10,360	26 640	4,440	75,000
Cloruro de Polivinilo			9,000			15 250	750	25,000
Poliestireno				5 600		11,375	525	17,000
ABS	3,000			3,280		2,890	790	9,960
SAN				1,680		2,000	320	4,000
Acilico	946			77		55	22	1,100
Policarbonato	1,718			342		57	23	1,140
Poliamicidas	316			470		204	30	1,020
Acotal	48		118	157		539	68	980
Otros								800
TOTAL								250,000

II. QUE ES UNA MAQUINA DE INYECCION

1. HISTORIA

Las máquinas de inyección de plásticos, derivan de la máquina de fundición a presión para metales.

Según algunas referencias, la primera máquina de moldeo fue patentada en 1872 para la inyección de nitrato de celulosa, pero debido a su flamabilidad y peligrosidad, el proceso no floreció.

En 1920 se construyó en Alemania, una máquina para la producción de piezas de materiales termoplásticos, mediante el proceso de inyección, dicha máquina era totalmente manual.

Posteriormente, en 1927 y en el mismo país, se desarrolló una máquina para inyección de plásticos accionada por cilindros neumáticos, pero no tuvo mucho éxito debido a que se requería de máquinas con presiones superiores.

El verdadero auge de este proceso, sucedió entre los años 1930 a 1940 con las aplicaciones para los recién descubiertos Poliestireno y Acrílico, se observó que el proceso permitía la fabricación rápida y económica de artículos útiles.

A las máquinas manuales siguieron máquinas accionadas hidráulicamente, cuya construcción alcanzó su verdadero desarrollo hasta el término de la Segunda Guerra Mundial. Eran equipos que no requerían complicados y costosos sistemas hidráulicos para operar, por su propia simplicidad se podían instalar en pequeños locales.

A partir de ese momento, el desarrollo y la evolución técnica fue sorprendente. Actualmente, se cuenta con máquinas totalmente automáticas que no requieren de la intervención del operador.

Existen plantas industriales con instalaciones de una serie de máquinas, que trabajan totalmente en ciclo automático, incluyen alimentación de la materia prima a la tolva, la extracción de las piezas moldeadas y su movimiento para completar el ciclo de producción.

A la par del desarrollo de las máquinas, los moldes han tenido un sorprendente progreso, que ha contribuido en buena parte a alcanzar la automatización de las máquinas.

Hoy día, se encuentran en el mercado máquinas con capacidad de inyección de pocos gramos, hasta 30 kg, con fuerzas de cierre del molde de 2 a 10,000 toneladas, para una gran variedad de piezas en cuanto a tamaño.

2. DEFINICION DEL PROCESO DE INYECCION

Es un proceso intermitente que se emplea para producir artículos de plástico, consiste básicamente en transportar el material termoplástico que se encuentra en forma de pellets o polvo, de la tolva, éste pasa a un cilindro de plastificación donde por aplicación de calor se funde para después inyectarlo a la cavidad del molde. Debido a que el molde se encuentra a una temperatura menor a la del punto de fusión del material plástico, se solidifica en el interior del molde.

Una vez frío el material, se abre el molde y se expulsa la pieza moldeada, finalizando el ciclo de inyección.

3. CLASIFICACION

Todas las maquinas de inyección poseen las mismas partes, sin embargo, existen algunos arreglos especiales, entre ellas se distinguen cuatro tipos. Estos arreglos se muestran en la siguiente figura.

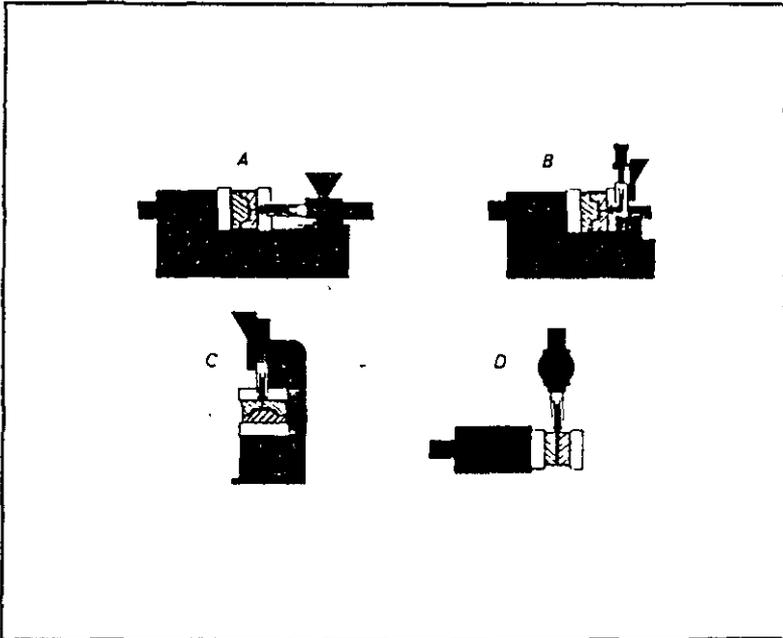


Figura No 4 Tipos Constructivos de Inyectoras

- A) Inyeccion Horizontal
- B) Inyeccion Vertical
- C) Inyeccion Vertical
- D) Inyeccion Vertical

El primero es el más difundido, la unidad de inyección está en posición horizontal y perpendicular al plano que divide a las dos partes del molde. La construcción de este tipo es la más sencilla y ocupa un mayor espacio superficial.

El segundo tipo es una modificación del primero, donde la unidad de inyección es vertical, mientras que la disposición del molde y la unidad de cierre permanece igual.

El tercer tipo de construcción se conoce como máquina de inyección vertical, se emplea cuando la pieza inyectada lleva insertos metálicos como tornillos, tuercas, bujes, pernos, etcétera.

El dibujo D es diferente a todos los anteriores, ya que la inyección se realiza en el mismo plano que divide las cavidades de los moldes.

4. COMPONENTES

Una máquina de inyección, independientemente del moldeo y la marca, está formada por dos unidades:

- Unidad de Inyección
- Unidad de Cierre o Prensa

Ambas están montadas sobre una base común que también encierra a la unidad de potencia que comprende al motor y las unidades eléctricas así como los tableros de control.

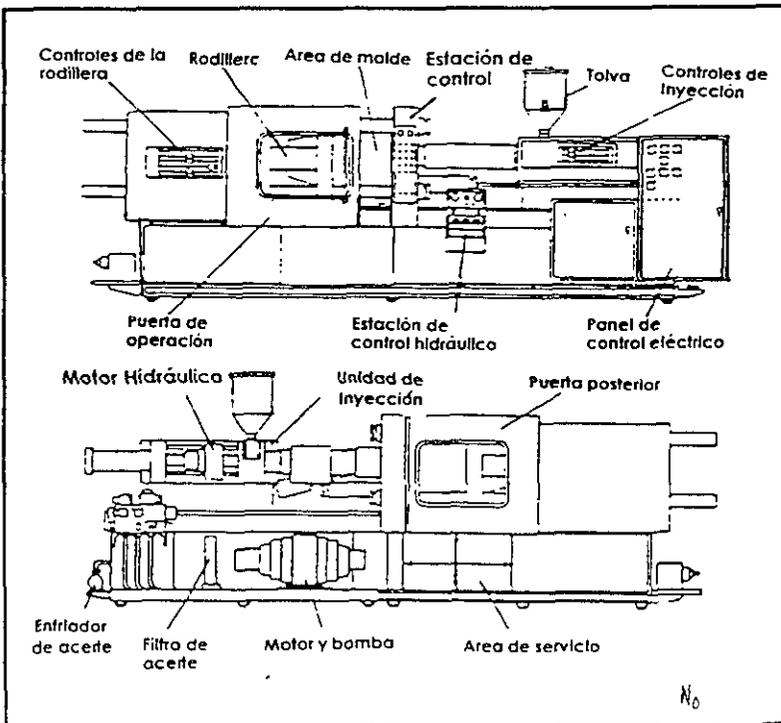


Figura No 5 Principales Componentes de una Máquina de Inyección

4.1. UNIDAD DE INYECCION

Tiene la función de transportar, calentar y fundir los pellets. una vez plastificados, se inyecta el material a la cavidad del molde ejerciendo una presión determinada.

Existen tres tipos de unidades de inyección:

- Unidad Pistón de Una Etapa
- Unidad con Husillo Pistón de Dos Etapas
- Unidad de Husillo Reciprocante

Las unidades tipo pistón, son utilizadas en máquinas de inyección de pequeña capacidad.

Actualmente, las máquinas de inyección más empleadas son las del tipo husillo reciprocante, constan de las siguientes partes:

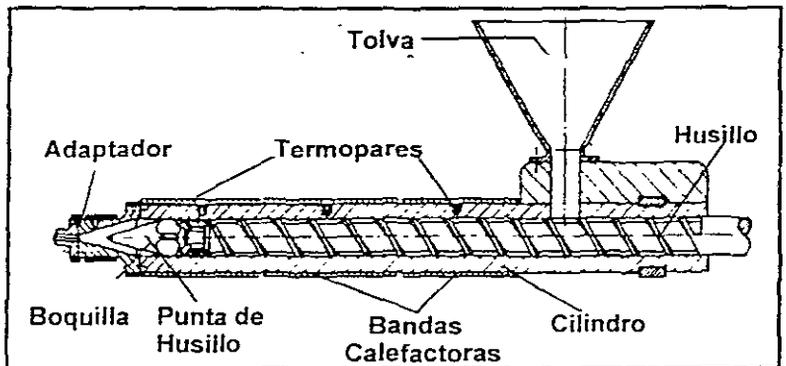


Figura No 6 Componentes de la Unidad de Inyección con Husillo Reciprocante.

La unidad de inyección desarrolla las siguientes funciones:

- Moverse sobre su base para producir el contacto entre la boquilla y el bebedero del molde, el cual se encuentra en la unidad de cierre.
- Generación de presión entre la boquilla y el bebedero.
- Girar el husillo durante la etapa de carga.
- Desarrollar el movimiento axial del husillo durante la etapa de inyección.
- Generar la presión de sostenimiento.

4.1.1. Tolva

En la tolva, se alimenta el material en forma de pellets, pero mientras que en extrusión es un proceso continuo, la disminución del material es gradual y uniforme. La inyección por ser un proceso discontinuo, origina una disminución de volumen no uniforme y cambios de presión, en este proceso, la tolva no funciona como un suministro simple de material, sino como la parte que mantiene en equilibrio el sistema de alimentación en forma adecuada para lograr una plastificación uniforme.

Existen varios tipos de tolvas, dependiendo de las necesidades del transformador, sin embargo, las más utilizadas son las del tipo sencillo, y cuando se alimenta el material plástico como polvo, se requiere un agitador en su interior para dosificar mejor el polímero.

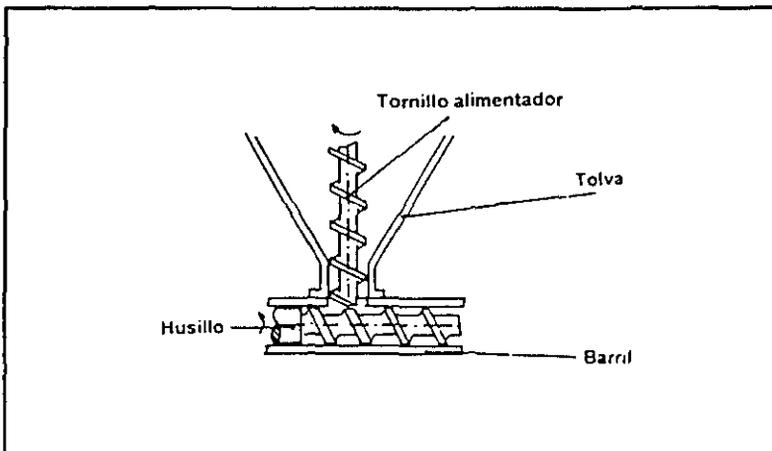


Figura No 7 Tolva Sencilla con Agitador

Hoy en día, la alimentación de materia prima forma parte esencial del proceso, por tal ello se han desarrollado nuevos tipos de tolvas, en donde se pueden mezclar perfectamente colorantes, aditivos o material regranulado. Un ejemplo se muestra en la siguiente figura.

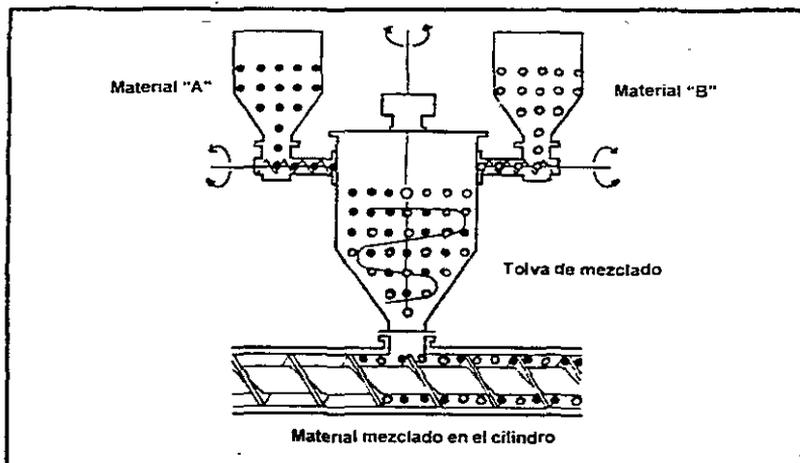


Figura No.8 Tolva Triple con Mezclador.

4.1.2. Cilindro o Barril

Es un tubo que circunda al husillo, ambos trabajan en forma conjunta en el proceso de plastificación y transporte del material, desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación.

Parte del calor que plastifica al polímero, es suministrado por las bandas calefactoras localizadas alrededor del cilindro, también existe calor generado por el esfuerzo mecánico del material

El cilindro debe de ser fácilmente desarmable para el cambio de husillos o procedimientos de limpieza. Se aconseja usar pocos pernos de sujeción.

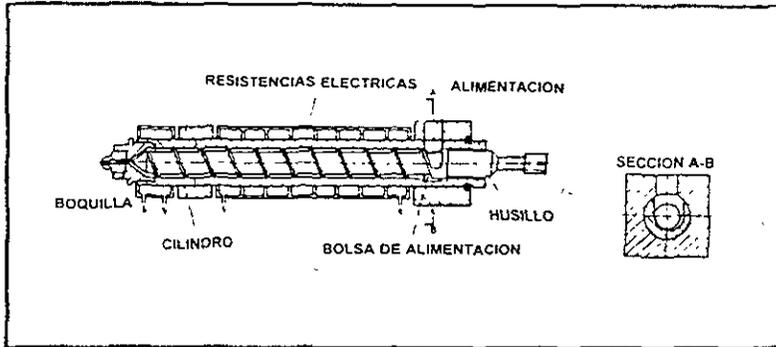


Figura No 9 Cilindro de Inyección.

El cilindro debe de contar con una construcción resistente para soportar: las presiones internas generadas, las altas temperaturas de trabajo, los desgastes provocados por la constante fricción de los materiales plásticos procesados y las eventuales corrosiones promovidas por degradación del material o por la naturaleza química de ciertos aditivos. La superficie interna debe de llevar un tratamiento especial para aumentar su dureza y resistencia.

Los métodos para tratamientos de superficie son:

- Gas-nitrurado
- Ion-nitrurado
- Endurecido de superficie
- Cromo-plateado
- Construcción bimetálica

Los más usados son los nitrurados, Gas o Ion, y la construcción bimetálica. Comparativamente la construcción bimetálica, ofrece el mejor comportamiento ante los problemas al desgaste, pero los costos de cada tipo de tratamiento de superficie conjugado con la durabilidad y resistencia del equipo son las variables que intervienen en la toma de decisiones al elegir el barril o cilindro, ya sea de una máquina nueva o uno de replazo.

4.1.3. Cabezal del Cilindro o Adaptador

Es la pieza que une el cilindro con la boquilla de inyección. Esta construcción facilita el cambio de boquilla de acuerdo las exigencias del material.

La unión de la boquilla, cabezal y cilindro, deben estar perfectamente conectados para evitar cualquier tipo de fuga, sobre todo cuando se manejan presiones muy cercanas a la presión máxima de inyección.

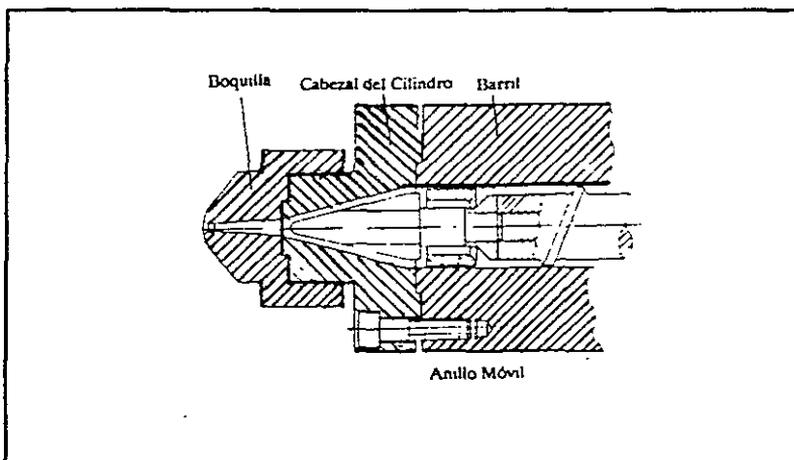


Figura No.10 Cabezal del Cilindro

4.1.4. Husillo

Está diseñado de acuerdo al comportamiento de cada plástico, y tiene la función de plastificarlo para que pueda fluir al interior del molde.

Generalmente las resinas utilizadas para inyección, tienen menor viscosidad que para extrusión. De modo que el índice de fluidez es mayor para que el plástico fluya rápidamente, llenando las cavidades del molde.

Actualmente, el husillo es la pieza con mayor tecnología dentro de una máquina de inyección.

El husillo, comprende las siguientes partes:

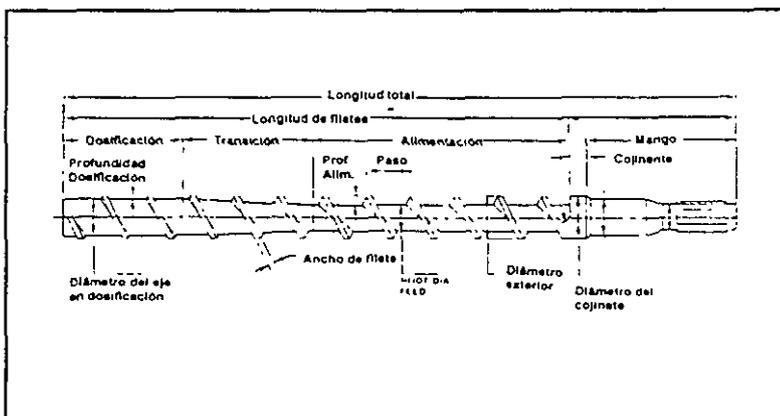


Figura No 11 Partes del Husillo

Con base en el diagrama anterior, se describen las partes del husillo:

a) Alabes o Filetes

Los impulsores del material a través del cilindro son los álabes o filetes helicoidales, recorren de un extremo a otro el husillo. Sus dimensiones y formas, dependen del tipo de material que se quiera procesar, así como de la calidad del mezclado de la masa al salir del equipo.

- Profundidad del Filete en la Zona Alimentación.- Es la distancia entre el extremo del filete y la parte central o raíz del husillo. En esta parte, los filetes son muy pronunciados, con el objeto de introducir una gran cantidad de material.
- Profundidad del Filete en la Zona de Dosificación.- Es la distancia entre el extremo del filete y la parte central del husillo, con la diferencia de que en la mayoría de los diseños de husillo, la distancia es mucho menor a la profundidad de filete en la alimentación. Ello origina la reducción del volumen en el material transportado, provocando una compresión en el material plástico, útil para mejorar el mezclado, así como la expulsión del aire que entra junto con la materia prima alimentada.

Las dimensiones del husillo, son diferentes para cada material, permaneciendo constante el ángulo del filete, que es de 15 a 20° si el polímero se encuentra en forma de pellets y 30° si el plástico está pulverizado.

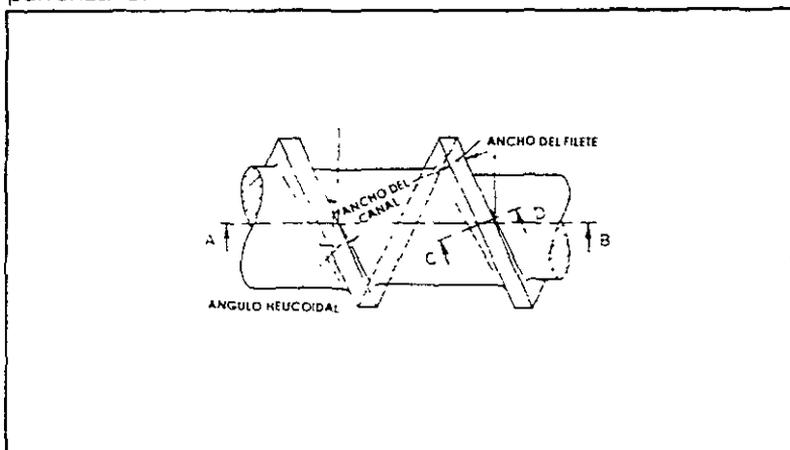


Figura No 12 Perfil del Husillo

b) Relación de Compresión

Conocida como R.C., es la proporción de cuantas veces cabe la altura del último filete en la altura del primer filete, además indica en que medida se comprime el material.

La relación de compresión, se encuentra en el rango de 2:1 a 4:1 para los termoplásticos más comerciales. Un husillo con una relación de compresión baja, es adecuada para polímeros que plastifican fácilmente, en contraparte, se recomiendan husillos con relaciones de compresión alta para materiales difíciles de plastificar.

c) Relación L/D

Es la proporción de cuantas veces cabe el diámetro del husillo en la longitud del mismo. En husillos de paso constante, esta relación corresponde al número de filetes presentes en el husillo.

Observe el diagrama con las dos relaciones antes definidas.

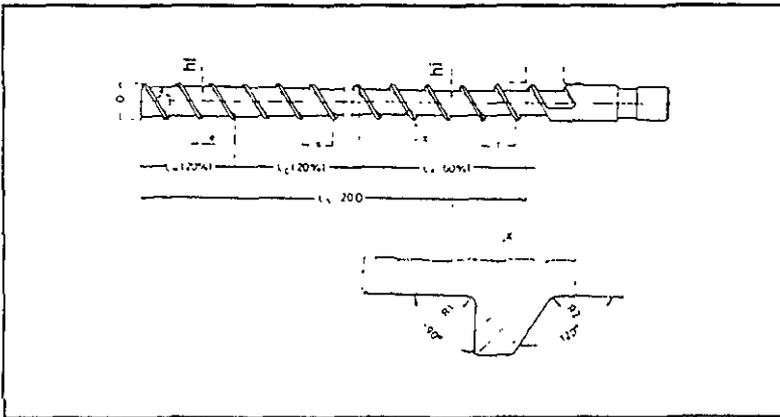


Figura No 13 Dimensiones a Considerar en el Husillo

- D - Diámetro del Husillo
- L - Longitud del Husillo
- φ - Claro
- E - Ancho del Filete
- S - Paso
- hf - Altura del Último Filete
- $h1$ - Altura del Primer Filete
- x - Ángulo del Filete

Materiales de Construcción del Husillo

El husillo, es la pieza que más contacto tiene con el plástico y sus aditivos, debe de estar construido con las aleaciones metálicas adecuadas, para que proporcione mayor durabilidad.

El grado de desgaste depende de ciertos factores como son:

- La abrasión y corrosión que generan las fibras, aditivos, agentes reforzantes y pigmentos.
- La corrosión que origina la degradación de algunos polímeros.
- La mala alineación del husillo con el barril.
- El mal diseño del husillo.
- La velocidad del Husillo.
- La compatibilidad de materiales de construcción del husillo con el barril.

Existen varios materiales para construir los husillos como son nitrurados o bimetalicos. Para su manufactura se toma en cuenta la base, los filetes y el recubrimiento.

Descripción de Materiales para Bases del Husillo

- Aleación Cromo-Acero.- Es una aleación de acero con contenido medio de carbono, con muy buena resistencia a la cedencia, proporciona una dureza Rockwell con valores de 28-32 Rc, cuando se utiliza esta base, se recomienda usar en el filete una aleación en base níquel con dureza de 48-52 Rc y un recubrimiento de cromo plateado (cromado).
- Aleación Nitrurada.- El material de nitruro, es tratado térmicamente para que desarrolle alta resistencia en el centro, origina altas durezas de 66 - 69 Rc. Al usar esta base, se puede aplicar en los filetes una aleación que consiste de una mezcla de partículas de carburo de tungsteno, uno de los materiales conocidos de más alta dureza, para obtener buena resistencia a la corrosión se hace una dispersión uniforme de la aleación de Níquel. Se recomienda un recubrimiento nitrurado.

4.1.5. Punta de Husillo

Durante la etapa de alimentación el husillo gira y retrocede, plastificando y acumulando material en la parte frontal del barril. Al momento de la inyección el husillo avanza, comprimiendo al plástico y forzándolo a pasar al molde, originando una gran presión que obliga al material a fluir entre los álabes para regresar a zonas intermedias de la unidad de inyección, esto se puede eliminar con el uso de diseños que impidan este contraflujo.

El trabajo de inyección es realizado por la punta del husillo, de tal modo que ésta requiere diseño especial para que al inyectar barra la mayor cantidad de plástico y evite residuos que se degraden dentro del cilindro.

Los diseños deben ser elegidos dependiendo del tipo de material a procesar. Las puntas de husillo de diseño sencillo que tienen un ángulo de retención de 60 a 90°. Esto origina una punta ancha que deja una pequeña abertura entre ésta y el cuerpo del barril, al avanzar el husillo durante la inyección y mantener una presión del plástico en el molde, se reduce el retorno del material hacia el husillo, aunque no se evita completamente.

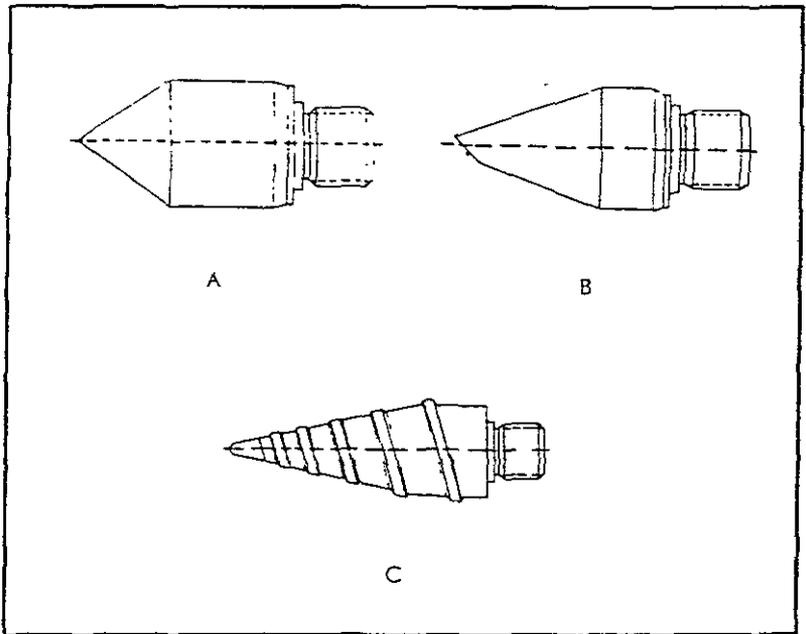


Figura No. 14 Punta de Husillo.

- a) Punta intercambiable sin perfiles radicales
- b) Punta oblicua, para conseguir mejor efecto de limpieza por oscilación
- c) Punta con filetes, permiten una prolongación de plastificación hasta la boquilla

Si queda material fundido estancado en esa zona, sufrirá una degradación, originando el moldeo de piezas defectuosas. Por este motivo la punta del husillo debe tener la misma forma de la cámara de la boquilla.

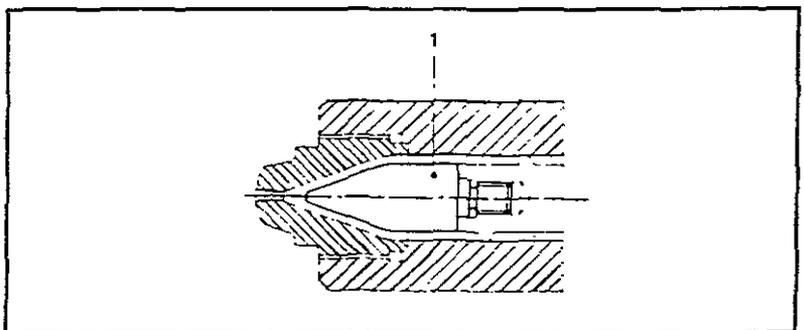


Figura No 15 Punta de Husillo para PVC Rígido.

Para PVC Rígido las puntas del husillo deben estar protegidas contra la corrosión, diseñadas para optimizar el flujo a lo largo de la punta y evitar estancamientos de material, así como contraflujos de la resinas. Algunos diseños de estos tipos se muestran a continuación:

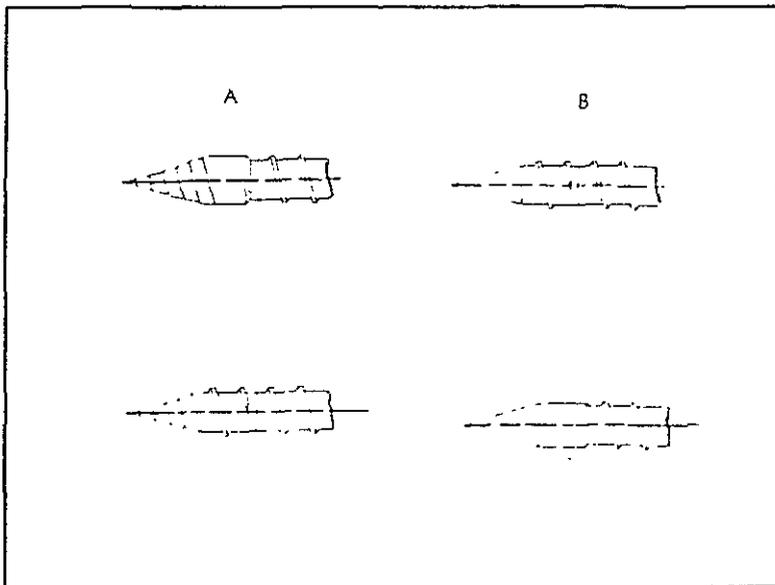


Figura No 16 Puntas de Husillo para Inyectar PVC.

A) Puntas con Filetes de Autolimpieza

B) Puntas de Superficie Pulida

4.1.6. Válvula No-Retorno

Cuando se inyectan materiales termoplásticos de baja viscosidad se utiliza la "válvula no-retorno", que tiene la función de impedir que el material regrese al husillo durante la fase de inyección, esta válvula está instalada en la punta del husillo.

Su principio de funcionamiento está basado en un elemento móvil.

Durante la alimentación de material, la posición de éste deja un canal libre por donde el plástico fundido fluye para almacenarse en la cámara de inyección. En el momento de la inyección el husillo avanza para inyectar el material, ocasionando que el flujo de retroceso empuje el anillo hacia atrás, cerrando los canales de flujo y evitando por completo el retroceso del material, haciendo más efectivo el funcionamiento del husillo al trabajar como pistón.

La válvula de no retorno más utilizada es de tipo anillo.

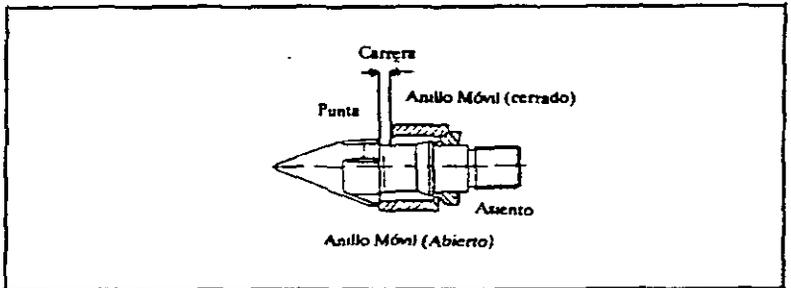


Figura No 17 Válvula No-Retorno de Tipo Anillo.

En el siguiente diagrama se muestran algunos tipos de válvulas no retorno:

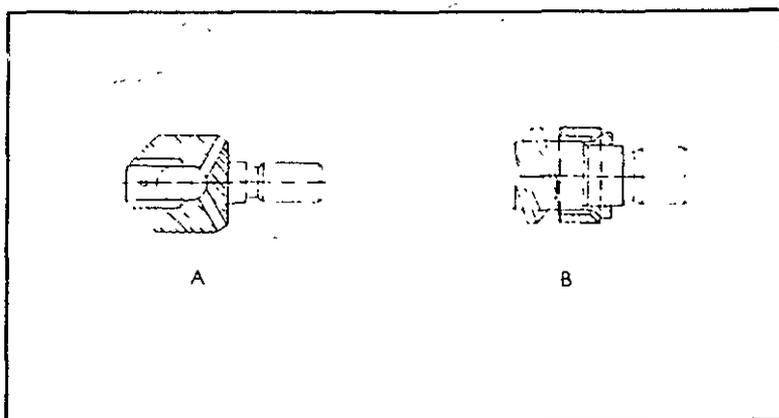


Figura No. 18 Válvulas No-Retorno.

A) Válvula de Bola

B) Válvulas de Anillo

4.1.7. Boquilla

La boquilla es el canal de dosificación del material fundido del barril hacia el bebedero del molde. El diseño de la boquilla depende de dos factores: el peso de la pieza que se va a moldear y la fuerza de cierre. Estos factores están relacionados ya que a mayor peso inyectado, mayor fuerza de cierre requerida para mantener el molde cerrado.

La boquilla se acopla al cabezal del cilindro mediante una rosca o un perfil de bayoneta. Este último tipo de unión es el más recomendable debido a que ofrece un cambio rápido de boquilla y permite en ocasiones el desmoldeo hacia adelante.

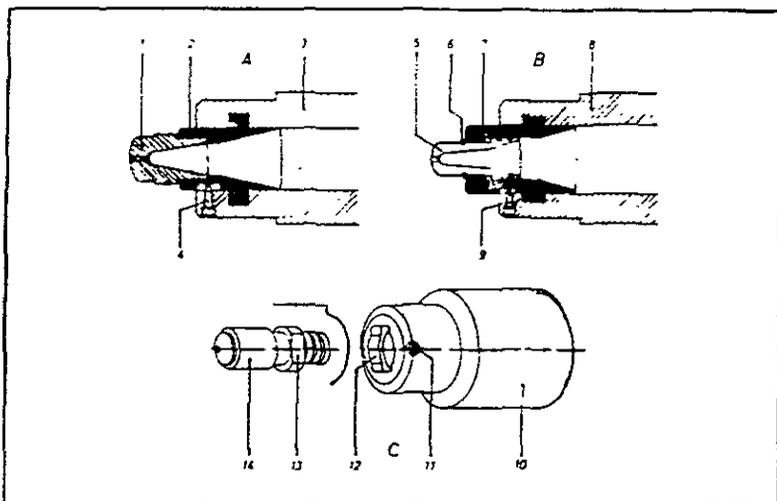


Figura No 19 Boquillas con Fijacion de Bayoneta en el Cilindro.

A) Boquilla Normal Roscada

- 1.- Boquilla
- 2.- Ajuste de Bayoneta
- 3.- Cilindro
- 4.- Tornillo de Fijación

B) Boquilla Deslizante

- 5.- Boquilla Deslizante
- 6.- Tope Limite
- 7.- Ajuste de Bayoneta
- 8.- Cilindro
- 9.- Tornillo de Fijacion

C) Boquilla Normal con Perfil de Bayoneta

- 10.- Cilindro
- 11.- Tornillo de Fijación
- 12.- Perfil Interior de Bayoneta
- 13.- Perfil Exterior de Bayoneta

El diámetro del canal de flujo de la boquilla esta relacionado directamente con el volumen de la cavidad del molde. En piezas de peso reducido de 20 - 30 gr es recomendable que el orificio de la boquilla tenga un diámetro de 3 - 3.5 mm. Para moldes mayores y piezas con diverso espesor de pared pueden utilizarse boquillas con un orificio de hasta 6 mm de diámetro.

Existen boquillas convexas y planas. Es recomendable que el diámetro del orificio de la boquilla sea menor al diámetro del canal del bebedero y en las convexas el radio de la concavidad del bebedero deberá ser mayor que el radio de la boquilla para que acoplen perfectamente, la diferencia entre radios es de 5 a 10 mm, siendo la más recomendable, como se ilustra en la figura C.

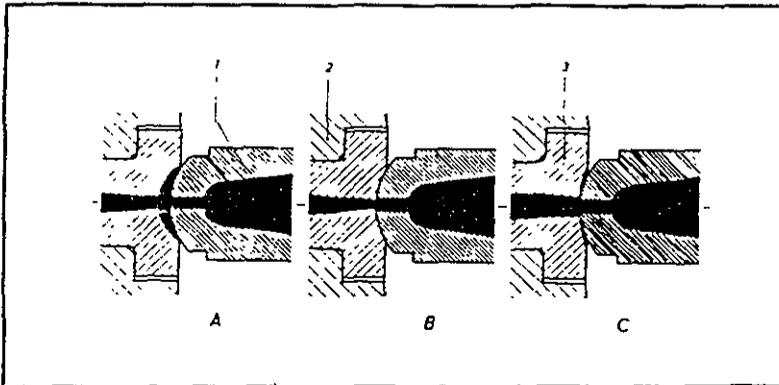


Figura No.20 Boquillas Convexas.

- 1) Boquilla
- 2) Cuerpo delantero de fijación
- 3) Bebedero

En el diagrama B se observa que la boquilla tiene el mismo radio que el bebedero. Por otro lado, el diámetro del orificio de la boquilla es mayor que el del canal de flujo en el bebedero, ello ocasiona problemas en el desmoldeo de la colada en el momento de separar el molde de la boquilla.

Si por el contrario, el radio de la concavidad de la boquilla fuera mayor al radio del bebedero, existiría un espacio que provocaría fugas de material, originando que para desmoldar se deba romper el tapón y golpear la pieza desde la parte de la boquilla, como se muestra en la figura A.

Las boquillas planas son especialmente apropiadas para moldes sin bebedero, como se ilustra en el siguiente diagrama.

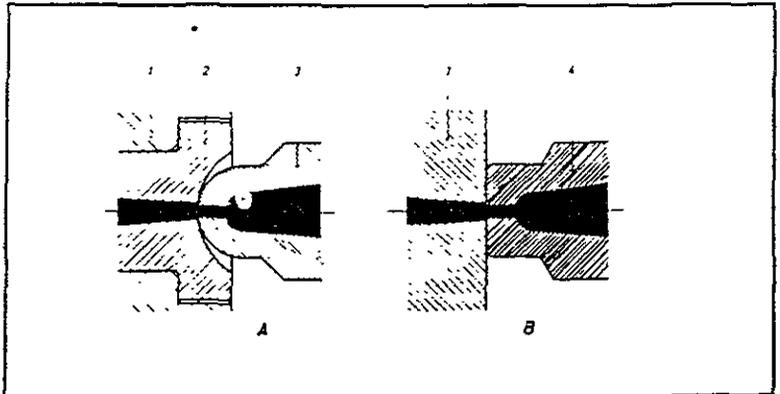


Figura No.21 Representación de Boquilla Convexa y Plana

A) Boquilla Convexa

1 - Cuerpo delantero de fijación del molde

2 - Bebedero

3.- Boquilla convexa

4 - Boquilla plana

Las boquillas se clasifican en dos tipos generales:

- Boquillas Abiertas
- Boquillas de Cierre o Apertura Controlada

a) Boquillas Abiertas

Son las más sencillas en cuanto a su funcionamiento, constan únicamente de un canal de salida del material hacia el bebedero del molde, que siempre está abierto. Como se encuentra libre el paso del material origina que una cierta cantidad de material fluya hacia el exterior cuando el ciclo no esta en la etapa de inyección.

Esta situación es favorable para materiales que requieren un manejo térmico delicado como el PVC, las resinas termofijas o los elastómeros. Otra ventaja de este tipo de boquillas es su bajo costo y su corta longitud, a diferencia de otros tipos de boquillas.

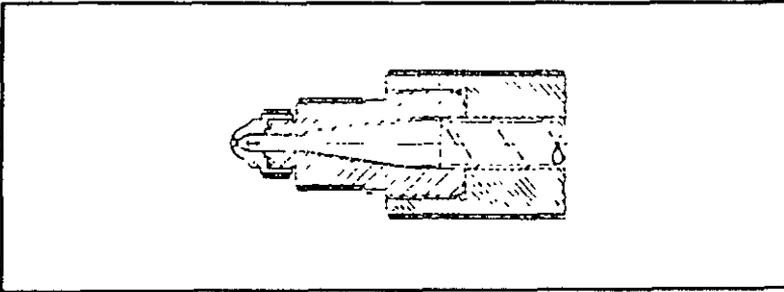


Figura No 22 Boquilla Abierta.

Dentro de la clasificación de boquillas abiertas, existen las boquillas cónicas que se utilizan para materiales que tienden a cristalizarse, esto significa que a una temperatura determinada funden, pero si la temperatura baja un poco inician su cristalización y solidificación originando que se tape la boquilla. Por el contrario, si la temperatura sube un poco, el material se vuelve demasiado fluido y escurre por la boquilla hacia el exterior en forma de babeo. Como es preferible que se forme un pequeño tapón a que se escurra el material, se utiliza la boquilla cónica ampliada, que debido a su diseño y a pesar de que se forma el tapón se puede extraer de la boquilla fácilmente y continuar con el proceso

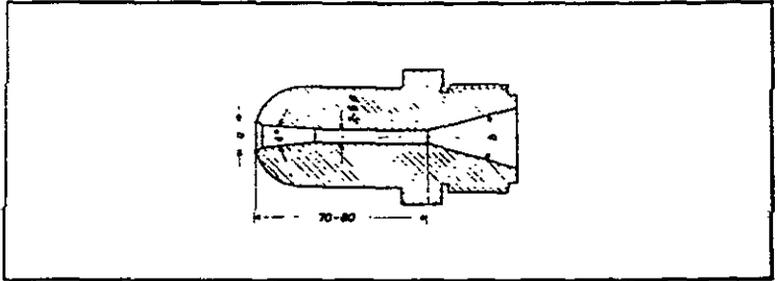


Figura No.23 Boquilla para Termoplásticos de Baja Viscosidad.

Nota: Las dimensiones indicadas en mm corresponden a una capacidad de plastificación del cilindro de 100 cm^3 aproximadamente.

b) Boquillas de Cierre o de Apertura Controlada

Únicamente permiten el paso del material fundido al exterior cuando la unidad de inyección se encuentra en posición de llenar el molde, evitan escurrimientos de plástico en etapas intermedias.

Se dividen en dos clases:

- Boquillas de Cierre Controlada por el Ciclo
- Boquillas de Cierre con Control Separado

c) Boquillas de Cierre Controlada por el Ciclo

Básicamente funciona por dispositivos para responder en el momento que el ciclo exige que la boquilla se abra para inyectar el plástico. esto es. cuando la punta de la boquilla entra en contacto con el bebedero del molde, o cuando el husillo avanza y eleva la presión en el interior del barril.

En general estos dispositivos son sensibles a las condiciones del proceso. La siguiente figura muestra un ejemplo.

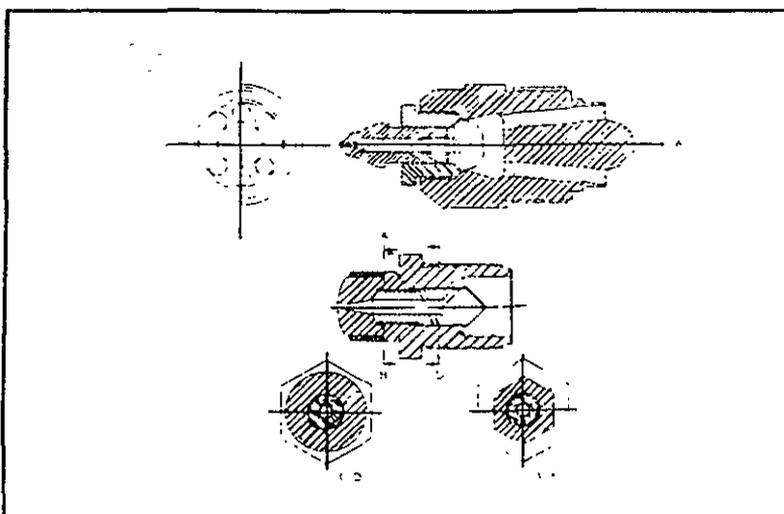


Figura No.24 Boquilla de Cierre Controlada por el Ciclo

d) Boquilla de Cierre con Control Separado

Este tipo de boquilla se abre y cierra mediante mecanismos externos, siendo posible abrir la boquilla aunque no exista presión en el cilindro, o no se encuentre acoplada al bebedero del molde. Los siguientes diagramas ejemplifican algunos mecanismos de su funcionamiento.

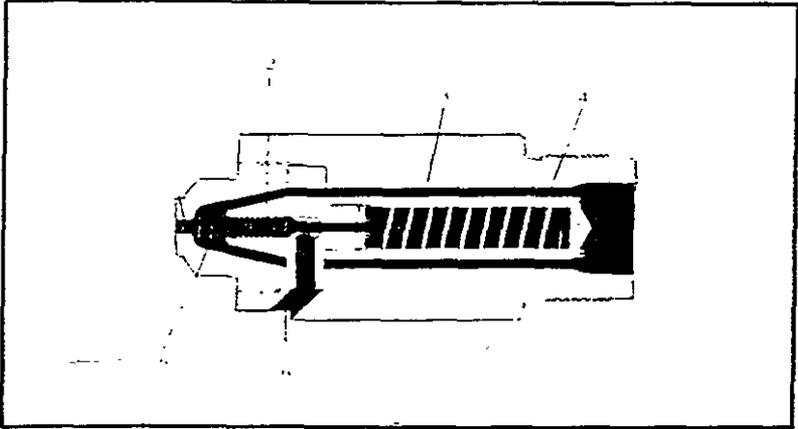


Figura No.25 Boquilla de Aguja.

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 1) Aguja | 4) Resorte |
| 2) Sello | 5) Superficie de Sellado de la Aguja |
| 3) Cámara del Resorte | 6) Purga |

La boquilla de cierre aguja funciona mediante un resorte en la punta, que en el momento de la inyección, y debido a la presión ejercida del material, deja el paso libre a través de la boquilla. Cuando no hay suficiente material en esta parte y la presión se reduce, el resorte se extiende y bloquea la boquilla impidiendo la salida del plástico.

Por otro lado, cuando la presión del material no es suficiente para comprimir o extender el resorte, la boquilla de cierre se acciona por medio de un control separado conectado al sistema hidráulico.

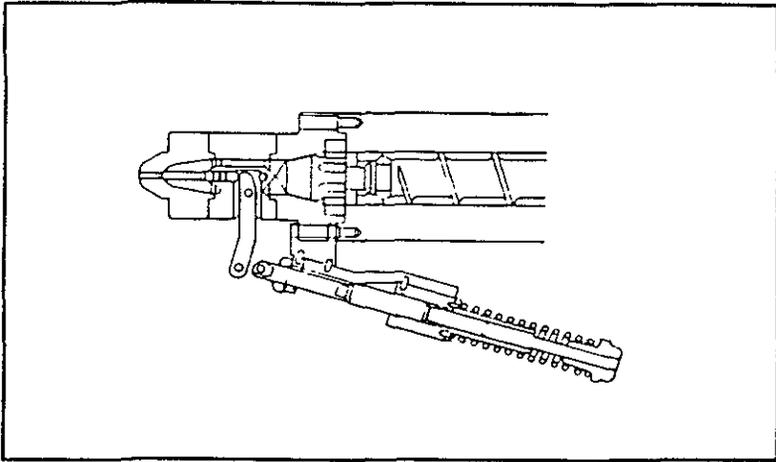


Figura No.26 Sistema de Cierre Hidraulico

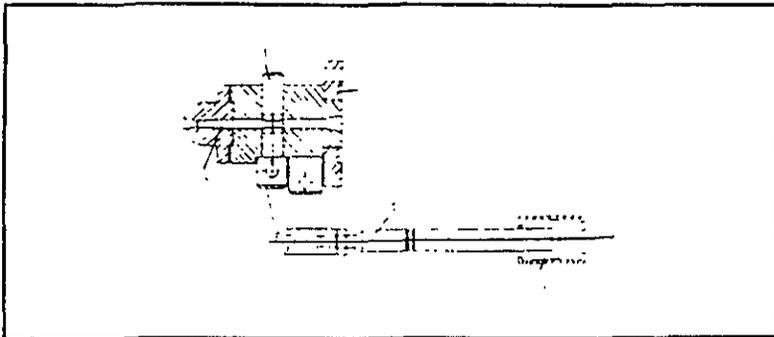


Figura No.27 Boquilla de Perno

- 1) Perno en posición abierta
- 2) Brida
- 3) Canal de la boquilla
- 4) Barra accionadora
- 5) Purga

Cuando la boquilla entra en contacto con el molde, esta tiende a enfriarse, por ello es importante controlar la temperatura de la boquilla y mantener el nivel adecuado, colocando en su parte exterior una banda calefactora o en su interior un cartucho calefactor. Por cualquiera de estas dos formas, es necesario que la temperatura de la boquilla sea diferente a la última zona del cilindro y que se controle en forma independiente.

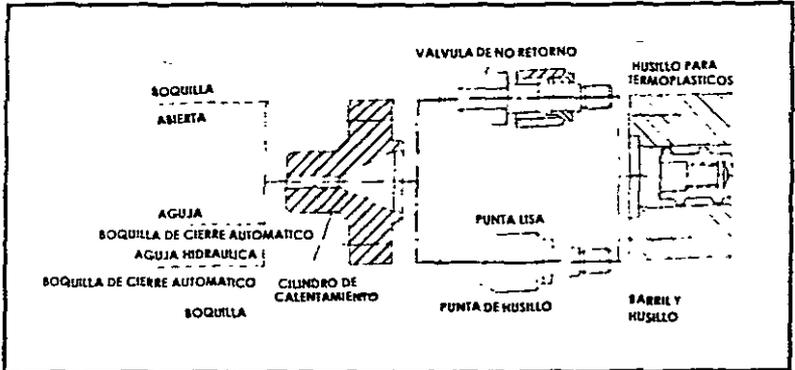


Figura No 28 Boquilla con Bandas Calefactoras.

La siguiente tabla muestra el tipo de boquilla recomendada para cada plástico.

TIPO DE BOQUILLA	PLASTICO																
	PS	ABS	CA	CAB	PA	PBT	PC	PE	PMMA	POM	PP	PPO	PVC	SAN	TSG	TF	E
ABIERTA	*	✓	✓	✓	*	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓
CIERRE CONTROLADO	✓	*	*	*	*	*	*	✓	*	*	✓	*	×	*	×	×	×
AGUJA	✓	*	*	*	✓	✓	✓	*	*	*	*	*	×	*	*	×	×
HIDRAULICA PERNO ROTATORIO O DESLIZANTE	✓	*	*	*	✓	✓	✓	*	*	*	*	*	×	*	✓	×	×

✓ RECOMENDADA * PRACTICA × NO RECOMENDADA
 TF Termoplásticos
 E Elastomeros

4.1.8. Capacidad de inyección

Comercialmente la capacidad de inyección de estas máquinas se encuentra dado en gramos de Poliestireno. por tener una densidad muy parecida a la del agua. Para determinar la cantidad en gramos a inyectar de algún otro material se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Peso Máximo del Material} = \frac{\text{Capacidad de Inyeccion de la maquina en Gramos de Ps}}{\text{Densidad de Ps}} * \text{Densidad del Material}$$

Tomando como referencia el volumen disponible en cm^3 que ofrece el tamaño de cilindro elegido.

$$\text{Peso Máximo} = V \text{ Ps} * \rho \text{ Material}$$

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el peso máximo es un valor teórico, ya que se recomienda que las máquinas de inyección trabajen a una capacidad máxima del 90%. El valor obtenido se debe afectar por este factor.

Ejemplo:

Se debe determinar la capacidad de inyección para el PEAD, que tiene una densidad de 0.94 g/cm^3 . Se utilizará una máquina de inyección con capacidad promedio de 122 g de Ps.

$$\text{Peso Máximo Teórico} = 122 \text{ g} (0.94) = 114.68 \text{ g de PEAD.}$$

Tomando en cuenta que la máquina trabaja al 90%.

$$\text{Peso Máximo Real} = 114.68 (0.90) = 103.2$$

4.2. UNIDAD DE CIERRE

Tiene la función de abrir y cerrar el molde dentro del ciclo de moldeo, así como mantenerlo firmemente cerrado para evitar por una parte, los sobrantes o rebabas de material, y por otra cuidar el molde para prevenir cierres bruscos o presiones excesivas.

La unidad de cierre consta de las siguientes partes:

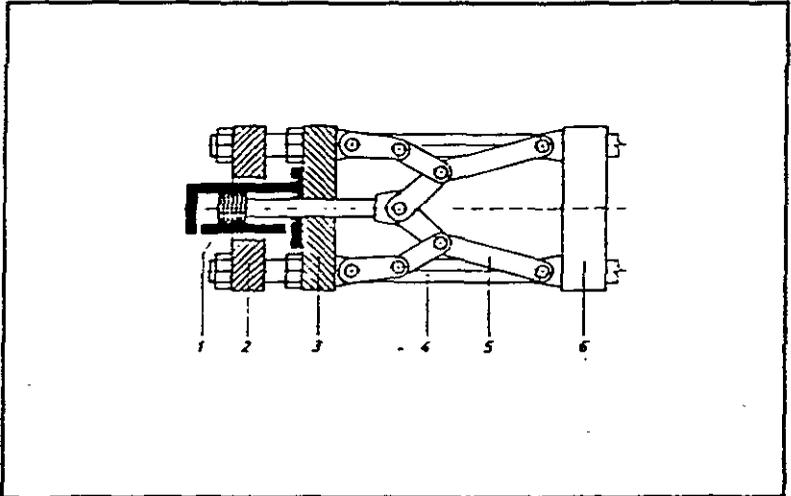


Figura No.29 Unidad de Cierre.

- 1) Cilindro Hidraulico
- 2) Placa Frontal de la Máquina
- 3) Placa Intermedia
- 4) Guías
- 5) Sistema de Palancas Articuladas
- 6) Placa de Cierre

a) Placa Fija

Se utiliza para montar y sujetar la parte del molde donde está localizado la entrada del material, permaneciendo inmóvil durante el proceso de inyección.

b) Placa Móvil

En esta se sujeta la otra mitad del molde y cuenta con los pernos botadores. El molde se mueve junto con la placa móvil para lograr su cierre y se abre para extraer la pieza. El camino que recorre la placa se le conoce como "carrera".

c) Placa Soporte

Es la placa donde se une el otro extremo de los brazos del mecanismo de cierre si se trata del tipo de rodilleras, además soporta el esfuerzo de apertura y el cierre del molde.

d) Barras Guía

Son cuatro barras cilíndricas que sujetan la placa fija y el espacio lugar por donde se desliza la placa móvil. Se deben mantener perfectamente limpias y balanceadas para lograr un paralelismo longitudinal y transversal. El hecho de que no estén ajustadas en forma perfectamente paralela o se encuentren sucias, puede ocasionar un desajuste del molde, piezas defectuosas o llegar a dañar el molde en forma permanente e irreparable.

e) Dispositivo Regulador de Altura de Molde

Consiste en un tornillo o pistón, que puede hacer más larga o corta la distancia entre la placa chumacera y la platina móvil. En ocasiones todo el sistema de cierre está unido a la platina móvil y no existe placa chumacera, por ello el regulador de altura de molde es un mecanismo de soportes por donde se desliza y fija el mecanismo de cierre y la platina móvil, de esta forma existe mayor o menor espacio entre la platina fija y móvil.

f) Mecanismo de Cierre

Mediante el accionamiento del mecanismo de cierre se alcanza la fuerza necesaria para mantener cerrado el molde. La fuerza siempre es mayor a la presión interna del molde.

De todas estas partes, la que tiene mayor importancia es el mecanismo de cierre. A pesar de que la otras piezas también integran la unidad de cierre, sólo soportan al molde o sirven para que se desplace este, sin causar algún efecto mayor en el proceso de inyección. Sin embargo, el mecanismo de cierre es la causa de que se alcance o no la fuerza de cierre necesaria para evitar la abertura del molde en la etapa de inyección.

En ocasiones las piezas inyectadas no están colocadas en el molde en forma simétrica, provocando que el esfuerzo de apertura se haga excéntrico. En estos casos es recomendable adicionar un factor de seguridad del 10 al 30% de la presión máxima de cierre para evitar la apertura del molde.

Existen diferentes fórmulas para calcular la fuerza de cierre, dentro de las más sencillas se encuentra la siguiente:

$$F = P \times A$$

F = Fuerza de Cierre (ton)

P = Presión Interna del Molde (lb/pulg²) (psi)

A = Area Proyectada (pulg²)

Siguiendo esta fórmula, se puede manejar como regla lo siguiente: por cada pulgada cuadrada de área proyectada se requieren dos y media toneladas de fuerza de cierre.

Otra fórmula es:

$$F = A \times P \times f.s.$$

F = Fuerza de Cierre (ton)

A = Area Proyectada (cm²)

P = Presión Interna del Molde (bar)

fs = factor de seguridad

La fórmula se afecta por un factor de seguridad de 10 a 20% por las posibles pérdidas de fuerza en el accionamiento mecánico del cierre.

PRESIONES INTERNAS SEGUN ESPESOR Y RECORRIDO DEL MATERIAL

REL. CURSO/ PARED	ESPESOR DE PARED mm												
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2	
50:1					200								
75:1	325	300	270	240	220	200	180	180	180	180	180	180	180
100:1	400	370	340	300	290	280	250	230	210	190	180	180	180
150:1	580	530	480	440	425	400	375	360	340	320	260	220	220
200:1	750	720	700	630	580	520	500	450	430	410	360	320	320
250:1	900	850	800	700	660	620	560	530	500	480	420	360	360

En esta fórmula se corrige la presión del molde por un factor de material, este factor así como la presión interna del molde se leen en la tabla anterior:

$$P = P_i \times F_m$$

P_i = Presión Interna del Molde

F_m = Factor del Material

En la tabla se lee el espesor de la pieza que se desea obtener y la proporción que sigue el recorrido del material. Donde se cruzan esas dos columnas se obtiene la presión interna del molde dada en bars, siguiendo con la secuencia de cálculos.

Por cualquiera de las dos fórmulas se obtiene la fuerza necesaria para mantener cerrado el molde. La fuerza la regula y controla el mecanismo de cierre.

Ejemplo:

Si se desea inyectar un vaso de Poliestireno, con un diámetro de 70.5 mm y una presión interna de 700 Bar.

$$AP = \frac{D^2}{4} \times \pi = \frac{(7.05 \text{ cm})^2}{4} \times 3.14 = 39.02 \text{ cm}^2$$

Factor del Material para la Presión Interna del Molde

MATERIAL	PS	PE	PP	ABS	PC	PA	PMMA	POM	CA	PVC-F
FACTOR	1.0	1.0	1.0	1.35	1.80	1.30	1.60	1.30	1.35	1.0

De acuerdo con la tabla anterior el factor del material es 1.0

$$\text{Presión interna del molde} = 700 \times 1.0 = 700 \text{ Bar}$$

Considerando un factor de seguridad de 1.1
se calcula la fuerza de cierre

$$F_c = A_p \times P_{im} \times F_s$$

$$F_c = 39.02 \times 700 \times 1.1 = 30,045$$
$$\text{cm}^2 \quad \text{kg/cm}^2 = \text{kg}$$

$$F_c = 30 \text{ ton}$$

Los sistemas de cierre pueden ser de tres tipos:

- Unidad de cierre por rodillera, simple o doble
- Unidad de cierre por pistón, también conocido como cierre directo
- Unidad de cierre hidromecánico o pistón bloqueado

4.2.1. Unidad de Cierre por Rodillera

a) Cierre por Rodillera Simple

Es un sistema de bielas que multiplica la fuerza que se le aplica, proporcionando la fuerza requerida. La relación de multiplicación que se obtiene varía de 15 a 25 veces en la rodillera simple. Por ejemplo, para obtener una fuerza de cierre de 100 ton en un sistema que tenga una relación de aproximadamente 20 veces, se debe aplicar una fuerza de 5 toneladas.

Normalmente, los sistemas de rodillera son accionados por un cilindro hidráulico. La rodillera simple que se muestra en la figura 30, está constituida por un sistema de bielas que actúan a lo largo del eje central del grupo de moldes, entre la platina móvil y la cabeza de moldes, accionada por un cilindro hidráulico. Aunque este tipo fue empleado por muchos fabricantes para máquinas con fuerza de cierre de hasta 200 ton. Actualmente, la rodillera simple es utilizada en máquinas pequeñas con fuerza de cierre alrededor de 70 ton.

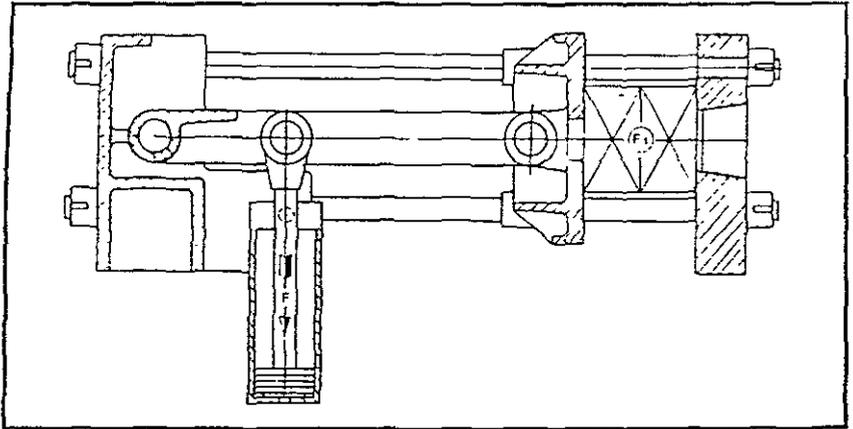


Figura No.30 Cierre de Moldes Tipo Rodillera, Accionado por un Cilindro Hidráulico.

b) Cierre por Rodillera Doble

Es el más utilizado en la actualidad. La razón radica en que proporciona mayor velocidad de desplazamiento a la platina móvil, acortando los tiempos de cierre y apertura del molde, como consecuencia, reduce el tiempo de moldeo.

Debido a que la relación de multiplicación del sistema de doble rodillera es mayor en aproximadamente dos veces a la rodillera simple, para una misma fuerza de aceite requerida, el consumo de energía es aproximadamente la mitad.

Sin embargo, el sistema de doble rodillera es más costoso que el tipo de rodillera simple, esto se debe a que tiene un mayor número de bielas, y la cabeza de moldes y la platina móvil son más complejas.

La doble rodillera puede ser de cuatro puntos o cinco puntos como se puede ver en la figura no. 31.

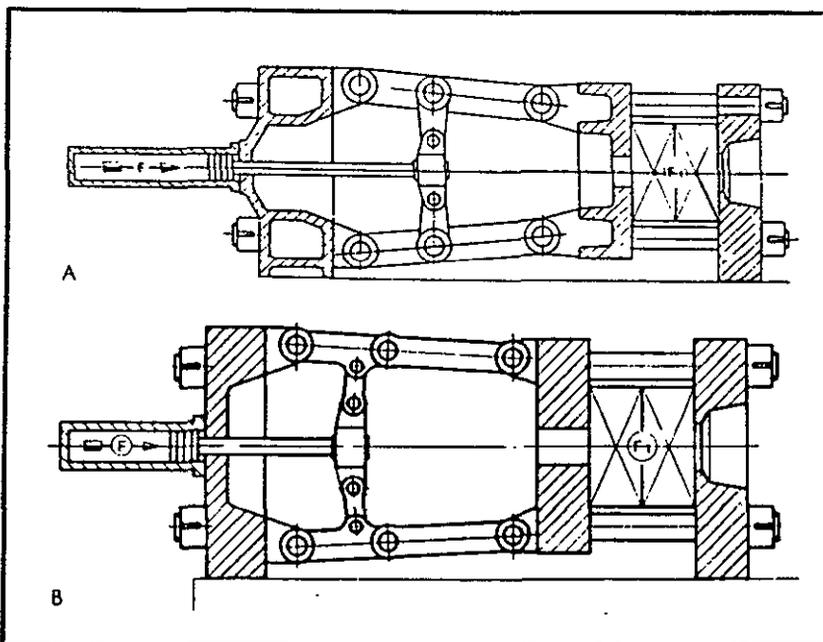


Figura No.31 Cierre de Molde Tipo Doble Rodillera.
 A) Con cuatro puntos de unión
 B) Con cinco puntos de unión

La rodillera doble con cinco puntos tiene la ventaja sobre la de cuatro puntos debido a que bajo las mismas condiciones, tiene una longitud externa 30% más corta.

La fuerza de cierre de una máquina de rodilleras, puede ser medida controlando el alargamiento de las columnas en el momento del cierre del molde. De hecho todos los sistemas de cierre de moldes (por rodillera o por pistón), provocan una elongación en las columnas de la prensa cuando actúa la fuerza que cierra el molde.

Se sabe que en el campo de las deformaciones elásticas, las elongaciones o contracciones son proporcionales a las fuerzas que las provoca.

La forma de controlar esta deformación es ajustando los vástagos que limitan el camino de la placa portamolde, que corresponde a la mitad del molde del lado de la boquilla.

Este procedimiento se lleva a cabo cerrando el molde y moviendo las fuerzas que ajustan el molde con el portamolde hasta que queden bien unidas, posteriormente, se abre el molde y se aflojan las tuercas en una proporción que indicará el fabricante del equipo.

Descripción del Mecanismo de Cierre por Rodillera

El mecanismo de cierre presenta varias fases durante su accionamiento, estas son:

- **Etapas de Avance del Cierre.**- La línea de 1 - 2 indica la fuerza que se ejerce sobre el plato móvil durante el cierre, esta fuerza es más pequeña que la teórica debido a las pérdidas por fricción.
- **Etapas de Trabamiento.**- El punto 2 representa la mitad del molde, la línea 2 - 3 muestra la formación de la presión de trabamiento. El punto de contacto con la curva representa la presión máxima teórica, que indica cuando se alcanza la presión máxima. La gradiente 2 - 3 corresponde a las características del muelle de la unidad de cierre.
- **Formación de la Presión Total.**- Durante la inyección, la carga sobre la unidad de cierre aumenta, debido a la presión que genera el material dentro del molde, se indica en la curva 3 - 4. La presión total es la suma de la presión de cierre y la generada por el material en el molde, a esta se le conoce como Presión de So:tenimiento y se representa en la curva 4 - 5.
- **Destrabamiento.**- Debido a la cinemática del sistema de rodillera, una fracción de la fuerza hidráulica disponible es suficiente para iniciar la apertura. Al momento de salir las articulaciones de su posición de cerrado, las rodilleras regresan a su estado instantáneamente, esto se muestra en la curva 5 - 2. Es necesario un dispositivo absorbedor de impactos.

- **Apertura del Molde.**- La curva 2 - 6 muestra el incremento en la fuerza sobre la placa móvil, ello ocurre cuando el molde se va a abrir. En el punto 6 se alcanza la presión máxima generada cinemáticamente.
- **Expulsión de la Pieza.**- Toma lugar en la línea 7 - 8, por medio de acción mecánica. El sistema de expulsión forma parte de la unidad de cierre y es el mecanismo que actúa dentro del molde para expulsar las piezas que contiene. La fuerza necesaria para dicho dispositivo se puede aplicar hidráulicamente o neumáticamente por medio de cilindros sujetos al plato móvil, o mecánicamente de acuerdo a la carrera de apertura del plato móvil.

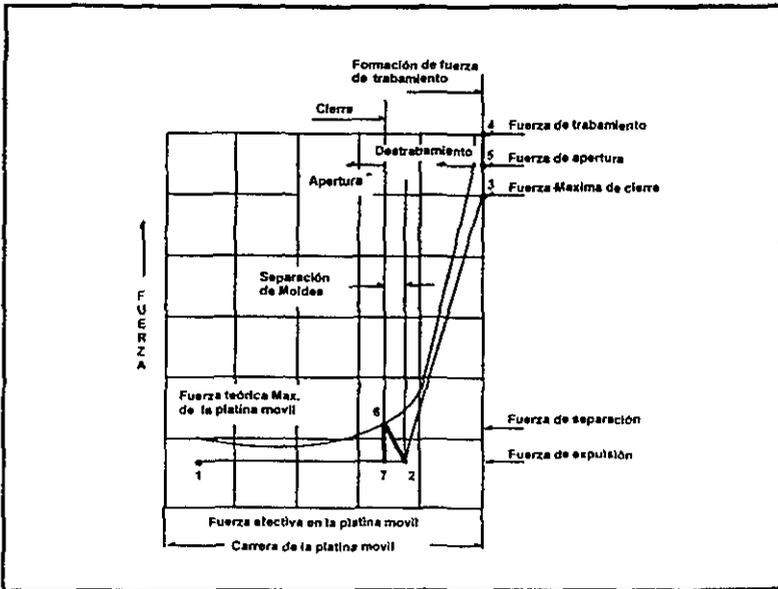


Figura No.32 Etapas del Sistema de Cierre.

4.2.2. Unidad de Cierre por Pistón Hidráulico

Este sistema se caracteriza porque el cierre se efectúa por medio de un pistón hidráulico, que resulta más lento que el de rodillera, pero más preciso en el cierre y abertura, además tiene una carrera muy larga de la platina móvil. La platina móvil se desplaza hacia la platina fija por medio de un pistón pequeño que se encuentra en el centro del pistón principal o por medio de dos cilindros laterales localizados en éste.

El fluido que mueve al pistón es aceite, éste determina la velocidad de movimiento del vástago del émbolo. Es posible la adaptación de los movimientos de apertura y cierre durante la producción, mediante válvulas de estrangulamiento.

Los siguientes diagramas muestran una panorámica del cierre por pistón hidráulico.

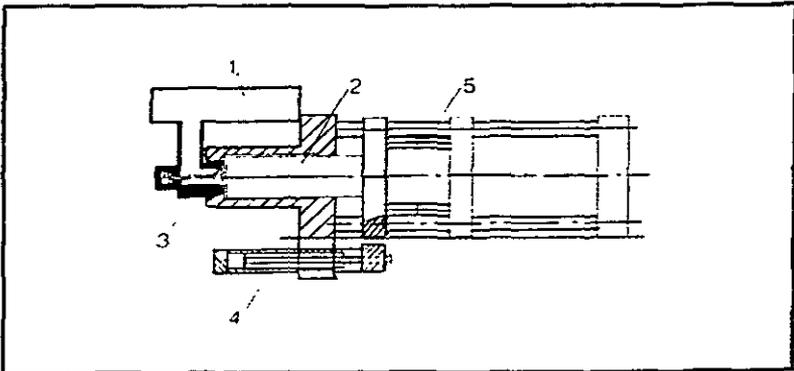


Figura No.33 Cierre por Pistón Hidráulico.

- 1) Tanque de aceite
- 2) Barra central de cierre
- 3) Válvula de entrada del aceite
- 4) Cilindro transversal de doble acción
- 5) Sistema espaciador para dos platos

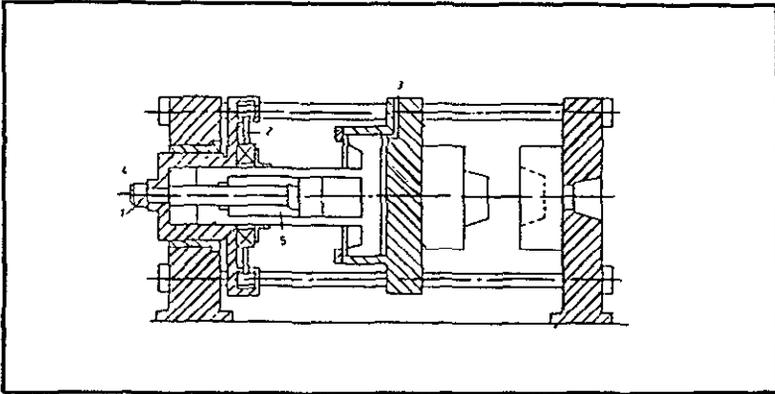


Figura No.34 Unidad de Cierre por Pistón.

- 1) Entrada de aceite para el cierre
- 2) Cierre
- 3) Cilindro de cierre hidráulico
- 4) Entrada de aceite para la apertura
- 5) Cilindro de cierre alta velocidad

En estos sistemas es fácil determinar la magnitud de la fuerza de cierre del molde, leyendo en el manómetro la carga hidráulica que actúa sobre el pistón de cierre y multiplicando este valor por la superficie de impulsión, sin embargo, se requiere de grandes cantidades de aceite, ya que el pistón proporciona la presión de cierre.

Alcanzan velocidades de 2.5 m/seg, son fácilmente controlables y reproducibles, aunque menores al sistema anterior.

Por otro lado, si se manejan presiones normales de 100 a 120 k/cm² las superficies de impulsión necesarias deben ser muy grandes y resultaría extremadamente costoso el mecanismo. Si por el contrario, se manejaran superficies regulares, se manejarían grandes presiones que originarían frecuentes problemas en el sistema hidráulico.

Por ello se han diseñado mecanismos que evitan el uso de presiones excesivas o superficies de impulso demasiado grandes. Uno de estos métodos es el de cierre con arrastre de fuerza, que consiste en impulsar el pistón interior (3) con un volumen reducido de aceite, de forma que el émbolo de cierre (5) origine un rápido avance. Este aspira la cantidad de aceite necesario del tanque al cilindro en el transcurso de su movimiento de avance a través de la pieza de aspiración. Mediante los canales de paso (2) se carga la superficie total de (5), produciendo la fuerza de cierre del molde.

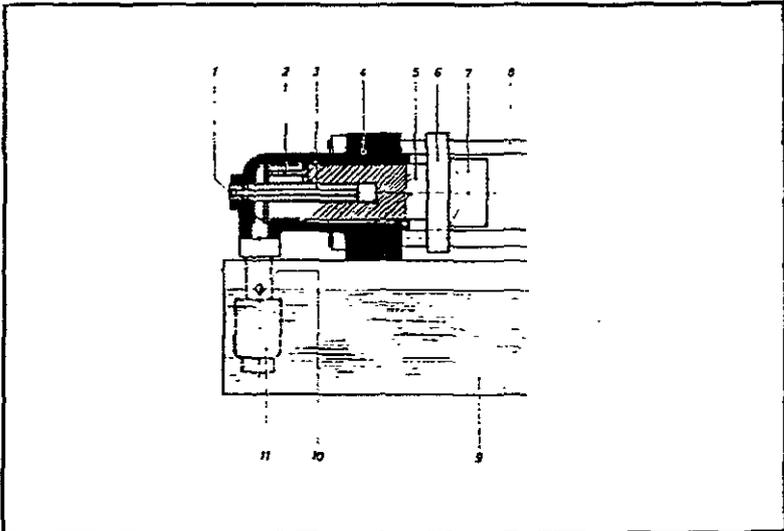


Figura No.35 Unidad de Cierre con Arrastre de Fuerza.

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1) Conexiones de aceite a presión | 7) Molde lado cierre |
| 2) Canales de flujo | 8) Barra guía |
| 3) Pistón Interior | 9) Tanque de aceite |
| 4) Cilindro de cierre | 10) Válvula de retroceso |
| 5) Embolo de accionamiento de | 11) Sistema filtrante de aspiración |
| 6) Plato móvil | |

Este mecanismo se caracteriza por presentar:

- Carrera potencial limitada
- Fácil colocación de molde
- Velocidad de cierre fácil de controlar
- Menor desgaste
- Menor mantenimiento
- Mejor distribución de fuerza de cierre
- Fuerza de cierre reproducible
- Imposibilidad de sobrecargarse los tirantes
- Buena protección del molde

Sus desventajas son:

- Mayor costo inicial
- Mayor potencia requerida
- Mayor costo de arranque

Al comparar los dos sistemas el consumo de aceite es el siguiente:

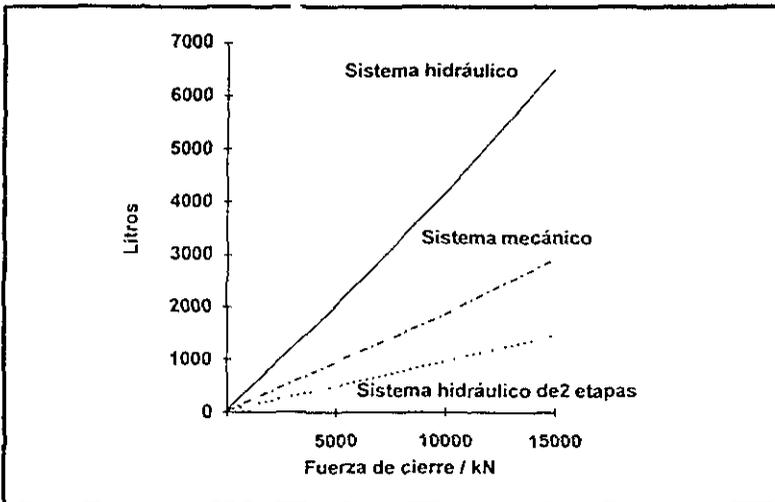


Figura No 36 Comparación del Consumo de Aceite en los Sistemas de Cierre

El consumo de energía para mover el aceite es:

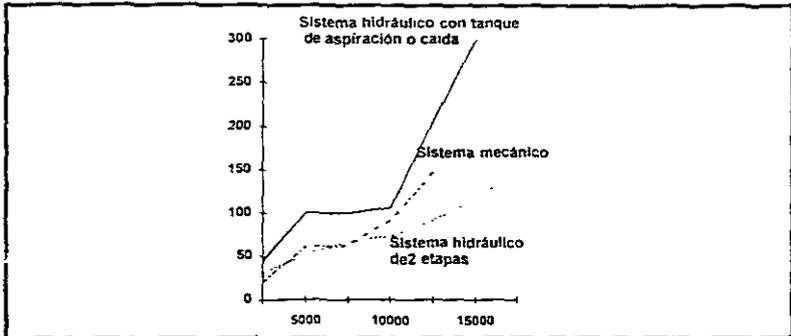


Figura No.37 Consumo de Energía para Mover el Aceite.

Como se observa, el sistema hidráulico a diferencia del mecánico, consume mayor cantidad de energía y aceite, pero la fuerza de cierre alcanzada por el primer mecanismo es mayor que el segundo, por tal motivo, de esta fuerza de cierre se limita la capacidad de la máquina. De ahí se dividen los mecanismos de cierre de acuerdo a la fuerza necesaria a alcanzar.

- Hasta 1,000 KN = 100 ton. Los más comunes son los del tipo mecánico, se recomiendan los del tipo hidráulico en casos de piezas de precisión.
- Mayor a 1,000 y menor a 2,000 KN = 100 - 200 ton. En este campo son empleados los del tipo mecánico para ciclos rápidos, siendo su costo aún no representativo.
- Arriba de 2,000 KN = 200 ton. Dominan las del tipo hidráulico.

Resumiendo el mecanismo de cierre se puede accionar de diferentes formas:

CIERRE	ACTUADOR	
Mecánico	Mecánico	En máquinas pequeñas o antiguas
Hidráulico	Hidráulico	Maquinaria de gran capacidad de inyección
Mecánico	Hidráulico	Con mayor versatilidad, comúnmente usadas en maquinaria moderna

A continuación, se muestra una tabla que relaciona la fuerza de cierre de acuerdo al tipo de sistema:

FUERZA DE CIERRE KN	RANGOS PARA FUERZA DE APERTURA FUERZA DE APERURA KN		FUERZA MINIMA DE APERTURA FUERZA DE EXPULSION KN		FUERZA DE EYECCION KN
	CIERRE POR RODILLERAS	CIERRE HIDRAULICO	CIERRE POR RODILLERAS	CIERRE HIDRAULICO	EXPULSOR
					HIDRAULICO
500	75 - 150	50 - 60	7 - 15	50 - 60	15 - 25
1,000	150 - 250	60 - 100	15 - 20	60 - 100	30 - 50
5,000	80-1200	100 - 200	75 - 100	100 - 200	100 - 150
10,000		350 - 400		200 - 400	150 - 220

Como se puede observar en la tabla anterior, el sistema de cierre por rodilleras proporciona diferentes fuerzas de acuerdo a la etapa en que se encuentra, por otro lado, el cierre hidráulico mantiene constante la fuerza por ser un pistón el que la genera.

4.2.3. Unidad de Cierre Hidromecánico

Es la combinación del cierre mecánico, generalmente, es el de rodillera y el hidráulico. Esta diseñado para aprovechar las ventajas de ambos métodos, para un cierre de molde más efectivo. Inicialmente, las rodilleras cierran rápidamente el molde de manera parcial a una presión baja. Para terminar la función, el sistema hidráulico con un control preciso de fuerza, ejerce una presión final sobre el molde, que soporta la etapa de inyección y sostenimiento.

Para conocer la fuerza de cierre, basta multiplicar el área de la sección del pistón grande o principal por la presión del fluido hidráulico.

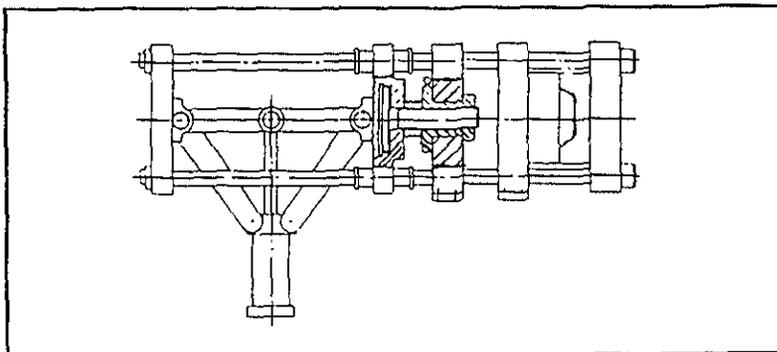


Figura No.38 Cierre Hidromecánico Tipo Rodillera-Pistón

4.3. SISTEMA HIDRAULICO

El sistema hidráulico en una máquina de inyección, tiene la función *de transmitir la energía del motor eléctrico a través de una bomba y un medio no comprimible como el aceite hidráulico.*

Para la transmisión de la energía, se requieren de varios componentes como bombas, válvulas, motores hidráulicos, accesorios hidráulicos, tubería y tanques o depósitos.

4.3.1. Depósitos

Los depósitos o tanques proveen de aceite al sistema para proporcionar de energía a la máquina. Estos depósitos deben ser seleccionados según su tamaño para asegurar un adecuado suministro de aceite al sistema y, también para dejar suficiente capacidad al aceite que regresa del sistema al tanque.

Se recomienda que las líneas de succión estén situadas cerca del fondo del depósito para garantizar un suministro de aceite suficiente. Las líneas de retorno deben descargar debajo del nivel de aceite para evitar rociado en el aire y espumado, algunos tipos de dispositivos antisifón pueden ser utilizados para detener el contraflujo del aceite de retorno, en caso de que las líneas de retorno se estropeen o se trasladen para servicio.

4.3.2. Bombas Hidráulicas

Reciben el aceite del tanque y empujan el fluido hidráulico a través de líneas del sistema. Asimismo, deben proporcionar un trabajo uniforme que se mide por presión y por caudal. La presión procede de la fuerza ejercida por el líquido en una unidad de superficie.

Para el aceite hidráulico como medio de presión se han desarrollado una serie de bombas rotativas, se pueden considerar como sus principales representantes las siguientes:

- Bombas de Engranés
- Bombas de Paletas (venas)
- Bombas de Pistones Radiales

a) Bombas de Engranés

Transportan el aceite de la cámara de aspiración hacia el orificio de salida mediante la formación de células en los entredientes. Los engranes giran en direcciones opuestas.

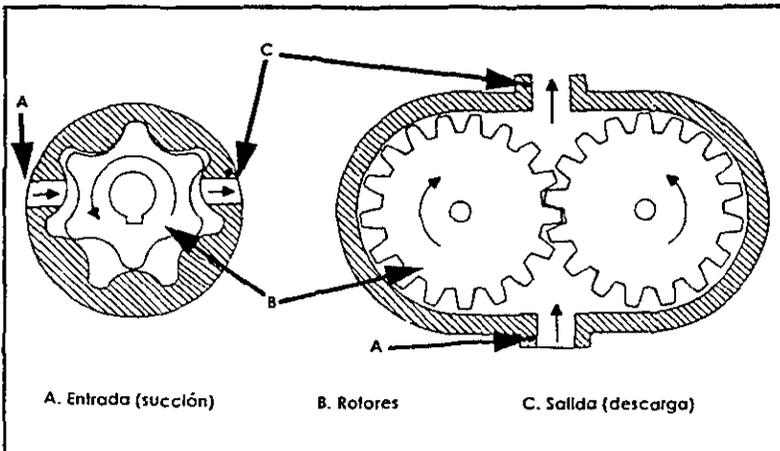


Figura No.39 Bomba de Engrane.

b) Bombas de Paletas Rotativas (venas)

Esta bomba representada en la figura no. 40, es accionada por un rotor, durante el movimiento giratorio las paletas son impulsadas hacia afuera por medio de la fuerza centrífuga y, hacen contacto con la pared de la caja siguiendo su perímetro. Al hacerlo dividen el espacio existente entre el cuerpo rotor y la caja de la bomba en un número de células cuyo volumen varía según la posición del rotor. En el sector inicial del volumen máximo está situado el orificio de entrada. Junto al orificio de salida el volumen de las células se hace menor.

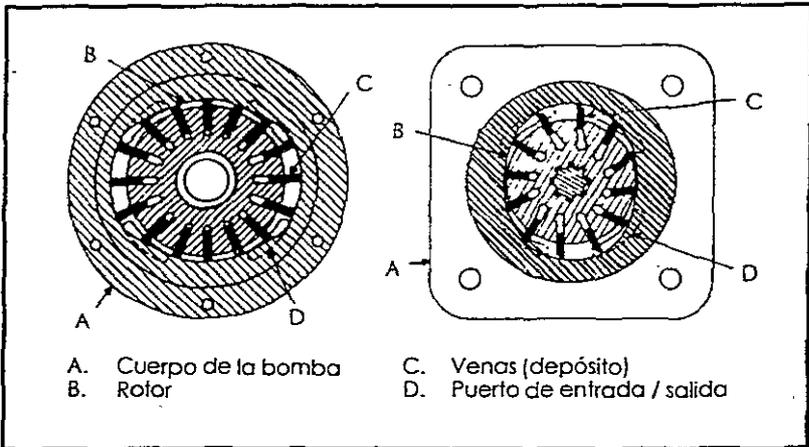


Figura No.40 Bomba de Paletas.

c) Bombas de Pistones Radiales

En ellas se acciona el cuerpo rotor, los pistones se mueven hacia afuera durante el giro hasta hacer contacto con la superficie de la caja con la que aspiran el aceite de la cámara de succión. Siguiendo el giro, los pistones son comprimidos de nuevo hacia adentro, de acuerdo con la disposición excéntrica del rotor, pasando el aceite a la cámara de presión.

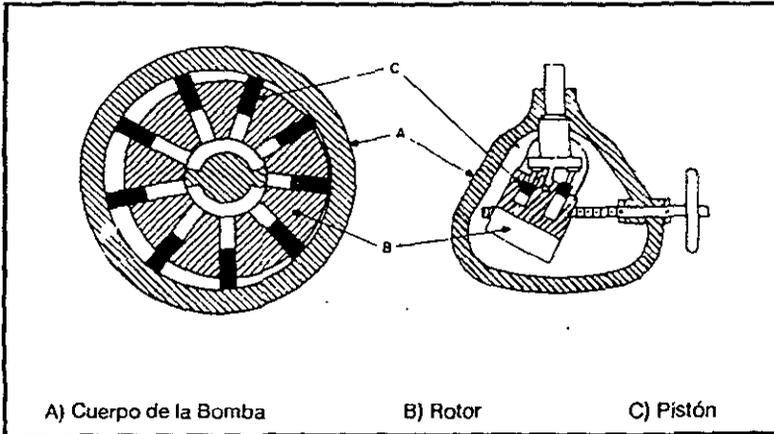


Figura No.41 Bomba de Pistón Radial.

4.3.3. Válvulas Hidráulicas

Se utilizan para la regulación de presión y determinación de la dirección de flujo y del caudal en circuitos hidráulicos. Sus especificaciones técnicas se determinan como en los tubos de conducción, mediante tamaño y presión.

Existen diferentes tipos de válvulas para las diversas funciones que desempeñan dentro del circuito hidráulico.

a) Válvula Reguladora de Presión

Se emplea como protección de sobrecargas en sistemas hidráulicos. De manera general, las válvulas reguladoras de presión operan de la siguiente forma: cuando la presión del sistema sobrepasa la tensión ajustada en el resorte, se eleva la esfera o el cono de la válvula de su asiento, liberando el camino del aceite hasta el tanque, cuando la presión desciende por debajo del ajuste de la válvula, esta cierra de nuevo.

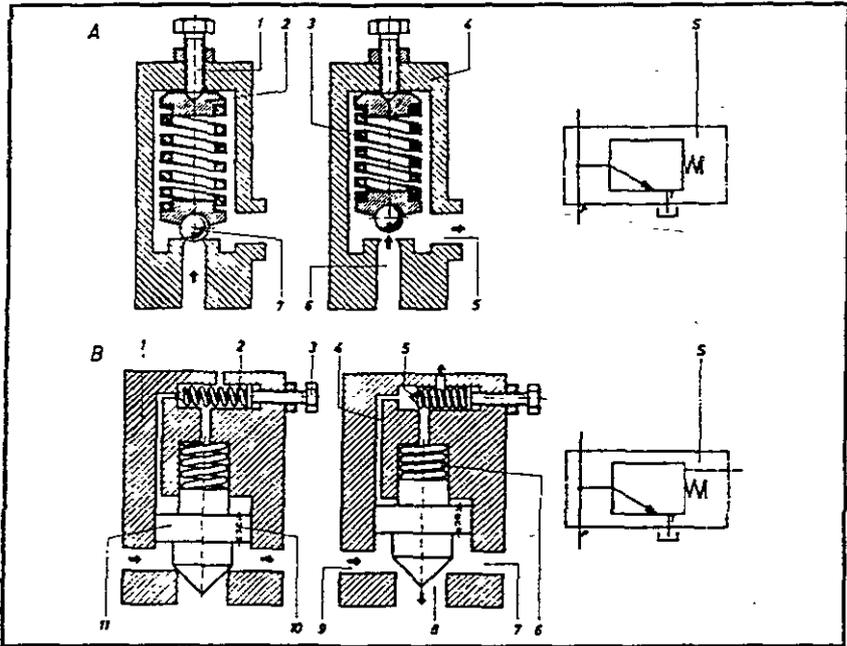


Figura No.42 Válvulas Reguladoras de Presión.

A) Ejecución Normal

1. Tornillo de presión
2. Placa de apoyo resorte
3. Resorte
4. Caja de la válvula
5. Retorno al superar la presión ajustada
6. Canal de conexión
7. Esfera de junta

B) Con Mando Previo

1. Caja de la válvula
2. Resorte pequeño de presión
3. Tornillo
4. Canal de flujo
5. Cono de junta
6. Gran resorte
7. Canal de salida
8. Canal de descarga
9. Canal de conexión
10. Canal de flujo
11. Cono de válvula

b) Válvulas Reductoras de Presión

Se utilizan en varios sistemas para reducir la presión de trabajo del sistema principal, a un valor determinado para la operación de trabajo del sistema secundario. En la figura no. 43 se representa una válvula de este tipo.

La presión máxima deseada para el segundo sistema, se determina por el resorte, cuya tensión puede modificarse mediante el tornillo de regulación. El tornillo comprime el regulador de mando a su posición final de modo que libera el flujo de aceite al segundo sistema.

La presión del canal de salida actúa a través del canal de flujo cargando la parte interior del distribuidor. Si la presión sobrepasa el valor ajustado, queda superada la fuerza del resorte y se cierra en parte la válvula.

Con ello aumenta la resistencia al flujo, se produce una pérdida de presión y, en consecuencia, disminuye la presión hacia el segundo sistema.

Mientras la presión del sistema en el canal no produce un reflujo, el distribuidor no es influido por eventuales oscilaciones de presión en la entrada y se ajusta siempre limitando la presión hacia el canal de salida.

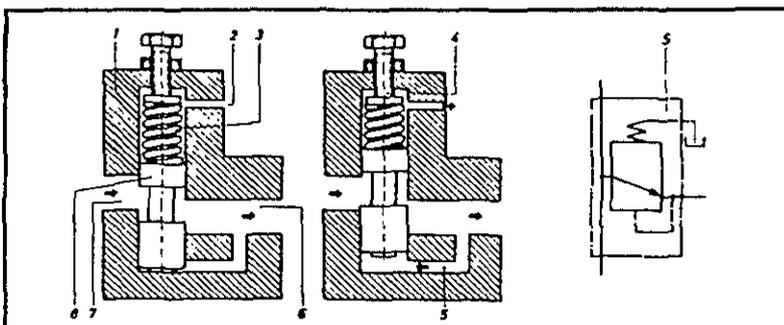


Figura No 43 Válvula Reductora de Presión.

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1) Caja de la válvula | 5) Canal de flujo |
| 2) Canal de aceite de fuga | 6) Canal de salida |
| 3) Resorte | 7) Canal de conexión |
| 4) Tornillo de presión | 8) Distribuidor de mando |

c) Válvulas de Secuencia

Se utilizan para conexiones consecutivas entre dos sistemas hidráulicos, a menudo se emplean para regular la sucesión de cambios de corriente de varios cilindros.

También ajusta la presión mínima en el primer cilindro durante el siguiente proceso de trabajo a una presión menor.

La presión deseada se ajusta en el resorte mediante el tornillo de presión, éste comprime el pistón de la válvula sobre su asiento y cierra el flujo del aceite hacia el canal de salida. Con ello fluye primero el aceite por medio del canal hacia el primer sistema. Si la resistencia en el primer sistema hace aumentar la presión y supera la fuerza del resorte, eleva el pistón y libera el flujo de aceite al canal hacia el segundo sistema.

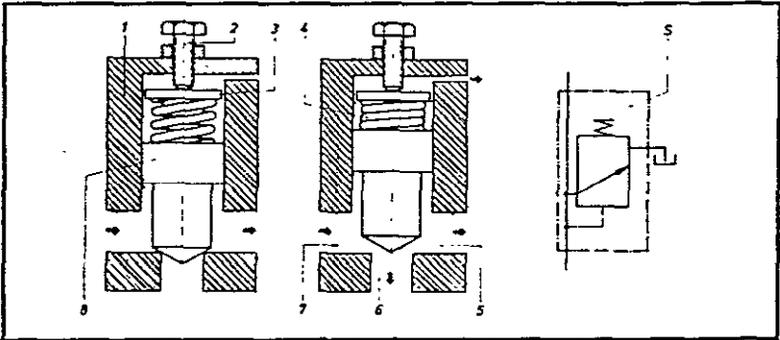


Figura No.44 Válvula de Secuencia.

- 1) Caja de válvula
- 2) Tornillo de presión
- 3) Placa de apoyo
- 4) Resorte
- 5) Canal de salida
- 6) Canal de conexión al segundo sistema
- 7) Canal de entrada
- 8) Pistón de la Válvula

d) Válvulas Regulatoras de Flujo

Principalmente se ocupan para regular la velocidad de motores hidráulicos y la velocidad de avance en pistones de cilindros. La figura no. 45 muestra el diagrama de estas válvulas. La magnitud del paso se determina por la posición de la válvula de estrangulamiento y puede ajustarse al caudal deseado. Asimismo, por la posición del pistón compensador que modifica automáticamente la sección del flujo, compensando las oscilaciones de presión dentro del sistema.

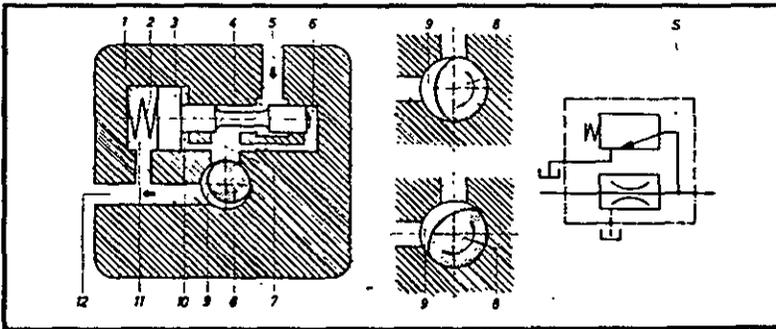


Figura No 45 Válvula Regulatora de Flujo.

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1) Caja de la válvula | 7) Canal del flujo |
| 2) Resorte | 8) Válvula de estrangulamiento |
| 3) Pistón de compensación de presión | 9) Ranura de Paso |
| 4) Pasa | 10) Cámara de presión |
| 5) Canal de entrada | 11) Cámara previa |
| 6) Cámara de presión | 12) Canal de salida |

e) Válvulas de Antiretorno o Check

Permiten el flujo de aceite en una dirección y bloquean la corriente contraria. Las dos válvulas de la figura no. 46 son aparatos normales cuyo funcionamiento se desprende de la representación esquemática. Los esquemas del lado izquierdo muestran las válvulas sin presión, el lado derecho en funcionamiento.

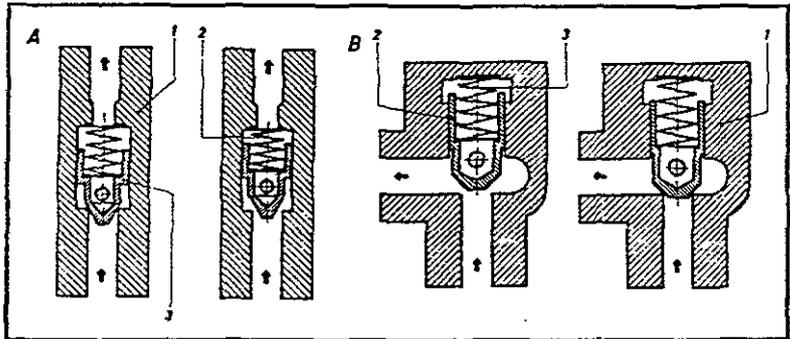


Figura No.46 Válvula Antiretorno (check).

A) Recta

1. Caja de válvula

2. Resorte

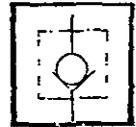
3. Cono de la válvula

B) En Angulo

1. Caja de la válvula

2. Cono de la válvula

3. Resorte



4.3.4. Motor Hidráulico

Es el medio más común de transmisión al husillo de plastificación. Su operación es el inverso al de una bomba. Cuando el aceite entra por una válvula y es descargado por otra, el motor gira en una dirección; si el flujo se invierte, la dirección de rotación se invierte también.

El motor puede estar directamente acoplado al husillo, así el torque y la velocidad del motor hidráulico, son las mismas que para el husillo.

Otro tipo de unidad de inyección utiliza en conjunto con el motor hidráulico, una caja de engranes, de esta forma, un motor hidráulico pequeño puede ser usado para operar a gran velocidad. Con la caja de engranes se reduce la velocidad y se incrementa el torque. En ésta también es posible usar un motor eléctrico de velocidad variable para proveer potencia al husillo.

4.3.5. Cilindros Hidráulicos

Sirven para convertir energía hidráulica en energía mecánica. El aceite que entra por uno de los extremos del cilindro, hace que el pistón y una barra unida al mismo se muevan en un sentido; si el flujo de aceite se invierte, el movimiento se invierte también.

La construcción y funcionamiento de los cilindros hidráulicos, es diversa de acuerdo con sus funciones. En las máquinas se encuentran múltiples variantes.

a) Cilindro de Efecto Simple

La fuerza de trabajo actúa en una dirección, ya sea en tracción o en presión, por ejemplo, produce el avance del émbolo-husillo en la máquina. El retroceso del pistón tiene lugar mediante el émbolo-husillo por influencia del potencial de presión remanente, debido al transporte del material hacia adelante en el cilindro de inyección.

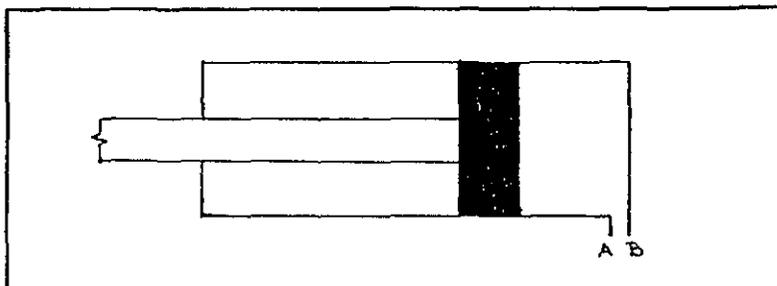


Figura No.47 Esquema de un Cilindro de Efecto Simple.

b) Cilindro de Doble Efecto

En la figura no. 48 se presenta un cilindro de doble efecto. El pistón del cilindro es impulsado por ambas caras, por ello puede trabajar a tracción y compresión. Se emplea, por ejemplo, para el accionamiento de dispositivos expulsores hidráulicos.

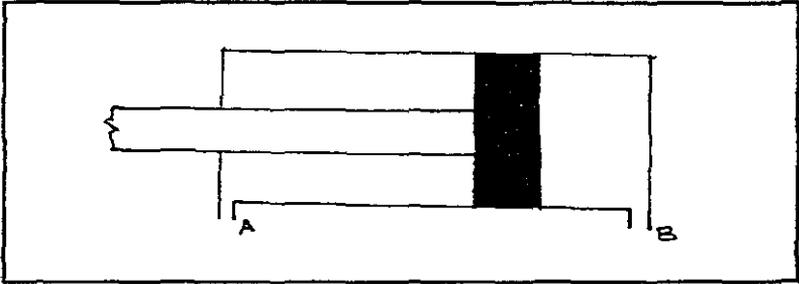


Figura No.48 Esquema de un Cilindro de Doble Efecto.

La figura no. 49 muestra un cilindro de doble efecto, como el empleado para acercar y separar el molde de la unidad de inyección de una máquina. El vástago continuo está formado por los dos vástagos-guía.

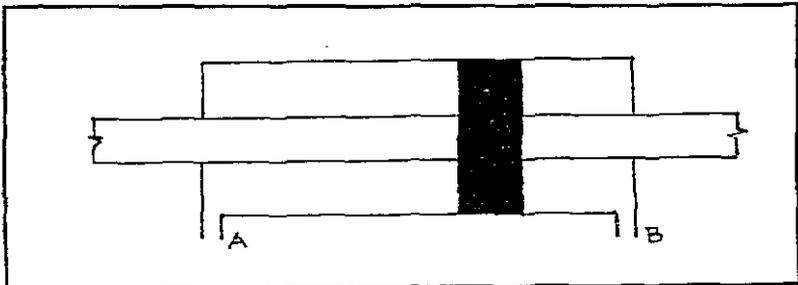


Figura No.49 Esquema de un Cilindro de Doble Efecto con Vástago Continuo.

4.3.6. Distribuidores

Modifican las trayectorias de flujo del aceite. Según la cantidad de vías, son las trayectorias hacia las que se puede dirigir la corriente de aceite, generalmente, estos distribuidores son deslizantes y rara vez giratorios; se distinguen 3.

a) Distribuidor de Dos Vías

Se emplean para abrir o cerrar un camino de flujo, y en general para el mando previo de los distribuidores principales, o para el accionamiento de válvulas dirigidas.

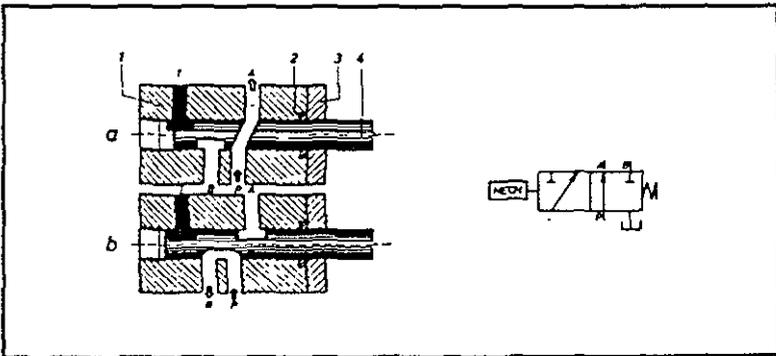


Figura No.50 Distribuidor de Dos Vías

Posición de mando a: P hacia A, B está bloqueado

Posición de mando b: P hacia B, A está bloqueado

1) Caja del distribuidor

2) Anillo de junta

3) Placa de cierre

4) Vástago del distribuidor

b) Distribuidor de Tres Vías

Abre en una posición el camino hacia cilindros de efecto simple y en otra posición deja libre el retorno. Los distribuidores de este tipo se usan principalmente para el mando de cilindros de efecto simple y para funciones de distribución previa.

c) Distribuidor de Cuatro Vías

Alternativamente, establece en una posición los cambios de alimentación y retorno de cilindros de doble efecto, cambiándolos en la otra posición, también se usan para distribución previa.

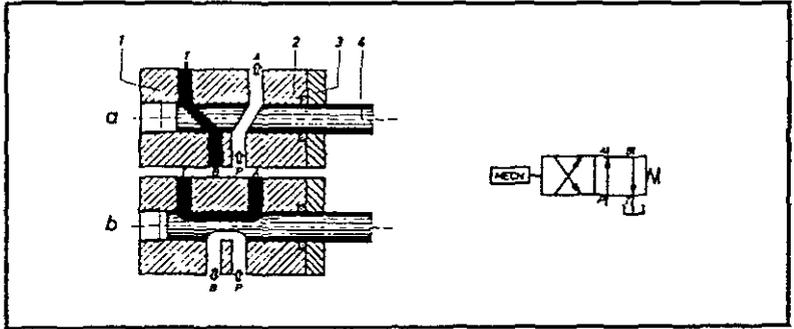


Figura No.51 Distribuidor de Cuatro Vías.

Posición de mando a : P hacia A; B hacia T

Posición de mando b : P hacia B; A hacia T

1) Caja de distribuidor

2) Anillo de junta

3) Placa de cierre

4) Vástago del distribuidor

4.3.7. Accesorios Hidráulicos

En un sistema hidráulico, se emplean accesorios como: filtros de aceite para mantenerlo limpio y libre de sólidos, intercambiadores de calor para mantener frío el aceite, indicadores de presión para leer la presión dentro del sistema, indicadores de nivel para señalar la cantidad de aceite en los tanques y termómetros para medir la temperatura del fluido hidráulico.

4.3.8. Circuitos Hidráulicos

Debido a que el sistema hidráulico ocupa uno de los lugares principales en la operación de la máquina, es muy importante que su funcionamiento, sus componentes y operación sean entendidos. Es preciso apreciar que está sucediendo en cada etapa del ciclo de operación, con el fin de que la máquina trabaje bajo las mejores condiciones posibles.

El manual incluye diagramas del sistema hidráulico, para cada circuito dentro de la máquina. Estos diagramas están representados por símbolos que se refieren a ciertas unidades dentro del circuito. La persona encargada de operar la máquina debe familiarizarse con los diagramas para hacer más fácil el trabajo de reparación y la identificación de fallas en el sistema.

La figura no. 52 muestra el sistema hidráulico de una máquina de inyección, equipada en doble rodillera.

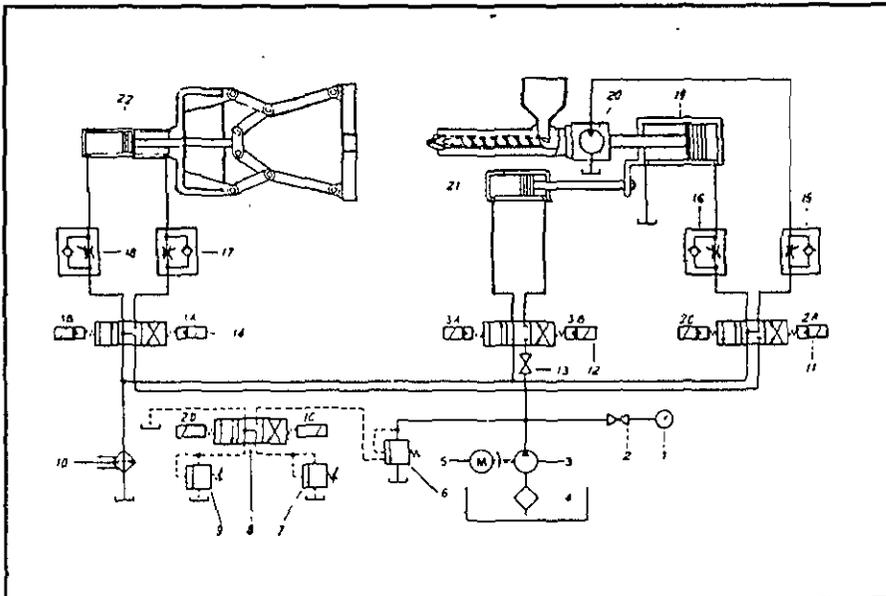


Figura No 52 Diagrama de un Sistema Hidráulico Convencional en una Máquina de Inyección con Doble Rodillera.

El funcionamiento de este sistema se puede sintetizar de la siguiente manera:

La bomba (3) succiona el aceite del tanque, pero antes, pasa a través de un filtro (4) y lo envía a los distribuidores hidráulicos (11), (12) y (13), que distribuyen el flujo a los respectivos cilindros mediante señales eléctricas.

La presión máxima del sistema, la controla una válvula reguladora de presión (6), mientras que las válvulas (7) y (9) controlan la presión de cierre del molde y la segunda presión de inyección o presión de sostenimiento.

Las válvulas reguladoras de flujo (17) y (18) tienen la función de controlar la velocidad de cierre y la apertura del molde, mientras que las válvulas reguladoras de flujo (15) y (16) se encargan del control de la velocidad del husillo y la velocidad de inyección. La válvula (13) regula la velocidad de traslación de la unidad de inyección.

Como se puede ver en la figura, también se tiene: (1) manómetro para el control de la presión del sistema, la válvula de exclusión (2) del manómetro, el motor eléctrico (5) que acciona la bomba, el cilindro de inyección (19), el motor hidráulico (20) husillo, el cilindro hidráulico (21) para mover la unidad de inyección, el cilindro hidráulico (22) que controla el movimiento de la rodillera para la apertura y cierre del molde.

El enfriamiento del aceite que circula en el sistema se hace por medio del intercambiador de calor (10), normalmente de tubos con circulación de agua fría, el aceite pasa por el intercambiador de calor antes de llegar al tanque.

4.4. SISTEMA ELECTRICO

La calidad de las piezas moldeadas por el proceso de inyección, depende en un gran porcentaje de parámetros como la presión, la temperatura, y la velocidad de inyección.

Para operar satisfactoriamente una máquina de inyección y seguir una secuencia de pasos, tales como: el cierre del molde, tiempo proceso de inyección, presiones de inyección, tiempo de enfriamiento, tiempo en el que el molde permanece abierto y coordinar toda la secuencia de pasos, por medio de controles eléctricos. Es importante tener conocimientos básicos acerca de los circuitos eléctricos y entender los fundamentos de operación de los controles eléctricos de la máquina.

El sistema eléctrico se puede considerar como el sistema nervioso y la memoria del ciclo de la máquina. Su propósito es detectar un cambio, programar los pasos siguientes y proporcionar orden para que se ejecuten ciertas funciones.

La posición de los componentes de la máquina se determina por medio de interruptores límite. Los cambios de temperatura se determinan por medio de termopares, y los cambios de presión por medio de interruptores de presión. Después de detectar un cambio, éste se analiza y el sistema de control transmite una señal a los aparatos pilotos, que convierten la señal eléctrica en movimiento mecánico, con ello se obtiene la acción deseada, por ejemplo, el cierre del molde.

Los equipos para efectuar ciertas funciones en el circuito eléctrico son: el motor eléctrico que imparte movimiento, los aparatos que leen valores, los controles de arranque, relés, solenoides y las bandas de calentamiento.

4.4.1. Motores Eléctricos

Los motores eléctricos que se emplean en las máquinas de inyección, deben ser de torque elevado, ya que todas las máquinas durante cierta etapa del ciclo requieren de una gran sobre carga.

Generalmente, estos motores operan generalmente de 220 a 440 volts, *trifásicos*, son del tipo de velocidad constante y se acoplan directamente a las bombas hidráulicas. Algunos fabricantes de maquinaria, *principalmente europeos*, usan motores de dos velocidades, especialmente cuando suministran la fuerza directa que mueve el sistema, es preciso usar cajas reductoras de velocidad a fin de lograr generar torques más elevados y variar las velocidades de acuerdo a contrapresiones en la parte posterior del husillo, ya que los motores eléctricos operan a velocidades muy por encima de las velocidades de rotación de los husillos clasificantes.

4.4.2. Controles

Los aparatos de control son muy variados, tanto en apariencia física como en su función. Por ejemplo: los interruptores de límite y los termopares se consideran aparatos de control, su función es medir o determinar, ya sea una posición o una temperatura. Los releés de motores de arranque e interruptores de contacto, se utilizan para cambiar circuitos, o sea, cerrar uno y abrir otro. Los botones manuales de arranque o de selección también abren o cierran circuitos, pero en forma manual. Los interruptores de tiempo, tienen la misma función que los anteriores, pero actúan por medio de acción dilatada.

a) Relée

Probablemente, es el aparato que más se utiliza en una máquina de inyección, su propósito es abrir y cerrar los circuitos de control. Un relée esta compuesto de una bobina, un imán, una armadura y puntos de contacto. Al aplicar corriente a la bobina, todos los contactos cambian de su posición normal a su posición energizada, que abre o cierra circuitos.

b) Interruptores de Contacto

Son aparatos similares a los relés en su operación. Generalmente, su función está clasificada para conducir mayores amperajes. En su operación no hay ninguna diferencia entre un relé y un interruptor de contacto.

c) Controles de Arranque Magnéticos

Son usados para arrancar y parar en forma automática. En esencia, son interruptores de contacto que se les ha añadido un elemento para abrir el circuito en caso de sobrecarga.

d) Selenoides

Son aparatos usados para obtener movimientos en línea recta. Se venden del tipo de acción por tire o empuje y pueden ser de doble acción. La tirada de un selenoide debe exceder siempre a la carga, si un empuje o tire es inferior a la carga, su acción será lenta o su movimiento incompleto.

e) Interruptores de Límite

En máquinas automáticas se utilizan otros aparatos a fin de que los controles programen las funciones del ciclo, su fin es señalar un cambio en la operación, hacer una señal de alarma o indicar alguna otra acción. Estos controles son interruptores de límite, que determinan una posición o una presión; e interruptores de vacío, que determinan presiones altas, bajas o niveles de vacío; interruptores de nivel, que determinan el nivel del líquido o sólido de un tanque, y termopares o medidores de temperatura, para medir cantidades de calor.

f) Controles de Tiempo

Son usados en el programa de una máquina de inyección, para indicar el tiempo transcurrido en una secuencia o una acción demorada para esa secuencia. Estos cronómetros deben ser muy precisos.

g) Pirómetro

Es uno de los instrumentos más eficientes para controlar la temperatura, que usa un termopar o una entrada en milivolts. Los voltajes generados por el termopar operan en un voltímetro que está calibrado para leer temperaturas, su acción activa ciclos de control.

La fuerza electromotriz generada por un termopar, en la unión de dos metales diferentes, se amplifica y actúa un elemento medidor, si el *indicador está por debajo del punto fijo*, una acción eléctrica externa energiza los calentadores. Cuando el *indicador está por encima del punto fijo del control*, el relé se *desenergiza*, para que los calentadores pierdan su corriente.

A través de esta acción de apagado-encendido, el pirómetro controla la temperatura dentro de límites estrechos.

h) Bandas Calefactoras

En la mayoría de las máquinas de inyección, las *bandas calefactoras*, se enrollan alrededor del cilindro, generalmente, las bandas constan de dos mitades y se unen por medio de una abrasadera o tornillo. Cada calentador tiene su embobinado por separado. Si las dos mitades se conectan en forma adecuada, es posible lograr calefacción con tensiones de 440 o de 220 volts.

5. ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA

Cuando se quiere conocer una máquina de inyección primero se debe preguntar por el tonelaje de cierre y la capacidad de plastificación. Sin embargo, existen muchos más parámetros que describen una máquina de inyección, estos son:

1. Especificaciones de Inyección
 - Capacidad de Inyección (cm^3)
 - Velocidad de Inyección (cm^3/seg)
 - Presión de Inyección Max. (Psi) ó kg/seg
 - Diámetro del Husillo (in) ó mm
 - Relación L/D
 - Velocidad del Husillo max. (RPM)
 - Potencia del Motor de Husillo (hp)

2. Especificaciones de Cierre
 - Fuerza de Cierre (ton)
 - Carrera de Cierre max. (in)
 - Abertura Total (in) max.
 - Espesores de Molde (in) min.-max.
 - Distancia entre Barras-guía (in)
 - Velocidad de Cierre (in/sec)
 - Velocidad de Abertura (in/sec)

3. Hidráulica y de Motores Eléctricos
 - Línea de Presión Hidráulica (psi)
 - Capacidad de la Bomba
 - HP totales de los Motores Conectados

6. PROCESOS ESPECIALES

6.1. EQUIPO TIPO REVOLVER O ROTATORIO

En un principio surgió este tipo de maquinaria para satisfacer la necesidad de fabricar piezas de paredes gruesas donde se requería un tiempo de enfriamiento muy largo, aunque, actualmente, también se emplea en piezas de paredes delgadas para aumentar la productividad.

Para ello se diseñó un equipo donde los moldes se montan en un plato giratorio. El material se alimenta en la tolva, el husillo lo plastifica y conduce al cilindro inyector. Debido a la presión causada por el material, el émbolo se desplaza hacia atrás dando paso al material fundido. Mientras, el rotor se coloca en la posición I, cerrando el molde mediante el émbolo que lo transmite al émbolo siguiente. En ese momento se inyecta el material y terminada la inyección, el molde pasa a la posición II, donde se mantiene cerrado por la presión ejercida por el émbolo. La pieza se enfría y solidifica en las posiciones III a V y entre la V y VI el molde se abre y descarga la pieza para repetir el ciclo.

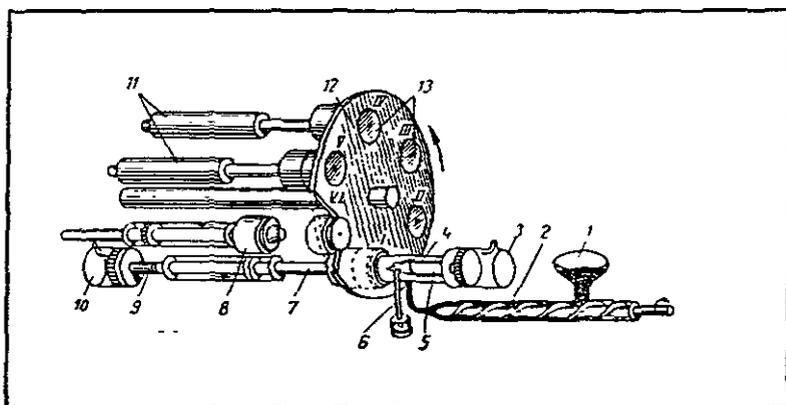


Figura No.53 Inyección Rotatoria.

- | | |
|-------------|--------------|
| 1) Tolva | 8) Engrane |
| 2) Husillo | 9) Embolo |
| 3) Motor | 10) Molde |
| 4) Cilindro | 11) Embolo |
| 5) Embolo | 12) Rotor |
| 6) Llave | 13) Bebedero |
| 7) Embolo | |

6.2. INYECCION BICOLOR

Se emplea en piezas que van a ser decoradas o que por diseño, la parte exterior es de un color y el interior de la pieza de otro.

Para lograr esto, se realiza la inyección mediante un equipo de dos inyectoras que procesan diferentes materiales, un molde que presente dos bebederos en la platina fija, y el molde que está montado en la platina móvil, debe ser capaz de girar 180°. En el primer paso, la inyectora vaciará material en el espacio que deja libre el molde. En el segundo paso, el molde se abre, gira 180° y deja espacio al siguiente material. En el tercer paso, el molde se cierra y la pieza inyectada se recubre con otro color, mientras que en la otra cavidad se inyecta el primer color. Finalmente, se extrae la pieza terminada y gira nuevamente el molde para continuar el ciclo. En cada inyección se terminará una pieza y se inyectará la mitad de otra.

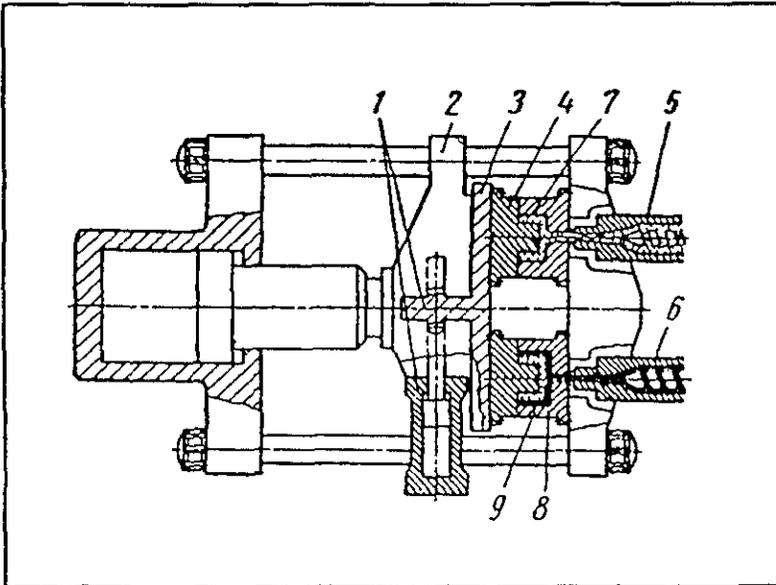


Figura No 54 Inyección Bicolor.

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1) Dispositivo hidromecánico | 6) Cilindro del segundo material |
| 2) Placa móvil | 7) Parte interna de la pieza |
| 3) Plato portamolde | 8) Segundo molde 8 |
| 4) Línea de partición | 9) Segundo molde |
| 5) Cilindro con Primer Material | |

6.3. EQUIPO COMBIFORM

Es un proceso especial parecido a la inyección bicolor, con la diferencia de que en el bicolor se obstruye la entrada del material mediante matrices que se desplazan, provocando que entre la inyección de uno y otro material exista una diferencia de 10 a 30 seg. Por el contrario, en el proceso combiform, el molde trabaja con corazones internos que se desplazan sin necesidad de abrir el molde, originando que el tiempo de ciclo de moldeo total sea de 10 a 15 seg, más corto que en el proceso bicolor convencional. Puede emplearse para hacer combinaciones de colores o de materiales rígidos y flexibles, creando la unión de los dos, siempre y cuando sean compatibles.

TABLA DE COMPATIBILIDAD DE MATERIALES

	ABS	ASA	CA	EVA	PAB	PASB	PC	MDPE	LDPE	PMMA	PCM	PP	PPD mod.	GPSS	HIPS	TPPS	TPU	PVC-W	SAN	TPR	PETP	PVAC	PPSU	
ABS	BUENA																							
ASA		BUENA																						
CA			BUENA																					
EVA				BUENA																				
PAB					BUENA																			
PASB						BUENA																		
PC							BUENA																	
MDPE								BUENA																
LDPE									BUENA															
PMMA										BUENA														
PCM											BUENA													
PP												BUENA												
PPD mod.													BUENA											
GPSS														BUENA										
HIPS															BUENA									
TPPS																BUENA								
TPU																	BUENA							
PVC-W																		BUENA						
SAN																			BUENA					
TPR																				BUENA				
PETP																					BUENA			
PVAC																						BUENA		
PPSU																							BUENA	

6.4. MOLDEO POR INYECCION CON GAS

Existen varios sistemas para llevar a cabo el proceso de "Espuma Estructural", este método genera piezas de superficies rígidas con espacios dentro de su estructura.

Inyección con Agentes Espumantes

Es la técnica más antigua para reducir el peso de la pieza. Este proceso puede llevarse a cabo en una máquina convencional, que debe tener una boquilla con cierre de aguja, para evitar conductos complicados que no representan resistencia al flujo y que mantengan la masa bajo presión en la cámara del cilindro.

Durante la fase de plastificación, se le adiciona al material un agente espumante en forma de polvo, éste se puede añadir mediante un dosificador instalado en la tolva. En la etapa de inyección, se llena parcialmente la cavidad del molde para que el espumante pueda extenderse. Dependiendo del tipo de molde y del agente espumante, la dosificación se encuentra en el rango de 0.3 - 4% del peso de la pieza.

Contrapresión con Gas

En este proceso la calidad superficial se mejora considerablemente, consiste básicamente en: cierre del molde, inyección del gas en la cavidad del molde, inyección de la masa fundida, expulsión del gas durante la fase de inyección.

Con este sistema se obtiene una estructura superficial excelente, además del ahorro en peso que es mayor que con agentes espumantes. Sin embargo, se necesita mayor tiempo de enfriamiento de la pieza.

El proceso también requiere de partes especiales como: válvulas reguladoras de presión, enlace de nitrógeno, sensor de presión, válvula de seguridad, válvula de apertura/cierre, amortiguador de escape.

Inyección con Gas

Consiste en que durante la etapa de inyección, se inyecta un gas inerte, a una presión determinada sobre el material, el gas ayuda a que se llene mejor la cavidad del molde, originando zonas huecas en el núcleo de la pieza. Este sistema se utiliza en piezas planas y de espesores pequeños para evitar rechupes. En artículos de espesores gruesos se reduce el ciclo de inyección, ya que se necesita menor tiempo de enfriamiento, porque hay que enfriar menos material.

Como existe mayor tensión en la superficie de la masa fundida y menor viscosidad en el centro de la misma, el gas busca la menor resistencia y toma el camino más fácil, haciendo un canal central.

- Ventajas de este proceso:

- *Mínimas tensiones internas*
- Mayor precisión dimensional
- Desaparición de rechupes
- Mejor relación peso/rígidez
- Ahorro de material
- Menor fuerza de cierre
- Ciclo de inyección más corto
- Amplio campo de aplicación

La inyección de gas se puede realizar mediante tres sistemas:

- Por medio de la boquilla de la máquina inyectora
- A través de una aguja inyectora en el bebedero
- Utilizando una aguja inyectora en la cavidad

Existen dos tipos de agujas: la aguja estática, situada siempre en el sentido de desmoldeo y, la aguja móvil, que puede ser hidráulica o dirigida por un gas, esta se puede localizar en sentido arbitrario.

Cabe aclarar que en este sistema se debe adaptar el producto al proceso. Adaptar la pieza al sistema de inyección con gas, consiste en crear los recorridos para facilitar el flujo del gas. esto se logra introduciendo canales más gruesos por los que fluye el gas. Por la parte externa, la pieza quedará rígida y con mayor estabilidad.

La unidad de gas consta de: motor bomba hidráulico, acumuladores de pistón, contenedor de nitrógeno, válvulas hidráulicas y software para el mando de la máquina. Por otro lado, a los parámetros de inyección hay que adicionarles, tiempo de inyección del gas, tiempo de mantenimiento del gas y tiempo de descompresión.

6.5. DECORACION DENTRO DEL MOLDE

En este proceso se coloca una hoja especial que lleva la capa que va a decorar el artículo moldeado. Se cierra el molde y se inyecta el polímero, debido a la presión y temperatura interna, la capa decorativa se adhiere a la pieza que se desmolda. Este proceso es válido en artículos bidimensionales, debido a que los tridimensionales o muy gruesos causarían deformación en la placa decorativa. También se ve limitado para aquellos materiales que se procesan a temperaturas mayores de 300°C, porque la película decorativa se desbarataría. En el equipo se requiere de un cortador de la hoja decorativa, un molde en el que la inyección, desmoldeo y la decoración, se haga por el mismo lado.

III. OPERACION DE LA MAQUINA

1. DEFINICION DE CONCEPTOS

Hay que recordar que el proceso de inyección consiste en transformar el material termoplástico en una masa "plástica" por medio de un husillo y cilindro de plastificación, para después inyectarlo en la cavidad del molde en donde tomará la forma. Sin embargo, no se debe olvidar que para obtener una pieza excelente y con calidad intervienen muchas variables, como son:

- Diseño del Equipo, husillo, punta de husillo, boquilla, molde
- Perfil de Temperaturas
- Presión de Inyección
- Presión de Sostenimiento
- Presión de Cierre
- Velocidad de Inyección
- Velocidad de Giro del Husillo
- Tiempo de Residencia del Material
- Tiempo de Sostenimiento

Si se hace el uso correcto de estas variables y se conocen las condiciones de operación de cada material, se puede optimizar el ciclo de moldeo.

1.1. PERFIL DE TEMPERATURAS

Es una variable importante que proporciona el rango de temperatura a lo largo del cilindro y ayuda a la plastificación del material por medio de calor generado por resistencias eléctricas.

Se utilizan altas temperaturas de masa fundida para permitir que el plástico al ser inyectado fluya rápidamente en el molde con el mínimo esfuerzo posible. El Perfil de Temperaturas varía de acuerdo al índice de fluidez y al grado del material utilizado. Esta variable se modifica de acuerdo al tiempo de residencia.

Las altas temperaturas proporcionan máxima claridad y reducen alabeos en la pieza moldeada.

1.2. PRESIONES

1.2.1. Presión de Inyección

Es la presión requerida para vencer la resistencia que el material fundido produce en su trayectoria, desde el cilindro de plastificación hasta el molde. La resistencia que se opone al flujo del material depende de dos factores:

- La brusca reducción en la boquilla, los canales de alimentación y de las entradas al molde.
- La longitud de la trayectoria y la geometría complicada de la cavidad del molde.

Además de la geometría del molde se debe adicionar el aumento de viscosidad del material, ya que a lo largo de su trayecto endurece, por medio del enfriamiento o por reticulación, durante el flujo.

La presión de inyección se presenta en la fase de llenado del molde y su valor se determina, por la suma de la resistencia que se opone al flujo del material. Cuando se alcanza la máxima presión de inyección, esta cambia a valores más bajos, a dicha presión se le conoce como Presión de Sostenimiento o Pospresión.

1.2.2. Presión de Sostenimiento

Es una presión mínima comparada con la presión de inyección, su función es mantener bajo presión el material que se encuentra dentro del molde, en el momento que se solidifica y contrae.

Como los polímeros en estado fundido son líquidos compresibles, se debe tomar en cuenta que la presión de sostenimiento determina el grado de contracción de la pieza moldeada, ya que una adecuada pospresión origina que no regrese el material, funcionando como tapón en el punto de inyección, resultando la contracción necesaria para desprender la pieza del molde.

Por el contrario, si se hace un sobreempacamiento de material en el molde, regularmente ocasionará problemas para extraerlo del molde.

Los valores de contracción disminuyen a medida que la presión aumenta, pero origina problemas para extraer la pieza, ya que esta se deforma al no separarse de las paredes del molde con facilidad.

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la Presión de Inyección P1 durante la etapa de inyección, y la Presión de Sostenimiento P2 en el momento de solidificar la pieza. Los datos de dicha gráfica se midieron en un cilindro hidráulico.

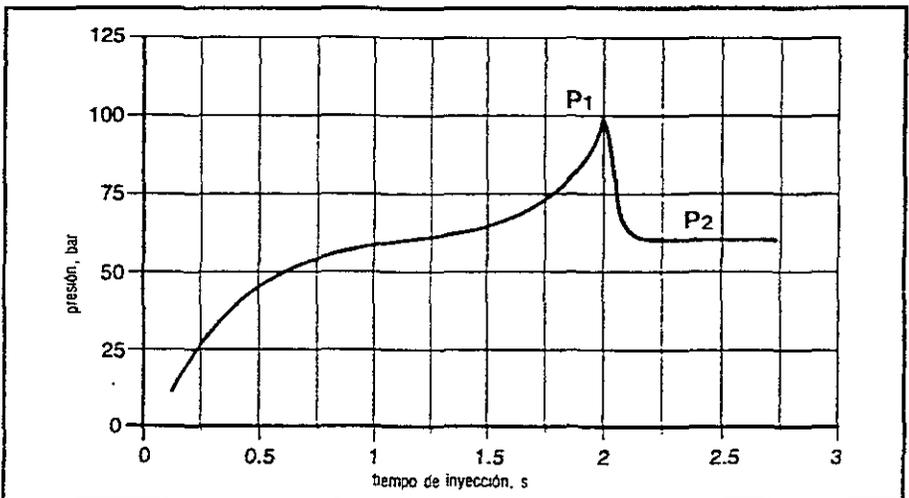


Figura No.55 Formación de Presión en Base al Tiempo.

La presión de inyección máxima se mide en cilindros convencionales para termoplásticos y se calcula de acuerdo a la siguiente relación:

$$P_{max} = 1.2 P_{req}$$

Donde P_{req} para termoplásticos es alrededor de 150 MPa.

1.2.3. Contrapresión

Durante la plastificación, el material fundido se acumula en la cámara que se encuentra entre la punta del husillo y la boquilla, dicho material genera una presión que hace que el husillo empiece a retroceder girando, a esta presión se le conoce como contrapresión, el efecto produce un aumento de calor por fricción que puede originar la degradación del material.

Para controlar la contrapresión se debe operar con un perfil de temperaturas adecuado, para que la temperatura de masa fundida no supere los límites establecidos y evite la degradación térmica. Por otro lado, para disminuir el calor que se genera por fricción, se puede bajar el valor de contrapresión y la velocidad del husillo que esta expresada en revoluciones por minuto, rpm.

1.3. VELOCIDADES

1.3.1. Velocidad de Inyección

Esta basada en el avance o carrera axial del husillo durante la etapa de inyección. La velocidad y el tiempo de inyección están relacionadas, ya que varían en razón inversa.

Las altas velocidades de inyección facilitan el llenado del molde cuando se están moldeando piezas de paredes delgadas, ya que cuando el tiempo de inyección es corto, el molde se llena antes de que solidifique el material del bebedero deteniendo el flujo. Además las velocidades disminuyen la pérdida de presión en el bebedero.

Se cuenta con diferentes rangos de velocidad que pueden cubrir alguno de los siguientes casos:

- De alta a máxima velocidad de flujo.- En artículos de paredes delgadas que generalmente se utilizan para empaque.
- Media velocidad de flujo.- En piezas técnicas.
- De baja a mínima velocidad de flujo.- En termofijos y elastómeros.

1.3.2. Velocidad del Husillo

La velocidad del husillo tiene gran importancia en el proceso de inyección, ya que interviene en la generación de calor por fricción, que si no es debidamente controlado, puede llegar a degradar al material. La fuerza para mover el husillo se puede proporcionar por un motor eléctrico o hidráulico.

Los motores de corriente eléctrica alterna ofrecen velocidad constante y torque variable, mientras que los motores hidráulicos proporcionan velocidad variable y torque constante. Los cambios de velocidad de un motor eléctrico, generalmente se logran por medio de cajas de cambio o por cambios de los engranajes. En el motor hidráulico, la velocidad se puede cambiar si se regula la cantidad de aceite que llega al motor. Si la bomba hidráulica es del tipo de desplazamiento constante, el aceite que no se esté usando para hacer girar el motor debe desviarse por otra tubería al tanque de aceite. Este desvío representa la pérdida de potencia y causa a veces el excesivo calentamiento del fluido hidráulico.

Una de las desventajas de los motores eléctricos es la capacidad excesiva de torque, ya que crea problemas mecánicos, que los tornillos no están diseñados para soportar el esfuerzo cortante repentino que se genera sobre él originando que se rompa. Este problema se puede evitar por medio de sistemas de protección, como clavijas que se rompen si el torque es muy elevado. En los sistemas hidráulicos la protección esta basada en el diseño del sistema con el uso de una válvula alivio, que abre enviando el exceso de aceite a otro sistema y evitando así el torque excesivo.

La velocidad se expresa en revoluciones por minuto (rpm) sin hacer referencia al diámetro del husillo.

Sin embargo, es más exacto considerar la velocidad periférica del husillo, expresada en metros por segundo, ya que ésta es una función del diámetro y del número de revoluciones por minuto.

La variación de velocidades depende del material, algunas son:

- Velocidad alta para materiales con elevado índice de fluidez; $V = 0.5 - 1.2$ m/s
- Velocidad estándar; $V = 0.2 - 0.5$ m/s, para materiales de fluidez media
- Baja velocidad; $V = 0.05 - 0.2$ m/s, para materiales termo

La velocidad del husillo se calcula con la siguiente fórmula:

$$n_s = \frac{V * 60}{D * \pi} \text{ (r.p.m.)}$$

n_s = Velocidad

V = Velocidad periférica del husillo en m/s

D = Diámetro

Constante $\pi = 3.1416$

60 = Factor de conversión a minutos

2. ARRANQUE DE MAQUINA

Los pasos para el arranque de la máquina se presentan en forma general, varían sólo el perfil de temperaturas y el tiempo de precalentado, ya que para cada plástico son diferentes. Las etapas básicas para el arranque son:

- Verificar que la boquilla se encuentre limpia y no este tapada.
- Colocar el husillo en posición adelantada.
- Precalentar el equipo, definiendo el perfil de temperaturas y el tiempo de precalentado, de acuerdo al tipo y grado de material que se va a procesar.
- Llenar la tolva a un 80% de su capacidad con el material de trabajo, manteniendo el nivel constante para evitar variaciones de presión.
- Abrir la alimentación de material.
- Iniciar el ciclo, haciendo disparos al vacío para medir la temperatura de masa fundida.
- Fijar las condiciones de operación, aumentándolas lentamente.
- Iniciar el ciclo de moldeo.

Nota: Nunca se debe de arrancar la máquina en frío, ya que en caso de que contenga material en el cilindro provocará que se quiebre el husillo.

3. CICLO DE INYECCION

Las etapas de un ciclo de inyección son las siguientes:

- Al cerrar la compuerta se envía una señal a la estación de control para efectuar:
- Cierre del molde.- el sistema de cierre inicia con una carrera rápida que desliza la platina, además origina la presión de cierre. Mientras esto sucede, el husillo gira y retrocede para llenar la cámara de plastificación, una vez que se ha llenado totalmente esta se inicia la inyección, para esto el molde se encuentra cerrado a alta presión.
- Etapa de Inyección.- El pistón hidráulico empuja al husillo hacia adelante con cierta presión y velocidad, originando que el material fluya por la boquilla, bebedero, coladas y, finalmente, llene totalmente la cavidad del molde.
- Presión de Sostenimiento.- En el momento que termina la inyección se cierra la boquilla, la presión de inyección disminuye convirtiéndose en presión de sostenimiento para retener el material en el molde mientras se enfría.
- Apertura del Molde.- Una vez que solidifica la pieza, el sistema hidráulico inicia la etapa de destrabamiento y apertura del molde, para extraer el producto, este se saca por medio de botadores o manualmente.

Una vez afuera la pieza, se cierra la compuerta y se reinicia el ciclo.

4. OBLIGACIONES DEL OPERADOR

Cuando se abre el molde, el operador debe efectuar las siguientes acciones:

- Abrir la compuerta de seguridad, asegurándose que el mecanismo de traba del molde en posición abierta funcione.
- Extraer la Pieza. En ningún caso utilizar herramienta metálica que dañe al molde, se recomienda usar herramienta de bronce o hule.
- Verificar que no queden residuos de material en el molde, ya que las partículas de plástico o basura generan marcas, que originan defectos en las piezas posteriores, además de que sólo pueden solucionarse con remaquinado del molde.
- Cerrar la puerta de seguridad para iniciar el ciclo de inyección.

Mientras se realiza el ciclo de moldeo se debe de:

- En caso necesario, separar las piezas de la colada y evitar dañar el producto.
- Inspeccionar la o las piezas terminadas. En el momento que se presenten problemas en la pieza, avisar al supervisor para que tome las medidas pertinentes.
- Llevar las coladas y piezas defectuosas al molino. Se recomienda tener el molino cerca de la máquina de inyección. De no ser así, utilizar una caja o recipiente en donde colocar las coladas y piezas con defectos.
- Introducir el material al molino y tener cuidado de no meter las manos en su interior. Del mismo modo, no debe caer ningún objeto metálico al molino.

5. PURGADO

Se realiza cuando se va a cambiar de material o de color.

Tomando en cuenta que el equipo ya esta caliente, se recomiendan los siguientes pasos:

- Verificar que el husillo se encuentre en posición adelantada.
- Alimentar material de purga, generalmente se utiliza Polietileno de Alta Densidad, Poliestireno o regranolado de acrílico.
- Fijar temperaturas del cilindro y la boquilla, el perfil depende del material de purga.
- Verificar que las presiones y velocidades se encuentren al mínimo.
- Realizar disparos al vacío.

A continuación, se indica el método a seguir para purgar diferentes materiales:

- ABS. Purgar con Polietileno de bajo indice de fluidez o utilizar resina acrílica como material de purga.
- Acetal. Purgar con Polietileno de alta viscosidad y después usar resina acrílica.
- Nylon. Se puede purgar con acrílico o sacar el husillo y limpiarlo mecánicamente.
- Policarbonato. Purgar con acrílico o sacar el husillo y limpiarlo mecánicamente.
- Poliéster. Mismo procedimiento que Policarbonato.
- Polietileno o Polipropileno. Purgar con Polietileno de alta viscosidad.
- Poliestireno y SAN. Purgar con Acrílico.
- PVC. Primero adicione Polietileno, después utilice acrílico.

6. PARO DE MAQUINA

El paro de máquina de inyección puede ser de dos tipos:

Para períodos cortos, de una hora o menos:

- Interrumpir la alimentación de la resina
- Disminuir el perfil de temperaturas
- Separar el cañón del bebedero
- Vaciar el cilindro *totalmente*
- Dejar el husillo en posición adelantada

Paro de períodos prolongados:

- Interrumpir la alimentación de la resina y vaciar la tolva
- Apagar los controles de temperatura a excepción de la boquilla
- Separar el cañón del bebedero
- Vaciar el cilindro, girando el husillo como extrusor hasta que se termine el material
- Colocar el husillo en posición adelantada para el próximo arranque
- Apagar el control de la boquilla y sistemas adicionales

7. CONDICIONES DE OPERACION DE LOS MATERIALES

En este punto se proporcionan las condiciones de operación de los principales plásticos que se inyectan, así como algunas propiedades y aplicaciones en inyección.

En las tablas se presentan rangos, ya que las condiciones finales están dadas por: el grado del material, la geometría del molde, el tamaño de la pieza y el tipo de máquina de inyección que se este utilizando.

La velocidad que se presenta, está referida a la velocidad periférica del husillo y se expresa en metros/segundos. Para conocer las revoluciones por minuto (rpm), es necesario considerar el diámetro del husillo y sustituir en la fórmula:

$$n_s = \frac{V * 60}{D * \pi} \text{ (RPM)}$$

Ver el tema de velocidades.

MATERIAL: POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PEBD**CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PEBD
Temp. Zona °C	
Alimentación	120 - 170
Compresión	120 - 210
Dosificación	120 - 210
Boquilla	150 - 220
Molde	30 - 50

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de inyección	Kg / cm ²	500 - 1500
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	250 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.7 - 0.75

CONDICIONES DE SECADO

Generalmente, este material no requiere de secado y su absorción de humedad es menor a 0.02%. En caso de que el material esté definitivamente húmedo, se recomienda un horno con circulación de aire caliente alrededor de 3 hrs. a 65°C, o en un secador a 80°C durante 1 a 1 1/2 hr.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS*

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	0.918 - 0.94
Contracción de moldeo		%	1.5 - 3.5
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	-----
Elongación en la ruptura	D - 638	%	100 - 800
Resistencia a la tensión a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	40 - 160
HDT		°C	
	a 18.5 Kg / cm ²		32 - 49
	a 4.6 Kg / cm ²		40 - 74

RESISTENCIA QUIMICA

A temperaturas menores de los 60°C, resiste a la mayoría de los solventes, ácidos y bases a cualquier concentración; a temperaturas superiores a los 60°C, es soluble en los solventes orgánicos alifáticos y clorados. Es totalmente atóxico, puede estar en contacto directo con alimentos.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Tapas y juguetes.

MATERIAL: POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PEAD

CONDICIONES DE OPERACION PERFIL DE TEMPERATURAS

Material	PEAD
Temp. Zona °C	
Alimentación	170 -180
Compresión	170 - 200
Dosificación	170 - 220
Boquilla	180 - 240
Molde	10 - 60

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyección	Kg / cm ²	800 - 1500
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.75 - 0.95

CONDICIONES DE SECADO

Normalmente, este material no requiere de secado y su absorción de humedad es menor a 0.02%. En caso de que el material esté definitivamente húmedo, se recomienda un horno con circulación de aire caliente alrededor de 3 hrs. a 65°C, o en un secador a 80°C durante 1 a 1 1/2 hr.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	0.941 - 0.965
Contracción de moldeo		%	1.5 - 5.0
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	2.2 - 21.8
Elongación en la ruptura	D - 638	%	50 - 100
Resistencia a la tensión a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	210 - 390
HDT		°C	45 - 54
	a 18.5 Kg / cm ² a 4.6 Kg / cm ²		80 - 91

RESISTENCIA QUIMICA

Cuenta con buena resistencia química, se muestra estable frente a ácidos, bases y alcoholes. Puede ser atacado por ésteres, cetonas, éteres y grasas. Se disuelve en hidrocarburos clorados y solventes alifáticos a temperaturas altas.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Cajas de transporte de mercancía, artículos domésticos como cubetas, bandejas, bolas para basura, juguetes, trastes para guardar alimentos, contenedores industriales, pallets, entre otros.

MATERIAL: POLIPROPILENO**PP****CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PP
Temp. Zona °C	
Alimentación	190 - 215
Compresión	190 - 230
Dosificación	200 - 230
Boquilla	190 - 215
Molde	10 - 30

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyección	Kg / cm ²	800 - 1500
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del fusillo	m / s	0.75 - 0.8

CONDICIONES DE SECADO

El Polipropileno por su baja absorción de agua no requiere de secado, absorbe menos de 0.02% de agua. En condiciones externas se puede secar con un horno de charolas con aire recirculado a 80°C durante 2 a 3 hr o en un secador por un tiempo de 1 a 1 1/2 hr.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	0.904 - 0.91
Contracción de moldeo		%	1.5 - 3.5
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	2.3 - 5.0
Elongación en la ruptura	D - 638	%	150 - 600
Resistencia a la tensión a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	346 - 365
HDT		°C	57 - 60 91 - 95
	a 18.5 Kg / cm ² a 4.6 Kg / cm ²		

RESISTENCIA QUIMICA

Presenta excelente resistencia a los ácidos, bases fuertes y débiles; puede ser atacado por el ácido nítrico concentrado arriba de los 80°C. Algunos solventes orgánicos pueden disolverlo, principalmente los clorados.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Tapas, productos médicos como jeringas y equipo de laboratorio, carcasas de electrodomésticos, en partes automotrices como tableros, acumuladores y artículos para el hogar como trastes para guardar comida, entre otros.

MATERIAL: PVC FLEXIBLE**PVC-F****CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PVC-F
Temp. Zona °C	
Alimentación	
Compresion	
Dosificación	
Boquilla	
Molde	

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyección	Kg / cm ²	1000 - 1600
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	500 - 800

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.15 - 0.2

CONDICIONES DE SECADO

El PVC absorbe menos del 0.02% de humedad, se puede procesar sin secado previo, para condiciones extremas se recomienda su secado en un horno de aire caliente a 65°C por 2 hrs. o en un secador a 70°C por un tiempo de 1 a 1 1/2 hr.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.15 - 1.35
Contracción de moldeo		%	0.1 - 2.0
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	—
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	200 - 450
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	100 - 250
HDT	a 18.5 Kg / cm ² a 4.6 Kg / cm ²	D - 648	°C — —

RESISTENCIA QUIMICA

Comparada con el PVC Rígido, la resistencia química es menor con un porcentaje medio de plastificante, resiste soluciones salinas, ácidos orgánicos a concentración media, alcohol. Resiste con reservas, álcalis. No resiste disolventes orgánicos y soluciones acuosas.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

En la industria del calzado en la producción de suelas, zapatos tenis y sandalias, también se producen asientos para bicicleta, manubrios, tapas de licuadoras, entre otros.

CONDICIONES DE OPERACION PERFIL DE TEMPERATURAS

Material	PVC-R
Temp. Zona °C	
Alimentación	140 - 160
Compresion	150 - 180
Dosificación	170 - 190
Boquilla	190 - 215
Molde	30 - 60

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyeccion	Kg / cm ²	1000 - 1800
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	300 - 1000

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.15 - 0.27

CONDICIONES DE SECADO

El PVC absorbe menos del 0.02% de humedad, se puede procesar sin secado previo, para condiciones extremas se recomienda su secado en un horno de aire caliente a 65°C por 2 hr o en un secador a 70°C por un tiempo de 1 a 1 1/2 hr.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.35 - 1.45
Contracción de moldeo		%	0.2 - 0.6
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	20 - 100
Elongación en la ruptura	D - 638	%	10 - 50
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	500 - 700
HDT		°C	
a 18.5 Kg / cm ²	D - 648		135 - 140
a 4.6 Kg / cm ²			140 - 145

RESISTENCIA QUIMICA

El PVC tiene buenas propiedades químicas, resiste soluciones salinas, ácidos diluïdos y concentrados, bases diluïdas y concentrados; disolventes no polares, bencina, aceites minerales. No resiste disolventes polares como hidrocarburos clorados, cetonas, aromáticas, ácido sulfúrico y nítrico concentrados. Se disuelve en tetrafurano y ciclohexanona.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Conexiones como codos, uniones, coples; en la industria del calzado en tacones.

MATERIAL: POLIESTIRENO**PS-C****CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PS-C
Temp. Zona °C	
Alimentación	150 - 180
Compresion	180 - 230
Dosificación	210 - 280
Boquilla	210 - 280
Molde	10 - 80

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presion de Inyeccion	Kg / cm ²	800 - 1500
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.8 - 0.95

CONDICIONES DE SECADO

El Poliestireno es un material que absorbe un 0.03% de agua, no requiere de secado para su transformación, en caso necesario, se utiliza un horno de charolas con circulación de aire a 70°C por 2 o 3 hrs.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.05
Contracción de moldeo		%	0.3 - 0.6
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	16 - 2.7
Elongación en la ruptura	D - 638	%	2 - 4
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	400 - 500
HDT	D - 648	°C	72 - 82 84 - 94
			a 18.5 Kg / cm ² a 4.6 Kg / cm ²

RESISTENCIA QUIMICA

Resiste a ácidos orgánicos e inorgánicos concentrados y diluidos, alcoholes, sales y álcalis. Es atacado por ésteres, cetonas, hidrocarburos aromáticos y clorados.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Piezas para aparatos de radio, juguetes, artículos de dibujo y de escritorio, estuches de plumas y joyería, estuches de cassettes y compac disc, cubiertas desechables, mirillas, etcétera.

MATERIAL: POLIESTIRENO GRADO IMPACTO PS-GI**CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PS-GI
Temp. Zona °C	
Alimentación	160 - 190
Compresión	180 - 230
Dosificación	210 - 250
Boquilla	210 - 280
Molde	10 - 80

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyección	Kg / cm ²	800 - 1500
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0,8 - 0,95

CONDICIONES DE SECADO

El Poliestireno es un material con que absorbe un 0.03% de agua, que no requiere de secado para su transformación, en caso necesario, se utiliza un horno de charolas con circulación de aire a 70°C por 2 o 3 hrs.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.05
Contracción de moldeo		%	0.3 - 0.6
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	5.4 - 11.8
Elongación en la ruptura	D - 638	%	20 - 50
Resistencia a la tensión a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	180 - 470
HDT		°C	
a 18.5 Kg / cm ²	D - 648		60 - 80
a 4.6 Kg / cm ²			70 - 97

RESISTENCIA QUIMICA

En comparación con el PS-C tiene menor resistencia química, resiste con limitaciones a ácidos y álcalis. El componente butadieno influye en su envejecimiento, no resiste disolventes orgánicos ni aceites etéricos.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Carcasas de radios y televisión, cuerpos de cassettes de audio y video, juguetes, cajas de estuches, tacones de zapatos, cámaras fotográficas, carcasas de teléfono, entre otros.

MATERIAL: ESTIRENO ACRILONITRILO

SAN

**CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	SAN
Temp. Zona °C	
Alimentación	150 - 180
Compresion	180 - 230
Dosificación	210 - 280
Boquilla	210 - 280
Molde	40 - 80

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presion de Inyección	Kg / cm ²	840 - 1240
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.4 - 0.45

CONDICIONES DE SECADO

La humedad de este material no debe exceder de 0.06%, se recomienda secarlo en un horno de charolas a 70-80°C durante 2 o 3 hrs. Según las condiciones donde se almacene la materia prima el SAN absorbe de 0.2 a 1.5% de humedad.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.08
Contracción de moldeo		%	0.3 - 0.66
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	3.3 - 5.5
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	3 - 5
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	734 - 806
HDT	a 18.5 Kg / cm ² a 4.6 Kg / cm ²	°C	60 - 95 100 - 105

RESISTENCIA QUIMICA

Resiste hidrocarburos, aceites, grasas ácido clorhídrico, formaldehído, hidróxido de amonio y sales de halógenos. No resiste la luz ultravioleta, por ello necesita absorbedores de luz ultravioleta. No soporta ácidos minerales concentrados.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Este material es utilizado para vasos de licuadoras, vajillas, aspas de ventiladores, jarras para agua, vasos, ensaladeras, cepillos dentales, partes transparentes de los videocassettes y pantallas de máquinas de escribir.

**MATERIAL: TERMOPOLIMERO DE ACRILONITRILO
BUTADIENO ESTIRENO ABS**

**CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	ABS
Temp. Zona °C	
Alimentación	180 - 240
Compresion	210 - 260
Dosificación	210 - 280
Boquilla	210 - 280
Moíde	60 - 90

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyección	Kg / cm ²	840 - 1500
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.55 - 0.65

CONDICIONES DE SECADO

Su contenido de humedad no debe ser mayor de 0.06%, se recomienda secarlo en un horno de charolas a 70 - 80°C durante 2 o 3 hrs. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento el material absorbe de 0.2 a 1.5% de humedad.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.04 - 1.38
Contracción de moídeo		%	0.3 - 0.66
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	12.0 - 40.0
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	4 - 30
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	350 - 500
HDT		°C	90 - 107
	a 18.5 Kg / cm ²		95 - 100
	a 4.6 Kg / cm ²		

RESISTENCIA QUIMICA

Resiste agua, soluciones salinas, ácidos y bases diluídas, hidrocarburos saturados, aceites minerales, grasas animales, vegetales. No resiste ácidos inorgánicos concentrados, hidrocarburos aromáticos y clorados, ésteres, éteres y cetonas.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Su principal aplicación se encuentra en carcazas de electrodomésticos como televisores, videos, cámaras fotográficas filmadoras, teléfonos, máquinas de oficina, aspiradoras, secadoras de cabello. Los diskettes de 3.5 pulg se inyectan en ABS, así como las calaveras de autos y algunos juguetes donde se requiere excelente resistencia al impacto.

MATERIAL: POLIETILEN TEREFALATO

PET

**CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PET
Temp. Zona °C	
Alimentación	280 - 290
Compresion	280 - 285
Dosificación	280 - 285
Boquilla	280 - 285
Molde	260 - 265

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyeccion	Kg / cm ²	1000 - 1600
Presion de sostenimiento	Kg / cm ²	500 - 700

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.22

CONDICIONES DE SECADO

Puede absorber hasta 0.6% de agua, la humedad debe ser menor del 0.004%. Se recomienda su secado en la tolva, con dehumidificador con un tiempo de 4 a 6 horas y el aire de secado a una temperatura de 160 a 170°C.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.37
Contracción de moldeo		%	
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	43
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	300 - 400
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	550 - 650
HDT		°C	
	a 18.5 Kg / cm ²		21 - 38
	a 4.6 Kg / cm ²		75

RESISTENCIA QUIMICA

Resiste a hidrocarburos alifáticos y aromáticos; aceites, grasas, carburantes, ésteres alifáticos, soluciones acuosas de sales, bases y ácidos. No resiste al agua hirviendo y vapor, acetona; hidrocarburos halogenados como el cloroformo, ácidos y álcalis concentrados.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Preformas para botellas sopladas, piezas de inyección.

CONDICIONES DE OPERACION PERFIL DE TEMPERATURAS

Material	PC
Temp. Zona °C	
Alimentación	275 - 300
Compresion	280 - 310
Dosificacion	285 - 310
Boquilla	285 - 310
Molde	80 - 120

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyeccion	Kg / cm ²	800 - 1200
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	500 - 600

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.5

CONDICIONES DE SECADO

La humedad máxima permisible para el Policarbonato es de 0.02% en peso. Se recomienda secarlo en: secador a aire seco a 120°C durante 2 a 3 hrs., secador de aire fresco a 120°C durante 2 a 4 hrs.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.20
Contracción de moldeo		%	0.6 - 0.8
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	85
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	150
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	632
HDT		°C	135 - 140
	a 18.5 Kg / cm ²		140 - 145
	a 4.6 Kg / cm ²		

RESISTENCIA QUIMICA

Su principal limitación es su resistencia química, ya que no resiste al benceno, tolueno, xileno, hidrocarburos clorinados, metanol, gran número de solventes, ácidos y bases fuertes. Soporta agua a temperatura ambiente, algunos alcoholes, grasas, aceites, gasolina, jugo de frutas, ácidos diluidos y soluciones alcalinas. No soporta el agua a temperaturas mayores a 60°C, y tampoco el vapor de agua.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Su principal uso es en difusores de luz, contactos, compac discs, faros y calaveras para autos, parabrisas de motos, goggles, cascos para motociclistas y soldados, cajas petri, lentes, entre otros.

**CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PA 6
Temp. Zona °C	
Alimentación	220 - 240
Compresión	230 - 260
Dosificación	230 - 270
Boquilla	220 - 260
Molde	60 - 80

PRESSIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de inyección	Kg / cm ²	300 - 1200
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 600

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.5

CONDICIONES DE SECADO

Las Poliamidas se pueden secar por varios métodos, se recomienda secarlas a una temperatura de 79°C. Por otro lado, el tiempo de secado depende de su rapidez, condiciones del secador y contenido de humedad de la Poliamida. La humedad máxima permisible para las Poliamidas es de 0.1% en peso.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.12 - 1.3
Contracción de moldeo		%	1.0 - 1.5
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	2.7 - 4.5
Elongación en la ruptura	D - 638	%	200 - 300
Resistencia a la tensión a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	640
HDT	a 18.5 Kg / cm ² a 4.6 Kg / cm ²	D - 648	°C 58 - 82 160 - 180

RESISTENCIA QUIMICA

El Nylon 6 tiene buena resistencia a productos químicos como hidrocarburos, solventes aromáticos, aceites de autos, combustibles y refrigerantes.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Clavijas y conectores, apagadores, piezas de teléfonos, margaritas de máquinas de escribir, tapón para el tanque de gasolina, bases de espejos, filtros de gasolina y ruedas para muebles.

CONDICIONES DE OPERACION PERFIL DE TEMPERATURAS

Material	PA 6/6
Temp. Zona °C	
Alimentación	275 - 300
Compresión	270 - 295
Dosificación	265 - 295
Boquilla	260 - 290
Molde	70 - 100

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de inyección	Kg / cm ²	1000 - 1400
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	500 - 700

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.5

CONDICIONES DE SECADO

Su humedad máxima permisible es de 0.1% en peso. Se recomienda una temperatura de secado de 75 - 80°C en un secador de aire seco durante 2 hrs. No se recomiendan los secadores de aire forzado y los de aire fresco.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.13 - 1.15
Contracción de moldeo		%	0.3 - 1.0
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	2.5 - 4.5
Elongación en la ruptura	D - 638	%	150 - 300
Resistencia a la tensión a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	964
HDT		°C	80 - 100
	a 18.5 Kg / cm ²		190 - 200
	a 4.6 Kg / cm ²		

RESISTENCIA QUIMICA

Resiste a hidrocarburos alifáticos y aromáticos, gasolina, aceites, grasas, algunos alcoholes, ésteres, cetonas, éteres y álcalis débiles. No resiste a ácidos inorgánicos, álcalis fuertes, soluciones de compuestos oxidantes, ácido fórmico, fenoles, cresoles, glicoles, cloroformo.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Debido a que son materiales muy tenaces, son apropiados para la fabricación de piezas donde se requiere soportar grandes esfuerzos. Algunos usos son: ruedas dentadas, poleas de transmisión, bisagras, pernos, enchufes, linternas de mano, aspas de ventilador, regilla de radiador, entre otros.

MATERIAL: ACETAL HOMOPOLIMERO**POM****CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	POM
Temp. Zona °C	
Alimentación	165 - 210
Compresion	165 - 210
Dosificación	180 - 215
Boquilla	170 - 215
Molde	40 - 120

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presion de Inyección	Kg / cm ²	800 - 1600
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.1 - 0.3

CONDICIONES DE SECADO

En este material la absorción de agua es mínima, pero en el caso que se requiera, se recomienda secar en una estufa con circulación de aire a 85°C en un tiempo máximo de 4 hrs.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.42
Contracción de moldeo		%	1.5 - 3.5
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	6 - 12
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	25 - 70
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	680
HDT		°C	
	a 18.5 Kg / cm ²		123 - 126
	a 4.6 Kg / cm ²		164 - 170

RESISTENCIA QUIMICA

Presenta gran resistencia a detergentes, aceites minerales y gasolinas. No soprta los ácidos fuertes como el ácido sulfúrico, ácido nítrico y ácido clorhídrico.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Dentro de sus usos se encuentran engranes, partes de tablero, manijas para extinguidores de fuego, regaderas para baño, riego, teclas, partes de teléfonos, entre otros.

**CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	POM
Temp. Zona °C	
Alimentacion	160 - 180
Compresion	170 - 190
Dosificación	170 - 190
Boquilla	180 - 200
Molde	60 - 90

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyección	Kg / cm ²	800 - 1500
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	400 - 750

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.2 - 0.5

CONDICIONES DE SECADO

La cantidad de humedad que absorbe es muy poca, en caso que se requiera secarlo, se utiliza una estufa con circulación de aire a 85°C y un tiempo máximo de 4 hrs.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.41
Contraccion de moldeo		%	1.5 - 3.5
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	4 - 8.0
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	40 - 75
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	580
HDT		°C	85 - 121
	a 18.5 Kg / cm ²		155 - 166
	a 4.6 Kg / cm ²		

RESISTENCIA QUIMICA

Soporta detergentes, aceites minerales y gasolinas. Presenta problemas cuando se expone a ácidos fuertes como el ácido clorhídrico, ácido nítrico y ácido sulfúrico.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Se inyectan con POM copolímero algunas partes de la bomba de gasolina para autos, así como válvulas de control de calor. Además, engranes, levas, clips, carcazas para uso industrial, peines y cuerpos de bolígrafos.

MATERIAL: ACRILICO**PMMA****CONDICIONES DE OPERACION
PERFIL DE TEMPERATURAS**

Material	PMMA
Temp. Zona °C	
Alimentación	170 - 200
Compresion	180 - 210
Dosificación	180 - 210
Boquilla	200 - 220
Molde	60 - 90

PRESIONES	UNIDADES	RANGO
Presión de Inyección	Kg / cm ²	400 - 1200
Presión de sostenimiento	Kg / cm ²	200 - 600

VELOCIDADES	UNIDADES	RANGO
Velocidad del husillo	m / s	0.35 - 0.40

CONDICIONES DE SECADO

Absorbe 0.3% de agua, el máximo nivel permisible es de 0.1%. Se puede secar en hornos de charolas con una circulación de aire a 80-90°C durante 4 hrs. Se debe tener en cuenta que la capa de materia no sea mayor de 2 cm.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

PROPIEDAD	Método de prueba ASTM	Unidades	Valor
Densidad	D - 792	g / cm ³	1.18 - 1.2
Contracción de moldeo		%	0.4 - 0.8
Resistencia al impacto	D - 256	Kg cm / cm	2.2 - 5.9
Elongacion en la ruptura	D - 638	%	3 - 10
Resistencia a la tension a la ruptura	D - 638	kg / cm ²	380 - 570
HDT		°C	90 - 105
	a 18.5 Kg / cm ²		
	a 4.6 Kg / cm ²		

RESISTENCIA QUIMICA

Tiene buena resistencia a sales inorgánicas, ácidos diluidos, álcalis, ésteres simples y aceites minerales. Es atacado por solventes orgánicos, hidrocarburos aromáticos, cetonas, ésteres e hidrocarburos clorados.

PRINCIPALES APLICACIONES EN INYECCION

Calaveras, triángulos de seguridad, cristales para lentes, lupas, vajillas, vasos, artículos de dibujos, tapas, cuerpo de estilógrafos y piezas de grifería.

IV. EQUIPO PERIFERICO

Este capítulo tratará acerca de los equipos auxiliares en el proceso de inyección, estos equipos tienen la misión de ayudar a incrementar la productividad y reducir las detenciones durante la producción.

Eficiencia, confiabilidad, mantenimiento rápido y sencillo se encuentran en los primeros puntos de la lista de todo comprador de estos equipos. Aunque esto no significa que el costo no sea importante, ya no es el factor dominante, puesto que algunos transformadores de gran importancia opinan que: "Si usted gasta cientos de miles de dólares en un equipo para moldeo de alta tecnología y no cuenta con el equipo auxiliar apropiado, sus costosas máquinas de moldeo se desperdiciarán".

1. SECADORES

La tendencia de los plásticos a absorber agua, ya sea del ambiente o por inmersión directa, depende de su naturaleza química.

La humedad absorbida en diferente medida por los materiales plásticos durante el transporte o el almacenamiento, puede causar inconvenientes durante el proceso de inyección que se manifiestan en las piezas moldeadas, tales inconvenientes pueden ser:

- Pérdidas en la resistencia mecánica
- Variación de la contracción por moldeo
- Defectos en la superficie

En relación a la humedad, los plásticos se clasifican en dos categorías:

a) No Higroscópicos

En estos plásticos, la humedad solo se adhiere a la superficie de los pellets o granulos. Ejemplos de estos plásticos son el Polipropileno, Poliestireno, Polietileno, Poliacetal, entre otros. Los plásticos no higroscópicos se secan con una corriente de aire caliente que se hace pasar a través del material, evaporando así, la humedad y llevándola fuera de la unidad de secado.

b) Higroscópicos

Estos plásticos absorben humedad desde el interior de los pellets o granulos y forman un enlace molecular dentro del material. Ejemplos de estos materiales son las Poliamidas, el ABS, Policarbonato, entre otros. Los plásticos higroscópicos se secan removiendo la humedad del material, utilizando dehumidificadores de aire caliente presecado.

CONTENIDO DE HUMEDAD PERMISIBLE EN LOS PLASTICOS DESTINADOS AL MOLDEO POR INYECCION

MATERIALES TERMOPLASTICOS	SIMBOLO	HUMEDAD PERMISIBLE % EN PESO	TRATAMIENTO ANTES DEL MOLDE
			Secado Previo
Poliétileno	PE		
Polipropileno	PP	no absorben humedad	no necesario
Poliacetal	POM		(salvo en caso de exposición en ambiente húmedo)
Polímeros Fluorados	FEP ETFE		
			Dehumidificación con aire caliente y seco
Resinas Acrílicas	PMMA	0.1	70 - 80°C - 3 h
Resinas Estirénicas	PS SB ABS SAN	0.1 - 0.2	80 - 80°C - 2-3 h
Resinas Celulósicas	CA CAB CP	0.2	70 - 80°C - 2-3 h
Resinas Vinílicas	PVC	0.3	60 - 70°C - 1 h
Policarbonatos	PC	< 0.02	120°C - 4-6 h
Poliésteres Termoplásticos	PBTP PETP	< 0.05	120°C - 2-4 h
Polifenílenos	PPO	< 0.05	110°C - 2-4 h
			Dehumidificación con aire caliente y seco
Poliamidas	PA 66 PA 6 PA 610 PA 11 PA 12	0.1 - 0.2	70 - 80°C - 4-6 h o bien en horno bajo vacío 70 - 80°C - 24 h

1.1. SECADORES POR AIRE CALIENTE

Los plásticos con poca o nula absorción de agua considerados como no higroscópicos, se les puede eliminar la humedad que se deposita en la superficie por medio de secadores de este tipo. Estos secadores pueden tener un difusor de aire ensamblado o del tipo Plenum Hopper.

El secador por aire caliente es una máquina relativamente simple. consiste de un grupo de ventilación y calentamiento colocado a un lado de la máquina, y de una tolva especial montada sobre la máquina, y conectada al grupo por medio de mangueras. El sistema asegura la circulación forzada de aire caliente a través de los granulos del material que se esta secando.

En la figura no. 56 se puede ver el diagrama de los secadores de aire caliente más comunes.

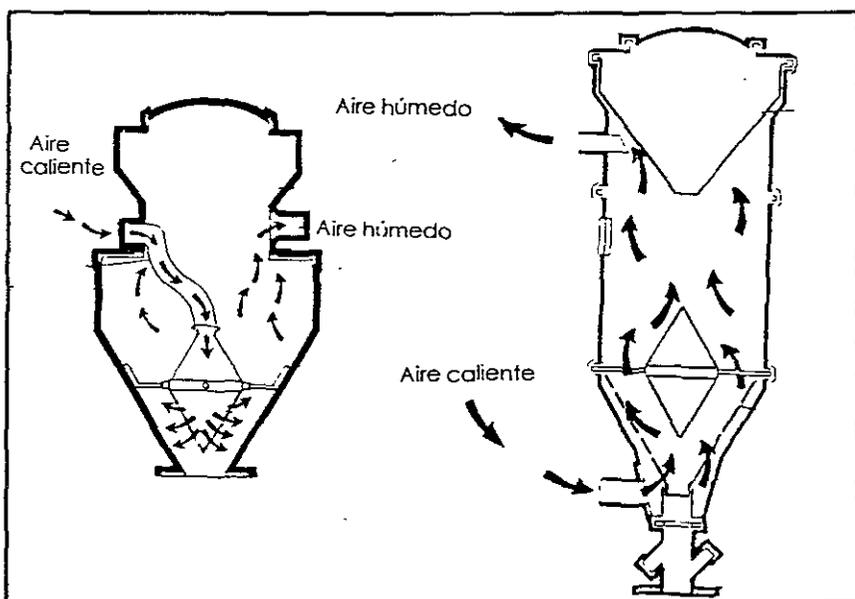


Figura No.56 Secadores Más Comunes por Aire Caliente.

1.2. DEHUMIDIFICADORES DE AIRE SECO

Cuando se deben secar materiales plásticos muy higroscópicos, que en el equilibrio tienen un contenido de humedad superior a los límites admisibles, se utilizan equipos como los dehumidificadores de aire seco.

Los dehumidificadores absorben la humedad que se encuentra dentro del material, por medio de aire seco y caliente.

El grupo de ventilación secado calentamiento está colocado cerca de la máquina de inyección y conectado a la tolva en un circuito cerrado mediante mangueras.

Este sistema provee de un secado continuo de granulos provenientes de barriles o de silos, con el propósito de asegurar la alimentación del material a las máquinas sin interrupciones.

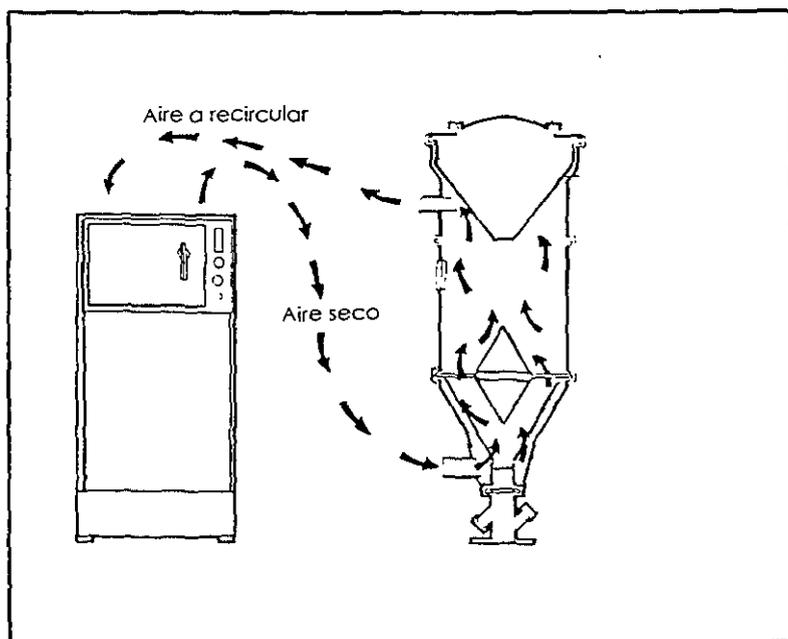


Figura No 57 Dehumidificador de Aire Seco.

Para procesar adecuadamente las resinas de ingeniería, éstas se tienen que secar con un punto de rocío por debajo de -20°C . Se recomienda la compra de secadoras con monitores del punto de rocío y sensores para medir la temperatura del material de la tolva. De esta forma, se puede saber si algo no funciona adecuadamente antes de que el producto se termine.

No se debe perder de vista que una de las características más importantes en un secador es alcanzar y mantener constante la temperatura de secado.

2. DOSIFICADORES O CARGADORES

En plantas pequeñas, el material casi siempre se suministra en sacos de 25 kg y de estos, se alimentan manualmente las tolvas de la máquina de inyección. Los operadores tienen dentro de sus responsabilidades mantener la tolva llena para evitar que se interrumpa la operación.

En plantas de mayor tamaño, se compra el plástico en sacos de 500 a 1,000 kg. En estos casos, la carga manual a la tolva es difícil, por ello se utilizan cargadores de vacío, que absorben el material de los sacos transportándolo a la tolva.

Los cargadores de vacío se utilizan en combinación con los transportadores de vacío. La operación de los cargadores de vacío es simple, ya que absorben el material de los sacos conduciéndolo a la tolva, ésta generalmente, tiene indicadores de nivel, que controlan la carga, con el fin de mantener la cantidad de material constante. Cuando el nivel del material baja, el indicador de nivel envía una señal eléctrica para encender el motor de la unidad de vacío que lleva material a la tolva hasta alcanzar el nivel superior deseado.

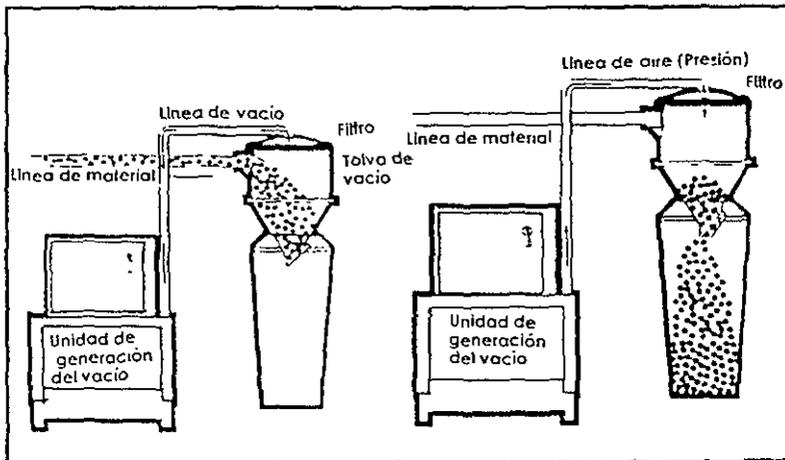


Figura No 58 Ciclo de Dosificador de un Cargador de Vacío

a) Dosificador Volumétrico

Se instala entre la tolva y el cilindro. Consiste en un mecanismo de dos pistones, que dejan un espacio libre y definido en el que cae el material. Al retroceder el pistón, los pellets caen al cilindro, que es alimentado con cantidades exactas.

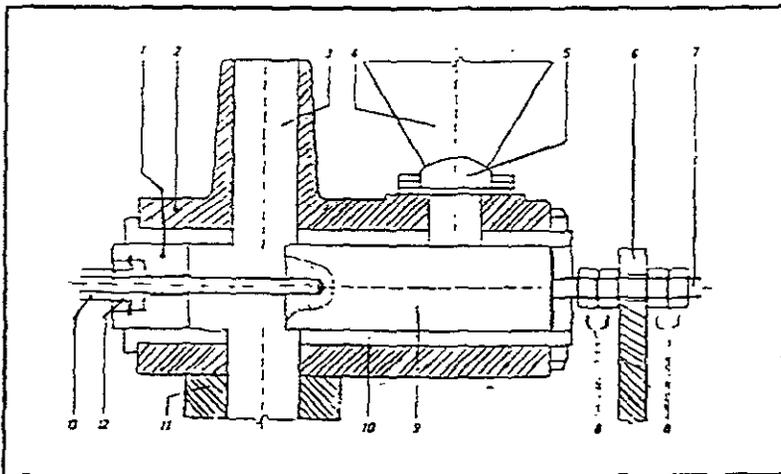


Figura No.59 Esquema de un Dispositivo Dosificador Volumétrico con Dos Pistones.

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1) Pistón limitador | 8) Contratuercas |
| 2) Caja | 9) Pistón dosificador de avance |
| 3) Orificio de control | 10) Camisa |
| 4) Tolva de material | 11) Placa Transversal |
| 5) Corredera | 12) Guía de movimiento |
| 6) Estribo de accionamiento | 13) Vástago Roscado |
| 7) Vástago de movimiento | |

b) Dosificador Gravimétrico

Trabaja con un vibrador electromagnético, que suministra el material en una balanza que está situada sobre la apertura de alimentación del cilindro. Así, cuando avanza el husillo o pistón, el material es pesado, y en el momento de retroceder, la cantidad de pellets previamente pesados son vaciados para ser transportados y plastificados.

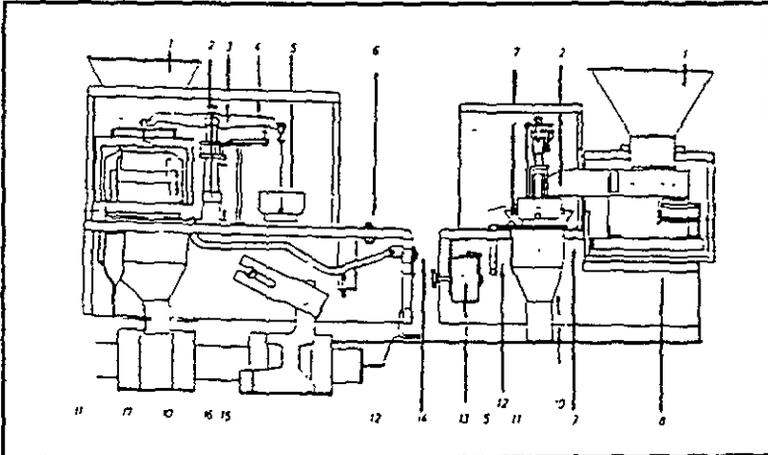


Figura No.60 Esquema de una Balanza Dosificadora.

- | | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 1) Tolva de material | 10) Boca de caída |
| 2) Carril deslizante | 11) Platillo de pesada del material |
| 3) Cruz de la balanza | 12) Varilla |
| 4) Contacto | 13) Potenciómetro |
| 5) Platillo de pesas | 14) Interruptor |
| 6) Contacto por botón | 15) Rodillo de accionamiento |
| 7) Indicador | 16) Estribo elevador |
| 8) Vibrador | 17) Placa transversal |
| 9) Tope angular | |

3. ENFRIADORES O SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

La transferencia de calor es un elemento básico en el procesamiento de los plásticos. En una gran cantidad de procesos de transformación, el plástico en estado fundido transfiere su calor, provocando el paso de estado líquido a estado sólido. También se requieren otros procesos de transferencia de calor durante la transformación de plásticos, entre ellos se incluyen: la eliminación de calor del sistema hidráulico y la operación de sistemas de compresión de aire.

Los niveles requeridos de la temperatura del agua son esenciales para un análisis de los equipos de refrigeración y enfriamiento.

Primero se deben considerar los niveles de temperatura para varias aplicaciones del proceso. De manera general se dividen en tres categorías:

- De 27 a 30°C. Se utiliza generalmente agua de la torre de enfriamiento.
- De 7 a 13°C. Es común para este rango de temperatura usar un chiller.
- De -17 a 7°C. Es necesario adicionar al agua de enfriamiento un anticongelante, generalmente, etilen-glicol para evitar daños al equipo.

3.1. REQUERIMIENTOS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO

Para facilitar la selección del equipo de enfriamiento, es conveniente generalizar las temperaturas del agua de enfriamiento, como se clasificó en el párrafo anterior. Una vez que se han determinado las necesidades del proceso, pueden ser evaluadas y seleccionados los equipos específicos.

En la tabla de requerimientos de temperaturas de enfriamiento, se observa que en la mayoría de los casos puede enfriarse con un equipo como la torre de enfriamiento.

Los equipos mecánicos de refrigeración o chillers, se requieren para producir agua fría en rangos bajos de temperatura. Los chillers pueden suministrar agua en el rango de -7 a 16°C.

Como una regla general, la distribución de agua a temperaturas bajas, cerca de los 7°C, se puede suministrar sin el uso de anticongelantes, el uso de éstos se recomienda para temperaturas inferiores a la citada.

REQUERIMIENTOS DE LAS TEMPERATURAS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO

Aceite Hidráulico	27 a 30°C
Compresores de Aire	27 a 30°C
Bombas de Vacío	27 a 30°C
Moldes de Inyección	-7 a 13°C

La importancia de los enfriadores principalmente del molde, radica en que si la unidad no es precisa y se obtiene una variedad de temperaturas, o no se logra un buen flujo del refrigerante, ello tendrá un efecto directo en la calidad de las piezas. Ya que una variación de 3 a 6°C en la temperatura del molde puede tener un efecto nocivo en la calidad de las piezas. La garantía de consistencia en esa temperatura es uno de los puntos más importantes que se deben considerar al comprar un equipo.

4. GRANULADORAS

Tienen la función de moler o reducir de tamaño las partes defectuosas, las rebabas y las coladas. La molienda tiene como objeto reducir el tamaño del plástico para volver a mezclar el material recuperado con plástico virgen en la tolva de alimentación de la inyectora.

La granuladora típica consiste en un conjunto de navajas rotatorias movidas por un motor, que giran dentro de una cámara en la que se coloca el material plástico a moler.

La acción rotatoria de las navajas, corta o muele por quebrantamiento. En el fondo de la cámara se encuentra una malla separadora que selecciona el tamaño de los granulos, con el propósito de alimentarlos de nuevo al proceso. Si el material molido es demasiado grande, permanece en la cámara hasta que su tamaño es el adecuado. Las mallas pueden cambiarse fácilmente para variar el tamaño de la molienda.

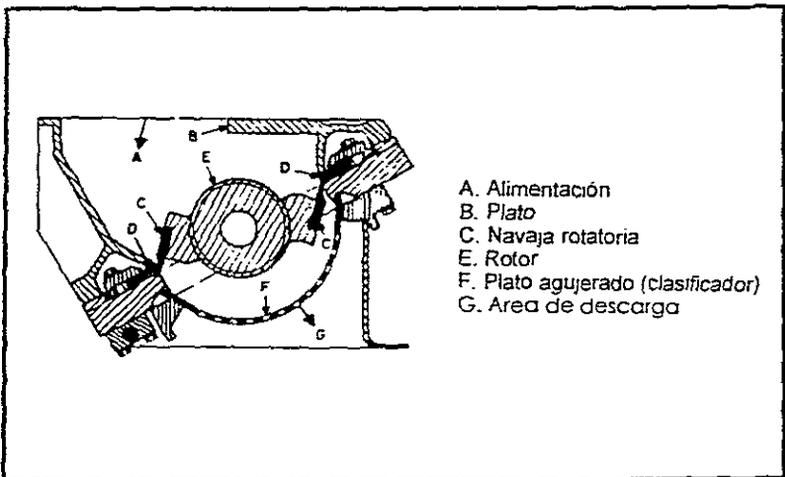


Figura No.61 Sección de una Cámara de Corte de una Molidora.

En plantas pequeñas, se recomienda que la granuladora se coloque cerca de la máquina de inyección con el fin de moler las partes rápidamente y evitar la posible contaminación por el manejo de los desperdicios. En muchos casos, la granuladora tiene un transportador de aire para llevar los gránulos de nuevo a la tolva y mezclarlos con el plástico virgen.

En otras plantas, se utiliza un sistema central de granulación para todas las máquinas existentes en la planta. En este caso, el sistema de recolección de partes defectuosas y coladas debe estar muy bien organizado para eliminar la contaminación durante el manejo de materiales. Las moledoras centralizadas, son bastante grandes y requieren de un espacio considerable, se colocan en un área especial para la molienda de materiales. Este aislamiento también elimina el exceso de ruido en la planta.

Es preciso tener mucho cuidado y limpiar las moledoras perfectamente antes de proceder a granular otro color u otro tipo de plástico.

Según la experiencia de algunos usuarios, para comprar con cuidado un granulador se deben considerar los siguientes factores: la seguridad, la insonorización, la calidad de retriturado y la simplicidad del mantenimiento, aunados a un buen precio.

Los granuladores de alta velocidad, se recomiendan para moler piezas como coladas y rebabas; los de baja velocidad son mejores para reducir piezas gruesas, densas y grandes.

5. ROBOTS

Toman parte de los *componentes de automatización de las plantas de inyección*.

Se utilizan para el retiro de las piezas terminadas, paletización y control de calidad, así como para dispositivos de inserción.

En máquinas pequeñas, medianas y grandes los robots son como equipo estándar. Los robots que son libremente programables, han desplazado a los "equipos de manejo" anteriores.

El robot tiene la ventaja de que puede ser integrado con su control por separado en cualquier modelo o marca de máquinas existentes.

Según algunos transformadores, la inversión en un robot vale la pena si se hacen algunas funciones externas como el estampado en caliente, eliminación de coladas, o empaque; pero si se utiliza el robot únicamente para sacar la pieza del molde y colocarla en la banda transportadora, se gastaría dinero sin necesidad.

V. MOLDES

El molde de inyección es un conjunto de platos de acero y otros componentes que al estar ensamblados en forma adecuada e instalados en la prensa de inyección, pueden producir la pieza deseada a partir de un material plástico.

1. MATERIALES PARA MOLDES

El molde tiene la misma importancia que la máquina de inyección, ya que si falta alguno de los dos no es posible la producción de piezas.

Es importante considerar los aspectos esenciales para la producción de un molde rentable.

Uno de los puntos, es el material del molde para la elaboración de piezas de plástico por el proceso de inyección. Son indispensables moldes de buena calidad, con precisión y deben presentar una larga vida útil. Estos moldes se fabrican en acero y algunos otros en metales no ferrosos.

La elección del tipo de molde para una pieza que se va a fabricar, está determinada por consideraciones de rentabilidad, que dependen de:

- Exigencias impuestas a la pieza fabricada
- Costos de fabricación del molde
- Tiempo de ciclo
- Número de piezas a fabricar en el molde

Como se puede observar, las condiciones no están directamente relacionadas con las propiedades térmicas y mecánicas; aunque esto no significa que éstas no sean importantes, se debe evaluar y buscar un equilibrio entre las propiedades y condiciones de rentabilidad. Por ejemplo, los materiales con buenas propiedades térmicas, generalmente presentan propiedades mecánicas menores. Los tiempos de ciclo cortos, casi siempre significan duraciones de vida menos elevadas.

Generalmente, los moldes de acero se elaboran por maquinado fresado, torneado, cepillado, entre otros, ello implica un alto costo de fabricación en comparación con los moldes colados, los primeros, se emplean en piezas con altas exigencias como. buen aspecto de la superficie. exactitud de medidas, elevada producción, gran número de piezas, entre otros.

Si sólo se requieren efectuar algunas inyecciones de ensayo para obtener muestras de un artículo, regularmente se eligen materiales económicos y métodos de fabricación sencillos para el molde. En tal caso, se utilizan metales no térmicos y en ocasiones, algunas resinas. Los moldes se fabrican por colada.

1.1. ACEROS

Deben satisfacer ciertas exigencias en la construcción de moldes para el proceso de inyección, dichas exigencias proceden de las condiciones impuestas a la pieza terminada y de los esfuerzos a los que se somete el molde. En consecuencia, los aceros deben poseer las siguientes propiedades:

- Buenas condiciones para su elaboración
- Resistencia a la compresión, temperatura y abrasión
- Capacidad para ser pulido
- Resistencia a la tracción y tenacidad
- Tratamiento térmico sencillo
- Deformación mínima
- Buena conductividad térmica
- Buena resistencia
- Resistencia a los ataques químicos
- Gran estabilidad dimensional en un amplio rango de temperaturas

Un solo tipo de acero no puede presentar todas estas propiedades de manera óptima. Por ello, antes de fabricar un molde es preciso evaluar las propiedades indispensables impuestas por su aplicación. Estas pueden estimarse según los siguientes puntos:

PROPIEDAD A EVALUAR	PUNTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR
Masa de Moldeo	Exigencia de corrosión, abrasión, conductividad térmica y viscosidad.
Tipo y Magnitud del Esfuerzo Mecánico	Tamaño de la cavidad, presión de inyección, forma de molde, presión necesaria
Método de Fabricación del Molde	Maquinado, troquelado, erosión.
Tratamiento Térmico Necesario	Temple, cementación.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, se procede a la elección del acero apropiado entre la gama que ofrece el mercado. Los aceros se clasifican en:

- Aceros de Cementación
- Aceros de Temple Total
- Aceros Bonificados
- Aceros Resistentes a la Corrosión
- Aceros de Nitruración

1.1.1. Aceros de Cementación

Reunen las condiciones que más se aproximan a las exigencias de un molde y son los que más se consumen para la fabricación de moldes. Su ventaja particular, de estos aceros consiste en que origina una superficie dura como el vidrio y, a la vez, un núcleo resistente y tenaz, estas propiedades se logran mediante el proceso de cementación o carburación. El proceso consiste en calentar los moldes fabricados con acero de bajo carbono, menos del 0.2%, en un medio que aporte carbono, sosteniendo una temperatura entre 850 - 1,000°C, y enfriando a continuación con aceite o agua. Al efectuar el calentamiento en un medio que desprende carbono, las capas externas del molde se enriquecen de este elemento.

El contenido de carbono en las zonas externas puede alcanzar por este proceso hasta un 0.8% y la profundidad de esta capa un espesor entre 0.6 a 2 mm. El medio de carbono puede ser gaseoso, líquido o sólido, según las necesidades.

Las propiedades de dureza superficial y núcleo tenaz, obtenidas del acero, hacen que los moldes sean resistentes a la abrasión y a esfuerzos repetidos y bruscos.

1.1.2. Aceros de Temple Total (Aceros Martensíticos)

En estos se produce el aumento de dureza por la formación de martensita, debido al rápido enfriamiento que se realiza después del calentamiento. Las características que pueden alcanzarse con este material dependen del agente refrigerante y de la velocidad de enfriamiento. Los agentes de enfriamiento son agua, que proporciona un enfriamiento rápido; aceite y aire, que son más suaves.

El proceso de temple comprende: calentamiento, estabilización de la temperatura, enfriamiento con formación de la estructura de temple y revenida para mejorar la tenacidad.

Con el proceso de revenido se pueden regular propiedades como dureza, resistencia y tenacidad, individualmente de forma óptima. Las temperaturas de revenido se sitúan en 160 y 200°C.

Los moldes fabricados con aceros templados, tienen una resistencia a la abrasión como consecuencia de su elevada dureza, por tal razón, se utilizan en el moldeo de plásticos con efectos abrasivos como los plásticos reforzados con fibra de vidrio. Sin embargo, son sensibles a la formación de grietas y a la deformación en comparación con los moldes de cementación o bonificados. Se utilizan para moldes pequeños o partes planas de los mismos.

1.1.3. Aceros Bonificados

Se utilizan cuando se quieren evitar variaciones en las dimensiones o deformaciones producidas durante un tratamiento térmico. Estos aceros, pueden elaborarse con cierta facilidad y económicamente por maquinado. Evitan al fabricante de moldes las dificultades de un tratamiento térmico. Su aplicación es especialmente ventajosa para la construcción de moldes de grandes dimensiones.

Los aceros son bonificados en la propia industria metalúrgica, el tratamiento térmico consiste en el templado de la pieza y un posterior calentamiento a temperaturas entre 300 a 700°C según los requerimientos, la martensita se descompone en carburo y cristales mixtos como consecuencia va unida una reducción de la dureza y de la resistencia, con un aumento de la tenacidad de estos aceros. A medida que aumenta la temperatura de revenido, crecen el alargamiento y la tenacidad.

1.1.4. Aceros Resistentes a la Corrosión

Algunos polímeros desprenden durante su transformación productos químicamente agresivos, generalmente, ácido clorhídrico o ácido acético. Para el moldeo de estos materiales se utilizan recubrimientos galvánicos en los moldes, tales como capas de cromo o níquel. Sin embargo, estos revestimientos son de eficiencia duradera solo cuando se consigue que el espesor de la capa sea uniforme al hacer la aplicación. El riesgo de que el revestimiento no sea uniforme en todas sus partes es especialmente grande en los moldes con contornos complicados.

En el caso del cromado de las superficies, además de proporcionar buena resistencia a la corrosión, eleva la calidad de los mismos con un acabado brillante, reduce la abrasión y permite que la pieza inyectada no se adhiera.

Si no puede garantizarse la obtención de un recubrimiento de cromo uniforme, se recomiendan los aceros resistentes a la corrosión, que tienen un bajo contenido de carbono, y combinados con 12% mínimo de cromo; sin embargo, en su composición normal, estos aceros solo pueden emplearse hasta una temperatura de unos 400°C, ya que por encima de dicha temperatura existe el peligro de una corrosión intercrystalina debido a la separación del carburo.

1.1.5. Aceros de Nitruración

Pueden nitrurarse todos los aceros que contengan en su aleación aditivos que formen nitruros, estos aditivos de aleación son cromo, aluminio, molibdeno y vanadio. Si los aceros que contienen estos aditivos se someten a un recocido en un baño salino cianuro-cianato, en corriente de amoníaco, o en el seno de una descarga de corriente eléctrica de elevada intensidad, a temperaturas situadas entre 500 y 580°C, o bien, entre 350 y 580°C para la ionitruración, se produce una difusión de nitrógeno en la superficie del molde y los aditivos de la aleación forman nitruros, que confieren a la capa nitrurada una elevada dureza. Sin embargo, la máxima dureza se encuentra algunas centésimas de milímetro abajo de la superficie, por ello es necesario efectuar un trabajo posterior de pulido. El espesor de la capa de nitruración depende de esta operación.

Los aceros de nitruración se suministran recocidos. Pueden maquinarse sin dificultad con torno, fresadora, cepillo, entre otros. Su ventaja principal es que tras el tratamiento térmico se obtienen moldes sin lesiones, de gran tenacidad, con elevada dureza superficial y resistencia a la corrosión mejorada. Normalmente, no sucede una deformación de los moldes durante la nitruración.

1.2. METALES NO FERROSOS

Los principales metales no ferrosos empleados para la elaboración de moldes son:

- Cobre y sus aleaciones
- Zinc y sus aleaciones
- Aluminio y sus aleaciones

1.2.1. Cobre y sus Aleaciones

La principal ventaja en la fabricación de moldes, se basa en la elevada conductividad térmica y flexibilidad del material, que permite equilibrar rápidamente y sin peligros las tensiones debidas a un calentamiento no uniforme.

Las propiedades mecánicas del cobre no son muy buenas; aunque pueden mejorarse por troquelado en frío. En general, no cumple con las exigencias de los materiales para la fabricación de moldes. Las aleaciones más conocidas para la construcción de moldes son:

- Cobre-berilio-cobalto
- Cobre zinc (latón)
- Cobre estaño (bronce)

Estas aleaciones se emplean principalmente en la fabricación de elementos interiores y boquillas, siempre que existan exigencias particulares referentes a la conductividad térmica.

1.2.2. Zinc y Sus Aleaciones

Únicamente se emplea para la fabricación de moldes destinados a inyecciones de prueba o para la producción de series reducidas. Los moldes se obtienen, generalmente por colada, resultando ventajosa su temperatura. Esta permite emplear, además de los modelos de acero, madera, yeso o plástico. Tras la colada se maquilan los planos de partición del molde.

Los moldes también pueden fabricarse por troquelado en caliente y emplearse hasta temperaturas de alrededor de los 100°C.

1.2.3. Aluminio y Sus Aleaciones

Presenta algunas ventajas particulares como: ligereza, elevada conductividad térmica, buena estabilidad química y fácil maquilado. Su aplicación queda limitada por su reducida resistencia mecánica. Por ello con frecuencia se recurre a sus aleaciones templadas, que alcanzan buenas resistencias. Las resistencias máximas se consiguen con las aleaciones endurecibles aluminio-cobre-níquel, aluminio-cobre-magnesio y aluminio-magnesio-silice, cuya temperatura de trabajo se sitúa abajo de los 120°C.

Debido a las bajas propiedades mecánicas de los moldes de aluminio y sus aleaciones, se emplean rara vez en inyección; pero se utilizan frecuentemente para la obtención por soplado de cuerpos huecos.

2. DENOMINACION PARA LOS ELEMENTOS DEL MOLDE

Así como la industria de maquinaria o cualquier industria tiene una terminología única, la industria de moldes tiene la suya, por ello es preciso conocerla y familiarizarse con ella, ya que son de uso constante en la industria y en las plantas de moldeo.

2.1. FUNCIONES Y PARTES DEL MOLDE

Las funciones del molde dentro del proceso de inyección son:

- Proporcionar forma al producto con las dimensiones adecuadas
- Solidificar la pieza mediante enfriamiento
- Expulsar la pieza de las cavidades del molde

En la figura no. 62 se muestra un diagrama con las partes principales del molde:

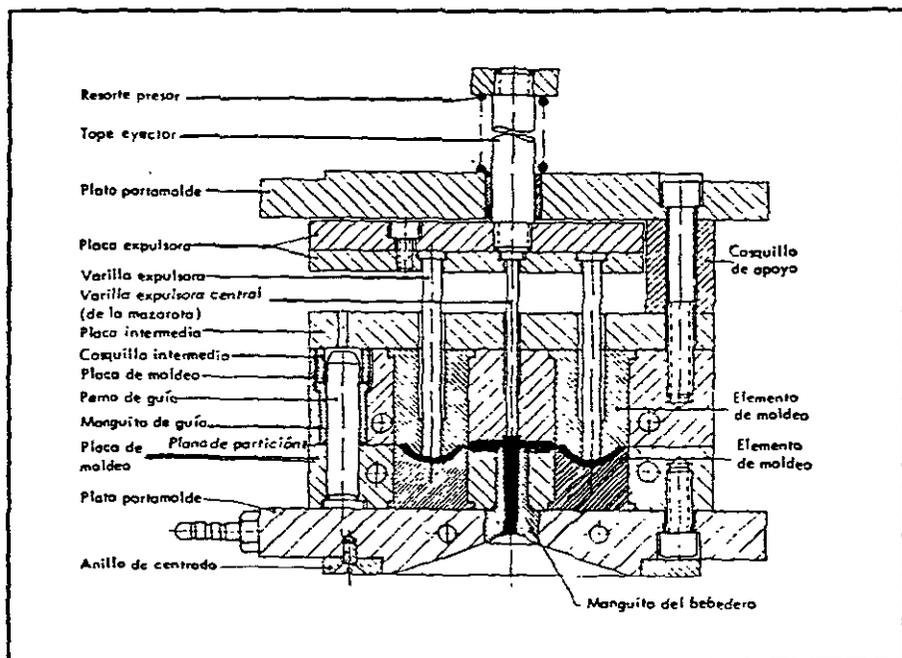


Figura No.62 Designación de las Partes del Molde.

FUNCIONES DE LAS PRINCIPALES PARTES DEL MOLDE

PARTE	FUNCION
Plato Fijo	Sostiene el plato frontal de la cavidad, el anillo retenedor o acoplador y el bebedero.
Barras Guía	Mantienen alineadas las dos partes del molde.
Bebedero	Permite la entrada del material fundido al interior del molde.
Coladas	Dirigen el plástico fundido del bebedero a las cavidades.
Punto de Inyección	Controla el flujo dentro de la cavidad.
Cavidades (hembra y macho)	Controlan el tamaño, forma y textura de artículo moldeado.
Canales de Enfriamiento	Controlan la temperatura de la superficie interior del molde por medio de un agente refrigerante (generalmente agua), enfriando el plástico hasta su solidificación.
Orificios de Venteo	Permiten la salida del aire y gases atrapados en el interior del molde.
Pernos Eyectores o Botadores	Retiran la pieza moldeada y del interior de la cavidad del molde.

3. CLASIFICACION DE LOS MOLDES

Es difícil establecer una clasificación de los moldes, debido a la gran variedad de materiales y máquinas que se encuentran en el mercado, y de la configuración adoptada por cada fabricante. Sin embargo, con el transcurso del tiempo se han ido desarrollando una serie de construcciones que se repiten constantemente para los artículos más diversos. A continuación, se ofrece una clasificación tomando como criterio el tipo de desmoldeo.

3.1. MOLDE NORMAL O ESTANDAR

Es la forma más simple y utilizada de construcción. Consta de dos mitades que se unen en la línea de partición, cada mitad esta unida a la placa fija y a la móvil de la unidad de cierre. La apertura del molde se lleva a cabo en una dirección, y la expulsión de la pieza mediante la gravedad o por medio de botadores.

Este tipo de molde se utiliza para piezas que no lleven negativos o salientes perpendiculares a la dirección de apertura de la máquina, para que la expulsión pueda efectuarse de manera fácil.

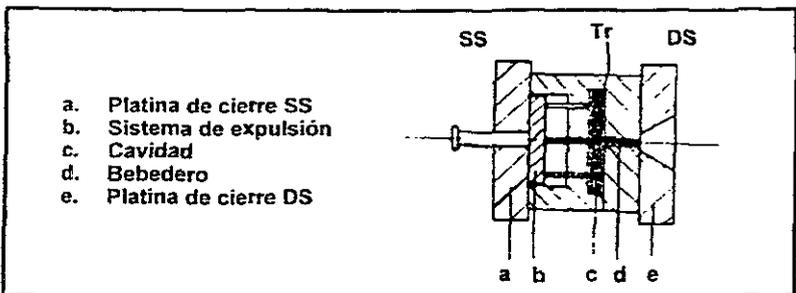


Figura No.63 Diagrama Esquemático del Molde Normal o Estándar.

3.2. MOLDE CON PLACA EXPULSORA

Su diseño y construcción es muy similar al molde normal o estándar, la variación se encuentra en el medio de expulsión, en donde se sustituyen los botadores por una placa que tiene el contorno de la pieza moldeada, con el objeto de expulsarla uniformemente.

Este tipo de molde, se utiliza cuando se moldean piezas con formas de recipientes, o bien, tapas, aparatos electrodomésticos, que no presenten negativos o salientes perpendiculares a la dirección de apertura de la máquina.

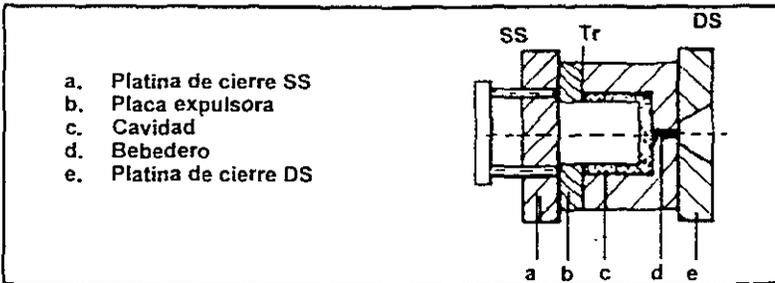


Figura No.64 Diagrama Esquemático del Molde con Placa Expulsora.

3.3. MOLDE CON PERNOS INCLINADOS

A este tipo de molde, se añade un sistema de pernos inclinados que accionan una o varias correderas, generando un movimiento lateral durante la apertura.

Por lo menos una de las superficies de la corredera está en contacto con el material en la parte de la cavidad, en ella se encuentra moldeado el negativo que posee la pieza y al deslizarse la corredera durante la apertura, libra dicha saliente y permite la expulsión.

Este sistema se utiliza en piezas planas que poseen negativos o con formas que presenten cuerda externa. Por esta razón, el movimiento de apertura se presenta en dirección horizontal y vertical, provocado por el deslizamiento de las correderas a lo largo de los pernos inclinados.

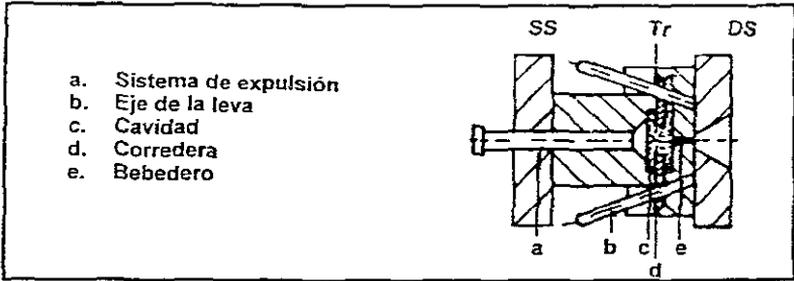


Figura No.65 Diagrama Esquemático del Molde con Pernos Inclinados.

3.4. MOLDE DE DESPLAZAMIENTO LATERAL CON PLACA DE REFUERZO

Si construcción y diseño es parecido al molde con pernos inclinados. Funciona bajo el mismo principio. El sistema básico de este molde consta de una placa de refuerzo que representa dos paredes inclinadas sobre las cuales se deslizan las partes que forman las cavidades, de tal forma, que al abrirse el molde y accionarse el sistema de expulsión las cavidades se deslizan sobre la placa soporte abriéndose lateralmente.

Se utiliza para piezas muy largas o anchas que posean negativos, o cuando se tiene cuerda externa. La placa de refuerzo soporta esfuerzos laterales mayores que los pernos inclinados.

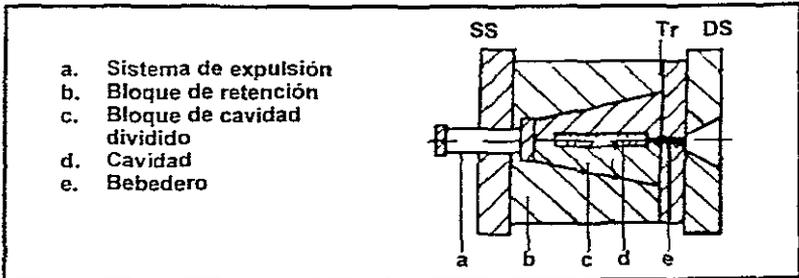


Figura No.66 Diagrama Esquemático del Molde con Placas de Refuerzo.

3.5. MOLDE CON DESENROSQUE AUTOMATICO

Está diseñado para hacer girar el corazón sobre el que se encuentra moldeada la cuerda interna de las piezas, generalmente tapas, para que se desenrosque, es necesario que el tornillo que acciona el engrane tenga el mismo paso que la cuerda de la pieza, además se necesita que mediante alguna forma marcada en la base de la tapa, se fije la pieza para que no gire junto con el corazón.

Se utiliza principalmente para el moldeo de tapas, pero generalmente en piezas con cuerda interna.

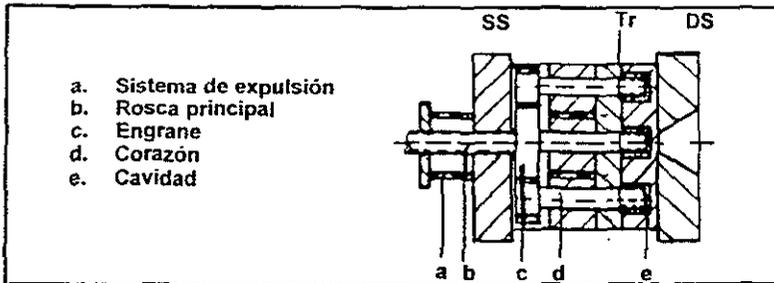


Figura No.67 Diagrama Esquemático del Molde con Desenrosque Automático.

3.6. MOLDE CON SISTEMA DE TRES PLACAS

Presenta dos líneas de partición que al abrirse, el molde queda dividido en tres partes. Sobre una de las líneas de partición, se encuentra alojado el canal de distribución, y sobre la segunda, la pieza. La finalidad de este diseño es abrir el molde en etapas para separar en una fase la pieza o piezas de la colada y, posteriormente, expulsar ambas partes del molde, lograndose una automatización en el proceso de moldeo.

Este sistema es frecuentemente utilizado en combinación con los moldes de colada caliente.

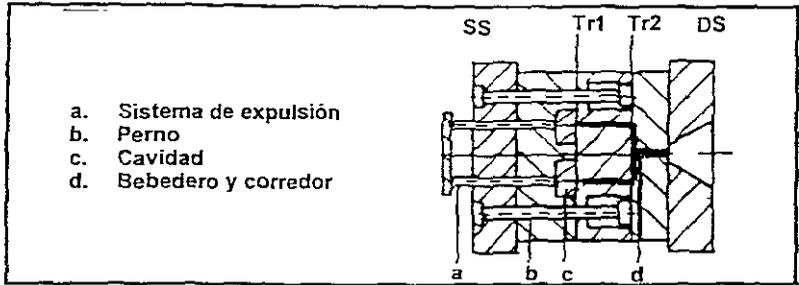


Figura No.68 Diagrama Esquemático del Molde con Sistema de Tres Placas.

3.7. MOLDE DE COLADA CALIENTE

Este tipo de moldes ha ganado gran importancia por las ventajas que presenta, ya que permite trabajar en forma automática, al no existir coladas, el desperdicio es mínimo y disminuye el material a reprocesar.

Para comprender el funcionamiento del sistema de colada caliente y ver con mayor calidad las ventajas de este, primero se describe un sistema con colada convencional y, posteriormente, un sistema de colada caliente.

En un sistema con colada convencional, la masa fundida fluye del bebedero a las cavidades del molde a través de los canales de distribución. En el bebedero y los canales de distribución, el material debe permanecer caliente y fundido, para que una vez transcurrido el ciclo de inyección, el material se encuentre disponible para el siguiente ciclo.

El volumen de los canales de distribución debe ser adecuado, pues, se debe considerar la cantidad necesaria de material para llevar a cabo un ciclo y el tiempo en que dicho ciclo se realiza, para así evitar que el material permanezca demasiado tiempo sometido a temperatura.

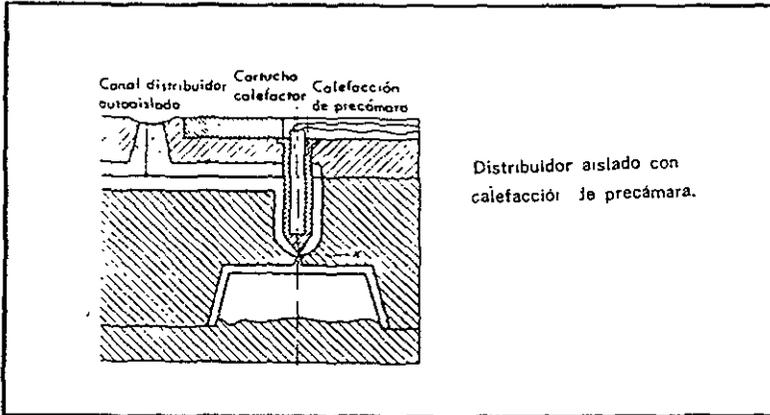


Figura No.69 Sistema de Colada Convencional.

Por su parte los moldes de colada caliente, son similares a los moldes de tres placas; sin embargo, el sistema de correderas está situado dentro de una placa y es calentado por resistencias de cartucho hasta poco antes de llegar a la cavidad.

Existen diferentes variedades de colada caliente con este tipo de moldes en los que se alternan el no tener colada alguna o el tener sólo una pequeña colada con cada pieza inyectada.

Este sistema elimina las grandes cantidades de material desperdiciado por las coladas y favorece la operación automática.

Cuando se utilizan calentadores tipo torpedo, éstos deben ser fabricados con una buena aleación de acero inoxidable. Las aleaciones de cobre-berilio no se recomiendan para este tipo de aplicaciones.

Para obtener los mejores resultados en este tipo de moldes, se presentan las siguientes indicaciones:

- Balancear apropiadamente hacia todas las cavidades.
- Aislar de otras partes del molde para minimizar la pérdida de calor hacia las placas.
- Suministrar una distribución uniforme de su calor.

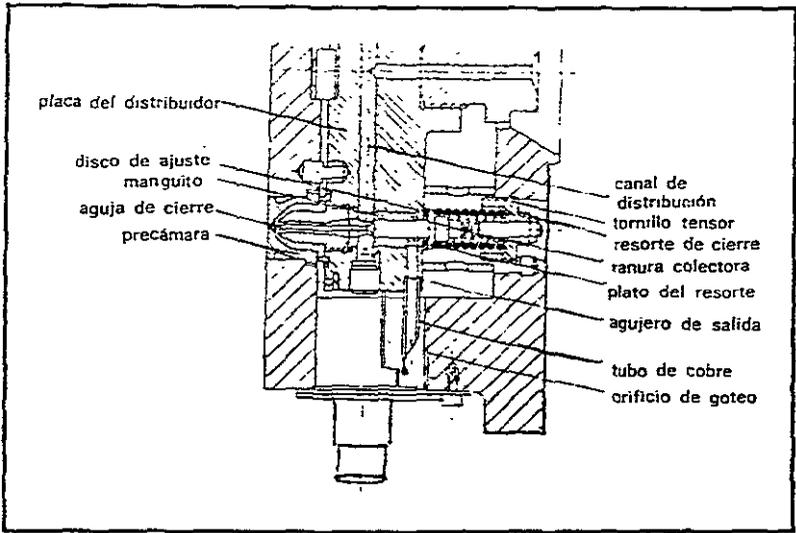


Figura No.70 Sistema de Colada Caliente con Válvula de Aguja.

Es conveniente aislar el molde de las placas inyectoras, ya que si la colada no está bien aislada, tanto de la cavidad como de las correderas, se sobrecalentarán, provocando largos ciclos de enfriamiento y aumentando el número de piezas defectuosas.

4. CONSIDERACIONES BASICAS PARA EL DISEÑO DE MOLDE

Es difícil ofrecer reglas generales para lograr una construcción adecuada de las piezas, éstas dependen en gran parte de un diseño adecuado del molde; sin embargo, a continuación se enlistan una serie de consideraciones que se deben considerar en el diseño del molde.

4.1. CONTRACCION

Los termoplásticos inyectados se contraen, es decir, al entrar el plástico fundido en forma disgregada al molde frío, disminuye su volumen durante el enfriamiento. Esta contracción influye directamente en las dimensiones finales de las piezas, por ello hay que tomarla en cuenta en el diseño del molde. Esta contracción es característica de cada material y cuando se diseña el molde es indispensable saber que material se va a inyectar para poder considerar la contracción en ese material.

4.2. BEBEDERO

Recoge la masa plastificada que proviene del cilindro de plastificación y la dirige al interior del molde. Aunque este canal de entrada varía según las normas de trabajo, generalmente tiene forma cónica para facilitar su desmoldeo.

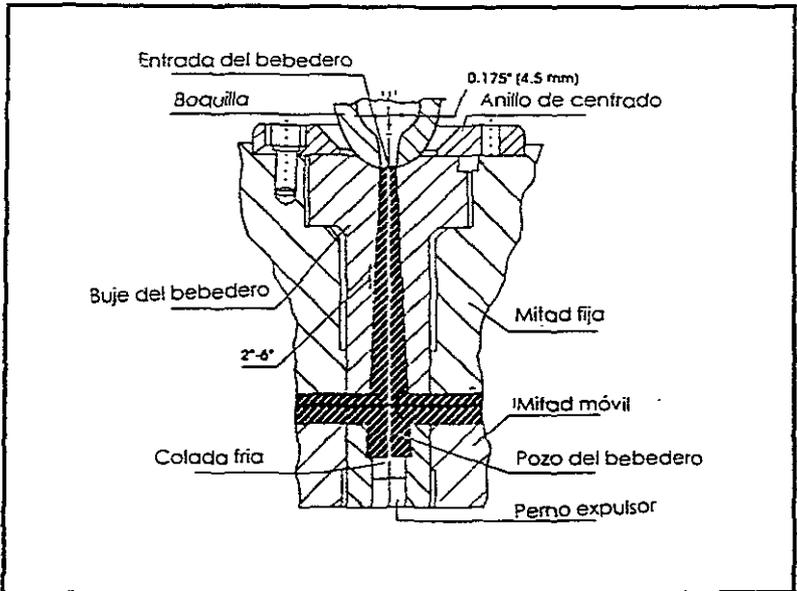


Figura No.71 El Bebedero deberá Ser Cónico.

La boquilla del cilindro, se apoya sobre el bebedero al cerrar la máquina, estableciéndose una junta de presión entre la boquilla y el molde, que representa una elevada carga local para el molde, por tal razón, se recomienda fabricar el bebedero de un acero templado, para prevenir la posibilidad de que se deteriore.

Las superficies de contacto entre la boquilla y el bebedero pueden ser planas o curvas.

Las superficies planas se emplean poco en la práctica, porque exigen mayor presión para el cierre; sin embargo, en los moldes de colada caliente, se prefiere este tipo debido al desplazamiento que ocasiona la dilatación térmica.

4.3. CANALES DE DISTRIBUCION O COLADAS

Como se ha mencionado, los canales de distribución constituyen la parte del sistema de llenado que une el bebedero con las cavidades del molde. Estos canales tienen la función de dirigir el material simultáneamente a todas las cavidades con la misma presión y temperatura.

En el proceso de inyección, los canales de distribución con sección circular permiten el máximo flujo del material, desafortunadamente, para poder desmoldear el canal tiene que dividirse por su diámetro en partes iguales, es decir, una mitad del canal del lado de la boquilla y la otra mitad del lado del extractor, esto resulta difícil de realizar, además el maquinado del canal por ambas mitades eleva los costos del molde.

Las secciones parabólica y trapezoidal son las más utilizadas por aproximarse a la geometría del círculo. Proporcionan un poco más de desperdicio que el canal circular.

En la figura no. 74 se comparan algunas secciones buenas y malas de los canales.

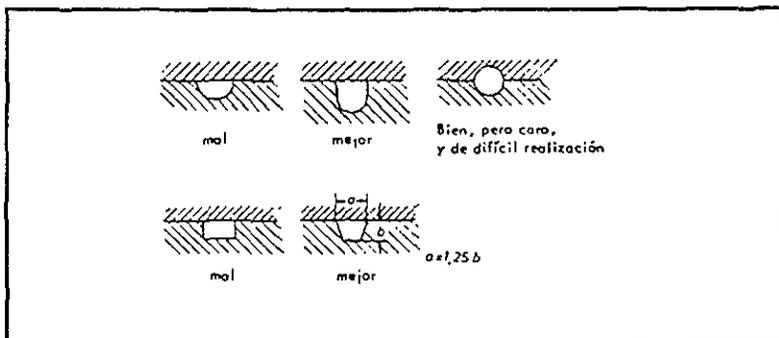


Figura No.72 Recomendaciones para las Secciones de los Canales.

4.4. PUNTOS DE INYECCION

Existen diferentes formas para el punto de inyección, en la selección del punto de inyección debe considerarse que sea lo más pequeño posible y de fácil desmoldeo, eligiendo que su posición en la pieza no origine marcas inoportunas, también es de importancia considerar la dirección del flujo de la masa fundida, ya que debido a la orientación molecular del material, los valores máximos de resistencia al impacto y a la tensión se alcanzan en dirección del flujo. Por tal razón, antes de construir el molde, se debe tener el concepto de los esfuerzos a los que va a estar sometida la pieza.

A continuación, se presentan los puntos de inyección más utilizados.

Punto de Inyección Submarino. Permite el corte automático de la colada de la pieza al momento de expulsarla. Es adecuada para la producción de piezas pequeñas de 50 g aproximadamente.

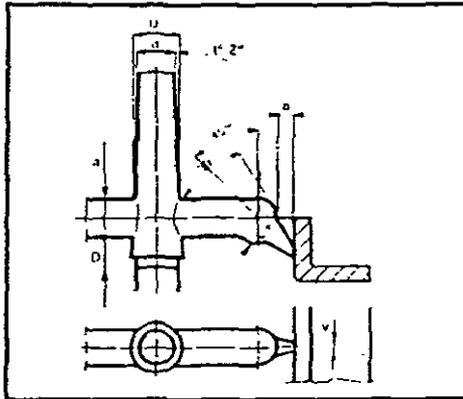


Figura No.73 Punto de Inyección Submarino.

Punto de Inyección de Película. Adecuado para piezas planas o de superficie amplia, en donde la distorsión o alabeo deba reducirse al mínimo. Puede considerarse como una variante de la inyección de abanico.

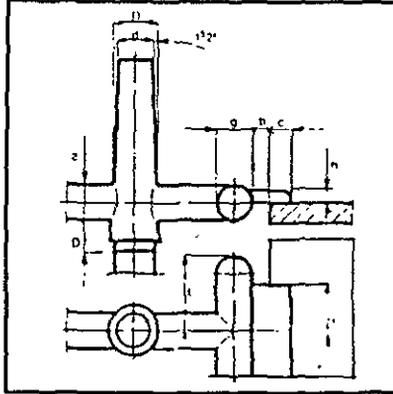


Figura No.74 Punto de Inyección de Película.

Punto de Inyección de Abanico. Es un punto de inyección lateral, utilizado para piezas planas y delgadas, ya que asegura una distribución uniforme del polímero. Contribuye a reducir la distorsión y es adecuado para piezas rectangulares. La sección de entrada debe ser menor a la del canal central.

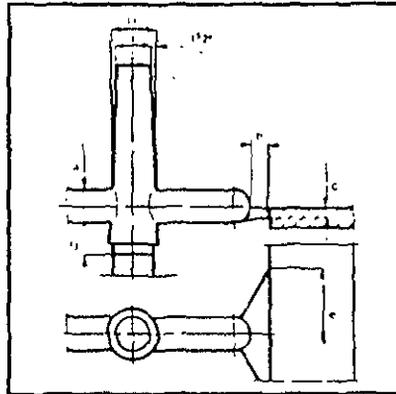


Figura No.75 Punto de Inyección de Abanico.

Punto de Inyección Radial. Para artículos tubulares que no requieren tolerancias cerradas. Puede utilizarse en combinación con la inyección de anillo o cónica. Las piezas pueden presentar errores de cantidad o líneas de unión.

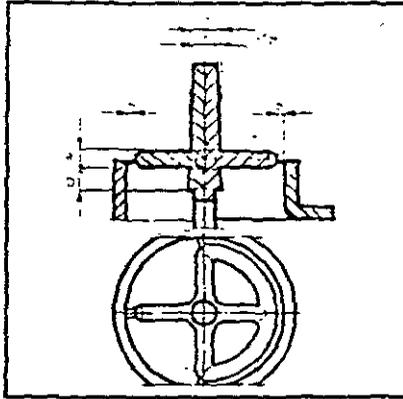


Figura No.76 Punto de Inyección Radial o de Estrella.

Punto de Inyección Cónico. Facilita el flujo del material alrededor del corazón o macho central, ajustándolo en la cavidad.

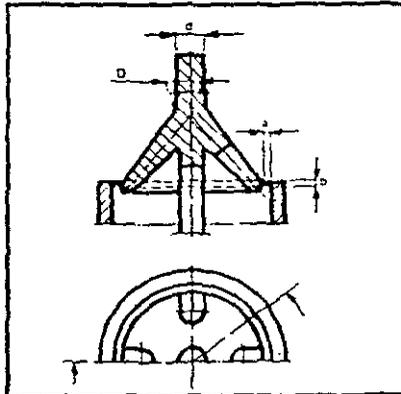


Figura No.77 Punto de Inyección Cónico.

Punto de Inyección de Anillo. Se utiliza para artículos tubulares. Permite que el material se distribuya alrededor del corazón, antes de bajar uniformemente el molde.

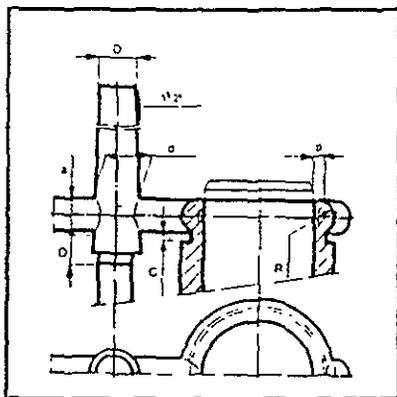


Figura No.79 Punto de Inyección de Anillo.

Punto de Inyección Tipo Sombrilla. Se utiliza en el moldeo de piezas cilíndricas, en donde se permiten niveles mínimos de deformación. Es una mezcla del punto de inyección cónico con otro en forma de embudo, con ello que se logra un llenado uniforme de las cavidades.

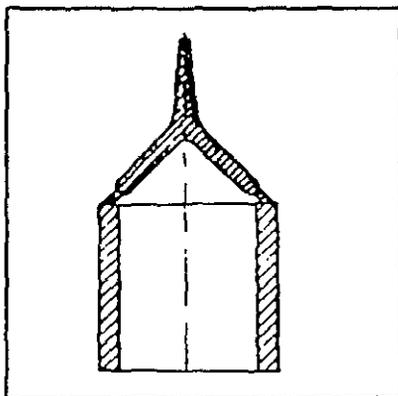


Figura No.78 Punto de Inyección Tipo Sombrilla.

Punto de Inyección de Lengüeta. Es adecuado para lentes ópticos y piezas planas. Atenúa el flujo turbulento del material en la cavidad del molde y reduce las tensiones residuales en la zona de inyección.

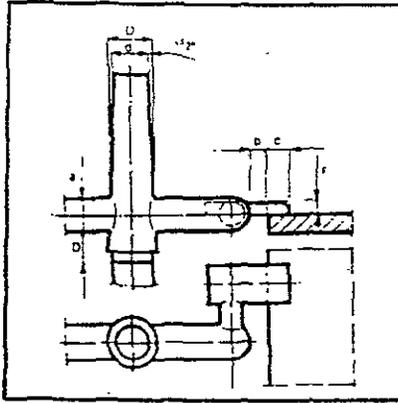


Figura No.80 Punto de Inyección Tipo Lengüeta.

4.5. ORIFICIOS DE VENTEO

Quando se realiza el llenado del molde, la masa tiene que desplazar el aire que se encuentra en el interior del mismo. Si el aire no tiene posibilidad de salida, se queda comprimido en el punto más alto o en las líneas de unión del flujo, produciendo quemaduras en la pieza que, generalmente, se caracteriza por tonalidades oscuras. Originando que la pieza se tiene que desechar, además el llenado no es completo.

Normalmente, para la salida del aire no se precisan medidas especiales, ya que tiene varias posibilidades por donde salir, por ejemplo, el plano de partición o los orificios donde pasan los pernos botadores.

La forma y posición de la entrada del material al molde, determinan el proceso de llenado y, por tanto, también la posibilidad de eliminación de aire, si la posición o forma de entrada es desfavorable y no garantiza la salida de aire, habrá que tomar algunas medidas para eliminarlo.

En estos casos, se deben colocar orificios de venteo en la periferia de la cavidad, principalmente donde por la geometría de la cavidad del molde y la localización de los puntos de inyección, se tenga el encuentro de frentes fríos de material al estarse llenando la misma.

4.6. CANALES DE ENFRIAMIENTO

Para piezas planas, con simetría de rotación, se recomienda el sistema de enfriamiento en espiral que se representa en la figura 83.

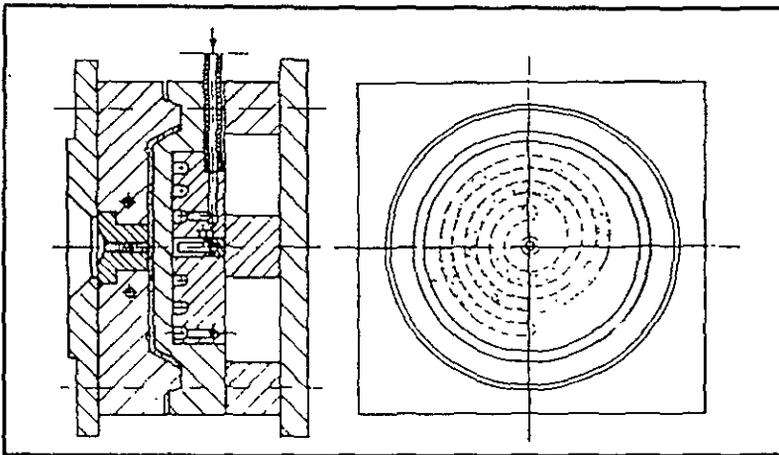


Figura No.81 Arreglo en Espiral del Canal de Enfriamiento.

El líquido refrigerante actúa primero sobre el punto frente a la entrada de la colada, consiguiendo que la diferencia de temperatura entre la pieza y el líquido sea la máxima en el punto más caliente, por ello puede disiparse mayor cantidad de calor. En su trayectoria espiral, el líquido adquiere calor, de modo que en los puntos donde la masa está ya más fría por ser más largo el camino de flujo, el gradiente de temperatura es menor y, en consecuencia, el calor disipado.

Los canales de enfriamiento rectilíneos, se recomiendan en moldes de piezas rectangulares inyectadas desde un lado.

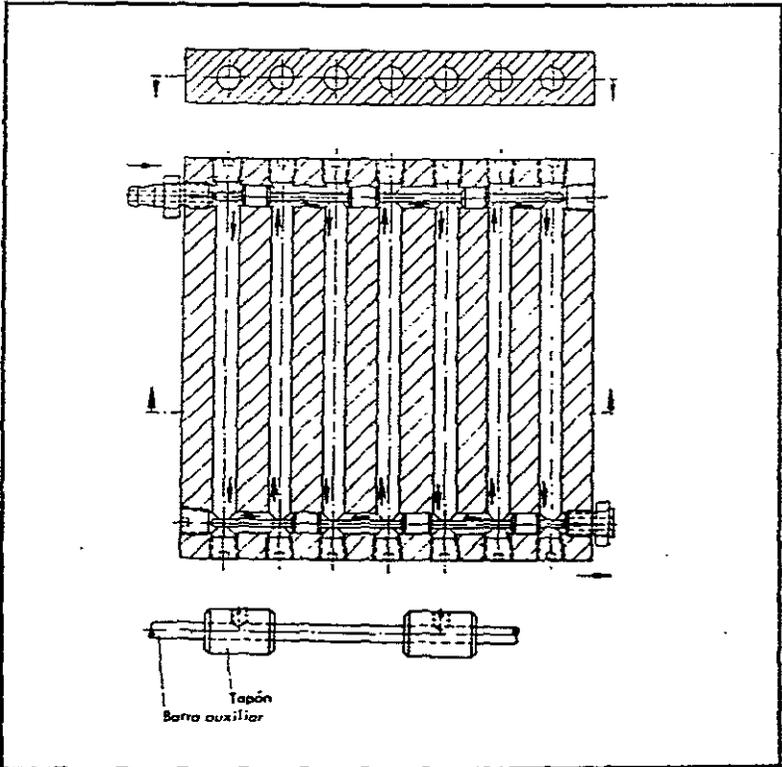


Figura No.82 Arreglo Rectilíneo de los Canales de Refrigeración en Piezas Rectangulares Inyectadas por un Lado.

La entrada del agente enfriador se coloca cerca del punto de la colada. En las piezas inyectadas por el centro, el sistema de enfriamiento rectilíneo ha de dividirse, de modo que el líquido recorra el mismo camino para enfriamiento en las mitades derecha e izquierda del molde. Esto se consigue dividiendo el sistema de enfriamiento y consiguiendo que el fluido penetre en ambas mitades por el centro, para situar los puntos de efluencia frente a la entrada de la colada o desde el exterior del molde.

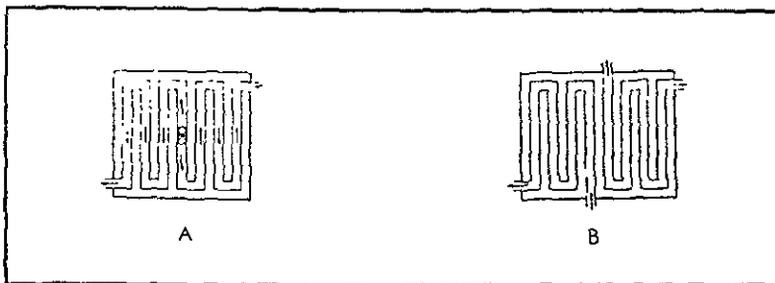


Figura No.83 Arreglo Rectilíneo de los Canales de Refrigeración en Piezas Rectangulares con Inyección Central. Sistema Partido.

- A) Acceso central, frente a la colada
- B) Entradas contrapuestas

Para el enfriamiento de núcleos en moldes múltiples han dado buenos resultados los sistemas representados en las figuras no. 86 y 87. De acuerdo con su constitución se les nombra como enfriamiento en serie o enfriamiento en paralelo. En el enfriamiento en serie, los distintos núcleos son recorridos sucesivamente por el líquido refrigerante; pero la diferencia de temperatura entre las piezas es variable. Para evitar este inconveniente se emplea el enfriamiento en paralelo.

En el enfriamiento en paralelo, el líquido refrigerante se mueve a los diversos núcleos desde un canal colector. Un segundo colector se encarga del retorno del líquido. Con esto se consigue tener un líquido refrigerante a la misma temperatura en cada núcleo, con un enfriamiento uniforme.

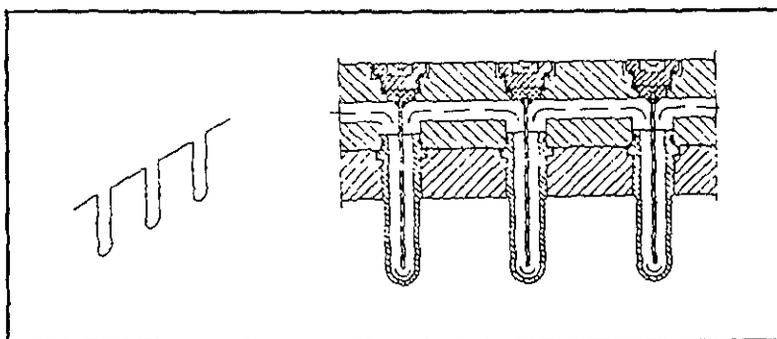


Figura No.84 Enfriamiento en Serie.

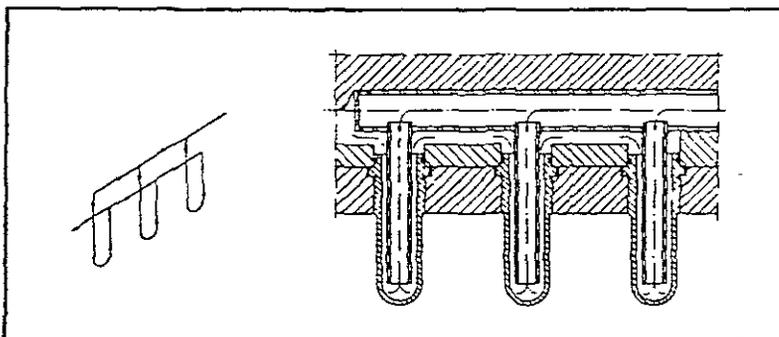


Figura No.85 Enfriamiento en Paralelo.

A continuación, se muestra un ejemplo de un circuito de enfriamiento para una caja de botellas. Cada corazón, corresponde al espacio para una botella y es enfriado internamente por circulación forzada de agua.

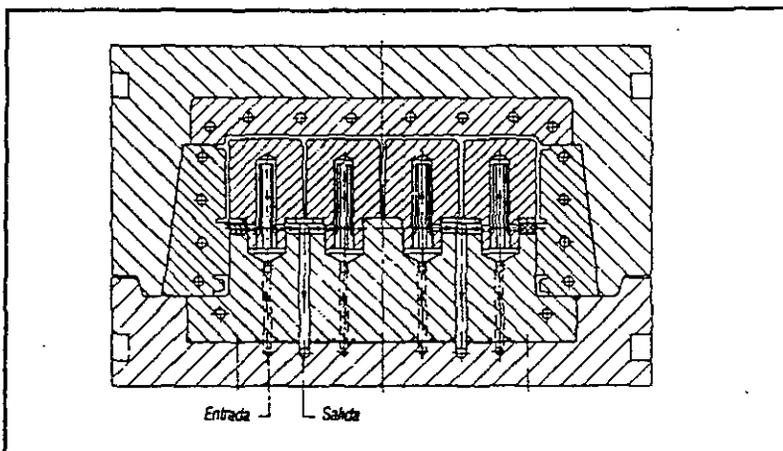


Figura No.86 Circuito de Enfriamiento en un Molde por Cajas de Botellas.

VI. SEGURIDAD DE UNA PLANTA DE INYECCION

1. ORGANISMOS QUE RIGEN LA SEGURIDAD EN UNA MAQUINA DE INYECCION

Las organizaciones que se han preocupado por normalizar las máquinas de inyección en cuanto a seguridad son las siguientes.

En los Estados Unidos existe la Occupational Safety and Health Act (OSHA) quien en 1970 declaró su propósito principal de: "Asegurar todo lo posible el trabajo de cada hombre y mujer con una seguridad nacional, bajo condiciones de trabajo saludables para preservar nuestros recursos humanos".

Es un organismo que cuenta con empresas afiliadas de fabricantes de maquinaria de inyección, que deben seguir los lineamientos de seguridad.

En 1976 la Society of the Plastics Industry, analizó los riesgos que se presentan durante el funcionamiento de una máquina de inyección y desarrolló normas de seguridad que debe de cubrir el equipo éstas fueron publicadas por medio de la American National Standards Institute (ANSI), en esa fecha. Además el ANSI promulgó el 1º de enero de 1979 su norma B151.1-90 que contiene las necesidades sobre la operación y seguridad de una Inyectora.

Los fabricantes de inyectoras deben de estar informados que la ANSI permite la aplicación de las especificaciones de OSHA bajo el código general de guardas 1910.212 para que se alinien a estas normas y reduzcan los accidentes por inseguridad.

2. IDENTIFICACION DE RIESGOS

Los riesgos se presentan en dispositivos o aparatos que tienen movimiento, que cierran a presión, giran, tienen calor, contienen electricidad o simplemente originan la causa para lastimarse, lesionarse o perder algún miembro del cuerpo. Dentro de la máquina de inyección existen riesgos que se pueden predecir como el cierre del molde y otros que a pesar de que no se pueden palpar físicamente, causan daños como son desprendimientos de vapores de algunos materiales.

Todo operador debe conocer la parte de riesgo de las máquinas de inyección, tanto para su seguridad como por el equipo. Los puntos donde se debe tener mayor cuidado son:

- Principalmente en el sistema del molde, ya que como este abre y cierra a grandes presiones, puede generar accidentes. Anteriormente, las piezas eran recogidas del molde manualmente por el operador, y algún error de su parte provocaba serias lesiones como pérdidas de algún brazo. Actualmente, para evitar tales situaciones se debe verificar que la puerta de seguridad del molde funcione perfectamente.
- En el montaje del molde. En esta etapa se debe tener cuidado en varias cosas, por ejemplo, la mesa donde se colocará el molde debe ser suficientemente fuerte para soportarlo, además en el momento de montarlo se deben de verificar los dispositivos de levantamiento como grúas, poleas, ganchos, cadenas, pernos, que se encuentren en perfecto estado.
- Al estar llenando la tolva de alimentación con el material, el operador a veces mete las manos en la garganta de alimentación, éstas se pueden atorar. Asimismo, al asomarse a la tolva una persona se le puede caer algún objeto personal como un arete u otro artículo, generando serios problemas a la máquina.
- En las bandas calefactoras del cilindro, se producen accidentes por quemaduras, ya que estas se encuentran a altas temperaturas.
- Otros accidentes por quemaduras, se producen cuando se está verificando la temperatura de masa fundida, como se realizan inyecciones al vacío, el material fundido puede caerle al operador en alguna parte de su cuerpo.

3. REGLAS DE SEGURIDAD

Todo operador antes de utilizar una inyectora debe conocer las normas de seguridad, tanto para su protección, como para la de la máquina y el molde. A continuación, se enlistan las principales reglas de seguridad.

- No se debe de operar la máquina si no se conoce su funcionamiento de operación y los dispositivos de seguridad.
- Verificar que todos los dispositivos de seguridad se encuentren en perfectas condiciones antes de operar la máquina. En caso que no funcione cualquier sistema, reportarlo al supervisor y no tratar de operar la máquina.
- Si el personal considera alguna acción de la máquina, notificaría al supervisor. Por ejemplo: cajas de unión abiertas, alambres desnudos, goteras de aceite o agua que presente la máquina.
- El área de trabajo y el piso de alrededor de la máquina se debe conservar limpio de aceite, agua o pellets regados, para evitar accidentes de caídas y resbalones.
- No deben hacerse desviaciones o cambios al equipo de seguridad. No obstruir los extinguidores de fuego, salidas de emergencia u otro equipo de emergencia.
- Evitar todo tipo de distracciones en el área de trabajo, provocadas por la lectura de periódicos, revistas, música o comida, así como está estrictamente prohibido jugar, cuando se este operando la máquina y principalmente cuando el operador deba extraer la pieza de la máquina.
- Se deben utilizar herramientas de bronce para limpiar el molde, la boquilla, el husillo y todas las partes donde fluya el material, dichos utensilios deben estar en buenas condiciones.
- Cuando el operador cargue un objeto pesado como bultos de materia prima, alguna pieza del molde u otra cosa, al levantarse tiene que conservar su espalda derecha e incorporarse con las piernas, si la carga es demasiado pesada, conseguir ayuda o notificar al supervisor.

- Utilizar ropa de trabajo que proteja de cualquier salpicadura de material. Esta no debe ser demasiado holgada. Es muy importante evitar tipos de ropa que cuelguen, como bufandas, corbatas, etcétera.
- Usar lentes y zapatos de seguridad, los segundos deben ser de suela que no resbale y que protejan de las eventuales caídas de herramientas.
- Mantener constantes las condiciones de operación como son: perfiles de temperaturas y de molde, la temperatura y nivel del aceite hidráulico, las presiones.
- Antes de iniciar el moldeo, verificar que la boquilla se encuentre perfectamente centrada y limpia.
- Utilizar bajos porcentajes de regranolado.
- Cuando se realice una purga o cambio de material se debe verificar la compatibilidad de los plásticos para no generar algún accidente.
- El operador nunca debe dejar la máquina trabajando sola, de no ser así, cerciorarse que se encuentre apagada.
- Evitar que durante los paros cortos de producción el material del cilindro se encuentre por mucho tiempo a la temperatura de trabajo o que se eleve por un descuido.
- Cuando se realicen cambios de molde, se debe poner el sistema de operación manual. Las velocidades y presiones deben estar al mínimo.
- En el área de inyección y de molinos hay que evitar el uso de anillos, relojes, pulseras, aretes y joyería, ya que si caen dentro de la tolva o husillo originará graves daños al equipo o al personal.
- Una vez que se han ajustado las condiciones de operación y se ha obtenido el producto deseado, se recomienda anotar los parámetros para que el siguiente turno no demore mucho tiempo en iniciar.
- Obedecer todas las señales de Precaución y Peligro.

4. PROTECCIONES DE LA MAQUINA

Las máquinas de inyección se han desarrollado con éxito, en la rama de seguridad y disminución de riesgos se han establecido ciertos dispositivos, que ofrecen que los riesgos de trabajo en una inyectora sean casi nulos.

Actualmente, los dispositivos de protección en las máquinas inyectoras están controlados por la ANSI de acuerdo a su norma de seguridad B151.1-90 que contiene:

a) Puerta de Seguridad

Es uno de los dispositivos de seguridad más importante, ya que sirve como barrera para mantener a cierta distancia al operador del sistema de movimiento del molde cuando este se encuentra en operación. Para que pueda iniciarse el ciclo de inyección dicha puerta debe de estar cerrada, ya que como cuenta con un dispositivo electrónico, en el momento que está abierta una leva impide el funcionamiento de la máquina.

Esta puerta consta de una ventana de cristal para poder observar los movimientos, de cierre, apertura y eyectores del molde, además está asegurada con insertos de metal.

b) Leva Eléctrica

La máquina debe de contar como mínimo con una leva eléctrica, ésta hace funcionar un switch, así opera el sistema eléctrico de cierre del molde.

c) Leva Hidráulica o Neumática

En la máquina se encuentra como mínimo una leva hidráulica o neumática, en el cierre del molde. Además se tiene una leva que sirve para cerrar la puerta de seguridad.

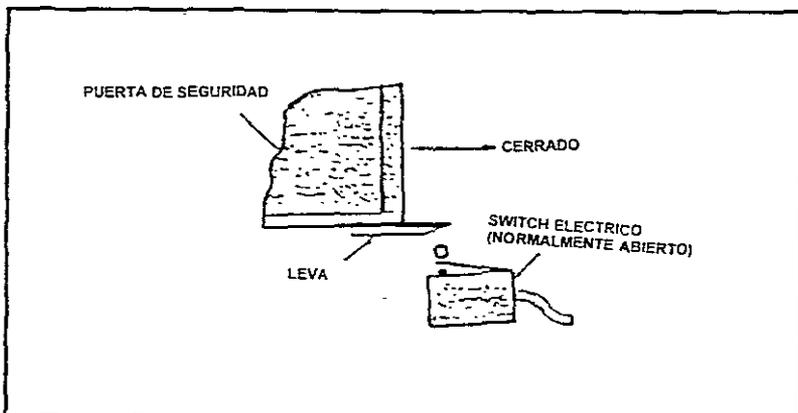


Figura No.87 Leva Eléctrica de la Puerta.

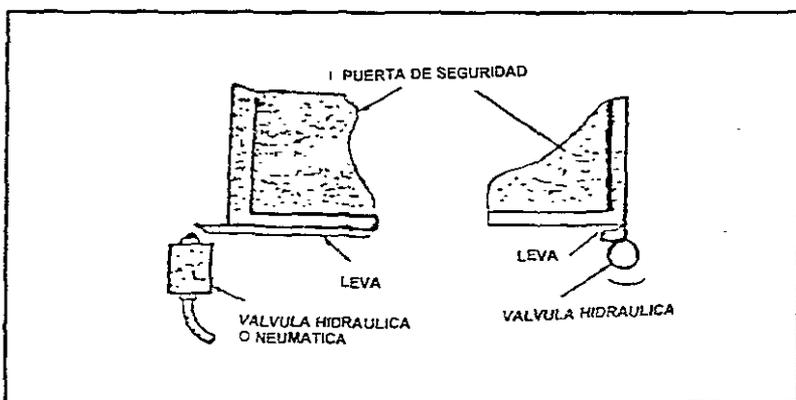


Figura No.88 Leva Hidráulica en la Puerta.

d) Guarda Fija

Proteje las partes móviles de la inyectora como el sistema de cierre. Se instalan a un nivel bajo para que el operador pueda alcanzarlas. Cuando la guarda no tiene contacto directo con la puerta de seguridad frontal o posterior, se debe contar con una guarda eléctrica que sirve para prevenir la operación de la máquina. Debe de estar construída como una ventana de seguridad.

e) Guarda Posterior

La parte posterior de la máquina está protegida por una puerta de seguridad del mismo tipo que la frontal, generalmente, no se utiliza solo para mantenimiento y puesta del molde.

f) Guarda Tapa

Se encuentra en la cubierta superior de la máquina de inyección, en la zona del molde y el sistema de cierre. Su objetivo es proteger la máquina de polvo y golpes. La guarda puede ser portátil o móvil cuando se requiere de mantenimiento.

g) Zona de Alimentación de Material

El material se alimenta por la tolva y garganta, que conducen directamente al cilindro y husillo de plastificación, en esta parte también hay que tener guardas, ya que a veces el operador mete las manos a la tolva para mover el material.

Cuando los dispositivos afecten el ciclo de operación se deben suprimir y colocar señales de advertencia.

h) Protección en el Purgado

El circuito de la máquina debe de estar diseñado para que el purgado no se efectúe hasta que las puertas de seguridad se encuentren cerradas.

i) Conductores Eléctricos

Los conductores eléctricos, terminales, contactos y otros elementos eléctricos, están en contacto directo con el operador. Se deben aislar y proteger.

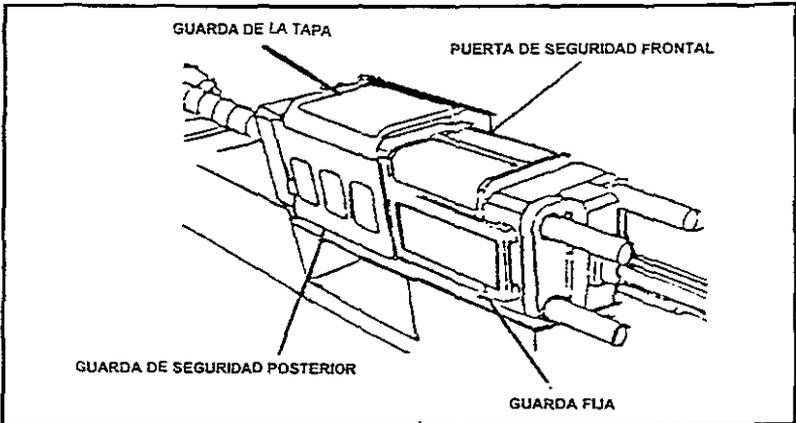


Figura No.89 Dispositivos de Seguridad.

5. EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL

En el proceso de inyección no son necesarios demasiados implementos de seguridad individual, sin embargo, los pocos que se utilizan son de gran importancia.

La mayoría de los accidentes que se presentan en las máquinas de inyección son causa de la negligencia del personal, ya que no utilizan el equipo que se les proporciona para protegerse. El supervisor debe de estar pendiente de que los operadores utilicen el equipo, asimismo, debe capacitarlos de porqué y como usarlos.

Los principales implementos de seguridad individual en una máquina de inyección son los siguientes:

- Gafas o Goggles.- Su objetivo es cubrir los ojos de cualquier proyección del material fundido en la etapa de purga o cambio de material.
- Guantes de Asbesto.- Protegen las manos de cualquier quemadura originada por el material fundido, o por contacto con el molde, cuando se realizan cambios de purga o de material.
- Guantes de Algodón.- Se utilizan para que en el momento de tocar las piezas recién moldeadas no marcan huellas digitales, ya que como todavía están un poco calientes se les puede hacer algún daño.
- Zapatos de Seguridad.- Se usan por ser antiderrapantes, para evitar los resbalones y proteger los pies de algún golpe con herramienta.
- Se recomienda en las mujeres recogerse el cabello.
- Overol o Bata - Se utiliza para que al operar no se ensucie o le caiga material fundido en su ropa. Además, porque proporciona mayor facilidad de movimiento al operador.

6. SEÑALES DE SEGURIDAD

El American National Standards Institute tiene reguladas las señales de seguridad de acuerdo a su norma B151.1 que se refiere a "Especificaciones de Señales para la Prevención de Accidentes".

Los señalamientos de seguridad son el complemento de otros dispositivos. Nunca se debe de sustituir un sistema de seguridad que ha sido aceptado, por una señal.

Especifican los lugares más comunes en donde se presentan los mayores riesgos.

Algunos de los señalamientos de seguridad son los siguientes:



Figura No.90 Señales de Seguridad.

VII. PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN EL PROCESO DE INYECCION

Dentro del proceso de inyección existen defectos que pueden considerarse comunes en el moldeo, para éstos se ofrecen soluciones concretas. Sin embargo, se presentan otros problemas que se ocasionan por el tipo de material, de maquinaria y geometría de la pieza que se este fabricando.

La mayoría de los materiales que se transforman por inyección son termoplásticos, éstos pueden ser reprocesados. La cantidad de regranulado debe estar delimitada, ya que un exceso de material reciclado puede afectar severamente la calidad del producto final.

Dentro del control de calidad se deben de tener establecidos los tipos de problemas que se presentan en inyección, para detectar en el proceso alguna dificultad y corregirla antes de que se incremente el número de piezas rechazadas, así como saber como solucionar el problema en la máquina.

Las causas que originan el problema se presentan en diferentes zonas, ya sean del proceso o almacenamiento de la materia prima o producto terminado. Las principales causas son:

a) Material

El material durante su almacenamiento y transporte puede contaminarse, ya sea que por error del personal mezclen dos tipos diferentes de material o que el material absorba humedad. Dichos aspectos influyen el proceso, originando problemas.

b) Molde

Un molde mal diseñado produce problemas en la fabricación de la pieza, los defectos pueden ser canales de distribución pequeños, inadecuada localización y tamaño de los puntos de inyección, bebedero y orificios de venteo muy pequeños.

c) Diseño de la Pieza

En ocasiones, el molde cumple todas sus funciones y las dimensiones de sus partes son las correctas, el problema se presenta en el diseño de la pieza, que puede presentar repentinas paredes gruesas y delgadas, orificios o insertos mal localizados, originando inconvenientes en la inyección.

d) Condiciones de Operación

Las variables de operación son las primeras en modificarse cuando se presentan problemas en la inyección, están íntimamente ligadas con el molde, el material y el buen funcionamiento de la máquina. Las condiciones de operación se pueden incrementar o disminuir de acuerdo a las necesidades para solucionar el problema.

e) Funcionamiento de la Máquina

Este punto está muy relacionado con el anterior, ya que para aumentar o disminuir las variables, el equipo de control e indicadores de la máquina deben funcionar perfectamente, de lo contrario se obtienen valores incorrectos y no se conoce si la modificación realizada mejora el proceso.

En el proceso de inyección los defectos se originan por diferentes motivos, para solucionarlos se deben estudiar los siguientes aspectos:

- Ajuste y control de variables del ciclo de inyección
- Diseño del Molde
- Diseño de la Pieza
- Material

A continuación, se proporciona una lista de los defectos más comunes que se presentan en el proceso de inyección, así como sus causas y soluciones.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
Puntos Negros	Sistema de plastificacion Contaminada Secado inadecuado.	MAQUINA. - Purgar o limpiar el cilindro y la boquilla. Reducir la velocidad del husillo rpm. Revisar que el cilindro no tenga fisuras. Verificar el asiento de la boquilla y el agua de enfriamiento de la garganta de la tolva. Disminuir el diámetro del husillo. MOLDE. - Reducir la temperatura de la colada caliente. Revisar si existe algun depósito de grasa o aceite en el molde. MATERIAL. - Cambiar el grado o flujo.
Quemaduras en la Pieza	Venteos Inadecuados en el Molde Velocidad de Inyección Demasiado Alta Velocidad de Husillo en rpm Muy Elevado. Contrapresión Elevada. Alta Presion de Cierre	MAQUINA - Reducir la velocidad de inyección, el perfil de temperatura, la contrapresion o la presión de sostenimiento, Disminuir el tiempo de sostenimiento. Verificar que el material no este contaminado. MOLDE. - Aumentar o limpiar los venteos del molde. Cambiar la localización del punto de inyección. Centrar el corazón del molde MATERIAL - Cambiar el grado de flujo.
Quemaduras en el Punto de Inyección	Exceso de calor por fricción Elevada temperatura de fundida Mala selección del pigmento.	Las mismas condiciones que el punto anterior MAQUINA - Reducir la temperatura de masa fundida o el ciclo de inyección. Usar Máquina con husillo más pequeño MATERIAL - Usar pigmentos que soporten mayores temperaturas. Disminuir la cantidad de regranulado.
Decoloración	Perfil de temperaturas demasiado elevado. Tamaño del husillo inadecuado Contaminación	MAQUINA - Purgar el cilindro Disminuir el perfil de temperatura y la temperatura de masa fundida. Bajar la zona de calentamiento trasera, la contrapresión o velocidad del husillo rpm MOLDE - Reducir la temperatura de colada caliente. MATERIAL. - Revisar que el material no este contaminado.
Ráfagas o Líneas Plateadas	Material húmedo Temperatura de masa fundida muy alta. Molde frio Poca presurización Molde mal diseñado	MAQUINA. - Disminuir la temperatura de masa fundida y la boquilla. Usar una boquilla más corta. Reducir la velocidad de inyección. Aumentar el tamaño o número de puntos de inyección. Bajar la velocidad del husillo. Corregir la excesiva descompresión en el fundido. Revisar que la boquilla no se encuentre tapada. Aumentar la contrapresión. Verificar fuentes de humedad cerca de la tolva. MOLDE - Revisar que el molde no tenga fugas de agua. Aumentar flujo en el bebedero, en los canales de distribución, el punto de inyección y /o venteos. MATERIAL - Secar el material antes de procesarlo. Reducir el nivel de regranulado. Colocar una cama de agente secante nueva en el secador.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
Fragilidad	Perfil de temperatura demasiado elevada. Tamaño de cilindro inadecuado. Molde mal diseñado. Demasiado regranolado. Secado inadecuado. Presencia de Contaminantes-finos	MAQUINA - Disminuir la temperatura de masa fundida. Aumentar la velocidad de inyección; en caso de que empeore la fragilidad disminuya la velocidad de inyección o aumente el tamaño o número de puntos de inyección. Usar una maquina con cilindro mas pequeño. MOLDE .- Disminuir la temperatura del molde. Aumentar el radio de las esquinas. MATERIAL - Bajar la cantidad de regranolado. Secar antes de procesar y al tiempo adecuado. Verificar que no exista contaminación. Usar grados alto impacto.
Deformación de la Pieza o Alabeos	El material es orientado durante la inyección. Diferente densidad en el punto de inyección. Esfuerzos dentro del molde. Indice de fluidez diferentes dentro del molde. Pieza muy caliente al momento de expulsarla. Sistema de inyección inadecuado. Mal diseño del artículo.	MAQUINA .- Bajar la temperatura de masa fundida. MOLDE .- Revisar la uniformidad del sistema de expulsión. Reducir la velocidad de apertura del molde. Rediseñar la pieza. Aumentar el tamaño de puntos de inyección, bebedero, corredera o boquilla. Reubicar el punto de inyección. MATERIAL - Cambiar a resina nucleada.
Delaminación	Bajas temperaturas de operación Presenta contaminación.	MAQUINA .- Aumentar la temperatura de masa fundida o la velocidad de inyección. Purgar el cilindro. Aumentar la contrapresión la velocidad del husillo. MOLDE .- Incrementar la temperatura del molde. MATERIAL - Secar el material. Revisar tuentes de contaminación.
Rebabas	Elevada presión de inyección. Temperatura de masa fundida alta. Molde defectuoso.	MAQUINA .- Disminuir la presión de inyección o la presión y tiempo de sostenimiento. Aumentar la fuerza de cierre. Bajar la temperatura de masa fundida. Verificar la alineación de las platinas. Revisar el pirómetro. Usar el molde en máquinas más grandes en fuerza de cierre. MOLDE .- Alinear y ajustar el molde. Revisar que no se encuentren sucias las superficies de unión del molde. Reducir la temperatura en el molde. Mejorar los venteos del molde. MATERIAL .- Cambiar a un flujo diferente.
Escurrimiento de la Boquilla (Babeo)	Boquilla demasiado caliente. Zona de dosificación muy caliente. Formación de presión en la etapa de carga.	MAQUINA .- Bajar la temperatura de la boquilla y la masa fundida. Aumentar el tiempo de descompresión. Cambiar a un orificio de boquilla más pequeño. Usar boquilla antiretorno.
Boquilla Tapada	Temperatura de operación demasiado baja. Boquilla mal diseñada.	MAQUINA - Incrementa la temperatura de la boquilla. Revisar que no exista material quemado en la boquilla. Usar boquilla con orificio más grande. Verificar que el orificio no se encuentre contaminado. Aumentar la capacidad de las bandas calefactoras en la boquilla. Usar válvula antiretorno.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
Piezas incompletas	Insuficiente volumen de material Molde defectuoso. Alta caída de presión en el molde	MAQUINA. - Aumentar la temperatura de fundido, la presión de inyección o el tiempo de inyección. Revisar las bandas de calentamiento, pirómetros, el agua de enfriamiento de la garganta de la tolva. Supervisar el sistema hidráulico de la máquina. Usar el molde en máquinas de mayor capacidad. Revisar obstrucción de material en la garganta de la tolva. Incrementar la velocidad de inyección. Reparar la válvula check. MOLDE. - Incrementar la temperatura del molde. Ampliar los puntos de inyección, los canales de distribución. Si la presión lo permite reducir las correderas. Diseñar la pieza mas ancha, Limpiar venteos. Mejorar el diseño de las correderas. Ampliar la boquilla. MATERIAL. - Utilizar un grado de mayor flujo. Revisar el exceso de lubricante.
Rechupes	Subempacamiento. Mal funcionamiento del molde Mal diseño de la pieza.	MAQUINA. - Aumentar el tiempo y presión de sostenimiento, así como la presión de inyección o la velocidad de inyección. Disminuir la temperatura de masa fundida. Reparar la válvula check. Incrementar cojchón. MOLDE. - Relocalizar puntos de inyección hacia las zonas más gruesas. Aumentar el tamaño del punto de inyección. Bajar la temperatura del molde. Hacer más grandes los canales de distribución, la boquilla y/o el bebedero. MATERIAL. - Cambiar el grado o flujo.
Dificultad en Desmoldeo en la Cavidad.	Enfriamiento insuficiente en la pieza. Molde mal diseñado. Corazones demasiado delgados.	MAQUINA. - Disminuir la presión de inyección o tiempo de sostenimiento. Bajar la temperatura de masa fundida. MOLDE. - Revisar los ángulos de desmoldeo. Aumentar la temperatura del molde. MATERIAL. - Reducir la cantidad de regranulado. Aumentar el nivel de lubricante
Dificultad en Desmoldeo en el Bebedero	Enfriamiento insuficiente en la pieza Molde mal diseñado Corazones demasiado delgados	MAQUINA. - Bajar la presión de inyección o el tiempo de sostenimiento. Aumentar el calor en la boquilla MOLDE. - Alinear la boquilla con el bebedero. Asegurarse que el orificio de la boquilla sea más pequeño que el del bebedero. Verificar superficie lisa del bebedero. Incrementar el ángulo de salida del bebedero. Reducir la temperatura de la parte estacionaria del molde. MATERIAL. - Aumentar la cantidad de lubricante y reducir el regranulado.
Burbujas	Colocar el material lentamente en el centro Condensación de humedad en los pellets	Ver rechupes, excepto al aumento de temperatura en el molde. Disminuir la velocidad de inyección. Si el material fluye alrededor de un corazón con desviaciones de flujo repentinas.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
Líneas de Soldadura	El flujo del material no es uniforme. Molde mal diseñado. Mal funcionamiento del Molde.	MAQUINA. - Aumentar la presión de inyección, velocidad y control del flujo. Incrementar la temperatura de masa fundida. MOLDE. - Subir la temperatura del molde. Mejorar los venteos en el área de soldadura. Cambiar la localización del punto de inyección para modificar el patrón de flujo. Aumentar los espesores de pared. MATERIAL. - Secar el material si existe humedad o volátiles atrapados en la línea de soldadura.
Líneas de Flujo	Patrón de flujo irregular. Molde defectuoso. Material húmedo. Efectos del agente desmoldante.	MAQUINA. - Incrementar la velocidad del pistón, la temperatura de masa fundida, contrapresión, el tiempo de sostenimiento, la temperatura de la boquilla o la velocidad del husillo en rpm. MOLDE. - Subir la temperatura del molde. Relocalizar los puntos de inyección para acortar la distancia del flujo. Aumentar el número de puntos de inyección. Asegúrese que el venteo sea el adecuado y se encuentre localizado correctamente. Limpiar la superficie de la cavidad del molde. MATERIAL. - Secar el material antes de procesarse.
Demasiada Contracción de Moldeo (piezas pequeñas)	Tiempo de enfriamiento demasiado corto. Perfil de temperaturas muy altas. Mala selección de material.	MAQUINA. - Aumentar el tiempo de enfriamiento. Incrementar la presión de empaque. Abrir el diámetro de salida de la boquilla. Aumentar el colchón. Revisar la válvula check. Subir el perfil de temperatura para mejorar el empaquetamiento, si las piezas siguen pequeñas, entonces bajar el perfil de temperatura para enfriarlas más rápido. Incrementar la velocidad de inyección. MOLDE. - Bajar la temperatura del molde. Aumentar las dimensiones del bebedero, correderas y puntos de inyección. MATERIAL. - Cambiar a una resina nucleada. Poner las piezas recién salidas en agua fría.
La Resina Resbala en el Husillo	Equipo desgastado. Resina muy húmeda.	MAQUINA. - Revisar el husillo desgastado, la válvula check defectuosa, tapamiento en la parte baja de la tolva o alimentar la tolva. Bajar la temperatura de la parte trasera del barril. MATERIAL. - Revisar que la resina este seca, <i>lubricante excesivo.</i>
Jetting (cola de cometa)	Alto flujo ondulatorio en la masa fundida inicial.	MAQUINA. - Reducir la velocidad de inyección inicial. Aumentar la temperatura de la boquilla y contrapresión.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
Dimensiones de la Pieza (muy grandes)	Sobreempaquetamiento. Molde mal diseñado.	MAQUINA - Verificar el tiempo de inyección de llenado. Disminuir la presión de sostenimiento, la velocidad de inyección total, la velocidad de contrapresión final, o la temperatura de la zona frontal del barril MOLDE .- Bajar la temperatura del molde. Ajustar el diseño del molde para revisar el factor de contracción.
Dimensiones de la Pieza (muy pequeñas)	Sobreempaquetamiento. Molde mal diseñado	MAQUINA - Verificar el tiempo de llenado. Incrementar la velocidad de inyección total, la presión y tiempo de sostenimiento. Aumentar la contrapresión o temperatura de masa fundida. MOLDE .- Reducir la temperatura del molde. Aumentar las cavidades de venteo y el tiempo de enfriamiento. Ajustar el diseño del molde para evitar el factor de contracción
Acabado Defectuoso	Llenado de molde demasiado lento Molde defectuoso. Mal diseño de la pieza.	MAQUINA - Incrementar la presión de inyección, la velocidad de inyección o temperatura de masa fundida. Disminuir el orificio de la boquilla. MOLDE .- Asegurarse que el venteo sea el adecuado. Aumentar la temperatura del molde. Limpiar y pulir las superficies del molde. DISÑO DE LAPIEZA .- Reducir cambios repentinos en variación de espesores.
Superficie Poco Detallada	Llenado inadecuado del molde. Mal empaquetamiento.	MAQUINA - Aumentar la cantidad de material inyectado, la velocidad de inyección total, la contrapresión, el tiempo de llenado o el tiempo y presión de sostenimiento. MOLDE - Incrementar la temperatura del molde.

VIII. CONCLUSIONES

Los plásticos son materiales hechos por el hombre, en contraste con los materiales de la naturaleza, tales como la madera y el metal. Una definición de plástico aceptada generalmente es: cualquiera de un grande y variado grupo de materiales que constan total o parcialmente de combinaciones de carbono y oxígeno, hidrogeno o nitrógeno y otros elementos orgánicos e inorgánicos, los cuales, aunque sólidos en el estado final, son líquidos en algunas etapas de su manufactura y por tanto capaces de asumir diferentes formas, generalmente por la aplicación, individual o conjunta de calor y presión.

Los plásticos son materiales fuertes, tenaces y durables que resuelven muchos problemas relacionados con el diseño de maquinas y equipos. Es cierto que los metales son duros y rígidos, lo cual hace que puedan ser maquinados dentro de tolerancias muy estrechas, en levas, cojinetes, casquillos y engranes, los cuales trabajaran suavemente bajo la aplicación de cargas pesadas por largos periodos de tiempo. Los plásticos no tienen la dureza y la resistencia al flujo, digamos, del acero, aunque algunos alcanzan a tener valores muy próximos. Sin embargo, los metales tienen muchas deficiencias que no tienen los plásticos. Los metales se corroen u oxidan, se deben lubricar, sus superficies de trabajo se desgastan fácilmente, no puede utilizarse como aisladores térmicos o eléctricos, son opacos, ruidosos y cuando se someten a presión se fatigan rápidamente.

El amplio desarrollo y el uso creciente de los plásticos es en casi todas las fases de la vida moderna pueden atribuirse a sus combinaciones de ventajas únicas. Estas ventajas son el peso liviano la gama de colores, buenas propiedades físicas, adaptabilidad a los métodos de producción en serie y, a menudo, el bajo costo.

Por lo dicho anteriormente, es de suma importancia conocer la forma básica de operación cíclica, de una maquina de inyección de plásticos, donde el proceso empieza con la alimentación de pellets (pedazos de plástico en presentación granular), u otra presentación de plástico en la tolva y a través de esta se transporta al cilindro de plastificación, donde por medio de resistencias eléctricas, es transferido calor que fuente como plastificante. Posteriormente es inyectado a una cavidad de arreglo especial (molde) para después ser enfriada y obtenida la pieza.

Su complicación comienza cuando se aplica tecnología para independizar a la maquina de la intervención de la mano del hombre, por lo que se han construido maquinas mas complejas y eficientes que las primeras, pero el principio básico sigue siendo el mismo.

IX Bibliografía

- 1 - Industrial Plastics Theory and Applications
Richardson & Lokensgard
Third Edition
Delmar Publishers inc.
- 2.- Plastic molds and Dies
Sors, Bardoez, Reinotí
Van Nostrand Reinhold
- 3.- Moldes y Máquinas de inyección para la
transformación de plasticos
Gianni Bodini, Frano Cachi Pessani
MacGraw Hill
- 4.- Inyección de plasticos
W. Mink
GG Ediciones D Gili
- 5 - Introducción a la neumatica
Manual de estudios
Festo didactic
- 6 - Mecanica de fluidos y Maquinas hidraulicas
Claudio Mataix
Ediciones del castillo S A
Madrid
- 7.- Elementos de mecanica de fluidos
John K. Vernnard, Robert D Street
Cia Editorial Continental S A de C V
- 8 - Teoria de maquinas y Mecanismos
Joseph Edward Shigley
Macgraw hill

- 9.- Procesos de manufactura
B. H. Amstead Phillip F Ostwald, Myron L. Begeman
Cia editorial Continental S.A de C V
- 10.- Mecanica de materiales
Ferdinand P. Beer, E Russell Johnston
Macgraw hill
- 11.- Manual de operación Cincinnati Milacron Corp.
Inyeccion de plastico
Milacron Cincinnati Corp