ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

"PARAMETROS PARA LA CONSTRUCCION DE MOLDES DE INYECCION DE PLASTICOS"

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

José Luis Mendoza Laman

Guayaquil - Ecuador

1990

A G R A D E C I M I E N T O

AL ING. ERNESTO MARTINEZ,
Director de Informe Técnico,
por su ayuda y colaboración
para la realización de este
trabajo

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingenieria Mecánica"

(Reglamento de Graduación mediante la Elaboración de Informes Técnicos).

JOSE LUIS MENDOZA LAMAN

ING. NELSON CEVALLOS B.

DECANO FIM

ING. ERNESTO MARTINEZ

DIRECTOR DE INFORME

ING. FEDERICO CAMACHO

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

El presente informe técnico describe en forma resumida el proceso de inyección, desde que el material plástico ingresa a la tolva de la máquina, hasta la obtención de la pieza terminada.

Se analizan los materiales termo plásticos de inyección y en especial el poliestireno que es el material para el cual se probó el molde de inyección; también se describe en forma breve las distintas máquinas de inyección utilizadas.

Se explica las funciones del molde y de sus elementos, se presentan los planos de las distintas partes del molde analizado.

Por medio de nomogramas encontramos, el número de cavidades rentables que debe tener un molde.

Se analiza el sistema de distribución del material termo plástico que ingresa al molde, los distintos sistemas de salidas de aire y de refrigeración que debe tener un molde de inyección para poder obtener una pieza inyectada de buena calidad.

Por medio de tablas vemos cuales son los aceros más útilizados en la construcción de moldes de inyección de plásticos, se dan sus propiedades mecánicas y químicas y se describe los procesos utilizados en la construcción de moldes.

Al final se analiza los problemas que presentan las piezas inyectadas causados por una mala construcción del molde y se detallan los problemas más comunes que tienen los artículos inyectados con el poliestireno, se dan probables soluciones para la corrección que se debe hacer en la máquina de inyección o en el molde analizado.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE DIBUJOS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FOTOS

ANTECEDENTES

1. PROCESO DE INYECCION

1.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE INYECCION

1.2 MATERIALES PLASTICOS DE INYECCION

1.3 LA MAQUINA DE INYECCION

2. MOLDES DE INYECCION

2.1 FUNCION DEL MOLDE

2.2 ELEMENTOS DEL MOLDE

3. PARAMETROS DE INGENIERIA

3.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION DEL MOLDE

3.2 DISTRIBUCION DE LA MASA PLASTICA

3.3 SALIDA DE AIRE DE LOS MOLDES

3.4 ENFRIAMIENTO DEL MOLDE

3.5 DESMOLDE DE LA PIEZA INYECTADA

4. CONSTRUCCION DEL MOLDE

4.1 MATERIALES UTILIZADOS PARA SU CONSTRUCCION

4.2 PROCESOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE MOLDES

5. PROBLEMAS QUE PRESENTAN LAS PIEZAS INYECTADAS Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

5.1 CONDICIONES DE UNA PIEZA INYECTADA

5.2 DEFECTOS EN LA PIEZA INYECTADA

5.3 DEFECTOS Y POSIBLES SOLUCIONES CAUSADOS POR UNA MALA CONSTRUCCION DEL MOLDE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INDICE DE FIGURAS

1. PLASTIFICACION TERMINADA

2. INYECCION DE LA PIEZA

3. PIEZA DESMOLDADA

4. INYECTORA DE PISTON (1 ESTACION)

5. INYECTORA DE PISTON (2 ESTACIONES)

6. INYECTORA DE TORNILLO

7. MAQUINA INYECTORA REED 300

8. NOMOGRAMA PARA DETERMINAR EL NUMERO DE CAVIDADES n RENTABLES

9. REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN MOLDE Y DEL FLUJO DE MATERIAL

10. DISTRIBUCION DE ESTRELLA

11. DISTRIBUIDOR ANULAR

12. DISTRIBUIDOR DE HILERAS

13. DISTRIBUCION DE CAMINOS DE FLUJO IGUALES

14. REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS PUNTOS DE INYECCION

15. A: POSICION DE ENTRADA FAVORABLE PARA SALIDA DE AIRE

B; POSICION DE ENTRADA DESFAVORABLE

16. SALIDA DE AIRE POR PIN EXTRACTOR

17. NOMOGRAMA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO

18. DISPOSICION EN ESPIRAL DE LOS CANALES DE REFRIGERACION

19. DISPOSICION RECTILINEA DE LOS CANALES DE REFRIGERACION

20. REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL SISTEMA DE DESMOLDE

INDICE DE DIBUJOS

1. PLACA PORTA MATRIZ O PORTA INJERTOS

2. INJERTOS PARTE FIJA

3. GUIAS

4. BOQUILLA O BEBEDERO DEL MOLDE

5. ANILLO CENTRADOR

6. PLACA BASE

7. BARRAS SEPARADORAS

8. PLACA BASE EXPULSORA

9. PLACA DE FIJACION DE EXPULSORES

10., VARILLAS

11. PLACA MOLDE O PORTA INJERTOS

12. INJERTOS PARTE MOVIL

13. CANALES DE REFRIGERACION DE INJERTOS (ESQUEMA)

14. CANALES DE REFRIGERACION DE PLACAS (ESQUEMA)

INDICE DE TABLAS

1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PLASTICOS

2. COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEROS PARA MOLDES DE INYECCION

3. PROPIEDADES MECANICAS Y TERMICAS DE LOS ACEROS PARA MOLDES DE INYECCION

4. APLICACIONES DE LOS ACEROS PARA MOLDES DE INYECCION

5. ACEROS PARA PIEZAS MOVILES Y DE MONTAJE DE MOLDES

INDICE DE FOTOS

1. UNIDAD DE INYECCION

2. UNIDAD DE CIERRE

3. CONTROLES ELECTRONICOS

4. CONTROLES DE ACCIONAMIENTO

5. PIEZA ADHERIDA LADO MOVIL DEL MOLDE

6. PLACAS Y VARILLAS EXPULSORAS

7. MOLDE LADO FIJO (INYECCION)

8. MOLDE LADO MOVIL (EXPULSION)

9. BOQUILLA MAQUINA INYECTORA

10. EL MOLDE DE INYECCION

11. PIEZA INCOMPLETA

12. PIEZA CON REBABAS

13. INJERTOS DEL MOLDE LADO INYECCION

14 INJERTOS DEL MOLDE LADO EXPULSION

15. PIEZA EXPULSADA

16. ACCIONAMIENTO DE PLACAS EXPULSORAS

17. PLACAS Y PERNOS DE AJUSTE

18. BOQUILLA Y BEBEDERO DEL MOLDE

19. PIEZA ADHERIDA A LA MATRIZ (LADO FIJO)

20 DIFICULTAD EN DESMOLDE DE PIEZA

ANTECEDENTES

Para convertir el material plástico en una pieza útil existen los siguientes procesos: el termoformado, la extrusión y la inyección. En cada uno de estos procesos de elaboración de plásticos, intervienen tres elementos indispensables que son:

La máquina, el material plástico y el molde.

Las industrias que se dedican a la fabricación de máquinas para procesar plásticos, los complejos petroquímicos que elaboran la materia prima y los fabricantes de moldes se han desarrollado técnicamente a la par con las necesidades del momento.

Las aplicaciones de transformación de plástico son muy diversas, se fabrican desde piezas en general, juguetería artículos domésticos, piezas industriales hasta piezas muy sofisticadas y de alta precisión que forman parte del cuerpo humano.

La industria plástica se ha desarrollado vertiginosamente en el país, hoy existen fábricas que procesan el plástico por los tres métodos antes mencionados.

Las fábricas de plásticos y concretamente las industrias que procesan el plástico por inyección utilizaban moldes que eran traídos del exterior.

La importación de estos moldes de inyección ya sea por compra o alquiler, tenían ciertos inconvenientes como su alto costo, la tardanza hasta llegar a las fábricas, el trámite existente y por supuesto la salida de divisas.

Estos moldes requieren de un mantenimiento previo al montaje en la máquina inyectora y fué necesario crear talleres de mantenimiento y reparación de los moldes en la propia fábrica de plásticos.

Hoy, debido a las exigencias del mercado y el problema para importar los moldes de inyección, hace que estos talleres vayan desarrollándose técnicamente y adquiriendo maquinaria adecuada para la construcción de los moldes de inyección.

En el año 1974 en la Fábrica "Plásticos Chempro" que se dedica a la inyección y extrusión de materiales plásticos, se creó el taller de mantenimiento, reparación y construcción de moldes.

Desde 1980 se me encargó dirigir dicho taller, realizando el mantenimiento del moldes y desde 1982 se procede a construir moldes de inyección para la obtención de artículos plásticos.

Debido a la experiencia propia adquirida en este difícil campo de la construcción de moldes, quiero indicar cuales son los parámetros mas importantes que se deben considerar en la construcción de los moldes para la inyección de plásticos, para que sirva de guia para aquellos Ingenieros Mecánicos o Matriceros que quiera dedicarse a esta labor.

CAPITULO I

PROCESO DE INYECCION

1.1.- Descripción del proceso de inyección.

En forma resumida el proceso de inyección de materiales plásticos consiste básicamente en introducir una cantidad dosificada de material fundido en las cavidades de un molde y luego de cierto tiempo esta masa se solidifica y se extrae la pieza terminada.

Debido a la aparición de nuevos materiales termoplásticos en el mercado, este proceso se ha desarrollado técnicamente con el transcurso de los años.

El curso que sigue el material desde su forma granulada, hasta la obtención de la pieza terminada es el siguiente:

Vertimos el material plástico en la tolva de la unidad inyectora de la máquina, este material cae sobre el husillo (tornillo sin fin), éste tiene dos tipos de movimientos, axial y rotacional. El material es dirigido hacia la parte delantera del cilindro de calefacción a través del tornillo que gira transportando el material hacia adelante. El material es amasado constantemente por los filos

del tornillo y la parte interna del cilindro calefactor, pasando de su estado sólido al termo elástico y luego al termo plástico debido a las zonas de calefacción que posee el cilindro. Al mismo tiempo que el material se va depositando en la parte delantera del cilindro; se produce el retroceso axial del tornillo cuando se alcanza la cantidad de material suficiente para el llenado del molde y que previamente está ajustada, se acciona un interruptor que detiene el movimiento de giro del tornillo e interrumpe el transporte del material, en este momento el molde compuesto por 2 partes se encuentra herméticamente cerrado y se produce la inyección del material por medio del movimiento del pistón hidráulico de efecto simple que empuja el tornillo hacia adelante introduciendo el material de la boquilla al bebedero del molde; es decir este tornillo tiene un doble efecto, el uno transportar y amasar el material convirtiéndolo en una masa homogénea en la parte delantera del cilindro y la otra funcionando como un émbolo que inyecta el material dentro del molde. El material dentro del molde es conducido por los canales de distribución hacia las cavidades del mismo; esta masa de material al poco tiempo se solidifica ayudada por los sistemas de refrigeración que posee el molde. Terminado este proceso el

molde puede abrirse y por medio de los sistemas expulsores del molde, la pieza terminada puede ser extraída. (fig.#1, #2, #3)

El proceso de inyección nos ofrece una gran exactitud en cuanto a las dimensiones y formas de la pieza terminada; podemos hacer orificios, poner refuerzos, marcas y hacer inserciones de otros materiales en la pieza.

Para obtener una pieza terminada de alta calidad es necesario el concurso de la máquina de inyección, del material plástico a inyectar y del molde.

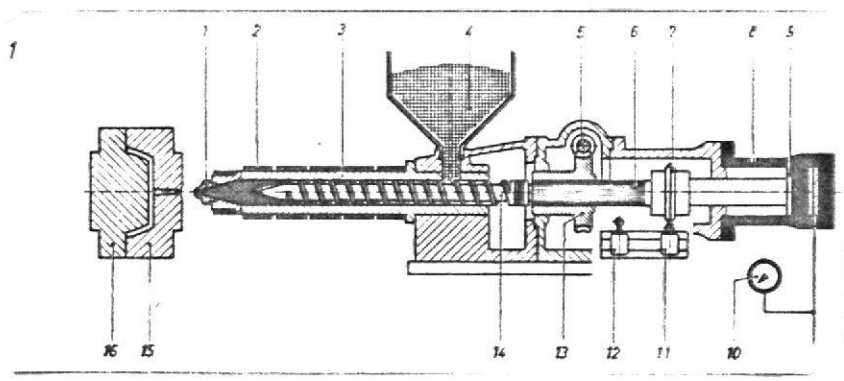


Fig. #1. Plastificación terminada.

1.- boquilla; 2.- bandas de calefacción; 3.cilindro de plastificación; 4.- tolva; 5.-eje de accionamiento del émbolo-tornillo; 6.-árbol para el accionamiento axial y de giro; 7.- leva; 8.- cilindro hidráulico; 9,- pistón; 10.- manómetro; 11.- interruptor final de caudal; 12.- interruptor

final límite de avance del tornillo; 13.- rueda helicoidal; 14.tornillo; 15.- molde lado fijo; 16.- molde lado movil.

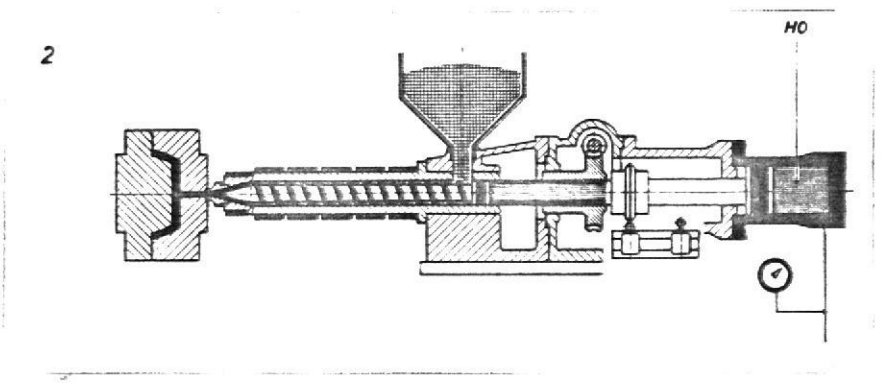


Fig. # 2. Inyección de la pieza.

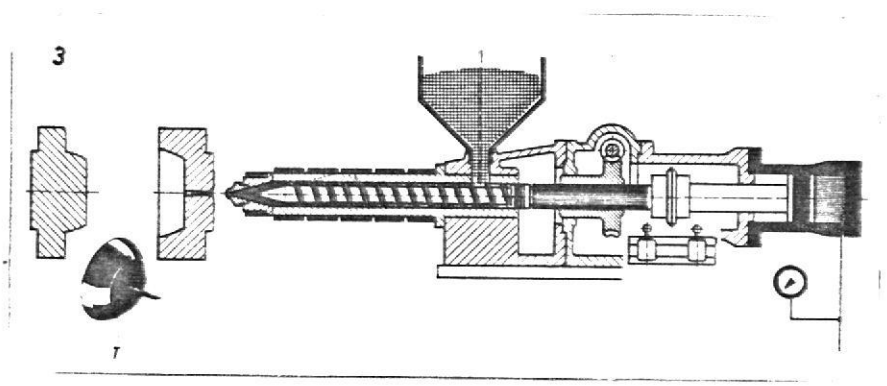


Fig. # 3. Pieza desmoldada.

1.2.- Materiales plásticos de inyección.

Los plásticos son polímeros de alto peso molecular que a temperatura ambiente son sólidos; pero cuando son sometidos a un calentamiento y una presión pueden fluir con facilidad.

Los plásticos se los puede dividir en dos grandes grupos:

Termoplásticos.- Son aquellos plásticos que se funden cuando están sometidos a un calentamiento y se endurecen por enfriamiento. Se los puede fundir repetidamente por aplicaciones sucesivas de calor.

Termorígidos.- Estos plásticos son formados mediante calor y el resultado es un producto permanentemente duro.

El material plástico llega al mercado en forma granulada y perfectamente envasada. Para una buena elaboración, estos granos tienen que estar limpios y puros, la forma y el tamaño tiene que ser lo más constante posible, los granos no tienen que presentar rebabas en los filos cortados; de esta forma no se interrumpe el flujo del material en su trayecto y así se obtiene una mejor producción con piezas de muy buenas propiedades mecánicas.

Existe una gran variedad de materiales plásticos para inyección, debido a las diversas aplicaciones

que tiene cada uno. A pesar de que cada fabricante de materiales plásticos tiene sus publicaciones e informaciones para el cliente que dan a conocer las particularidades técnicas de elaboración del material, se analizará algunos materiales utilizados en fábrica, describiendo sus nombres, propiedades y aplicaciones.

- **Poliestireno normal** .- También llamado poliestireno común, estandar, regular o poliestireno cristal.

  Entre sus propiedades generales tiene una gran rigidez, resistencia a la humedad y estable al agua, es insípido e inodoro.

  Su temperatura de uso permanente máximo es de 60-75°c.

  Entre sus aplicaciones tenemos objetos domésticos, juguetes, artículos de escritorio, bisutería, etc.

- **Poliestireno anticalórico** .-Este poliestireno es básicamente igual al PS común y se lo utiliza cuando se requiere una aplicación en la cual la temperatura es elevada.

  Entre sus propiedades tenemos su estabilidad de forma al calor, estable a la humedad, es insípido e inodoro.

  Su temperatura máxima de uso permanente es de 70 a 95°c. Entre sus aplicaciones tenemos:

vajillas, cubiertos, artículos electrodomésticos, etc.

- **Poliestireno antichoque.-** También llamado poliestireno alto impacto, entre sus propiedades generales tenemos su alta rigidez, resistente al choque, es duro y tenaz, es insípido e inodoro tiene buenas propiedades dieléctricas.

  Se pueden inyectar cajas de teléfono, radio y televisión, puertas y piezas para refrigeradoras, interruptores, juguetes, etc.

- **Polietileno de alta densidad (HDPE).-** También llamado polietileno de baja presión, entre sus propiedades tenemos su alta rigidez, e estable a la temperatura, buena dureza superficial, destacadas propiedades dieléctricas, es insípido e inodoro, es resistente a la ebullición y esterilizable.

  Con este material se inyecta artículos domésticos, juguetes, aparatos médicos, artículos técnicos y recipientes de transportes.

- **Polietileno de baja densidad (LDPE).-** Es un polietileno de alta presión, tiene una alta flexibilidad, buena resistencia térmica, baja dureza superficial, es insípido e inodoro, tiene buenas propiedades dieléctricas.

  Entre sus aplicaciones tenemos recipientes domésticos, frascos flexibles, tapas, juguetes.

- **Polipropileno (PP).-** Entre sus propiedades tenemos la resistencia a la tracción y al choque, rigidez, dureza superficial, esterilizable hasta 120°c, practicamente sin absorción de agua.

  Su temperatura de uso permanente máximo es de 120-130°c. Se inyectan juguetes, aparatos eléctricos, fuentes, frascos, bidones, etc.

  El material que se ha utilizado para hacer las pruebas en la máquina de inyección es el Poliestireno alto impacto; sus propiedades y características se detallan en la tabla # 1

MATERIALES PLASTICOS

PROPIEDADES	CARACTERISTICAS	UNIDAD	PS	PP	L D P E	H D P E
FISICAS	Gravedad específica	Kg/dm^3	1,04 - 1,09	0,9 - 0,91	0,91 - 0,935	0,941 - 0,965
	Absorción de agua	%	0,03 - 0,1	0,01- 0,03	<0,01	<0,01
	Abrasión	mg		18 - 28	-	-
TERMICAS	Punto de fusión	^oC	80 - 90	165	105 - 115	130 -135
	Resistencia al calor	^oC	67 - 75	105 -125	60 - 80	90 -100
	Temp. distorsión	^oC	95 náxima	55 - 60	30 - 40	45 -55
	Conductividad térmica	*	2,4 - 3,3	2,8	8	11 -12,4
	Calor específico	$Cal/^oC/g$	0,32	0,46	0,55	0,55
MECANICAS	Esfuerzo tensión	Kg/cm^2	350 - 640	300 - 390	50 - 160	220 -380
	Resistencia Flexión	Kg/cm^2	560 - 980	420 - 560	-	-
	Esfuerzo Compresión	Kg/cm^2	800 - 1100	390 - 560	-	-
QUIMICAS	Efecto ácido diluido	-	no afecta	exc.resist.	exc. resist.	exc. resist.
	Efecto ácido concentrado	-	si afecta	si afecta	si afecta	si afecta
TECNOLOGICAS	Presecado	$h/^oC$	1h e 50^oC	-	-	-
	Temp. moldeo inyección	^oC	180 - 280	200 - 280	190 - 250	200 - 280
	Temp. matriz	^oC	20 - 50	20 - 65	30 - 50 - 80	50 - 70
	Presión inyección	Kg/cm^2	800 - 1800	800 - 1400	600 - 1800	800 - 1400
	Velocidad inyección	-	alta	alta	normal	alta
	Contracción	%	0,1 - 0,6	1 - 2,5	2 - 4	1,5 - 3,5

Tabla # 1. Propiedades de los Materiales plásticos.

1.3.- La máquina de inyección.

Para la elaboración de materias termoplásticas por el proceso de inyección existe una gran variedad de máquinas. La primera máquina fue patentada por dos americanos por el año 1872.

Al inicio estas máquinas de inyección fueron simples prensas térmicas de operación manual y de baja capacidad de inyección.

Hoy en día existen máquinas con una capacidad de inyección superior a los 25 kilos. Comandadas electrónicamente por microprocesadores programables y auto corregibles.

El tipo de construcción más corriente entre las máquinas de inyección es el de trabajo horizontal, aquí la unidad inyectora y de cierre trabajan horizontalmente en alineación axial y el flujo de material se efectúa en línea recta perpendicular al plano de separación del molde.

También existen máquinas de trabajo vertical; hoy en día a este tipo de máquina se acopla una mesa giratoria con disposición de varios moldes con el objeto de aumentar la producción, este tipo de máquina se utiliza principalmente para insertar piezas y elementos metálicos. El flujo del material es perpendicular al plano de partición del molde.

Existen también variantes en que la unidad inyectora

está dispuesta perpendicularmente respecto al eje de la unidad de cierre.

Construcciones especiales diferentes permiten una inyección de material en ángulo respecto al eje de la unidad de cierre en el plano de separación.

Las máquinas antiguas se caracterizaban porque el transporte de material lo hacían a traves de un pistón (Fig # 4). Posteriormente se desarrollaron máquinas con un pre plastificador denominada inyectora de pistón de 2 estaciones (Fig # 5). Actualmente casi todas las máquinas inyectoras utilizan una rosca sin fin, que tiene la función de plastificar, transportar el material y también funciona como pistón en el momento de inyección (Fig # 6).

En las máquinas de inyección existe una gran cantidad de variantes que se acoplan para cada necesidad de trabajo.

En una máquina inyectora los principales componentes son la unidad de inyección y la unidad de cierre, aparte existen los controles de temperatura, presión y tiempo (foto # 1, #2, # 3, #4,) La máquina que se ha utilizado para montar el molde de inyección es una máquina REED-PRENTICE, modelo 300 TE/TES (Fig # 7).

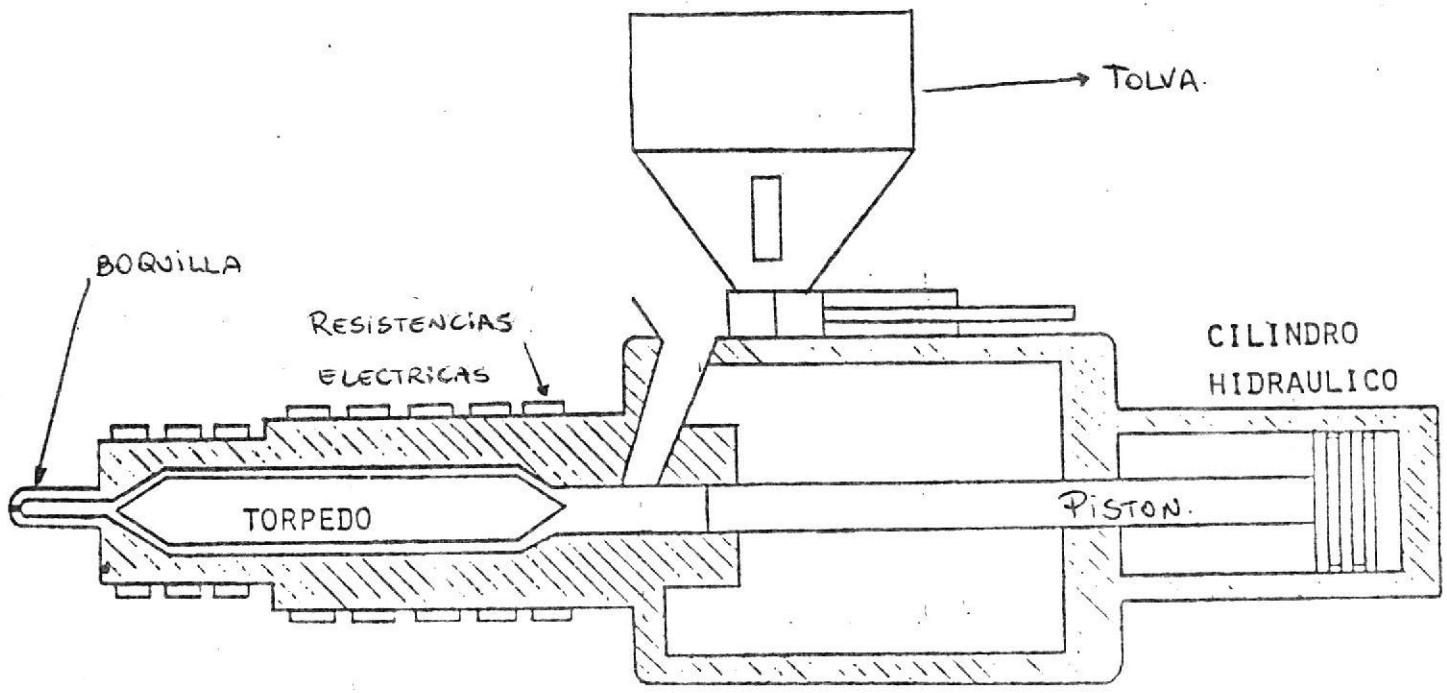


Fig # 4. Inyectora de Pistón (1 estación)

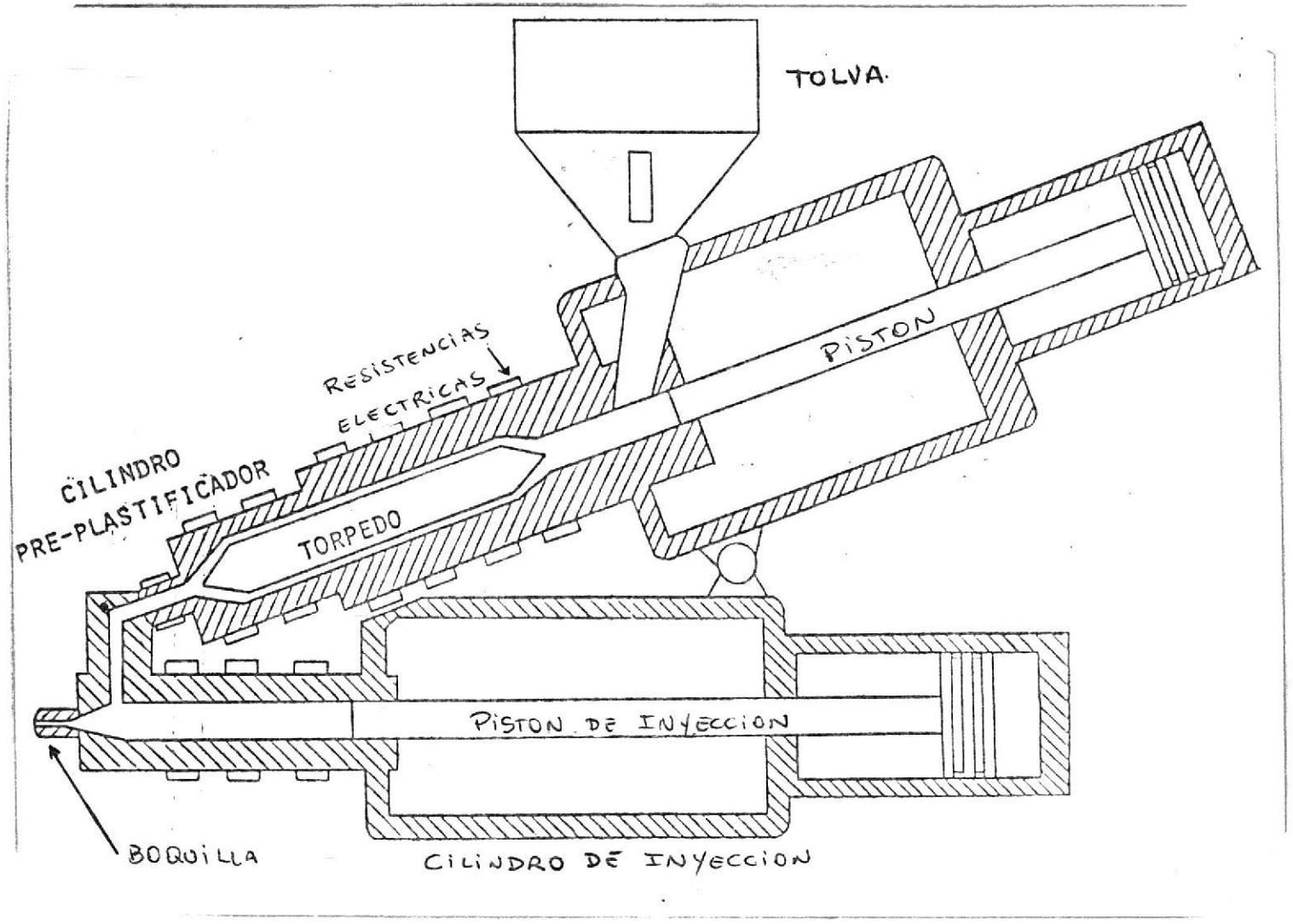


Fig # 5. Inyectora de Piston (2 estaciones).

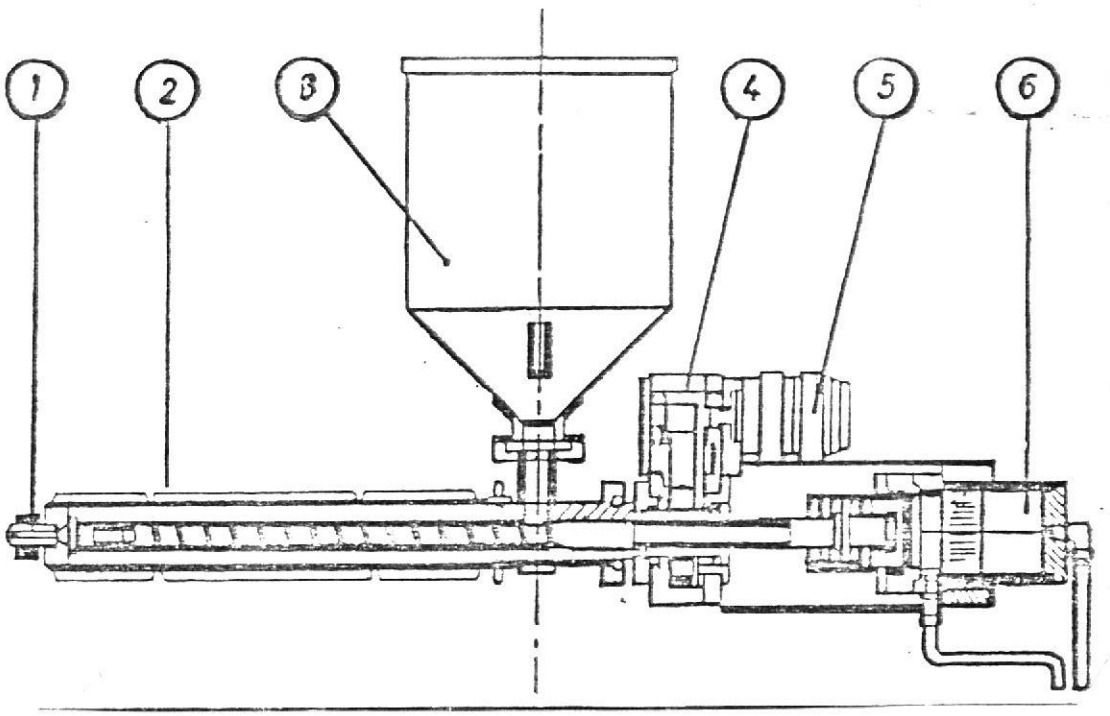


Fig # 6 Inyectora de tornillo.

1.- boquilla

2.- cilindro de inyección

3.- tolva

4.- reductor de engranajes

5.- motor hidráulico de accionamiento de tornillo

6.- cilindro hidráulico de inyección

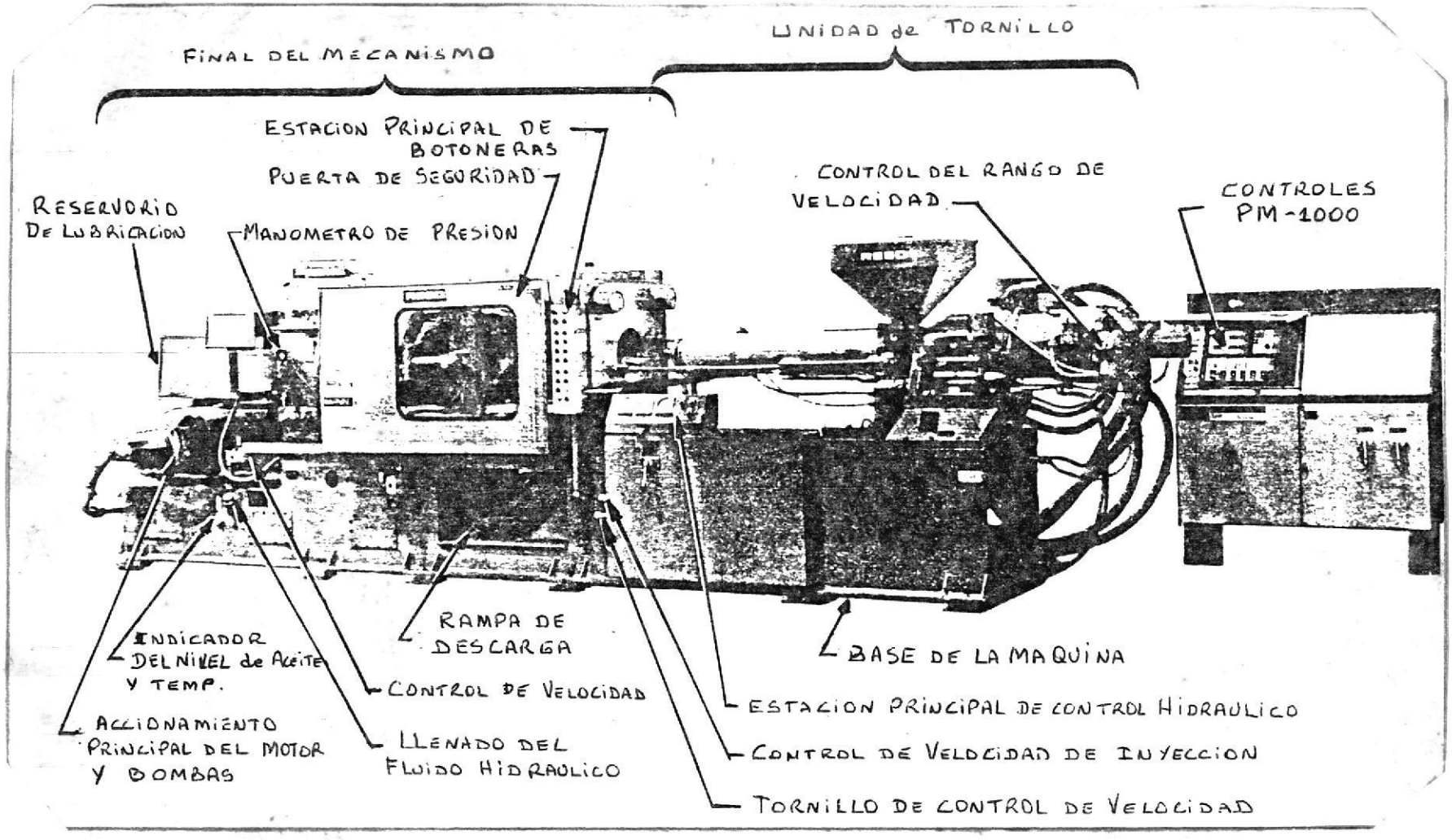


Fig # 7. Máquina inyectora REED 300.

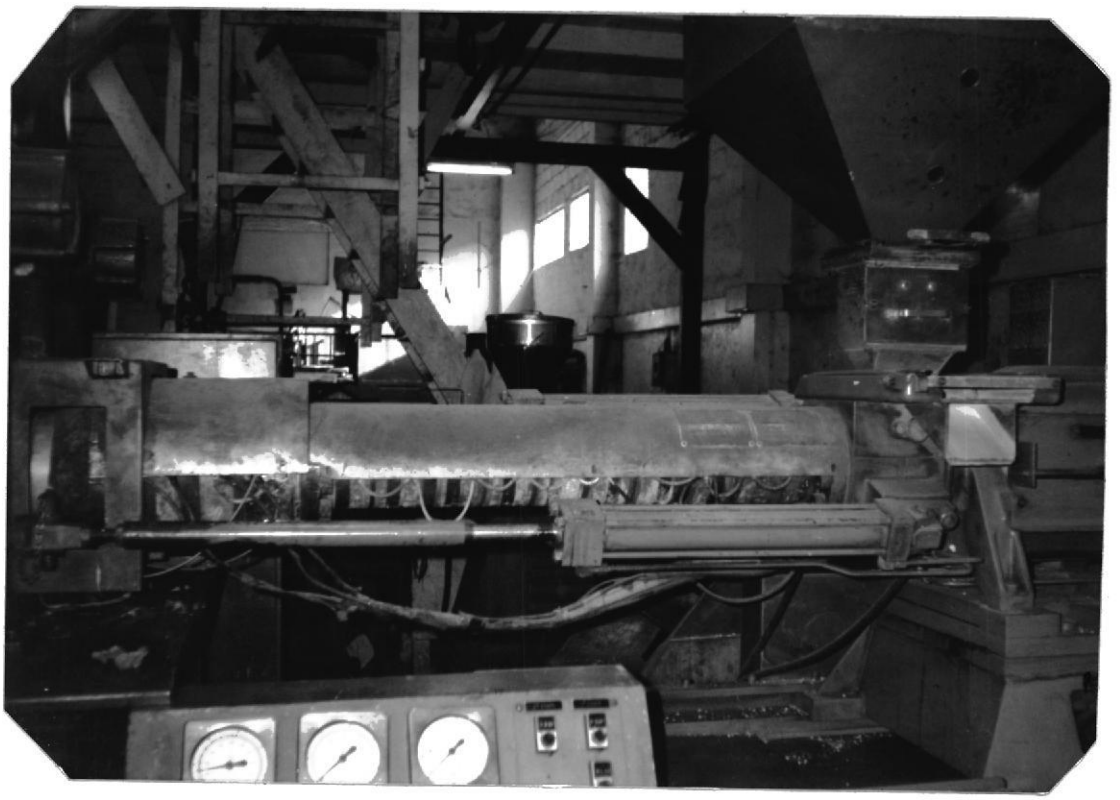


Foto #1. Unidad de inyección.

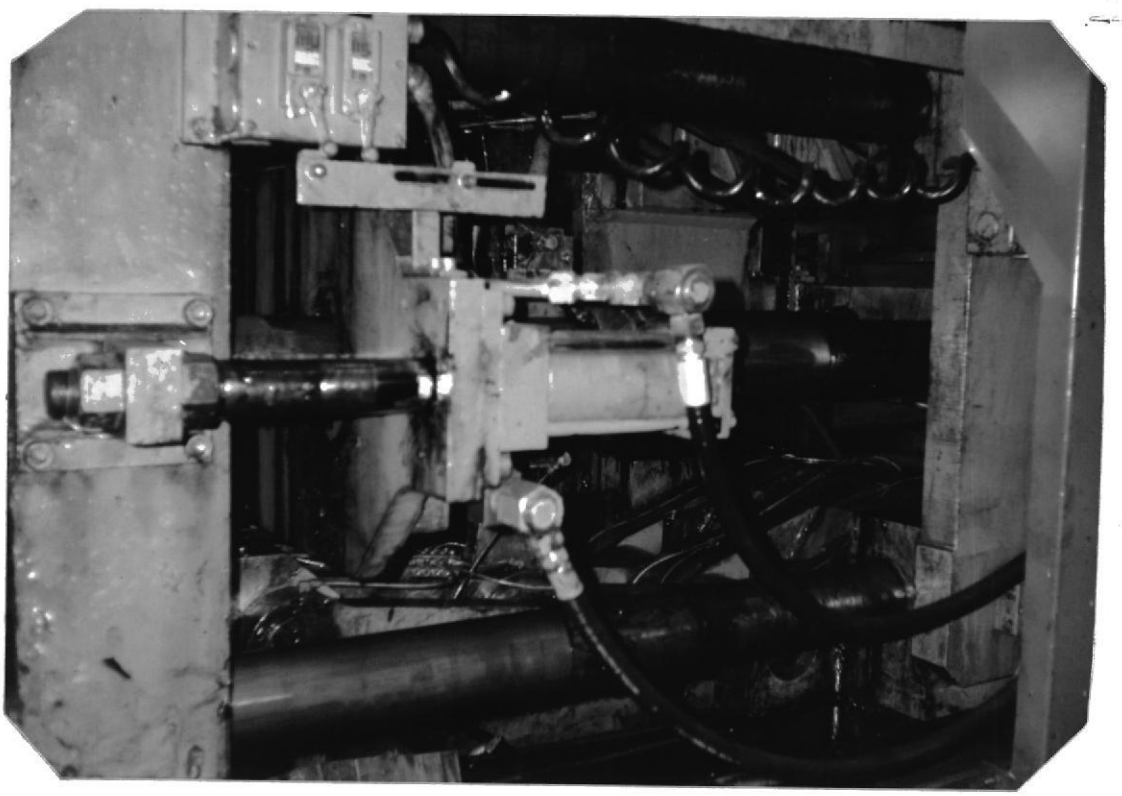


Foto #2. Unidad de Cierre

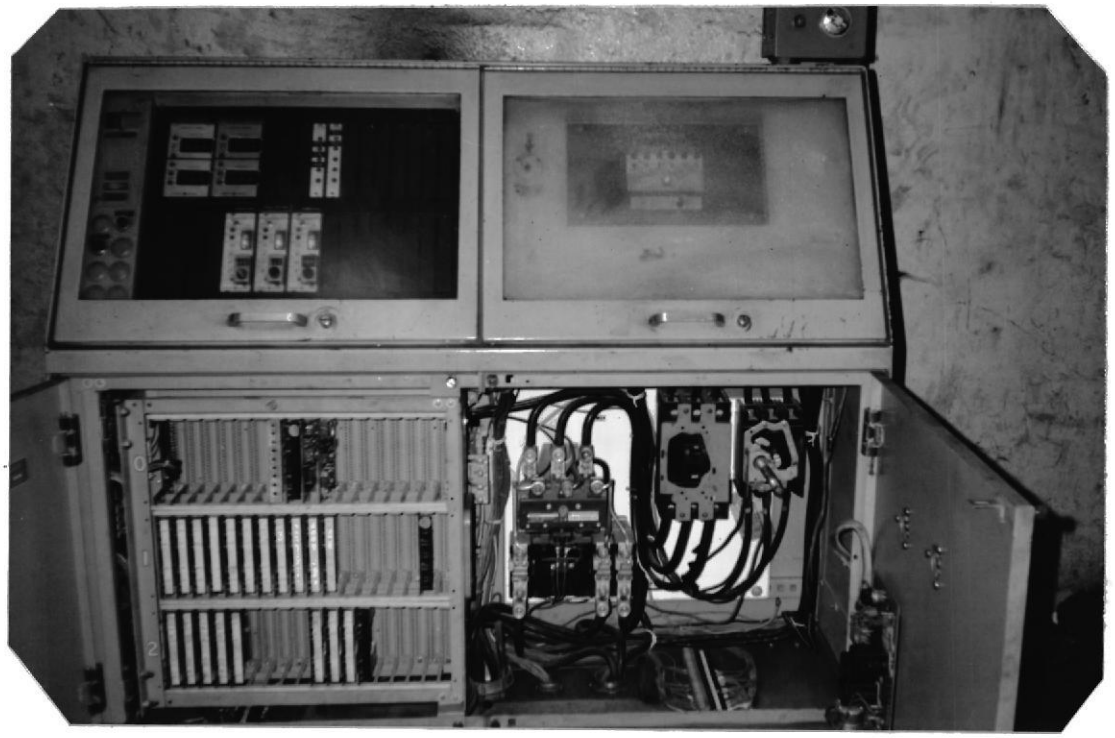


Foto # 3. Controles electrónicos.

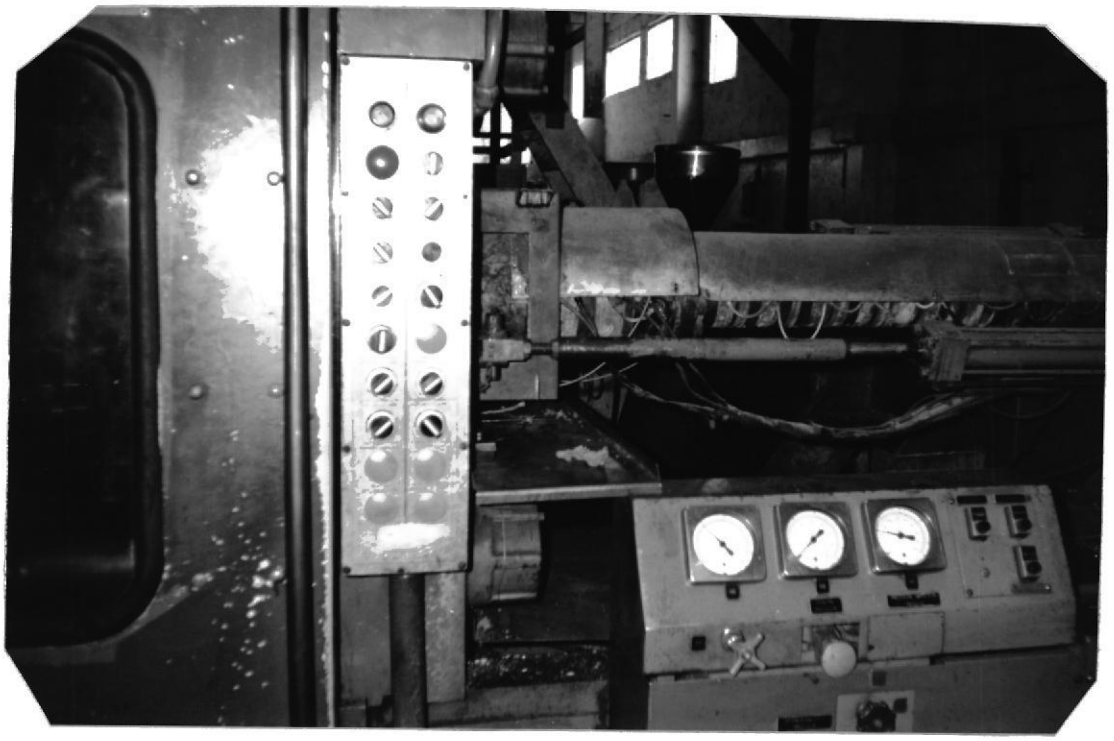


Foto # 4. Controles de accionamiento.

CAPITULO II

MOLDES DE INYECCION

2.1.- Función del molde.-

El molde de inyección de plásticos en el caso más sencillo y frecuente, consta de dos partes que se fijan sobre los platos portamoldes de la máquina de inyección.

La una parte del molde va ubicada en el plato portamolde fijo del lado inyector y la otra en el plato portamolde móvil del lado extractor.

Luego del proceso de llenado y solidificación de la pieza, el molde se abre por el plano de partición, quedando generalmente la pieza adherida en el molde del lato extractor (Foto # 5). Al abrirse el molde la parte posterior de éste entra en contacto con el sistema que acciona el mecanismo de expulsión y se inicia el proceso del desmolde, el cual a través de las placas y varillas expulsoras (foto # 6) desplaza la pieza para que pueda ser extraída. Sólo al efectuarse el cierre del molde se produce la recuperación del mecanismo de expulsión. Las funciones principales del molde son la de recibir la masa termoplástica,

distribuirla a través de los canales, darles las formas y dimensiones establecidas, solidificarla a través de los sistemas de refrigeración y expulsar la pieza terminada.

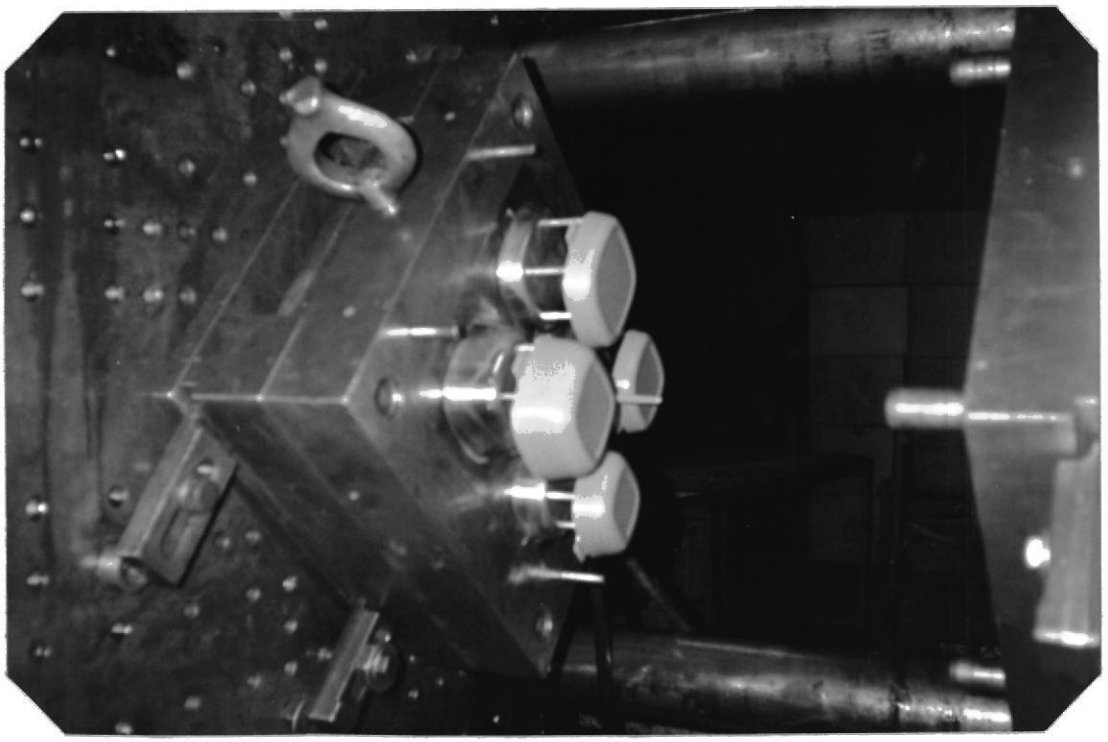


Foto # 5. Pieza adherida lado móvil del molde

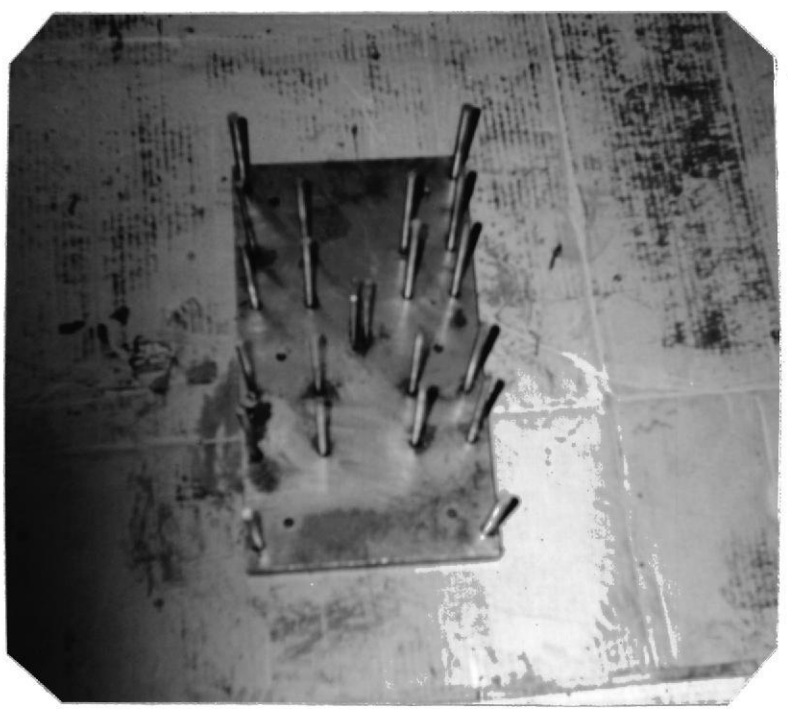


Foto #6. Placas y Varillas expulsoras.

2.2.- Elementos del molde.-

Los principales elementos de un molde sencillo para inyección de plásticos, son:

- Las placas (expulsoras, bases, de soporte, intermedias)
- Las varillas (expulsoras, recuperadoras, extractoras).
- El núcleo o molde
- La matriz
- El Bebedero

Además de estos elementos tenemos los canales de distribución; canales de estrangulamiento, las salidas de aire del molde y el sistema de refrigeración.

El molde de inyección que se ha analizado consta de las siguientes partes:

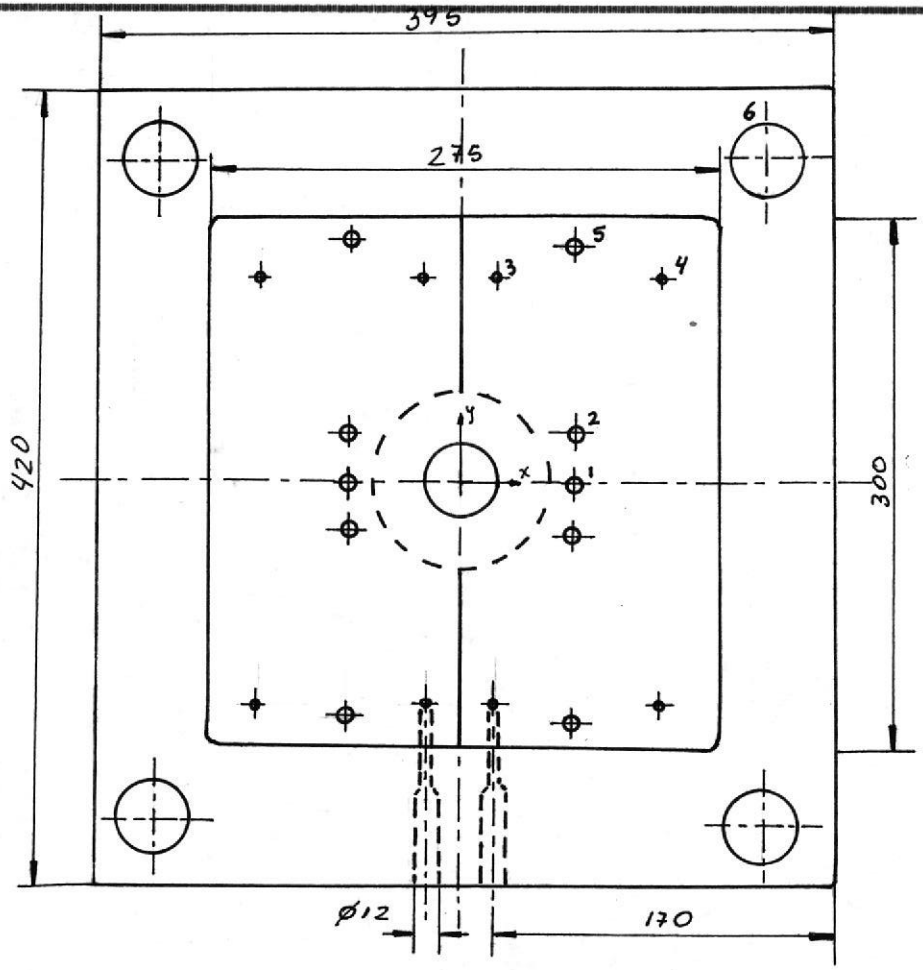
Lado fijo (inyección): (foto # 7).

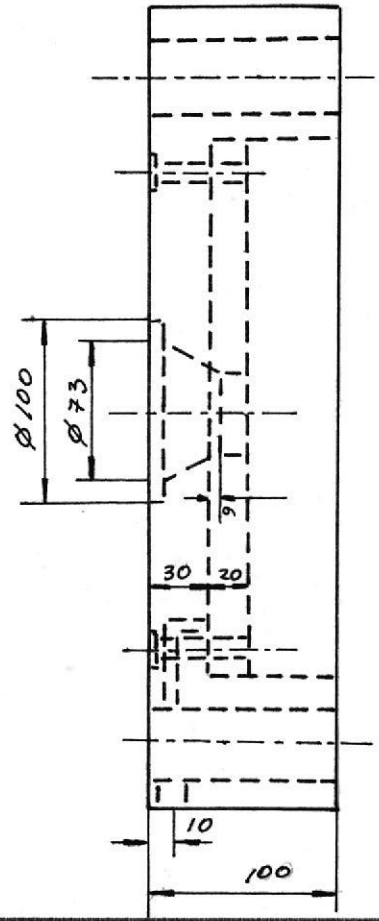
- Placa portamatriz o porta injertos (dibujo # 1).
- Injertos (4 unidades) (dibujo # 2).
- Guias (4 unidades) (dibujo # 3).
- Boquilla o bebedero del molde (dibujo #4).
- Anillo centrador (dibujo # 5).

Lado móvil (expulsión): (foto # 8).

- Placa base (dibujo # 6).
- Barras separadoras (2 unidades)(dibujo #7).

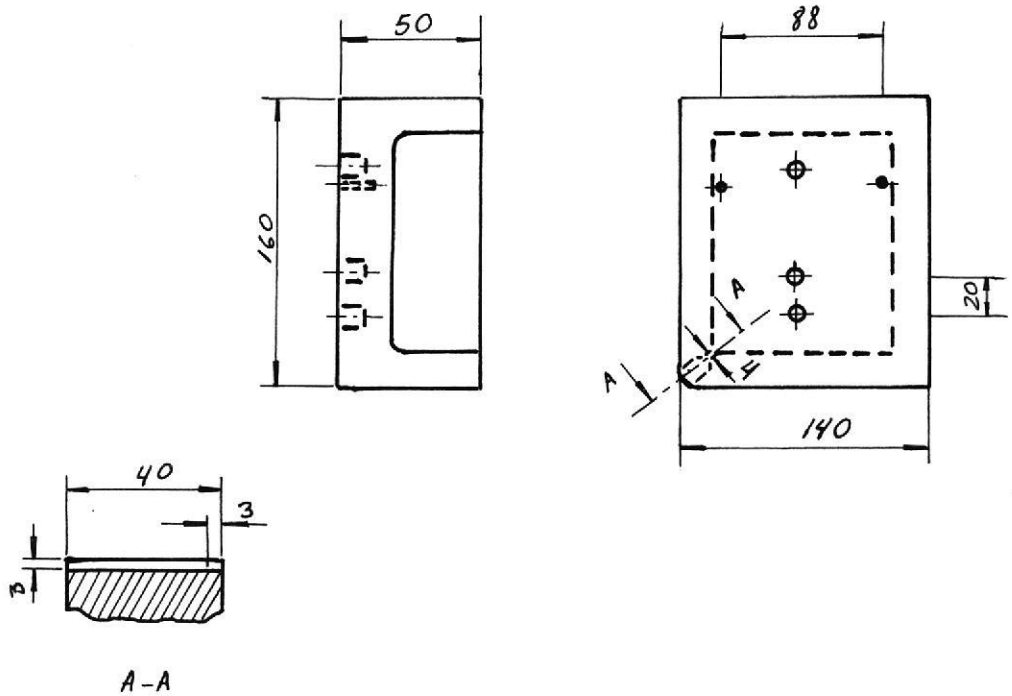
- Placa base expulsora (dibujo # 8).
- Placa de fijación de expulsores (dibujo # 9)
- Varillas recuperadoras (4 unidades) (dibujo # 10)
- Varillas expulsoras (20 unidades) : 4 para cada injerto y 4 para la colada de los canales (dibujo # 10)
- Placa molde o placa porta injertos (dibujo # 11)
- Injertos (4 unidades) (dibujo # 12)



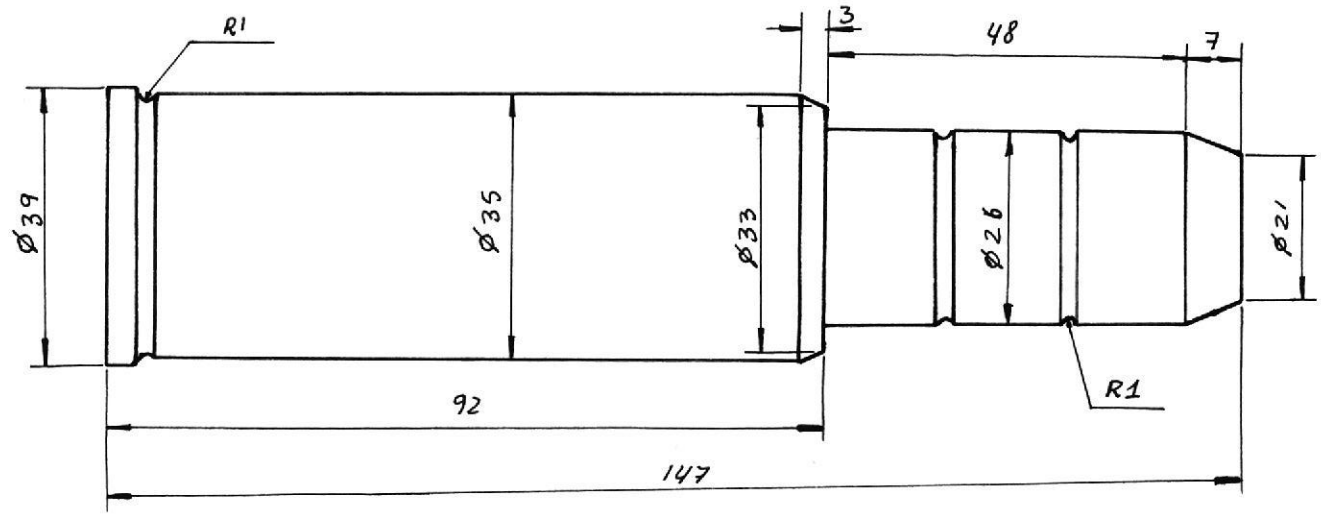


AGUJ.	1	2	3	4	5	6
Ø	10	10	4	4	10	35
CANT.	2	4	4	4	4	4
X	62.5	62.5	27.5	115.5	62.5	153.5
Y	0	26	122	122	130	170

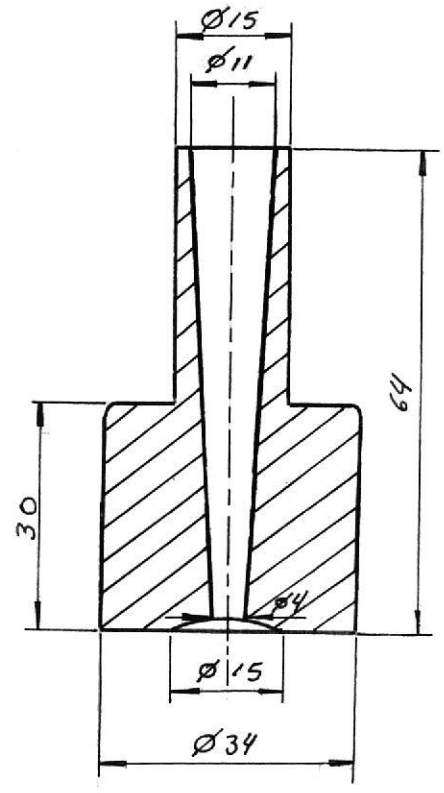
	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			PLACA PORTAMATRIZ O PORTA INJERTOS	ESCALA 1:4
REVISO				
APROBO				
ESPOL:			1	



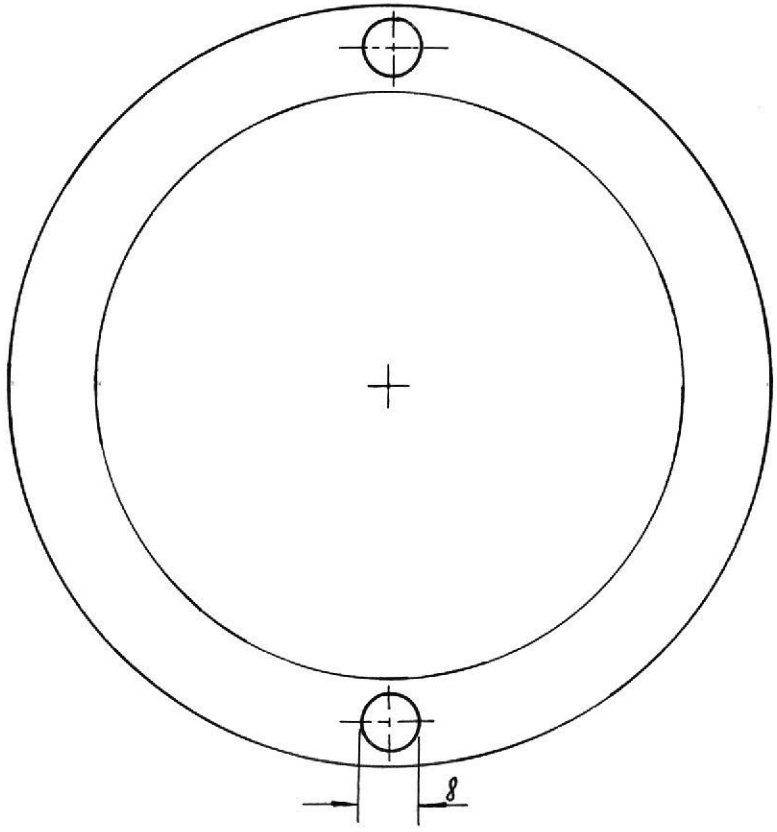
	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			INJERTOS PARTE FIJA	ESCALA 1:4
REVISO				
APROBO				
ESPOL:			2	

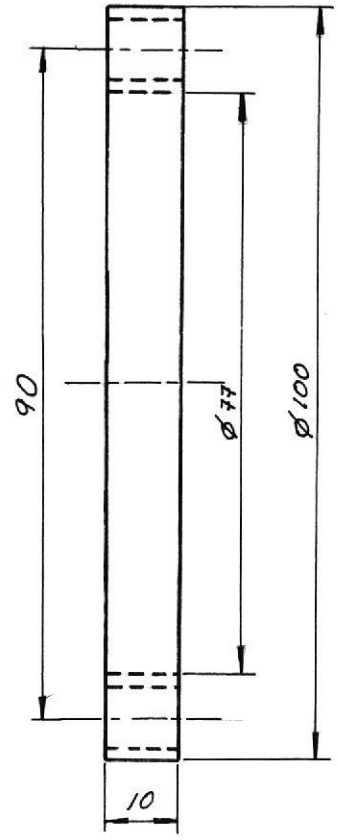


	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			GUIA	ESCALA 1:1
REVISO				
APROBO				
ESPOL			3	

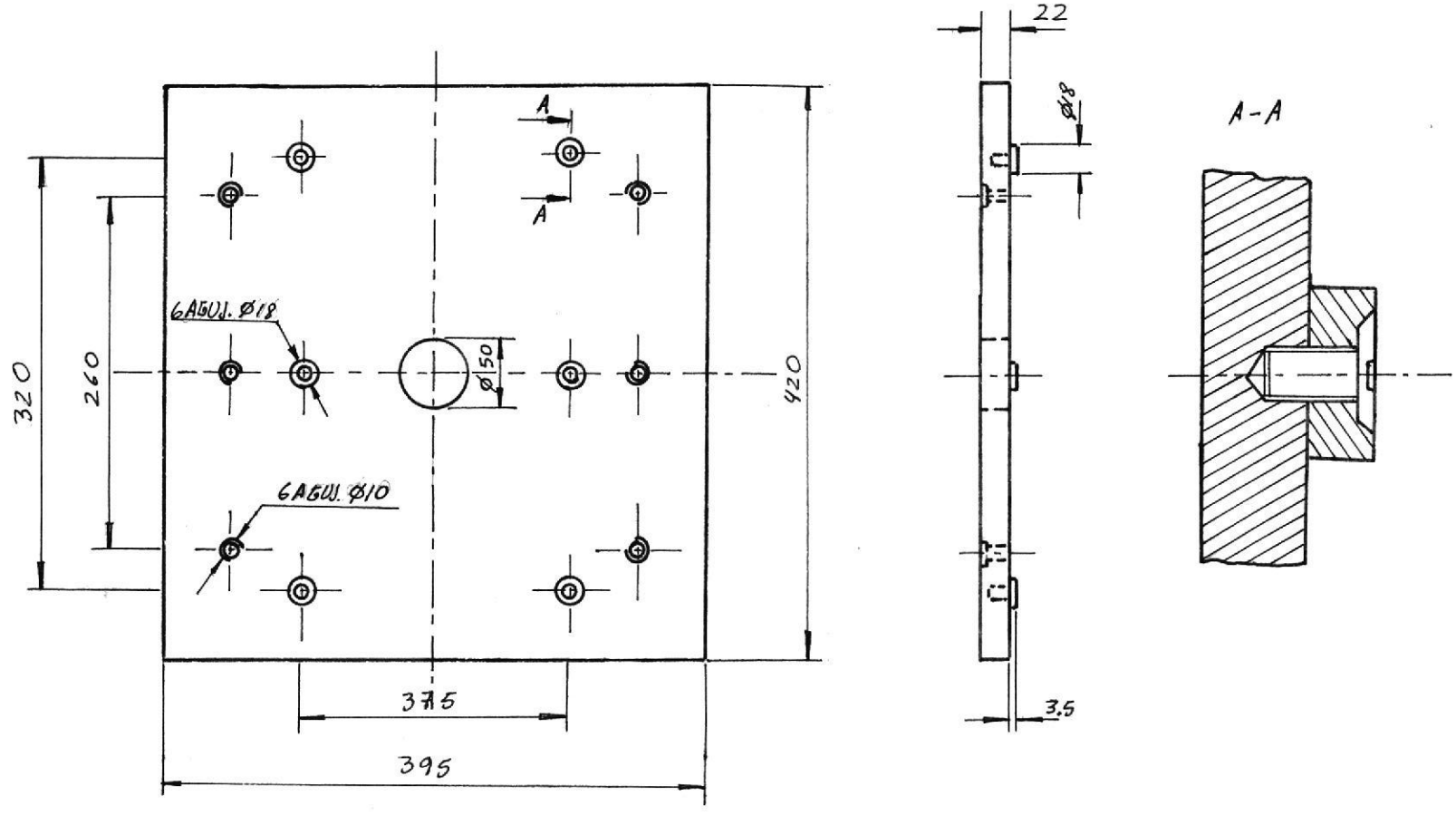


	FECHA	NOMBRE	BOQUILLA O BEBEDERO DEL MOLDE	ESCALA 1:1
DIBUJO				
REVISO				
APROBO				
ESPOL			4	

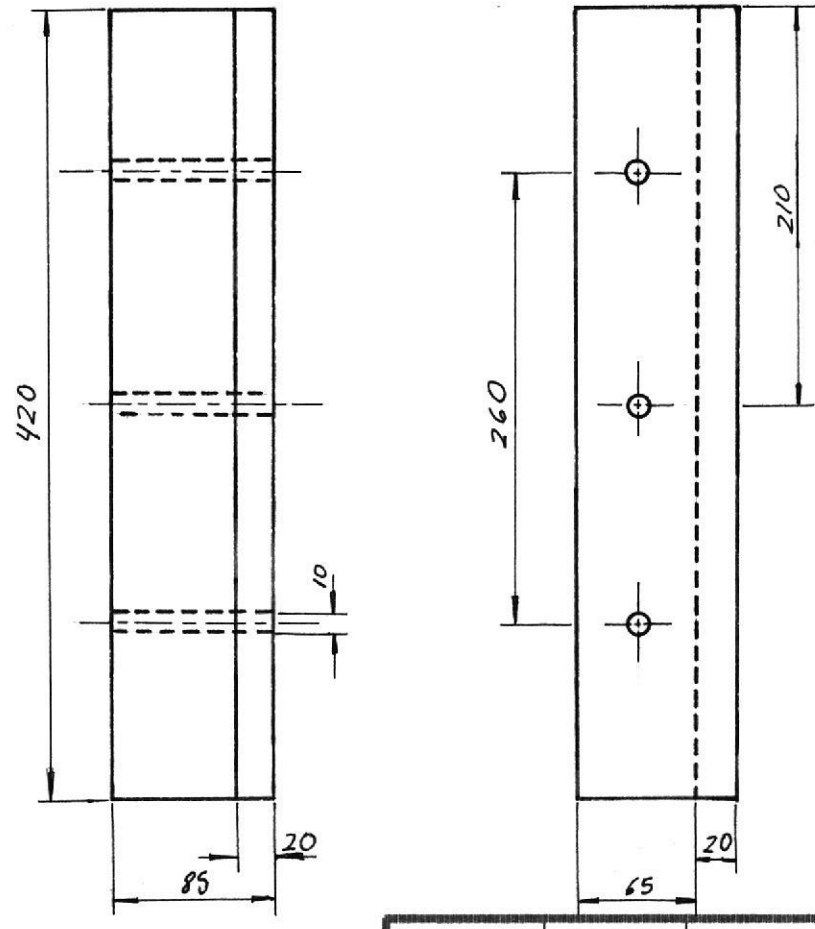




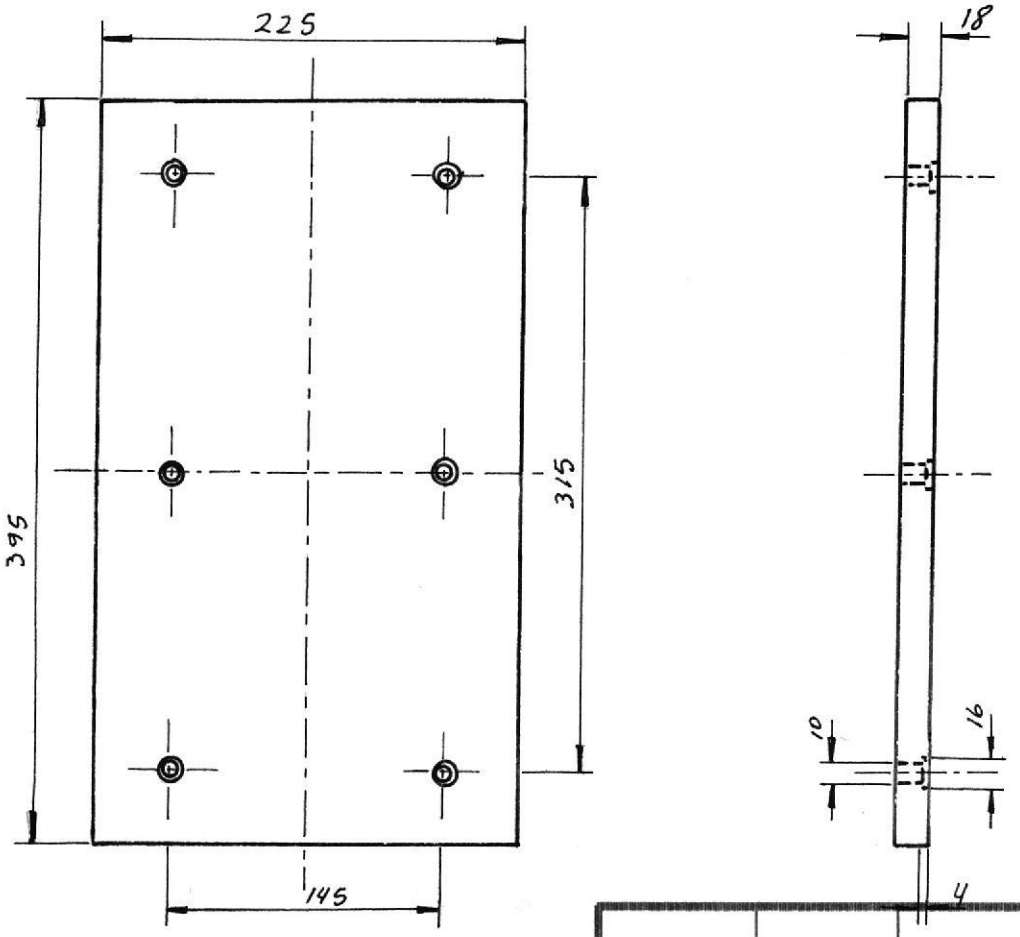
	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			ANILLO CENTRADOR	ESCALA 1:1
REVISO				
APROBO				
ESPOL			5	



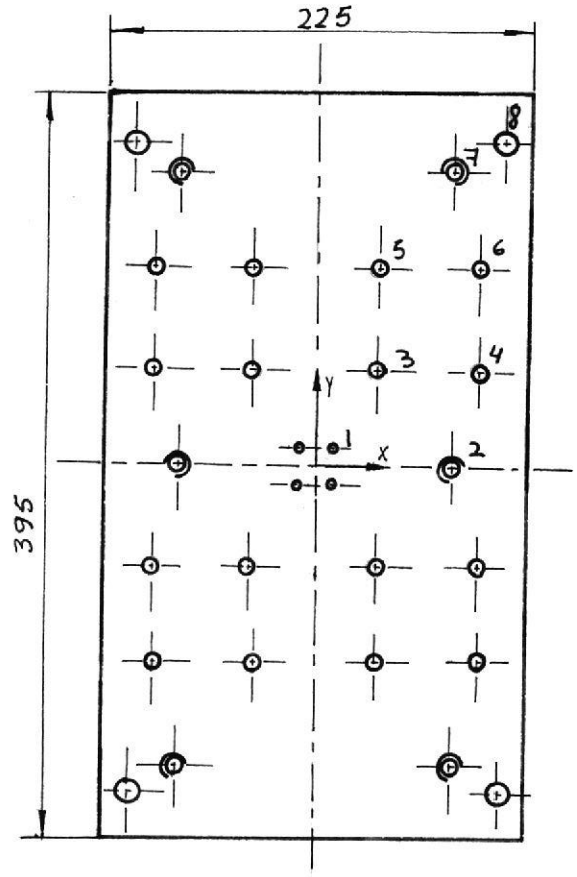
	FECHA	NOMBRE	PLACA BASE	ESCALA
DIBUJO				1:5
REVISO				
APROBO				
ESPOL			6	

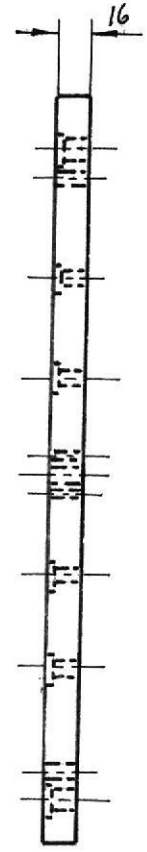


	FECHA	NOMBRE	BARRAS SEPARADORAS	ESCALA
DIBUJO				1:4
REVISO				
APROBO				
ESPOL:			7	



	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			PLACA BASE EXPULSORA	ESCALA 1:4
REVISO				
APROBO				
ESPOL			8	





AGUJ.	Ø	CANT.	X	Y
1	4	4	7.5	12.5
2	8	2	72.5	0
3	8	4	37.5	52.5
4	8	4	87.5	52.5
5	8	4	37.5	102.5
6	8	4	87.5	102.5
7	8	4	72.5	153.5
8	10	4	97.5	192.5

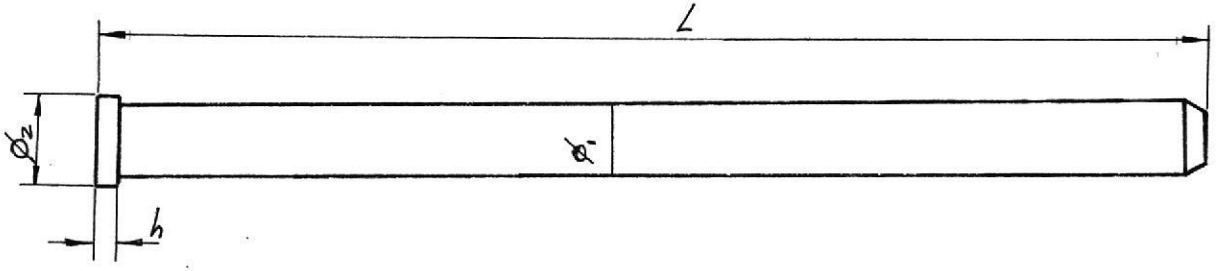
	FECHA	NOMBRE
DIBUJO		
REVISO		
APROBO		

PLACA DE FIJACION DE EXPULSORES

ESCALA 1:4

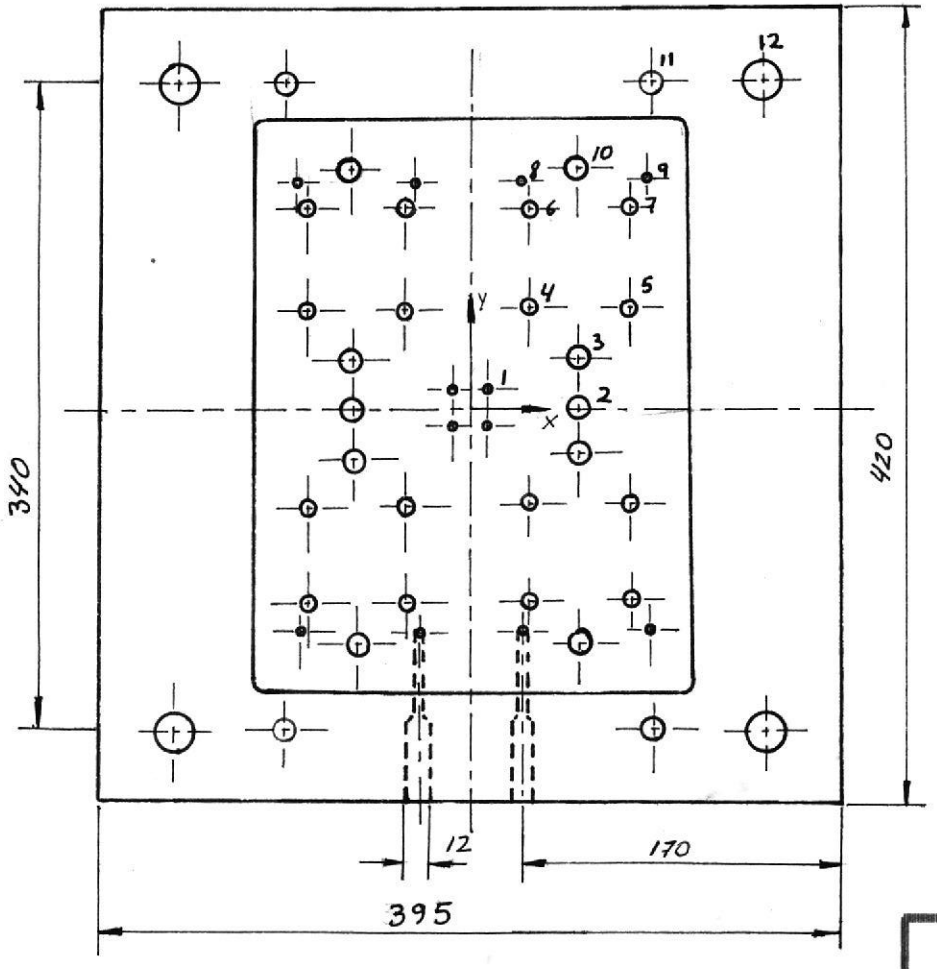
ESPOL:

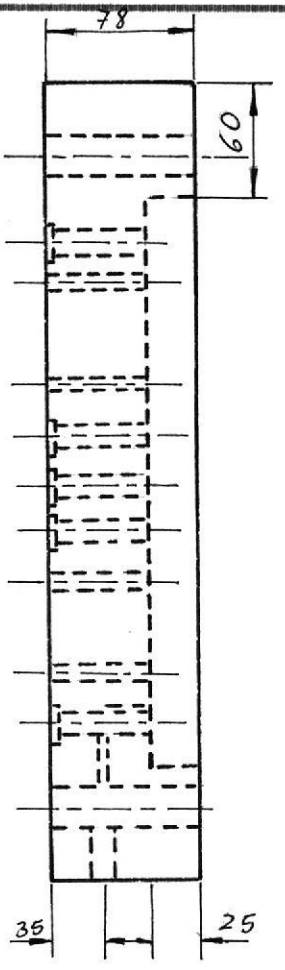
9



DENOMINACION	Ø1	Ø2	L	h	CANT.
VARRILLA RECUPERADORA	10	12	141	3	4
VARRILLAS EXPULSORAS	8	10	183	3	4
	8	10	169	3	4
	8	10	160	3	4
	8	10	156	3	4
	4	5.5	137	3	4

	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			VARILLAS	ESCALA 1:1
REVISO				
APROBO				
ESPOL			10	





AGUJ.	Ø	CANT.	X	Y
1	4	4	7.5	12.5
2	10	2	62.5	0
3	10	4	62.5	26
4	8	4	37.5	52.5
5	8	4	87.5	52.5
6	8	4	37.5	102.5
7	8	4	87.5	102.5
8	4	4	27.5	122
9	4	4	115.5	122
10	10	4	62.5	130
11	10	4	97.5	172.5
12	26	4	153.5	170

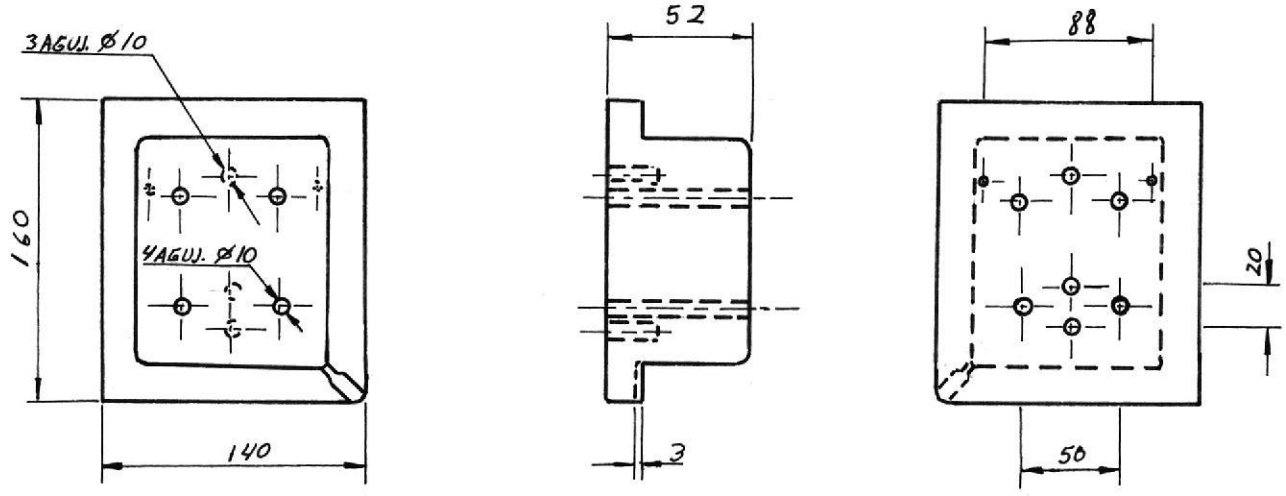
	FECHA	NOMBRE
DIBUJO		
REVISO		
APROBO		

ESPOL

PLACA MOLDE ●
PORTA INJERTOS

ESCALA 1:4

11



	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			INJERTOS PARTE MOVIL	ESCALA 1:4
REVISO				
APROBO				
ESPOL			12	

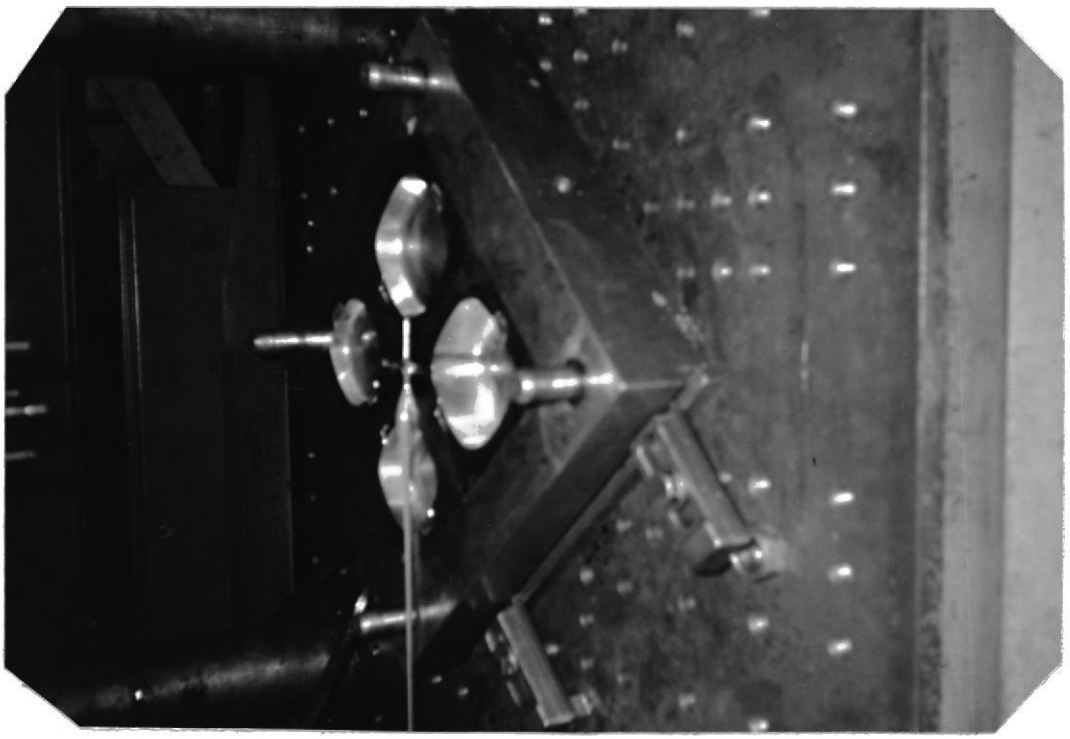


Foto # 7 Molde lado fijo (inyección)

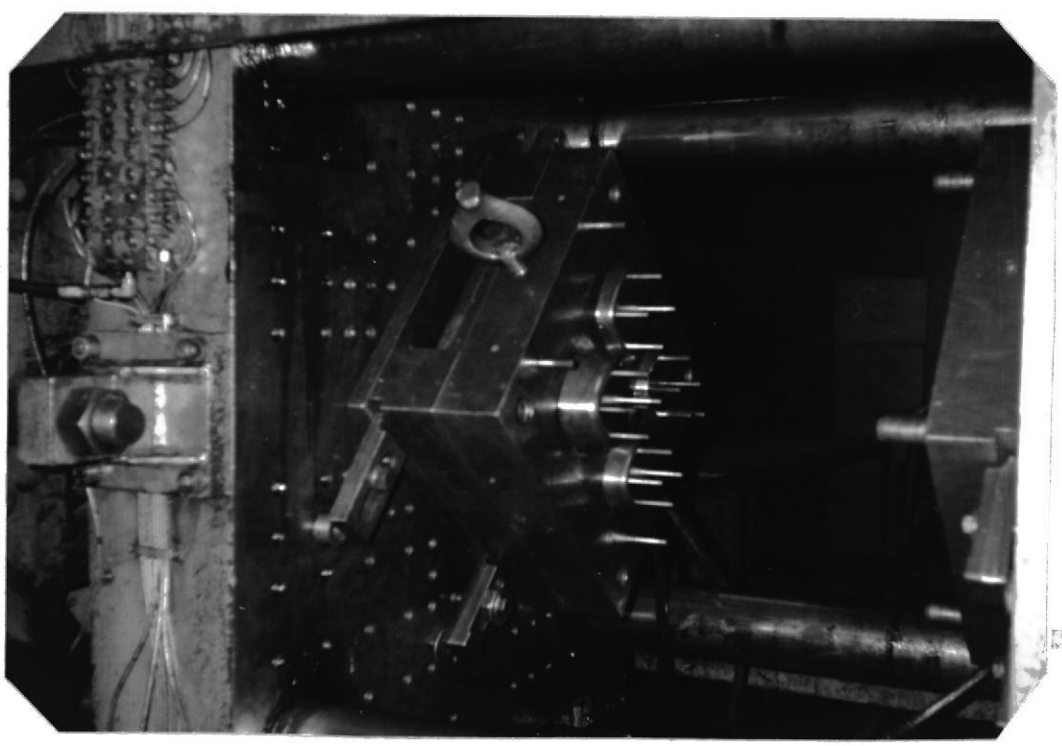


Foto # 8 Molde lado móvil (expulsión)

CAPITULO III

PARAMETROS DE INGENIERIA

En el proceso de inyección de materiales plásticos, existen tres elementos principales para obtener una buena calidad de la pieza y una producción rentable, estos elementos son: La máquina, el material y el molde.
El fabricante del molde debe conocer de antemano el diseño de la pieza a fabricarse, la máquina de inyección y el material plástico que se utilizará, con estos datos obtendremos la pieza de la calidad deseada; pero, se debe tener en cuenta la rentabilidad. Es decir que tan rentable es el molde con una cavidad o con varias.

3.1.- Capacidad de producción del molde.

Para obtener el número de cavidades del molde, una vez conocidas las características del artículo y del material, se debe considerar principalmente la máquina de inyección. Conociendo la máquina de inyección y el diseño de la pieza, podemos obtener la cantidad máxima teórica de cavidades.
Esta se la obtiene dividiendo el peso o volumen máximo de material que puede inyectar la máquina para el peso o volumen del artículo.

$$C_1 = \frac{M}{A}$$

C_1 = Cantidad máxima teórica de cavidades.

M = Volumen máximo de inyección de la máquina, (cm^3).

A = Volumen de la pieza + la colada, (cm^3).

A partir del rendimiento del cilindro de plastificación, del número de inyecciones y del volumen del artículo, obtendremos el número de cavidades realizables.

$$C_2 = \frac{R}{I \times A}$$

C_2 = Cantidad de cavidades realizables.

R = Rendimiento de plastificación, (cm^3/minuto)

I = Número de inyecciones (I/minutos).

En la práctica no puede emplearse el valor de C_1, por ser un valor máximo teórico y es así que $C_2 \leqslant C_1$. Las máquinas inyectoras modernas trabajan con un grado de aprovechamiento volumérico de 0,2 a 0,8. De ello se deduce que $C_2 \leqslant 0{,}8 \ C_1$.

Otro criterio para determinar el número de cavidades, es aquel que se basa en la presión de cierre que puede ejercer la máquina inyectora. Durante el proceso de llenado actúa la llamada fuerza expansiva que tienden a abrir el molde actuando contra la presión de cierre.

La fuerza expansiva es igual a la suma de las superficies de proyección de las cavidades y canales

de llenado, multiplicada por la presión específica en el molde. Esta fuerza expansiva deberá ser menor que la presión de cierre porque de lo contrario se producirán escapes de material fundido entre los planos de partición del molde y producirá artículos con rebabas.

El número de cavidades obtenidas es el resultado técnicamente óptimo, ya que nos basamos en magnitudes dependientes de la máquina como son el rendimiento de plastificación, la capacidad de inyección y la presión de cierre; pero, no se menciona sobre la rentabilidad de tal solución.

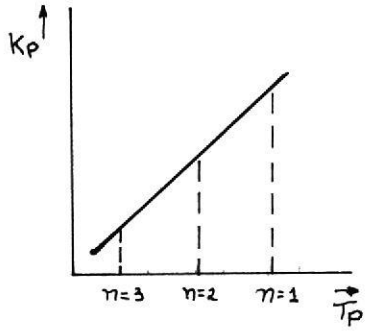
El costo del artículo a fabricarse depende del número de piezas y de la producción por hora; esto está ligado directamente con el número de cavidades y con el costo del molde para una máquina determinada. Es decir que el costo de fabricación de un artículo será la suma del costo de producción, el costo del material y el costo del molde.

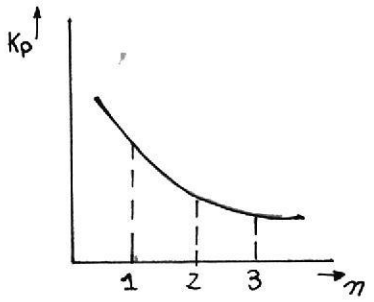
Costo de producción (K_P).-En el costo de producción interviene el costo por hora de la máquina (Kmq), costo por hora de la mano de obra (ko) y el tiempo de producción (T_P) así se tiene:

$$K_P = (Kmq + Ko)\ T_P$$

Hay que considerar que al aumentar el número de cavidades en el molde, el costo de producción K_P

disminuye, y a mayor T_p aumentará el K_p, el costo de producción referido a una cavidad K_p será $\overline{K}_p = \frac{K_p}{n}$, donde n= número de cavidades.



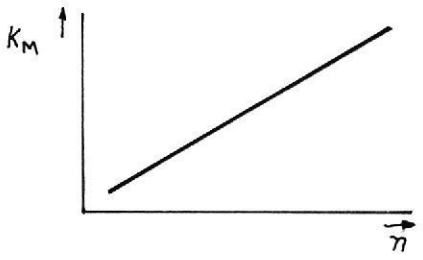


Costo de material (K_M) .- EL costo de material por ciclo varía segun el número de piezas que pueda fabricarse en una inyección, entonces dependerá del molde y aumenta con el número de cavidades.

El Costo del material por pieza será el costo de material por ciclos dividido para el número de cavidades.

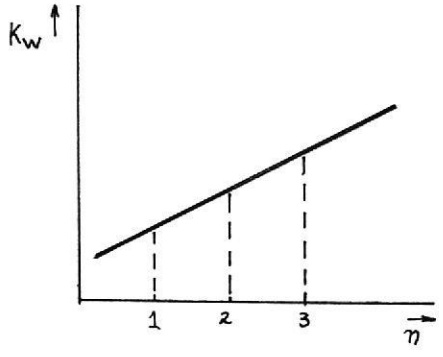
$$K_m = \frac{K_M}{n}$$

En moldes múltiples el costo de material por pieza puede aumentar ligeramente debido a los canales de distrtibución del molde.



Costo del molde (Kw).- En el costo del molde Kw hay que considerar que al aumentar el número de cavidades aumentará el costo del molde, pero disminuye considerablemente el costo por cavidad Kwc en el molde. De allí que:

$$Kw = n \quad kwc$$



Como el costo de fabricación K_F es la suma de los diversos costos entonces tenemos:

$$K_F = K_P + K_M + Kw$$

$$K_F = (Kmq + Ko)\ T_P + K_M + Kw$$

Para un molde con n cavidades tenemos que:

$$n = \sqrt{\frac{T_P\,(K_{mq} + K_o)}{K_m + K_{wc}}}$$

Según esta fórmula, el número de cavidades más rentable viene dado por los parámetros: Tiempo de producción, costo por hora de la máquina, costo por hora de la mano de obra, costo de material y costo de la cavidad del molde. Con el objeto de simplificar el trabajo de cálculo existe un

nomograma (fig # 8) el cual se basa en la igualdad:*

Donde K= costo de fabricación sin el material

t= tiempo de ciclo

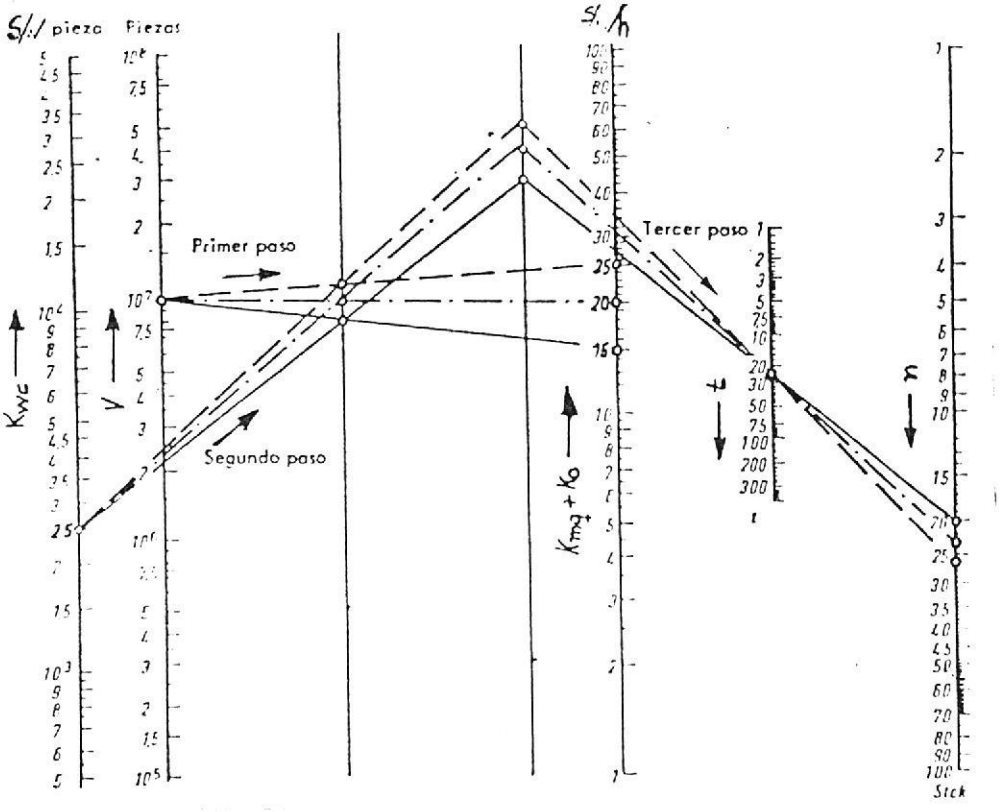
V= número de piezas a fabricarse.

En este nomograma no se ha considerado el costo del material.

Antes de establecer el número de cavidades mas rentable con la ayuda del nomograma, hay que determinar los siguientes valores:

- Costo por hora de la máquina, Kmq
- Costo por hora de mano de obra, Ko
- El tiempo del ciclo, t
- EL costo de una cavidad del molde,Kwc
- El alcance del pedido o número de piezas a fabricarse, V

$$* \quad K = (K_{mq} + K_o) + \frac{t \times V}{3600 . n} + n . K_{wc}$$



Ejemplo

Máquina de inyección	A	B	C	
Coste por hora de máquina, K_{mq}	10	15	20	S./h
Coste de la mano de obra por hora, K_o		5		S./h
Tiempo de ciclo, t		24		s
Volumen del pedido		10 millones		plezas
Coste de una cavidad		2.500		S./

Fig # 8. Nomograma para determinar el número de cavidades n rentables

3.2.- Distribución de la masa plástica.

La masa plástica proveniente del cilindro de plastifición de la máquina (foto # 1) llega a través de la boquilla de inyección (foto # 9) al molde y es distribuída por el sistema de alimentación del mismo hacia sus cavidades.

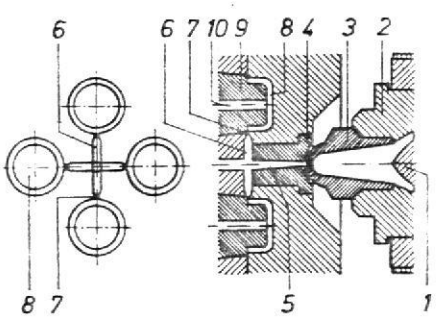
El sistema de alimentación o de llenado de los moldes consta de varias partes:

Canal de entrada.

Canales de distribución

Canales de estrangulamiento

La disposición y el tipo del sistema de alimentación influirán en la calidad de la pieza, en el tiempo de inyección y en el ahorro del material; es por esta razón que tiene que ser diseñado de tal forma que la masa plástica llegue a la cavidad del molde en el menor tiempo posible y con mínimas pérdidas de calor y temperatura. (fig # 9)



Fif # 9 Representación esquemática de un molde y del flujo de material

1.- Tornillo

2.- Cabeza del cilindro

3.- Boquilla

4.- Bebedero

5.- Cono de entrada

6.- Canales de distribución

7.- Canal de estrangulamiento

8.- Cavidad del molde (pieza)

9.- Elementos de moldeo

10.-Expulsores

El molde analizado (foto # 10), tiene 4 cavidades que son llenadas por medio de un sistema de alimentación tipo cruz o equis, tiene 4 canales de estrangulación, 4 de distribución y su canal cónico de entrada.

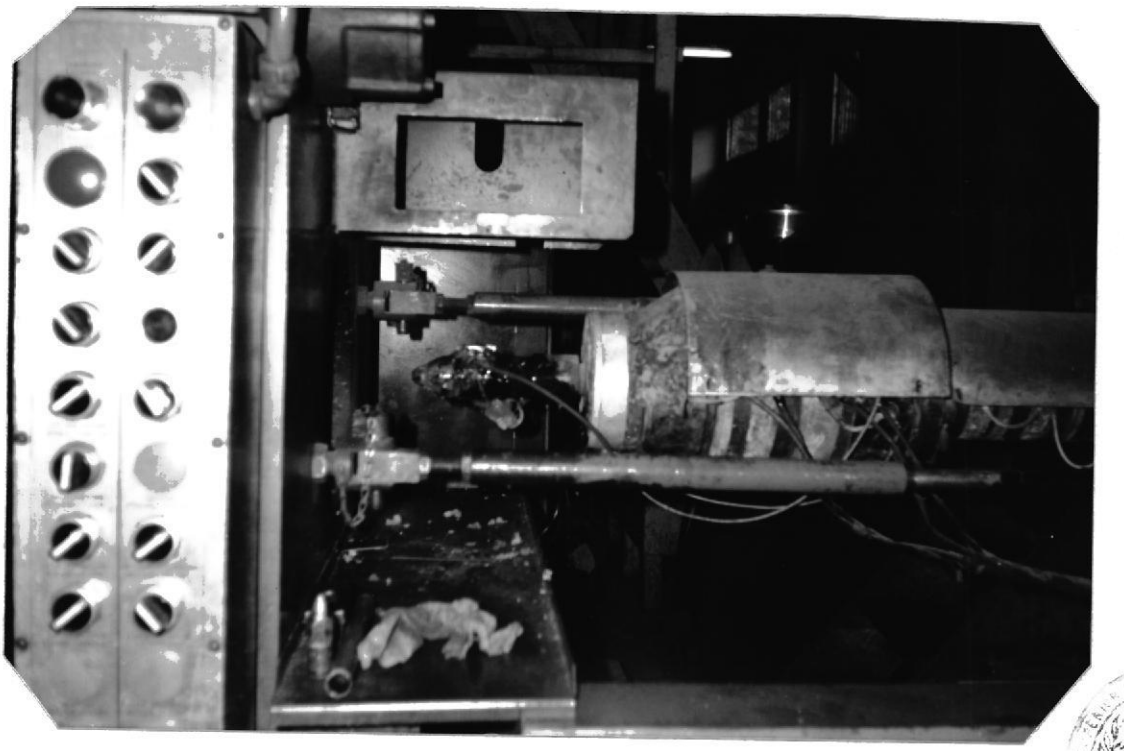


Foto # 9 Boquilla máquina Inyectora

Foto # 10 EL molde de Inyección

El canal de entrada.- Es un canal cónico conocido como BEBEDERO CONICO (dibujo # 4), la boquilla de la máquina de inyección (foto # 9) se apoya directamente sobre el bebedero del molde, debido a la carga local existente en esta área de contacto, el bebedero se fabrica en acero templado. Según el deterioro o desgaste del orificio del bebedero este puede ser reemplazado. Las superficies de contacto entre la boquilla y el bebedero pueden ser planas o curvas.

Las superficies de contacto curvas son las más utilizadas, aquí la boquilla debe quedar bien centrada sobre el orificio de entrada del bebedero.

La construcción del bebedero en un molde normal deberá seguir ciertas consideraciones: El canal del bebedero se incrementa a base de una conicidad de 4° como máximo de afuera hacia adentro, es decir desde la boquilla hacia el interior; la altura del bebedero es de unos 20mm, sin embargo esta altura dependerá de la geometría de la pieza. EL diámetro viene determinado también por el espesor y el tamaño de la pieza. El diámetro menor del cono, es decir del orificio de entrada del molde puede determinarse aproximadamente a partir del volumen a inyectarse, el tiempo de inyección y la velocidad de inyección.

La siguiente ecuación es válida para piezas de

unos 100 cm^3.

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,8 \times v \times t}}$$

Donde: d = diámetro menor del orificio de entrada

v = velocidad de inyección

V = volumen a inyectar.

t = tiempo de inyección.

Para el diámetro mayor del cono, en un molde sencillo, éste debe ser de 1 a 1,5mm mayor que el espesor máximo de la pieza.

D = e max + 1,5mm

En un molde de varias cavidades, para encontrar el diámetro mayor del cono, se aplica: el área de la base del cono es igual a la sumatoria del área de los canales de estrangulamiento.

EL orificio del bebedero debe tener buen acabado superficial para facilitar el desmolde; al solidificarse la pieza, la cantidad de material que queda en el bebedero sale junto con la pieza al desmoldarse y luego debe ser retirada como desperdicio, el cual se puede reciclar.

Canales de distribución.-Los canales de distribución lo tienen los moldes de varias cavidades o los moldes simples de grandes superficies de inyeccion. Luego de que la masa plástica pasa

a través del bebedero cónico llega a los canales de distribución.

Estos canales tienen que estar dispuestos de tal forma que conduzcan la masa plástica a todas las cavidades,en el menor tiempo posible y con igual presión y temperatura.

La diferencia de temperatura entre la masa plastificada y el molde refrigerado en el interior de los canales hace que se solidifique rapidamente la masa que fluye junto a las paredes exteriores, entonces se forma una masa plástica central que está aislada respecto a la pared del canal conocida como "núcleo plástico", por el que puede fluir la masa necesaria para el llenado del molde, éste "núcleo plástico" debe conservarse hasta que la pieza esté totalmente solidificada.

Las dimensiones de los canales de distribución dependen del tamaño de la pieza, del tipo del molde y de la masa a elaborar. Las secciones grandes favorecen el llenado, ya que la resistencia al flujo es menor que en los canales estrechos, pero también debemos de considerar el ahorro del material, ya que tenemos que producir un artículo con el máximo de rentabilidad. La colada extraída influye en la cantidad de desperdicio y cuando las secciones son excesivas respecto al tamaño de la pieza influye en el tiempo de refrigeración.

Es por esta razón que el tamaño de los canales influye en la rentabilidad de la producción. Con los canales circulares se consigue minimizar las pérdidas de calor y rozamiento; pero, este tipo de canal es de difícil construcción y encarece el molde, ya que para desmoldarse con facilidad tiene que dividirse diametralmente en partes iguales, abarcando la mitad del molde lado boquilla y la otra mitad del lado extractor.

Entonces hay que elegir una sección que se aproxime a la circular de modo que el canal resultante pueda alojarse en una mitad del molde; para facilitar el desmoldeo se lo aplica en la parte móvil del molde.

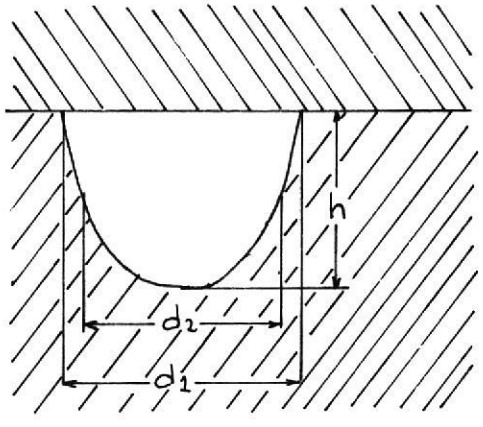
La sección parabólica es la más utilizada.

En el molde analizado, los canales de distribución son de tipo parabólico y están dispuestos en la parte fija y móvil del molde.

Para que los canales de distribución cumplan con la misión de llenar las cavidades del molde simultánea y uniformemente existen varios sistemas de distribución, entre ellos tenemos el de "estrella" (fig # 10), o " araña ", el distribuidor "anular" (fig # 11), el distribuidor de hileras (fig # 12). Pero el modo más sencillo de conseguir un llenado simultáneo y uniforme consiste en hacer de igual longitud todas las vías de flujo hacia

las cavidades y no modificar las sección de los canales de distribución y estrangulamiento (fig # 13).

A continuación se dará los datos más importantes para el dimensionado del canal parabólico.



d_2 = e max + 1,5

d_2 = 0,7 d_1

h = 2/3 d_2

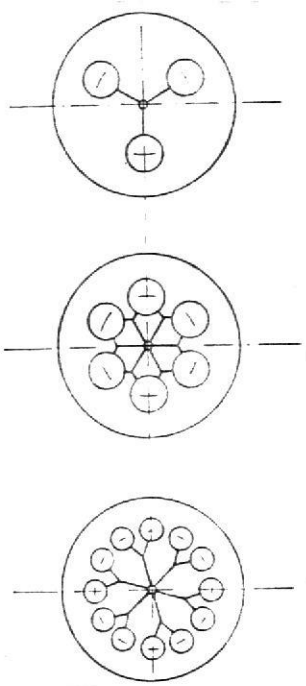


Fig # 10 Distribución de Estrella.

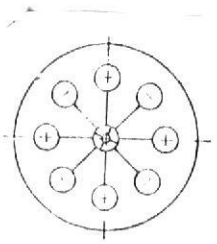


Fig # 11 Distribuidor anular

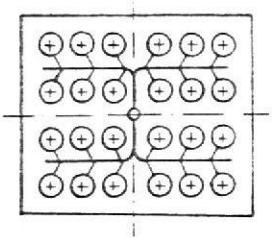
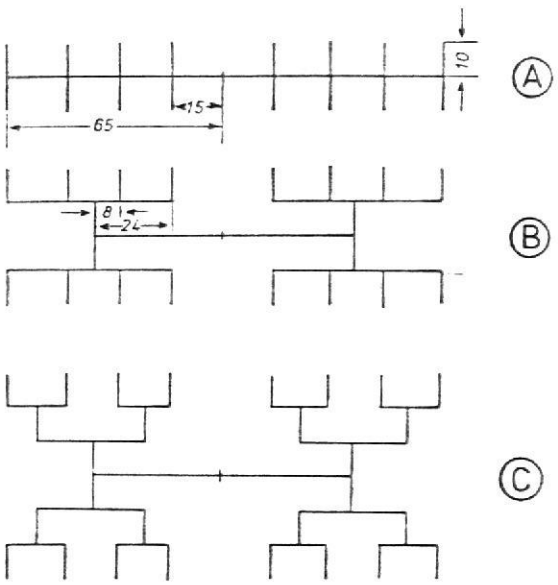


Fig # 12 Distribuidor de Hileras.



distribuidor de hileras para conseguir caminos de flujo iguales [39]. *A*, última cavidad llenada que tarda 80 veces más que la primera. *B*, última cavidad llenada que tarda 16 veces más que la primera. *C*, tiempos de llenado iguales, pero caminos de flujo más largos y más desperdicio.

Fig # 13.Distribución de caminos de Flujo iguales.

Canales de estrangulamiento.- Los canales de estrangulamiento se encuentran ubicados entre los canales de distribución y la cavidad de la pieza a inyectar. De Todo el sistema de distribución de la masa plástica es la parte mas estrecha y representa un cuello de botella del sistema. Sus dimensiones estan determinadas por diversos factores, pero debe cumplir ciertas exigencias como fácil para desmoldar, una ubicación en la pieza que no produzca marcas visibles y lo mas próximo posible del centro de la pieza para minimizar las distancias que el material debe recorrer para llenar la cavidad.

Una de las formas para conseguir caminos de flujo iguales, cuando no es posible situar las cavidades a igual distancia del bebedero, es variando la sección de los canales de estrangulamiento

En la sección anterior se analizó los canales de distibución, éstos debían de transportar la masa plástica simultáneamente a la cavidades, existían varios métodos, entre ellos el de "HILERA", pero la cantidad de desperdicio de material era grande y a veces no se puede conseguir este principio; pero si se varía la sección de los canales de estrangulamiento se va a tener una resistencia al flujo y por medio de cálculos en la sección, se produce el llenado de las cavidades simultáneamente.

Las secciones de los canales de estrangulamiento pueden ser circulares, semicirculares o rectangulares en posición centrada o excéntrica respecto al canal de distribución.

Los canales de estrangulamiento del molde analizado se encuentra ubicados en los injertos del lado fijo del molde. Son semicirculares y centrados respecto al canal de distribución.

En cuanto a la sección se debe seguir el análisis similar que los canales de distribución, en la cual la sección circular era la mejor, pero de difícil construcción y alto costo, la sección mas utilizada son las semicirculares y las rectangulares en posición excéntrica con respecto al canal de distribución.

Para determinar las dimensiones de los canales de estrangulamiento en un sistema de llenado en moldes múltiples, que tiene los canales de distribución con igual diámetro y las longitudes de los canales de estrangulamiento iguales, se sigue la siguiente relación.

$$K = \frac{e}{l\sqrt{L}}$$

e = sección de los canales de estrangulamiento (mm^2).

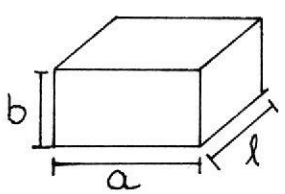
l = longitud de los canales de estrangulamiento (mm).

L = longitud de los canales de distribución (mm).

E = sección de los canales de distribución (mm^2).

Estos cálculos se determinan de una forma empírica, la premisa para el cálculo es que se conozca o se elija una sección.

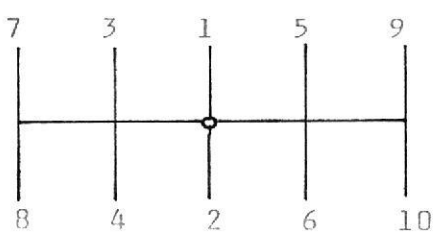
Para la primera sección de los canales de estrangulamiento se elije generalmente e=0,07E. Tambien l es un valor que está situado entre 0,25 y 2,5 mm. y si la sección del canal de estrangulamiento es rectangular se establecerá que a $\approx$ 3b.



$$e = a \times b$$
$$a \approx 3b$$
$$E = \frac{\pi d^2}{4}$$
$$e = (0{,}07 \text{ a } 0{,}1)\, E$$
$$l = 0{,}25 \text{ a } 2{,}5 \text{ mm.}$$

d = diámetro del canal de distribución.

Si tenemos una distribución de hilera de la siguiente forma.



. Debe cumplir para los canales de estrangulamiento que

$e_1 = e_2$

$e_3 = e_4 = e_5 = e_6$

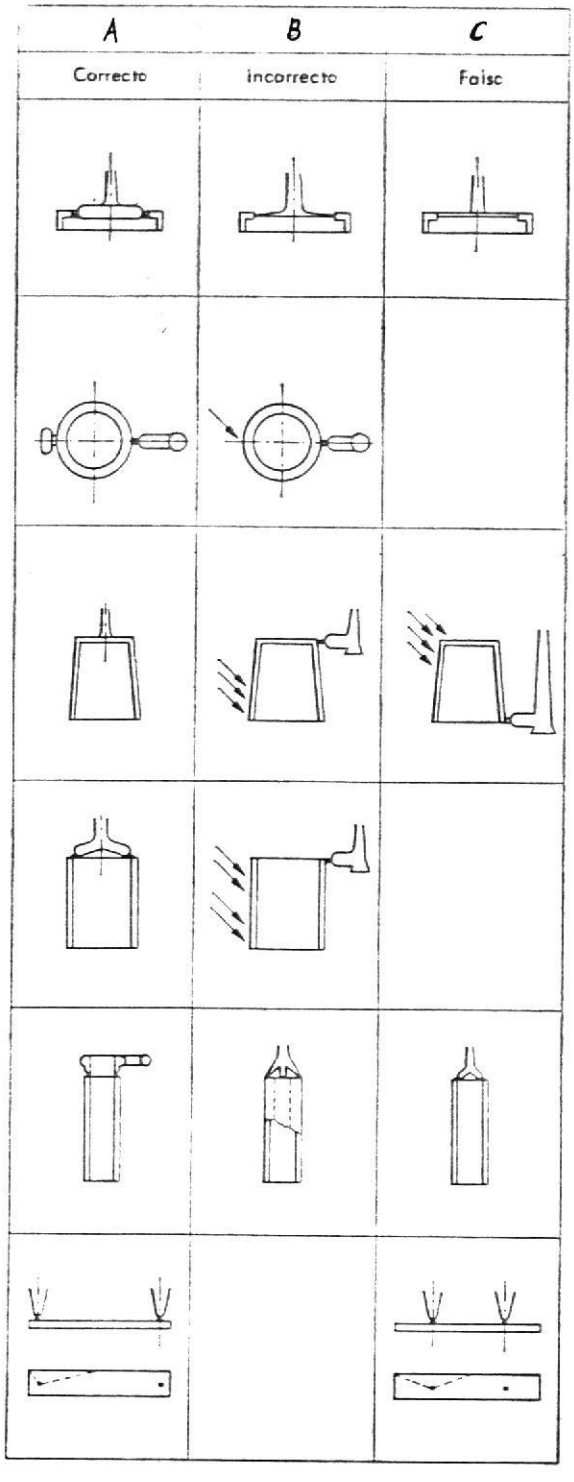
$e_7 = e_8 = e_9 = e_{10}$

Si las secciones fueron todas iguales el llenado de las cavidades no es simultáneo, pero variando las secciones por medio del cálculo logramos un llenado simultáneo de las cavidades

Hasta ahora se ha tratado la posición y dimensión de los canales de estrangulamiento con respecto al sistema de llenado, pero son de mayor importancia la posición, configuración y cantidad de canales con respecto a la pieza a inyectarse.

Las propiedades de resistencia de la pieza inyectada no son las mismas en sentido longitudinal que transversal al flujo de la masa. Los valores máximos de resistencia a la tracción y al choque se alcanza en la dirección al flujo, mientras que perpendicularmente a ella son menores. Es así que antes de construir el molde debe analizarse los esfuerzos que debe soportar la pieza y conocer la dirección según la cual sufrirá el esfuerzo principal, esto es en cuanto a su posición. Con respecto a sus dimensiones deberá analizarse las cualidades de la masa a elaborar y el espesor de la pared de la pieza. La cantidad de entradas que tiene una pieza inyectada está determinado

por el tamaño y forma del artículo y la masa a inyectar (fig # 14)



A Para inyectar un anillo, lo más adecuado es un sistema de entrada en forma de cúpula.
B La cúpula no ha de tener una sección cónica.
C Debe evitarse una cúpula delgada en todo el círculo.

A Los anillos inyectados lateralmente han de tener una cámara de rebosadero en el punto opuesto, a fin de reducir la línea de flujo. En algunos casos, basta una ranura de salida de aire (por ejemplo, 4 mm de anchura; 0,03 mm de altura).
B Debe evitarse la inyección lateral de un anillo sin cámara de rebosadero o rendija de salida de aire.
A Es conveniente la inyección de las caperuzas por el centro.
B Cuando las caperuzas se inyectan lateralmente hay que contar con líneas de flujo en la zona marcada.
C Estas caperuzas inyectadas lateralmente reportan líneas de flujo en las zonas marcadas o impiden el llenado total (por oclusión de aire).
A Los manguitos cortos pueden inyectarse con llenado de cúpula.
B La inyección lateral reporta líneas de flujo en la zona marcada.

A Los tubos han de inyectarse aplicando el sistema de llenado anular. Así se evitan las líneas de flujo y se obtiene una buena posibilidad de acoger el núcleo del molde.
B Un sistema de cúpula dividido proporciona varias líneas de flujo.
C No puede emplearse un llenado en forma de cúpula para tubos largos, ya que el núcleo queda libre.
A Si hacen falta 2 o más puntos de inyección en piezas con caminos de flujo largos, el punto de unión se buscará en una zona equidistante.
C Se evitarán los caminos de flujo desiguales.

Fig # 14. Representación esquemática de los puntos de Inyección.

3.3.- Salida de aire de los moldes.-

La salida de aire en los moldes se la realiza con la finalidad de desplazar el aire que se encuentra dentro de las cavidades del molde y eliminar los gases que liberan los termoplásticos.

Al cerrarse el molde y proceder al llenado del mismo, esta masa plástica tiene que desalojar el aire contenido en la cavidad del molde.

Si el aire no logra escapar, éste quedará comprimido en el punto más alto de la cavidad.

Entre las consecuencias de una mala aereación o ventilación en los moldes tenemos:

- Piezas incompletas (foto # 11)
- Pintas o manchas en la pieza
- Formación de rebabas (foto # 12)
- Falta de brillo
- Piezas frágiles, tensionados

Con una sola ventilación se crea una fuerza contraria a la presión de inyección y como consecuencia se produce un sobredimensionamiento de esta presión ya que tiene que vencer la fuerza que ejerce el aire comprimido dentro de la cavidad, produciéndose piezas con las fallas antes mencionadas.

Para la salida de aire del molde no se precisan medidas especiales, ya que éste aire sale generalmente por el plano de partición o por los

expulsores, pero a veces no es posible la salida del aire y se queda comprimida en la cavidad del molde. Para realizar las salidas de aire, se debe analizar el flujo de entrada del material, entre las diversas soluciones para producir la salida de aire tenemos:

- Dividir la matriz en varias piezas
- Realizar canales de aireación
- Cambiar el punto de inyección
- Colocación de troqueles

La ventilación de los moldes se produce a través de la línea de partición y por los pines expulsores. En el molde que se está analizando no fue necesario hacerle salidas de aire especiales ya que tanto la matriz como el núcleo están formados por 4 injertos cada uno. Cada injerto tiene 4 varillas de expulsión en el lado móvil del molde. Tanto por el plano de partición, uniones de los injertos y por las varillas expulsoras, sale el aire que se encuentra en las cavidades del molde.

Las dimensiones de los canales de aireación dependerá de la viscosidad del termoplástico, su espesor está entre 0,02 a 0,1 mm. y una longitud de 1 a 3 mm.

Analizando las consecuencias y sus posibles soluciones de la ventilación de los moldes, nos damos cuenta que es de suma importancia la

realización de una buena aereación del molde (fig # 15, # 16).

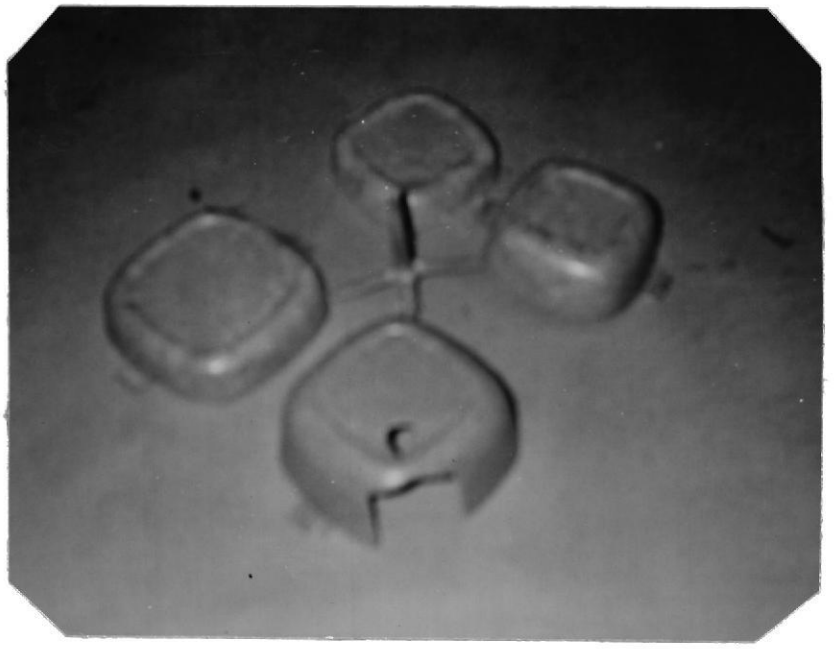


Foto # 11. Pieza incompleta

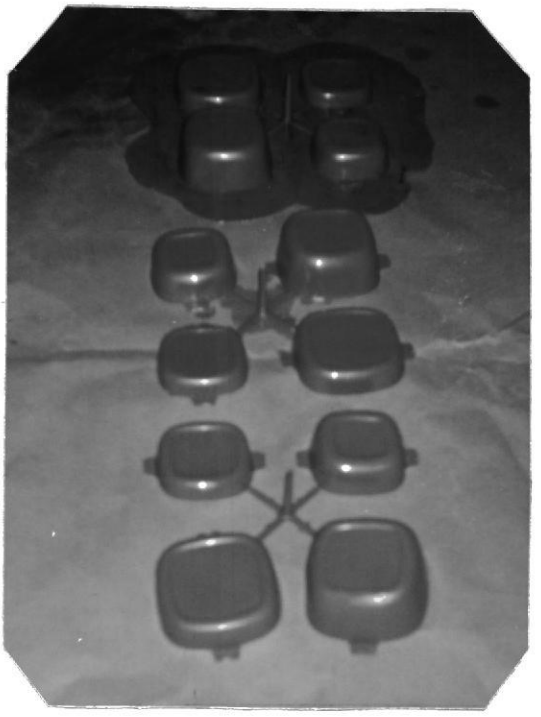


Foto # 12. Pieza con rebabas

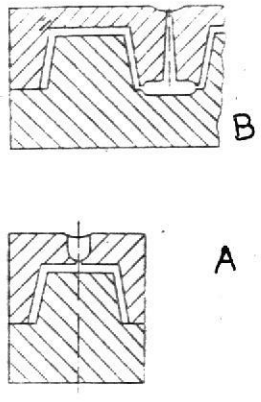


Fig # 15. A: Posición de entrada favorable para salida de aire.

B: Posición de entrada desfavorable.

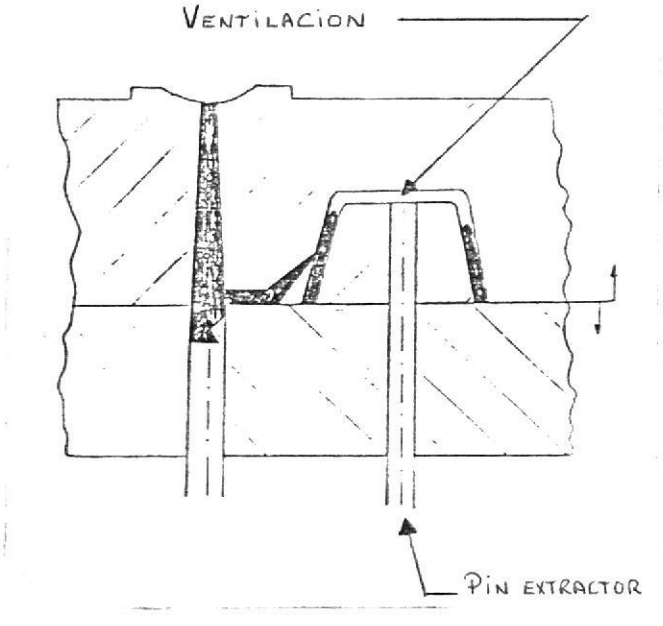


Fig # 16. Salida de aire por Pin extractor.

3.4.- Enfriamiento del molde.-

El material plástico fundido que ingresa en la cavidad del molde, adquiere su forma y para ser desmoldado tiene que tener cierta rigidez y esto lo consigue disipando el calor hasta que se solidifique.

El enfriamiento del molde influye tanto en la calidad de la pieza como en la rentabilidad del proceso, es por esto que es preciso encontrar un tiempo de enfriamiento adecuado.

Cuando trabajamos con altas temperaturas obtenemos una buena fluidez del material, brillo superficial de la pieza, pocas tensiones y una reducida contracción posterior, pero el tiempo de enfriamiento será mayor.

Si se disminuye el tiempo de enfriamiento se baja el costo del proceso porque las piezas se solidifican con mayor rapidez y podran ser extraídas de moldes rapidamente.

El tiempo de enfriamiento del molde depende de:

- Temperatura de la masa de inyección, T_I
- Temperatura del molde, T_M
- Temperatura de desmolde, T_D
- Conductividad térmica del material inyectado, a
- Espesor de la pared de la pieza, S

Con todos estos datos y con la ayuda del siguiente nomograma, podemos calcular el tiempo de enfriamiento, Fig # 17.

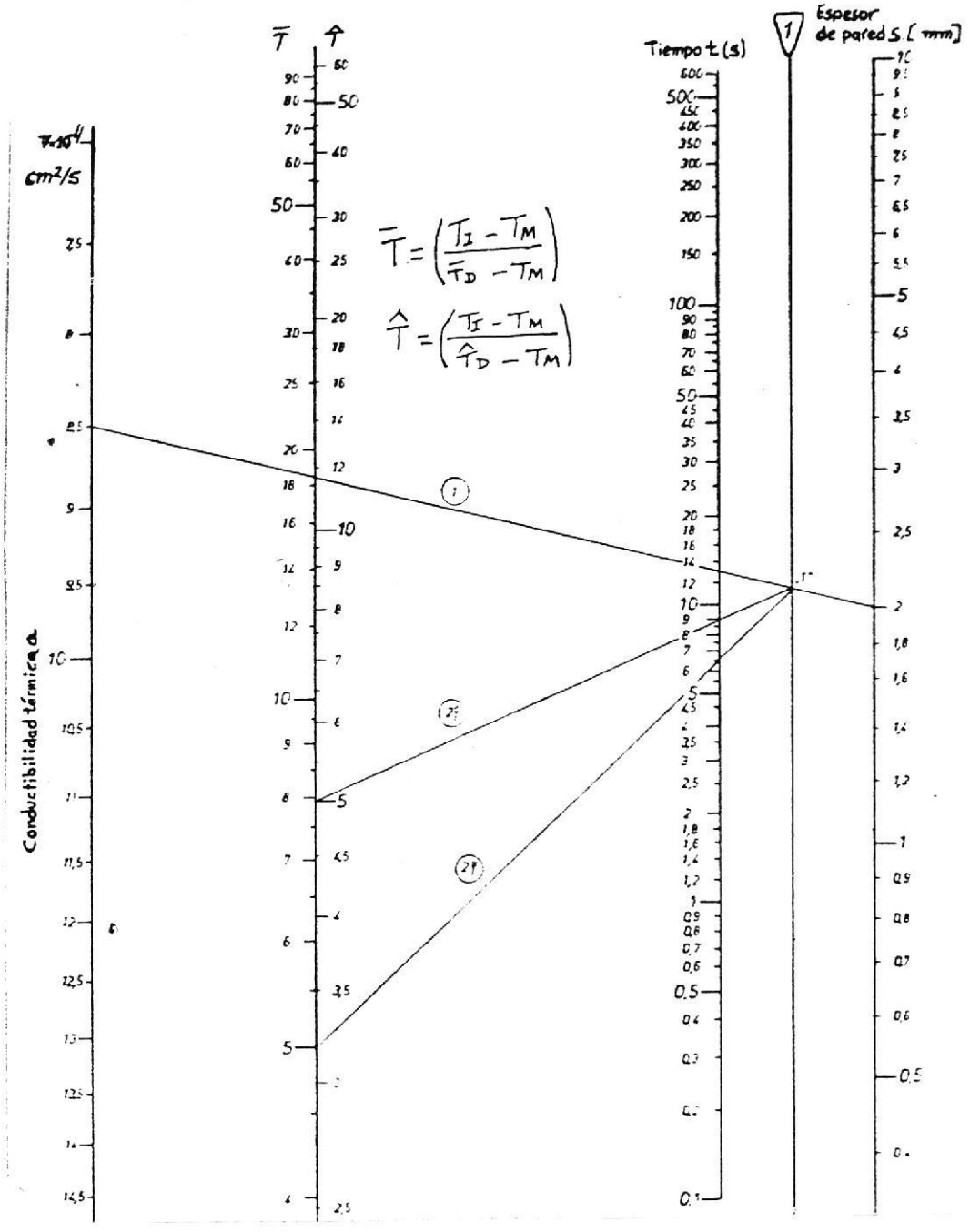


Fig # 17. Nomograma para determinar el tiempo de enfriamiento

La cantidad de calor que disipa la pieza inyectada, depende de la masa de la pieza, de la temperatura de la masa de inyección, de la temperatura media de desmolde y del tiempo que demora el ciclo.

Cada material termoplástico tiene una entalpía específica a una temperatura determinada, así calculamos la diferencia de entalpías a la temperatura de inyección y de desmolde (Δh), entonces la cantidad de calor que debe disipar por unidad de tiempo será.

$$Q = \frac{\Delta h \times m}{t_{ciclo}}$$

El sistema de refrigeración de los moldes de inyección está compuesto por una serie de canales por el cual fluye el agente moderador conocido como líquido refrigerante que es encargado de aportar o disipar calor hasta obtener la temperatura adecuada en la pared del molde.

El refrigerante que circula por el interior de los canales puede ser agua, agua industrial o aceite segun el material termoplástico que se inyecta; a continuación tenemos algunos materiales plásticos con su temperatura de elaboración y la temperatura del molde.

MATERIAL	TEMP.MAT.^{o}C	TEMP. MOLDE^{o}C
PELD	170-240	0-60
PEHD	220-320	10-70
PS	180-250	20-60
ABS	180-240	50-80
PP	180-280	10-80

La gama de temperatura para los líquidos refrigerantes son:

- agua: temperatura entre 5 y 90°C
- mezcla agua/alcohol: temperatura$<$5°C
- aceite: temperatura entre 90°C y 300°C

El líquido refrigerante disipa el calor aportado por la masa de inyección y también disipa la diferencia de calor entre la superficie exterior del molde y el medio ambiente.

La forma y disposición de los canales de enfriamiento son variables y dependerán de la pieza a inyectar, del punto de inyección y del tipo del molde.

Lo importante es mantener una temperatura relativamente uniforme.

A continuación se verá la representación esquemática de los canales de refrigeración en el molde que se está analizando.

En el dibujo # 13 se representa los canales de refrigeración de las placas porta injertos parte

fija y parte móvil. Los canales de refrigeración de los injertos estan representados en el dibujo # 14.

Los canales pueden ser de sección circular o rectangular, en la práctica se utiliza mas el canal de sección circular por su fácil y rápida realización.

La sección de los canales de refrigeración del molde analizado es circular.

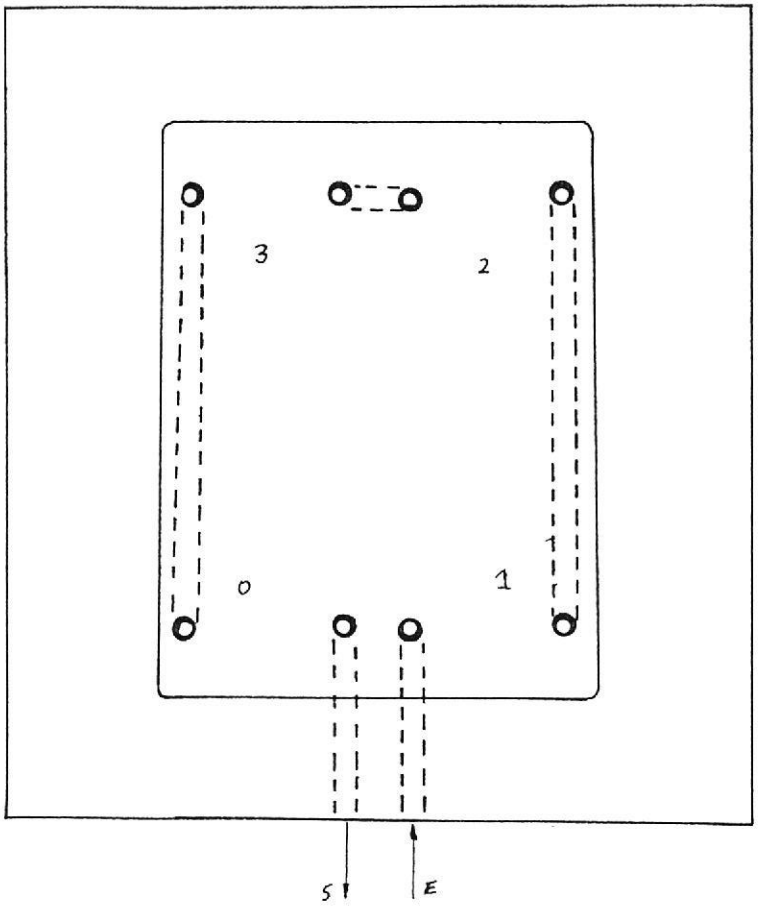
El sistema de refrigeración de este molde se encuentra tanto en el lado fijo como en el lado móvil del molde (foto # 10).

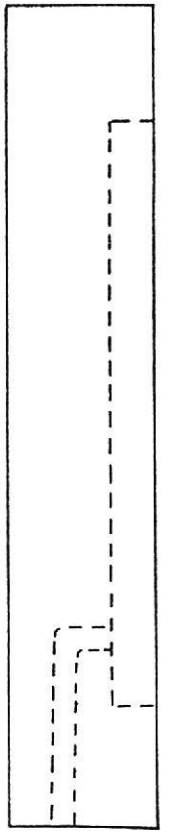
Cada uno de los 8 injertos (foto # 13, # 14) tienen independientemente sus canales de refrigeración que están interconectados con las placas portamoldes y portamatriz del lado móvil y fijo del molde respectivamente (dibujo # 13 y # 14).

Hay que tener en cuenta la distancia del canal a la pared del molde para que ésta no quede debilitada, es decir que su espesor no quede reducido

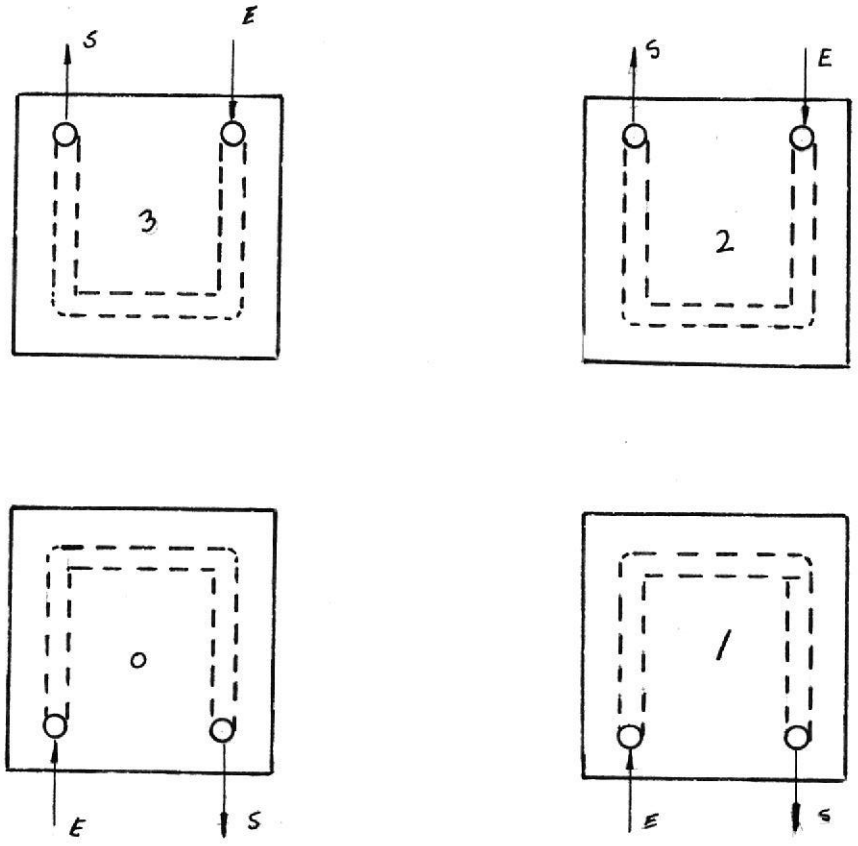
Para piezas circulares o rectangulares con simetría de rotación es aconsejable utilizar el sistema de refrigeración en espiral (fig # 18), pero por su costo se utiliza un sistema rectilíneo (fig # 19), teniendo en cuenta que la entrada del canal de refrigeración esté cerca del punto de colada. Si la pieza es inyectada por el centro, el sistema de refrigeración rectilíneo se divide para que el líquido recorra el mismo camino.

Para la refrigeración de los moldes múltiples se utilizan el sistema de refrigeración en serie y en paralelo, este último presenta mejores condiciones para mantener la temperatura uniforme.





	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO			CANALES REFRIGERACION DE PLACAS (esquema)	ESCALA
REVISO				
APROBO				
ESPOL			14	



	FECHA	NOMBRE	CANALES REFRIGERACION DE INJERTOS (esquema)	ESCALA
DIBUJO				
REVISO				
APROBO				
ESPOL			13	

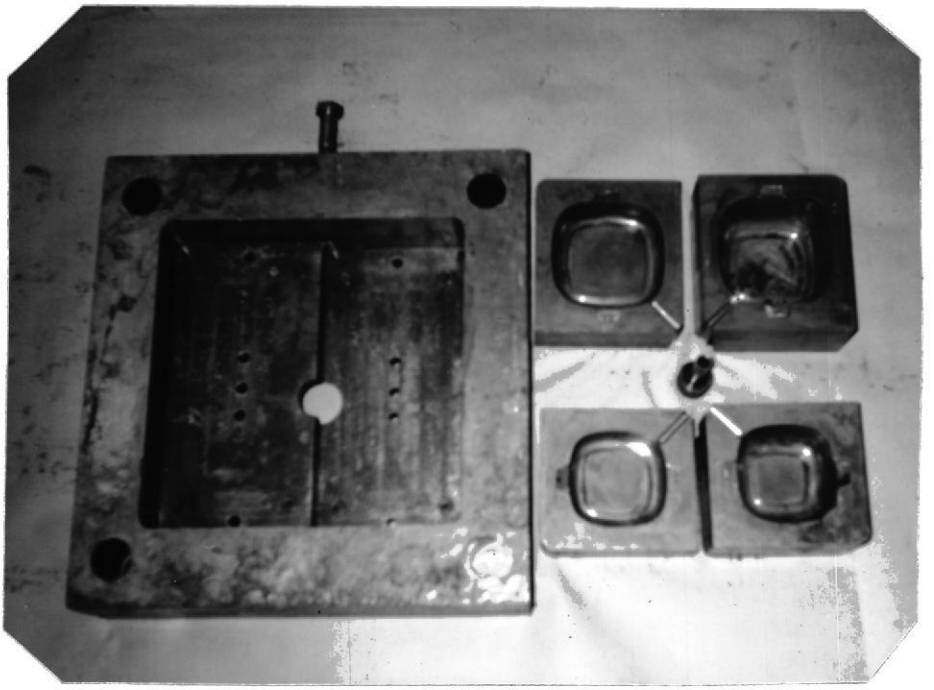


Foto # 13. Injertos del molde lado inyección.

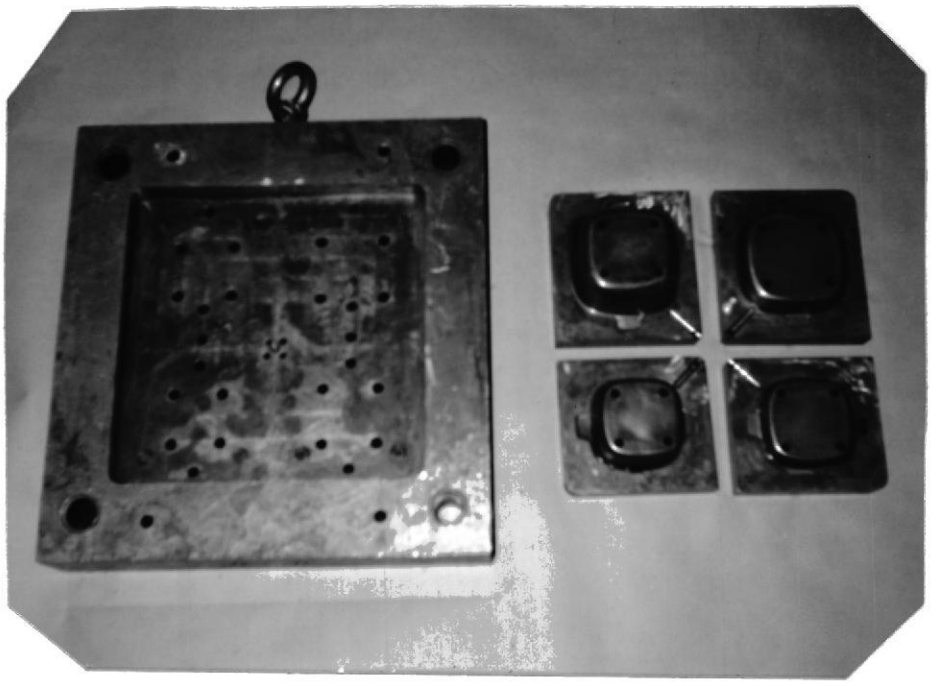


Foto # 14. Injertos del molde lado Expulsión.

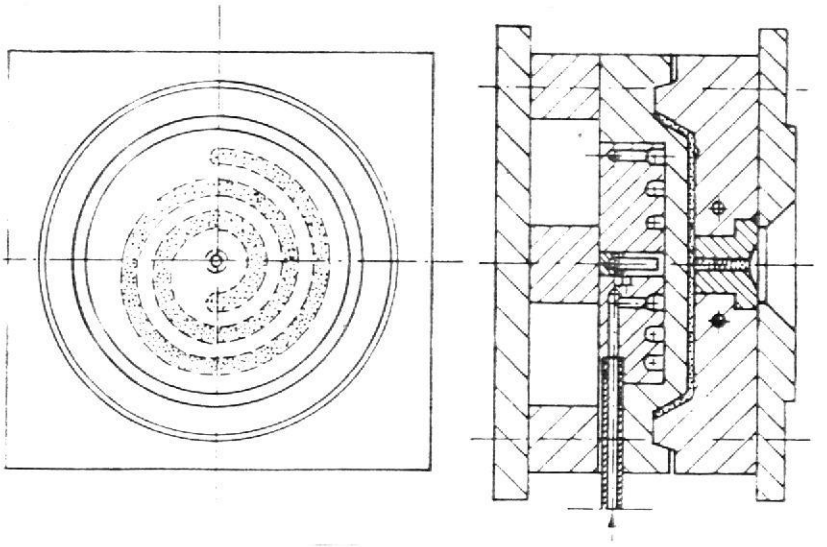


Fig # 18. Disposición en espiral de los canales de refrigeración.

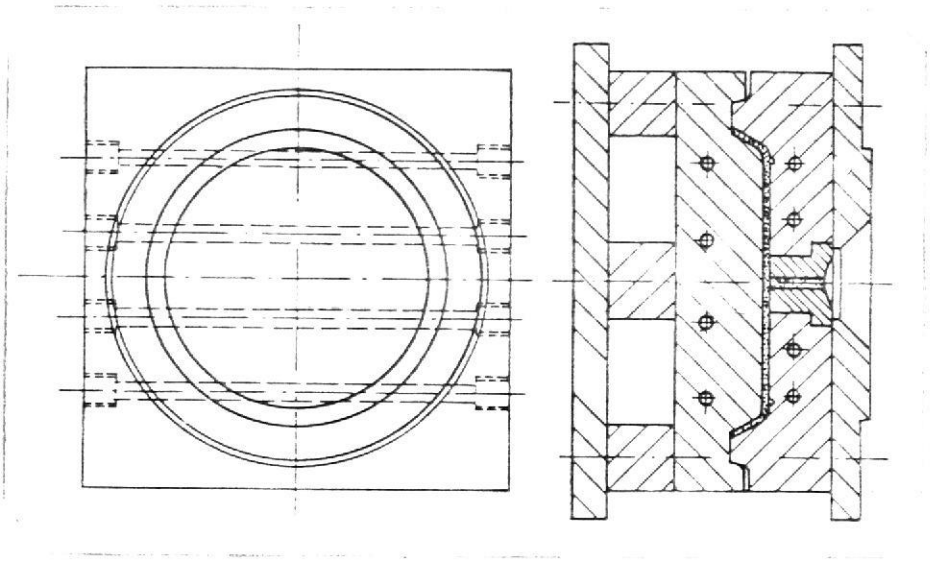


Fig # 19. Disposición rectilínea de los canales de refrigeración.

3.5.- Desmolde de la pieza inyectada.

Después del período de refrigeración, la pieza ha adquirido la rigidez necesaria, es decir se ha solidificado y puede ser extraída del molde. Generalmente esta pieza queda retenida en el lado móvil del molde que es la que contiene el sistema de extracción de la pieza (foto # 5). La parte móvil del molde comunmente tiene el núcleo y la otra parte del molde que está en el lado de inyección tiene la matriz (foto # 7). En la parte del núcleo queda retenida la pieza, ya sea por resaltes en la pieza, rebabas o la diferencia de temperatura entre el núcleo y la matriz.

La pieza es extraída del molde, generalmente por un sistema mecánico, aunque también existen dispositivos neumáticos e hidráulicos de extracción (fig # 20).

En la máquina de inyección que se montó el molde, su dispositivo de expulsión es hidráulico.

Los sistemas mecánicos de extracción están formados por: varillas expulsoras, placas, barras recuperadoras, perno de choque, topes (foto # 6).

Debido a los cambios de temperatura que se operan en el proceso, el molde sufre cierta deformación elástica. La presión de inyección y la residual producen un ensanchamiento o dilatación en la matriz del molde; en cambio el núcleo del molde sufre

una contracción. Las masas termoplásticas al solidificarse experimentan una contracción volumérica.

Esta contracción se podría definir como la diferencia de las dimensiones de la pieza desmoldada y enfriada a temperatura ambiente y las dimensiones del molde.

La contracción que tienen los materiales termoplásticos son variables y van a depender de la forma de la pieza, de las condiciones de producción y del tipo de plástico a inyectarse.

MATERIAL	CONTRACCION EN %
Polietileno baja densidad	1,5-3
Polietileno alta densidad	2 - 3
Poliestireno	0,5-0,7
ABS	0,4-0,6
Polipropileno	1,2-2

Cuando la contracción de la masa plástica es mayor que la deformación elástica del molde éste se abrirá con facilidad, en la apertura y eyección de la pieza influyen la calidad superficial del núcleo y la matriz, la adherencia de la pieza al núcleo y la forma misma de la pieza.

El sistema de eyección más conocido opera con varillas expulsoras, que son las encargadas de separar la pieza del núcleo del molde (foto # 15).

Estos expulsores se aplican en los sitios donde se dificulta el desmoldeo, como: rincones, paredes laterales, nervios.

La cantidad, su forma y disposición de las varillas expulsoras dependen de la geometría de la pieza como también del material inyectado.

Las varillas expulsoras son fabricadas en acero templado. Durante el desmolde, estas varillas están sometidas a compresión, es por esto que deben ser diseñadas contra el pandeo.

La guia del molde, por donde pasa la varilla también tiene que tener suficiente longitud.

Ø Varilla expulsora, d (mm)	long. guia. (mm)
1 a 3	(8 a 4)xd
3 a 5	(4 a 3)xd
5	(3 a 2,5)xd

Las varillas expulsoras estan formadas por un vástago y su cabeza, éstas tienen formas variables (dibujo # 10).

Las varillas de vástago cilíndrico con cabeza cónica se utilizan cuando la transmisión de fuerza no es muy exigente su diámetro varía entre 3 y 16 mm y su longitud hasta 400 mm.

Cuando existe una gran fuerza de inyección se utiliza las varillas de vástago y cabeza cilíndrica

su diámetro varía entre 3 y 16mm y su longitud hasta 400mm.

También hay varillas que tienen la cabeza cilíndrica y el vástago con espiga en el extremo. Se utiliza cuando la superficie de ataque contra la pieza es muy pequeña y la fuerza que requiere es reducida, su diámetro está entre 1,5 y 3 mm y su longitud hasta 200 mm.

Las varillas expulsoras van montadas en las placas de fijación (Dibujo # 9) y la placa base (dibujo # 8), conocidas como placas expulsoras, de manera que se accionan en conjunto, consiguiendo que las varillas expulsoras actúen al mismo tiempo sobre la pieza a desmoldar (foto # 16) Si no actúan al mismo tiempo obtendremos el deterioro de las varillas y de las piezas. La placa de fijación de las varillas va unida por medio de pernos a la placa base (foto # 17).

Las placas expulsoras se accionan normalmente en forma mecánica. Al abrirse el molde se desplaza hacia un perno fijo de la máquina y al chocar las acciona, de esta forma la pieza se desprende del núcleo, hasta caer por gravedad. Para piezas delicadas no se emplea este método, entonces se utilizan dispositivos hidráulicos para las placas expulsoras; como el utiizado en la máquina de

inyección en la que se montó el molde, que se está analizando.

Cuando se tiene moldes profundos, a veces no es suficiente la carrera de los expulsores para desmoldar por completo la pieza, entonces empleamos métodos mixtos, como un accionamiento neumático (aire comprimido) o sacar la pieza con la mano.

Dentro del sistema de extracción tenemos también las varillas recuperadoras que son las encargadas de hacer retornar a las varillas expulsoras a su posición de inyección (dibujo # 10)

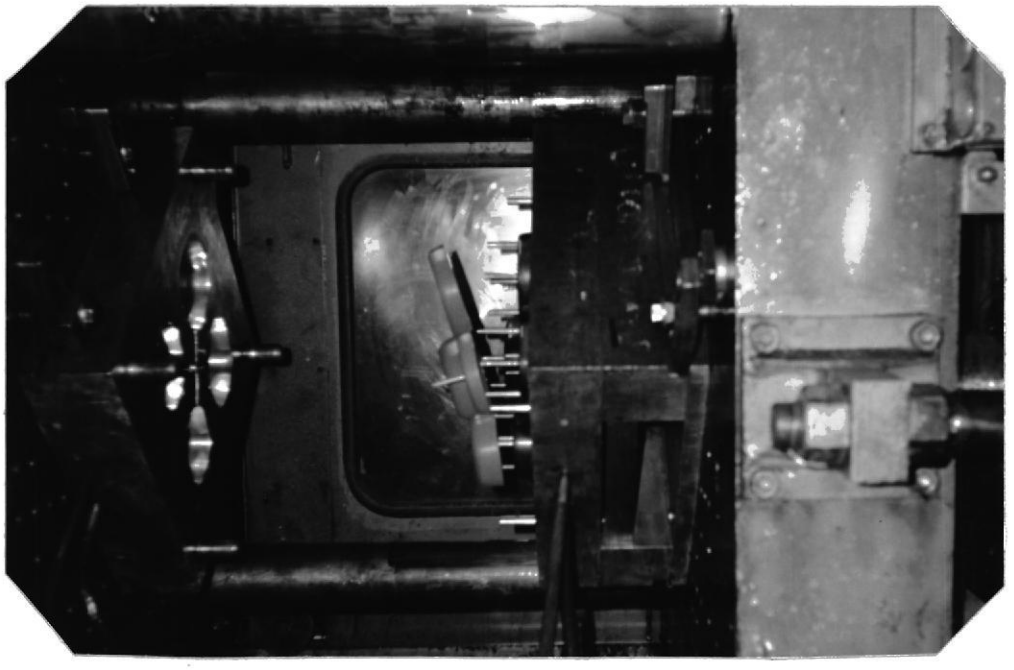


Foto # 15. Pieza expulsada.

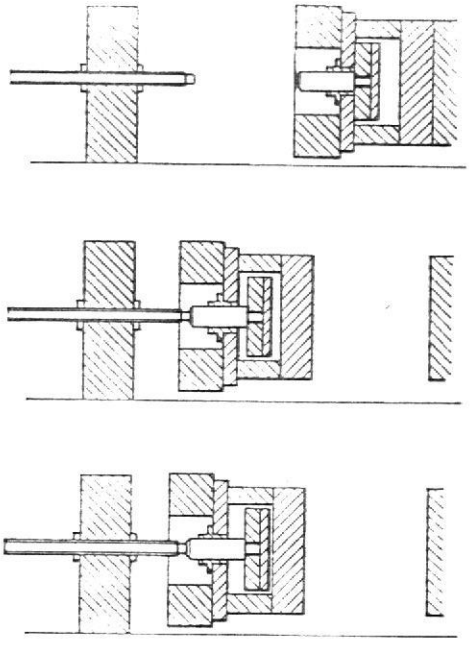


Fig y 20 Representación esquemática del sistema de desmolde.

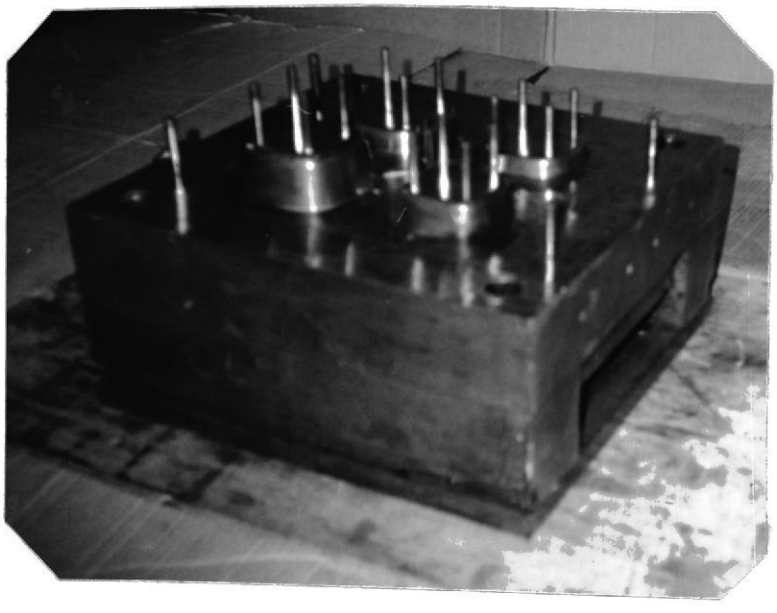


Foto # 16 Accionamiento de Placas expulsoras.

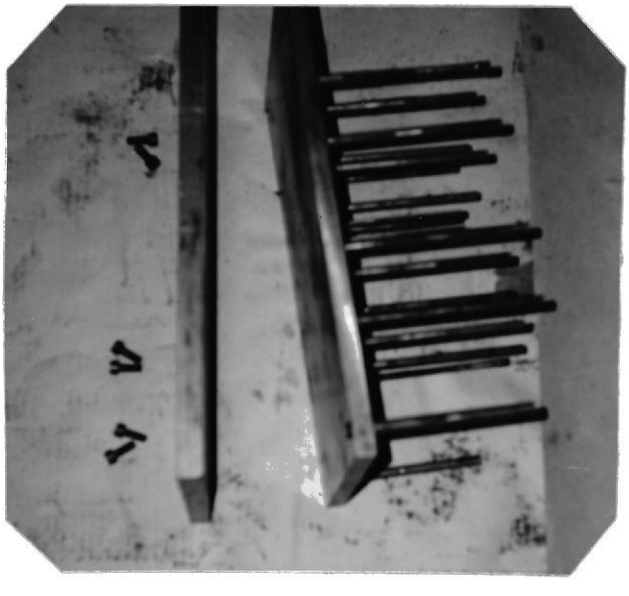


Foto # 17 Placas y pernos de ajuste.

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL MOLDE

Para el proceso de inyección son indispensables moldes de gran calidad, alta precisión y de elevada dura- ción. Los moldes de inyección están sometidos a esfuerzos mecánicos, debido a las presiones de cierre, presiones internas durante la inyección, desgaste por rozamiento, de allí que la duración de los moldes dependerá de éstos factores, conjuntamente con el material del cual fue construído.

Para la fabricación de una pieza que se va a inyectar se debe seleccionar el material para la construcción del molde y esta selección está determinada por consideraciones de rentabilidad, que dependen:

- de la calidad y precisión de la pieza
- del costo de elaboración del molde
- del número de piezas a fabricarse, es decir su duración

4.1.- Materiales utilizados para su construcción.

Los materiales utilizados para la fabricación de moldes de inyección de plásticos, pueden ser: aceros, materiales de colada, materiales obtenidos galvánicamente y materiales cerámicos.

- **Moldes construídos con acero.-** la mayoría de moldes que existen son construídos en acero, éstos moldes deben poseer las siguientes propiedades:

- Resistencia a la compresión, temperatura y abrasión
- Buena resilencia
- Buena conductividad térmica
- Buenas condiciones para su elaboración
- Reducida deformación
- Suficiente resistencia a la tracción y tenacidad
- Buenas condiciones para el pulido
- Tratamiento térmico

Un acero no puede presentar todas estas propiedades juntas y es por ésto que antes de construir un molde es preciso determinar las propiedades indispensables para su aplicación. Estas se las puede dilusidar, tomando en cuenta los siguientes puntos:

- La masa plástica de inyección (viscosidad,con ductividad térmica, corrosión, abrasión)

- Método de elaboración del molde (arranque de viruta, troquelado en frio).
- El tipo de esfuerzo mecánico (presión de inyección, residual, variación del molde, tamaño de la cavidad)
- Tratamiento térmico necesario con sus correspondientes variaciones en las dimensiones.

En la tabla # 2 y # 3 podemos observar la composición química y las propiedades mecánicas y térmicas de los aceros utilizados para moldes de inyección.

Para la fabricaión de moldes de inyección en acero se utiliza en la mayoría de los casos el arranque de viruta y en un porcentaje muy bajo por troquelado en frio.

Los aceros los podemos clasificar en :

- Acero de cementación
- Acero de temple total
- Acero bonificados para empleo en el estado de suministro.
- Aceros resistentes a la corrosión
- Aceros de nituración
- Aceros de segunda fusión

- **Aceros de cementación.-** Estos aceros los más utilizados por los fabricantes de moldes de inyección. Con estos aceros obtenemos una superficie dura y simultáneamente un núcleo resistente y tenaz. Así

el molde es resistente a la abrasión por su elevada dureza superficial y su núcleo tenaz lo hace resistente a los esfuerzos alternativos y bruscos. Las aleaciones mas utilizadas son: 2162,2735 y 2764.

- **Acero de temple total.-** Los moldes fabricados cados con aceros templados tiene una buena resistencia a la abrasión por su elevada dureza, pero son sensibles a la formación de grietas y a la deformación, en comparación con los moldes de cementación, debido a su menor tenacidad.

Estos aceros se los utiliza para la fabricación de moldes pequeños o elementos planos de los mismos, los mas utilizados son el 2767 -2601.

- **Aceros bonificados para empleo en el estado de suministro.-** Estos aceros son utilizados cuando se requiere evitar las variaciones de dimensiones o la deformación producida durante un tratamiento térmico. Estos aceros tal como se los suministra se los puede elaborar por arranque de viruta y se los utiliza en la fabricación de grandes moldes, evitando las dificultades que lleva consigo un tratamiento térmico. Su desventaja es la reducida resistencia a la abrasión y la deficiente calidad de la superficie de los moldes. Los mas utilizados son el acero 2713 y 2343.

- **Aceros resistentes a la corrosión.-**Entre las materias

plásticas que se elaboran, se encuentran materiales que separan componentes agresivos durante su disgregación, generalmente ácido clorhídrico ó ácido acético, éstos producen la corrosión de los elementos en contacto con el material.

Es por esto que las superficies de los moldes se las protege con una capa de cromo o níquel. Estos revestimientos son de eficacia duradera cuando la capa es uniforme y evitando los cantos agudos en los moldes; sino conseguimos esto, hay que recurrir a los aceros resistentes a la corrosión. Sin embargo hay que tener en cuenta que la resistencia a la corrosión se la consigue a costa de la dureza y de la resistencia a la abrasión. Entre estos aceros tenemos el 2083 y 2316

- **Aceros de nitruración.-** Estos aceros se emplean cuando se exige gran exactitud de medidas. Los mas usuales son el 2852 y 2307. Estos aceros se suministran recocidos, es por esto que pueden mecanizarse por arranque de viruta sin dificultad.

Su ventaja principal consiste en que tras el tratamiento térmico se obtienen moldes sin tensiones; de gran tenacidad, con elevada dureza superficial y resitencia a la corrosión.

- **Aceros de segunda fusión.-** Para obtener piezas inyectadas de alta calidad es preciso que el molde tenga una excelente calidad superficial. La capacidad de pulido en los aceros viene influenciada por el

grado de pureza, las inclusiones no metálicas que se encuentran en los aceros de primera fusión como ácidos, sulfuros, silicatos, pueden eliminarse con los aceros de segunda fusión. La desventaja de éstos aceros son su alto costo

En la tabla # 4 se ven las diversas posibilidades de aplicación de los aceros para moldes de inyección de plástico.

En el molde analizado, las placas portamolde y portamatriz, así como las placas expulsoras y las barras separadoras estan construídas con un acero que corresponde a la norma DIN 55NiCrMoV6.

Para las varillas expulsoras el acero utilizado debe ser resistente al desgaste y temperaturas altas de trabajo, este acero corresponde a la norma DIN X40CrMoV51.

Para los injertos ubicados en la parte fija y móvil del molde se utiliza un acero DIN C4W3

- **Moldes construídos con materiales de colada.**

Los moldes fabricados con materiales decolada, presentan algunas ventajas con relación a los moldes elaborados con materiales forjados o laminados y estan en función del costo, ya que el costo del material es inferior y su costo de elaboración es reducido. Pero sus limitaciones son: insuficiente exactitud de medidas, menor calidad superficial y sus propiedades mecánicas estan muy por debajo que los aceros laminados

o forjados. Los materiales colados que se emplean para la construcción de moldes son:

- Fundiciones de acero
- Metales no férricos
- Materiales no metálicos

- **Moldes construídos con materiales obtenidos galvánicamene.-** Los materiales obtenidos galvánicamente son utilizados cuando se requiere exactitud de medidas y vaciados de formas complicadas. Las mas utilizadas para la fabricación de moldes de inyeccion son el níquel y las aleaciones de níquel cobalto, ya que presentan las mejores propie- dades de resistencia, poseen la máxima dureza superficial y su comportamiento frente a la corrosión y abrasión es óptimo.

- **Moldes construídos con materiales cerámicas.** Los ensayos realizados demostraron que con materiales cerámicos se pueden fabricar moldes de inyección.
Las pruebas se las hizo con carbón sintético electrografitado. Entre sus propiedades tenemos: Excelente estabilidad para los cambios de temperatura, buena resistencia química, buena conductibilidad térmica y reducida densidad.
Estos moldes se los elaboran por ser mecanizado igual

que los metales, sus limitaciones son sus propiedades mecánicas.

Para la fabricación de los demás elementos utilizados en la construcción de moldes, como varillas expulsoras, vástagos, guías, placas, cuñas, etc se emplean aceros como las indicadas en la tabla # 5.

Tipo de acero	Designación según DIN 17006	Material n.º	Análisis orientativo % C	% Si	% Mn	% Al	% Cr	% Mo	% Ni	% V	% W
Aceros de cementación	C4W3	1.1803	0,06	0,05	0,25	—	—	—	—	—	—
	C15WS	1.1805	0,15	0,3	0,4	—	—	—	—	—	—
	X6CrMo4	1.2341	0,06	0,1	0,1	—	3,8	0,5	—	—	—
	21MnCr5	1.2162	0,20	0,3	1,2	—	1,2	—	—	—	—
	X19NiCrMo4	1.2764	0,19	0,2	0,4	—	1,3	0,2	4,0	—	—
	15NiCr14	1.2735	0,15	0,3	0,4	—	0,7	—	3,5	—	—
	21CrMnMo5	1.2310	0,21	0,3	1,2	—	1,1-1,4	0,3	—	—	—
Aceros de nitruración	33A1CrMo4	1.2852	0,33	0,2	0,7	1,0	1,1	0,2	—	—	—
	29CrMoV9	1.2307	0,29	0,3	0,5	—	2,5	0,2	—	0,15	—
	34CrA16	1.2851	0,34	0,3	0,75	1,0	1,5	—	—	—	—
Aceros templados	X45NiCrMo4	1.2767	0,45	0,2	0,4	—	1,3	0,2	4,0	—	—
	90MnV8	1.2842	0,90	0,2	2,0	—	—	—	—	0,10	—
	X210Cr12	1.2080	2,1	0,3	0,3	—	12,0	—	—	—	—
	105WCr6	1.2419	1,05	0,2	1,0	—	1,0	—	—	—	1,2
	100MnCrW4	1.2510	1,0	0,35	1,2	—	0,7	—	—	0,15	0,7
	X100CrMoV51	1.2363	1,0	0,3	0,5	—	5,2	1,0	—	0,2	—
	X165CrMoV12	1.2601	1,65	0,3	0,3	—	12,0	0,6	—	0,1	0,5
	35NiCrMo16	1.2766	0,35	0,2	0,5	—	1,4	0,3	4,0	—	—
Aceros bonificados para empleo en el estado de suministro	54NiCrMoV6	1.2711	0,55	0,3	0,7	—	0,7	0,3	1,7	0,1	—
	55NiCrMoV6	1.2713	0,55	0,3	0,60	—	0,7	0,30	1,7	0,1	—
	X38CrMo51	1.2343	0,38	1,0	0,40	—	5,3	1,1	—	0,4	—
	50CrV4	1.2241	0,50	0,25	1,0	—	1,0	—	—	0,1	—
	40CrMnMo7	1.2311	0,40	0,30	1,5	—	2,0	—	—	—	—
Aceros resistentes a la corrosión	X40Cr13	1.2083	0,4	0,40	0,3	—	13,0	—	—	—	—
	X36CrMo17	1.2316	0,35	1,0	1,0	—	17,0	1,2	—	—	—
Aceros para matrices	X54NiCrMoW4	1.2765	0,53	0,30	0,40	—	1,2	0,3	4,0	—	—
	75CrMoNiW67	1.2762	0,75	0,20	0,25	—	1,5	0,7	0,5	—	0,30
	50NiCr11	1.2718	0,50	0,20	0,4	—	0,6	—	2,8	—	—
	X165CrMoV12	1.2601	1,65	0,30	0,3	—	12,0	0,60	—	0,10	0,50
	80WCrV8	1.2552	0,80	0,50	0,4	—	1,1	—	—	0,3	2,0

Tabla # 2. Composición química de los Aceros para moldes de Inyección.

Tipo de acero	Designación según DIN 17006	Material nº	Peso específico [g/cm³]	Conductibilidad térmica [cal/g°C]	Dilatación térmica [10⁻⁶/°C]	Calor específico [cal/cms°S]	Módulo de elasticidad [kp/mm²]	Resistencia del núcleo [kp/mm²]	Dureza superficial tras el revenido a 200° C, o resistencia a la tracción	Estado de suministro
Aceros de cementación	C4W3	1.1803	7,85	0,16	10-14	0,115	21 000	45	61 HRC	Recocido suave 100 HB
	C15WS	1.1805	7,85	0,16	10-14	0,115	21 000	60	61 HRC	Recocido suave 100 HB
	X6CrMo4	1.2341	7,8	0,11	10-14	0,115	21 000	90-100	61 HRC	Recocido suave 120 HB
	21MnCr5	1.2162	7,8	0.11	10-14	0.155	21 000	100-130	60 HRC	Recocido suave 210 HB
	X19NiCrMo4	1.2764	7,85	0,08	10-12	0,11	21 000	120-130	56-62 HRC	Recocido suave 250 HB
	15NiCr14	1.2735	7,85	0,08	10-12	0,11	21 000	95-125	60 HRC	Recocido suave 190 HB
	21CrMnMo5	1.2310						120	61 HRC	Recocido suave 217 HB
Aceros de nitruración	33A1CrMo4	1.2852						80-100	900 HV	Recocido suave 230 HB
	29CrMoV9	1.2307	7,85	0,08	10-12	0,11	21 000	80	750 HV	Recocido suave
	34CrA16	1.2851					21 000	80-100		Recocido suave 225 HB
Aceros tempiados	X45NiCrMo4	1.2767	7,85	0,08	10-12	0,11	21 000	Temple total	54 HRC	Recocido suave 250 HB
	90MnV8	1.2842	7,85	0,08	10-12	0,11	21 000	Temple total	62 HRC	Recocido suave 220 HB
	X210Cr12	1.2080	7,8		10,5-12,5		21 000	Temple total	62 HRC	Recocido suave 250 HB
	105WCr6	1.2419	7,8	0,09	10-14	0,113	21 000	Temple total	62-64 HRC	Recocido suave 230 HB
	100MnCrW4	1.2510	7,8				21 000	Temple total	62 HRC	Recocido suave 230 HB
	X100CrMoV51	1.2363						Temple total		Recocido suave
	X165CrMoV12	1.2601	7,8				21 000	Temple total	58-61 HRC	Recocido suave 250 HB
	35NiCrMo16	1.2766	7,8		11,5-13	0,14	21 000	Temple total	175 kp/mm²	Recocido suave 260 HB
Aceros bonificados para empleo en el estado de suministro	54NiCrMoV6	1.2711			12-14	0,13	21 000	Temple total	90-120 kp/mm²	Recocido suave 240 HB
	55NiCrMoV6	1.2713	7,8		12-13		21 000	Temple total	185 kp/mm²	Recocido suave 240 HB
	X38CrMo51	1.2343	7,8		11,5-12	0,12	21 000	Temple total	190 kp/mm²	Recocido suave 240 HB
	50CrV4	1.2241			13-15		21 000	Temple total	55 HRC	Recocido suave 230 HB
	40CrMnMo7	1.2311	7,8				21 000	Temple total	170 kp/mm²	Recocido suave 230 HB
Aceros resistentes a la corrosion	X40Cr13	1.2083	7,7	0,07	10-12	0,11	21 500	Temple total	57 HRC	Recocido suave 230 HB
	X36CrMo17	1.2316	7,7	0,07	10-11	0,11	21 300	Temple total	51 HRC	Recocido suave 230 HB
								Temple total	52-59 HRC	Recocido suave 250 HB
Aceros para matrices	X54NiCrMoW4	1.2765			11-13			Temple total	52-57 HRC	Recocido suave 205 HB
	75CrMoNiW67	1.2762						Temple total	58-61 HRC	Recocido suave 250 HB
	50NiCr11	1.2718						Temple total	58-62 HRC	Recocido suave 205 HB
	X165CrMoV12	1.2601	7,8		11,5-13		21 000			

Taabla # 3. Propiedades mecánicas y térmicas de los aceros para moldes de inyección.

Designación según DIN 17006	Material n.º	Aplicación
C4W3	1.1803	Moldes pequeños y medianos; para troquelados o estampados profundos
C15WS	1.1805	Moldes pequeños y medianos; troquelable en frío
X6CrMo4	1.2341	Moldes pequeños y medianos; troquelable en frío
21MnCr5	1.2162	Moldes pequeños y medianos; troquelable en frío. Por mecanizado, moldes de todos los tamaños
X19NiCrMo4	1.2764	Moldes de todos los tamaños; mecanizado
15NiCr14	1.2735	Moldes de todos los tamaños; mecanizado. En determinadas condiciones, troquelable en frío. Fácil pulido
21CrMnMo5	1.2310	Moldes de todos los tamaños; mecanizado. Fácil pulido
33A1CrMo4	1.2852	Vaciados con nervios estrechos, poca deformación, superficie resistente a la abrasión
29CrMoV9	1.2307	Moldes de todos los tamaños, poca deformación, superficie resistente a la abrasión
34CrA16	1.2851	Moldes de todos los tamaños, poca deformación, superficie resistente a la abrasion, gran exactitud de dimensiones
X45NiCrMo4	1.2767	Moldes de todos los tamaños con vaciados profundos, resistente a la compresión
90MnV8	1.2842	Moldes pequeños, fácil pulido; piezas móviles sometidas a altos esfuerzos
X210Cr12	1.2080	Moldes pequeños y piezas móviles
105WCr6	1.2419	Moldes con vaciados planos o poco profundos; elementos de moldeo sometidos a altos esfuerzos
100MnCrW4	1.2510	Moldes con vaciados planos; elementos de moldeo sometidos a altos esfuerzos
X100CrMoV51	1.2363	
X165CrMoV12	1.2601	Moldes pequeños, con vaciados complicados
35NiCrMo16	1.2766	Fáciles elaboración y pulido
54NiCrMoV6	1.2711	Fáciles elaboración y pulido
55NiCrMoV6	1.2713	Moldes grandes, posibilidad de grandes cargas específicas locales, resistente a la abrasión
X38CrMo51	1.2343	Gran resistencia a la compresión; resistente a la abrasión; utilizable para troquelado
50CrV4	1.2241	Fáciles elaboración y pulido
40CrMnMo7	1.2311	Moldes medianos, fácil pulido
X40Cr13	1.2083	Resistente a la corrosión y a los ácidos, fácil pulido, no soldable
X36CrMo17	1.2316	Resistente a la corrosión, a los ácidos y a la abrasión
X54NiCrMoW4	1.2765	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
75CrMoNiW67	1.2762	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
50NiCr11	1.2718	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
X165CrMoV12	1.2601	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
80WCrV8	1.2552	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión

Tabla # 4. Aplicaciones de los aceros para moldes de inyección.

Campo de aplicación	Denominación según DIN 17006	N.º de material según DIN 17007	Material	Propiedades mecánicas
Varillas expulsoras	115CrV3	1.2210	Acero de herramientas para trabajo en frío	temple y revenido a 60-63 HRC
	120WV4	1.2516	Acero de herramientas para trabajo en frío	temple y revenido a 62-65 HRC
	C110W2	1.1650	Acero de herramientas sin alear	temple y revenido a 63-65 HRC
	X40CrMoV51	1.2344	Acero de herramientas para trabajo en caliente	recocido suave a 240 HB
Vástagos de guía	C110W1	1.1550	Acero de herramientas sin alear	temple y revenido a 55-62 HRC
Pernos de guía	16MnCr5	1.2161	Acero de herramientas para trabajo en frío	Dureza superficial tras el temple por cementación. 58 HRC
Gatillos	105WCr6	1.2419	Acero de herramientas para trabajo en frío	temple y revenido a 60-62 HRC
Manguitos de centrado	55NICrMoV6	1.2713	Acero de herramientas para trabajo en caliente	recocido normal y revenido a 80-95 kp/mm²
Cuñas de ajuste	C15	1.0401	Acero de cementación para tornos automáticos	temple y revenido a 60-62 HRC
Otras piezas	C45	1.0503	Acero bonificado para tornos automáticos	recocido suave a 206 HB
Placas de fijación	Ck22	1.1151	Acero de construcción sin alear	recocido normal y revenido a 40-50 kp/mm²
Placas intermedias	Ck35	1.1181	Acero de construcción sin alear	recocido normal y revenido a 50-60 kp/mm²
Placas expulsoras	Ck45	1.1191	Acero de construcción sin alear	recocido normal y revenido a 60-70 kp/mm²
Placas para alojar los elementos de moldeo	Ck60	1.1221	Acero de construcción sin alear	recocido normal y revenido a 80-90 kp/mm²
	C45W3	1.1730	Acero de herramientas sin alear	temple y revenido a 50-57 HRC
	55NICrMoV6	1.2713	Acero de herramientas para trabajo en caliente	recocido normal y revenido a 80-95 kp/mm²
	21MnCr45	1.2162	Acero de herramientas para trabajo en frío	Dureza superficial tras el temple por cementación. 60 HRC
Platinas de centrado	St50	1.0530	Acero de fusión sin alear	Resistencia 50-60 kp/mm²
Manguitos de bebedero	St70		Acero de fusión sin alear	Resistencia 70-85 kp/mm²
	14NICr14	1.2735	Acero de herramientas para trabajo en frío	Dureza superficial tras el temple por cementación. 60 HRC
	56NICrMoV7	1.2714	Acero de herramientas para trabajo en caliente	recocido suave a 250 HB

Tabla # 5. Aceros para piezas moviles y de montaje de molde.

4.2.- Procesos utilizados en la construcción de moldes

Para la elaboración de moldes de inyección se utilizan algunos procesos, entre éstos tenemos:

- Mecanización con arranque de viruta
- Elaboración sin arranque de material (estampado, troquelado, embutido).
- Electroerosión
- Galvanotécnia
- Colado

- **Mecanización con arranque de viruta.-** La mayoría de los moldes de inyección son obtenidos por mecanización, aquí principal mente se utilizan trabajos de torno, fresa, cepillo y pulido.

Al arrancar material se originan tensiones de elaboración o se liberan tensiones ya presentes en el mismo, éstos pueden producir una deformación inmediata o durante su posterior tratamiento térmico, es por esto que es aconsejable efectuar un recocido de eliminación de tensiones en el molde después del desbastado. Luego de la mecanización del material viene el trabajo de acabado o pulido del molde y así poder obtener piezas inyectadas de alta calidad y excelente acabado.

- **Elaboración sin arranque de material, estampado, troquelado y embutido.-** Cuando existen cavidades con una superficie de dificil ejecución

por mecanizado, es utilizado el estampado, troquelado y el embutido. La estampa o troquel se elabora exteriormente segun el perfil deseado, éste punzón es templado y se sumerge con presión creciente y a poca velocidad en la matriz de acero recocido suave.

Los elementos del molde obtenidos por troquelado se someten a un recocido de eliminación de tensiones antes de la elaboración mecánica final, para que en el tratamiento térmico definitivo no se produzcan deformaciones.

- **Electroerosión.-** En este proceso de elaboración por erosión eléctrica, se aprovecha el efecto de desgaste producido por descargas eléctricas breves y consecutivas, con tensiones alternas entre el electrodo y el molde dentro de un líquido dieléctrico. Mediante cada una de las breves descargas sucesivas se calienta a la temperatura de fusión o vaporización, un volúmen limitado de la pieza y del electrodo, que se eliminan explosivamente de la zona de trabajo mediante fuerzas mecánicas y eléctricas. Se forman cráteres en ambos electrodos, cuyas dimensiones dependen de la energía de la chispa y esto permite distinguir entre desbastado y afinado. Con este proceso se pueden trabajar todos los materiales conductores

independientemente de su resistencia mecáncia.

- **Galvanotécnia.-** El límite de la elaboración mecánica por arranque de viruta puede llegar cuando hay que configurar la matriz de un molde complicado en el que sea de gran importancia la fidelidad al original, en tales casos se emplea el moldeado galvánico, que se caracteriza por una excelente calidad de superficie y una gran exactitud de reproducción. Los materiales mas adecuados para la fabricación de los moldes son el níquel y las aleaciones de níquel-cobalto. Sobre un modelo positivo o negativo del artículo deseado se deposita galvánicamente una capa de níquel de suficiente grosor y luego también en forma galvánica otra capa de cobre. Se separa el molde de la pieza obtenida y se mecaniza para montarse como elemento de moldeo en un molde patrón. La desventaja de este proceso reside en los largos tiempos de fabricación de los elementos. Su ventaja principal es cuando se requiere varios elementos de moldeo iguales, es decir para moldes múltiples, aquí el modelo se utiliza varias veces.

CAPITULO V

PROBLEMAS QUE PRESENTAN LAS PIEZAS INYECTADAS Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

5.1.- Condiciones de una pieza inyectada.-

Los artículos plásticos, fabricados por el proceso de inyección, pueden presentar ciertos defectos, ocasionados ya sea por el mal uso del material, por fallas en el molde, o por mala calibración de la máquina de inyección.

Aunque para cada aplicación en la práctica existe una solución, cuando se presentan problemas en la pieza inyectada; se establecerá en forma general los puntos principales que se debe considerar para que una pieza inyectada tenga una configuración adecuada.

- El diseño de la pieza a inyectarse debe ser tan sencillo como permitan las exigencias, sus dimensiones y peso deben ser lo menor posible.
- Se deben evitar cantos agudos en los nervios
- La pieza inyectada necesita para su fácil desmoldeo una inclinación adecuada.
- Si en la pieza se incluyen elementos insertados de otros materiales, estos deben colocarse con facilidad y estar bien fijados en el molde.

- Si los expulsores dejan marcas visibles en el artículo, éstos deben ser colocados en sitios donde no perjudiquen el aspecto de la pieza.
- Las aberturas, orificios o similares, sólo deben hacerse cuando se justifica su costo de elaboración posterior, ya que aumenta el costo del molde.
- Del tamaño y forma de la pieza depende la sección y posición del canal de flujo de llenado del molde. Este debe localizarse en lo posible, en un punto no perjudicial.
- Las inscripciones y marcas, deben colocarse preferentemente en las superficies de la pieza paralelas al plano de separación del molde.

Una fabricación rentable presupone moldes correctos en máquinas de inyección de buen rendimiento y con el material adecuado para su inyección.

Las piezas inyectadas deben estar exentas de irregularidades y de tensiones internas para que puedan cumplir con las exigencias impuestas para su finalidadd de aplicación.

Se deben evitar al máximo los trabajos de retoque y pérdida de material.

Hay que detectar los defectos de fabricación a tiempo para hacer la corrección del caso.

5.2.- Defectos en la pieza inyectada.-

Los defectos que presentan las piezas inyectadas son variables, entre estos tenemos:

- Rechupes en la pieza
- Burbujas interiores
- Marcas de uniones de flujo
- Las piezas se desmoldan con dificultad
- Pieza frágil y quebradiza
- Grandes rebabas
- Pieza deformada
- Superficie defectuosa
- Bandas oscuras o plateadas
- Tensiones en las piezas

El material utilizado para hacer las pruebas de inyección del molde analizado, es el POLIESTIRENO, se analizará sus defectos y sus posibles soluciones que se presentan con el uso de este material:

Rechupes en la pieza.-

Cuando se presentan rechupen en la pieza sus posibles causas pueden ser: Dosificación insuficiente, el tiempo de compresión muy corto, el material está sobrecalentado, existe poca sección de flujo o el sistema de llenado no es el adecuado, ciclo de trabajo es irregular. Las soluciones serían:

Aumentar la presión de compresión, disminuir la

temperatura del cilindro, disminuir la temperatura del molde, aumentar el tiempo de compresión, aumentar el tiempo de enfriamiento y aumentar la dosificación.

Pieza con burbujas internas.-

Este defecto se presenta cuando tenemos la presión de inyección muy baja, el tiempo de compresión corto, una dosificación insuficiente, el material húmedo, la temperatura del molde es irregular y el aire de las cavidades no escapa con rapidez.

Las soluciones podrían ser: Aumentar la presión de recalque, aumentar la contrapresión, aumentar la dosificación y regular la temperatura del molde.

Ondulación en la pieza.-

Cuando la pieza presenta ondulaciones hay que revisar la presión y la velocidad de inyección, disminuir la temperatura tanto del molde como la del cilindro y aumentar el tiempo de refrigeración.

Rebabas en la pieza.-

Cuando la pieza presenta grandes rebabas (foto # 12), éstas se deben a una excesiva dosificación, la temperatura de elaboración es muy alta y hay que bajar la temperatura del cilindro y la del molde; el cierre del molde no es el correcto y hay que aumentar la presión de cierre; hay que bajar la presión de inyección, los platos del portamolde no estan paralelos.

Piezas con lineas de uniones.-

Cuando se presenta este defecto, puede ser que el material esté muy frio entonces hay que aumentar la temperatura del cilindro o del molde, la presión de inyección o su velocidad hay que aumentarlas. Tambien hay que limpiar las salidas de aire ya que éste no escapa con suficiente rapidez.

Falta de brillo en la pieza.-

Cuando el material está contaminado o hay que hacerle un presecado se presenta la falta de brillo en la pieza.

Tambien se puede corregir esto aumentando ya sea la presión de inyección o su velocidad, o aumentando la temperatura del molde o del cilindro. Tambien hay que pulir el molde.

Marcas plateadas en la pieza.-

Cuando la temperatura de elaboración es muy alta se presentan estas marcas, o tambien cuando el material está húmedo con excesivo material reprocesado.

Se puede corregir bajando la presión de inyección o la velocidad de inyección y aumentando la temperatura del molde.

Piezas con puntos quemados.-

Cuando la pieza tiene puntos quemados hay que aumentar la temperatura del molde, disminuir la

presión de inyección o su velocidad. También se puede corregir bajando la temperatura del cilindro.

Piezas con mal acabado superficial.-

Se puede corregir este defecto aumentando la temperatura del molde o del cilindro, o aumentando la presión de inyección o su velocidad. Pulir bien las cavidades,revisar que no se filtre líquido en la superficie del molde. Aumentar la dosificación del material.

Pieza incompleta.-

Cuando el material está muy frio la pieza sale incompleta (foto # 11), Se debe aumentar la temperatura del molde, del cilindro o del pico de inyección; se soluciona también aumentando la presión de inyección o su velocidad. Este defecto también se presenta cuando el aire de las cavidades no puede escapar o el volumen del molde supera la capacidad de plastificación de la máquina.

Piezas frágiles o quebradizas.-

Cuando el molde está muy frio o el material no ha alcanzado la temperatura de elaboración. Tambien cuando la pieza no tiene el espesor suficiente o hay que hacerle nervios.

Pieza que desmoldan con dificultad.-

Puede ser porque no hay la suficiente conicidad en las cavidades o su calidad superficial no es buena.

Hay que disminuir la presión de inyección, el tiempo de inyeccíón o el tiempo de refrigeración. Aumentar la temperatura del cilindro o del molde.

5.3.- Defectos y posibles soluciones causados por una mala construcción del molde.-

Se va a enumerar algunos defectos de elaboración causados por una mala construcción del molde y la forma de eliminarlos, se considera que el material plástico utilizado es el adecuado y la máquina de inyección está perfectamente calibrada.

La masa plástica escapa por un lado de la boquilla.-

Esto sucede cuando los agujeros de la boquilla y del bebedero no estan alineados, o cuando no ejerce suficiente presión la boquilla sobre el bebedero. Revisar los radios de la superficie de contacto boquillabebedero(foto # 18). Si el agujero de la boquilla es mayor que la del bebedero.

La colada no se solidifica.-

Sucede esto cuando la refrigeración del sistema de llenado es insuficiente o cuando el taladro es excesivamente grande.

EL molde se llena parcialmente.-

Los canales de distribución son largos y estrechos, se debe ampliar el sistema de llenado. Mala salida de aire, temperatura del molde muy baja. Revisar los canales de estrangulación.

Hay que controlar la conicidad.

Si la pieza se rompe al desmoldar, hay que revisar la posición de los expulsores, que no estén en un punto desfavorable. La pieza no debe tener resaltes excesivos, controlar el pulido de las cavidades y la conicidad, ver que no haya formación de vacío.

Foto # 18 Boquilla y Bebedero del molde.

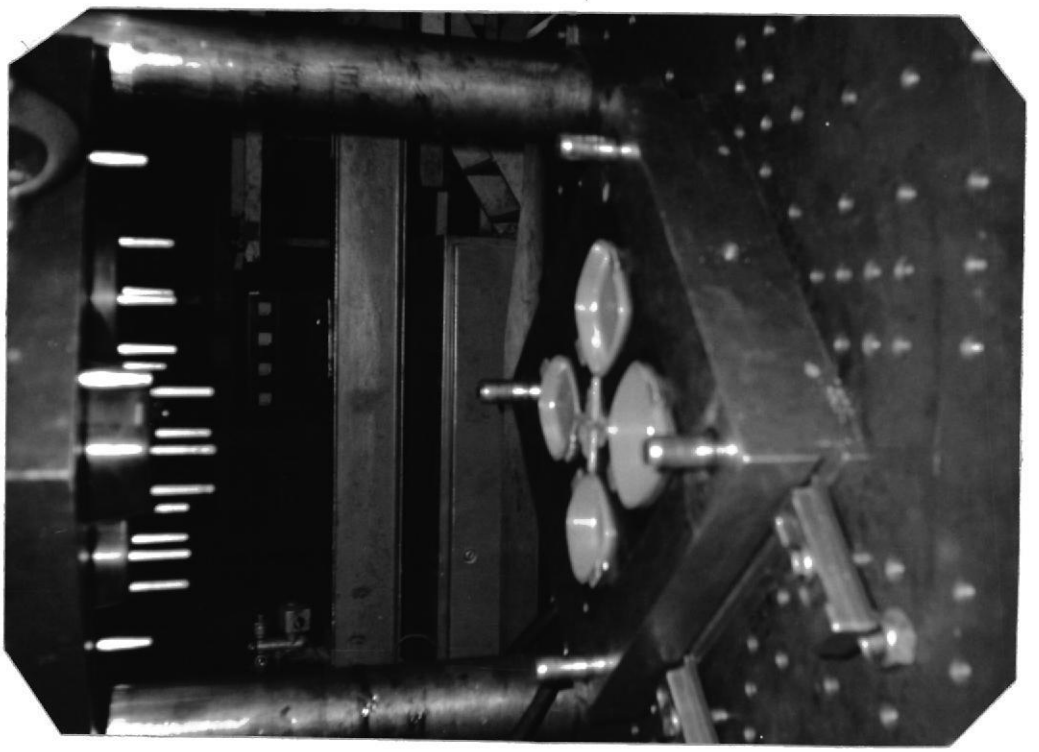


Foto # 19 Pieza adherida a la matriz (lado fijo)

Foto # 20. Dificultad en desmolde de pieza.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.-

De acuerdo a la experiencia obtenida en el campo de la fabricación, mantenimiento y empleo de moldes de inyección de plásticos puedo concluir lo siguiente:

- En el país existe personal técnicamente capacitado para el manejo de la maquinaria industrial que utilizan los talleres para la fabricación de moldes de inyección.
- Disponemos de la maquinaria necesaria para la construcción de moldes de inyección.
- Los talleres dedicados a la fabricación de moldes se proveen cada día de maquinaria mas sofisticada debido a las exigencias del mercado.
- El material utilizado en la construcción de moldes de inyección se lo adquiere en el mercado local.
- Existe personal capacitado y equipo instalado para realizar el tratamiento térmico que requieren algunos elementos del molde.
- Con estos factores que disponemos y conjuntamente con el personal de diseño de moldes, nosotros estamos en capacidad de construir moldes de inyección acorde con las necesidades del momento.
- Evitamos la salida de divisas.
- Utilizamos mano de obra nacional.
- Ahorramos tiempo y dinero

Recomendaciones.-

Antes de la selección del material para la construcción del molde de inyección, se debe conocer:

- El diseño de la pieza a inyectarse.
- El número de piezas a producirse.
- El material plástico a inyectarse.
- La máquina de inyección que se va a utilizar en el proceso.

Seleccionado el material que se va a utilizar para los distintos elementos del molde, se hará un programa de fabricación, tomando en cuenta todas las observaciones que tiene cada uno de los elementos que forman el molde.

Los problemas que presenta el proceso de inyección, ya sea en la máquina, el material plástico o el molde, se refleja directamente en la pieza terminada.

Es por esto que se recomienda hacer un chequeo constante de las temperaturas del sistema de refrigeración, la calibración de la máquina y en lo que respecta al molde debemos de revisar previo al montaje en la máquina de inyección, su sistema de alimentación, las placas y varillas expulsoras, los canales de refrigeración.

Siguiendo estos pasos obtendremos una producción rentable con piezas inyectadas de buena calidad.

BIBLIOGRAFIA

1. DRALLE,F Y GEMMES, H., Número de cavidades mas rentables, 1972, pag 158-165

2. MINK,W. Inyección de plásticos, Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1977

3. METALMECANICA PLAST, Quick Guide to acknowledge of to thermoplastic, Milan, 1976

4. MENGES-MOHREN, Moldes para inyección de plástico, Gustavo Gili S.A.,Barcelona, 1975

5. WITTEN, Werkzengstähle für die Kunststoffverarbetung (materiales para moldes plásticos), 1970

6. WÜBKEN, G. Y CATIC, I., Nomograma para tiempo de enfriamiento 1971, pag 779-783