

49
Zej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

SELECCION DE MAQUINARIA DE INYECCION PARA
TERMOPLASTICOS

TRABAJO ESCRITO

VIA CURSO DE EDUCACION CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

DAVID ANTONIO FELIX TROCHE

MEXICO, D. F.



259605
1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado Asignado:

Presidente

Prof. Joaquín Palacios Alquisira

Vocal

Prof. Fernando Malanco Covarrubias

Secretario:

Prof. Julio Ricardo Landgrave Romero

1er. Suplente

Prof. Mariano Pérez Camacho

2do. Suplente

Prof. Marco Antonio Uresti Maldonado

México D.F.



Julio Ricardo Landgrave Romero

Asesor del tema



David Antonio Félix Troche

Sustentante

AGRADECIMIENTOS

Para todos los que pensaron que esto jamas ocurriría, aquí esta mi tesis

Muchas Gracias:

A Dios, por todos los que están junto a mi.

A Fer por todo su amor apoyo y sobre todo mucha paciencia.

A mis Papas, por todo su cariño y formación.

A mis hermanos, por su consejo y comprensión.

A Julio, por creer en mi y ayudarme a salir adelante.

A mis amigos que no dejaron de apoyarme y motivarme,

A todos, mil gracias.

Í N D I C E

INTRODUCCIÓN	1
I ANTECEDENTES	3
1.1 Tipos de plástico	4
1.1.1 Polietileno	6
1.1.2 Polipropileno	10
1.1.3 PVC	12
1.1.4 Poliestireno	13
1.2 Tipos de inyectoras de termoplásticos	15
1.2.1 Inyectoras del tipo rodillera	16
1.2.2 Inyectoras del tipo hidráulica	20
1.2.3 Inyectoras del tipo eléctrica	21
1.3 Proceso de inyección de plástico	23
II PROCESO DE SELECCIÓN DE INYECTORAS	27
2.1 Terminología	28
2.2 Cálculo del tonelaje	31
2.3 Selección de la prensa	33
2.3.1 Función de la unidad de cierre	33
2.3.2 Características físicas a considerar en la selección de prensa	34

2.3.3	Ventajas entre diferentes prensas	34
2.3.4	Tipos de platina	36
2.3.5	Tipos de expulsión	37
2.3.6	Opciones especiales	38
2.4	Selección de la unidad de inyección	38
2.4.1	Funciones de la unidad de inyección	39
2.4.2	Barril y tornillo	41
2.5	Cálculo estimado de ciclo	44
III	EQUIPOS AUXILIARES	48
3.1	Molinos	49
3.2	Secadores y dehumidificadores	51
3.3	Controles de temperatura	53
IV	FABRICANTES DE EQUIPO	54
	CONCLUSIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	59

INTRODUCCIÓN

La industria del plástico es hoy por hoy una de las más grandes y crecientes a nivel mundial, revelando cifras importantes de consumos de materia prima, así como de fabricación de maquinaria para su transformación.

En la actualidad existen diferentes formas de transformar el plástico, una de las más utilizadas es la inyección, dada su gran precisión, velocidad y repetibilidad.

El proceso de inyección de plástico requiere primeramente de la transformación de la materia prima de estado sólido a líquido, para inyectarse a un molde que opera a presión, para luego enfriarse y extraer el producto finalmente.

Esta operación, que se describe de forma sencilla tiene toda una serie de fundamentos que sustentan el por qué usar una u otra máquina inyectora de plástico. Lo mismo ocurre con los equipos auxiliares requeridos y los materiales de los cuales deben estar fabricados.

Todos estos puntos son los que se pretenden revisar en este trabajo, de tal forma que la persona que requiera una de estas máquinas inyectoras de plástico, pueda conocer los factores básicos para su selección.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

I ANTECEDENTES

1.1 Tipos de plástico.

Los plásticos son materiales sintéticos de elevado peso molecular, cuya unidad básica "monómero" se repite muchas veces formando cadenas.

Todos los polímeros se obtienen de la unión química de uno o varios tipos de monómeros y dependiendo de los tipos de moléculas que los forman los polímeros se clasifican en homopolímeros o copolímeros.

Los homopolímeros son compuestos que se fabrican a partir de un solo tipo de monómero (polietileno, polipropileno y poliestireno entre otros)

Los copolímeros son compuestos que se obtienen a partir de varios monómeros, (acrilobutadieno estireno, conocido como ABS; estireno acrilonitrilo llamado SAN y otros materiales conocidos como de ingeniería.)

El tipo de monómero o monómeros de que está constituido la cadena del polímero y su longitud determinan las características químicas y físicas del material, si la longitud de la cadena molecular aumenta, aumentará también la posibilidad de que existan atracciones químicas entre los átomos de hidrógeno de una cadena y las otras. Las fuerzas de atracción determinan las propiedades que distinguen a productos de la misma familia ejemplo: fluidez del material, temperatura de fusión, tenacidad y la resistencia al impacto.

Se puede decir que al aumentar la longitud y peso de la cadena del polímero este tendrá mejores propiedades mecánicas.

La configuración de la cadena molecular de un polímero determina el comportamiento sobre esfuerzos mecánicos y cómo le afecta el calor. De acuerdo a estos dos parámetros se hace la siguiente clasificación:

Termoplásticos: Son aquellos que no presentan uniones químicas primarias entre sus cadenas moleculares y pueden ser moldeados una y otra vez mediante temperatura y presión (polietileno, polipropileno, policarbonato, poliamida, etc.).

Termofijos: Presentan uniones químicas primarias entre sus cadenas moleculares. La estructura cristalina que presentan estos materiales es tridimensional; los termofijos no pueden ser fundidos por lo que las cadenas moleculares se destruyen antes de que el material pierda rigidez y regresen al estado líquido.

Elastómeros: Presentan algunas uniones químicas primarias entre sus cadenas moleculares, por lo que resisten grandes deformaciones cuando son sometidos a esfuerzo, al cesar la influencia del esfuerzo se recuperan casi en su totalidad y regresan a su estado original.

La industria del plástico cuenta con varios cientos de productos que se encuentran hoy en el mercado; debido a ello, este trabajo abordará exclusivamente la revisión de los termoplásticos, pues son los más utilizados en la actualidad.

1.1.1 Polietileno.

El polietileno fue obtenido en 1898 por Von Pecman y no fué hasta 1933 que se conoció como polímero, su fórmula general es $[CH_2-CH_2]_n$

La simpleza de su estructura es la que le permite transformarse fácilmente. Este material se utilizó en sus primeros años como material dieléctrico, pasando rápidamente a ocupar grandes espacios en la fabricación de tubería, bolsas y artículos para el hogar.

Sus principales características son:

- Bajo costo
- Facilidad de procesamiento
- Excelente resistencia química
- No tóxico e incoloro.

Hoy en día existen varias formas de este producto siendo las más comunes:

- Polietileno de alta densidad.
- Polietileno lineal de baja densidad.
- Polietileno de alto peso molecular.
- Polietileno de ultra alto peso molecular.

Al aumentar la densidad se presentan los siguientes efectos:

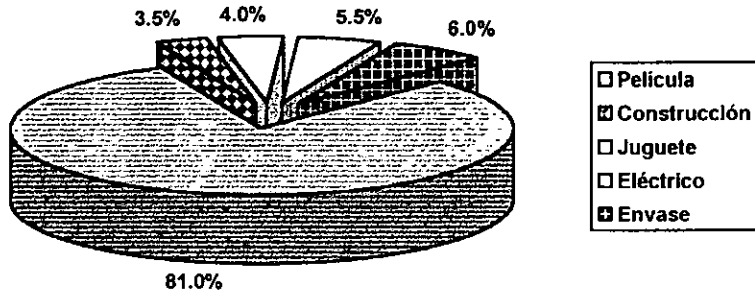
Propiedad	Efecto
Rigidez	Aumenta
Dureza	Aumenta
Resistencia a la tensión	Aumenta
Resistencia a la abrasión	Aumenta
Resistencia química	Aumenta
Barrera a gases	Aumenta
Brillo	Aumenta
Reblandecimiento	Aumenta
Resistencia al impacto	Disminuye
Resistencia al rasgado	Disminuye
Elongación	Disminuye

Los efectos que se presentan al momento de aumentar el peso molecular son:

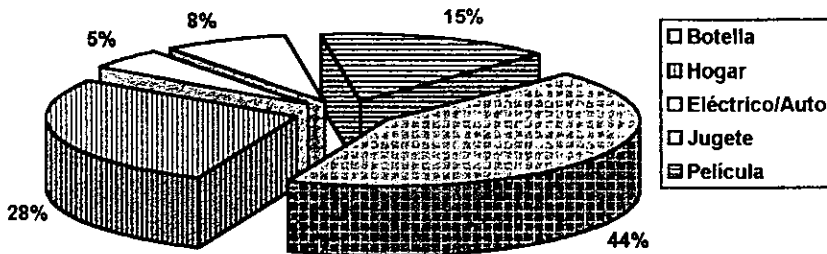
Propiedad	Efecto
Viscosidad	Aumenta
Resistencia a la tensión	Aumenta
Resistencia al impacto	Aumenta
Dureza	Aumenta
Resistencia química	Aumenta
Rasgado	Aumenta
Abrasión	Aumenta
Elongación	Aumenta
Resistencia química	Aumenta
Barrera gases	Aumenta
Reblandecimiento	Aumenta
Transparencia	Disminuye
Brillo	Disminuye
Fluidez	Disminuye

Tendencias de distribución para el polietileno de alta y baja densidad en México.

PEBD



PEAD



1.1.2 Polipropileno.

El Polipropileno es un termoplástico que pertenece a la familia de las poliolefinas y se obtiene de la polimerización del gas propileno. Fue descubierto en 1950 y comercializado a mediados de 1957. Este plástico es el tercero más empleado a nivel mundial, después del Polietileno y el PVC. Existen dos tipos; el homopolímero y el copolímero, el primero presenta gran resistencia a las altas temperaturas y se puede esterilizar; es por esto que tiene gran uso en la industria farmacéutica para la fabricación de jeringas y recipientes para medicinas, mientras que el copolímero presenta una gran resistencia al impacto y es usado en la fabricación de botellas. Hoy en día es uno de los productos más utilizados en la industria automotriz, en productos para el hogar y en la fabricación de todo tipo de tapas para envasar productos.

Este producto, debido a su gran versatilidad, es uno de los más usados en la industria, siendo algunos de sus productos finales:

- **Empaque y envase:**

- Películas

- Botellas

- Tapas

- Flejes

- Garrafrones

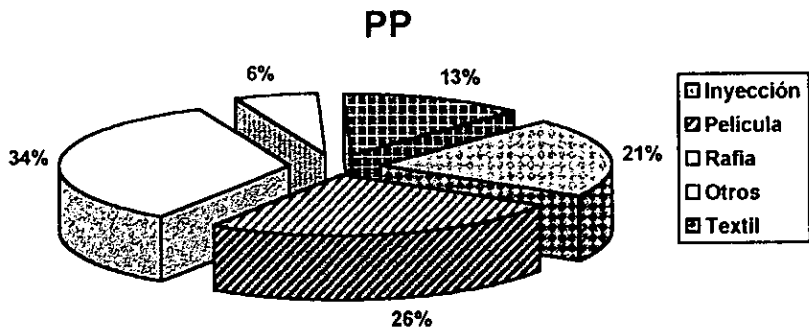
- Contenedores

- Cajas agrícolas e industriales

- Costales

- Tapas de todo tipo

-
- **Automotriz:**
 - Acumuladores
 - Tableros
 - Defensas
 - Puertas
 - Ventiladores
 - Parrillas
 - **Electrodomésticos:**
 - Planchas
 - Lavadoras
 - Secadoras
 - Cafeteras
 - **Eléctrico electrónico:**
 - Mangos de herramientas
 - Gabinetes de TV
 - Cintas para audio y vídeo
 - **Farmacéutico:**
 - Jeringas
 - Tapas medicamentos
 - Depósitos de seguridad biológica
 - Pinzas de revisión
 - **Otros:**
 - Vasos
 - Portafolios
 - Hieleras
 - Juguetes
 - Cascos de seguridad
 - Lentes



1.1.3 P.V.C.

Se le denomina PVC por sus siglas en inglés, Poly Vinyl Chloride; es un polímero capaz de cambiar su forma y estructura al cambio de temperatura; este es uno de los más versátiles del mundo, ya que puede ser transformado por varios procesos en producto terminado y es el segundo más empleado a nivel internacional, cabe señalar que por cuestiones ecológicas el PVC está siendo desplazado del mercado, pero para su total desaparición faltan aún muchos años, no debemos olvidar que el 90% de la tubería plástica del mundo se fabrica con este material.

El PVC es clasificado en dos tipos; PVC rígido y flexible.

En el segmento del rígido encontramos productos como: tubería, botellas, películas, discos, perfilera para casa, etc.

Mientras que en el flexible se tiene: suelas para calzado, película, cable, losetas, perfilera etc.

1.1.4 Poliestireno.

El estireno es la materia prima para obtener los productos de la familia del poliestireno. En 1839, un farmacéutico, Berlimes observó que bajo la influencia de la luz y el aire el monómero de estireno líquido se transformaba lentamente en una masa sólida, Pero no fué hasta 1932 que Staudinger estudió la polimerización del Estireno como producto final, dando lugar a la producción industrial a gran escala. Durante la Segunda Guerra Mundial y debido a la escasez de caucho se realizaron injertos del estireno con butadieno para obtener el hule sintético, obteniendo la rigidez y facilidad de procesamiento del estireno y una mayor resistencia mecánica y flexibilidad propia del butadieno, al paso de los años se desarrollaron mezclas de butadieno con estireno para obtener el grado impacto y con el acrilonitrilo para obtener mayor resistencia a productos químicos.

De tal forma se ha desarrollado este material que ahora se ha integrado en un grupo de materiales denominados familia de polímeros de estireno, constituida por:

- a) PS uso general
- b) PS grado impacto

-
- c) PS expansible
 - d) Estireno, acrilonitrilo (SAN)
 - e) Estireno butadieno (Resina K)
 - f) Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Todos se distinguen por tener la característica del estireno en su composición presentando algunos otros componentes o material incorporados al polímero.

Distribución del poliestireno por sector de mercado:

Sector	Por ciento
Envases	40.0 %
Electrodomésticos	17.0 %
Construcción	9.70 %
Empaque	9.40 %
Distribución	8.90 %
Artículos hogar	4.90 %
Automotriz	3.80 %
Juguetes	2.70 %
Otros	2.30 %
Artículos oficina	1.40 %

1.2 Tipos de inyectoras de termoplásticos.

La inyección de plástico es el proceso más usado en la transformación de termoplásticos a nivel mundial, existen más de 50 fabricantes de equipo a nivel internacional y la producción de estos equipos excede las 25,000 unidades anuales.

México espera tener un crecimiento de más del doble en este sector productivo el los próximos 4 años, en áreas como:

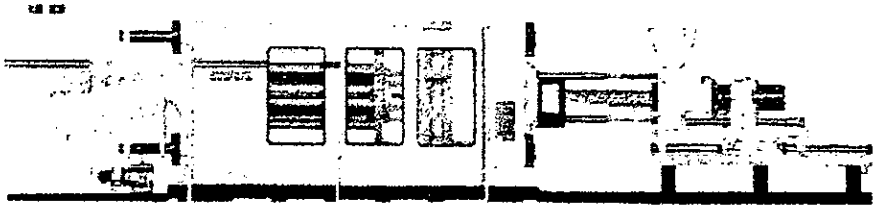
- Automotriz.
- Electrodomésticos.
- Juguetera.
- Industria fotográfica.
- Médica.
- Envase y empaque.

Para lograr este crecimiento es necesario contar con los equipos de inyección adecuados para las especificaciones del producto; es por esto que se cuenta con diferentes tecnologías para lograr este objetivo.

Las máquinas de inyección que se encuentran actualmente en el mercado son las siguientes:

- Rodillera
- Hidráulica
- Eléctrica

De manera general podemos decir que todas estas consisten de dos partes principales que son la unidad de inyección y la prensa de cierre.



Prensa de cierre

Unidad de inyección

1.2.1 Inyectora tipo rodillera.

Las diferencias entre una inyectora y otra están básicamente en la manera en la que realiza el cerrado de la prensa y el mecanismo que lo acciona. La prensa en este caso es un sistema que funciona con un mecanismo de cilindros hidráulicos, los cuales desplazan una rodilla mecánica de manera horizontal para la apertura y cierre de la platina móvil.

La platina móvil se desplaza a gran velocidad hasta el punto donde casi cierra el molde, de este punto en adelante se termina de cerrar por un cilindro hidráulico el cual bloquea la rodilla y permanece en esta posición hasta que el

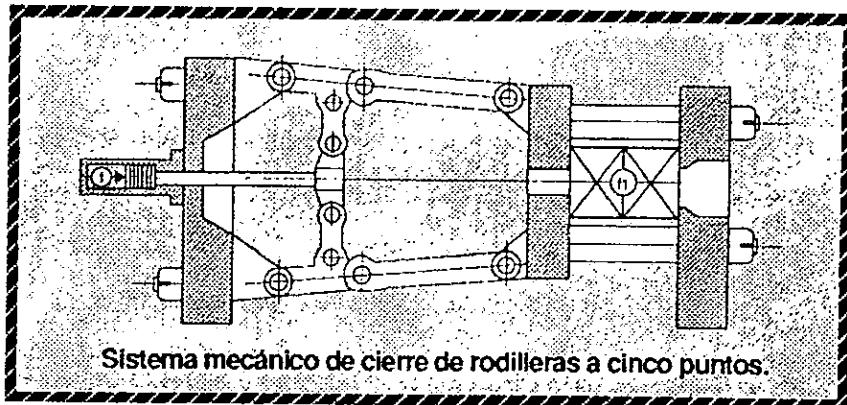
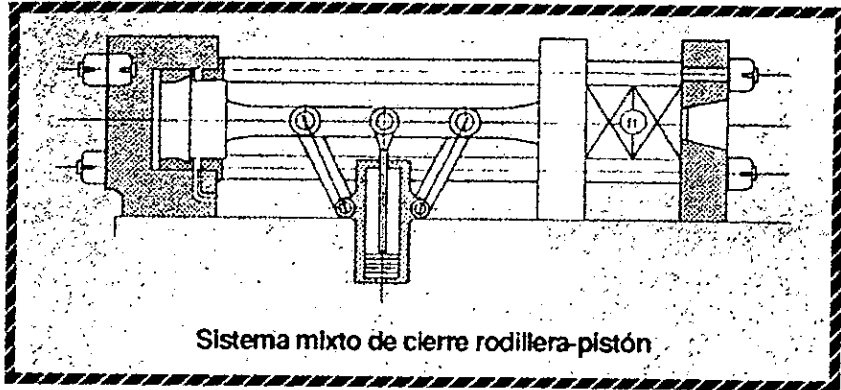
material haya sido introducido por completo en el molde para posteriormente enfriarlo y abrir, será solo hasta este momento cuando el brazo mecánico o rodillera dejará de ejercer fuerza sobre las platinas para poder abrir y sacar la pieza del molde.

Podemos decir que esta máquina es accionada de manera rápida por los cilindros hidráulicos para el movimiento de apertura y cierre, mientras que la rodilla lo único que hace es mantener el molde cerrado al momento en que se tocan ambas caras del molde (el efecto de mantener el molde cerrado durante la inyección del plástico es conocido como fuerza de cierre).

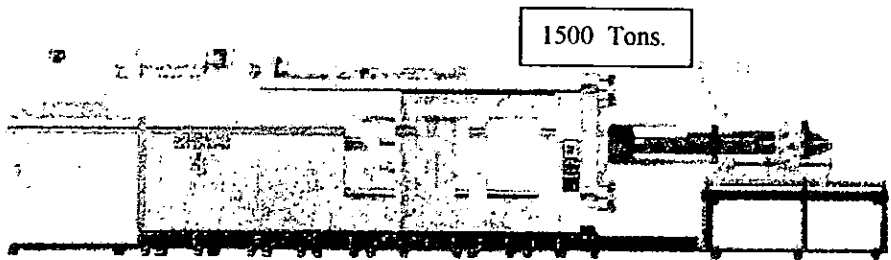
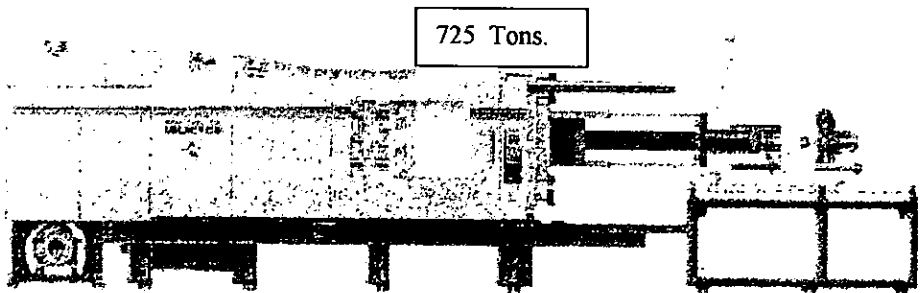
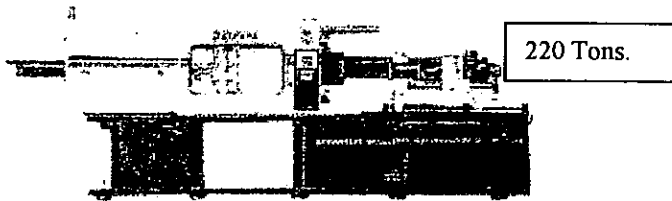
Sobre este tipo de máquinas podemos agregar que existen muy diferentes tipos de rodillera como lo son:

- a) Monorodillera
- b) Doble rodillera vertical
- c) Doble rodillera horizontal

Para todas éstas existen diferentes punto de apoyo sobre la platina (3, 5 etc.) cada una con sus propias teorías y explicaciones referentes a como evitar la deflexión de las platinas y los problemas a la hora de moldear, por falta de paralelismo entre las caras del molde.



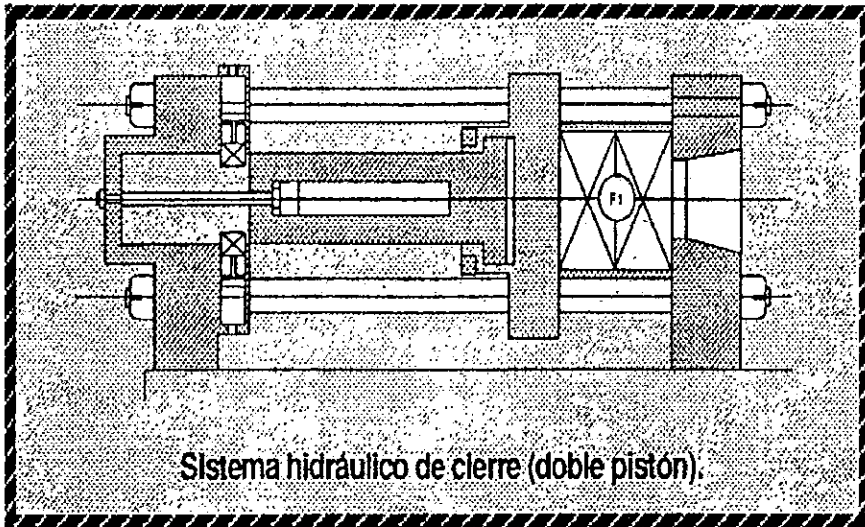
Diferentes prensas del tipo rodillera.



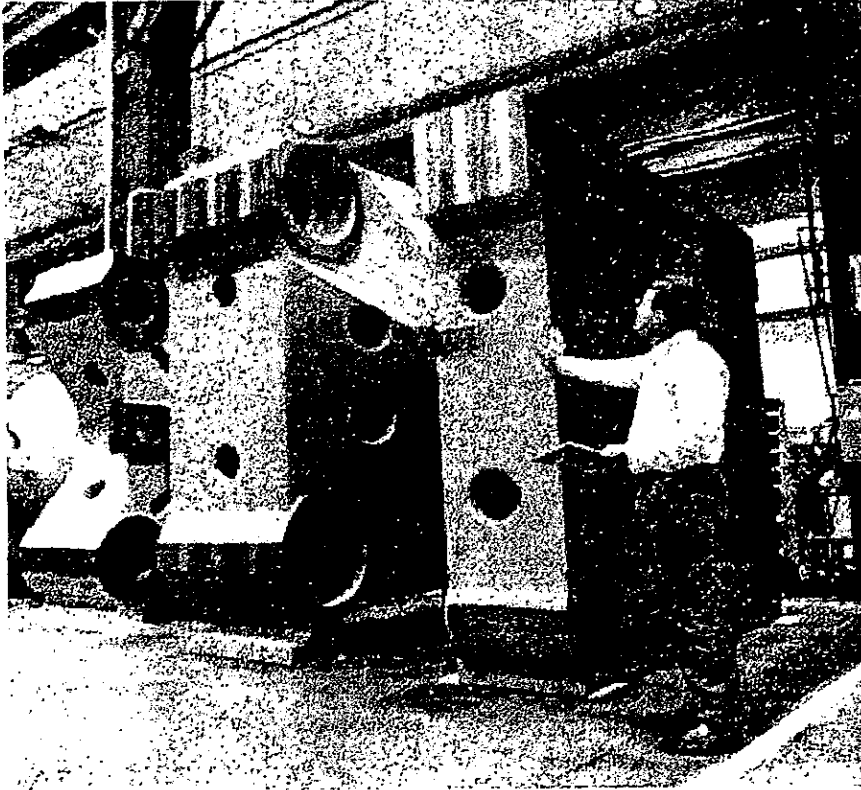
Diferentes tamaños de Inyectoras de tipo rodillera.

1.2.2 Inyectora tipo hidráulica.

Las prensas de este tipo cuentan de dos sistemas hidráulicos, uno para el avance rápido de la prensa y otro para la construcción de la fuerza de cierre, para mantener el molde cerrado. El primero corre lateral a la platina móvil y es de gran velocidad y poco volumen de aceite, mientras que el segundo va detrás de la platina móvil y es de gran tamaño; este cilindro o cilindros, dependiendo del tamaño y fabricante del equipo, es de gran volumen y de un área proyectada mayor, con la intención de evitar que la platina sufra deflexión en el momento de ejercer la fuerza de cierre.



Sistema de Prensa Hidráulica.



Platina móvil de una inyectora de 4,000 Tons.

1.2.3 Inyectora tipo eléctrica.

La industria del plástico ha sufrido grandes cambios en los últimos años, siendo Algunos de los más importantes: el uso de microprocesadores para el control del proceso, empleo de bombas flujo variable, velocidades de hasta 1.5m/s en la apertura y cierre, inyección con precisión de hasta 0.1% pero ninguno de

estos ha revolucionado tanto la inyección de plástico como la introducción de las máquinas de inyección eléctricas.

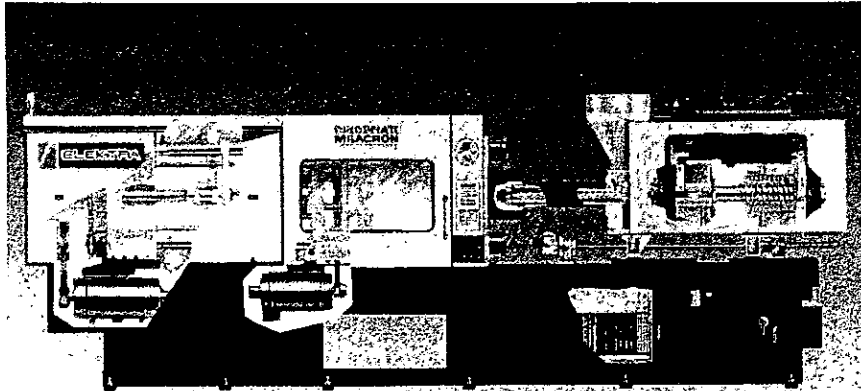
Las inyectoras eléctricas son sistemas libres de aceite que funcionan a través de motores eléctricos, los cuales efectúan todos los movimientos de la máquina. No debemos olvidar que más del 95% de máquinas que actualmente existen en el mundo son del tipo, hidráulico o rodillera, pero en un futuro no muy lejano todas estas serán reemplazadas por la eléctrica.

Ventajas de una máquina 100% eléctrica sobre una con sistemas hidráulicos o de rodillera:

- Ahorro energético del 75%
- Libre de aceite y contaminantes.
- Mayor repetibilidad.
- Menor mantenimiento.
- Amigable con el medio ambiente.
- Mayor control del proceso.

Las inyectoras eléctricas puede funcionar con motores de corriente alterna o directa, dependiendo del fabricante y el tamaño de la prensa.

Los motores de estas máquinas hacen girar baleros sin fin, los cuales realizan todos los movimientos de apertura y cierre en la prensa, bloque de la rodilla e incluso el accionar de las barras de botado para expulsar la pieza una vez que esta ha sido moldeada.



Inyectora eléctrica con motores de corriente directa

1.3 Proceso de inyección de plástico.

El proceso de inyección de plástico esta delineado por las siguientes etapas:

a) El material se coloca en la tolva listo para ser moldeado (seco, pigmentado, mezclado etc.)

b) El molde se cierra en varias etapas:

- Alta velocidad y baja presión hasta que se toquen las caras del molde.
- Baja velocidad y baja presión hasta que se cierre el molde.
- Alta presión para que no se abra el molde durante la inyección.

c) El material es plastificado por la acción de las bandas de calefacción y la fricción que genera la rotación del tornillo en el barril.

d) El tornillo sigue girando hasta que activa un interruptor que indica la cantidad de material que ha de ser alimentado dentro del molde. Para evitar que el material plastificado que se encuentra en la punta del barril empuje el tornillo hacia atrás, se le aplica a éste una presión en sentido contrario (contra presión.)

e) Al finalizar la dosificación el husillo retrocede ligeramente, para evitar que el material fluya hacia afuera de la boquilla antes de ser inyectado en el molde, a esto se le conoce como descompresión.

f) Por medio de un sistema hidráulico se empuja el tornillo para que actúe como un pistón, inyectando el material dentro de las cavidades del molde a una determinada velocidad y presión. Terminada la inyección se ejerce una presión sobre el material por medio del tornillo (Sostenimiento) que generalmente es menor a la de inyección y sirve para contrarrestar las contracciones del material debido a la solidificación.

g) Poco a poco el material se compacta, por lo que la presión de sostenimiento ya no tiene ningún efecto y se elimina.

h) El calor que desprende la pieza se transmite al molde y éste es disipado por un refrigerante que corre en las venas del mismo, transcurrido el tiempo de enfriamiento el molde se abre.

i) El mecanismo de expulsión saca el producto del molde y la máquina puede iniciar el siguiente ciclo.

Este ciclo es una base, a partir del cual se hacen variaciones dependiendo del sistema de moldeo a emplear.

Si se utilizan sistemas de moldeo con colada caliente, la unidad de inyección permanece siempre unida al molde.

El momento en el cual se lleva a cabo el llenado influye directamente en la calidad de la pieza; si se realiza de manera inadecuada, la presión de inyección no alcanza el valor ajustado y la pieza se obtiene incompleta y pueden aparecer rechupes o burbujas.

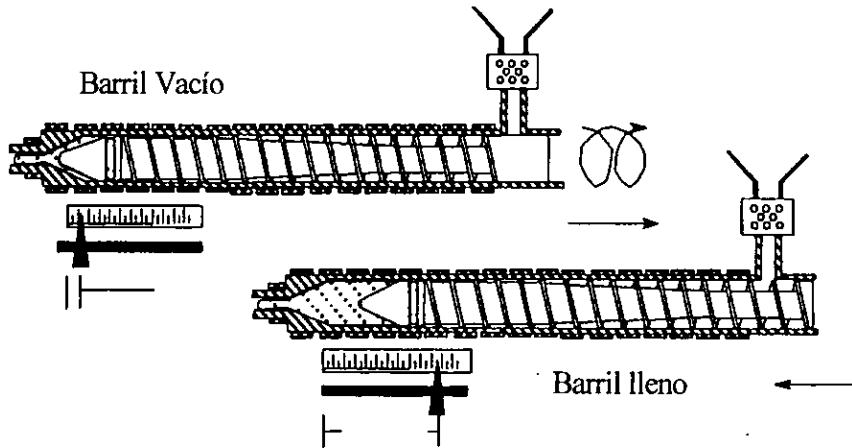
El llenado del molde es un factor que debe ser controlado de manera precisa, por esto se cuentan con diferentes métodos para ello, siendo los más comunes:

a) Tiempo: Se realiza mediante un cronómetro, que después de transcurrido cierto tiempo envía la señal para que la presión ejercida sobre el material durante la inyección disminuya al valor fijado como de sostenimiento.

b) Presión: Se lleva a cabo una medición de la presión dentro del molde, cuando se ha alcanzado un valor determinado se envía una señal, la cual hace el cambio de presión de inyección por la de sostenimiento.

Se requiere de un sensor adecuado ubicado dentro del molde, dependiendo del diseño de la pieza el sensor deberá instalarse en la parte más distante de la cavidad o en la entrada de la misma. Este sistema es muy utilizado en partes de precisión.

c) Distancia: Esta es la más utilizada y ocurre en el momento que el tornillo acciona un switch después de haber avanzado hasta una posición determinada, en ese momento un switch manda la señal para cambiar la presión de inyección por la de sostenimiento.



Posición de la unidad de inyección.

Podemos resumir que las variables que controlan la unidad de inyección son: presión, temperatura, tiempo y distancia.

CAPÍTULO II

PROCESO DE SELECCIÓN DE INYECTORAS

II PROCESO DE SELECCIÓN DE INYECTORAS

2.1 Terminología.

Para poder entender mejor el proceso de selección de una máquina de inyección debemos empezar por definir ciertos criterios y manejar la correcta terminología.

Fuerza de cierre: Fuerza requerida para mantener las dos caras de un molde unidas mientras se inyecta dentro un material termoplástico a presión, esta se expresa en toneladas de fuerza. Las máquinas de inyección en todo el Mundo son catalogadas por su fuerza de cierre.

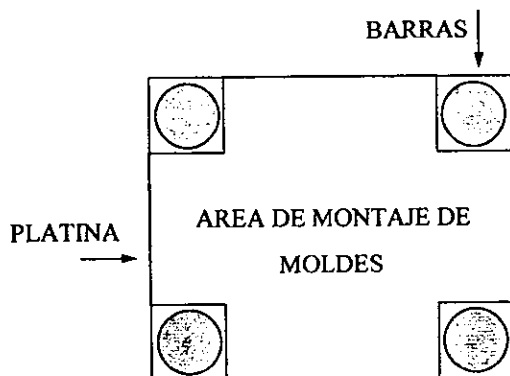
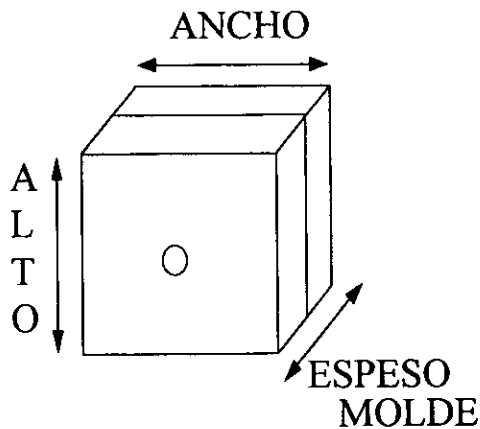
Dimensiones del molde:

- **Altura de molde:** Distancia horizontal de un lado al otro del molde en una misma cara del molde.
- **Ancho de molde:** Distancia vertical de un lado al otro del molde, en la misma cara del molde.
- **Espesor de molde:** Altura resultante de unir las dos partes de molde.

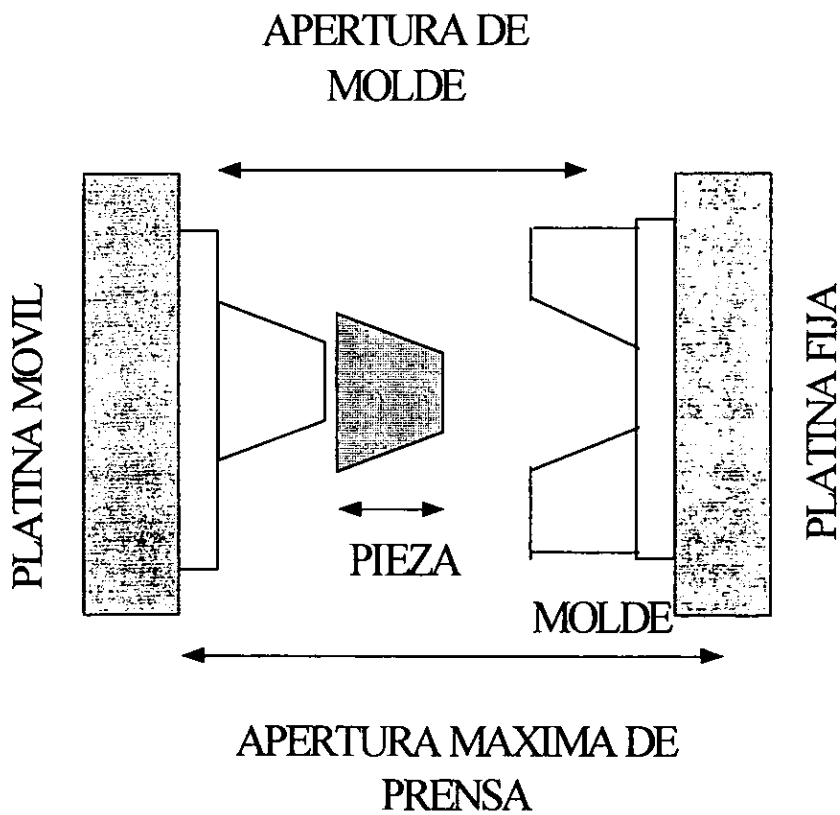
Las medidas anteriores son indispensables para poder determinar el tamaño de máquina, ya que de lo contrario se corre el riesgo de que el molde no pueda entrar por en medio de las barras, o que la prensa no pueda cerrar.

Aun cuando en la actualidad ya existen máquinas sin barras, el conocimiento de estas dimensiones es indispensables para el correcto manejo de moldes.

Apertura de molde: Esta es la distancia mínima requerida para poder sacar la pieza de un molde y es generalmente igual al doble de la profundidad la pieza.



El molde puede ser montado de forma horizontal o vertical dependiendo de las capacidades de la planta y la forma de sujeción del molde.



2.2 Cálculo del tonelaje.

El tonelaje requerido para mantener las dos caras de un molde unidas durante el ciclo de moldeo de una pieza es función del:

- a) Área proyectada de la o las piezas.
- b) Viscosidad del material a inyectar.
- c) Índice de fluidez del material.
- d) Espesor de pared de la pieza a fabricar.

El área proyectada de la pieza al momento de ser llenada con plástico será la que generará la fuerza que tratará de abrir el molde.

En este aspecto se tienen reglas de uso general, las cuales nos permiten de manera sencilla determinar cuántas toneladas de fuerza se requerirán para moldear una pieza.

Se requiere aproximadamente de 2 a 3 toneladas de fuerza por pulgada cuadrada y normalmente la presión de inyección se encuentra entre los 4000 y 6000 psi.

Lo anterior se puede ver seriamente afectado por los espesores de pared de la pieza, recorrido del material por las venas del molde, e incluso por la viscosidad del plástico a emplear.

Toneladas de fuerza requeridas por tipo de material en base a su área.

Material	US Tos./ Sq. In	Mons./Sq. mm
ABS	2.5	0.0035
Acetal	3.0	0.0042
Acrílico	3.0	0.0042
EVA	2.0	0.0028
Nylon	4.5	0.0063
PEAD	3.5	0.0049
PEBD	3.0	0.0042
Policarbonato	4.5	0.0063
Polyester	2.5	0.0035
Phenylene	3.0	0.0042
PPS	2.5	0.0035
PP	2.5	0.0035
PS	2.5	0.0035
PVC	2.5	0.0025

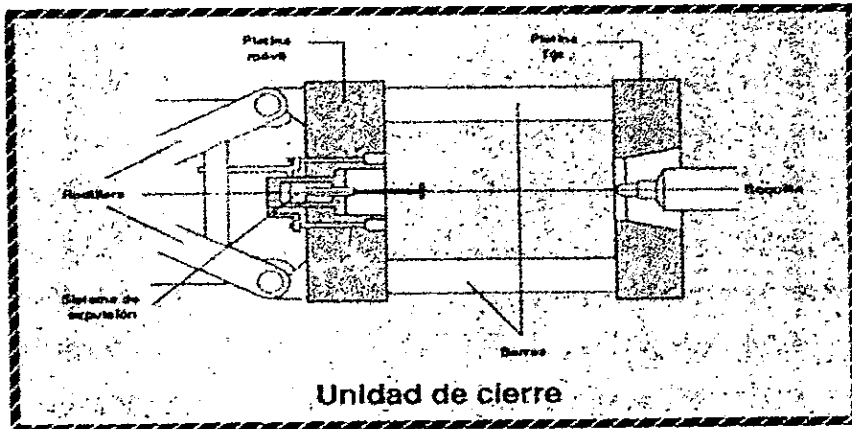
2.3 Selección de la prensa.

Para facilitar la selección de la prensa empezaremos describiendo las partes que la conforman y cada una de ellas.

2.3.1 Función de la unidad de cierre.

La prensa tiene como principal objetivo sostener en su interior un molde, el cual deberá abrir y cerrar, debiendo además realizar las siguientes funciones:

- a) Abrir y cerrar el molde, de tal forma que no maltrate nunca el molde.
- b) Ejercer la fuerza de cierre necesaria durante la inyección y el sostenimiento, para evitar que el molde se abra.
- c) Expulsar la pieza una vez que quede completamente sólida.



2.3.2 Características físicas a considerar en la selección de prensa.

a) Distancia entre barras; debemos asegurarnos que el molde podrá entrar por las barras.

b) Apertura máxima de platinas; este punto nos indicará si es que el molde podrá abrir o no, una vez montado en la prensa.

c) Desplazamiento máximo de la platina; indicará si es que el molde cerrará o no, una máquina de rodillera no necesariamente tiene el mismo desplazamiento que una hidráulica, aun cuando las dos tengan el mismo tonelaje.

2.3.3 Ventajas entre diferentes prensas.

Debido a que existen diferentes tipos de prensa (eléctrica, hidráulica o de rodillera) a continuación mencionaremos las ventajas de una y otra, pero no debemos olvidar que todas son útiles y es por eso que todavía subsisten en el mercado.

Rodillera:

- Menor consumo de aceite.
- Bajo costo.
- Menor consumo eléctrico.
- Poco mantenimiento.
- Alta velocidad.

Hidráulica:

- La inyectora de este tipo proporciona información de manera más precisa al microprocesador, ya que todo el sistema es manejado de forma hidráulica y es más fácil controlar sus movimientos.
- Debido a que una inyectora puede manejar diferentes fuerzas de cierre dependiendo del molde, la repetibilidad y construcción del tonelaje es mucho más preciso en una máquina de este tipo.
- El desgarramiento de una máquina de estas es mucho más sencillo, además de que existe una mejor protección de molde.

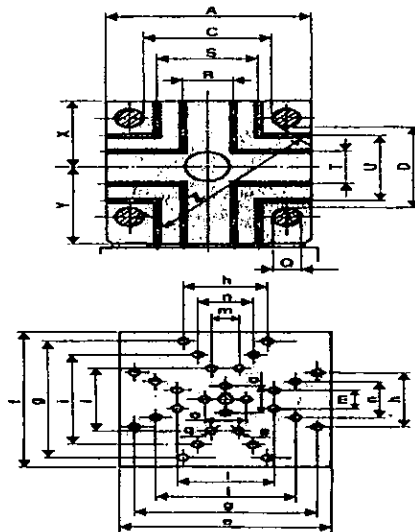
Eléctrica:

- Debido a que todos los movimientos son controlados por motores eléctricos los movimientos son casi perfectos con una variación de $\pm .0005$ ".
- Esta máquina por no tener aceite hidráulico es muy fácil de operar.
- El mantenimiento es mínimo y son básicamente componentes electrónicos o bandas los que se tienen que reemplazar.
- Alto ahorro energético
- Amigable con el medio ambiente
- Recomendable en aplicaciones farmacéuticas medicas o de ingeniería
- Tamaño muy pequeño

2.3.4 Tipos de platina

Existen dos dibujos de platinas, la europea y la americana, ésta será la que nos permita determinar la manera como vamos a fijar el molde a la prensa.

Existen muy diferentes formas de fijar un molde a una platina, siendo los más sencillos por tornillos hasta llegar a sistemas de cambio de molde automático que fijan el molde por medio de grapas hidráulicas o neumáticas. Los sistemas de grapas son generalmente empleados en moldes de gran tamaño, mientras que Para prensas pequeñas se tienen sistemas de sujeción y cambio rápido de molde muy simples como lo son los tipo lente de cámara, con conexiones rápidas de agua y corriente.



Platina Europea (Euromap) y Americana (SPI)

2.3.5 Tipos de expulsión.

Las platinas, aparte de sostener los moldes, tienen la función de botar las piezas una vez moldeadas, es por ello que dependiendo de las características del producto estas pueden ser extraídas de la siguiente forma:

- **Mecánica:** Sistema hidráulico o eléctrico, que acciona unas agujas en la platina móvil, las cuales expulsan las piezas fuera del molde, dependiendo del programa con el que cuente la máquina puede hacer uno o varios intentos para botar la pieza.
- **Neumática:** Este es muy utilizado para el botado de piezas huecas como cubetas, sería muy difícil el contar una aguja que lograra botar esta pieza por lo profunda que es, por esto se prefiere botar con aire. Existe otra razón por la cual se debe evaluar el uso de esa tecnología y es el hecho de que probablemente se pueda requerir cerrar o mover parte de la pieza moldeada antes de sacarla del molde, este es el caso de las tapas de champú las cuales se moldean abiertas pero se expulsan ya cerradas, con esto se evita el trabajo de cerrarlas posteriormente en otra operación.
- **Robot:** Este aunque no es parte de la prensa sí es controlado por la misma y se emplea cuando tenemos piezas muy grandes o de manejo muy delicado y no queremos que se maltraten al momento de salir despedidas por el sistema de botado. Este sistema también nos permite lograr tener ciclos más rápidos ya que en muchas ocasiones ensamblamos dos partes en el mismo robot al momento de extraerlas del molde.

2.3.6 Opciones especiales de la prensa.

Debido a la sofisticación de los moldes actuales, existen opciones como la remoción de barras; esto permite el fácil montaje de un molde de gran tamaño que cuenta con gran cantidad de conexiones, y que por sus características dimensionales es muy difícil de colocar dentro de la prensa si no es quitada temporalmente una barra.

Existen también sistemas de cambios de unidad de inyección, los cuales permiten que una misma prensa use varias unidades de inyección con diferentes capacidades, esto es quitar una unidad de inyección "a" para colocar una "b", con esto se tienen dos inyectoras, pero se adquiere solo una y media, teniendo mayor rango de acción y sobre todo una menor inversión.

2.4 Selección de la unidad de inyección.

La unidad de inyección es la parte más importante de una inyectora de plástico, en esta se encuentran el mayor número de factores que pueden afectar nuestro proceso.

2.4.1 Funciones de la unidad de inyección.

a) Plastificar y homogeneizar el material hasta que tenga la fluidez necesaria para poderlo inyectar en el molde, de tal forma que la temperatura sea la misma en todo el material.

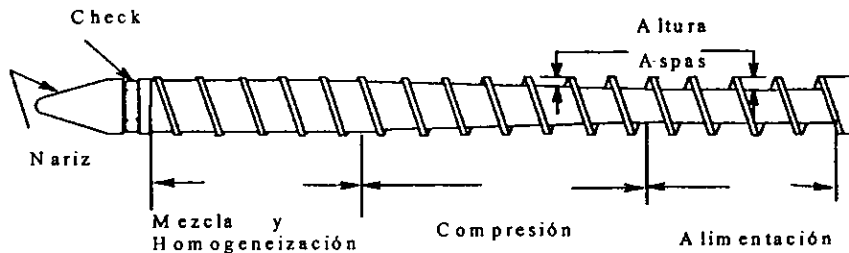
b) Por medio de un movimiento axial inyectar el material fundido a la velocidad y presión determinada y sostenerla para compactar el plástico.

c) Dosificar la cantidad necesaria de material para un ciclo de trabajo, por medio de la rotación del husillo.

Las máquinas de inyección modernas cuentan con sistemas reciprocantes, esto es, que la unidad se desplaza hacia adelante y hacia atrás.

La unidad de inyección está conformada por dos partes, que son barril y tornillo, el tornillo está dividido generalmente en 4 partes:

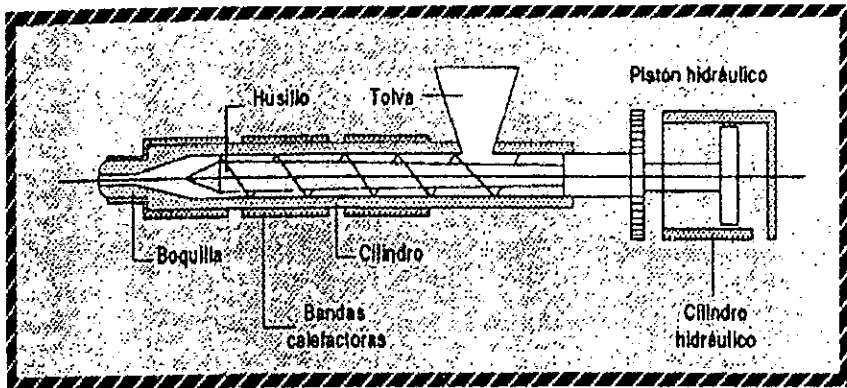
- 1) Zona de alimentación.
- 2) Zona de compresión
- 3) Zona de homogeneización
- 4) Punta con válvula



El barril es un tubo grueso que cuenta con bandas de calentamiento, el objetivo de estas es transferir calor gradualmente al material de tal forma que a la entrada del barril el material esté menos caliente, siendo al final donde el plástico se encuentra a la temperatura óptima para ser inyectado.

El control de las temperaturas es diferente para cada tipo de material y es controlado a través del microprocesador de la máquina.

Al final del barril se encuentra la boquilla, misma que penetra en la zona de alimentación del molde, estas son de diferente tamaño, dependiendo de la profundidad de éste.



El tornillo, así como el barril son sistemas muy sofisticados y existen gran numero de patentes en torno a ellos. Algunos barriles tienen áreas de venteo para la eliminación de gases. Existen tornillo reciprocantes que envían el

material no plastificado a la parte posterior del tornillo y así se asegura la homogeneización de la mezcla para evitar tener productos defectuosos.

2.4.2 Barril y tornillo.

Los puntos claves para la selección de un barril y tornillo son:

- a) Corrosividad.
- b) Abrasividad.
- c) Densidad.

MATERIAL	TORNILLO	PUNTA	RECUBRE	TORQUE	SECADO	COMENTARIOS
ABS	M	S	Cromado	Std.	S	Corrosivo
Acrílico	M	S	Cromado	Alto	S	Tornillo Profundo
HDPE	MH/B	B	Std.	Std.	N	
LDPE	MH/b	B	Std.	Bajo	N	
NYLON 6	H	S	Std.	STD	S	
PET	BARRIER	S/B	Std.	Alto	S	
PC	M	S	Cromado	Alto	S	Corrosivo
PP	MH/B	B	Std.	Bajo	N	
PS	M	S/B	Cromado	Std.	N	
PVC Flex.	M	S	Cromado	Std.	N	Genera HCl
PVC Ríg.	L	SH	Cromado	Alto	N	Genera HCl
SAN	ML	S	Cromado	Std.	N	

Nomenclatura:

• Materiales:

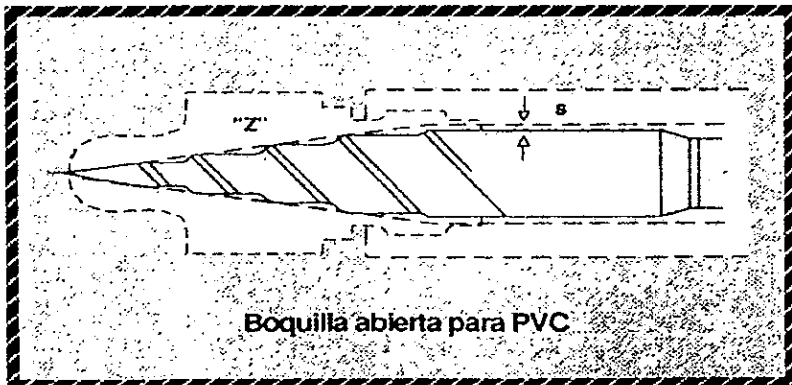
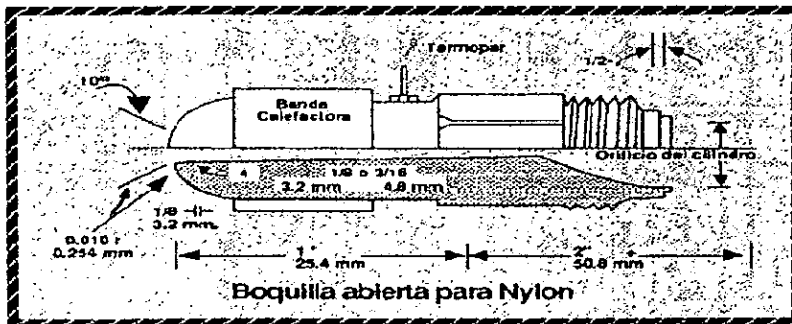
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PP	Poliestireno
PET	Polietilentereftalato
PVC	Policloruro de vinilo
SAN	Estirenoacilonitrilo
PS	Poliestireno

• Tornillo:

B	Tipo barrier
M	Mediana compresión
L	Baja compresión
MH	Cabeza Mezcladora

• Puntas:

S	Tipo Slider
SH	Cabeza inteligente
B	Válvula de bola



Diferentes Tipos de Boquillas.

- **Secado:**

Dependiendo del material se requieren tiempos específicos de secado, mismos que nos aseguran que el material no tenga humedad para así evitar problemas durante el moldeo.

La adecuada selección del tornillo y del barril nos permitirá procesar correctamente el material, existe una consideración referente al barril y tornillo que no debemos olvidar y es que si el material es corrosivo, debemos tratar el tornillo con cromo para evitar el ataque químico y en el caso de los materiales abrasivos, debemos tratar el barril y tornillo con materiales nitrados para reducir el desgaste.

2.5 Cálculo estimado del ciclo.

El cálculo estimado del ciclo de inyección es función de diferentes factores como lo son: tipo de prensa, sistema de botado, capacidad de plastificación del equipo, espesor de pared de la pieza, peso y materiales.

A continuación presentaremos la forma de calcular el tiempo estimado de ciclo, este será el que nos permitirá determinar el número de piezas a producir así como el número de máquinas que requerimos.

Ciclo típico:

- a) Cerrado rápido del molde.
- b) Cerrado lento para protección del molde.
- c) Construcción del tonelaje.
- d) Llenado del molde.
- e) Empaque del material.
- f) Sostenimiento.
- g) Descompresión del tornillo.

-
- h) Enfriamiento.
 - i) Descompresión de la prensa.
 - j) Apertura de la prensa.
 - k) Expulsores adelante/atrás.
 - l) Inicio del nuevo ciclo.

Cerrado del molde en seco:

Este dato es función del tipo de máquina del que estamos evaluando y es conocido como ciclo en seco, es un dato que se encuentra en la hoja de especificaciones de la máquina.

Llenado del molde:

El tiempo de llenado es función la unidad de inyección que tenga el equipo que estamos evaluando y de la resistencia del material a su flujo en la inyectora. Otro punto es la presión de inyección al transferir el material dentro del molde.

A mayor presión de inyección menor tiempo de llenado

En general el tiempo de llenado debe de ser lo más corto posible, ya que de lo contrario estaremos dejando de producir piezas.

Algunas partes requieren llenados muy rápidos de tal forma que el material no se solidifique. El que tan rápido se llene una pieza es función del espesor de

pared; el desplazamiento del material y el mantenerlo caliente son dos detalles que no podemos pasar por alto ya que de lo contrario el plástico podría cambiar de fase líquido a sólido a la mitad de su trayectoria y no llenar completamente la cavidad.

Tiempos de llenado:

ESPESOR DE PARED		LLENADO	EMPAQUE	TOTAL
mm	in	Segundos		
0.50	0.02	0.20	0.00	0.20
0.80	0.031	0.50	0.60	1.10
1.00	0.039	0.70	1.00	1.70
1.30	0.051	0.80	1.60	2.40
1.50	0.059	1.20	2.00	3.20
1.80	0.071	1.50	2.50	4.00
2.00	0.079	2.00	2.90	4.90
2.30	0.091	2.40	3.50	5.90
2.50	0.098	2.50	3.90	6.40
3.20	0.126	3.30	5.30	8.60
3.80	0.15	4.10	6.50	10.60
4.40	0.173	4.50	7.70	12.20
5.10	0.201	5.00	9.00	14.00
5.70	0.224	5.50	10.20	15.70
6.40	0.252	6.00	11.60	17.60

El tiempo de llenado puede también ser calculado en base al volumen de material que se va a inyectar, incluyendo la colada y dividiéndolo entre la velocidad de inyección del equipo.

Tiempo de enfriamiento.

ESPESOR In	ABS	NYLON	PEAD Segundo	PP	PS	PVC
0.03	1.8	2.5	3.0	3.0	1.8	2.1
0.04	2.9	3.8	4.5	4.5	2.9	3.3
0.05	4.1	5.3	6.2	6.2	4.1	4.6
0.06	5.7	7.0	8.0	8.0	5.7	6.3
0.07	7.4	8.9	10.0	10.0	7.4	8.1
0.08	9.3	11.2	12.5	12.5	9.3	10.1
0.09	11.5	13.4	14.7	14.7	11.5	12.3
0.10	13.7	15.9	17.5	17.5	13.7	14.7
0.12	20.5	23.4	25.5	25.5	20.5	21.7
0.15	28.5	32.0	34.5	34.5	28.5	30.0
0.17	38.0	42.0	45.0	45.0	38.0	39.8
0.20	49.0	53.9	57.5	57.5	49.0	51.1
0.22	61.0	66.8	71.0	71.0	61.0	63.5
0.25	75.0	80.8	85.0	85.0	75.0	77.5

CAPÍTULO III

EQUIPOS AUXILIARES

III EQUIPOS AUXILIARES.

La transformación de plásticos requiere además de la inyectora una serie de equipos auxiliares que sirven tanto para preparar el material como para ayudar a controlar el proceso.

Es así que cada proceso y planta tendrán requerimientos especiales de equipo auxiliar. A continuación mencionaremos los equipos más comunes para el proceso de moldeo de plástico por inyección.

3.1 Molinos.

La función de estos es ayudar a recuperar las coladas, así como las partes defectuosas y volver a integrarlas al proceso.

El eficiente funcionamiento de estos sistemas nos permitirá incrementar nuestra productividad y tener menor desperdicio. Existen dos sistemas de molienda en la industria del plástico:

Pie de Máquina:

Generalmente son molinos pequeños que se encuentran ubicados a pie de máquina, casi siempre son para el molido de las coladas, en ocasiones es un robot el que deposita las coladas directamente en el molino para enviar el molido a la tolva alimentadora, de esta forma se estará eliminando cualquier pérdida de materia prima.

Todos estos sistemas de molienda son muy silenciosos, como se encuentran a un lado de la máquina y de los operadores se procura que los niveles de ruido no afecten a la salud del operador.

A estos molinos también se les conoce como de boca angosta y tienden a evitar que el operador introduzca la mano o trate de moler piezas muy grandes.

Molinos Fuera de línea:

Estos son los encargados del reproceso propiamente y son generalmente mal vistos, ya que el contar con equipos de esta naturaleza indicara que estamos trabajando de manera inadecuada nuestras inyectoras y es por esto que debemos recuperar todo ese material para aminorar la pérdida.

Estos son verdaderos devoradores de plástico, son capaces de destruir piezas como la defensa de un auto o una mesa de plástico sin ningún problema.

Existen de muy diversas variedades y sistemas de corte adecuados para cada necesidad, los más comunes son aquellos con navajas corrotativas, las cuales facilitan el rasgado y ruptura de la pieza.

Al igual que con las inyectoras debemos cuidar ciertos aspectos para la selección de un molino y estos son:

- a) Material que se va a granular.
- b) Carga abrasiva del material.
- c) Tamaño del disparo.
- d) Número de cavidades del molde.

-
- f) Dimensiones de la pieza (largo, ancho, espesor de pared)
 - g) Dimensiones de la colada (largo, ancho, espesor de pared)
 - h) Producción de la inyectora en (Kg./Hr.)
 - i) Porcentaje de desperdicio o retrabajo
 - j) Producción requerida del molino
 - k) Localización del molino
 - l) Forma de alimentación a molino banda/robot etc.
 - m) Cómo se extrae la molienda del molino
 - n) Tipo de molino.
 - ñ) Voltaje
 - o) Nivel de ruido permitido

3.2 Secadores y dehumidificadores.

Son equipos diseñados para eliminar la humedad que retienen los plásticos, tanto por adhesión superficial como por absorción.

Los secadores toman aire del medio ambiente, lo calientan y lo hacen pasar a través del material. Están constituidos por un turboventilador, una cámara de calentamiento, filtros para aire y un tolva que contiene el material, además de un control de temperatura que se encarga de mantener un cierto parámetro por un periodo determinado de tiempo.

Las deshumidificadoras funcionan bajo el mismo sistema que las secadoras, sólo que las deshumidificadoras eliminan la humedad del aire a través de un sistema de mallas.

Es muy común encontrar sistemas de este tipo que cuentan con dos cámaras, esto permite que mientras una esta operando, la contigua se regenere y así sucesivamente.

Los factores más importantes a considerar en la selección de un secador deshumidificador son:

- a) Tipo de material
- b) Composición del material
- c) Abrasividad
- d) Cantidad de material a procesar por hora
- e) Temperatura recomendada y residencia
- f) Porcentaje de reciclado.
- g) Configuración de la garganta de la inyectora.
- h) Altura del techo en planta.
- i) Localización del secador.
- j) Tipo de transporte de material.

3.3 Controles de temperatura de molde.

La regulación de la temperatura de moldeo determina de forma decisiva la calidad y tiempo de ciclo de las piezas, bajas temperaturas en el molde llevan a tiempos de ciclo bajos y por lo tanto a mejoras en la productividad.

La regulación y control adecuado de la temperatura de molde llevan a una disminución en la contracción de las piezas, a una elevación de las propiedades mecánicas y a la obtención de un nivel uniforme de calidad en la producción.

Los controles de temperatura se encargan de recoger el agua que sale del sistema de enfriamiento del molde para pasar por un sistema de condensación, bajando así la temperatura hasta valores determinados para así poder volver a introducir esta agua al sistema.

Las temperaturas normalmente empleadas para estos procesos fluctúan entre los -5°C y los 20°C En ocasiones se tiene necesidad de elevar la temperatura del molde, debido a que éste puede estar trabajando en condiciones extremas, para este caso se cuenta con sistemas de calentamiento de aceite, los cuales permiten que el material fluya de manera más adecuada dentro de las cavidades.

CAPÍTULO IV

FABRICANTES DE EQUIPO

IV FABRICANTES DE EQUIPO.

En la actualidad existen varias docenas de fabricantes de equipo a continuación enumeramos algunos de estos y sus datos generales.

Cincinnati Milacron.

Plastics Machinery Group

Batavia, Ohio 45103

USA

Battenfel.

Weiner Neustater Str. 81

Kottingbrun N:O: A-2542

Austria.

Van Dorn Demag.

11792 Alameda Drive

Strongsville OH 44136

USA.

Husky.

500 Queen Street South

Bolton. Ontario L7E5 S 5

Canadá.

Mir.

Via Sondrio 30-25125 Brescia

Italy

Boy.

Neschener Str. 6

D-53577 Neustrad

Germany

Como se puede observar existen fabricantes de todo el mundo, en la actualidad se están desarrollando nuevas plantas en países como Brasil, India, Taiwan, y Corea, las cuales tienen como objetivo estar más cerca de los usuarios finales en esos mercados.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Durante 1997 se importaron poco más de 500 inyectoras de termoplásticos a nuestro país, representando una inversión por más de 100 millones de dólares.

Las industrias que más hacen uso de estos equipos son: la automotriz, la de electrodomésticos y la electrónica.

México en la actualidad importa en un 100% las inyectoras que utiliza en sus diferentes procesos y no se tiene contemplado su fabricación en el país por lo menos en los próximos 5 años.

El conocimiento a profundidad de estos equipos y la correcta selección al momento de realizar su compra nos permitirá ser más productivos y competitivos en cada uno de los sectores señalados, y lo más importante nos abre la puerta para que en un futuro cercano podamos contar con la infraestructura para diseñar y producir nuestros propios equipos y no depender más de la importación de estos.

La industria del plástico es uno de los ejes en cuanto al desarrollo tecnológico a nivel mundial, y es precisamente la inyección la que va a la cabeza en cuanto a los volúmenes de ésta.

Entender y poner en práctica los procesos de transformación de plástico, y usarlos como un aliado para el desarrollo de nuevos negocios y fuentes de empleo, nos permitirá ser más competitivos en los mercados nacionales e internacionales, en el área de inyección de plástico.

BIBLIOGRAFÍA

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Tobin, William J.
FUNDAMENTALS OF INJECTION MOLDING
Library of Congress
Washington (1991)

- 2) Smith, Alan
HOW TO CHOOSE A PLASTIC INJECTION MOLDING MACHINE
AMI Business Publishing
Great Britain (1995)

- 3) Moreno Carlos
MOLDEO POR INYECCIÓN DE PLÁSTICOS
Teoría y Práctica de Conocimientos Básicos del Proceso
Editorial Coreso, S.A. de C.V.
México (1993)
Instituto Mexicano del Plástico Industrial

- 4) LA ERA DEL PLÁSTICO
IMPI
México (1990)

- 5) Cincinnati Milacron
INJECTION MOLDING MACHINE WOLF PACK
CM Plastic Machinery Group
Ohio (1995)

-
- 6) Snyder, Merle R.
Milacron Enters to Tiebarless Competition
Modern Plastics, 74/8 97 (1997)
 - 7) Grande, Joseph A.
Injection Automation
Modern Plastics 74/4 30 (1997)
 - 8) Gollanty, Deb
Sales and Market
Injection Molding 4/11 41 (1996)
 - 9) Higgs, Richard
Mexican Economy Cramping Plastic Industry Growth.
Plastic News 1,18 September, 22 (1997)
 - 10) Lantos, Peter R.
Injection Molding Trend Data Pointing Up
Plastic News 15 September, 8 (1997)
 - 11) Society of Plastic Industry
Target market NPE 1997
Plastic News 3 June, 16 (1997)
 - 12) Dupont Plastic Industry Survey
1997 Machinery Survey
Plastic News 3 July, 14 (1997)