

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

En los últimos cincuenta años la industria de los materiales plásticos tuvo un desarrollo, de proporción gigante, dominando sobre materiales básicos, superando incluso a la industria del acero. Los plásticos han entrado en todos los hogares sin importar condición social, en todas las ciudades incluyendo las más remotas y en los países industrializados, como en todas las economías. El desarrollo de esta industria es fascinante y ha cambiado el aspecto del mundo en el que vivimos. Para entender la importancia y desarrollo de los plásticos, es necesario saber qué son los materiales plásticos, su división y clasificación, así como sus propiedades. La mayor parte del texto fue tomado de (Sánchez 2002), ya que es resumido y claro aunque también se tomaron partes de (Bodini 1992) para complementar la información.

Se analizará el proceso de moldeo por inyección que es el tema de este proyecto de tesis, los factores que influyen en él, los diferentes tipos de máquinas de inyección, así como la descripción de cada una de sus partes para entender el funcionamiento. Por ultimo se hará una descripción de las principales características y de las máquinas de inyección.

2.1 Materiales Plásticos

Los plásticos son polímeros orgánicos, grandes moléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas. Las moléculas que se combinan para formar las moléculas de un polímero se denominan monómeros. El proceso mediante el cual cientos o miles de

pequeñas moléculas de monómero se enlazan entre sí para formar una gran molécula de polímero es una reacción de polimerización. El monómero es el reaccionante original que se transforma químicamente en un polímero. Normalmente se utilizan indicadores, catalizadores, control de pH, calor y vacío para acelerar y controlar la reacción de polimerización y así optimizar el proceso de obtención. Además, es posible que dos o más monómeros sean polimerizados juntos en las proporciones deseadas dando lugar a copolímeros. El poliestireno es un material transparente y quebradizo. El polibutadieno es un hule sintético. Un copolímero de 25% de poliestireno y 75% de polibutadieno es un hule con aplicaciones directas en alfombras, cojines, etcétera. Un copolímero con una proporción inversa de los polímeros anteriores nos da un copolímero con aplicaciones para gabinetes y muebles.

Actualmente, existen más de 20 familias de plásticos disponibles para comercializarse, los cuales pueden clasificarse de diversas maneras. Una clasificación utilizada ampliamente es la que se basa en el comportamiento termomecánico de estos materiales, en la cual los plásticos se agrupan en termofijos y termoplásticos.

Los termoplásticos son resinas con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o de policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química. La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento puede dar como resultado la degradación de la resina. Una analogía para este material puede ser una vela. Las moléculas no se entrecruzan en estos materiales. Se puede decir que de todos los plásticos usados en el mundo dos terceras partes son termoplásticos.

Las resinas termofijas (también obtenidas por polimerización o de policondensación) pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continua la aplicación del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (es decir no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o agentes reticulantes. Este material no puede ser remolido y utilizado nuevamente. Una analogía para este material es un huevo duro, el cual ha pasado de líquido a sólido y no puede regresar de nuevo a líquido. Como ejemplo de termofijos tenemos: resinas fenol-formaldehído, epóxicas, etcétera. Algunos de los primeros materiales de moldeo, producidos comercialmente, fueron termofijos.

2.2 Clasificación de Plásticos de Acuerdo con su Volumen de Producción/Costo

Plásticos de gran volumen: En Estados Unidos aproximadamente dos terceras partes de los plásticos utilizados son plásticos de gran volumen, tales como polietilenos, polipropilenos, poliestireno o policloruro de vinilo. La tabla 2.1 presenta algunas condiciones típicas de moldeo para estos plásticos.

Tabla 2.1 Plásticos de Gran Volumen

PLÁSTICO	TEMP. FUNDIDO (°C)	TEMP. MOLDE (°C)	VEL. DEL TORNILLO RPM	PRESIÓN kg/cm ²	ENCOGIMIENTO mm/mm	SECADO
Poliétileno de baja densidad	190-288	10-38	Máxima	3.5-7.03	0.015-0.025	No
Poliétileno de alta densidad	204-315	10-38	Máxima	3.5-7.03	0.025-0.040	No
Polipropileno	218-288	10-65	Máxima	3.5-7.03	0.015-0.020	No
Poliestireno	190-288	38-65	50-200	3.5-7.03	0.004-0.010	No
PVC flexible	154-288	38-65	150-200	3.5-7.03	0.004-0.010	No
PVC rígido	165-182	38-65	50-75	10.5-14.07	0.004-0.006	No

(Sánchez 2002)

Plásticos de especialidad: Éstas son resinas que tienen propiedades sobresalientes y, a pesar de su alto costo, ocupan importantes nichos de mercado, ya que las características tan especiales que representan las hace sumamente útiles en aplicaciones muy específicas. Entre estos materiales podemos mencionar: polisulfonas, polietercetonas, poliimidias, polieterimidias, etcétera. Tal vez el teflón o politetrafluoroetileno (PTFE) es el de mayor importancia comercial de los plásticos de este grupo.

Plásticos de ingeniería: En general, se caracterizan por ser materiales que tienen propiedades superiores a los plásticos de gran volumen. Presentan buena estabilidad térmica y buena resistencia al impacto, alta temperatura de distorsión, alta resistencia tensil y mayor tenacidad. En los mercados que demandan alto desempeño es donde se encuentra su principal aplicación. Entre los materiales más comunes podemos mencionar: ABS, poliamidas (nylon), policarbonato, polióxido de fenileno, poliacetales, etcétera. La Tabla 2.2 presenta algunas características de moldeo por estos plásticos.

Tabla 2.2 Plásticos de Ingeniería

PLÁSTICO	TEMP. FUNDIDO (°C)	TEMP. MOLDE (°C)	VEL. DEL TORNILLO RPM	PRESIÓN kg/cm ²	ENCOGIMIENTO mm/mm	SECADO
Acrílicos	222-274	65-93	50-100	3.5	0.004- 0.007	Sí
ABS	246-274	38-93	50-100	5.3-8.8	0.005- 0.007	Sí
Polióxido de fenileno	246-315	65-107	25-75	3.5	0.005- 0.006	Sí
Polycarbonato	274-329	79-107	25-50	3.5	0.006- 0.007	Sí
Nylon 6	222-274	38-93	Máxima	3.5-7.03	0.006- 0.014	Sí
Nylon 6,6	260-288	38-93	Máxima	3.5-7.03	0.012- 0.020	Sí
Acetal	204-260	65-121	100-150	3.5-7.03	0.018- 0.025	Usualmente
Poliétilen-tereftalato	232-260	65-107	50-100	3.5	0.016- 0.020	Sí

(Sánchez 2002)

2.3 Proceso de Moldeo por Inyección

Los compuestos plásticos difieren grandemente entre sí y se prestan a una variedad de métodos de proceso. Cada material se adapta mejor a alguno de los métodos, aunque muchos se pueden fabricar por varios de ellos. En la mayor parte de los procesos, el material para moldear se encuentra en forma de polvo o granular, aunque para algunos existe una operación preliminar de preformado, antes de usarlo.

Cuando se aplica calor a un material termoplástico para fundirlo, se dice que se plastifica. El material ya fundido o plastificado por calor puede hacerse fluir mediante la aplicación de presión y llenar un molde donde el material solidifica y toma la forma del molde. Este proceso se conoce como moldeo por inyección.

El principio básico de moldeo por inyección comprende las tres operaciones básicas siguientes:

- a) Elevar la temperatura del plástico a un punto donde pueda fluir bajo la aplicación de presión. Normalmente esto se hace calentando y masticando los gránulos sólidos del material hasta formar una masa fundida con una viscosidad y temperatura uniforme. Actualmente, esto se hace dentro del barril de la máquina mediante un tornillo, el cuál aporta el trabajo mecánico (fricción) que en conjunto con el calor del barril funden (plastifican) el plástico. Es decir, el tornillo transporta, mezcla y plastifica el material plástico. Esto se muestra en la figura 2.1.

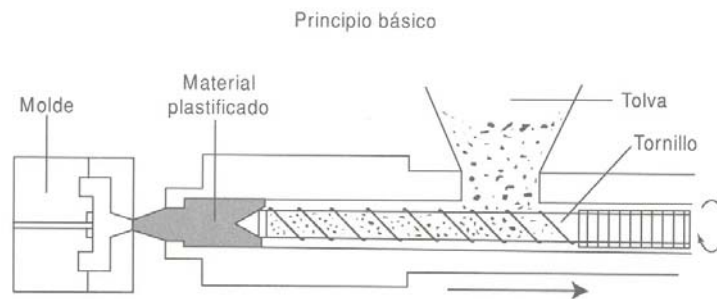


Figura 2.1 Plastificación del Material Plástico (Sánchez 2002)

- b) Permitir la solidificación del material en el molde cerrado. En esta etapa el material fundido ya plastificado en el barril de la máquina, se transfiere (se inyecta) a través de una boquilla, que conecta el barril hacia los varios canales del molde hasta llegar a las cavidades donde toma la forma del producto final.

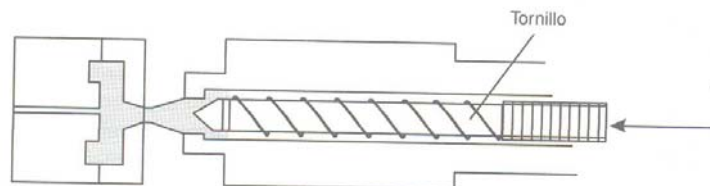


Figura 2.2 Inyección del Material Hacia el Molde (Sánchez 2002)

- c) Apertura del molde para la extracción de la pieza. Esto se hace después de mantener el material bajo presión dentro del molde y una vez que el calor (el cuál se aplicó para plastificarlo) es removido para permitir solidificar el material en la forma deseada.

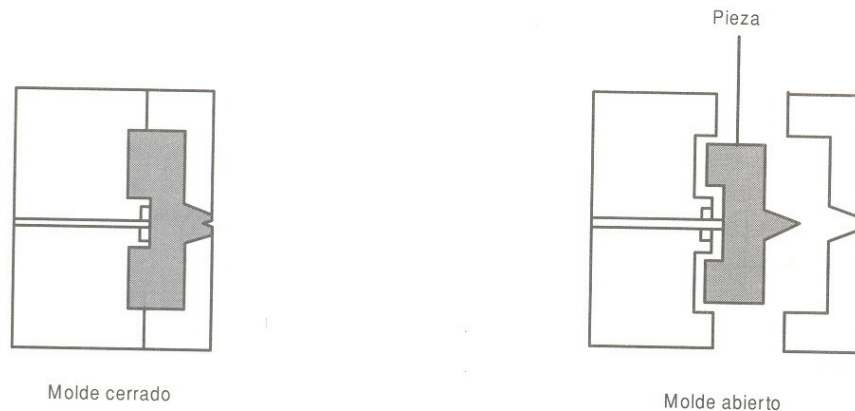


Figura 2.3 Apertura del Molde y Extracción de la Pieza (Sánchez 2002)

2.4 Factores que Influyen en el Proceso de Moldeo

En los diversos procedimientos del moldeo, las variaciones de la temperatura de fusión o de plastificación juegan un papel diferente según se trate de material termoplástico o de un termofijo.

La fusión de los materiales termoplásticos se realiza gradualmente en el cilindro de plastificación, bajo condiciones controladas. Al calentamiento externo proporcionado por el cilindro de plastificación se suma el calor generado por la fricción del husillo que gira y mezcla el material. El control de la temperatura en las diferentes zonas del cilindro de plastificación se realiza mediante termopares insertados en diversos puntos a lo largo de la trayectoria del material, desde la tolva hasta la boquilla. Los termopares están conectados a

instrumentos de control automáticos, que mantienen la temperatura de cada zona en un nivel prefijado. Sin embargo, la temperatura real de la masa fundida que está por ser inyectada en el molde, puede ser diferente a la registrada por los termopares ya sea del cilindro o en la boquilla. Por tal motivo es aconsejable medir directamente la temperatura del material haciendo salir un poco de material por la boquilla sobre una placa aislante y ahí mismo hacer la medición.

Las variaciones de temperaturas en el molde pueden producir piezas con calidad variable y dimensiones diferentes, cada separación de la temperatura de régimen se traduce en un enfriamiento más veloz o más lento de la masa fundida inyectada en la cavidad del molde. Si la temperatura del molde se baja, la pieza moldeada se enfría más rápidamente y esto puede crear una marcada orientación en la estructura, elevadas tensiones internas, propiedades mecánicas y aspecto superficial de mala calidad.

En el moldeo de termoplásticos el molde se mantiene a una temperatura inferior respecto a la del polímero fundido que se inyectará en la cavidad. La masa fundida al hacer contacto con las paredes del molde cede a éste su calor y se solidifica. Por lo tanto el molde debe disipar en cada ciclo el calor, cediéndolo al líquido de enfriamiento que se hace circular por los conductos dispuestos para asegurar el intercambio térmico.

Durante el ciclo intervienen diversos valores de presión en tiempos sucesivos. La intensidad y duración de cada presión influyen en diferente medida sobre las características físico-mecánicas y la contracción de las piezas moldeadas. La presión de inyección se puede definir como la presión requerida para vencer la resistencia que el material fundido ha producido a lo largo de su trayectoria, desde el cilindro de plastificación hasta el molde. Hay también resistencias de naturaleza geométrica que el polímero fundido encuentra a lo largo de su trayectoria, existe además aumento de la viscosidad del material que progresivamente

endurece durante el flujo. Los valores típicos para las presiones y temperaturas de moldeo en los materiales plásticos mas usados para inyección están especificados en el apéndice “D”.

Cuando se habla de velocidad de inyección se hace referencia al avance o carrera axial del husillo en la fase de inyección. La velocidad y el tiempo de inyección están obviamente ligadas porque varían en razón inversa: en las máquinas modernas se puede seleccionar en forma directa los valores de la velocidad de inyección, en tanto que en otras máquinas se determina el tiempo de inyección en segundos. En general, las velocidades de inyección elevadas facilitan el llenado de moldes con recorrido de flujo largo, sobre todo cuando se moldean piezas de paredes delgadas. Las altas velocidades de inyección disminuyen también las caídas de presión que se presentan cerca de los puertos de entrada a la cavidad del molde. Un límite para la velocidad de inyección puede ser la sensibilidad de algunos plásticos al calor que, inyectados velozmente a través de secciones restringidas de la boquilla o del puerto de entrada, pueden presentarse estriados (quemaduras) debido al sobrecalentamiento. El tiempo de enfriamiento para piezas moldeadas con materiales termoplásticos, que deben solidificar en el molde antes de ser extraídas, condiciona la duración del ciclo de moldeo y por lo tanto la productividad de una máquina.

Tanto los materiales de moldeo en gránulos como en polvo, así como los productos terminados deberán ser conservados en lugares secos con suficiente ventilación. Por razones de seguridad, los almacenes deben estar separados del departamento de producción. Las compañías que producen los polímeros de moldeo, protegen el embalaje de estos materiales, para evitar en lo posible la absorción de humedad y la contaminación.

2.5 Tipos de Máquinas

2.5.1 Máquinas de Inyección con Pistón

El moldeo por inyección con pistón de una sola etapa fue el sistema predominante hasta 1955. Dicho sistema consta de un barril que se llena con material plástico, el cuál es fundido mediante bandas calefactores con resistencias localizadas alrededor del barril. Posteriormente el material fundido es forzado a través de un distribuidor o torpedo mediante el movimiento axial de un pistón, inyectando así dicho material dentro del molde. En este tipo de máquinas, el flujo del barril es predominantemente laminar, ocasionando un pobre mezclado y un fundido muy heterogéneo.

2.5.2 Máquinas con Sistema de Preplastificación

En el sistema de inyección con preplastificación o de dos etapas, el calentamiento del material y el desarrollo de la presión necesaria para llenar el molde están aislados uno de otro, es decir, son independientes, a diferencia del sistema de inyección de fase única en el cuál ambas operaciones se realizan en la misma fase. En los sistemas con preplastificación, el material se calienta a la temperatura de moldeo durante la primera etapa del proceso, después pasa a un receptáculo desde el cuál es forzado a entrar en el molde en una segunda etapa. La primera etapa es de calentamiento o fusión y la segunda de presión o inyección. Dentro de los sistemas de preplastificación, los tipos de máquinas más comunes son aquellos con base en pistón y tornillo o combinaciones de ambos.

2.5.3 Máquina de Inyección con Tornillo Alternativo

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

2.5.4 Máquinas para Inyección Multicolor

Inicialmente, las máquinas de moldeo por inyección multicolor fueron empleadas para producir teclas para máquinas de escribir y cajas registradoras. Desde la aparición de este tipo de máquinas especiales, se desarrolló un importante mercado, estimulado por la demanda de micas para luces traseras multicolores para la industria automotriz. Estas máquinas pueden clasificarse dentro de dos categorías:

- Diseño horizontal con varias unidades de inyección en paralelo una con otra.
- Diseño vertical con unidad de empalme vertical y unidades de inyección laterales.

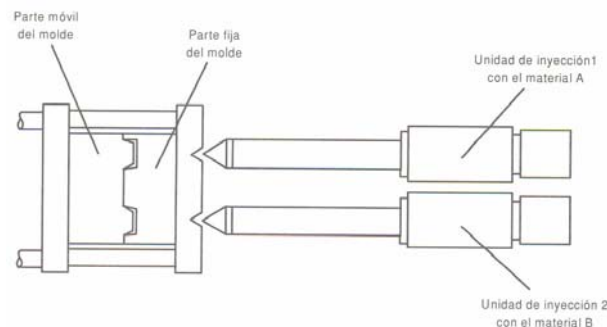


Figura 2.4 Diseño Horizontal de Inyección Multicolor (Sánchez 2002)

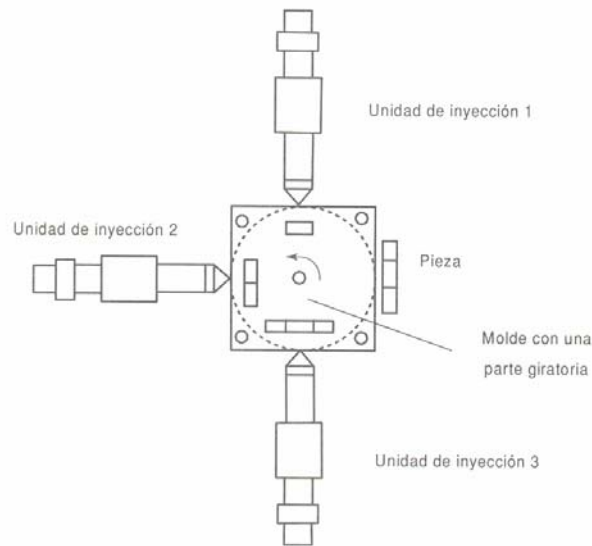


Figura 2.5 Diseño Vertical de Inyección Multicolor (Sánchez 2002)

2.5.5 Máquinas Giratorias

A pesar del tiempo de enfriamiento relativamente corto en el moldeo por inyección, siempre se buscan métodos para reducir el tiempo total del ciclo, es decir aumentar la producción. En algunos tipos de máquinas los movimientos restantes de la máquina, necesarios para completar el ciclo, no pueden llevarse a cabo hasta que ha terminado el tiempo de enfriamiento, a no ser que se trate del tipo de máquinas llamadas de “movimientos superpuestos”. Puede lograrse una buena reducción del tiempo del ciclo si se emplean varios moldes, situados en una unidad giratoria (horizontal o vertical). Cada uno de estos moldes se sitúa frente a la unidad de inyección para realizar el llenado del molde e inmediatamente girar la mesa para proceder al llenado del siguiente. Entre tanto, el primero se está enfriando y en el momento debido se abrirá y se extraerá la pieza, sin perturbar los sucesivos procesos de inyección.

2.5.6 Máquinas para la Inyección de Espumas Rígidas

Este tipo de máquinas se utilizan para la elaboración que requieren alta rigidez, tales como carcazas para equipo electrónico (computadoras, controladores, televisores, etc.), contenedores para alimentos, accesorios para lavadoras, etcétera. La forma más fácil de incrementar la rigidez en un producto es mediante el aumento de su espesor. La técnica de inyección de espumas rígidas involucra la expansión del material fundido, ya sea de manera directa mediante el uso de un gas disuelto o de un gas producido por la descomposición de un reactivo químico a la temperatura del fundido. El material fundido se expande por el gas, produciendo un aumento en volumen al someterse a un cambio de presión al salir de la unidad de inyección y entrar al molde. Debe tenerse cuidado en inyectar una cantidad de material determinada, que deje espacio suficiente para expandir y llenar el molde.

2.5.7 Máquinas de Coinyección

Esta técnica permite la elaboración de productos compuesto de materiales termoplásticos con una estructura “sándwich” formada por una capa o piel exterior compacta y un núcleo o centro espumado. Esta técnica involucra el uso de dos o más unidades de inyección para inyectar cada capa con el mismo o diferente tipo de material. Este proceso permite variar el espesor de cada capa, obteniéndose productos completa o parcialmente espumados. Las piezas que se obtienen con este proceso tienen mayor resistencia a la flexión, además de que no presentan rechupados en piezas gruesas. Esta técnica consiste en coinyectar concéntricamente las dos corrientes de fundido.

2.5.8 Máquinas de Moldeo por Inyección Reactiva

El proceso de moldeo por inyección reactiva y su derivado el moldeo por inyección reactiva con reforzantes, difieren del moldeo convencional en que utilizan resinas líquidas reactivas en lugar de polímeros fundidos. Este proceso involucra el mezclado a alta presión de dos o más líquidos, que reaccionan espontáneamente para su posterior inyección a menor presión dentro de un molde cerrado. Este sistema no utiliza extrusores para material fundido, sino un sistema de almacenaje y dispersión de las resinas reactivas. Con esta tecnología, se han alcanzado ciclos de inyección de dos minutos o menos en la producción de partes grandes y gruesas.

El principal plástico que se utiliza en este proceso es el hule de poliuretano, aunque también se utilizan otros materiales como el nylon, resinas poliéster, acrílicas y epóxicas, entre otras. La principal ventaja de este proceso sobre el proceso convencional, es la facilidad de moldear piezas grandes, normalmente mayores de diez libras.

2.5.9 Máquinas con Diferentes Arreglos en sus Unidades

Las posiciones relativas de las distintas unidades de la máquina pueden variar de unas máquinas a otras, si bien la posición normal es la que tienen las unidades de cierre y de inyección en posición horizontal. Las diferentes posiciones de las máquinas toman en cuenta aspectos tales como: forma de trabajo, facilidad de montaje del molde, facilidad de manejo, accesibilidad a los dispositivos de la máquina, accesibilidad para el mantenimiento y superficie de suelo ocupada, entre otros. Para especificar las diferentes posiciones constructivas de las máquinas, se toma en cuenta la unidad de cierre y la de inyección que,

representan las dos partes más importantes de la máquina. Las cuatro variaciones principales que se diferencian por la permutación de estas unidades en su posición vertical y horizontal son las siguientes:

- Inyección y cierre horizontal.
- Cierre horizontal con inyección vertical.
- Cierre e inyección verticales.
- Cierre vertical e inyección horizontal.

2.6 Partes fundamentales de Máquina para Inyección de Plásticos

2.6.1 Unidad de Inyección

La unidad de inyección realiza las funciones de cargar y plastificar el material sólido mediante el giro del tornillo, mover el tornillo axialmente para inyectar el material plastificado hacia las cavidades del molde y mantenerlo bajo presión hasta que sea eyectado.

Esta sección es muy similar al proceso de extrusión, resaltando como principal diferencia que en inyección el tornillo tiene una acción recíprocante o alternativa, además de girar para fundir el plástico se mueve de manera axial al actuar como pistón durante la etapa de inyección.

La unidad de inyección consta de un barril de acero capaz de soportar altas presiones, éste va cubierto con bandas calefactores para calentar y fundir el material mientras avanza por el tornillo. El calentamiento del tornillo se hace por zonas y el número de zonas dependerá del tamaño del barril (normalmente se divide en 3). Dentro del barril se encuentra un tornillo de acero muy duro, el cual de manera regular está pulido o cromado para facilitar el movimiento del material en su superficie. El tornillo se encarga de recibir el plástico, fundirlo, mezclarlo y

alimentarlo en la parte delantera hasta que se junta la cantidad suficiente para luego inyectarlo hacia el molde.

Una gran parte de la energía necesaria para la plastificación del plástico se debe al calor de fricción, suministrado al material por el motor del tornillo a través del giro de éste. Por lo tanto, durante la etapa de alimentación se consume una gran cantidad de energía, requiriendo un motor adecuado para generar el alto torque inicial.

Con objeto de lograr las condiciones apropiadas de trabajo, según sea el tipo de pieza, es preciso regular tanto la fuerza como la velocidad de los diferentes fluídos que suministran la potencia durante las diferentes fases del ciclo de inyección.

Los principales tipos de sistemas de potencia para la unidad de inyección se pueden clasificar en:

- Motor eléctrico con unidad reductora de engranes.
- Motor hidráulico con unidad reductora de engranes.
- Sistema hidráulico directo.

2.6.1.2 Sistema de Potencia Eléctrico

El sistema de potencia eléctrico se utiliza por lo general en maquinas relativamente pequeñas. Este sistema puede emplearse tanto para el giro del tonillo, como para la apertura y cierre del molde en la unidad de cierre. La máquina emplea dos sistemas mecánicos de engranes y palancas acodadas, uno para el cierre del molde y otro para la inyección. Cada sistema es accionado por un motor eléctrico independiente. Estos motores eléctricos pueden desarrollar un gran par y el eje de mando puede girar en las dos direcciones. Cada motor transmite la potencia a la palanca acodada por medio de un cuadrante y una rueda dentada.

De esta forma la rotación del motor en un sentido acciona las rodilleras para el cierre del molde y aplica una alta fuerza de cierre y si se invierte el sentido de giro del motor se abre el molde. De forma similar el otro motor acciona los engranes que suministran la potencia para la rotación del tornillo. En la figura 2.6 se presenta un diseño típico de un sistema de potencia eléctrico para la unidad de inyección.

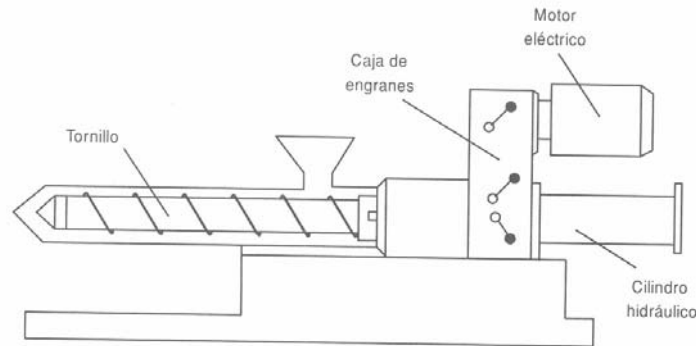


Figura 2.6 Diseño Típico de un sistema de potencia eléctrico (Sánchez 2002)

En los sistemas con motor eléctrico, la velocidad del tornillo puede ajustarse sólo en un determinado número de valores económicamente rentables, lo cuál puede ocasionar problemas en la producción de parámetros de operación y dificultar la obtención de productos con una calidad constante. Normalmente los motores eléctricos generan un torque inicial muy alto, por lo que debe tenerse precaución al usar tornillos con diámetros de pequeño a medio para evitar que sean dañados. De forma regular los motores eléctricos cuentan con un sistema de freno mecánico, que es accionado eléctricamente al finalizar la etapa de alimentación, evitando que el tornillo gire durante la inyección, lo cual es muy práctico cuando no se utiliza válvula antirretorno en el tornillo.

2.6.1.3 Sistema de Potencia Hidráulico

A diferencia de los motores eléctricos, los motores hidráulicos son los más utilizados y se basan en la transformación de la potencia hidráulica del fluido en potencia mecánica, similar al sistema utilizado en bombas hidráulicas.

En los sistemas de potencia a base de fluidos se utiliza un fluido (aire, agua o aceite) para transmitir la potencia desde una fuente de energía a las partes de accionamiento de la máquina mientras que en el caso de máquinas electromecánicas, la transmisión de potencia desde la fuente (motor eléctrico) a las partes de accionamiento de la máquina se efectúa por medios mecánicos, a través de engranes y palancas, con un sistema de fluidos estos mecanismos se sustituyen, total o parcialmente, por tuberías de conducción que llevan el fluido a presión a los pistones de inyección y cierre del molde.

El uso de aceite como fluido transmisor de potencia a predominado en la mayoría de las máquinas hidráulicas, usado actualmente por casi todos los fabricantes de máquinas de inyección, lo cuál se debe sobre todo a sus propiedades lubricantes en aplicaciones que involucran grandes cargas en el equipo de bombeo. Aunque no es barato, su uso es rentable si se presta atención a su aplicación, uso en servicio y mantenimiento. Su compresibilidad es baja. El porcentaje de reducción de volumen al aumentar la presión, depende del tipo de aceite, de su temperatura, de su presión y de otros factores.

Las ventajas del motor hidráulico con respecto al eléctrico pueden resumirse principalmente en:

- Permite variación de velocidades, lo cuál se logra de manera sencilla con el control del volumen del fluido.
- Se alcanza una relación casi lineal entre el torque y la velocidad.

- Permite inicios y paros rápidos debido al pequeño momento de inercia.
- Permite relaciones bajas de peso-potencia, lo que favorece el alcance de altas velocidades del material durante la inyección.

Un diseño típico de este motor se presenta en la figura 2.7:

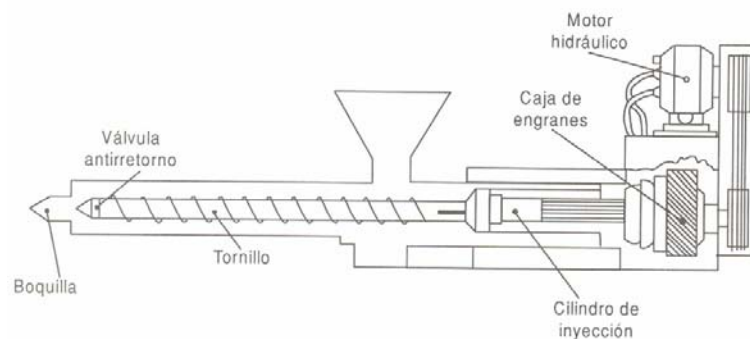


Figura 2.7 Diseño Típico de un Sistema de Potencia Hidráulico (Sánchez 2002)

2.6.2 Unidad de Control

Es la parte necesaria de la máquina para que se realice el proceso de una forma predeterminada y pueda variarse a voluntad, si fuera preciso. El sistema de control está ligado íntimamente al de potencia, a través del cuál las distintas señales se convierten en movimientos de las unidades de inyección y cierre. Cada una de estas partes realizan un cierto número de funciones, que pueden mezclarse tanto como lo requiera el proceso de inyección, si bien la relación de unas con otras no está determinada por el proceso.

Las máquinas de inyección están equipadas con sistemas hidráulicos con válvulas proporcionales para el control tanto de las presiones como de la velocidad, tanto para el sistema de cierre como el de inyección. Esto se puede lograr con válvulas reguladas

eléctricamente, instaladas en la línea de presión de la bomba donde controlan el flujo y la presión de aceite. El control registra continuamente a través de transductores de posición y de presión, los valores reales y los compara con los ya establecidos: el resultado de esta comparación controla la válvula. La máquina viene equipada con dispositivos, tales como interruptores de límite, transductores de posición y termopares. Todos esos datos se llevan en forma continua hacia el control. Todo lo mencionado antes se debe de hacer ya que la función básica de una máquina de inyección es moldear piezas de plástico cuyas especificaciones deben mantenerse constantes todo el tiempo que sea posible. Esta unidad de control será explicada con mucho mas detalle en el capítulo 7, donde se explicará claramente todo lo que se controla, como se hace esto y con que fin.

La unidad de cierre que consta de los dispositivos necesarios para la colocación, accionamiento y funcionamiento de las dos mitades del molde, será descrita a fondo en el capítulo 4 de este proyecto.

2.7 Características Principales de una Máquina

Las características fundamentales de una máquina de inyección son aquellas que permiten definir las limitaciones en el tamaño y peso de la pieza a inyectar, tamaño del molde, producción, etcétera. Estas características generales se incluyen en la especificación del fabricante de la máquina y hay que conocerlas y analizarlas para valorar mejor las posibilidades de las máquinas. Asimismo, existen otras características que pueden ser definidas por el proveedor de la máquina, tales como, sistema de control de temperaturas, de circuitos hidráulicos y eléctricos, diseño del barril, formas de expulsión de la pieza, etcétera.

Sin embargo, estas son características particulares que no nos permiten hacer comparaciones directas entre máquinas.

Las principales características que permiten definir y comparar las capacidades de las unidades de cierre y de inyección de las máquinas son las siguientes:

- Capacidad de cierre.
- Dimensiones del molde.
- Recorrido de apertura del molde.
- Capacidad de inyección.
- Presión de inyección.
- Capacidad de plastificación.
- Velocidad de inyección.

En la tabla 2.3, se pueden observar las principales características de una máquina de inyección industrial media, comparadas con las de la máquina de inyección que se trata en este proyecto. Se puede apreciar que algunos valores son similares como lo son el diámetro del tornillo y el número de zonas de calentamiento. Si se considera que la máquina no se está desarrollando para uso industrial sino para uso didáctico, las características son buenas.

Tabla 2.3 Comparación entre Máquinas

Características	Máquina Inyectora Industrial media	Máquina Inyectora UDLAP
Diámetro del tornillo	40mm	39.1 mm
Relación L/D del tornillo	20	20
Volumen nominal de descarga	201 cm ³	42 cm ³
Peso real de descarga	183 g	variable
Capacidad de plastificar	21 g/s	variable
Zonas de calentamiento del cilindro	1 + 3	3
Fuerza de cierre	90 ton	35 ton