

2.3.3 PRODUCCIÓN DE LAMINAS Y PELÍCULAS

Las láminas y películas termoplásticas se producen por numerosos procesos, los más importantes son los basados en el proceso de extrusión. El término *lámina* u *hojas* se refiere a los materiales con un espesor entre 0.5 mm hasta cerca de 12.5 mm y se usan para productos tales como cristales planos de ventana y material para termoformado (sección 2.3.8). El término *película* se refiere a espesores por debajo de 0.5 mm. Se usan películas delgadas para material de empaque (envolturas, bolsas para abarrotes y bolsas de basura); las aplicaciones de películas mas gruesas incluyen cubiertas y revestimientos, por ejemplo cubiertas para piscinas y revestimientos para canales de irrigación.

Todos los procesos que se exponen en esta sección son continuos, operaciones de alta producción. Más de la mitad de las películas producidas hoy en día se hacen de polietileno, en su mayoría de baja densidad. El polipropileno, el cloruro de polivinilo y la celulosa regenerada (celofán) son otros materiales ampliamente utilizados, todos ellos son polímeros termoplásticos.

Extrusión de lámina y película con dado de rendija Las láminas y las películas se producen en varios espesores mediante extrusión convencional, usando un dado cuya abertura tiene la forma de una rendija delgada. La rendija puede tener hasta 3 m de largo con un ancho cercano a 0.04 mm.

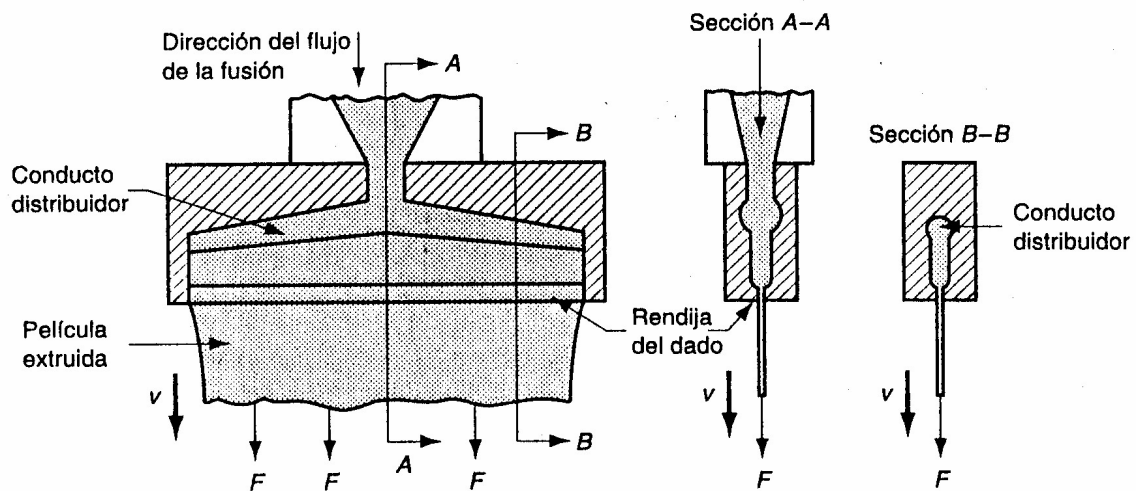


FIGURA 2.37 Configuración para la extrusión de láminas y películas.

En la figura 2.37, se ilustra una configuración posible del dado. Éste incluye un conducto distribuidor que extiende la fusión de polímero lateralmente, antes de que fluya a través de la rendija (orificio delgado). Una dificultad del método de extrusión es la uniformidad del espesor a lo ancho del material. Esto se debe al cambio drástico de forma que experimenta la fusión de polímero durante su paso a través del dado y a las variaciones de la temperatura y de la presión en el dado. Generalmente, los bordes de la película deben recortarse debido a que su espesor es más grande. Para ayudar a compensar estas Variaciones los dados incluyen labios ajustables (no mostrados en el diagrama) que permiten alterar el ancho de la rendija.

Para alcanzar altas velocidades de producción es necesario incorporar al proceso de extrusión, métodos eficientes de enfriamiento y recolección de la película; esto se logra conduciendo inmediatamente la extrusión hacia un baño de temple con agua o sobre rodillos refrigerados como se muestra en la figura 2.38. El método de los rodillos refrigerados parece ser el más importante comercialmente. Las bajas temperaturas de los rodillos provocan el rápido enfriamiento y solidificación en la extrusión, de hecho, el extrusor sirve como un dispositivo de alimentación de los rodillos refrigerantes, pero éstos son los que realmente forman la película. El proceso es notable por sus altas velocidades de producción de hasta 5 m/s. Además pueden lograrse estrechas tolerancias en el espesor de la película. Debido al método de enfriamiento usado en este proceso se le conoce como *extrusión con rodillos refrigerantes*.

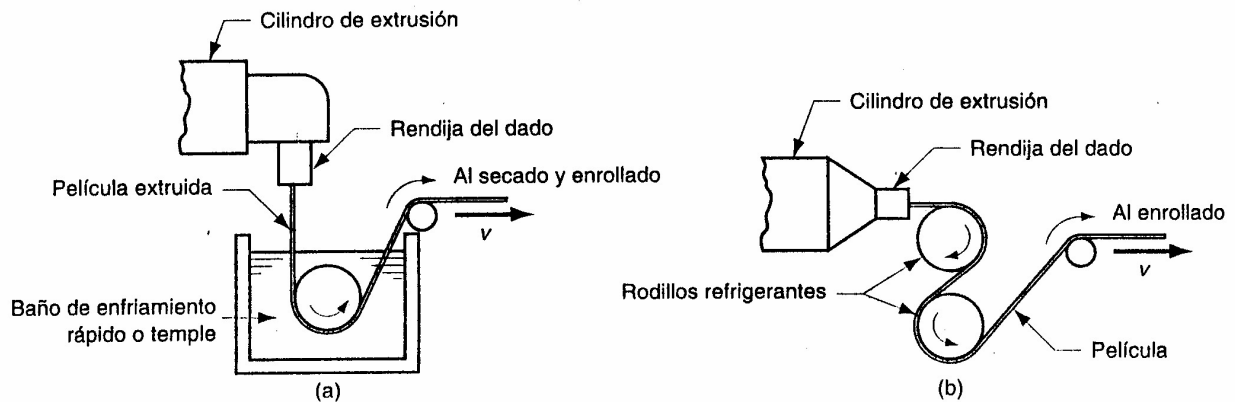


FIGURA 2.38 (a) Uso de baño de enfriamiento rápido o (b) rodillos refrigerantes para solidificar la película, fundida después de la extrusión.

Proceso de extrusión de película soplada Éste es otro proceso ampliamente utilizado para hacer películas delgadas de polietileno para empaque. Su complejidad combina la extrusión y el soplado para producir un tubo de película delgada; a continuación se describe con referencia al diagrama de la figura 2.39. El proceso empieza con la extrusión de un tubo que se estira inmediatamente hacia arriba, y aún fundido, se expande simultáneamente su tamaño por inflado de aire través del mandril del dado. Una línea del nivel de penetración de una temperatura más baja ("*frost line*") marca la posición donde ocurre la solidificación del polímero a lo largo de la burbuja que se mueve hacia arriba. La presión de aire dentro de la burbuja tiene que ser constante para mantener uniforme el espesor de la película y el diámetro del tubo. Los rodillos de presión, que aprietan otra vez el tubo antes de que haya enfriado, mantienen el aire dentro del tubo. Los rodillos guía y los rodillos de compresión se usan también para limitar el tubo soplado y dirigirlo hacia los rodillos de compresión. El tubo plano es entonces enrollado en un carrete final.

El efecto que produce el soplado con aire es estirar la película en ambas direcciones mientras se enfría. Como resultado, la película adquiere propiedades de resistencia isotrópica, esto representa una ventaja sobre otros procesos en los cuales el material se estira principalmente en una sola dirección. La facilidad con que puede cambiarse la velocidad de extrusión y la presión de aire para controlar el ancho y el calibre del material, son otras ventajas del proceso. Comparándolo con la extrusión en dado de rendija, el método de película soplada produce películas más fuertes (por eso puede usarse una película más

delgada para empacar un producto), pero el control del espesor y la velocidad de producción son bajas. La película soplada final puede dejarse en forma tubular (por ejemplo para bolsas de basura) o pueden cortarse los bordes para suministrar dos películas delgadas paralelas.

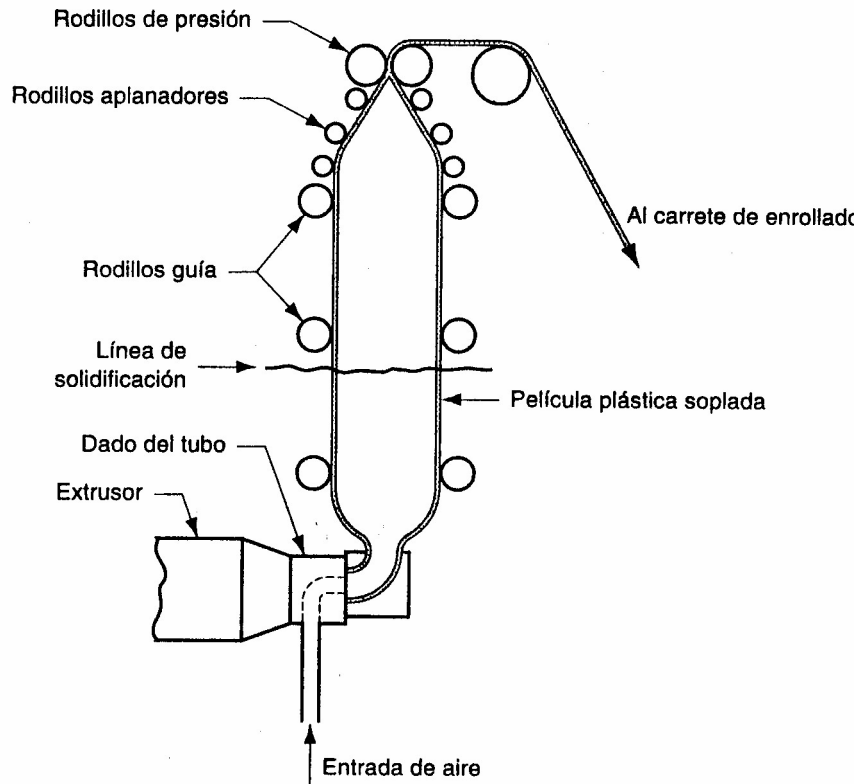


FIGURA 2.39. Proceso de soplado de película delgada tabular para alta producción.

Calandrado El calandrado es un proceso para producir hojas y películas de hule o termoplásticos anulados como el PVC plastificado. En el proceso se pasa el material inicial a través de una serie de rodillos que trabajan el material y reducen su espesor al calibre deseado. Una disposición típica se ilustra en la figura 2.40. El equipo es costoso, pero las velocidades de producción son altas; son posibles velocidades que se aproximan a 2.5 m/seg. Se requiere un estrecho control sobre las temperaturas de los rodillos, presiones y velocidades de rotación. El proceso es notable por su buen acabado superficial y alta precisión de calibración en la película. Los productos plásticos hechos por el proceso de calandrado incluyen cubiertas de PVC para pisos, cortinas para baños, manteles de vinilo, cubiertas de piscinas, botes inflables y juguetes.

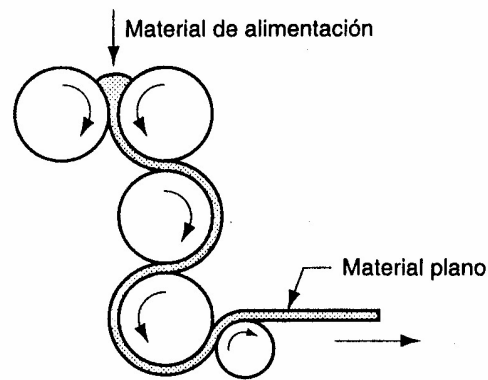


FIGURA 2.40 Una configuración típica de los rodillos en calandrado.

2.3.4 PROCESOS DE RECUBRIMIENTO

El recubrimiento de plásticos (o hule) involucra la aplicación de una capa de un polímero sobre un material. Se distinguen 3 categorías: 1) recubrimiento de alambres y cables; 2) recubrimiento planar, el cual involucra el recubrimiento de una película plana; y 3) recubrimiento de contorno, el recubrimiento de un objeto de tres dimensiones.

Recubrimientos de alambres y cables El recubrimiento de alambres y, cables aislados es uno de los procesos de extrusión de polímeros más importante. Como se muestra en la figura 2.41 para recubrimiento de alambre. La fusión de polímero se aplica al alambre desnudo, mientras ésta pasa a alta velocidad a través del dado. Se aplica un ligero vacío entre el alambre y el polímero para propiciar la adición del recubrimiento. El alambre provee la rigidez necesaria durante el enfriamiento, al pasarlo ya recubierto a través de una cuba de agua. El producto se enreda en grandes, carretes a velocidades hasta de 50 m/seg.

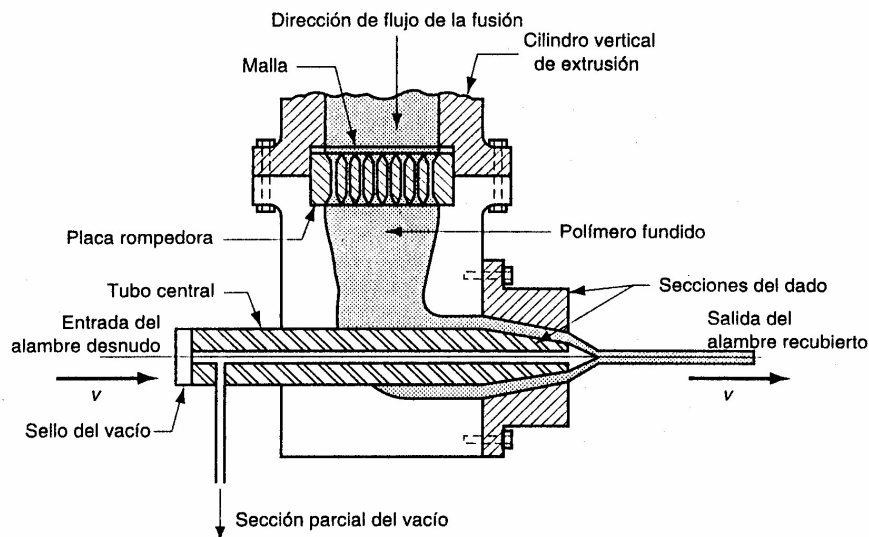


FIGURA 2.41 Vista lateral del corte de un dado para recubrimiento de alambre eléctrico por extrusión. Algunos detalles de construcción están simplificados.

El recubrimiento planar se usa para recubrir telas, papel, cartón y hojas metálicas; estos artículos constituyen los productos principales, de algunos plásticos. Los polímeros importantes incluyen al polietileno y al polipropileno, y con aplicaciones de menor importancia al nylon, al PVC y al poliéster. En muchos casos, el recubrimiento es solamente de 0.01 a 0.05 mm de grueso. Las dos técnicas más importantes de recubrimiento planar se ilustran en la figura 2.42. En el *método de rodillos*, el recubrimiento del material de polímero se comprime contra el sustrato por medio de rodillos opuestos. En el *método del bisturí*, un borde afilado controla la cantidad de fusión de polímero que se aplica sobre el sustrato. En ambos casos, el material de recubrimiento se alimenta ya sea por un proceso de extrusión con dado de rendija o por calandrado.

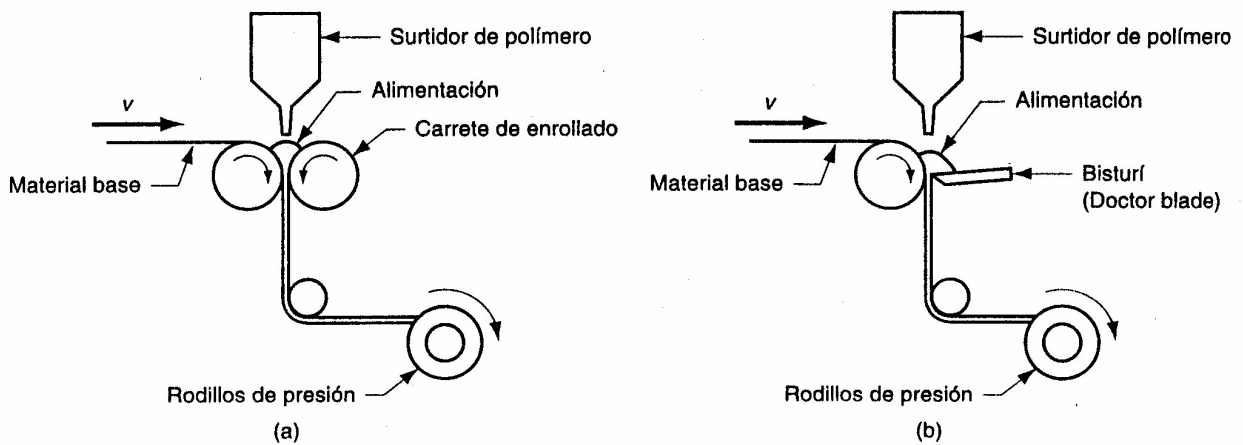


FIGURA 2.42 Proceso de recubrimiento plano: (a) método de rodillos y (b) método de bisturí (Doctor blade),

El recubrimiento de contorno para objetos tridimensionales se puede realizar por inmersión o por aspersión. La *inmersión* implica sumergir el objeto en un baño apropiado de fusión o solución de polímero, aplicando en seguida un enfriamiento o secado. La *aspersión* es un método alternativo para aplicar un recubrimiento de polímero a un objeto sólido, como pintura con pistola de aspersión o atomizador.

2.3.5 MOLDEO POR INYECCIÓN

El *moldeo por inyección* es un proceso en el que un polímero se calienta hasta un estado altamente plástico y se hace fluir bajo alta presión dentro de la cavidad de un molde donde solidifica. La parte moldeada, llamada *moldeo* se remueve entonces de la cavidad. El proceso produce componentes separados o discretos que son casi siempre formas netas. La duración del ciclo típico de producción es de 10 a 30 segundos, aunque no son raros los ciclos de un minuto o mayores. El molde también puede tener más de una cavidad, de manera que se pueden producir múltiples piezas moldeadas en cada ciclo.

El moldeo por inyección puede producir formas intrincadas y complejas, la limitación es la capacidad de fabricar un molde cuya cavidad tenga la misma forma que la pieza; además, el molde debe

propiciar la remoción de la pieza. Los tamaños pueden variar desde unos cuantos gramos hasta unos 23 Kg., el límite superior está representado por componentes como puertas de refrigerador y defensas de automóviles. El molde de inyección es la herramienta especial que determina la forma y el tamaño de la pieza. Para partes grandes y complejas puede costar varios cientos de dólares. Para partes pequeñas puede construirse con múltiples cavidades, pero también es costoso. El moldeo por inyección sólo es económico para producción a gran escala.

2.3.5.1 Procesos y equipo

El equipo para el moldeo por inyección evolucionó a partir de la fundición de metales en dados. En la figura 2.43 se muestra una máquina grande de moldeo por inyección. Una máquina de moldeo por inyección, como se ilustra en nuestra figura esquemática 2.44, consiste en dos componentes principales: 1) la unidad de inyección del plástico y 2) la unidad sujetadora del molde.



FIGURA 2.43 Una *máquina* de moldeo por inyección con 3000 ton de *capacidad* (cortesía de Cincinatti Milacron).

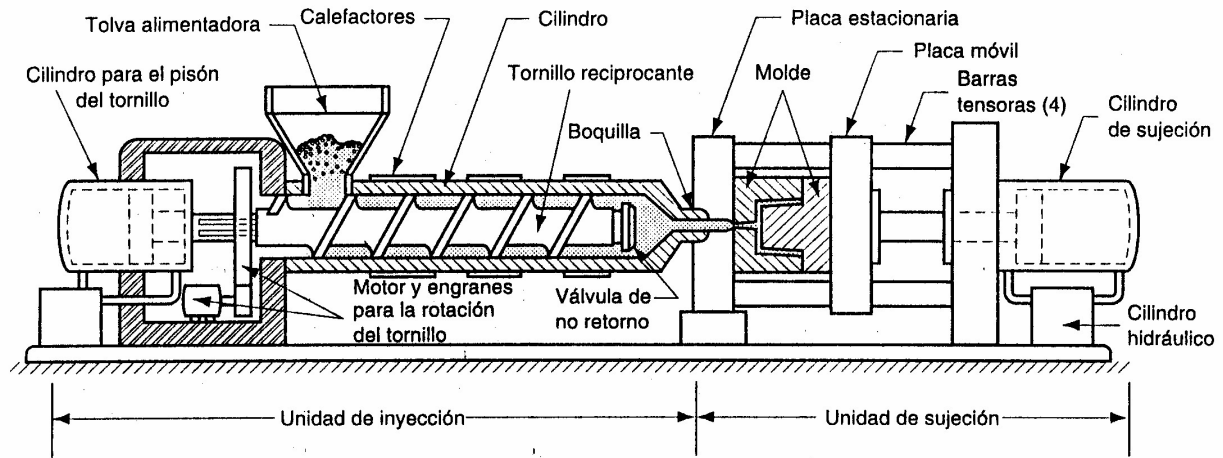


FIGURA 2.44 Diagrama de una máquina de moldeo por inyección de tornillo recíprocante, algunos detalles mecánicos están simplificados.

La unidad de inyección se parece mucho a un extrusor. El sistema está formado por un cilindro conectado, en uno de sus extremos a una tolva de alimentación que contiene una provisión de pelets de plástico. Dentro del cilindro hay un tornillo cuya operación supera a la del tornillo de extrusión en el sentido de que además de girar para mezclar y calentar el polímero, también actúa como un émbolo que mueve rápidamente el plástico fundido hacia adelante para inyectarlo en el molde. Una válvula de no retorno, montada cerca de la punta del tornillo, previene que la fusión fluya hacia atrás a lo largo de la rosca del tornillo. Al final del ciclo de moldeo el émbolo vuelve a su posición original. Debido a esta acción dual se le llama *tornillo recíprocante*, cuyo nombre identifica al tipo de máquina.

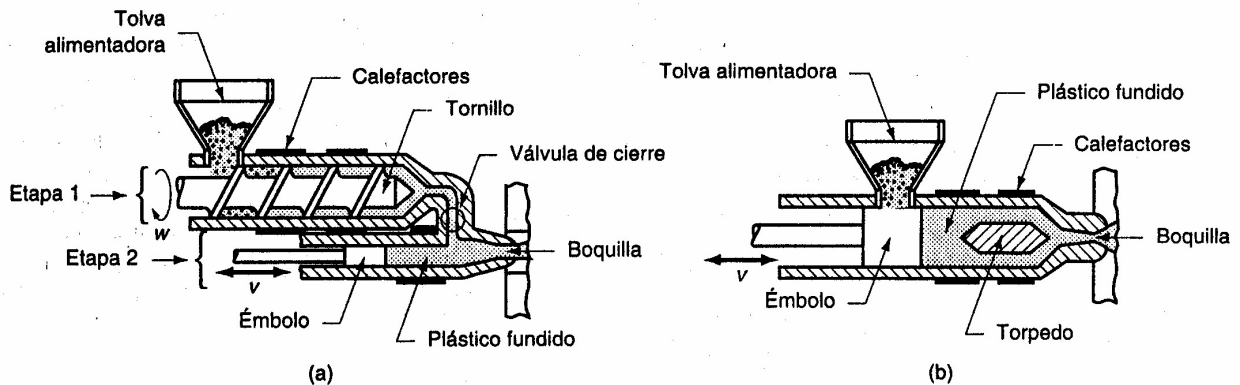


FIGURA 2.45 Dos sistemas alternativos de inyección para el tornillo recíprocante de la figura 2.44:(a) tornillo preplastificador y (b) tipo émbolo.

Una unidad alternativa incluye el uso de cilindros separados para plastificar e inyectar el polímero, como se muestra en la figura 2.45(a). Este tipo se llama *máquina de tornillo preplastificador* o *máquina de dos etapas*. La tolva alimenta los pelets de plástico en la primera etapa y utiliza un tornillo para mover el polímero hacia adelante y fundirlo. Este cilindro alimenta a un segundo cilindro, que usa un émbolo para inyectar la fusión en el molde. Las máquinas antiguas usaban un cilindro impulsado por un émbolo para

fundir e inyectar el plástico. Estas máquinas son llamadas *máquinas de moldeo por inyección tipo émbolo*, figura 2.45(b). Para resumir, las funciones de la unidad de inyección son 1) fundir y homogeneizar el polímero y 2) inyectar la fusión en la cavidad del molde.

La unidad de sujeción tiene que ver con la operación del molde. Sus funciones son: 1) mantener las dos mitades del molde alineadas correctamente entre sí, 2) mantener cerrado el molde durante la inyección aplicando una fuerza de sujeción suficiente para resistir la fuerza de inyección y 3) abrir y cerrar el molde en los momentos apropiados dentro del ciclo de moldeo. La unidad de sujeción consiste en dos placas, una fija y otra móvil y un mecanismo para accionar la placa móvil. El mecanismo es básicamente una prensa de potencia operada por un pistón hidráulico o por dispositivos mecánicos articulados de varios tipos. Las máquinas grandes pueden generar fuerzas de sujeción de varios miles de toneladas. Los diseños de la sujeción o de prensado son de tres tipos: articulados, hidráulicos e hidromecánicos. La *sujeción articulada* incluye varios diseños, uno de éstos se ilustra en la figura 2.46(a). Un accionador mueve los cabezales transversales hacia adelante, extendiendo los eslabones articulados para empujar la placa móvil hacia la posición de cerrado. Al principio del movimiento la potencia mecánica es baja y la velocidad es alta, pero cerca del final de la corrida la situación se invierte. Los sujetadores articulados proporcionan así, alta velocidad y alta fuerza en puntos diferentes del ciclo cuando dichos parámetros son necesarios. Los sujetadores articulados se accionan ya sea por cilindros hidráulicos o tomillos movidos por motores eléctricos. La unidad de sujeción articulada parece más adecuada para máquinas de tonelaje relativamente bajo. La *sujeción hidráulica* que se muestra en la figura 2.46(b), se usa en máquinas de moldeo por inyección de alto tonelaje, típicamente de 150 a 1000 ton (1300 a 8900 KN). Estas unidades son más flexibles que la de sujeción articulada, ya que hacen posible fijar el tonelaje en determinadas posiciones durante la corrida. Las *sujeciones* se diseñan para grandes tonelajes, usualmente más de 1000 ton (8900 KN), operan mediante: 1) uso de cilindros hidráulicos para mover rápidamente el molde hacia la posición de cerrado, 2) cierre en posición por medios mecánicos y 3) uso de cilindros hidráulicos de alta presión para cierre final y acumulación de tonelaje.

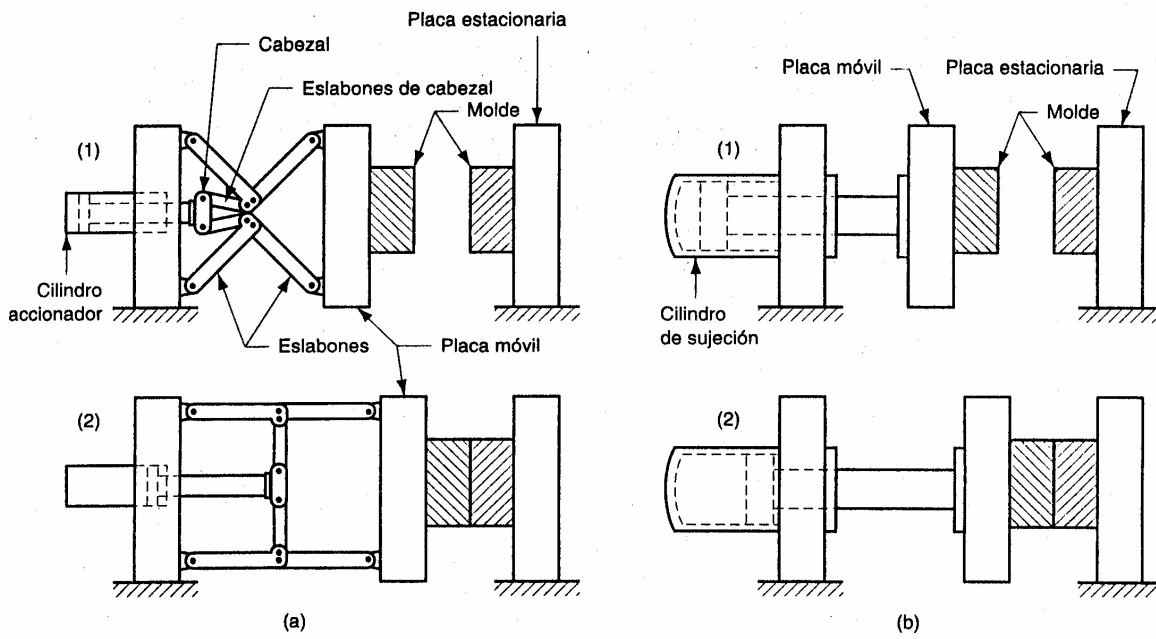


FIGURA 2.46 Dos diseños de sujeción: (a) sujeción articulada (1) abierta y (2) cerrada; y (b) sujeción hidráulica, (1) abierta y (2) cerrada., No se muestran las barras tensoras que guían el movimiento de las placas.

El ciclo de inyección por moldeo de polímeros termoplásticos procede según la secuencia de la figura 2.47, que se ilustra a continuación. La acción empieza con el molde abierto y la máquina lista para iniciar un nuevo ciclo de moldeo (1) Se coloca el molde y se sujeta. (2) Una porción de la fusión a temperatura y viscosidad correctas, obtenida por calentamiento y trabajo mecánico en el tornillo, se inyecta a alta presión en la cavidad del molde. El plástico se enfría al contacto con la superficie fría del molde y empieza a solidificar. La presión del émbolo se mantiene para compactar la fundición adicional en la cavidad y compensar así la contracción durante el enfriado. (3) El tornillo gira y se retrae con la válvula de no retorno abierta, para permitir que fluya el polímero fresco a la siguiente porción del cilindro, mientras tanto, el polímero en el molde se ha solidificado completamente (4) El molde se abre y expulsa la parte moldeada.

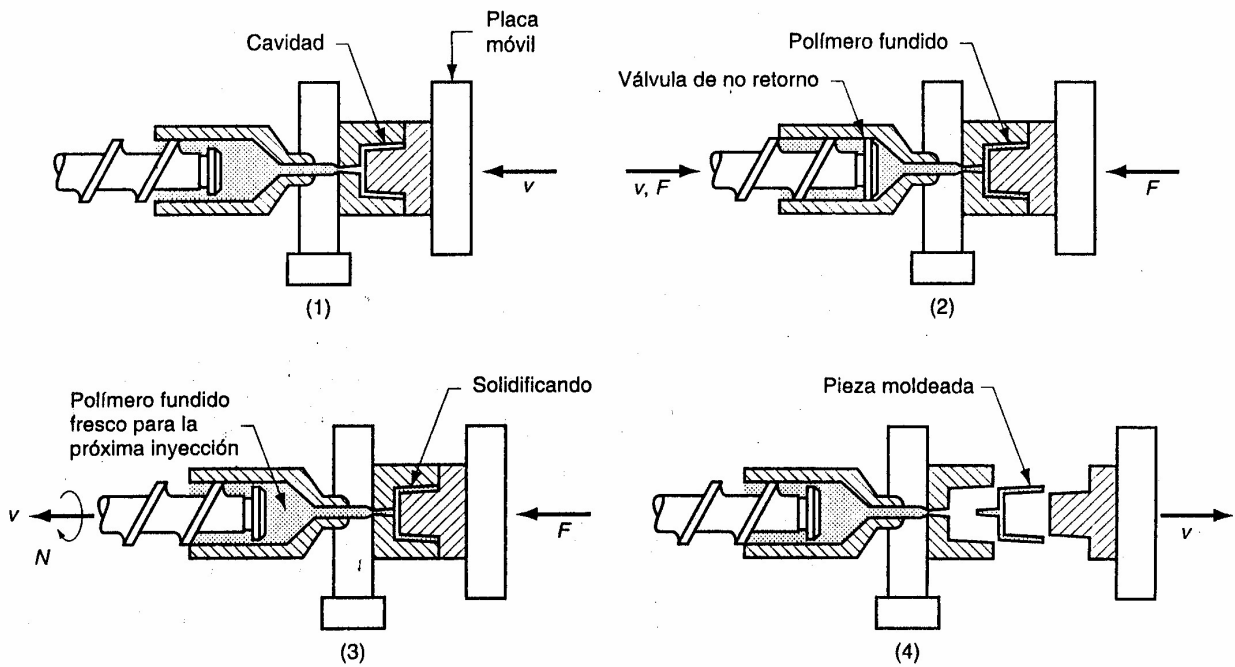


FIGURA 2.47 Ciclo típico de moldeo: (1) molde cerrado, (2) la fusión se inyecta en la cavidad, (3) el tornillo se retrae y (4) el molde se abre y se retira la pieza.

2.3.5.2 El molde

El molde es la herramienta especial del moldeo por inyección, se diseña y fabrica a la medida de la pieza a producir. En esta sección examinamos varios tipos de moldes para inyección.

Molde de dos placas El *molde de dos partes* convencional se ilustra en la figura 2.48, consiste en dos mitades sujetas a dos placas de la unidad de sujeción de la máquina. Cuando la unidad de sujeción se abre, las dos mitades del molde también se abren como se muestra en (b). La característica más obvia del molde es la cavidad, cuya forma se obtiene generalmente por remoción del metal, esta operación se realiza a las dos partes del molde. Los moldes pueden contener una sola cavidad o múltiples cavidades para producir más de una pieza en cada ciclo. La figura muestra un molde con dos cavidades. Las *superficies de separación* (o *plano de separación* en una vista de la sección del molde) son las partes donde se abre el molde para remover la pieza.

Además de la cavidad, otras características del molde tienen funciones indispensables durante el ciclo de moldeo. El molde debe tener un canal distribuidor por donde fluye el polímero fundido, de la boquilla del cilindro a la cavidad del molde. El canal distribuidor consiste en (1) un surtidor o bebedero que conduce el plástico de la boquilla al molde (2) *canales* de alimentación, los cuales conducen del surtidor a la cavidad (o cavidades) y (3) *puertas* que restringen el flujo del plástico a la cavidad. Hay una o más puertas para cada cavidad en el molde

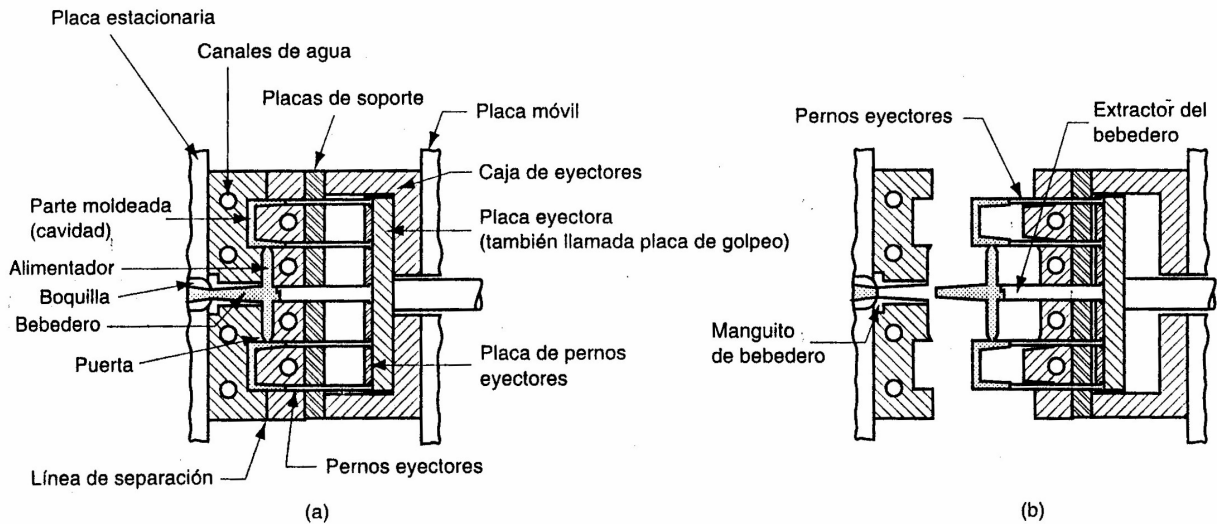


FIGURA 2.48 Detalles de un molde de dos placas para moldeo por inyección de termoplásticos: (a) cerrado y (b) abierto. El molde tiene dos cavidades para producir dos partes en forma de copa (se muestra la sección transversal).

Se necesita un *sistema de eyección* para expulsar de la cavidad las partes moldeadas al final del ciclo. Los *pernos eyectores* o de expulsión, construidos generalmente en la parte móvil del molde, cumplen con esta función. La cavidad se divide entre las dos mitades del molde, de manera que la contracción natural del molde haga que la parte se pegue a la mitad móvil. Cuando se abre el molde, los pernos eyectores empujan la parte fuera de la cavidad.

Se requiere un *sistema de enfriado* para el molde. Éste consiste en una bomba externa conectada a los pasajes de circulación de agua a través del molde para remover el calor del plástico caliente. También se debe evacuar el aire de la cavidad del molde al entrar el polímero. A través de los claros de los pequeños pernos eyectores del molde pasa una gran cantidad de aire. Con frecuencia se maquinan delgadas *ventilas de aire* en la superficie de separación del molde, de solamente 0.03 mm de profundidad y de 12 a 25 mm de ancho, estos canales permiten que escape el aire al exterior, pero son demasiado pequeños para que la fusión viscosa del polímero fluya a través de ellos.

Para resumir, un molde consiste en: 1) una o más cavidades que determinan la forma de la parte, 2) canales de distribución a través de los cuales fluye el polímero fundido hacia las cavidades, 3) un sistema de eyección para remover la parte, 4) un sistema de enfriado y 5) ventilas para permitir la evacuación del aire de las cavidades.

Otros tipos de molde Los moldes de dos placas son los más comunes en el moldeo por inyección. Una alternativa es el *molde de tres placas*, mostrado en la figura 2.49 para la misma parte del molde anterior. Este diseño de molde posee algunas ventajas. Primero, el flujo del plástico fundido pasa a través de una puerta localizada en la base de la parte en forma de copa, y no a un lado. Esto permite una distribución más homogénea de la fusión en los lados de la copa. En el diseño de puerta lateral en el molde de dos placas de la figura 2.48, el plástico fluye alrededor del corazón y se junta en el lado

opuesto, creando posiblemente una debilidad en la línea de soldado. Segundo, el molde de tres partes permite una operación más automatizada en la máquina de moldeo. Al abrir, el molde se divide en tres partes con dos aberturas entre ellas. Esto fuerza la separación de las partes del canal alimentador las cuales caen por gravedad en diferentes recipientes debajo del molde (con la posible asistencia de aire soplado o un brazo de robot).

El surtidor (o bebedero) y el canal de alimentación (o al alimentador) en un molde convencional de dos o tres placas representa material de desperdicio. En muchos casos este desperdicio puede molerse y volverse a usar; sin embargo, en algunas ocasiones el producto debe hacerse de plástico virgen (no usado previamente). El *molde de alimentación en caliente* elimina la solidificación del surtidor y del canal, emplazando calentadores alrededor de los canales correspondientes de alimentación. Mientras que el plástico solidifica en la cavidad del molde, el material que aún se encuentra en el surtidor y en los canales de alimentación permanece fundido, listo para ser inyectado a la cavidad en el ciclo siguiente.

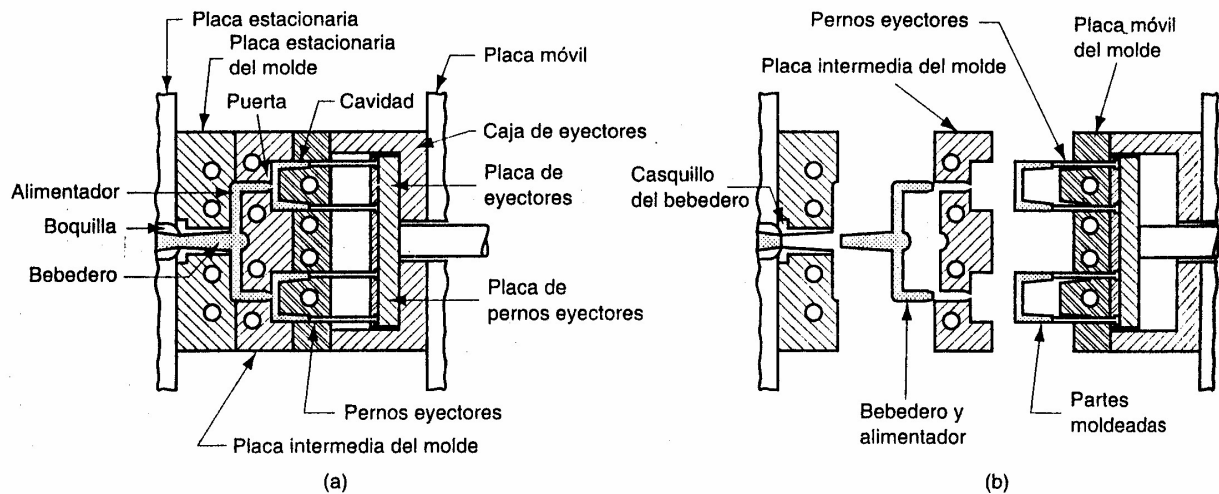


FIGURA 2.49 Molde de tres placas (a) cerrado (b) abierto.

2.3.5.3 Contracción

Los polímeros tienen altos coeficientes de expansión térmica, y durante el enfriado ocurre una contracción significativa del plástico en el molde.

Después de la inyección en el molde, algunos termoplásticos experimentan contracciones cercanas al 10% en volumen. La contracción de los plásticos cristalinos tiende a ser mayor que la de los polímeros amorfos. La contracción se expresa como la reducción de las dimensiones lineales ocurrida durante el enfriamiento, desde la temperatura de moldeo hasta la temperatura ambiente para cada polímero dado. Las unidades apropiadas son (mm/mm) para la dimensión que se considere. En la tabla 2.3 se dan los valores típicos para polímeros seleccionados. Los rellenos o rellenos presentes en los plásticos tienden a reducir la contracción.

TABLA 2.3 Valores típicos de contracción para moldeo de plásticos selectos

Plásticos	Contracción, mm/mm
Termoplásticos	
ABS	0.006
Nylon-6,6	0.020
Policarbonato	0.007
Polietileno	0.025
Poliestireno	0.004
Cloruro de polivinilo	0.005
Termofijos	
Fenólicos	0.010

Recopilada de [5]

En la práctica del moldeo comercial, es necesario obtener del proveedor los valores de contracción para los compuestos específicos de moldeo antes de hacer el molde. Las dimensiones de la cavidad del molde deben ser mayores a las que se especifican en parte, a fin de compensar la contracción. Se puede usar la siguiente fórmula [5]:

$$D_c = D_p + D_p S + D_p S^2 \quad (2.17)$$

Donde:

D_c = dimensión de la cavidad en mm;

D_p = dimensión de la parte moldeada, mm y

S = valores de contracción obtenidos de la tabla 2.3.

El tercer término del lado derecho corrige la contracción que ocurre durante el proceso.

EJEMPLO 2.8 Contracción en el moldeo por inyección

La longitud nominal de una parte hecha de polietileno es 76.2 mm. Determine la dimensión correspondiente de la cavidad del molde que debe compensar la contracción.

Solución: De la tabla 2.3, la contracción del polietileno es $S = 0.025$ mm/mm. Usando la ecuación 2.17, el diámetro de la cavidad del molde debe ser:

$$D_c = 76.2 + 76.2(0.025) + 76.2(0.025)^2$$

$$D_c = 76.2 + 1.905 + 0.047625$$

$$D_c = 78.153 \text{ mm}$$

Es claro que deben determinarse las dimensiones del molde para el polímero particular que se va a moldear. El mismo molde producirá diferentes tamaños de parte para diferentes tipos de polímeros.

Los valores en la tabla 2.3 representan una simplificación en bruto de la contracción. En realidad, la contracción es afectada por muchos factores y cualquiera de ellos puede alterar la magnitud de la

contracción experimentada por un polímero dado. Los factores más importantes son la presión de inyección, el tiempo de compactación, la temperatura de moldeo y el espesor de la pieza. Al aumentar la presión de inyección, se fuerza más material dentro de la cavidad del molde y la contracción se reduce. El incremento del tiempo de compactación tiene un efecto similar, asumiendo que el polímero no se solidifica y sella la cavidad; el mantenimiento de la presión fuerza más material dentro de la cavidad mientras que tiene lugar la contracción. Por tanto, la contracción neta es reducida.

La temperatura de moldeo se refiere a la temperatura del polímero en el cilindro inmediatamente antes de la inyección. Se podría esperar que una temperatura de polímero más alta incrementara la contracción, ya que la diferencia entre dicha temperatura y la ambiente es mayor. Sin embargo, la contracción es realmente más baja a temperaturas de moldeo más altas. La explicación es que las altas temperaturas disminuyen significativamente la viscosidad del polímero fundido, permitiendo que se compacte más material dentro del molde; el efecto es el mismo que la inyección a altas presiones. Entonces, el efecto sobre la viscosidad compensa una mayor diferencia de temperaturas.

Finalmente, las partes más gruesas exhiben mayor contracción. La pieza solidifica del exterior al interior; el polímero en contacto con la superficie del molde forma una cáscara que crece hacia el centro de la parte. En algún punto durante la solidificación, la puerta se solidifica, aislando el material en la cavidad del sistema de alimentación y de la presión de compactación. Cuando esto sucede, el polímero fundido dentro de la cáscara representa la mayoría de la contracción remanente. Una sección más gruesa experimenta una contracción más grande, ya que contiene una alta proporción de material fundido.

2.3.5.4 Defectos en el moldeo por inyección

El moldeo por inyección es un proceso complicado y pueden faltar muchas cosas. Algunos defectos comunes en las partes moldeadas por inyección son los siguientes:

Llenado deficiente. Igual que en fundición, éste se produce en una pieza que ha solidificado antes de llenar completamente la cavidad. El defecto puede corregirse incrementando la temperatura o la presión. El efecto también puede originarse por el uso de una máquina con capacidad de dosificación insuficiente, en cuyo caso se necesita una máquina más grande.

Rebaba. Esto ocurre cuando la fusión de polímero se mete en la superficie de separación entre las partes del molde también puede ocurrir alrededor de los pernos de eyección. El defecto es causado generalmente por 1) ventilas y claros muy grandes en el molde, 2) presiones de inyección demasiado altas comparadas con la fuerza de sujeción, 3) temperatura de fusión demasiado alta o 4) tamaño excesivo de la dosis.

Marcas hundidas y huecos. Éstos son defectos relacionados generalmente con secciones gruesas de la pieza. Una *marca hundida* ocurre cuando la superficie exterior del molde solidifica, pero la contracción del material interno causa que la costra se deprima por debajo de la superficie nominal. Un *hueco* se causa por el mismo fenómeno básico; sin embargo, el material de la superficie retiene su forma

y la contracción se manifiesta como un hueco interno debido al alto esfuerzo a la tensión en el polímero aún fundido. Estos defectos pueden tener su origen en un incremento de la presión de compactación que sigue a la inyección. Una mejor solución es diseñar la parte para tener secciones con espesor uniforme y usando secciones más delgadas.

Líneas soldadas. Las líneas soldadas ocurren cuando la fusión del polímero fluye alrededor de un corazón u otros detalles convexos en la cavidad del molde y se encuentran en la dirección opuesta; los límites así formados se llaman líneas soldadas y pueden tener propiedades mecánicas que son inferiores a las del resto de la parte. Las temperaturas altas de fusión, las presiones altas de inyección, las localizaciones alternas de las puertas en la pieza y una mejor ventilación son formas de evitar este defecto.