



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

PLASTICOS



Dr. Jesús Antonio Álvarez Cedillo



# ***HISTORIA DE LOS PLÁSTICOS***

El plástico es el primer material sintético creado por el hombre.

Antes de la aparición del primer plástico sintético, el hombre ya utilizaba algunas resinas naturales, como el betún, la goma y el ámbar, con los que podían fabricar productos útiles y lograr aplicaciones diversas. Se tienen referencias de que éstas se utilizaban en Egipto, Babilonia, India, Grecia y China, para una variedad de aplicaciones desde el modelo básico de artículos rituales hasta la impregnación de los muertos para su momificación.



**La palabra momia deriva del término "mummiya", que significa betún.**

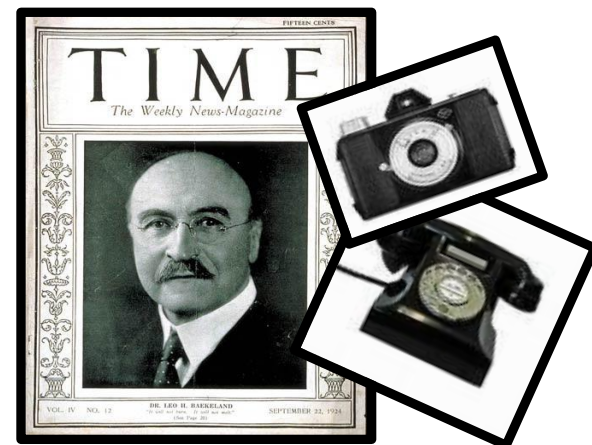
En 1860, el inventor estadounidense Wesley Hyatt patentó el celuloide.

***Nitrato de celulosa + Alcanfor + Alcohol*** → ***Celuloide***

Su producto, se utilizó para fabricar diferentes objetos, desde placas dentales a cuellos de camisa, sin olvidar su aplicación en el cine.

El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y deteriorarse al exponerlo a la luz.

Sin embargo, no es hasta 1907 cuando se introducen los polímeros sintéticos, cuando el Dr. Leo Baekeland descubre un compuesto de fenol-formaldehído al cual denomin “baquelita” y que se comercializa en 1909.

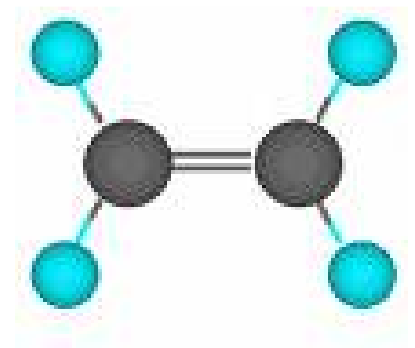


# DEFINICIÓN

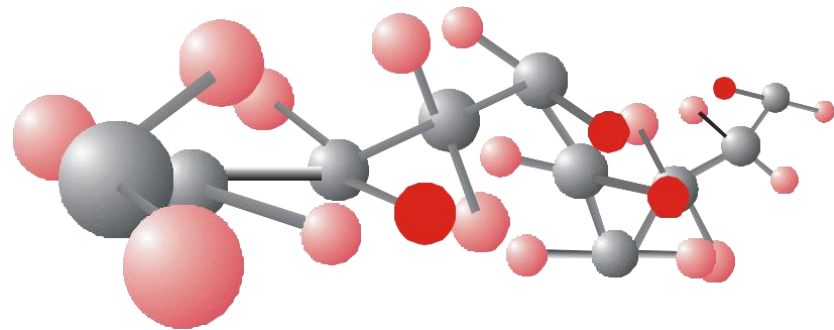
Los plásticos son un conjunto de materiales de origen orgánico y de elevado peso molecular. Están compuestos fundamentalmente de carbono y otros elementos como el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno o el azufre. A estos compuestos se les denomina *polímeros*.



Los plásticos se obtienen mediante  
*polimerización* de compuestos  
derivados del petróleo y del gas  
natural.



La polimerización es una reacción química mediante la cual un conjunto  
de moléculas de bajo peso molecular( monómeros) se une  
químicamente para formar una molécula de gran peso (polímero).



Según la disposición de las moléculas que forman el polímero se distinguen tres grupos de plásticos:

Termoestables



Sus macromoléculas se entrecruzan formando una red. Debido a esta disposición sólo se les puede dar forma una vez. Un segundo calentamiento produciría su degradación.



Termoplásticos



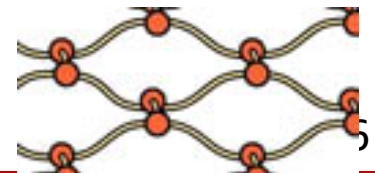
Las macromoléculas están dispuestas libremente sin entrelazarse. Tienen la propiedad de reblandecerse con el calor, adquiriendo una forma que conserva al enfriarse.

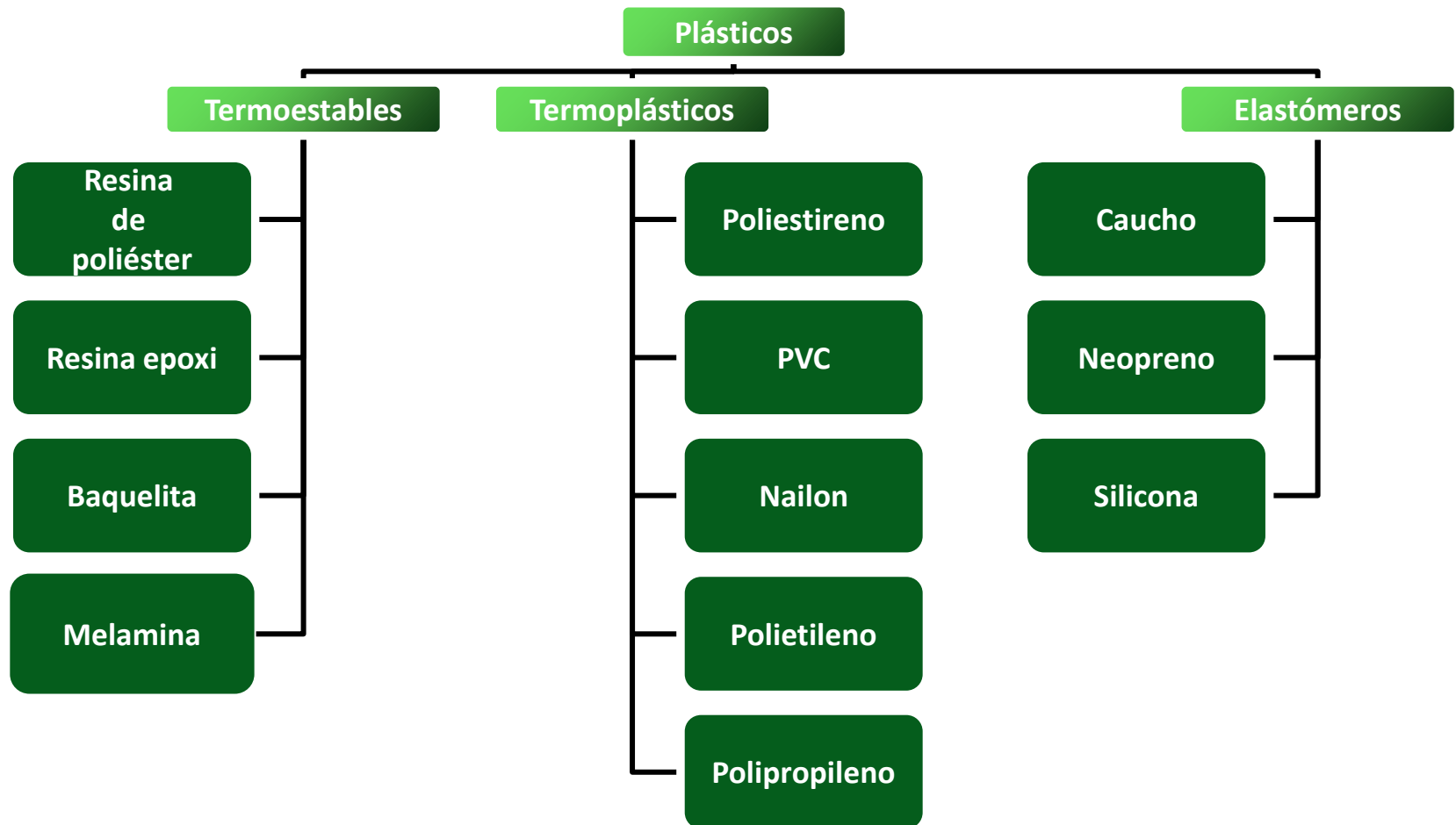


Elastómeros



Las macromoléculas están ordenadas formando una red de pocos enlaces. Recuperan su forma y dimensiones cuando la fuerza que actúa sobre ellos cede.





# TERMOESTABLES

**Resina de poliéster:** Se comercializa en dos envases separados, uno para la resina y otro para el catalizador, que se mezclan en el momento de emplearlo.



Aplicando capas sucesivas sobre un molde se hacen piscinas, carrocerías para coches, etc.

**Resina epoxi:** Posee mayor dureza que la de poliéster. Se utiliza como adhesivo en construcción, como cimentación para las bancadas de máquinas y para la fabricación de pinturas que repelen el polvo.



# TERMOESTABLES

**Baquelita:** Es duro y muy resistente a los ácidos. Buen aislante del calor y de la electricidad.



**Melamina:** Es más resistente a los golpes que la baquelita, se comercializa en forma de chapas con las que se fabrican tableros para mesas y mobiliario de cocina.



# TERMOPLÁSTICOS

## Poliestireno:

La forma rígida se utiliza para fabricar utensilios del hogar, juguetes, pilotos de automóvil...  
La forma espumada se emplea para la fabricación de aislantes térmicos y como elemento de protección para embalajes.  
Es el denominado corcho blanco.



**Polivinilo (PVC):** Es muy resistente a los agentes atmosféricos, por lo que se utiliza para fabricar tubos y canalones de desagüe, puertas, ventanas y pavimentos.



# TERMOPLÁSTICOS



**Nylon:** Es un material muy duro y resistente, se utiliza para fabricar hilo de pescar. Debido a que ofrece mucha resistencia al desgaste y poca al rozamiento se utiliza para fabricar piezas de máquinas como levas y engranajes. En la industria textil se emplea para la fabricación de todo tipo de tejidos.

**Polipropileno:** Es el termoplástico que posee mayor resistencia al impacto, es más duro que el polietileno pero menos que el poliestireno. Puede soportar temperaturas de 100 °C. Es un buen dieléctrico. Se utiliza para fabricar parachoques de automóviles, juguetes, tubos, botellas ...



# TERMOPLÁSTICOS

**Polietileno:** Existen dos tipos:

El de alta densidad que es duro, frágil y puede resistir temperaturas próximas a los 100 °C.

El de baja densidad que es más blando, flexible y que admite temperaturas cercanas a los 70°C.

Es un plástico muy resistente al ataque de ácidos por lo que se emplea para fabricar depósitos, tuberías, y envases de cualquier tipo. Debido a la facilidad con la que se moldea se utiliza para fabricar objetos de diversas formas: juguetes, cubos, bolsas ...



# ELATÓMEROS

**Caucho:** El caucho natural se utiliza para fabricar neumáticos de coches, mediante un proceso de vulcanización. El caucho sintético es más resistente al ataque de agentes químicos y es mejor aislante térmico y eléctrico. Se emplea para fabricar suelas de zapatos, mangueras de riego, correas de transmisión...

**Neopreno:** Debido a su impermeabilidad se utiliza para fabricar trajes de inmersión. Absorbe muy bien las vibraciones por lo que se utiliza en cimentaciones de edificios, apoyo para grandes vigas ...



# ELATÓMEROS

**Silicona:** Es muy resistente al ataque de agentes químicos y atmosféricos y posee una gran elasticidad.. Debido a sus múltiples propiedades tiene usos tan diversos como el sellado de juntas, aislante eléctrico o en prótesis mamarias



# PROPIEDADES

**Resistencia mecánica elevada:** Les permite soportar tensiones y presiones sin romperse ni desgastarse.

**Baja densidad:** El plástico es un material muy ligero, se utilizan para piezas de coches, recipientes, juguetes...

**Químicamente inerte:** La mayoría de los plásticos resisten el ataque de los ácidos, álcalis y por los agentes atmosféricos.

Debido a esta propiedad se emplean para las tuberías que transportan el agua, para los depósitos que contienen ácidos ...



**Conductividad térmica:** Son muy malos conductores del calor, por lo que se emplean como aislantes térmicos.

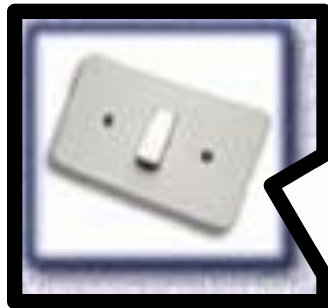
**Facilidad de coloración:** Permiten variar el color del acabado. Algunos plásticos son transparentes

por lo que pueden utilizarse como sustitutos del cristal.

**Elasticidad:** Recuperan su forma original con facilidad. Sobre todo el grupo de elastómeros. Debido a esta propiedad se emplean para suelas de zapatos, trajes de buzo, gomas...



**Conductividad eléctrica: Son muy malos conductores eléctricos. Debido a ello se utilizan para recubrir los cables que transportan la energía eléctrica, para fabricar enchufes, interruptores...**



**Baja temperatura de fusión: Los plásticos pasan de estado sólido a líquido a una temperatura muy baja, por lo que abaratan los procesos de fabricación. Pero no pueden usarse para fabricar objetos que precisen una alta resistencia al calor.**

## **1. Aspectos generales de los polímeros y su transformación**

Los plásticos son materiales sustancialmente distintos de los metales, tanto en su estructura como en sus propiedades

## **1. Aspectos generales de los polímeros y su transformación**

Los principios de la selección del material, el diseño del producto y su fabricación serán, también, diferentes.

Deben destacarse, no obstante, ciertas similitudes; por ejemplo, se seleccionará un material específico por su capacidad para aportar las propiedades requeridas, y un proceso de conformado por su habilidad para producir la forma deseada de manera práctica y económica.

## **1. Aspectos generales de los polímeros y su transformación**

También hay notables diferencias. Los plásticos, como los compuestos y los cerámicos, tienden a ser empleados más cerca de sus límites de diseño, y muchos procesos de conformado son capaces de convertir la materia prima en la pieza acabada en una sola operación.

## **1. Aspectos generales de los polímeros y su transformación**

En el campo de los polímeros, pueden obtenerse grandes y complejas geometrías en un único equipo, ahorrándose la necesidad de operaciones de unión de múltiples componentes.

## **1. Aspectos generales de los polímeros y su transformación**

Si es necesario, pueden aplicarse diversos tipos de procesos de soldadura y adhesión de piezas.

Incluso el color final puede obtenerse durante el proceso de conformado. Así, pues, a menudo las operaciones de acabado típicas de los materiales metálicos no son necesarias en los polímeros. Éste es un aspecto muy atractivo de este tipo de materiales.

## **Aspectos generales de los polímeros y su transformación**

Como en los metales, no obstante, las propiedades del producto acabado suelen depender del proceso de conformado.

## Aspectos generales de los polímeros y su transformación

La **fabricación de una pieza sana** comprende la selección de:

- a) el material apropiado, y
- b) el método de conformado más adecuado, con el fin de obtener la combinación deseada de propiedades, forma, precisión y acabado.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros.**

### **Introducción**

De la misma manera que existe una gran variedad de materiales poliméricos, hay, también, un gran número de procesos por los que pueden ser procesados.

## 2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros.

### Introducción

Determinar el método más adecuado depende en gran medida de la naturaleza del propio polímero, especialmente de si se trata de un **termoplástico** o de un polímero **termoestable**.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros.**

### **Introducción**

Los primeros, pueden ser calentados hasta obtener la ductilidad necesaria para modificar su forma. Pueden ser moldeados y obligados a pasar a través de unas matrices.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros.**

### **Introducción**

Los termoestables tienen muchas menos opciones, ya que, una vez se ha producido la polimerización, la estructura del material impide cualquier deformación plástica; por lo tanto, la reacción de polimerización y el proceso de conformado suelen tener lugar simultáneamente.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros.**

### **Introducción**

Moldeo, moldeo por soplado, moldeo por compresión, moldeo por transferencia, moldeo en frío, moldeo por inyección, moldeo por inyección con reacción, extrusión, termoconformado, moldeo rotacional y moldeo de espuma, son procesos ampliamente aplicados al conformado de polímeros.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros.**

### **Introducción**

Cada uno de ellos presenta ciertas ventajas y, también, limitaciones relacionadas al diseño de la pieza, a los materiales y al coste de producción.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros.**

### **Introducción**

Ya que se desea convertir la materia prima directamente en producto acabado en una sola operación, es importante que el proceso de conformado sea capaz de producir simultáneamente la geometría y las propiedades deseadas.

## 2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros. Mezcla y preparación de la materia prima

La primera operación del procesado de los polímeros consiste en la mezcla y preparación de los componentes del material a transformar mediante cualquiera de las técnicas de conformado.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros. Mezcla y preparación de la materia prima**

No se trata sólo de obtener una buena mezcla de los distintos aditivos con el material base, sino, también, de asegurar la homogeneidad de la carga, para evitar segregaciones, y la ausencia de aire absorbido u ocluido que daría lugar a la aparición de defectos.

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros. Mezcla y preparación de la materia prima**

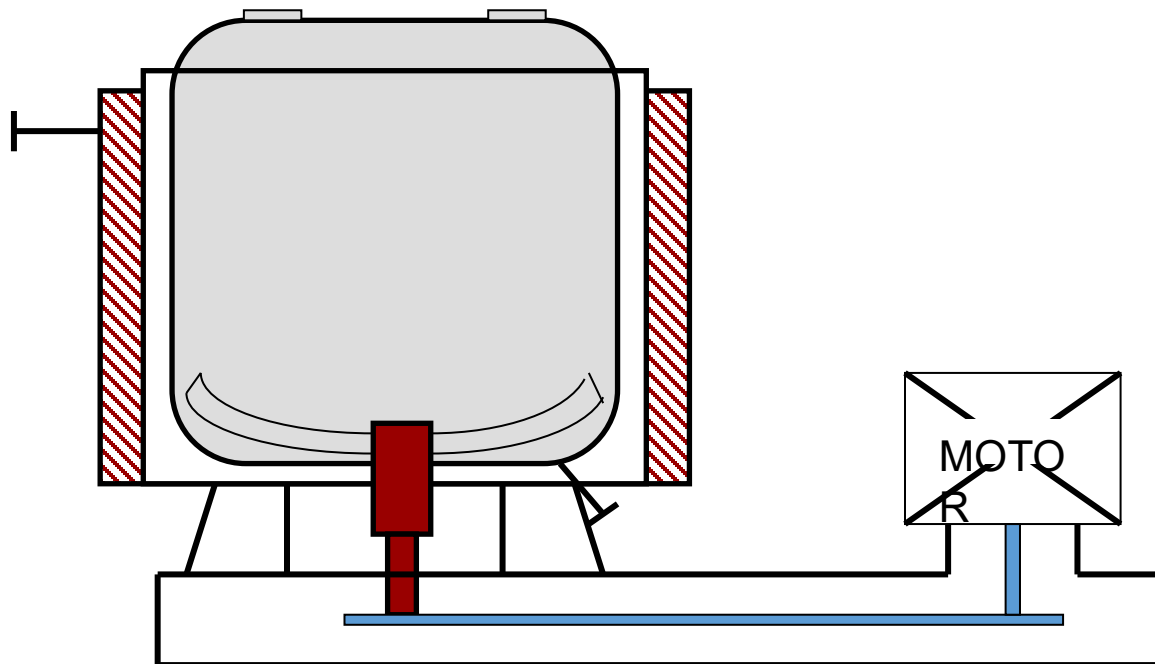
Los detalles de esta operación dependen del estado de los componentes a mezclar: cuando se trata de líquidos, la homogeneización se consigue sin dificultades por simple agitación..

## **2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros. Mezcla y preparación de la materia prima**

Si el producto es pastoso (como el PVC con alta concentración de plastificante), la utilización de molinos o mezcladores seguidos de un filtro (como una extrusora de tornillo), constituye el sistema más habitual.

## 2. Técnicas más comunes en el conformado de polímeros. Mezcla y preparación de la materia prima

Si se trata de un sólido seco (en granza o en polvo), la preparación requiere varias y sucesivas etapas. En las primeras, suelen emplearse **mezcladoras**



## 2.1. Extrusión

La **extrusión** es un proceso de conformado de polímeros en continuo en el cual un material (polímero en estado *fundido*) es forzado a fluir a través de un orificio de salida (*hilera* o *boquilla*), mediante la aplicación de presión y calor.

## 2.1. Extrusión

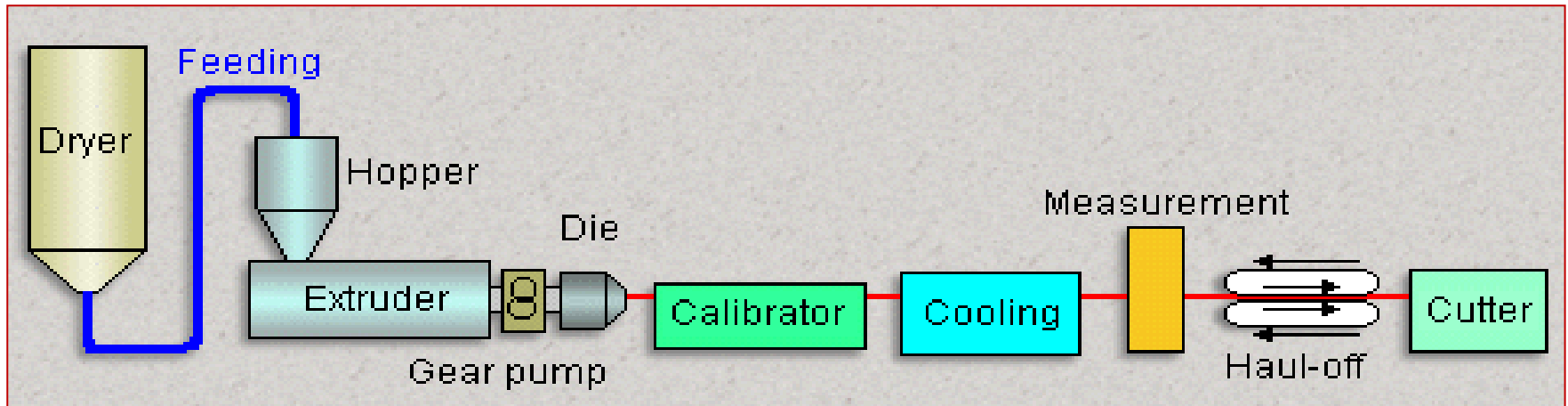
Muchas veces, sin embargo, este proceso constituye únicamente la fase previa de un proceso de conformado más complejo en el que la forma final del componente se alcanza tras procesos sucesivos post-extrusión.

## 2.1. Extrusión

Hay numerosos ejemplos de piezas de plástico producidas por extrusión: cables eléctricos, perfiles, láminas, films, tubos de conducción de fluidos etc.

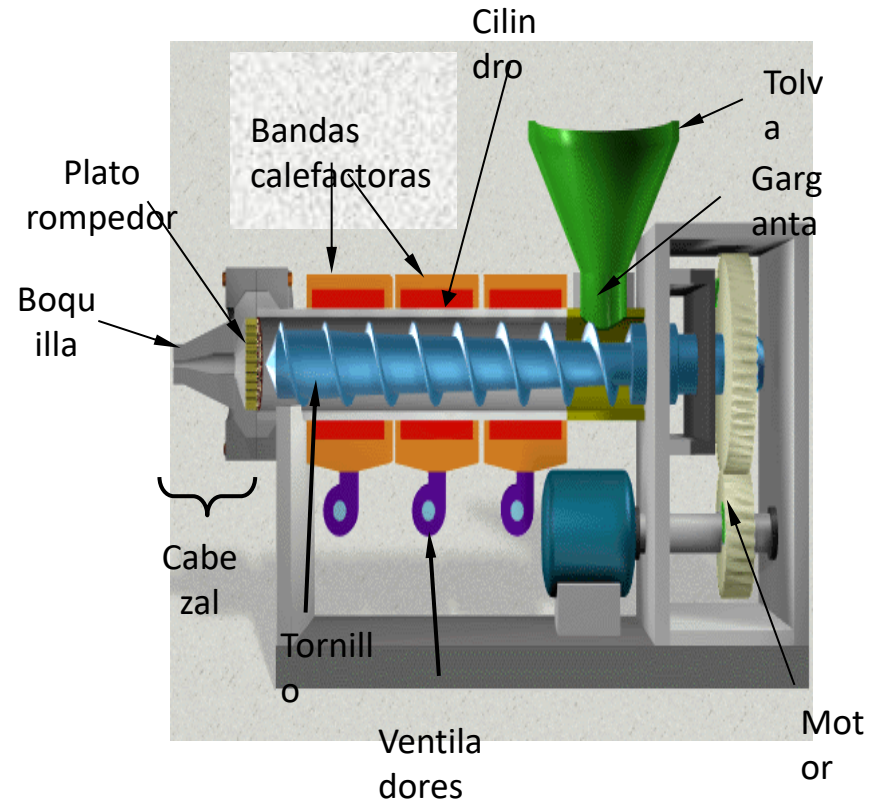
## 2.1. Extrusión

Una línea tradicional de extrusión puede constar de las etapas que se muestran en la figura. Aunque todas las partes son importantes, la **máquina extrusora** constituye el núcleo central del proceso.



# Extrusión

El material es introducido en la extrusora a través de una tolva y es conducido mediante la acción de un husillo a lo largo del cilindro, en el que es calentado por conducción, es forzado a fluir a través de una matriz que le induce la forma deseada.



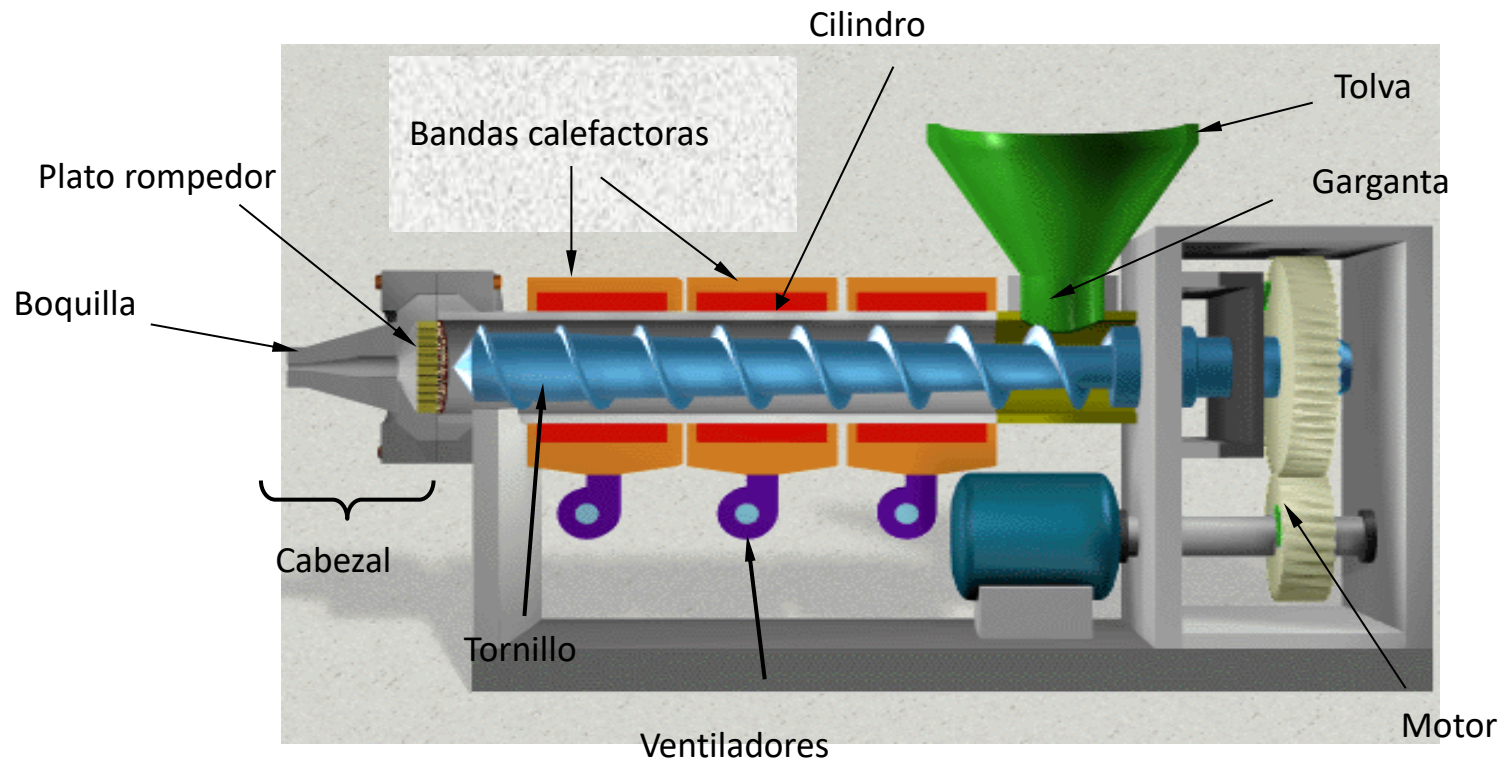


Fig. 3- Extrusora de tornillo: Los componentes se integran formando 5 sistemas principales:

- El sistema de accionamiento (motor)
- El sistema de alimentación (tolva y garganta)
- El sistema de transporte (cilindro y tornillo)
- El sistema de conformado (cabezal, boquilla y plato rompedor)
- El sistema de instrumentación y control.

## Smooth Barrel Extruder

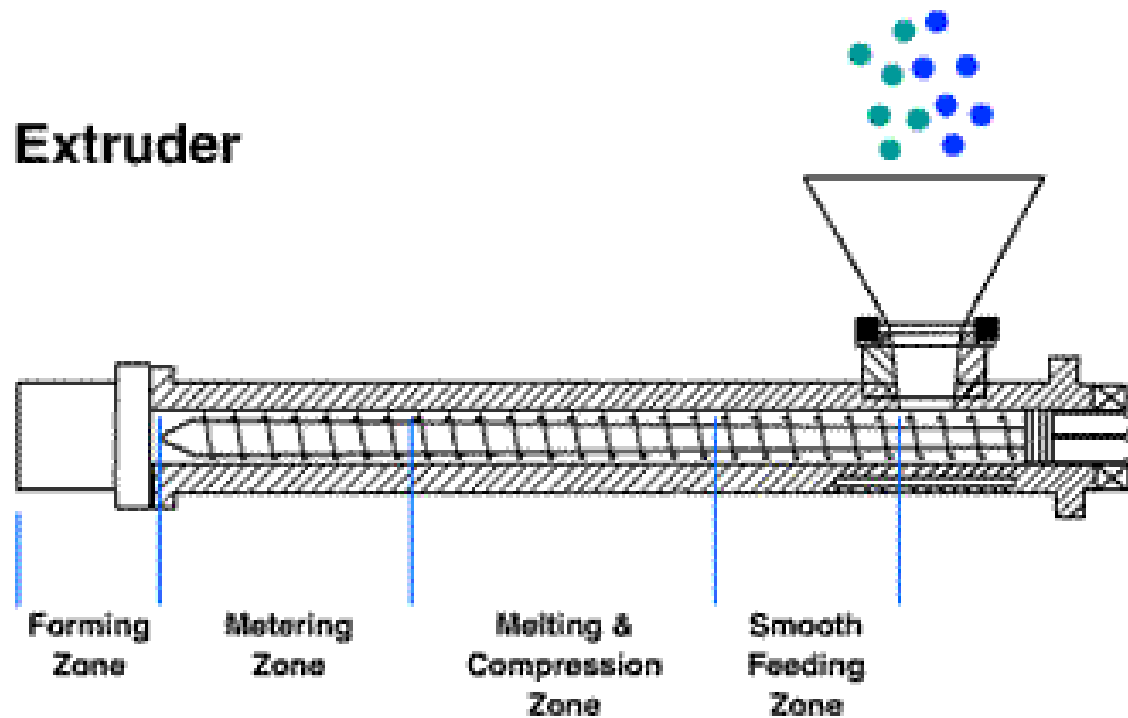


Fig. 3-BIS.- Animación de un proceso de extrusión.

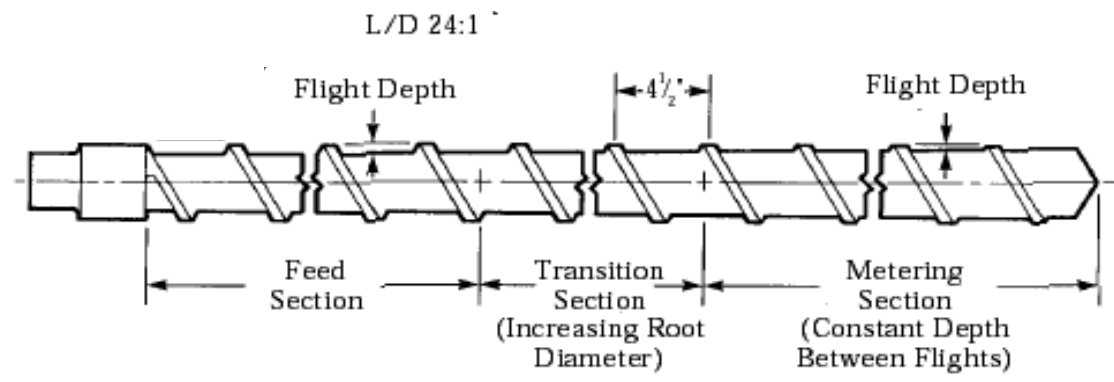


Fig. 2.3.- Esquema de un husillo convencional.

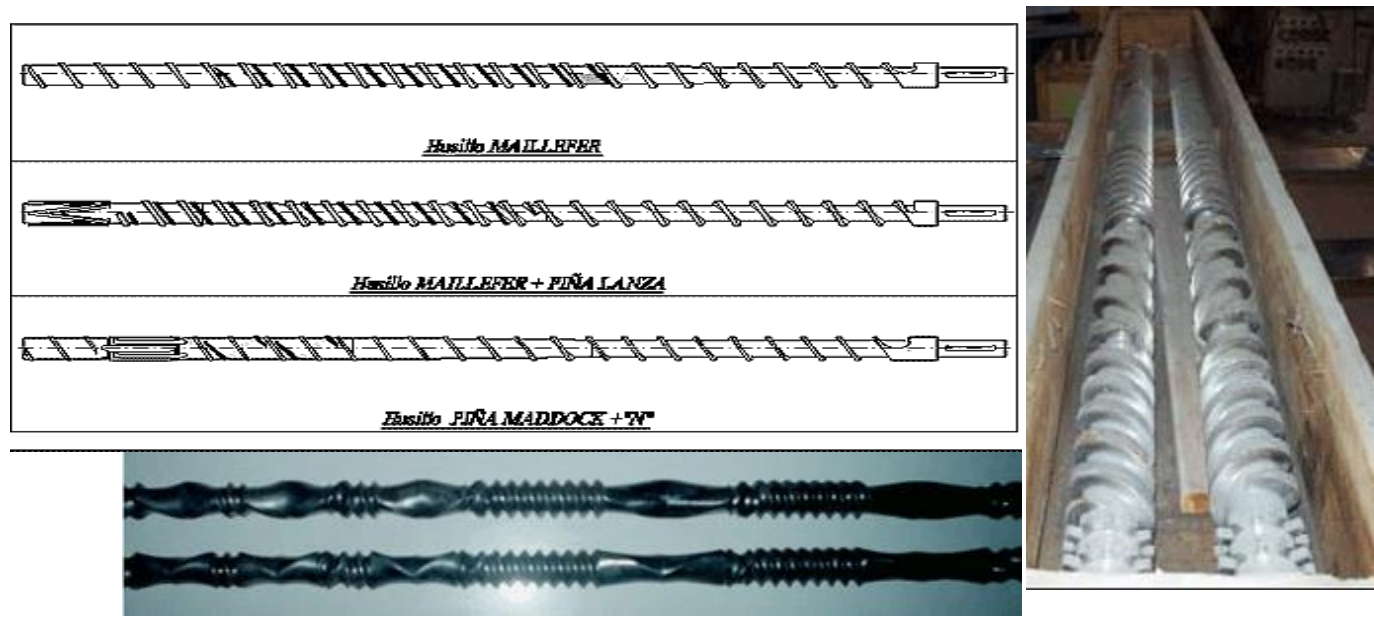


Fig. 2.4.- Varios tipos de husillos.

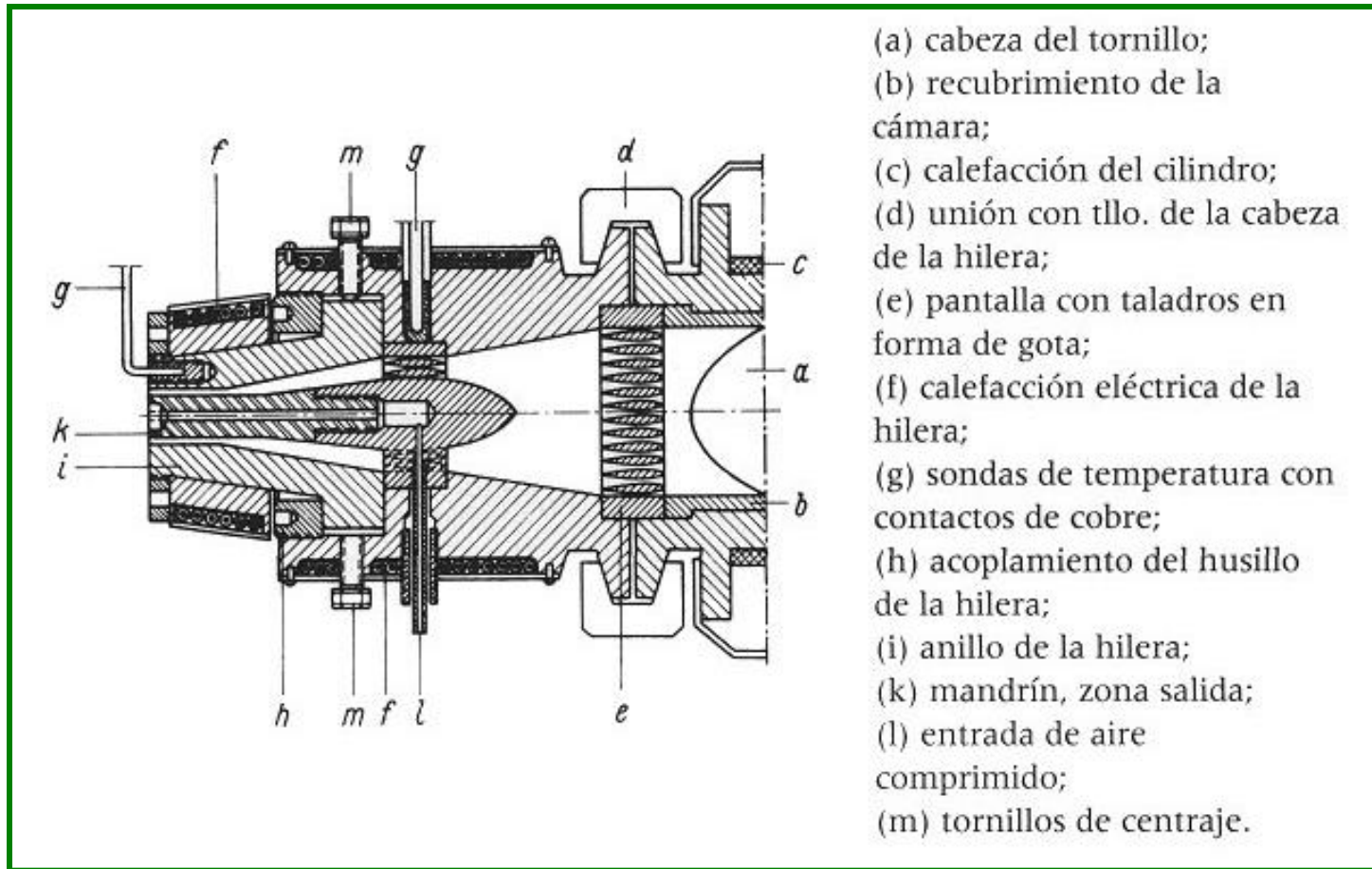


Fig. 2.5.- Cabezal para la fabricación de tubos.

Aparte de otros elementos que se colocan posteriormente a la extrusora para acabar de dar la forma requerida a la pieza que se fabrica, dentro de la extrusora **los elementos encargados de dar la forma son el cabezal y la boquilla.** El cabezal es en realidad el conjunto ensamblado de la boquilla, adaptador, plato rompedor y filtros. Es el dispositivo que está situado justo cuando se acaba el cilindro acoplándose con el. En la figura 2.5 puede verse un cabezal para la fabricación de tubos.

## Extrusión



Fig. 2.6.- Platos rompedores.

El plato rompedor (Fig. 2.6) es un disco robusto en el que se han taladrado varios orificios por los que el plástico se fuerza a pasar. Su función es la de romper la forma del flujo helicoidal inducida por el movimiento del husillo antes de que éste entre en la boquilla. Además junto con el paquete de mallas o filtros evita que partículas extrañas pasen hacia la boquilla. (Figura 2.7).

## EXTRUSIÓN DE LÁMINAS O PLANCHAS

## **Extrusión. Aplicaciones**

En este proceso el material pasa a través de una boquilla plana (ver figura 2.7). Los espesores típicos de las piezas así fabricadas varían dependiendo del tipo de material que se transforma. En general, el espesor mínimo es del orden de 0.5 mm, y el máximo, de unos 6 mm. A la salida de la boquilla, la lámina, aún caliente, pasa por un sistema de rodillos que tienen como misión ejercer presión sobre la lámina y proporcionarle el acabado final o la textura requerida. Al final de la instalación suele haber otro conjunto de rodillos cuya función es la de estirar la lámina.

Productos típicos, además de planchas simples, son mamparas de baño, símiles de cristales, paneles, rótulos etc.

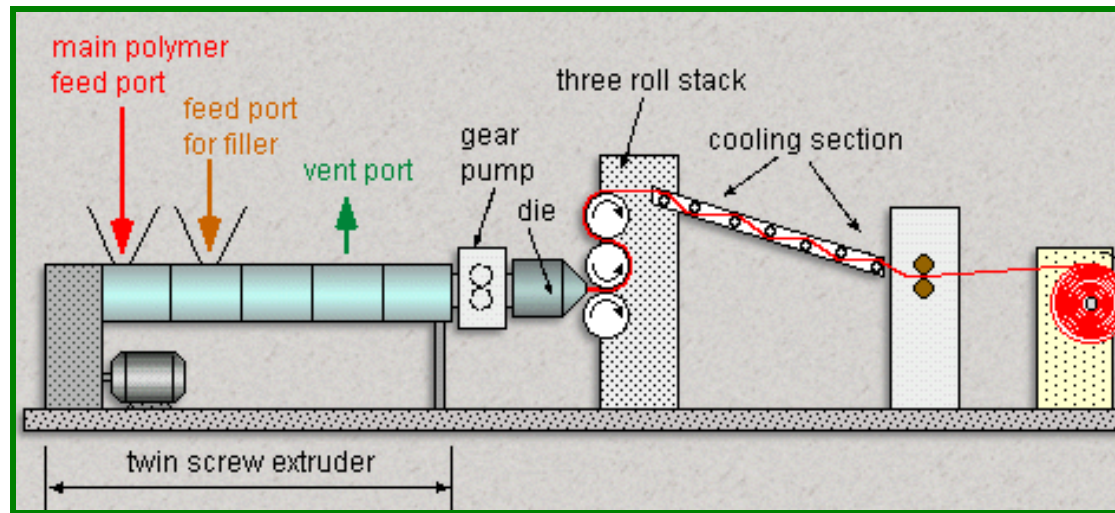


Fig. 2.12.- Esquema de una instalación para la fabricación de láminas.

## EXTRUSIÓN DE LÁMINAS O PLANCHAS

## **Extrusión. Aplicaciones**



## Extrusión. Aplicaciones

### EXTRUSIÓN SOPLADO DE FILM TUBULAR

Este proceso combina la extrusión con un inflado o aplicación de aire. Se suele extruir en dirección vertical ascendente una sección circular (tubo) mediante una boquilla anular. El tubo se infla por soplado desde su interior haciendo una burbuja de pequeño espesor y gran diámetro. Durante el proceso la burbuja se estira hacia arriba mediante unos rodillos mientras que el aire se encarga de estirar el material en dirección circunferencial. De esta manera se puede inducir en la pieza una orientación molecular biaxial.

Las aplicaciones típicas de este proceso son la fabricación de bolsas, sacos, films de embalaje etc.

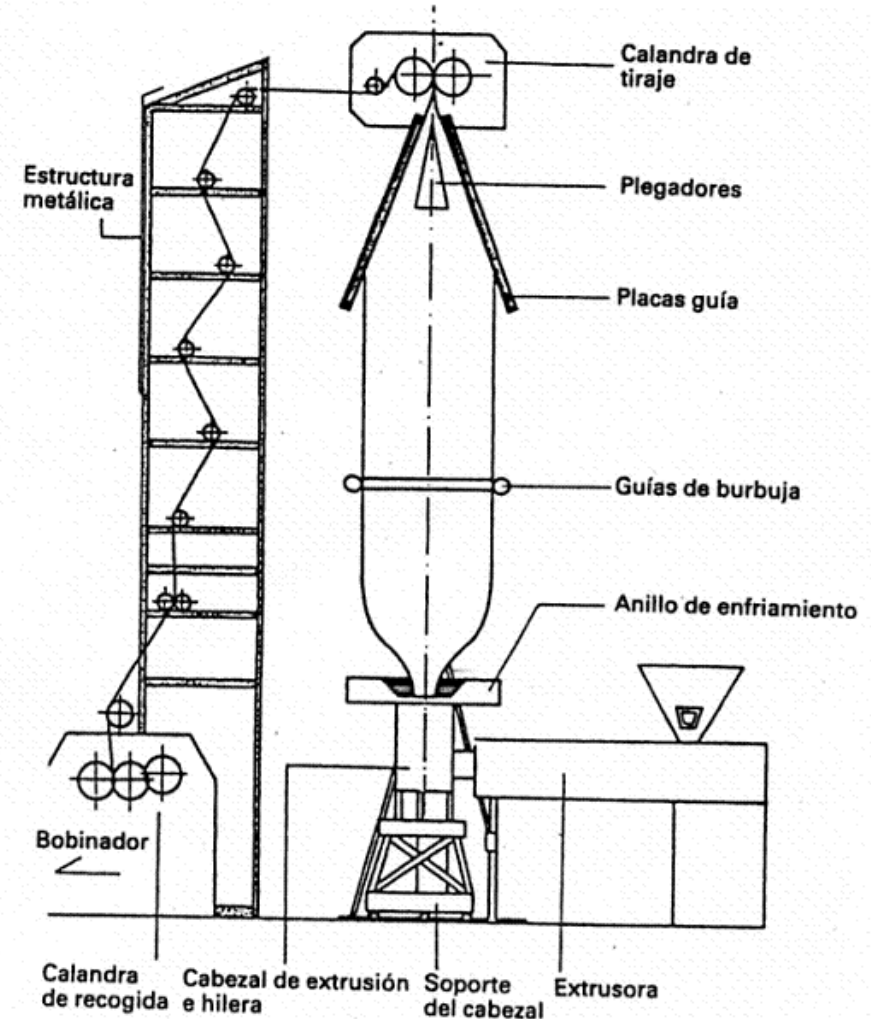


Fig. 2.14.- Esquema de un proceso de soplado de film.

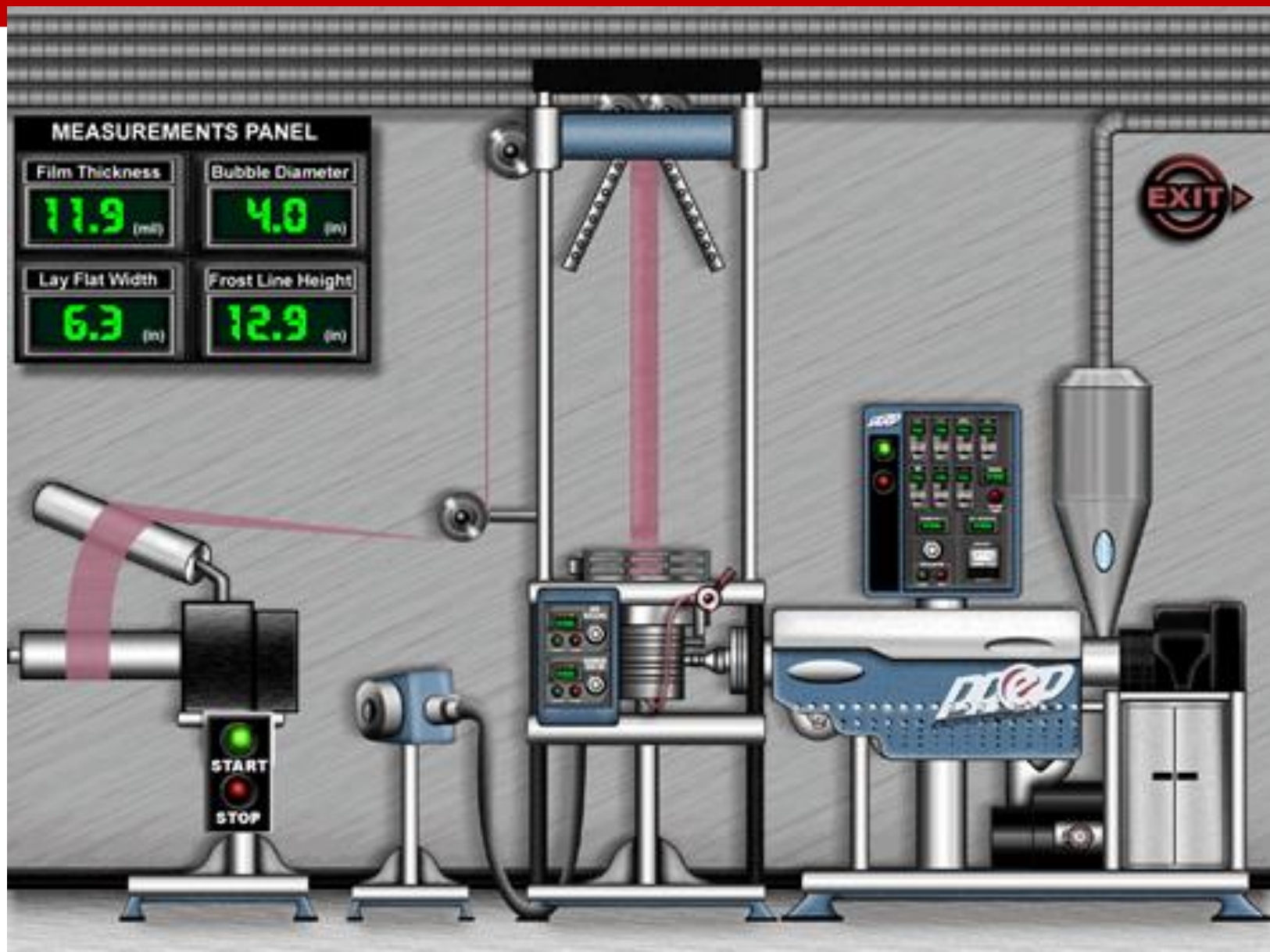


Fig. 2.14-BIS.- Animación de un proceso de soplado de films.



## EXTRUSIÓN DE PERFILES HUECOS

## **Extrusión. Aplicaciones**

Este proceso es una variación de la extrusión en el que se adapta una boquilla especialmente diseñada para fabricar huecos internos en el extruido. Para poder fabricar el hueco se necesita acoplar un núcleo macizo por el interior de la pieza. Ese núcleo o mandril se fija a la carcasa externa a través de una serie de varillas o “patas de araña”. El material fundido rodea dichas fijaciones o patas y posteriormente se vuelve a juntar formando un solo flujo.

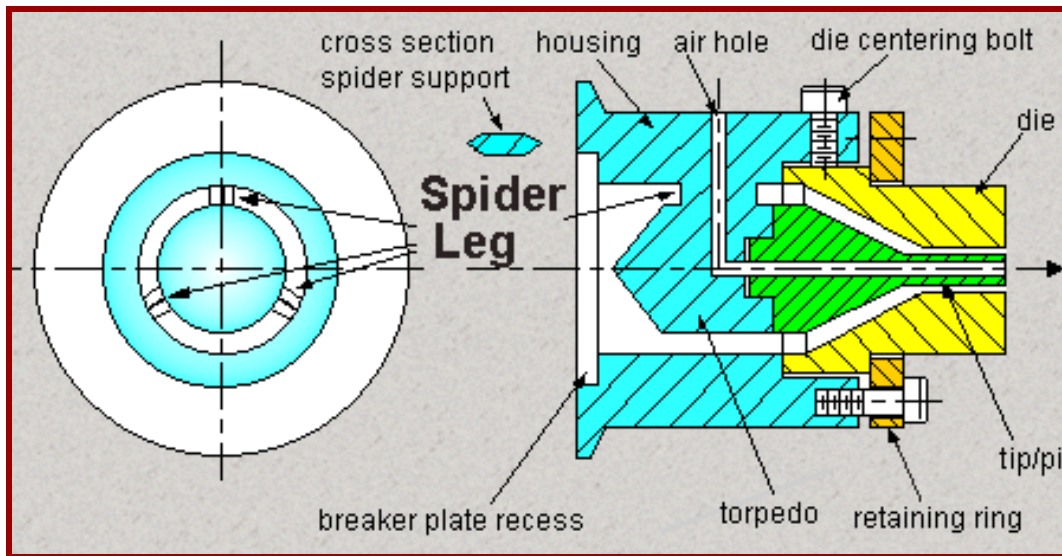


Fig. 2.15.- Boquilla para tubos.

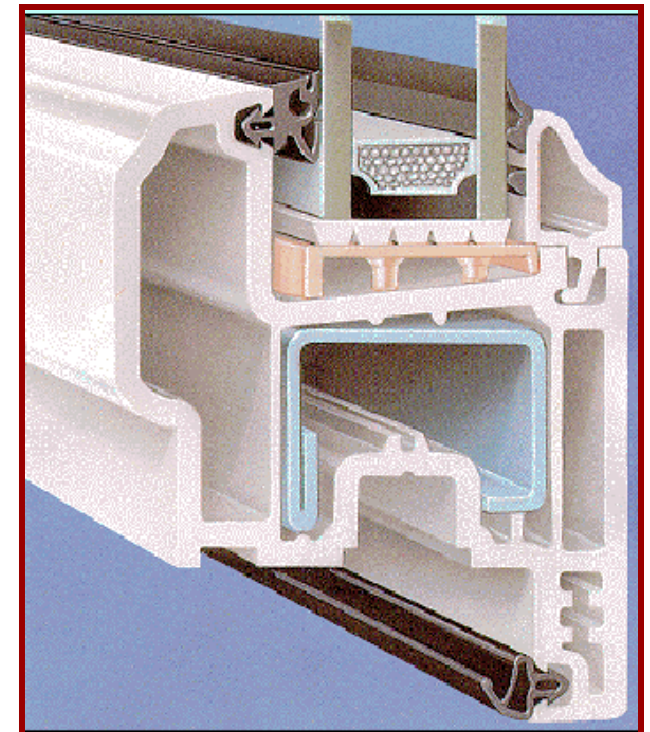


Fig. 2.16.- Ejemplos de secciones huecas extruidas.

FABRICACIÓN DE CUERPOS HUECOS

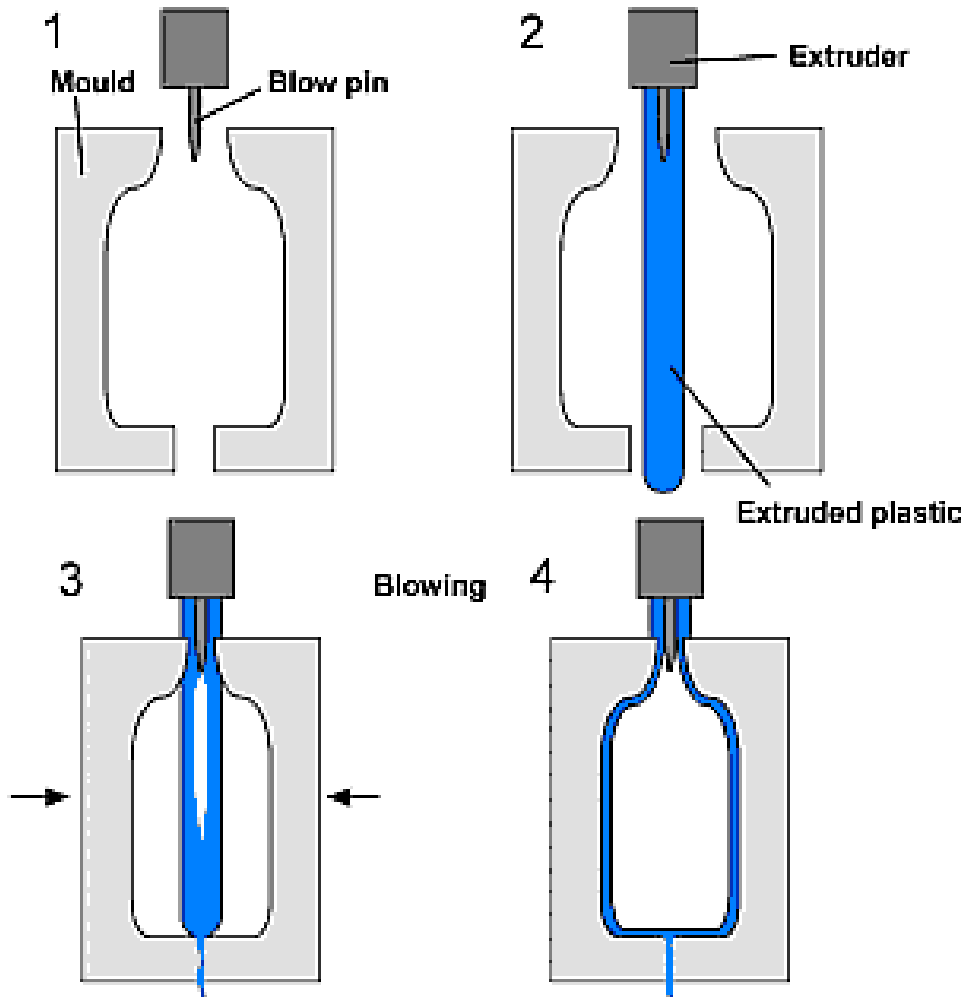
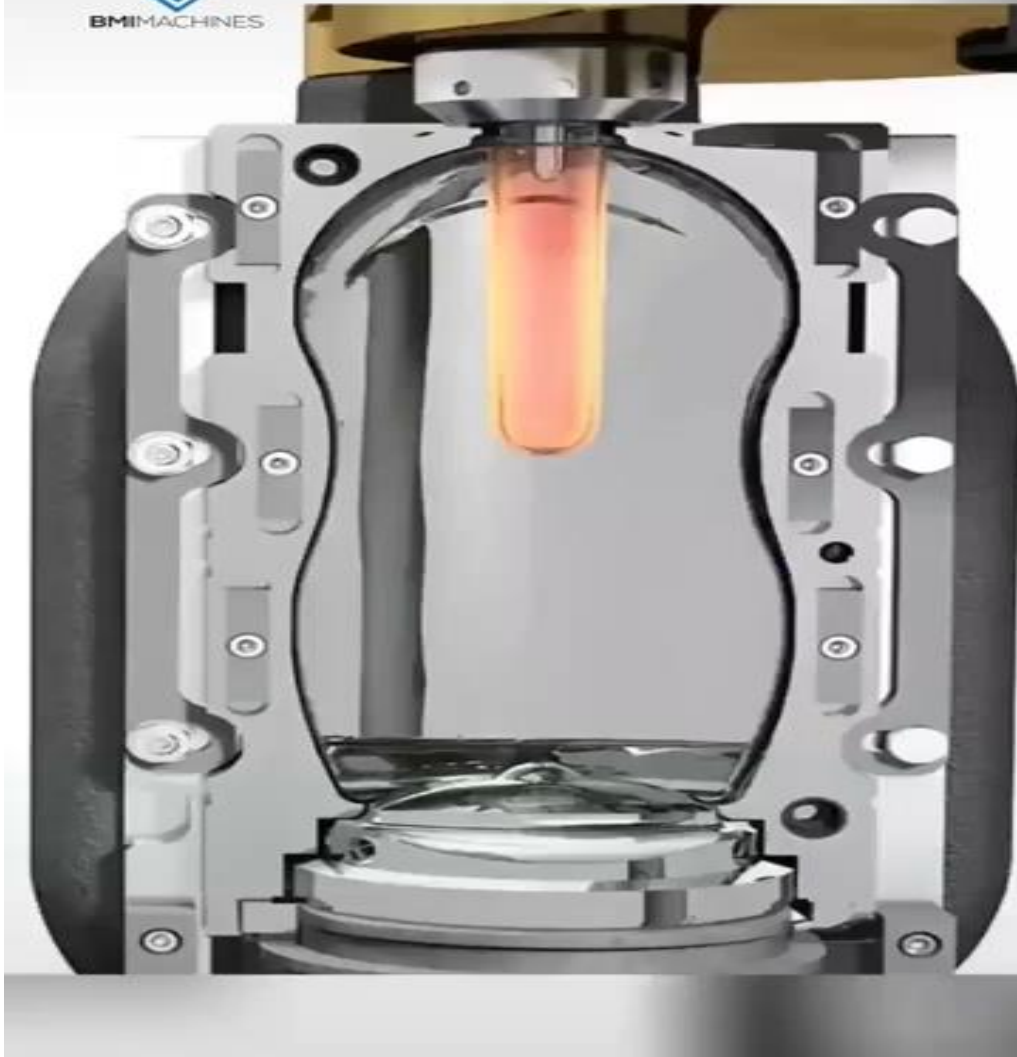


Fig. 2.23.- Fabricación de botellas por extrusión y soplado.



## 2.2. Moldeo

El **moldeo** es una de las técnicas de conformado más ampliamente utilizada en el procesamiento de materiales termoplásticos, termoestables y elastómeros.

El método más sencillo y antiguo es el del moldeo por compresión, según el cual una cierta cantidad de polímero se introduce en la cavidad de un molde en el que es comprimido, con presiones de 100 a 600 atmósferas, por un contramolde, mientras que un sistema de calentamiento aumenta adecuadamente la temperatura del material. Tras el moldeo, se refrigera, se abre el molde y se extrae la pieza acabada.

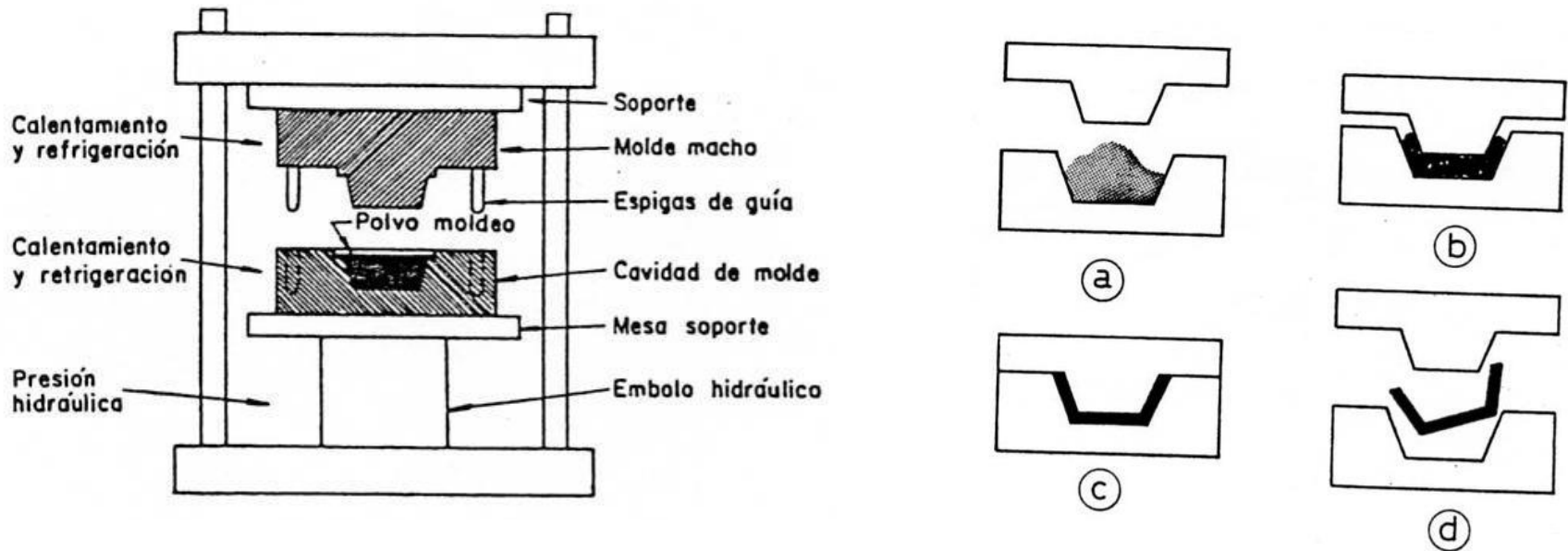


Fig. 3.1.- Esquemas del moldeo por compresión.

## 2.2. Moldeo. Moldeo por transferencia

En el moldeo por transferencia, utilizado para materiales termoestables y elastómeros, las piezas se conforman en un molde cerrado a partir del material *fundido* que se transfiere bajo presión desde una cavidad auxiliar, situada en la unidad de moldeo, a la cavidad del molde. Las piezas obtenidas mediante esta técnica tienen menos rebabas, mayor precisión y un curado más homogéneo que las fabricadas mediante moldeo por compresión.

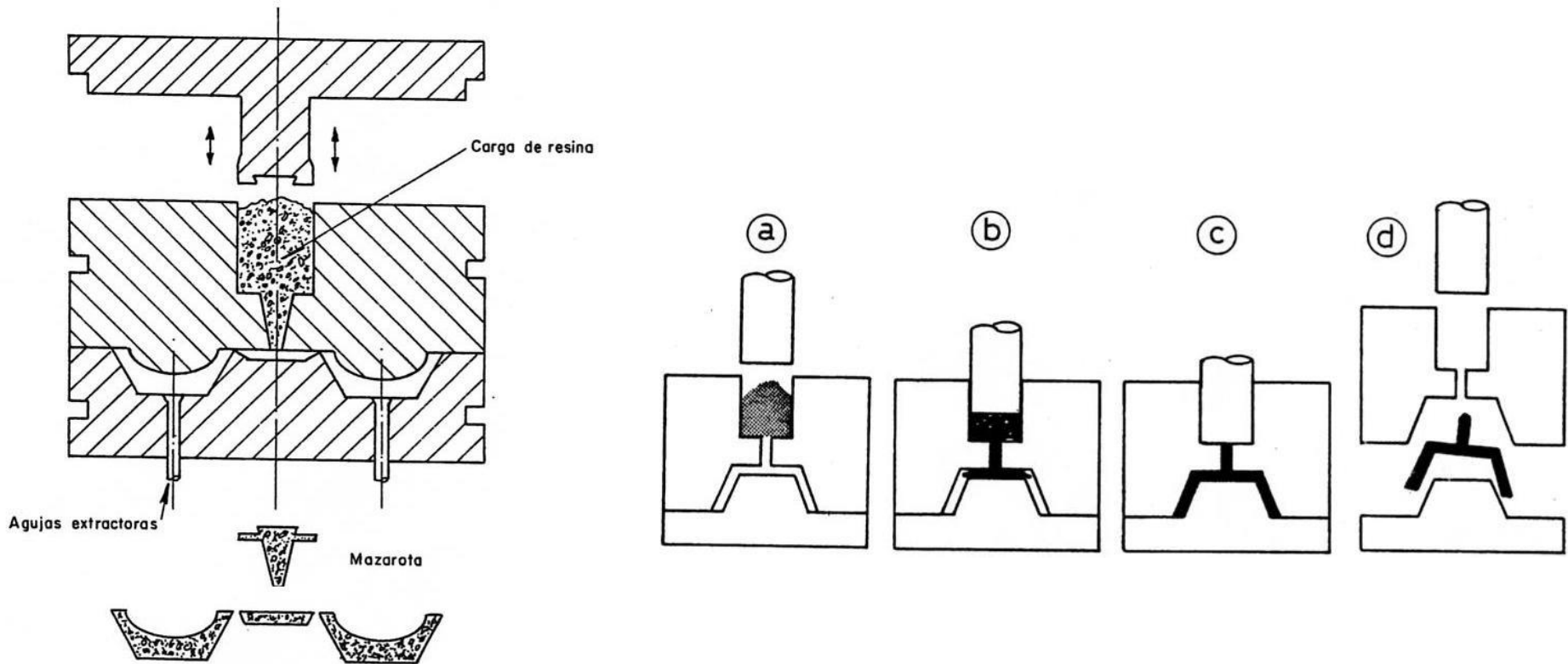
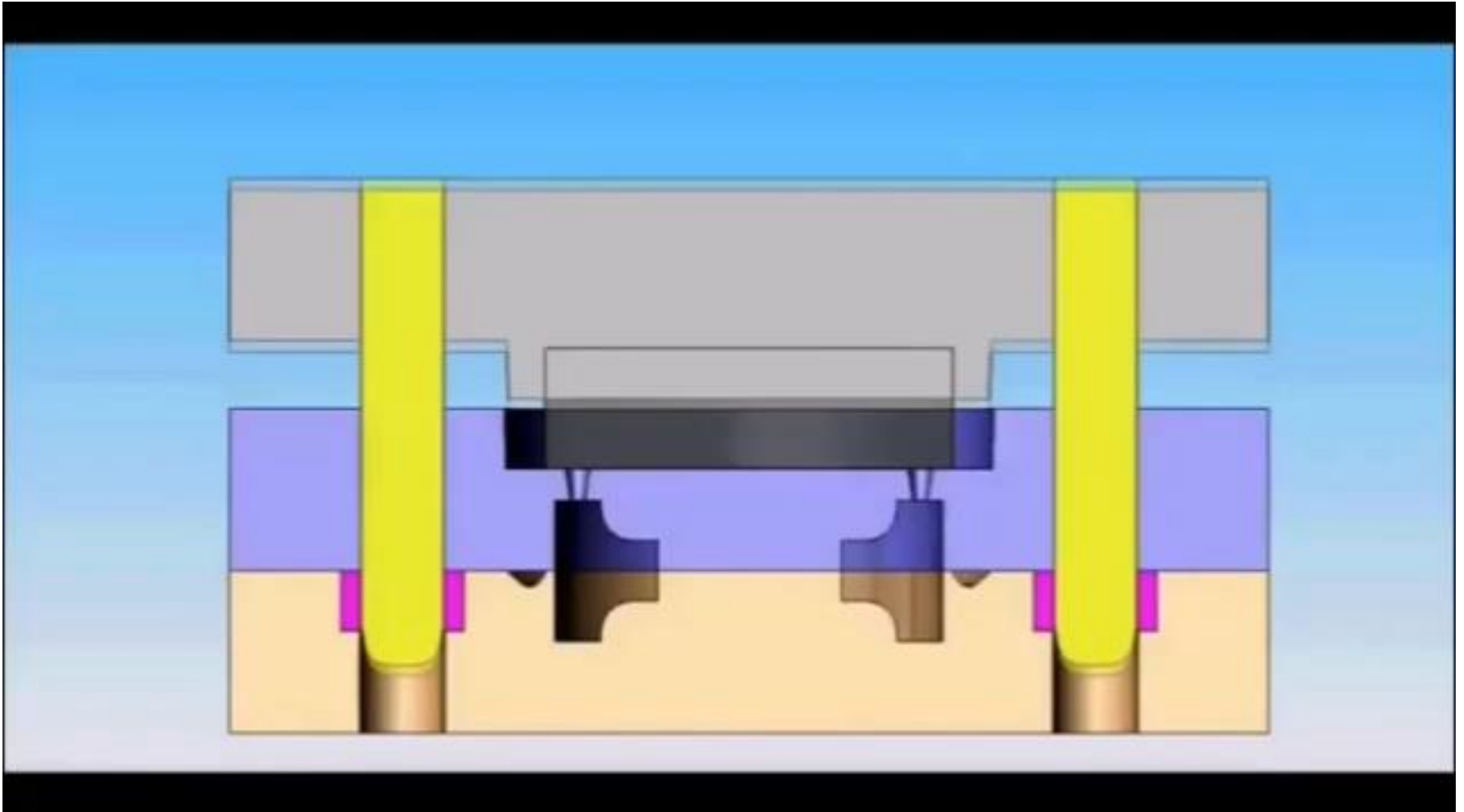


Fig. 3.2.- Esquemas del moldeo por transferencia.

## 2.2. Moldeo.

### Moldeo por transferencia



## 2.2. Moldeo. Moldeo por inyección

En moldeo por INYECCIÓN el material termoplástico *fundido* es inyectado en un molde donde se enfría y solidifica. Tras estas etapas, se abre dicho molde y se extrae la pieza acabada.

Este proceso requiere mayores temperaturas y presiones que cualquier otra técnica de transformación, pero fabrica piezas de bastante precisión, con superficies limpias y lisas y con un buen aprovechamiento del material y un ritmo de producción elevado. No obstante, requiere mecanización final para eliminar las rebabas.

El proceso de inyección está formado por una serie de **etapas individuales secuenciales**, superpuestas en algún caso, que se repiten de manera continua. Es, por lo tanto, un proceso cíclico pero discontinuo. Las fases son:

1. Cierre del molde.
2. Unidad de inyección adelante.
3. Inyección.
4. Presión de mantenimiento.
5. Refrigeración y solidificación de la pieza
6. Unidad de inyección atrás.
7. Plastificación (dosificación).
8. Apertura y expulsión.

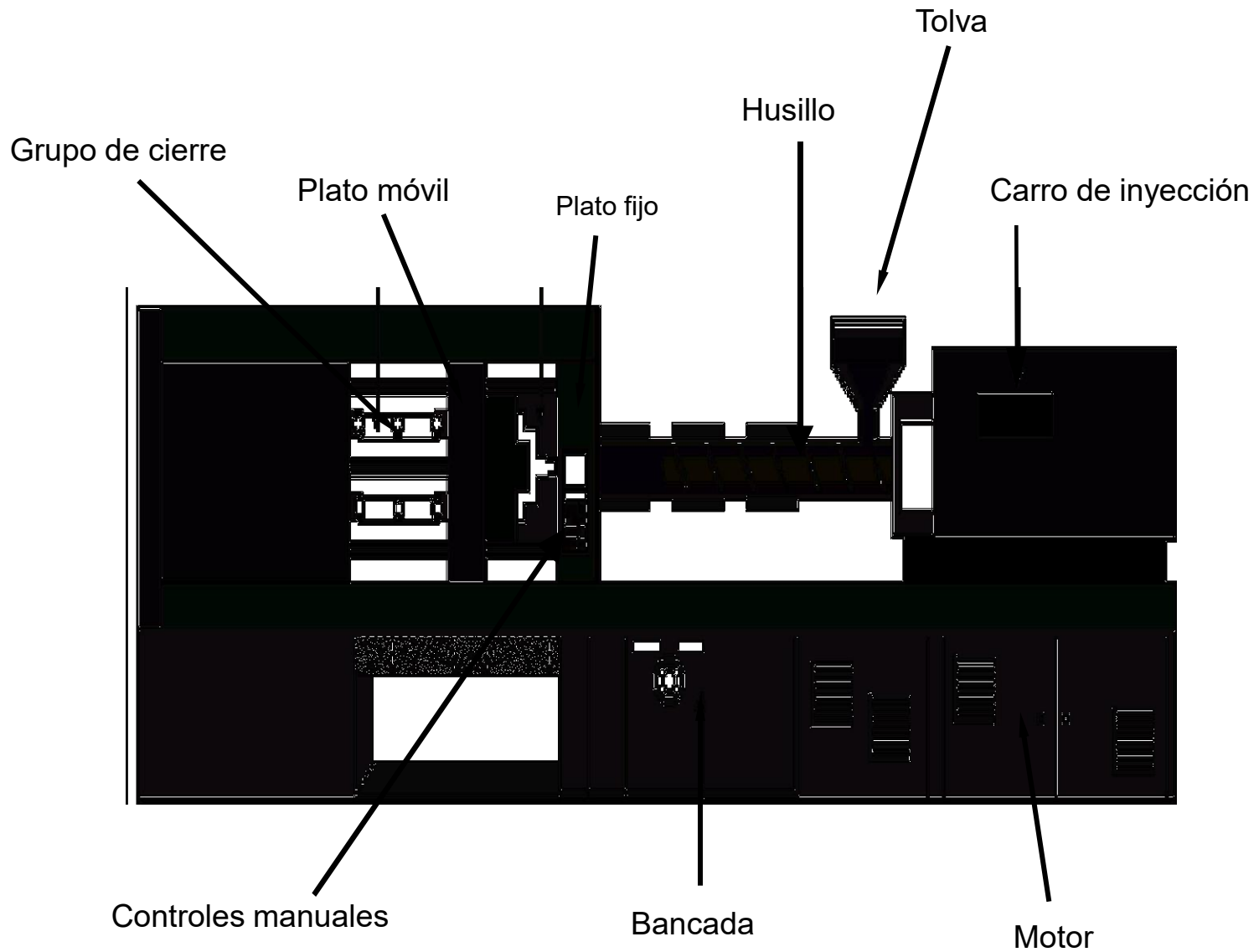


Fig. 3.3.- Equipo de inyección.

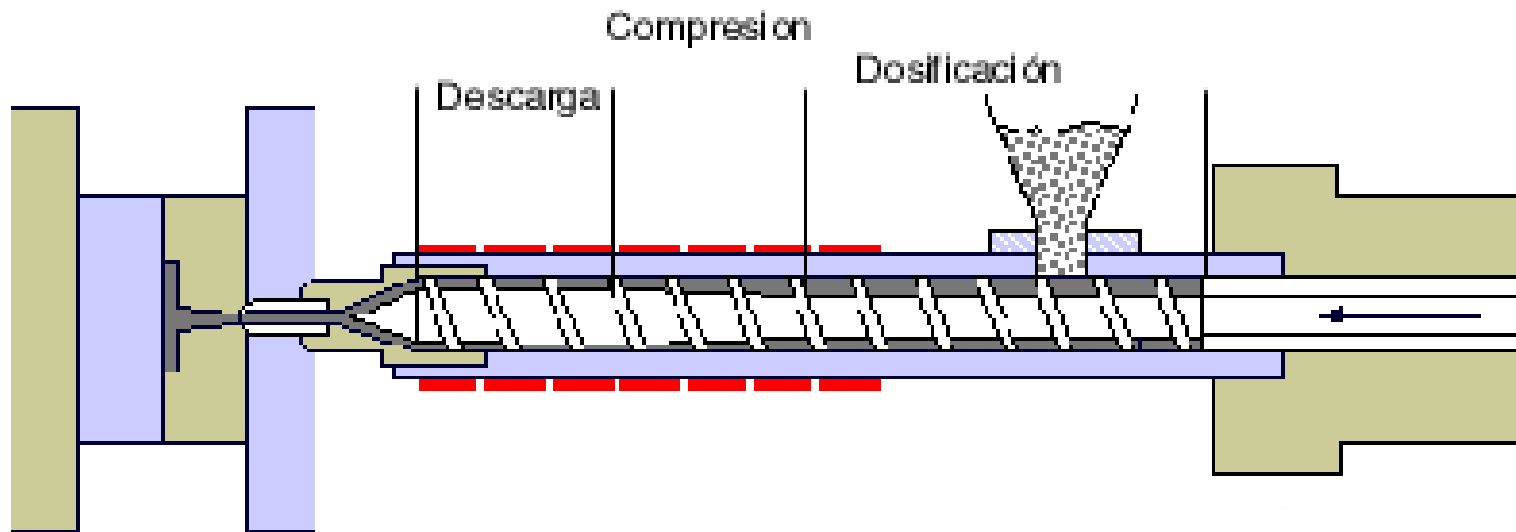


Fig. 3.4.- Detalle del husillo.

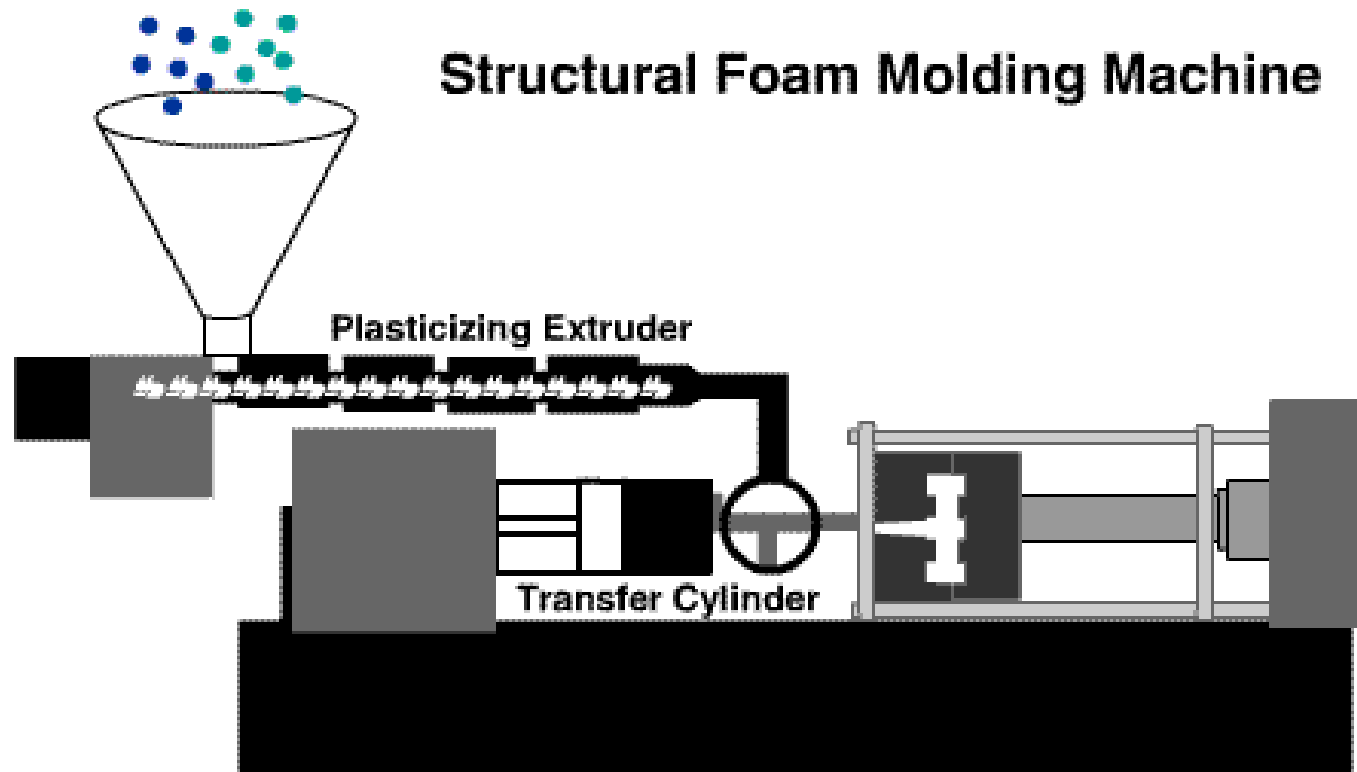


Fig. 3.4-BIS.- Animación del proceso.

<http://www.bpf.co.uk/downloads/files/InjectionMoulding.swf>

<http://www.bpf.co.uk/downloads/files/structural-foam.swf>

## 2.2. Moldeo. Moldeo rotacional

El moldeo rotacional es una técnica que se aplica, sobre todo, a la fabricación de piezas de gran volumen y poco espesor y, también, para la producción de piezas huecas.

En este proceso se introduce el polímero junto con sus aditivos, normalmente en forma de polvo, en el interior de un molde abierto, que suele estar precalentado. Seguidamente, el molde es girado 360° entorno a dos ejes perpendiculares, por oscilación o basculado, de manera que se repara uniformemente el polímero. Éste funde parcialmente y recubre por completo el perfil deseado en la pared.

Posteriormente, el molde se saca del horno de calentamiento y se enfría, abriéndose y sacando la pieza, que puede requerir diversos procesos de acabado (pulido y pintado).

El esquema del proceso se reproduce en la figura 3.12, mientras que la figura 3.13 reproduce un molde típico para esta técnica.

Las ventajas principales de este proceso son un bajo coste de maquinaria, la posibilidad de realizar piezas huecas de muy diferentes tamaños y la ausencia de tensiones internas en las piezas. Ejemplos de piezas transformadas por moldeo rotacional son: Tanques químicos, planchas de windsurf, partes de muñecas, grandes containers, globos de alumbrado, jarrones y piezas de decoración etc.

# Moldeo rotacional

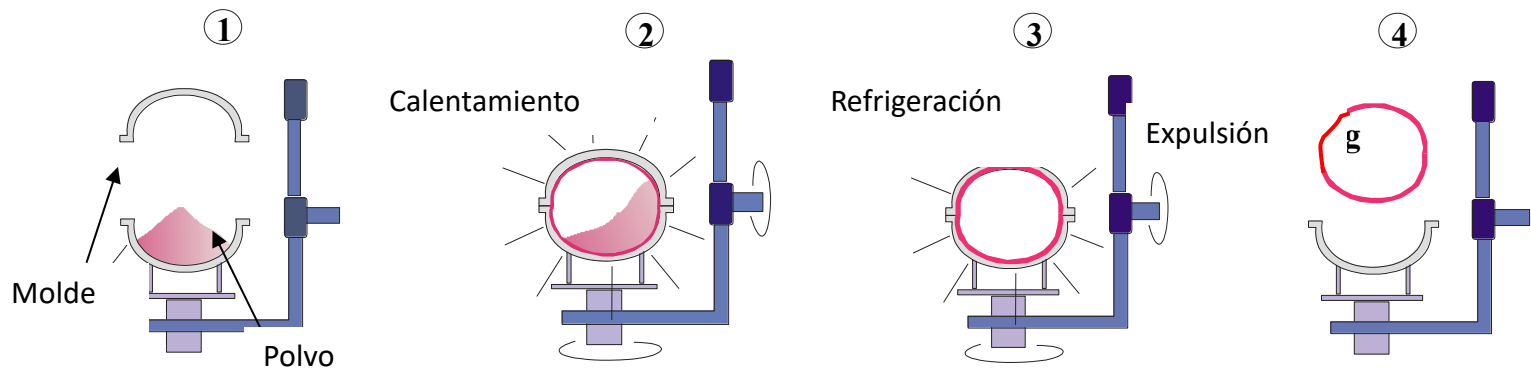


Fig. 3.12.- Esquema del proceso de moldeo rotacional.

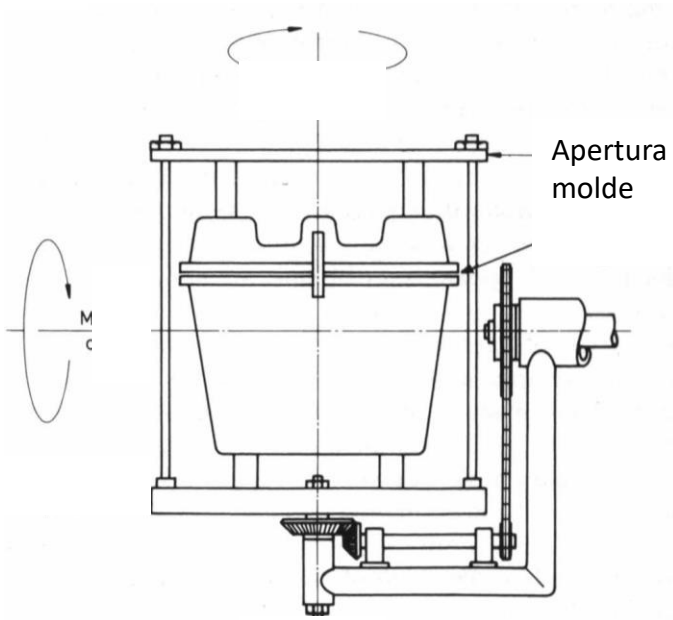


Fig. 3.13.- Molde.

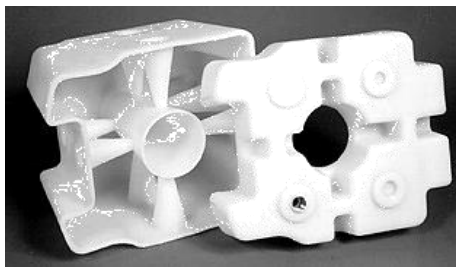


Fig. 3.14.- Ejemplos de piezas obtenidas por moldeo rotacional.

# Moldeo rotacional



Polimeros Mexicanos

Los Mejores Compuestos para el Rotomoldeo

ROTOLENE

Cont. 20 kilos

www.polimers.com

Polimeros Mexicanos

Cont. 20 kilos

www.pr...

ROTOLENE

## 2.3. Termoconformado

El termoconformado es un proceso en el que, a diferencia de los anteriores, se parte de un semielaborado de plástico en forma de lámina. En este proceso se da forma a la lámina por la acción combinada del calentamiento y presión o vacío.

El termoconformado normalmente va dirigido a piezas de baja producción y, en su forma más automatizada, a grandes producciones, como, por ejemplo, para envases de yoghurt. Actualmente se fabrican, también, piezas como puertas de neveras, partes de automóviles, quillas de barco y recipientes para contenido alimentario.

Normalmente la inversión requerida en moldes es pequeña; por ese motivo, son posibles pequeñas series de piezas.

En conformado en vacío (Fig. 4.1), la lámina, previamente calentada, queda sujeta mediante una brida a la caja del molde y, a continuación, se aplica un vacío. La presión atmosférica adapta la hoja contra las paredes del molde. Allí se enfría lo suficiente para conservar su forma y, luego, se extrae. En lugar de vacío, puede aplicarse aire comprimido confinado en una cámara que se adapta a la brida soporte de la lámina. Otra variante es el conformado mediante moldes adaptados (Fig. 4.2), en el que la hoja precalentada se aprisiona entre dos moldes calientes, molde y contramolde, que se adaptan proporcionando al material la forma en sus dos caras, enfriándose a continuación.

# Termoconformado

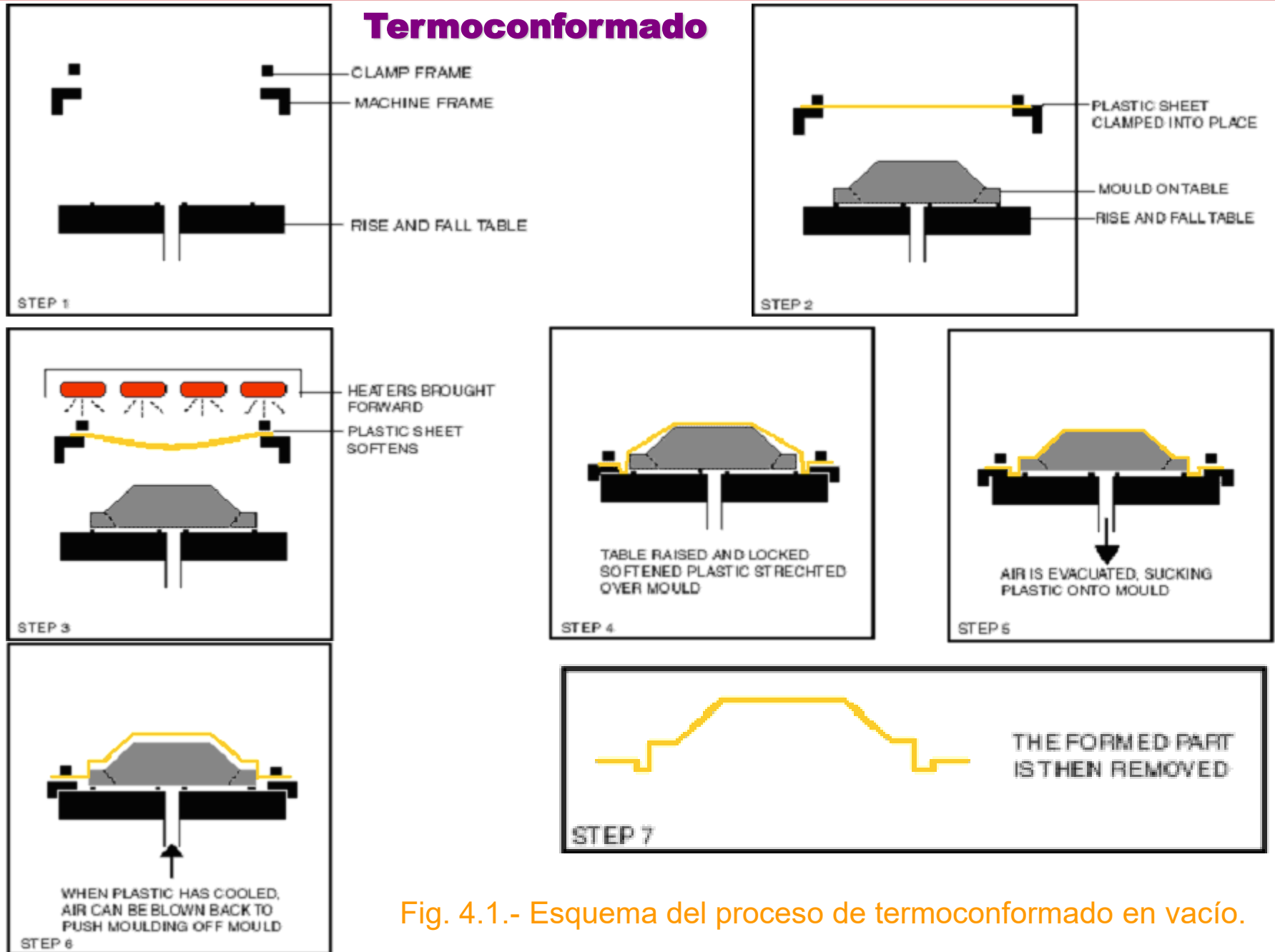


Fig. 4.1.- Esquema del proceso de termoconformado en vacío.

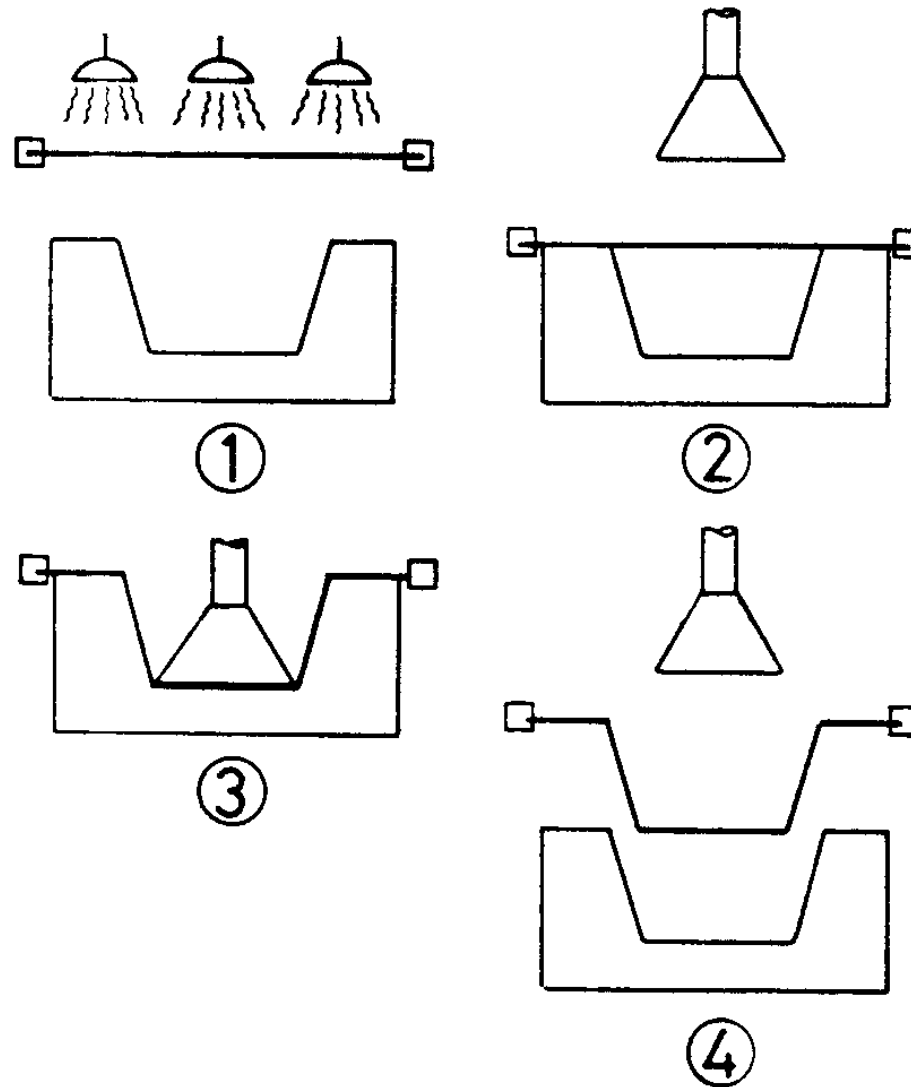


Fig. 4.2.- Termoconformado mediante moldes adaptados.

<http://www.bpf.co.uk/downloads/files/vacuumform1.swf>

# Termoconformado





