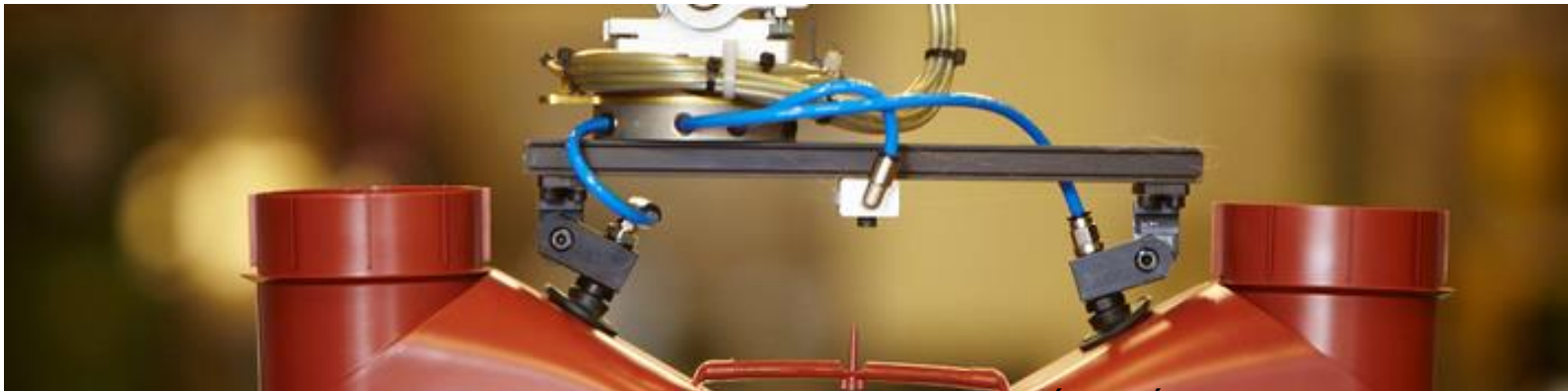




BLOQUE I. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN PRIMARIAS

Tema 01. Procesos de fabricación empleados en polímeros



Cartagena99

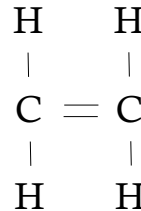
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

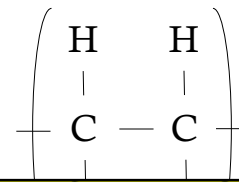
Conceptos básicos

Monómero (“mero” del griego, significa parte): unidad básica de construcción de un polímero.



Etileno

Polímero: Unión de cientos o miles de monómeros.



Polietileno

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

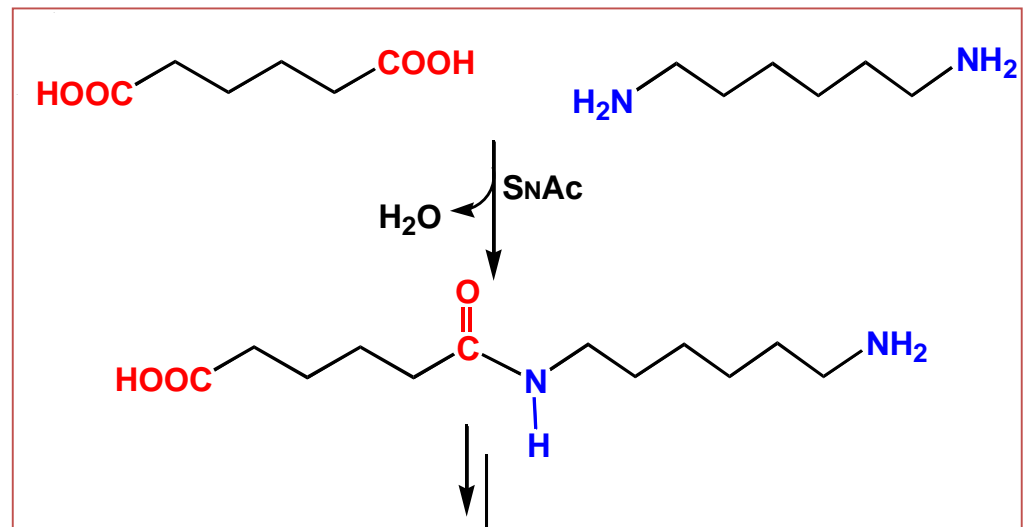
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Polimerización

Por condensación o por etapas:

Nylon 6,6



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

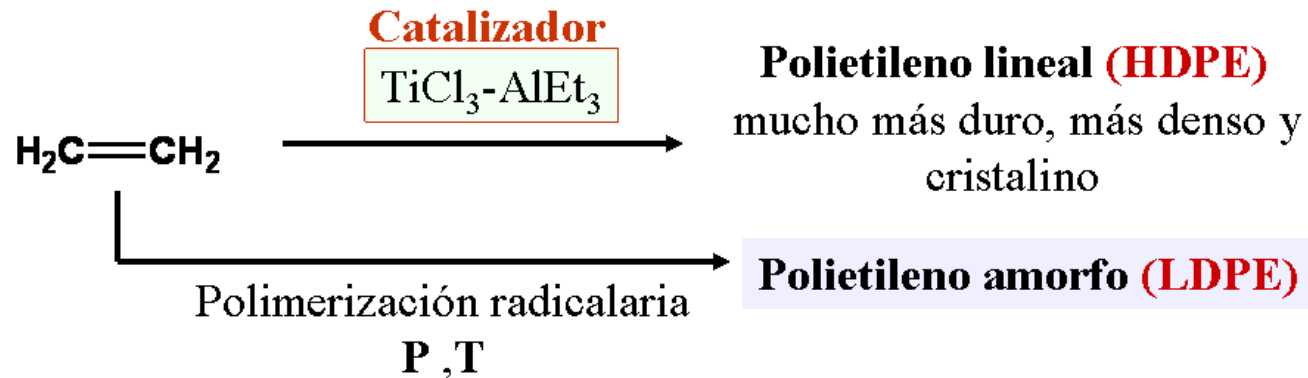
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Polimerización

Por adición o en cadena: Iniciación, propagación y terminación.



$\text{TiCl}_3\text{-AlEt}_3$

Polipropileno de

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Otros conceptos

Termoplásticos:

Al aumentar la temperatura por encima de T_g o T_m los enlaces secundarios se debilitan y las cadenas adyacentes pueden desplazarse. Es un proceso reversible al disminuir la temperatura.

Ejemplos: nylon, polietileno, poliestireno, polipropileno...

Termoestables:

La red polimérica está constituida por enlaces covalentes. El entrecruzamiento es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Comportamiento térmico de polímeros

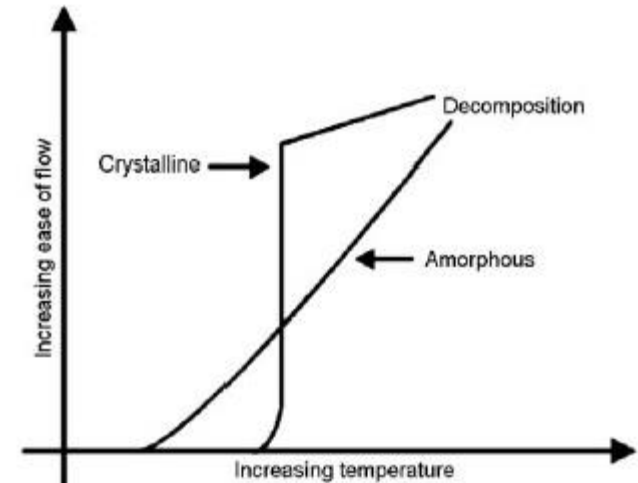
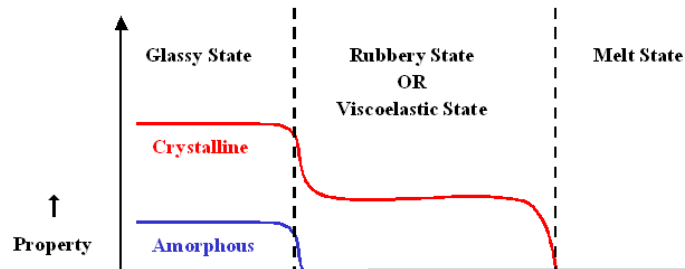
Temperatura de transición vítrea

Temperatura que marca el paso de sólido rígido a sólido deformable o gomoso

$T < T_g \rightarrow$ Baja movilidad de las cadenas (rígido)

$T > T_g \rightarrow$ Mayor movilidad de las cadenas (gomoso)

THERMAL TRANSITIONS IN POLYMERS



Facilidad para fluir un polímero termoplástico

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

(Glass Transition Temperature) (Melting Temperature)

TEMPERATURE

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Concepto de viscosidad

$$\sigma = \mu \frac{d\gamma}{dt}$$

σ, τ : Esfuerzo de cizalla

μ, η : Viscosidad

$d\gamma/dt$: Velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

Tabla 2.2 Intervalos aproximados de velocidades de cizalla en diversos procesos

Proceso	Margen de velocidades de deformación (s ⁻¹)
Sedimentación	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁴
Moldeo por compresión	1 - 10
Molido	10 - 10 ²
Calandrado	10 - 10 ²

Fluido Newtoniano



Fluido no Newtoniano

Velocidad de cizalla

Tiempo de aplicación de la cizalla

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

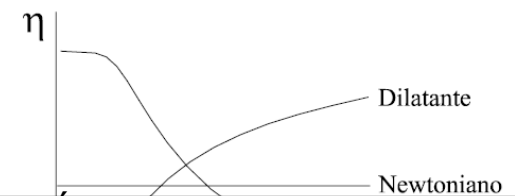
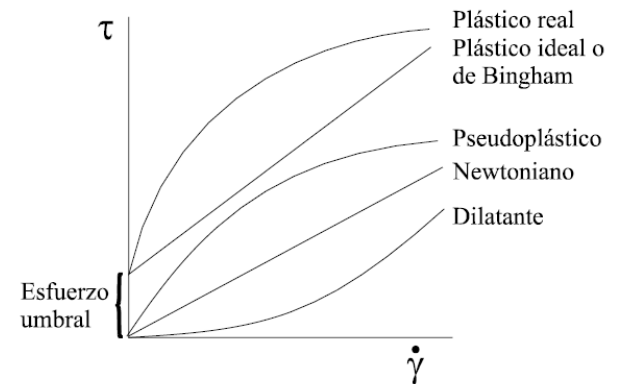
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Concepto de viscosidad

- Comportamiento **dilatante**: Al aumentar la velocidad de cizalla aumenta la viscosidad. Ejemplo: suspensiones de almidón y ciertas suspensiones de PVC.
- Comportamiento **plástico**: Se comportan como sólidos elásticos por debajo de un esfuerzo umbral mientras que con la aplicación de un esfuerzo superior se deforma de forma continua como un fluido.
- Comportamiento **pseudoplástico**: Al aumentar la velocidad de cizalla disminuye la viscosidad. La pseudoplasticidad es más o menos marcada dependiendo de la distribución de pesos moleculares y de la estructura del polímero.

Curvas de flujo



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

$\dot{\gamma}$: Velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Concepto de viscosidad

Diseño del proceso

Velocidad de cizalla

Presión

Temperatura

Tiempo

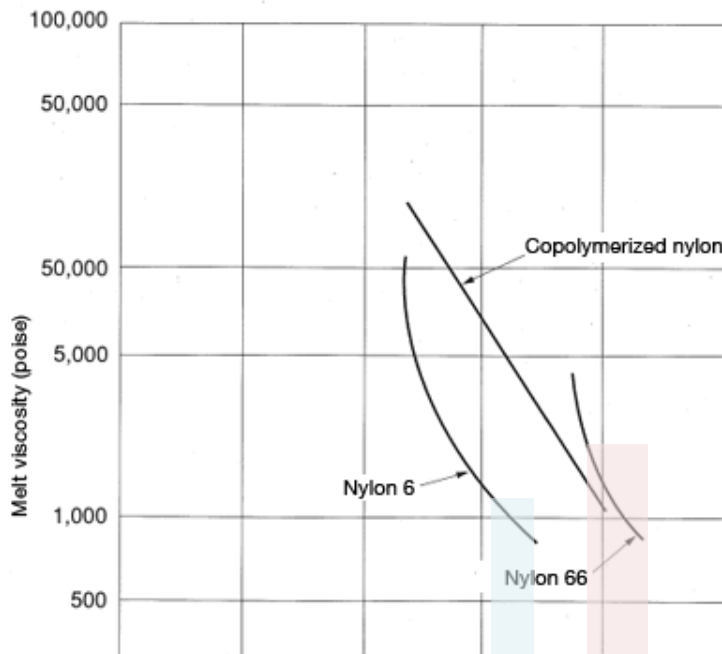


Figure 1. The effect of shear rate on the viscosity of GLS styrenic TPE compounds*

* Measured at 390°F (200°C)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Recordatorio → Polimerización
Resinas termoestables

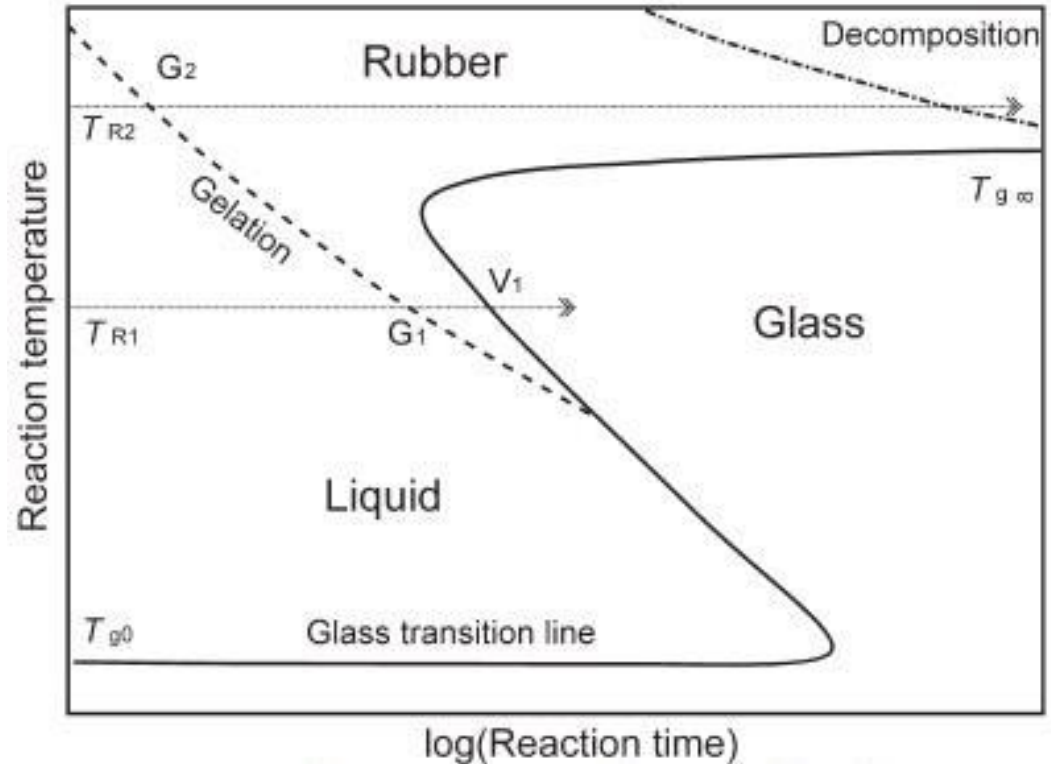
Reacción de Polimerización



CURADO



Reacción exotérmica e irreversible



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Recordatorio → Polimerización Resinas termoestables

- **Gelificación:** Proceso por el cual se produce un brusco y rápido cambio en la viscosidad, pasando de un estado de fluido viscoso a un gel sólido → Creación de puntos de entrecruzamiento entre las cadenas → Proceso Irreversible
- **Tiempo de Gelificación:** Tiempo para alcanzar la gelificación desde la adición de todos los componentes del sistema (resina, endurecedores, acelerados, inhibidores)
- **Vitrificación:** T_g de la resina alcanza la temperatura del sistema → A partir de este instante, la reacción tiene lugar por debajo de la T_g del sistema → La reacción de curado es más lenta

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

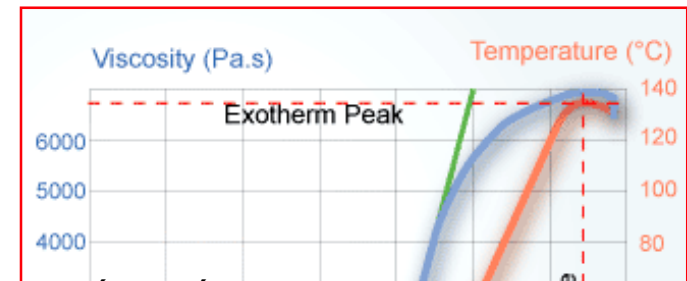
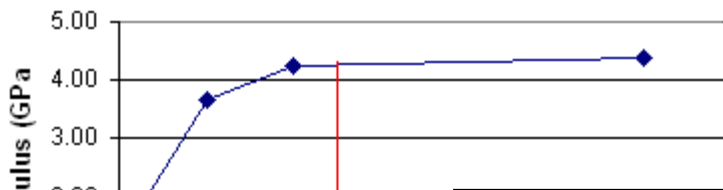
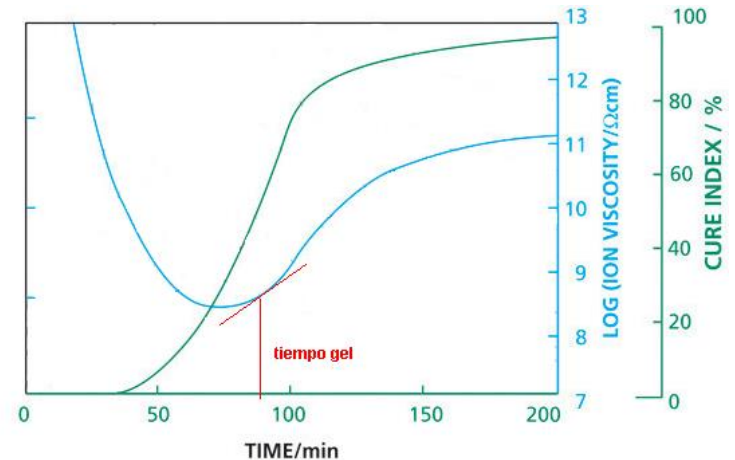
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Pico exotérmico:** Temperatura máxima alcanzada durante la reacción

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Recordatorio → Polimerización Resinas termoestables

Temperatura y Tiempo → Influencia en las propiedades finales y parámetros del procesado de las resinas termoestables (aspectos físicos de la resina se ven modificados)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

cure time (sec)

Cure time (min)



INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Ventajas del empleo de polímeros

- Relativo bajo coste
- Resistencia a la corrosión y a químicos
- Baja conductividad eléctrica y térmica
- Baja densidad
- Elevada relación resistencia-peso

Cartagena99

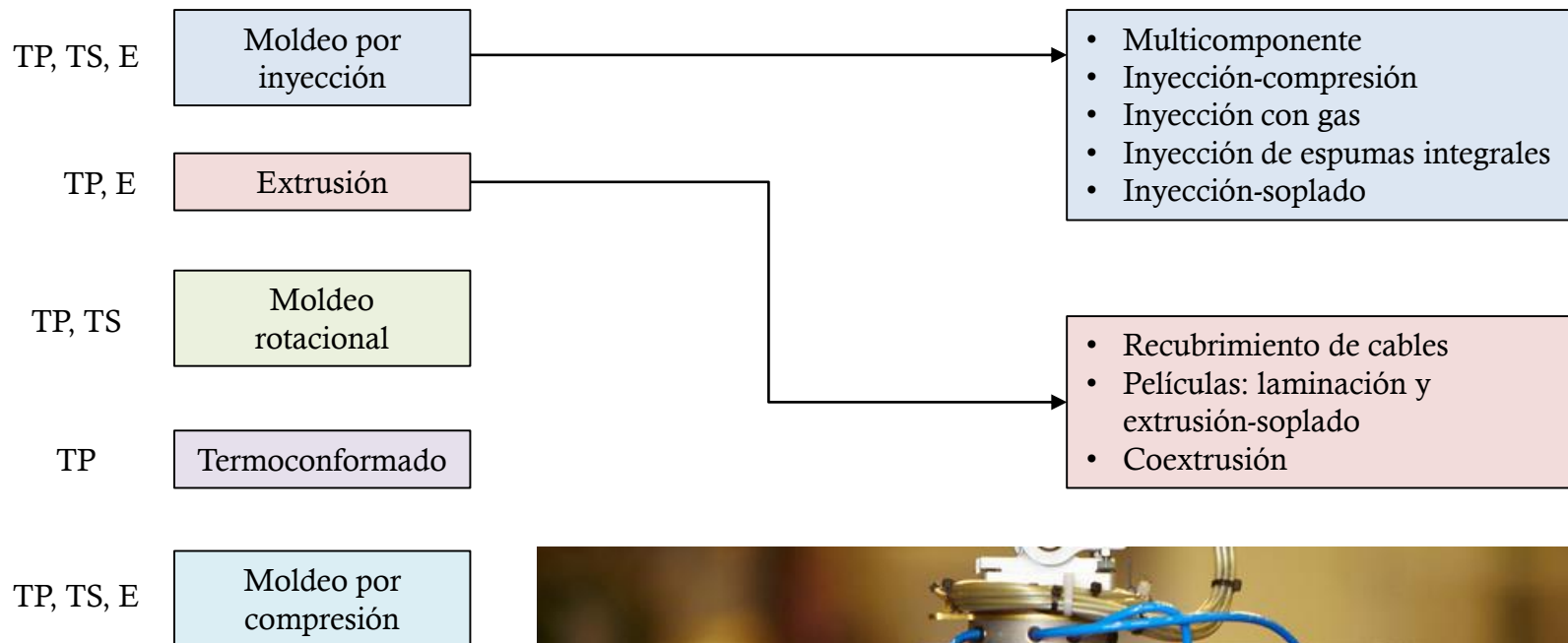
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INTRODUCCIÓN

Procesos de fabricación



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

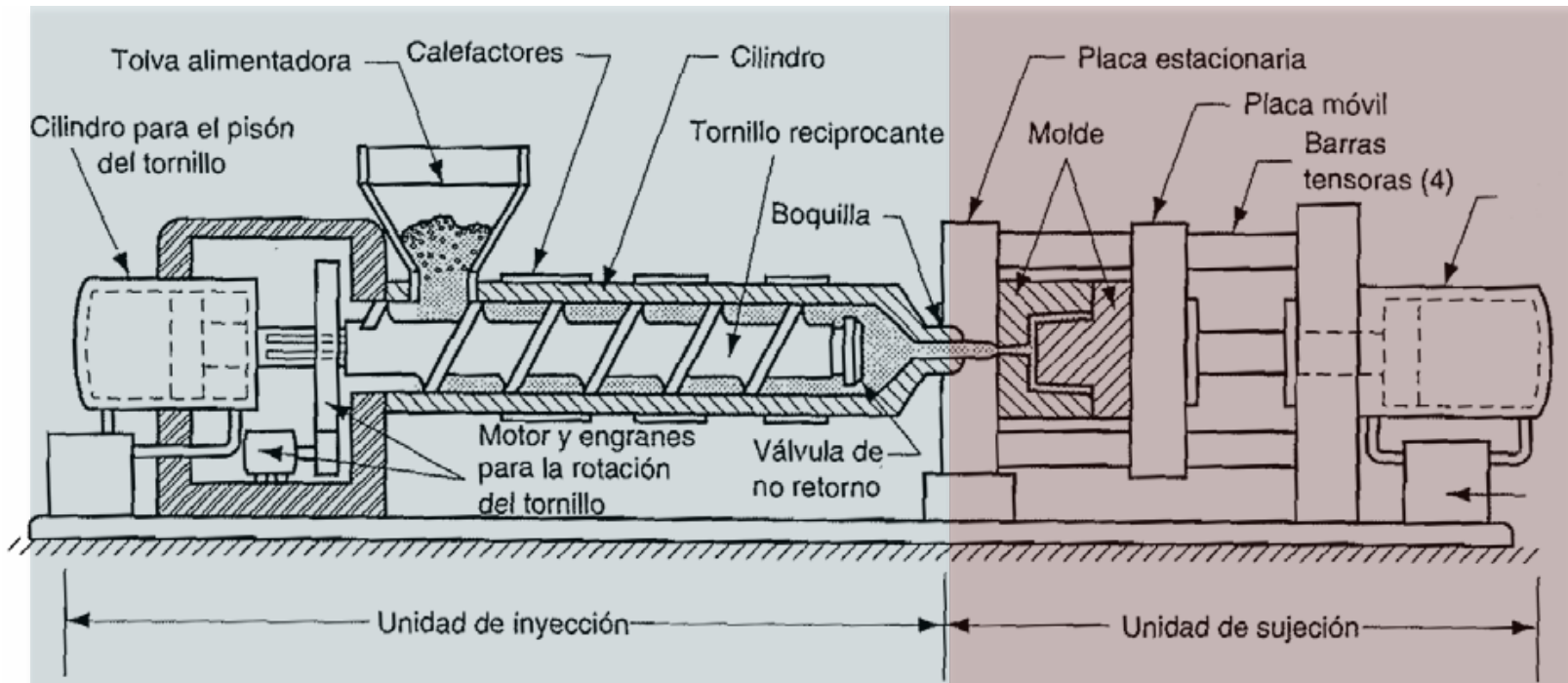
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

110143

MOLDEO POR INYECCIÓN

Tecnología



Cartagena99

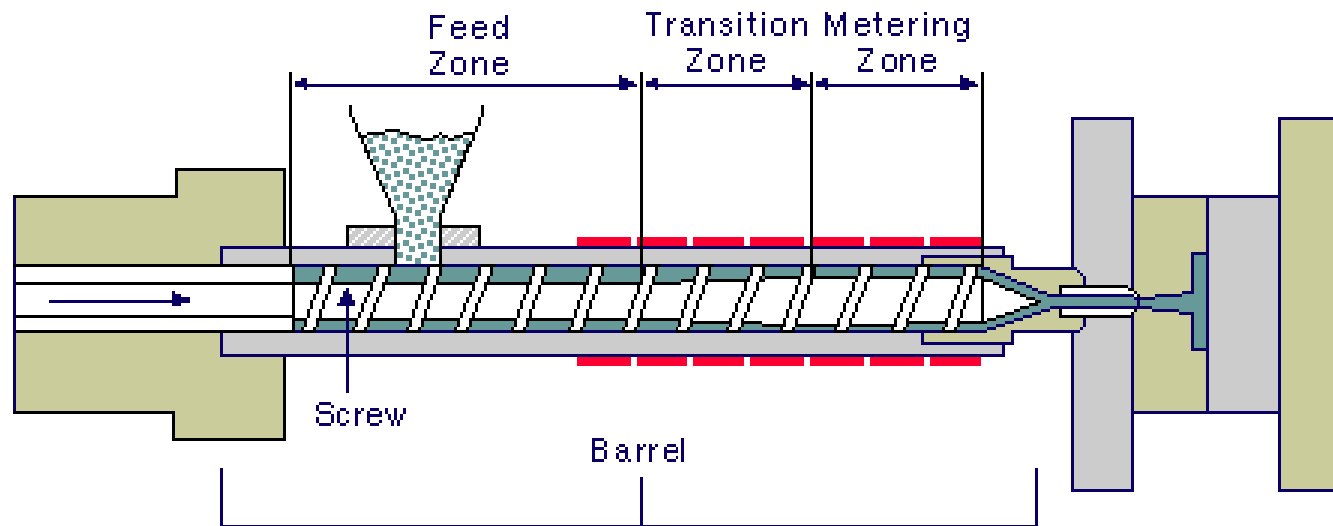
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

• Soporta producciones elevadas

MOLDEO POR INYECCIÓN

Componentes



- Tolva

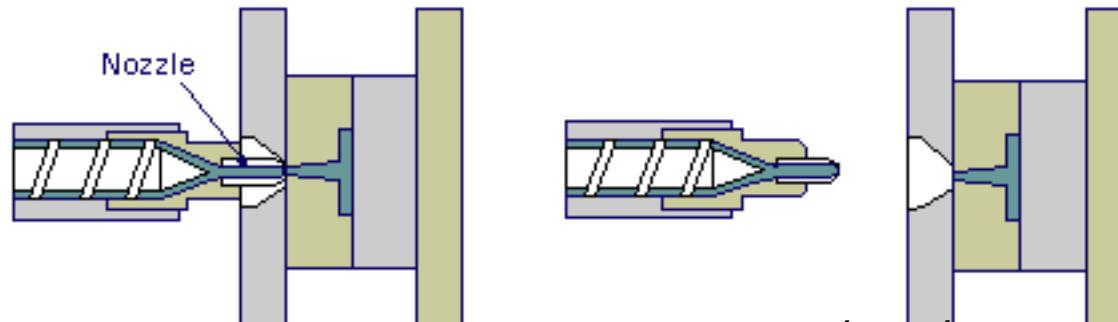
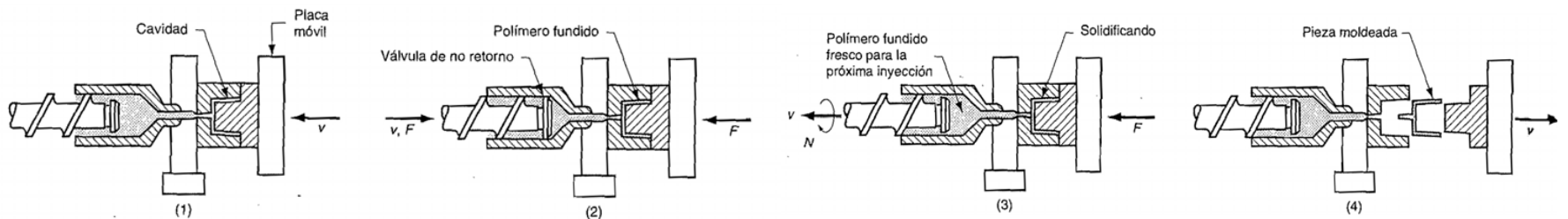
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Componentes



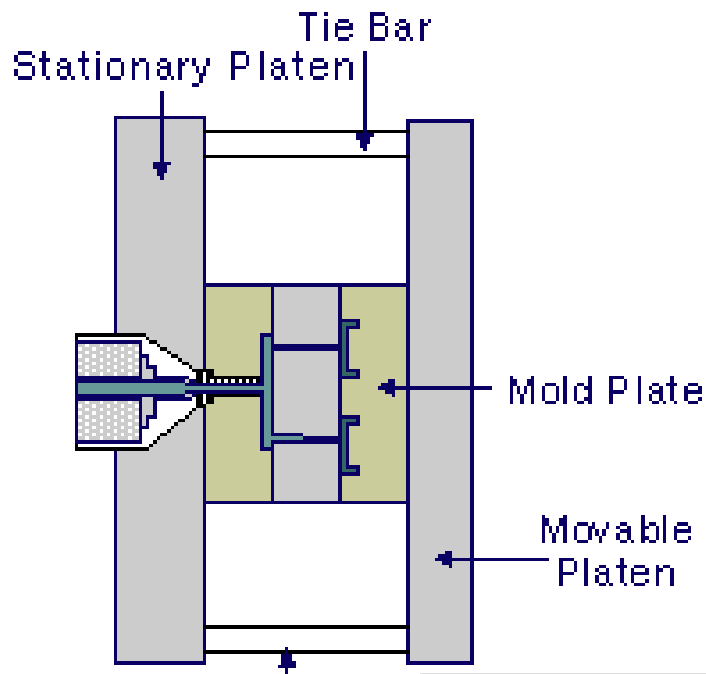
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Componentes



• Molde:

- Plato estacionario fijado a la carcasa.
- Uno o más platos móviles que se desplazan mediante guías.
- Canales de enfriamiento.

La presión de la etapa final de la inyección puede llegar a 500-2000 bar.

Cartagena99

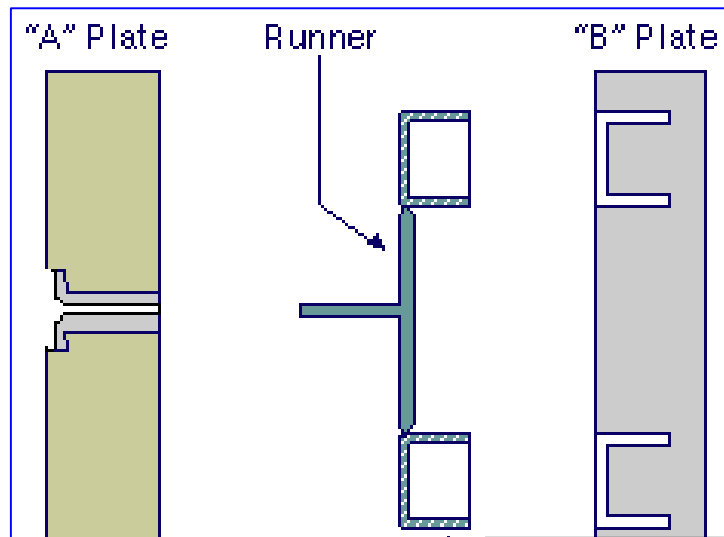
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

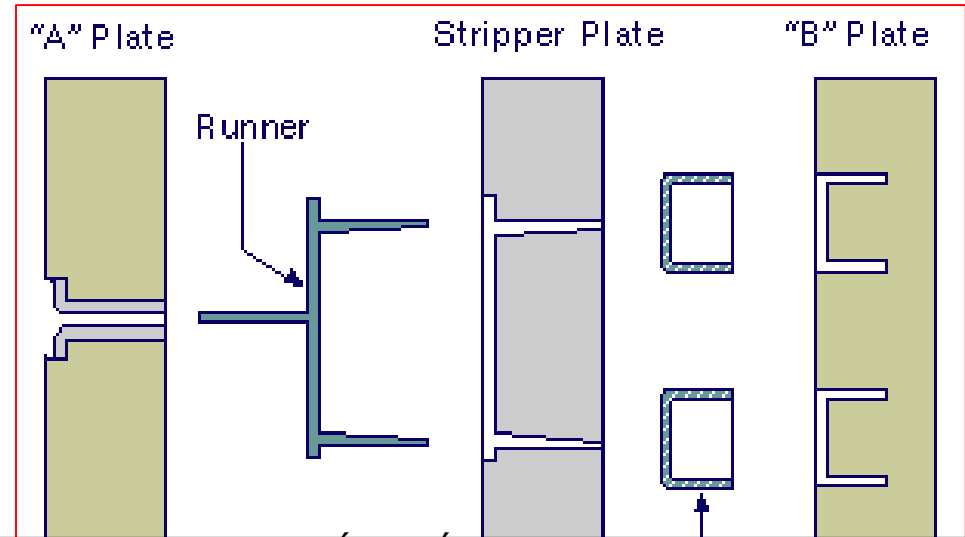
MOLDEO POR INYECCIÓN

Tipos de Molde

Molde de dos placas



Molde de tres placas



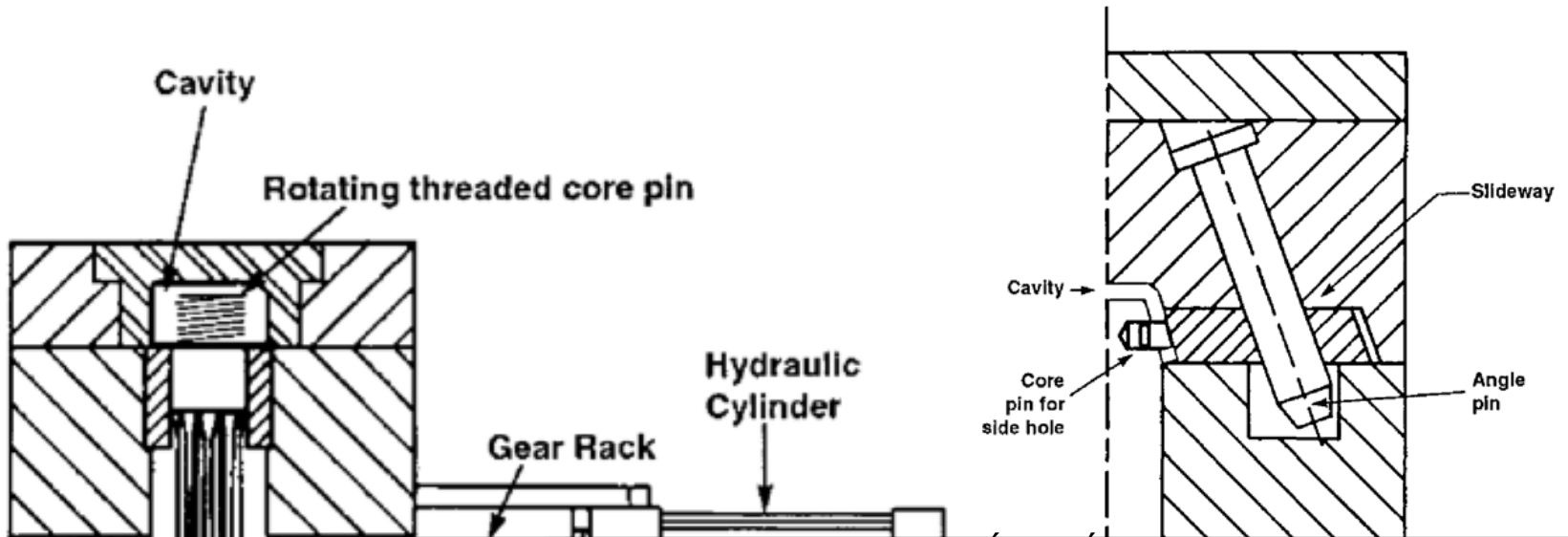
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Tipos de Molde



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Alimentadores

Part volume (cm ³)	Shot size (cm ³)	Runner %
16	22	37
32	41	28
64	76	19
128	146	14
256	282	10
512	548	7
1024	1075	5



% del área proyectada

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Problema 1.

Se requiere moldear un lote de discos de ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) de 15 cm de diámetro y un espesor de 4 mm en un molde con 6 cavidades. Determinar el tamaño de máquina adecuado.

Datos: la presión de inyección recomendada para el ABS es de 1000 bares.

$$a_p = \pi r^2 = \pi (15/2)^2 = 176.71 \text{ cm}^2$$

$$V_p = a_p e = 176.71 \cdot 0.4 = 70,69 \text{ cm}^3$$

$$A_{p6} = 6 \pi r^2 = 6 \pi (15/2)^2 = 1060.29 \text{ cm}^2$$

Part volume (cm ³)	Shot size (cm ³)	Runner %
16	22	37
32	41	28
64	76	19
128	146	14
256	282	10

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Problema 1.

Se requiere moldear un lote de discos de ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) de 15 cm de diámetro y un espesor de 4 mm en un molde con 6 cavidades. Determinar el tamaño de máquina adecuado.

Datos: la presión de inyección recomendada para el ABS es de 1000 bares.

$$F = (1251.14 \cdot 10^{-4}) \cdot 500 \cdot 10^5 = 6255.70 \text{ kN}$$

TABLE 8.4 Injection Molding Machines

Clamping force (kN)	Shot size (cc)	Operating cost (\$/h)	Dry cycle times (s)	Maximum clamp stroke (cm)	Driving power (kW)
300	34	28	1.7	20	5.5
500	85	30	1.9	23	7.5
1000	201	32	2.2	27	18.5

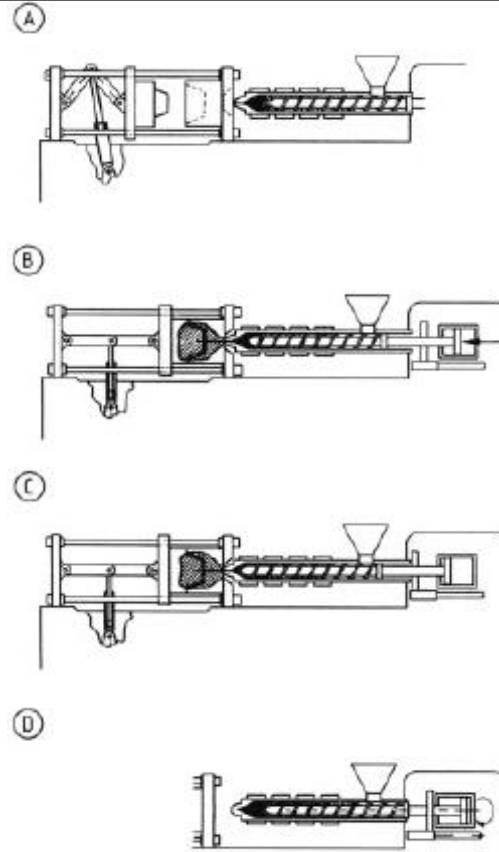
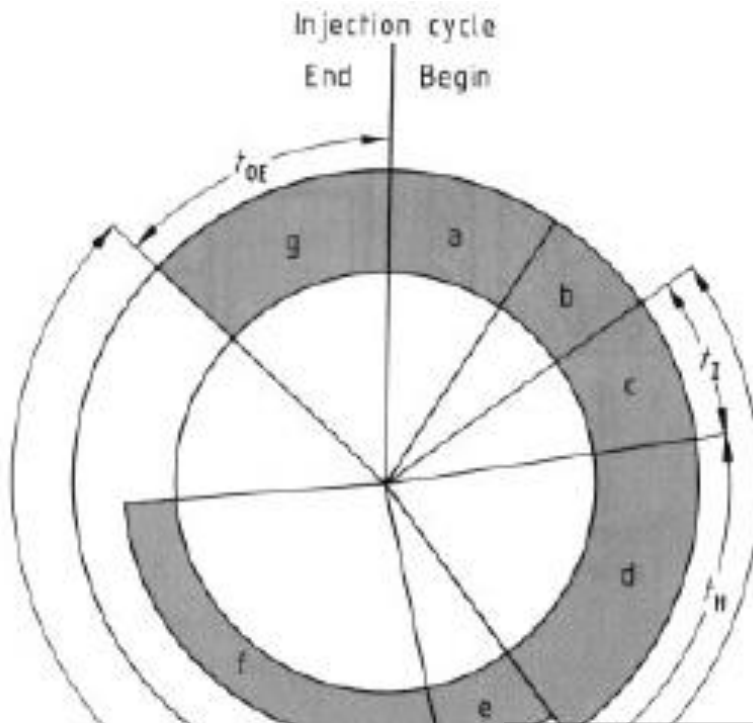
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Ciclo de inyección



- a. Cierre del molde
- b. Avance del husillo
- c. Inyección
- d. Mantenimiento de la presión
- e. Retroceso
- f. Plastificación para el siguiente ciclo

Cartagena99

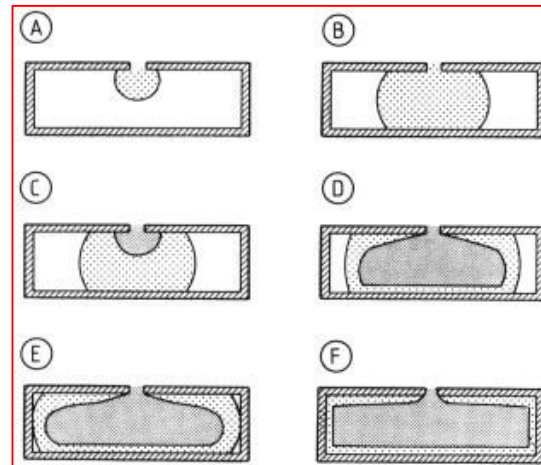
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

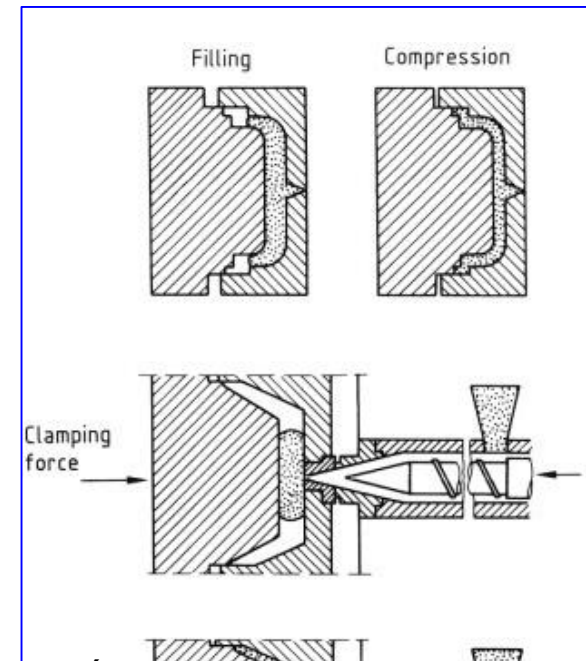
MOLDEO POR INYECCIÓN

Procesos de inyección especiales

Inyección multicomponente



Inyección - compresión



Inyección con gas:



Cartagena99

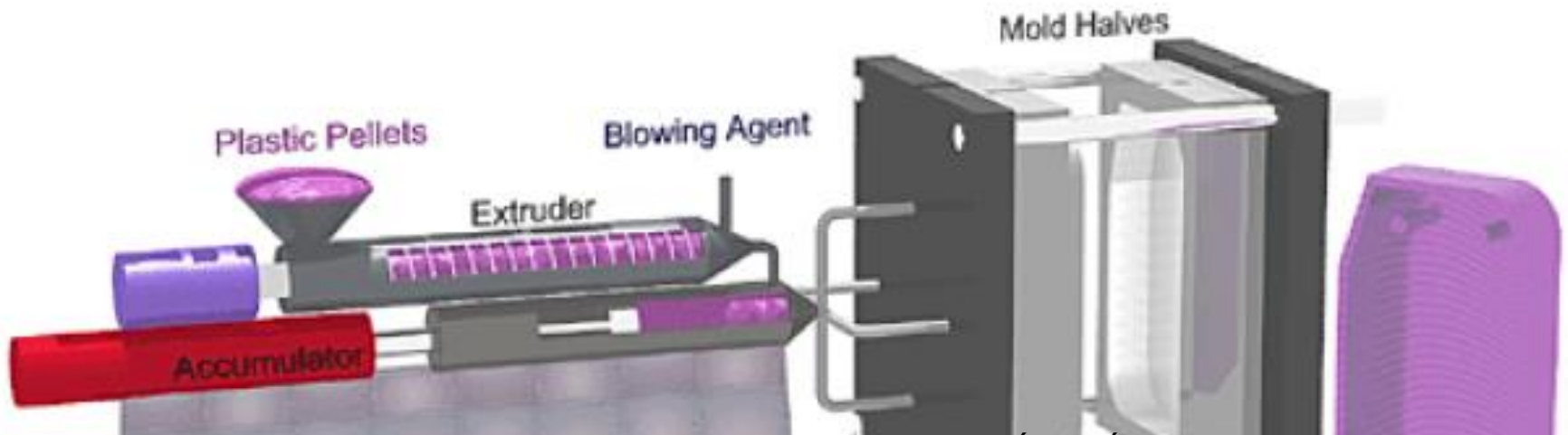
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR INYECCIÓN

Procesos de inyección especiales

Moldeo de espumas integrales



Cartagena99

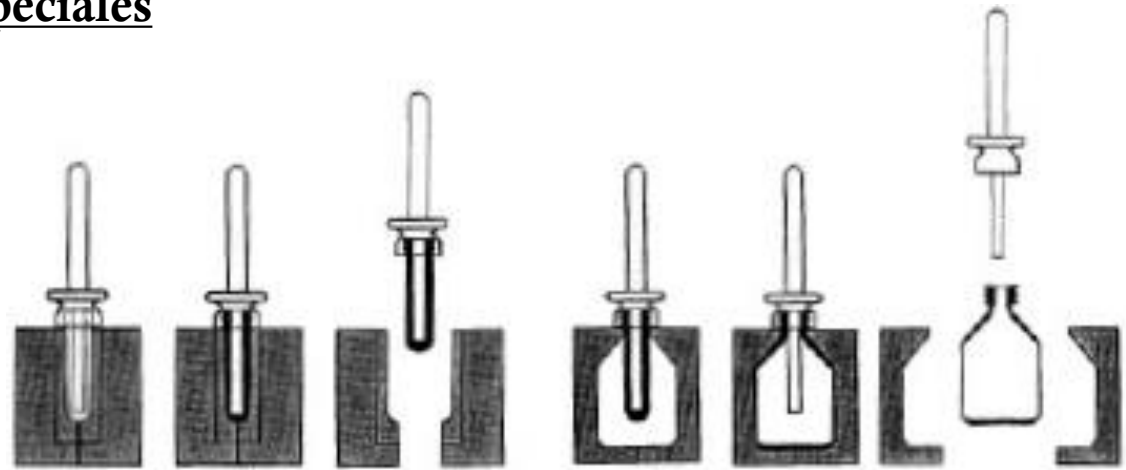
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

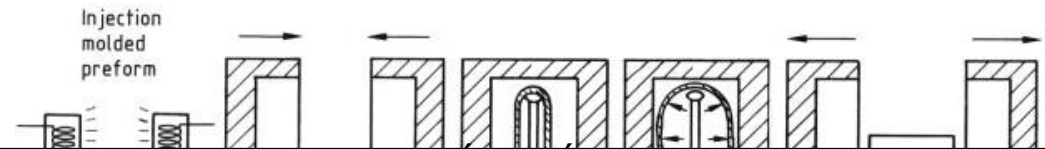
MOLDEO POR INYECCIÓN

Procesos de inyección especiales

Inyección-soplado



Inyección-estirado-soplado (PVC, PP, PET)



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Heating

Positioning into
the mold

Axial
stretching

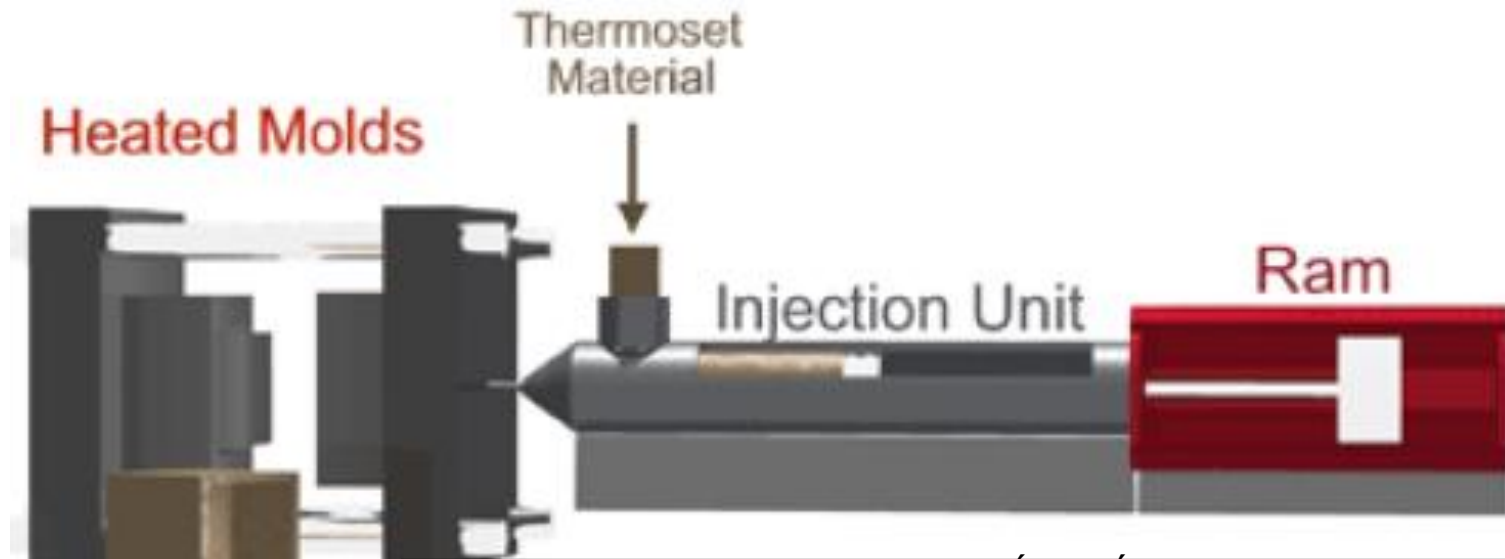
Blowing
Cooling

Demolding

MOLDEO POR INYECCIÓN

Procesos de inyección especiales

Moldeo por inyección de materiales termoestables



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 1-50 piezas/min.
2. Las piezas de termoestable tienen normalmente un ciclo de inyección más largo.
3. La flexibilidad en el diseño de las piezas viene limitada por los moldes.
4. Rentable económicamente para una producción de más de 10000 piezas.
5. Se puede conseguir la automatización completa del proceso.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Consideraciones en el diseño

1. Se pueden conseguir formas muy complejas y detalles con relieve.
2. Tiene flexibilidad para generar huecos, insertos, cortes y relieves.
3. Los espesores de las piezas son uniformes y la variación de espesor no debe ser superior a 2:1.
4. La fuerza de cierre es proporcional al área de la pieza moldeada proyectada.
5. El radio mínimo interior de una pieza es de 1.5 mm y el ángulo que se puede moldear está en el rango de 0.25 a 4°, dependiendo de la sección de la pieza.

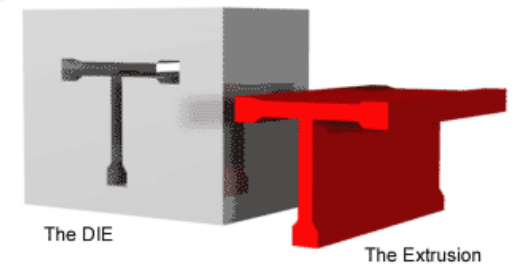
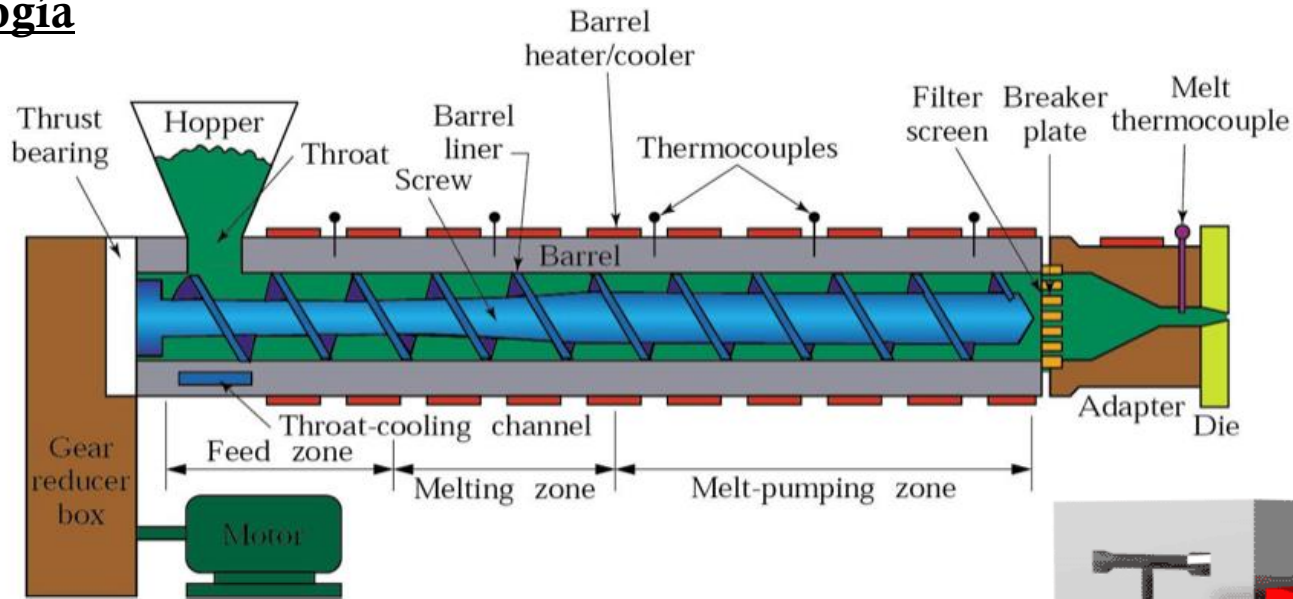
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Tecnología



- Diferencia con inyección: el plástico fundido se hace pasar por una

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

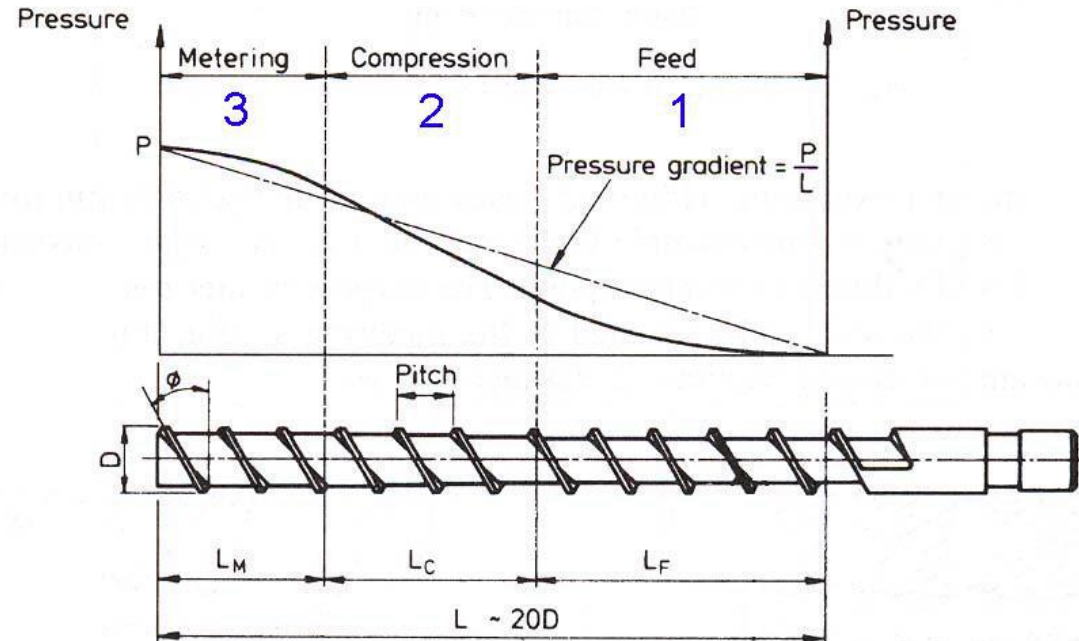
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

en aumento.

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Componentes



- Tolva
- Husillo: zona de alimentación (feed zone), Zona de compresión o

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

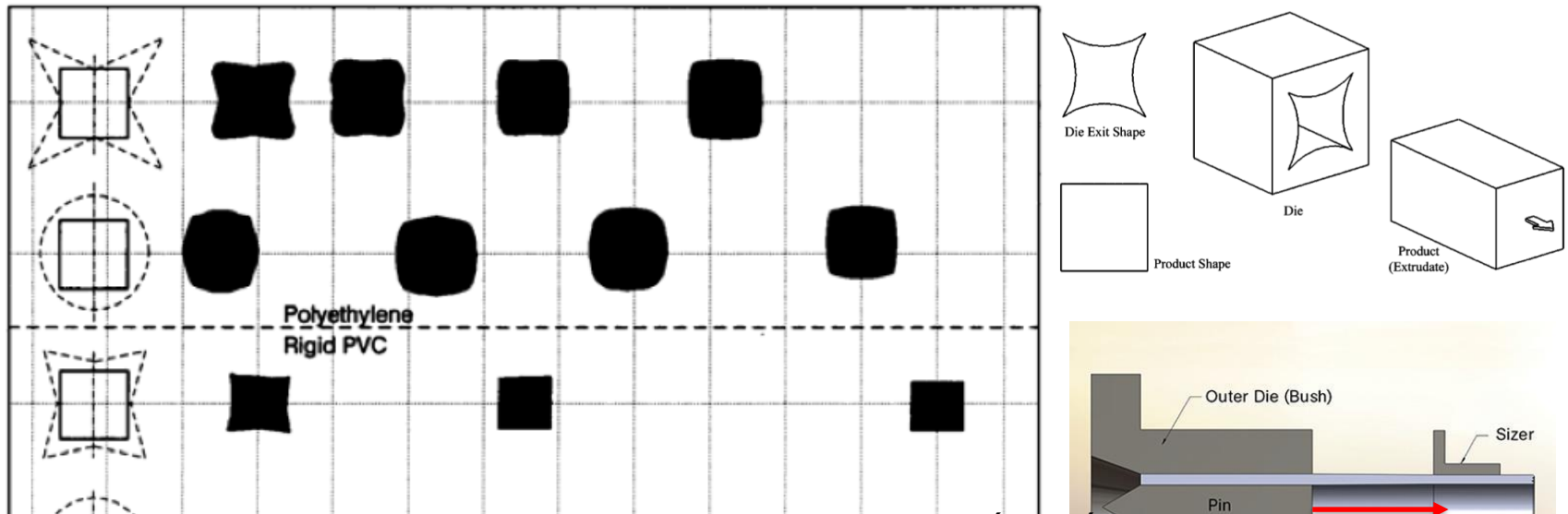
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Regulador de velocidad (rpm): contiene torpedos para perfiles huecos.

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Componentes

- Modelo de Tadmor (no tiene en cuenta la reducción de h)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

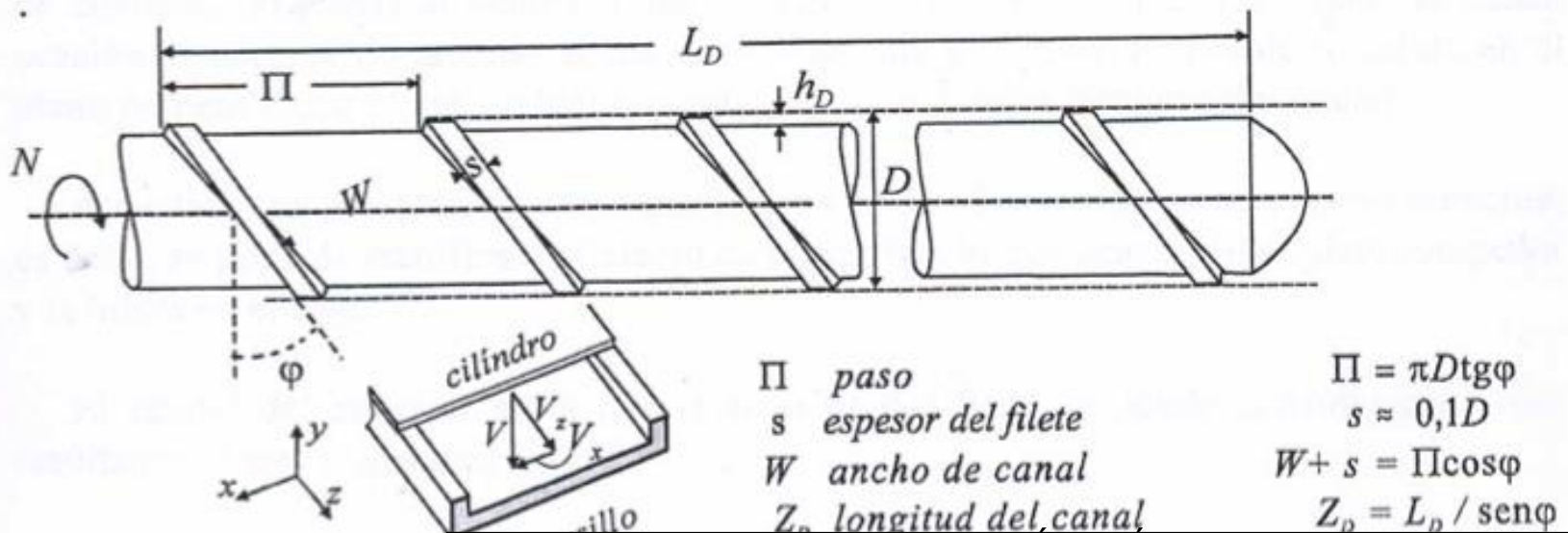
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

UJA

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Geometría del husillo



Cartagena99

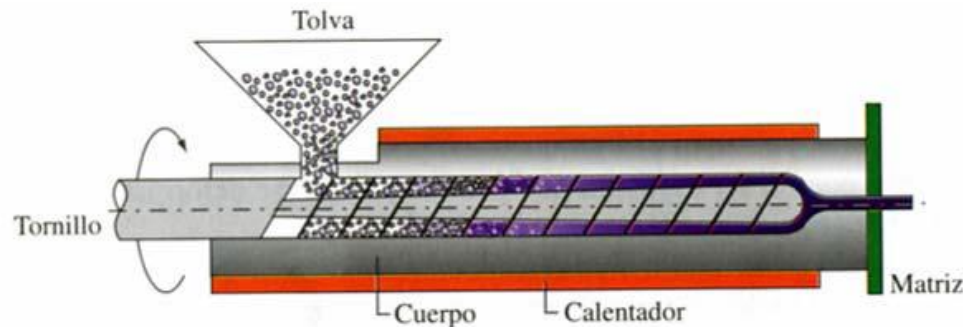
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Generalmente: $\phi = 17.7^\circ$

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Ciclo de extrusión



- Colocación de la granza en la tolva.
- Arrastre del material por medio del husillo (calentamiento del material).
- Filtrado del material para eliminación de impurezas.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Enfriamiento del material $T < T_g$ (estabilidad dimensional).

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Parámetros del proceso

a) Viscosidad del material:

Se trabaja a la mayor temperatura que garantiza que no hay degradación térmica.

Polímero	Temperatura de trabajo (°C)	Viscosidad (Pa s)
PVC	170-190	1060-500
LDPE	160-210	100-50
PEEK	360-400	480-350

b) Velocidad de giro del husillo

Punto de funcionamiento

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

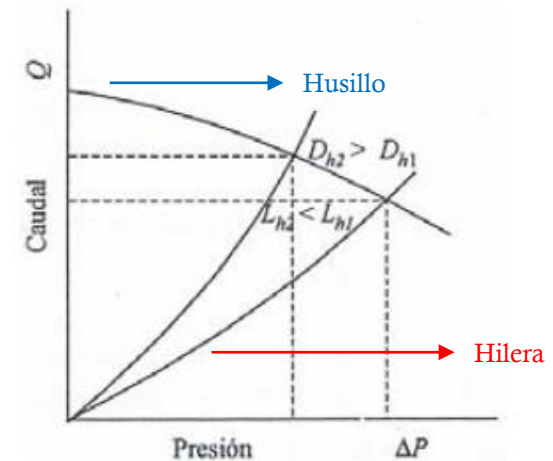
• NO se produce rotura del fundido

Parámetros del proceso

c) Geometría de la hilera.

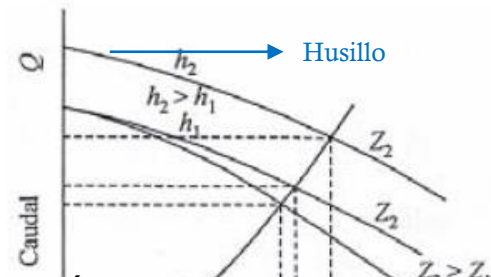
Se trabaja con el mayor diámetro y la menor longitud posible evitando la aparición de:

- Hinchamiento.
- Inestabilidades de flujo.
- Defectos superficiales.



d) Geometría del husillo.

Mavor caudal cuanto mavor es la longitud de la región de



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Cálculo de la velocidad de giro del husillo

- Flujo en la boquilla (producto)

$$Q_{\text{producto}} = v \cdot A$$

- Flujo en el husillo

$$Q_{\text{husillo}} = w \cdot \left(\frac{v_z H}{2} - \frac{H^3}{12\mu} \cdot \frac{dp}{dz} \right)$$

$$d_z = \frac{L}{\sin\theta}$$

Q: velocidad de flujo
v: velocidad de salida del producto
A: área del producto
w: anchura del canal
H: altura del canal
 μ : viscosidad del polímero
L: longitud del canal
 θ : ángulo de la hélice
p: presión
 v_z : velocidad de avance del husillo

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cálculo de la velocidad de giro del husillo

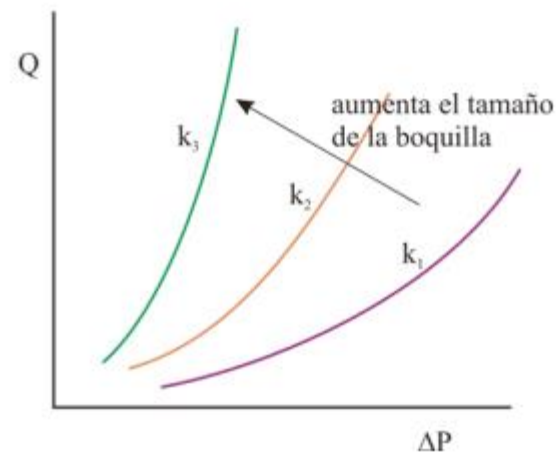
- Boquilla o hilera circular

$$k = \frac{\pi R^4}{8l}$$

- Boquilla o hilera rectangular

$$k = \frac{w_d h_d^3}{12l}$$

- Boquilla o hilera anular



R: radio de la sección del producto
w_d: anchura de la sección del producto
h_d: altura de la sección del producto

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cálculo de la velocidad de giro del husillo

- Velocidad de giro del husillo

$$v_{\text{husillo}} = \frac{v_z}{\cos\theta} \quad (\text{m/s})$$

$$N = \frac{60 \cdot v_{\text{husillo}}}{\pi \cdot D} \quad (\text{rpm})$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Problema 2

Se quiere extruir un polímero con una sección circular de 5 mm de diámetro y 40 mm de longitud a una velocidad de 10 cm/s. Calcular la velocidad a la que debe girar el husillo.

Datos:

$\mu = 10^3 \text{ Ns/m}$, $D = 28 \text{ mm}$, $w = 21 \text{ mm}$, $H = 4 \text{ mm}$, $\theta = 15^\circ$ y $L = 1.25 \text{ m}$

$$Q_{product} = v \cdot A = 0.1 \times \frac{\pi(0.005)^2}{4} = 1.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{product} = Q_{die}$$

$$\pi \left(\frac{0.005}{4} \right)^4$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Problema 2

Se quiere extruir un polímero con una sección circular de 5 mm de diámetro y 40 mm de longitud a una velocidad de 10 cm/s. Calcular la velocidad a la que debe girar el husillo.

Datos:

$\mu = 10^3 \text{ Ns/m}$, $D = 28 \text{ mm}$, $w = 21 \text{ mm}$, $H = 4 \text{ mm}$, $\theta = 15^\circ$ y $L = 1.25 \text{ m}$

$$Q_{product} = Q_{screw}$$

$$1.96 \times 10^{-6} = 0.021 \left[\frac{v_z \times 0.004}{2} - \frac{(0.004)^3}{12 \times 10^3} \frac{5.1 \times 10^6}{4.83} \right] \longrightarrow v_z = 49.5 \text{ mm/s}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Problema 2

Se quiere extruir un polímero con una sección circular de 5 mm de diámetro y 40 mm de longitud a una velocidad de 10 cm/s. Calcular la velocidad a la que debe girar el husillo.

Datos:

$\mu = 10^3 \text{ Ns/m}$, $D = 28 \text{ mm}$, $w = 21 \text{ mm}$, $H = 4 \text{ mm}$, $\theta = 15^\circ$ y $L = 1.25 \text{ m}$



$$v_{\text{barrel}} = \frac{v_z}{\cos\theta} = \frac{49.5}{\cos 15} = 51.2 \text{ mm/s}$$

$$N = \frac{60 \times v_{\text{barrel}}}{D} = \frac{60 \times 51.2}{28} = 35 \text{ RPM}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Polímeros

Resinas	Tubos	Cables	Perfiles	Chapas	Filmes	Laminados
LAPE		XX			XXX	XX
HIPE	X			X	X	
PP	XXX	X		XX	X	
UPVC	XXX		XX	XX		
PPVC	X	XX	X	X	XX	X
PVDF	X			X		
HIPS				X	X	
ABS	X			X		
PMMA				X		

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

El número de x es indicativo de la frecuencia relativa de su aplicación.

Cartagena99

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

- Extrusión de perfil hueco
- Recubrimiento de cables
- Soplado de tubo
- Soplado de film
- Coextrusión



Cartagena99

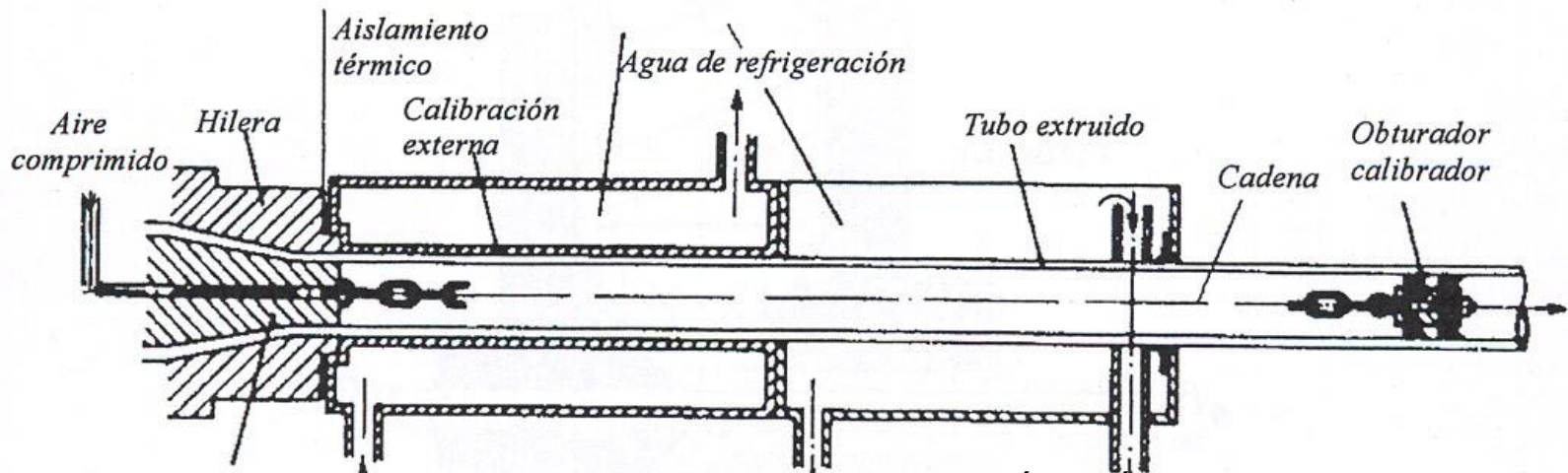
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

- Extrusión de perfil hueco



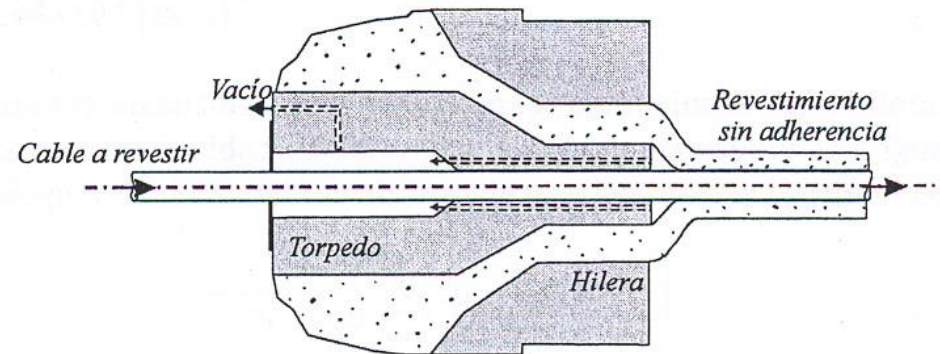
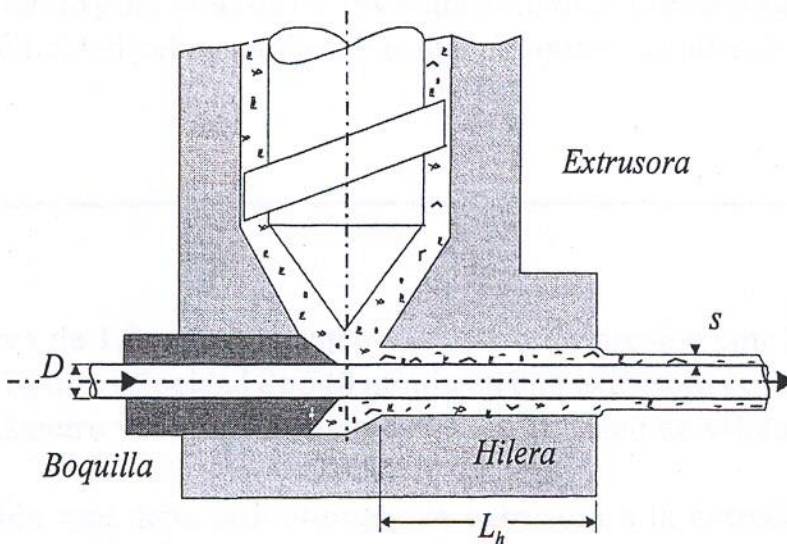
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Procesos de extrusión

- Recubrimiento de cables



Cartagena99

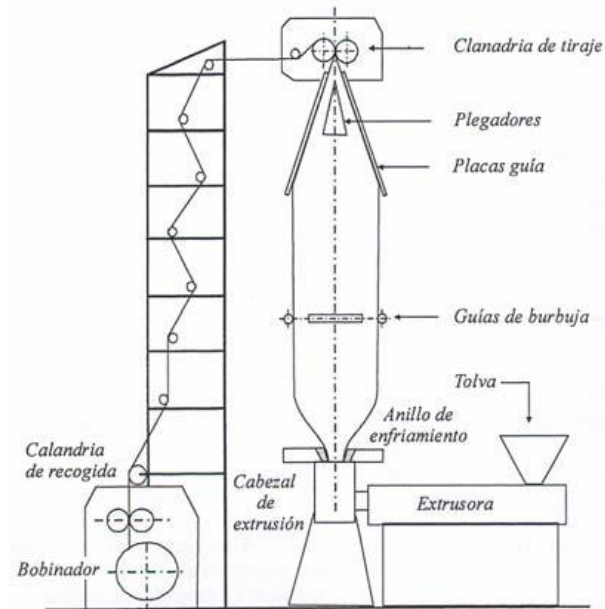
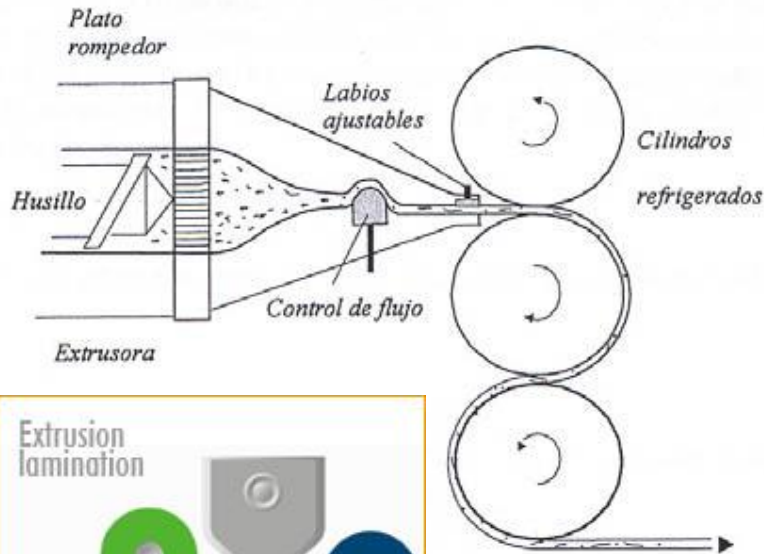
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

- Extrusión de películas



Extrusion lamination

Cartagena99

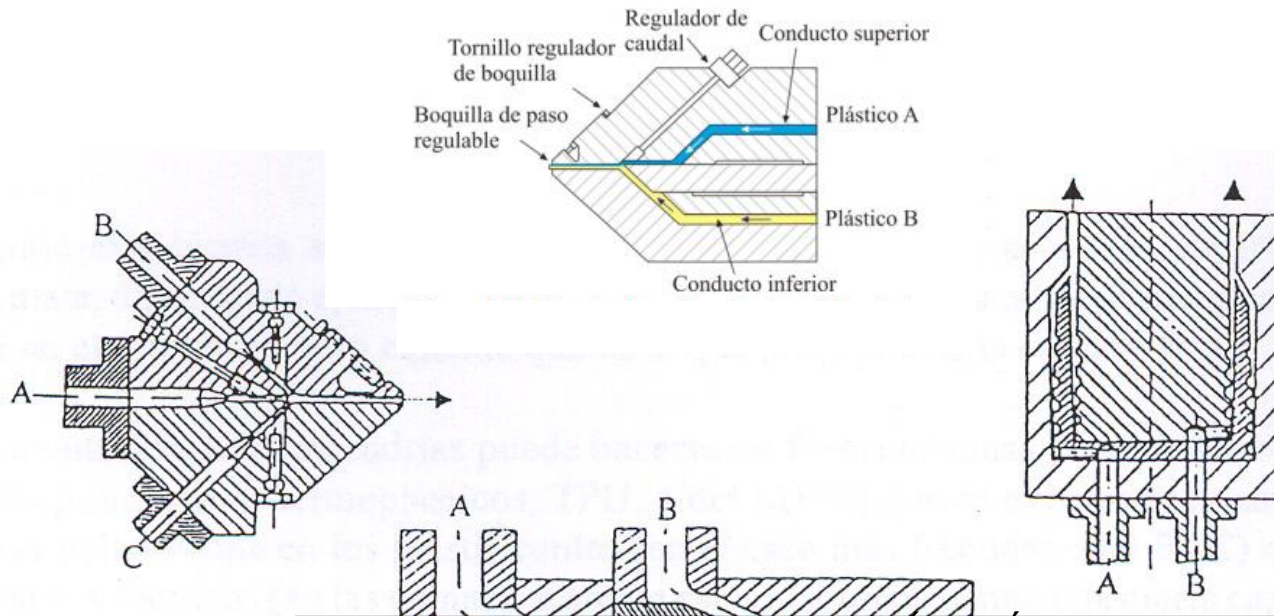
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

- Coextrusión



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Consideraciones económicas

1. La velocidad de producción depende del tamaño de la pieza: 60 m/min para secciones tubulares y perfiles y 5 m/min para láminas y barras.
2. La flexibilidad en el diseño de las piezas es moderada ya que las herramientas son específicas para cada forma final.
3. Rentable económicamente para una producción de más de 1000 Kg en perfiles y 5000 Kg en láminas.
4. Necesidad en ocasiones de extractores de aire ya que algunos materiales pueden liberar sustancias tóxicas y gases volátiles durante la extrusión.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Consideraciones en el diseño

1. Obtención de productos de gran longitud con secciones transversales uniformes.
2. Se pueden producir perfiles macizos, huecos o abiertos.
3. Los huecos e insertos no paralelos al eje de extrusión se pueden producir mediante operaciones secundarias.
4. Sección máxima: 150 mm.
5. Sección mínima: 0.4 mm para perfiles y 0.02 mm para láminas.

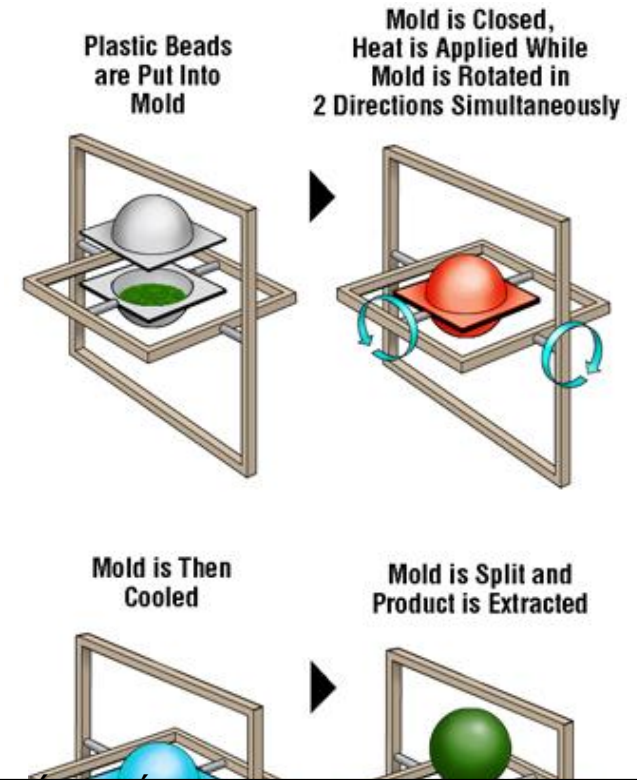
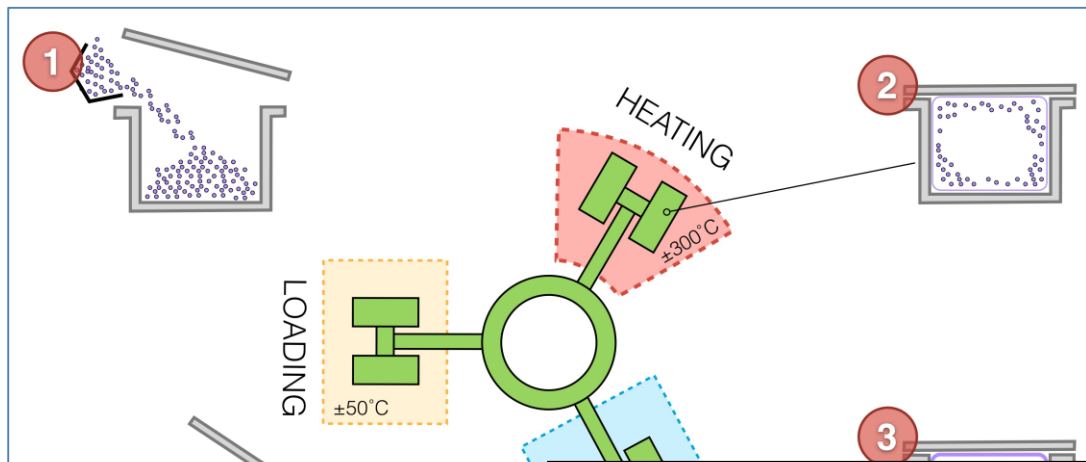
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

Tecnología



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

Tecnología



<http://www.pentasmoulding.com>



<http://www.naroto.com/inquiry.html>

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 3-50 piezas/h, dependiendo del tamaño. Para aumentar la productividad se pueden incorporar carruseles de tres brazos.
2. Volumen de producción: 100-1000 piezas.
3. Coste de herramientas bajo.
4. Costes de equipamiento bajos-moderados.
5. Los costes de acabado son bajos.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

Consideraciones en el diseño

1. Complejidad de forma limitada a piezas de gran tamaño huecas con espesor de pared uniforme.
2. Posibilidad de disponer un polímero de acabado en el interior del molde.
3. Las esquinas pronunciadas presentan dificultad de llenado en el molde.
4. La variación de espesor debe ser menor a 2:1 y los ángulos de giro mayores a 1° , generalmente 3° .
5. Permite una sección máxima de 13 mm y una sección mínima de 2 mm,

Cartagena99

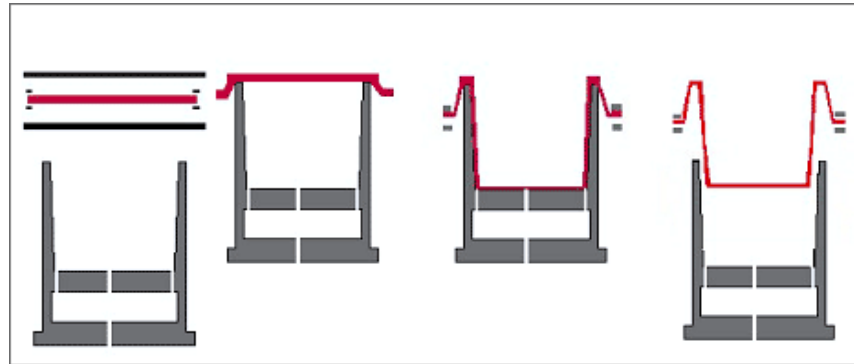
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TERMOCONFORMADO

Tecnología

Deformación por la acción de aire a presión, vacío, molde macho o una combinación de ellos, que obliga a la plancha a adquirir la forma del molde.



Secuencia del proceso

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

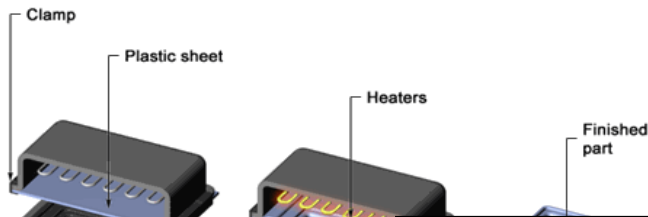
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TERMOCONFORMADO

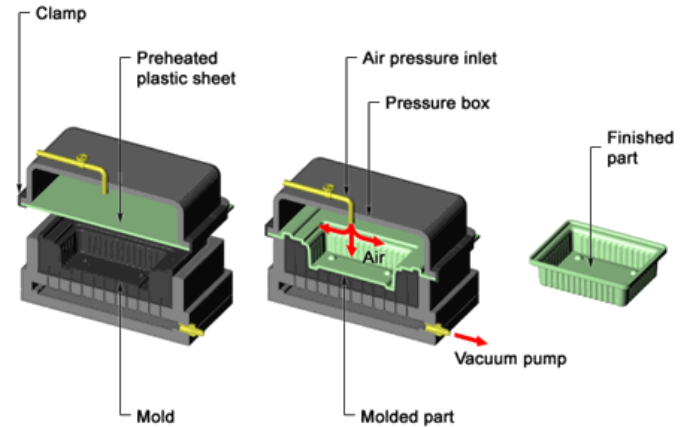
Tecnología



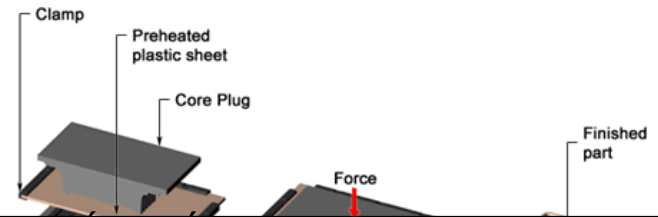
Vacío



Presión



Mecánico



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 60-360 piezas/h, normalmente.
2. Utilización de moldes múltiples.
3. Rentable económicamente para una producción de lotes de 10-1000 piezas.
4. Se puede conseguir la automatización total.
5. Los costes de equipos y los de herramientas son de bajos a moderados, dependiendo de la complejidad de la pieza.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Consideraciones en el diseño

1. La complejidad de la forma está limitada por el moldeo en un plano. Piezas abiertas de espesor constante.
2. No se pueden producir piezas de gran superficie.
3. Se recomiendan ángulos de giro mayores a 1° .
4. Sección máxima: 3 mm.
5. Sección mínima: 0.05-0.5 mm, dependiendo del material empleado.

Cartagena99

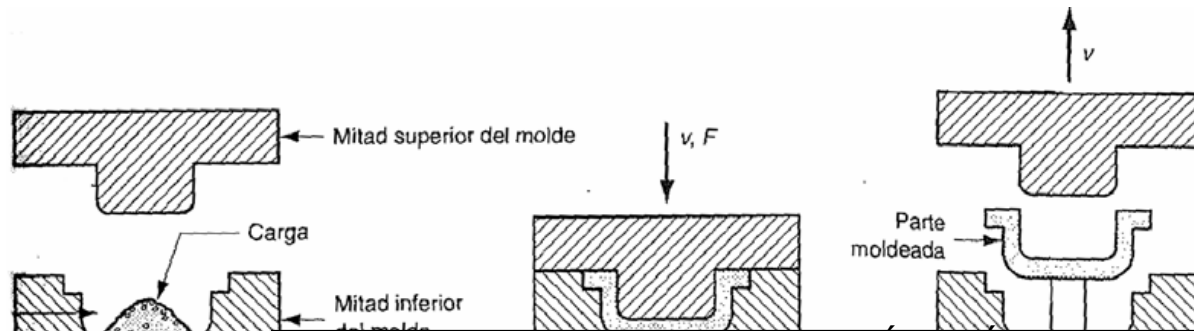
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR COMPRESIÓN

Tecnología

Tipo de moldeo muy utilizado en termoestables, ya que permite colocar el polímero en el molde y posteriormente realizar el curado (entrecruzamiento) mediante el efecto de la presión y la temperatura.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 20-140 piezas/h. El empleo de moldes con mayor número de cavidades aumenta la velocidad de producción.
2. El tiempo de ciclo viene dominado por la manipulación del material, cada cavidad se carga de forma individual. El tiempo de curado depende del espesor de la pieza.
3. Es posible la automatización parcial.
4. El volumen de producción es de más de 1000 piezas generalmente aunque puede ser de 100 para piezas de gran tamaño.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

6. Los costes de acabado son generalmente bajos.

Consideraciones en el diseño

1. Complejidad de diseño limitada a formas relativamente simples (moldeo en un plano).
2. Se requiere un ángulo de giro mayor a 1° .
3. Permite una sección máxima de 13 mm y mínima de 0.8 mm.
4. Máximo tamaño de pieza: 450 mm.
5. Permite una superficie mínima de 3 mm^2 y una superficie máxima de 1.5 m^2 .

Cartagena99

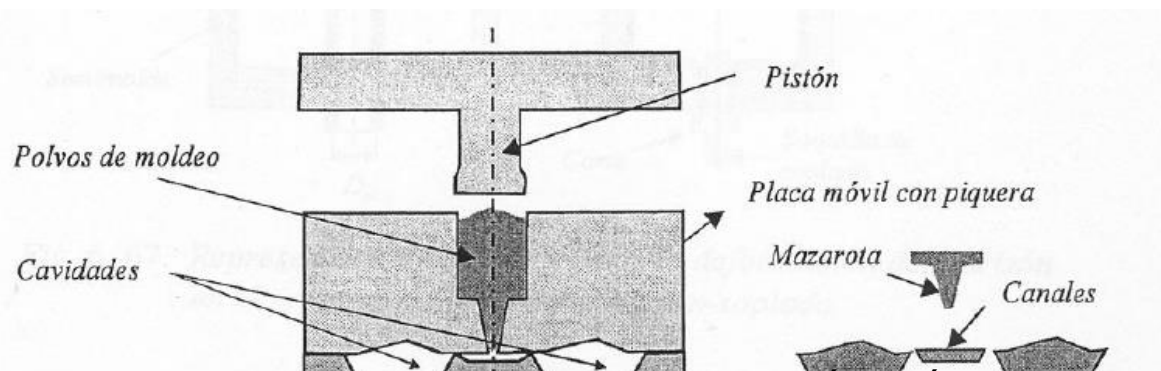
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

MOLDEO POR TRANSFERENCIA

Tecnología

Se introduce el material desde una cámara exterior ejerciéndose la presión (compresión) desde esta cámara. Por tanto, se produce una transferencia desde la cámara exterior hacia el molde. Es muy común el uso de esta técnica para moldeado de termoestables.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR TRANSFERENCIA

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 20-300 piezas/h.
2. Posibilidad de un alto grado de automatización.
3. Rentable económicamente para una producción de 1000-10000 piezas.
4. Menos del 3 % de material desechado.
5. Los costes de equipos son generalmente moderados y los de herramientas de moderados a altos.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MOLDEO POR TRANSFERENCIA

Consideraciones en el diseño

1. Posibilita la obtención de productos de geometrías complejas y formas huecas. Permite la inclusión de insertos y corazones.
2. La variación de espesor debe ser menor a 2:1.
3. Los ángulos de giro deben estar en el rango de $2-3^\circ$, pero se puede alcanzar 0.5° .
4. La sección máxima es de 90 mm y la mínima entre 0.5-1.5 mm, dependiendo del material.

5. Dimensión máxima: 450 mm

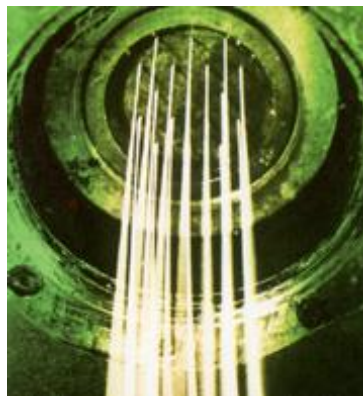
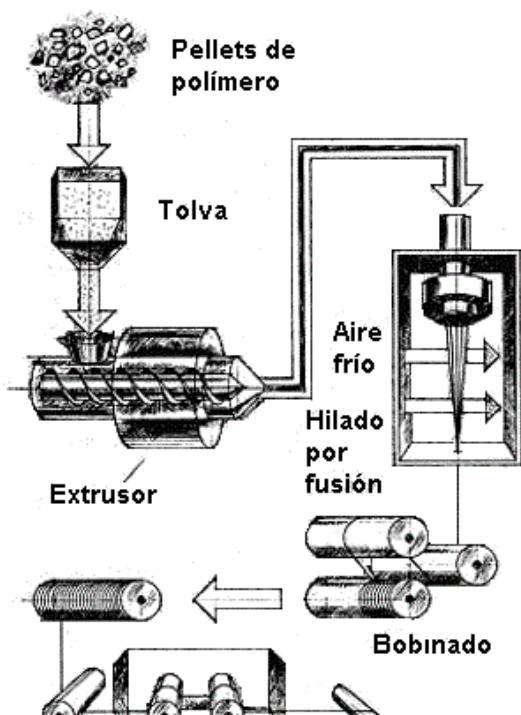
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

PRODUCCIÓN DE FIBRAS POLIMÉRICAS

Tecnología



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

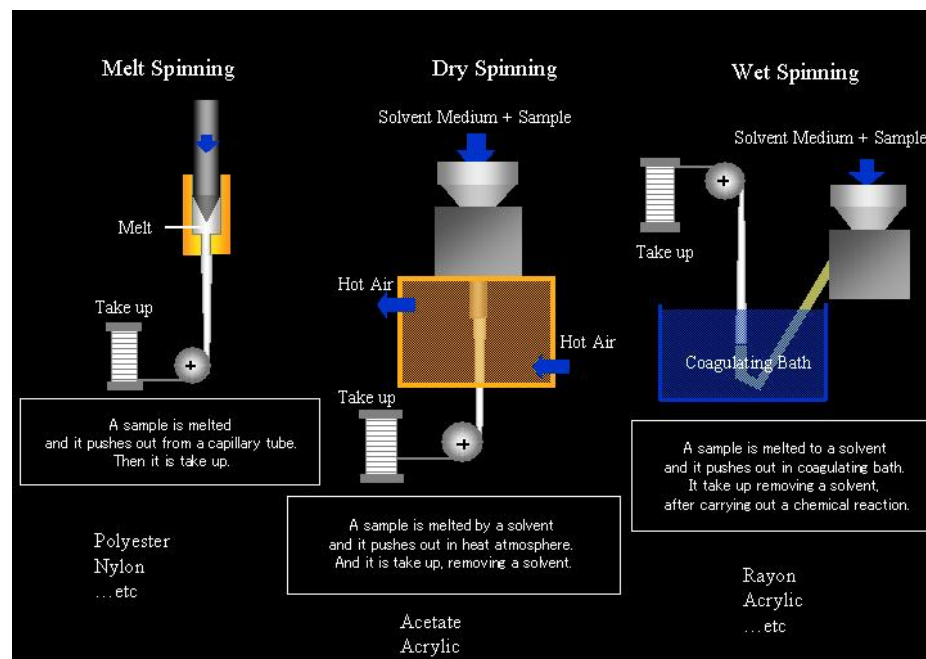
Cartagena99

hilado por fusión

PRODUCCIÓN DE FIBRAS POLIMÉRICAS

Tipos de hilado

- Hilado por fusión
Fibras de nylon, olefina, poliéster y PVC
- Hilado en húmedo
Fibras acrílicas, rayón y de aramida
- Hilado en seco
Fibras de acetato, triacetato, poliéster y acrílicas
- Hilado en gel
Fibras de alta resistencia



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

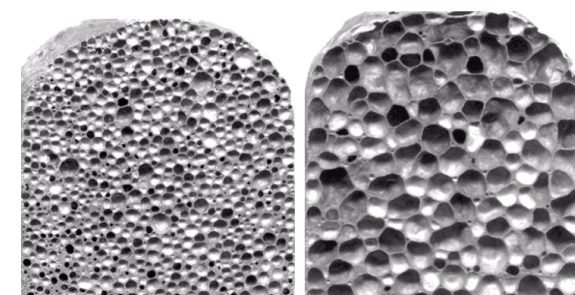
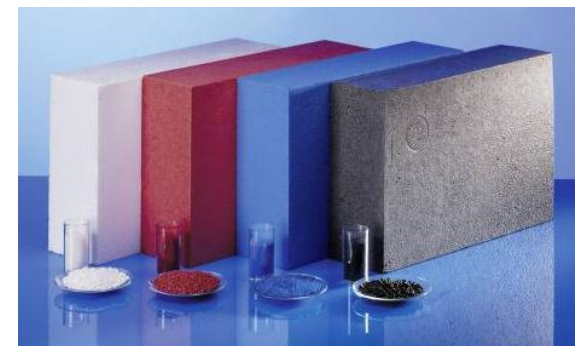
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

1. HONORIS. NOTAS DE GRADO

Procesos de expansión

- Mecánica
Resinas fenólicas, poliéster y urea formaldehído
- Química
Poliuretanos, elastómeros, urea formaldehído y siliconas
- Física
Poliestireno, polipropileno, polietileno y cloruro de polivinilo
- Esferas de vidrio o polímero



Espumas sintéticas

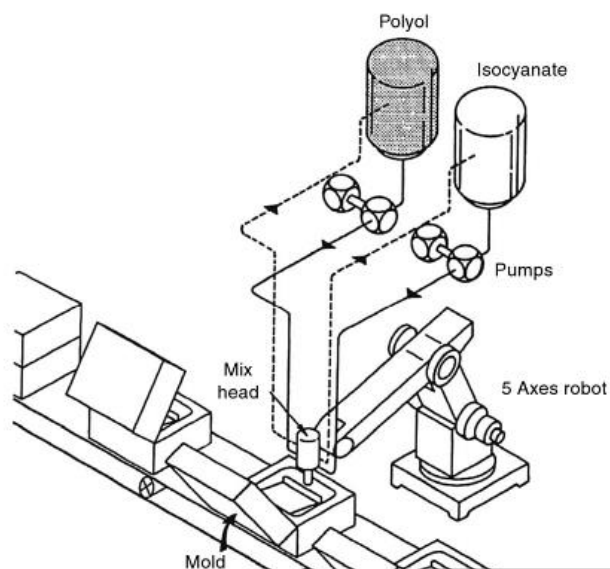
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

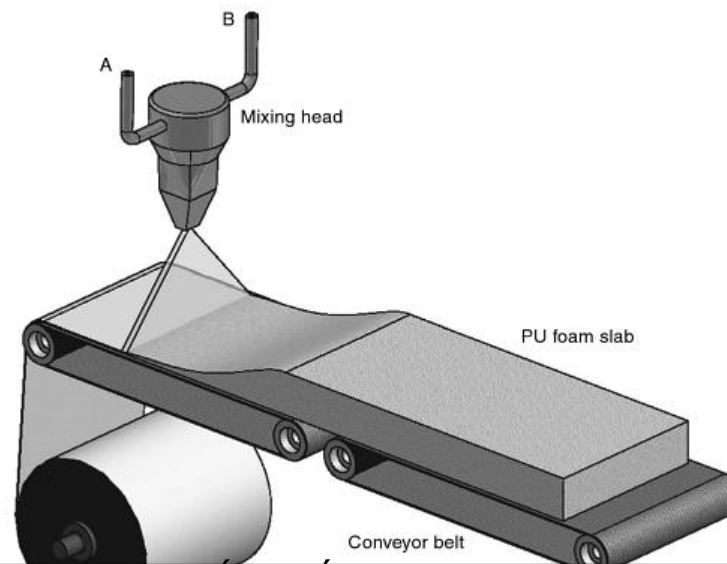
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Procesos de conformado

Moldeo



Procesado de paneles



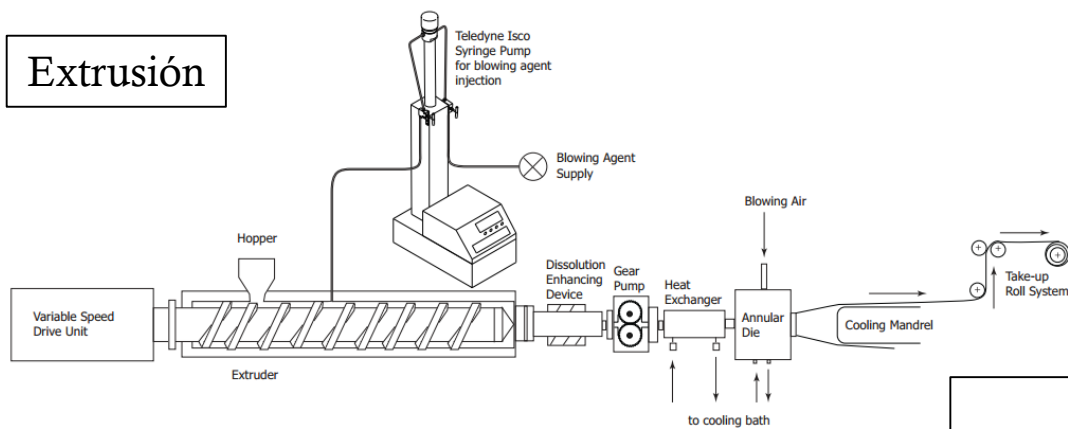
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

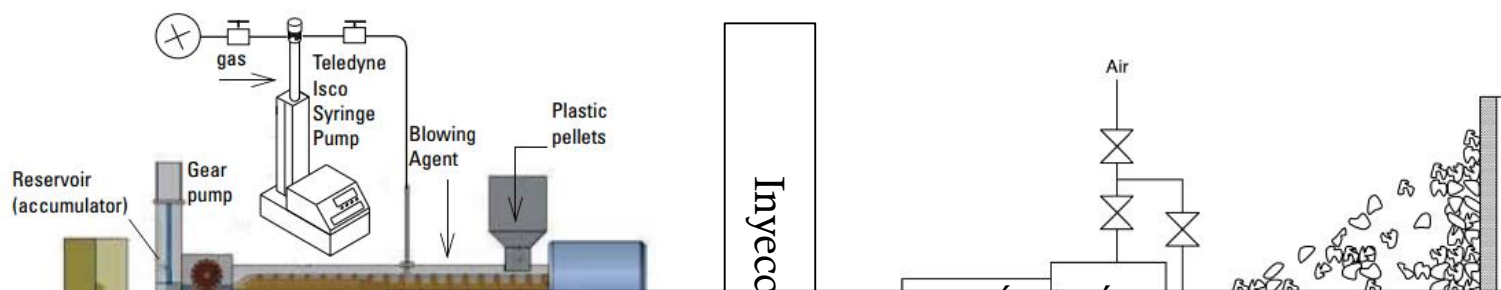
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Procesos de conformado

Extrusión



Proyección



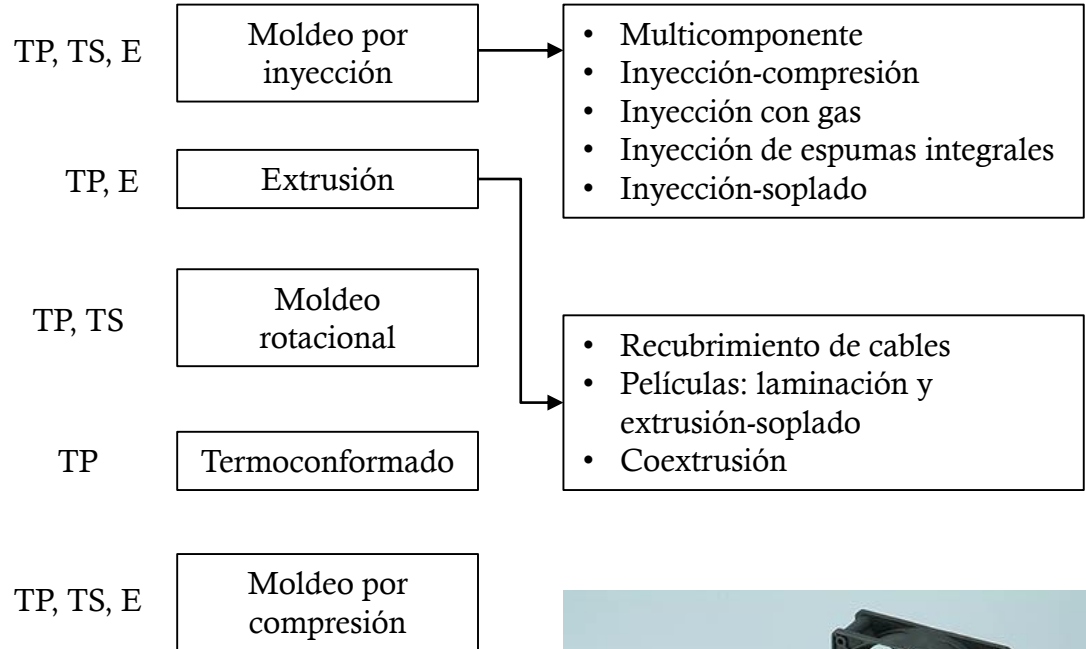
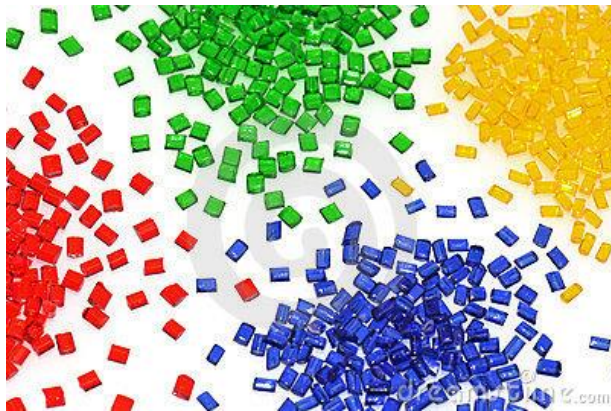
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

PROCESOS DE FABRICACIÓN EN POLÍMEROS

Resumen de procesos



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

PROCESOS DE FABRICACIÓN EN POLÍMEROS

Enlaces de interés

1. [Moldeo por inyección](#)
2. [Extrusión](#)
3. [Soplado de películas y bolsas](#)
4. [Moldeo rotacional](#)
5. [Termoconformado](#)
6. [Soplado de una botella](#)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70