

Materiales poliméricos (orgánicos)

Título 7 del temario (cap. 7 del libro de texto)

Título largo, pero mayoritariamente descriptivo:

Síntesis / producción (secciones 7.2, 7.3)

Procesado (sección 7.5)

Tipos principales (secciones 7.6, 7.7, 7.8 y 7.9)

Propiedades mecánicas (secciones 7.10 y 7.11)

Selección de materiales poliméricos (sección 7.15)

Secciones 7.6, 7.7, 7.8 y 7.9 describen los grupos principales

Algunos polímeros industriales representativos de cada grupo

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

Materiales poliméricos

Conceptos básicos (estructura molecular, morfología, transición vítrea, reticulación, etc) están repartidos a lo largo del título

Complementan con los conceptos de nivel 0 del documento 00_01_01 y de esta presentación

Por tanto, repasar el 00_01_01 (morfología)

La materia del texto sirve sobre todo de base para cuestiones de comprensión y problemas



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



Materiales poliméricos

que hay que saber calcular en MatII

pesos moleculares promedio / grado de polimerización /

reacciones de síntesis (secciones 7.2, 7.3, 7.6, 7.7, 7.8 y 7.9)

- estequiometría
- efectos térmicos

mezclas de polímeros / cargas (secciones 7.6, 7.7, 7.8 y 7.9)

viscosidad / flujo en procesado (sección 7.5)

- viscosidad / esfuerzo / velocidad de deformación

propiedades mecánicas (secciones 7.10 y 7.11)

selección (básica) de materiales poliméricos (sección 7.15)

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



En todas partes en la sociedad actual



Cartagena99

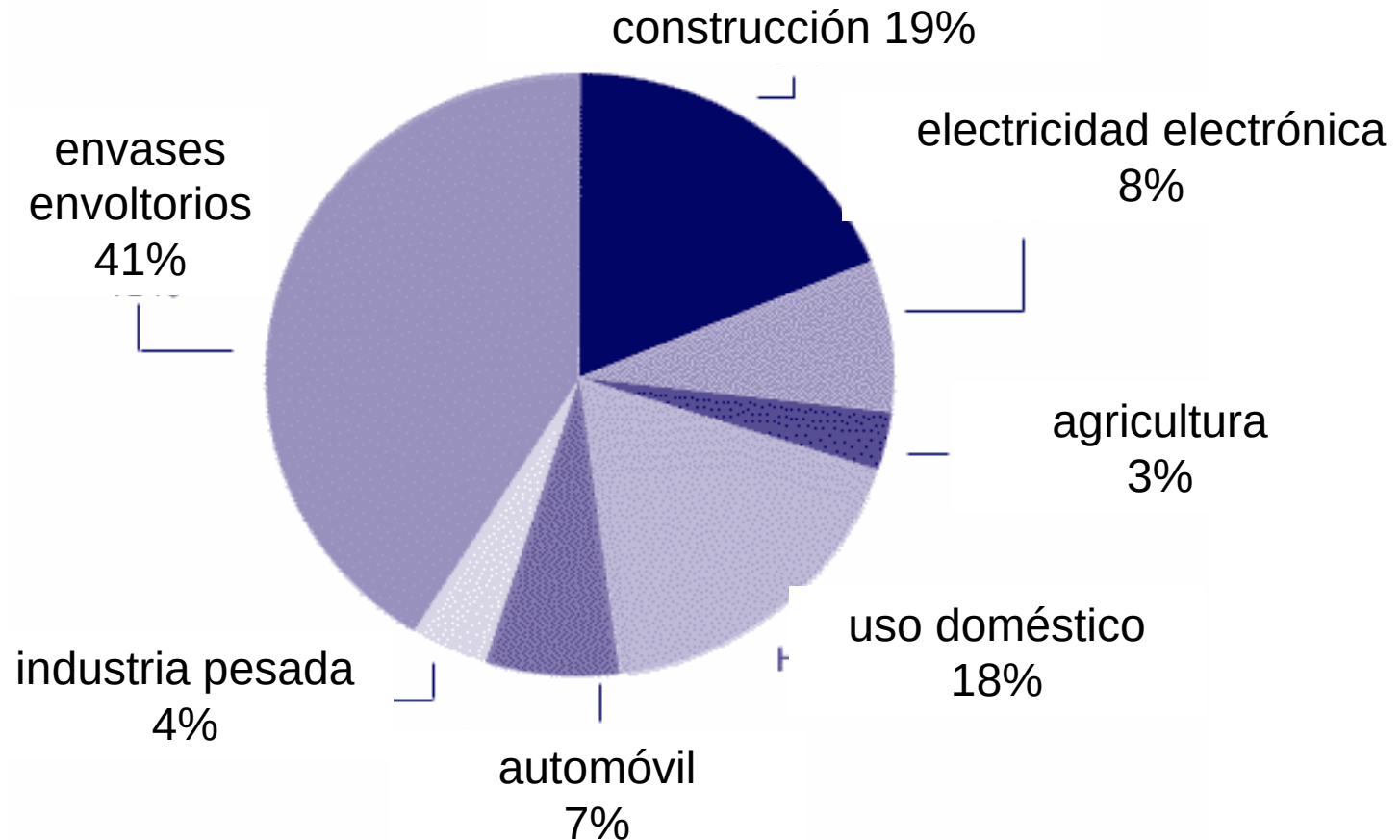
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

--

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



Uso por sectores en Europa

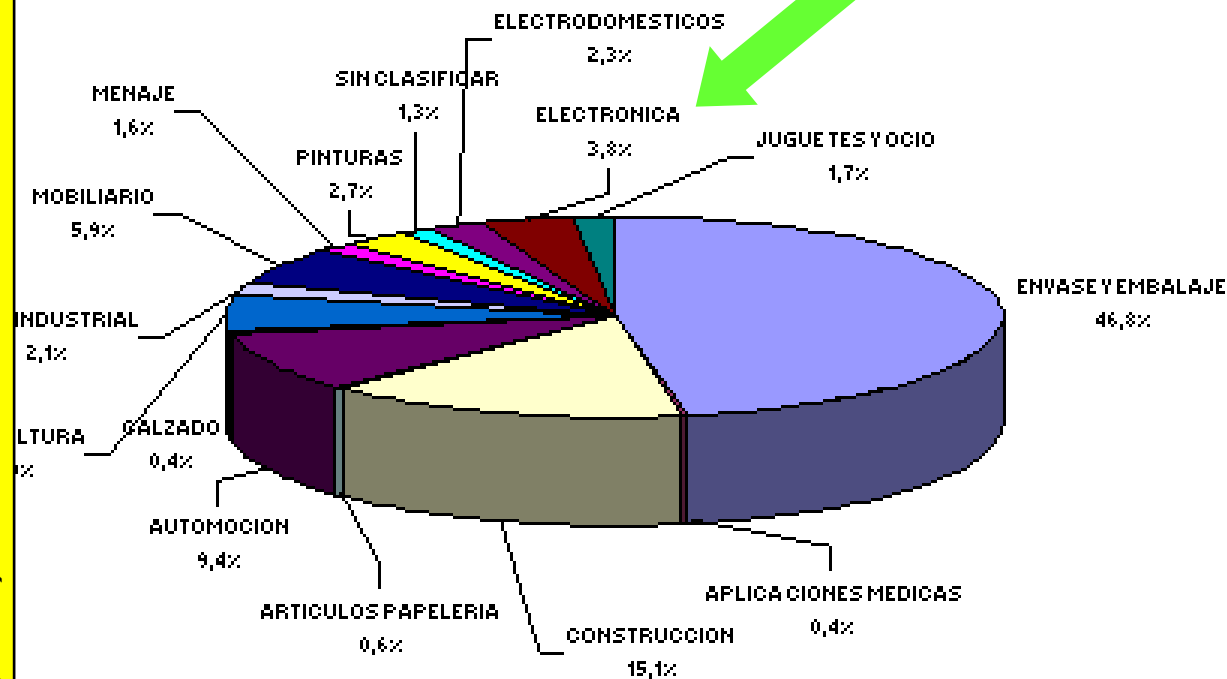


Total: 120 millones Tm/año



Mercado Plásticos España 2005

o Español de Plásticos



Total: 4 millones Tm/año

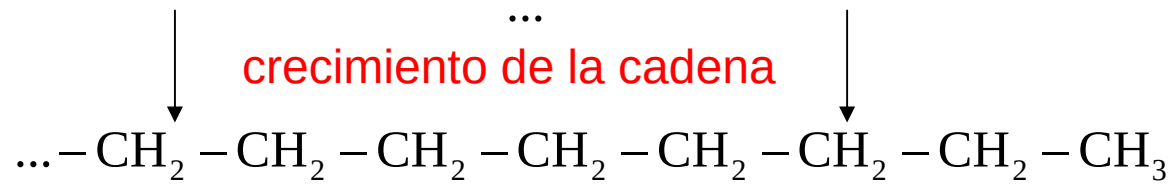
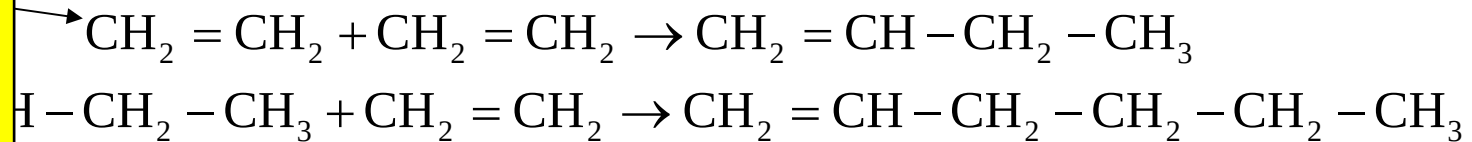
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

eriales poliméricos: polimerización

ceptos esenciales:

Los polímeros orgánicos están formados por moléculas grandes formadas por la repetición ordenada o aleatoria de elementos sencillos:



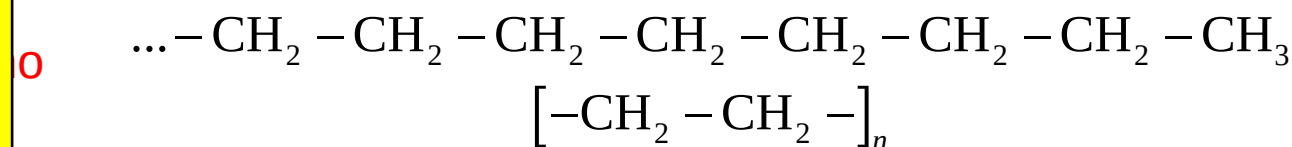
o también

eriales poliméricos: polimerización

este caso, el etileno es el **monómero** $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$

grupo $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ es la **unidad estructural repetitiva**¹

$[-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -]_n$ es el **polímero** (con grado de polimerización n)



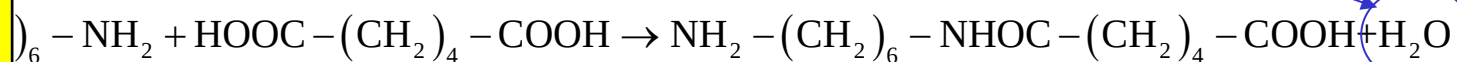
este caso (**polimerización en cadena**) la unión química entre los monómeros se realiza sin desprendimiento de ningún subproducto de baja masa molecular.

unidad estructural repetitiva o *mero* puede ser diferente para un mismo polímero según qué monómero se use. Por ejemplo, el polietileno también puede formularse como polimetileno: $[-\text{CH}_2 -]_n$



eriales poliméricos: polimerización

En otros casos (**polimerización por condensación**) la unión química entre los monómeros se realiza con desprendimiento de un subproducto de baja masa molecular

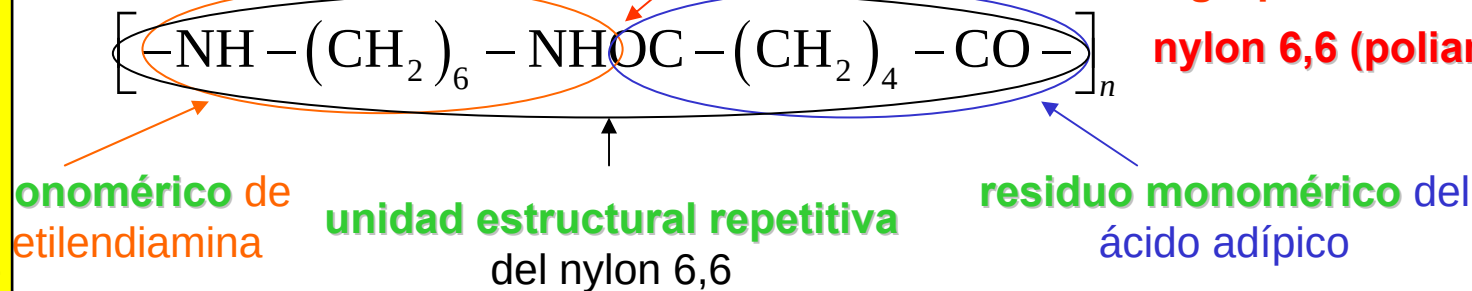


etilendiamina

ácido adípico

grupo amida

nylon 6,6 (poliamida)



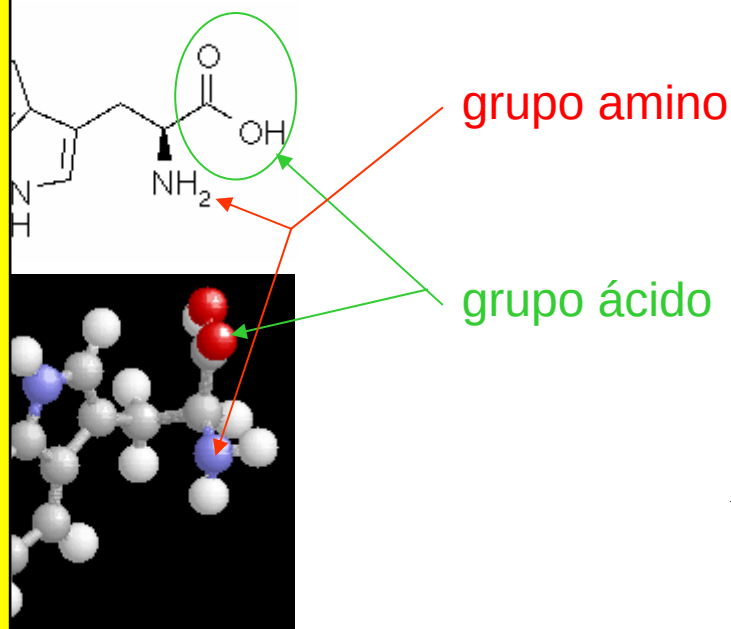
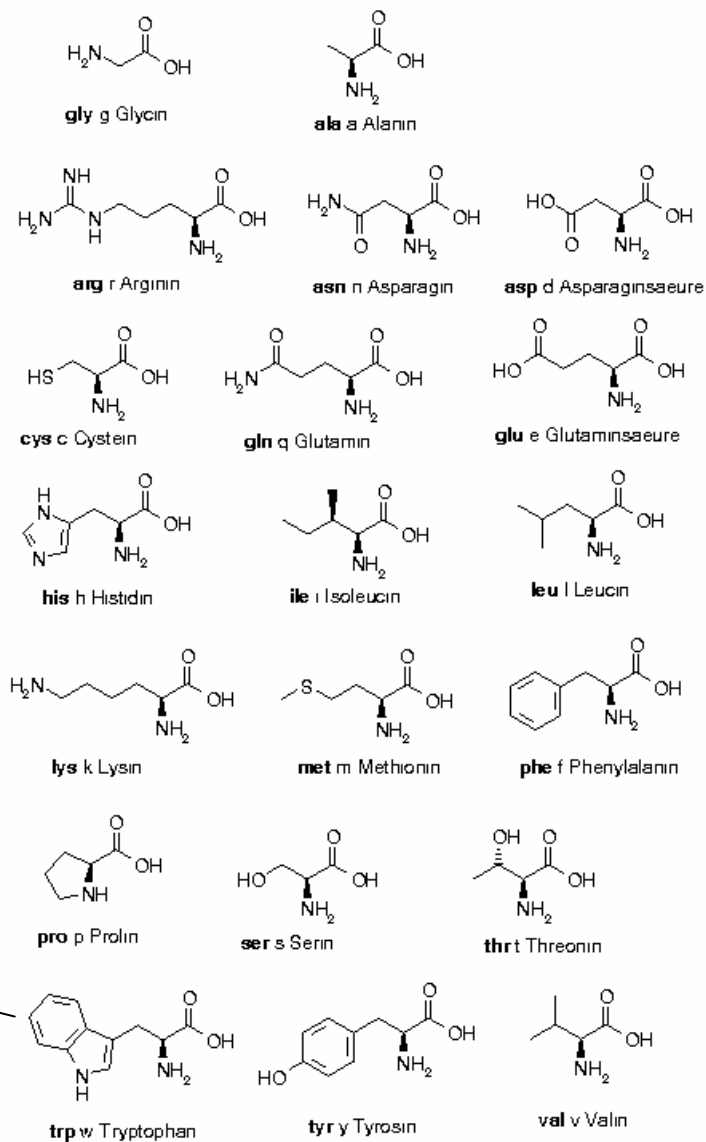
En este caso, hay dos monómeros diferentes (p.ej. la diamina y el diácido), dos residuos monoméricos y sólo una unidad estructural repetitiva



Ejemplo: poliamidas naturales

Las proteínas son polímeros hechos por repetición de aminoácidos

Se unen al modo de enlazarse en las poliamidas, igual que el nylon



ateriales poliméricos: copolímeros

cual sea el mecanismo de unión (reacción química) entre los ómeros, los polímeros son siempre moléculas grandes

temáticamente:

residuo monomérico tipo A,
p.ej. $[-CH_2 - CH_2 -]_n$



residuo monomérico tipo B,
p.ej. $[-CH_2 - CHCH_3 -]_n$



homopolímero



copolímero alternado



copolímero al azar



copolímero a bloques
(dibloque)

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



ateriales poliméricos: terpolímeros

úmero de posibilidades es prácticamente ilimitado:

residuo monomérico tipo A,
p.ej. $[-CH_2 - CH_2 -]_n$



residuo monomérico tipo B,
p.ej. $[-CH_2 - CHCH_3 -]_n$



residuo monomérico tipo C,
p.ej. $[-CH_2 - CHCl -]_n$



terpolímero alternado



terpolímero al azar



terpolímero
tribloque

Cartagena99

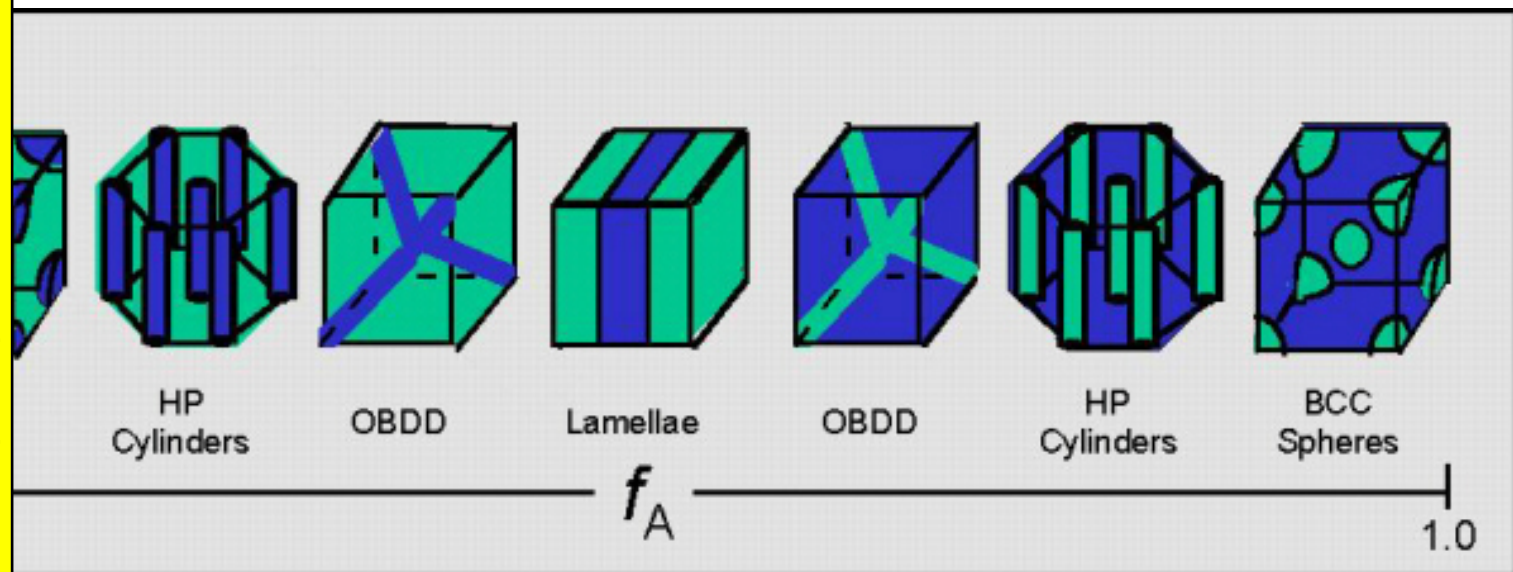
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Materiales poliméricos: copolímeros

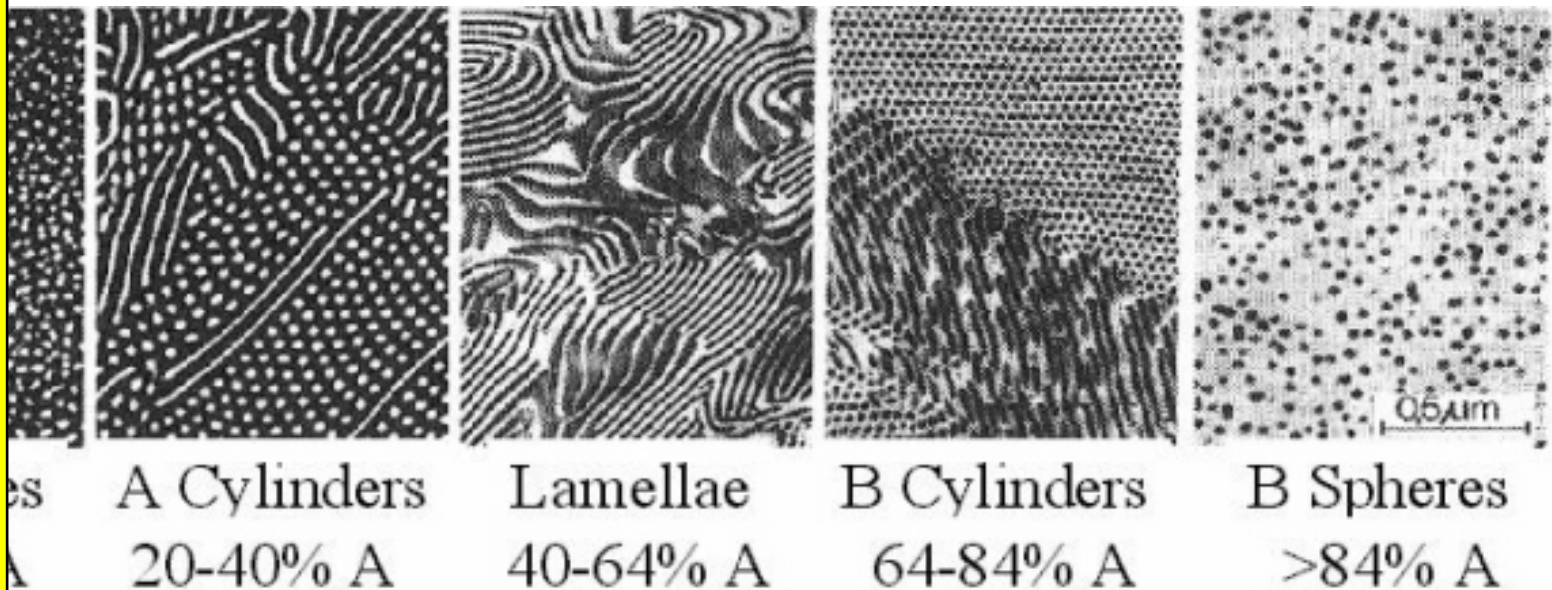
ando en un copolímero **dibloque**, **tribloque**, etc los bloques incompatibles (p.ej. hidrófilo/hidrófobo), éstos tienden a separarse en microfases

ecen materiales microestructurados espontáneamente



ateriales poliméricos: copolímeros

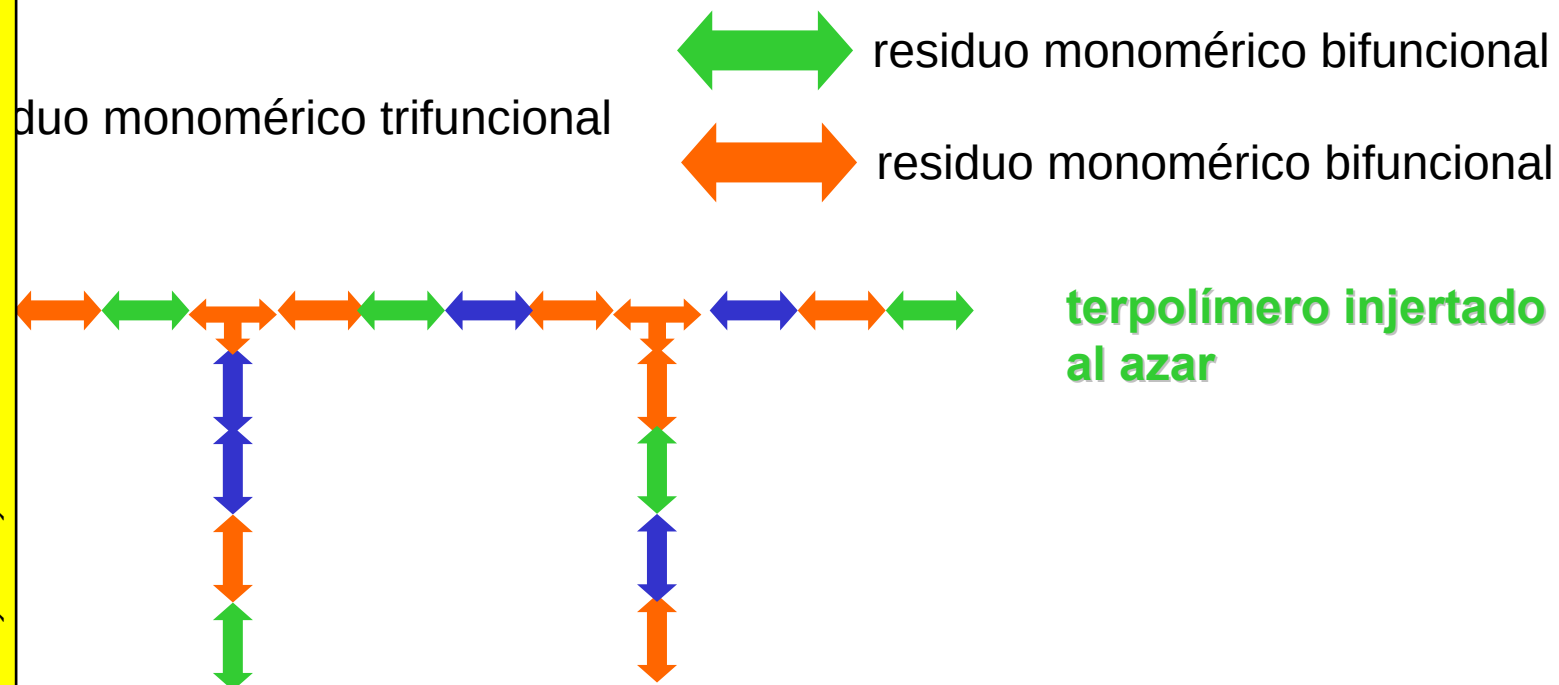
en obtenerse estructuras regulares y complicadas
necesidad de ninguna operación de mecanizado o
fotolitografía



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

ateriales poliméricos: copolímeros

roduciendo un monómero tri-, tetra-, pentafuncional (etc.) es
ble aumentar aún más los posibles tipos de polímeros



ateriales poliméricos: copolímeros

polímeros estrella

polímero estrella

copolímero estrella
a bloques

terpolímero estrella
a bloques

omérico
ional

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



ateriales poliméricos: organización

posibilidades de controlar la arquitectura molecular de los
neros es una de las claves del gran número de aplicaciones
tienen

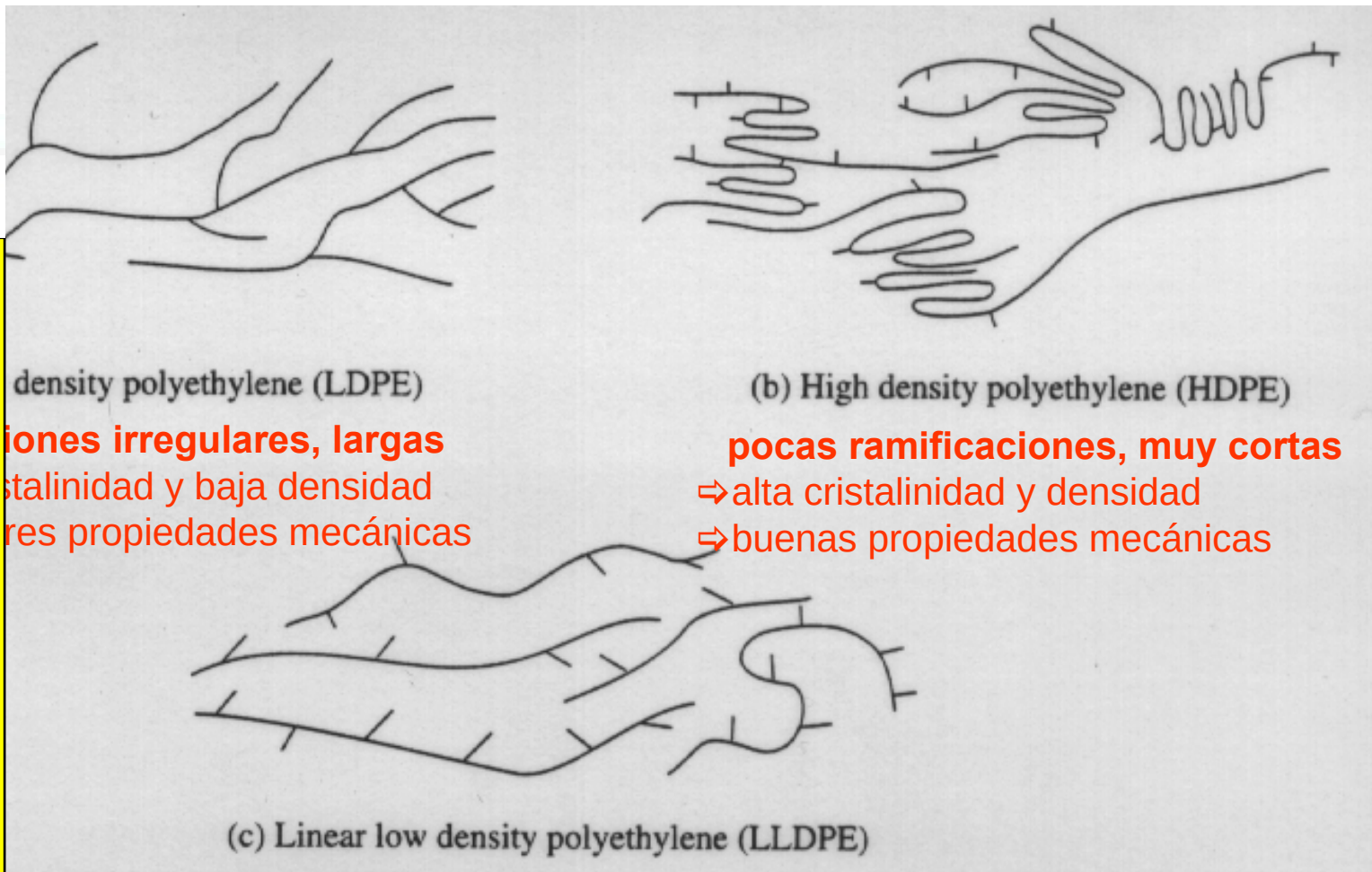
el monómero, bien el enlace químico entre residuos
oméricos suelen dar nombre al polímero: poliamida,
éster, cloruro de polivinilo, etc.

divergencia entre nomenclatura IUPAC y nomenclatura
strial

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



Ejemplo: arquitecturas del PE



(a) Low density polyethylene (LDPE)

ramificaciones irregulares, largas
⇒ baja cristalinidad y baja densidad
⇒ malas propiedades mecánicas

(b) High density polyethylene (HDPE)

pocas ramificaciones, muy cortas
⇒ alta cristalinidad y densidad
⇒ buenas propiedades mecánicas

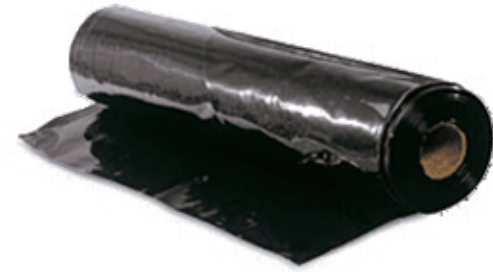
(c) Linear low density polyethylene (LLDPE)

ramificaciones controladas, cortas
⇒ mejores propiedades mecánicas que LDPE
⇒ transparente como LDPE
⇒ más difícil de procesar

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

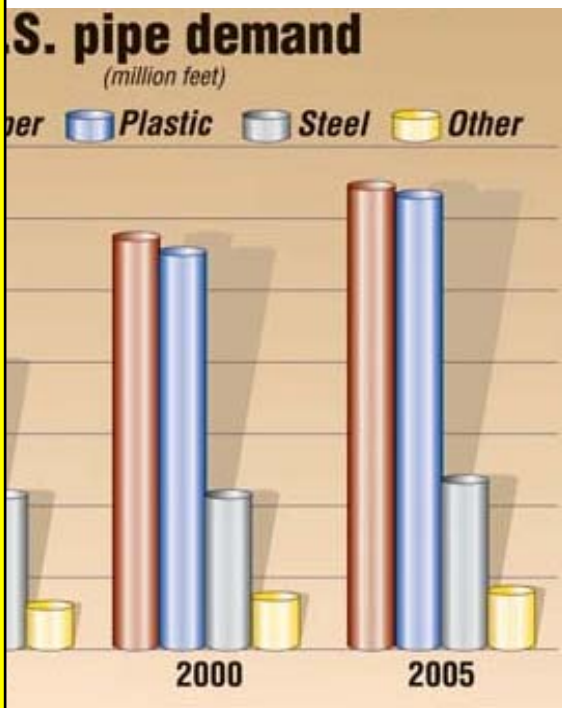
Polietileno de baja densidad



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



Polietileno de alta densidad



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



ateriales poliméricos: organización

Los aspectos del comportamiento **cualitativo** de los
neros son consecuencia de

a gran longitud de las moléculas

a flexibilidad de las mismas

os entrecruzamientos físicos

tro del mismo comportamiento cualitativo, los aspectos
ntitativos dependen mucho de la naturaleza química del

mero

pendientemente de cuál sea el tipo de enlace químico entre
residuos monoméricos, la **clasificación** más primaria de los
neros se basa en la **flexibilidad** de las cadenas principales y
a **topología** de la red tridimensional que forman.

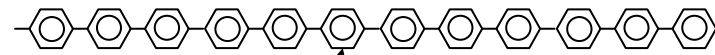
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Materiales poliméricos: clasificación

Polímeros de cadena rígida

La principal o esqueleto
; suelen formar cristales
insolubles, indeformables,
propiedades físicas y químicas,
(fáciles de procesar).

Forman el ordenamiento de cristal líquido
por disolución (*liotrópicos*)
bien por
temperatura (*termotrópicos*)



p.ej, aramidas, sulfuro de polifenileno

Por ejemplo:



polímeros cristales líquidos

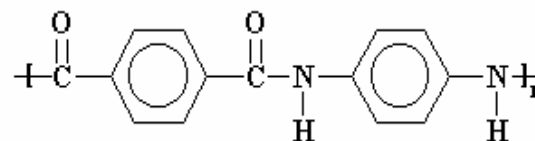
Cartagena99

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

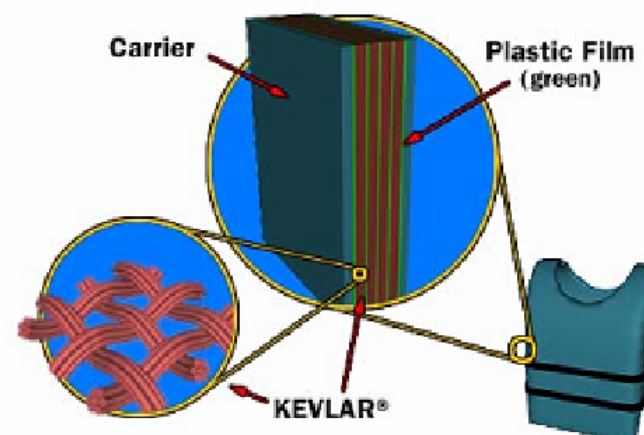


eros de cadena rígida: poliaramidas

aleco antibalas está
do por varias capas de
do de Kevlar (PPTA)
s por un adhesivo:



poli-para-fenilen-tereftalamida, PPTA



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



ateriales poliméricos: clasificación

esquemáticamente:



elastómeros

poca reticulación
reticulación flexible



termoeendurecibles

mucha reticulación
o reticulación inflexible



cadena lineales o
ramificadas
entrelazadas físicamente
pero no enlazadas
covalentemente entre sí

termoplásticos

cadena lineales o
ramificadas
enlazadas
covalentemente entre sí
(reticuladas)

**s de
exible**

ncipal o
e por torsión
laces del
eto)

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



Materiales poliméricos: clasificación



termoplásticos

... tienen grandes deformaciones

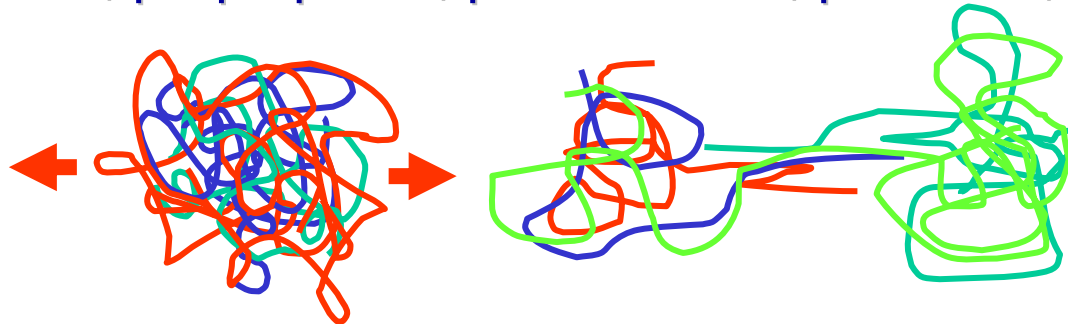
... a temperatura alta (por encima de T_g) son líquidos viscoelásticos

... pueden procesar como fundidos ("melt")

... a temperatura se "congelan" las torsiones y se pierde la movilidad molecular, se convierten en sólidos (transf. reversible)

... obtienen materiales amorfos o semicristalinos

... polietileno, polipropileno, policarbonato, poliacetal, teflón, etc.



eriales poliméricos: termoplásticos

Cartagena99

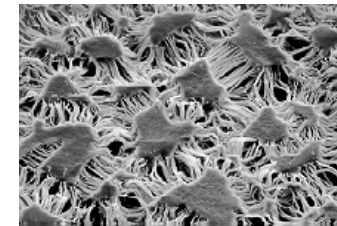
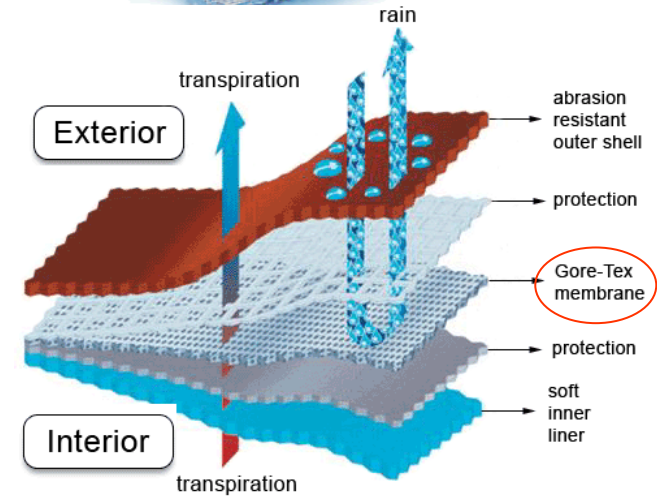


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



eriales poliméricos: termoplásticos

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



Materiales poliméricos: clasificación



elastómeros

termoplásticos reticulados

temperatura alta (por encima de T_g) son sólidos muy elásticos
temperatura las cadenas dejan de ser flexibles y se hacen

se procesan antes de reticular

los reticulados son infusibles¹

al pasar el grado de reticulación se pasa de mat. prácticamente
líquidos (siliconas para prótesis) a sólidos (SBR para neumáticos)
caucho natural, policloropreno, poliisobutileno

elastómeros termoplásticos (las reticulaciones son físicas,
que al fundirse liberan las reticulaciones, es decir, permiten
que el material se deshaga en conjunto. Al volver a enfriarse vuelven a reticular físicamente el material)



Materiales poliméricos: clasificación



**termoendurecibles
o duroplásticos**

son altamente reticulados

la movilidad de las cadenas ha desaparecido

Por lo tanto, a las temperaturas son sólidos rígidos y suelen ser frágiles

Suelen procesar como líquidos que luego se reticulan

se reticulan durante el conformado

son infusibles (se descomponen antes de fundirse)

Ejemplos: melamina, fenol-formaldehído (formica), PUR reticulado, resinas epoxi.

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



ateriales poliméricos: procesado

yoría de las técnicas de conformado para productos fabricados
ateriales poliméricos se basan en su comportamiento como
os viscoelásticos:

en **como fundidos** en el caso de los termoplásticos

en **como fundidos sin reticular** en el caso de los elastómeros que
n posteriormente reticulados

en **como monómeros o prepolímeros** en el caso de los
moendurecibles (llamados comúnmente termoestables)

los los casos es crucial cuantificar las propiedades de flujo
sidad) y el comportamiento fluido de los materiales
éricos.

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

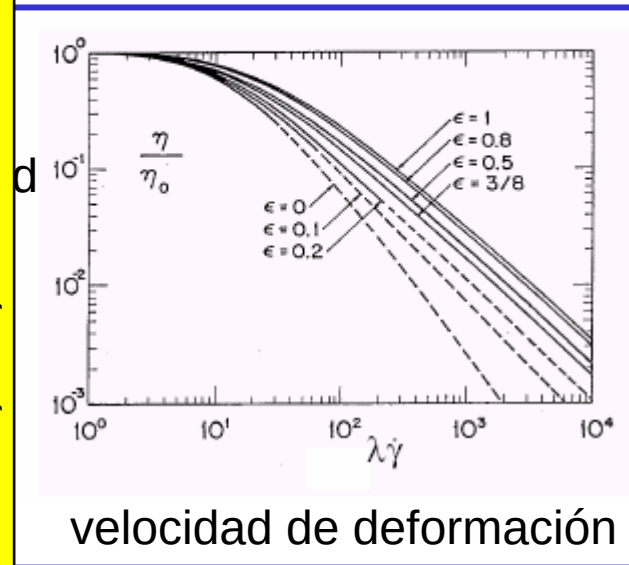
Polímeros: viscosidad variable

En general materiales viscoelásticos, no newtonianos.

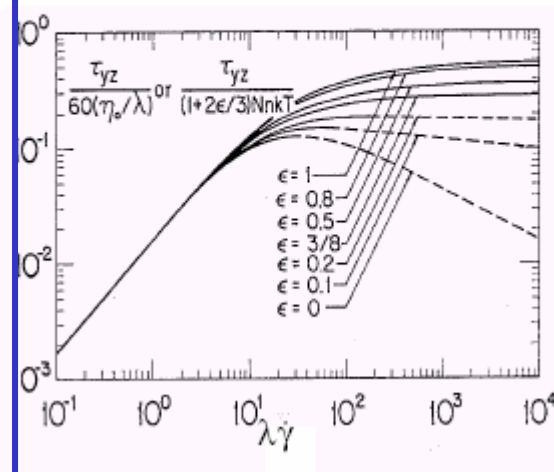
La propiedad más importante es que su viscosidad suele disminuir con la velocidad de deformación.

Nichtlineare Viskoelastizität

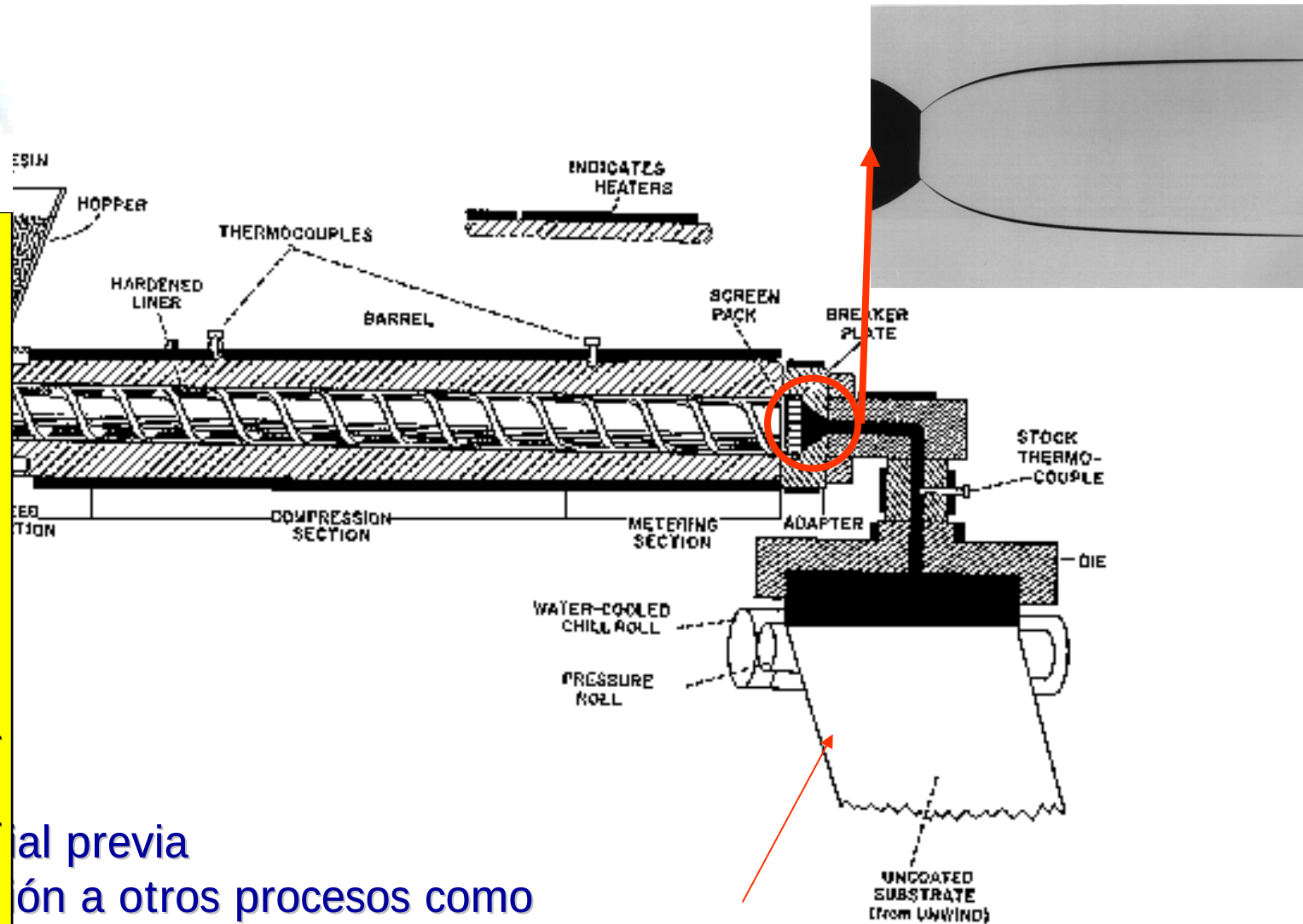
Auch hier ergeben sich Probleme in der Doi-Edwards-Theorie ($\epsilon = 0$) und in der Curtiss-Bird-Theorie für kleine "link tension"-Koeffizienten. Für $\epsilon < 3/8$ fällt die Viskosität bei grossen Scher-



velocidad de deformación



Procesado #1: extrusión



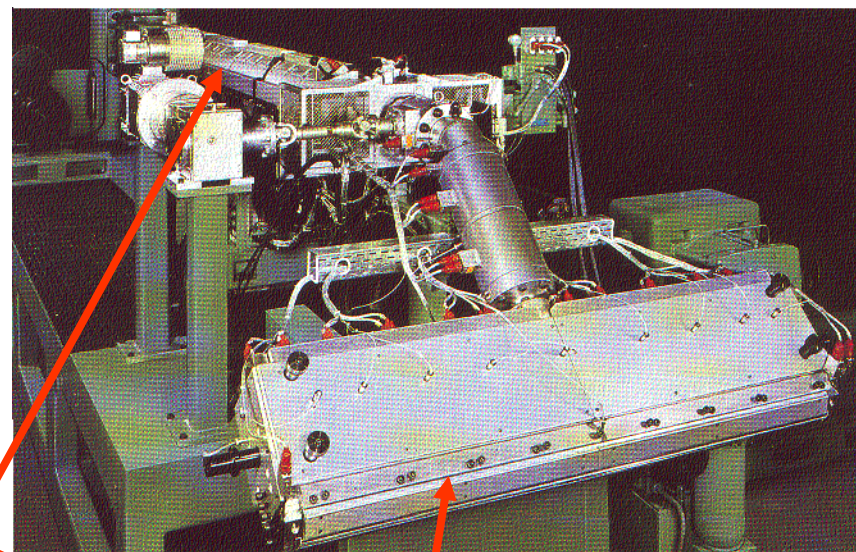
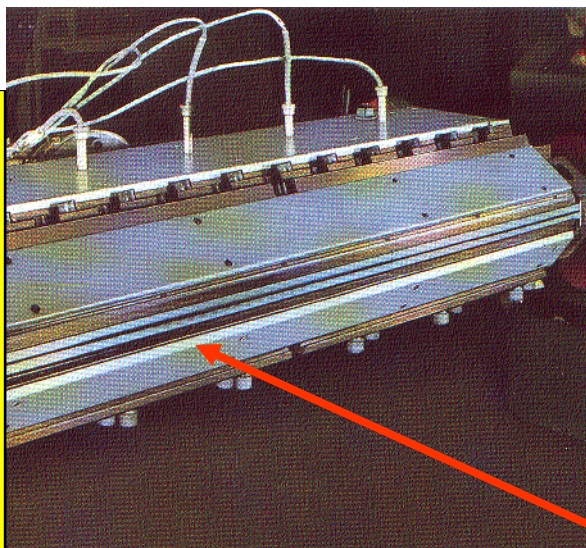
al previa
ón a otros procesos como
xtrusión-colada



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

Extrusión-colada (extrusion casting)



extrusora

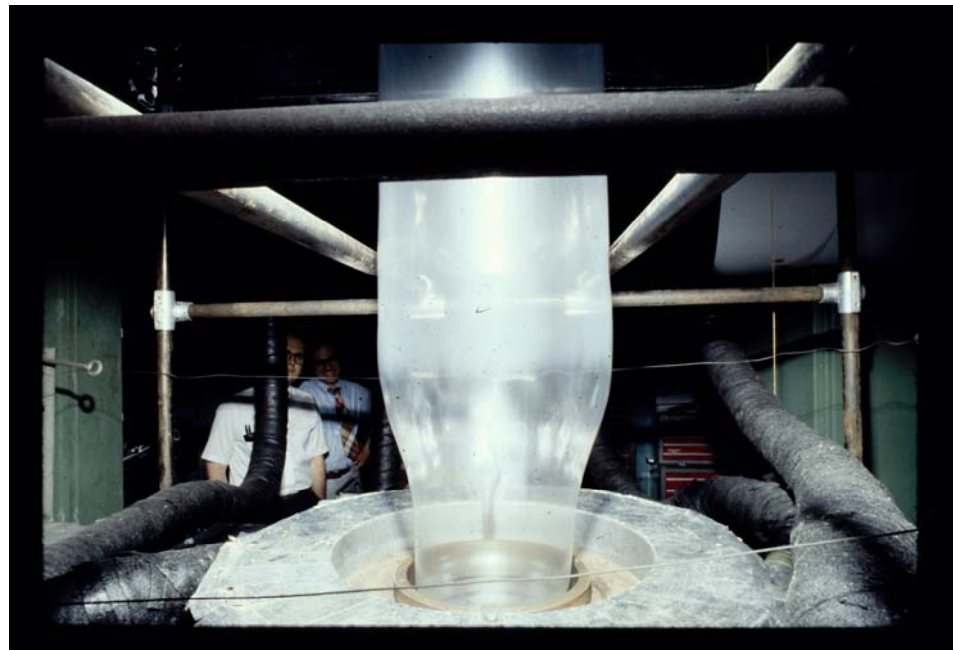
distribuidor de percha

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

Materiales poliméricos: procesado

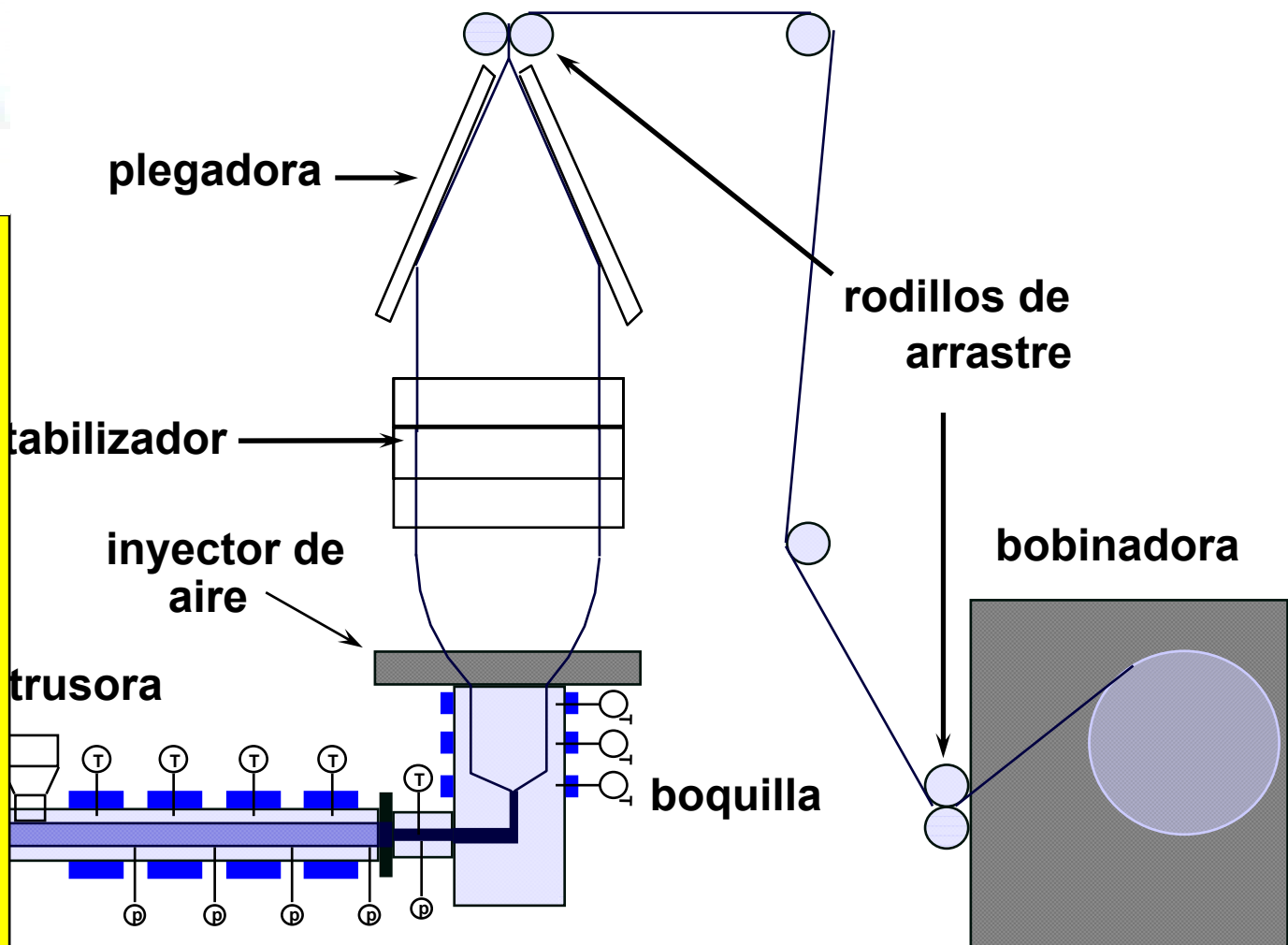
Cartagena99



Fabricación de films:
Extrusión colada (extrusion casting)
Extrusión soplado (extrusion blowing)

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

Extrusión-soplado (extrusion blowing)

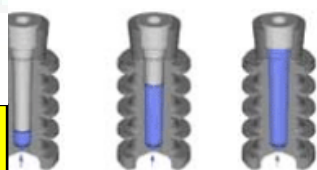


Cartagena99

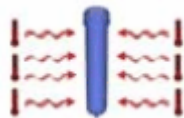
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Extrusión-inyección-soplado



Producto de la extrusora
se introduce en un molde hueco



La forma se enfría



En la primera etapa queda
definido el cuello del
envase y su peso.



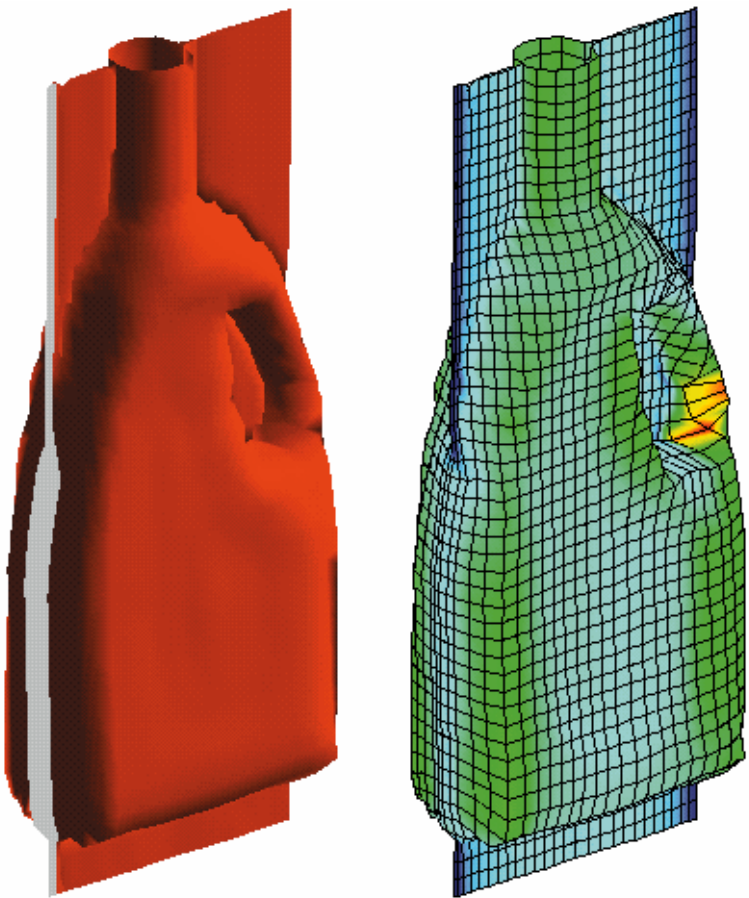
En la segunda el envase
adquiere su forma final
(soplado)

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



Extrusión-inyección-soplado



fabricación de envases
por soplado



tubo lisa o corrugada,
1.5 m de diámetro

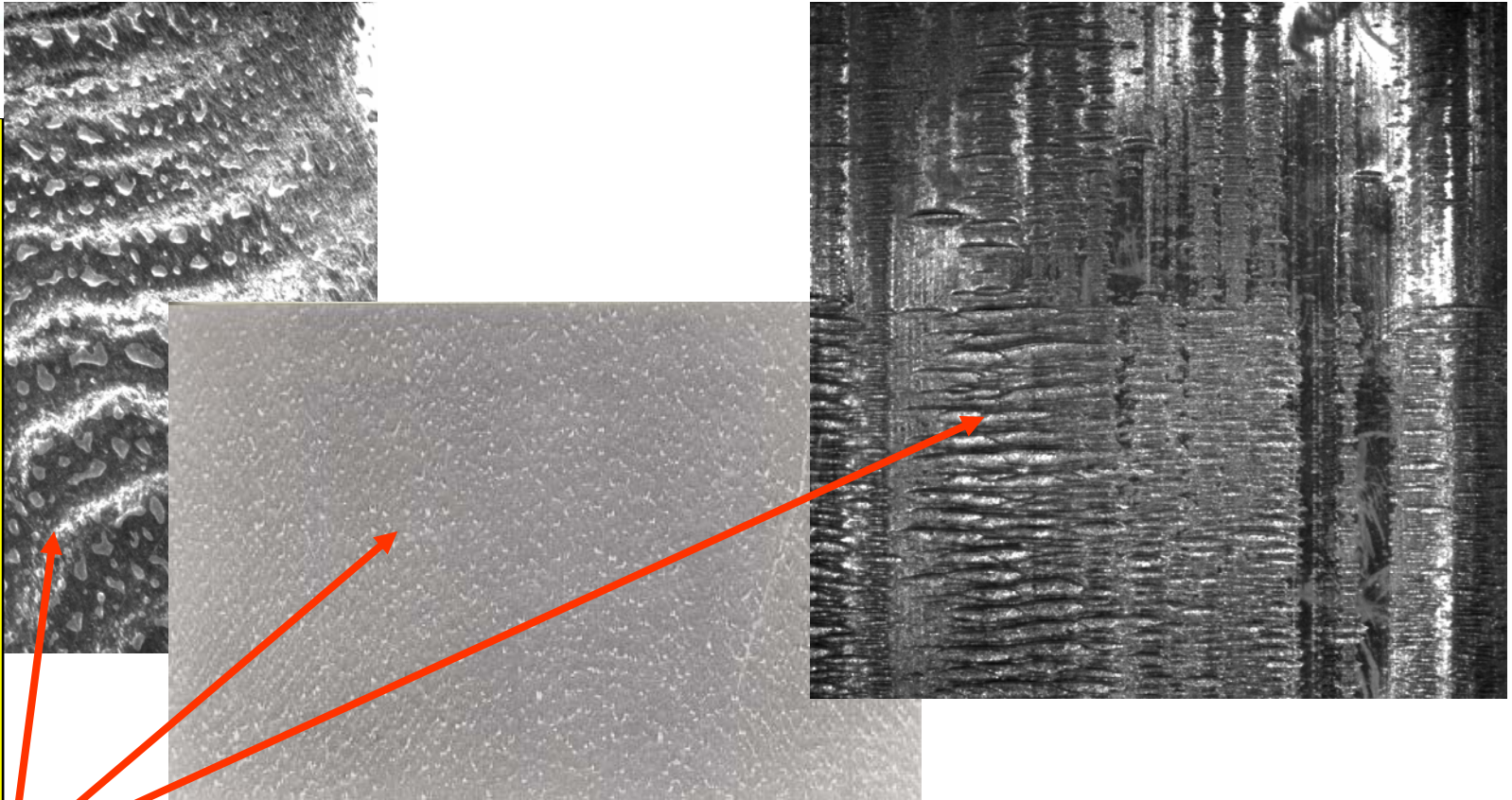
Cartagena99

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



Problemas en el procesado

a alta velocidad aparecen inestabilidades de flujo



s superficiales en PE extruído

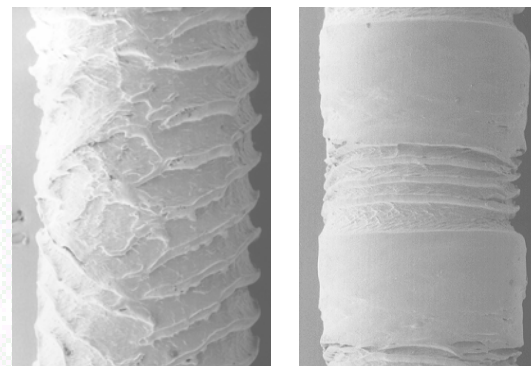
Cartagena99

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

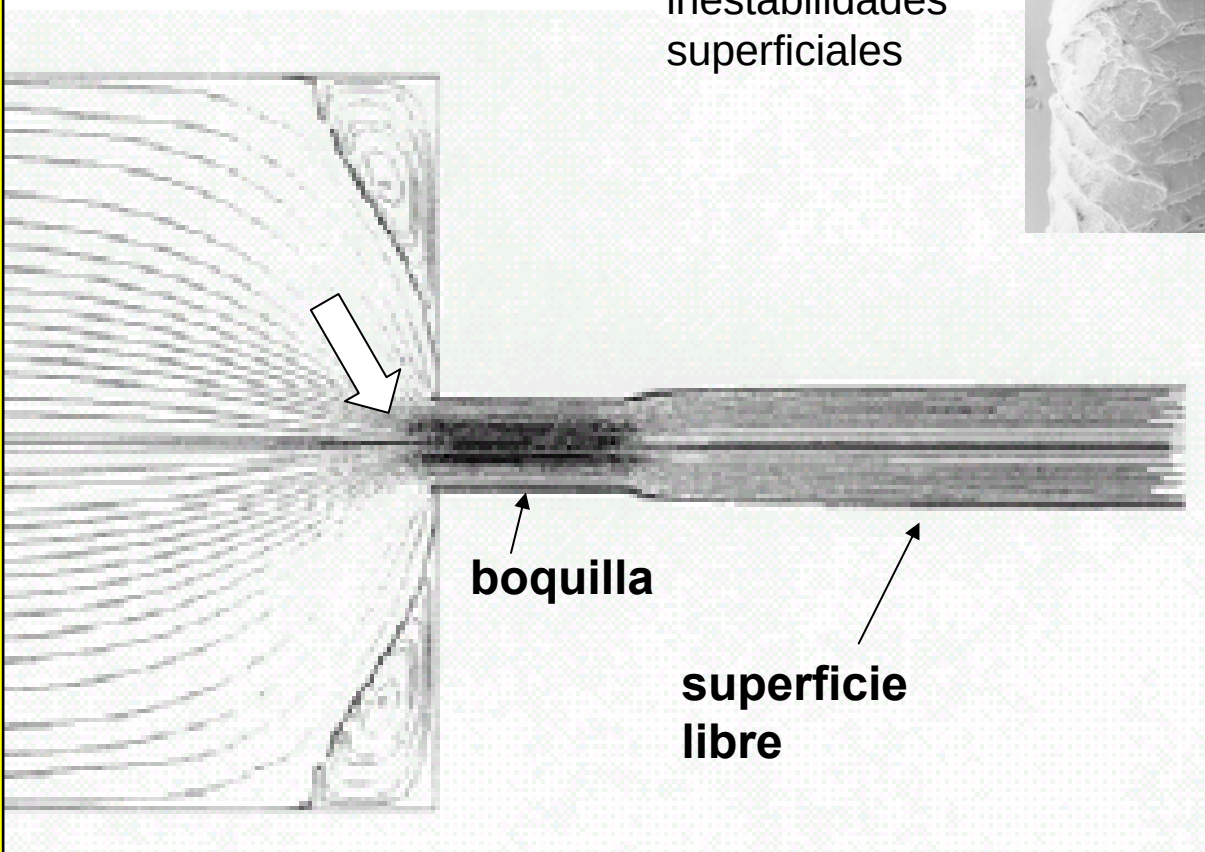
Inestabilidades de flujo

ocurren con todos los polímeros (LLDPE, HDPE, PP, PS)
tipos muy diversos
es esencial poder predecirlas

inestabilidades
superficiales



inestabilidades
volumétricas

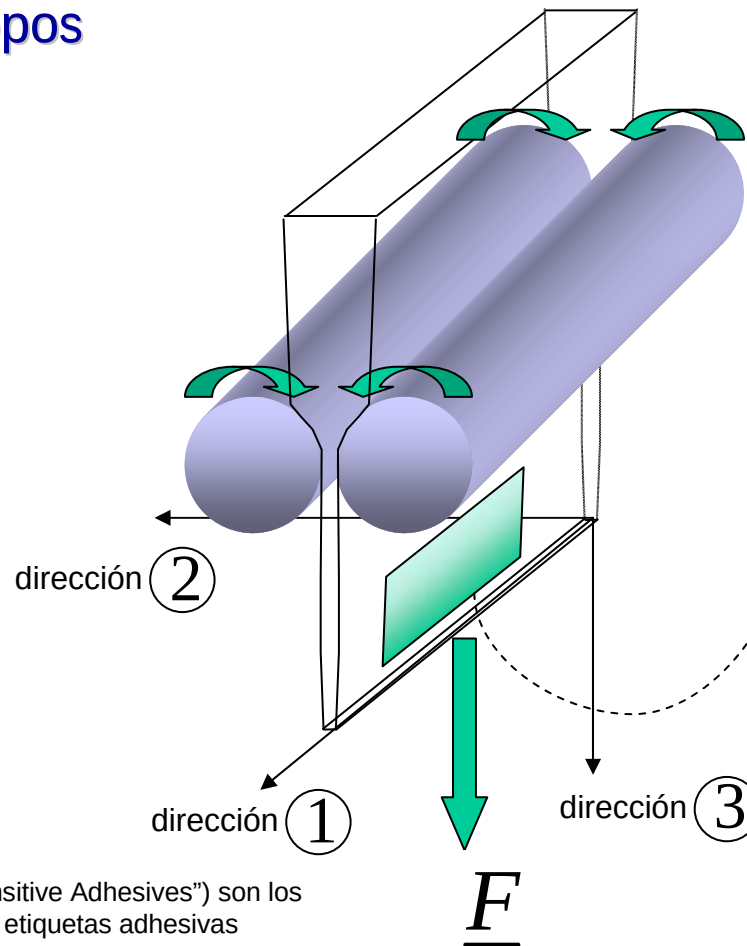


Cartagena99

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

Orientación y anisotropía de propiedades

Consecuencia del procesado, los polímeros poseen muy
diferentes propiedades diferentes en direcciones diferentes
anisotropía



por ejemplo en el calandrado
de PSAs¹, una muestra del
material sufre elongación en
la dirección 3:



y sus propiedades en esta
dirección pueden ser muy
diferentes de las propiedades en
las direcciones 1 y 2.

En las direcciones 1 y 2 las
propiedades, p. ej. mecánicas,
tampoco serán estrictamente
iguales, puesto que el material es
comprimido en la dirección 2 y no
sufre deformación en la 1

Sensitive Adhesives”) son los
en etiquetas adhesivas
Post-It



Tiempo de relajación

es un polímero muy complejo con un tiempo de relajación a temperatura ambiente del orden de meses.



e (duración $\ll$ tiempo de relajación), sufre fractura frágil



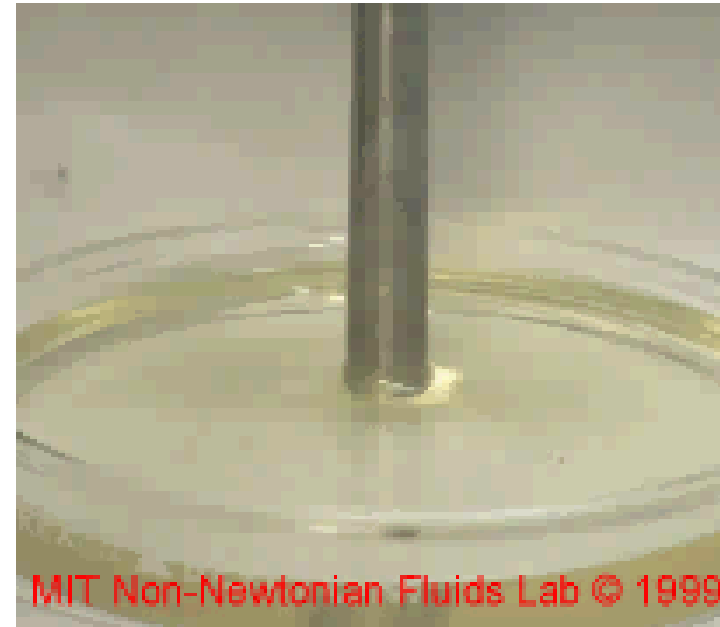
Pero fluye como un líquido si se espera lo suficiente ($\gg$ tiempo de relajación): 8 gotas desde 1927, la última en 2001.

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



Comportamiento viscoelástico

Cartagena99



Efecto Weissenberg

(ascenso del fluido por el agitador;
comparar con el caso newtoniano $\Rightarrow$ superficie parabólica)

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



Comportamiento viscoelástico



Sifón sin tubo

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



ateriales poliméricos: formulación

ulación de un producto polimérico

Se refiere a la fórmula química del polímero (fórmula IUPAC)

Propiedades del polímero puro son con frecuencia demasiado
as para la aplicación.

Se usa la composición del producto final como mezcla de

uno o varios polímeros base (especificado como un grado o tipo)

Aditivos diversos

- cargas inertes (p.ej. CaCO_3 , serrín, mica, talco)
- pigmentos (p.ej. TiO_2 , CaSO_4)
- antioxidantes
- alargadores (p.ej. aceites minerales en neumáticos)
- varios: protectores contra UV, retardadores de llama, fungicidas, antiestáticos

Propiedades del producto formulado pueden ser muy diferentes de
el polímero base.

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

Materiales poliméricos: selección

Selección de materiales poliméricos es una tarea especializada y difícil

depende mucho de aspectos específicos de la aplicación

El PET para botella y un PET textil son muy diferentes

depende de la formulación

depende incluso del fabricante de la materia prima

depende de la práctica habitual (y de la inercia) en la industria
respondiente

depende del precio (fluctuante)

Además depende de factores difíciles de cuantificar, que sólo se
adquieren con la experiencia y que son poco trasladables a otras áreas

En este curso nos limitamos a casos básicos como los del texto (sec. 7.15)

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

Transición vítrea

de fluido a sólido al bajar la temperatura:

enfriando por debajo del punto de solidificación

no formar una fase cristalina (ordenada)

es una transición **termodinámica** (un vidrio no es una

se estable termodinámicamente)

una cuestión de **velocidad de enfriamiento**

pende de la **movilidad molecular** (→ tamaño molecular)



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

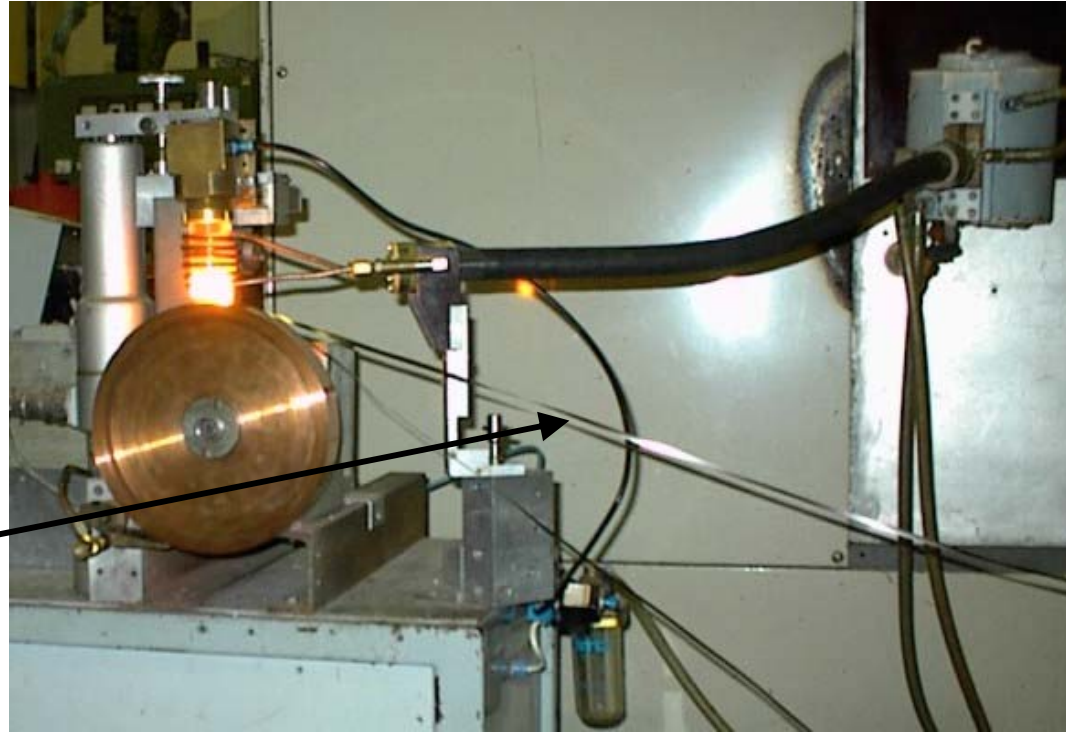


Transición vítrea

o suficientemente deprisa es posible formar vidrio (car, amorfizar) de prácticamente cualquier sustancia líquida (agua, metales, etc).

Se puede obtenerse enfriándolo deprisa ($> 10^6$ K/s) : **vidrio**

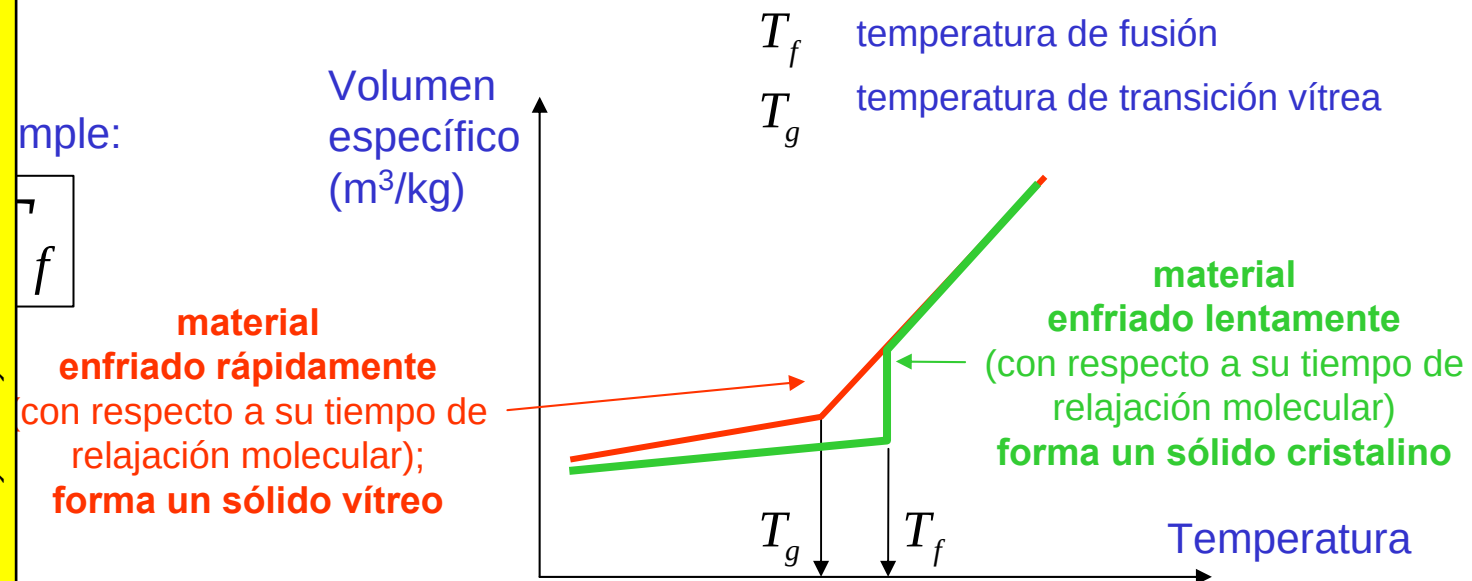
lítico



Vidrios orgánicos e inorgánicos

La formación de un vidrio se reconoce por un cambio continuo en propiedades (p.ej. densidad) que en una transición de primer orden se manifiesta como una discontinuidad.

La temperatura de transición vítrea depende además de la velocidad a la que se enfriamos (no es una prop. termodinámica)

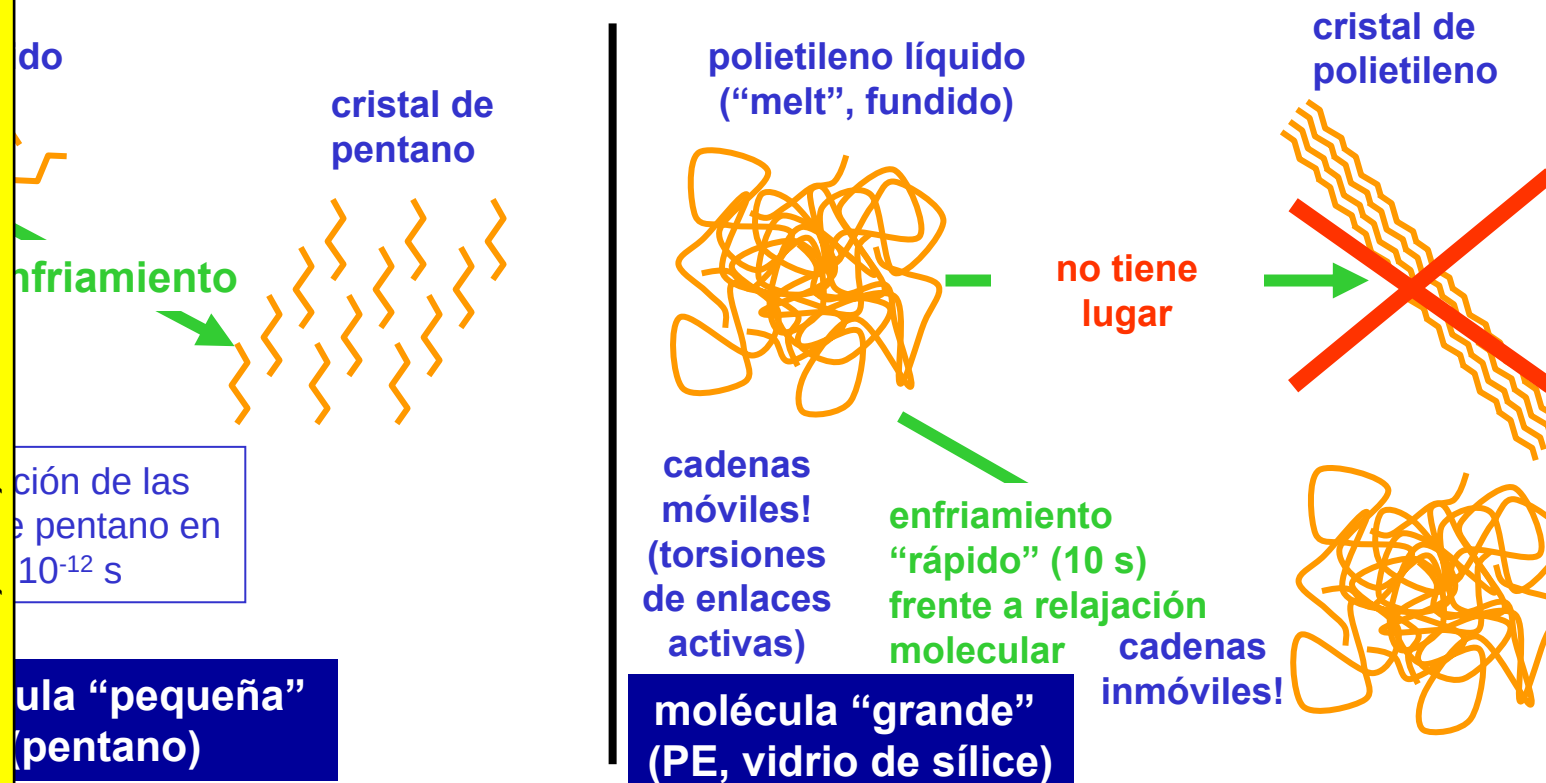


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Vidrios orgánicos e inorgánicos

polímeros orgánicos e inorgánicos, el tiempo de relajación
ser muy elevado (del orden de segundos, minutos u horas).

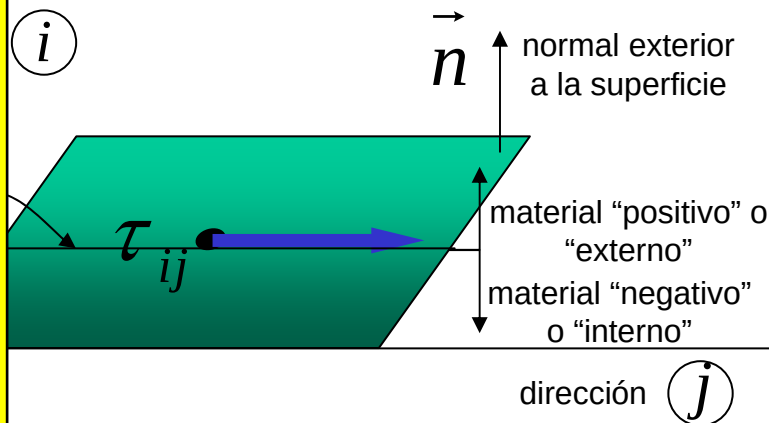
tas de enfriamiento “normales”, $O(10)$ K/min, son muy
s comparadas con el tiempo de relajación molecular → **vidrio**



Importante: dos convenciones diferentes para el esfuerzo

τ (nomenclatura en física de materiales, mecánica estadística de materiales, fluidos complejos, reología, etc.)

σ (nomenclatura en mecánica aplicada, ingeniería mecánica, resistencia de materiales, etc.)



τ_{ij}
es la fuerza en dirección j
ejercida por el material
negativo (ver figura) sobre la
unidad de superficie
perpendicular a la
dirección i .

(mecánica estadística de materiales, fluidos complejos, reología, etc.) difiere de la usada en mecánica aplicada, ingeniería mecánica y resistencia de materiales **en el signo de las componentes y en el orden** de los subíndices, es decir:

$$\underline{\underline{\sigma}} = -\underline{\underline{\tau}}^T = -\underline{\underline{\tau}} \quad (\text{por ser simétrico})$$

Importante: dos convenciones diferentes para el esfuerzo

que en toda la literatura científica e industrial, hojas técnicas, bases de datos, etc. se mantiene esta divergencia, en **Mat II** usaremos:

... el símbolo τ

... **convención de la página anterior** en todos los problemas en los que intervengan **fluidos** (p.ej., fluidos poliméricos y fundidos en el capítulo dedicado a los materiales poliméricos)

... **convención habitual** en ingeniería mecánica y resistencia de materiales (es decir, **convenio de signo opuesto**) en todos los problemas en los que intervengan **sólidos** (p.ej. en los capítulos de materiales poliméricos sólidos, cerámicos y compuestos)

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



Ver también el documento

R_Koopmans_17-12-03.pdf

R_Vegas_14-12-05.pdf

encias de las conferencias invitadas sobre poliolefinas (17/12/03
y 14/12/05)

--

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