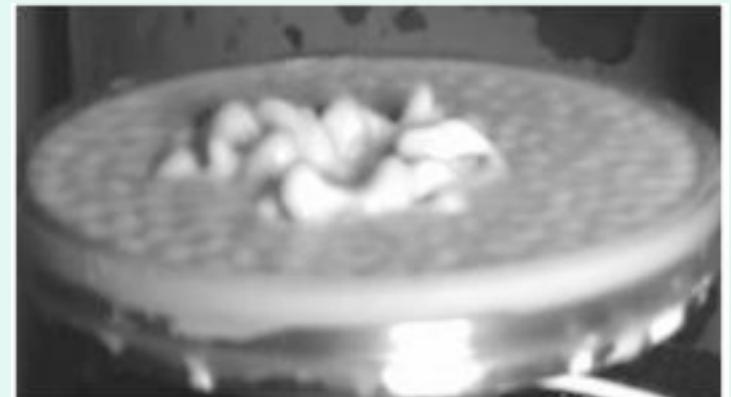


Origen del comportamiento no-Newtoniano



**Capítulo 2: *Propiedades físicas de los
sistemas dispersos***

Sábado, 5 de septiembre de 2009

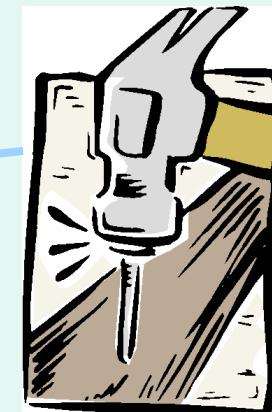
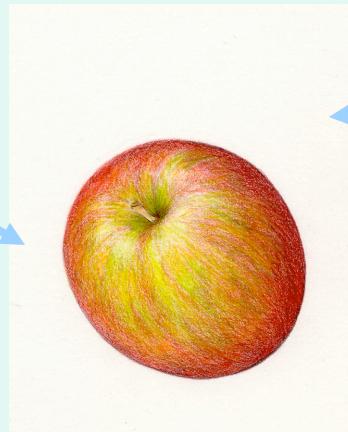
Reología...

Es el estudio del comportamiento de flujo:



El comportamiento de flujo depende de:

- ✓ Tiempo de observación (De)
- ✓ Magnitud de la fuerza aplicada (Pe)

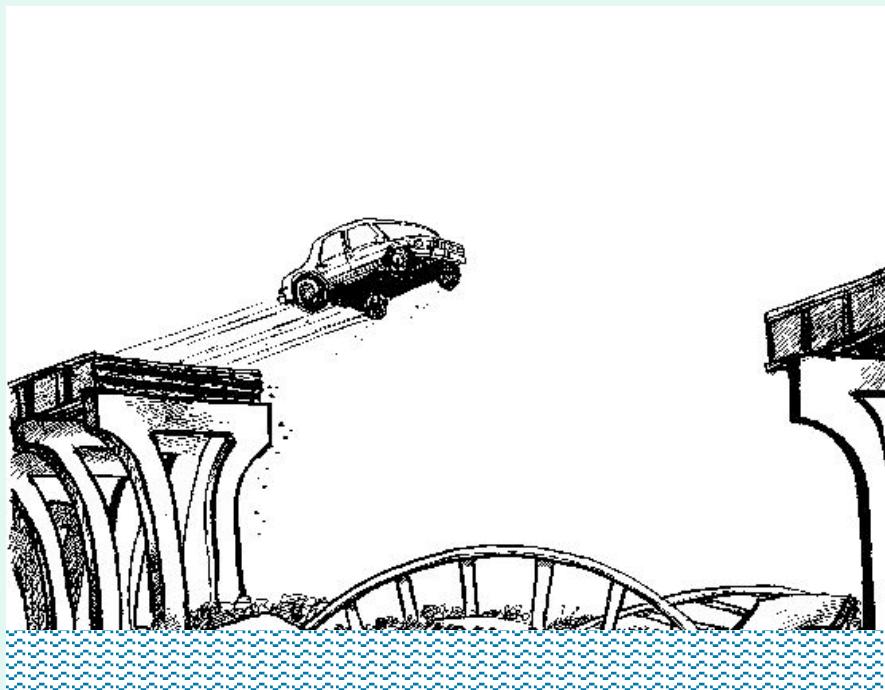


3

material deformable

Casos:

✓ Caída de un puente

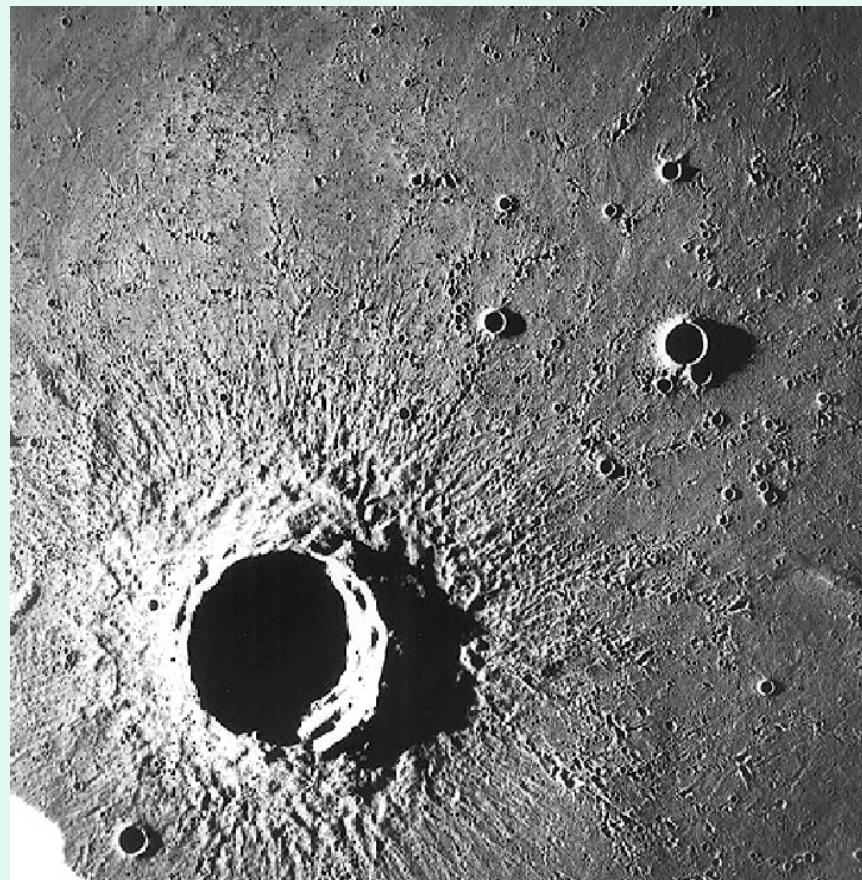


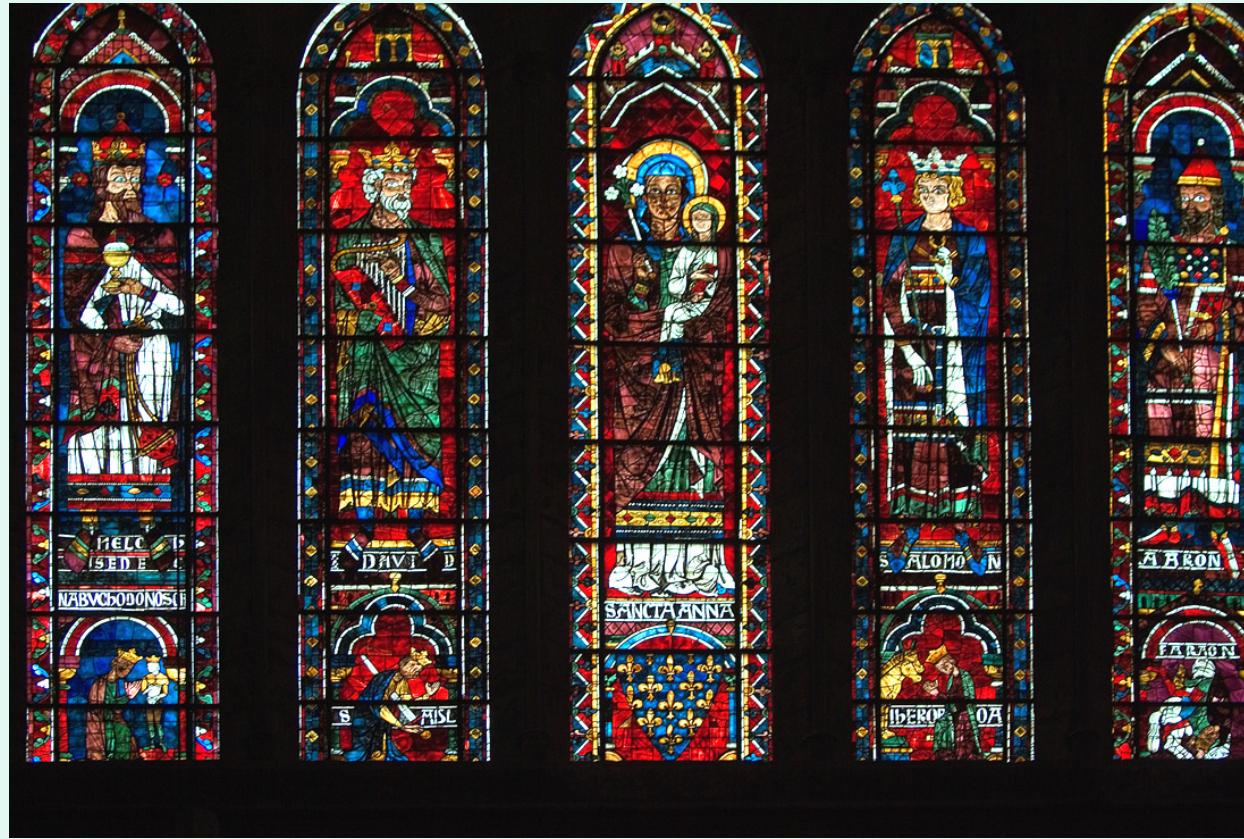
**La superficie del agua
puede comportarse como
si fuera concreto cuando
ocurre un gran impacto en
muy corto tiempo.**

Reología...

✓Luna

**La superficie de la luna
puede comportarse como
un fluido (en la foto, la
superficie lunar parece la
de un estanque cuando
impacta una piedra)
cuando sobre esta ocurre
un impacto de gran
magnitud.**





✓Vidrio catedral medieval

Para poder observar flujo o deformación en el vidrio,
hay que hacer observaciones por siglos.

Tiempo de observación: Número de Débora

$$De = \frac{\lambda}{t_{\text{observación}}}$$

λ = tiempo de relajación del material

Libro de los Jueces: "...y las montañas fluirán ante el Señor". Estas palabras son de Deborah y, en su honor, se definió este número adimensional



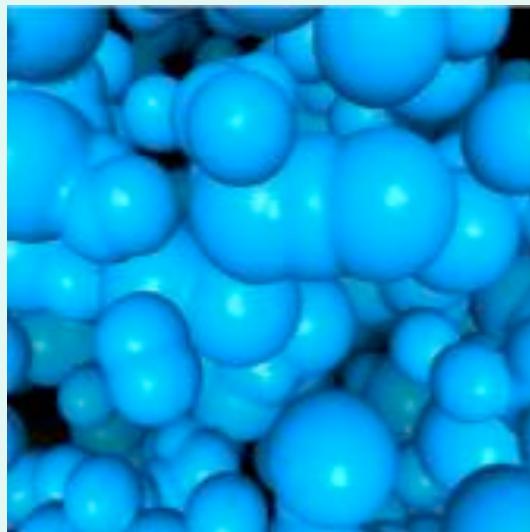
Magnitud del esfuerzo: Número de Peclet

$$Pe = \frac{\eta \dot{\gamma} l^3}{kT}$$

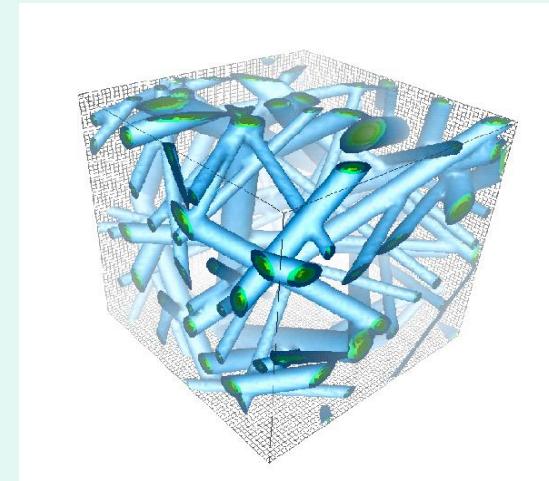
Viscosidad
Tasa de deformación
Longitud característica
Energía térmica

$\eta \dot{\gamma} l^3$: energía mecánica aplicada por el observador

Origen del comportamiento no-Newtoniano:

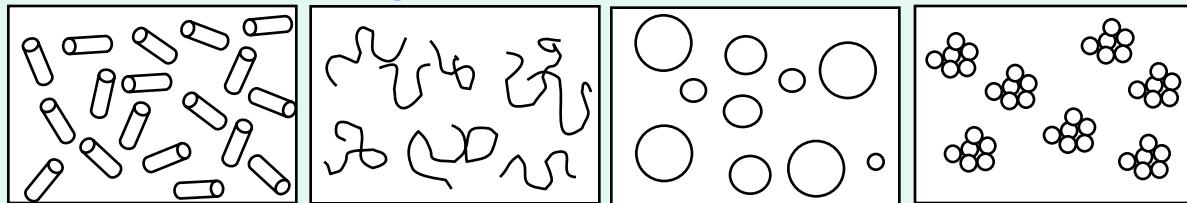


**La clave está en la
microsestructura
del material...**

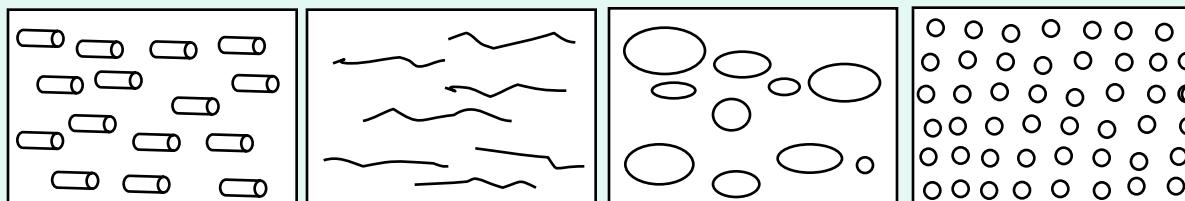


Cambio de la microestructura cuando el sistema se somete a un esfuerzo

En ausencia de movimiento o bajo un esfuerzo muy pequeño



Movimiento en la dirección :



Orientación

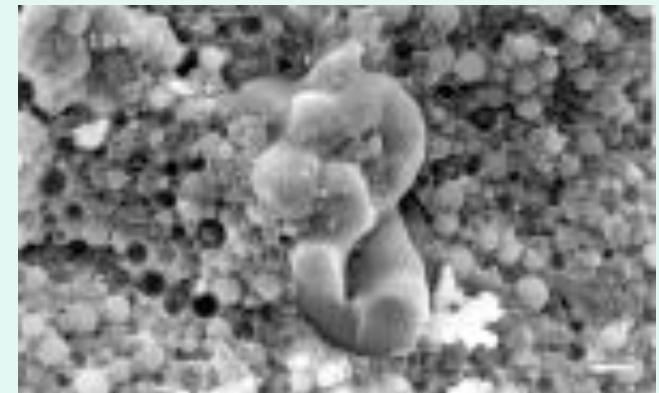
Extensión

Deformación Desagregación

¿Cómo se relacionan el *Pe* y *De* con el comportamiento de los materiales?

Por ejemplo, para una emulsión cuyas gotas tienen un diámetro promedio *d*, el *Pe* se escribe como:

$$Pe = \frac{\eta \dot{\gamma} d^3}{kT}$$



$$Pe = \frac{\eta \dot{\gamma} d^3}{kT}$$



Magnitud de la
energía
mecánica
aplicada

$$De = \frac{\lambda}{t_{obs}} \rightarrow t_{obs} \approx \frac{1}{\dot{\gamma}}$$

λ = tiempo característico para el desplazamiento de las gotas, unas con respecto a las otras, debido a su energía térmica.

¿Cómo se relacionan el *Pe* y *De* con el comportamiento de los materiales?

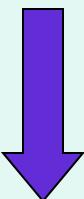
A continuación, se presenta un experimento imaginario.

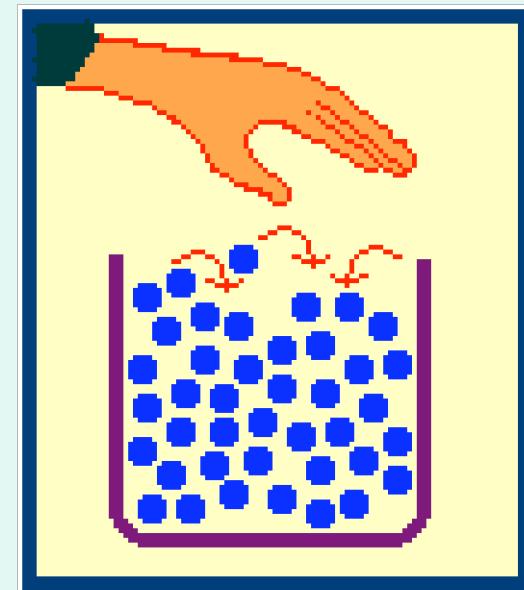
Se tienen varias esferas mágicas que pueden brincar y cambiar de posición dentro de una canasta.

Un observador externo tratará de agarrar algunas esferas y cambiarlas de posición, pero para lograr esto, su mano debe ser suficientemente rápida y fuerte...

Mano poco energética, las esferas mágicas se mueven más rápido que la mano:

$$\Rightarrow Pe \ll 1$$

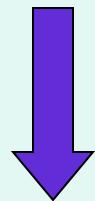
$$\lambda > \frac{1}{\dot{\gamma}}$$




Bajo estas circunstancias, el comportamiento es independiente de lo que haga el observador \Rightarrow viscosidad constante $\rightarrow \eta_0$

Mano no tan débil \Rightarrow Pe < 1

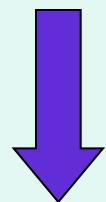
$$\lambda \approx \frac{1}{\dot{\gamma}}$$



Las acciones del observador empiezan a tener efecto \Rightarrow el material empieza a ceder

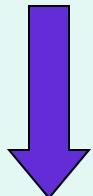
Mano fuerte y rápida $\Rightarrow Pe > 1$

$$\lambda < \frac{1}{\dot{\gamma}}$$



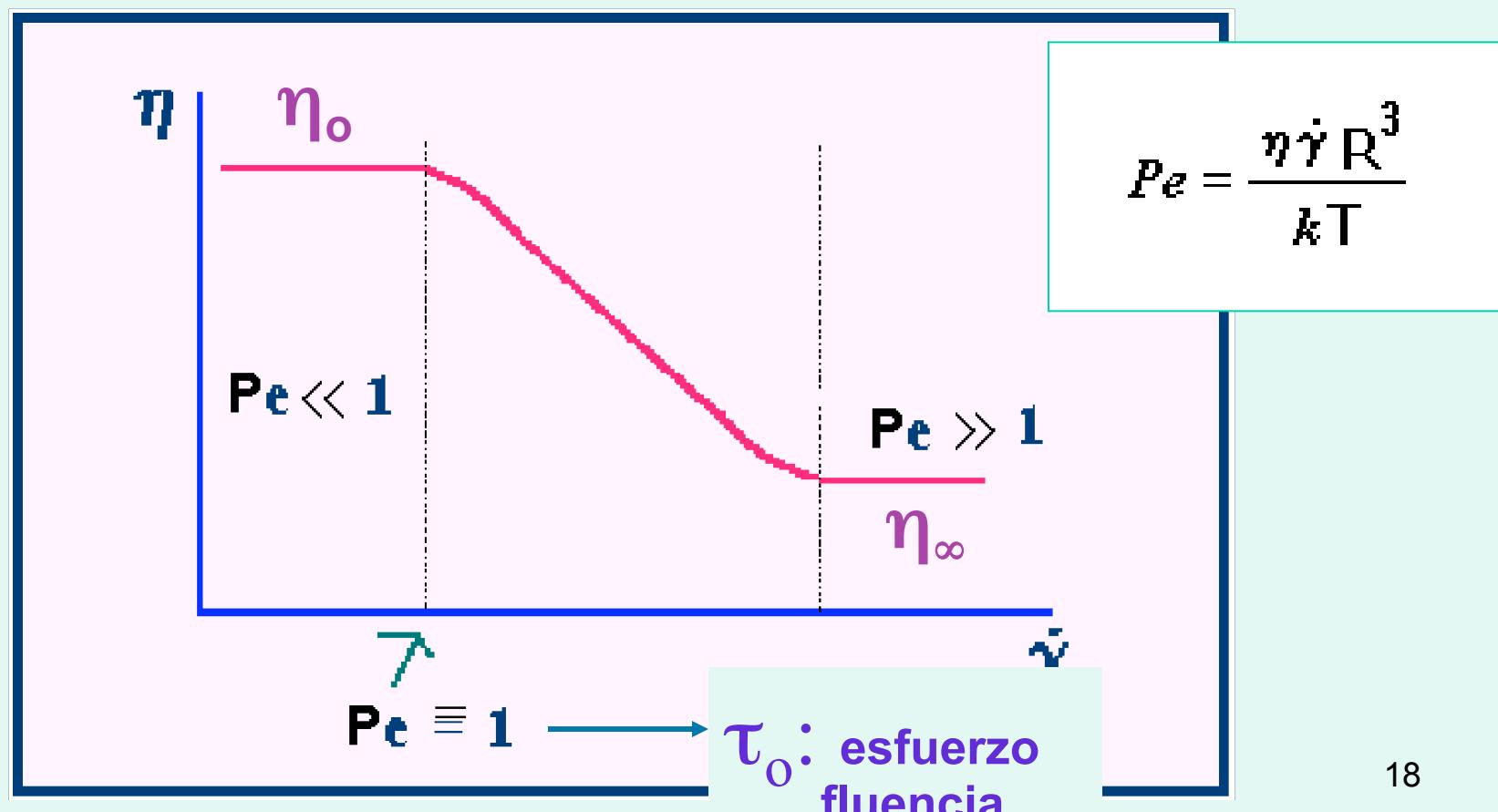
Se produce la destrucción u orientación o desagregación del material $\rightarrow \eta$ variable

Mano muy fuerte y rápida \Rightarrow Pe $\gg 1$

$$\lambda \ll \frac{1}{\dot{\gamma}}$$


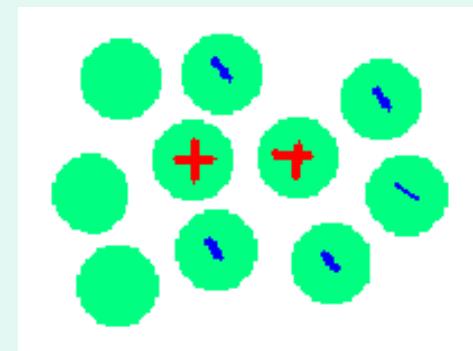
**La respuesta es proporcional al esfuerzo
y la viscosidad es constante $\rightarrow \eta_\infty$**

Según la magnitud del esfuerzo externo, puede lograrse cambiar el sistema ($Pe > 1$). Se origina el comportamiento de viscosidad estructural.



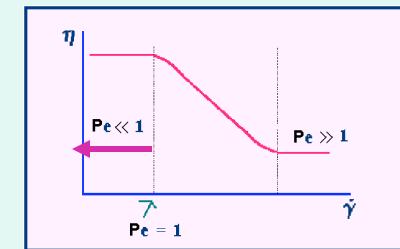
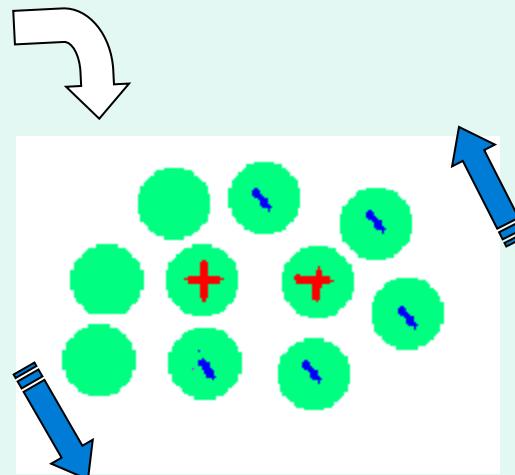
A continuación, se muestran modelos sencillos de los cambios estructurales, según Pe y De .

Esfuerzo o deformación impuesta débil ($De \gg 1$ y $Pe < 1$)

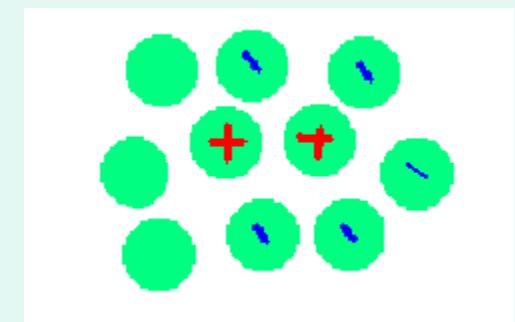


✓ Estructura original

τ o $\dot{\gamma}$ débil



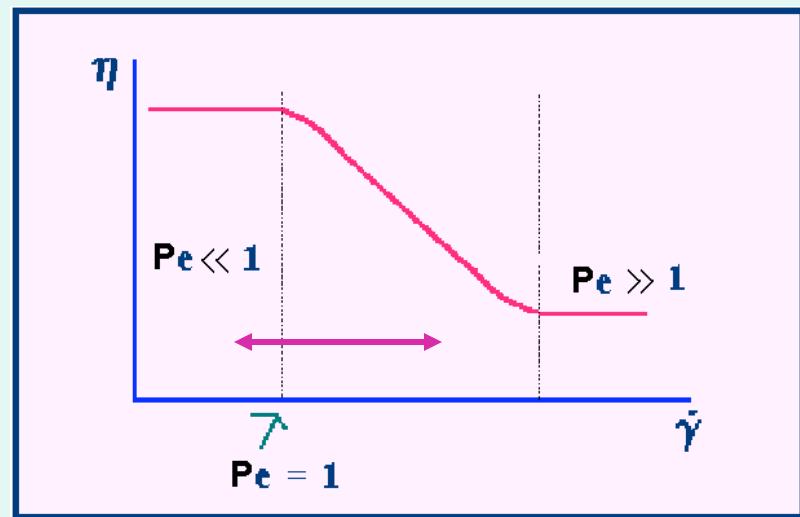
Estructura final



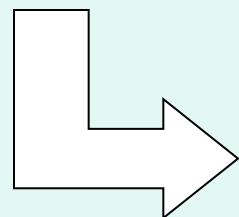
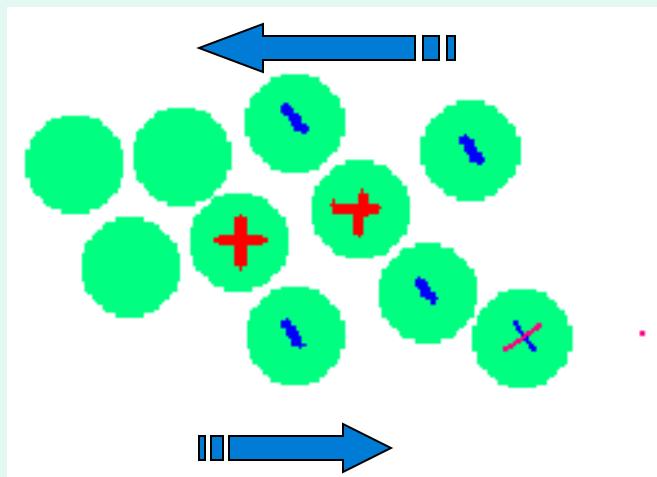
**Esfuerzo o deformación
impuesto
intermediarias...
($D_e \approx 1$ y $P_e \approx 1$)**



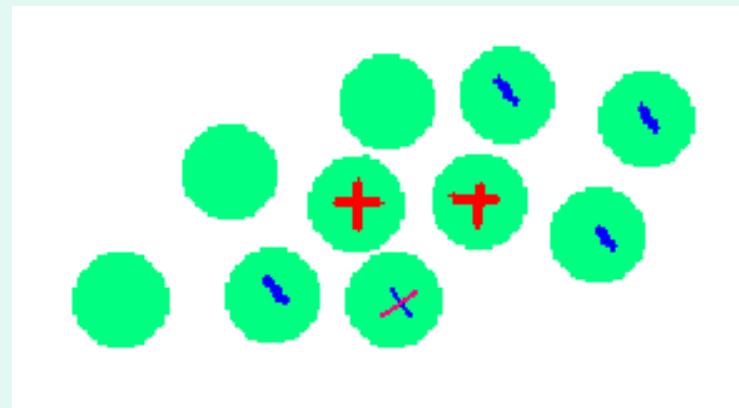
✓ **Se produce la
destrucción gradual
de las estructuras**



Estructura sometida a cizallamiento:

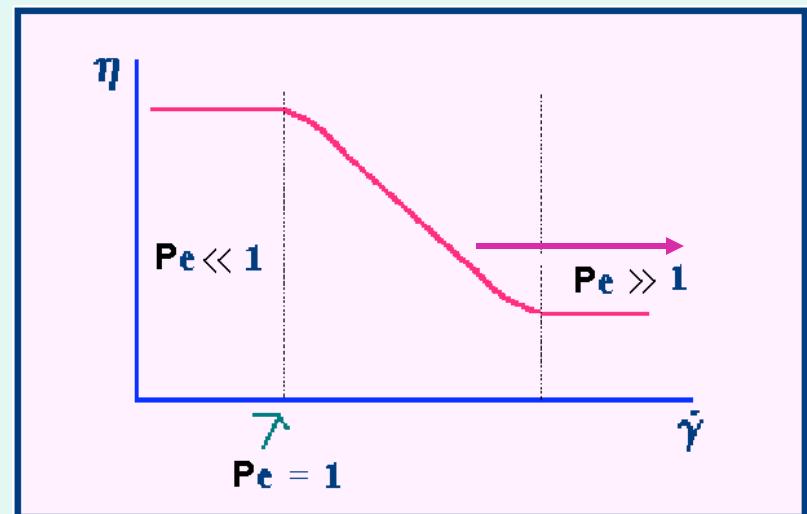


Destrucción de estructura,
rearreglo de las partículas

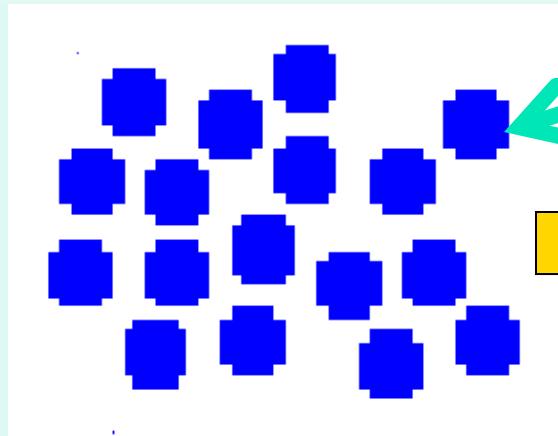


**Esfuerzo o deformación
impuesta elevada...
(De << 1 o Péclet >> 1)**

- ✓ Ya no hay estructuras
- ✓ Es el campo de velocidad o cizallamiento que induce el orden

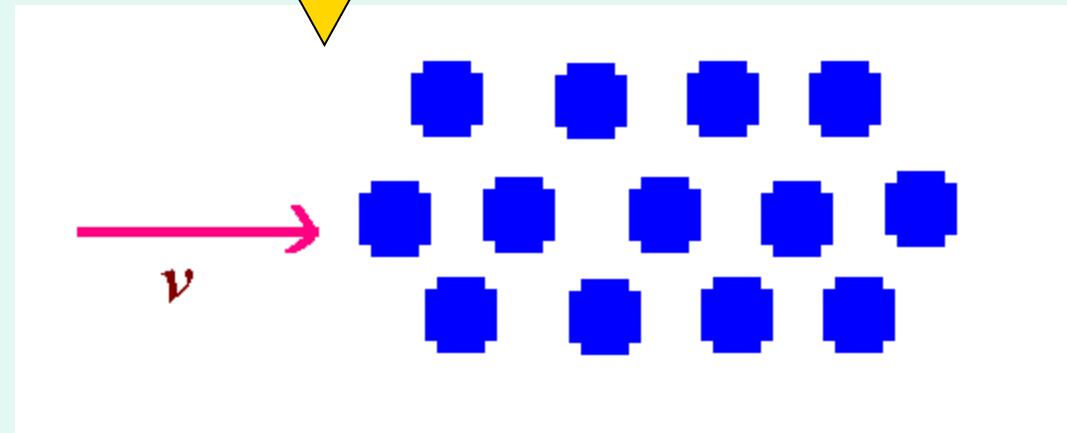


Finalmente, a elevados esfuerzos o tasas de corte

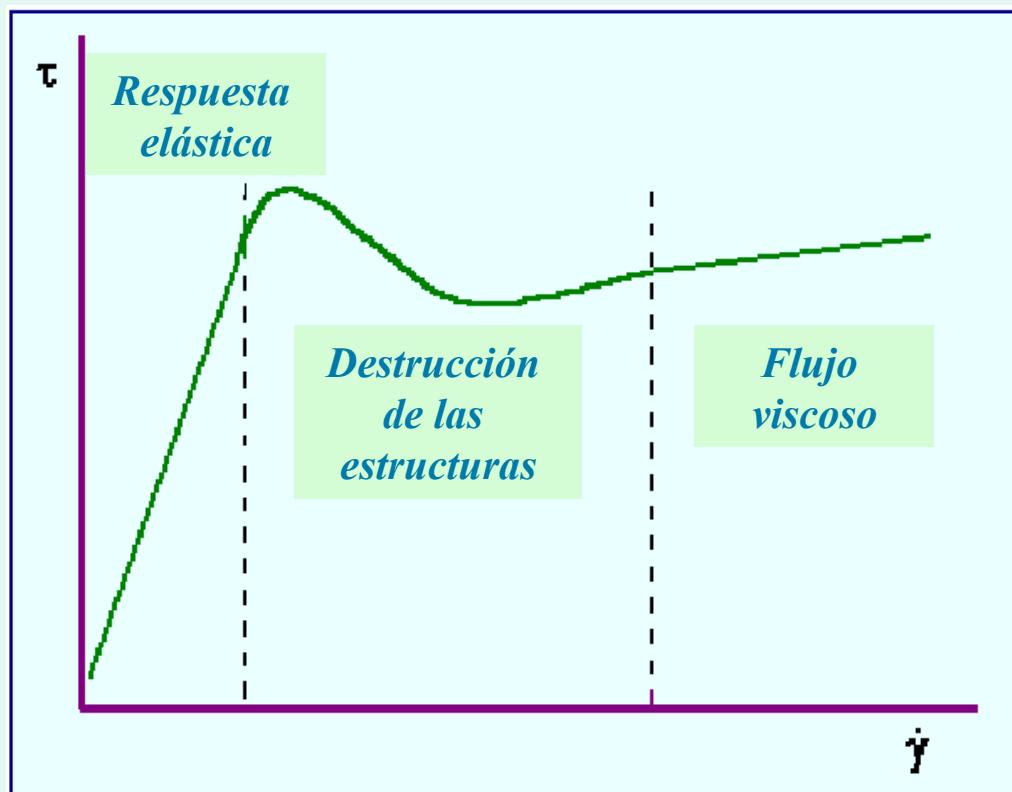


Arreglo o
microestructura
antes del
cizallamiento

Orientación de
las partículas a
causa del
cizallamiento



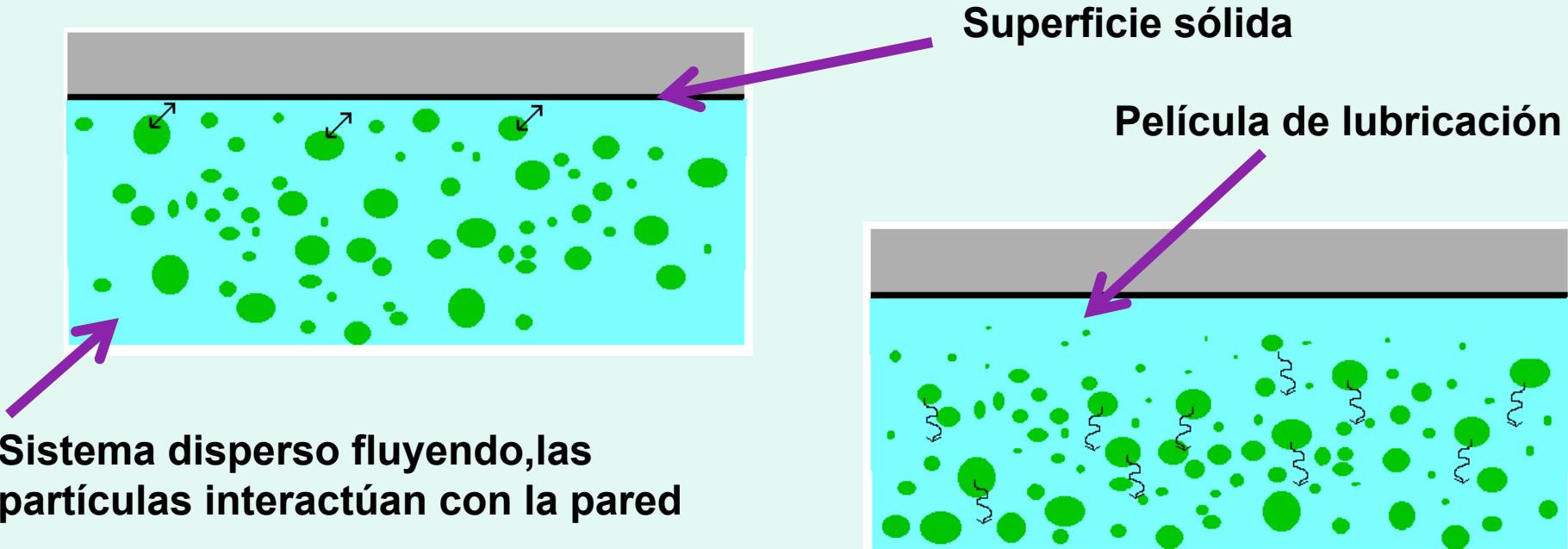
Respuesta en régimen estacionario...



Otros efectos:

Cambios de estructura inducidos por la hidrodinámica, independientes de las interacciones fisicoquímicas entre partículas y moléculas

Efectos hidrodinámicos: deslizamiento en la pared en condiciones de flujo



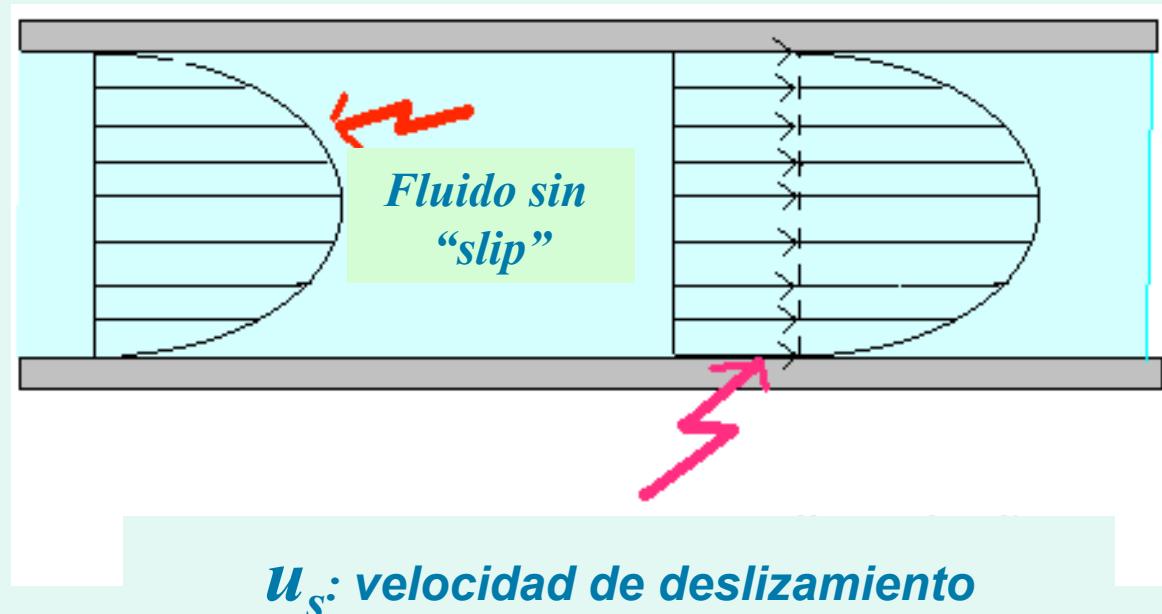
Sistema disperso fluyendo, las partículas interactúan con la pared

Superficie sólida

Película de lubricación

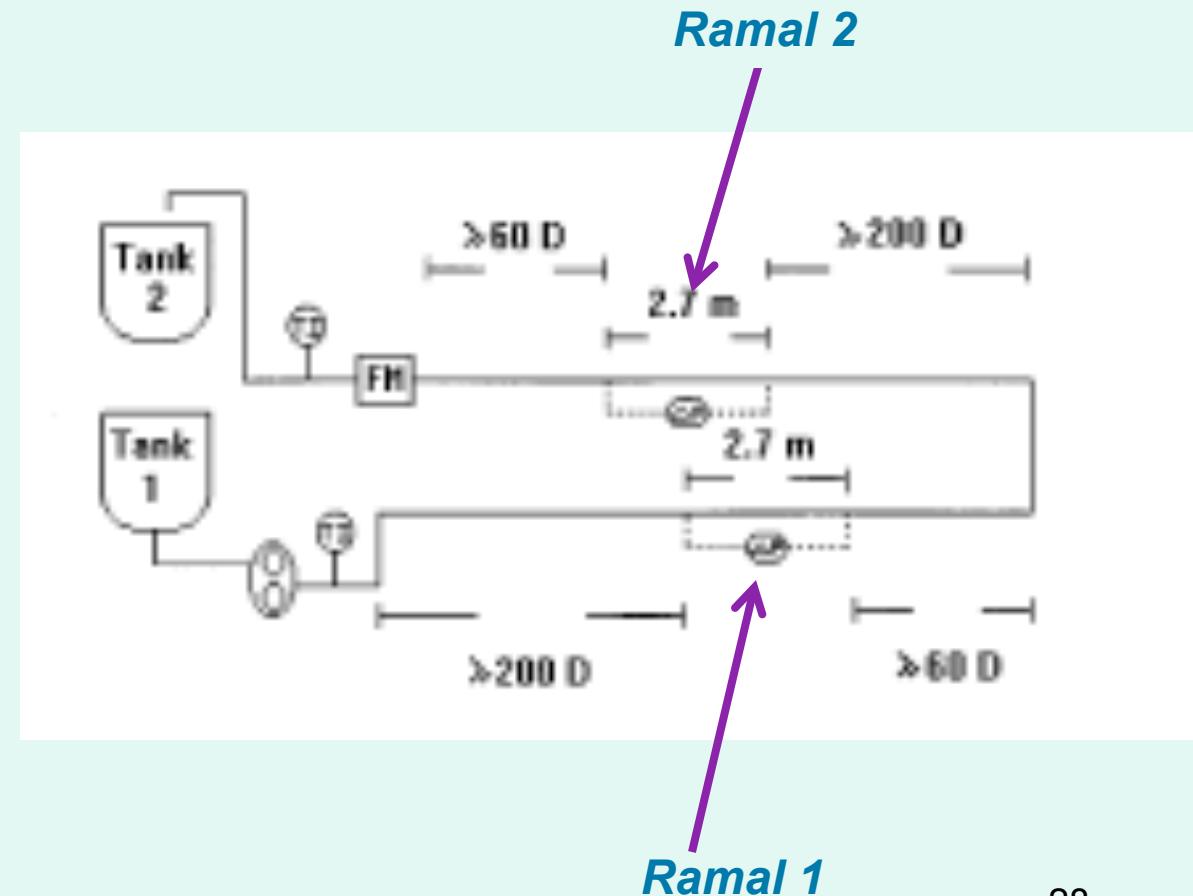
- ✓ Las partículas se desplazan alejándose de las regiones donde el cizallamiento es más elevado.
- ✓ Se produce un despojamiento en la zona cercana a la pared (wall depletion) formándose una película de líquido.
- ✓ La fricción en la pared disminuye notoriamente ya que el contacto es con la fase externa líquida. Se dice que el flujo es lubricado.

Cuando el sistema fluye en una tubería, se produce el deslizamiento en la pared, con una velocidad aparente u_s en $r = R$, diferente de cero. Es como si al ocurrir la lubricación, la velocidad u_s se suma al perfil de velocidad sin deslizamiento.



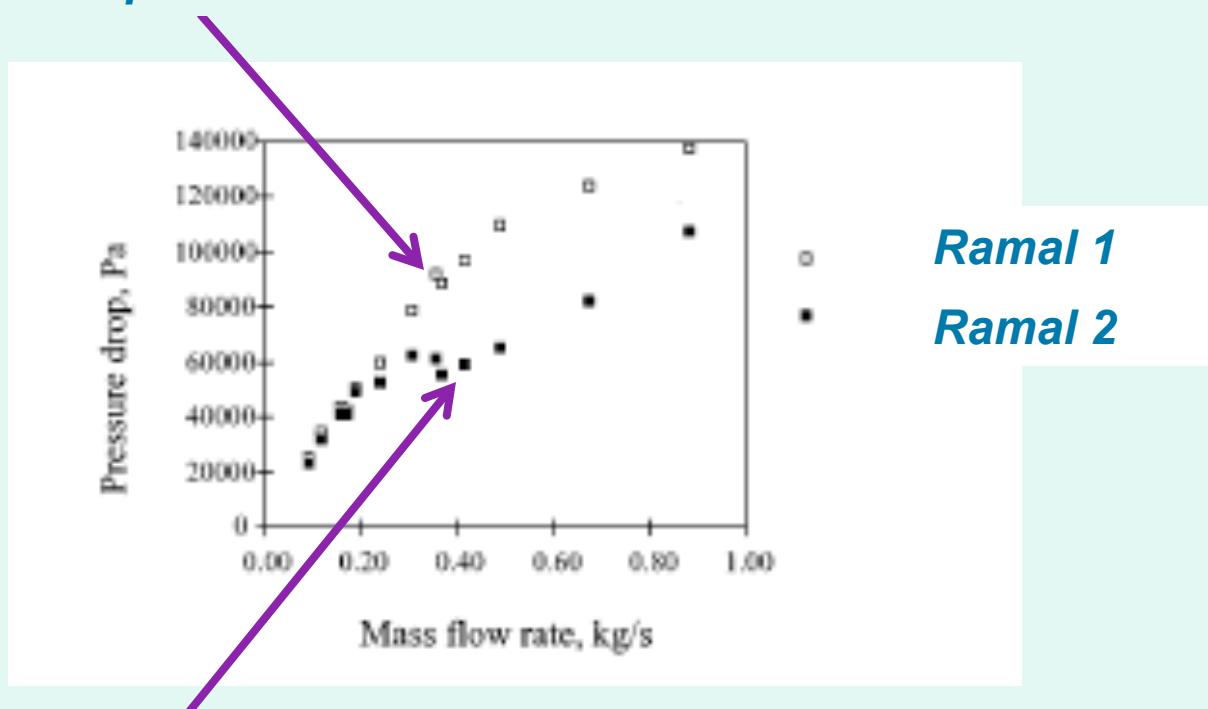
Fenómeno de deslizamiento en un tubo de 1"

Se bombea una emulsión de crudo pesado en agua desde el tanque 1 hasta el tanque 2. Se mide el flujo (medidor FM) y la caída de presión en dos ramales de 2,7 m cada uno.



Curva de flujo: caída de presión en función del flujo másico

La curva de flujo en el ramal 1 corresponde a un comportamiento reofluidizante



En el ramal 2, hay un intervalo (entre 0,3 y 0,5 kg/s) en el cual la caída de presión no se incrementa

Para que se establezca un flujo lubricado, hace falta cierta longitud de desarrollo para que se forme la película de lubricación.

Casos

Algunos ejemplos

- ✓ Pasta de diente
- ✓ Pinturas
- ✓ Lodos de perforación

Casos: Se estudia cómo se relaciona el comportamiento reológico con las situaciones de manejo del material

Pasta de diente:

- ✓ Mezclado de los componentes
- ✓ Estabilidad del producto
- ✓ Vertido en tubos
- ✓ Vertido en cepillo
- ✓ Comportamiento sobre el cepillo
- ✓ Acción de lubricación y leve abrasión



Fluidos similares: mayonesa, salsa de tomate, lava.

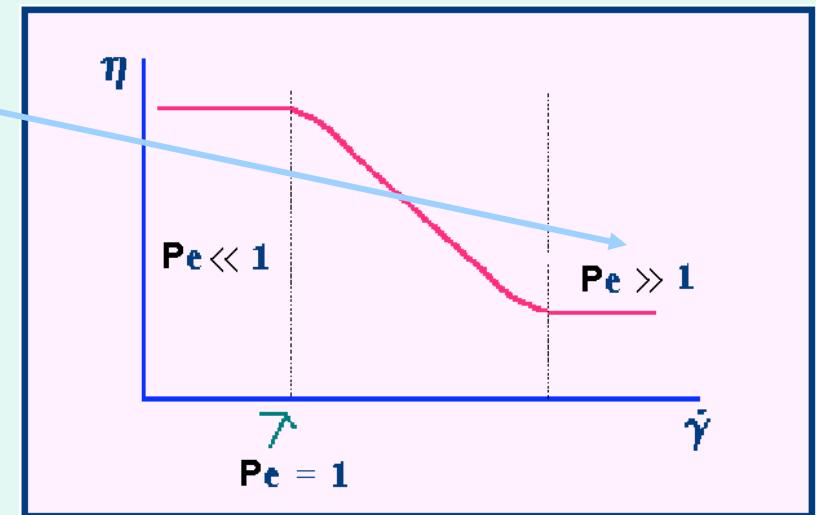
Casos

Pasta de diente:

- ✓ Vertido en tubos

El cizallamiento es alto, la viscosidad es baja

Esto es deseable



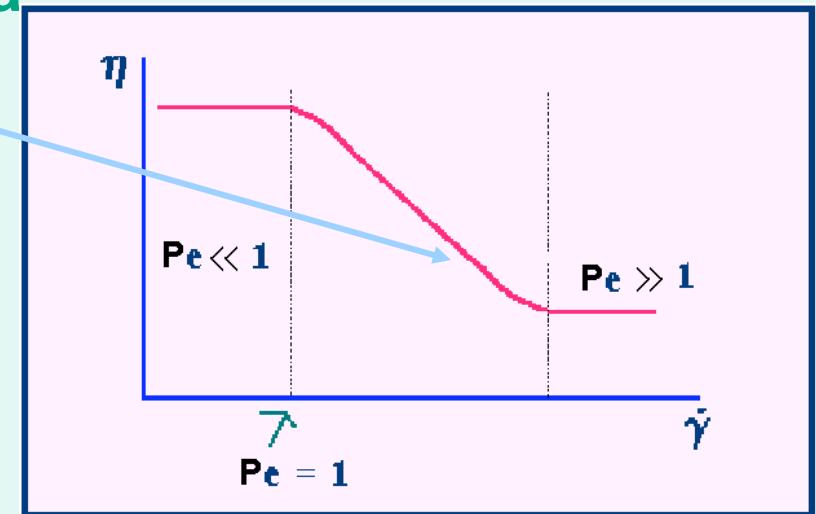
Casos

Pasta de diente:

- ✓ Mezclado de los componentes

El cizallamiento aplicado es relativamente alto , la viscosidad es intermedia

Esto es deseable



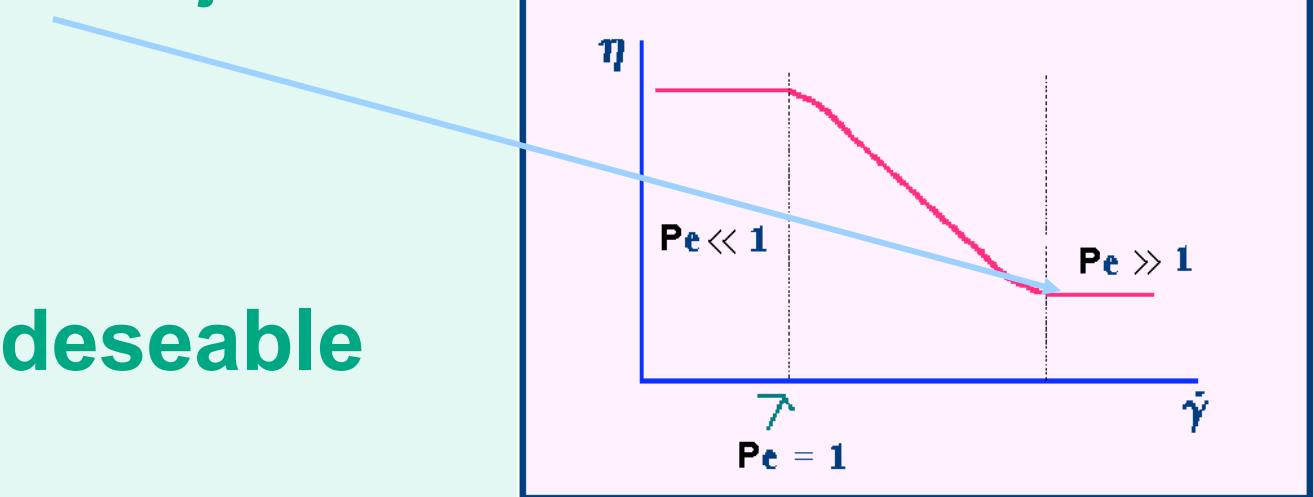
Casos

Pasta de diente:

- ✓ Vertido en tubos

El cizallamiento aplicado es relativamente alto, la viscosidad es baja

Esto es deseable



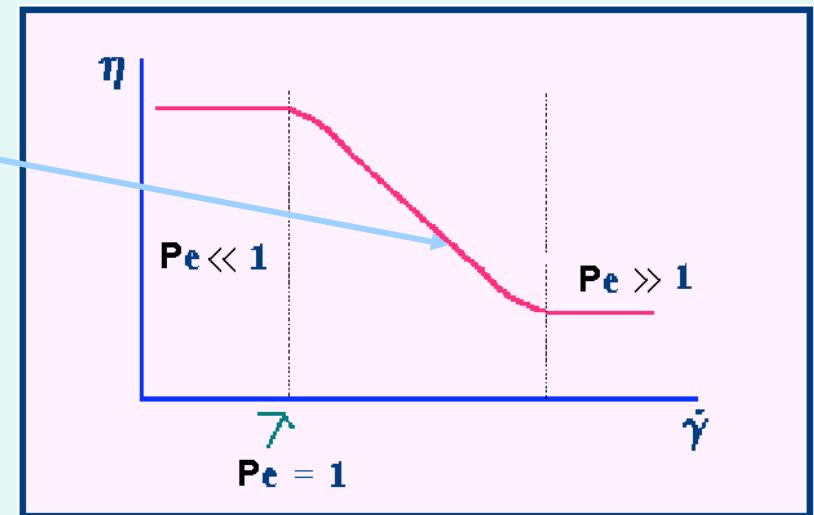
Casos

Pasta de diente:

- ✓ Vertido en cepillos

El cizallamiento aplicado es relativamente alto, la viscosidad es intermedia

Esto es deseable



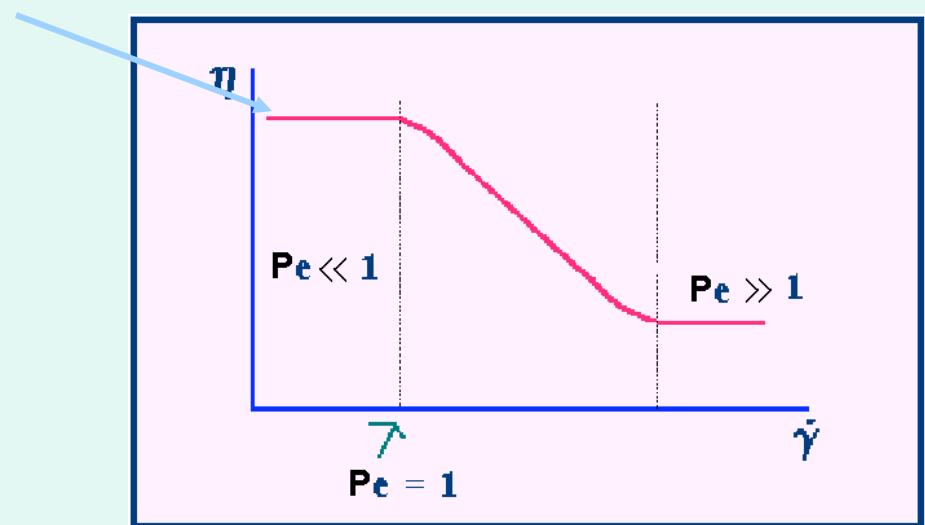
Casos

Pasta de diente:

- ✓ Comportamiento sobre el cepillo

El cizallamiento aplicado es bajo (gravedad) , la viscosidad es alta

Esto es deseable



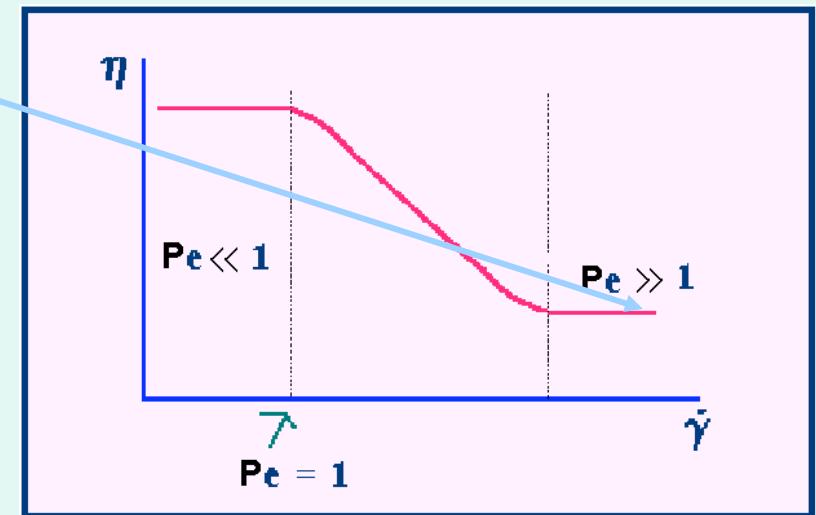
Casos

Pasta de diente:

- ✓ Acción de lubricación y leve abrasión

El cizallamiento aplicado es alto, la viscosidad es baja

Esto es deseable



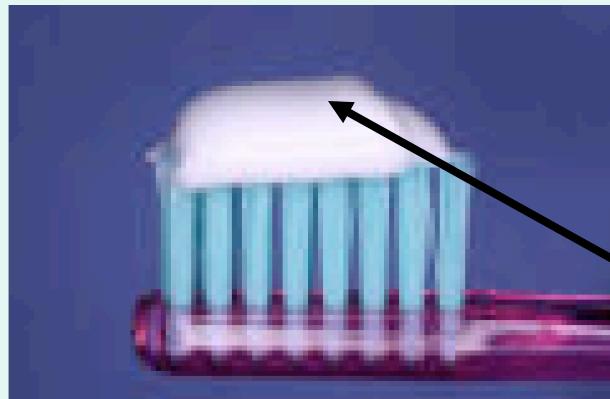
Casos



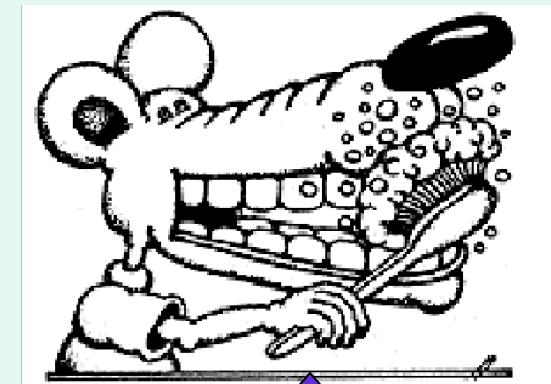
Mala
formulación



Tiene que ver con η_0 ;
hay que evaluar a
esfuerzos bajos



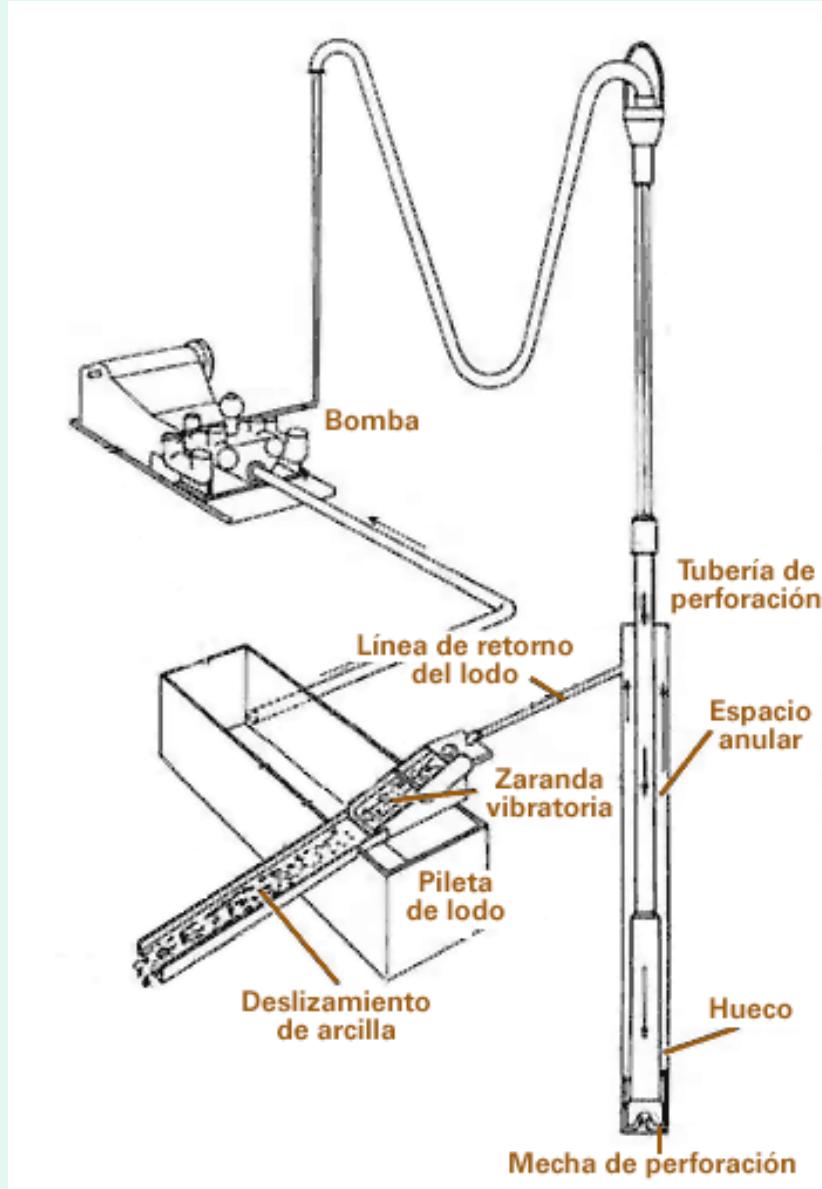
Buena
formulación



Tiene que ver con η_∞
(es importante
textura); hay que
evaluar a esfuerzos
altos

Casos

Lodos de perforación:



Casos

Lodos de perforación:

- ✓ Mezclado de los componentes
- ✓ Estabilidad del producto
- ✓ Tránsito por bombas
- ✓ Tránsito tubos a alta velocidad
- ✓ Acción de lubricación y enfriamiento mecha
- ✓ Tránsito tubos a baja velocidad



Casos

Pinturas:

- ✓ Mezclado de los componentes
- ✓ Estabilidad del producto (shelf life)
- ✓ Homogeneización del producto
- ✓ Aplicación con la brocha
- ✓ Comportamiento en la pared



Casos



**Aplicación de pinturas:
son importantes el
esfuerzo umbral y la
viscosidad plástica.**

Casos

El comportamiento de la pasta de diente, los lodos de perforación y pinturas depende del tipo y cohesión de la microestructura y de cómo evoluciona con la deformación y el esfuerzo.