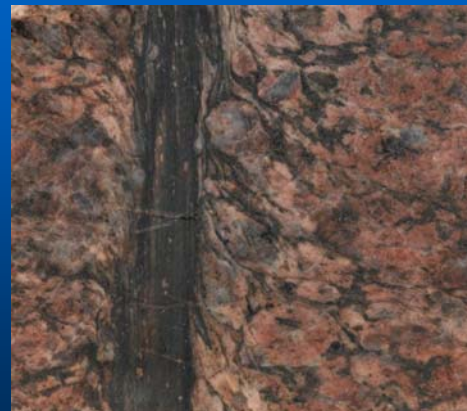




Plan

1. Sistemas de falla frágiles.
2. Zonas de cizalla dúctiles.
3. Indicadores cinemáticos.
4. Modelos cinemáticos en 3D.



Deformación heterogénea

- Deformación no está distribuida de forma homogénea.
- Padrón característico deformación heterogénea:
 - localización deformación en zonas planas tabulares (con un cierto ancho) que acomodan desplazamiento entre bloques de pared relativamente rígida.
- Zonas de alta deformación tabulares:
 - componente rotacional
 - reflejan desplazamiento de un segmento de muro respecto del otro.
- Este tipo de zona de alta deformación se conoce como zona de cizalla (Ramsay & Graham 1970).

06/06/2017

HM

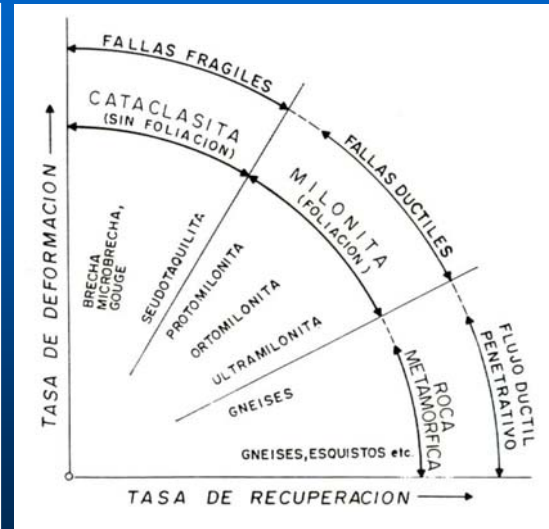
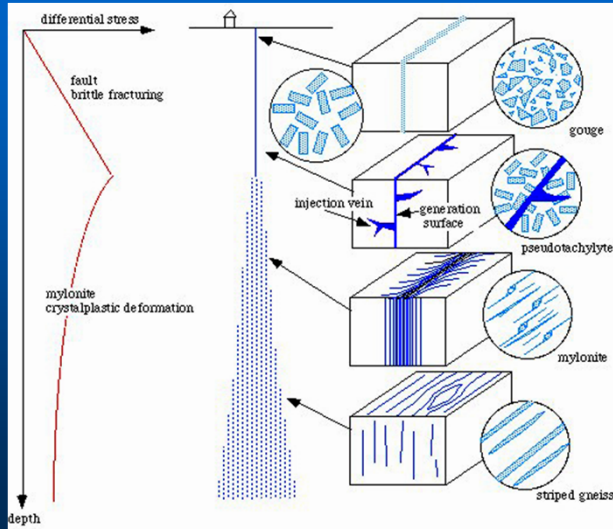
Sistemas de falla vs. Zonas de cizalla

- Sistemas de falla frágiles no pueden desligarse de las zonas de cizalla dúctiles:
 - 2 expresiones diferentes del mismo fenómeno: Rasgamiento de litósfera en diferentes ambientes P-T-mecanismos de deformación.
- Sin embargo:
 - Deformación dúctil resulta en un enfoque completamente diferente.

06/06/2017

HM

Zonas de cizalla y rocas de falla según profundidad

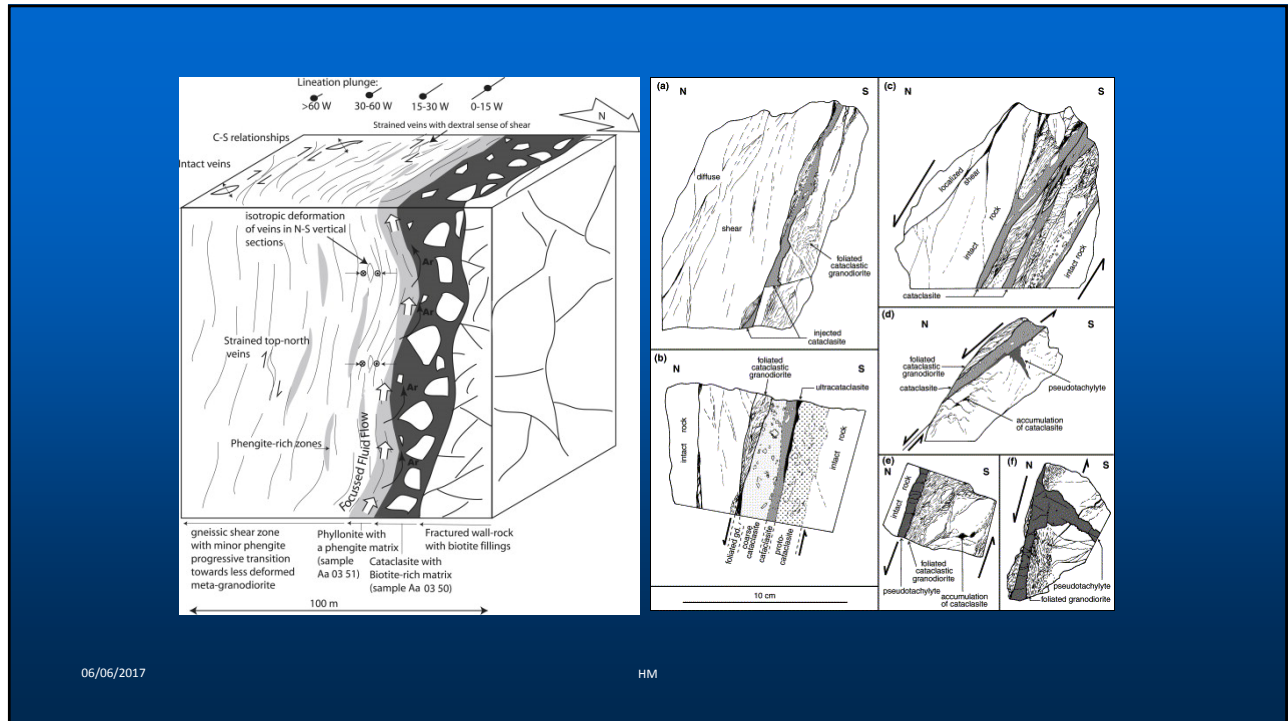


06/06/2017

Sistemas de falla frágiles

06/06/2017

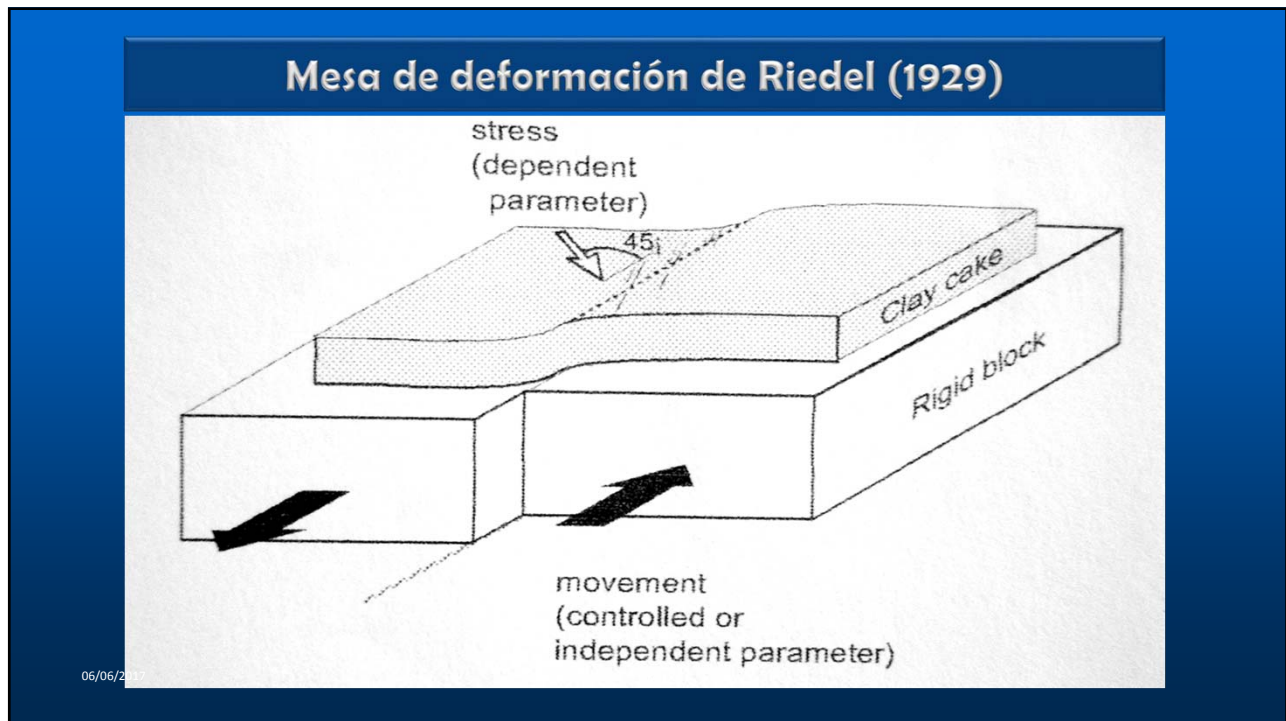
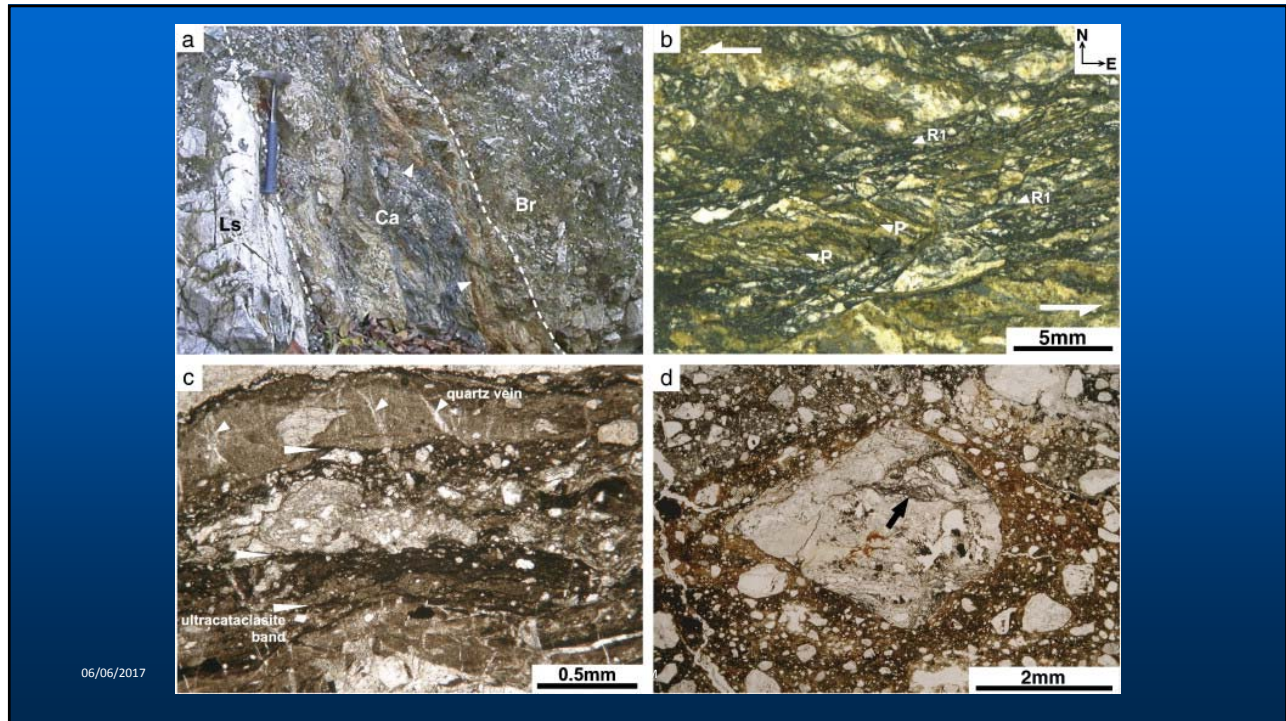
HM



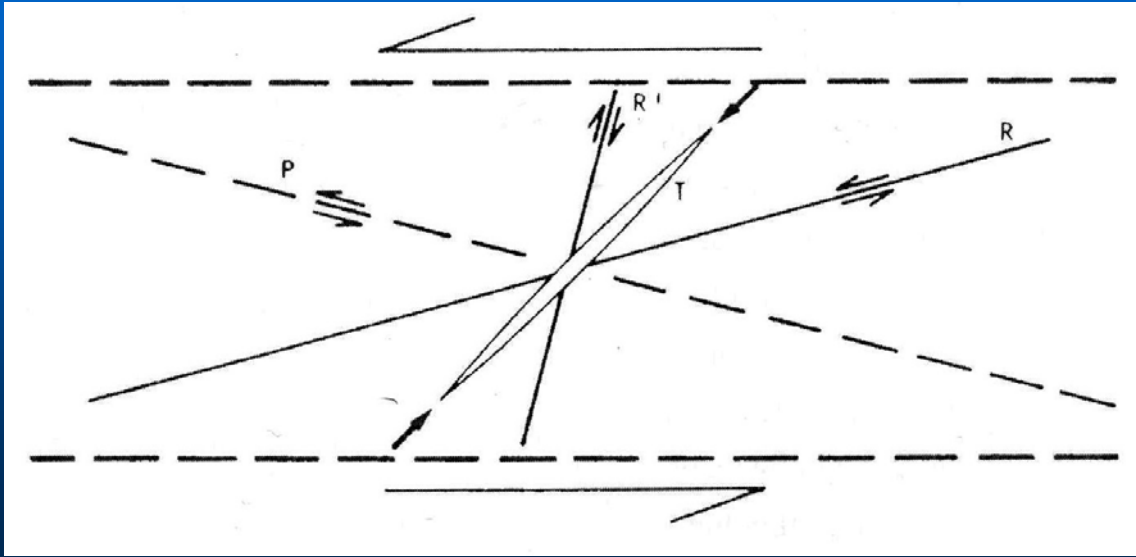
06/06/2017

HM





Sistemas de fracturas de Riedel



Cizallas de Riedel:

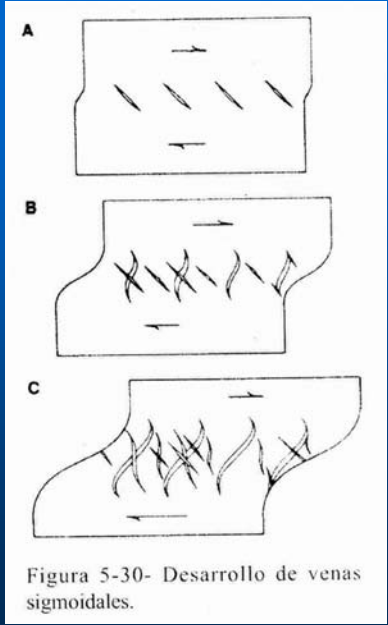
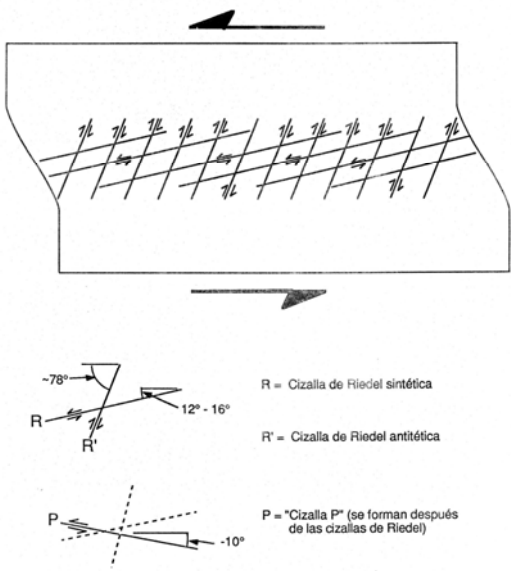


Figura 5-30- Desarrollo de venas sigmoidales.

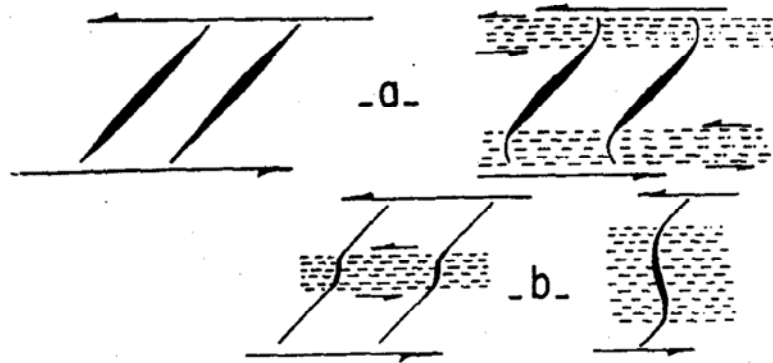
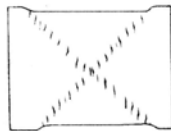


Fig. 5.6. Rotación de grietas de extensión lenticulares escalonadas por un cizallamiento dúctil, localizado en la periferia de la banda (a) y situado en el centro (b). (Roering, 1968. *Tectonophysics*, 5, 107.)

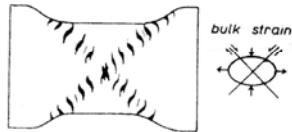
06/06/2017

HM

A. First increment, initiation of conjugate shear zones



B. Irrotational finite strain



C. Rotational finite strain

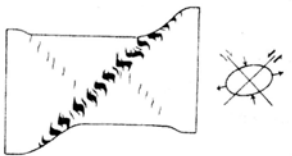


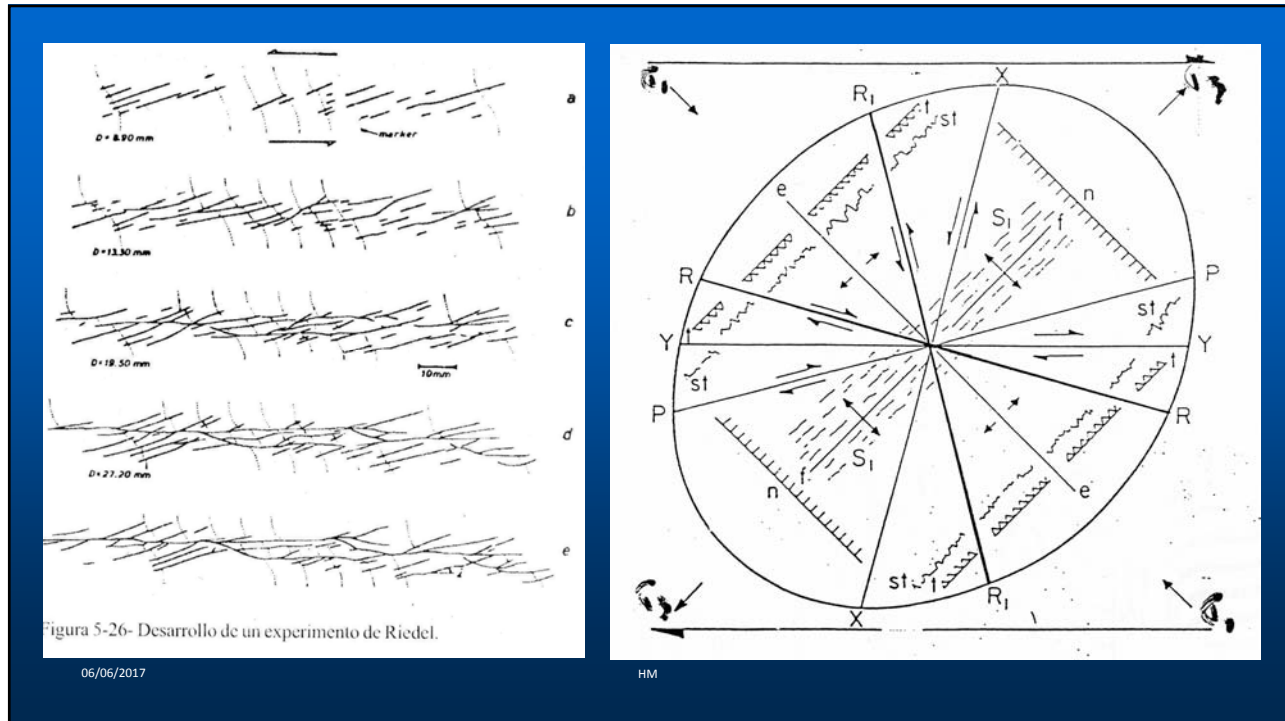
Figura 5-31- Desarrollo de venas sigmoidales.

Evolución de zonas de Riedel conjugadas

- Primer incremento: inicio zonas conjugadas
- Incremento de strain irrotacional
- Incremento de strain rotacional

06/06/2017

HM



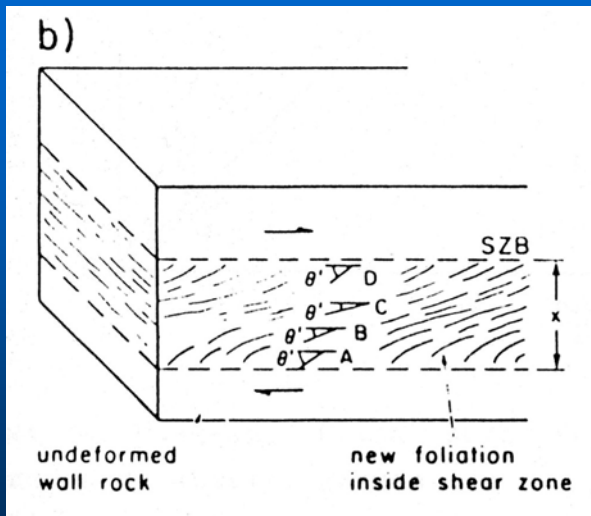
Zonas de cizalla dúctiles

Zona de cizalla: Definición

- Volumen de roca **tabular** afectado por deformación heterogénea asimétrica **localizada** que combina **aplanamiento** y **cizalla (simple + pura)**, pasando gradualmente a la roca sin deformar hacia los costados.
- **Dimensiones:**
 - Espesores desde microscópicos hasta multi-kilométricos.
 - Longitudes desde métricas a miles de km.
 - Fajas alargadas, tabulares, anastomosadas y compartimentadas
- **Tipos:**
 - Frágiles: Arreglos de fallas
 - Frágil-dúctiles: Arreglos de fallas con deformación interna
 - Dúctiles: Zonas de cizalla controladas por flujo material

06/06/2017

HM



06/06/2017

HM

Estructuras asociadas

■ Penetrativas:

- Foliación milonítica, esquistosidad, gneisoidad, lineación mineral, lineación de estiramiento, tramas microscópicas de forma y cristalográficas.

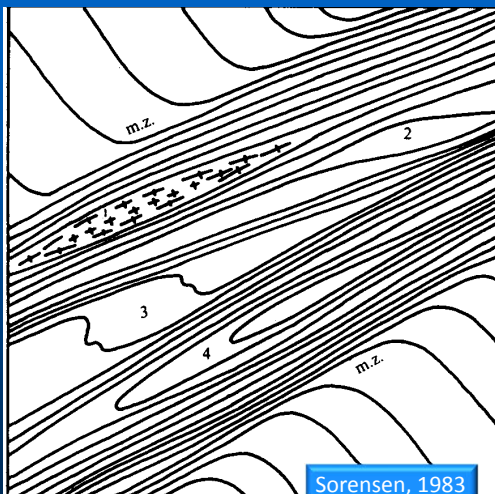
■ No penetrativas:

- Pliegues internos, pliegues tardíos de la foliación (externos), boudinage, lentes de foliación, pods, porfiroclastos minerales como indicadores cinemáticos.

06/06/2017

HM

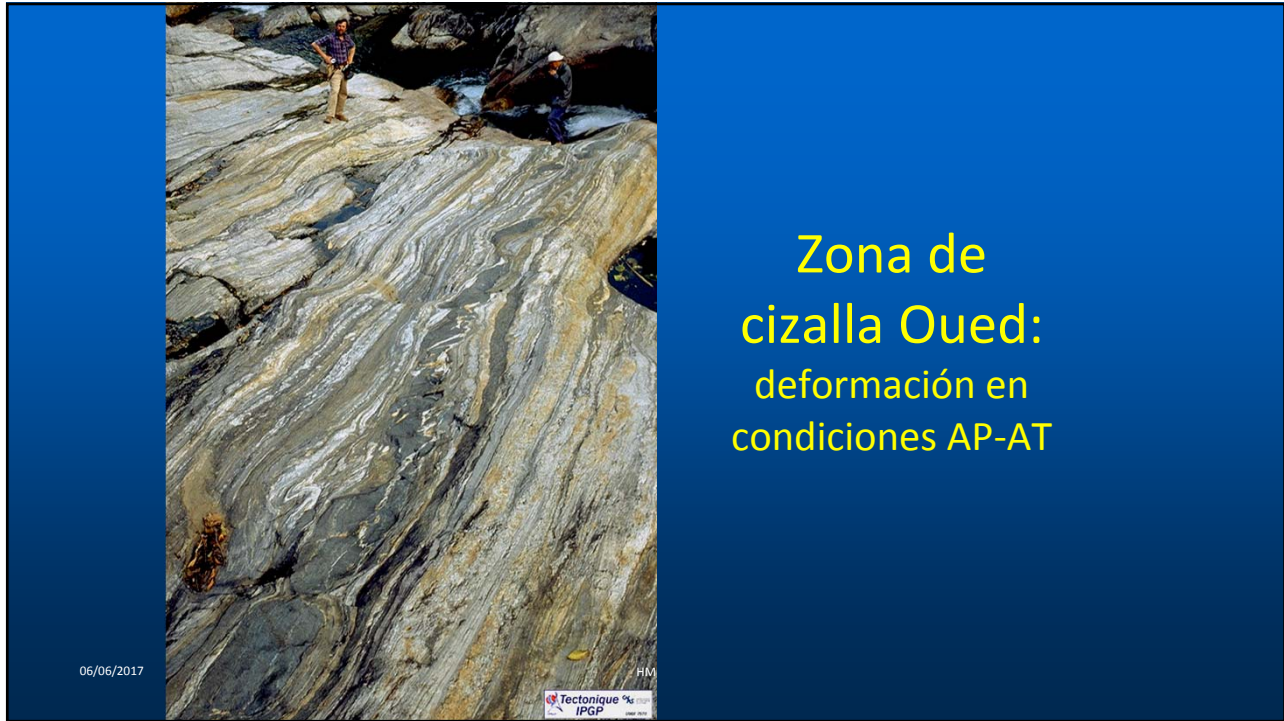
Modelo general de parte interna de una zona de cizalla dúctil



- Incremento de strain comienza desde zonas marginales (m.z.).
- Parte interna consiste en fajas convergentes o divergentes de rocas subparalelas encerrando lentes menos deformados:
 - 1. Pods graníticos o charnoquíticos.
 - 2 y 3. Lentes con cambios en rumbo de foliación.
 - 4. Lentes encerrando charnelas de pliegues isoclinales.

06/06/2017

Sorensen, 1983

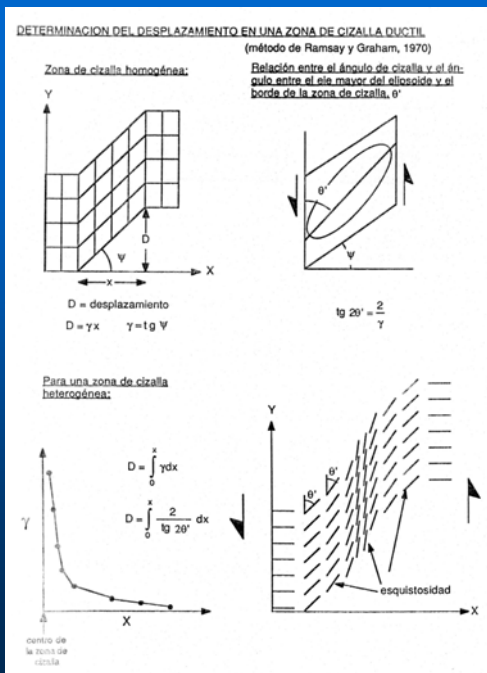


Condiciones límite (Ramsay 1980)

- Generalmente bordes paralelos
- Perfiles de desplazamiento idénticos (para cualquier sección)
- Estructuras de pequeña escala y variación de strain idénticos (excepto en sus extremos)
- Tipos de desplazamiento:
 - Cizalla simple heterogénea
 - Cambio de volumen heterogéneo (por presión– disolución)
 - Combinación de cizalla simple, cizalla pura y cambio de volumen

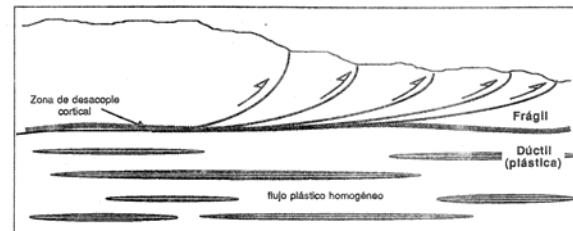
06/06/2017

HM

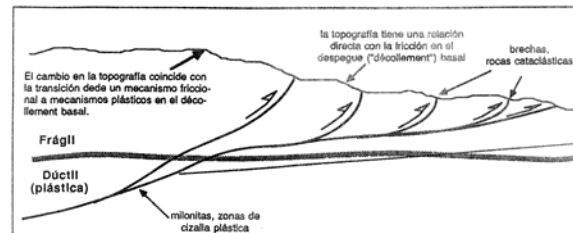


¿Qué sucede con las estructuras en la transición frágil-ductil?

Hipótesis A: Zona de desacople cortical



Hipótesis B: Cambios en el mecanismo de fallamiento



Moine thrust zone: Knockan Crag



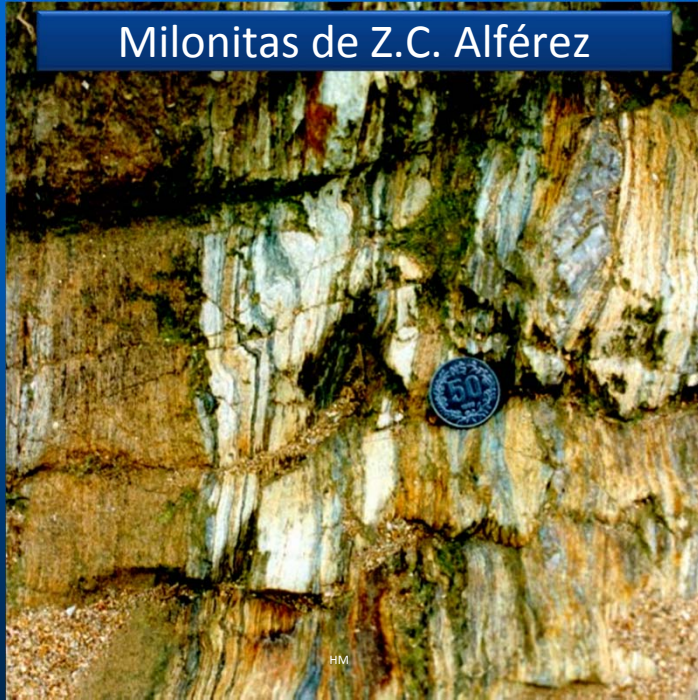
06/06/2017

Milonitas de Z. C. Sierra Ballena: Bajo grado metamórfico



06/06/2017

Milonitas de Z.C. Alférez



06/06/2017

Boudinage en bandas de cizalla en milonitas



06/06/2017

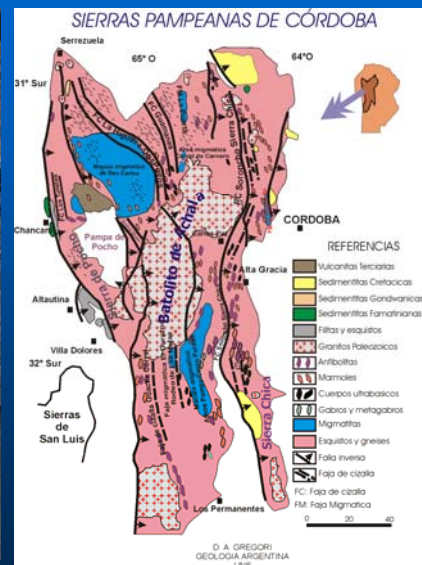
California Ranges y Detachments



06/06/2017

Marli Bryant Miller

Gneises retrabajados de Sierra de Pocho



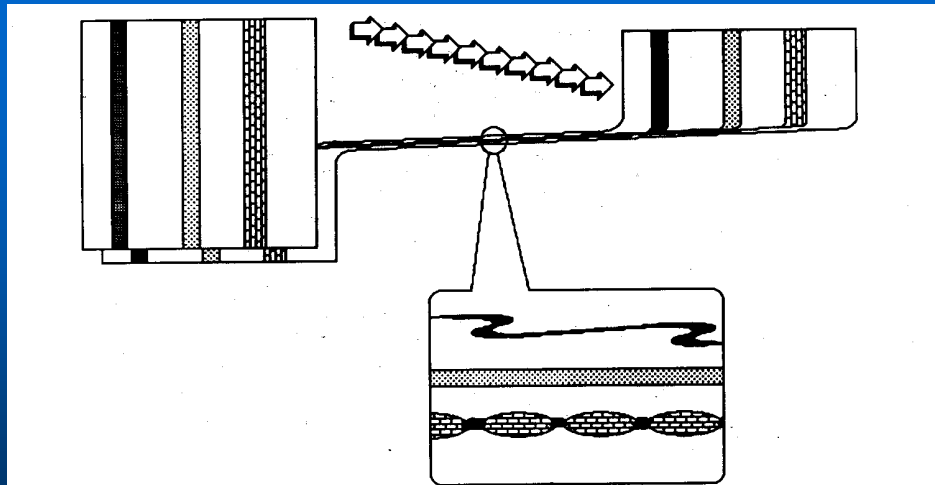


Fig. 4.18. Depending on their original orientation, veins may become folded and/or boudinaged and may rotate into parallelism at high strain; coexisting boudinaged and folded veins (bottom) may therefore belong to the same phase of deformation.

06/06/2017

(a) Vena intrusiva poscinemática en antigua zona de cizalla.

(b) Vena en el núcleo de una zona de cizalla joven y afectada por esta.

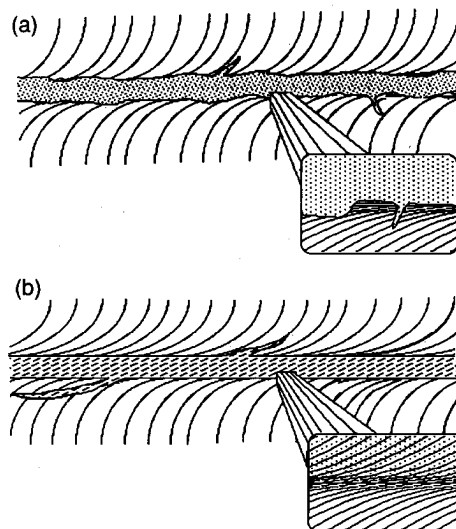


Fig. 4.38. Two superficially similar situations representing opposite sequences of events: (a) A vein was intruded along an older shear zone; it cuts the foliation of the shear zone, and displays angular jogs and branching veinlets in the margin of the zone. (b) An intrusive vein that was the nucleus of a younger shear zone may have an internal foliation and flattened jogs and branching veinlets.

06/06/2017

Indicadores cinemáticos

Concepto de Vorticidad

- Si velocidad de flujo \rightarrow mayor en el medio:
 - Molinetes colocados a ambos lados tendrán sentido de rotación opuesto
 - Molinete del medio no rotará
- Vorticidad:
 - Suma de velocidades angulares con respecto de los ejes de estiramiento instantáneo (EEI) de cualquier par de líneas materiales ortogonales (p y q)
- Espín:
 - Rotación adicional de los EEI respecto de un sistema de referencia externo (Passchier e Trouw 1996)

Vorticidad y Espín

06/06/2017

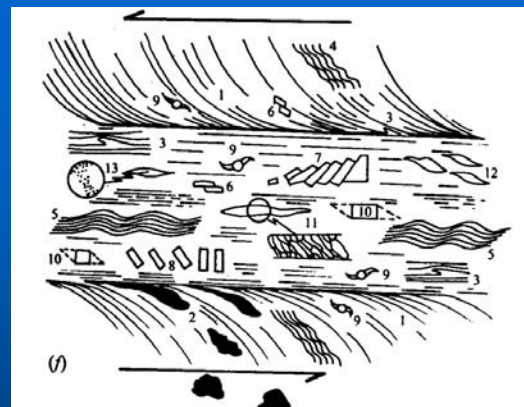
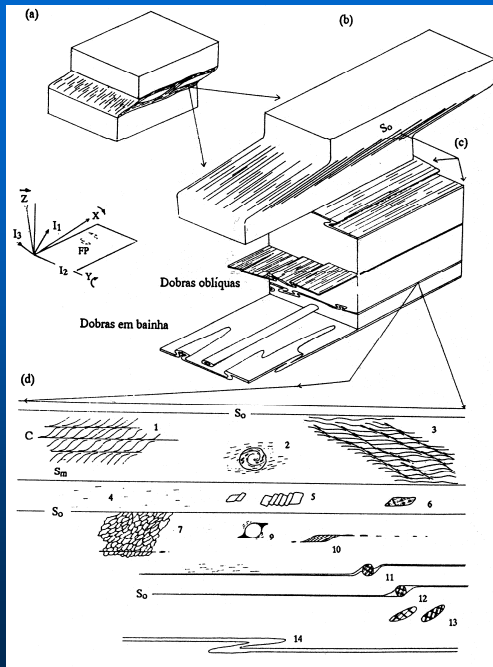
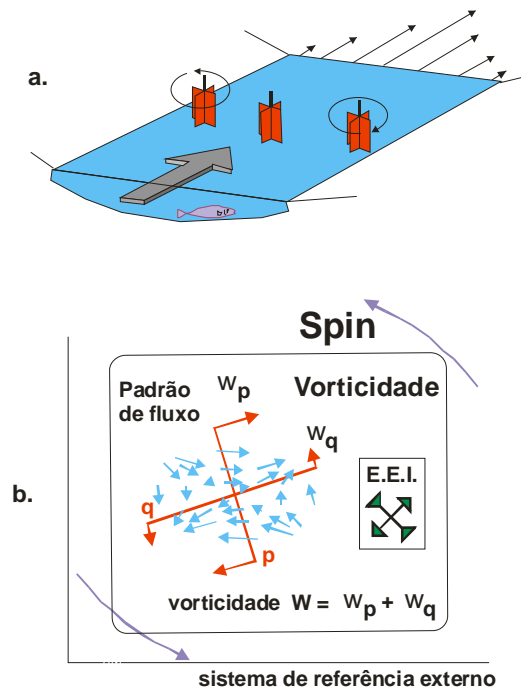
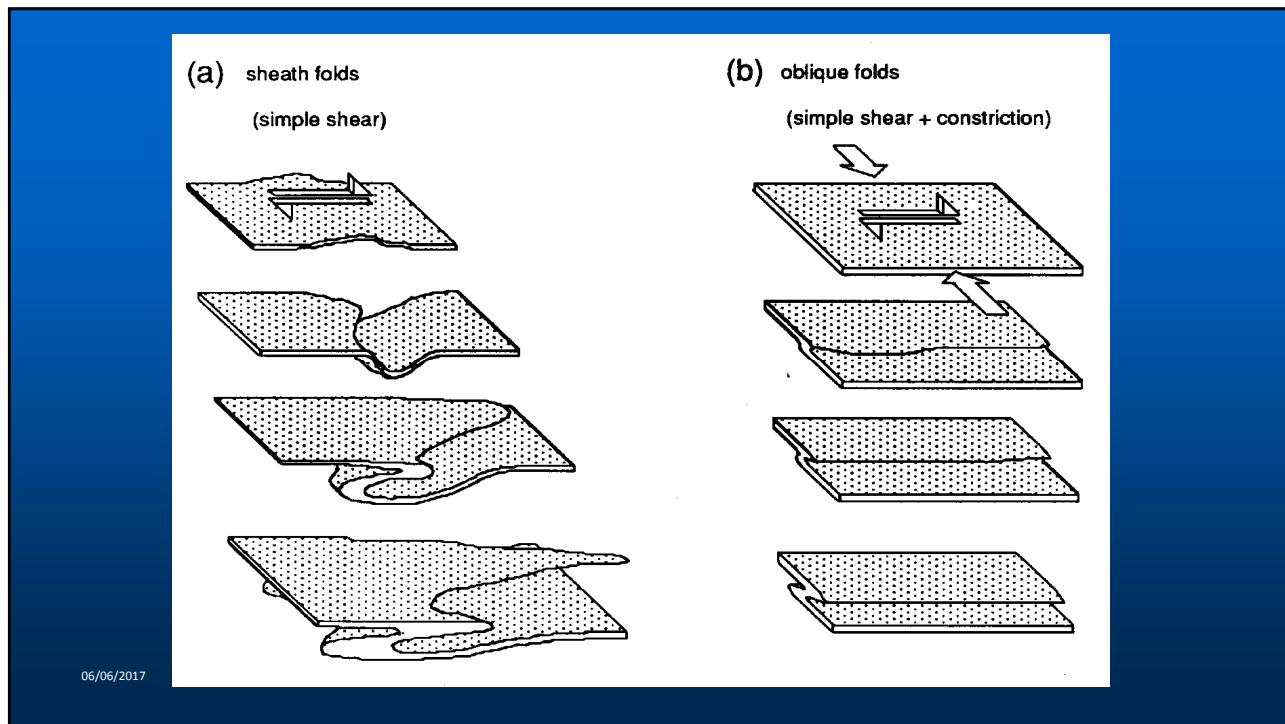


Fig. 18.23. (a) The orientation of the maximum principal compressive stress associated with the first increment of shear deformation. The eccentricity of the strain ellipse is exaggerated for clarity. (b) The tectonic fabric induced by this compressive stress. (c) Rotation of the shear zone fabric during shearing. New fabric continues to grow at 45° to the shear zone margin. (d) Crenulation cleavage formed by compression of the shear zone fabric. (e) Block diagram showing the fabric as an S-L-tectonite. The stretching lineation is parallel to the long axis of the ellipses. Progressive deformation may result in the development of a mylonite in the central part of the shear zone and kinematic indicators of the movement sense in such mylonite zones are shown in (f). These include:



Estructura "bookshelve"

antithetic microfaults or shear zones in grains

matrix

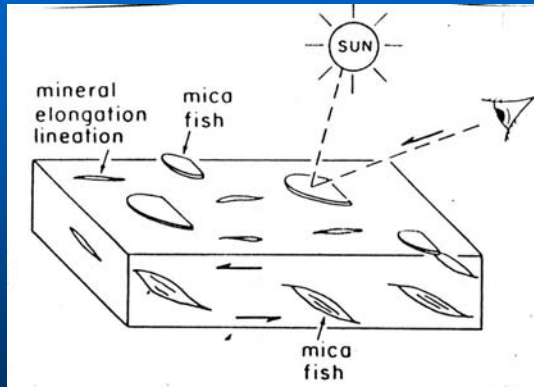
synthetic microfaults or shear zones in grains

matrix

Fig. 5.31. Illustration of the two mechanisms of formation of stepped fragmented grains at similar bulk shear sense (*large arrows*)

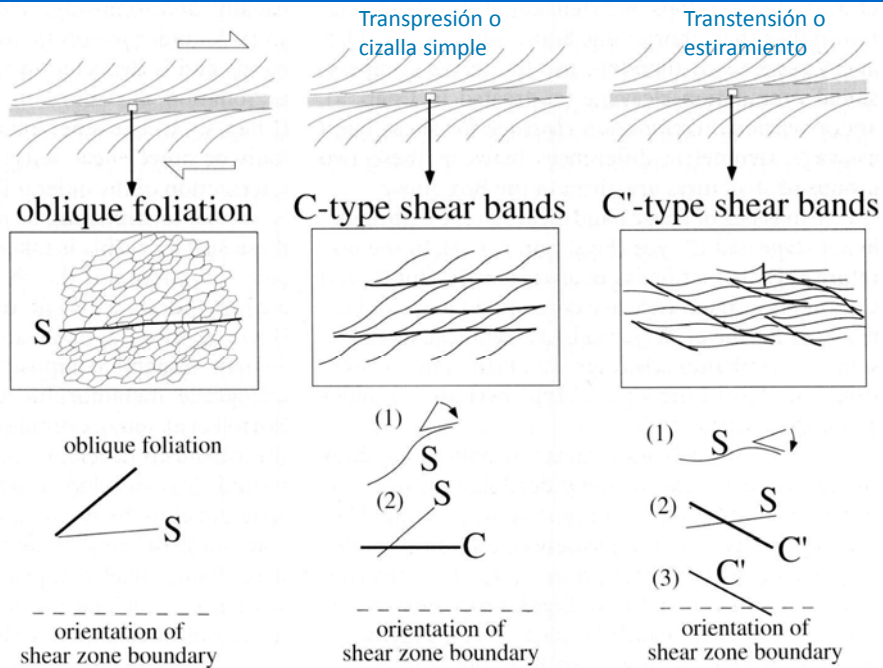
06/06/2017 HM

Mica-fish



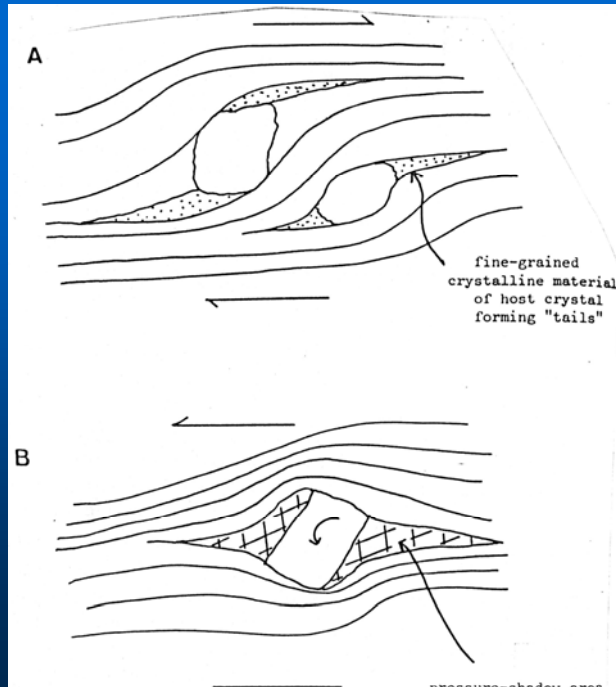
06/06/2017

HM



06/06/2017

Porfiroclastos:
A. Con colas de
 conminución.
B. Con sombras
 de presión
 recristalizadas



06/06/2017

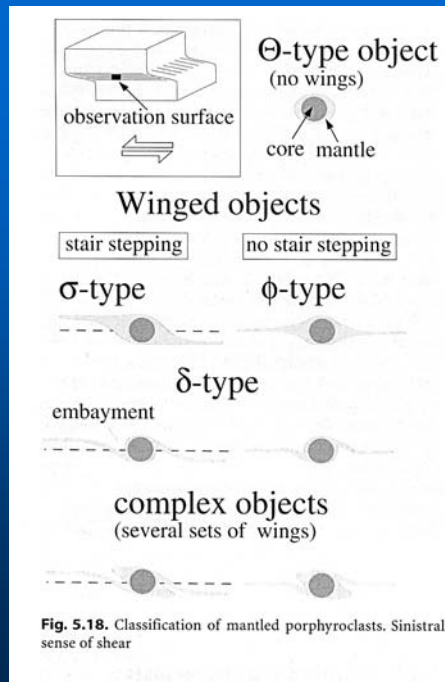
Porfiroclastos delta



06/06/2017

HM

Porfiroclastos rotados y envueltos



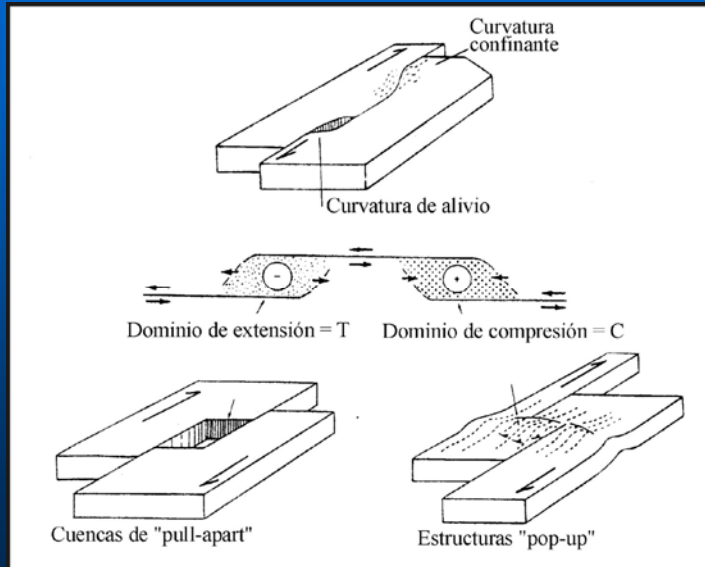
06/06/2017

Modelos cinemáticos en 3D

06/06/2017

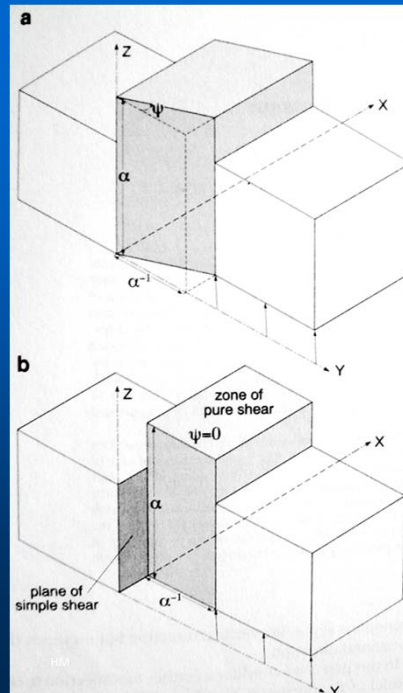
HM

Estructuras asociadas a fallas transcurrentes

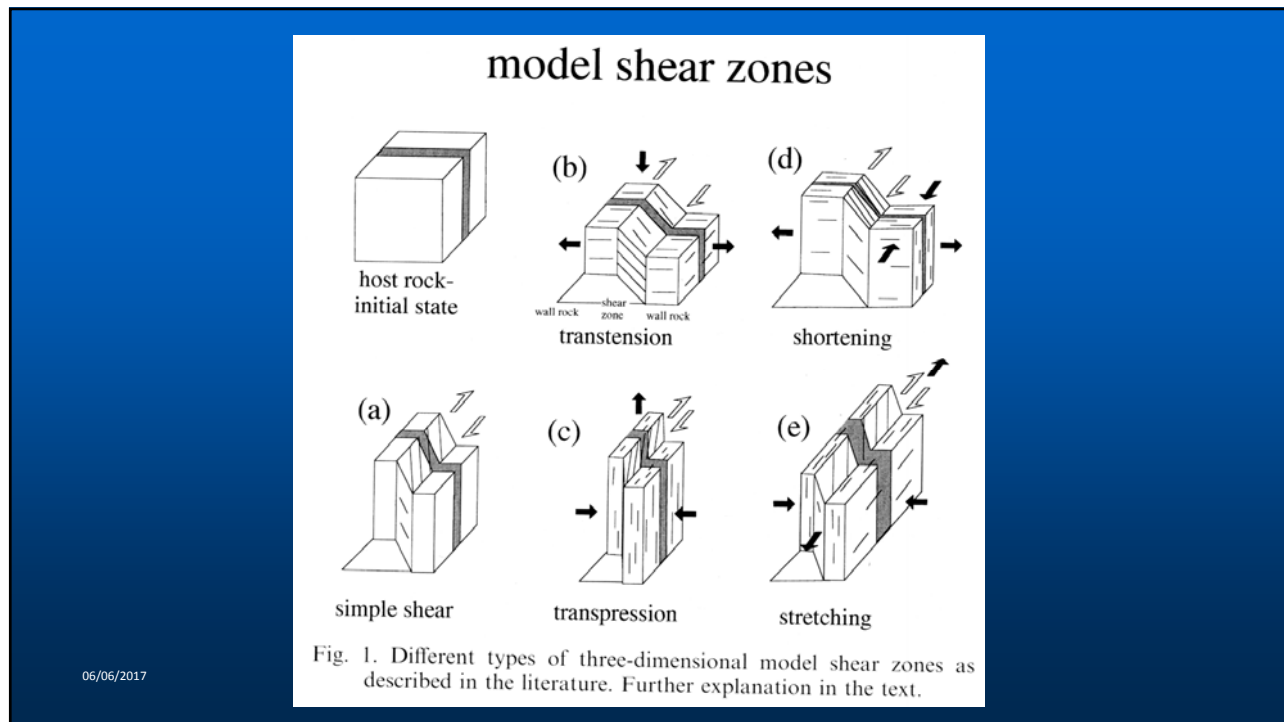


06/06/2017

Zonas de cizalla dúctiles: Transpresión general (Sanderson & Marchini 1984)



06/06/2017



Conclusiones

- Las estructuras de **fallas transcurrentes** varían con la profundidad y pasan de frágiles a dúctiles (P. ej., Sierra Ballena).
- Las estructuras de fallas de bajo ángulo en **sistemas de cabalgamiento** se superponen con el avance de la exhumación, desde condiciones dúctiles a pseudotaquilitas y hasta frágiles, con brechas de falla (P.ej., Sierra de Pocho, Córdoba).
- Los **indicadores cinemáticos** en zonas de cizalla permiten determinar el movimiento de los bloques adyacentes.