



¿Cómo manejamos los tiempos de la deformación?

- **Eventos de deformación** → eventos orogénicos.
- **Superposición de estructuras** → No siempre representan lapsos de tiempo importantes.
- En zonas de cizalla → **Deformación progresiva**.

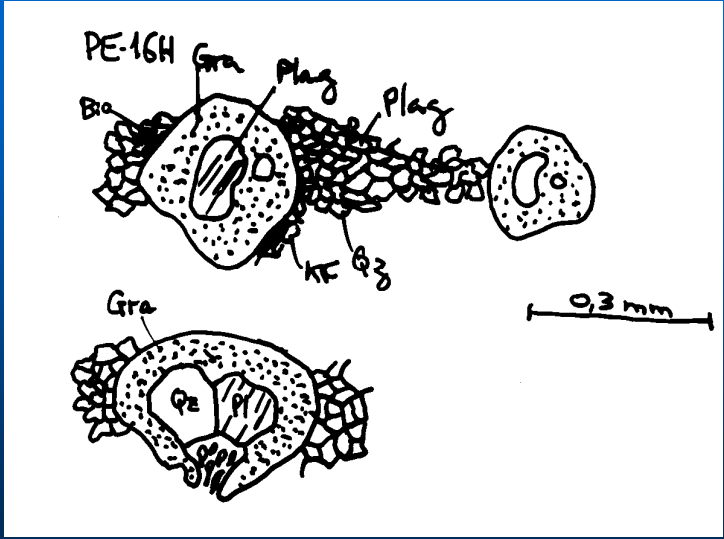
Duración de la deformación

- ¿Episódica o **progresiva**?
- ¿**Transitoria** o permanente?
- ¿Instantánea o **sostenida**?

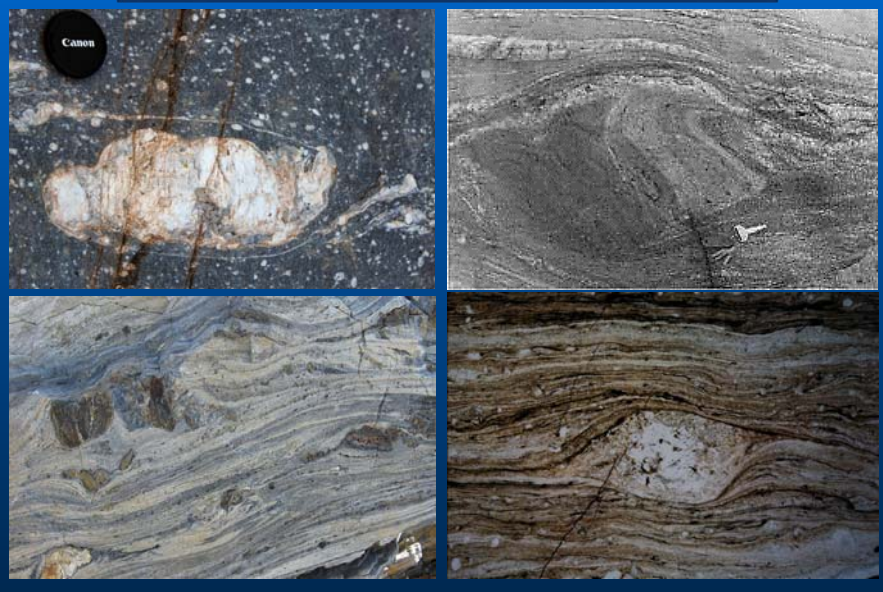
Fase de deformación

- **Fase**: Evento de duración determinada.
- Período de **tectogénesis** separado de otros por períodos de **calma tectónica**.
- **Evento cinemático**: Intervalo de tiempo entre dos inversiones tectónicas (cambio de **compatibilidad** en la **deformación** y el sentido de **desplazamiento**).
- **Patrones estructurales complejos** \neq **Fases superpuestas** (solo reflejan un comportamiento mecánico viscoplástico pasivo y no la superposición de dos eventos diferentes).

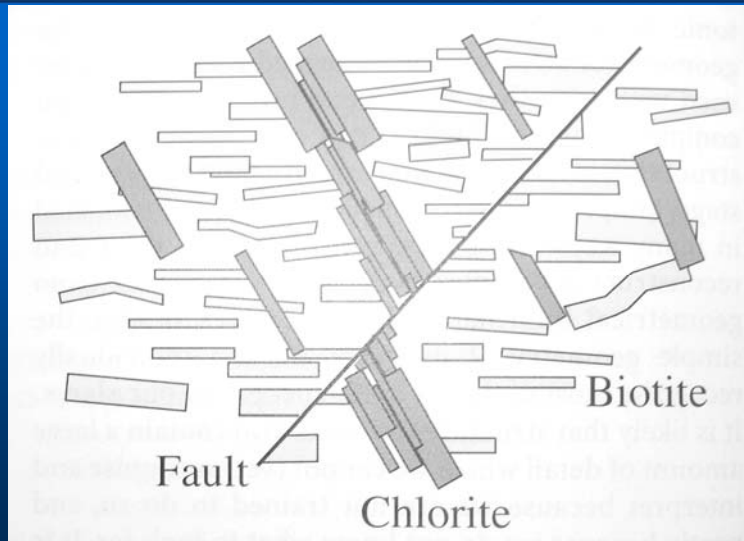
Noción de textura relíctica



Lentes tectónicas



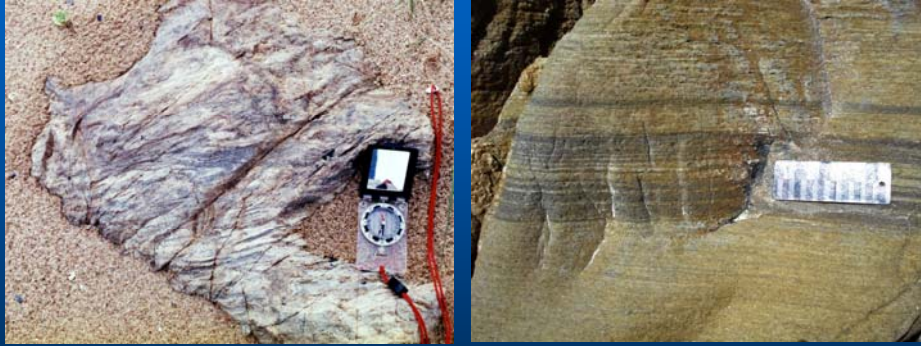
Relaciones de superposición



Superficie de referencia

- **Definición:**
 - Estructura penetrativa planar o lineal pudiendo ser correlacionada entre afloramientos aislados.
- **Correlación cinemática:**
 - Método para delimitar espacialmente las zonas de alta deformación, principal objeto del **análisis cinemático**.

Relaciones de superposición entre fábricas



Tramas superpuestas

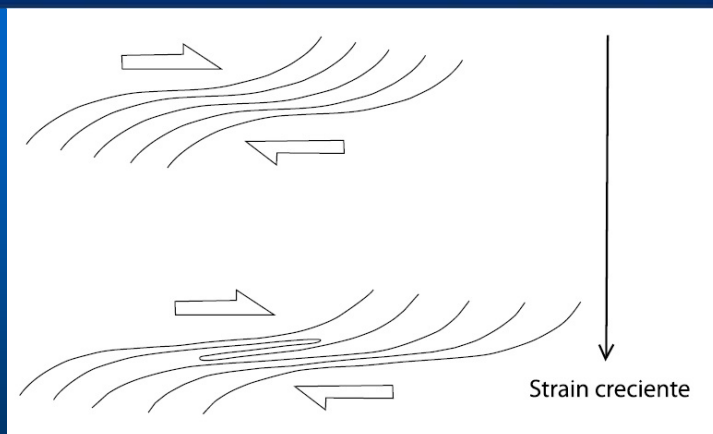
Problemas

- **Relaciones de superposición:**
 - producidas por una única fase de deformación.
- **Fases sucesivas:**
 - no necesariamente producen relaciones de superposición.
- **¿Edad relativa de fases de deformación?**
 - Depende de escala y lugar considerado
 - Deformación es **diacrónica**.

Noción de compatibilidad tectónica

- Estructuras que se perciben como **compatibles** desde el punto de vista **mecánico** (P. ej. *pliegues dentro de pliegues*).
- Estructuras que si bien no son mecánicamente similares son **temporalmente concomitantes** (Por ej.: *pliegue fallado*).

Concepto de deformación progresiva



Superposición estructural se interpreta como resultado de un **único** evento de deformación progresiva: Particularmente válido en contexto de **deformación heterogénea por cizalla**.

Edad relativa

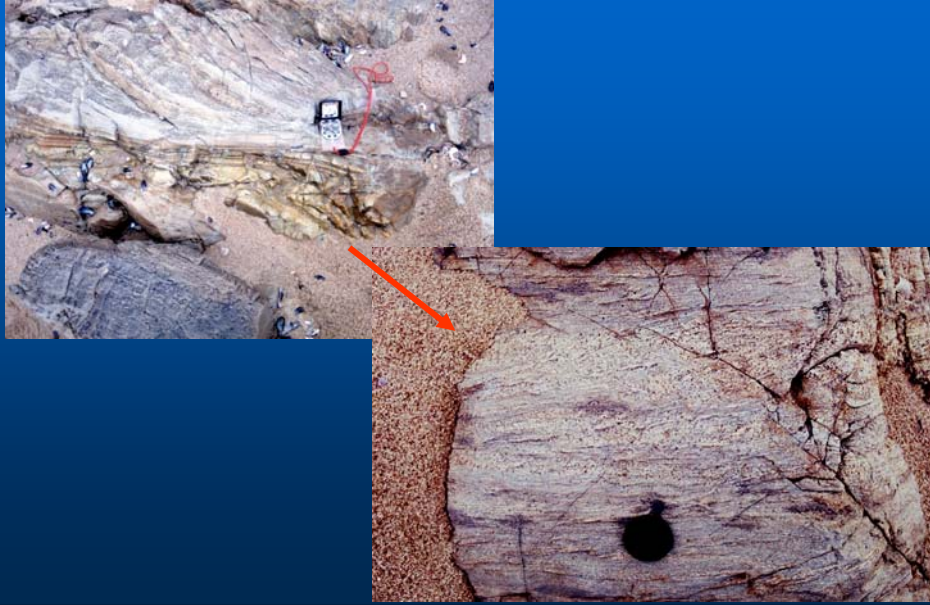
- **Reología cambia en corto intervalo temporal:**
 - Superposición de fracturación a estructuras dúctiles no nos permite determinar cuánto tiempo ha pasado entre ambas.
 - No siempre se puede saber si corresponden o no a la misma fase.
- **Para superposiciones de trama:**
 - Solo si las condiciones metamórficas son bien distintas para dos fases de deformación una separación temporal mínima puede establecerse (**trayectoria P-T-t-d**).

Estructuras que recortan en idénticas condiciones metamórficas



Reología cambia en idénticas condiciones P-T

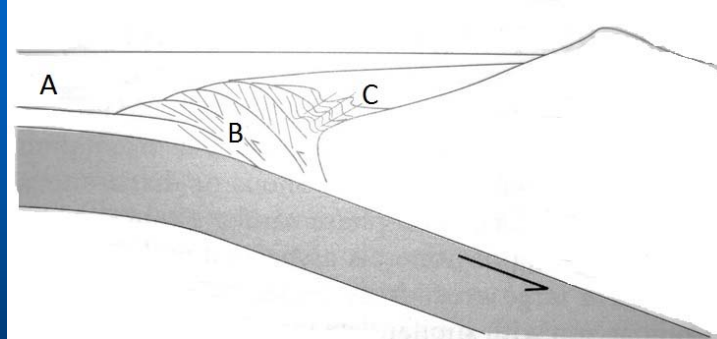
Condiciones metamórficas distintas



Definición de "Fase" depende de la escala



Diacronismo de la deformación



Representación de un prisma de acreción:

En **A** no hay deformación; en **B** una primer fase de deformación **D1** es responsable por cabalgamientos hacia el océano, probablemente acompañados de pliegues y foliación en niveles profundos.

Mientras que esas estructuras **D1** ocurren en **B**, una segunda fase de deformación **D2** desarrolla retro-corrimento ya se está superponiendo a las estructuras **D1** en el sitio **C**.

Criterios prácticos

Criterio 1

- Dos **estructuras superpuestas** compuestas por diferentes asociaciones minerales representando una discontinuidad en el grado metamórfico pueden pertenecer a **fases de deformación diferentes**.

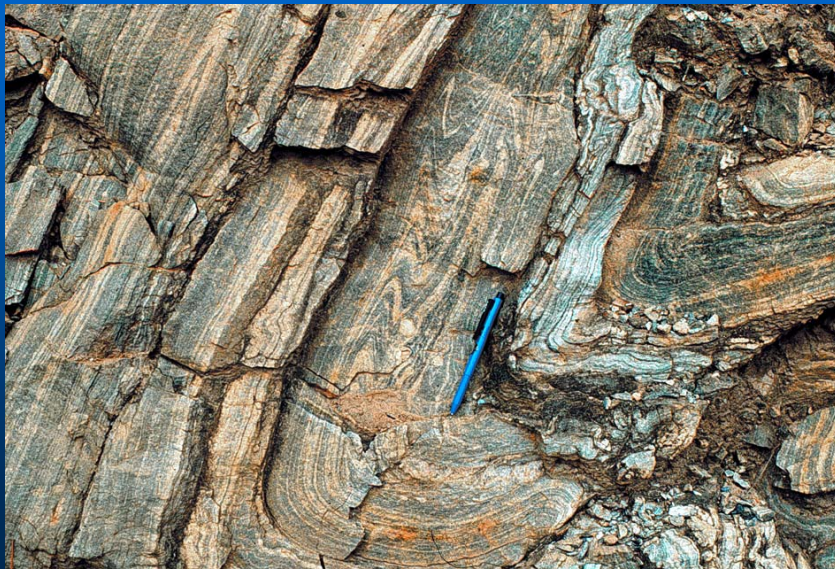
Criterio 2

- **Foliaciones** que se recortan una a la otra mutuamente se perciben en la escala microscópica como 2 fases, pero hay excepciones:
 - **Trama oblicua**
 - **Clivajes de bandas de cizalla**

Criterio 3

- **Pliegues superpuestos** con superficie axial oblicua representan diferentes fases de deformación.
- **Problemas:**
 - Pliegues replegados con ejes paralelos.
 - Pliegues isoclinales que pueden formarse durante una única fase.

Pliegues superpuestos de mismo estilo



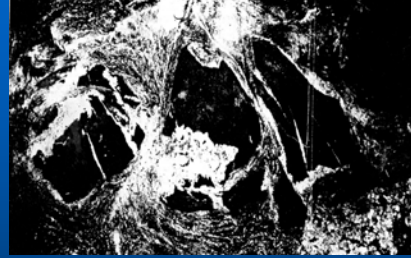
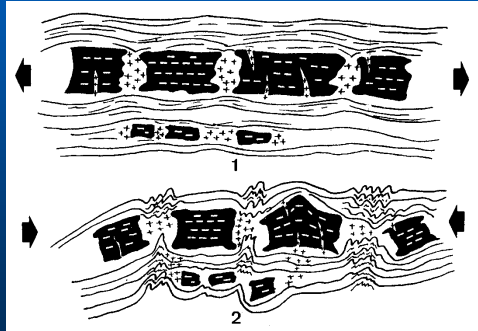
Pliegues superpuestos de estilo diferente



Criterio 4

- **Budines acortados** son comúnmente formados por la superposición de dos fases (Passchier 1990a).
- **¡Cuidado!** Estructuras que se desarrollan durante la **DEFORMACIÓN PROGRESIVA** (p. ej. **cizalla simple**) muestran pasaje de líneas que antes se extendían a un contexto en el que se acortan (variación de orientación respecto de los ejes de elipsoide de *strain*).

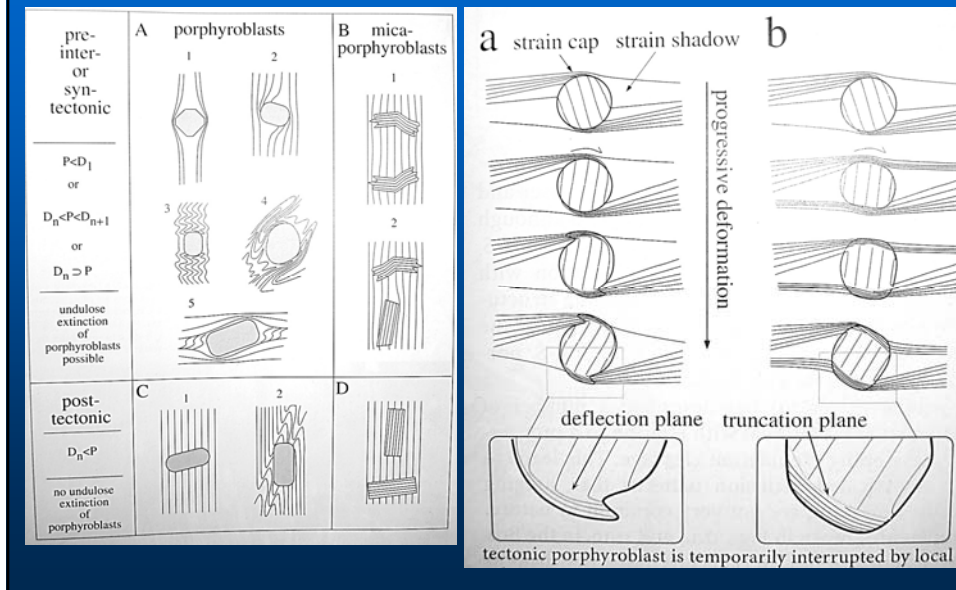
Budines: deformaciones superpuestas o rotaciones dentro de la misma fase



Criterios 5 & 6

- Algunas estructuras preservadas en **porfiroclastos** representan fases de deformación separadas.
- **Venas o diques** pueden ser importantes para separar fases de deformación y sus foliaciones asociadas (Passchier y Trouw 1998).

Porfiroblastos vs. foliación



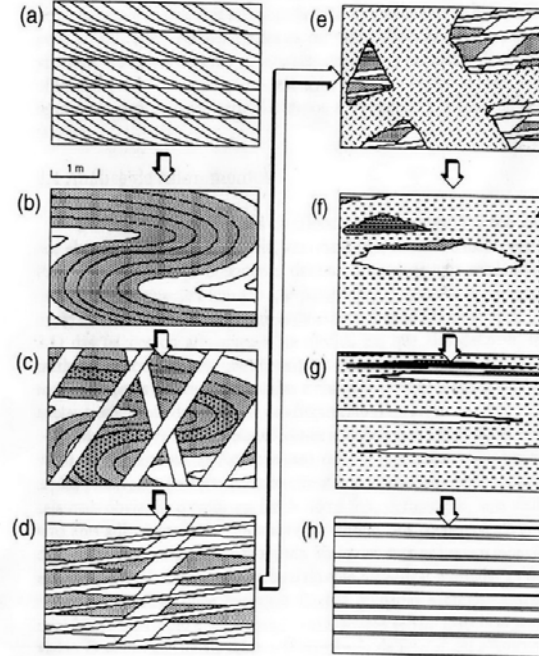
En síntesis...

- **Separar fases** requiere un replanteo permanente de la **organización estratigráfica del registro** a medida que aparecen nuevas relaciones que modifican las **conocidas**.
- **DEFORMACIÓN LOCALIZADA**: **Deformación progresiva** explica la mayoría de relaciones de superposición, generando la idea de **cambio gradual de la geometría (no se separan fases)**.
- **DEFORMACIÓN DISTRIBUIDA**: Las variaciones de orientación del elipsoide de strain pueden deberse a la superposición de eventos debido a una **inversión tectónica**: las estructuras tienen entonces **incompatibilidad cinemática**.

Evidencias de registro geológico

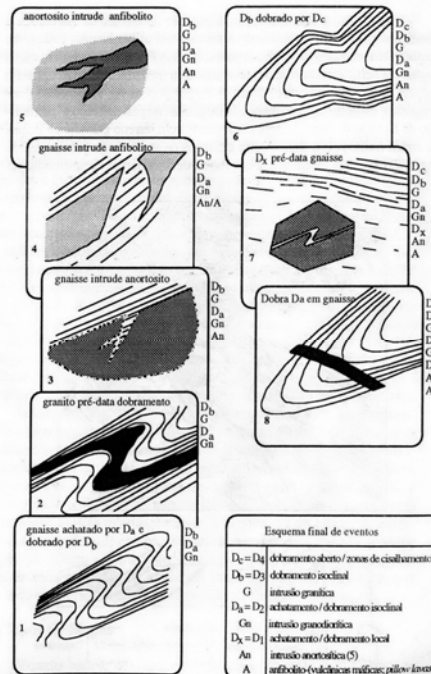
Gneis bandedo homogéneo de apariencia no deformada (h) puede derivar de una secuencia de eventos a-h: Sedimentita.

- Fases de deformación (a-b, c-d, e-h) e intrusión (b-c, d-e).
- La intensidad de deformación y la cantidad de material ígneo presente es mucho mayor de lo que se esperaría por el resultado final.
- El volumen original de rocas sedimentarias (gris) forma apenas un pequeño % del gneis final.

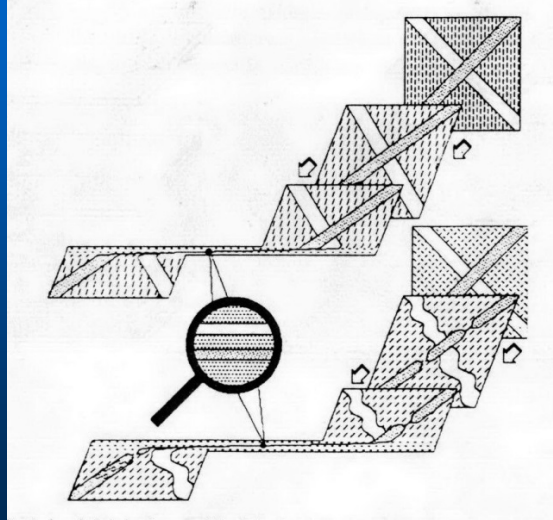


Secuencia de eventos

- Serie imaginaria de croquis de libreta de campo, representando afloramientos encontrados en el orden 1-8. La serie ilustra el modo en el cual un esquema de eventos es elaborado y modificado a medida que nuevas informaciones aparecen.
- Fases de deformación abreviadas (D_a, D_b, etc.) hasta que el esquema se haya completado para que la secuencia usual pueda ser adoptada (D1, D2, etc.)



Memoria inadecuada de las rocas

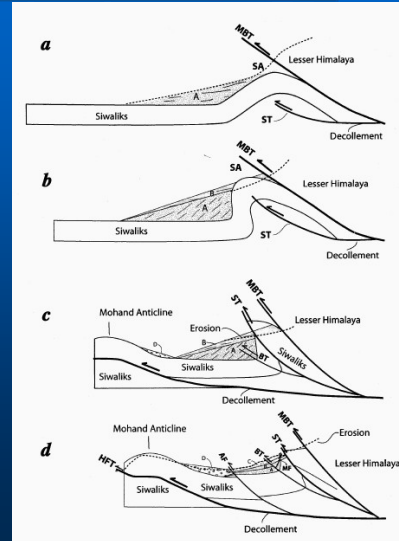


Anfibolitas de Pajas Blancas



Complejidad de la evolución de la deformación orogénica

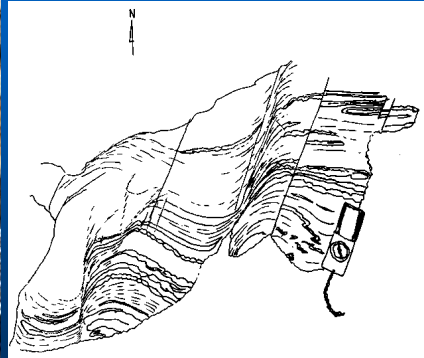
- Cuenca de **antepaís** en los Siwaliks (India).
- **Depósitos autoclásticos** y Cuenca de tipo "piggy-back" (*autofágica*).
- **Deformaciones superpuestas** en realidad representan **pulsos de cabalgamiento** y **aloestratigrafía asociada**.



Fases cinemáticas

- **Separación de fases cinemáticas:**
 - Según **criterios tectonofísicos**
 - Y no solo geométricos...
- **Interés:**
 - En el caso de reconocer cambios en el patrón cinemático.
 - Cambios por **incompatibilidad** para el flujo dúctil entre unas y otras estructuras... (Fernandes et al. 1992)

Incompatibilidad cinemática y tectónica respecto de la 'fase 1'



Estructuras de fase cinemática posiblemente diferente a la de la estructura planar principal (bandeado gnéisico)

Método de correlación cinemática

- Comparación de **estilos y orientaciones** de estructuras.
- **Evento discordante:**
 - No son resueltas las necesidades de flujo dúctil para estructuras no compatibles.
- **Mapa cinemático:**
 - Muestra orientación regional del flujo de roca considerado casi homogéneo para grandes volúmenes.

Limitaciones

- **Secuencia temporal de 'eventos' cinemáticos por correlación del registro:**
 - Diferentes partes orogénicas con **idéntico patrón cinemático** pueden tener **edades diferentes** (p. ej. por diacronismo).
 - Unidades mostrando **patrones cinemáticos contrastantes** pueden tener una **única edad** (ser p. ej. inestabilidades mecánicas locales).
- **No siempre se puede establecer prelación entre eventos diferentes.**

Requerimientos

- **Correlación entre deformación e historia termal** (*i.e.* metamorfismo y magmatismo).
- **Edades radiométricas:**
 - Esenciales para establecer la trayectoria deformacional e historia cinemática **ABSOLUTA** en cinturones móviles (orógenos).

Eventos metamórficos y fases de deformación

