

Model experimental per a l'observació dels efectes de la deformació en les roques: plecs i falles.

Els materials que formen l'escorça terrestre es veuen sotmesos a una sèrie d'esforços que originen deformacions en la seva estructura original.

Aquests esforços poden ser de dos tipus:

- esforços compressius
- esforços distensius

Els esforços compressius originen fonamentalment dos tipus d'estructures:

- plecs
- falles inverses

Els esforços distensius n'originen un:

- falles normals

Per tal de poder avaluar millor els efectes de la deformació en es necessari conèixer la terminologia que s'emprea per descriure els diferents tipus d'estructures i les classificacions més comuns.

Descripció d'un plec

Els plecs són estructures que resulten de la corbatura d'una superfície original plana sotmesa a una deformació. Les deformacions que produeixen els plecs són deformacions dúctils perquè els canvis que es produeixen a la roca són graduals i continus sense arribar al trencament. Les parts principals d'un plec són (fig. 1.):

Xarnera: Zona de màxima corbatura de la superfície del plec.

Flanc: Cada una de les parts laterals d'un plec situades a banda i banda de la xarnera.

Pla axial: És el pla imaginari que conté les xarneres de cada un dels estrats que constitueixen el plec.

Eix del plec: És la línia d'intersecció del pla axial amb la superfície del plec.

Nucli: La zona més interna del plec.

Direcció: És l'angle que forma l'eix del plec amb el nord geogràfic.

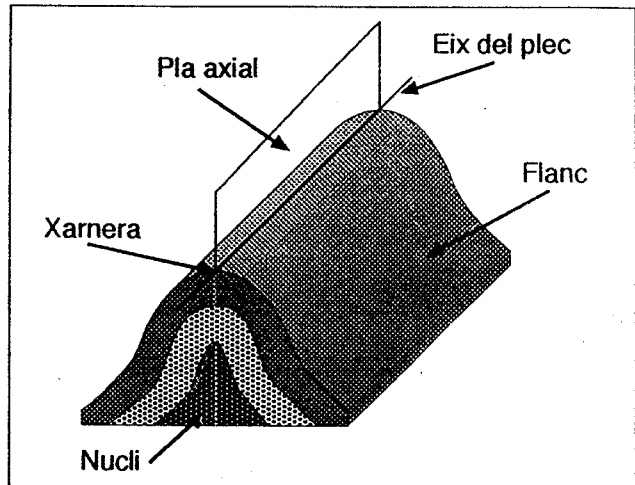


Figura 1. Parts principals d'un plec.

Descripció d'una falla

Una falla és una fractura del terreny segons una superfície plana a través de la qual hi ha hagut un desplaçament relatiu dels dos blocs resultants. Aquestes fractures es produeixen quan es sotmeten les roques a esforços molt grans de forma brusca. Aquest tipus de deformacions s'anomenen deformacions fràgils. Les parts principals d'una falla són (fig.2):

Pla de falla: És la superfície sobre la que s'ha produït el trencament.

Bloc: És la massa rocosa que queda a banda i banda del pla de falla. **Bloc aixecat;** és el bloc que ha quedat més enlairat. **Bloc enfonsat;** és el bloc que ha baixat seguint el pla de falla.

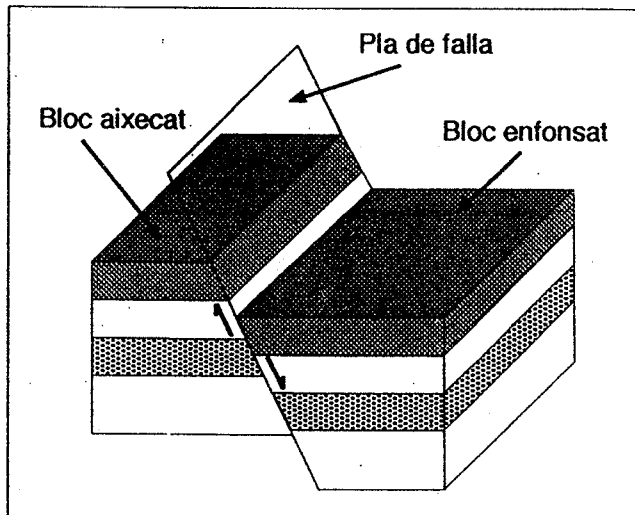


Figura 2. Parts principals d'una falla.

Classificació dels plecs

Els plecs es poden classificar seguint diferents criteris. Alguns del més utilitzats són els següents:

- a) segons el seu perfil (fig.3.)
- b) segons la relació angular entre els flancs (fig.4.)
- c) segons la seva forma (fig.5.)

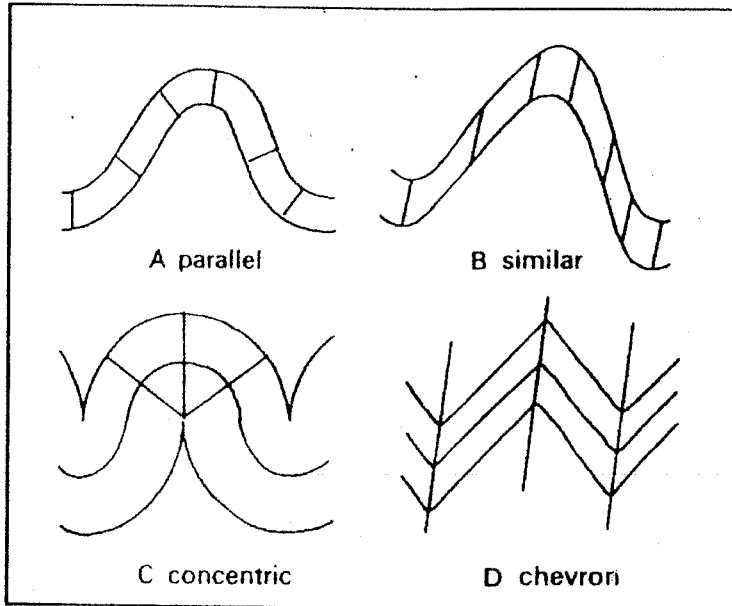


Figura 3. Classificació del plecs segons el seu perfil. A) Paral·lel; la potència dels estrats es manté constant perpendicularment a la superfície del plec. B) Similar; el gruix de les capes es manté constant paral·lelament al pla axial. C) Concentric; la potència de les capes és disposa com a radi d'un cercle. D) Chevron; els flancs dels plecs són rectes. (Segons R.G. Park, 1983, p.13.)

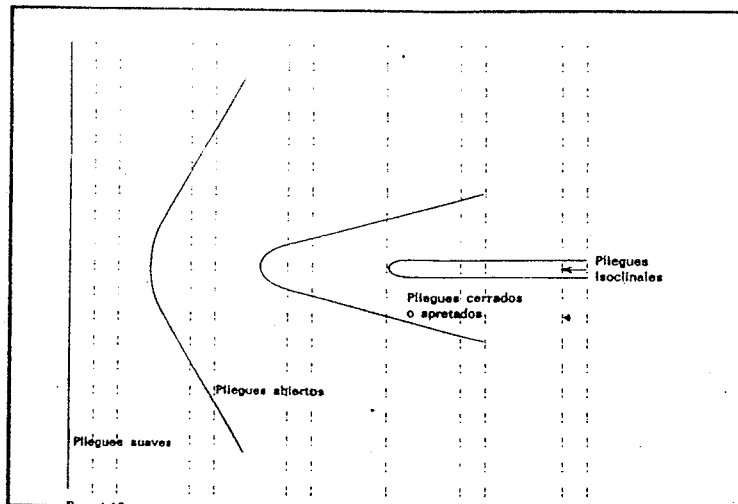


Figura 4. Classificació del plecs segons la relació angular entre els flancs. (Segons Hobbs, Means & Williams, 1981, p.153.)

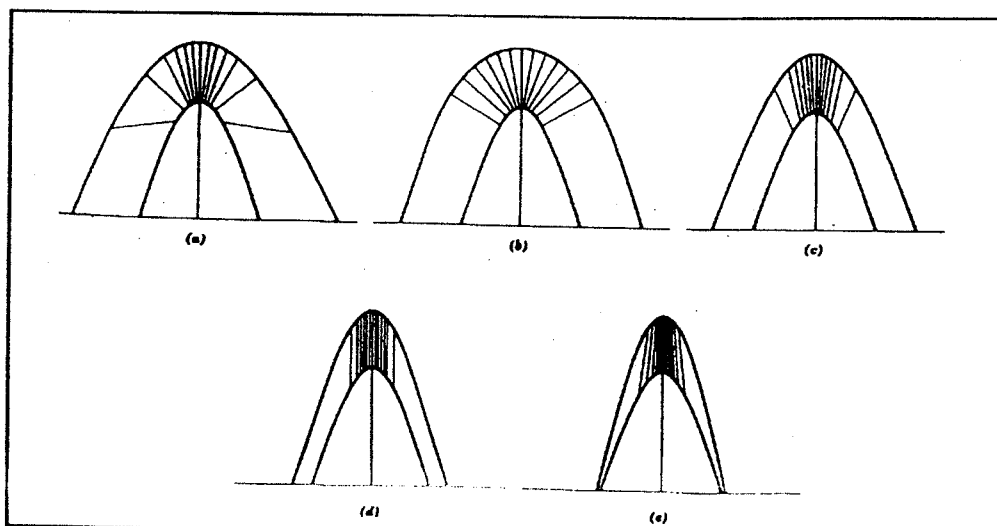


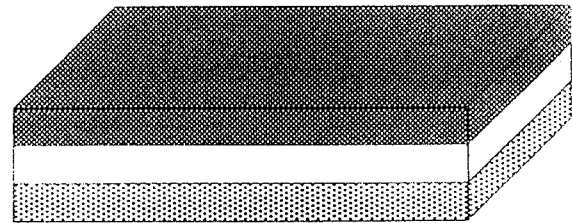
Figura 5. Classificació del morfològica dels plecs basada en el patró de les isogones. (a) marcadament convergents (b) paral·lels (c) débilment convergents (d) similars (e) divergents. (Segons Ramsay, 1967, p.365.)

Classificació dels tipus de falles

Hi han tres tipus principals de falles segons el sentit de desplaçament dels blocs resultants i la direcció i sens dels esforços que les han produït.

- a) falles normals
- b) falles inverses
- c) falles de direcció

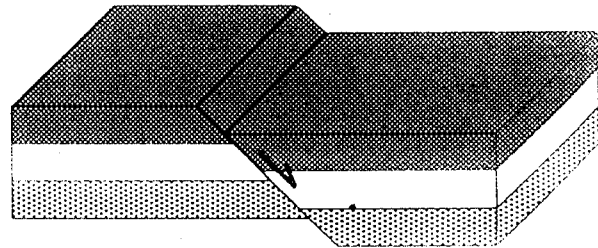
A la figura 6 s'il·lustren aquests tres tipus de falles partim en els tres casos d'una mateixa disposició dels estrats originals.



Disposició original dels estrats

Falles normals

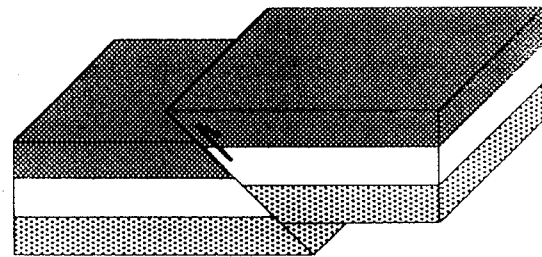
Són falles produïdes per una situació d'esforços distensius. Es produeix un augment de la superfície del terreny. El bloc enfonsat baixa respecte el pla de falla. (fig. 6a.)



a) Falla normal

Falles inverses

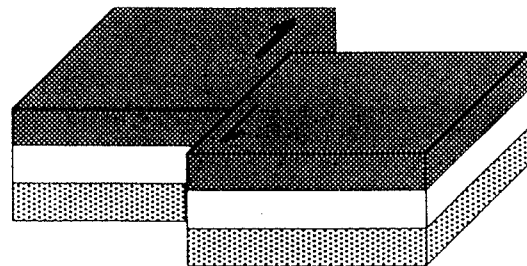
Són falles produïdes com a conseqüència d'una situació d'esforços compressius. Es produeix un escurçament de la superfície del terreny. El bloc enlairat puja respecte el pla de falla. (fig. 6b.)



b) Falla inversa

Falles de direcció

Són falles amb el pla de falla vertical i amb un desplaçament lateral dels blocs. Aquest model experimental no ens permet reproduir les situacions d'esforços que es donen en la formació de les falles longitudinals, transversals, desplaçament o de direcció.



c) Falla de direcció

Figura 6. Esquema dels tres tipus de falles: a) Falles normals; b) Falles inverses; c) Falles de direcció.

Descripció del model experimental

Aquest model experimental és una màquina que reproduïx a petita escala un mecanisme de producció d'esforços com els que es podrien donar a la realitat sobre una superposició de dipòsits sedimentaris.

Com és?

Consta d'un recipient limitat per dos èmbols amb moviment independent, accionats per dues manetes. (fig.7.) L'espai contingut entre els dos èmbols augmentarà o disminuirà segons com accionem les manetes. Aquest espai interior serà el que reblirem amb els materials que volguem deformar.

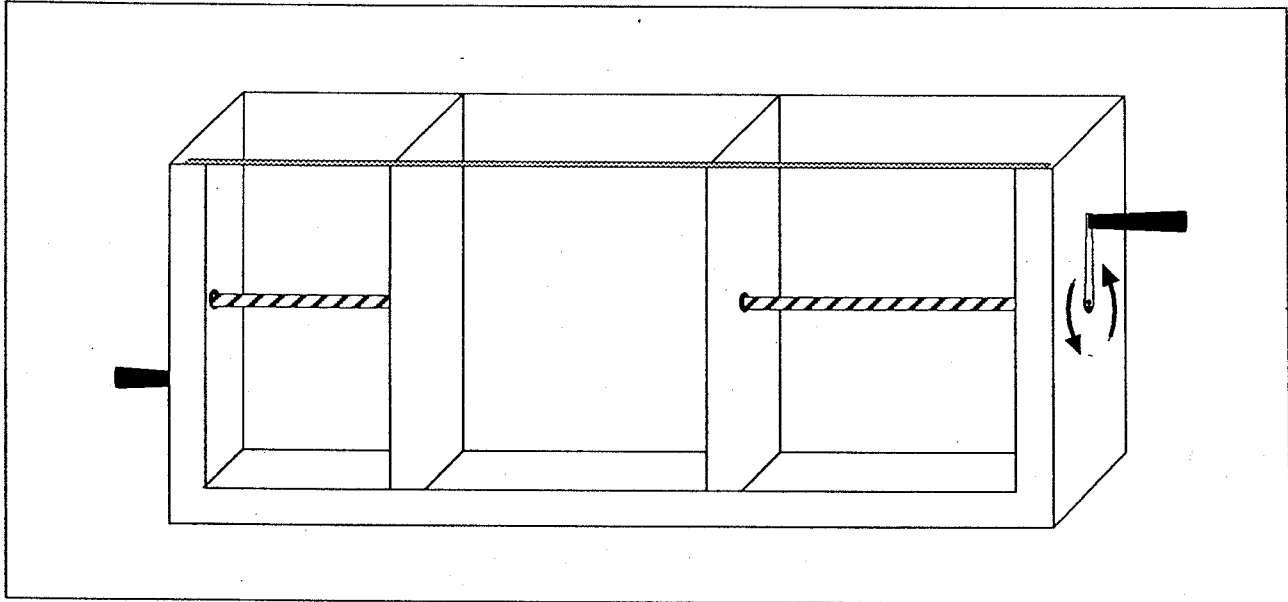


Figura 7. Esquema de la màquina de deformacions.

Les possibilitats d'experimentació que ofereix la màquina són molt amples. Segons si accionem un o altre èmbol i segons quin sigui el sentit de moviment podem reproduir fins a vuit situacions diferents d'esforços (fig.8.):

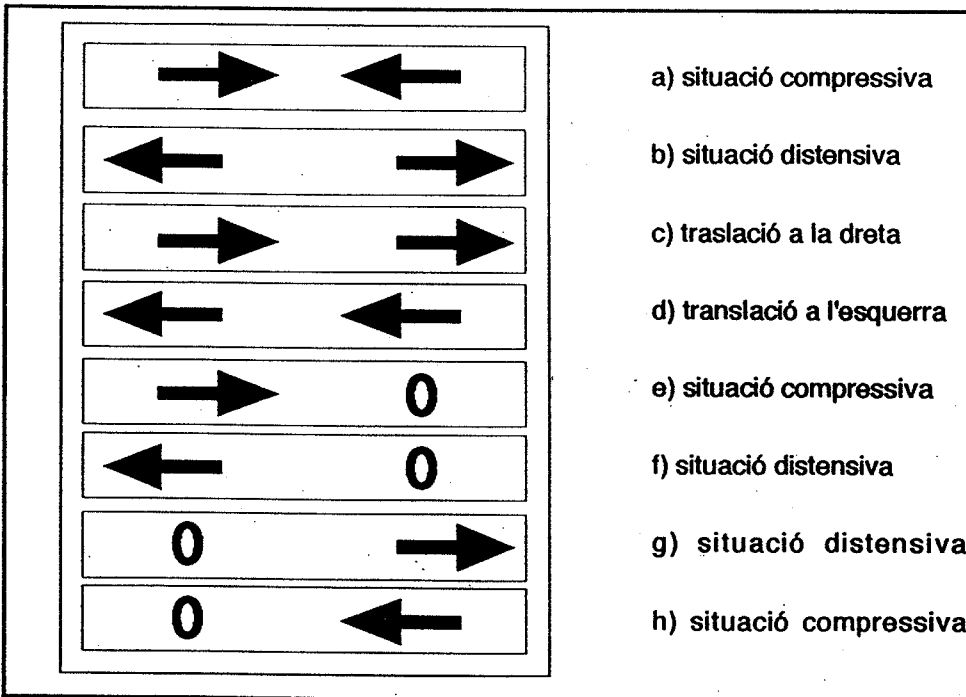


Figura 8. Possibles situacions d'esforços que ofereix la màquina de deformacions. Les fletxes simbolitzen el sentit de moviment dels èmbols i el 0 indica que aquest èmbol no es mou.

Activitats que es poden realitzar

Amb la màquina de deformacions podem reproduir a petita escala quins serien els efectes de l'actuació d'un camp d'esforços sobre uns dipòsits sedimentaris.

La màquina té un mecanisme manual de producció d'esforços -activant les manetes- que actuaran sobre el material dipositats al seu interior talment fossin dipòsits sedimentaris. Som conscients que en aquesta simulació és impossible introduir totes les variables que realment intervenen en la realitat, que són infinites.

En aquest model les principals variables que jugaran seran:

- la direcció dels esforços; una única direcció que coincideix amb l'eix de l'èmbol
- el sentit de l'esforç; dependrà del sentit de gir de la maneta
- la naturalesa dels materials:
 - mida de gra
 - porositat
 - densitat
- gruix (potència) de les capes
- velocitat de deformació

a) Planificació de l'experiència

Amb aquesta experiència volem observar com actuarien uns dipòsits sedimentaris en el cas que fossin sotmesos a un cap d'esforços. Es per això que reproduïrem de la millor manera possible quina seria la disposició d'uns sediments a una conca sedimentària. Els sediments es dipositen en capes o estrats horitzontals i paral·lels entre sí, i normalment s'alternan materials de diferent litologia.

Material a utilitzar

Hem vist que en aquest cas els materials més apropiats per a realitzar l'experiment són materials que tenen les següents característiques:

- material solt; granulat, en pols, granes,...
- amb una mida de gra entre 3mm i 1/4 mm de diàmetre
- material de diferent tipus i de diferent color per simular les diferents litologies i que ens permetran veure millor els canvis que es produeixin durant la deformació
- materials de duresa inferior al nivell 7 de l'escala de Mohs per no fer malbé la màquina (no ratllar el vidre, no arrencar la pintura, no bloquejar els embols, etc..)

MAI NO S'UTILITZARÀ SORRA O VIRUTES METÀLIQUES, ni cap altre material que no sigui el facilitat amb la màquina.

Aquests materials són: sèmola de blat o de blat de moro, farina de blat o de blat de moro, llavor de nap.

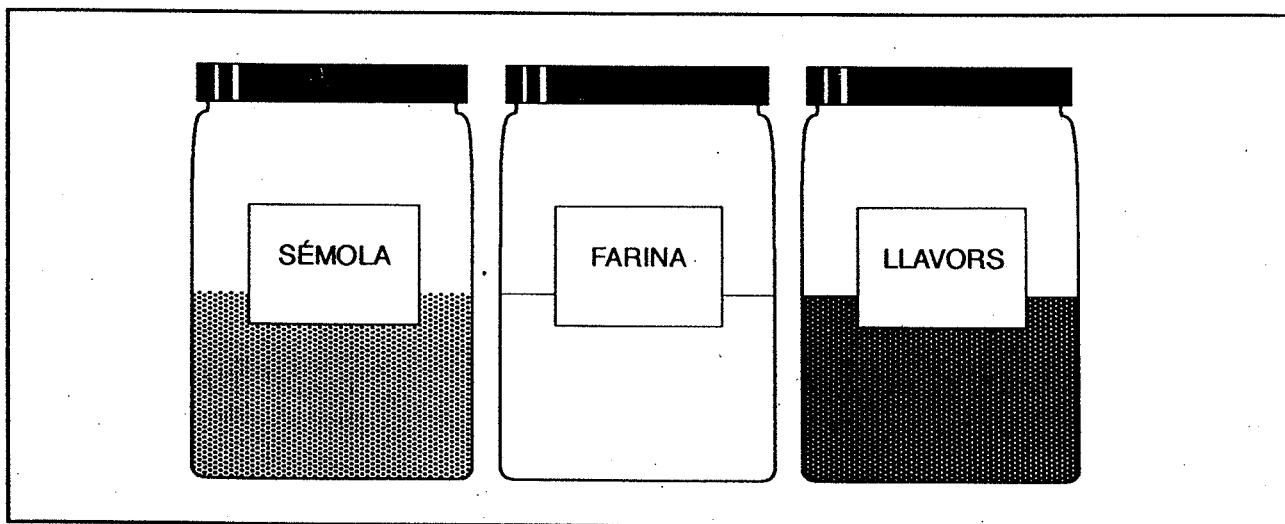


Figura 9. Els materials utilitzats són de tres tipus; sèmoles, farines i petites llavors. La trama amb que s'omple els pots s'utilitzarà també en els esquemes següents per indicar cada un dels materials.

Disposició del material

Farem girar les dues manetes alhora en sentit contrari de forma que se'ns separin els émbols uns vint-i-cinc centímetres. En l'espai interior entre els dos émbols dipositarem el material en capes primes (de màxim 2cm) i horitzontals ocupan tot l'espai. Alternarem capes dels diferents tipus de materials fins a obtenir un gruix aproximat de 10cm. El mínim de capes que s'han de dipositar per poder obtenir un bon resultat és de tres. La primera capa és recomenable que sigui la del material de gra superior per ajudar al lliscament dels embols evitant que penetri el material per sota d'ells.

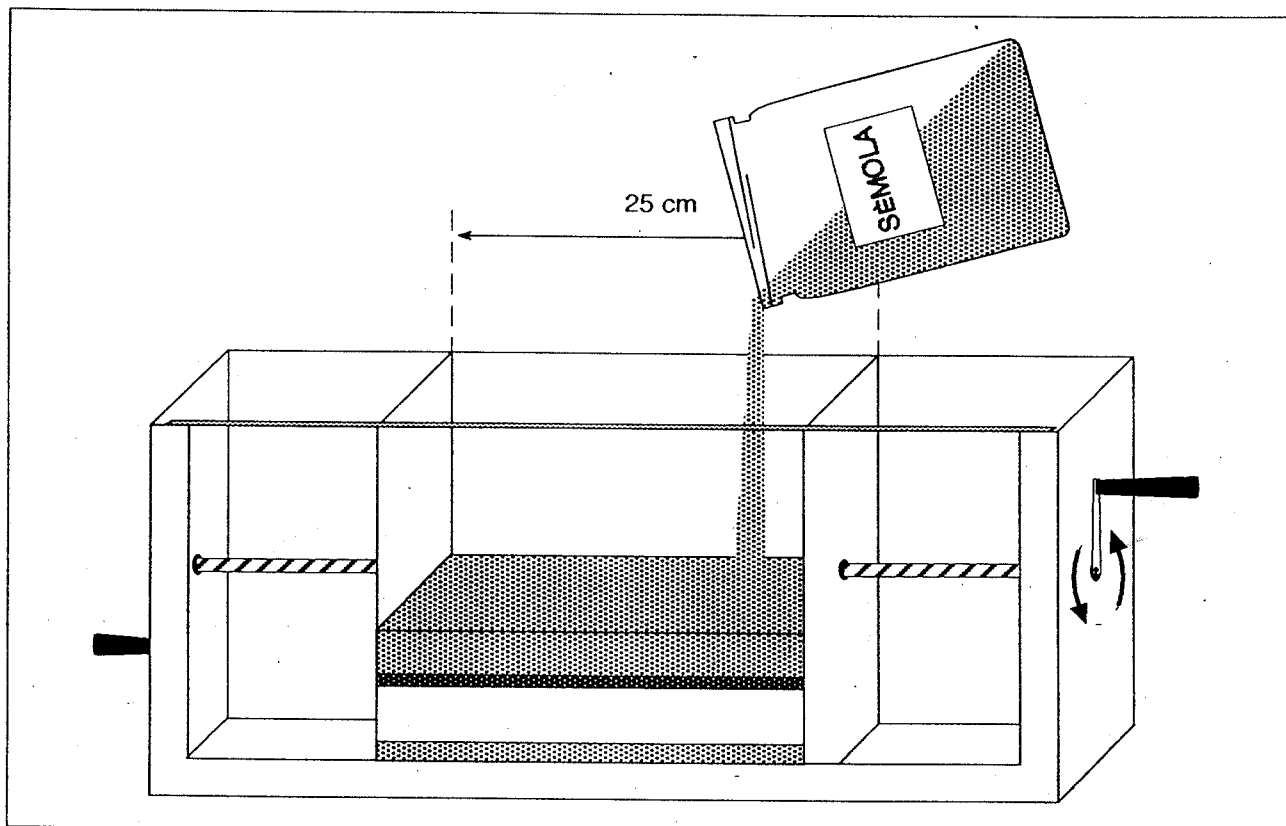


Figura 10. És necessari separar els émbols un mínim de 25 cm abans de omplir el recipient amb els materials.

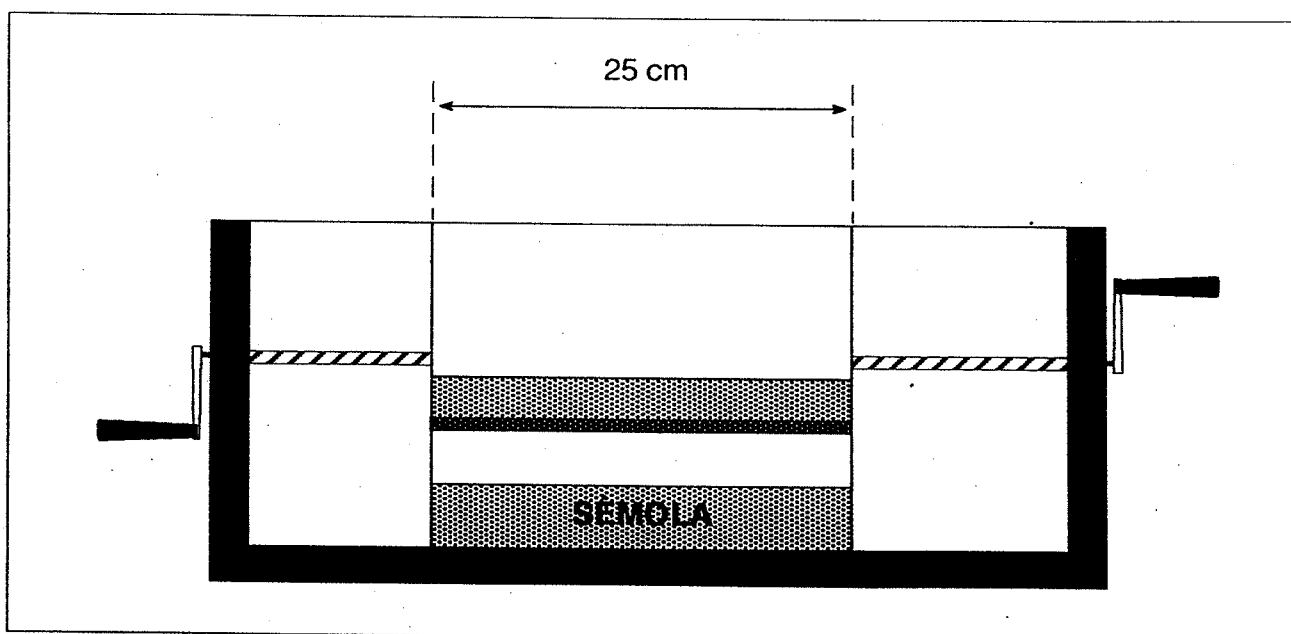


Figura 11. A partir d'aquesta situació ja es pot iniciar la deformació: els émbols separats un mínim de 25cm, la capa de sèmola al fons i un mínim de tres capes superposades.

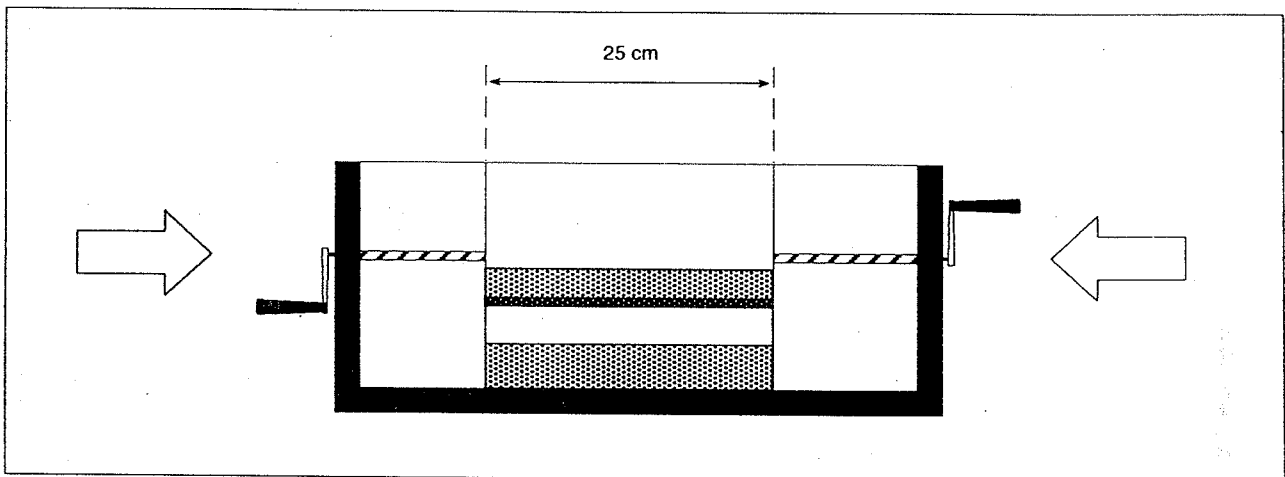
Realització de l'experiència

Com hem descrit a l'apartat on s'especifiquen les possibilitats de la màquina podem fer diversos tipus de simulació. Nosaltres en proposem dues; la simulació d'una deformació compressiva i la simulació d'una deformació distensiva.

i) Simulació d'una deformació compressiva

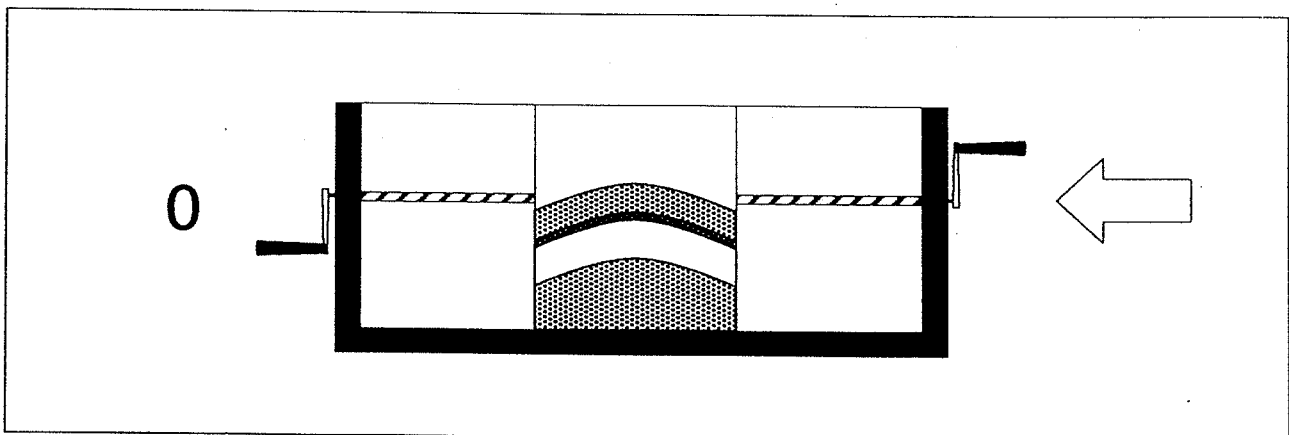
Un cop tinguem el material dipositat al recipient de la màquina, accionarem lentament les dues manetes a la mateixa velocitat de tal manera que els èmbols s'apropin entre ells. Aquesta situació a la realitat seria la d'una conca sedimentària recent -on encara no s'ha modificat la seva estructura original- que es veu afectada per una tectònica compressiva. (Per exemple les conques sedimentàries de les fosses oceàniques en les zones de convergència de plaques litosfèriques.)

Les deformacions a escala geològica són molt lentes, per tant en aquest cas haurem d'adequar la velocitat. A mesura que s'apropen els èmbols:

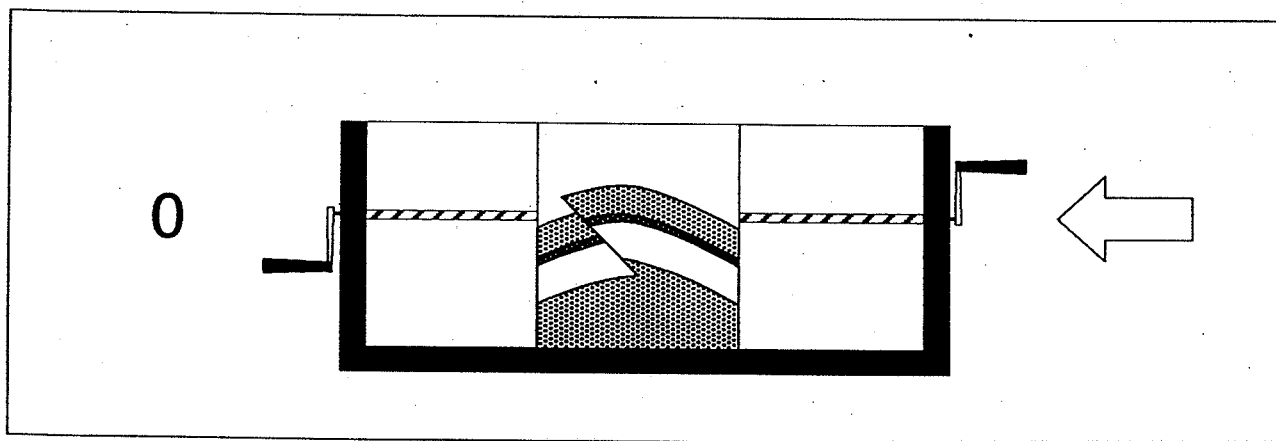


- Què observem?
- Descriu pas a pas les estructures que es formen. Pots reconèixer-les?
- Es trenca la continuïtat entre les capes? Per tant és una deformació dúctil o fràgil?
- És possible que es formin diversos tipus d'estructures, intenta raonar el perquè.

Aturem la deformació un moment i analitzem que ha succeït.



Continuem l'experiència però accionant únicament una de les dues manetes. La situació d'esforços ha canviat, ara només actua una força. Sobre l'estructura anterior aquesta força produirà uns nous efectes. La simulació haurà acabat quan l'èmbol arribi al seu màxim. Descriu pas a pas que es el que succeeix. Quina estructura s'ha format?. Conserva la continuïtat de les capes?.



Exemples de plegaments de tres i més capes.

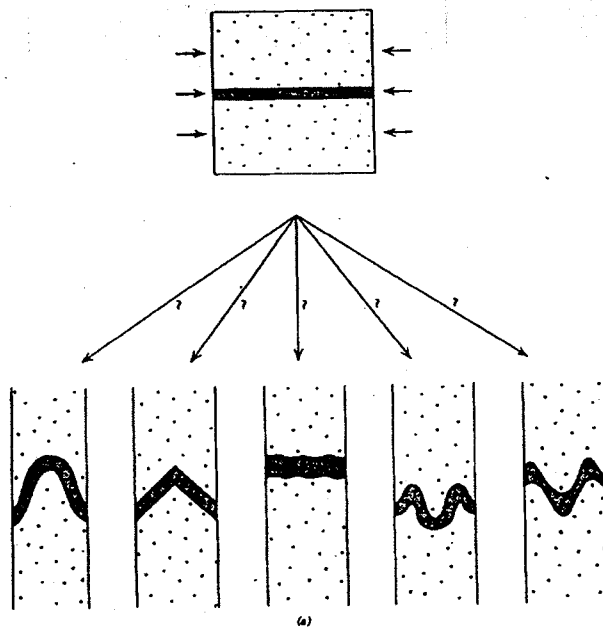


FIG. 4.36
 Algunos de los problemas implicados en el desarrollo de pliegues. (a) Capa individual contenida en un material de propiedades mecánicas diferentes a las suyas y sometida a una carga aplicada paralelamente a la capa. La capa plegada ¿resultará roma o angular?, o bien ¿sólo se engrosará sin apenas plegarse?, ¿mantendrá la capa su espesor inicial al irse plegando?, o bien ¿los flancos se adelgazarán y las charnelas se engrosarán? (b) Caso de múltiples capas. Las capas ¿se incurvarán produciendo pliegues de planos axiales perpendiculares al eje de acortamiento?, o bien ¿se desarrollarán planos de kink bands oblicuos al eje de acortamiento?

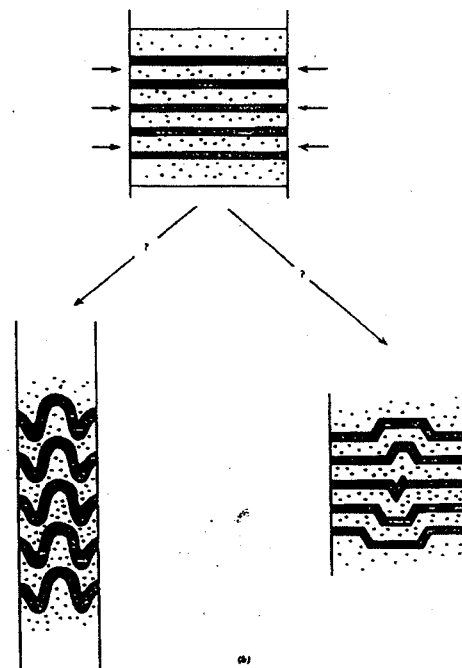


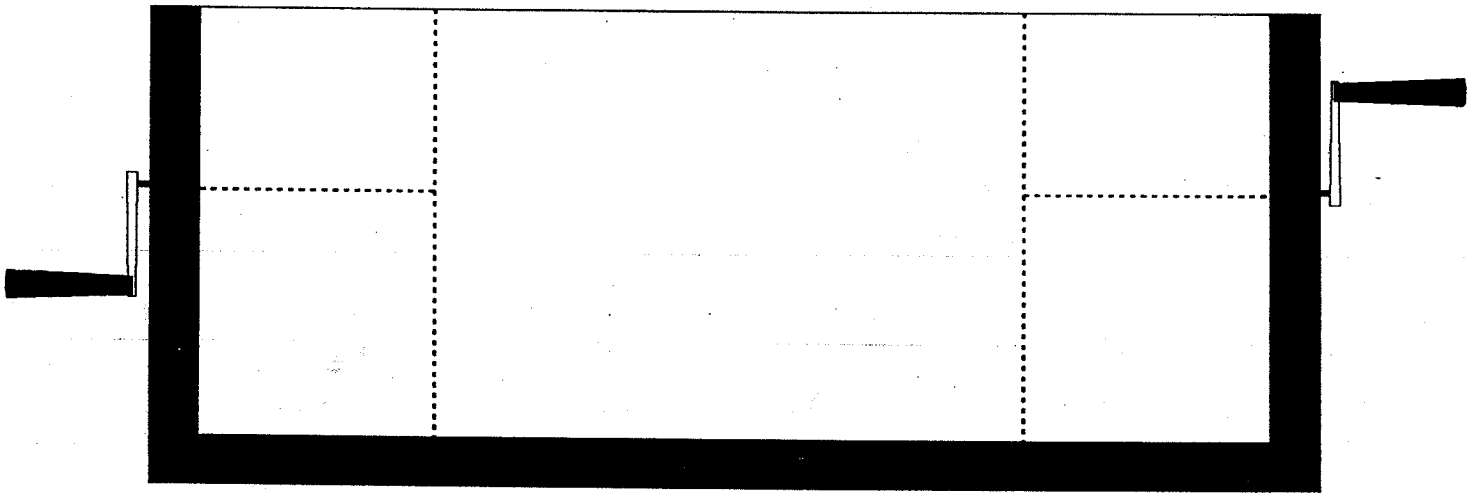
FIG. 4.36 (continuación)

formación, o si hay cambios relativos de las propiedades mecánicas asociados al desarrollo de anisotropía —como foliaciones u orientaciones preferentes cristalográficas—, entonces no es probable que el campo de deformación adicional sea homogéneo. Como ya se ha dicho, por ahora no hay un tratamiento teórico del caso, pero muchos investigadores [como Ramsay (1962 a), Huddleston y Stephens-

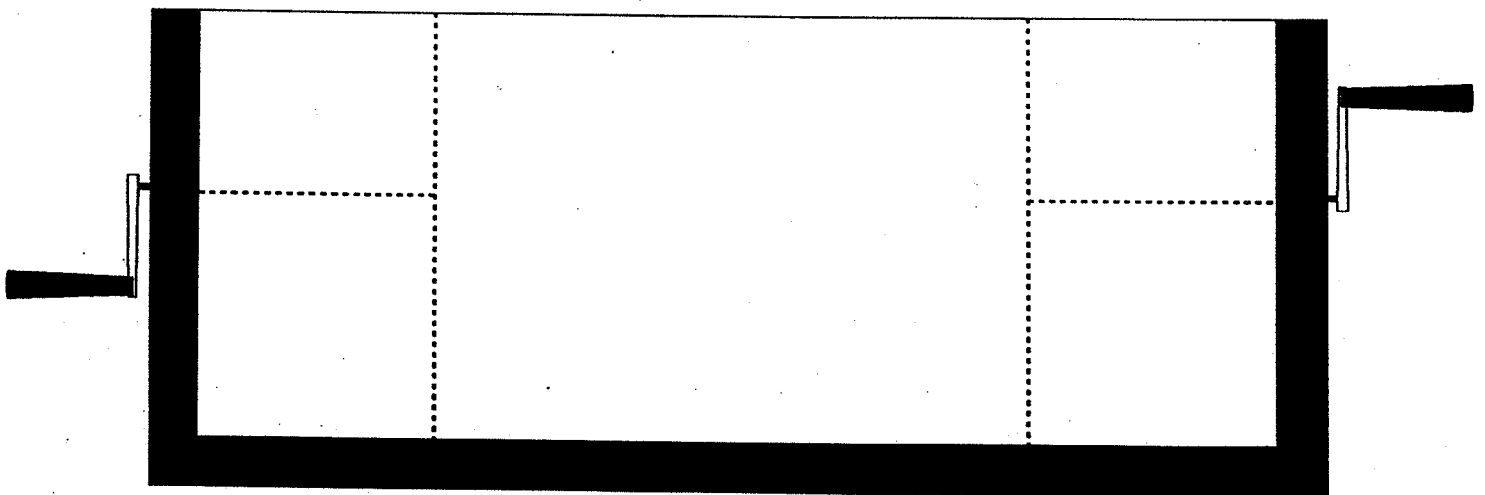
a) Simulació d'una situació compressiva

1. Assenyala amb fletxes la direcció i el sentit dels esforços que s'han aplicat.
2. Marca quina ha estat la posició final dels émbols respecte la posició inicial.
3. Dibuixa dins l'esquema de la màquina les estructures que s'han format a les capes després de la deformació. De quin tipus d'estructura es tracta?

Primer estadi de la deformació



Segon estadi de la deformació

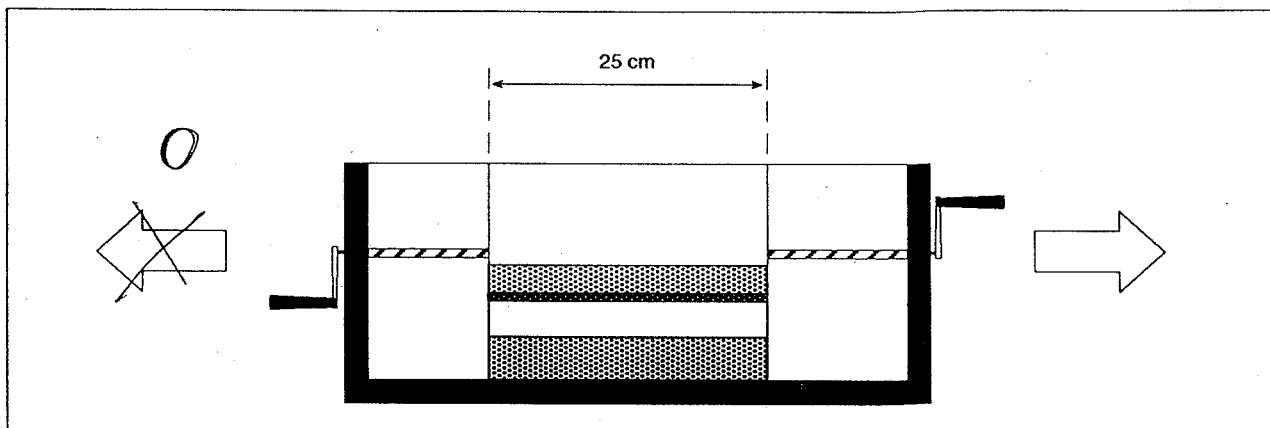


i) Simulació d'una deformació distensiva

Un cop tinguem el material dipositat de nou al recipient de la màquina, s'ha d'efectuar un pas previ abans de reproduir una situació distensiva. Per tal de compactar el material dipositat a la cubeta accionarem lentament les dues manetes a la mateixa velocitat de tal manera que els èmbols s'apropin entre ells, recorrent només un centímetre cada un. A partir d'aquest moment iniciarem l'experiència que reproduirà una situació distensiva. Aquesta situació a la realitat seria la d'una conca sedimentaria compactada que es veu afectada per una tectònica distensiva. (Per exemple sediments d'un rift medioceàniques en les zones de separació de plaques litosfèriques.)

Un cop compactats els materials accionem ràpidament una única maneta en sentit invers, sense donar temps a que els materials segueixin l'èmbol.

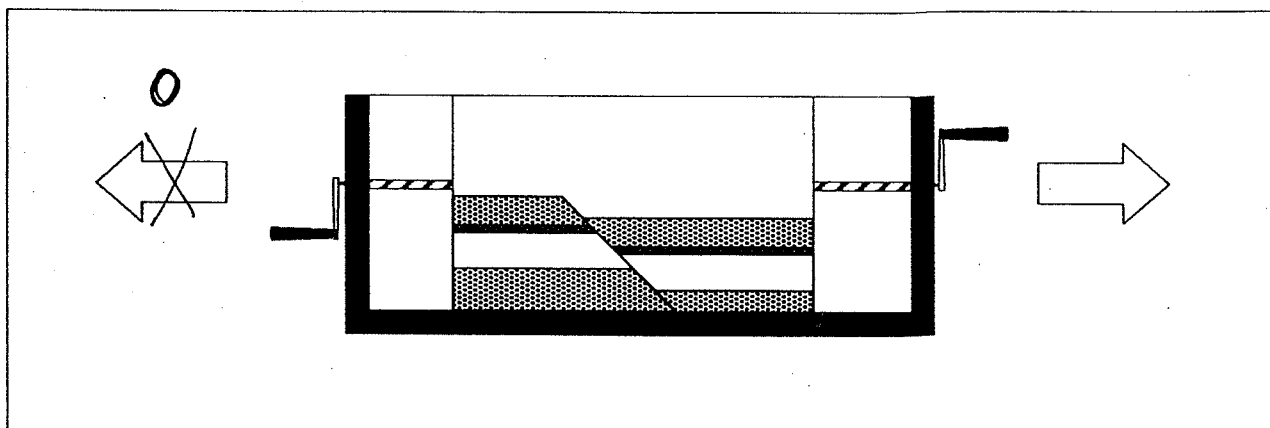
A mesura que se separa l'èmbol:



- Què observem?
- Descrició pas a pas les estructures que es formen. Pots reconèixer-les?
- Es trenca la continuïtat entre les capes? Per tant és una deformació dúctil o fràgil?
- És possible que es formin diversos tipus d'estructures, intenta raonar el perquè.

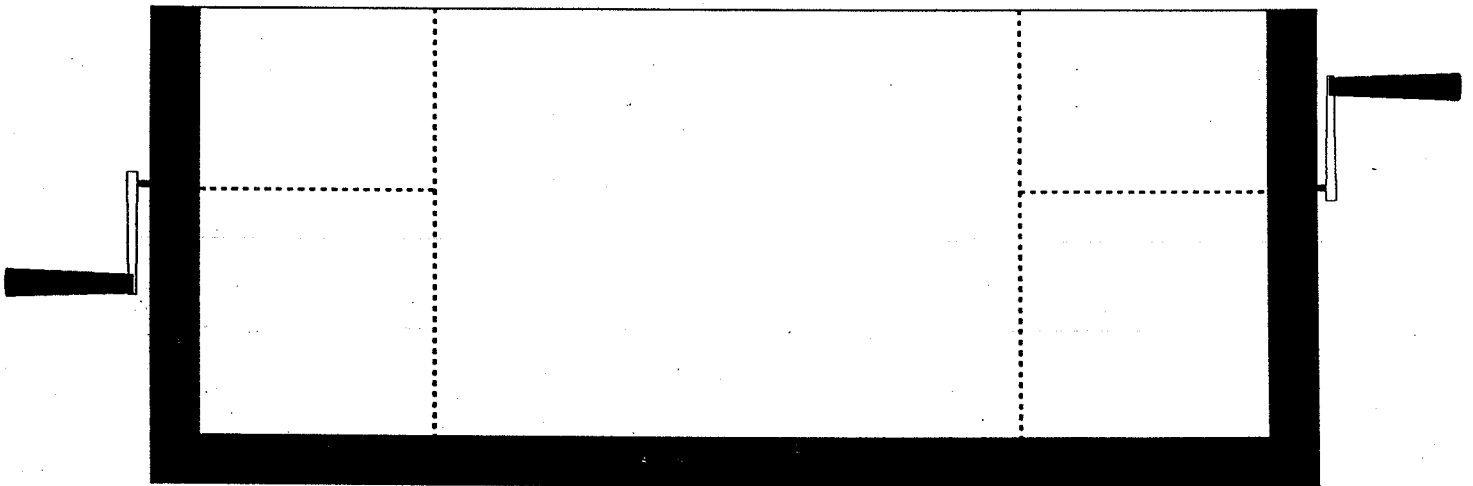
Aturem la deformació un moment i analitzem que ha succeït.

Compara aquesta experiència amb l'anterior. Quines variacions hi ha hagut dels esforços? Els mateixos materials, s'han comportat de la mateixa forma?



a) Simulació d'una situació distensiva

1. Assenyalat amb fletxes la direcció i el sentit dels esforços que s'han aplicat.
2. Marca quina ha estat la posició final dels émbols respecte la posició inicial.
3. Dibuixa dins l'esquema de la màquina les estructures que s'han format a les capes després de la deformació. De quin tipus d'estructura es tracta?



Cura i manteniment del material

Per tal de fer una utilització idònia del material:

- No utilitzeu cap material diferent del que es facilita amb la màquina
- No feu servir sorres, la duresa dels grans es superior a la del vidre i la del metall i per tant els fregament dels grans contra el vidre i les parets els ratllaria.
- No forceu les manetes més enllà del seu màxim. Ja està calculada la distància perquè el desplaçament sigui el suficient per produir tot tipus d'efectes.
- Netejeu la màquina després de cada ús amb un raspall o un pincell. No feu servir aigua ni altres líquids.
- En el cas que vulgueu reutilitzar el material per altres simulacions cal destriar-lo amb cedassós.