GEOACTA,vol.12,n.2 (1985) pag 217 a 230

DETERMINACION GRAFICA DE LA CRONOLOGIA RELATIVA ENTRE ESPECIMENES PARA ESTUDIOS PALEOMAGNETICOS

José Sellés Martínez

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,

Universidad de Buenos Aires

Buenos Aires, República Argentina

RESUMEN

Se fundamenta y desarrolla una técnica gráfica que permite establecer la cronología relativa entre especímenes obtenidos de cilindros perforados en el laboratorio sobre muestras de mano orientadas en el campo. La misma es de aplicación en aquellos casos en los que si bien se conoce la actitud de la secuencia no es posible la identificación de niveles de referencia a escala de la muestra de mano. Técnicas de proyección ortográfica y estereográfica permiten realizar los cálculos y dibujos necesarios.

ABSTRACT

A graphical method is proposed to stablish the relative chronology between samples taken from cilinders drilled in laboratory out of hand-specimens which have been oriented in the field. This method has its application in those cores in which the attitude of the stratigraphic secuence is known but it is not possible to identify reference planes in the scale of the hand-specimen. Ortoghaphic and stereographic projection techniques make it possible to make the necessary calculations and drawings.

INTRODUCCION

Las variaciones en las características paleomagnéticas de muestras de rocas estratificadas se representan en orden estratigráfico con el fin de obtener perfiles de la variación de la Declinación e Inclinación magnéticas en función del tiempo, y también, conocer el comportamiento polar en el período representado por la secuencia muestreada. En aquellos casos en los que las variaciones registradas corresponden a intervalos de tiempo mayores que el representado por cada muestra la graficación no ofrece problemas ya que todos los especímenes de aquella presentarían características similares. Pero cuando los cambios se producen con una frecuencia tal que aparecen registradas variaciones dentro de cada muestra, se hace necesario conocer las relaciones cronológicas existentes entre especímenes provenientes de la misma. Esto no es fácil si la actitud del plano de estratificación no aparece claramente representada en el ejemplar de rocas (en forma de bandas de color o cambios en la mineralogía o volumetría), como sería el caso de muestras provenientes de secuencias muy homogéneas o estratos muy potentes. Para estos casos en los que el plano de estratificación no es visible en la muestra de mano se sugiere la presente técnica gráfica de determinación de relaciones cronológicas entre especímenes. La misma se ha desarrollado teniendo en cuenta que dadas las características del muestreo paleomagnético todas las muestras presentan una cara cuya orientación es conocida, así como la actitud de la secuencia sedimentaria en el área de muestreo. Las técnicas usuales de obtención de los cilindros (y de los especímenes a partir de aquellos) (+), permiten establecer una serie de relaciones geométricas constantes que facilitan la determinación.

TECNICA DE CALCULO

Datos necesarios

Los datos necesarios para el desarrollo de la técnica propuesta son los siguientes:

Datos de campo:

I - Actitud (rumbo e inclinación) del plano de estratificación (SS).

II - Actitud (rumbo e inclinación) del plano de referencia (Pr).

Datos de gabinete:

III - Actitud (dirección y buzamiento) del eje de las perforaciones

IV - Hundimiento de la intersección del plano que une los ejes de las perforaciones sobre el plano de referencia (h).

V - Actitud (rumbo e inclinación) del plano que une los ejes de las perforaciones (de).

Los parámetros III a VI se calculan según se expone a continuación:

Determinación de la actitud del eje de las perforaciones: La técnica de obtención de los cilindros hace que los mismos presenten su eje longitudinal perpendicular al plano de referencia (Fig.1). Su actitud será por lo tanto coincidente con la del polo del plano de referencia. Si representamos en la red estereográfica el plano de referencia, la posición del polo del mismo estará a 90^{o} del rumbo de Pr (en la dirección contraria a la inclinación de Pr; recordemos que por convención proyectamos siempre las intersecciones con el hemisferio inferior) y su inclinación será el complemento del ángulo de inclinación del Pr (Fig.2).

Medición del hundimiento de la línea que une los ejes de las perforaciones sobre el plano de referencia: Este valor se obtiene directamente con un transportador sobre la muestra. Es el ángulo que forman la línea de rumbo del plano de referencia y la línea imaginaria que une los centros de las perforaciones (véase Fig. 1b).

Determinación de la actitud del plano que une los ejes de las perforaciones: Para ello contamos con dos datos, el primero (punto p) surge del punto A_1; el segundo es su intersección con el plano de referencia, y corresponde al hundimiento de la línea de intersección sobre dicho plano (Fig.3, punto q). Haciendo coincidir ambos puntos sobre un círculo máximo queda determinada la actitud del plano de los ejes de las perforaciones (rumbo Az 184° e inclinación 74° al Oeste).

Medición de la distancia entre los ejes de las perforaciones: Se mide directamente sobre la muestra (Fig. 1b). Es la distancia entre los centros de los círculos A y B, denominada de.

Metodología de Trabajo

Los casos más sencillos, en los que no es necesario cálculo ni representación, son aquellos en los que el Pr es paralelo a SS o perpendicular al mismo. Los ejes de las perforaciones son entonces perpendiculares o paralelos a la estratificación respectivamente. En el primer caso la distancia o intervalo estratigráfico entre especímenes será simplemente la distancia o intervalo entre ambos medido paralelamente a los ejes (Fig.4). En aquellos casos en los que el plano de referencia es perpendicular a SS, la relación de edades no depende de las posiciones de los especímenes dentro de cada cilindro sino de la orientación del plano que une los ejes de las perforaciones (ya que en este caso cada cilindro representa un mismo intervalo de tiempo).

Si Pe es paralelo a SS ambos cilindros tienen la misma edad (Fig.5a). Si el Pe es perpendicular a SS el cilindro más alto será más jóven (Suponiendo que la muestra presenta la sucesión en posición normal) (Fig. 5b). Cuando ambos planos (SS y Pe) forman un ángulo diferente de 0^{o} ó de 90^{o} ambos cilindros pueden compartir o no un cierto nivel estratigráfico (Figs. 5c y 5d), dependiendo ello del ángulo en cuestión y de la distancia entre los centros de las perforaciones.

Para todos los otros casos en los que la relación entre la estratificación y el plano de referencia es diferente de los anteriores la complejidad de su visualización varía en función de las relaciones espaciales entre los planos.

El procedimiento a seguir se ilustrará mediante el ejemplo utilizado anteriormente (Fig.1). Supongamos que al realizar las perforaciones los ejes de las mismas quedan separados 4,7 cm sobre el plano de referencia y que la línea que une ambos centros de perforaciones forma un ángulo de 40^{o} con la traza del rumbo del plano de referencia. Tal como se ilustró en las Figs. 2 y 3 tenemos ya representados en la red estereográfica el plano de referencia, el plano de la estratificación, el plano de los ejes de las perforaciones y la dirección de las perforaciones.

Para facilitar las operaciones es conveniente llevar el plano de los ejes a la horizontal (con lo que el mismo coincidiría con el plano del papel). Mediante la red estereográfica esto se logra rapidamente y con exactitud. El plano que va a ser rotado a la horizontal se lleva a la dirección norte-sur (Fig.6) y siguiendo los círculos menores se gira en una cantidad igual a su inclinación hasta el circulo ecuatorial; solidariamente y sin cambiar la posición del estereograma se desplazan (también por arcos de círculos menores), los elementos restantes (SS, Pr y p). Quedan así definidas las nuevas posiciones de todos estos elementos (Fig.7).

Tal como habíamos establecido, el plano del papel corresponde ahora el plano horizontal con el norte al frente del lector. Podemos realizar un dibujo a tamaño natural o escala rapidamente de la siguiente forma: La dirección de los ejes de las perforaciones está dada por la posición del punto p y es N 72^{o} O, el rumbo de la estratificación es ahora N 3^{o} E (Fig.7). La representación correspondiente se muestra en la Fig.8, en la que se han representado ambos ejes con la separación pertinente. La Figura 9 muestra un diagrama más completo del mismo caso, donde se han identificado los cilindros (esto debe hacerse teniendo en cuenta cual era la dirección del hundimiento y cual de los cilindros estaba "más abajo" en esa dirección). En la Fig. 10 se ha completado el esquema tridimensionalmente. La interpretación del mismo nos lleva a establecer que los especímenes A_1 y B_1 son respectivamente más jóvenes que las A_2 y B_2. También que los especímenes A_1 y B_1 y los A_2 y B_2 comparten un cierto intervalo, pero que el A_1 es algo más jóven que el B_1 y, en forma similar, A_2 es algo más jóven que B_2. En este ejemplo en particular habría un cierto intervalo compartido por los cuatro especímenes.

En muchos casos no es suficiente conocer la traza de la estratificación sobre uno sólo de los planos que seccionan cada cilindro, sino que es necesaria su representación sobre un segundo plano perpendicular al anterior. El valor del hundimiento de la traza de la estratificación sobre el plano perpendicular a Pr y Pe, que es el que utilizaremos surge rapidamente del diagrama estereográfico. El plano en cuestión, Pp puede trazarse ya sea a partir del punto P o bien directamente a 90^{o} del rumbo del plano de referencia. La distancia angular entre el punto p y la intersección con el plano de estratificación (Punto r en la Fig. 11) es el hundimiento buscado.

En la Fig.12 se representa la posición determinada. Puede observarse que en el caso del ejemplo la interpretación no cambia significativamente. Solo puede agregarse a lo dicho anteriormente que el interva

lo compartido por los especímenes es menor que lo que aparentaba la Fig. 10.-

Si se desea obtener un modelo espacial cuyas caras correspondan a las direcciones de los tres planos hasta aquí utilizados se procede de la siguiente forma: Sobre un desarrollo de un cubo (Fig.13) se dibujan las trazas. El plano central de la cruz se toma como plano de los ejes de las perforaciones y la traza de la estratificación se marca formando un ángulo igual a la diferencia entre la actitud de S y de Pr (Fig.11). Sobre Pr se representa el hundimiento correspondiente y similarmente sobre el plano perpendicular. Finalmente midiendo el ángulo entre la traza de la estratificación y el rumbo del plano de referencia en el estado inicial (Fig.2) podemos reconstruir la traza de la línea de rumbo del plano de referencia y así orientar el modelo en el espacio (Fig.14).

EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

Figura 1: Esquema tridimensional y detalle del plano de referencia de la muestra tomada como ejemplo. En la parte inferior se destaca la posición de las perforaciones, su identificación y cómo se mide el ángulo con que hunde la línea que une los ejes de las perforaciones.

Figura 2: Representación estereográfica de los parámetros correspondientes al ejemplo desarrollado en el texto. Plano de estratificación (SS) Rumbo Az 360° inclinación 30° E; Plano de referencia (Pr) Rumbo Az 45° inclinación 20° SE; Polo del Pr (p); Dirección de los ejes de las perforaciones Rumbo Az 315° buzamiento 70°.

Figura 3: Haciendo coincidir los puntos p y q (correspondientes al polo del Pr y al hundimiento (h) de la línea de intersección del Pe con el Pr medido sobre Pr) con la traza de un círculo máximo queda determinada la actitud del Pe. Su Rumbo es Az 184° y su inclinación 74° al O. Téngase especial cuidado al establecer la dirección del hundimiento (en el ejemplo hacia el sudoeste) y recuérdese que este valor se grafica llevando el plano sobre el que se ha medido el valor del hundimiento a la posición Norte-Sur y contando desde el extremo correspondiente el valor angular de hundimiento, siempre sobre el arco de círculo máximo correspondiente a la inclinación del plano sobre el cual se ha medido el hundimiento (Pr).

Figura 4: Relación estratigráfica entre especímenes que corresponden a un mismo cilindro y a dos cilindros cuando el plano de referencia es paralelo a la estratificación. Edad de G1 = Edad de H1 y Edad de G2 = Edad de H2. Edad de G1 < Edad de G2 y Edad de H1 < Edad de H2 (').

(') Suponiendo que la sucesión se presenta normal y que la muestra no ha sido obtenida en forma invertida.

Figura 5: Cuatro casos posibles en los cuales el plano de referencia es perpendicular a la estratificación. Las relaciones estratigráficas entre cilindros son diferentes en cada caso.

Figura 6: Se ilustra la forma en que el plano Pe es llevado a la horizontal (trayectorias ◅) y como en forma solidaria giran los planos S (trayectoria ≪) y Pr (trayectoria <). El punto p se translada según la trayectoria ◅ . Todas estas trayectorias son arcos de círculos menores.

Figura 7: Posiciones finales de los elementos rotados en la figura 6.

Figura 8: Representación de la dirección de los ejes de las perforaciones y de la traza de S sobre el plano Pe.

Figura 9: Al mismo esquema anterior se le han agregado los perfiles de los cilindros y las posiciones de los especímenes obtenidas de ellos. La línea c es perpendicular a las direcciones de los ejes y su actitud puede verificarse en la red estereográfica teniendo en cuenta que corresponde a la intersección del plano de referencia con el plano de los ejes de las perforaciones.

Figura 10: El esquema anterior en tres dimensiones.

Figura 11 :Cálculo del hundimiento del plano de la estratificación sobre el plano perpendicular al de los ejes y al de referencia (Pp). El hundimiento es el ángulo entre p y r.

Figura 12: Representación de la información sobre el plano perpendicular determinado en la figura 11.

Figura 13:Desarrollo del cubo y diseño de las trazas de la estratificación sobre sus caras.

FIGURA 1

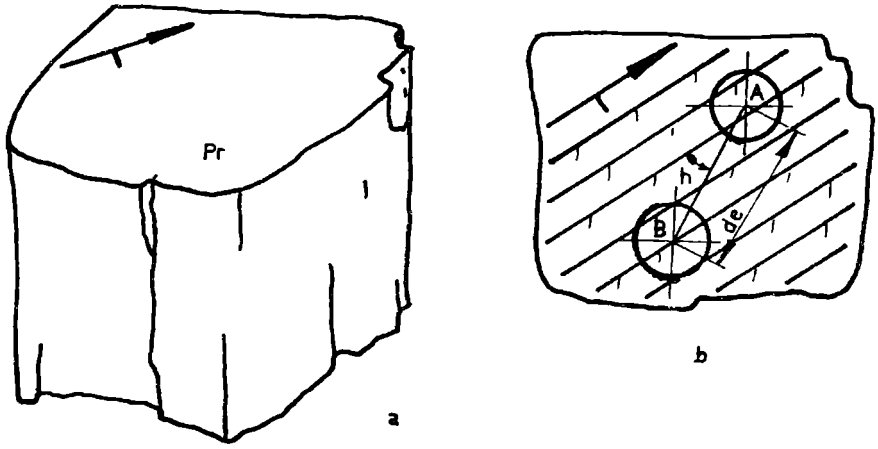


FIGURA 2

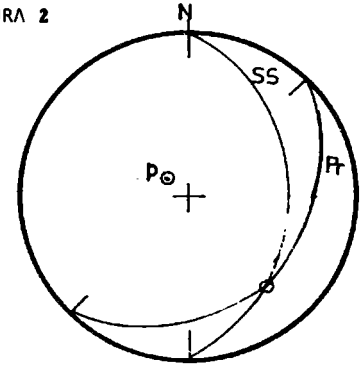


FIGURA 3

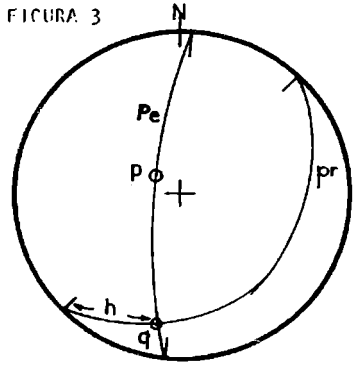


FIGURA 4

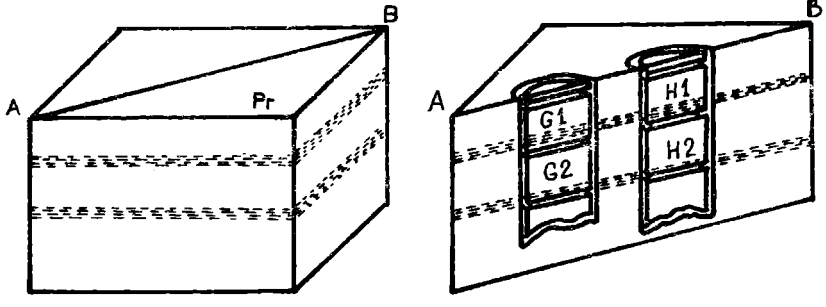


FIGURA 5

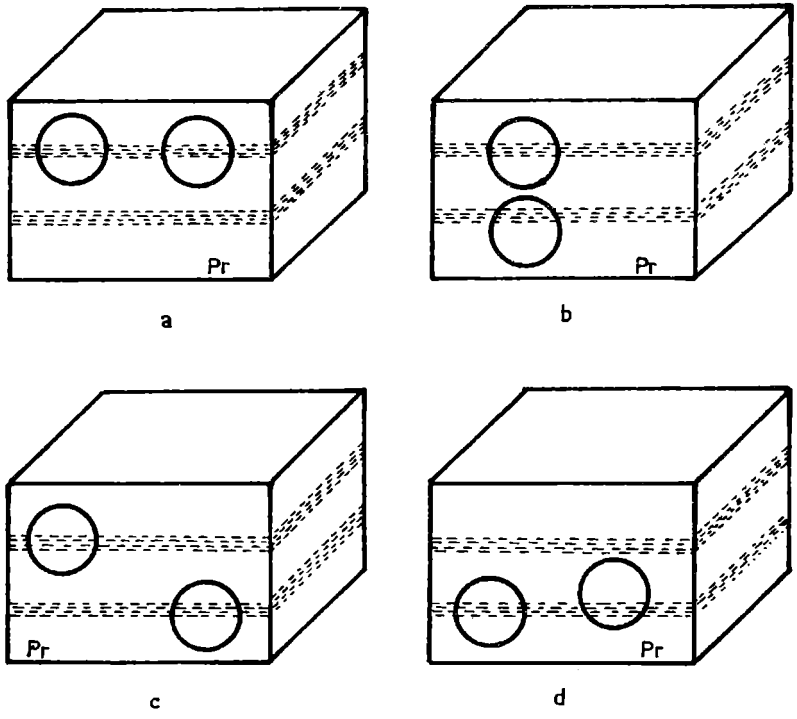


FIGURA 6

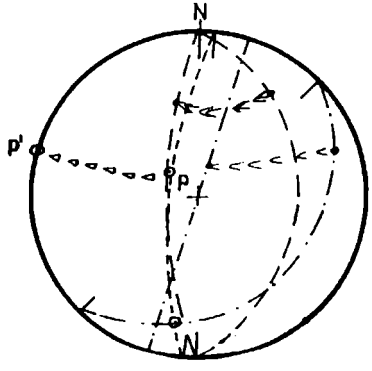


FIGURA 7

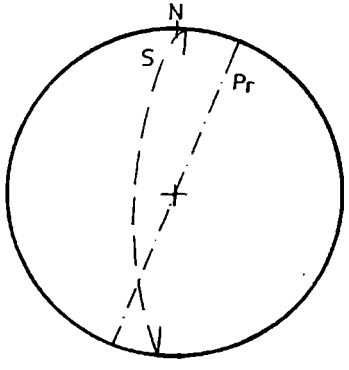


FIGURA 8

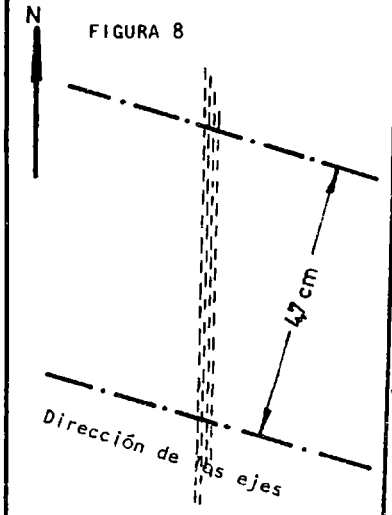


FIGURA 9

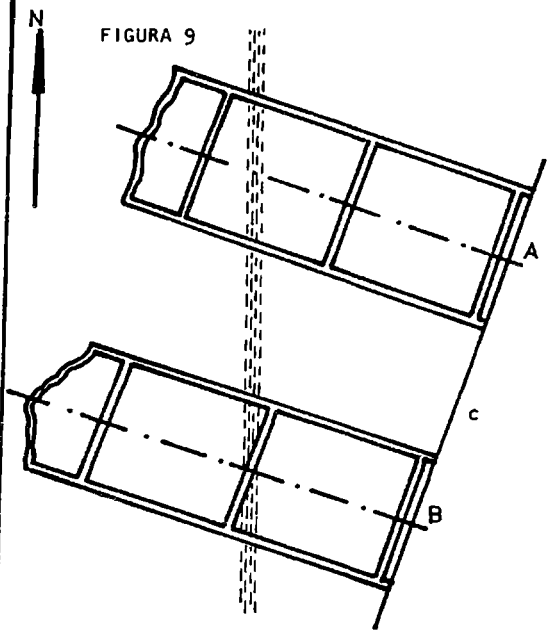
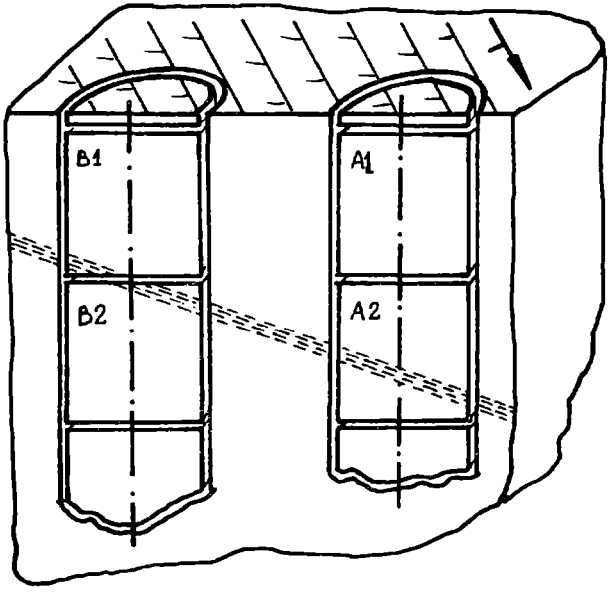


FIGURA 10



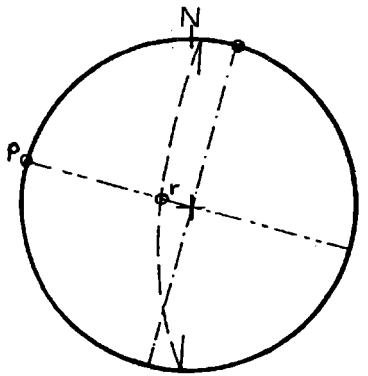


FIGURA 11

FIGURA 12

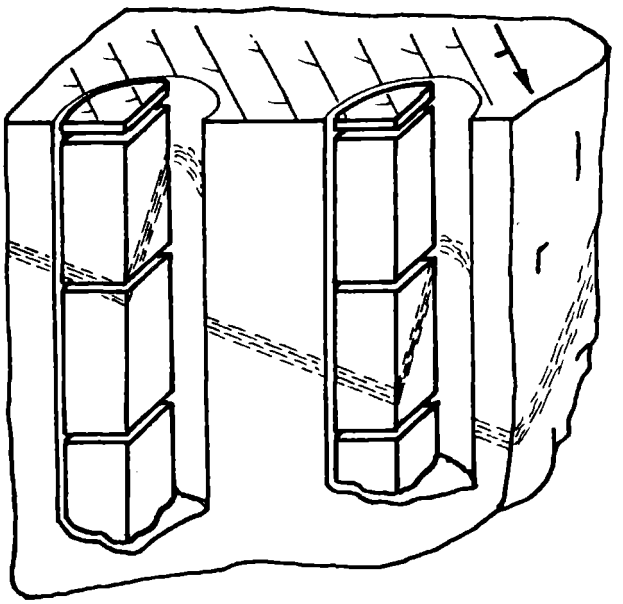
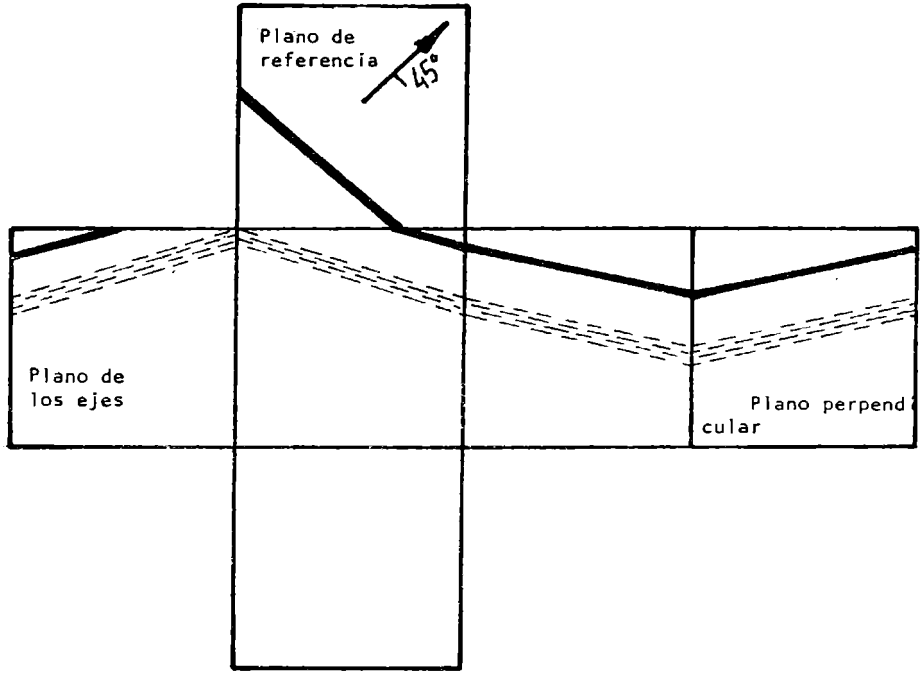


FIGURA 13


Plano de
referencia
45°
Plano de
los ejes
Plano perpend
cular