

# Análisis Estructural de Fallas Geológicas

Por Alejandro Chica Sánchez\*

## RESUMEN

Uno de los problemas de difícil solución, en muchos casos, que se plantea el geólogo en sus investigaciones, es el relacionado con el cálculo de la dirección, el "plunge" y la magnitud del movimiento total de una falla geológica. Con el propósito de colaborar con dicho tema, se plantea el siguiente método que es una combinación de técnicas estereográficas con técnicas puramente geométricas, que permite relacionar los aspectos espaciales de la falla y los planos geológicos afectados con la dirección, plunge y magnitud del movimiento total de la misma.

### 1. TEORIA DEL "CORREDOR DE FALLA"

El MOVIMIENTO TOTAL (Desplazamiento neto) de cualquier falla geológica, se puede considerar como la suma vectorial de dos componentes, a saber:

$$M. \text{ TOTAL} = M. \text{ DE BUZAMIENTO} + M. \text{ DE RUMBO}$$

De acuerdo con la Figura 1, se tiene:

#### MOVIMIENTO TOTAL:

Es el desplazamiento neto de la falla. Su plunge es igual al buzamiento aparente de la falla ( FG ), en la dirección del desplazamiento de la misma. Su proyección horizontal ( OB ) es igual a;

$$OB = MOV. \text{ TOTAL} \times \cos(FG)$$

#### MOV. DE BUZAMIENTO:

Es la componente vectorial del movimiento total paralela a la línea de mayor pendiente del plano de falla. Su proyección horizontal ( OA ) es igual a:

$$OA = MOV. \text{ DE BUZAMIENTO} \times \cos(\text{Buz. real del plano de falla})$$

#### MOV. DE RUMBO:

Es la componente vectorial del movimiento total paralela a cualquier línea horizontal (líneas de rumbo) del plano de falla. Su proyección horizontal ( AB ) es igual, lógicamente, al mismo movimiento de rumbo.

O sea que la ecuación:

$$P.H. \text{ m. total} = P.H. \text{ m. buzamiento} + M. \text{ RUMBO}$$

siendo P.H.: proyección horizontal, también es válida.

El MOVIMIENTO TOTAL de una falla, sólo se verá con su verdadera magnitud e independiente de las disposiciones estructurales (rumbo y buzamiento) de las superficies o planos geológicos afectados (estratos, diques, otras fallas, etc.), en perfiles o cortes geológicos PARALELOS a la dirección del vector que representa al movimiento total de la misma (en la Figura 1, en cortes paralelos a OB ).

En cortes geológicos NO PARALELOS a la dirección del vector movimiento total, la falla mostrará un desplazamiento que depende de tres factores, a saber:

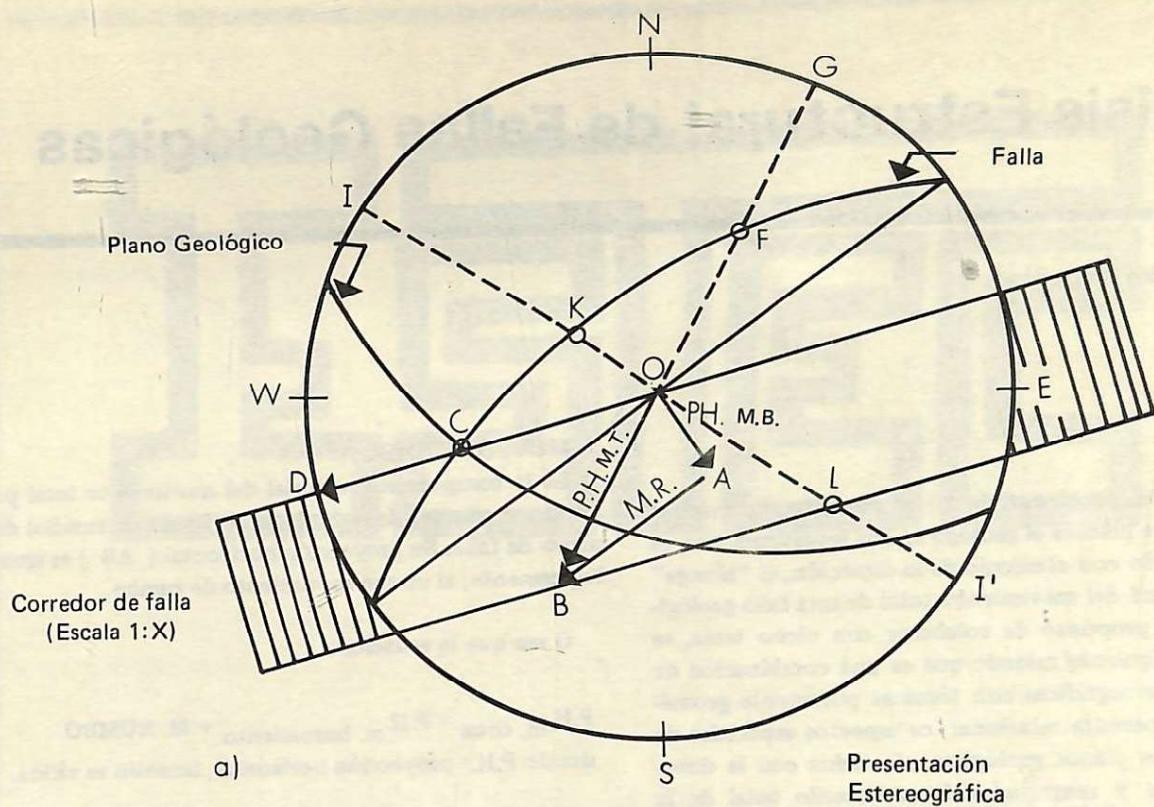
A. El rumbo y buzamiento del plano de falla.

B. La dirección, el "plunge" y la magnitud del movimiento total de la falla.

C. El rumbo y buzamiento del plano o superficie geológica afectada por la falla.

Como puede observarse en la Figura 1, la línea intersección ( OD ) entre el plano de falla y el plano geológico desplazado (combinación de los factores A y C), es en definitiva uno de los parámetros geológicos que controla el desplazamiento observado de una falla en cortes como los considerados.

\* Profesor Asociado, Facultad Nacional de Minas



$\overrightarrow{OCD}$  = Dirección y plunge de la intersección plano geológico - falla.

- $\overrightarrow{OA}$  = Proy. horizontal del movimiento de buzamiento de la falla.
- $\overrightarrow{AB}$  = Movimiento de rumbo
- $\overrightarrow{OB}$  = Proy. horizontal del movimiento total de la falla.
- $\overrightarrow{FG}$  = Buzamiento aparente de la falla en la dirección de su movimiento total.

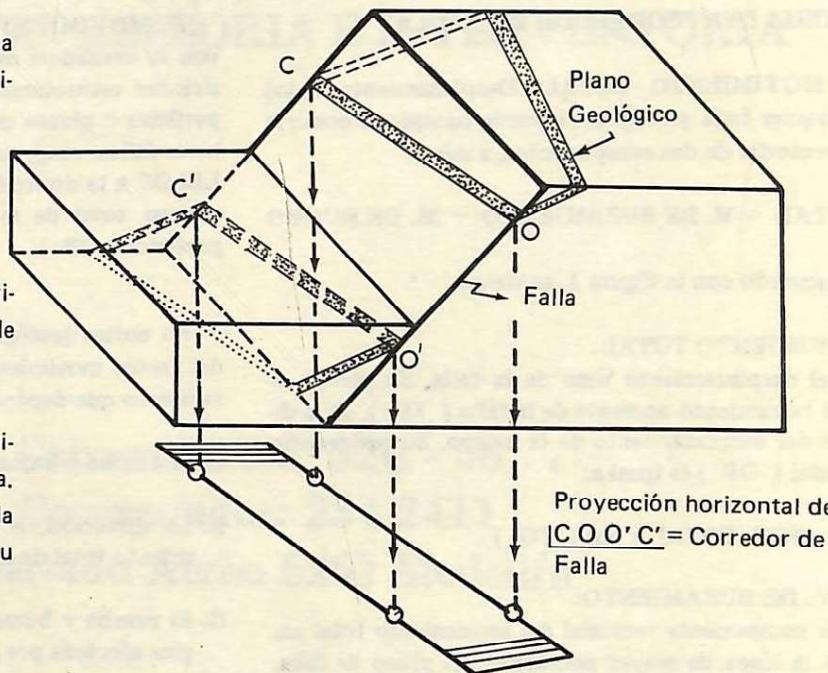


FIGURA 1. Elementos estereográficos de un corredor de falla

Si de manera superpuesta al análisis estereográfico adelantable con los arcos meridionales del plano de falla y del plano geológico afectado, utilizando una escala de trabajo apropiada, se construye una paralela a la línea intersección de los dos arcos meridionales, con una separación (como se observa en la Figura 1) controlada por el vector P.H.<sub>mov total</sub>, se define una franja que para fines prácticos denominaremos "CORREDOR DE FALLA". Dicho "corredor" construido así, tiene validez si la falla geológica NO tiene movimiento de rotación. Si el corte en cuestión es I - I' (Figura 1), el desplazamiento de la falla observado será entonces:

$$\text{MOV. FALLA en } I - I' = OL \times \sec(KI)$$

OL = Tramo del corte contenido en el corredor de falla.

KI = Buzamiento aparente del plano de falla en la dirección del corte (I - I')

El sentido del movimiento observado debe ser, lógicamente, compatible con el del movimiento total.

Cuando la falla geológica analizada incluye un movimiento de rotación, o cuando, sin haber rotación, el plano geológico desplazado presenta disposiciones estructurales diferentes a ambos lados de la falla (Ver Figura 2), estereográficamente se pueden definir los límites del "corredor de falla", pero su amplitud sólo puede determinarse localizando en el mapa geológico dichos límites, los cuales, como se aprecia en la Figura 2, no son paralelos. En conclusión, el movimiento de la falla visto en un corte cualquiera se calcula, entonces, en el "corredor" representado en el mapa geológico; el buzamiento aparente de la falla, según la dirección del corte, si se puede calcular estereográficamente.

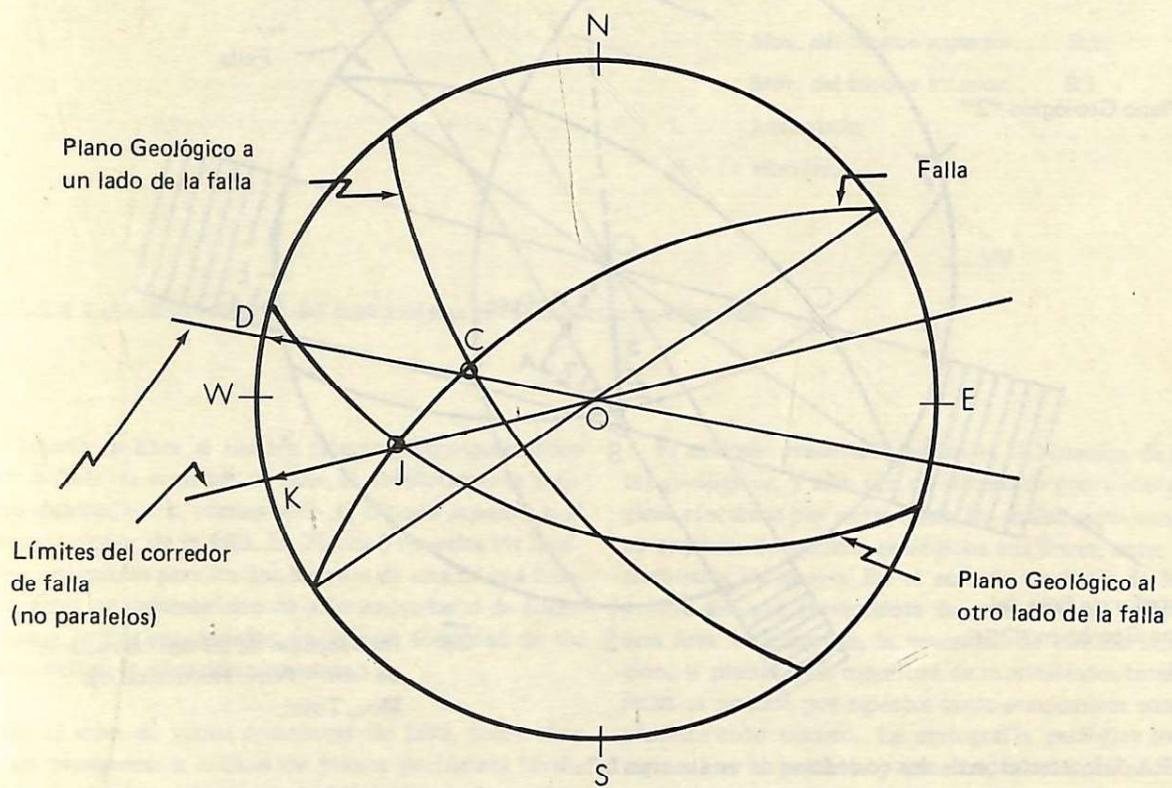


FIGURA 2. Estereografía en fallas con movimiento de rotación.

Una segunda utilización (Ver Figura 3) de este método estereográfico-geométrico tiene gran aplicación en la elaboración de perfiles geológicos; en el análisis de fallas observadas en afloramientos que muestran planos geológicos con diferentes disposiciones estructurales afectados por éstas, y en el caso de fallas deducidas por correlaciones litológicas elaboradas en direcciones previamente definidas. Consiste en lo siguiente:

Cuando dos o más planos geológicos (por ejemplo un estrato, un dique y otra falla) afectados por la falla investigada, presentan disposiciones estructurales diferentes, cada uno tendrá su "corredor de falla" particular, el cual permite conocer los desplazamientos de dicho plano observados en cualquier perfil geológico. Cada plano geológico con disposición estructural diferente presentará des-

plazamiento por la falla diferente al de los demás, dependiendo de su "corredor de falla". Además, la intersección de dichos corredores será, como es fácil demostrarlo, la proyección horizontal del movimiento total de la falla que, como es obvio, es único. La identificación de la intersección de dichos corredores es sencilla puesto que cada uno tiene una línea-límite que pasa por el centro del círculo estereográfico; la intersección de la otra línea-límite de cada corredor permite conocer el otro extremo del vector P.H.<sub>m.</sub> total, el cual siempre comienza en el centro del círculo.

Cuando se presentan estrías de fallas, éstas coincidirán con la dirección y plunge del movimiento total de la falla, teniendo cuidado de que no correspondan a movimientos posteriores.

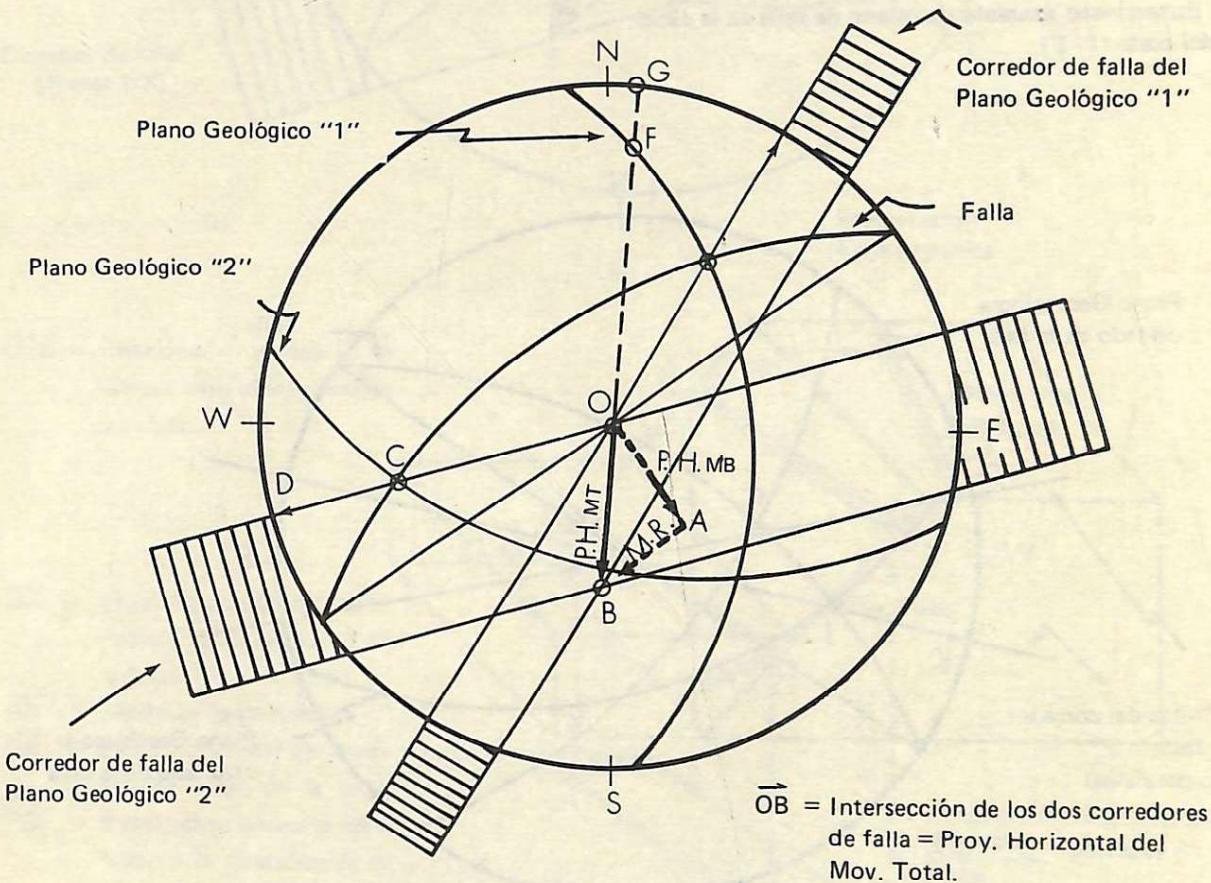


FIGURA 3. Intersección de dos corredores de una misma falla

## 2. ANALISIS DE LOS VECTORES DEL MOVIMIENTO DE FALLA

De acuerdo con la Figura 4, el BLOQUE SUPERIOR (por encima del plano de falla) presenta vectores de movimiento de rumbo, de buzamiento y total, contrarios a

los correspondientes al BLOQUE INFERIOR (por debajo del plano de falla). La Figura explica lo anterior para el caso de fallas normales e inversas puras (sin movimiento de rumbo), el cual es aplicable a todas las fallas con algún movimiento de buzamiento.

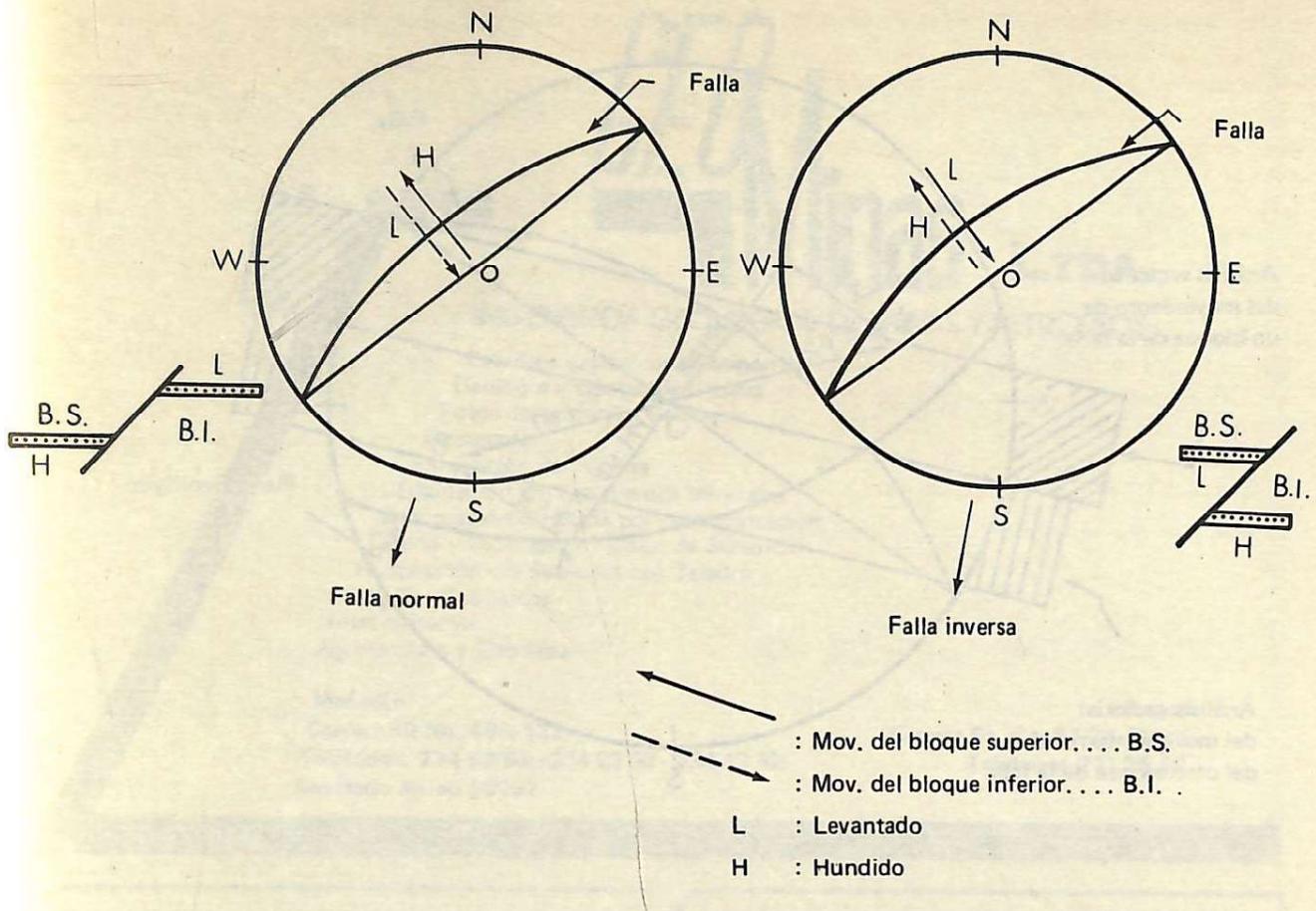


FIGURA 4. Análisis vectorial del movimiento de fallas normales e inversas

Cuando se hace el análisis estereográfico-geométrico para definir un corredor de falla, es absolutamente necesario determinar si corresponde al bloque superior o al bloque inferior de la falla. La Figura 5 muestra los resultados obtenibles para los dos bloques de una misma falla. El análisis complementario de afloramientos o de correlaciones litológicas permite, en la casi totalidad de los casos, definir la situación planteada.

En el caso de varios corredores de falla, todos ellos deben pertenecer a análisis de planos geológicos localizados en el mismo bloque de la falla que los afecta. Para ello basta con sistematizar el análisis de la siguiente manera: Si el primer "corredor de falla" muestra vectores que apuntan hacia el arco meridional de la falla, los demás corredores deberán conservar la misma relación frente a dicho arco meridional. Con el caso de vectores que apunten hacia el semicírculo que no contiene al arco meridional, sucede exactamente lo mismo.

El método presentado agiliza la elaboración de perfiles geológicos, y más aún en el caso de provincias geológicas afectadas por varias fallas, las cuales requieren, para su análisis, de perfiles geológicos auxiliares, entre otros elementos de apoyo. En el caso de Geología de Minas, podría ser una herramienta de gran utilidad porque en esta área investigativa, la necesidad de calcular la dirección, el plunge y la magnitud de movimientos totales de fallas es notoria por aspectos tanto económicos como de planeamiento minero. En cartografía geológica local y regional es importante y muestra, además, la necesidad de la búsqueda y buena descripción de afloramientos que serían la clave para cuantificar el movimiento de una falla.

Finalmente, en geología práctica lo más frecuente es encontrar afloramientos que muestren desplazamientos de falla diferentes al movimiento total, o sea equivalentes a los encontrados en aquellos cortes no paralelos al

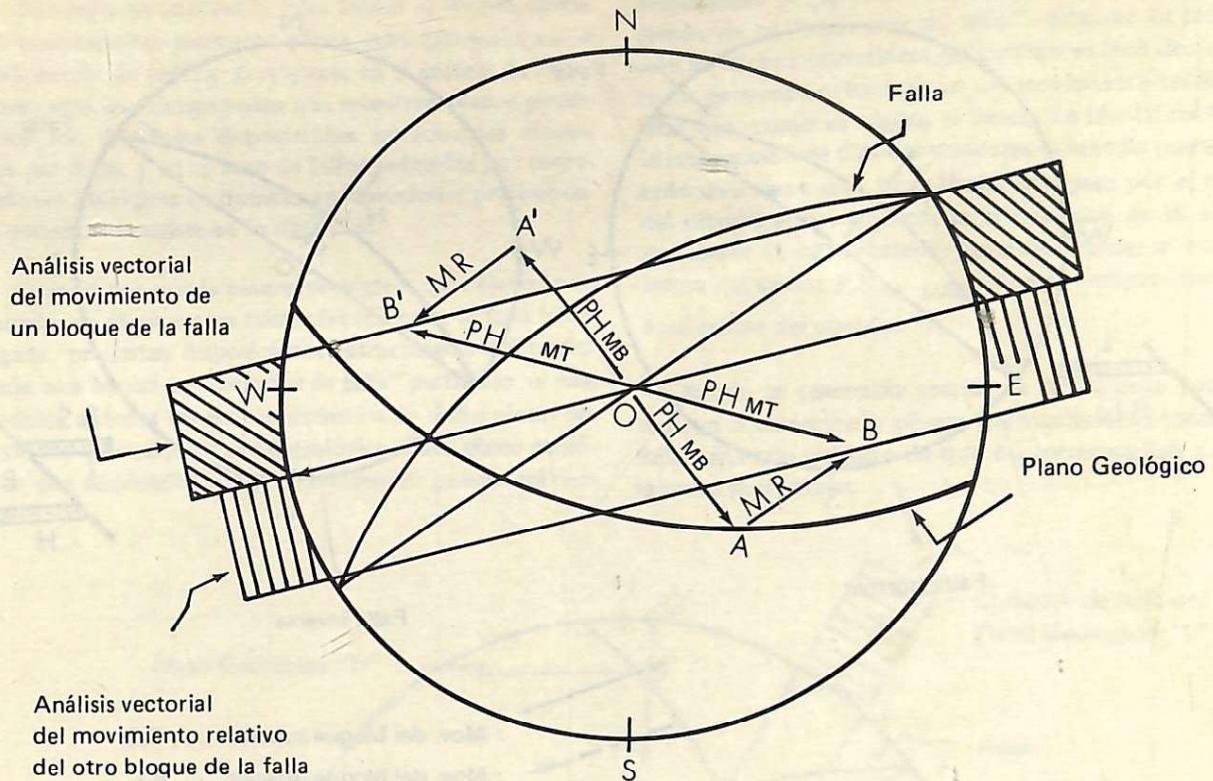


FIGURA 5. Relación de vectores de los dos bloques de una falla.

vector  $P.H_{mov. total}$ . En estos casos, simplemente se procede a la inversa: a partir del desplazamiento conocido, según la dirección del afloramiento (o del perfil investigado), definir los "corredores de falla" y concluir

la dirección, el plunge y la magnitud del movimiento total de la falla. Este procedimiento sería el normal para la verificación de planos y perfiles geológicos ya elaborados.