

La tectónica alpina en el sector centro-oriental del borde norte del Sistema Central (provincia de Segovia, España)

The alpine tectonics in the middle eastern area of the northern edge of the Central System (Segovia province, Spain)

D. Gómez Ortiz y R. Babín Vich

Dpto. de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Avda. Complutense s/n. 28040 Madrid.

ABSTRACT

A microstructural analysis has been completed in the Northern edge of the Spanish Central System (Segovia province). The analysis is based on the study of 5 sites of homogeneously-distributed faults, which are located either in Paleozoic or Mesozoic rocks, or in both of them. Altogether, 162 couples of fault-striae have been measured. The fault population analysis methods that have been applied on them are the following: slip model (Reches, 1983; De Vicente, 1988); right dieder method (Angelier y Mechler, 1977) and Delvaux (1993). The comparison of the results obtained from the different methods has made possible to find out the shortening direction and the shape and orientation of the stress tensor for each station. Two different tensors have been defined. A extensional one, having a compression direction E-O, attributed to the Hiendelaencina phase, and a transpressive one with a compression direction N 160 E, corresponding to the Guadarrama phase.

Key words.- Spanish Central System, Hiendelaencina phase, Guadarrama phase, stress tensor, shortening direction.

Geogaceta, 19 (1996), 19-22
ISSN: 0213683X

Introducción

Con el fin de poder conocer la génesis de las estructuras de deformación alpinas que se observan en la parte centro-oriental del borde norte del Sistema Central Español, se ha realizado un estudio microestructural sobre 162 parejas de datos falla-estría, medidas en 5 estaciones repartidas homogéneamente en el área de estudio. Ésta comprende la Hoja nº 457, Turégano, a escala 1.50.000, donde afloran materiales de edades comprendidas entre el Paleozoico y la actualidad (Fig. 1). El objetivo de este análisis es determinar la dirección de acortamiento responsable de las estructuras, así como la forma y orientación del tensor de esfuerzos correspondiente.

Como es sabido, son varios los métodos de análisis poblacional de fallas que pueden servir para estos fines. Entre ellos, hemos elegido tres con objeto de poder comparar los resultados obtenidos, y si son coincidentes, tener la seguridad de su validez. Estos métodos son: método de deslizamiento (Reches, 1983; De Vicente, 1988); método de los diedros rectos (Angelier y Mechler, 1977) y método de Delvaux (1993). A

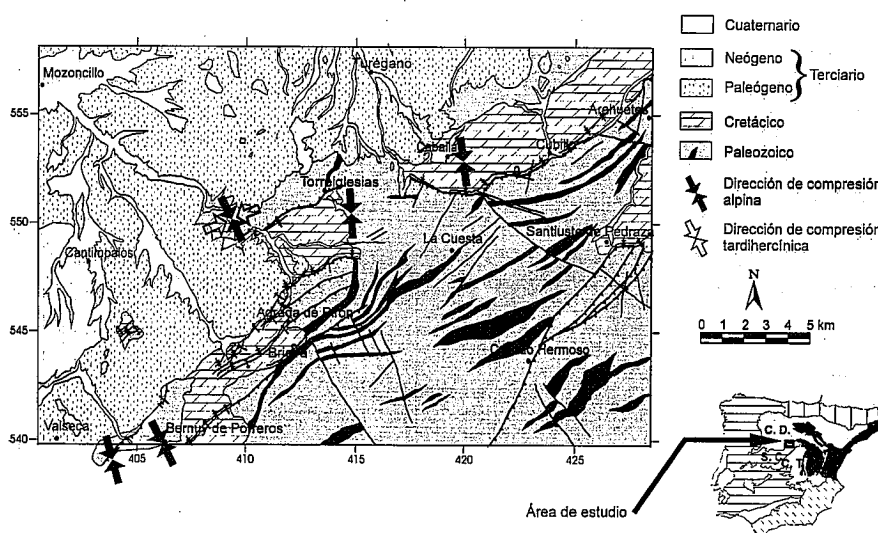


Fig. 1. Mapa geológico donde se muestra la localización de las estaciones de fallas y la dirección de acortamiento obtenida en cada caso. Coordenadas UTM en kilómetros. C.D.: Cuenca del Duero; C.T.: Cuenca del Tajo; C.I.: Cordillera Ibérica; S.C.: Sistema Central.

Fig. 1. Geological map showing the location of the fault stations and the shortening direction obtained for each one. UTM coordinates in kilometres. C.D.: Duero Basin; C.T.: Tajo Basin; C.I.: Iberian Range; S.C.: Central System.

continuación se exponen los resultados obtenidos en las distintas estaciones con cada método. Cada una de ellas está definida por el nombre de la

localidad más cercana, a excepción de la última que hace referencia a una cantera próxima a Caballar.

Análisis microestructural

1.- **Estación de Valseca.**- Se han medido 25 planos de falla con estrías, a las que se ha aplicado en primer lugar el método de deslizamiento, resultando dos direcciones de compresión bien diferenciadas: una entre N 43° E - N 60° E (el 20% del total), correspondiente a fallas direccionales y otra de N 154° E mucho más abundante (80% del total), formada por fallas de compresión uniaxial. Hemos tratado estas últimas por separado y obtenido dos familias de fallas inversas, de direcciones comprendidas entre N 30° E y N 60° E, las cuales presentan buzamientos entre 5° y 40° y cabeceos altos. El resultado es una dirección de máxima compresión horizontal de N 150° E, coincidente con la dirección de la fase Guadarrama (Capote *et al.*, 1990).

El método de los diedros rectos muestra que la orientación del eje principal de esfuerzo, σ_1 , es N 150° E y subhorizontal, mientras que σ_3 es prácticamente vertical y con dirección N 260° E. Esta solución es coincidente con el resultado anterior.

Finalmente, el método de Delvaux (Fig. 2) da como orientación de los ejes de esfuerzo principales la siguiente: σ_1 : 08 / 164°; σ_2 : 06 / 255° y σ_3 : 80 / 022°, tensor que explica el 75% de las fallas de esta población, con un coeficiente de rozamiento interno de 69°. Por tanto, el régimen de esfuerzos es transpresivo y la dirección de máxima compresión es semejante a la obtenida por otros métodos.

2.- **Estación de Bernuy.**- Las medidas efectuadas son 37, que proporcionan los siguientes resultados al aplicar el método de deslizamiento: están presentes todos los tipos de fallas excepto las de extensión uniaxial, y las direcciones de compresión varían entre N 107° E y N 161° E. Hemos eliminado todas las que presentan una gran desviación, y aplicado a las 29 restantes nuevamente el método, obteniendo un máximo acortamiento horizontal ente N 126° E y N 157° E, dirección de nuevo coincidente con la de la compresión Guadarrama.

El método de los diedros rectos (Fig. 3), proporciona una orientación de σ_1 de N 140° E y subhorizontal, mientras que σ_3 tiene una dirección de N 40° E e inmersión muy variable, característico de aquellas poblaciones donde el mismo tensor mueve tanto fallas inversas como desgarres, con σ_1

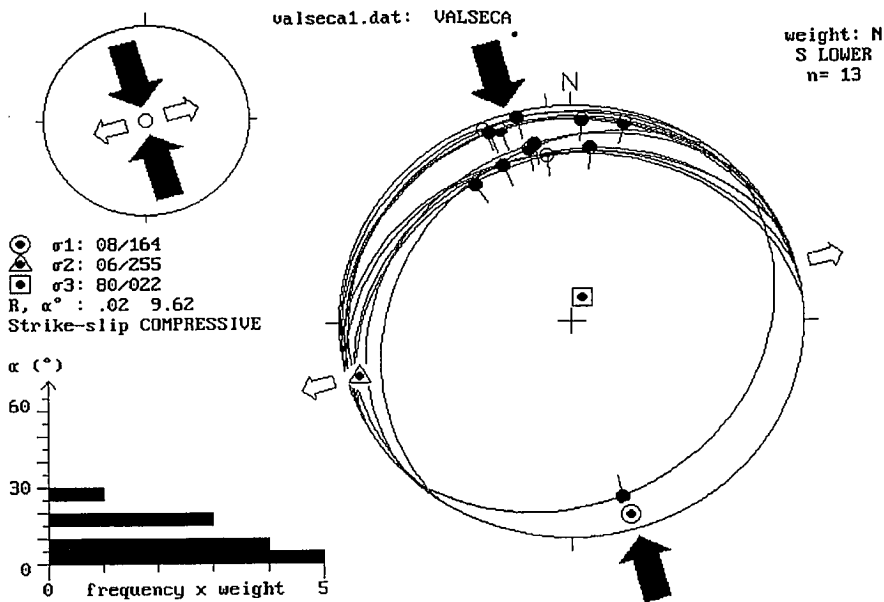


Fig. 2. Resultado del método de Delvaux para la población de fallas de la estación de Valseca.
Fig. 2. Results of Delvaux method for the fault population measured in the station of Valseca.

común para ambos tipos y σ_2 próxima a la horizontal en fallas inversas y a la vertical en los desgarres.

Al aplicar el método de Delvaux hemos separado los desgarres de las fallas inversas para su tratamiento, obteniendo para los primeros un tensor con las siguientes orientaciones: σ_1 : 10 / 152°; σ_2 : 61 / 043° y σ_3 : 27 / 247°, que explica el 100% de los desgarres de esta población mediante un régimen transpresivo, con un coeficiente de rozamiento interno de 63°. En el caso

de las fallas inversas, hemos obtenido los siguientes valores: σ_1 : 7 / 154°; σ_2 : 18 / 061° y σ_3 : 71 / 264°. Se trata de un tensor de compresión pura, con dirección de acortamiento Guadarrama, como en los casos anteriores.

3.- **Estación de Peñarrubias.**- Está situada sobre materiales paleozoicos, con una foliación orientada según N 100° E. Se han medido 36 parejas falla-estría, que después del análisis mediante el método de deslizamiento, proporcionan dos direcciones de compresión

Estacion: bernulim 29 fallas

■	100% P	0%
▣	+80% P	21%
×	+60% P	37%
—		13%
•	+60% T	19%
◻	+80% T	10%
□	100% T	0%

Diagrama de diedros rectos

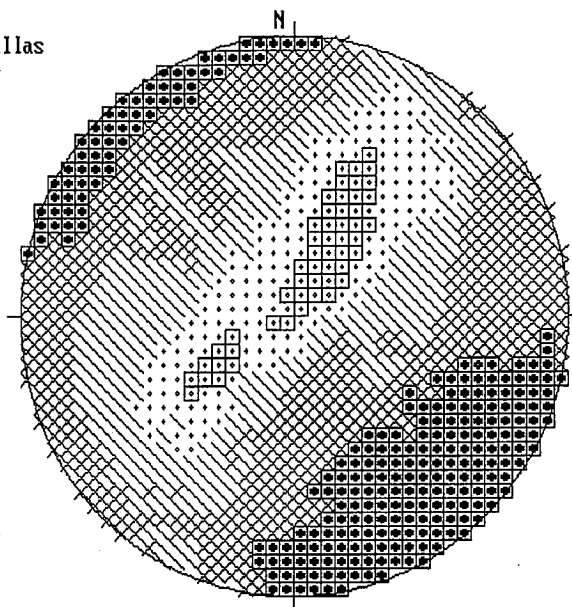


Fig. 3. Solución que aporta el método de los diedros rectos para las fallas de la estación de Bernuy. P: compresión; T: tensión.
Fig. 3. Solution obtained by means of right dieder method for the fault population measured in the station of Bernuy. P: compression; T: tension.

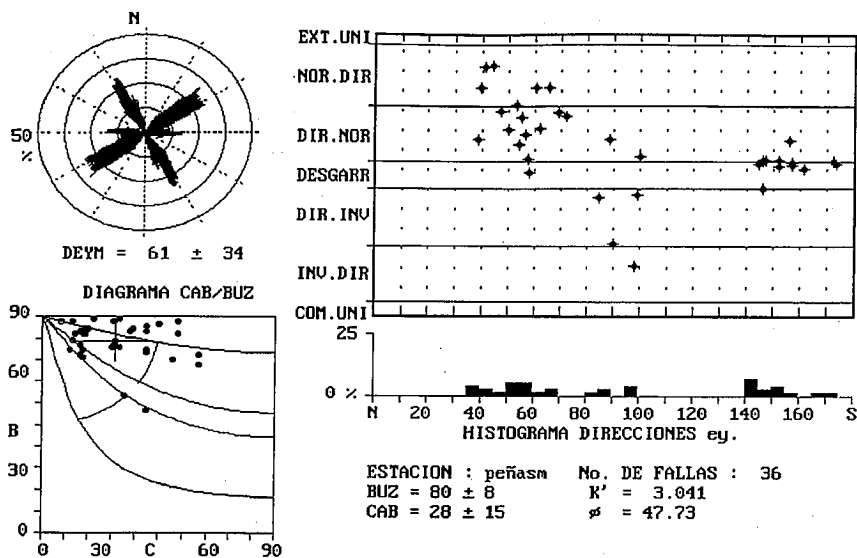


Fig. 4. Orientación de las dos direcciones de compresión determinadas mediante el método del deslizamiento para la estación de Peñarrubias y características de las fallas.

Fig. 4. Orientation of the two different shortening directions obtained by means of the slip model for the station of Peñarrubias and fault characteristics.

muy distintas. El 80% de las fallas son de tipo normal direccional y direccional normal, con una dirección de compresión de N 42° E. El resto corresponde a desgarres y fallas direccionales inversas, con dirección de compresión entre N 146° E y N 161° E. Podemos hablar de dos subpoblaciones (Fig.4), correspondientes a distintas fases de deformación y que estudiaremos por separado.

Al analizar la subpoblación con dirección de compresión próxima a N

155° E, obtenemos una orientación muy constante, entre N 156° E y N 159° E, coincidente de nuevo con la descrita para la compresión Guadarrama. Se trata de dos familias de desgarres, con direcciones entre N 10° E y N 160° E, correspondientes a fallas normales sinestrosas, con buzamientos altos y cabeceos muy bajos. Si aplicamos el método de los diedros rectos, obtenemos un σ_1 con dirección N 155° E y subhorizontal, y σ_3 orientado según los N 45° E, también con

pequeña inmersión. Finalmente, el método de Delvaux corrobora estos resultados, indicando un tensor típico de desgarre puro, con σ_1 y σ_3 subhorizontales y σ_2 próximo a la vertical, siendo la dirección de acortamiento coincidente con la de la fase Guadarrama.

El análisis mediante el método de deslizamiento correspondiente a la otra subpoblación, indica una dirección de compresión muy constante, entre N 42° E y N 58° E, siendo todas las fallas de desgarre o fallas en dirección de carácter normal. Esta orientación coincide tanto con la fase de deformación Ibérica como con la etapa Hiendelaencina. Dado que las fallas indican una deformación de tipo extensivo, atribuimos este tensor de esfuerzos, de manera provisional, a la etapa tardihercínica Hiendelaencina.

Los resultados obtenidos mediante el método de los diedros rectos coinciden con los ya descritos. El eje σ_1 es subvertical con N 50° E de orientación, mientras que σ_3 es subhorizontal, según los N 160° E, indicando nuevamente un tensor de tipo distensivo más propio de tiempos tardihercínicos que alpinos. Finalmente, el método de Delvaux proporciona la siguiente orientación del tensor σ_1 : 81 / 069°; σ_2 : 9 / 255° y σ_3 : 1 / 165°, correspondiente a una extensión pura, con acortamiento según los N 70° E, resultado semejante al obtenido por otros métodos.

4.- Estación de Torreiglesias.- Las medidas se han efectuado sobre materiales paleozoicos, con la foliación orientada según N 130° E, con un total de 50 datos falla-estría. El método de deslizamiento muestra un predominio de fallas con componente direccional importante. La dirección de compresión se sitúa entre los N 149° E y los N 164° E, con una desviación para las fallas direccionales inversas cuya dirección de compresión es de N 100° E. Las características de las fallas se observan en la Fig. 5.

El método de los diedros rectos muestra un tensor típico de desgarres, con σ_1 y σ_3 cerca de la horizontal y σ_2 en la vertical. Asimismo el método de Delvaux nos define σ_1 : 27 / 356°; σ_2 : 63 / 173° y σ_3 : 1 / 265°. Nuevamente la dirección de acortamiento puede ser atribuida a la compresión Guadarrama, sin que haya ninguna duda sobre su edad alpina.

5.- Estación cantera.- Únicamente se han realizado 14 medidas en esta estación, que al aplicarle el método de

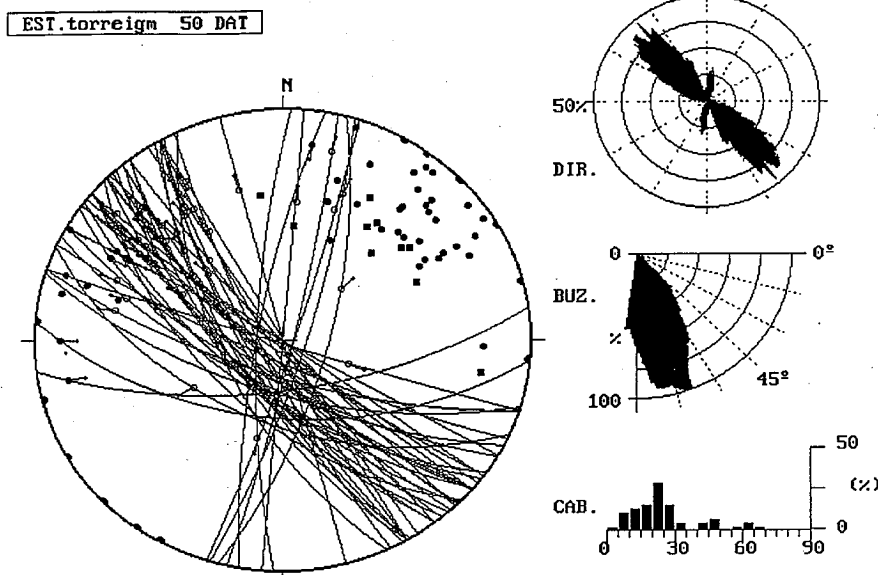


Fig. 5. Características de la población de fallas medida en la estación de Torreiglesias.

Fig. 5. Characteristics of the fault population measured in the station of Torreiglesias.

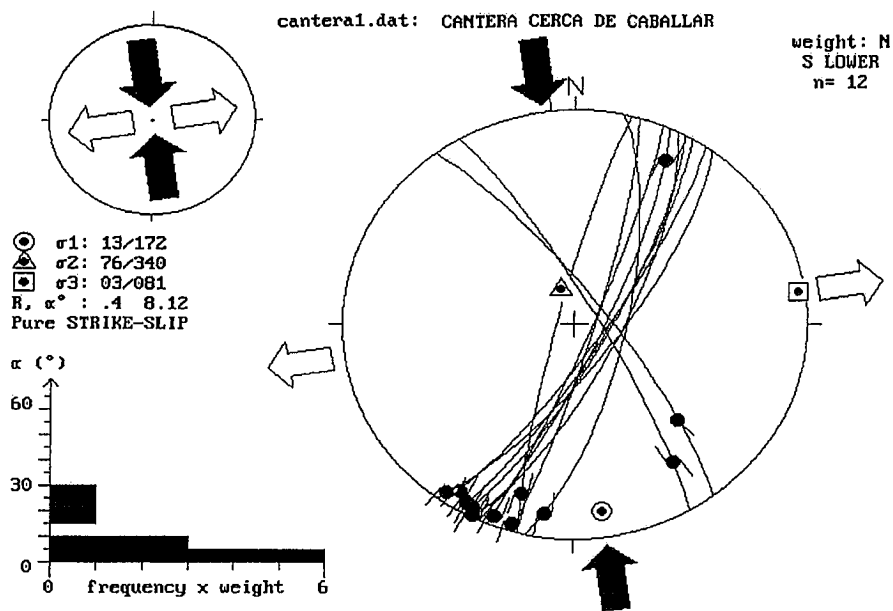


Fig. 6. Resultado aportado por el método de Delvaux para las fallas de la estación cantera.
 Fig. 6. Results obtained using the Delvaux method for the faults measured in the station

deslizamiento muestran un predominio de fallas en dirección, tanto normales como inversas. La dirección de compresión horizontal deducida es de N 161° E y la rosa de direcciones de fallas muestra la presencia de dos familias distintas, con direcciones de N 10° E y N 130° E respectivamente que corresponden a un sistema conjugado de desgarres.

El método de los diedros rectos proporciona una orientación para el eje σ_1 de N 170° E subhorizontal y σ_3 , también subhorizontal, según los N 90° E, con σ_2 en la vertical. Nuevamente es un tensor característico de regímenes de desgarre. Por último, el método de Delvaux (Fig. 6) corrobora estos datos, con σ_1 orientado 13/172°; σ_2 : 76/340° y σ_3 : 3/081°. Podemos concluir que los

resultados obtenidos por los tres métodos son similares, y una vez más, la dirección de acortamiento se atribuye a la fase Guadarrama.

Conclusiones

Después de realizar el análisis de las cinco estaciones de fallas descritas, hemos obtenido las siguientes conclusiones:

- Los resultados expuestos en todos los casos son coherentes y semejantes entre sí.
- Todos los métodos de análisis poblacional de fallas utilizados se han revelado válidos para el estudio que se ha llevado a cabo.
- Se han determinado dos tensores con distintas características. Uno de

ellos, con menor representación pues sólo aparece en una de las estaciones, es de carácter extensional, con dirección de compresión E-O, y afecta sólo a materiales paleozoicos; por tanto lo hemos atribuido a la etapa tardihercínica Hiendelaencina.

El otro tensor aparece en todas las estaciones. Es de carácter transpresivo o de desgarre puro, con dirección de compresión entre N 154° E y N 174° E. Es el responsable de la formación de las principales estructuras alpinas de la zona y corresponde a la etapa de deformación Guadarrama.

- Podemos, por tanto, establecer un tensor general para esta etapa de deformación alpina, de tipo desgarre, que daría lugar a la generación de fallas inversas (N 60° E) y desgarres según dos familias conjugadas; N 10° E sinestrosos y N 130° E dextrosos.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado gracias al proyecto DGICYT PB 91-0397

Referencias

Angelier, J. y Mechler, P. (1977). *Bull. Soc. Géol. France*, 7, pp. 1309-1318.

Capote, R., de Vicente, G. y González Casado, J. M. (1990). *Geogaceta*, 7, pp. 20-22.

Delvaux, D. (1993). *EUG VII Strasbourg, France, 4-8 April 1993, Abstracts supplement n° 1 to TERRA nova*, vol. 5, pág. 216.

Vicente, G. de (1988). *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid. 331 págs.

Reches, Z. (1983). *Tectonophysics*, 95, pp. 133-156.