

HOJA N° 414 (BUJARALÓZ). NEOTECTÓNICA.

Luis ARLEGUI, Carlos LIESA y José Luis SIMON

Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza.

INTRODUCCION.

Antes de pasar a describir e interpretar las estructuras neotectónicas que aparecen en el ámbito de la hoja estudiada conviene explicar cuáles son los límites cronológicos que se han establecido para definirlos, así como los criterios por los que pueden reconocerse e identificarse sus distintos tipos. En este trabajo se han considerado como estructuras pertenecientes al ámbito de la neotectónica aquéllas cuya edad, comprobada o interpretada, se sitúa en el Mioceno superior, Plioceno o Cuaternario. Hay que dejar claro que ello no implica que nuestro estudio deba limitarse estrictamente a las deformaciones que afectan a depósitos datados en estos periodos. De hecho, si siguiéramos este criterio únicamente podríamos referirnos a las deformaciones cuaternarias, puesto que no existen en todo el territorio abarcado por la hoja materiales atribuidos con claridad al Mioceno superior y Plioceno.

Teniendo esto en cuenta, existen dos tipos principales de deformaciones que afectan únicamente a los materiales de la serie oligocena-miocena inferior, pero cuya edad puede extenderse razonablemente hasta el Mioceno superior-Plioceno:

(a) Fracturas de escala cartográfica. Dentro de este apartado serán discutidos el significado y edad de un haz de lineamientos fotogeológicos ampliamente extendido por el centro y oeste de la hoja.

(b) Sistemas de diaclasas de escala generalmente decimétrica a métrica, que afectan a los niveles competentes miocenos (calizas, fundamentalmente) y siguen unos patrones geométricos bastante sistemáticos que, como ya veremos, permiten relacionarlas con las trayectorias regionales del campo de esfuerzos reciente.

(c) Poblaciones de fallas normales a escala de afloramiento, a partir de las cuales han podido reconstruirse paleoesfuerzos neógenos.

Finalmente, existen otros sistemas de fracturas que afectan ya claramente a materiales cuaternarios y de los que no cabe, por tanto, ninguna duda a cerca de su atribución a los procesos neotectónicos.

FRACTURAS DE ESCALA CARTOGRAFICA.

En la parte central y occidental de la hoja es muy destacable la presencia de un haz de lineamientos de dirección 120-130, perfectamente visibles en la fotografía aérea y que, en principio, podrían interpretarse como líneas de fractura. Vienen marcados por valles rectilíneos, pudiendo en ocasiones reconocerse varios de ellos alineados a través de zonas de interfluvio. El alargamiento en dirección NW-SE que presentan las depresiones que albergan las lagunas o *saladas* del sur de Bujaraloz sugiere asimismo un control estructural por parte de dichas fracturas (QUIRANTES, 1978).

Estos lineamientos se extienden asimismo por las hojas vecinas de Castejón de Monegros y Gelsa (al W de la de Bujaraloz). En la primera de ellas no existen argumentos que permitan encuadrarlos en el ámbito temporal de la neotectónica, puesto que parecen afectar sólo a los términos inferiores de la serie miocena. Por otra parte, dada la inexistencia de buenos afloramientos en los que poder tener cortes frescos de los mismos, resulta muy difícil diagnosticar el tipo exacto de estructura a la que corresponden (SIMON GOMEZ, 1991). En el extremo norte de la hoja de Gelsa, sin embargo, en unos taludes recientes situados en el Km. 377.5 de la carretera nacional II, se aprecia un número importante de fallas normales de salto decimétrico a métrico cuya dirección dominante ESE a SE coincide con la de los lineamientos de su entorno. Este dato sugiere que el haz de lineamientos refleja un denso y sistemático campo de fallas; las cuales, al menos en su actividad más reciente, tendrían carácter normal.

Dentro ya de la hoja de Bujaraloz encontramos nuevos datos que obligan a matizar tal interpretación. Por una parte, llama la atención el hecho (al que nos referiremos más extensamente en el siguiente apartado) de que, a pesar de su magnitud y densidad, estos accidentes no produzcan aparentemente ningún tipo de perturbación en el campo de esfuerzos

reciente. Por otra, existe un punto donde uno de tales lineamientos ha podido identificarse, sin ningún género de dudas, con un pliegue flexural recto. Se trata de un afloramiento situado cerca del ángulo SW de la hoja, junto al arroyo de Valdeforcas, en el que se aprecia una sección transversal del citado pliegue mostrando flancos con buzamientos de 15 a 20° y un eje con dirección 115 (figura 1). Finalmente, al igual que señalábamos para la hoja de Castejón de Monegros, hay que destacar que estos lineamientos parecen restringidos a los niveles inferiores de la serie terciaria. Así, en la parte meridional de la hoja se observan bien en las unidades incididas por los barrancos que descienden hacia el sur (Valdeforcas, Fongos, Valdestrecho, Buitre, Val de Aloras), mientras desaparecen en las plataformas carbonatadas y yesíferas situadas justo por encima. Todo ello sugiere que se trata de estructuras pre-neotectónicas, de probable origen compresivo (pliegues, fallas inversas, fallas direccionales?), sin por ello excluir que muchas de ellas hayan podido sufrir rejuegos posteriores de componente normal como los que mencionábamos en la hoja de Gelsa.

SISTEMAS DE DIACLASAS.

Todos los niveles competentes terciarios, con un especial desarrollo en las calizas, muestran un diaclasado bastante intenso, con planos generalmente subverticales de escala decimétrica a métrica (figura 2). Los espaciados entre planos de una misma familia suelen ser también decimétricos a métricos, y son función del propio espesor de las capas afectadas, de forma que suelen aumentar al hacerlo éste.

Se han estudiado un total de 25 estaciones de diaclasas en los niveles terciarios, en cada una de las cuales se han tomado entre 30 y 50 medidas de direcciones. En el anexo 1 se presentan los diagramas en rosa correspondientes a todas ellas, mientras en el mapa 1:50.000 se hace una representación esquemática de las familias dominantes. Es extraordinaria la homogeneidad que presentan las orientaciones de dichas familias a lo largo de la hoja. En todos los casos aparece una familia principal de dirección próxima a N-S, frecuentemente algo desviada hacia NNW (165 a 175) y, más raramente, hacia NNE (005-010). En casi todas las estaciones (sólo son excepción la 8 y la 10) aparece asimismo una segunda familia menos importante perpendicular o casi perpendicular a la anterior. Las

discontinuidades de esta segunda familia son, en casi todos los casos, mucho menos sistemáticas y planas que las N-S, y se interrumpen siempre contra estas últimas. Siguiendo la clasificación de HANCOCK (1985), serían *cross-joints* que darían un modelo de diaclasado en "H".

El patrón descrito es sistemático en todo el sector central de la Cuenca del Ebro y Cordillera Ibérica, y afecta por igual a materiales de diversas edades a lo largo de todo el Neógeno y Cuaternario. Tales características regionales permiten explicarlo en el contexto del campo de esfuerzos reciente. El modelo propuesto por uno de nosotros para dicho campo de esfuerzos (SIMON GOMEZ, 1989) postula, en síntesis, la superposición de una compresión N-S (originada por el acercamiento entre las placas Africana, Ibérica y Europea, muy activa en las Béticas en ese tiempo y mitigada al desplazarnos hacia el Norte) y una distensión radial o multidireccional (causada por un proceso de doming cortical ligado al rifting del Este peninsular). El resultado es un régimen de distensión tendente a multidireccional, con el eje σ_2 situado en dirección N-S, es decir, coincidente con el eje σ_1 del campo compresivo. Paralela a dicho eje se formaría la familia principal N-S de fracturas tensionales. En el momento en que esto ocurre el esfuerzo σ_3 extensivo experimenta una relajación que da lugar a su intercambio con el eje σ_2 , lo que propicia la formación de nuevas fracturas perpendiculares a las primeras. Este tipo de intercambio de ejes, y las consecuencias que tiene sobre el esquema de fracturación, han sido demostrados recientemente mediante modelización de campos de extensión radial tanto desde el punto de vista matemático (utilizando el método de los elementos finitos) como experimental (SIMON et al., 1988).

Existen algunos afloramientos (9, 23 y 25) en los que aparece otra familia de fracturas añadida a las dos mencionadas, de dirección ESE a SE. Esta dirección anómala podría interpretarse como producto de una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto de fallas mayores preexistentes en el sustrato. De acuerdo con los mismos modelos de SIMON et al. (1988), las trayectorias de σ_2 y σ_3 son desviadas por dichas fallas y tienden a hacerse paralelas o perpendiculares a las mismas. La causa de dichas perturbaciones podría ser el haz de posibles fracturas de esa dirección con el que se identificarían los lineamientos a que hemos hecho referencia anteriormente, o bien fallas mayores ESE a SE (consustanciales a la estructuración de la Cuenca del Ebro). De todos modos, llama la atención

la escasa importancia de estas perturbaciones a pesar de la aparente abundancia de fracturas mayores. Incluso en las áreas de mayor densidad de lineamientos, las diaclasas mantienen su esquema de orientaciones sin sufrir ningún tipo de alteración.

Algunas de las diaclasas estudiadas exhiben en sus superficies estructuras que tienen gran analogía con fracturas de Riedel, y que obligan a establecer matizaciones en el modelo anteriormente expuesto. Aparecen en el plano de la estratificación como fracturas *en échelon*, y en el plano de la diaclasa como relieves escalonados. Es importante distinguir este escalonado de la presencia de fracturas F asociadas a marcas plumosas. Los criterios para esta distinción son: (1) las fracturas F suelen curvarse en las zonas de borde de la diaclasa, y (2) los escalonados son congruentes en ambos bordes de la pluma, al contrario que las fracturas F, que muestran sentidos de escalonamiento contrarios a techo y muro de una misma capa (Pocoví *et al.*, 1991). Al interpretarlo como fracturas de Riedel, el escalonado adquiere un significado estructural como criterio de cizalla, y obliga a considerar las diaclasas que lo contienen, no como fracturas tensionales, sino como planos de cizalla de tipo direccional con desplazamiento inapreciable.

En las estaciones en que se han observado y analizado diaclasas de este tipo (17, 20, 21, 24 y 25), los resultados son totalmente concordantes. En planos de orientación NNW se observan escalonados dextrales, y en los de orientación N-S o NNE, sinestrales. Forman, de este modo, sistemas conjugados que, analizados mediante el criterio del *diedro mínimo* (ARTHAUD Y CHOUKROUNE, 1972), indican un eje de compresión horizontal σ_1 situado siempre muy próximo a N-S. En el anexo 1 se recogen, junto a las correspondientes rosa de direcciones, los diagramas de diedro mínimo de las diaclasas con escalonados observadas en aquellas cinco estaciones.

Estos resultados son relativamente coherentes con los expuestos hasta aquí, si bien obligan a añadir un elemento nuevo al modelo. La coincidencia en la orientación del σ_1 obtenido por esta vía con el σ_2 indicado por las diaclasas tensionales sugiere un intercambio de ambos ejes en el plano vertical N-S. Con los datos de que disponemos resulta difícil precisar si tal intercambio se habría producido en un estadio determinado de la evolución tectónica del área o sería un fenómeno esporádico y variable en el tiempo o en el espacio. En el primer caso podría guardar relación con el cambio

general del régimen compresivo al distensivo acaecido hacia el Mioceno inferior-medio (SIMON GOMEZ y PARICIO CARDONA, 1988), y obligaría a considerar los sistemas de diaclasas con escalonados más bien como pre-neotectónicos. En el segundo, podría ser considerado un efecto local o zonal producto de determinadas variaciones de intensidad en la compresión regional o en la carga litostática. En cualquier caso, ambas posibilidades están explícitamente contempladas en el modelo tectónico de superposición de campos de esfuerzos expuesto anteriormente (SIMON GOMEZ, 1989).

FALLAS NORMALES A ESCALA DE AFLORAMIENTO. INTERPRETACION DE PALEOESFUERZOS.

En algunos afloramientos aislados se han observado fallas normales de escala métrica y con pequeño desplazamiento. Así, por ejemplo, junto a las diaclasas medidas en la estación 11, aparece una falla de plano 114, 85 N que produce un desplazamiento de unos 50 cm. en las capas de margocalizas y yeso.

Sin embargo, sólo en una estación (26) se han encontrado en número suficiente para acometer su análisis e interpretar los elipsoides de esfuerzos neógenos. Se trata de fallas normales de cabeceos muy altos y con una dirección preferente E a ENE. Los datos de planos y estrías han sido analizados mediante el diagrama de *diedros rectos* (ANGELIER y MECHLER, 1977), el *diagrama y-R* (SIMON GOMEZ, 1986) y el método de Etchecopar (ETCHECOPAR *et al.*, 1981). Los resultados muestran un elipsoide de paleoesfuerzos con un eje σ_3 según 135 y una relación de esfuerzos $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) = 0.03$. Este resultado es parcialmente coherente con las características del campo de esfuerzos inferido de los sistemas de diaclasas, puesto que indica un estado de distensión de tipo radial o multidireccional: σ_1 vertical, σ_2 y σ_3 horizontales y de magnitudes próximas entre sí. Sin embargo, la orientación de σ_3 no coincide con la que se infiere de las diaclasas, que debería ser próxima a E-W. Cabría interpretar este hecho como producto de las perturbaciones del campo de esfuerzos a las que aludíamos anteriormente, causadas por fallas mayores NW-SE, y que apenas hemos visto reflejadas en los sistemas de diaclasas.

DEFORMACIONES CUATERNARIAS.

La reducida extensión de los depósitos de edad cuaternaria y sus dificultades de afloramiento hacen que las deformaciones halladas en los mismos sean extremadamente exiguas. Las únicas estructuras observadas son algunas fracturas que afectan a unas gravas de relleno de valle en el límite septentrional de la hoja, a las afueras de Peñalba (estación 5). Dichas fracturas son subverticales y se encuentran en parte rellenas con carbonato. Sus direcciones preferentes son SSE y ESE (ver diagrama en rosa en el anexo 1)

CONCLUSIONES.

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no tiene una manifestación evidente en estructuras cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y poblaciones de fallas normales a escala de afloramiento. El campo de esfuerzos puede definirse, en primera aproximación, como una distensión tendente a radial con σ_3 próximo a E-W, que produciría el desarrollo de una familia principal de diaclasas en torno a N-S. No obstante, en dicho campo de esfuerzos se producirían, además, varios tipos de anomalías:

(1) El intercambio de σ_1 y σ_2 en el plano vertical N-S, indicado por la presencia de diaclasas que representan planos de cizalla de tipo direccional formados bajo una compresión tectónica horizontal.

(2) El intercambio de σ_2 y σ_3 en la horizontal tras producirse las primeras fracturas tensionales N-S, que daría lugar a una familia secundaria en dirección E-W.

(3) La desviación de las trayectorias de σ_2 y σ_3 por efecto de fallas mayores preexistentes de dirección NW-SE.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose, en puntos localizados, fracturas SSE y ESE que resultan, por tanto, coherentes con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno.

BIBLIOGRAFIA.

- ANGELIER, J. y MECHLER, P. (1977). Sur une méthode graphique de recherche de contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Geol. France*, 19 (6), 1309-1318.
- ARTHAUD, F. et P. CHOUKROUNE (1972). Méthode d'analyse de la tectonique cassante à l'aide des microstructures dans les zones peu déformées. Exemple de la plate-forme Nord-Aquitaine. *Rev. Inst. Fr. Petrol.*, 27 (5), 715-732.
- ETCHECOPAR, A.; VASSEUR, G. y DAIGNIERES, M. (1981). An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault population analysis. *J. Struct. Geol.*, 3 (1), 51-65.
- HANCOCK, P. (1985). Brittle microtectonics: principles and practice. *J. Struct. Geol.*, 7 (3/4), 437-457.
- POCOVI, A; ARLEGUI, L. y SIMON, J.L. (1991). Observaciones sobre las fracturas de las diaclasas plumosas. *Geogaceta*, 11, 1-4.
- QUIRANTES, J. (1978). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Inst. Fernando el Católico, Zaragoza, 200 pp.
- SIMON GOMEZ, J.L. (1986). Analysis of a gradual change in stress regime (example from the eastern Iberian Chain, Spain). *Tectonophysics*, 124, 37-53.
- SIMON GOMEZ J.L. (1989). Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin. *J. Struct. Geol.*, 11 (3), 285-294.
- SIMON GOMEZ, J.L. (1991). Neotectónica. En: ITGE (Ed.). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 385 (Castejón de Monegros)* (en prensa).



FIGURA 1.

Pliegue de dirección 115 coincidente con uno de los lineamientos del ángulo SW de la hoja (coordenadas UTM: 30TYL392833).



FIGURA 2.

Diaclasas con orientación preferente N-S en la estación 10
(coordenadas UTM: 30TYL370812).



FIGURA 3.

Diaclasa de dirección N-S mostrando un escalonado de fracturas de Riedel en sentido sinistral. Estación 17 (coordenadas UTM: 30TYL492 943).



FIGURA 4.

Falla normal de dirección E-W con desplazamiento decimétrico en la estación 26 (coordenadas UTM: 30TBF582903).

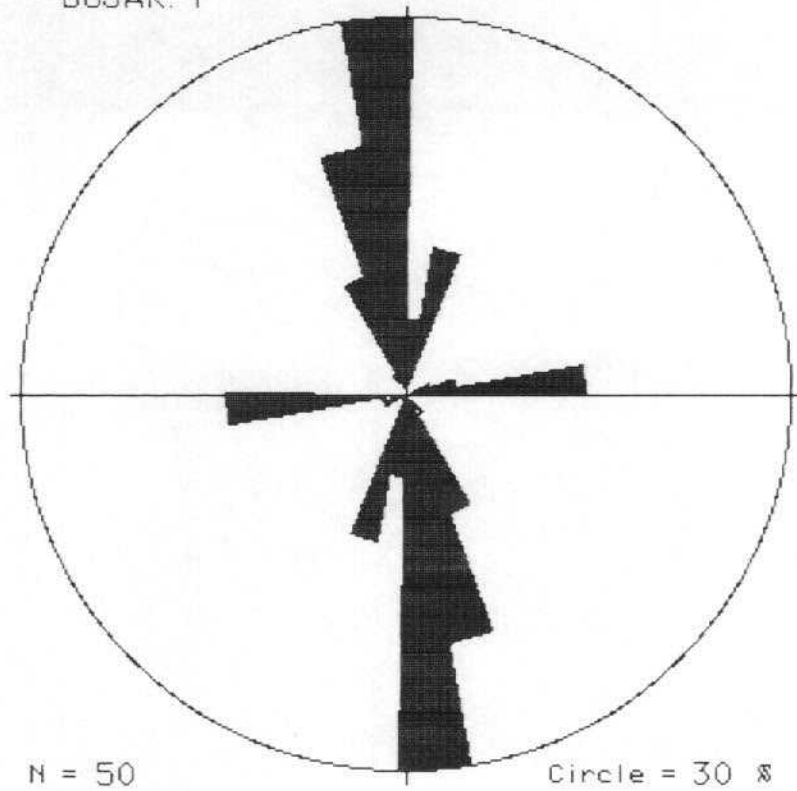
ANEXO 1.

Diagramas en rosa de las poblaciones de diaclasas medidas en las distintas estaciones estudiadas.

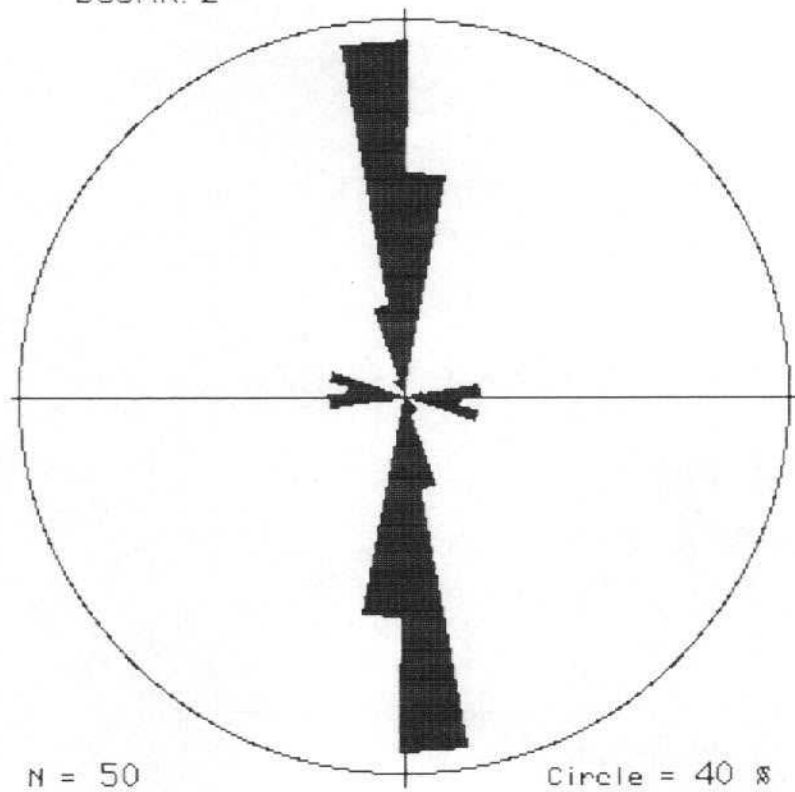
Cada diagrama representa un número de datos (N) que viene consignado en la parte inferior. El diámetro del círculo equivale a un determinado % de fracturas para clases de 10° , que también se especifica en cada caso.

En las estaciones 17, 20, 21, 24 y 25 se incluyen, además, los diagramas de diedro mínimo (ARTHAUD y CHOUKROUNE, 1972) de las diaclasas con escalonados de Riedel. El sector con trama punteada representa el campo de compatibilidad del eje σ_1 horizontal.

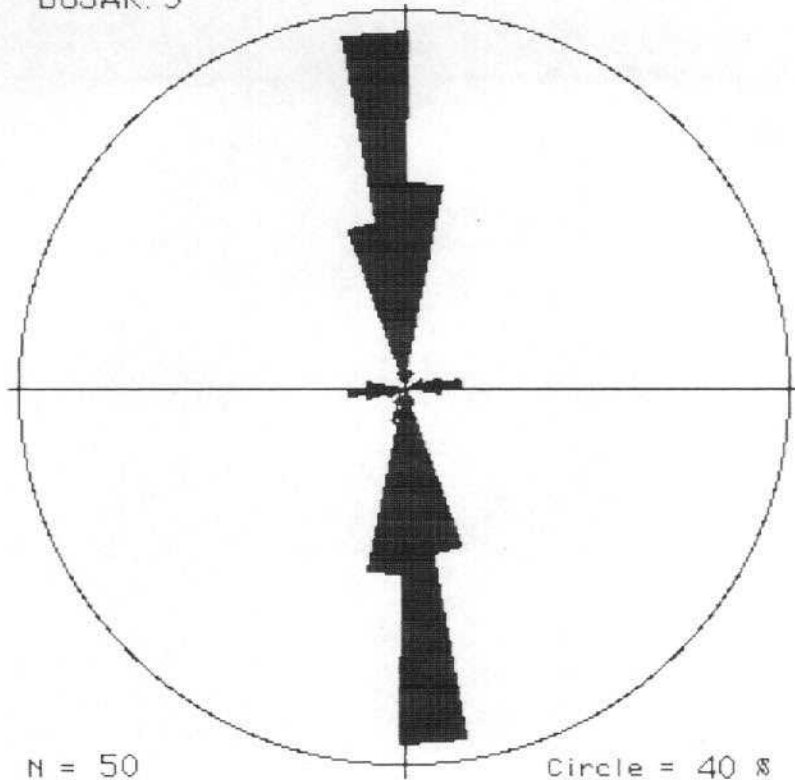
BUJAR. 1



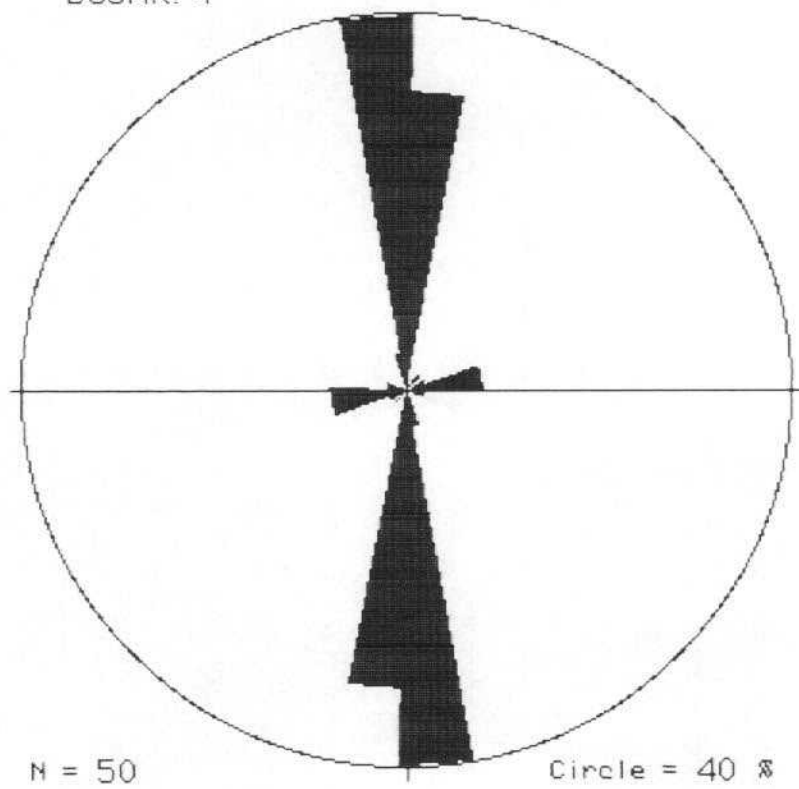
BUJAR. 2



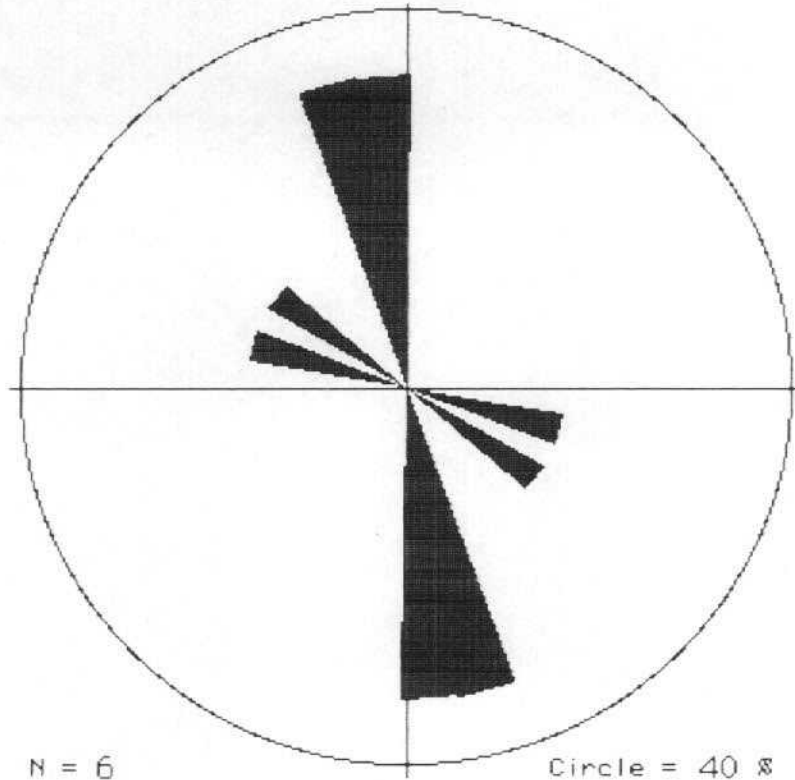
BUJAR. 3



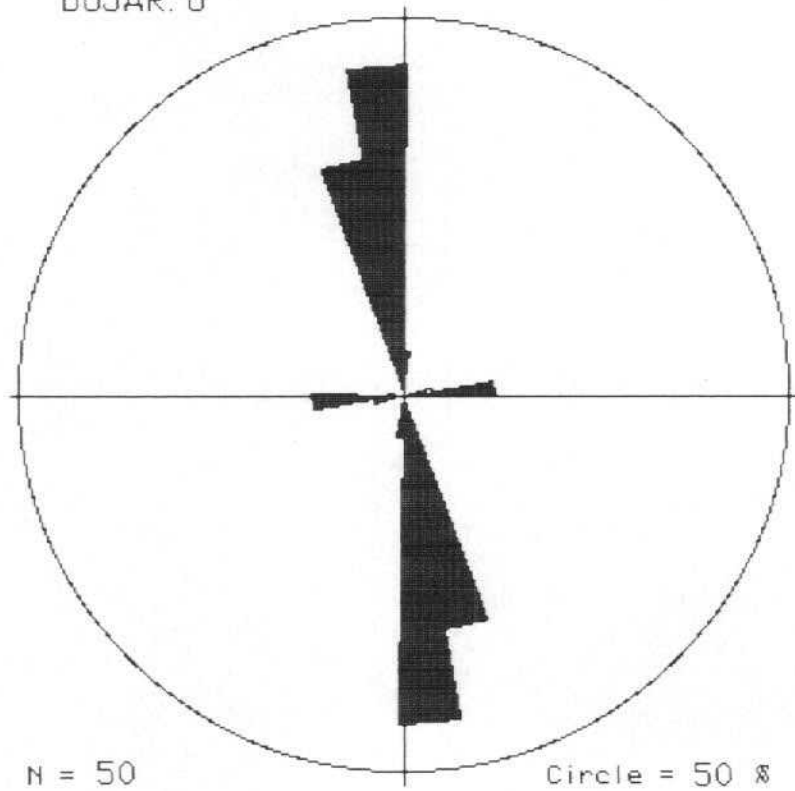
BUJAR. 4



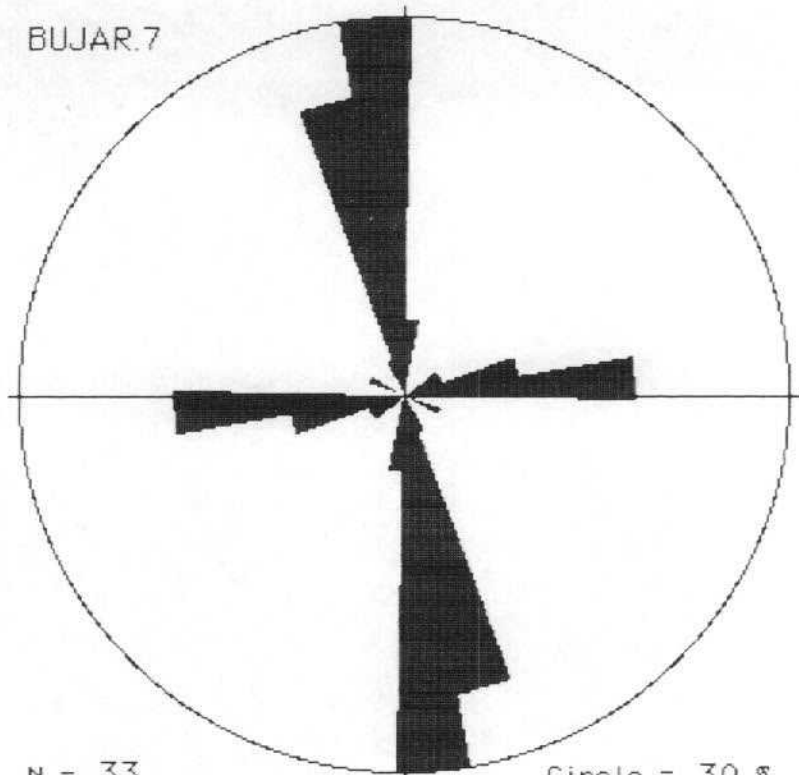
BUJAR. 5(Q)



BUJAR. 6



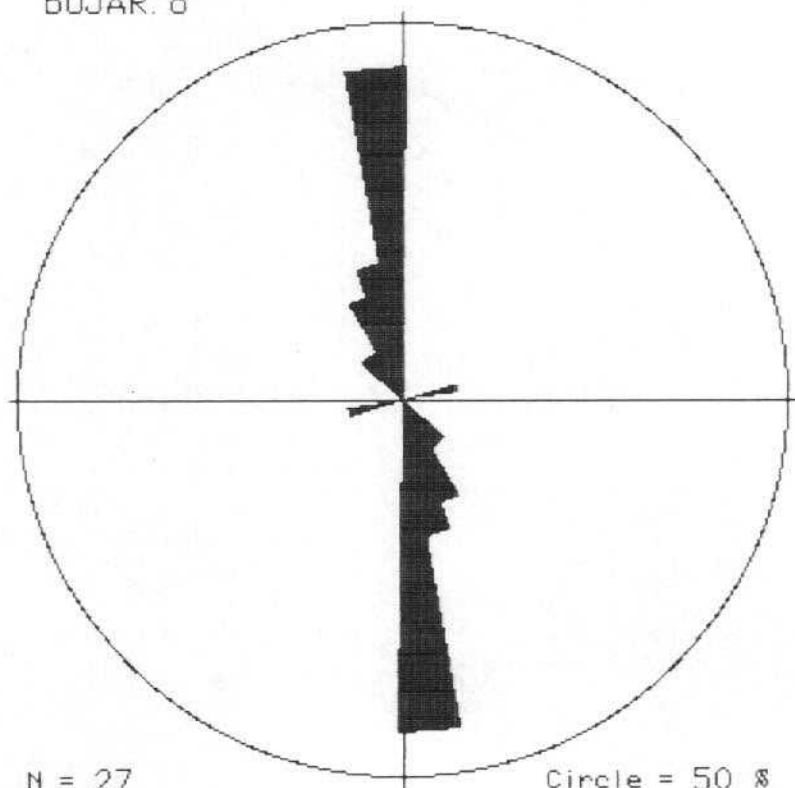
BUJAR.7



N = 33

Circle = 30 %

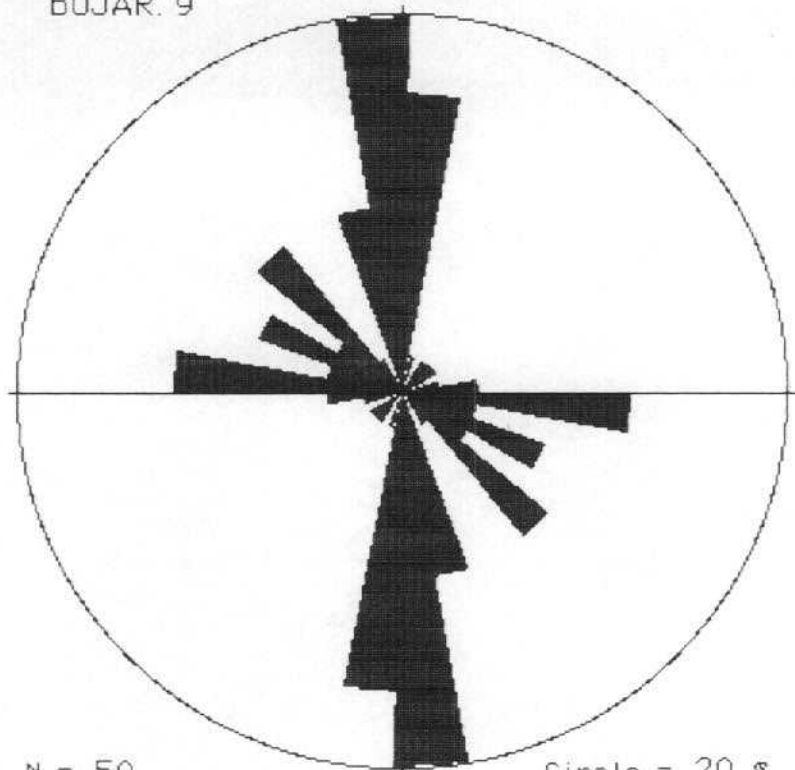
BUJAR. 8



N = 27

Circle = 50 %

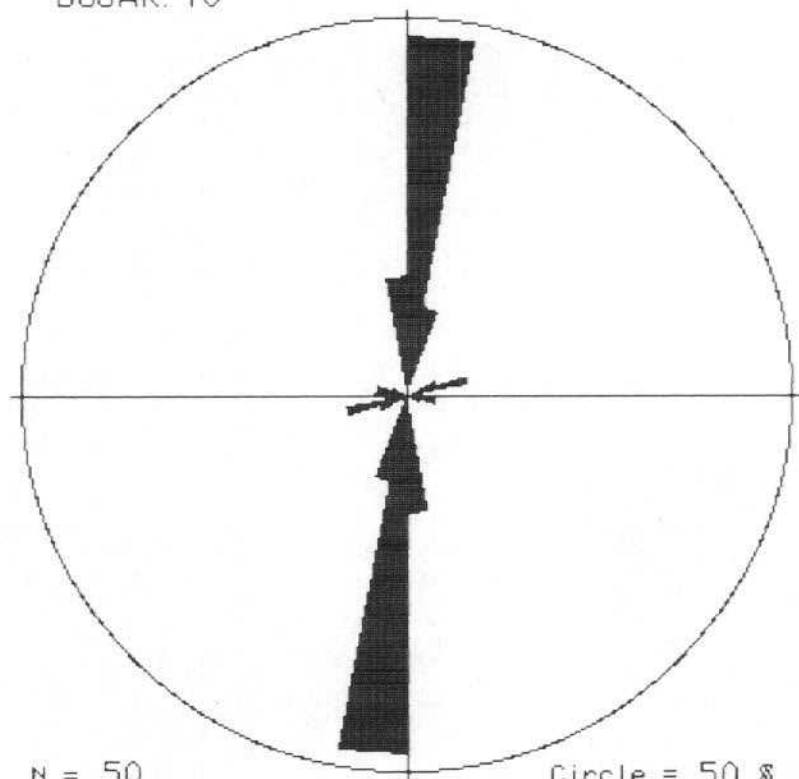
BUJAR. 9



N = 50

Circle = 20 %

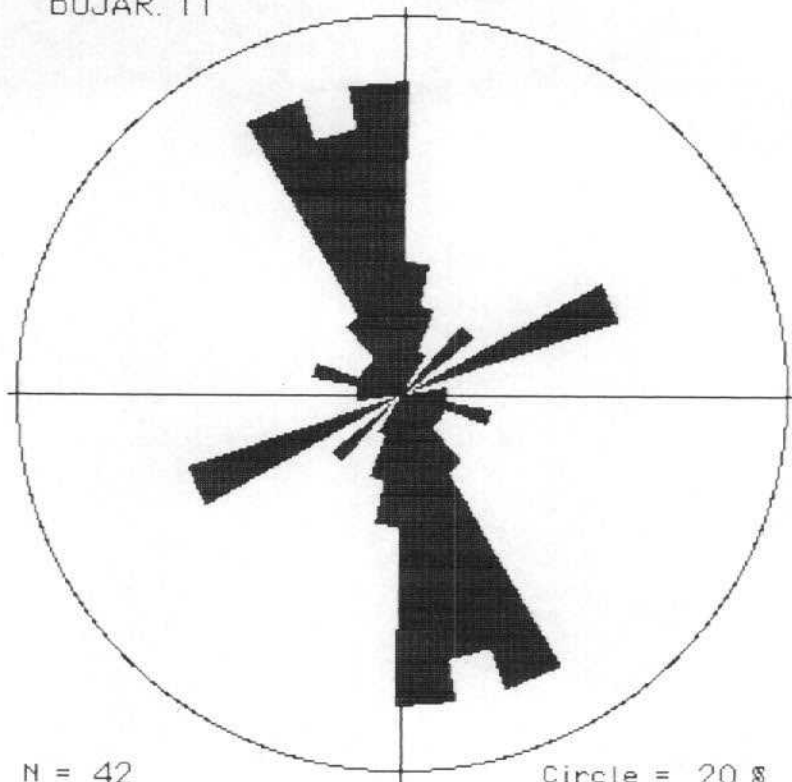
BUJAR. 10



N = 50

Circle = 50 %

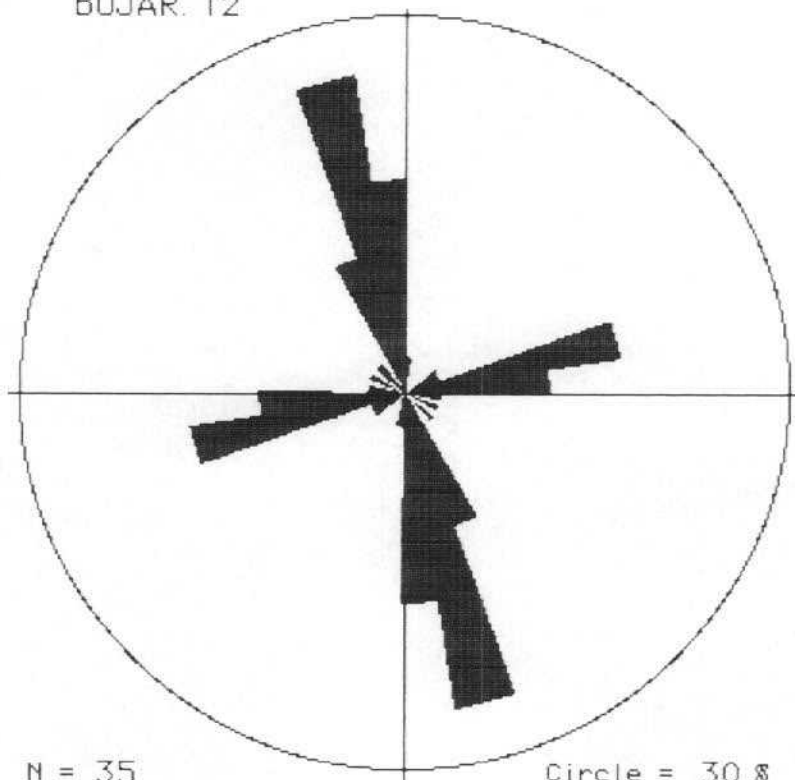
BUJAR. 11



N = 42

Circle = 20 %

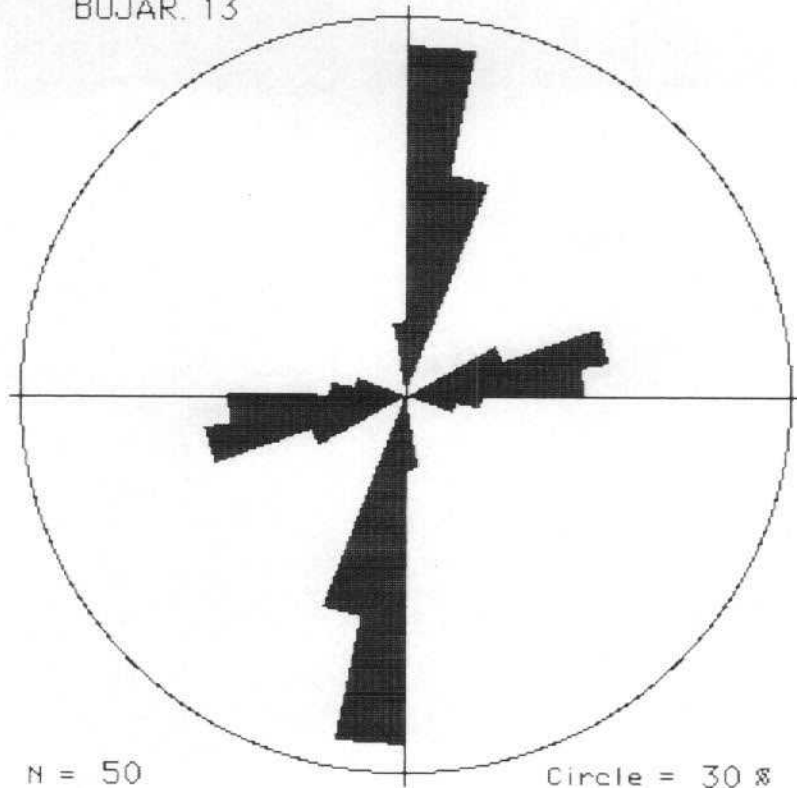
BUJAR. 12



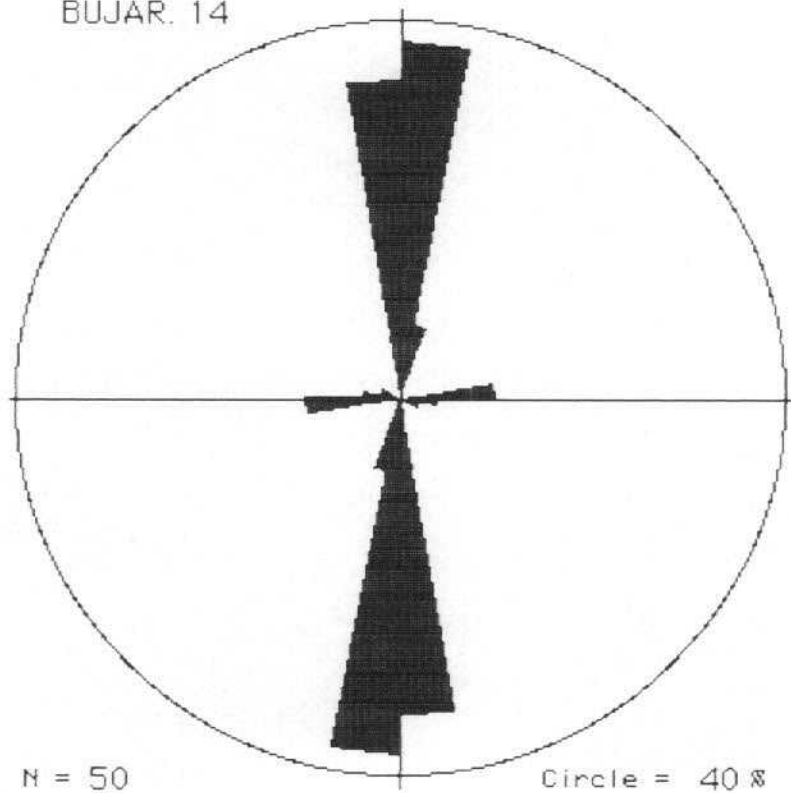
N = 35

Circle = 30 %

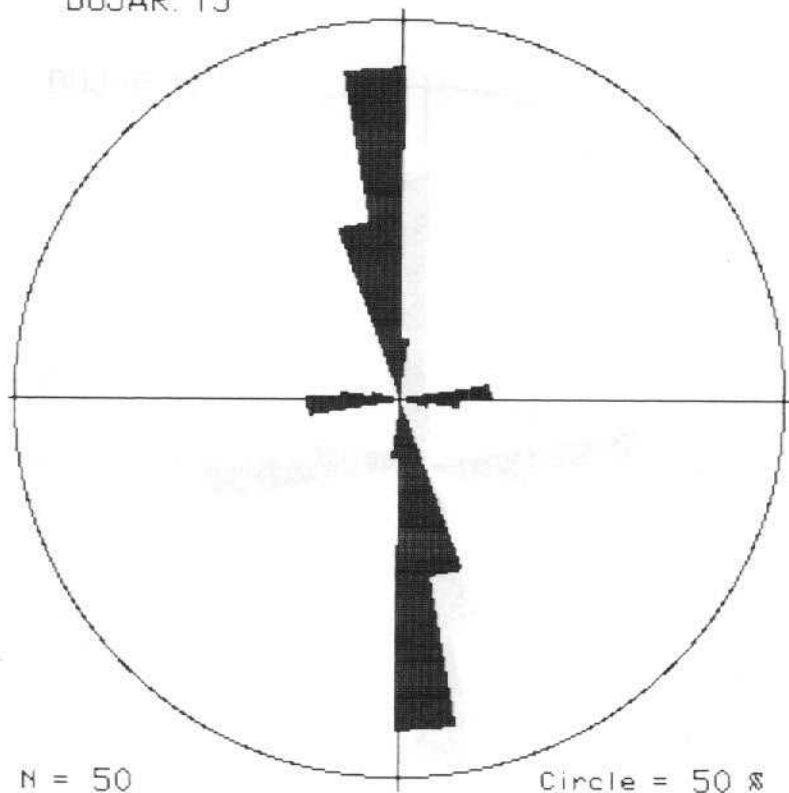
BUJAR. 13



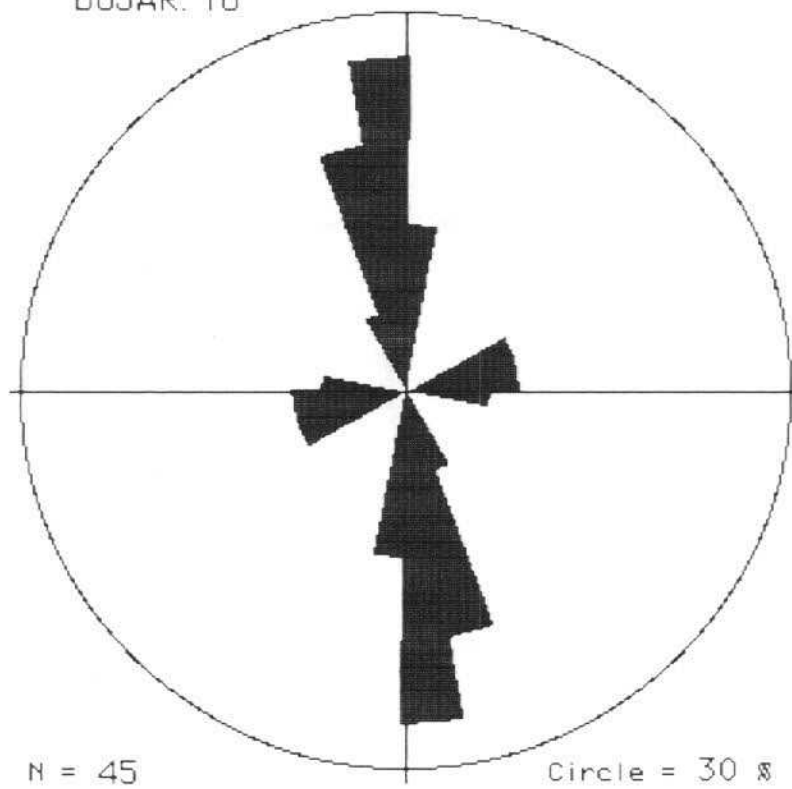
BUJAR. 14



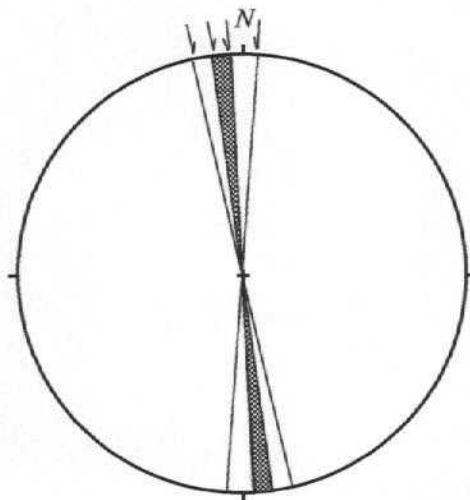
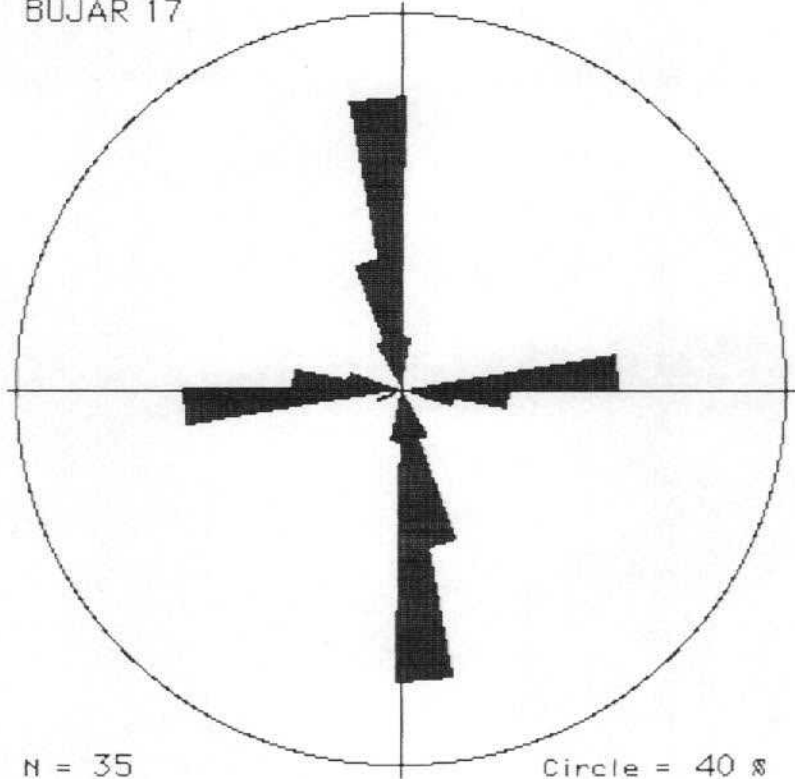
BUJAR. 15



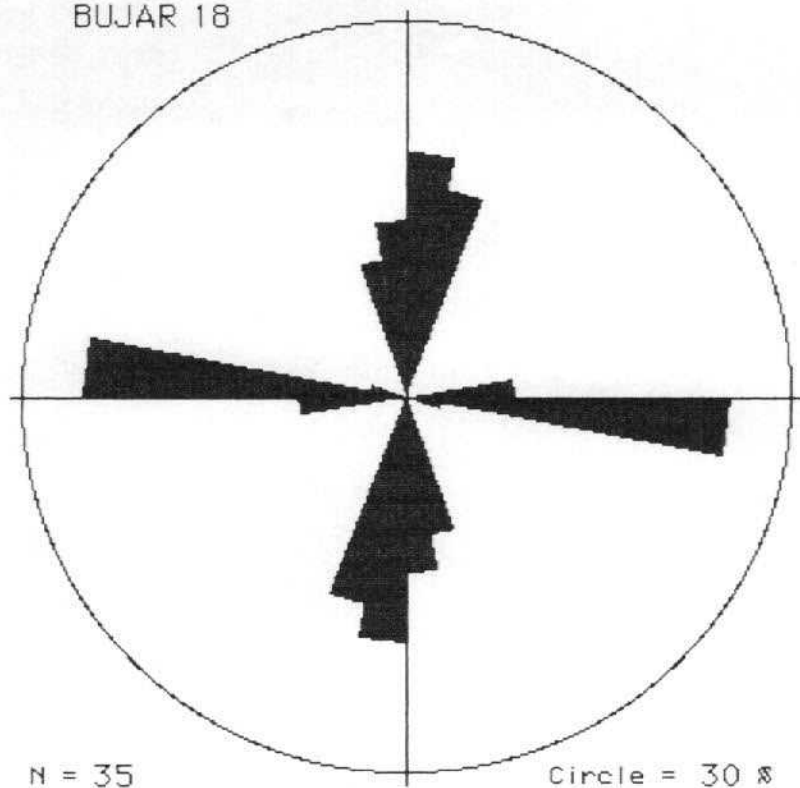
BUJAR. 16



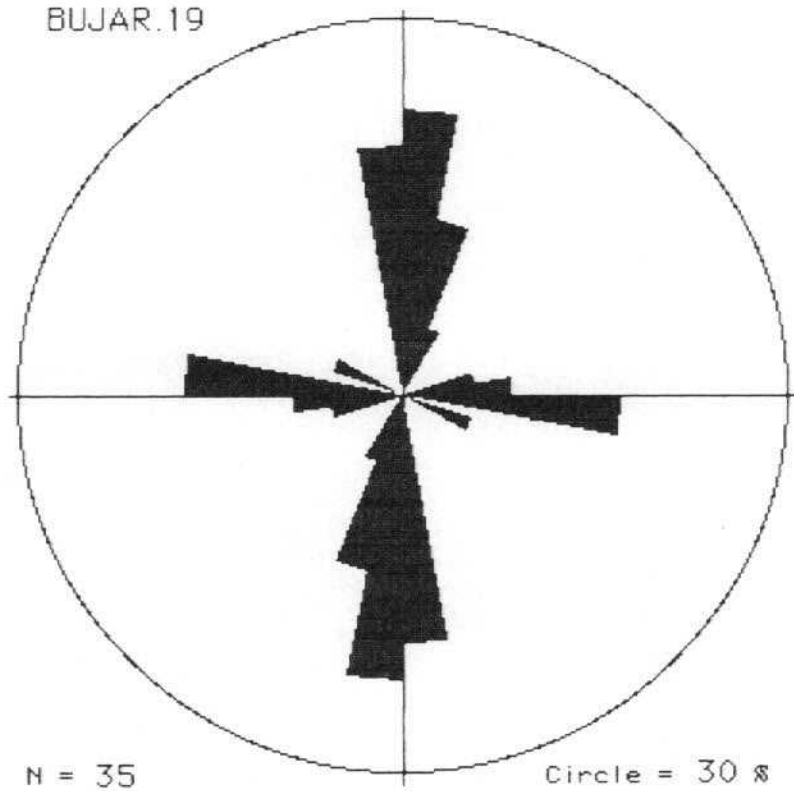
BUJAR 17



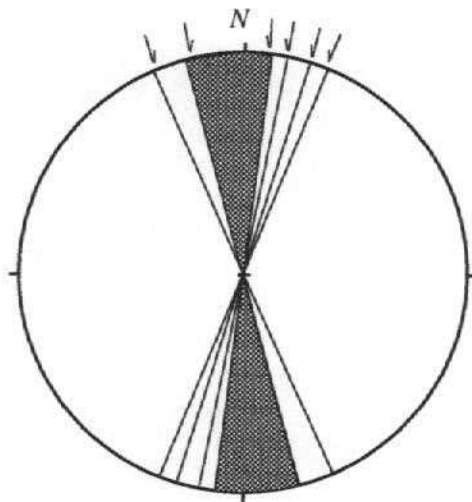
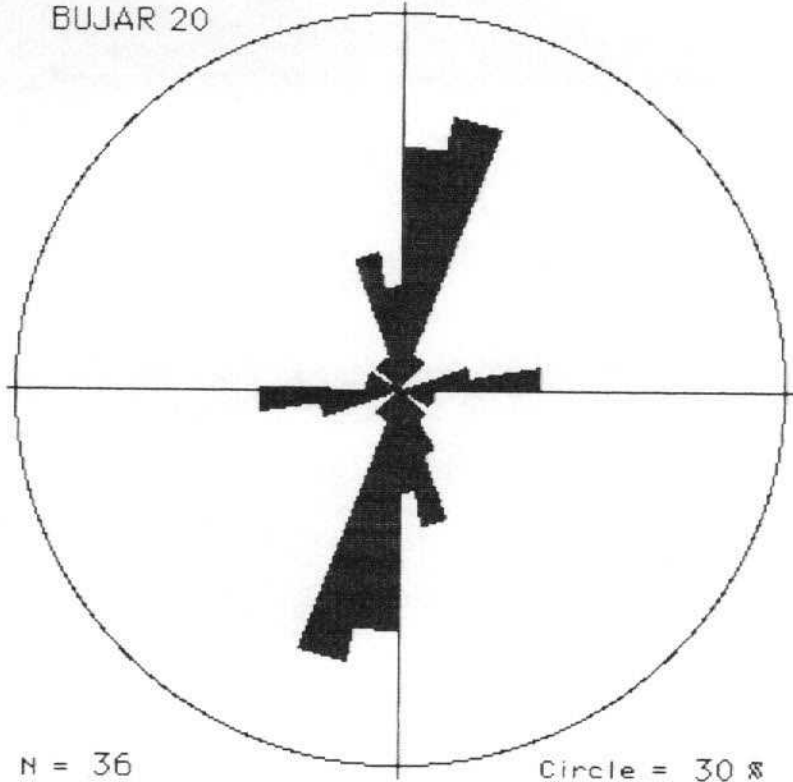
BUJAR 18



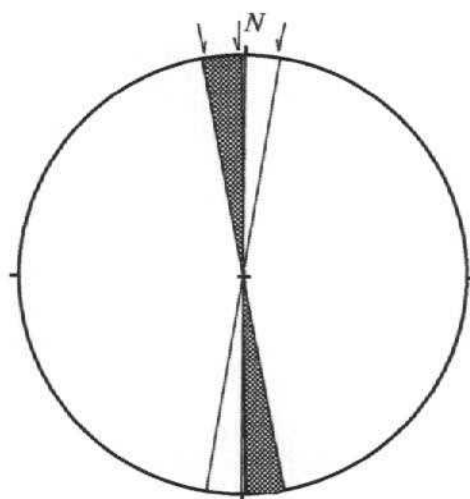
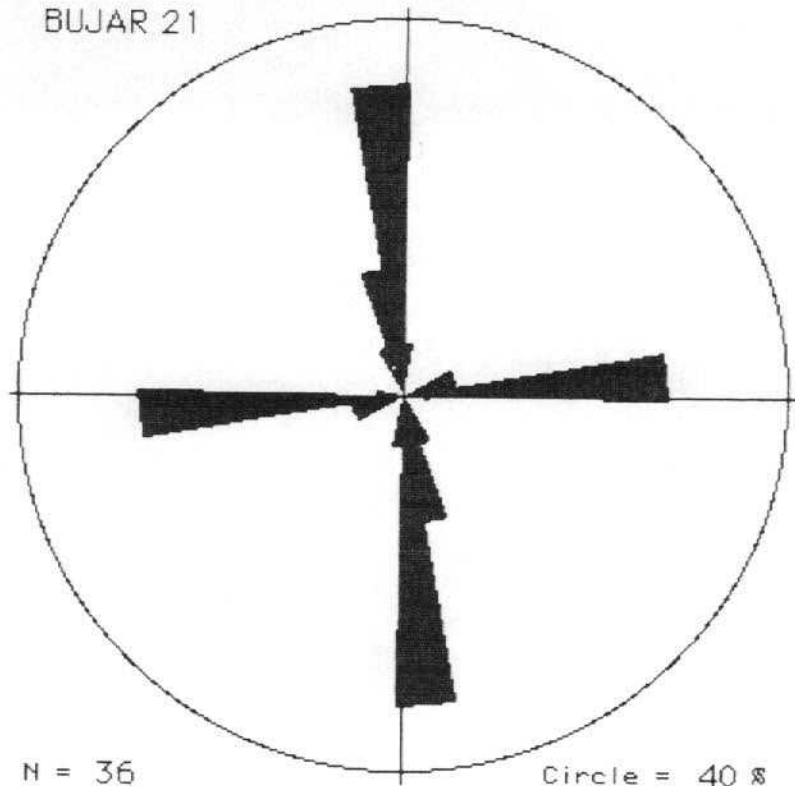
BUJAR.19



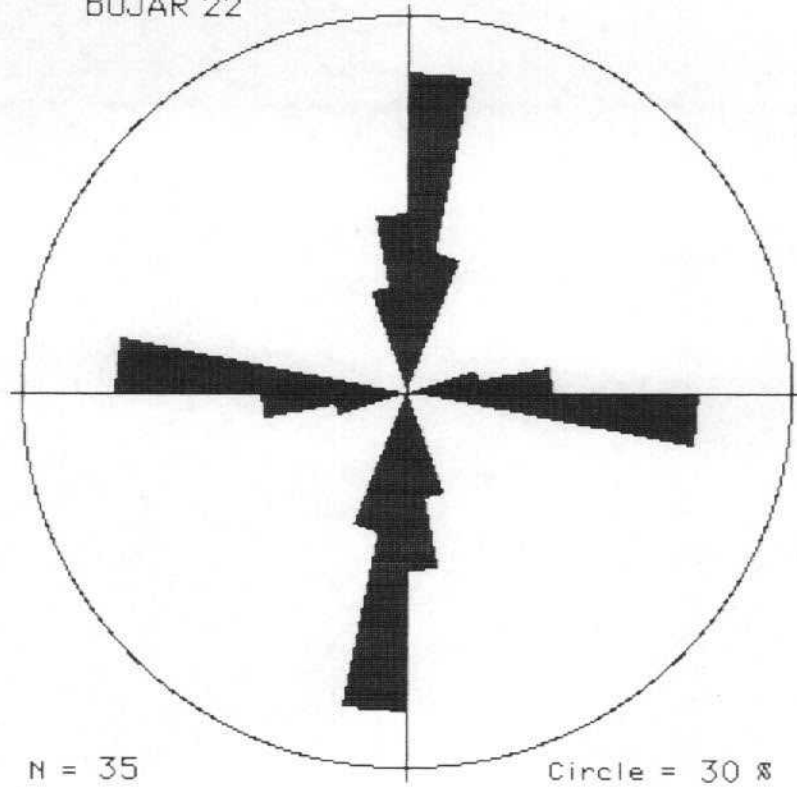
BUJAR 20



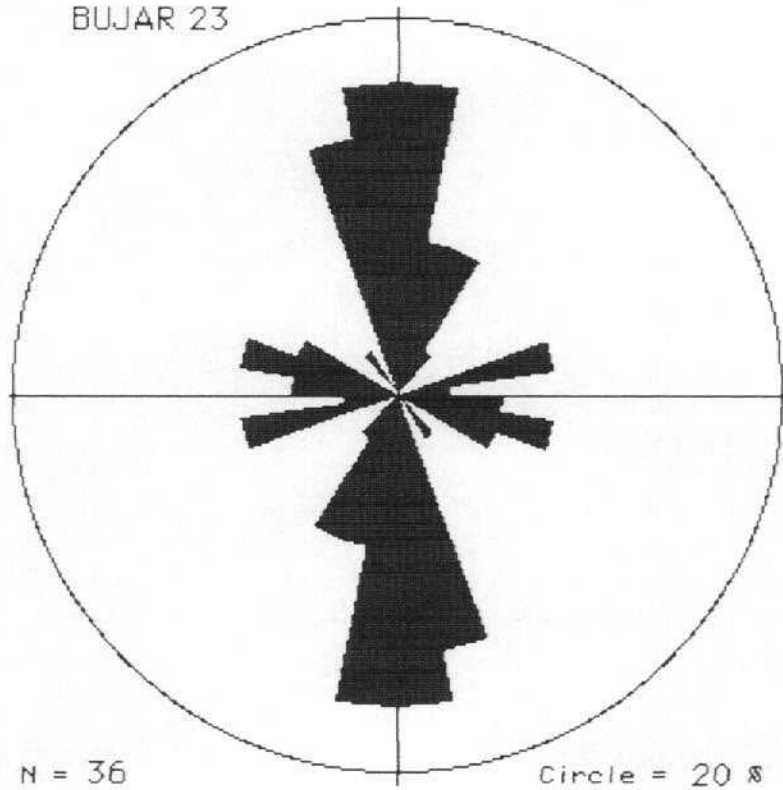
BUJAR 21



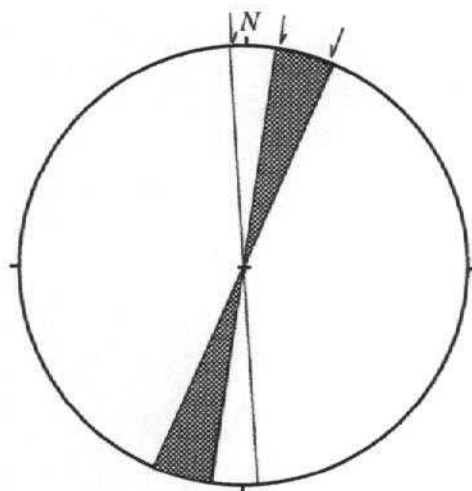
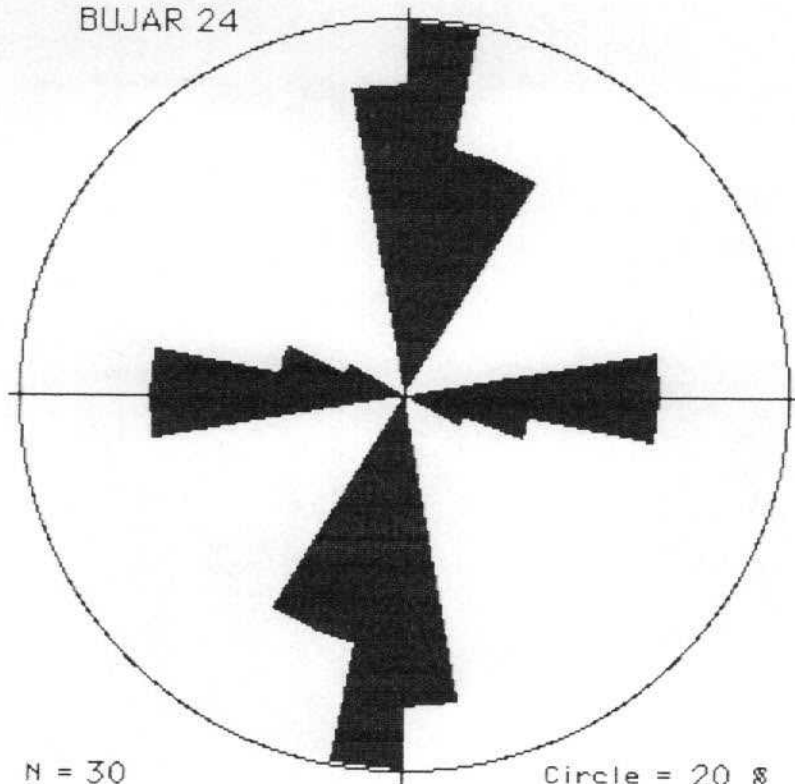
BUJAR 22



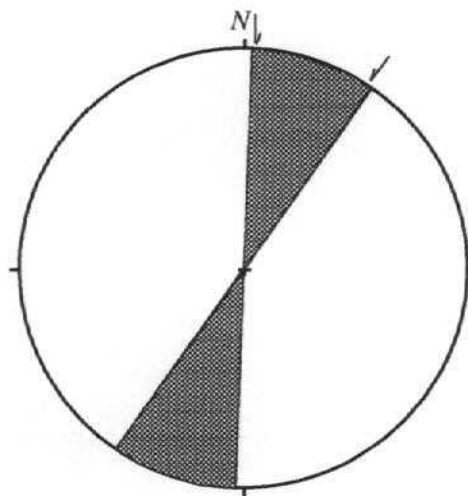
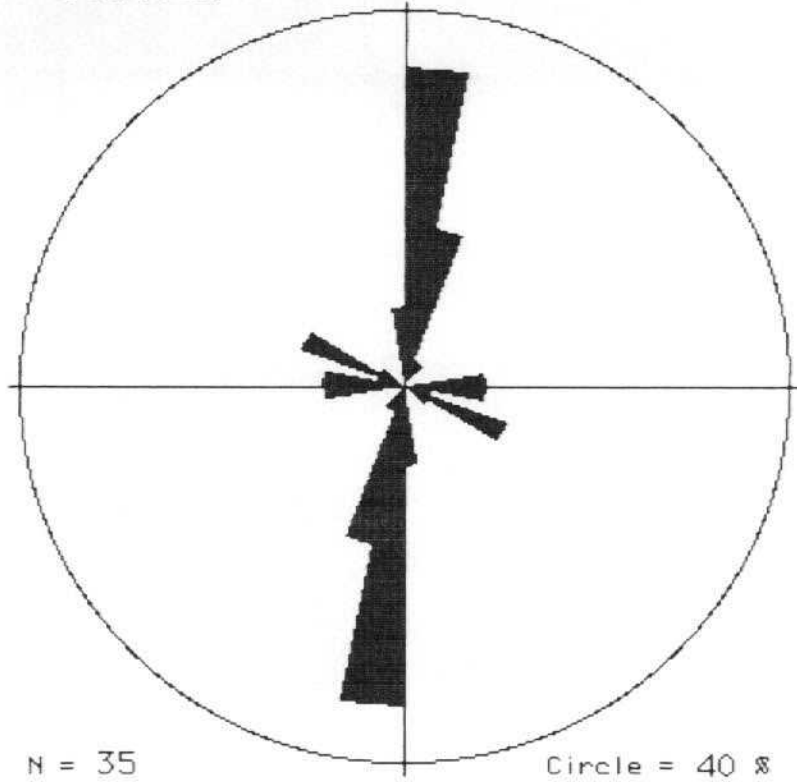
BUJAR 23



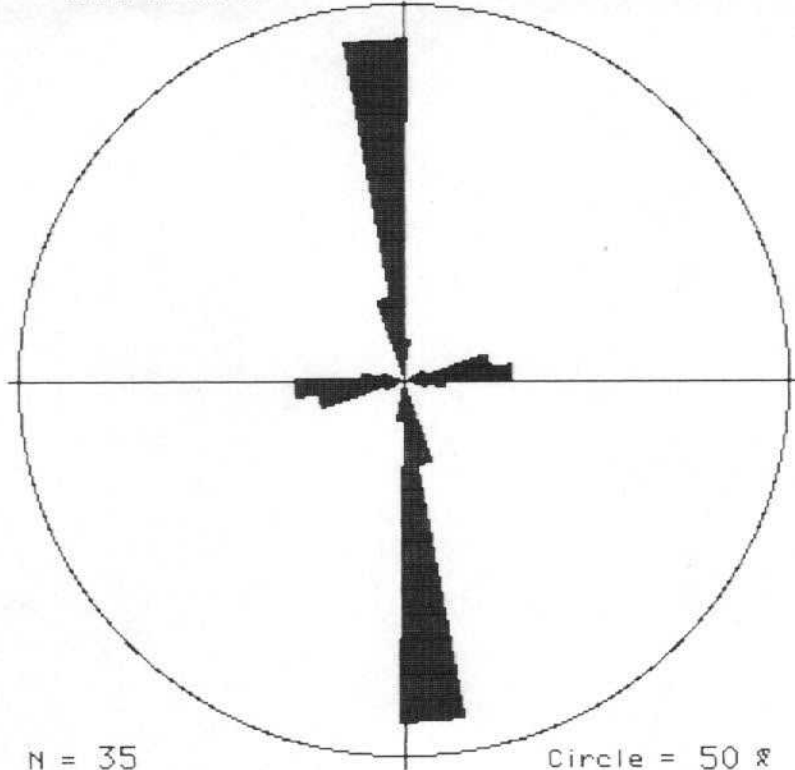
BUJAR 24



BUJAR 25



BUJAR 26 D



ANEXO 2.

Análisis de paleoesfuerzos a partir de poblaciones de fallas (estación 26).

Se incluyen:

(a) Proyección estereográfica equiangular de ciclográficas y estrías de falla, junto con la proyección de polos y diagrama en rosa de las direcciones preferentes.

(b) Diagrama de diedros rectos (ANGELIER y MECHLER, 1977). Los números que aparecen en el estereograma, multiplicados por 10, indican el porcentaje del total de fallas compatible con un eje de extensión según cada dirección del espacio. El máximo indica la posición más probable del eje σ_3 y el mínimo la de σ_1 .

(c) Diagrama y-R (SIMON GOMEZ, 1986) de la población de fallas. Los tensores solución vienen definidos en el mismo por las coordenadas (y,R) que corresponden a los "nudos" de máxima densidad de intersecciones de curvas. R representa aquí la relación de esfuerzos $(\sigma_z - \sigma_x) / (\sigma_y - \sigma_x)$ que aparece en la ecuación de Bott:

$$\tan \theta = (n/m) [m^2 - (1-n^2) (\sigma_z - \sigma_x) / (\sigma_y - \sigma_x)]$$

donde θ es el cabeceo de la estría potencial o teórica sobre el plano de falla; l, m y n son los cosenos directores de dicho plano; σ_z es el eje de esfuerzo vertical, y $\sigma_y > \sigma_x$ son los ejes horizontales. El valor de y representa el azimut del eje σ_y .

(d) Resultados del método de ETCHECOPAR et al. (1981). Se incluyen:

- * Listado de fallas.

- * Resultados numéricos de la orientación de los ejes y la relación de esfuerzos $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ del tensor/es solución, junto con el valor de la función minimizada y el ángulo medio de dispersión entre estrías

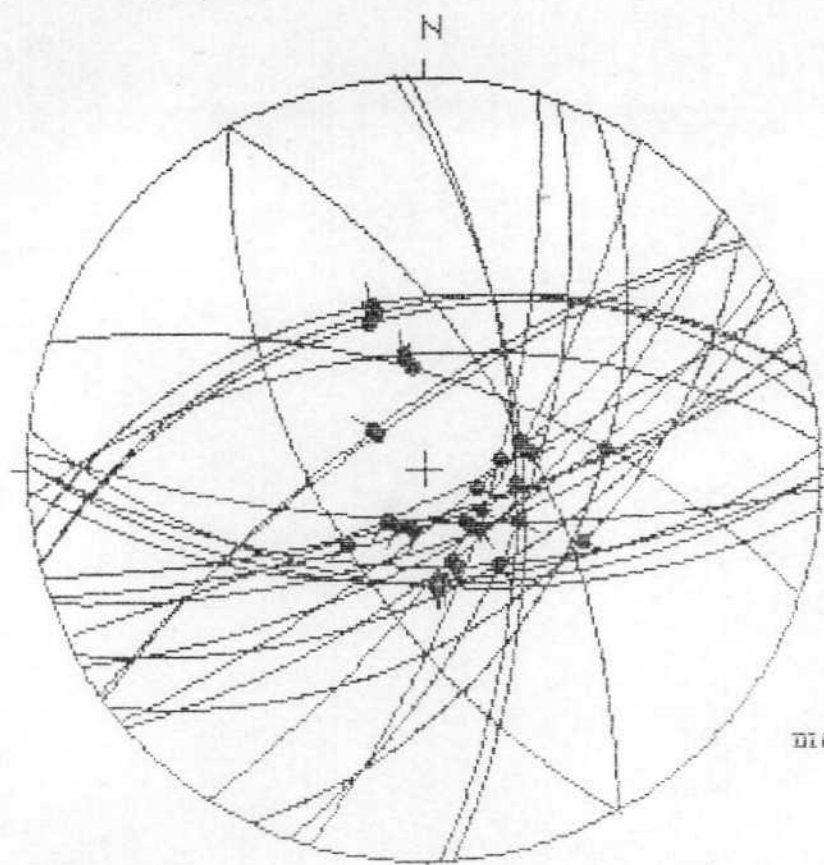
teóricas y reales para la solución hallada. Llamando R_B a la relación de esfuerzos que se emplea en la ecuación de Bott y en el diagrama y-R, y R_E a la utilizada por el método de Etchecopar, la relación existente entre ellas es la siguiente:

- Si $\sigma_z = \sigma_1$ (régimen de distensión): $R_B = 1 / R_E$.
- Si $\sigma_z = \sigma_2$ (régimen compresivo de desgarre): $R_B = R_E$.
- Si $\sigma_z = \sigma_3$ (régimen de compresión triaxial): $R_B = R_E / (R_E - 1)$.

* Representación de Mohr de los planos de falla en relación a los ejes de esfuerzo obtenidos.

* Histograma de desviaciones angulares (en radianes) entre estrías teóricas y reales; las fallas se sitúan de acuerdo con su numeración en el listado inicial.

* Representación estereográfica equiareal de los ejes de esfuerzo, con indicación gráfica del margen de dispersión con el que se han calculado.



HOJA No.: 414

COORDENADAS UTM:

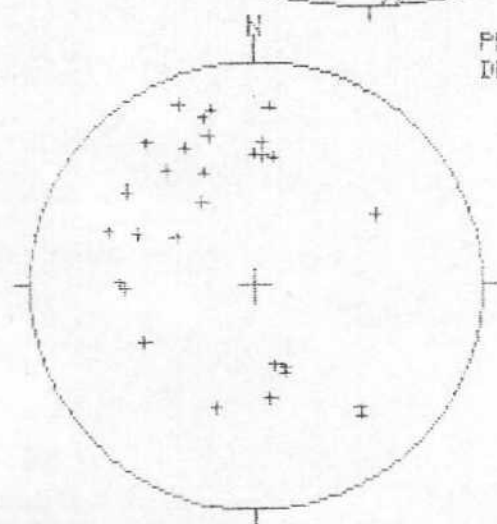
31TBF582994

So: HORIZONTAL

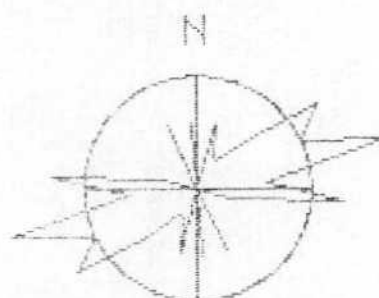
EDAD/FACIES K SIL

NÚMERO DE DATOS: 29

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS
DE DIRECCIONES DE FALLA



PROYECCION
DE POLOS



DIPOLOS DE FALLAS SINISTRALES

+ POLOS DE FALLAS NORMALES

- POLOS DE FALLAS DENTRALES

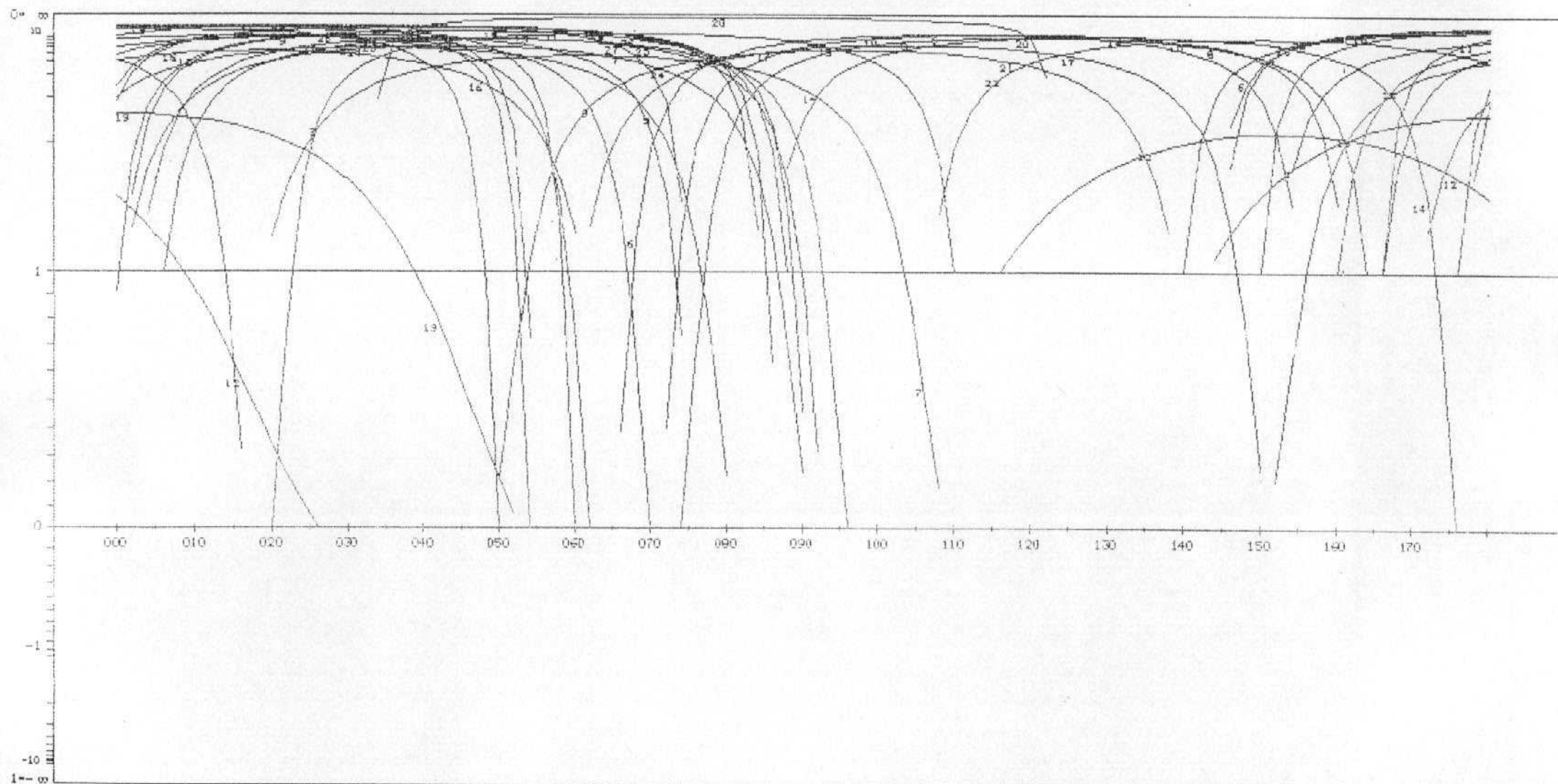
- POLOS DE FALLAS INVERGAS

RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA: 10%

ESTACION : BUJARALUZ 26

METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: BUJARALÓZ 26 / SIN ABATIR
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



BUJARALDZ 26

| | | | | | | | |
|-----|----|---|----|---|---|---|-----|
| 76 | 47 | N | 86 | W | 0 | N | 101 |
| 86 | 57 | N | 87 | W | 0 | N | 102 |
| 62 | 56 | S | 85 | E | 0 | N | 103 |
| 54 | 72 | N | 85 | W | 0 | N | 104 |
| 81 | 43 | N | 84 | W | 0 | N | 105 |
| 65 | 81 | S | 74 | W | 0 | N | 106 |
| 109 | 63 | N | 78 | W | 0 | N | 107 |
| 74 | 76 | S | 78 | W | 0 | N | 108 |
| 70 | 68 | S | 82 | E | 0 | N | 109 |
| 71 | 74 | S | 81 | W | 0 | N | 110 |
| 76 | 45 | N | 88 | W | 0 | N | 111 |
| 26 | 45 | E | 66 | N | 0 | N | 112 |
| 20 | 60 | E | 85 | S | 0 | N | 113 |
| 176 | 62 | E | 84 | N | 0 | N | 114 |
| 178 | 64 | E | 85 | S | 0 | N | 115 |
| 151 | 61 | E | 80 | S | 0 | N | 116 |
| 151 | 60 | W | 82 | S | 0 | N | 117 |
| 55 | 74 | N | 85 | W | 0 | N | 118 |
| 53 | 46 | S | 70 | E | 0 | N | 119 |
| 33 | 70 | E | 89 | S | 0 | N | 120 |
| 49 | 65 | S | 79 | W | 0 | N | 121 |
| 17 | 70 | E | 81 | N | 0 | N | 122 |
| 50 | 76 | S | 82 | E | 0 | N | 123 |
| 91 | 62 | S | 81 | E | 0 | N | 124 |
| 96 | 57 | S | 84 | E | 0 | N | 125 |
| 91 | 57 | S | 86 | E | 0 | N | 126 |
| 93 | 75 | S | 78 | E | 0 | N | 127 |
| 87 | 58 | S | 87 | E | 0 | N | 128 |
| 60 | 67 | S | 86 | E | 0 | N | 129 |
| 450 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |

RESULTADOS METODO DE ETCHECOPAR.

```

*****      PARAMETRES CHOISIS      *****
*
*  BUJARALOZ12
*
*
*  VALEUR DE INDX CHOISIE 1
*  POURCENTAGE SERVANT A LA MINIMISATION  90
*  NOMBRE DE TIRAGES AU HASARD  134
*  NOMBRE IMPAIR SERVANT A CE TIRAGE  321
*  NOMBRE DE TRIS DURANT LA MINIMISATION  50
*
*****

```

NBRE DE DONNEES 26 PARAMETRES 1.1327 1.4248 1.5222 0.0815 FONCTION 0.680274E+02

***** FIN DE L ETAPE NO 1

***** DEBUT DE L ETAPE NO 2

TENSEUR A L ITERATION 5

BUJARALOZ12

| NO | TENSEUR EN X Y Z | DANS LES AXES PRINCIPAUX | ***** |
|----|--------------------|--------------------------|--------------|
| | SIGMA(1)= 0.65636 | DIRECTION 198.1 | PENDAGE 88.8 |
| | SIGMA(2)= -0.31271 | DIRECTION 44.7 | PENDAGE 1.0 |
| | SIGMA(3)= -0.34364 | DIRECTION 314.7 | PENDAGE 0.5 |

RAPPORT R = 0.03

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.3913 POUR LES 26 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME
ET A 0.8494 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

***** FIN DE L ETAPE NO 2

*****DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 26PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 7.64522

| | | |
|-----------|---------------------|-------------------|
| COMP NO 1 | ERR SUR DIREC 516.1 | ERR SUR PEND 12.4 |
| COMP NO 2 | ERR SUR DIREC 142.4 | ERR SUR PEND 10.4 |
| COMP NO 3 | ERR SUR DIREC 142.5 | ERR SUR PEND 12.2 |

ERREUR SUR R 0.16E+00

BUJARALQZ12

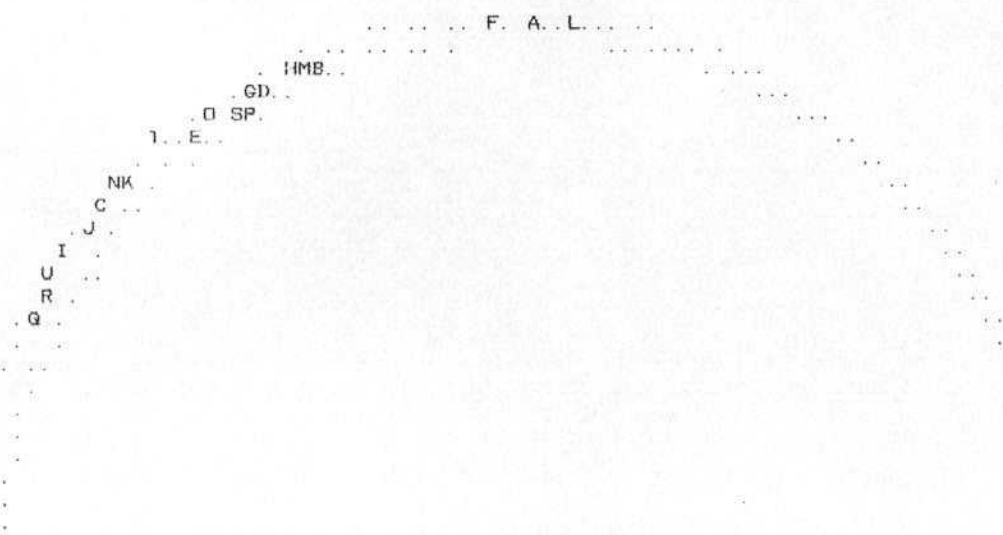
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX *****

| | | |
|--------------------|-----------------|--------------|
| SIGMA(1)= 0.65625 | DIRECTION 199.2 | PENDAGE 88.9 |
| SIGMA(2)= -0.31251 | DIRECTION 44.8 | PENDAGE 1.0 |
| SIGMA(3)= -0.34375 | DIRECTION 314.8 | PENDAGE 0.5 |

RAPPORT R = 0.03

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.3913 POUR LES 26 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME
ET A 0.8488 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



| | |
|----------------|--------------------------------|
| LE CARACTERE A | CORRESPOND AUX DONNEES 111 |
| LE CARACTERE B | CORRESPOND AUX DONNEES 102 |
| LE CARACTERE C | CORRESPOND AUX DONNEES 120 122 |
| LE CARACTERE D | CORRESPOND AUX DONNEES 128 116 |
| LE CARACTERE E | CORRESPOND AUX DONNEES 115 |
| LE CARACTERE F | CORRESPOND AUX DONNEES 101 |
| LE CARACTERE G | CORRESPOND AUX DONNEES 113 |
| LE CARACTERE H | CORRESPOND AUX DONNEES 126 125 |
| LE CARACTERE I | CORRESPOND AUX DONNEES 118 |
| LE CARACTERE J | CORRESPOND AUX DONNEES 104 |
| LE CARACTERE K | CORRESPOND AUX DONNEES 129 |
| LE CARACTERE L | CORRESPOND AUX DONNEES 105 |
| LE CARACTERE M | CORRESPOND AUX DONNEES 103 |
| LE CARACTERE N | CORRESPOND AUX DONNEES 109 |
| LE CARACTERE O | CORRESPOND AUX DONNEES 124 |
| LE CARACTERE P | CORRESPOND AUX DONNEES 117 |
| LE CARACTERE Q | CORRESPOND AUX DONNEES 123 108 |
| LE CARACTERE R | CORRESPOND AUX DONNEES 127 |
| LE CARACTERE S | CORRESPOND AUX DONNEES 114 107 |
| LE CARACTERE T | CORRESPOND AUX DONNEES 121 |
| LE CARACTERE U | CORRESPOND AUX DONNEES 110 |

***** FIN DE L ETAPR NO 3

***** DEBUT DE L ETAPE NO 4

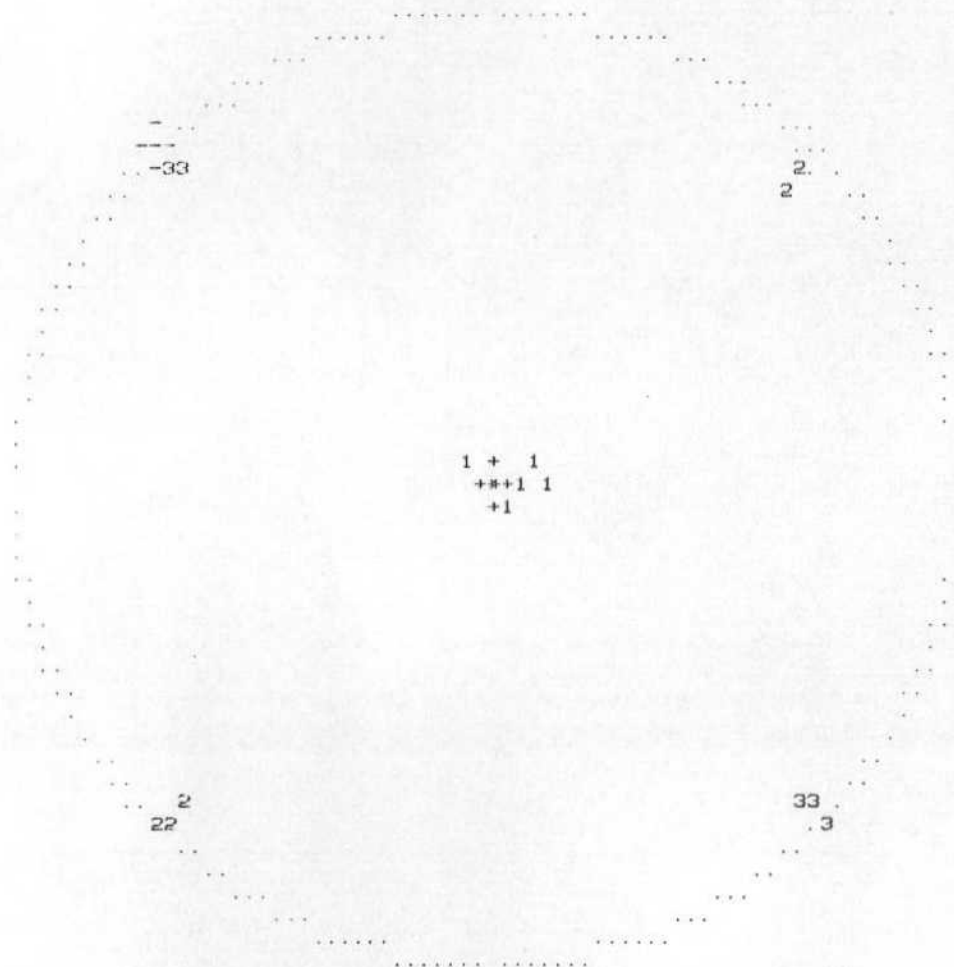
0.888671E+02 0.102138E+01 0.490135E+00 0.199169E+03 0.448097E+02 0.314801E+03

BUJARALOZ12

| GAMME | NBRE | INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME |
|-----------|------|---|
| 1 0.0 0.1 | 14 | 111 102 120 128 115 101 113 126 118 104 129 105 125 103 |
| 2 0.1 0.2 | 24 | 109 124 116 117 123 127 114 121 107 110 |
| 3 0.2 0.3 | 26 | 122 108 |
| 4 0.3 0.4 | 28 | 106 119 |
| 5 0.4 0.5 | 29 | 112 |

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

BUJARALOZ12



*****FIN FINALE