

**MEMORIA NEOTECTONICA DE LA**

**HOJA DE GRAUS (31-11) 250**

**NOVIEMBRE/96**

**COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A.**

## **INDICE**

---

# INDICE

---

	Págs.
1.- INTRODUCCION .....	1
2.- ESTRUCTURA NEOTECTONICA .....	4
2.1. DIAPIRISMO Y HALOCINESIS .....	6
2.2. DIACLASADO Y FRACTURACION .....	7
2.3. FALLAS NORMALES DE ESCALA CARTOGRAFICA .....	11
3.- SISMICIDAD .....	13
4.- RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	15
5.- BIBLIOGRAFIA .....	17

## **1.- INTRODUCCION**

---



## 1.- INTRODUCCION

El Mapa Neotectónico de la hoja de Graus (31-11) se ha realizado siguiendo las pautas establecidas en el Anexo V: Neotéctonica de la Normativa para la Elaboración del Mapa Geológico a escala 1:50.000 (ITGE, 1991).

El mapa contiene una infraestructura geológica obtenida a partir de los mapas Geológico y Geomorfológico a escala 1:50.000. Se diferencian los terrenos de edad anteneotectónica de los de edad neotectónica, incluyendo entre estos últimos desde el Vallesiense (incluido) hasta la actualidad. Esta infraestructura geológica se completa con algunas estructuras tectónicas que afectan a materiales preneotectónicos y que pueden haber tenido actividad en etapas recientes, aunque no haya signos evidentes de ello.

Tomando como base dicha infraestructura, se superponen las estructuras que afectan a materiales de época neotectónica, los rasgos geomorfológicos que puedan indicar actividad neotectónica y, en definitiva, toda la información recopilada que sea indicativa de actividad tectónica reciente (sismicidad, etc). En ocasiones se representan rasgos puntuales de escala no cartografiable (direcciones dominantes de diaclasas, deformaciones locales, ...)

La hoja de Graus contiene una serie mesozoico-eocena intensamente deformada en algunos sectores y con numerosas discordancias internas, y sobre ella reposan discordantes, únicamente en la franja más meridional, depósitos oligo-miocenos que rellenan la llamada "Cuenca de Graus"; constituyen la Formación Graus, de carácter detrítico proximal. En el sector NO afloran materiales mesozoicos que constituyen el núcleo de la estructura anticlinal N-S de Mediano y el Domo de Clamosa, este último formado por terrenos triásicos. En el sector SO la serie oligo-miocena se encuentra perforada y deformada por dos grandes afloramientos diapíricos de materiales triásicos, el Diapiro de Naval y el de La Puebla de Castro. En esta zona SO también afloran materiales mesozoico-eocenos, fundamen-

talmente carbonáticos, directamente discordantes bajo la serie oligomiocena y con directrices estructurales pirenaicas ONO-ESE.

Los depósitos de edad neotectónica presentes en la hoja son exclusivamente cuaternarios y se encuentran relacionados en su mayor parte con la red fluvial actual que drena el Pirineo (terrazas y glacis asociados). Los materiales más modernos que rellenan la Cuenca de Graus en la hoja no sobrepasan el Mioceno inferior. Sin embargo, se han considerado algunas deformaciones que afectan a estos materiales y que pueden haber actuado en época neotectónica. También se han representado en el mapa algunos buzamientos de materiales oligo-miocenos que dan una idea de la disposición de los mismos, aunque no guarden necesariamente relación con fenómenos neotectónicos.

Los depósitos cuaternarios apenas muestran deformaciones; solamente alguna falla puntual, y algún fenómeno halocinético en relación con la presencia de materiales plásticos del Triásico. Ello es debido, seguramente, a la propia naturaleza de los depósitos, escasamente cementados en su mayoría, y a la escasez de los mismos.

## **2.- ESTRUCTURA NEOTECTONICA**

---

## 2.- ESTRUCTURA NEOTECTONICA

Los depósitos cuaternarios de la hoja apenas registran deformaciones. Tan sólo se han encontrado fenómenos halocinéticos (punto de observación 11) y algunas fracturas (puntos de observación 12, 14 y 15).

Los materiales terciarios más modernos no sobrepasan el Mioceno inferior, y se encuentran perforados y deformados por los diapiros de Naval y La Puebla de Castro, pero los depósitos cuaternarios asociados no muestran signos de deformación. Estos estratos neógenos se encuentran deformados, formando suaves ondulaciones de eje E-O, con buzamientos de 8-12° (en algunos puntos superan los 30°), y están afectados por grandes fallas normales de orientación submeridiana que surcan la mitad occidental de la hoja (sistema de fallas de Caneto-Secastilla y fallas del Puerto del Pino). También se reconoce en ellos un diaclasado (estaciones 1, 2 y 8).

Los terrenos eminentemente eocenos que ocupan la mayor parte de la hoja presentan una intensa fracturación y diaclasado, así como orientaciones dispares de las capas (de todos modos, los buzamientos representados en el mapa corresponden únicamente a la serie oligo-miocena discordante) y numerosas discordancias internas. Se encuentran deformados en la parte occidental de la hoja por el Anticlinal N-S de Mediano y el Domo triásico de Clamosa.

La fotografía aérea permite reconocer estructuras lineales rectilíneas que pueden corresponder a fracturas (aunque no hay confirmación en campo) y que afectan a materiales de diversas edades. En el mapa se han representado las más evidentes, y se reconocen áreas de gran densidad de tales estructuras. En muchos casos condicionan la orientación de tramos de la red de drenaje, y algunas podrían haber actuado en época neotectónica, si bien no se encuentran evidencias contundentes al respecto, ya que rara vez afectan directamente a un depósito cuaternario (sólo en Portaspana).

El estudio de las deformaciones recientes se ha dividido en:

- Diapirismo y halocinesis
- Diaclasado y fracturación
- Fallas normales de escala cartográfica

## 2.1. DIAPIRISMO Y HALOCINESIS

La hoja de Graus contiene tres áreas con afloramiento de materiales plásticos susceptibles de originar fenómenos halocinéticos, diapirismo, despegues, etc. En los tres casos se trata de margas yesíferas del Triásico en grandes extensiones de afloramiento.

El Diapiro de Naval, un extenso afloramiento triásico de forma alargada en dirección NNE, ocupa la esquina SO y se prolonga en las hojas vecinas. Deforma considerablemente a los estratos oligo-miocenos circundantes, a los que levanta en ocasiones hasta la vertical (en el borde septentrional), mientras la mayor parte de su límite oriental es un contacto por falla. En los depósitos cuaternarios no se han reconocido deformaciones, aunque sí las hay en la parte del diapiro comprendido en hojas vecinas.

El Diapiro de La Puebla de Castro, situado al Este del Cinca, en el límite meridional de la hoja, deforma considerablemente a los estratos oligo-miocenos, pero tampoco se reconocen indicios de actividad cuaternaria. Ambos diapiros han afectado claramente al Mioceno inferior, y presentan una actividad mucho más reducida durante el cuaternario. Su funcionamiento está en relación con el desarrollo de una tectónica extensiva en la región que favoreció el ascenso diapírico. Esta distensión puede corresponder a las primeras etapas de la instauración del campo de esfuerzos reciente (por tanto, entraría de lleno en el terreno de la Neotectónica) o bien, como postulan POCOVÍ y MARTÍNEZ (1984), cabría la posibilidad de un fenómeno distensivo localizado en un contexto regional compre-

sivo, debido a disarmonías en la deformación de la cobertera despegada respecto a la deformación del zócalo.

El tercer afloramiento constituye el Domo de Clamosa, de compleja estructura, que se encuentra afectado por deformaciones eocenas y posteriores, pero que ha originado deformaciones halocinéticas hasta tiempos recientes, como la demuestra la terraza fluvial deformada de Ligüerre de Cinca (fotografía 3, punto de observación 11).

## 2.2. DIACLASADO Y FRACTURACION

Los niveles competentes oligo-miocenos, así como niveles más antiguos, muestran con frecuencia un diaclasado bien desarrollado, con planos generalmente subverticales de escala métrica. El espaciado entre los planos de una misma familia suele ser de orden métrico, y es función del propio espesor de las capas afectadas, de modo que suele aumentar al hacerlo éste.

Sin embargo no se han registrado apenas diaclasas en depósitos cuaternarios, seguramente por la escasa cementación que presentan en la mayor parte de los casos y la falta de buenas condiciones de afloramiento en los depósitos recientes más antiguos (normalmente más cementados).

Se han establecido unas pocas estaciones de medida de diaclasas en terrenos terciarios; tres en la serie oligo-miocena de la Cuenca de Graus (estaciones 1, 2, y 8) y cinco en terrenos eocenos relativamente poco deformados (estaciones 3, 4, 5, 6 y 7). Anexos a esta memoria se presentan los diagramas en rosa correspondientes a cada una de las estaciones, mientras en el mapa 1:50.000 se hace una representación esquemática de las familias dominantes, mostrando con trazos de mayor longitud la dirección de la familia (o familias) más numerosa.

El estudio del diaclasado sobre materiales anteneotectónicos, pero posteriores a las etapas compresivas principales o escasamente deformados por ellas, puede contribuir a la caracterización del campo de esfuerzos reciente en el área considerada. En gran parte de la Cuenca del Ebro y Cordillera Ibérica se reconoce en depósitos recientes un patrón de diaclasado muy constante que afecta por igual a materiales de diversas edades a lo largo de todo el Neógeno y Cuaternario. Se trata de un sistema de diaclasas constituido por dos familias subperpendiculares, la principal N-S y una secundaria a  $90^\circ$  con más dispersión, menos desarrollo y con planos más irregulares. En ocasiones, este patrón se presenta con ciertas modificaciones, como el desdoblamiento de una o ambas familias, el aumento de la dispersión, la rotación del sistema subortogonal, etc.

El modelo propuesto por SIMON (1989) para el campo de esfuerzos reciente permite explicar la existencia de este patrón dominante de fracturación, así como diversas modificaciones del mismo. Este modelo postula, en síntesis, la presencia de un campo de esfuerzos regional distensivo con  $\sigma_2$  en dirección submeridiana, producido por la superposición de una compresión N-S (originada por la colisión entre las placas Africana, Ibérica y Europea) y una extensión radial inducida por "rifting" en el margen mediterráneo. Perpendicularmente a  $\sigma_3$ , es decir, en dirección N-S, se formaría la familia principal de fracturas tensionales, mientras que la familia subortogonal se formaría como consecuencia de intercambios de los ejes  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ , de magnitud próxima, ayudados seguramente por la aparición de las fracturas N-S, que dan lugar a una relajación del eje de máxima extensión.

Las diversas modificaciones de este patrón de diaclasado pueden explicarse, dentro del mismo modelo, como resultado de desviaciones locales de las trayectorias de los esfuerzos principales en la horizontal ( $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ ) originadas por la existencia de accidentes mayores preexistentes en el sustrato o en las proximidades, de manera que  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  tienden a hacerse paralelos o perpendiculares a dichas fallas en su entorno más próximo (SIMON et al, 1988).

Este modelo de campo de esfuerzos reciente puede ser válido también en este sector del Prepirieno, como lo atestigua la presencia de sistemas de diaclasas subortogonales en diversos puntos (estaciones 5 y 6, fundamentalmente), pero dominan las situaciones de desviación del modelo (los propios sistemas subortogonales citados presentan rotaciones y modificaciones). Estos puede tener su origen en la existencia de discontinuidades previas; las estaciones 2, 3, 4, 7 y 8 no presentan familias de diaclasas perpendiculares, sino netamente oblicuas, posiblemente heredadas de una situación compresiva anterior a la distensión reciente (las fallas y lineamientos representados en el mapa muestran cómo el diaclasado responde, al menos en las estaciones 3 y 4, a la presencia de accidentes mayores que afectan a la serie eocena).

Las diaclasas medidas en la estación 1 pueden asimilarse a un sistema subortogonal con la familia secundaria desdoblada y la familia principal (y el sistema como tal) rotada hasta ser subparalela al curso rectilíneo del Río Llastre, posiblemente controlado por una fractura NO-SE. La estación 2 (fotografía 1), presenta un abanico disperso de diaclasas E-O de gran desarrollo, seguramente condicionado por la proximidad de la estructura anticlinal E-O de Montarnedo, desarrollada en materiales mesozoico-eocenos.

Por otra parte, aunque no se han encontrado diaclasas en materiales cuaternarios, sí se han localizado algunas fallas que involucran a estos depósitos. Así, en la margen derecha del embalse de El Grado, al Norte del Barranco Rosico (punto de observación 12), se observa una falla subvertical (subparalela al barranco) que pone en contacto los conglomerados de la base de la serie oligo-miocena con un depósito cuaternario rojizo (fotografía 4) sin entidad cartográfica, de manera que el labio meridional se ha hundido respecto al otro.

Otra falla cuaternaria se observa en el punto de observación 14, en las proximidades del pueblo abandonado de Erdao, y afecta a la base de un depósito de terraza del Barranco de La Ribera (fotografía 5), siendo su dirección N 110°E.



Un tercer punto en el que se observa una fractura (en este caso, sin desplazamiento) sobre depósitos cuaternarios se encuentra próximo al cauce del Río Esera, en las cercanías de Torre de Obato (punto de observación 15). Se trata de una fractura vertical N 080°E abierta y con relleno carbonático que afecta a un reducido retazo de terraza pleistocena (fotografía 7).

Aparte de estas observaciones puntuales cabe señalar también la presencia de lineamientos fotogeológicos frecuentes, de orientaciones diversas, que pueden interpretarse como líneas de fractura y son abundantes en algunos sectores de la hoja. En su mayoría vienen marcados por tramos rectilíneos de la red fluvial secundaria, pudiendo reconocerse en ocasiones varios de ellos alineados a través de zonas de interfluvio. La edad de estas fracturas es difícil de precisar, ya que afectan a materiales de diversas edades, fundamentalmente a lo largo del Terciario.

En el sector de Bafaluy y Torruela de Aragón las fracturas NO-SE parecen condicionar la presencia y geometría de depósitos de coluvión, lo que sugiere la posibilidad de actividad reciente. La zona de Bellestar, sin embargo, que presenta una fracturación de gran densidad, puede responder a procesos deformativos compresivos anteriores a la época neotectónica, aunque no podemos descartar la posibilidad de reactivación reciente de algunas fracturas (en el punto de observación 16 se advierte una fracturación incipiente, aunque no muy clara, en algún depósito cuaternario).

En las inmediaciones de Portaspana se observa una posible línea de fractura ENE-OSO que atraviesa un coluvión (fotografía 6), cuya geometría viene condicionada por otra fractura, ambas observables únicamente en panorámica o desde el aire. Este hecho apoya la idea de posibles reactivaciones recientes de fracturas preexistentes.

Estas fracturas deducidas por lineamientos fotogeológicos suelen corresponderse con las direcciones principales de diaclasado en cada área, o son paralelas a grandes fallas o estructuras cartográficas. Uno de los sectores con mayor densidad se encuentra en las inmediaciones de Montarnedo, donde las fracturas afectan a los estratos oligomiocenos y llegan a tener manifestación también en el interior del Diapiro de Naval.

### 2.3. FALLAS NORMALES DE ESCALA CARTOGRAFICA

En la hoja de Graus destaca la existencia de un gran desarrollo de fallas normales prolongadas de Norte a Sur a lo largo de la mitad occidental de la misma. Estas fallas afectan exclusivamente a materiales preneotectónicos, pero llegan a involucrar a la serie oligo-miocena, a la que deforman considerablemente (buzamientos locales de 40°, al Norte de Secastilla). Podemos diferenciar dos zonas, una a cada lado del Río Cinca.

En la margen derecha del Cinca existen dos orientaciones de fallas normales, con direcciones respectivas NNO-SSE y NNE-SSO, orientación ésta última idéntica al límite rectilíneo oriental del Diapiro de Naval, que corta bruscamente a la estructura anticlinal E-O de Montarnedo, lo cual sugiere que este borde diapírico corresponde a una parte de esta familia de fallas que se prolonga de forma escalonada hacia el NNE, al menos hasta el Domo triásico de Clamosa.

Si bien estas fallas tienen claramente un origen antiguo (se observan en el Mapa Geológico fosilizaciones de algunas de ellas por calcarenitas eocenas), han funcionado en gran parte en épocas tardías, puesto que algunas de ellas cortan a los conglomerados oligo-miocenos de Graus y, quizá, se hayan reactivado en la situación distensiva reciente, aunque no hay pruebas evidentes de ello. Los puntos de observación 9 y 10 corresponden a pequeñas fallas de este sistema (fotografía 2), así como el punto 13.

En la margen izquierda del Cinca se desarrolla el sistema de fallas de Caneto-Secastilla, consistente en un conjunto de fallas normales de gran longitud que se desarrolla de Norte a Sur desde Salinas de Trillo hasta Secastilla. Tienen un trazado curvilíneo y presentan numerosos puntos de convergencia y divergencia que dan lugar a un sistema de fosas. El salto de las fallas llega a ser del orden de varios centenares de metros en algunos puntos y presentan actividad a lo largo de un prolongado lapso de tiempo que abarca desde por lo menos el Eoceno hasta afectar a conglomerados oligo-miocenos, con lo cual su actividad más reciente es, cuando menos, posterior al Mioceno Inferior. Aunque la escasez de depósitos de edad neotectónica en su entorno no permite precisar si ha habido actividad durante este período, la existencia de un epicentro de un terremoto en el sector más próximo a Puy de Cinca parece confirmar la prolongación de su actividad incluso hasta el presente.

### **3.- SISMICIDAD**

---

### **3.- SISMICIDAD**

Este sector del Prepirineo presenta un índice de sismicidad bastante bajo. El banco de datos sísmicos del Instituto Geográfico Nacional tan sólo registra un terremoto en la hoja de Graus hasta el 30 de Abril de 1995.

Se produjo el 24 de Octubre de 1988 en las inmediaciones de Casa Figueras, en el sector del Tozal Panchudo, unos 2 km al Este de Puy de Cinca y tuvo una magnitud calculada de 2.7. Se ha estimado un error en la localización epicentral de 3 km, lo que sitúa el terremoto en relación clara con el sistema de fallas normales de gran desarrollo que se extiende de Norte a Sur desde Salinas de Trillo hasta Secastilla y que corta materiales de diversas edades desde el Triásico al Mioceno inferior.

#### **4.- RESUMEN Y CONCLUSIONES**

---

#### 4.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Tras las etapas compresivas eoceno-oligocenas que configuran la estructura general del Prepirineo en este sector, y que pueden prolongarse localmente hasta el Mioceno, sobreviene en la región una tectónica de tipo distensivo que se manifiesta fundamentalmente mediante perforaciones diapíricas de la cobertera mesozoico-terciaria por los materiales plásticos del Triásico y mediante el desarrollo de un diaclasado de los depósitos recientes (apenas reflejado en la hoja) que denota un régimen de distensión tendente a radial.

La actividad de los diapiros comenzó, probablemente, en el Oligoceno, pero en hojas vecinas se observa que algunos han permanecido activos hasta tiempos recientes.

Durante esta etapa distensiva desarrollada a partir del Neógeno han podido reactivarse como fallas normales multitud de discontinuidades preexistentes, muy numerosas en la hoja. El ejemplo más claro es el gran sistema de fallas desarrollado de Norte a Sur en la parte occidental de la hoja que presenta actividad a lo largo de buena parte del Terciario y, en algún punto, puede prolongarse hasta la actualidad (terremoto de Puy de Cinca, de 1988).

## **5.- BIBLIOGRAFIA**

---



## 5.- BIBLIOGRAFIA

I.G.N.- Banco de datos sísmicos

ITGE (1991).- Mapa Geológico Nacional. Escala 1:50.000 (MAGNA). Modelo de hoja. Anexo V: Neotectónica, pp. 55-76.

POCOVI, A. y MARTINEZ, M.B. (1984).- Consideraciones acerca del "Accidente del Cinca" (Prepirineo meridional). I Congr. Esp. de Geología, t. 3, pp. 229-240.

SIMON, J.L. (1989).- Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin. J. Struct. Geol. 11 (3), 285-294.

SIMON, J.L.; SERON, F.J. y CASAS, A.M. (1988).- Stress deviation and fracture development under multidirectional extension regime. Mathematical and experimental approach with field examples. Annales Tectonicae, 2 (1), 21-32.

## FOTOGRAFIAS

---



Foto 1.- Fracturación vertical (diacclasas) en conglomerados oligo-miocenos subhorizontales. El espaciado entre las fracturas oscila entre 2 y 3 m y afectan a un espesor de conglomerados superior a 3 m. Estación 2, en La Masada, junto al embalse de El Grado.



Foto 2.- Una de las fallas verticales N-S que afectan a los conglomerados oligo-miocenos en el sector del Puerto del Pino. Las capas buzcan  $30^\circ$  al Oeste, y en las proximidades hay diacclasas N-S a NNO-SSE. Punto de observación 9.





Foto 3.- Deformaciones de una terraza del Cinca en Lliguerre debidas a fenómenos haloclasticos del Triásico margo-yesífero infrayacente



Foto 4.- Falla que pone en contacto un depósito cuaternario rojizo con un conglomerado oligoceno que, a su vez, está discordante sobre conglomerados más antiguos. La falla es paralela al Barranco Rosico y se encuentra algo más al Norte que él (punto de observación 12).





Foto 5.- Falla vertical con dirección N 110° E que afecta a la base de un depósito de terraza conglomerático en el Barranco de la Ribera, en las proximidades de Erdao (punto de observación 14).

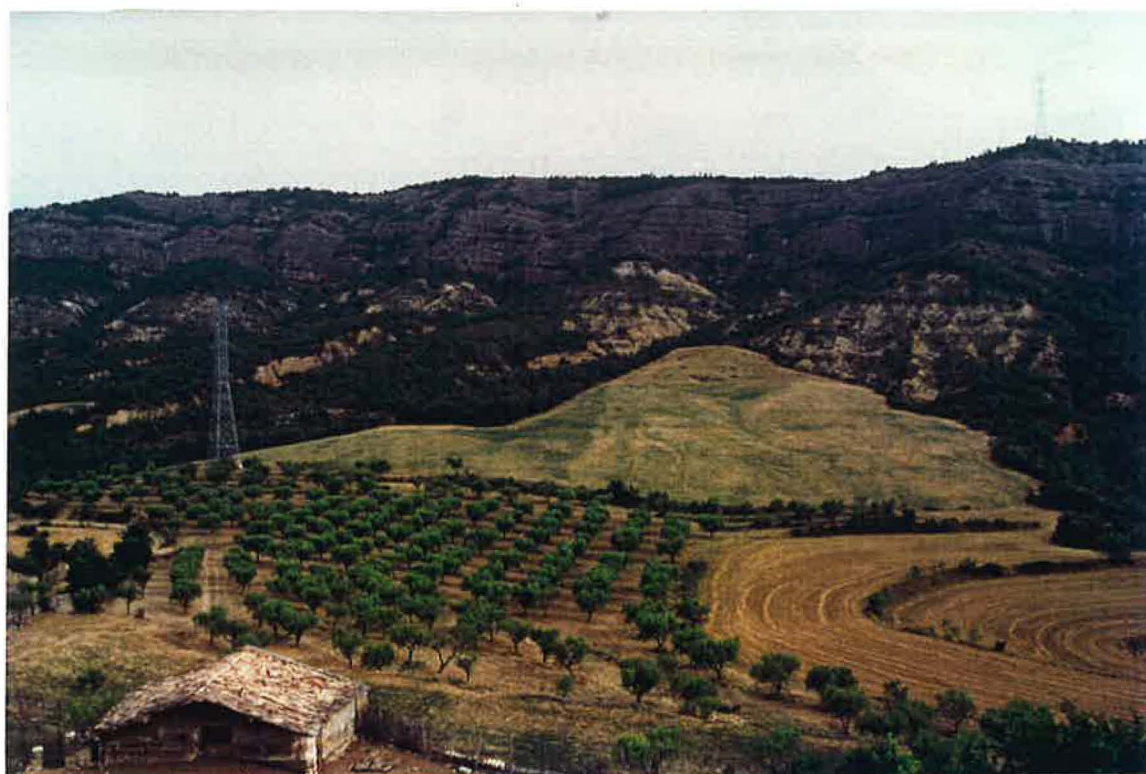


Foto 6.- Depósito cuaternario con forma de cono o abanico al Sur de Portaspana en el que se instala un sembrado. Se observan dos posibles líneas de fractura (visibles también en fotografías aéreas de 1956), una en la zona apical, que da lugar a un ligero cambio de color, y otra coincidente con el cambio brusco de pendiente donde termina el abanico (el límite del campo de olivos), que presenta un trazado sumamente rectilíneo.





Foto 7.- Terraza alta del Cinca con una fractura N 080°E vertical, abierta y con relleno carbonático blanquecino. Punto de observación 15, cerca de Torre de Obato.

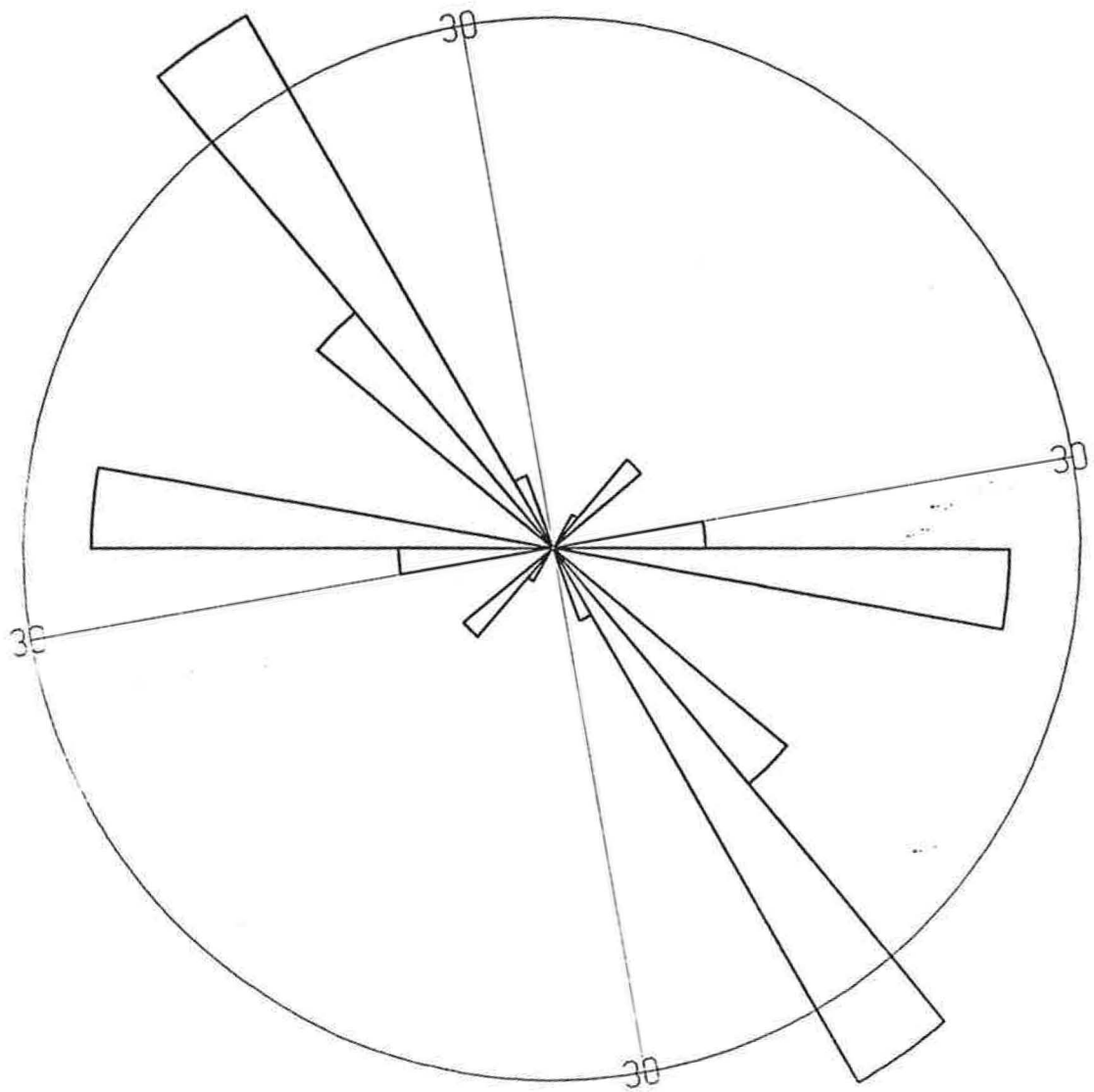
## **A N E X O**

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

En cada diagrama se representan las direcciones de las fracturas, agrupadas en intervalos del 10°. La longitud de los "pétalos" es proporcional a la frecuencia de las diaclasas contenidas en cada intervalo.

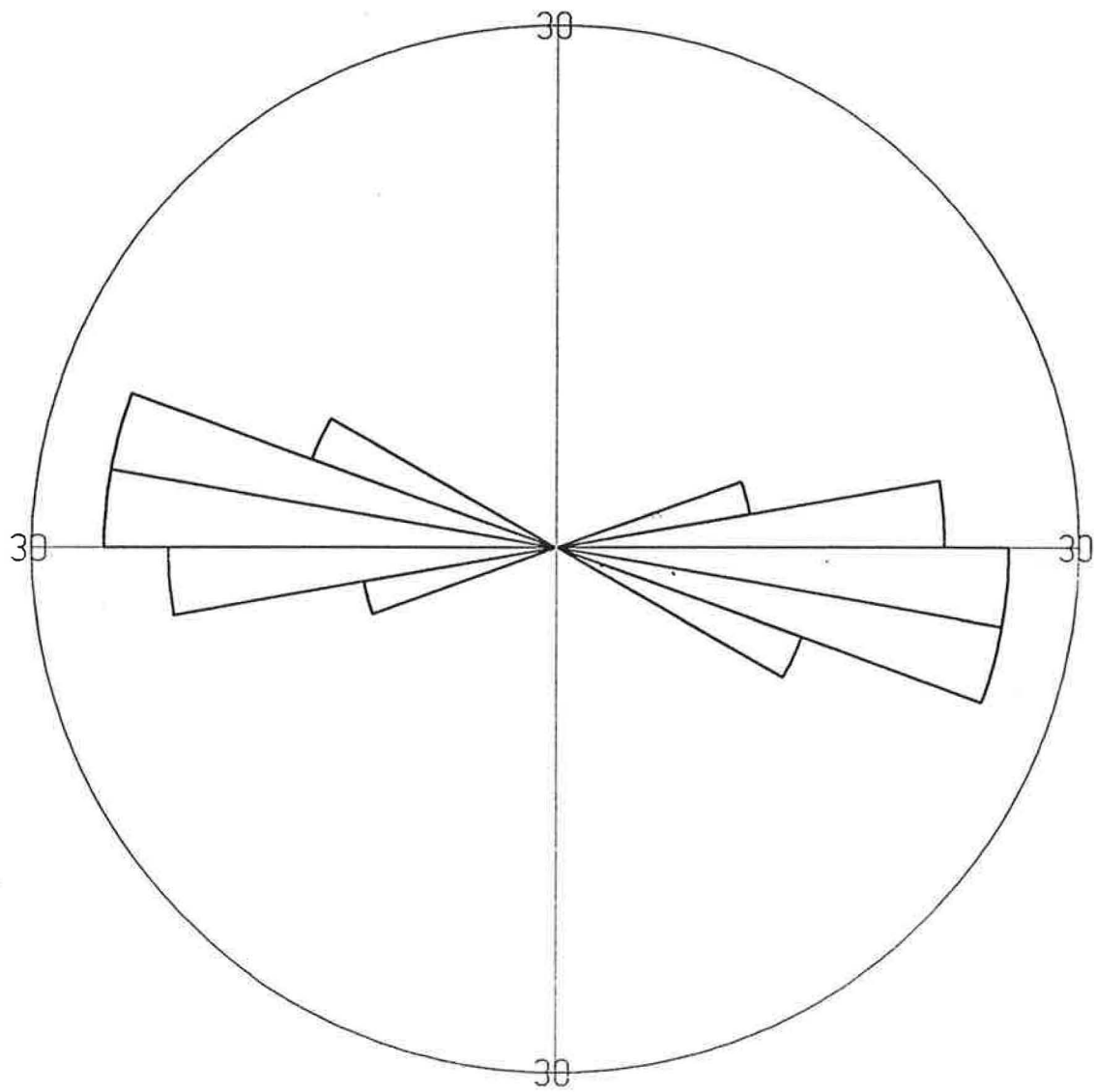
La circunferencia de referencia corresponde al 30% de las medidas de cada estación. En cada estación se han tomado unas 30 mediciones de diaclasas subverticales.

GRAUS - 1

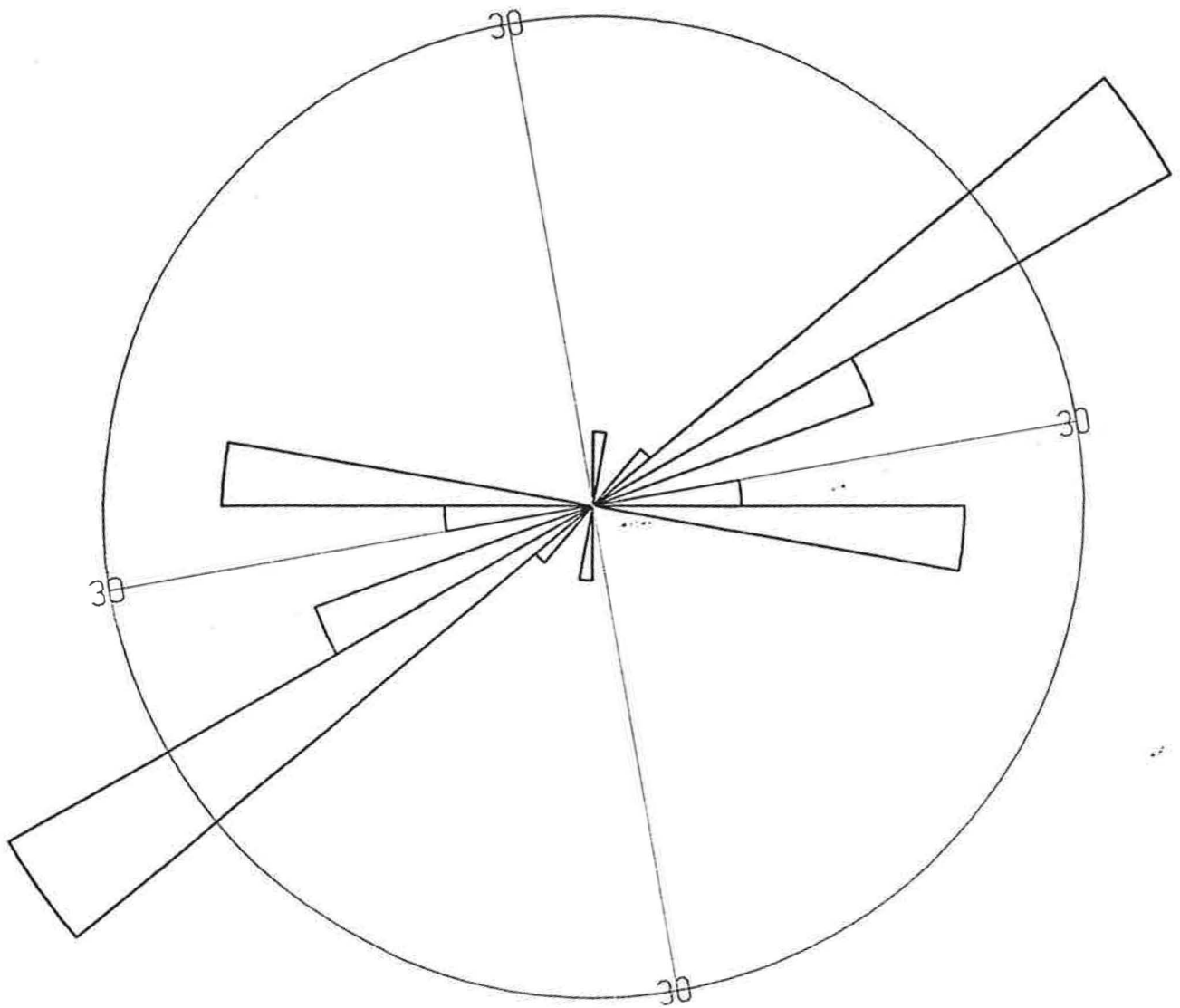




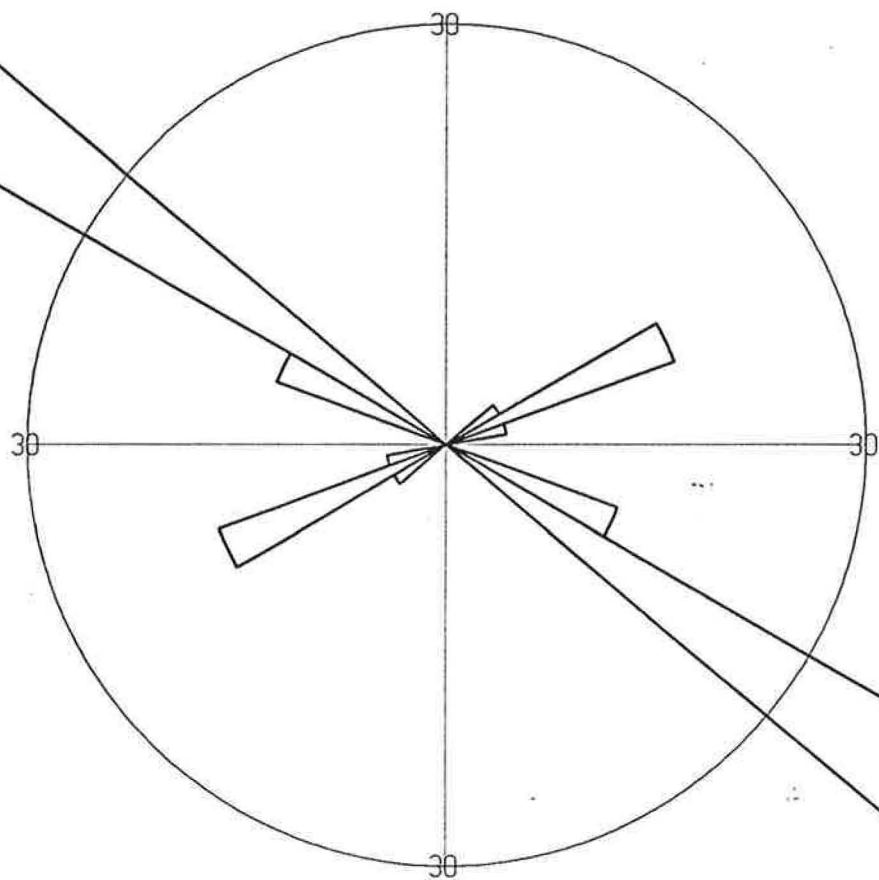
GRAUS - 2



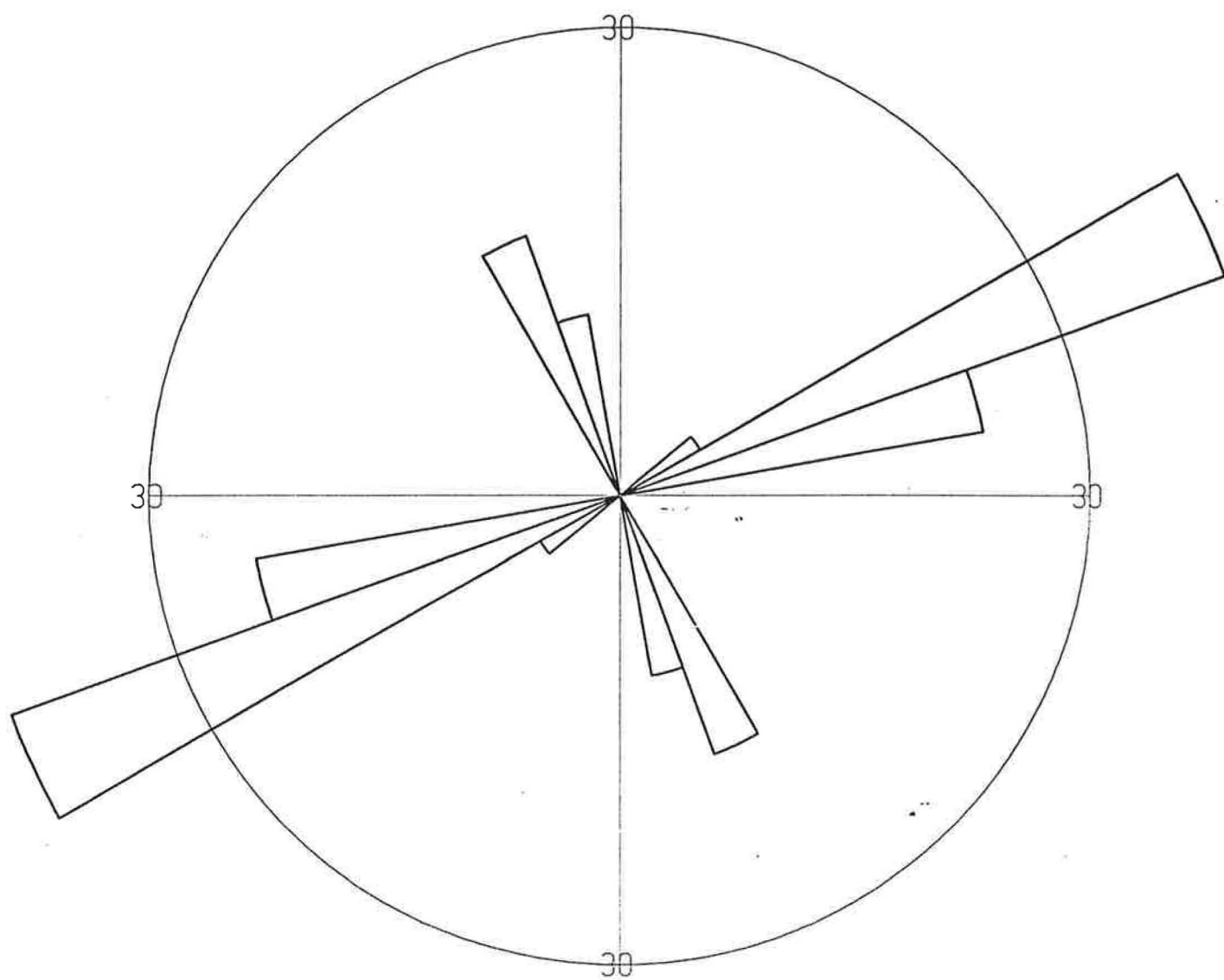
GRAUS - 3



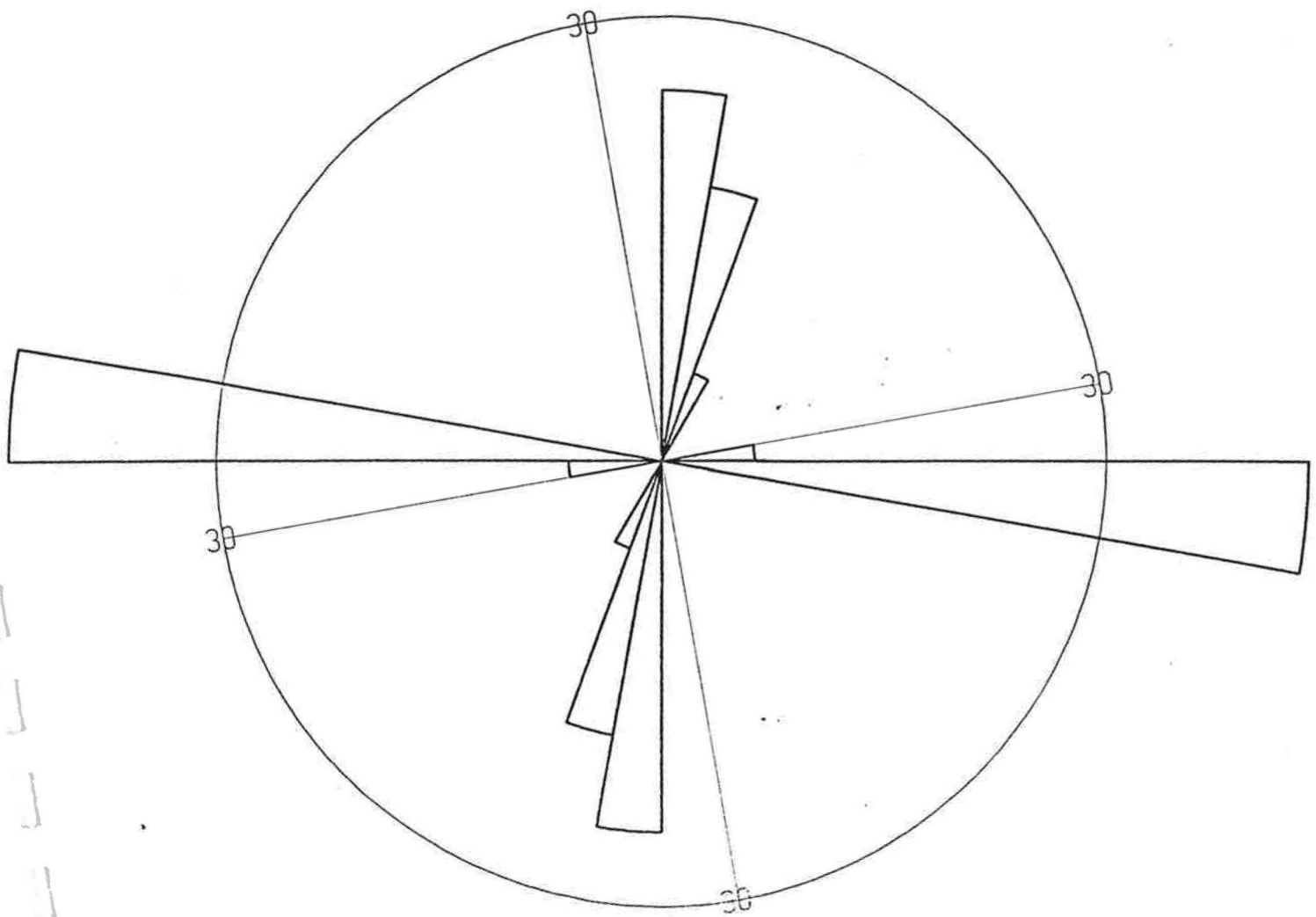
GRAUS - 4



GRAUS - 5



GRAUS - 6



GRAUS - 7

