



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**  
**Escala 1:50.000**

**DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA**

**Informe tectónico**

**Hoja nº 608 (22-24)**  
**HUETE**

**E.N. ADARO**  
**Autor: I. Gil Peña**

**Junio, 1991**



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

## 1.- INTRODUCCION

Desde el punto de vista geológico la hoja de Huete queda enmarcada en la zona más occidental de la Cordillera Ibérica, estando atravesada en dirección N-S por la Sierra de Altomira que separa la Depresión Intermedia, al E, de la Cuenca del Tajo, al O.

El área ocupada por la Cordillera Ibérica fue sometida durante el Mesozoico a un régimen tectónico distensivo que la configuró como un área de sedimentación. Su evolución durante este período puede ser asimilada a un desarrollo tipo aulacógeno (ALVARO et al., 1979). Durante el Terciario se generaliza en la región una ectónica de tipo compresivo que deforma el surco ibérico y pone fin a este tipo de desarrollo (ITGE, 1989). La historia tectónica a partir de este momento viene marcada por la posición de la Cordillera Ibérica entre los márgenes activos pirenáico y bético.

La estructura está condicionada por la zonación tectónica de los materiales implicados. Se pueden diferenciar dos niveles estructurales: el zócalo paleozoico compartimentado en bloques por fallas tardihercínicas, con un tegumento de Triás inferior adosado y la cobertera que comprende todas las unidades desde el Lías hasta el Terciario y que está muy adelgazada en el ámbito de Altomira. Entre estos dos niveles se sitúan los materiales plásticos del Trías que actúan como nivel de despegue. El papel jugado por el zócalo paleozoico

en las deformaciones de la cobertura es difícil de precisar, ya que la información sísmica en las grandes zonas anticlinales es deficiente (QUEROL, 1989). Sin embargo la orientación y geometría de la Sierra de Altomira hace pensar en un importante control de las deformaciones por el juego de accidentes de zócalo (RITCHER y TEICHMULLER, 1944; SANCHEZ SÚRIA y PIGNATELLI, 1967; CAPOTE y CARRO, 1970; MELENDEZ, 1969).

## 2.- DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

En el ámbito de la hoja podemos diferenciar dos dominios con características estratigráficas y estructurales propias: Sierra de Altomira y Depresión Intermedia.

### Dominio de Altomira

La Sierra de Altomira constituye el límite occidental de la Cordillera Ibérica, presentando una orientación submeridiana que es anómala respecto a las directrices generales del resto de la cadena. En conjunto se trata de un anticlinal cabalgante hacia el oeste, desarrollado probablemente por encima de los niveles plásticos del Keuper. En él se pueden diferenciar dos sectores: (1) Sector septentrional, de clara vergencia O, caracterizado por pliegues apretados de orientación N-S en los que son frecuentes los procesos de apilamiento de las distintas estructuras anticlinales. (2) Sector meridional en el que la alineación estructural de la Sierra se abre en abanico por el giro progresivo de los ejes de los pliegues hacia el SE, estos pliegues son más suaves y su vergencia es menos acusada que en el sector septentrional.

Al N de la hoja la estructura de este dominio se caracteriza por el apilamiento tectónico de anticlinales de dirección N-S. Los términos inferiores aflorantes en estas unidades tectónicas han sido atribuidos al Cretácico inferior. Los cabalgamientos que limitan estas unidades parecen conectar en su base con el nivel de despegue general de la cobertura y sus traslaciones parecen en general moderadas.

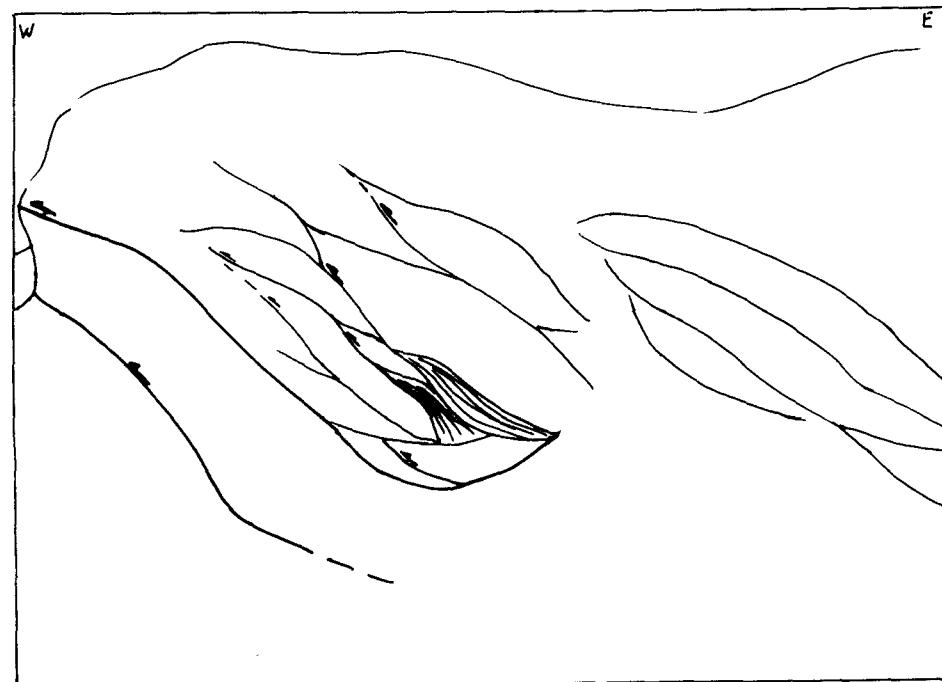


Fig. 1.- Duplex en las brechas del Cretácico inferior producido en el bloque superior del cabalgamiento situado al O del vértice de Altomira.

METODO DE LOS DIACRAMAS YR

ESTACION: CABALGAMTO / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza

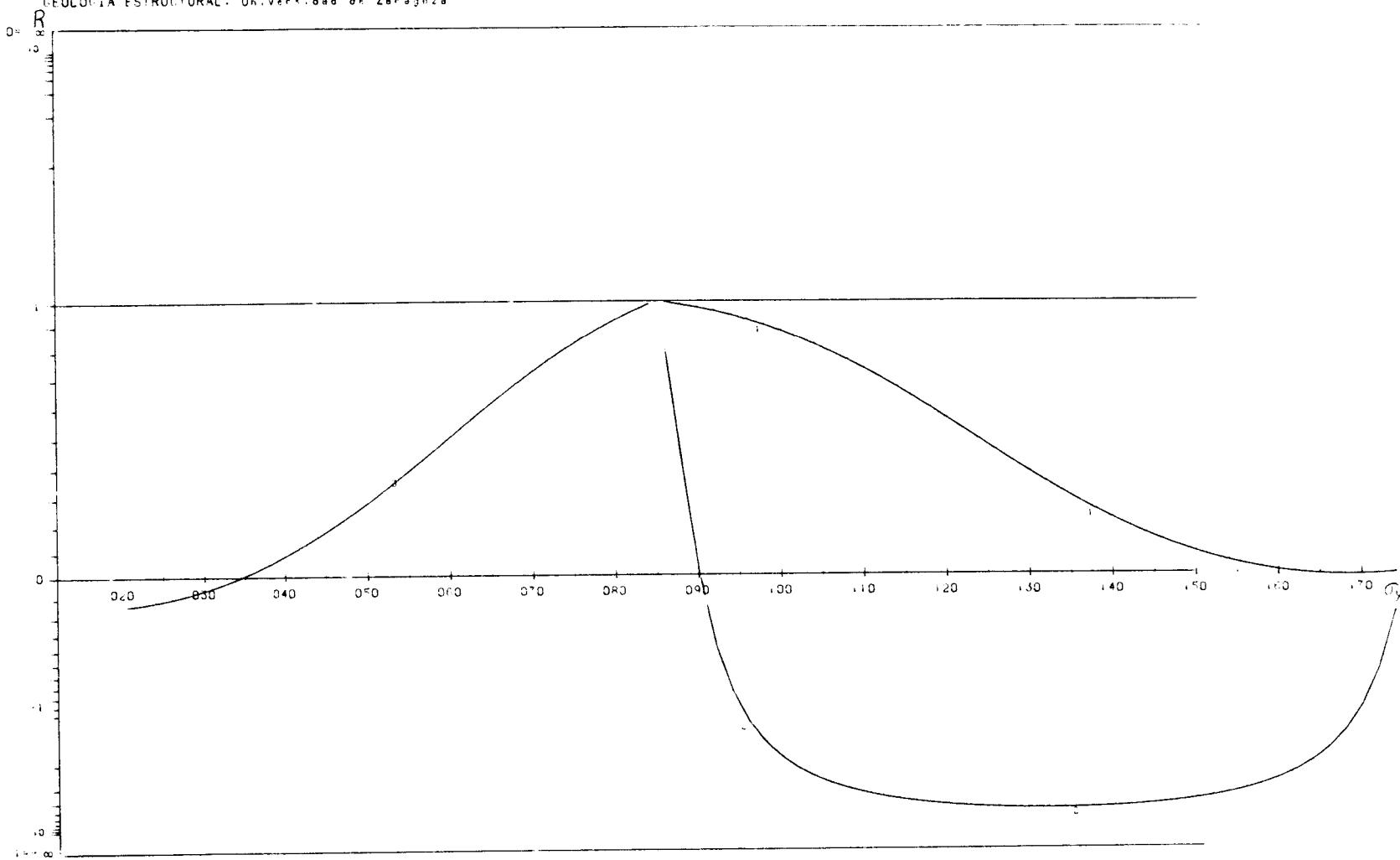


Fig. 2.- Direcciones del eje de máximo esfuerzo horizontal  $\sigma_y$  compatibles con los distintos tipos de movimiento registrados en un plano de cabalgamiento, en función de la relación  $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$  entre los valores de los esfuerzos principales. (1) Movimiento sinistral, (2) Movimiento inverso, (3) Movimiento dextral-inverso.

Los pliegues son de tipo flexural, observándose en los flancos estrías de deslizamiento capa sobre capa. Asociadas con los cabalgamientos existen estructuras secundarias (duplex y fallas inversas) que indican un acortamiento en dirección E-O (ver fig. 1). Al N de la zona estudiada, en la hoja de Almonacid de zorita, se han identificado en la base de un cabalgamiento, situado al O del vértice de Altomira, tres estrías de movimiento diferentes que señalan la existencia de, por lo menos, otros tantos momentos distintos de deslizamiento sobre ese plano. Una de estas estriaciones indica un fuerte carácter inverso del movimiento sobre el plano de falla ( $84^\circ$  hacia el S de cabeceo de la estria); otra marca un deslizamiento en dirección ( $11^\circ$  S de cabeceo) y la tercera señala un movimiento dextral inverso ( $35^\circ$  N de cabeceo). De las relaciones de corte entre las estrías se deduce que probablemente el primer deslizamiento en el tiempo fue de tipo inverso, no habiéndose encontrado criterios de relación temporal entre los otros dos movimientos.

En el diagrama Y-R de la fig. 2, las curvas nos muestran las distintas direcciones del eje de máxima compresión horizontal  $\sigma_y$  compatible con cada una de estas estriaciones en función de la relación R entre los valores de los esfuerzos principales.

Hacia el centro de la hoja la estructura se hace más complicada, apareciendo flancos invertidos y generalizándose la tectónica de fractura. Esta situación cambia a la altura de la carretera de Cuenca, puente en el que las estructuras giran, adoptando una orientación NNO. A partir de aquí los pliegues van amortiguándose progresivamente al mismo tiempo que los cabalgamientos, quedan prácticamente limitados al borde occidental de la sierra. Este cambio de orientación

puede ser explicado de acuerdo con ORTI (1981), como la respuesta al movimiento de un accidente de zócalo; la falla de Tarancón-Cañete, durante el periodo de estructuración de la Sierra de Altomira.

En la zona oriental, ya en la Depresión Intermedia, se individualiza un anticlinal de núcleo cretácico (anticlinal de Carracosa del Campo). El flanco occidental de esta estructura está roto, cabalgando las distintas unidades cretácicas y paleógenas sobre el sinclinal adyacente. La primera unidad neógena es el término más reciente afectado por este cabalgamiento.

La estructura de Altomira está parcialmente cubierta por las arcillas y brechas del Mioceno superior. Estos depósitos, postectónicos respecto al periodo diastrófico principal, presentan deformaciones atribuibles a un régimen tectónico de tipo compresivo. Así, en el ámbito de esta hoja, los depósitos turolenses están plegados de acuerdo con las mismas directrices estructurales de Altomira, presentando una orientación N-S al N de la hoja y NO al S. La deformación de estos materiales debe responder a pequeñas reactivaciones locales de los cabalgamientos infrayacentes ligadas a episodios compresivos tardíos.

#### Dominio de la Depresión Intermedia

Ocupada por la serie terciaria continental, su relleno ha estado fuertemente ligado a la evolución tectónica de la Sierra de Altomira. El principal marcador de las distintas etapas de deformación lo constituyen las numerosas discordancias internas observables en la secuencia sedimentaria. Así, la discordancia que media entre las unidades Paleógena y Paleógena-Neógena, marca el comienzo de la estructuración de la

Depresión intermedia como consecuencia directa del inicio del plegamiento en el dominio de Altomira.

La deformación continua durante el depósito de la unidad paleógena-neógena quedando evidenciado por la discordancia progresiva que esta unidad dibuja en el anticlinal de Carrascosa del Campo (DIAZ MOLINA, 1974).

La primera unidad neógena, discordante sobre la unidad paleógena-neógena, es sincrónica con la atenuación del período compresivo principal, mostrando en el anticlinal de Pareja, al N de la zona estudiada una discordancia progresiva.

En las inmediaciones de la Sierra de Altomira y del anticlinal de Carrascosa del Campo, estas unidades terciarias aparecen afectadas por pliegues de amplio radio que presentan orientación submeridiana al N y NNO al S. La más oriental de estas estructuras, el anticlinal de Huete, termina periclinalmente al N de la zona estudiada en las cercanías de Moncavillo (hoja de Almonacid de Zorita). Estas estructuras, de acuerdo con los datos de sísmica (QUEROL, 1989) son el reflejo en superficie de cabalgamientos ciegos cuyo nivel de despegue lo constituyen los materiales plásticos del Keuper.

Las calizas de la segunda unidad neógena (15) están afectadas por pliegues de escala entre decimétrica y métrica con geometría y orientación variables. Estas estructuras se forman por encima de los limos arcillosos del aragoniense (14) los cuales actúan como "nivel de despegue". Su origen está ligado a un episodio compresivo tardío que es también el responsable del plegamiento de los materiales del Mioceno superior que fosilizan la estructura de Altomira.

### Análisis microestructural

Se han obtenido medidas de microestructuras frágiles (planos de falla con estria y algunas diaclasas, picos estilíticos y juntas de extensión) en siete estaciones, estando cuatro de ellas situadas en la hoja de Almonacid de Zorita y las tres restantes en la hoja de Huete.

Para el análisis de las poblaciones de fallas se han utilizado tres métodos estadísticos que permiten obtener los estados de paleoesfuerzo compatibles con las mismas: el método geométrico-cinemático de los Didros Rectos (PEGORARO, 1972) que orienta sobre la complejidad de la población de fallas, y los métodos dinámicos de Etchecopar (ETCHECOPAR et al., 1981; ETCHECOPAR, 1984) y diagrama yR (SIMON GOMEZ, 1984). Este último, por su carácter gráfico, proporciona una mejor visualización de las soluciones.

En los casos en que la estratificación no se encontraba subhorizontal, ha sido necesaria la realización de sucesivos diagramas yR abatiendo la población de fallas según la dirección del plano de estratificación y con distintos buzamientos para llegar a visualizar las distintas soluciones compatibles con la población de fallas.

A continuación se describen las estaciones analizadas. Los resultados gráficos del análisis se recogen en la fig. 3 y en los anexos.

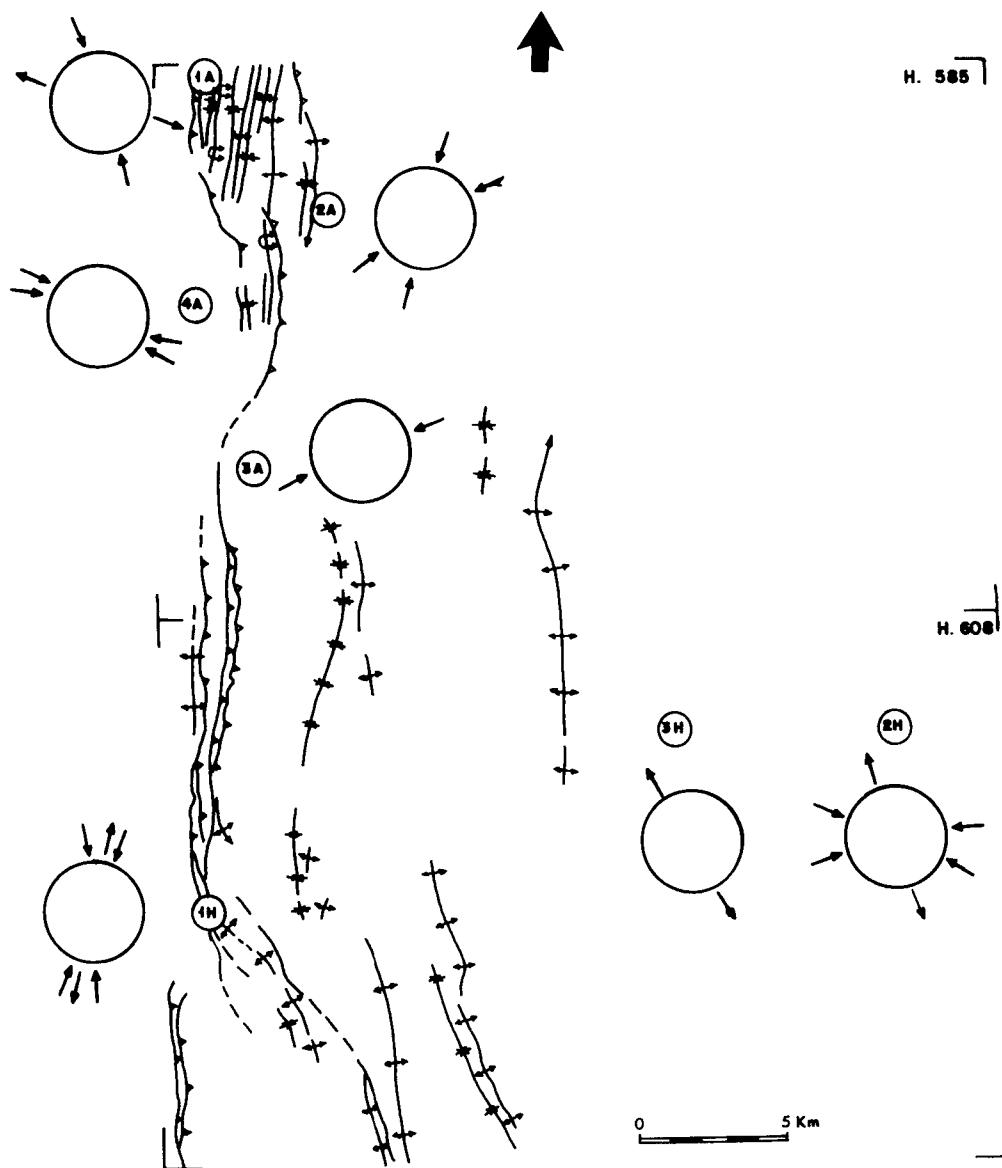


Fig. 3.- Esquema tectónico con la situación de las estaciones de microestructuras y representación de los tensores de esfuerzos obtenidos a partir del análisis de éstas.

**ESTACION: HUETE 1**

**Situación:**

En la cantera del canal de Riansares, sobre la vía del tren.

Coordenadas U.TM.: 30TWK144368

**Litología y estratificación:**

Flanco occidental de un anticlinal desarrollado en las calizas de Utiel (Santonense), en el punto en que éste se inflexiona, orientándose localmente en dirección E-O. Estratificación 096,50S

**Microestructuras:**

Se han medido 23 planos de fallas, habiéndose encontrado en 7 de ellos dos estriadas diferentes. Las orientaciones dominantes de los planos son NE y ESE, siendo más frecuentes los movimientos de tipo direccional.

**Análisis de fallas:**

**- Método de los diedros rectos:**

Se obtiene un máximo compresivo bien definido en dirección SSO, con fuerte inmersión hacia el S (unos 50° aproximadamente). El máximo distensivo es menos claro, tomando una orientación entre ENE y ESE.

- Método de Etchecopar:

El conjunto de las fallas es explicado por 3 tensores, siendo dos de ellos muy próximos entre sí:

a) El 47% de las fallas es explicado por un tensor con los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  contenidos en el plano de estratificación:  $\sigma_1$  023,53 S;  $\sigma_2$  006, 36 N,  $\sigma_3$  102,8 E;  $R = 0,51$ .

La posición de los planos en el círculo de Mohr nos indica que en general es posible el movimiento de éstos bajo este estado de esfuerzos aunque la orientación de algunos de ellos no es óptima.

b) El 30% de las fallas es explicado por un tensor con el eje  $\sigma_3$  contenido en el plano de estratificación y con  $\sigma_1$ , buzando en el mismo sentido pero menos que la estratificación:  $\sigma_1$  176,33 S;  $\sigma_2$  016,55 N;  $\sigma_3$  093,90;  $R = 0,5$ . El movimiento de estas fallas es posible bajo este régimen de esfuerzos, aunque su orientación no es óptima.

c) El 20% de las fallas es explicado por un tensor con el eje  $\sigma_2$  contenido en el plano de estratificación:  $\sigma_1$  162,38 N;  $\sigma_2$  086,16 E;  $\sigma_3$  014,47 S;  $R = 1,92$ . La orientación de las fallas es favorable al movimiento bajo este régimen de esfuerzos.

### - Método del diagrama y-R

En el diagrama sin abatir se identifican dos nudos: uno en el campo del desgarre para  $\sigma_y$  010 y  $R \approx 0,7$  y otro en el campo de la compresión triaxial para  $\sigma_y$  110 y  $R \approx 0,2$ . Al abatir según el plano de estratificación, el primer nudo se hace más claro dando una dirección de  $\sigma_y$  015 y  $R = 0,5$ . Las fallas que dan el segundo nudo al abatir insinuan una posible solución en el campo de distensión triaxial para  $R \approx 3$  y  $\sigma_y$  110, es decir para  $\sigma_3$  020.

La fracturación en esta localidad se produjo probablemente en dos etapas distintas: una compresión en régimen de desgarre ( $\sigma_2$  vertical) con el eje  $\sigma_1$  en torno a NNE que actuó previa y durante el plegamiento y una distensión triaxial ( $\sigma_1$  vertical) con  $\sigma_3$  NNE que también actuó previamente al plegamiento. Aunque esta 2<sup>a</sup> solución explica un número muy pequeño de fallas se ha tenido en cuenta ya que la población total se compone de relativamente pocas fracturas. En cualquier caso hay que tener cuidado a la hora de interpretar los estados de esfuerzos aquí deducidos en términos de campos de esfuerzos regionales, ya que la situación de la estación, justo en un punto en el que las macroestructuras giran posiblemente como respuesta a un accidente de zócalo nos indica que los esfuerzos han podido reorientarse.

**ESTACION: HUETE 2**

**Situación:**

Km 3 de la carretera de Caracenilla a Castillejo del Romeral, en una pequeña cantera.

Coordenadas UTM: 30TWK373418.

**Litología y estratificación:**

Calizas lacustres del Aragoniense-Vallesiense suavemente alabeadas. No ha sido posible medir ningún plano de estratificación.

**Microestructuras:**

Se han medido 27 planos de falla, cuyas orientaciones dominantes son NNE y ENE. En 9 de los planos existen varias estrias de falla distintas (2 ó 3 según los casos). Dominan los movimientos de tipo dextral. Los indicadores cinemáticos son poco abundantes, dominando los de tipo estrilolítico.

**Ánálisis de fallas:**

**- Método de los diedros rectos:**

Se obtiene un máximo compresivo de orientación entre ENE y ESE, con ligera inmersión hacia el E. El máximo distensivo está en posición subhorizontal con dirección S-SSO.

- **Método de Etchecopar:**

El conjunto de las fallas queda explicado por tres tensores, dos de ellos relativamente próximos entre sí.

- a) El 27% de las fallas es explicado por un régimen de distensión triaxial ( $\sigma_1$  vertical) con  $\sigma_1$  162,89 N;  $\sigma_2$  073,0 y  $\sigma_3$  163,1 S;  $R = 2,78$ . La orientación de las fallas es favorable al movimiento bajo este régimen de esfuerzos.
- b) El 28% de las fallas es explicado por un régimen de desgarre ( $\sigma_2$  vertical) con  $\sigma_1$  113,3 E;  $\sigma_2$  174,84 N y  $\sigma_3$  023,5 S;  $R = 0,5$ . La posición de los planos en el círculo de Mohr nos indica que su orientación en general es favorable para el movimiento bajo ese estado de esfuerzos.
- c) El 15% de las fallas es explicado por un tensor con los ejes algo inclinados cuya orientación es  $\sigma_1$  079,4 E;  $\sigma_2$  179,69 S y  $\sigma_3$  168,21 N;  $R = 0,33$ , es decir, en régimen de desgarre. El movimiento de estas fallas es posible bajo este régimen de esfuerzos, aunque su orientación no es óptima.

- **Método del diagrama y-R:**

Se identifican varios nudos en los campos de desgarre ( $\sigma_2$  vertical) y de compresión triaxial ( $\sigma_3$  vertical) entre los que no es fácil diferenciar cuales son ficticios y cuáles no, debido a que no existe

una familia de fallas sinestrales bien desarrollada. Estos nudos dan direcciones de  $\sigma_y$  entre ENE y ESE, y valores de R entre 0,4 y -1. Tambien se insinúa un nudo en el campo de la distensión ( $\sigma_z = \sigma_1$ ) para una orientación de  $\sigma_y$  075 y un valor de R  $\approx 1,5$ .

La fracturación de esta localidad se produjo en varias etapas distintas: un periodo compresivo en régimen de desgarre con el eje de máxima compresión situado en torno a la dirección E-O y una distensión triaxial con  $\sigma_3$  en dirección 163. No se han encontrado en este afloramiento criterios claros de edad relativa entre los distintos estados de esfuerzos.

**ESTACION: HUETE 3**

**Situación:**

En la carretera de Huete a Verdelpino de Huete, junto al río de la Aldehuela.

Coordenadas UTM: 30TWK295433.

**Litología y estratificación:**

Medidas en las areniscas de la unidad paleógena-neógena (12). Estratificación: 170,5E.

**Microestructuras:**

Se han medido 39 diaclasas que se agrupan en torno a una dirección ENE. Estas estructuras son coherentes con un eje de máxima extensión  $\sigma_3$  en dirección NNO.

## ESTACION: ALMONACID DE ZORITA 1

### Situación:

Pista que va de la Ermita de San Antón (hoja de Sacedón) a la urbanización de chalets de Albalate de Zorita, próximo al pico Encina de Ventanillos.

Coordenadas UTM: 30TWK141646

### Litología y estratificación:

Núcleo del anticlinal cabalgante de Encina de Ventanillos, en las carniolas del Lías. Estratificación 175,20 E.

### Microestructuras:

Se han medido 29 planos de fallas, 6 de ellos presentan dos estriaciones distintas que se agrupan en una familia principal de orientación N-S y una secundaria NO-SE. Las fallas son generalmente normales o dexterales. Los indicadores cinemáticos principales son escallones de recristalización de calcita.

#### - Método de los diedros rectos:

Se obtiene un máximo distensivo bien definido de dirección 090, subhorizontal. El máximo compresivo es más amplio y de orientación 020 con marcada inmersión al S (unos 50º aproximadamente).

**- Método de Etchecopar:**

El conjunto de las fallas queda explicado con dos soluciones distintas:

- a) El 66% de las fallas es explicado por un régimen distensivo triaxial ( $\sigma_1$  vertical), con  $\sigma_1$  060,800;  $\sigma_2$  017,7 N;  $\sigma_3$  108,7 E, siendo  $R = 7,14$ . La posición de los planos en el círculo de Mohr nos indica que su orientación es favorable al movimiento bajo ese estado de esfuerzos.
- b) El 23% de las fallas es explicado por un régimen de desgarre ( $\sigma_2$  vertical) con  $\sigma_1$  165,8 N;  $\sigma_2$  119,79 E;  $\sigma_3$  074,80, siendo  $R = 0,14$ . La orientación de las fallas es favorable para el movimiento bajo ese estado de esfuerzos.

**- Método el diagrama y-R:**

Al abatir la población de fallas según el plano de estratificación (175,20 E), se clarifica un nudo en el campo distensivo que ya se insinuaba en el diagrama sin abatir. La dirección de  $\sigma_3$  deducida a partir de este nudo es 105, con  $R \approx 3$ .

En el campo del desgarre también "mejora" una solución en torno a la dirección 165 de  $\gamma$ , pero hay que notar que la ausencia casi total de fallas sinestables hace que no tengamos un nudo bien definido.

La fracturación en este área es consecuencia de dos regímenes tectónicos distintos: una distensión triaxial con  $\sigma_3$  ESE y una compresión en régimen de desgarre con  $\sigma_1$  en dirección NNO, no quedando claro el orden temporal de actuación de estos regímenes tectónicos ni su relación con el plegamiento.

**ESTACION: ALMONACID DE ZORITA 2**

**Situación:**

En la cantera del Molino de Jabalera, junto al río Jabalera.

Coordenadas UTM: 30WK180603

**Litología y estratificación:**

Flanco oriental del anticlinal de Jabalera en las dolomías tableadas del Santomense. Estratificación: 179,79 E.

**Microestructuras:**

Se han medido 31 planos de fallas, 4 de ellas con dos estriaciones distintas, y 11 juntas de extensión. Los planos de estratificación han rejugado como juntas de extensión y/o como fallas direccionales; también se observan algunas fallas que han rejugado posteriormente como juntas de extensión. Las fallas se agrupan en dos familias perpendiculares: NNO y ENE.

**Análisis de fallas:**

**- Método de los diedros rectos**

Existen dos máximos compresivos que están poco definidos; uno es de dirección NNE con ligera inmersión hacia el N y otro en dirección ENE con inmersión de unos 30º al E. El máximo distensivo se sitúa en di-

rección E-O aproximadamente, con inmersión al O. De la distribución de máximos parece deducirse que la población es politensorial.

- **Método de Etchecopar:**

El conjunto de las fallas queda explicado por dos tensores:

- a) El 17% de las fallas es explicado por un tensor de desgarre ( $\sigma_2$  vertical), con  $\sigma_1$  016,15 N;  $\sigma_2$  178,75 S;  $\sigma_3$  105,5 O, siendo  $R = 0,12$ . La orientación de estas fallas es favorable para el movimiento bajo ese régimen de esfuerzos.
- b) El 28% de las fallas es explicado por un tensor con  $\sigma_1$  060,51 E/ $\sigma_2$  148,2 N/ $\sigma_3$  057,39 O, siendo  $R = -0,21$ . La posición de estos planos en el círculo de Mohr indica que su orientación es, en general, favorable al movimiento bajo ese estado de esfuerzo.

- **Método del diagrama y-R:**

Al abatir la población de fallas según un plano de orientación 179,55 E se clarifica un nudo en el campo de desgarre que ya se insinuaba al abatir según el plano de estratificación. La dirección de  $\sigma_1$  obtenida a parir de este nudo es 020 con  $R = 0,1$  (desgarre muy próximo a compresión uniaxial). En el campo de la compresión aparece un nudo para  $\sigma_y$  070 y  $R = -0,3$ .

La fracturación en este área es consecuencia de dos régimenes tectónicos distintos: una compresión en régimen de desgarre ( $\sigma_2$  vertical) con  $\sigma_1$  NNE y una compresión próxima a uniaxial con  $\sigma_1$  ENE que actuó posteriormente al inicio del plegamiento en la región.

**ESTACION: ALMONACID DE ZORITA 3**

**Situación:**

Carretera Vellisca-Embalse de la Bujeda, en el límite de las provincias de Cuenca-Guadalajara.

Coordenadas UTM: 30TWK154516

**Litología y estratificación:**

Flanco oriental del anticlinal cabalgante de la Sierra de los Degollados, en las brechas dolomíticas de Utiel del Santoniense. Estratificación: 172,22 E.

**Microestructuras:**

Se han medido 20 planos de fallas, uno de ellos con 2 estrías diferentes, cuya orientación dominante es E-O. El movimiento de éstas es normalmente de tipo direccional. Los indicadores cinemáticos son principalmente escalones de recristalización.

**Análisis de fallas:**

**- Método de los diedros rectos:**

Se obtiene un máximo compresivo en dirección 060-070 con ligera inmersión hacia el E. El máximo distensivo se alarga en dirección 150-160, pudiendo presentar cualquier inmersión, lo cual nos indica que el valor de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  debe ser muy próximo entre sí.

- **Método de Etchecopar:**

El 86% de las fallas es explicado por un régimen de desgarre próximo a la compresión uniaxial ( $\sigma_2$  vertical y con un valor muy próximo a  $\sigma_3$ ) con  $\sigma_1$  069,16 E;  $\sigma_2$  051,740;  $\sigma_3$  157,5 N, siendo  $R = 0,06$ . Los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  están contenidos aproximadamente en el plano de estratificación.

- **Método del diagrama y-R:**

Al abatir la población de fallas según el plano de estratificación (172,22 E) aparece un nudo en el campo de desgarre con  $\sigma_y$  entre 060-080 y  $R$  entre 0 y 0,4.

El movimiento de las fallas en este área es consecuencia de un régimen tectónico de desgarre próximo a la compresión uniaxial con  $\sigma_1$  070 que actuó previamente al plegamiento de las capas, ya que  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  están contenidos en el plano de estratificación.

## **ESTACION: ALMONACID DE ZORITA 4**

### **Situación:**

En una cantera situada unos 3 Km al N del embalse de la Bujeda, junto a la carretera que va a Albalate de Zorita.

Coordenadas UTM: 30TWK138574

### **Litología y estratificación:**

Flanco oriental de un anticlinal que afecta a las calizas del Turolense. Estratificación: 004,36 E.

### **Microestructuras:**

Se han medido 47 planos de falla, 2 de ellos con 2 estrías distintas, 10 picos estilolíticos y 6 juntas de extensión. Las juntas de extensión definen una dirección de máxima extensión 020 aproximadamente, mientras que los estilolitos, mas dispersos, definen una dirección de compresión entre E-O y NO-SE.

La orientación de los planos de falla es bastante variable, aunque domina la dirección NO-SE. Predominan los movimientos de tipo direccional.

#### **- Método de los diedros rectos:**

Se obtiene un máximo comprensivo bien definido, de dirección 110 y con ligera inmersión hacia el E. El máximo distensivo se sitúa en posición subhorizontal

con ligera inmersión hacia el S y que se alarga bastante en dirección 020.

- **Método de Etchecopar:**

El conjunto de las fallas queda explicado por dos soluciones bastante próximas entre sí:

- a) El 67% de las fallas es explicado por un régimen de desgarre ( $\sigma_2$  vertical), con  $\sigma_1$  112,30 E;  $\sigma_2$  113,60 O;  $\sigma_3$  022,1 S, siendo  $R = 0,14$ . Los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  quedan contenidos en el plano de estratificación. La posición de los planos en el círculo de Mohr nos indica que su orientación es favorable para moverse bajo ese estado de esfuerzos.
- b) El 16% de las fallas es explicado por un tensor de desgarre con  $\sigma_1$  122,2 O;  $\sigma_2$  048,81 N;  $\sigma_3$  032,9S, siendo  $R = 0,40$ . Las fallas presentan una orientación favorable para moverse bajo ese estado de esfuerzos.

- **Método del diagrama y-R:**

En el diagrama sin abatir se observan varias soluciones:

- $\sigma_1$  115 y  $R$  próximo a 0 en régimen de compresión uniaxial ( $\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_x = \sigma_z$ ).
- $\sigma_1$  125 y  $R = 0,4$ , en régimen de desgarre ( $\sigma_2 = \sigma_z$ ).

- $\sigma_1$  110 y  $R = -3$ , en régimen de compresión triaxial ( $\sigma_3$  vertical).
- $\sigma_2$  090 y  $R = 3$  en régimen de distensión triaxial ( $\sigma_1$  vertical).

Al abatir la población de la falla según el plano de estratificación aparece un único nudo relativamente disperso, con  $\sigma_1$  en dirección 110 y el valor de  $R$  comprendido entre 0 y 0,4.

La fracturación y el resto de las microestructuras en esta localidad son compatibles con una compresión uniaxial ESE que comenzó a actuar previamente al plegamiento y que continuó con posterioridad a éste, aunque con un valor de la relación de esfuerzos  $R$  más alto. El plegamiento también es compatible con este mismo régimen tectónico.

#### 4.- INTERPRETACION TECTONICA

Desde el inicio del Mesozoico, la región fue sometida en su conjunto a una etapa distensiva que la configuró como un área de sedimentación controlada por los accidentes tardí-hercínicos. Estos funcionaron con movimiento vertical delimitando zonas de umbrales y surcos, pudiendo invertir su tendencia de una etapa a otra.

Estos movimientos en la vertical producidos durante las fases neo-kimérica y aústrica en el Jurásico y Cretácico son los responsables de la ausencia del Jurásico y de parte del Cretácico inferior en la zona estudiada (SANCHEZ SORIA, 1973). Quizá puedan atribuirse a esta tectónica mesozoica las microestructuras de las estaciones Huete-1 y Almonacid-1, compatibles con regímenes tectónicos distensivos. La distinta orientación de los ejes deducidos en ambos casos sería debida a variaciones espaciales o temporales del campo de esfuerzos.

A finales del Cretácico la aparición de los primeros sedimentos continentales marca posiblemente el cambio de régimen, generalizándose en la región una tectónica compresiva que es la responsable de la mayor parte de las macro y microestructuras observables en la zona. Este régimen de esfuerzos se extiende a lo largo de todo el Paleógeno y parte del Mioceno, debilitándose hacia el final de este período y siendo finalmente sustituido por un nuevo régimen distensivo.

La edad aproximada de las estructuras vistas en la hoja puede establecerse en virtud de su relación con las unidades que componen la serie terciaria en la zona marginal de la Depresión Intermedia.

Así, el inicio de la estructuración de la Depresión Intermedia como cuenca independiente de la Fosa del Tajo queda marcada por la discordancia que separa la unidad paleógena de la paleógena-neógena ya que la unidad paleógena presenta una marcada continuidad estructural con toda la serie cretácica.

Durante el depósito de la unidad paleógena-neógena la deformación continúa, hecho que queda evidenciado por la discordancia progresiva que esta unidad dibuja en relación con el anticlinal de Carrascosa del Campo (DIAZ MOLINA, 1974). La estructura de Altomira queda configurada de forma casi definitiva al final de este periodo.

Durante el depósito de la primera unidad neógena la deformación continúa en las zonas de la Depresión Intermedia, adyacentes a la Sierra de Altomira, acentuándose los pliegues que habían comenzado a formarse en el periodo anterior (anticlinal de Carrascosa del Campo) y formándose otros nuevos (pliegues de la Depresión Intermedia).

En el Mioceno superior un nuevo pulso compresivo provoca el plegamiento de los materiales del Mioceno superior de la Fosa del Tajo y de la Depresión Intermedia.

Los resultados del análisis microestructural coinciden parcialmente con lo indicado por la macroestructura. Previamente al plegamiento de las capas comenzó a actuar una com-

presión en régimen de desgarre con  $\sigma_1$ , según dirección ENE (estación Almonacid-3) que localmente dió lugar a compresiones NNE (estación Huete-1), debido a la desviación de las trayectorias del campo de esfuerzos provocadas por los accidentes del zócalo. Este régimen evolucionó hacia una compresión uniaxial (estación Almonacid-2) que posiblemente es la responsable de la formación de los pliegues y cabalgamientos vistos en la hoja. Variaciones temporales en el valor de la relación entre los esfuerzos principales unido a pequeños giros de los ejes da lugar al rejuego como fallas direccionales y direccional-inversas de algunos planos de cabalgamiento.

La compresión en torno a N-S detectada en las estaciones 1 y 2 de Almonacid de Zorita no tiene ningún reflejo a nivel macroestructural en el ámbito de Altomira, aunque en el resto de la Cordillera Ibérica está ampliamente documentada.

La compresión ESE detectada en las estaciones 1 de Huete y 4 de Almonacid de Zorita es compatible con el plegamiento de las unidades del Mioceno superior en la fosa del Tajo y Depresión Intermedia.

En resumen, la evolución tectónica del área durante el período orogénico está marcada principalmente por una compresión ENE que actuó aproximadamente desde el Arveniense hasta finales del Ageniense, teniendo probablemente el máximo diastrófico una edad intra-ageniense. Esta compresión ha sido detectada también por ALVARO y CAPOTE (1973) en Saélices y por MANERA BASSA (1981) al S de Altomira y se correlaciona con la tercera fase definida por CAPOTE et al. (1982) para la rama castellana de la Ibérica. Esta fase es posterior a la que ha sido definida como etapa compresiva principal de la Ibérica (ALVARO, 1975), la cual ha sido detectada en el ámbi-

to de Altomira únicamente por la discordancia que separa las unidades paleógena y paleógena-neógena y por la formación de estilolitos (MANERA BASSA, 1981).

La compresión N-S, de escasa importancia en Altomira, hay que situarla en el Mioceno inferior o medio, teniendo su correlación en otras muchas áreas de la Ibérica (CAPOTE et al., 1982, SIMON, 1984, CASAS, 1990) y en el Sistema Central (CALVO et al., 1991). Para GUIMERA y ALVARO (1990) y GUIMERA (1988) esta es la única dirección de compresión primaria en la Ibérica, respondiendo el resto de las compresiones a desviaciones en las trayectorias de los esfuerzos, provocadas en los grandes accidentes de zócalo y cobertura.

Los últimos movimientos compresivos registrados tienen lugar durante el Mioceno superior, correlacionándose con la etapa de instalación de mantos en la Sierra de Cantabria y con etapas de deformación en las Béticas.

Se han encontrado pocos datos en esta hoja de movimientos tectónicos de tipo distensivo, aunque éstos están bien documentados a escala regional. Únicamente pueden considerarse aquí las diaclasas medidas en la estación 3 de Huete y las microfallas de la estación 2 compatibles con un régimen tectónico de tipo distensivo.

En ambos casos el eje de máxima extensión  $\sigma_3$  deducido tiene una orientación NNO, el cual resulta también compatible con algunas fallas normales a escala de afloramiento que afectan a la unidad paleógeno-neógena y primera unidad neógena en la hoja de Almonacid de Zorita.

Este régimen de esfuerzos se instala con posterioridad en las etapas compresivas principales de Altomira, probablemente durante el Mioceno superior. El tránsito de la compresión a la distensión debió producirse de forma gradual mediante el intercambio de los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  del elipsoide, fenómeno que parece ser la tónica común en todo el cuadrante NE de la Península (SIMON, 1984, 1986; GUIMERA, 1984; GRACIA y SIMON, 1986).

## ANEXO DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS

En este anexo se recogen los principales resultados que ha arrojado el análisis de fallas en aquellas estaciones en que han podido medirse planos estriados. Los documentos que se incluyen son los siguientes:

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

(2) Estereograma con el resultado del método de los Diedros Rectos (proyección de Schmidt, hemisferio inferior). Las isolíneas unen las direcciones del espacio para las cuales el porcentaje de fallas compatibles con extensión en esa dirección es el mismo.

(3) Extracto de resultados del método de ETCHECOPAR et al. (1981). Se incluyen:

a) Resultados numéricos de la orientación de los ejes y la relación de esfuerzos  $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$  del ángulo medio de dispersión entre estrías teóricas y reales para la solución hallada. Llamando  $R$  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):  $R = 1/R_e$
- Si  $\sigma_z = \sigma_2$  (régimen compresivo de desgarre):  $R = R_e$
- Si  $\sigma_z = \sigma_3$  (régimen de compresión triaxial):  $R = R_e / (R_e - 1)$

b) Representación de Mohr de los planos de falla en relación a los ejes de esfuerzos obtenidos.

c) Histograma de desviaciones angulares (en radianes) entre estrías teóricas y reales.

d) Representación estereográfica equireal de los ejes de esfuerzo.

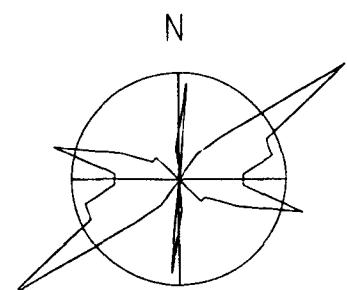
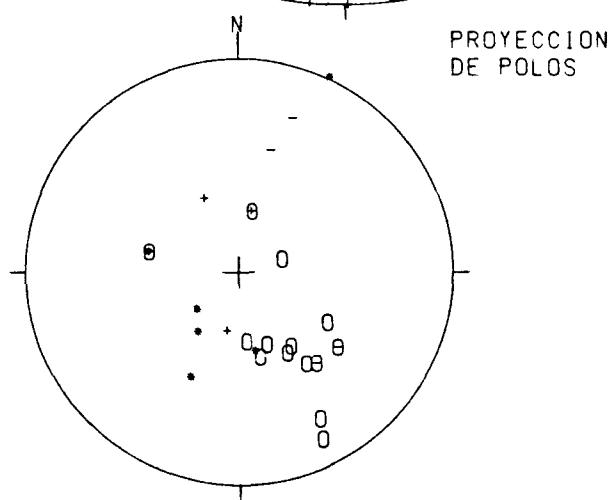
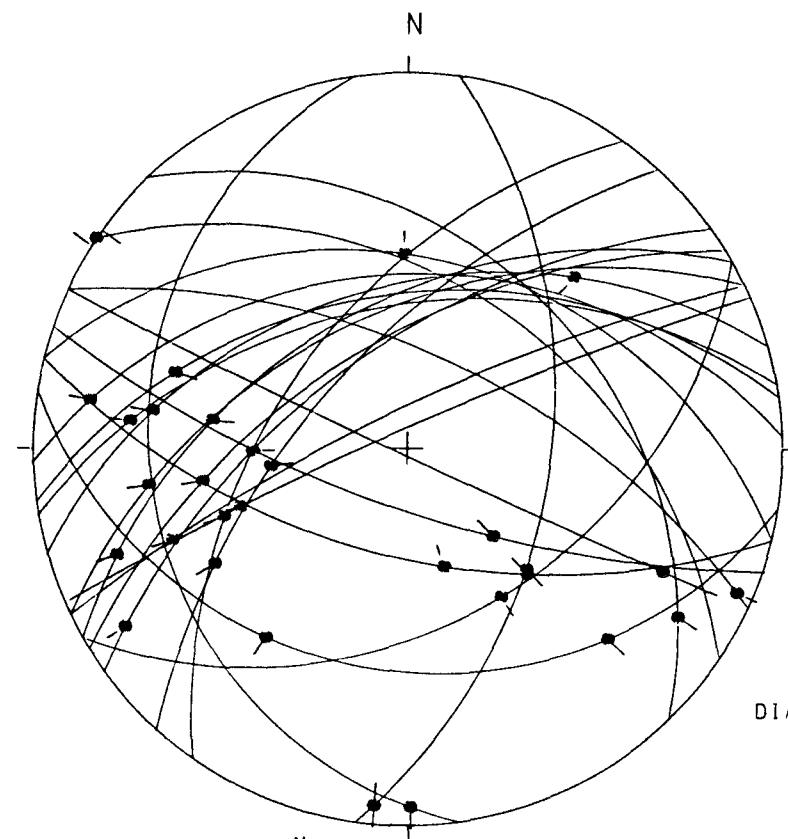
(4) Diagrama y-R (SIMON GOMEZ, 1986) de la población de fallas. Los tensores solución vienen definidos en el mismo por las coordenadas (Y, R) que corresponden a los "nudos" de máxima densidad de intersecciones de curvas. R representa aquí la relación de esfuerzos  $(\sigma_z - \sigma_x) / (\sigma_y - \sigma_x)$  que aparece en la ecuación BOTT (1959):

$$\operatorname{tg}\phi = (n/lm) [m^2 - (1-n^2)(\sigma_z - \sigma_x) / (\sigma_y - \sigma_x)]$$

donde  $\phi$  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;  $\sigma_z$  es el eje de esfuerzo vertical, y  $\sigma_y > \sigma_x$  son los ejes horizontales. El valor de Y representa el acimut del eje  $\sigma_y$ .

Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

ESTACION: HUETE-1



O: POLOS DE FALLAS SINESTRALES

•: POLOS DE FALLAS DEXTRALES

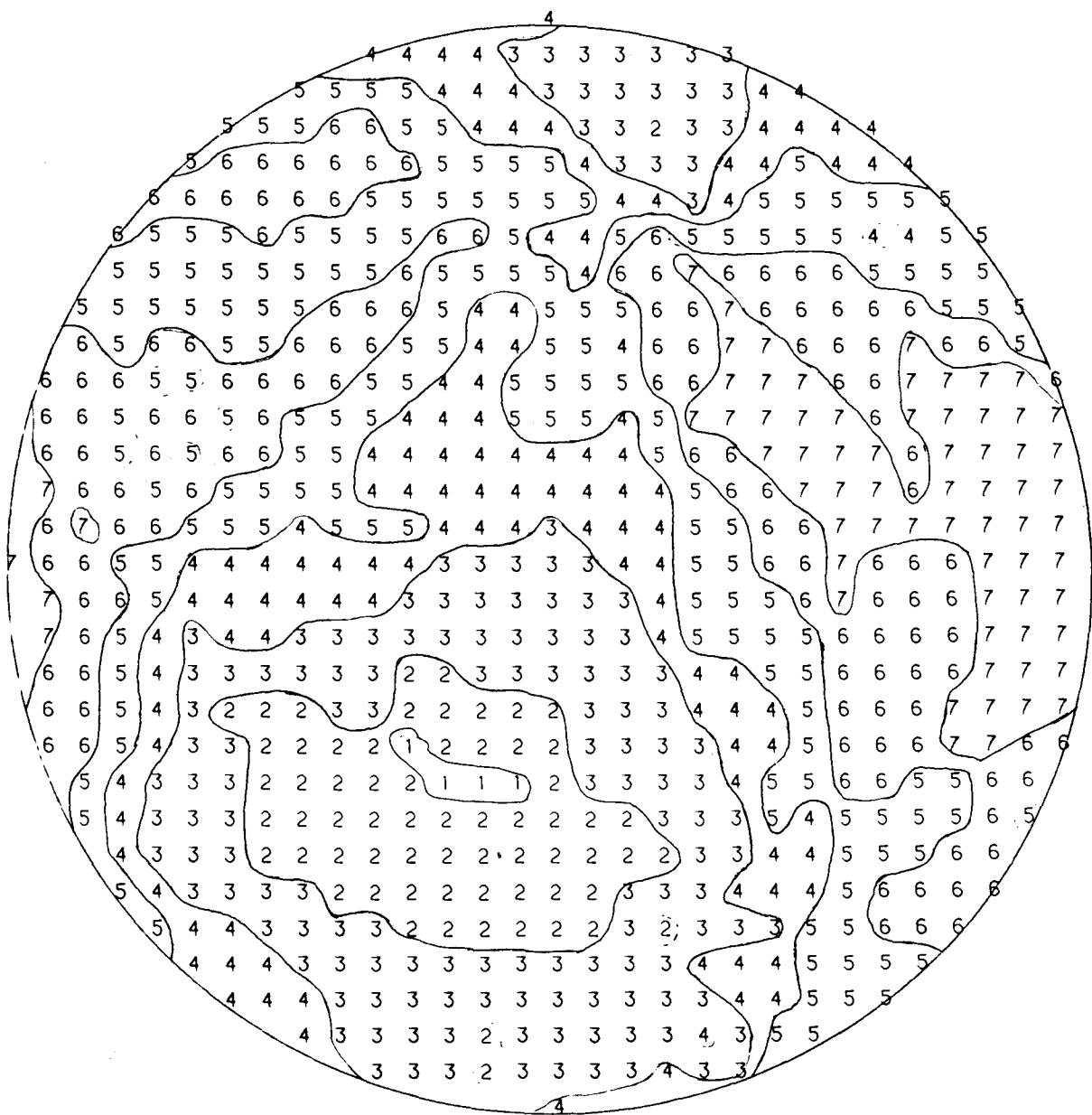
+: POLOS DE FALLAS NORMALES

-: POLOS DE FALLAS INVERSAS

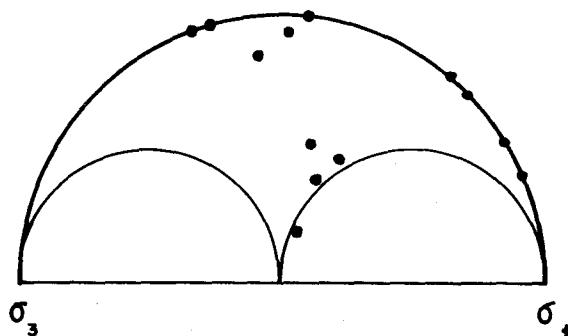
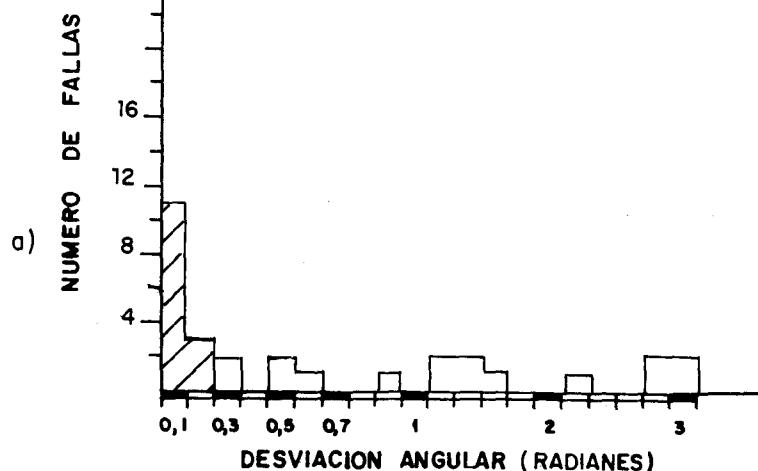
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%

# METODO DE LOS DIEDROS RECTOS

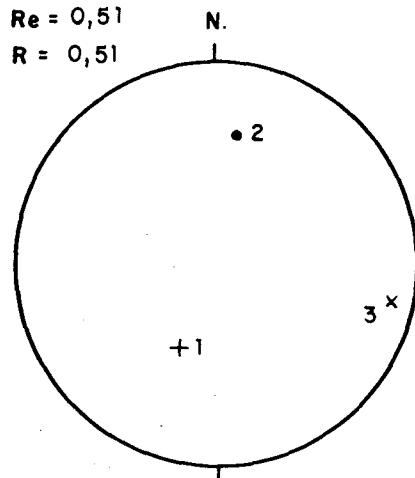
ESTACION : HUETE-1



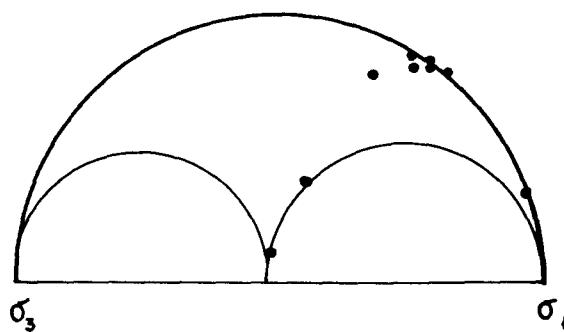
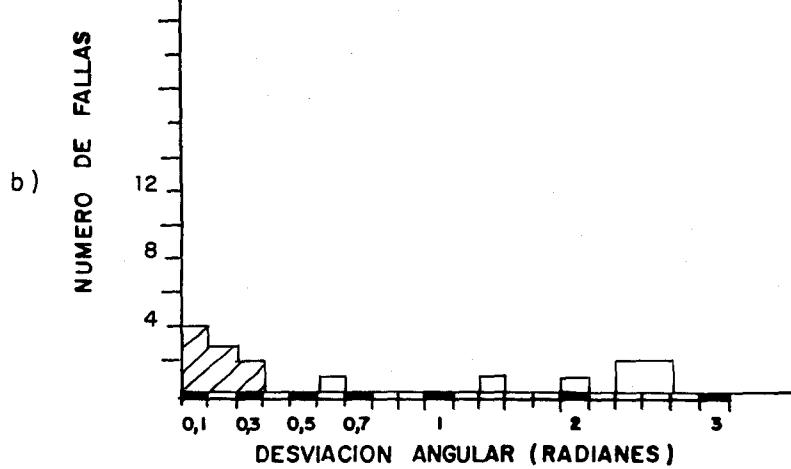
# HUETE 1



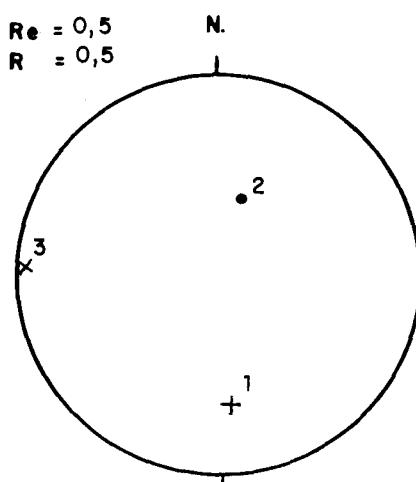
$Re = 0,51$   
 $R = 0,51$



$\sigma_1 = 023, 53S$   
 $\sigma_2 = 006, 36N$   
 $\sigma_3 = 102, 8E$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $6^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 47 %

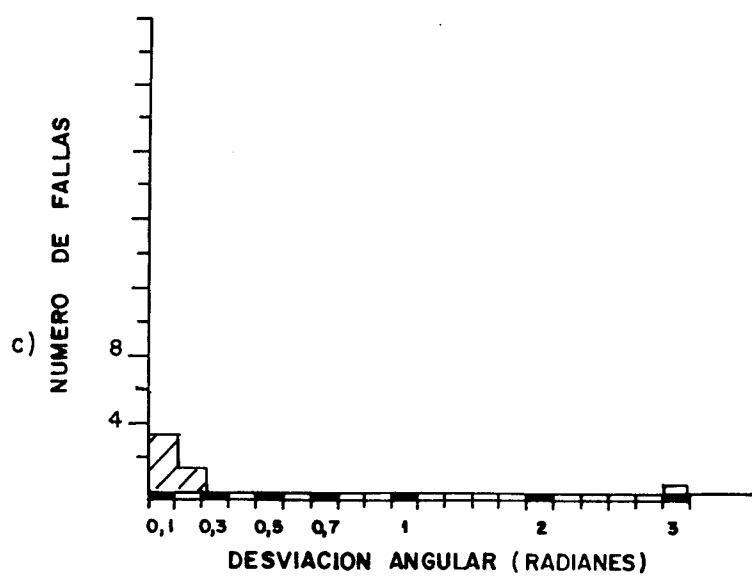


$Re = 0,5$   
 $R = 0,5$

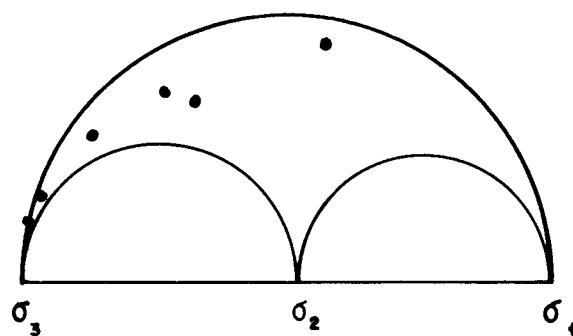
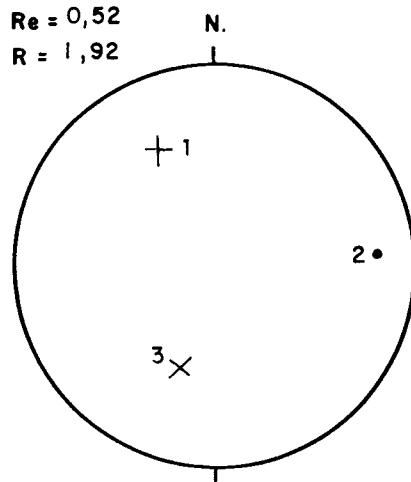


$\sigma_1 = 176, 33S$   
 $\sigma_2 = 016, 55N$   
 $\sigma_3 = 093, 90$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $12^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 30 %

HUETE 1

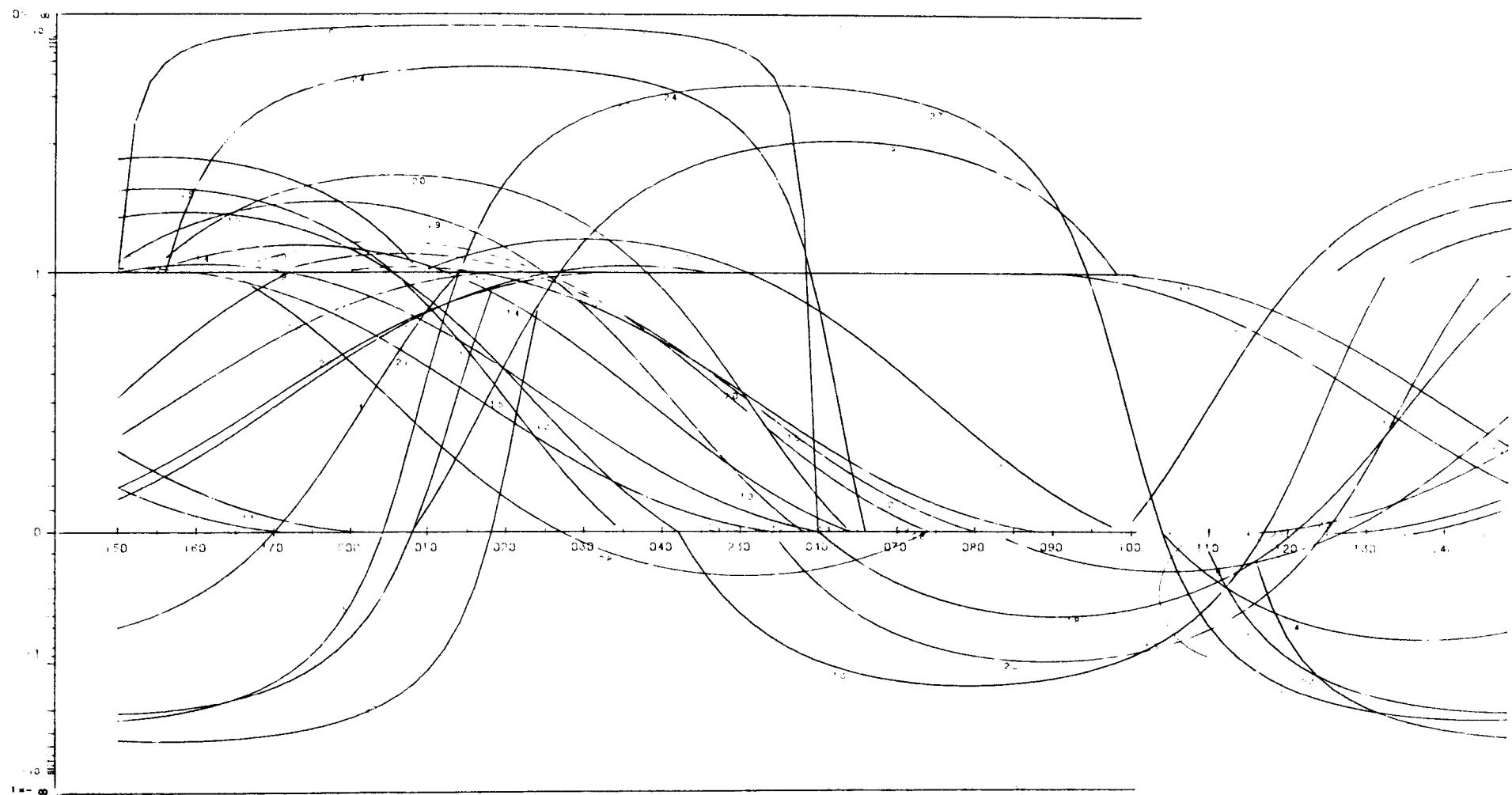


$Re = 0,52$   
 $R = 1,92$



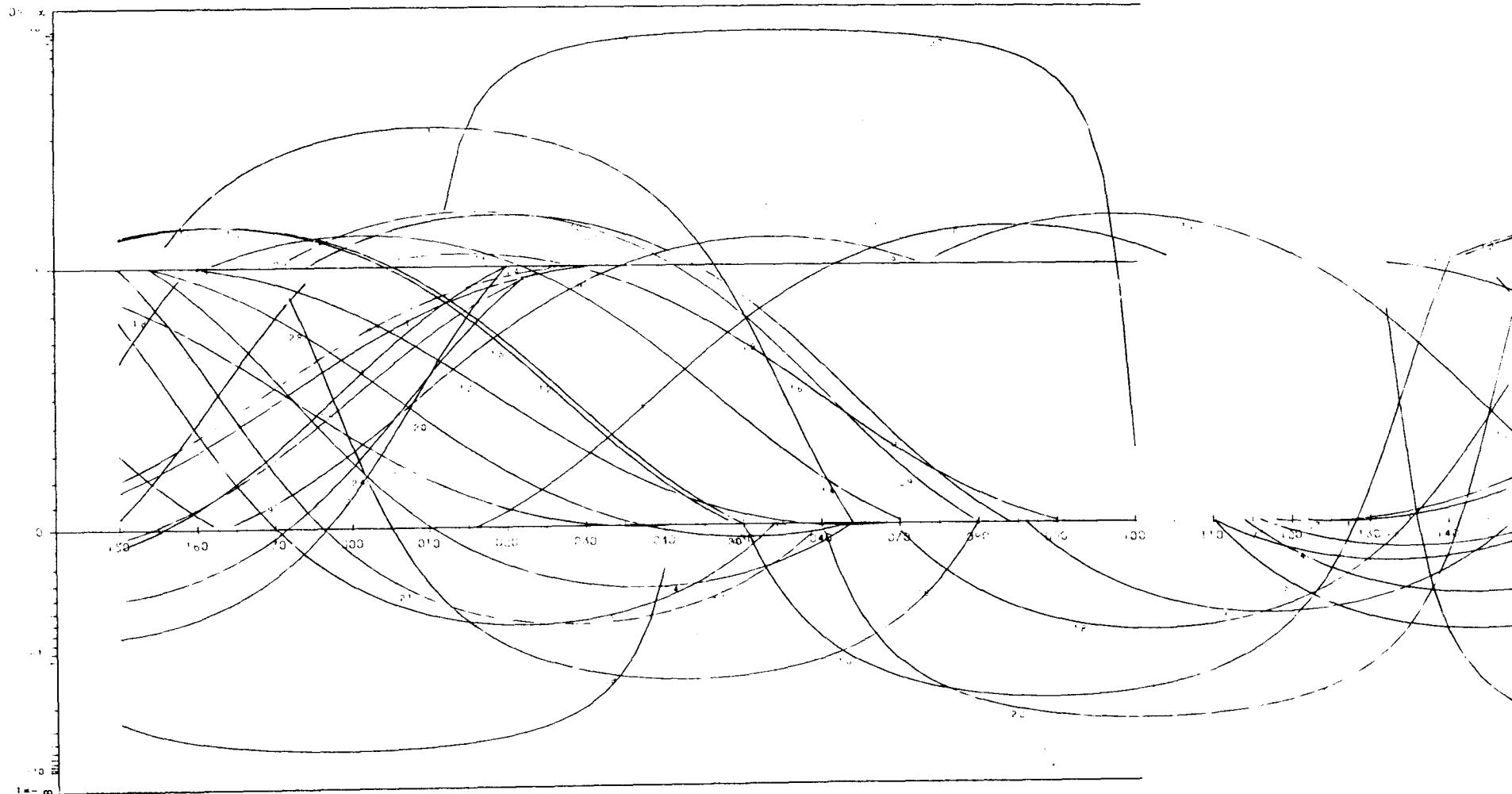
## MÉTODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: HUETE-1 / SIN ABATER  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL: Universidad de Zaragoza



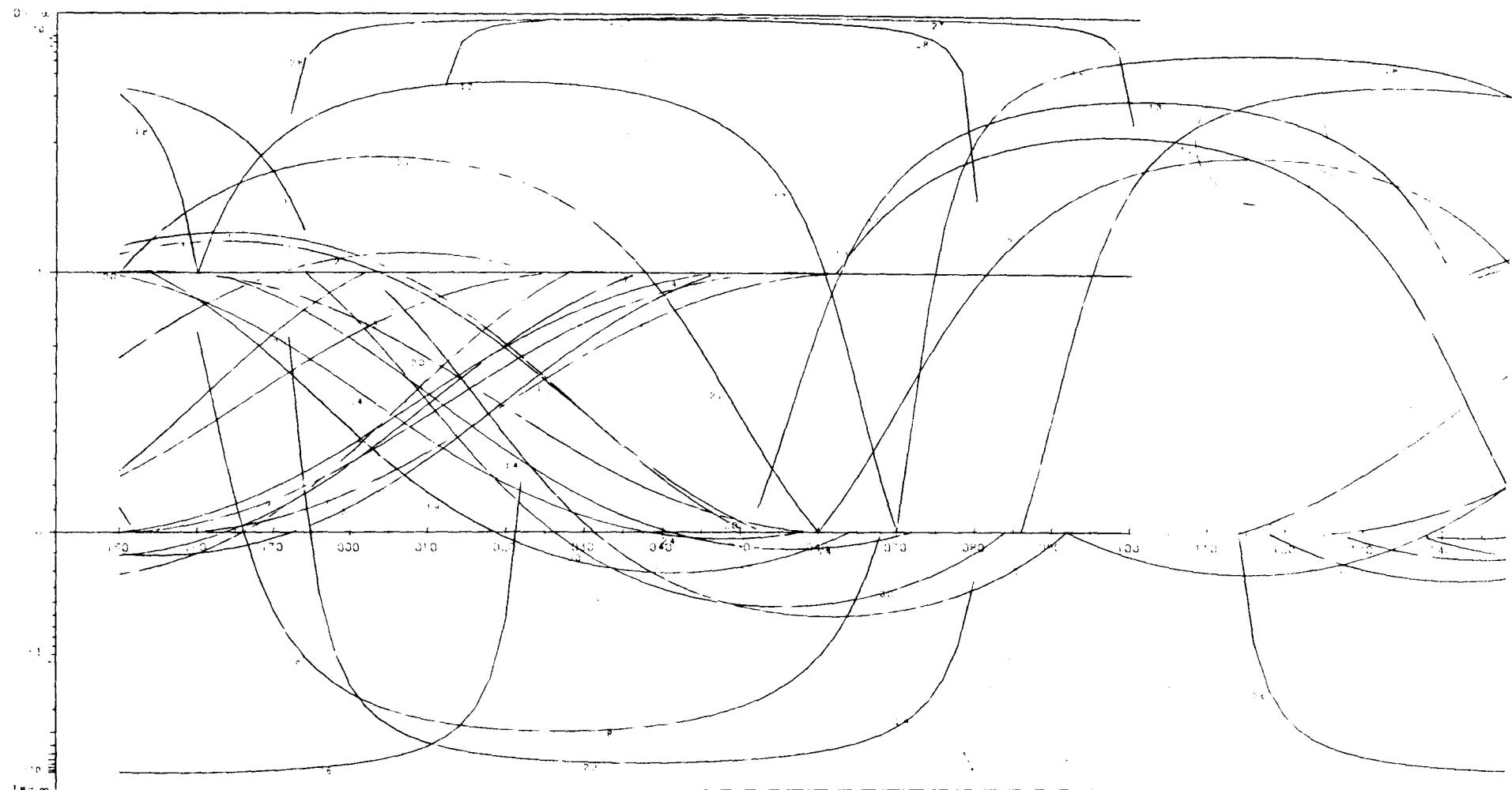
MÉTODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACIÓN: HUETE-1. / PIANO ABAT: 097730°  
GEOLÓGIA ESTRUCTURAL: Unidad de Terciaria



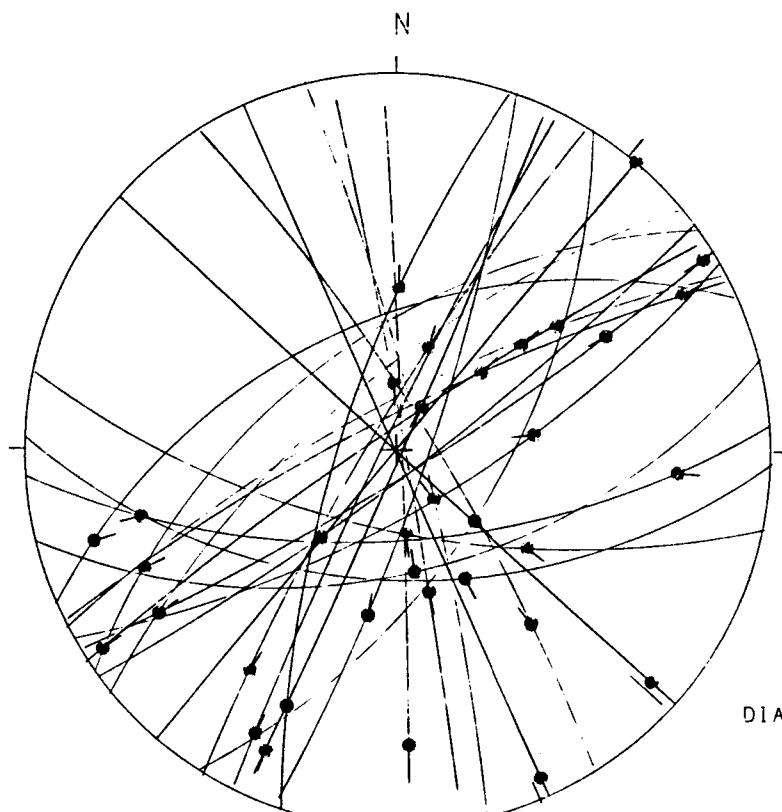
## METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: HUETE / PLANO ABAT. GEODÉSICO ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

## ESTACION: HUETE-2

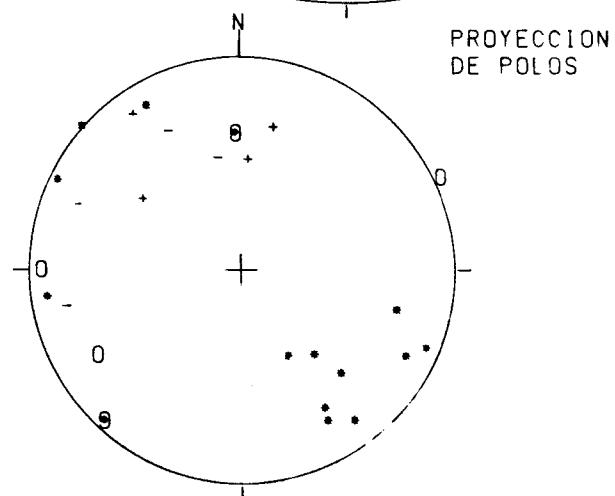


HOJA N.º: 608

COORDENADAS UTM:  
30WK373418

So: SUBHORIZ  
EDAD/FACIES MIOC.  
NUMERO DE DATOS: 36

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA

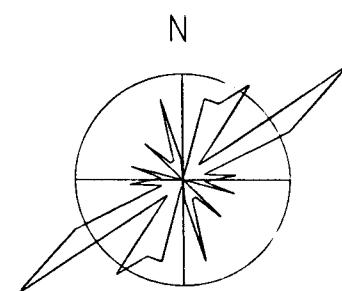


○: POLOS DE FALLAS SINESTRALES

△: POLOS DE FALLAS NORMALES

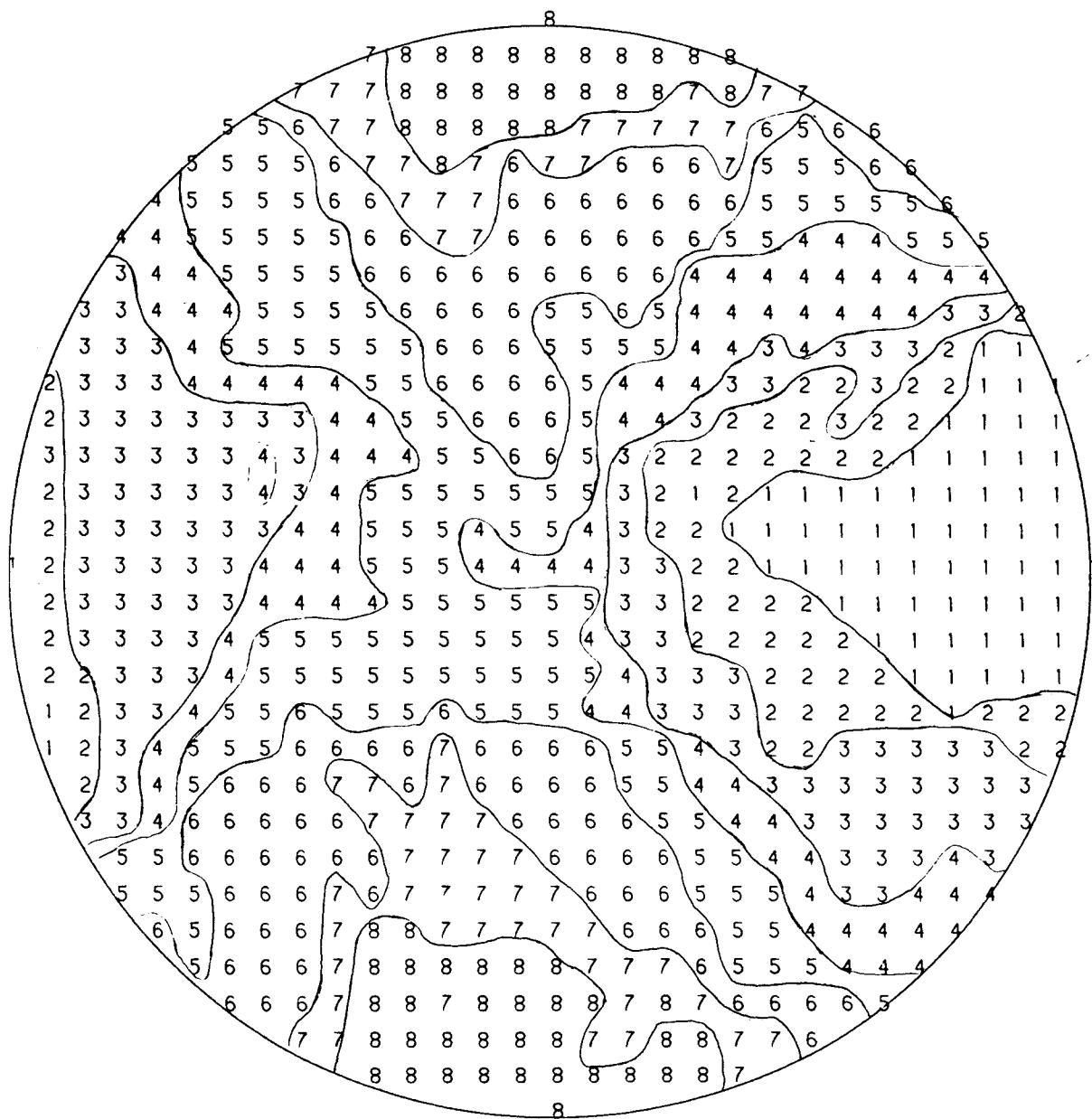
●: POLOS DE FALLAS DEXTRALES

-: POLOS DE FALLAS INVERSAS

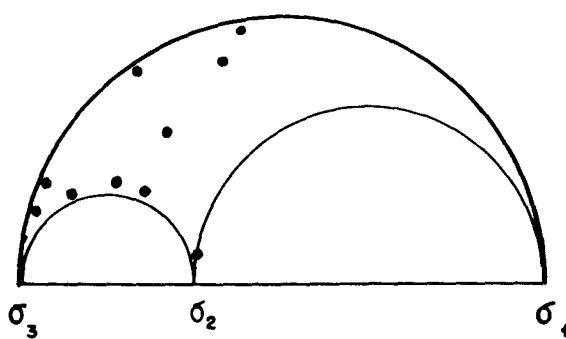
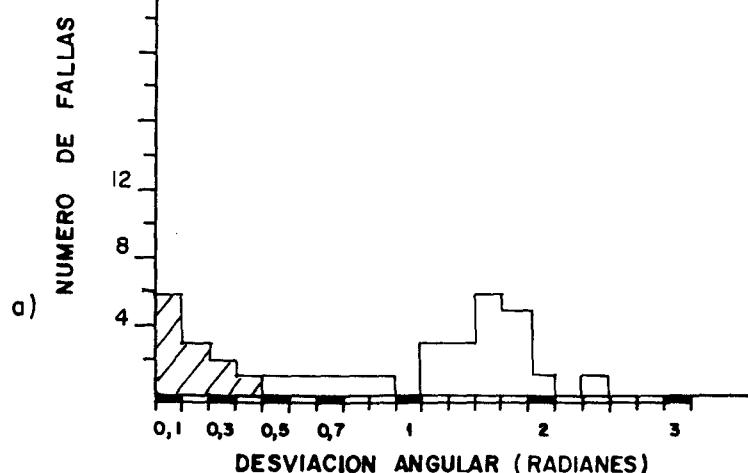


RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%

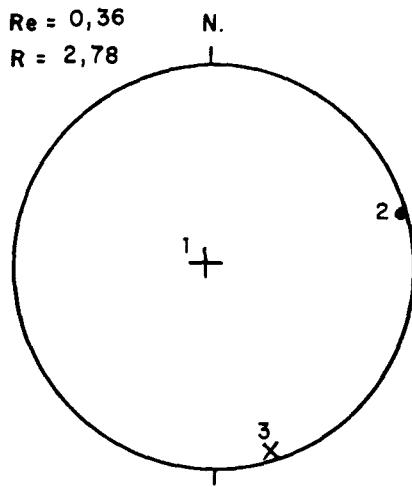
ESTACION : HUETE-2



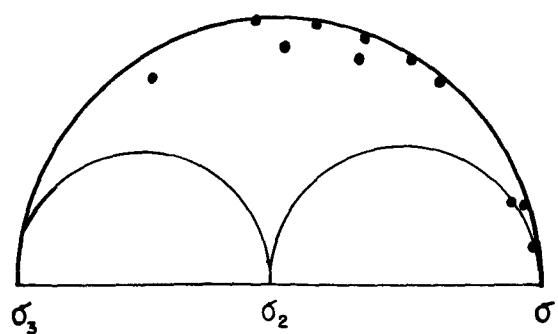
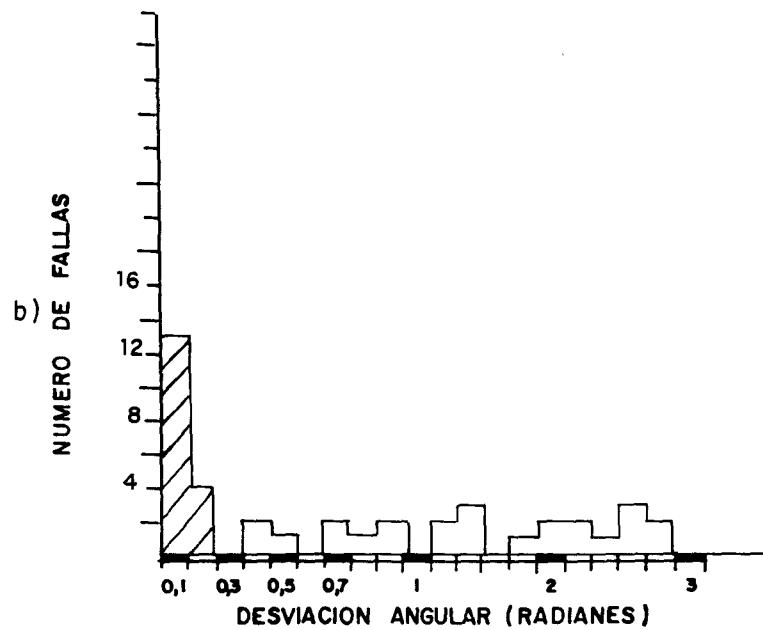
HUETE 2



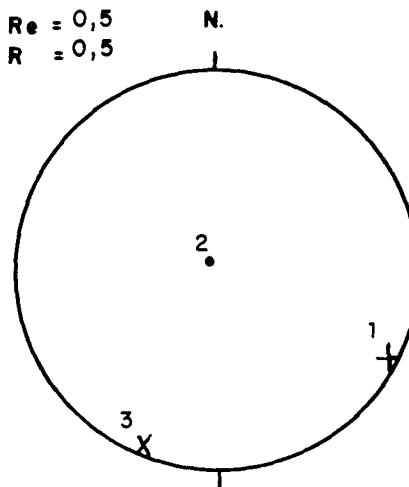
$Re = 0,36$   
 $R = 2,78$



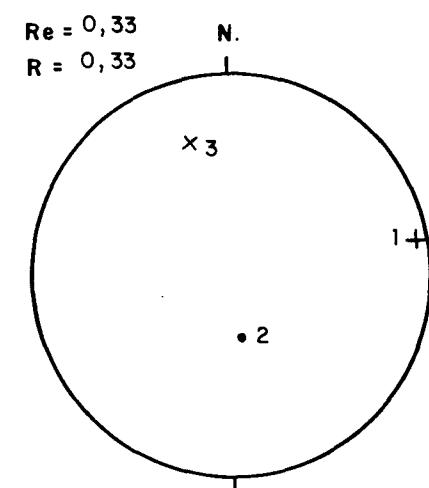
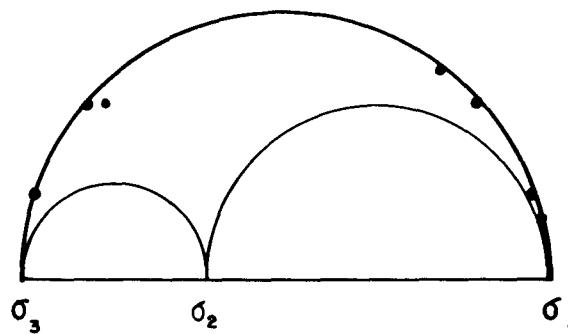
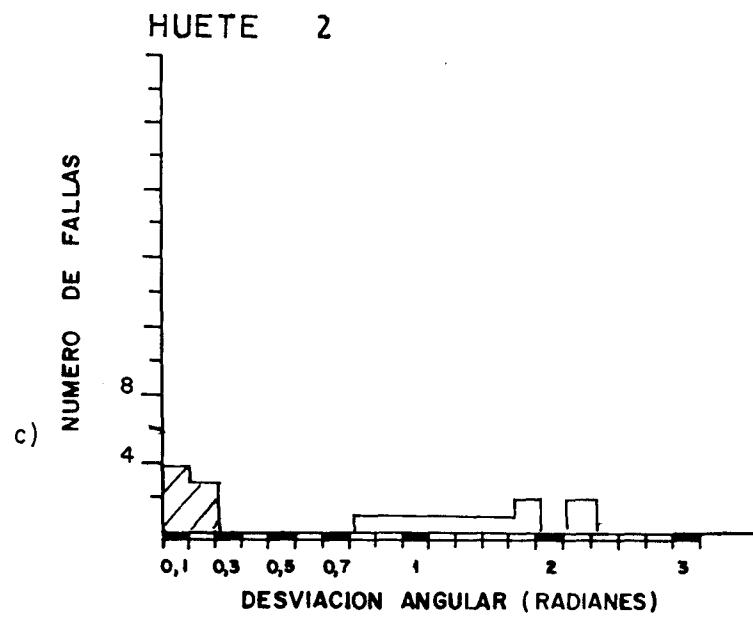
$\sigma_1 = 162,89N$   
 $\sigma_2 = 073,0$   
 $\sigma_3 = 163,1S$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $11^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 32 %



$Re = 0,5$   
 $R = 0,5$



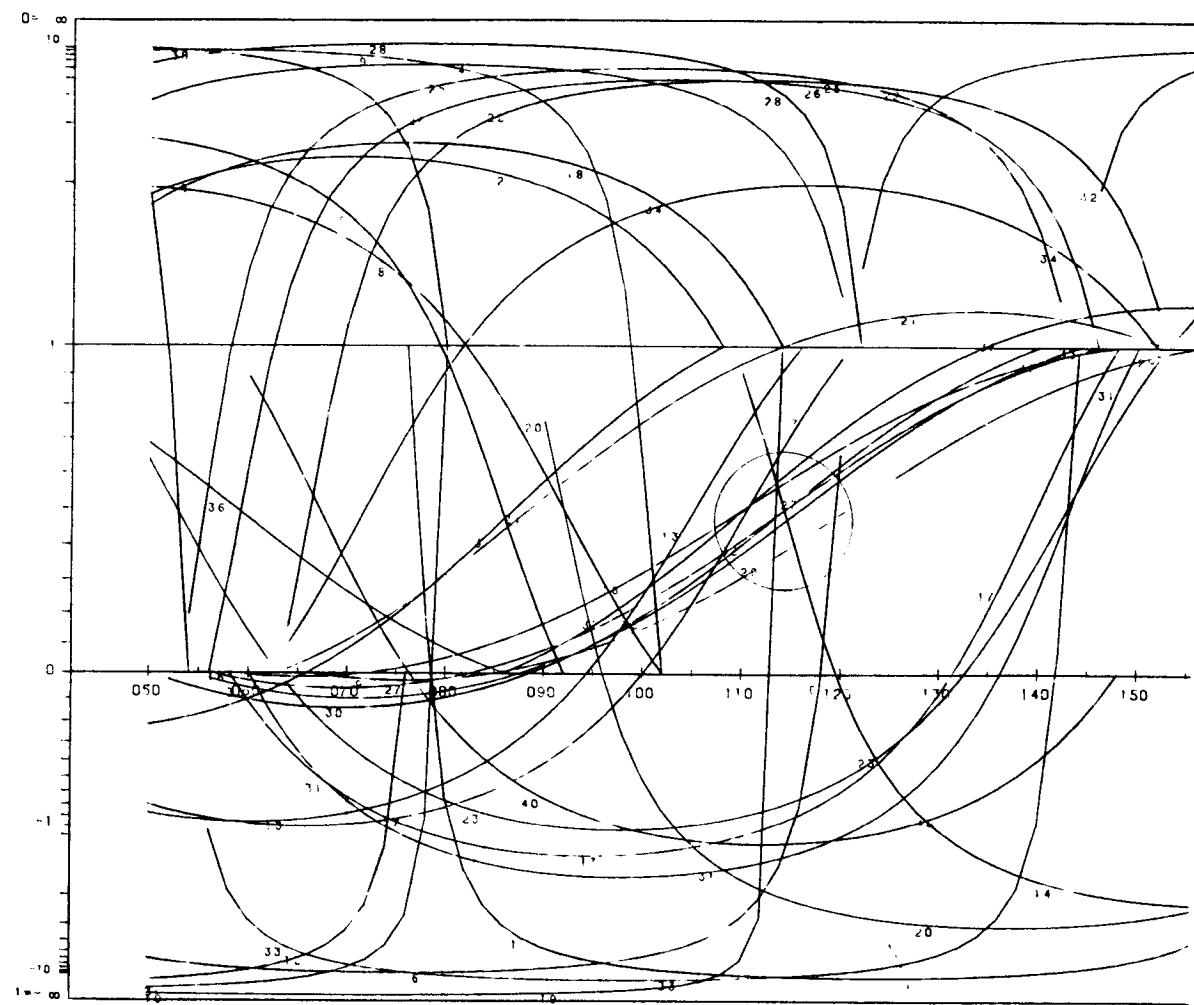
$\sigma_1 = 113,3E$   
 $\sigma_2 = 174,84N$   
 $\sigma_3 = 023,5S$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $7^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 34 %

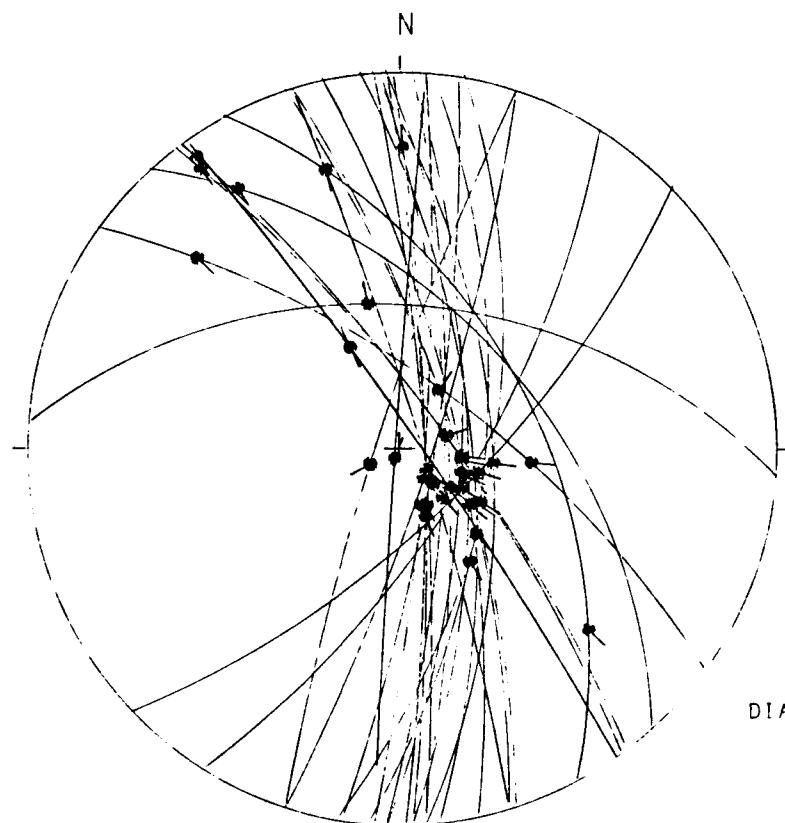


$\sigma_1 = 079,4E$   
 $\sigma_2 = 179,69S$   
 $\sigma_3 = 168,21N$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $10^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 18%

METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: HUETE-2... / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza





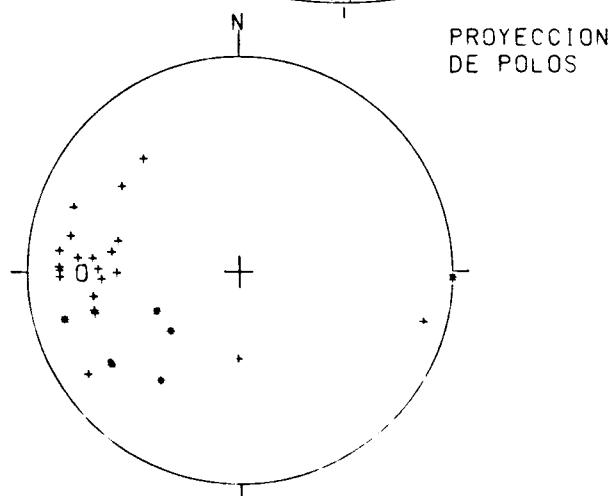
HOJA N.º: 585

COORDENADAS UTM:  
30WK141646

S.º: 175/20E.

EDAD/FACIES CRET?  
NUMERO DE DATOS: 37

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



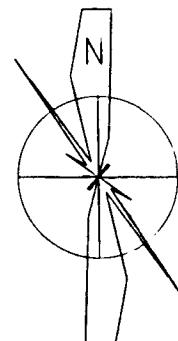
○: POLOS DE FALLAS SINESTRALES

■: POLOS DE FALLAS DEXTRALES

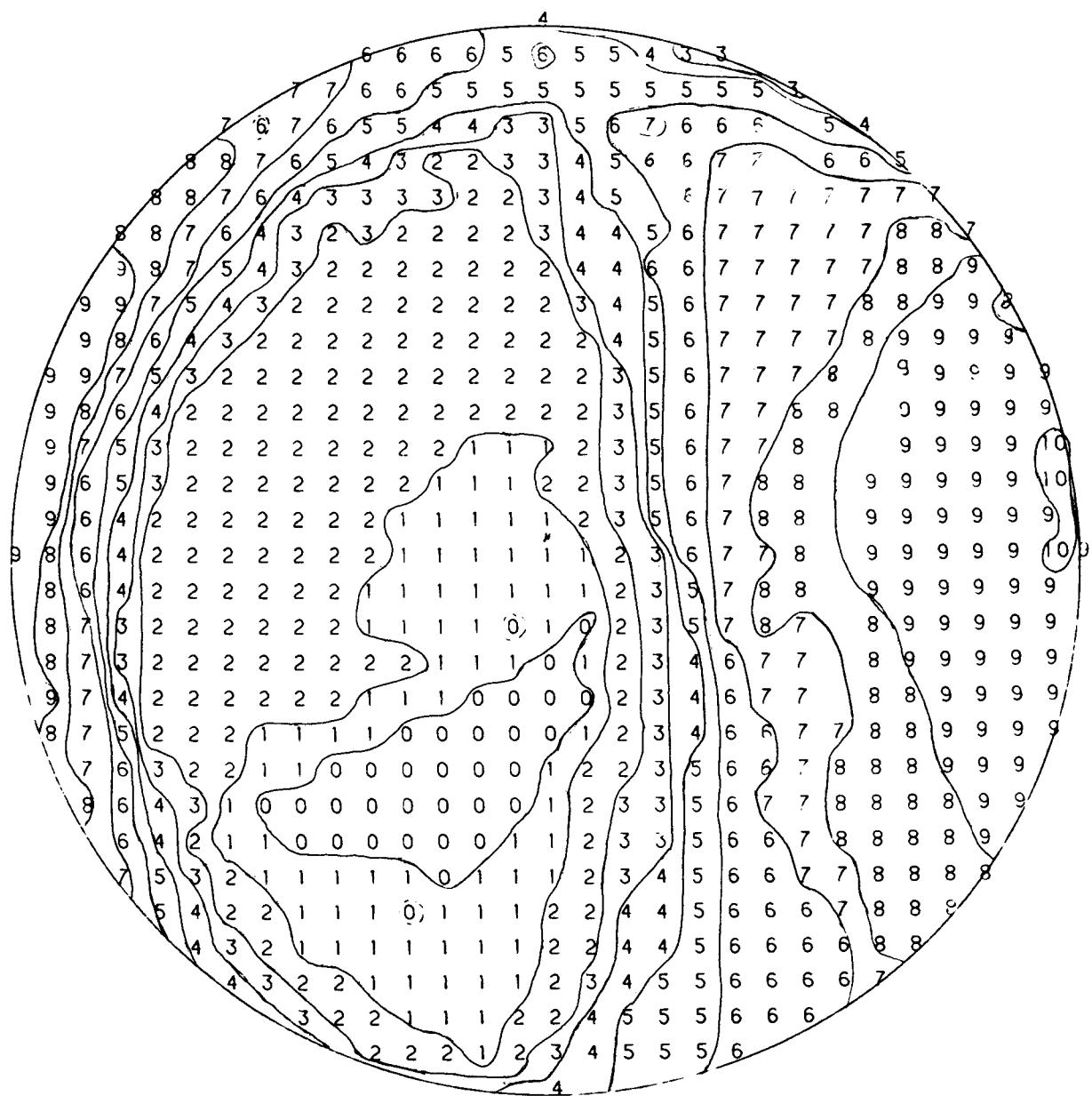
+: POLOS DE FALLAS NORMALES

-: POLOS DE FALLAS INVERSAES

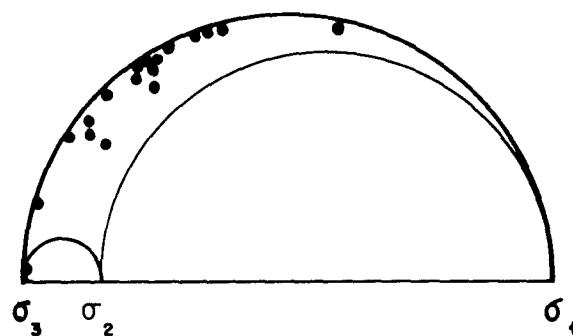
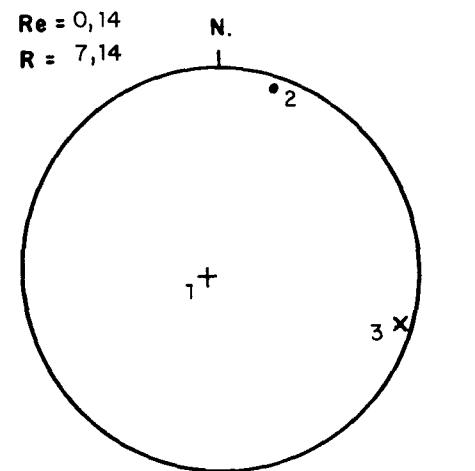
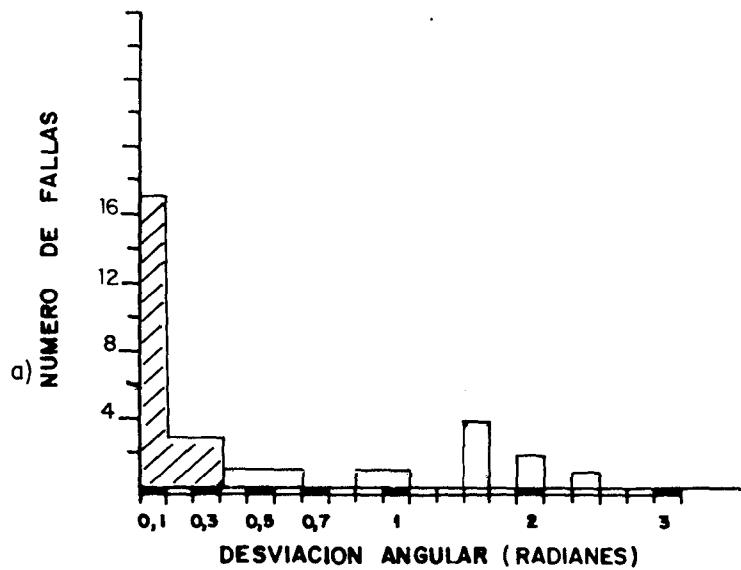
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%



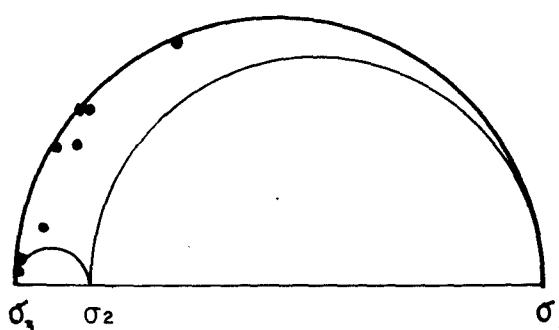
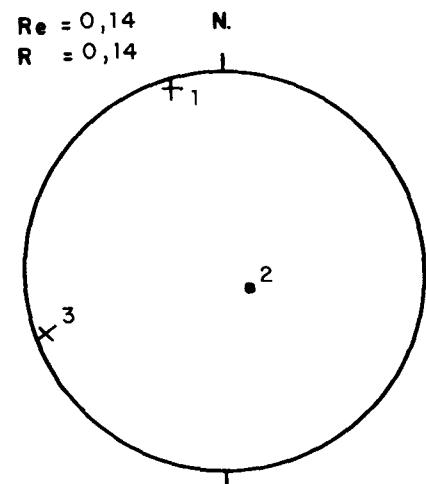
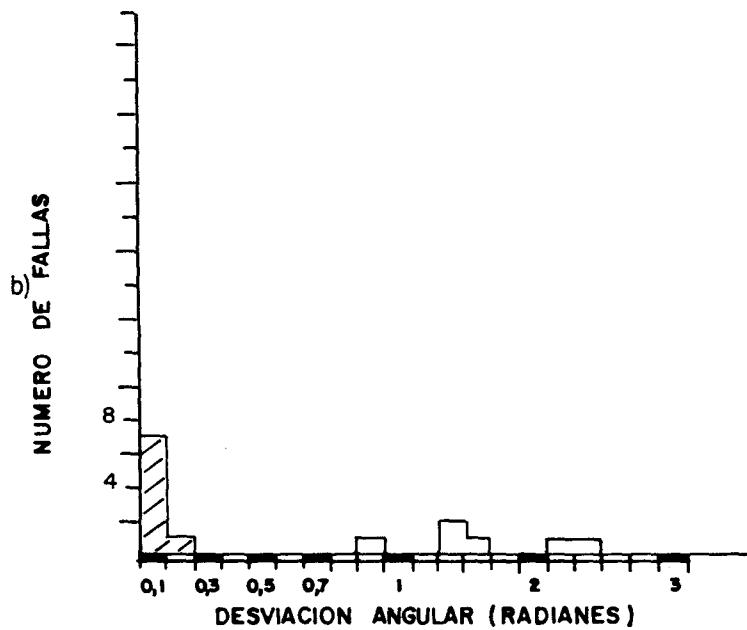
METODO DE LOS DIEDROS RECTOS  
ESTACION : ALMONACIDI



# ALMONACID 1



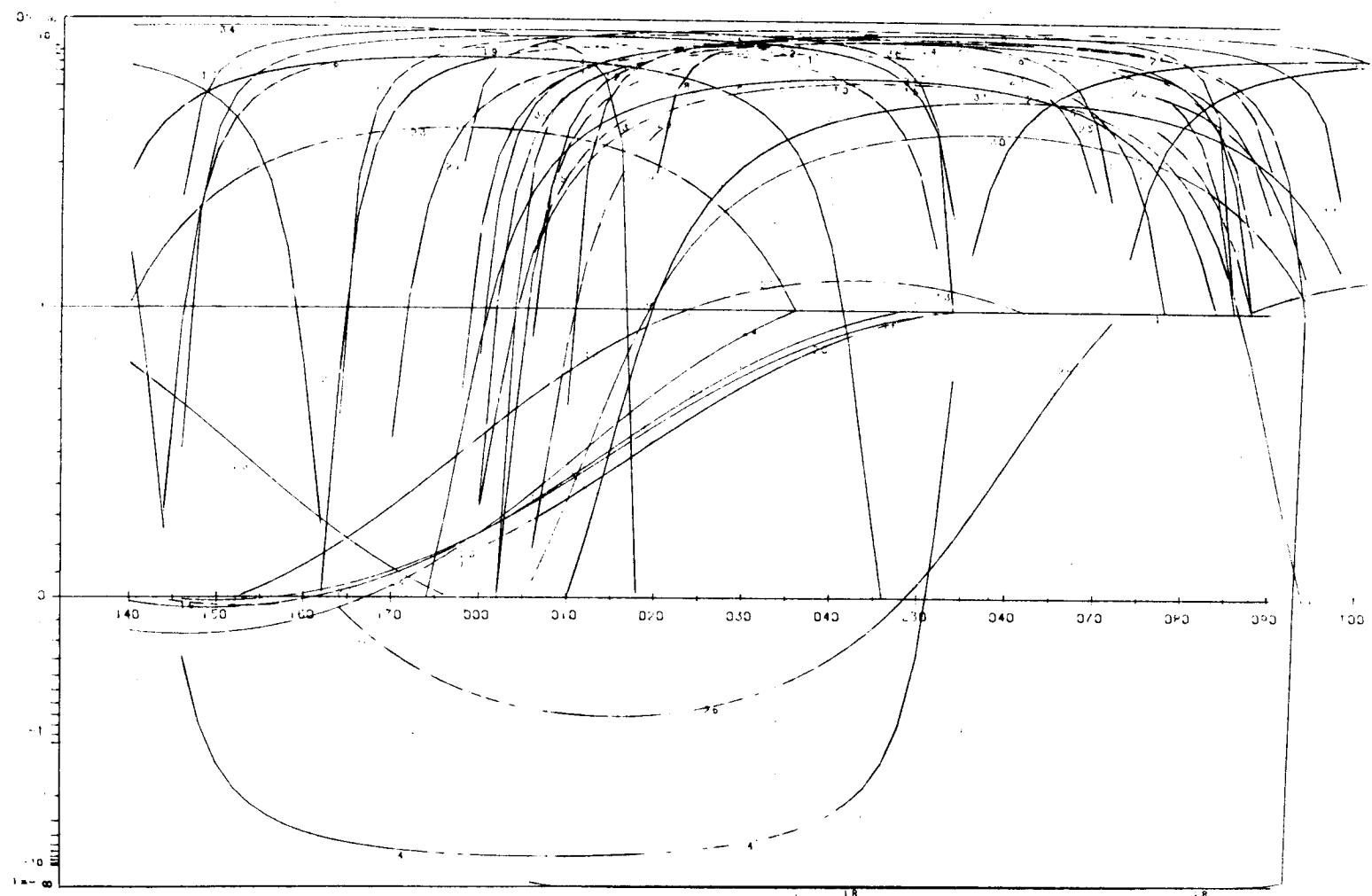
$\sigma_1 = 061, 800$   
 $\sigma_2 = 018, 7N$   
 $\sigma_3 = 108, 7E$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $7^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 66%



$\sigma_1 = 165, 8N$   
 $\sigma_2 = 119, 79E$   
 $\sigma_3 = 074, 80$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $6^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 23%

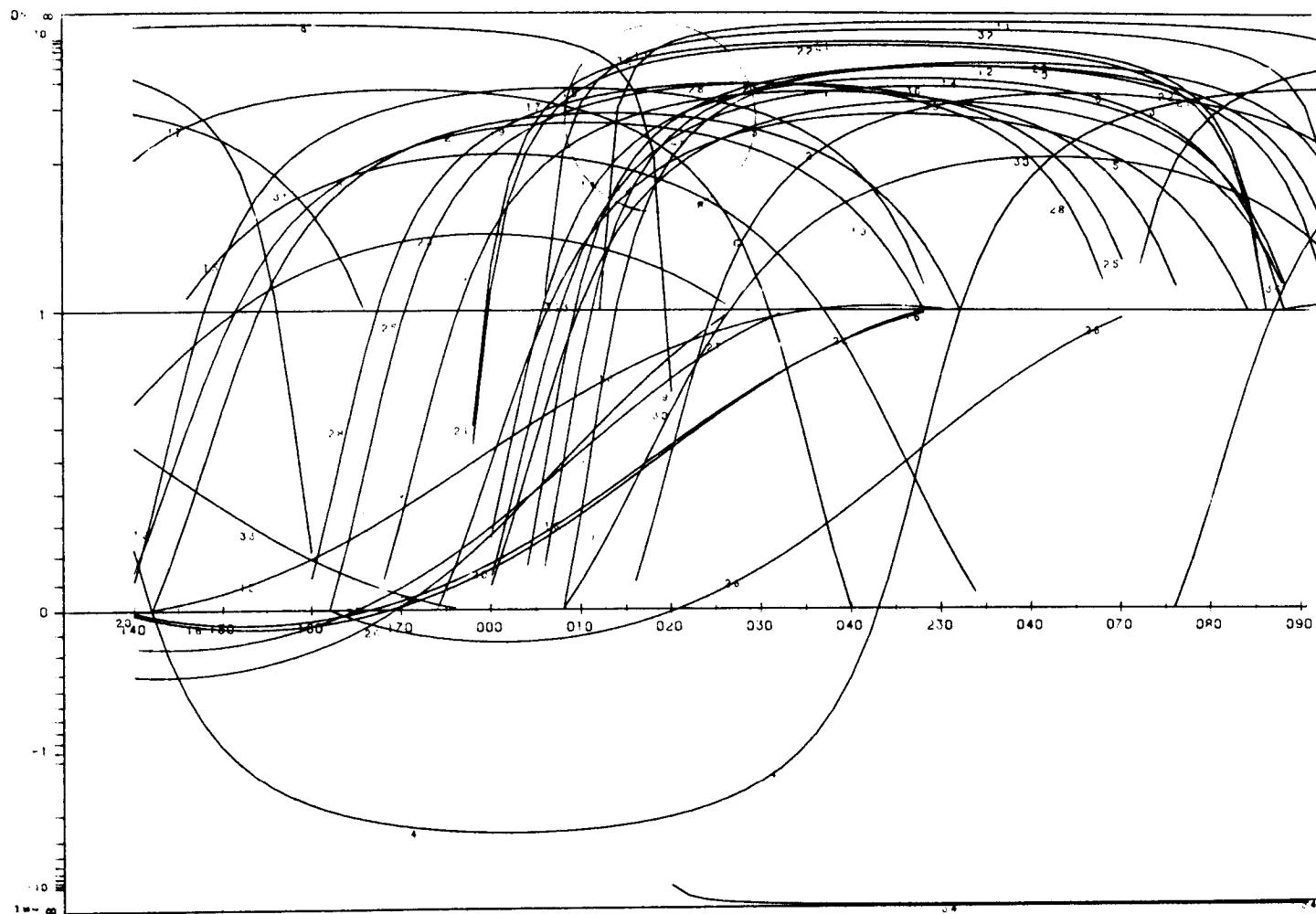
METODO DE LOS DIACRAMAS YR

ESTACION: ALMONACIDI / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL: Universidad de Zaragoza



## METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: ALMONACID 1 / PIANO ABAT. 125/208  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

ESTACION: ALMONACID2

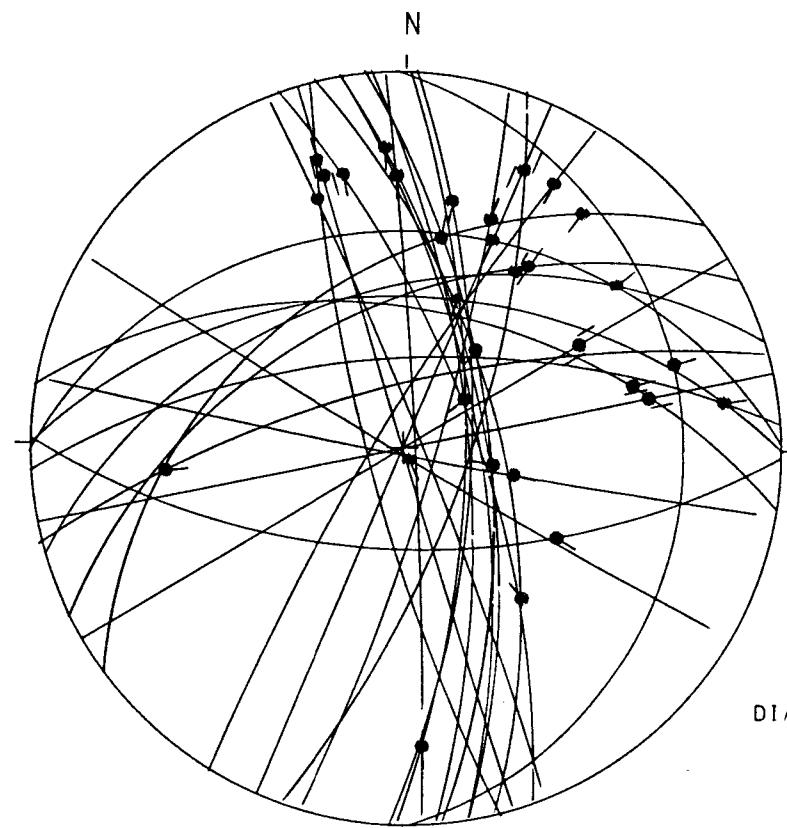
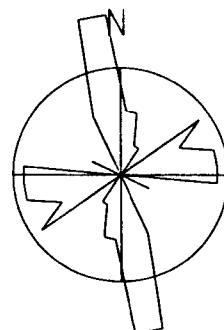
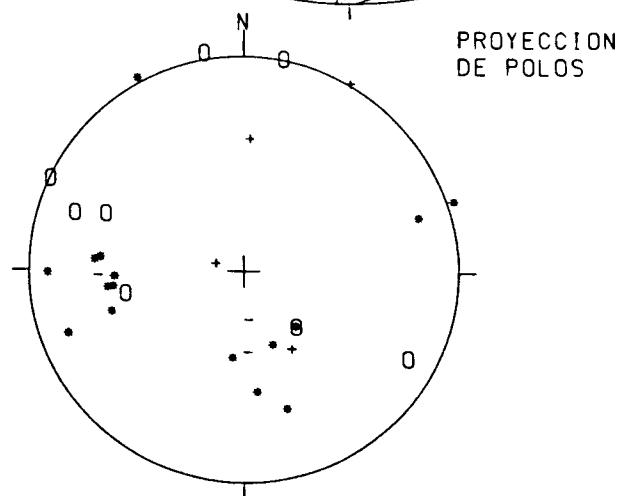
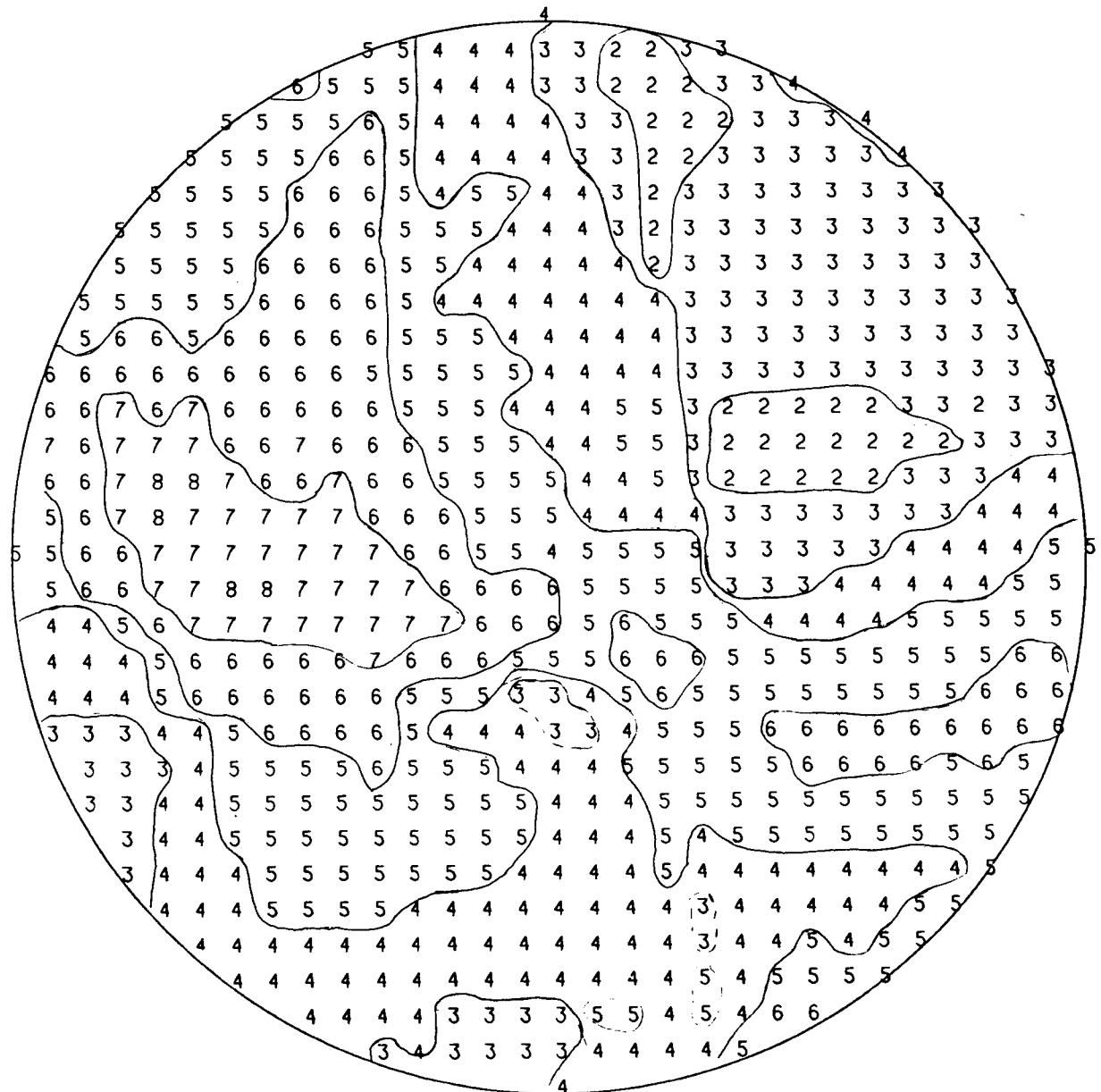


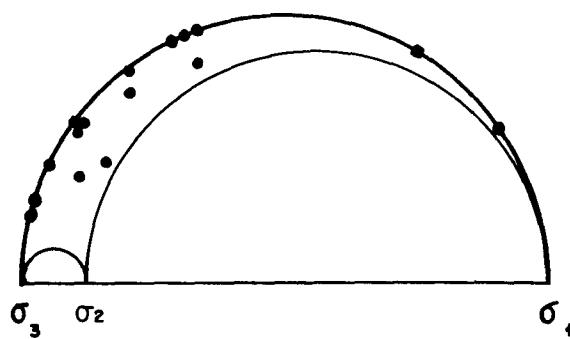
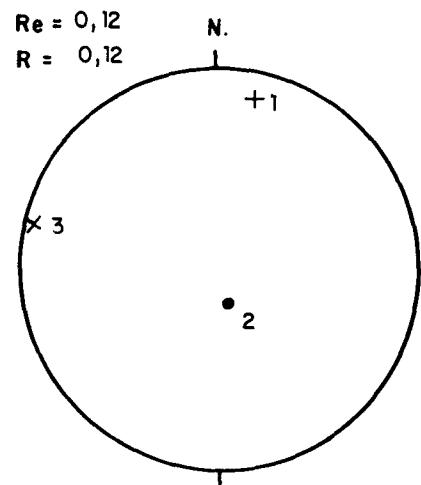
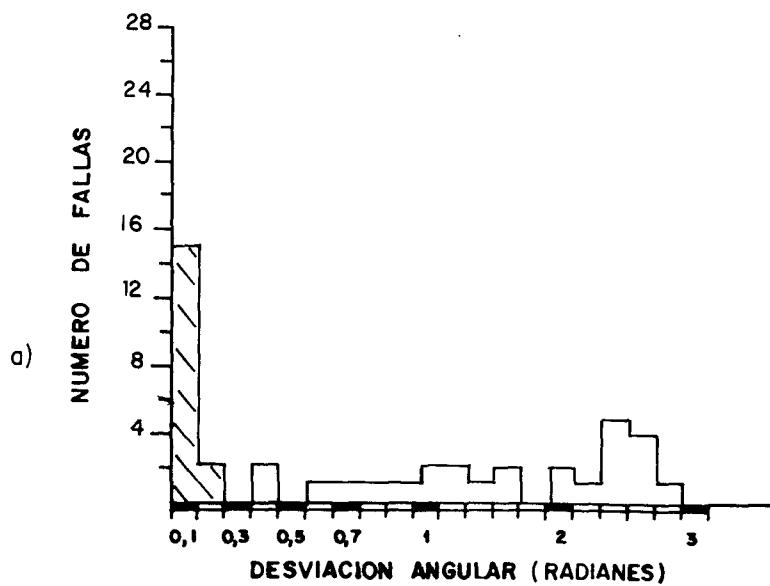
DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



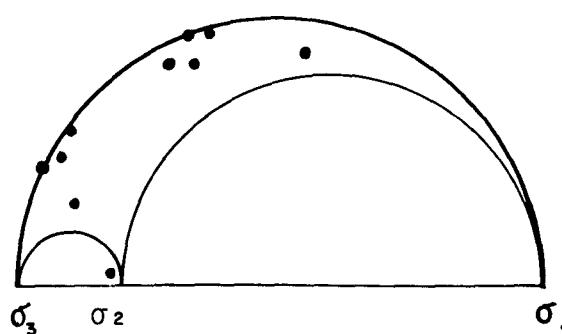
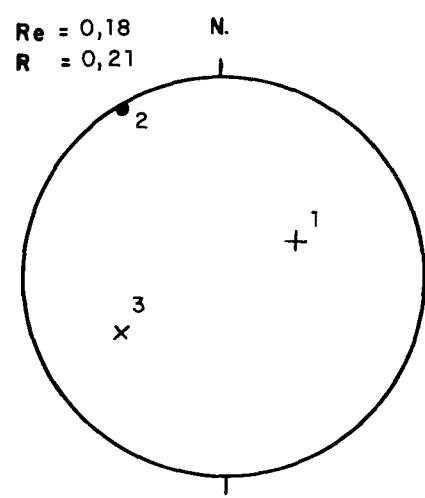
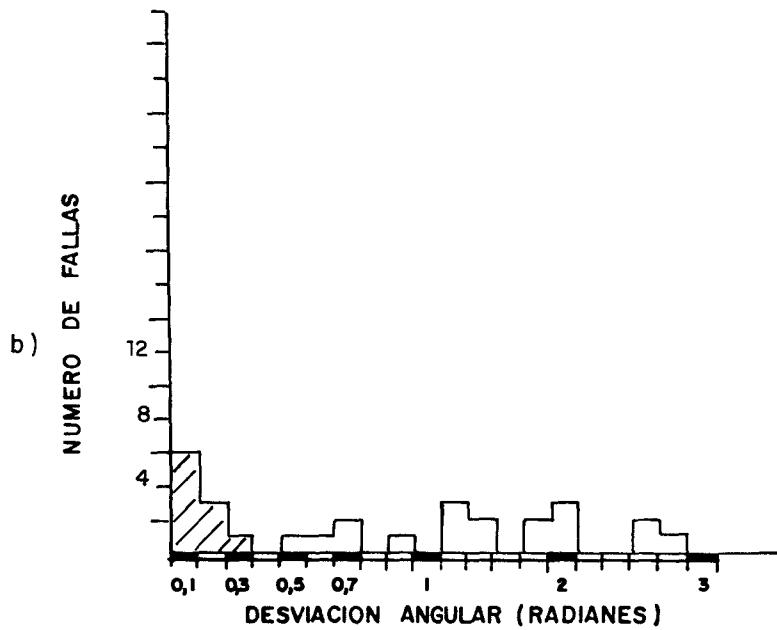
METODO DE LOS DIEDROS RECTOS  
ESTACION : ALMONACID2



## ALMONACID 2



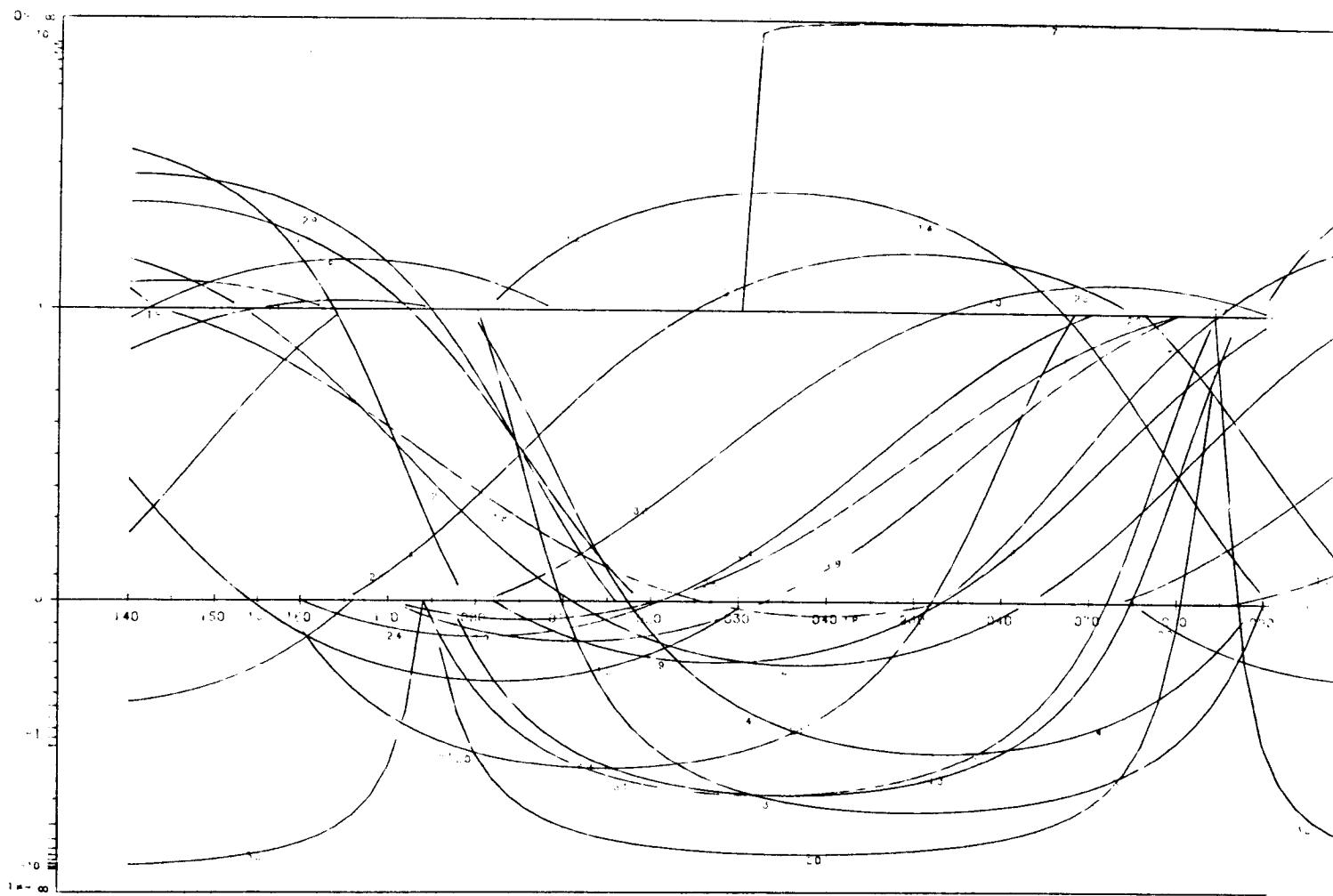
$\sigma_1 = 016,15\text{N}$   
 $\sigma_2 = 178,75\text{S}$   
 $\sigma_3 = 105,50$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $5^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 47%



$\sigma_1 = 060,51\text{E}$   
 $\sigma_2 = 148,2\text{N}$   
 $\sigma_3 = 057,390$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $9^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 28%

## METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION ALMONACID2 / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



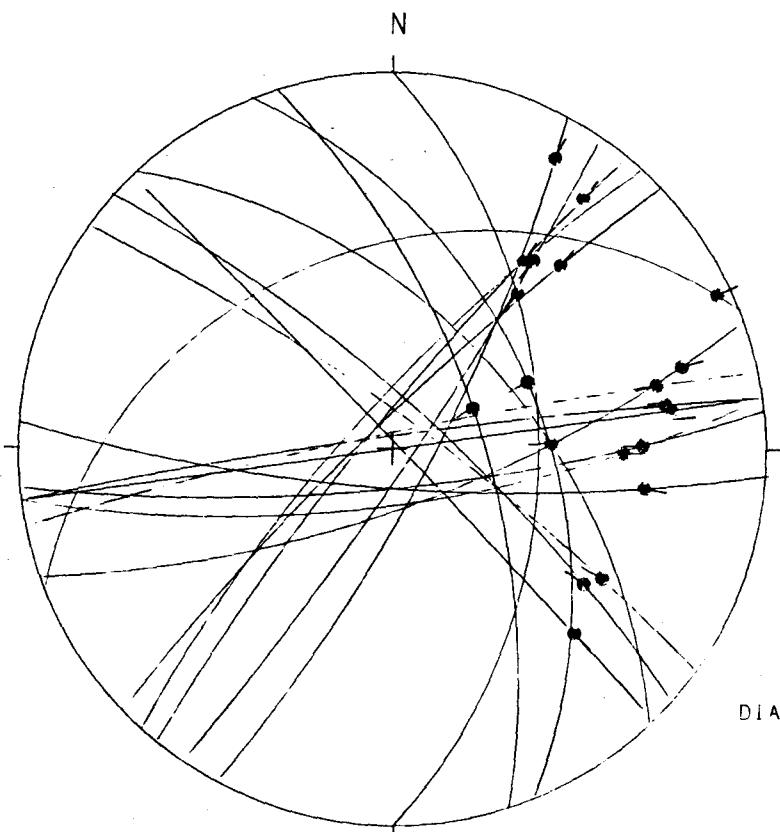
METODO DE LOS DIACRAMAS YR

ESTACION: ALMONACID2 / PLANO ABAL. 179/55E  
GEOLÓGIA ESTRUCTURAL - Universidad de Zaragoza



Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

# ESTACION: ALMONACID3



HOJA N.º: 585

COORDENADAS UTM:

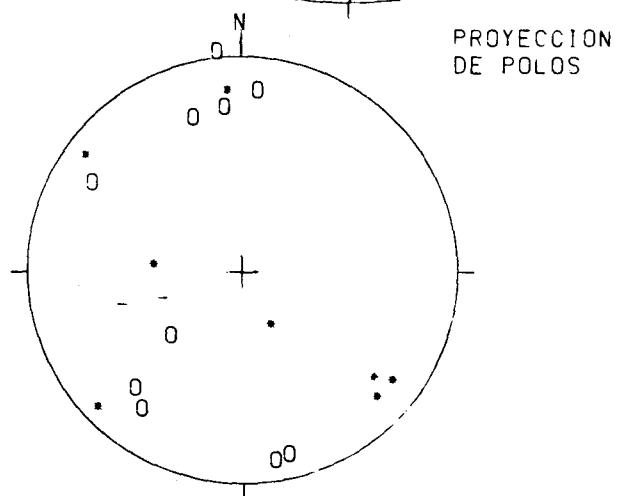
30WK154516

S.º: 172/22E.

EDAD/FACIES CRET.

NUMERO DE DATOS: 20

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



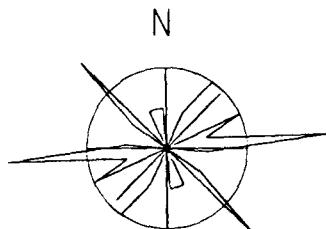
○: POLOS DE FALLAS SINESTRALES

+: POLOS DE FALLAS NORMALES

●: POLOS DE FALLAS DEXTRALES

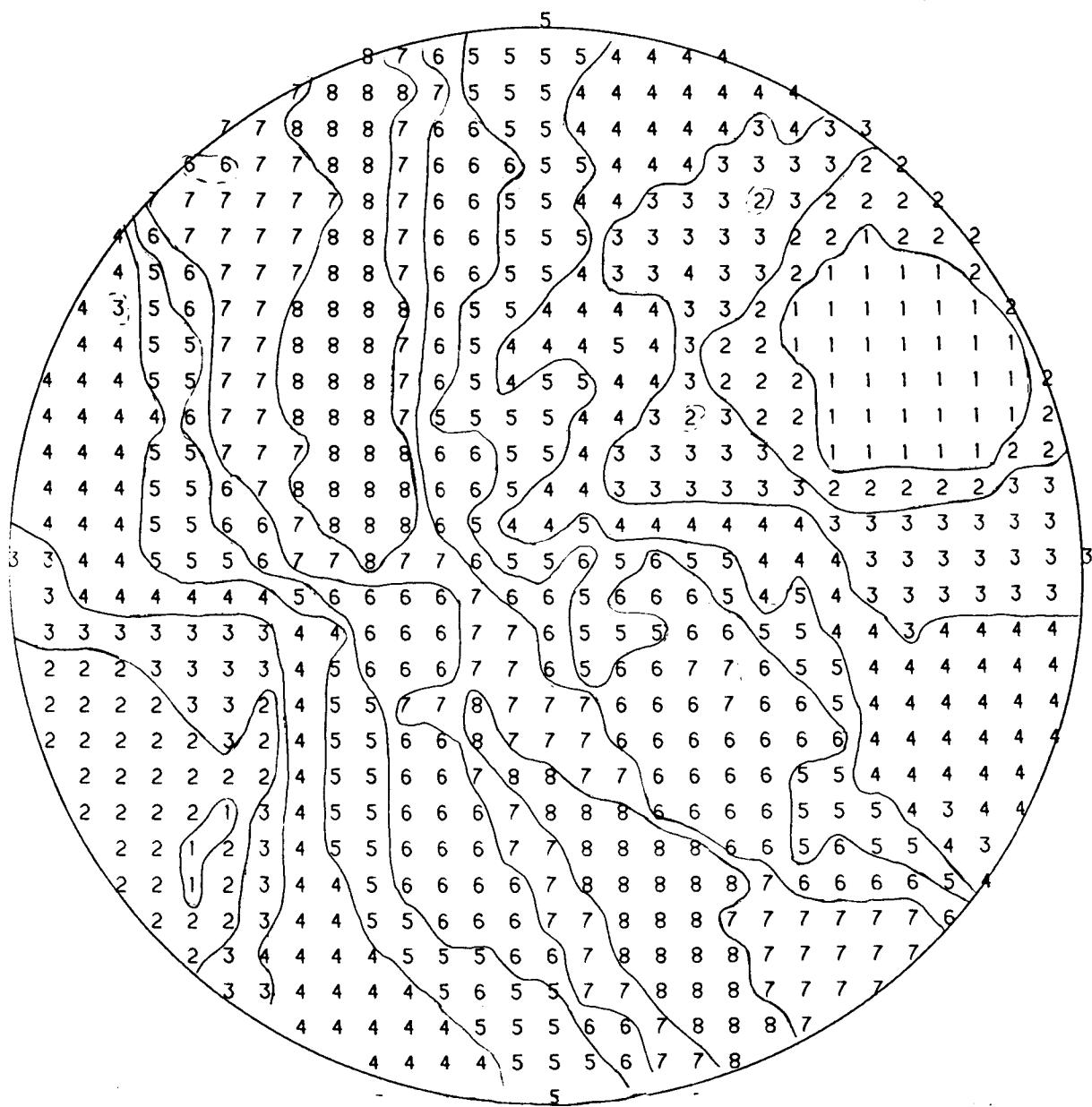
-: POLOS DE FALLAS INVERSAS

RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%

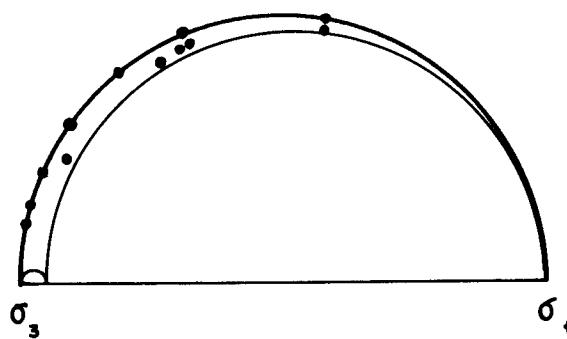
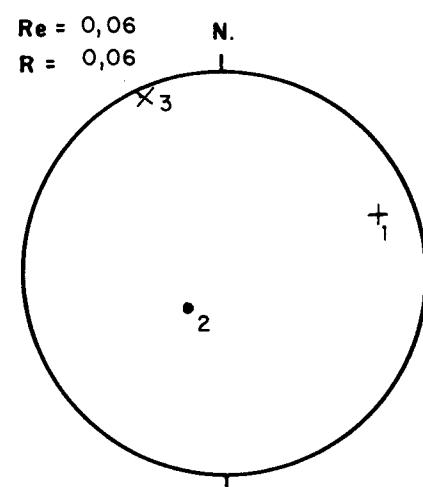
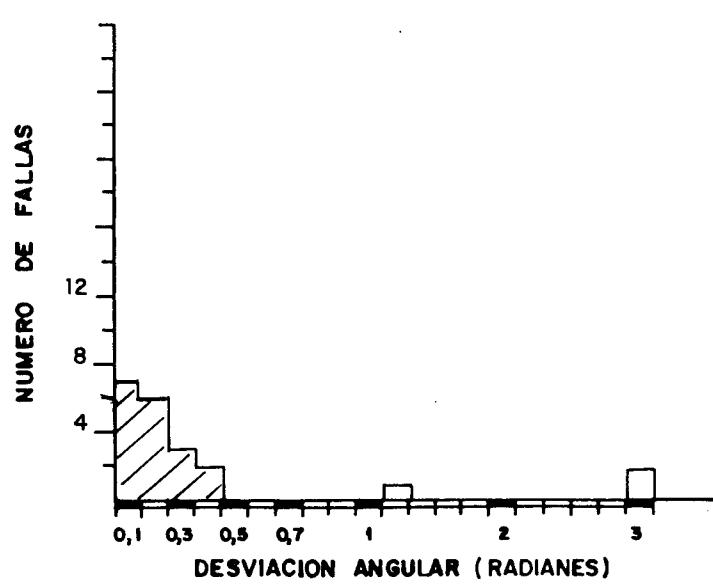


# METODO DE LOS DIEDROS RECTOS

## ESTACION : ALMONACID3



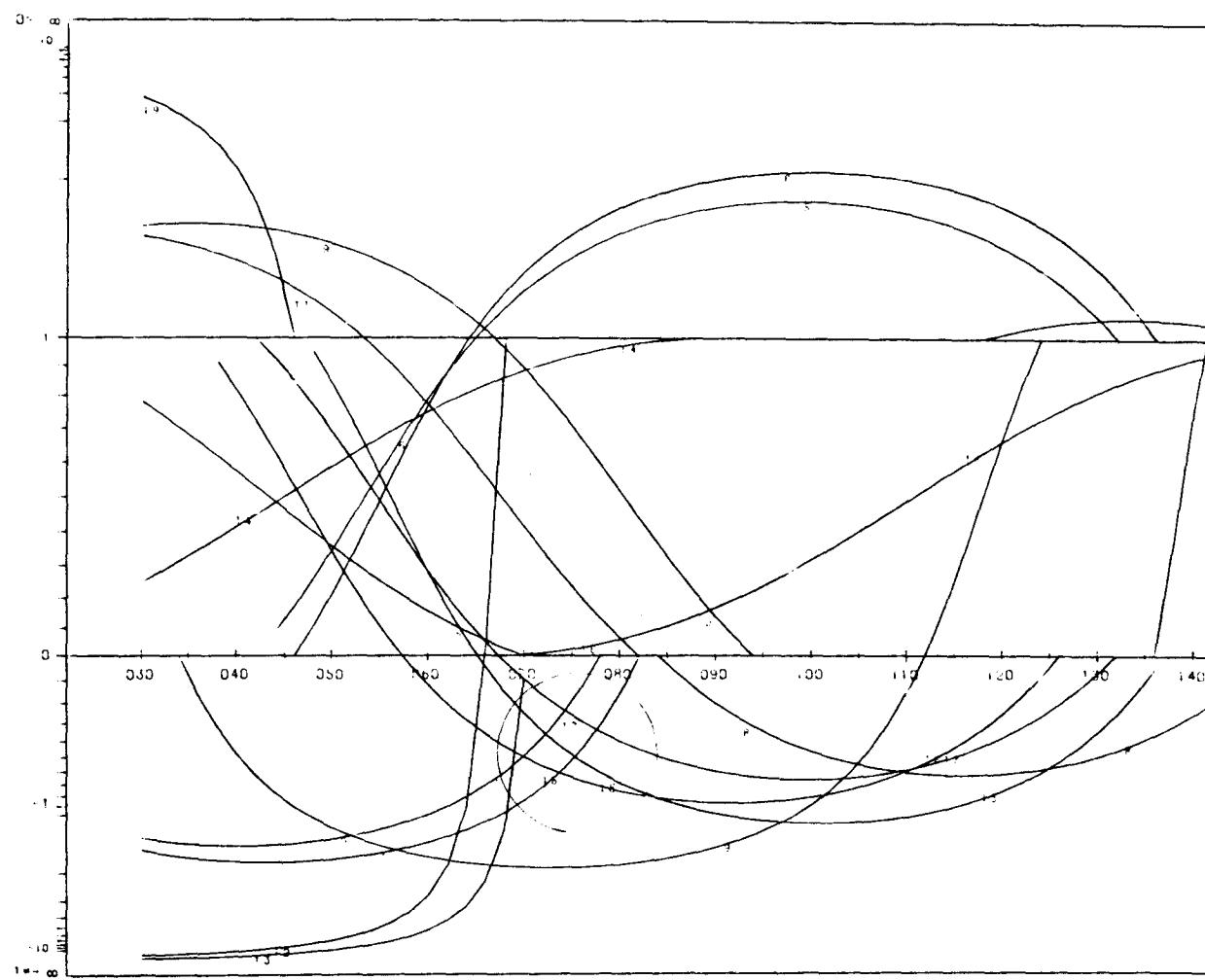
ALMONACID 3



$\sigma_1 = 0.69, 16 E$   
 $\sigma_2 = 0.51, 740$   
 $\sigma_3 = 1.57, 5 N$   
 DESVIACION MEDIA ( $^{\circ}$ ) =  $12^{\circ}$   
 PORCENTAJE EXPLICADO = 86%

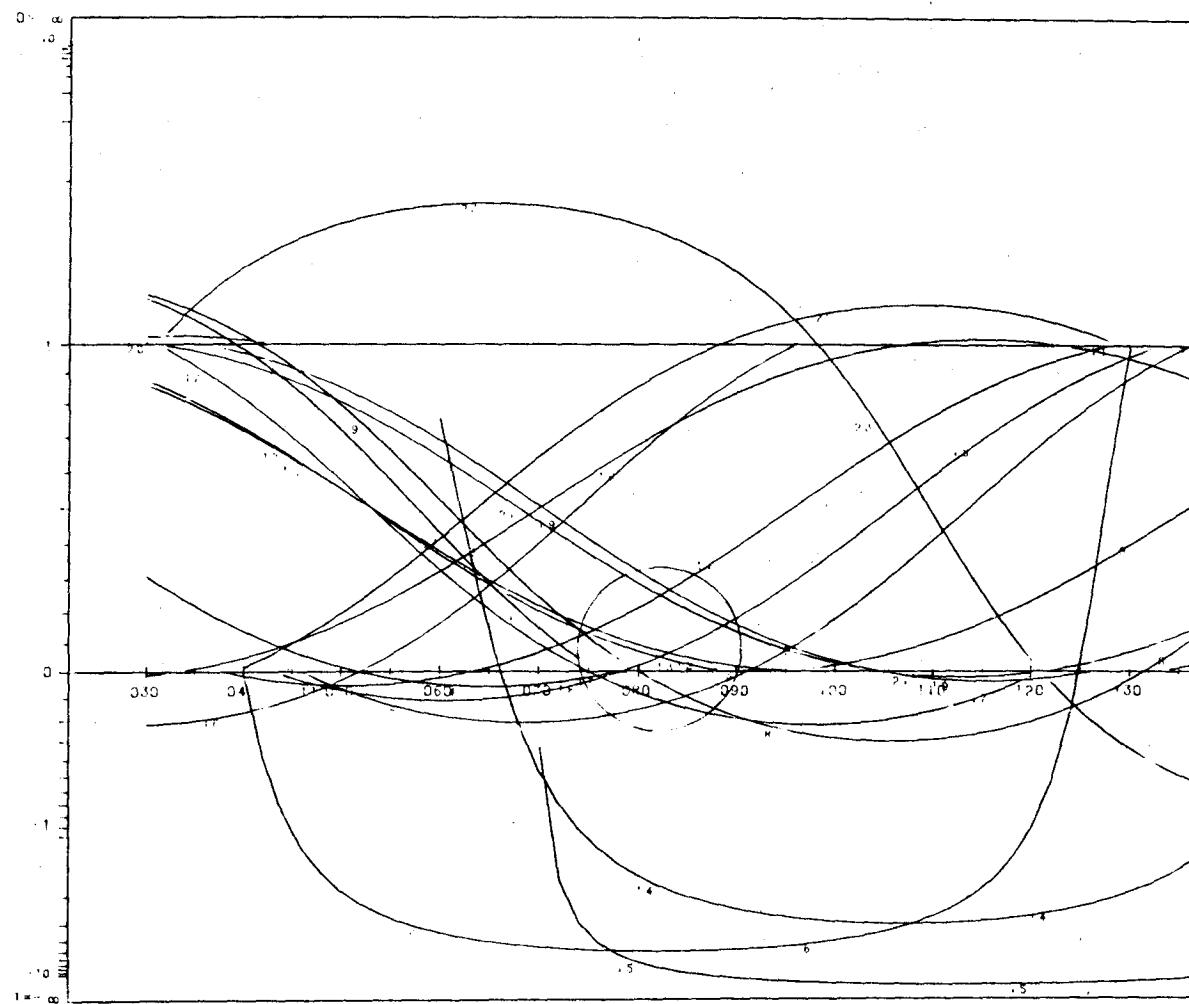
## METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: ALMONACIDS / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



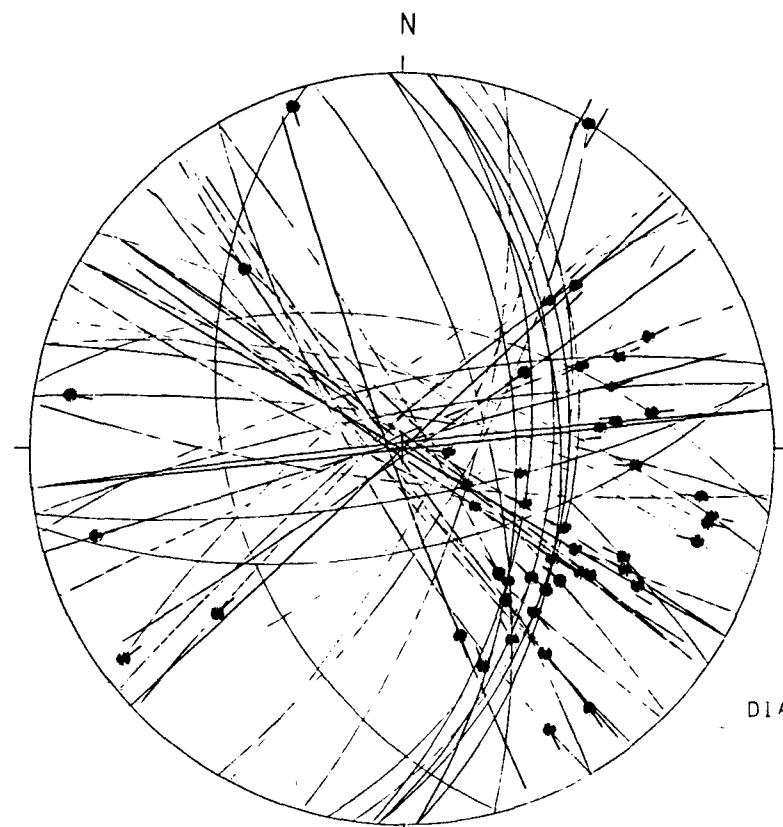
## METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: ALMONACID 3 / PIANO ABAT. 172,22F  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

ESTACION: ALMONACID<sup>4</sup>



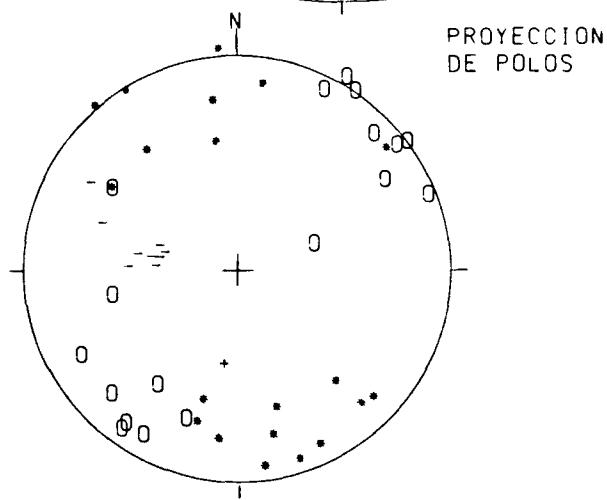
HOJA No.: 585

COORDENADAS UTM:  
30TWK138574

So: 004/36E.

EDAD/FACIES TUROL  
NUMERO DE DATOS: 50

DIACRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



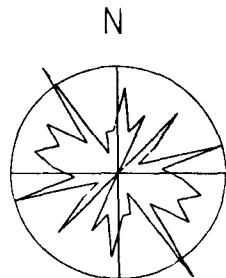
○: POLOS DE FALLAS SINESTRALES

●: POLOS DE FALLAS DEXTRALES

+: POLOS DE FALLAS NORMALES

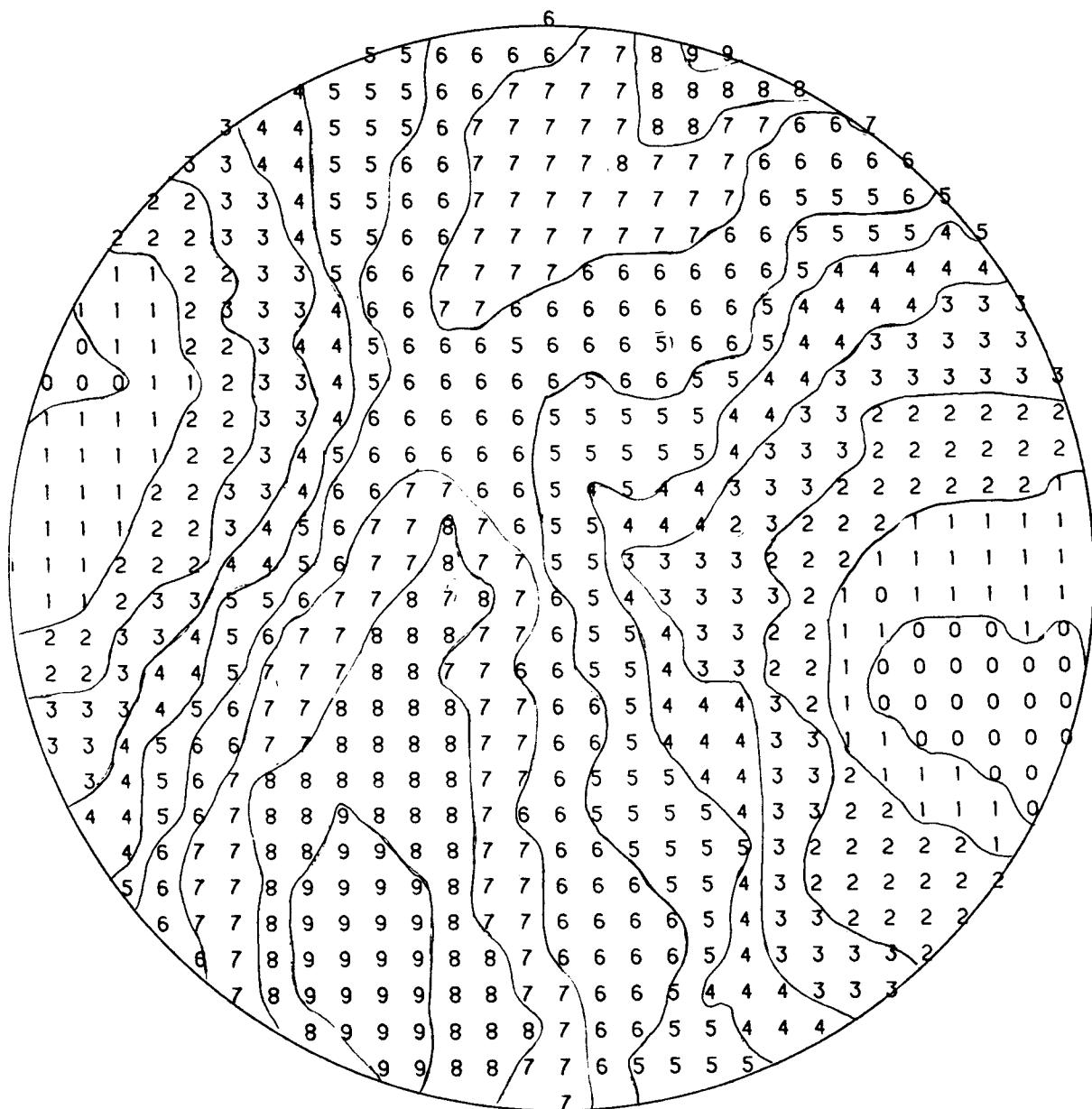
-: POLOS DE FALLAS INVERSAS

RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10

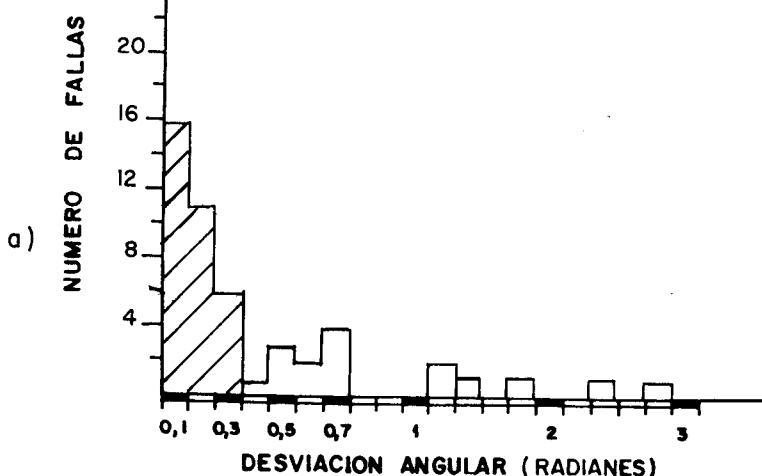


# METODO DE LOS DIEDROS RECTOS

ESTACION : ALMONACIDS

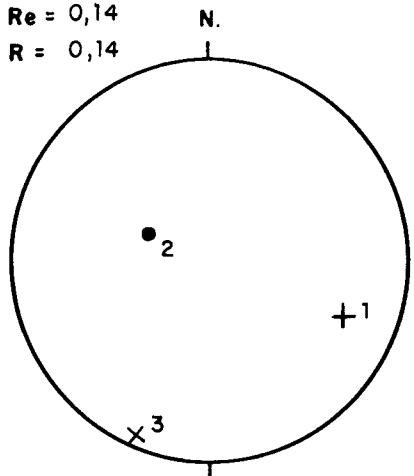


ALMONACID 4



$Re = 0,14$

$R = 0,14$



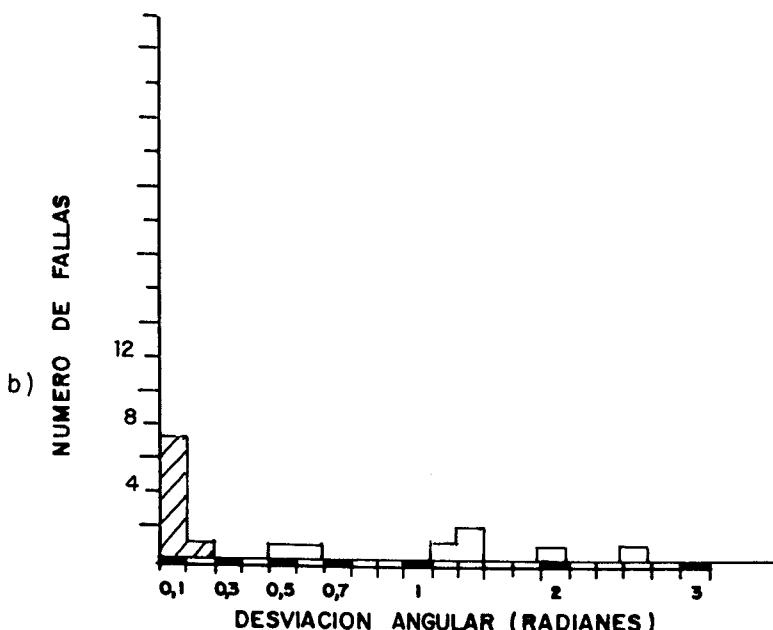
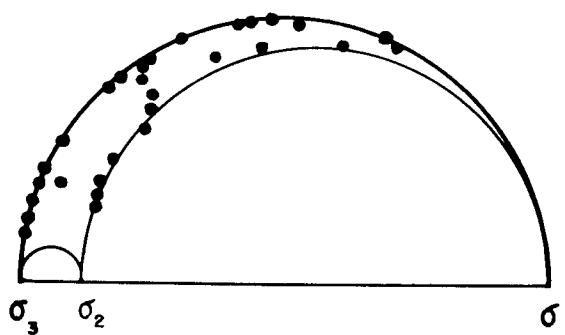
$$\sigma_1 = 112,30 \text{ E}$$

$$\sigma_2 = 113,60 \text{ O}$$

$$\sigma_3 = 022,1 \text{ S}$$

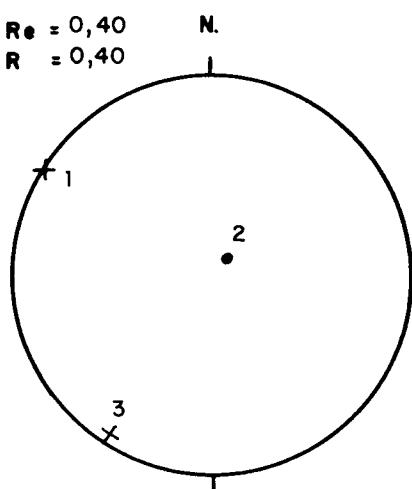
$$\text{DESVIACION MEDIA} (\text{°}) = 9^{\circ}$$

$$\text{PORCENTAJE EXPLICADO} = 67 \%$$



$Re = 0,40$

$R = 0,40$



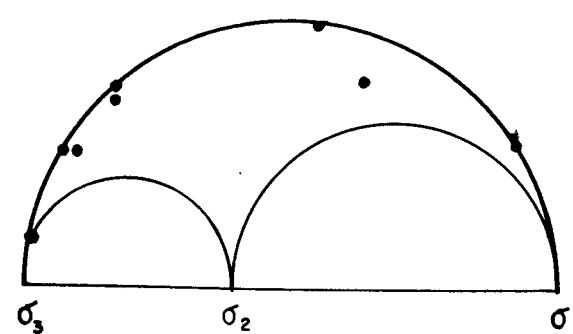
$$\sigma_1 = 122,20$$

$$\sigma_2 = 048,81 \text{ N}$$

$$\sigma_3 = 032,9 \text{ S}$$

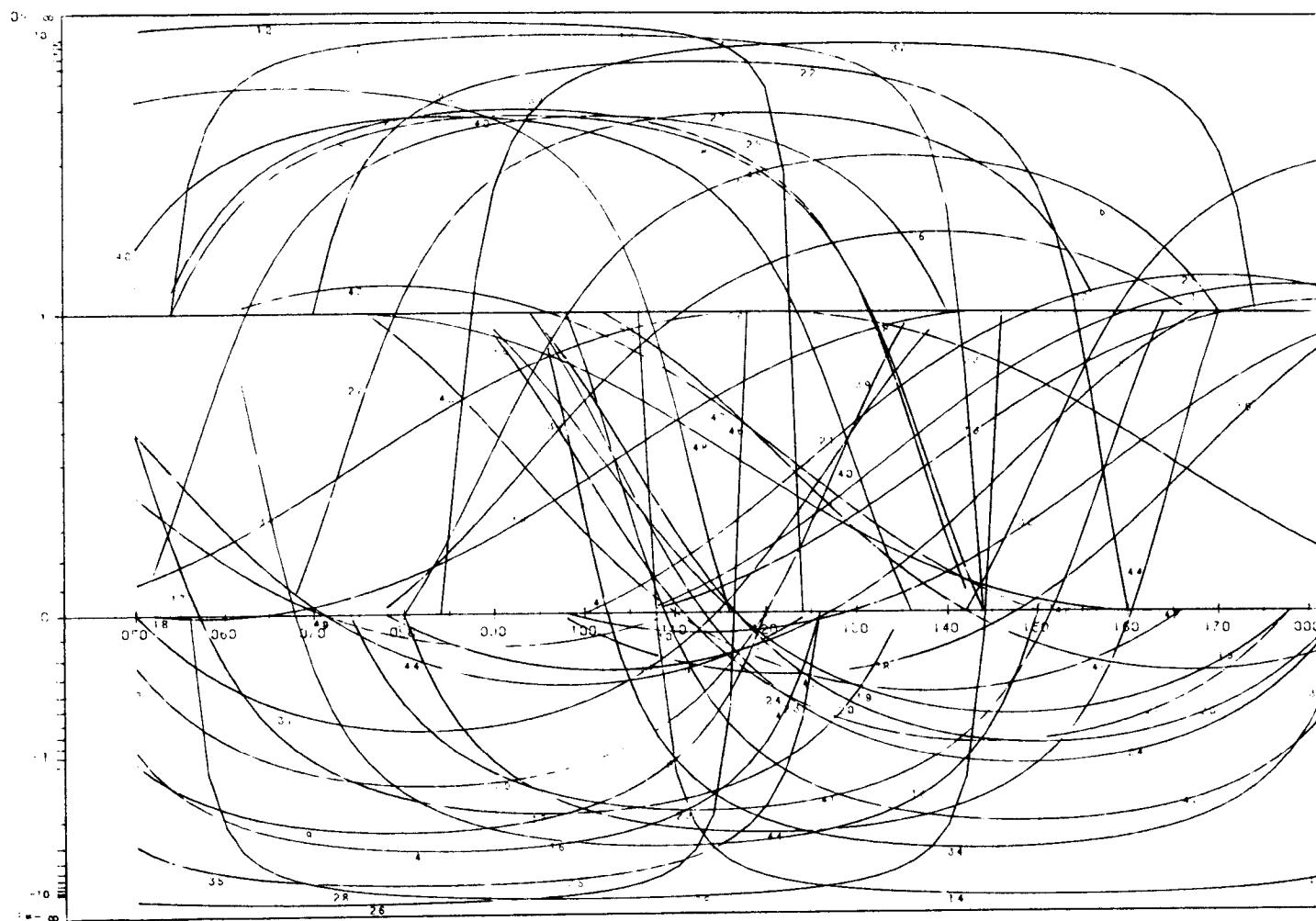
$$\text{DESVIACION MEDIA} (\text{°}) = 4^{\circ}$$

$$\text{PORCENTAJE EXPLICADO} = 16 \%$$



## MÉTODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: ALMONACID / SIN ABATIR  
GEOLÓGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



## METODO DE LOS DIACRAMAS YR

ESTACION: ALMONACID4 / PLANO ABAT. 004/3CF  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza

