

7. APLICACIÓN DEL MÉTODO ERASO

7.1 RESUMEN DE PROGRAMAS

La aplicación del método Eraso a las anteriores tablas de datos recolectados en el campo se realiza mediante el uso de una serie de programas.

En nuestro caso, usaremos la versión 4.0 del Método Eraso. Esta versión consta de los programas GEODRE, GEOPOL y KOLMO de la versión 3.0 anterior, a los que se han añadido los programas DATOS, VENAS y REFINO. Todos estos programas están escritos en el lenguaje de programación Fortran y se ejecutan mediante MS-DOS.

Aplicando las técnicas de la geología estructural y de la proyección estereográfica se definen los correspondientes elipsoides ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$), mediante las conjunciones de tectóglifos encontradas en el campo: estilolito-vena, estilolito-falla, vena-falla, fallas conjugadas y fallas únicas.

Los elipsoides los define el programa GEODRE mediante ciclográficas representadas en red de Wulff o equiangular (proyección estereográfica). Los datos de los diferentes tectóglifos se introducen en este programa mediante un fichero de texto con un formato determinado.

Este formato nos lo facilita el programa DATOS, en el se introducen los datos de campo de manera más cómoda en un fichero de texto y nos crea otro con el formato adecuado para que pueda ser leído por el programa GEODRE.

Una vez conocidos los elipsoides se definen mediante el programa GEOPOL, los planos de debilidad estructural o planos de drenaje (σ_1, σ_2) y se representan todos ellos mediante nubes de polos en red de Schmidt o equiareal. (proyección estereográfica). Estos planos de drenaje se definen tanto de los elipsoides como directamente de las venas, ya que estas contienen a (σ_1, σ_2).

La introducción de las venas se hace directamente a este programa con el uso del programa VENAS. Este programa separa del fichero de texto inicial las venas y las recupera en este punto para añadirselas al programa GEOPOL.

Se puede obtener un histograma en dos dimensiones con la ayuda del programa KOLMO, relacionando en ordenadas el porcentaje de probabilidad o el número de datos y en abscisas el rumbo del plano.

Para evitar el problema que generan los valores situados en la frontera entre dos clases estadísticas contiguas, el programa REFINO nos proporciona los datos del correspondiente histograma refinado, obteniendo así una ley de distribución de los planos de drenaje.

La salida de datos de estos programas estadísticos, se debe apoyar con algún procesador de datos como por ejemplo el Excel.

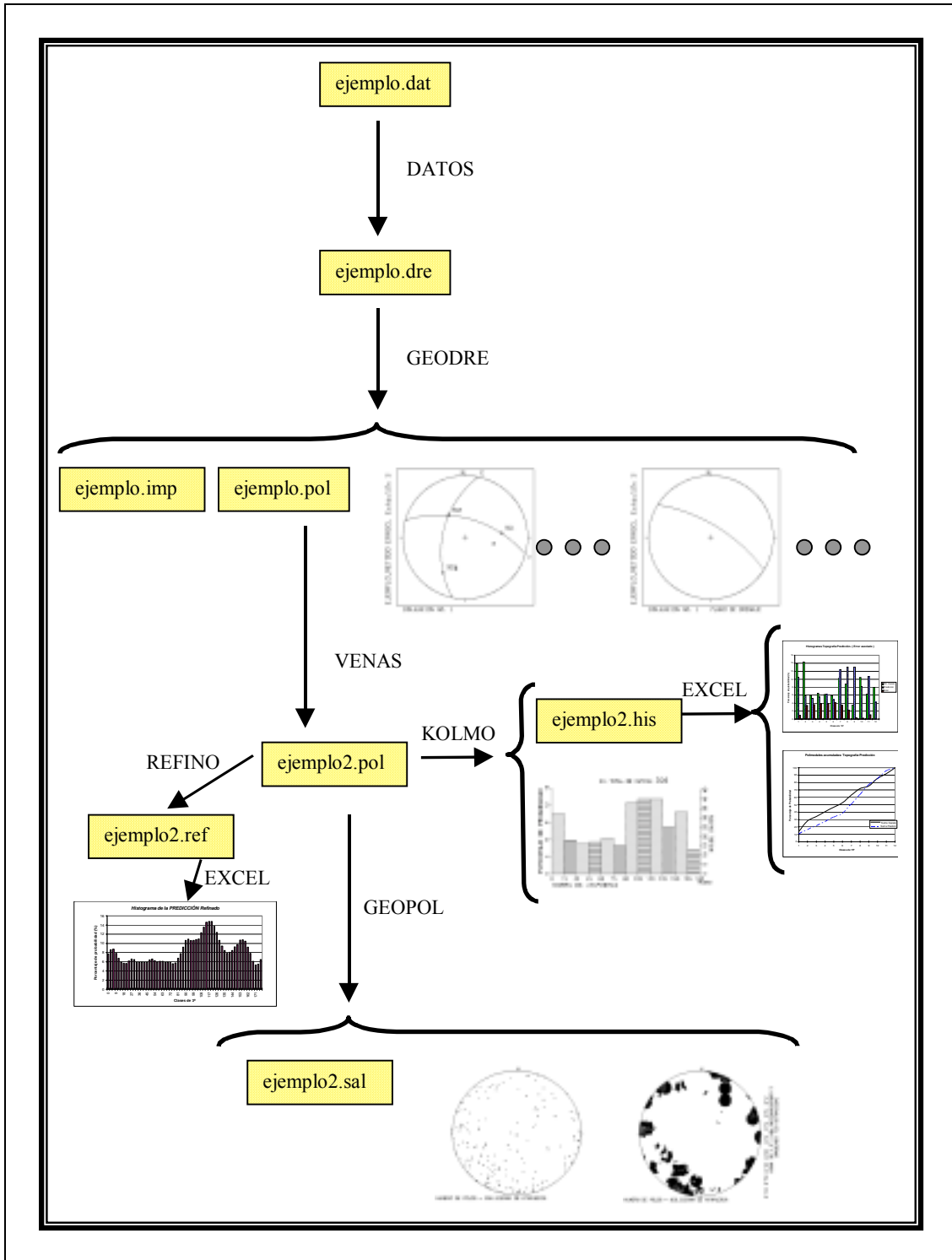


Fig. 44: Esquema de los programas que componen la versión 4.0 del método Eraso, con un ejemplo de los correspondientes ficheros de entrada y salida, así como las salidas gráficas que ofrecen algunos de ellos.

En la figura anterior mostramos esquemáticamente las relaciones de los ficheros de entrada y salida de los diferentes programas, así como un ejemplo de las salidas gráficas que producen algunos de ellos.

A continuación analizaremos cada uno de los diferentes programas en detalle, usando de ejemplos los ficheros de entrada y salida de nuestros datos de campo.

7.2 PROGRAMA DATOS

La misión principal de este programa es la de crear un fichero inicial con todos los datos de campo, expresados en el formato adecuado para que puedan leerlo los siguientes programas.

Para ejecutarlo se debe crear primero un fichero de texto con todos los datos de campo. Este fichero no es demasiado exigente en cuanto a formato, lo que nos facilita mucho la labor.

Veamos en primer lugar como es nuestro fichero de entrada de datos inicial. Este fichero se realiza con el programa Notepad o Bloc de notas (Programa presente en todos los Windows), al que llamaremos en este caso *marginz.txt*. En la siguiente figura y a modo de ejemplo, vemos algunos de los datos tomados en la segunda parada.

MARGEN IZQUIERDO. METODO ERASO.									
11									
3	263	82	173	CONJUNCION	3	146	86	56	FallaFalla
3	256	72	166	CONJUNCION	3	328	77	238	FallaFalla
3	256	76	166	CONJUNCION	3	149	88	59	FallaFalla
3	265	85	175	CONJUNCION	3	146	86	56	FallaFalla
3	279	75	189	CONJUNCION	3	182	88	92	FallaFalla
3	94	86	4	CONJUNCION	3	182	88	92	FallaFalla
3	308	88	218	CONJUNCION	3	181	89	91	FallaFalla
3	93	89	183	CONJUNCION	3	181	89	91	FallaFalla
1	218	62	308	CONJUNCION	3	100	82	190	EstilolitoFalla
1	218	72	308	CONJUNCION	3	270	80	180	EstilolitoFalla
1	232	61	322	CONJUNCION	3	270	80	180	EstilolitoFalla
1	212	68	302	CONJUNCION	3	280	82	190	EstilolitoFalla
3	300	86	210	CONJUNCION	3	359	70	269	FallaFalla
3	300	84	210	CONJUNCION	3	359	70	269	FallaFalla
3	326	78	236	CONJUNCION	3	248	84	158	FallaFalla
3	326	78	236	CONJUNCION	3	263	70	173	FallaFalla
22									
2	257	74	147	Gran Vena					
2	254	75	144	Gran Vena					
2	253	77	143	Gran Vena					
2	257	76	147	Gran Vena					
2	260	78	150	Gran Vena					
2	258	82	148	Gran Vena					
2	271	74	161	Gran Vena					
33									
3	263	82	173	18	1				Falla sola
3	256	72	166	14	1				Falla sola
3	256	76	166	14	1				Falla sola
3	265	85	175	18	1				Falla sola
3	99	75	189	20	1				Falla sola
3	94	86	4	18	1				Falla sola
3	308	88	218	20	1				Falla sola
3	273	89	183	18	1				Falla sola
3	146	86	56	16	-1				Falla sola
3	328	77	238	18	-1				Falla sola
3	149	88	59	18	-1				Falla sola
3	146	86	56	20	-1				Falla sola
3	182	88	92	14	-1				Falla sola
3	181	89	91	18	-1				Falla sola
3	100	82	190	10	-1				Falla sola

3	270	80	180	10	-1	Falla sola
3	359	70	269	14	1	Falla sola
3	248	84	158	20	1	Falla sola
3	263	70	173	20	1	Falla sola
3	300	86	210	12	-1	Falla sola
3	300	84	210	14	-1	Falla sola
3	326	78	236	18	-1	Falla sola
123						

Fig. 45: Esta figura muestra una parte del fichero de texto creado con los datos obtenidos en el campo, creado para ejecutar el programa DATOS.

El formato de este fichero de texto es bastante liberal, no tenemos ninguna limitación en cuanto a líneas en blanco o espacios entre los diferentes parámetros. Tampoco importa el hecho de escribir en mayúsculas o minúsculas.

A pesar de toda esta libertad en cuanto a formato se trata, hemos encontrado que el programa NO reconoce el símbolo del guión. Cuando se ejecuta con un algún guión en la zona reservada a texto, por ejemplo, si escribimos en alguna conjunción *falla-falla*, el programa no se ejecuta y nos aparece un mensaje de error.

Encontrar el motivo de ese error fue dificultoso y fruto de la casualidad. Puede ser que existan otros símbolos que el programa no reconozca, aunque nosotros solo hemos encontrado este.

Las primeras líneas del archivo se reservan para el texto con el que queramos caracterizar este fichero, ponerle título, etc.

Después se utilizaran cuatro marcas diferentes: 11, 22, 33, 123. Estas marcas separan en bloques los distintos tipos de información y se colocan en una línea aparte antes de empezar cada uno de estos bloques.

Con la marca 11 comenzamos la parte del fichero en la que están todas las conjunciones de tectoglifos.

La marca 22 es para localizar todas las venas que no se hayan podido conjugar con ningún otro tectoglifo, es decir, las venas solas. Como estas venas son ya planos de drenaje, esta separación permitirá después que el programa VENAS las recupere para añadirlas al fichero donde se han obtenido los planos de drenaje de las diferentes conjunciones.

La marca 33 nos separa las fallas únicas que hayamos encontrado y la marca 123 indica el final del archivo.

Para definir cada tectoglifo se emplearán los parámetros siguientes:

1.- Un número 1,2 ó 3 según el tipo de tectoglifo de que se trate:

1 para los estilolitos

2 para las venas

3 para las fallas

2.- Dirección del plano que define el tectoglifo, con el criterio de comenzar desde el norte hacia el este y con valores entre 0° y 360°.

3.- Buzamiento de dicho plano.

4.- Dirección de la línea de máxima pendiente del plano definido por el tectoglifo.

A continuación es posible escribir una cadena de caracteres que nos facilite la comprensión al leer el fichero (por ejemplo: estilolito, vena, falla, etc.).

Esta descripción que se acaba de realizar será general para todos los datos. En caso de tratarse de una conjunción, es decir estando en el área encabezada por la marca 11, después de haber introducido el primer tectoglifo de la conjunción como se ha explicado, se escribe a continuación el segundo de la misma manera.

Y en caso de que nos encontremos en el área encabezada con la marca 33, para las fallas únicas, hay que añadir otros dos parámetros a los ya citados antes de la cadena de caracteres final. Estos nuevos parámetros son el pitch o dirección de las estrías o movimiento de la falla y el signo de la misma. Este se considerará positivo para las fallas dexas (se denotará con el número 1) y negativo para las fallas senestras (se denotará con el número -1).

Una vez creado este fichero, ya podemos ejecutar el programa DATOS y nos creará otro fichero con el formato y extensión adecuada para que pueda ser leído por el programa GEODRE, el fichero recibe el nombre de *margiz.dre*.

7.3 PROGRAMA GEODRE

Este programa a partir de los tectoglifos (estilolitos, venas y fallas) y sus conjunciones calcula las componentes σ_1 , σ_2 , σ_3 del tensor de tensiones, así como los planos de drenaje con su dirección, buzamiento y dirección de la máxima pendiente del mismo.

Los datos de entrada son leídos del fichero obtenido con el programa anterior *DATOS* (en este caso *margiz.dre*), estando ya en el formato adecuado para ello.

A continuación podemos ver como se ejecuta el programa *GEODRE*, así como las diferentes preguntas que se van realizando para nombrar los diferentes ficheros que nos proporciona dicho programa (lo que se teclea en el ordenador aparece en negrita):

```
C:\> geodre
INTRODUCIR TIPO DE SALIDA DESEADO:
1= PANTALLA CGA
2= PANTALLA EGA
3=IMPRESORA IBM PROPRINTER
4=IMPRESORA EPSON FX-80
5=IMPRESORA HP LASERJET
OPCION > 2
Introducir archivo de ENTRADA >
margiz.dre
Introducir archivo de SALIDA DE IMPRESION >
margiz.imp
Introducir archivo de SALIDA PARA GEOPOL (nombre.POL) >
margiz.pol
```

EJECUTANDO DIBUJO. ESPERE.
 READY TO DISPLAY DRAWING
 Strike any key to continue.

.....
 EJECUTANDO DIBUJO. ESPERE.
 READY TO DISPLAY DRAWING
 Strike any key to continue.

.....

Como vemos se introduce el fichero *margiz.dre* que nos había proporcionado el programa anterior *DATOS*. Y como salidas nos aparecen otros dos ficheros que llamamos *margiz.imp* y *margiz.pol*.

El primero de ellos *margiz.imp* es el que contiene la información tanto de los datos de entrada, como de las componentes σ_1 , σ_2 , σ_3 del tensor de tensiones, y los planos de drenaje con su dirección, buzamiento y dirección de la máxima pendiente del plano de drenaje (Ver figura 46).

El fichero *margiz.pol* (ver Figura 47), que tiene que llevar siempre la extensión *.pol*, es donde se recogen los datos de los planos de drenaje con el formato adecuado para poder seguir utilizando los otros programas. Observamos como en dicho fichero aparecen en la primera línea unos parámetros de utilización interna de los otros programas. En la segunda línea nos aparece el texto que escribimos en el fichero *margiz.dre* y a continuación se presentan unas cifras que son los valores de los intervalos de concentración de polos por unidad de área (explicaremos este significado al desarrollar el programa *GEOPOL*). Posteriormente aparecen los valores de la dirección, buzamiento y dirección de máxima pendiente de los planos de drenaje. Finalmente las últimas cifras son los códigos que identifican el final de archivo y fin de lectura.

Un gran problema de este programa es precisamente su salida gráfica. Como hemos visto anteriormente, al empezar a ejecutar el programa nos da a escoger entre dos opciones de salidas gráficas, por impresora o por pantalla.

Las salidas gráficas son dos proyecciones estereográficas para cada uno de los planos, la primera de representa la conjunción de tectoglifos con el tensor de tensiones característico de la misma y la segunda nos muestra el plano de drenaje que determina.

En resumen, para cada plano de inicio nos aparecen dos proyecciones. Si elegimos la salida grafica por pantalla (recomendable) hemos de ver cada vez que se ejecuta el programa todas las proyecciones. Esto supone una perdida enorme de tiempo, ya que para pasar cada proyección debemos darle dos veces al ENTER y tarda un tiempo en cargar la siguiente. Además cada vez que cambiamos algún dato debemos ejecutar de nuevo el programa, lo que supone en nuestro caso, al tener alrededor de 90 planos, nos aparecen 180 proyecciones que no podemos evitar de ver. (Debemos teclear 360 veces

el ENTER). En nuestro caso estos números son aceptables, pero si intentamos ejecutar el programa con un número mucho de datos se nos hace impensable.

La salida por impresora tiene el mismo problema ya que cada vez que lo ejecutemos, imprimiremos 180 páginas con una proyección en cada una de ellas. Aún así, el principal inconveniente es la limitación de modelos de impresora, siendo la lista muy escasa y desfasada.

Seria recomendable que existiera la posibilidad de no ver los gráficos e ir directamente al resultado, así como poder incorporar nuevas y más modernas impresoras.

<u>LISTADO DE DATOS DE ENTRADA</u>							
TITULO : 'MARGEN IZQUIERDO'. 'METODO ERASO'.							
NO.	TIPO	DIREC.	BUZAM.	D.BUZ.	PITCH	S.	OBSERV.
1	3	263.	82.	173.	0.	0	CONJUNCION
	3	146.	86.	56.	0.	0	FallaFalla
2	3	256.	72.	166.	0.	0	CONJUNCION
	3	328.	77.	238.	0.	0	FallaFalla
3	3	256.	76.	166.	0.	0	CONJUNCION
	3	149.	88.	59.	0.	0	FallaFalla
4	3	265.	85.	175.	0.	0	CONJUNCION
	3	146.	86.	56.	0.	0	FallaFalla
.....							
16	3	326.	78.	236.	0.	0	CONJUNCION
	3	263.	70.	173.	0.	0	FallaFalla
17	3	263.	82.	173.	18.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	
18	3	256.	72.	166.	14.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	
19	3	256.	76.	166.	14.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	
20	3	265.	85.	175.	18.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	
1	<u>LISTADO DE DATOS DE ENTRADA</u>						
NO.	TIPO	DIREC.	BUZAM.	D.BUZ.	PITCH	S.	OBSERV.
21	3	99.	75.	189.	20.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	
22	3	94.	86.	4.	18.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	
23	3	308.	88.	218.	20.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	
24	3	273.	89.	183.	18.	1	Falla sola
	0	0.	0.	0.	0.	0	

36	3	300.	86.	210.	12.	-1	Falla sola
0	0.	0.	0.	0.	0		
37	3	300.	84.	210.	14.	-1	Falla sola
0	0.	0.	0.	0.	0		
38	3	326.	78.	236.	18.	-1	Falla sola
0	0.	0.	0.	0.	0		
1							
CONJUNCION							
NO.	TIPO	SIGMA 1	SIGMA 2	SIGMA 3	OBSER.		
=====							
1	(F-F)	(294.)	(11.)	(126.)	(78.)	(25.)	(2.)
2	(F-F)	(23.)	(19.)	(189.)	(71.)	(291.)	(4.)
3	(F-F)	(291.)	(13.)	(142.)	(75.)	(23.)	(7.)
4	(F-F)	(295.)	(9.)	(119.)	(81.)	(26.)	(1.)
5	(F-F)	(319.)	(13.)	(175.)	(75.)	(51.)	(9.)
6	(F-F)	(228.)	(4.)	(29.)	(86.)	(138.)	(1.)
.....							
29	(F-)	(151.)	(11.)	(10.)	(76.)	(243.)	(9.)
30	(F-)	(150.)	(15.)	(4.)	(72.)	(242.)	(10.)
31	(F-)	(71.)	(13.)	(242.)	(77.)	(340.)	(2.)
32	(F-)	(241.)	(14.)	(45.)	(76.)	(150.)	(4.)
33	(F-)	(24.)	(22.)	(233.)	(66.)	(119.)	(11.)
34	(F-)	(278.)	(20.)	(84.)	(69.)	(186.)	(5.)
35	(F-)	(287.)	(27.)	(126.)	(62.)	(21.)	(8.)
36	(F-)	(269.)	(8.)	(138.)	(77.)	(0.)	(9.)
37	(F-)	(268.)	(9.)	(143.)	(75.)	(0.)	(12.)
38	(F-)	(293.)	(9.)	(179.)	(68.)	(26.)	(19.)
1							
PLANOS DE DRENAJE							
=====							
CONJUNCION		DIRECCION DEL					
NO.	DIRECCION	BUZAMIENTO	BUZAMIENTO				
=====							
1	295.	88.	205.				
2	201.	86.	111.				
3	293.	83.	203.				
4	296.	89.	206.				
5	321.	81.	231.				
6	48.	89.	318.				
.....							
30	152.	80.	62.				
31	250.	88.	160.				
32	60.	86.	330.				
33	29.	79.	299.				
34	96.	85.	6.				
35	291.	82.	201.				
36	270.	81.	180.				
37	270.	78.	180.				
38	296.	71.	206.				

Fig 46: Fichero *marginz.imp* obtenido con el programa geodre.

La figura anterior nos muestra un ejemplo del fichero de resultados *margiz.imp*, obtenido con el programa GEODRE a partir del fichero *margiz.dre*. En esta figura hemos colocado puntos suspensivos entre las cadenas de datos para no hacer tan extensa la figura, ya que más adelante se añadirán de nuevo los archivos completos de resultados.

3 0 0 0	25	0
'MARGEN IZQUIERDO'. 'METODO ERASO'.		
5.0 10.0	15.0 20.0	25.0 30.0 35.0 40.0
295.	88.	205.
201.	86.	111.
293.	83.	203.
296.	89.	206.
321.	81.	231.
48.	89.	318.
335.	89.	245.
317.	90.	227.
298.	71.	208.
307.	88.	217.
312.	72.	222.
296.	75.	206.
329.	76.	239.
329.	75.	239.
18.	85.	288.
203.	82.	113.
111.	88.	21.
285.	81.	195.
285.	85.	195.
113.	86.	23.
310.	67.	220.
303.	85.	213.
156.	82.	66.
122.	82.	32.
117.	79.	27.
298.	70.	208.
120.	79.	30.
117.	77.	27.
153.	81.	63.
152.	80.	62.
250.	88.	160.
60.	86.	330.
29.	79.	299.
96.	85.	6.
291.	82.	201.
270.	81.	180.
270.	78.	180.
296.	71.	206.
1001.		
-2		

Fig 47: Fichero *margiz.pol* obtenido con el programa GEODRE.

La figura anterior nos muestra un ejemplo del fichero *margiz.pol* obtenido con el programa GEODRE. Este archivo está preparado para que pueda ser leído por los siguientes programas y contiene solamente los diferentes planos de drenaje que resultan de la aplicación del programa GEODRE.

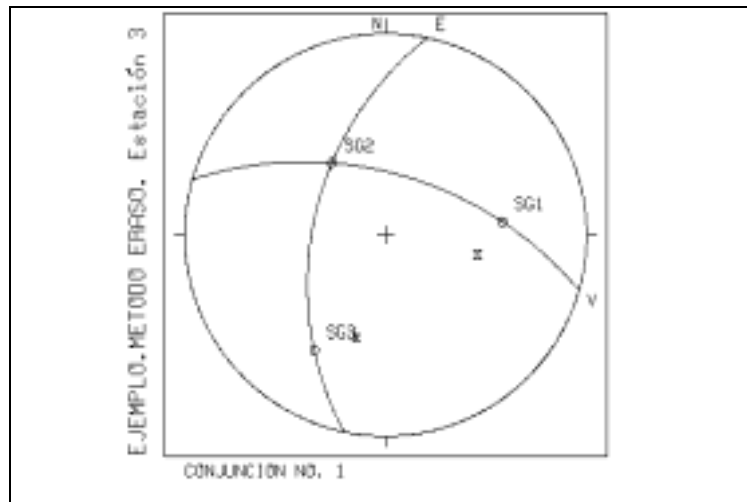


Fig 48: Representación de una conjunción obtenida en las salidas gráficas del programa *GEODRE*



Fig. 49: Representación del plano de drenaje que determina la conjunción anterior obtenida en las salidas gráficas del programa *GEODRE*

7.4 PROGRAMA VENAS

Dado que cada vena nos proporciona directamente un plano de drenaje, estos datos serían candidatos directos a formar parte del fichero *margiz.pol* donde se encuentran los datos de los planos de drenaje que el programa *GEODRE* ha calculado a partir de las diferentes conjunciones de los tectoglifos.

De esta manera, tanto las venas que se han tomado en campo y no se han podido conjugar con ningún otro tectoglifo (los datos que habíamos introducido en el fichero inicial *margiz.txt* encabezados con la marca 22), como las venas que han entrado conjugadas con algún tectoglifo, nos proporcionan directamente planos de drenaje que

vamos a añadir al fichero *margiz.pol* sin más que ejecutar el programa *VENAS*. Para lo que realizamos lo siguiente:

```
C:\> venas
Archivo antiguo sin venas para el GEOPOL (nombre.pol) >
margiz.pol
Archivo nuevo con venas para el GEOPOL (nombre.pol) >
margizv.pol
Stop – Program terminated.
```

De manera que en el nuevo fichero *margizv.pol* vemos como a los planos de drenaje que teníamos anteriormente se le han añadido todos los que corresponden a todas las venas del archivo de texto inicial, como se puede ver en la siguiente figura.

3 0 0 0	25	0
	'MARGEN IZQUIERDO'. 'METODO ERASO'.	
5.0 10.0	15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0	
295.	88.	205.
201.	86.	111.
293.	83.	203.
296.	89.	206.
321.	81.	231.
48.	89.	318.
335.	89.	245.
317.	90.	227.
298.	71.	208.
307.	88.	217.
312.	72.	222.
296.	75.	206.
329.	76.	239.
329.	75.	239.
18.	85.	288.
203.	82.	113.
111.	88.	21.
285.	81.	195.
285.	85.	195.
113.	86.	23.
298.	70.	208.
120.	79.	30.
117.	77.	27.
153.	81.	63.
152.	80.	62.
250.	88.	160.
60.	86.	330.
29.	79.	299.
96.	85.	6.
291.	82.	201.
270.	81.	180.
270.	78.	180.
296.	71.	206.
257.	74.	147.
254.	75.	144.
253.	77.	143.
257.	76.	147.
260.	78.	150.
258.	82.	148.
271.	74.	161.
1001.		
-2		

Fig 50: Fichero *margizv.pol*. Comprobamos que es el mismo que el fichero anterior (Fig 47) donde se le han añadido los planos que corresponden a todas la venas del fichero de texto inicial *margiz.txt*.

7.5 PROGRAMA GEOPOL

Este programa nos proporciona la salida gráfica en tres dimensiones de los polos de los planos de drenaje, así como su concentración por unidad de área según el filtro empleado. Para ello se utiliza la red de Schmidt o equiareal.

Los datos se introducen con el fichero de los planos de drenaje donde han sido añadidas las venas *margizv.pol*. Donde observamos las cifras de la tercera fila, que son los niveles de discriminación para la representación gráfica de los polos por unidad de área. Estas cifras las debemos variar en cada caso para elegir los filtros más convenientes en cada momento, dependiendo de la cantidad de datos que tengamos en el fichero que se esté utilizando. Por defecto nos aparecerán siempre intervalos del 5%, valores que no debemos olvidar cambiar en cada caso para elegir los más adecuados.

Para su ejecución se realiza lo siguiente:

```
C:\> geopol
Introducir archivo de ENTRADA >
ejemplo2.pol
Introducir archivo de SALIDA >
ejemplo2.sal

INTRODUCIR TIPO DE SALIDA DESEADO:
1= PANTALLA CGA
2= PANTALLA EGA
3=IMPRESORA IBM PROPRINTER
4=IMPRESORA EPSON FX-80
5=IMPRESORA HP LASERJET
OPCION > 2

.....

READY TO DISPLAY DRAWING
Strike any key to continue.

.....

READY TO DISPLAY DRAWING
Strike any key to continue.

.....
```

Se obtiene un fichero de salida *margizv.sal* donde se encuentra la misma información que se ofrece de modo gráfico, pero de forma numérica. Obteniendo así el porcentaje del área de proyección cubierta por diferentes concentraciones. Un ejemplo de este fichero numérico de salida se puede ver en la siguiente figura.

DATOS DEL CALCULO			
=====			
3 0 0 0 0	25.	0.	0. 0
	'MARGEN IZQUIERDO'. 'METODO ERASO'.		
5.00			
10.00			
15.00			
20.00			
25.00			
30.00			
35.00			
40.00			
295.	88.	205.	0. 0.
201.	86.	111.	0. 0.
293.	83.	203.	0. 0.
296.	89.	206.	0. 0.
321.	81.	231.	0. 0.
48.	89.	318.	0. 0.
335.	89.	245.	0. 0.
317.	90.	227.	0. 0.
298.	71.	208.	0. 0.
307.	88.	217.	0. 0.
312.	72.	222.	0. 0.
296.	75.	206.	0. 0.
329.	76.	239.	0. 0.
329.	75.	239.	0. 0.
18.	85.	288.	0. 0.
203.	82.	113.	0. 0.
111.	88.	21.	0. 0.
285.	81.	195.	0. 0.
285.	85.	195.	0. 0.
113.	86.	23.	0. 0.
310.	67.	220.	0. 0.
303.	85.	213.	0. 0.
156.	82.	66.	0. 0.
122.	82.	32.	0. 0.
117.	79.	27.	0. 0.
298.	70.	208.	0. 0.
120.	79.	30.	0. 0.
117.	77.	27.	0. 0.
153.	81.	63.	0. 0.
152.	80.	62.	0. 0.
250.	88.	160.	0. 0.
60.	86.	330.	0. 0.
29.	79.	299.	0. 0.
96.	85.	6.	0. 0.
291.	82.	201.	0. 0.
270.	81.	180.	0. 0.
270.	78.	180.	0. 0.
296.	71.	206.	0. 0.
257.	74.	147.	0. 0.
254.	75.	144.	0. 0.
253.	77.	143.	0. 0.
257.	76.	147.	0. 0.
260.	78.	150.	0. 0.
258.	82.	148.	0. 0.
271.	74.	161.	0. 0.
1			
LA MAX. CONCENTRACION = 17.78 POR CIENTO			
=====			
(AREAS SOMBREADAS)			
PORCENTAJE DEL AREA DE PROYECCION CUBIERTA POR DIFERENTES CONCENTRACIONES			
=====			
.00 % CONCENTRACION CUBRE	79.6558 % DEL AREA DE PROYECCION		
2.22 % CONCENTRACION CUBRE	8.6681 % DEL AREA DE PROYECCION		
4.44 % CONCENTRACION CUBRE	5.4012 % DEL AREA DE PROYECCION		
6.67 % CONCENTRACION CUBRE	2.7360 % DEL AREA DE PROYECCION		
8.89 % CONCENTRACION CUBRE	1.8292 % DEL AREA DE PROYECCION		
11.11 % CONCENTRACION CUBRE	.5706 % DEL AREA DE PROYECCION		
13.33 % CONCENTRACION CUBRE	.8648 % DEL AREA DE PROYECCION		
15.56 % CONCENTRACION CUBRE	.2433 % DEL AREA DE PROYECCION		
17.78 % CONCENTRACION CUBRE	.0310 % DEL AREA DE PROYECCION		

Fig 51: fichero margizv.sal donde se recoge la información proporcionada por el programa GEOPOL

7.6 PROGRAMA KOLMO

Este programa está destinado al análisis estadístico en dos dimensiones de los datos tratados. Emplea como fichero de datos el mismo que empleaba el *GEOPOL*, es decir el fichero de los planos de drenaje completado con las venas que se ha obtenido de *DATOS* (en nuestro caso se trata de *marginzv.pol*).

Como salida gráfica se obtiene un histograma de frecuencia de las direcciones de los planos de drenaje, relacionando en ordenadas el número de datos y en abcisas el rumbo.

En nuestro caso no hemos aplicado este estudio estadístico por considerar que no aporta ningún tipo de información relacionada con nuestro objetivo. En su lugar, hemos hecho otro estudio estadístico basado en diagramas de densidad, con la ayuda del programa StereoNett, como veremos más adelante.

El programa REFINO, cuya única misión es solucionar los posibles problemas que aparecen si tenemos un plano situado entre dos clases contiguas del histograma, tampoco se ha optado por su uso.

7.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Una vez hemos aplicado el método Eraso a todos los datos obtenidos en el campo, el programa nos da una serie de planos de drenaje. Para cada entrada de algún dato el programa obtiene un plano de drenaje, así pues obtenemos un número de posibles soluciones muy elevado. Ante esta situación se deben analizar todas estas soluciones y quedarnos con las más representativas.

El primer paso será usar un diagrama de densidad para intentar descubrir el número de familias que representan esta nube de puntos. Las soluciones que buscamos, pues, son todas las familias de planos de drenaje que nos da el programa y no cada uno de los planos en sí.

Para proceder a este análisis de densidad usaremos el programa StereoNett de proyección estereográfica.

En primer lugar entraremos todos y cada uno de los planos de drenaje que nos proporcionan los programas anteriores. Aparte de poder realizar el análisis de densidad, este programa de proyección estereográfica nos será de gran utilidad como salida gráfica de los resultados.

Para representar todos los planos de drenaje en proyección estereográfica, solo dibujaremos los polos de estos planos ya que, debido al gran número de planos a representar, si dibujáramos las ciclográficas solo se vería una acumulación de líneas que no permitiría una correcta interpretación. La figura 52 nos muestra la representación en proyección estereográfica de los polos de todos los planos de drenaje que resultan al aplicar el método Eraso.

Una vez tenemos todos los planos representados, podemos proceder al análisis de densidad de las soluciones. La figura 53 muestra la representación de todas las soluciones en un diagrama de densidad.

De este análisis obtenemos siete planos representativos que son:

Dirección de capa	Dirección Buzamiento	Ángulo Buzamiento	Peso Característico
150	060	12	13
153	063	85	5
127	217	78	6
116	206	87	7
116	026	83	7
221	131	79	6
230	140	73	7

Tabla 10: Esta tabla representa los siete planos característicos del diagrama de densidad de todos los planos de drenaje con el peso de cada uno de ellos.

El peso de cada uno de los planos es el número de planos de drenaje a los que representa este plano solución.

En la figura 54 están representados en proyección estereográfica estos siete planos.

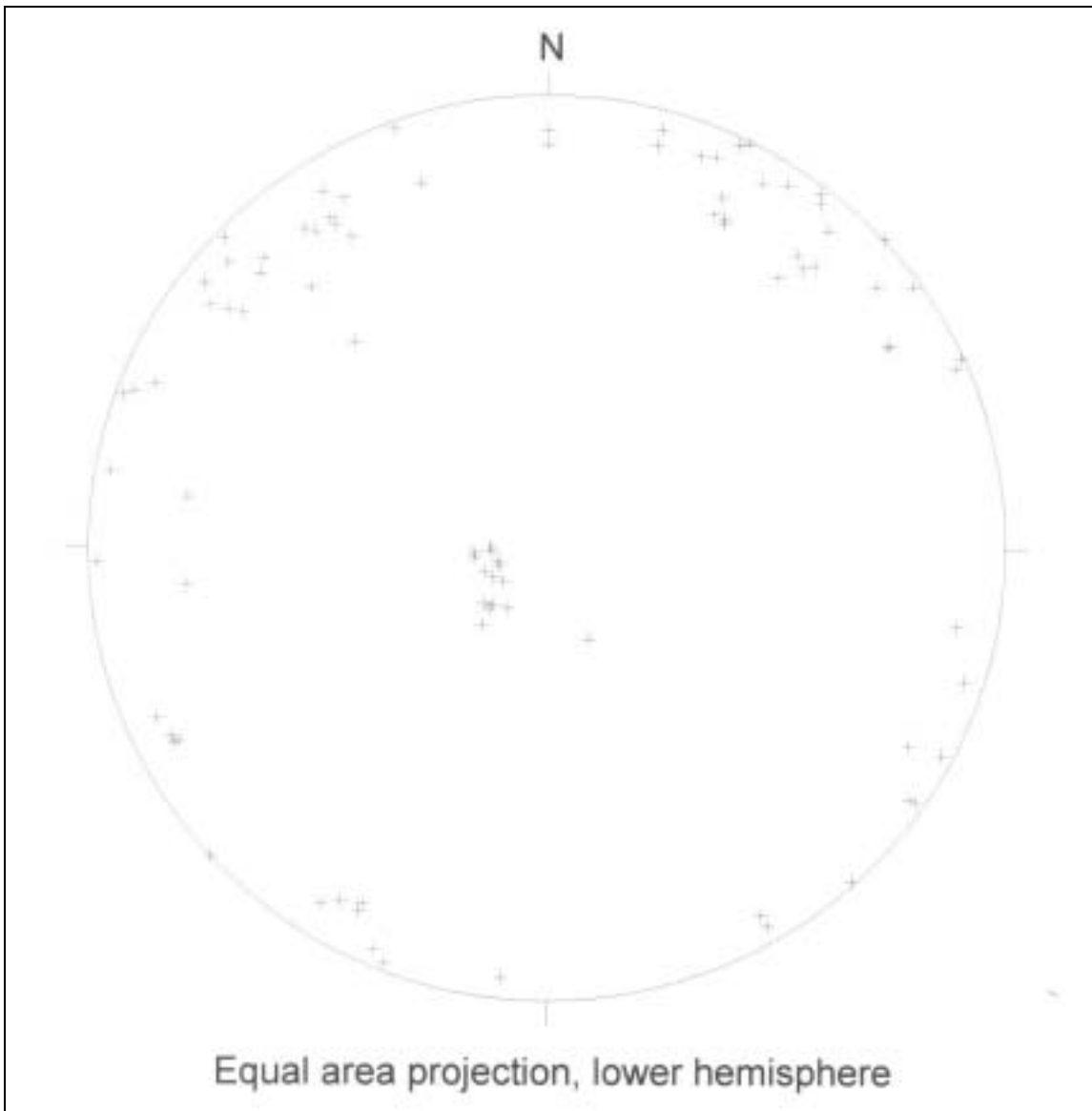


Fig 52: Esta figura nos muestra la representación en estereográfica de todos los polos de los planos de drenaje, que resultan al aplicar el método Eraso a los datos tomados en el campo.

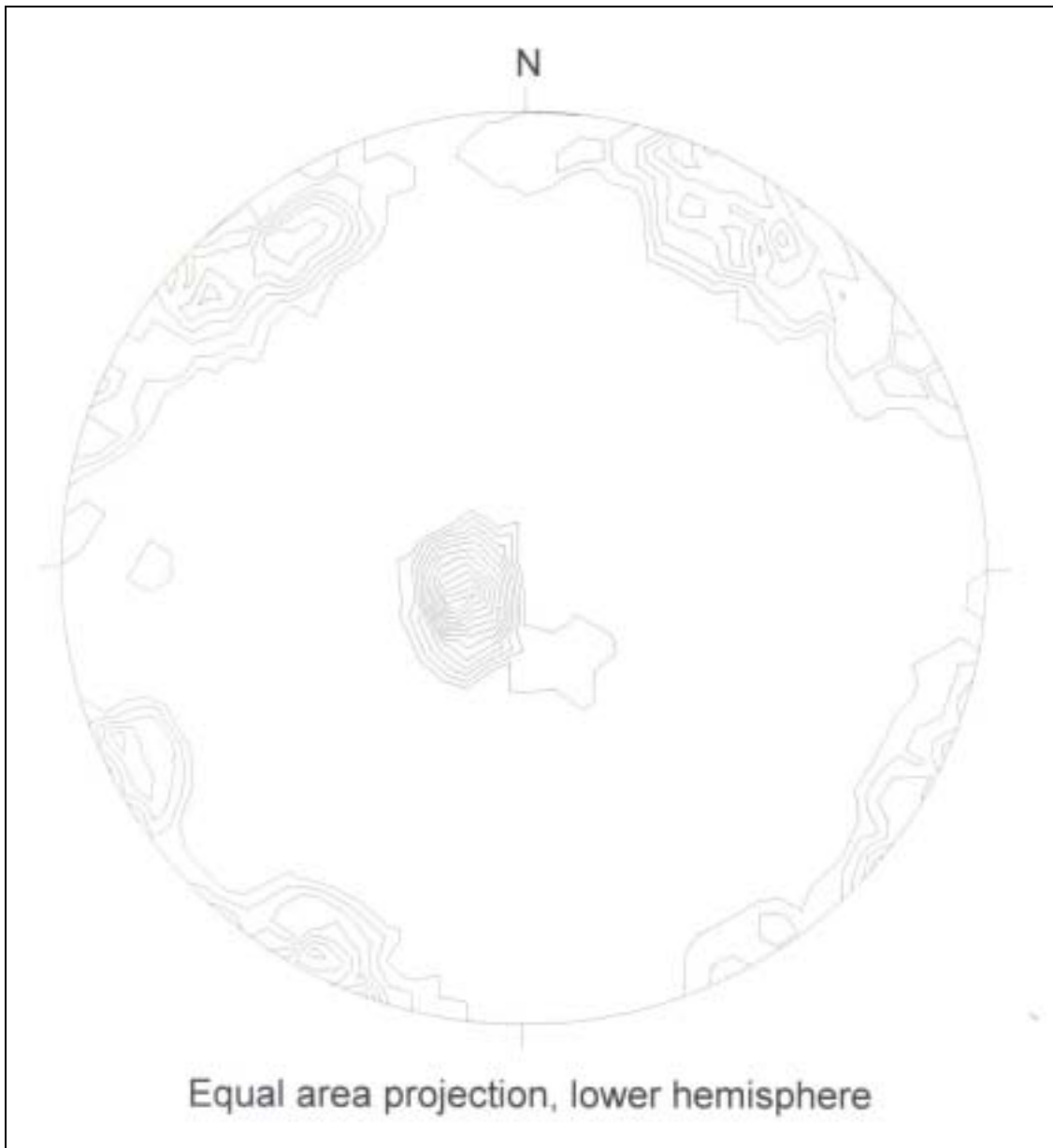


Fig 53: Esta figura es un diagrama de densidad de todos los polos correspondientes a la figura anterior, es decir, de los polos de todos los planos de drenaje que resultan de aplicar el método Eraso a los datos tomados en el campo.

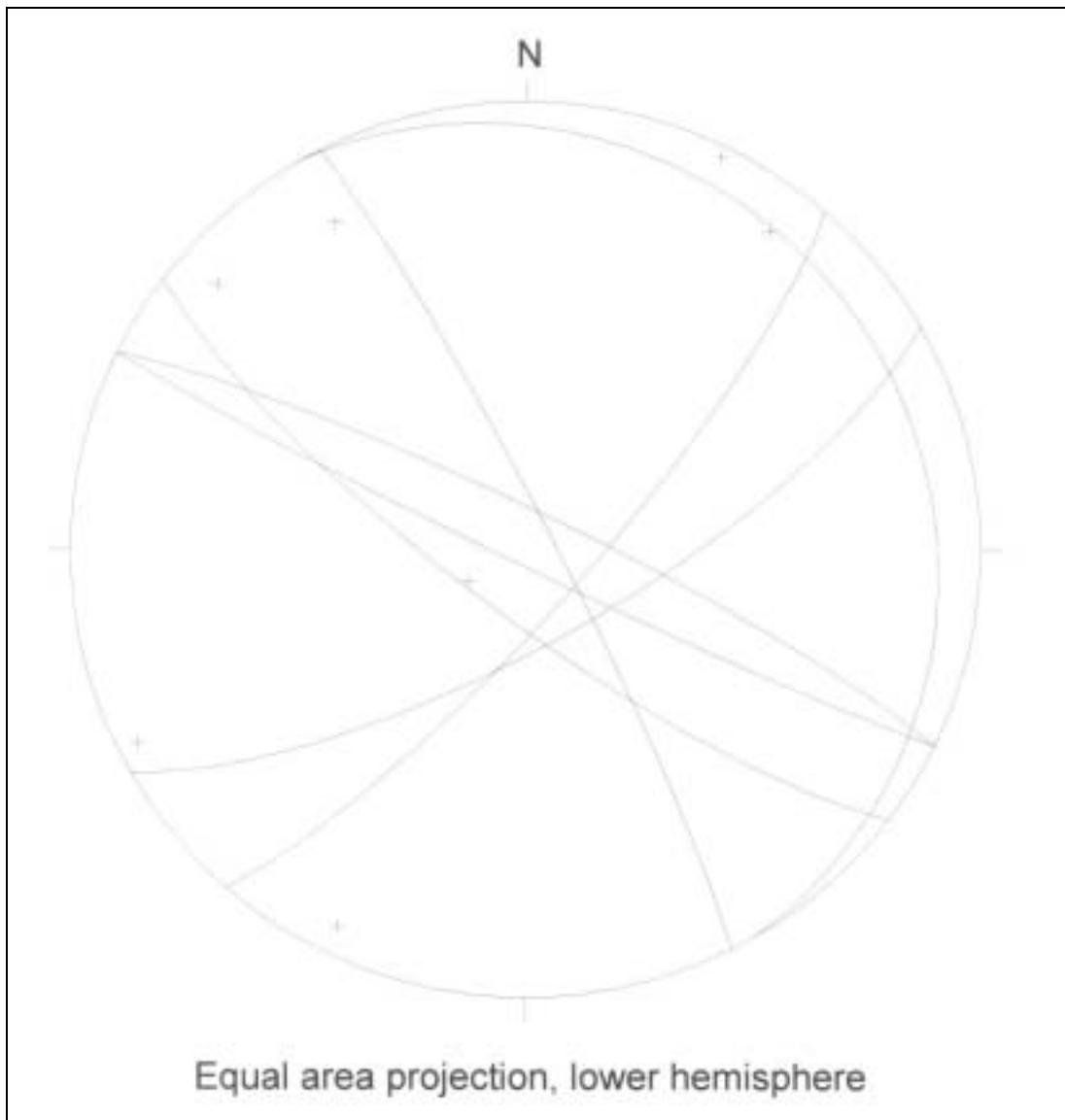


Fig 54: Esta figura nos muestra las siete familias de planos mas representativas de todos los planos de drenaje. Para la elección de estas siete en particular, nos hemos basado en los datos que nos aporta la figura anterior, es decir, la densidad de planos de drenaje en cada dirección.

Aunque de este análisis de densidad se obtengan siete planos, vemos que varios de ellos son muy similares. De todos estos planos se pueden agrupar en cuatro grupos que se corresponderían a las familias de fractura. Estas familias son los datos que buscamos y consideraremos como solución definitiva.

Para hallar cada una de estas familias, hacemos una media ponderada al peso de cada plano, de la dirección de capa, dirección de buzamiento y ángulo de buzamiento de cada uno de los planos que pertenece a cada familia.

Así pues, las cuatro familias resultantes son:

DIRECCIÓN DE CAPA	DIRECCIÓN BUZAMIENTO	ANGULO DE BUZAMIENTO
150	060	12
153	063	85
119	209	83
051	141	76

Tabla 11: esta tabla muestra las cuatro familias de fracturas que tomaremos como solución.

Este método de obtención de las familias de fracturas está condicionado por la fiabilidad de los datos de campo a representar la realidad.

Sabemos que esto no sucede, ya que, la toma de datos está condicionada por la accesibilidad del terreno. De hecho, somos conscientes que gran parte de fracturas que sospechamos que son fundamentales en el esquema de filtraciones del embalse, no han podido ser medidas de manera exhaustiva debido a su inaccesibilidad.

Así pues, el peso de los siete planos resultantes del análisis de densidad, carece de valor real y esta condicionado por esa accesibilidad.

En un intento de dar una importancia relativa más real entre las diferentes direcciones de fractura, haremos otro análisis usando un estereoscopio y fotos aéreas de la zona del embalse.

Con el estereoscopio conseguimos visualizar en tres dimensiones el relieve de la zona que aparece en las fotos aéreas. Esto se consigue a través de dos fotos aéreas que comparten una superficie del terreno en común, llamada superficie de solape. Estas fotografías han sido realizadas por el Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

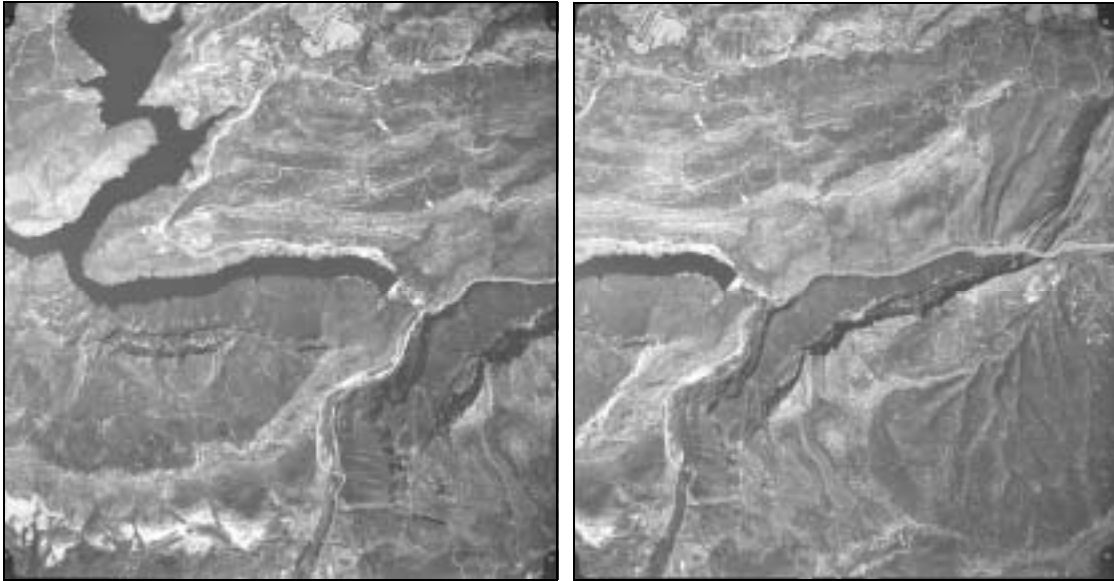


Foto 41 y 42: Estas fotos son las dos fotos aéreas realizadas por el ICC que hemos usado para estudiar la importancia relativa de las distintas fracturas con la ayuda del estereoscopio.

Con la ayuda del estereoscopio, conseguimos desdoblar la vista gracias a un conjunto de espejos y vemos esa superficie de solape de las dos fotos desde dos puntos de vista diferentes. Gracias a esos dos puntos de vista, cada ojo mira a una foto, se crea el efecto de las tres dimensiones.



Foto 43 y 44: Estas dos fotografías nos muestran el estereoscopio y la manera como se colocan debajo de el las fotografías aéreas.

Viendo el terreno en tres dimensiones, se pueden distinguir las distintas líneas de fractura que muestra el terreno, consiguiendo superar el problema anterior de la accesibilidad.

Para representarlas, colocamos una transparencia encima de las fotos y reseguimos con un rotulador las distintas fracturas que observamos.

Para proceder a un análisis estadístico de estas distintas fracturas lo que hacemos es medir la longitud y el ángulo respecto al norte de cada una de ellas. Esta información la representamos en un gráfico, a modo de rosa de vientos, agrupando las distintas fracturas en sectores angulares de quince grados, y sumamos la longitud de todas las fracturas que pertenecen a un mismo sector.

El resultado de esta suma es el siguiente:

	0°- 15°	15°- 30°	30°- 45°	45°- 60°	60°- 75°	75°- 90°	90°- 105°	105°- 120°	120°- 135°	135°- 150°	150°- 165°	165°- 180°
En foto (cm)	26.5	23.1	11.9	11.3	7.7	4.9	14.6	7.2	6.5	13.3	23.7	12.5
Distancia real (metros)	583	508.2	261.8	248.6	169.4	107.8	321.2	158.4	143	292.6	521.4	275

Tabla 12: Esta tabla muestra, para cada sector angular, la suma de todas las longitudes de las fracturas que pertenecen a cada uno de los sectores.

Los sectores que van desde 180° a 360°, son los mismos que estos, ya que al medir direcciones de capa el ángulo que determina a un plano es α o $(\alpha+180^\circ)$. Esto ocurre porque medimos direcciones y no sentidos. Así pues, el diagrama en rosa de vientos deberá ser simétrico respecto su centro.

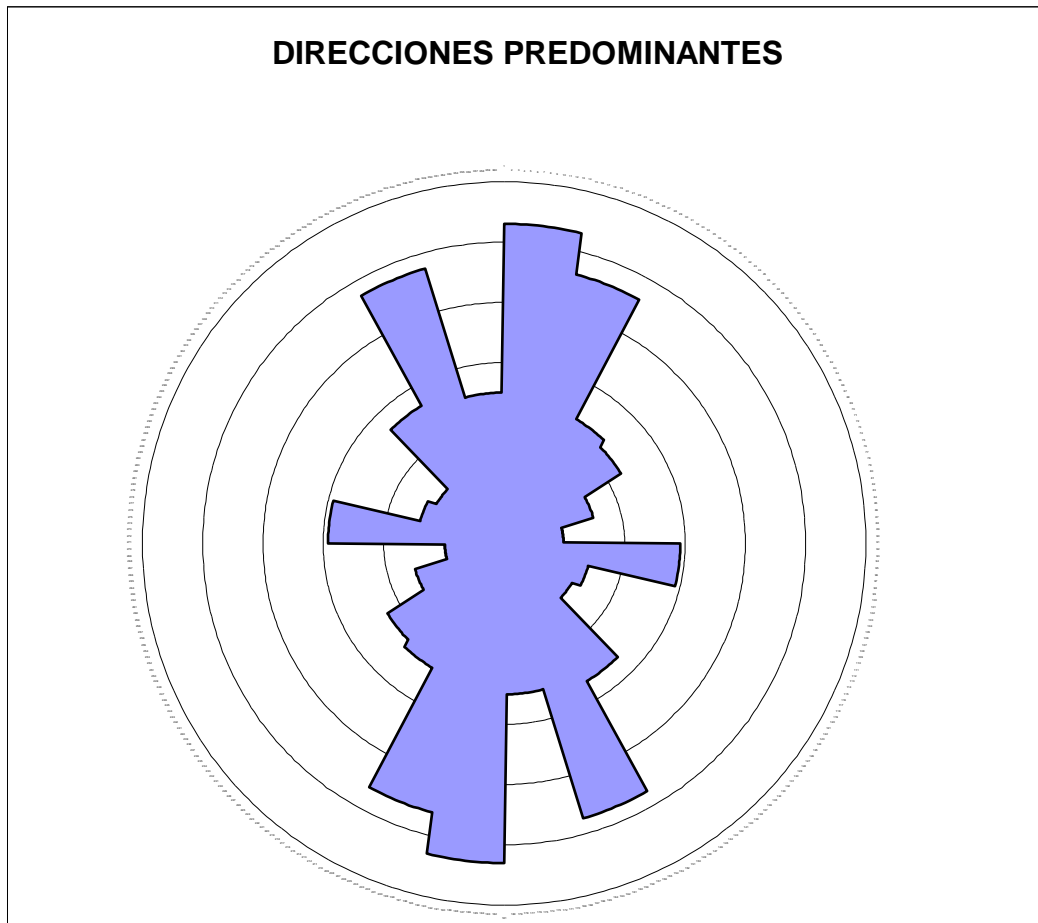


Fig. 55: Este gráfico nos muestra la suma de las longitudes de fractura para cada sector angular. Se puede comprobar que el gráfico es simétrico respecto su punto central.

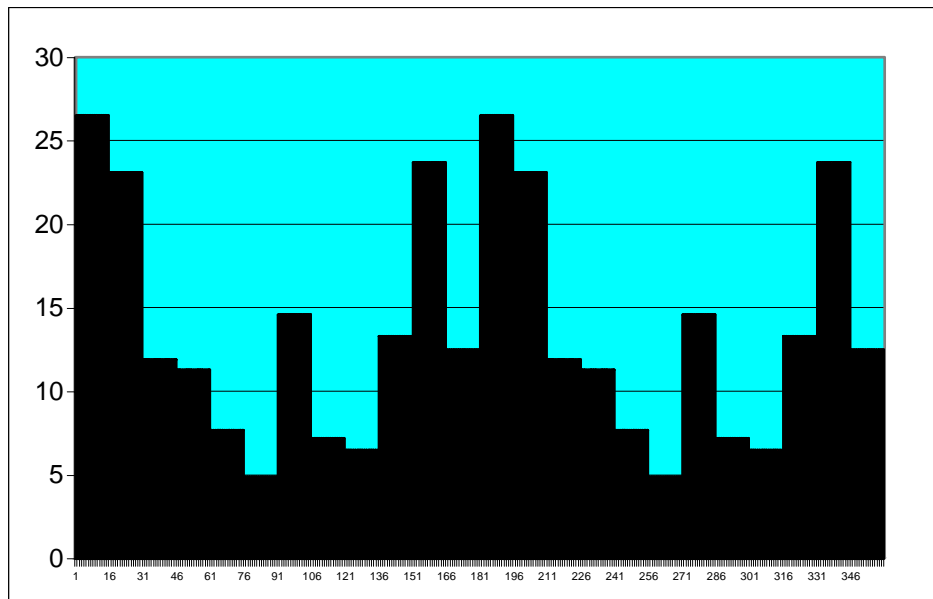


Fig 56: Esta tabla muestra lo mismo que la anterior pero en formato histograma. El eje de abscisas muestra los sectores angulares mientras que el eje de ordenadas muestra la suma de todas las fracturas que pertenecen a cada sector.

Este método, nos permite evaluar la importancia relativa entre las direcciones de las distintas fracturas aunque tiene varios inconvenientes.

En primer lugar, solo podemos distinguir las fracturas a partir de cierto tamaño, es decir, todas las pequeñas grietas quedan en el olvido.

Otro punto desfavorable es que solo sirve para fracturas verticales o casi verticales. Aunque realmente se puede llegar a distinguir alguna fractura bastante inclinada, la mayoría de ellas quedan tapadas o son muy difíciles de ver. Así pues no es un método fiable para fracturas muy tendidas.

En nuestro caso particular, de las cuatro familias que tenemos como solución, tres de ellas son casi verticales, así que, si no tenemos en cuenta la familia horizontal, el método puede servir para distinguir su importancia relativa.

Otro factor que distorsiona mucho el resultado de este análisis es el hecho que las fotos abarcan terrenos bastante alejados de la zona de estudio y en ellos se repiten algunas familias de las que tenemos o aparecen de nuevas, cosa que nos distorsiona el hecho de medir la importancia relativa de nuestras fracturas en la zona cercana al embalse.

A pesar de todas estas limitaciones, comprobamos que el plano 063/85 (la notación de plano se corresponde con dirección de buzamiento / ángulo de buzamiento), pertenece al sector de entre 150°-165°. Este sector es uno de los que tienen más importancia relativa y con diferencia al resto.

El plano 209/83 pertenece al sector de entre 105°-120°. Este sector es uno de los que tienen una importancia relativa menor por lo que, a priori y sin tener en cuenta todas las limitaciones del método, se podría decir que es el plano de drenaje que menos actúa en el esquema de filtraciones. Aún y así sería precipitado afirmar esta hipótesis.

El tercer plano, el 141/76, pertenece al sector de entre 45° - 60° . Este sector tiene una importancia relativa media por lo que no podemos extraer demasiadas conclusiones al respecto.

En las siguientes figuras, hemos dibujado estas tres familias de fracturas que tomamos como solución encima del gráfico de rosa de viento. Esto nos va a permitir observar de una manera más clara la importancia relativa de cada uno de esos planos.

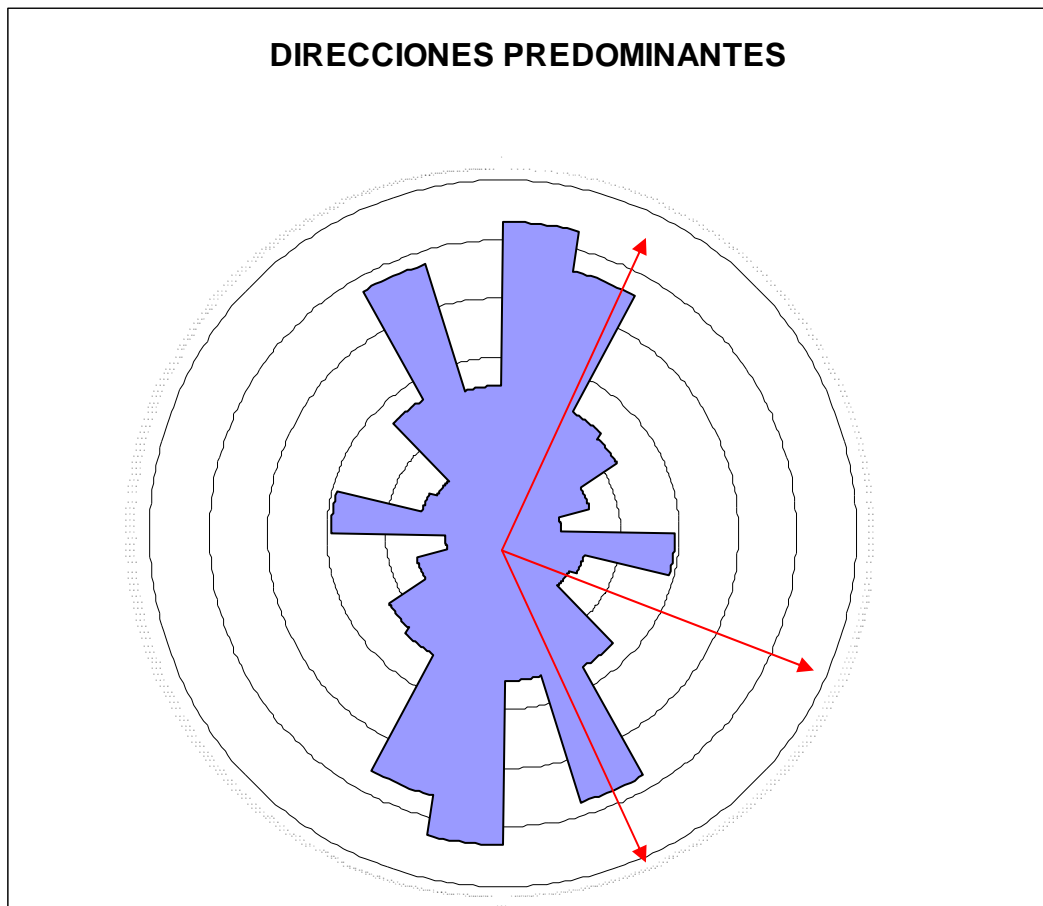


Fig 57: Esta figura es la misma que la figura 55, en ella se le han marcado las tres direcciones de los planos de drenaje verticales.