

MODIFICACION DE LA FALSILLA CONTADORA DE KALSBECK PARA SU APLICACION AL ANALISIS ESTRUCTURAL.

R. Ramón Lluch(x)

(x) Departamento de Geotectónica y Geomorfología. Univ. del País Vasco. Bilbao.

Resumen

Se hace un análisis de las diferentes falsillas usadas en proyección estereográfica viendo sus ventajas e inconvenientes. Se propone una modificación de la falsilla de Kalsbeck con el fin de poder realizar contajes de puntos estadísticamente correctos a partir de una proyección de Schimdt, con el fin de obtener un diagrama de puntos que conserve los ángulos. Se justifica el método de construcción de la falsilla y así mismo se discuten sus ventajas.

Abstract

We've done an analysis of the different nets used in stereographic projection seeing their advantages and inconvenients. We propose a modification of the Kalsbeck net with the aim of making statistically correct counting of points in basis of an Schimdt projection, with the object of getting a points diagramm wich would preserve the angles. We justifie the method of contruction of the net and we also argue about its advantages.

INTRODUCCION

En la proyección estereográfica aplicada al análisis estructural es de uso frecuente el empleo de varios tipos distintos de falsillas según sea el objeto y la intención del estudio.

Todas las falsillas que son de uso común en Geología se pueden agrupar en dos tipos fundamentales según haya sido el tipo de proyección aplicado en su construcción. En efecto se pueden establecer dos tipos fundamentales de proyecciones: las proyecciones conformes y las equivalentes. Las proyecciones conformes conservan

los ángulos entre los distintos elementos que se presentan. Las proyecciones equivalentes conservan las áreas o sea las relaciones entre dos elementos de superficie de la esfera de proyección de tal modo, que áreas iguales de la falsilla representan áreas iguales en la esfera.

Dentro de cada uno de estos tipos de proyección, conforme y equivalente, se pueden obtener también distintos tipos de falsillas según sea la posición de los ejes de coordenadas elegidos en relación con el plano ecuatorial o plano de proyección. Para realizar una falsilla cualquiera, sea conforme o equivalente, se escoge un eje de la esfera por el cual se hacen pasar una serie de planos a intervalos regulares, que son los meridianos, y luego una serie de círculos menores perpendiculares a los meridianos; estas dos series de planos se proyectan sobre el plano ecuatorial de la esfera según un punto de vista situado en uno de los polos, ya sea el Norte o el Sur, elegido de un modo puramente convencional.

Si el eje escogido como referencia es perpendicular al plano de proyección se obtiene una falsilla polar; si el eje está contenido en el plano de proyección se obtiene una falsilla meridiana y, por último, se obtiene una falsilla oblicua si el eje tiene una posición cualquiera respecto al plano ecuatorial.

Así pues, tanto en la proyección conforme como en la equivalente se pueden trazar falsillas polares, meridianas y oblicuas con cualquier ángulo de inclinación.

Las falsillas polares son muy útiles para la representación de polos, sobre todo cuando son numerosos, por la rapidez de la operación.

Las falsillas oblicuas son poco usadas pero pueden ser útiles en el estudio de los elementos de un pliegue cuando su eje presenta una inclinación determinada.

Pero son sin duda las falsillas de Wulff y de Schmidt las más utilizadas en Geología Estructural.

La falsilla de Wulff es el resultado de una proyección conforme y meridiana de dos familias de planos, unos que pasan todos por el mismo eje a intervalos en general de 2 grados, círculos máximos, y otros que son perpendiculares a los primeros que constituyen los círculos menores.

Es por consiguiente una falsilla que conserva los ángulos entre los distintos elementos representados pero que tiene el inconveniente de no conservar las áreas; de tal modo que si tenemos dos áreas iguales en la esfera de proyección, una cerca del polo y otra cerca del ecuador, en la falsilla estas áreas vendrían representadas por áreas distintas, siendo mayor el área más próxima al ecuador.

La falsilla de Schmidt es una falsilla equivalente y meridiana con la proyección de los mismos planos que la falsilla de Wulff; conserva pues las áreas pero no las relaciones angulares.

Otro tipo de falsilla es la de Fedorov en la cual se proyectan a la vez los círculos polares y los meridianos; la gran cantidad de líneas hace un poco confusa la utilización de la misma pero aunque es poco común su uso en Geología estructural, puede ser útil en Cristalografía.

La naturaleza del trabajo a realizar en geología estructural nos dará el tipo de falsilla que debemos elegir; así, en el estudio de elementos planares, se hace imprescindible el uso de la proyección estereográfica de Wulff pero como esta falsilla distorsiona las áreas se creó la falsilla equiareal de Schmidt para la realización de diagramas de densidad de puntos donde es imprescindible considerar y comparar áreas iguales.

Con la falsilla de Schmidt se puede, pues, dibujar diagramas de densidad estadísticamente correctos aunque con el inconveniente de que sus distintos elementos no están representados con sus relaciones angulares correctas.

Tenemos entonces dos falsillas fundamentales, cada una con una ventaja y con un inconveniente. Para paliar en algo los inconvenientes

nientes de una y otra Kavraiskii ideó una falsilla en proyección equi-intervalo pero que no resuelve totalmente el problema y que no ha llegado a extenderse su uso suficientemente.

Para el estudio estadístico y el trazado de diagramas de densidad se hace preciso introducir un nuevo elemento, aparte de la falsilla, que es el elemento contador. El primeramente utilizado fué el círculo de contaje dibujado y recortado sobre una cartulina y cuya área es la centésima parte del área total de la falsilla. Este círculo contador se va desplazando según una cuadrícula ortogonal y se cuenta en cada posición el número de puntos que caen dentro del círculo; dicho número se transforma en tantos por cien respecto al número total de puntos representados y se anota en el centro de la posición ocupada por el círculo contador. Luego se dibujan las líneas de isodensidad. Para el contaje de puntos en la zona periférica de la falsilla se utiliza el contador diseñado por Schmidegg que consiste en una cartulina alargada donde se recortan dos círculos, cada uno con un área que sea la centésima parte del área total, y cuyos centros distan entre sí un diámetro de la falsilla.

Este círculo contador y su auxiliar el contador de Schmidegg, sólo se utiliza para el contaje de puntos representados en la falsilla de Schmidt equiareal, pero no es muy exacto su empleo ya que si bien el contaje es correcto en el centro de la falsilla, en los bordes sería necesario efectuar el contaje con una elipse y no con un círculo. A pesar de este evidente error se ha venido utilizando comúnmente, y a pesar también de que su uso es laborioso y lento.

Para evitar el error de contar siempre con un círculo en lugar de elipses cada vez más aplastadas conforme nos acercamos al borde de la falsilla, Dimitrijevic diseñó su falsilla contadora. Para ello consideró en la esfera de proyección una serie de casquetes esféricos, todos ellos de la misma superficie, y distribuidos de un modo lo más uniforme posible, proyectando a continuación estos casquetes en una proyección equiareal. Obtuvo así una falsilla contadora formada en el centro por un círculo y el

resto por elipses, concretamente 297, cada vez más excéntricas hacia los bordes.

Con este sistema se elimina el error del contador circular de Schmidt, pero se le puede poner a esta falsilla contadora como inconveniente el que el solapamiento de las elipses no es uniforme en toda la falsilla. Así, por ejemplo, hay puntos que sólo son contados una vez y en cambio hay otros puntos que se llegan a contar cuatro veces, con lo que resulta que no todos los puntos tienen la misma incidencia en el resultado final.

Para evitar precisamente los solapamientos diferentes y que cada uno de los puntos representados influyan de la misma manera en el resultado final, F. KALSBEECK (1963) cambia de sistema al construir su falsilla contadora. Esta falsilla está constituida por seiscientos triángulos distribuidos de un modo uniforme de tal modo que en cada vértice concurren seis triángulos los cuales dibujan un exágono que representa exactamente la centésima parte del área total. Existen no obstante, seis puntos, situados en el círculo exterior a los cuales sólo concurren cuatro triángulos (considerando que un punto de la circunferencia se prolonga y continúa en el punto opuesto de la misma circunferencia). La aparición de esos seis puntos especiales (que rompen en alguna medida la perfecta distribución de los exágonos) obedece a que según el teorema de Euler, es imposible recubrir totalmente con exágonos una esfera de un modo regular de tal modo que en cada vértice concurren el mismo número de triángulos. En estos seis puntos especiales hay pues un defecto de área lo que obliga a dibujar los seis pequeños semicírculos cada uno de ellos con un área que representa el 0,5% del área total de la falsilla.

Para su utilización se superpone a ella la nube de puntos proyectados en la falsilla de Schmidt y luego se cuenta el número de puntos que caen dentro de cada exágono cuyo número, reducido a tantos por ciento, se escribe en el centro del exágono. Para el conteo de los puntos situados en el borde se considera como exágono los tres triángulos que concurren en un vértice del borde y los tres triángulos que concurren en el vértice opuesto.

Cada uno de los puntos se cuenta aquí exactamente tres veces (excepto pequeñas diferencias causadas por los pequeños semicírculos representados en los seis puntos especiales), con lo que todos los puntos intervienen en igual cuantía en el resultado final.

Esta falsilla contadora tiene la ventaja sobre las demás de ser extremadamente clara y rápida en su manejo, pudiendo ser usada en casi todas las ocasiones en que se precise un procedimiento estadístico correcto.

Todas las falsillas contadoras expuestas hasta ahora deben usarse para el conteo de puntos representados en una proyección equivalente o falsilla de Schmidt, por lo que los diagramas obtenidos, siendo estadísticamente más o menos correctos, presentan el inconveniente, ya apuntado anteriormente, de que no se conservan los ángulos en su verdadera magnitud.

Cuando se trabaja con elementos en los que las relaciones angulares son primordiales (caso de pliegues, fracturas y deformaciones) puede ser un inconveniente el no poder representar sobre el diagrama de densidad las relaciones angulares pertinentes. Por otro lado el tener que trabajar al mismo tiempo con dos falsillas, la de Wulff y la de Schmidt, llega a ser a veces engorroso al tener que estar pasando los datos de una falsilla a otra. Lo ideal sería disponer de una falsilla de proyección que aunara en una las ventajas de las dos y obviara los inconvenientes de ambas. Pero ello no es posible; en cambio el uso de falsillas contadoras puede aproximarnos a ese ideal pudiendo trabajar y representar todos los puntos en una falsilla de Wulff con sus relaciones angulares correctas y después efectuar el conteo de puntos, por medio de una falsilla contadora, obteniendo un diagrama de densidad estadísticamente correcto.

Pronin crea su falsilla basándose en estos principios para poder hacer un diagrama de densidad correcto proyectando los puntos, no obstante, en una falsilla de Wulff. Para ello siguiendo un procedimiento análogo al de Dimitrijevic, traza sobre la esfera 196 casquetes esféricos con un área cada una que sea la centési-

ma parte del área total de la semiesfera de proyección. Luego estos casquetes los proyecta según una proyección conforme. Se obtiene así una falsilla formada por 196 círculos que aunque en sí son de áreas distintas representan áreas iguales de la esfera.

Esta falsilla presenta, sin embargo, los mismos defectos que la de Dimitrijevič; es decir, el solapamiento es muy diferente en las diversas zonas de la falsilla; hay puntos que se contabilizan cuatro veces y otros que tan sólo una vez. Por otra parte la distribución de los centros de los pequeños círculos no es uniforme ya que dichos centros se sitúan según nueve circunferencias concéntricas que obviamente van teniendo cada vez una longitud mayor; pues bien, el número de los pequeños círculos de  $1/100$  de área que se representan en cada una de las nueve circunferencias debía ser proporcional a la longitud de dichas circunferencias; por el contrario se ve que es constante en las cinco últimas circunferencias.

De todas estas falsillas contadoras nos parece la más práctica, por su uso rápido y eficaz, la falsilla de Kalsbeck pero con el inconveniente de poder utilizarse únicamente en una proyección equiareal. Por ello, para aquellos casos en que es conveniente el uso de las relaciones angulares, se propone aquí una modificación de la falsilla de Kalsbeck para poder ser usada en proyección estereográfica conforme.

#### Descripción de la falsilla contadora

La falsilla consta de diez círculos concéntricos cuyos radios respectivos son los que a continuación se detallan (los datos se han tomado para la construcción de una falsilla de 10 cm de radio).

- Radio 1 = 7,08 mm
- Radio 2 = 14,29 mm
- Radio 3 = 21,71 mm
- Radio 4 = 29,52 mm
- Radio 5 = 37,79 mm
- Radio 6 = 46,85 mm

Radio 7 = 56,96 mm

Radio 8 = 68,59 mm

Radio 9 = 82,50 mm

Radio 10 = 100 mm, coincidente con el borde de la falsilla

Toda la falsilla se divide en seis sectores por medio de tres diámetros equidistantes 60° entre sí.

Cada uno de los seis sectores está pues dividido en diez partes por los diez círculos antes descritos. Cada uno de los diez arcos de circunferencia se dividen ahora en tantas partes iguales como sea su número de orden; así el arco más interior se deja como está, el arco segundo se divide en dos partes iguales, el arco tercero en tres y así sucesivamente hasta el arco más externo que se divide en diez partes.

Uniendo estas subdivisiones entre sí tal como se representa en la falsilla se obtienen una serie de triángulos en número creciente desde el círculo exterior, tal como se describe a continuación.

<u>Círculo N°</u>	<u>N° de triángulos por sector</u>
1 -----	1
2 -----	3
3 -----	5
4 -----	7
5 -----	9
6 -----	11
7 -----	13
8 -----	15
9 -----	17
10 -----	19

Total 100 triángulos

Como hay 6 sectores el número total de triángulos en toda la falsilla es de 600 triángulos.



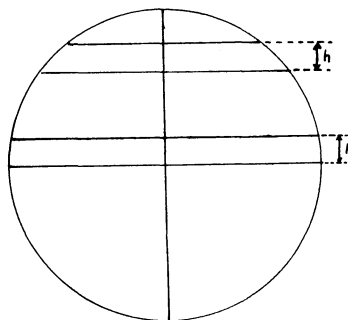
En cada punto de intersección concurren seis triángulos los cuales representan el 1% del área total de la semiesfera de proyección, por lo que puede utilizarse para realizar diagramas de puntos. Para ello se cuenta el número de puntos que entran dentro de los seis triángulos que concurren en un punto y dicho número se anota en el punto de concurrencia de los seis triángulos. Este número nos indica el tanto por cien de puntos que se representan en un 1% del área total.

Una vez obtenidos todos los puntos se pueden dibujar los intervalos de densidad de puntos normalmente.

En el círculo exterior, en cada una de las intersecciones, concurren únicamente tres triángulos por lo que para completar los seis que hacen falta se consideran también los tres triángulos que concurren en el punto opuesto de la falsilla.

Por último existen seis puntos singulares en los cuales sólo concurren dos triángulos. Estos puntos son las intersecciones con la circunferencia exterior de los tres diámetros trazados primeramente. Para compensar este defecto de área en dichos puntos se trazan sendos semicírculos que representan cada semicírculo el 0,5% del área total. Contando los puntos que entran en un semicírculo y en su opuesto obtenemos ya la densidad correspondiente al 1% del área.

Justificación de la construcción



El área de un sector esférico viene dada por la fórmula

$$S = 2 \pi R h$$

donde R es el radio de la esfera y h es la altura del sector esférico. La misma fórmula sirve para el casquete esférico.

Como el primer círculo de la falsilla representa la proyección de un casquete esférico cuya área debe ser la centésima parte del área de la semiesfera, vamos a ver cual será el radio de dicho círculo en la falsilla.

Vamos a hacer cálculos para una esfera cuyo radio R sea igual a 10 cm.

Si la superficie del casquete esférico debe ser 1/100 del área de la semiesfera tenemos que:

$$S_{\text{semiesfera}} = 2 \pi R h_{10} = 2 \pi R^2 \quad \text{ya que } h_{10} = R$$

$$S_{\text{casquete esférico}} = 2 \pi R h_1$$

$$\text{como } S_1 = S_{\text{casquete esférico}} = S_{\text{semiesfera}} \cdot 1/100$$

$$\text{tenemos: } 2 \pi R h_1 = \frac{2 \pi R^2}{100}$$

$$h_1 = \frac{2 \pi R^2}{2R \cdot 100} = \frac{R}{100} = 1 \text{ mm}$$

Consideremos ahora la altura  $h_2$

El área del segundo anillo esférico debe ser según el número de triángulos de la falsilla, tres veces mayor que el área del casquete esférico:

$$S_2 = 3 S_1$$

$$\text{de donde: } 2 \pi R h_2 = 3 (2 \pi R h_1)$$

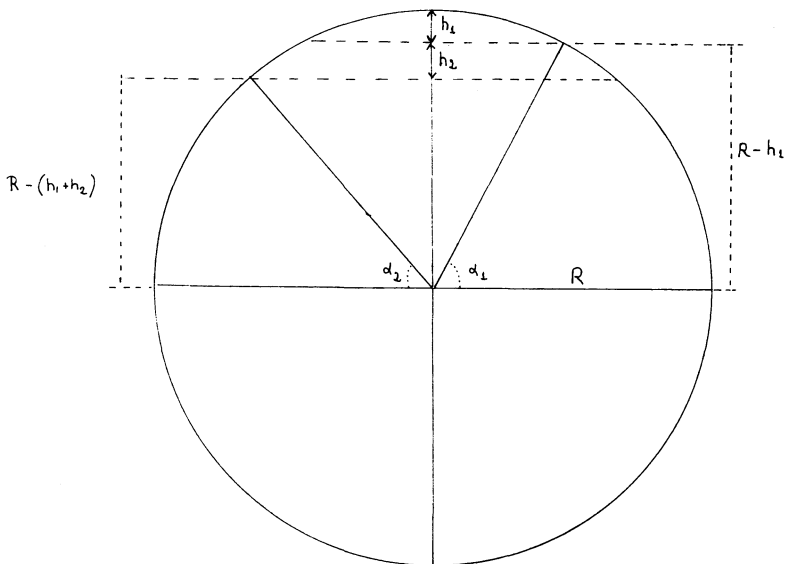
$$h_2 = 3h_1$$

Del mismo modo podemos ver cuanto deben medir las sucesivas alturas para cada uno de los 10 sectores esféricos.

- $h_1 = 1 \text{ mm}$
- $h_2 = 3 \text{ mm}$
- $h_3 = 5 \text{ mm}$
- $h_4 = 7 \text{ mm}$
- $h_5 = 9 \text{ mm}$
- $h_6 = 11 \text{ mm}$
- $h_7 = 13 \text{ mm}$
- $h_8 = 15 \text{ mm}$
- $h_9 = 17 \text{ mm}$
- $h_{10} = 19 \text{ mm}$

---

Total 100 mm



Para que el casquete esférico tenga una altura  $h=1 \text{ mm}$  el arco correspondiente  $90-\alpha$  será:

$$\operatorname{sen} \alpha_1 = \frac{R-h_1}{R} = \frac{100-1}{100} = 0,99$$

de donde  $\alpha_1 = \operatorname{arc} \operatorname{sen} 0,99 = 81,89^\circ$

Para el segundo sector esférico obtenemos

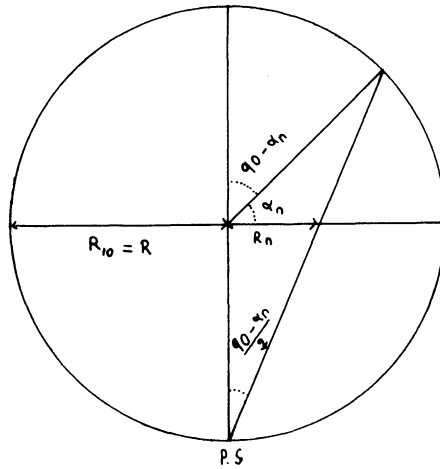
$$\operatorname{sen} \alpha_2 = \frac{R-(h_1+h_2)}{R} = \frac{100-4}{100} = 0,96$$

$$\alpha_2 = \operatorname{arc} \operatorname{sen} 0,96 = 73,73^\circ$$

Del mismo modo podemos calcular los ángulos  $\alpha$  correspondientes a cada uno de los sectores:

$h_1$	1	99	0,99	81,89
$h_2$	3	96	0,96	73,73
$h_3$	5	91	0,91	65,50
$h_4$	7	84	0,84	57,10
$h_5$	9	75	0,75	48,59
$h_6$	11	64	0,64	39,79
$h_7$	13	51	0,51	30,66
$h_8$	15	36	0,36	21,10
$h_9$	17	10	0,12	10,95
$h_{10}$	19	0	0	0

Estos son los ángulos correspondientes a cada uno de los círculos de la esfera que se van a proyectar en la falsilla. Vamos a ver ahora cual será el radio de la falsilla para cada uno de los diez círculos.



Para un ángulo cualquiera  $\alpha_n$  se obtiene la siguiente relación:

$$\operatorname{tag} \frac{90 - \alpha_n}{2} = \frac{R_n}{R} \quad ; \quad R_n = R \operatorname{tag} \frac{90 - \alpha_n}{2}$$

Podemos entonces calcular los radios para cada uno de los diez círculos de la falsilla:

$$R_1 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90 - 81,89}{2} = 7,08 \text{ mm}$$

$$R_2 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90 - 73,73}{2} = 14,29 \text{ mm}$$

$$R_3 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90 - 65,50}{2} = 21,71 \text{ mm}$$

$$R_4 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90 - 57,10}{2} = 29,52 \text{ mm}$$

$$R_5 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90-48,59}{2} = 37,79 \text{ mm}$$

$$R_6 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90-39,79}{2} = 46,85 \text{ mm}$$

$$R_7 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90-30,66}{2} = 56,96 \text{ mm}$$

$$R_8 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90-21,1}{2} = 68,59 \text{ mm}$$

$$R_9 = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90-19,95}{2} = 82,50 \text{ mm}$$

$$R_{10} = R \cdot \operatorname{tag} \frac{90}{2} = 100 \text{ mm}$$

Quedan pues justificados los valores de los radios de la falsilla contadora.

La falsilla contadora aquí propuesta presenta la gran ventaja de poder efectuar el contaje de una nube de puntos que previamente se hayan proyectado sobre una falsilla de Wulff con lo que, al tiempo que estadísticamente correcta, conserva las relaciones angulares primitivas.

Por otra parte es de uso fácil y claro, efectuándose el contaje con mucha rapidez.

De todas las falsillas contadoras vistas anteriormente la única que puede usarse sobre una proyección de Wulff es la falsilla de Pronin pero la falsilla aquí presentada posee sobre ésta algunas indudables ventajas. En primer lugar evita el problema de solapamiento de zonas que presenta la de Pronin y todos los puntos participan en el resultado final en la misma cuantía, lo cual hace

que el diagrama de densidad resultante sea más correcto estadísticamente. En segundo lugar el número de contajes que se realizan es superior en esta falsilla que en la de Pronin ya que se pueden realizar hasta 331 contajes frente a los 196 de la falsilla de Pronin, además los puntos en los que se efectúan dichos contajes están más uniformemente repartidos en la falsilla aquí propuesta; por estas razones las curvas de isodensidad se pueden dibujar con mucha más exactitud en ella.

Otra ventaja adicional es la claridad de la misma ya que al no existir superposiciones de líneas es más difícil la equivocación personal al efectuar el contaje.

Las líneas que forman los triángulos, exceptuando los lados formados por los diez círculos concéntricos, son en realidad proyección de círculos máximos, o sea que son ligeramente curvos, aunque la curvatura es tan pequeña que prácticamente son líneas rectas. El error que se introduce al dibujar los lados como líneas rectas es mínimo y, desde luego, muy inferior al error de principio que se produce cuando se toman los datos en el campo con la brújula donde variaciones de un grado o más no son tenidas en cuenta; en cambio el error producido al cambiar los arcos de circunferencia por líneas rectas tendría que medirse en décimas de grado. Por consiguiente, aunque puede dibujarse la falsilla correctamente, al sustituir los arcos por líneas rectas resulta una falsilla de muy fácil ejecución para cualquiera con el sólo uso de regla y compás.

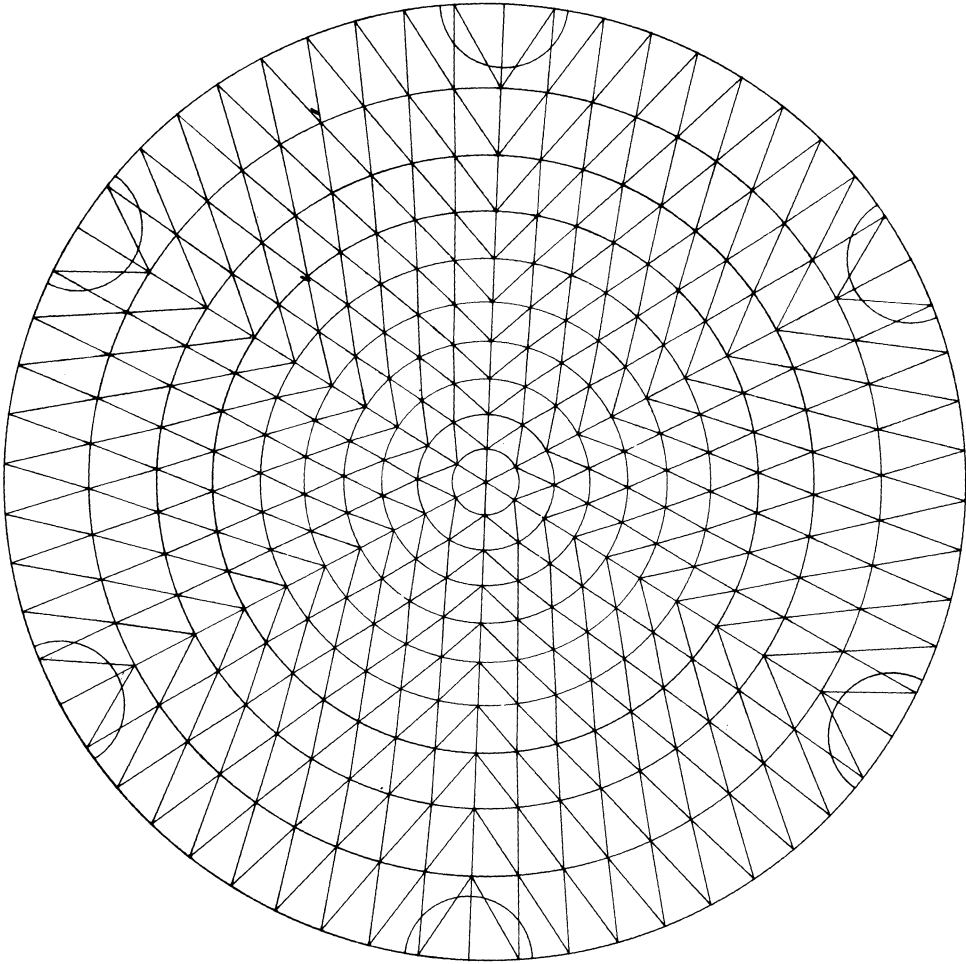
Otro inconveniente que puede presentar esta falsilla es la distorsión que se produce en las curvas o campos de isodensidad con lo que se puede enmascarar algo los efectos de simetría de los mismos diagramas.

Acostumbrados a los diagramas en proyección equiareal, en que las áreas se conservan, puede parecer que la distorsión de las zonas de isodensidad falseará los conceptos de simetría de la fábrica representada; pero estos conceptos de simetría se pueden apreciar perfectamente en función no de las áreas que ocupan las

zonas de isodensidad sino de los ángulos que abarcan las mismas zonas.

Por todo lo expuesto anteriormente esta falsilla tiene ventajas sobre las anteriores que pueden ser aprovechadas en muchos casos y por ello se propone aquí para su uso y conocimiento.





#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- KALSBECK, F. (1963).- "A hexagonal net for the counting-out and Testing of fabric Diagrams". Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Monatshefte, 4, p. 173-176.
- PHILLIPS, F.C. (1973).- "La aplicación de la proyección estereográfica en Geología Estructural". Ed. Blume, 132 pp.
- RAGAN, D.M. (1968).- "Structural Geology, an introduction to geometrical techniques". Ed. John Wiley and Sons, New York, 203 pp.
- VIALON, P.; RUHLAND, M. et GROLIER, J. (1976).- "Eléments de tectonique analytique". Ed. Masson et Cie, Paris, 118 pp.

NOTA SOBRE LAS MINERALIZACIONES DE WOLFRAMIO DE OLIVA DE LA FRONTERA, SUROESTE DE BADAJOZ.

G. Ruiz de Almodóvar(x)

(x) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Univ. Granada.

Resumen

Las mineralizaciones de wolframio y sulfuros (Mo, Bi, Fe y Cu), ligadas a filones de cuarzo, de Oliva de la Frontera y Zahinos (Badajoz), tienen una posición geológica excepcional, pues se localizan en el flanco Sur del anticlinorio de Olivenza-Monesterio (zona de Ossa Morena), alejadas del límite Sur de la provincia metalogénica de Sn-W-Mo y Bi del Macizo Ibérico. Las rocas encajantes son esquistos y pizarras del Cámbrico superior y/o del Ordovícico inferior. Los filones, de dimensiones variables (1 cm a 2 m de potencia y hasta 200 m de longitud), están controlados tectónicamente por los planos de esquistosidad  $S_1$  y por fracturas tardías N130 y N40. Las rocas encajantes están afectadas por alteraciones metasomáticas (turmalinización, moscovitización, silicificación, hematización, cloritización y carbonatación), estrechamente relacionadas entre sí, y que dan lugar a zonaciones irregulares a escala del afloramiento. Se diferencian cuatro fases mineralogénicas, las tres primeras, de origen neumatolítico-hidrotermal, están precedidas por sendas etapas de fracturación, la última es de origen supergénico. La mineralogía más significativa, según secuencia aproximada de formación, es la siguiente: dravita ferrífera, magnetita, topacio, monacita, fluorapatito, rutilo, pirita, scheelita, molibdenita, bismutinita, calcopirita, tetraedrita, siderita, hematites, goethita, piro lusita, anatasa, covellina, calcosina y bismutita. Las mineralizaciones se originaron a partir de un fluido postmagnético, posiblemente relacionado con diferencia dos graníticos, y con un importante concurso de las rocas encajantes.