

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

BOLETÍN NÚMERO 95

CALCULO CRISTALOGRAFICO
PROGRAMAS PARA COMPUTADORA ELECTRONICA

POR
FRANCISCO J. FABREGAT GUINCHARD

NOTAS SOBRE LA PETROLOGIA
DEL COMPLEJO OAXAQUEÑO

POR
KEITH BLOOMFIELD y FERNANDO ORTEGA-GUTIÉRREZ

LAS FASES DEL VULCANISMO EN LA REGION
DE TLANCHINOL (HIDALGO, MEXICO)

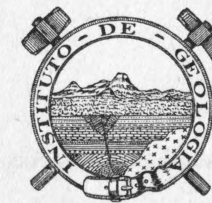
POR
CLAUDE ROBIN y CLAUDE BOBIER

LOS HIDROXIDOS DE ALUMINIO
EN LOS SUELOS DE CHIAPAS

POR
LISANDRO CASTELLANOS, MARIO MEDINA V.
y NICOLÁS AGUILERA



26 ENE 2012



MÉXICO, D. F.
1975

Primera edición: 1975

CÁLCULO CRISTALOGRAFICO
PROGRAMA PARA COMPUTADORA ELECTRÓNICA Prog. 32
FORTRAN IV

*Francisco José FABREGAT GUINCHARD **

DR © 1975, Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria. México 20, D. F.

DIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES
Impreso y hecho en México

* Investigador Titular en el Instituto de Geología. Ciudad Universitaria, México 20, D. F.

CONTENIDO

RESUMEN	7
Trazado en perspectiva de las formas mineralógicas	8
Aplicación a casos prácticos	10

CALCULO CRISTALOGRAFICO

PROGRAMAS PARA COMPUTACIÓN ELECTRÓNICA: 32
FORTRAN IV, BURROUGHS 6700

RESUMEN

El programa de cómputo electrónico facilita el trazado de las formas mineralógicas en perspectiva paralela, con la precisión analítica basada en la medición de sus constantes cristalinas. La computadora da las inclinaciones de los posibles ejes de zona, paralelos a los cuales se trazan las aristas, según el hábito observado.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird ein Komputerverprogramm vorgelegt, das die Zeichnung der mineralogischen Formen in Parallelperspektive mit der auf der Messung der Kristallkonstanten beruhenden Genauigkeit gestattet. Der Komputerver gibt die Neigung der möglichen Zonenachsen; die Kanten werden diesen Achsen parallel gezeichnet, je nach dem beobachteten Kristallhabitus.

TRAZADO EN PERSPECTIVA DE LAS FORMAS MINERALÓGICAS

El problema del trazado de las formas cristalinas en perspectiva paralela ha sido tratado mediante construcciones gráficas muy acertadas, sobresaliendo entre ellas por su nitidez, las basadas en su gnomograma y en su esteoreograma.

Bond [Amer. Min. 31 (1946) 31] expone un procedimiento de dibujo que puede llamarse analítico por iniciarse mediante ciertos cálculos matriciales. Se puede ver divulgado, completándolo en algunos pormenores, por Fabregat [Minería y Metalurgia 26 (1963) 15] y aplicado al trazado de las formas de Cumengeíta por este mismo autor [Inst. Geol. Méx., Bol. 78 (1966) 30].

Este programa tiende a facilitar los cálculos previos que se requieren, llevando al trazado inmediato.

El problema se basa en tres consideraciones:

a) Las aristas de un cristal, que son las líneas representadas en la figura, son filas reticulares de puntos de la red directa; por lo tanto, pueden trazarse como haz de vectores cuyas proyecciones sobre un triedro ortogonal coordenado de referencia se rigen por la matriz M directa de Bond.

En el programa se generaliza el cálculo de esa matriz para un cristal triclínico, que se adapta automáticamente a cualquier otra matriz de la singonía considerada.

$$M = \begin{vmatrix} a \sin \beta & b \cos \tau & 0 \\ 0 & b \cos \sigma & 0 \\ a \cos \beta & b \cos \alpha & c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a \sin \beta & b v & 0 \\ 0 & b w & 0 \\ a \cos \beta & b \cos \alpha & c \end{vmatrix}$$

$$v = \frac{\cos \gamma - \cos \alpha \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$w = \frac{\sqrt{1 + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma - (\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma)}}{\sin \beta}$$

Se hace notar que es indiferente poner como datos de entrada la relación paramétrica de la especie mineral que se estudia, o sus traslaciones fundamentales, ya que en el primer caso equivale a dividir todos los términos de la matriz por b. Esta facultad de elección es muy conveniente, porque hay sustancias minerales de las que no se han medido aún sus parámetros reticulares, y de las que se conoce únicamente su relación paramétrica.

b) Los índices de las aristas o ejes de zonas cristalinas correspondientes, se calculan a partir de los símbolos de las caras que las determinan,

$$\begin{array}{c|c|c} p & q & r \\ \hline s & t & m \end{array} \quad \begin{array}{c|c|c} p & q & r \\ \hline s & t & m \end{array}$$

u v w

y se escriben como matriz en columna, $E = \begin{vmatrix} u \\ v \\ w \end{vmatrix}$

Nótese la uniformación en el empleo de los símbolos para cualquier singonía: al suprimir convencionalmente el índice $\bar{i}$ en las formas exagonales, toda vez que sus ejes son homogéneos.

c) En la representación perspectiva se suele girar la figura de unos cuantos grados por el eje vertical, e inclinarla un poco hacia adelante mediante giro en derredor del eje transversal, para lograr una apariencia más conveniente. Estos giros suelen ser de 9.5° por su eje transversal y de 18.5° por su eje vertical (de $30^\circ + 18.5^\circ$ tratando con formas exagonales).

El programa opera con estas constantes mediante las tarjetas de datos internos que lleva, y que se habría de modificar al querer imponer al dibujo otros ángulos de giro.

Para establecer esta matriz de representación perspectiva se han utilizado las matrices de transformación de Euler:

$$K = \begin{vmatrix} \cos \psi \cos \theta \cos \varphi - \sin \psi \\ \cos \varphi \cos \theta \sin \varphi + \sin \psi \\ - \cos \psi \sin \theta \\ - \sin \psi \cos \theta \cos \psi - \cos \psi \sin \varphi \sin \theta \cos \varphi \\ - \sin \psi \cos \theta \cos \psi + \cos \psi \cos \varphi \sin \theta \cos \varphi \\ \sin \psi \sin \theta \cos \theta \end{vmatrix}$$

siendo φ rotación por el eje X = 0°

θ rotación por el eje Y = 9.5°

ψ rotación por el eje Z = 18.5° (o $30^\circ + 18.5^\circ$)

Como se toma YZ por plano del dibujo, se prescinde de la primera fila de la matriz K, representante del eje X.

El producto matricial $[D] = [K] \cdot [M] \cdot [E]$, da una matriz en columna $D = \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}$ con las coordenadas del eje de zona en cuestión. Se facilita

el registro gráfico de todos los ejes de zona que interesan, calculando su pendiente $\tan \psi = \frac{Y}{X}$ y de ella su ángulo de inclinación. Todos los ángulos

resultantes se dibujan con la única colocación de un transportador grande concéntrico con los ejes coordenados, cual se indica en la figura 1.

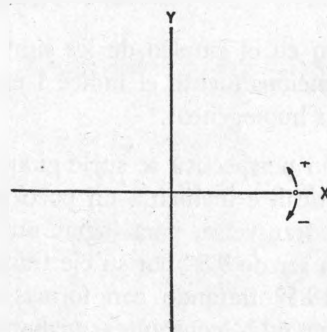


FIG. 1

APLICACIÓN A CASOS PRÁCTICOS: Se han puesto ejemplos de aplicación el prisma tetragonal de primera especie (fig. 2) y el prisma exagonal (fig. 3) como casos sencillos de formas simples; cristales de cumengeíta (fig. 5) y de breithauptita (fig. 6) como formas cristalinas tetragonales y exagonales.

Aquí se consideran en particular el trazado de un cristal de cumengeíta. (Figs. 4 y 5)

Se comienza estableciendo su relación paramétrica, o si se tienen, las traslaciones de su celda elemental con sus ángulos respectivos. Luego se hace un croquis del cristal (fig. 4) numerando sucesivamente en él todas

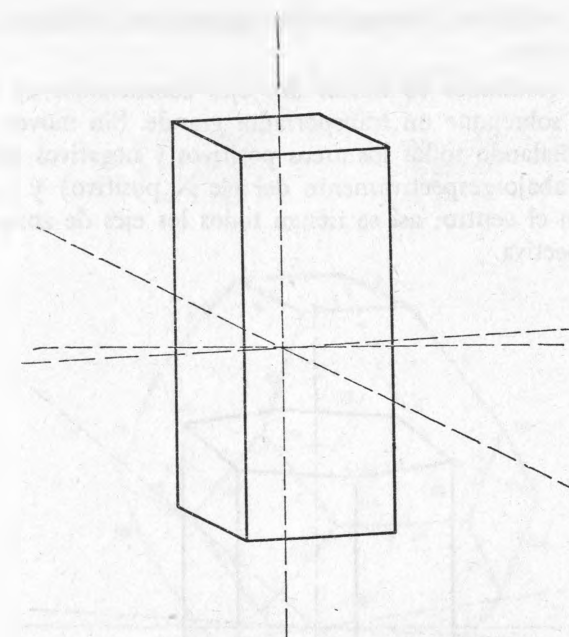


FIG. 2

las aristas que se hayan de representar: no sólo las visibles directamente en el dibujo, sino que también pueden trazarse las que se verían por transparencia en caso de querer que aparezcan en el dibujo. En la figura que aquí se presenta se ha prescindido de estas aristas en obsequio a la claridad del trazado definitivo.

Luego se colocan en el esquema todos los símbolos de las caras representadas.

Como datos para el cálculo se consignan en sendas tarjetas perforadas: el original de la arista considera seguido del par de símbolos de las caras que forman su diedro. La computadora se encarga de calcular el símbolo de la arista correspondiente, que es a la vez de su eje de zona.

El producto matricial

$$[D] = [K] [M] [E]$$

resulta en la tabla de salida con las dos coordenadas ortogonales X, Y de un punto del plano del dibujo, que con el centro determinan la inclinación que llevará en el trazado el eje de zona correspondiente. De ellas se calcula el ángulo que forma con el eje de abscisas. Como todas las zonas de un

crystal pueden reducirse a unas cuantas principales, no es de extrañar la repetición de valores.

Ya con esos resultados se trazan dos ejes coordenados en el plano del dibujo y se les sobrepone un transportador grande. Sin mover ese transportador se van señalando todos los arcos positivos y negativos (fig. 1) (hacia arriba y hacia abajo respectivamente del eje X positivo) y se unen todos esos puntos con el centro: así se tienen todos los ejes de zona en su representación perspectiva.

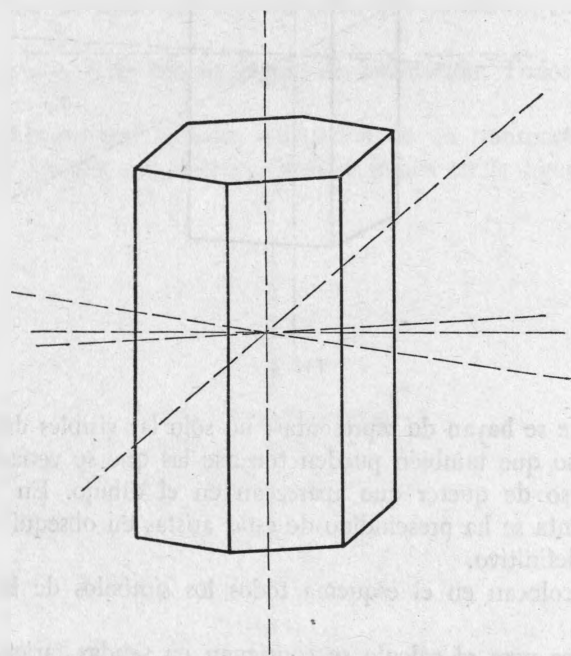


FIG. 3

Para ayudar al dibujo definitivo se puede señalar con líneas muy finas el aspecto de la figura (fig. 4) que se espera, precisando luego cada arista al dibujar definitivamente su posición exactamente paralela a su eje de zona calculado. Para que cierren las líneas se ha de comenzar por un extremo y seguir sucesivamente con ellas: de no hallar continuidad es porque se deberían trasladar paralelamente hasta encontrarla.

Este procedimiento es sumamente sencillo y muy rápido: lleva con seguridad al trazado definitivo.

GUMENGEITA. Fabregat: Bol Inst. Geol. Méx. 78 (1966) 30

$$a : b : c = 1 : 1 : 1.6267$$

$$\begin{aligned} a &= 14.860 & \alpha &= 90^\circ \\ b &= 14.860 & \beta &= 90^\circ \\ c &= 24.174 & \gamma &= 90^\circ \end{aligned}$$

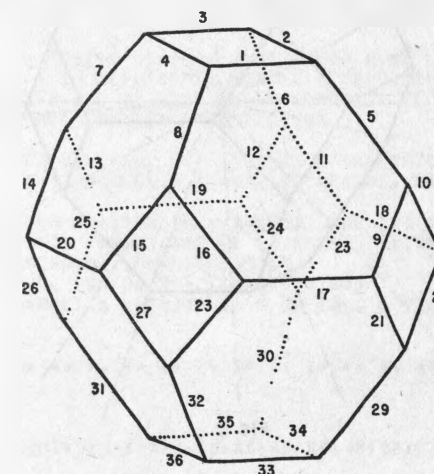


FIG. 4

1	001	101	22	110	011
2	001	011	23	011	110
3	001	101	24	110	101
4	001	011	25	101	110
5	101	011	26	110	011
6	011	101	27	011	110
7	101	011	28	110	101
8	011	101	29	101	011
9	101	110	30	011	101
10	110	011	31	101	011
11	011	110	32	011	101
12	110	101	33	101	001
13	101	110	34	011	001
14	110	011	35	101	001
15	011	110	36	011	001
	16	110	101		
	17	101	101		
	18	011	011		
	19	101	101		
	20	011	011		
	21	101	110		

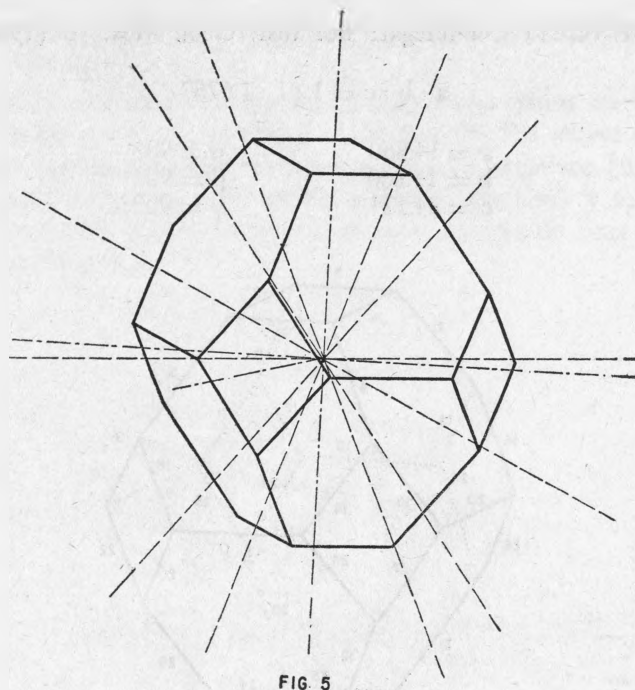


FIG. 5

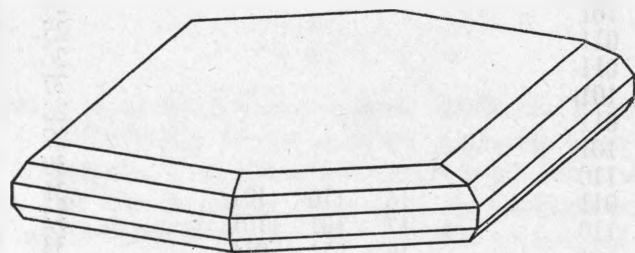


FIG. 6

```

1 SET SINGLE BCD
C  CALCULO CRISTALOGRAFICO
C  DIBUJO DE FORMAS MINERALOGICAS
C
C  F.J.FABREGAT
C  FORTRAN - BURROUGHS 6700 - CODIGO BCD
C
C  SE PATE DE LAS RELACIONES AXIALES DEL MINERAL, SIENDO INDIFFERENTE DAR
C  SUS PARAMETROS FUNDAMENTALES O SU RELACION PARAMETRICA. EL PROGRAM A ORIENTA
C  LOS CALCULOS EN AMBOS CASOS. LOS ANGULOS AXIALES EN GRADOS, MINUTOS Y
C  SEGUNDOS SEXAGESIMALES.
C  ESTABLECIDAS LAS MATRICES DIRECTA M DE BOND, K DE LOS GIROS QUE SE HAN
C  DE DAR A LA FORMA PARA SU REPRESENTACION EN PERSPECTIVA Y E FORMAD A POR LO
C  SIMBOLOS DE CADA ARISTA QUE SE DIBUJE, EL PRODUCTO DE TODAS ESTAS DARA
C  LA PENDIENTE DE SU REPRESENTACION PERSPECTIVA.
C  TARJETAS DE DATOS.
C  TARJETA 1.- NOMBRE DEL MINERAL, SU RELACION PARAMETRICA (O SUS TRASCACIONES
C  FUNDAMENTALES), SUS ANGULOS AXIALES, EN GRADOS, MIN. Y SEG. SEXAGESIMALES)
C  FORMATO 1).
C  TARJETA 2 Y SS.- NUMERO ARBITRARIO Y SUCESTIVO DE LAS ARISTAS POR REPRESENTAR,
C  SEGUN UN CROQUIS APROXIMADO DE LA FORMA. SIMBOLO DE CADA CARA
C  DEL DIEDRO QUE LA DETERMINA (FORMATO 30).
C  ULTIMA TARJETA.- CON EL NUMERO 99. (COLS. 16-18)
C  LA ULTIMA DE ESTAS TARJETAS LLEVARA 0 EN LA COL. 5 PARA INDICAR EL CAMBIO
C  A OTRO DIBUJO.
C
C  * * * * *

```

```

87 READ 1, MINE, MINA, MIN1, MIN2, A, B, C, AB, AC, AD, BC, BB, BD, CC, CD, CE

```

```

1 FORMAT(3A4, A3, 3F9.6, 3(F4.0, F3.0, F5.2))

```

```

IF(A.EQ.99.) GO TO 84

```

```

C  TRAZADO CRISTALES EN PERSPECTIVA PARALELA POR CALCULO MATRICIAL
PRINT 88888

```

```

88888 FORMAT (' UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO', /10X, 'INSTITUTO
* DE GEOLOGIA', /14X, ' * * * * * ', /6X, 'LABORATORIO DE CRISTALOG
*RAFIA', /14X, ' * * * * * ', /1X)

```

```

PRINT 2

```

```

2 FORMAT (28H TRAZADO DE LA FORMA MINERAL/)

```

```

PRINT 3, MINE, MINA, MIN1, MIN2

```

```

3 FORMAT (1X, 3A4, A3, /)

```

```

IF(B=1.) 21, 22, 21

```

```

22 PRINT 23, A, C

```

```

23 FORMAT (10X, 23H RELACION PARAMETRICA =, F9.6, 15H / 1 / , F9.
16, /)

```

```

PRINT 24, AB, AC, AD

```

```

24 FORMAT (25X, 7H ALFA = , F4.0, F3.0, F5.2)

```

```

PRINT 25, BC, BD, RD

```

```

25 FORMAT (25X, 7H BETA = , F4.0, F3.0, F5.2)

```

```

PRINT 26, CC, CD, CE

```

```

26 FORMAT (25X, 7H GAMA = , F4.0, F3.0, F5.2, /)

```

```

GO TO 29

```

```

21 PRINT 4, A, AB, AC, AD

```



```

4 FORMAT (10X,4H A= ,F9.6,10X,7H ALFA= ,F4.0,F3.0,F5.2)
PRINT 5,B,RC,BB,BD
5 FORMAT (10X,4H B= ,F9.6,10X,7H BETA= ,F4.0,F3.0,F5.2)
PRINT 6,C,CC,CD,CE
A = A/B
C = C/R
B = 1.000
6 FORMAT (10X,4H C= ,F9.6,10X,7H GAMA= ,F4.0,F3.0,F5.2,/)
29 CONTINUE
C CONVERSION DE GRADOS A RADIANTES
SUM=AR*60.
SUM=SUM+AC
SUM=SUM*60.
SUM=SUM+AD
ALFA=SUM/206264.8062
SUB=RC*60.
SUB=SUB+BB
SUB=SUB*60.
SUB=SUB+BD
BETA=SUB/206264.8062
SUC=CC*60.
SUC=SUC+CD
SUC=SUC*60.
SUC=SUC+CE
GAMA=SUC/206264.8062
PHI=0.
THA=9.5
IF(120.-CC) 34,33,34
C PARA EL TRAZADO DE CRISTALES EXAGONALES
33 CONTINUE
PSI=AR.5
GO TO 89
C PARA EL TRAZADO DE CRISTALES NO EXAGONALES
34 CONTINUE
PSI=18.5
89 PI=3.141592653
S1=SIN(PI*PHI/180.)
S2=SIN(PI*THA/180.)
S3=SIN(PI*PSI/180.)
C1=COS(PI*PHI/180.)
C2=COS(PI*THA/180.)
C3=COS(PI*PSI/180.)
P11=C3*C2*C1-S3*S1
P12=S3*C2*C1-C3*S1
P13=S2*C1
P21=C3*C2*S1+S3*C1
P22=S3*C2*S1+C3*C2
P23=S2*S1
P31=C3*S2
P32=S3*S2
P33=C2
35 AX=SIH (ALFA)
BX=SIH (BETA)
CX=SIH (GAMA)
XA=COS (ALFA)
XB=COS (BETA)
XC=COS (GAMA)
COSV=(XC-XA*XB)/BX
CASI=SQRT (1.-XA**2-XB**2-XC**2+2*XA*XB*XC)
COSH=CASI/BX

```

```

B 11 =A*BX
B 12 =B*COXV
B 13 = 0.
B 21 = 0.
B 22 =B*COXW
B 23 = 0.
B 31 =A*XB
B 32 =B*XA
B 33 =C
500 FORMAT(30X,3F10.5,5X,3F10.5,/)
PRINT 500, P11,P12,P13,B11,B12,B13
PRINT 500, P21,P22,P23,B21,B22,B23
PRINT 500, P31,P32,P33,B31,B32,B33
PRINT 7
7 FORMAT (12X,34H ARISTAS QUE INTERESAN REPRESENTAR/)
PRINT 8
8 FORMAT (7H ARISTA,14X,7H DIEDRO,16X,10H Z O N A S)
PRINT 9
9 FORMAT (3X,2H H,6X,6CH P Q R ~ S T H = U V W
1 = ANGULO PSI,7X,2H X,8X,2H Y,/)
31 READ 30,I1,I,J,K,L,M,N
30 FORMAT (1X,I4,5X,3I4,4X,3I4)
IF(I1.EQ.0) GO TO 85
U=J*N-M*K
V=K*L-M*I
W=I*M-L*J
AN=U*B11+V*B12+W*B13
QU=U*B21+V*B22+W*B23
SA=U*B31+V*B32+W*B33
XAC=AN*P11+QU*P12+SA*P13
YAC=AN*P21+QU*P22+SA*P23
ZAC=AN*P31+QU*P32+SA*P33
IF(YAC) 43,44,43
44 FI=1.5707963
GO TO 82
43 FI=ATAN (ZAC/YAC)
82 PF1=FI*180./PI
80 PRINT 32,I1,I,J,K,L,M,N,U,V,W, PF1,YAC,ZAC
32 FORMAT (1X,I4,5X,3I4,4X,3I4,5X,3F4.0,5X,F11.6,2X,2F10.3)
GO TO 31
85 PRINT 86
86 FORMAT (1H1)
GO TO 87
84 CONTINUE
CALL EXIT
END

```

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

LABORATORIO DE CRISTALOGRAFIA

TRAZADO DE LA FORMA MINERAL

PRISM•TETR•1

RELACION PARAMETRICA = 1.000000 / 1 / 1.250000

ALFA = 90. 0. 0.00
BETA = 90. 0. 0.00
GAMA = 90. 0. 0.00

0.93532	-0.31295	0.16505	1.00000	-0.00000	0.00000
0.31730	0.93532	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
-0.15652	0.05237	0.98629	-0.00000	-0.00000	1.25000

ARISTAS QUE INTERESAN REPRESENTAR

ARISTA N	P	Q	R	S	T	H	=	Z O N A S U V W	=	ANGULO PSI	X	Y
1	1	0	0	0	0	1		0. -1. 0.		3.204762	-0.935	-0.052
2	0	1	0	0	0	1		1. 0. 0.		-26.255985	0.317	-0.157
3	1	0	0	0	1	0		0. 0. 1.		89.999998	0.000	1.233

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

LABORATORIO DE CRISTALOGRAFIA

TRAZADO DE LA FORMA MINERAL

PRISM•EXA•1

RELACION PARAMETRICA = 1.000000 / 1 / 1.250000

ALFA = 90. 0. 0.00
BETA = 90. 0. 0.00
GAMA = 120. 0. 0.00

0.65353	-0.73868	0.16505	1.00000	-0.50000	0.00000
0.74896	0.65353	0.00000	0.00000	0.86603	0.00000
-0.10236	0.12361	0.98629	-0.00000	-0.00000	1.25000

ARISTAS QUE INTERESAN REPRESENTAR

ARISTA N	P	Q	R	S	T	H	=	Z O N A S U V W	=	ANGULO PSI	X	Y
1	1	0	0	0	1	0		0. 0. 1.		89.999998	0.000	1.233
2	1	0	0	0	0	1		0. -1. 0.		40.183568	-0.191	-0.162
3	0	1	0	0	0	1		1. 0. 0.		-8.307717	0.749	-0.109
4	1	-1	0	0	0	1		-1. -1. 0.		3.187297	-0.940	-0.052

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

LABORATORIO DE CRISTALOGRAFÍA

TRAZADO DE LA FORMA MINERAL

CUMENGEITA

RELACION PARAMETRICA = 1.000000 / 1 / 1.626700

ALFA = 90. 0. 0.00
BETA = 90. 0. 0.00
GAMA = 90. 0. 0.00

0.93532 -0.31295 0.16505 1.00000 -0.00000 0.00000
0.31730 0.93532 0.00000 0.00000 1.00000 0.00000
-0.15652 0.05237 0.98629 -0.00000 -0.00000 1.62670

ARISTAS QUE INTERESAN REPRESENTAR

ARISTA N	P	Q	R	S	T	H	=	Z O N A S U V W	=	ANGULO PSI	X	Y
1	0	0	1	1	0	1		0. 1. 0.		3.204762	0.935	0.052
2	0	0	1	0	1	1		-1. 0. 0.		-26.255985	-0.317	0.157
3	0	0	1	-1	0	1		0. -1. 0.		3.204762	-0.935	-0.052
4	0	0	1	0	-1	1		1. 0. 0.		-26.255985	0.317	-0.157
5	1	0	1	0	1	1		-1. -1. 1.		-53.752835	-1.253	1.709
6	0	1	1	-1	0	1		1. -1. 1.		-66.113317	-0.618	1.396
7	-1	0	1	0	-1	1		1. 1. 1.		50.139918	1.253	1.500
8	0	-1	1	1	0	1		-1. 1. 1.		71.179543	0.618	1.813
9	1	0	1	1	1	0		-1. 1. 1.		71.179543	0.618	1.813
10	1	1	0	0	1	1		1. -1. 1.		-66.113317	-0.618	1.396
11	0	1	1	-1	1	0		-1. -1. 1.		-53.752835	-1.253	1.709
12	-1	1	0	-1	0	1		1. 1. 1.		50.139918	1.253	1.500
13	-1	0	1	-1	-1	0		1. -1. 1.		-66.113317	-0.618	1.396
14	-1	-1	0	0	-1	1		-1. 1. 1.		71.179543	0.618	1.813
15	0	-1	1	1	-1	0		1. 1. 1.		50.139918	1.253	1.500
16	1	-1	0	1	0	1		-1. -1. 1.		-53.752835	-1.253	1.709
17	1	0	1	1	0	-1		0. 2. 0.		3.204762	1.871	0.105
18	0	1	1	0	1	-1		-2. 0. 0.		-26.255985	-0.635	0.313
19	-1	0	1	-1	0	1		0. -2. 0.		3.204762	-1.871	-0.105
20	0	-1	1	0	-1	-1		2. 0. 0.		-26.255985	0.635	-0.313
21	1	0	-1	1	1	0		1. -1. 1.		-66.113317	-0.618	1.396
22	1	1	0	0	1	-1		-1. 1. 1.		71.179543	0.618	1.813
23	0	1	-1	-1	1	0		1. 1. 1.		50.139918	1.253	1.500
24	-1	1	0	-1	0	-1		-1. -1. 1.		-53.752835	-1.253	1.709
25	-1	0	-1	-1	-1	0		-1. 1. 1.		71.179543	0.618	1.813
26	-1	-1	0	0	-1	-1		1. -1. 1.		-66.113317	-0.618	1.396
27	0	-1	-1	1	-1	0		-1. -1. 1.		-53.752835	-1.253	1.709
28	1	-1	0	1	0	-1		1. 1. 1.		50.139918	1.253	1.500
29	1	0	-1	0	1	-1		1. 1. 1.		71.179543	0.618	1.813
30	0	1	-1	-1	0	-1		-1. -1. 1.		-53.752835	-1.253	1.709
31	-1	0	-1	0	-1	-1		1. -1. 1.		-66.113317	-0.618	1.396
32	0	-1	-1	1	0	-1		0. 1. 0.		3.204762	0.935	0.052
33	1	0	-1	0	0	-1		-1. 0. 0.		-26.255985	-0.317	0.157
34	0	1	-1	0	0	-1		0. -1. 0.		3.204762	-0.935	-0.052
35	-1	0	-1	0	0	-1		1. 0. 0.		-26.255985	0.317	-0.157
36	0	-1	-1	0	0	-1		1. 0. 0.		-26.255985	0.317	-0.157

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

LABORATORIO DE CRISTALOGRAFÍA

TRAZADO DE LA FORMA MINERAL

BREITHAUPITA

RELACION PARAMETRICA = 1.000000 / 1 / 1.292400

ALFA = 90. 0. 0.00
BETA = 90. 0. 0.00
GAMA = 120. 0. 0.00

0.65353 -0.73868 0.16505 1.00000 -0.50000 0.00000
0.74896 0.65353 0.00000 0.00000 0.86603 0.00000
-0.10936 0.12361 0.98629 -0.00000 -0.00000 1.29240

ARISTAS QUE INTERESAN REPRESENTAR

ARISTA N	P	Q	R	S	T	H	=	Z O N A S U V W	=	ANGULO PSI	X	Y
1	0	0	1	1	0	3		0. 1. 0.		40.183568	0.191	0.162
2	0	0	1	0	1	3		-1. 0. 0.		-8.307717	-0.749	0.109
3	0	0	1	-1	1	3		-1. -1. 0.		3.187297	-0.940	-0.052
4	0	0	1	-1	0	3		0. -1. 0.		40.183568	-0.191	-0.162
5	0	0	1	0	-1	3		1. 0. 0.		-8.307717	0.749	-0.109
6	0	0	1	1	-1	3		1. 1. 0.		3.187297	0.940	0.052
7	1	0	3	0	1	3		-3. -3. 1.		-21.608927	-2.821	1.118
8	1	0	1	0	1	1		-1. -1. 1.		-52.424960	-0.940	1.222
9	1	0	0	0	1	0		0. 0. 1.		89.999998	0.000	1.275
10	1	0	-1	0	1	-1		1. 1. 1.		54.675481	0.940	1.327
11	0	1	3	-1	1	3		0. -3. 1.		-53.956876	-0.574	0.789
12	0	1	1	-1	1	1		0. -1. 1.		-80.237014	-0.191	1.113
13	0	1	0	-1	1	0		0. 0. 1.		89.999998	0.000	1.275
14	0	1	-1	-1	1	-1		0. 1. 1.		82.406270	0.191	1.436
15	-1	1	3	-1	0	3		3. 0. 1.		22.845233	2.247	0.947
16	-1	1	1	-1	1	0		-1. -1. 0.		3.187297	-0.940	-0.052
17	-1	0	3	0	-1	3		3. 3. 1.		26.906919	2.821	1.432
18	0	-1	3	1	-1	3		0. 3. 1.		71.921266	0.574	1.760
19	0	-1	1	1	-1	1		0. 1. 1.		82.406270	0.191	1.436
20	0	-1	0	1	-1	0		0. 0. 1.		89.999998	0.000	1.275
21	0	-1	-1	1	-1	-1		0. -1. 1.		-80.237014	-0.191	1.113
22	1	-1	3	1	0	3		-3. 0. 1.		-35.501560	-2.247	1.603
23	1	-1	1	1	0	1		-1. 0. 1.		-61.580514	-0.749	1.384
24	1	-1	0	1	1	0		0. 0. 2.		89.999998	0.000	2.549
25	-1	1	1	-1	0	1		1. 0. 1.		57.270800	0.749	1.165