

CRISTALOGRAFÍA III

REDES DE BRAVAIS

FORMAS SIMPLES

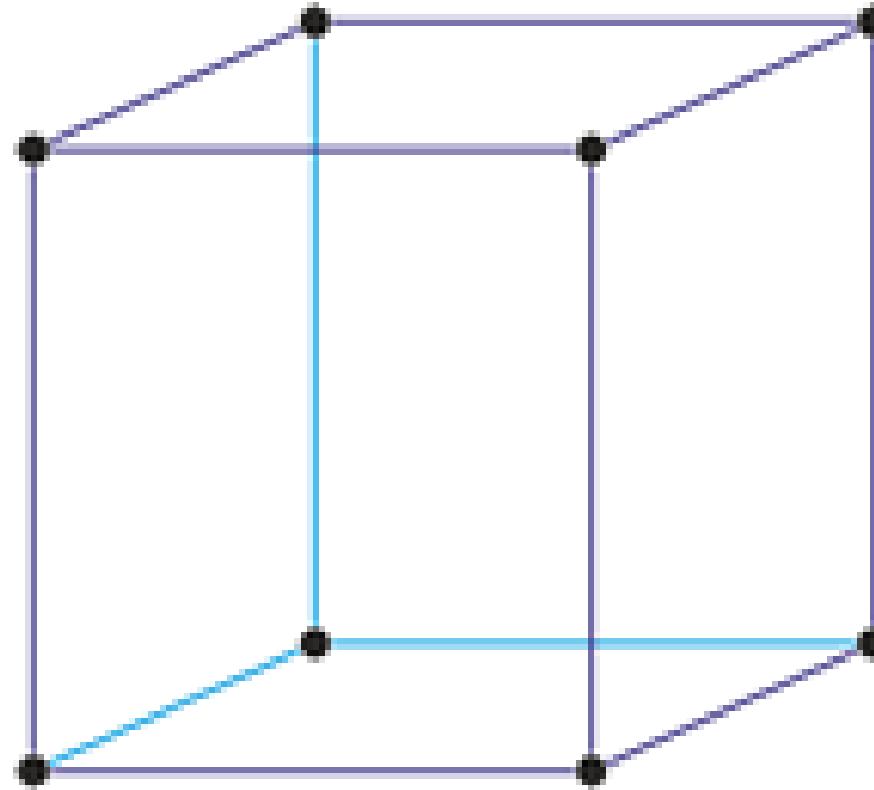
REDES DE BRAVAIS

- La CELDA UNIDAD es un paralelepípedo que constituye la menor división de la estructura cristalina que conservan las características de todo el retículo de modo que por simple traslación puede reconstruirse todo el retículo.
- Para determinar completamente la estructura cristalina de un mineral, además de *definir la forma geométrica de la red, es necesario establecer las posiciones en la celda de los átomos, iones y moléculas que forman el sólido cristalino*, a los que se les llama ***puntos reticulares***.

Tipos de celdas unidad

Primitiva o simple (P)

Los puntos reticulares sólo se encuentran en los vértices

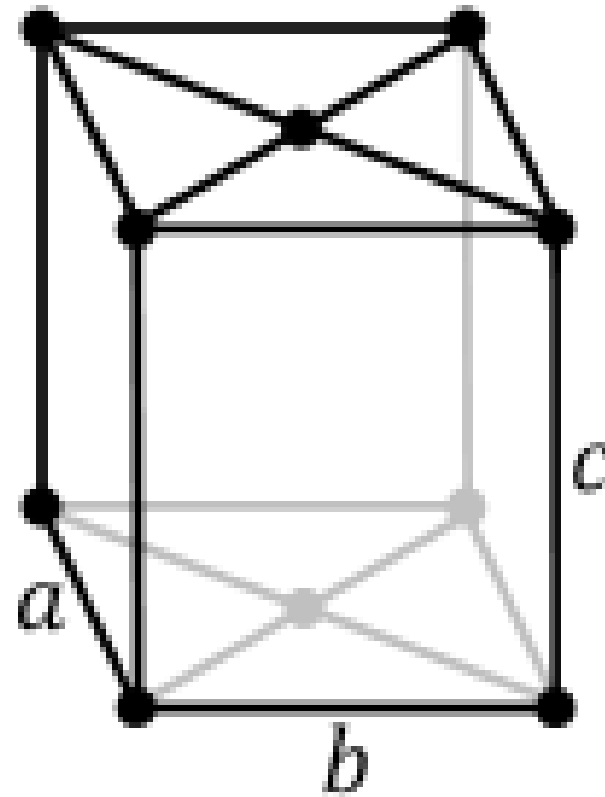


Tipos de celdas unidad

Centrada en dos caras (C)

Los puntos reticulares se encuentran en el centro de las caras además de en los vértices.

Como hay tres pares de caras, se designa por las letras **A**, **B** o **C** según los ejes que corten.

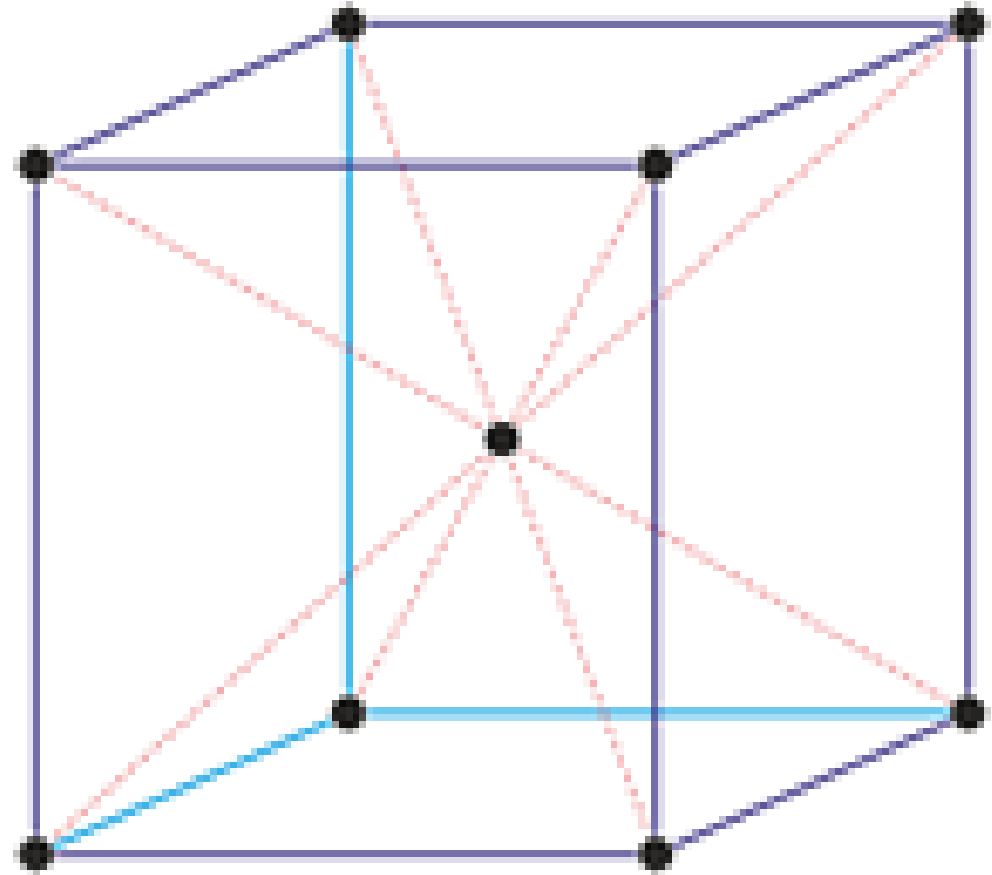


Es una celda múltiple

Tipos de celdas unidad

Centrada en el cuerpo (I)

Tiene un punto reticular en el centro de la celda además de en los vértices

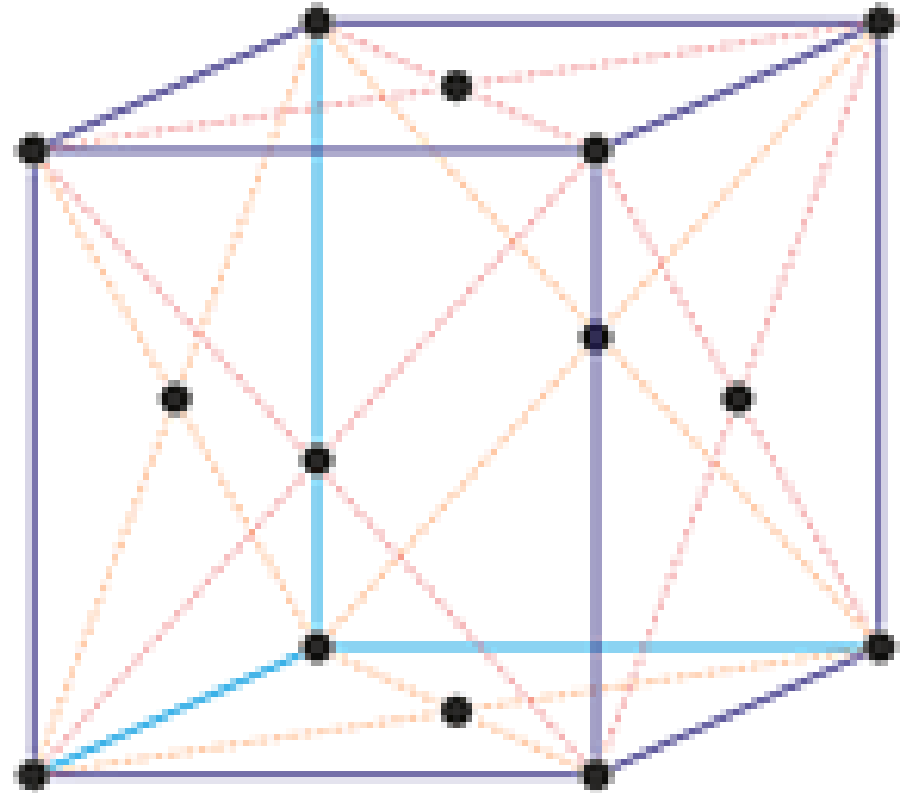


Es una celda múltiple

Tipos de celdas unidad

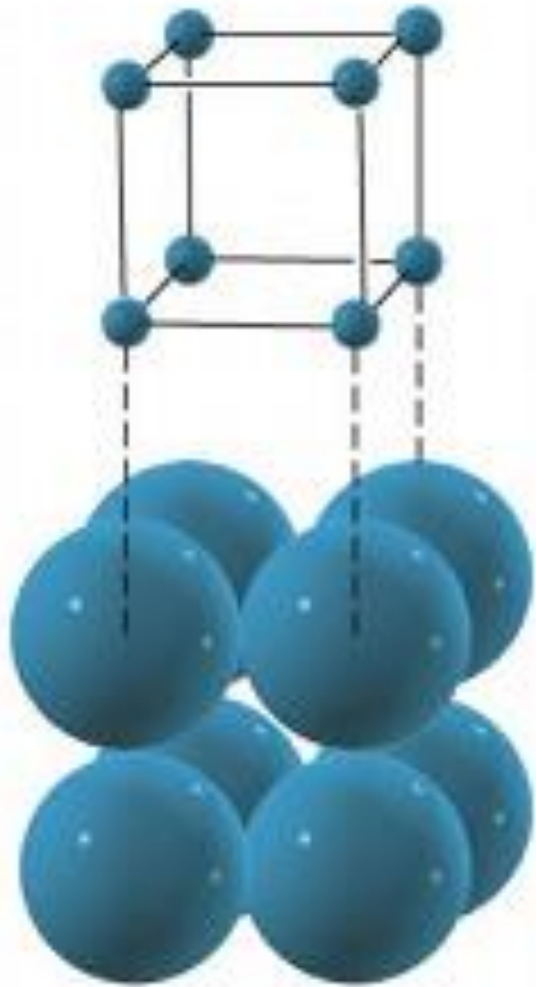
Centrada en todas las caras (F)

Centrada en cada cara además de en los vértices



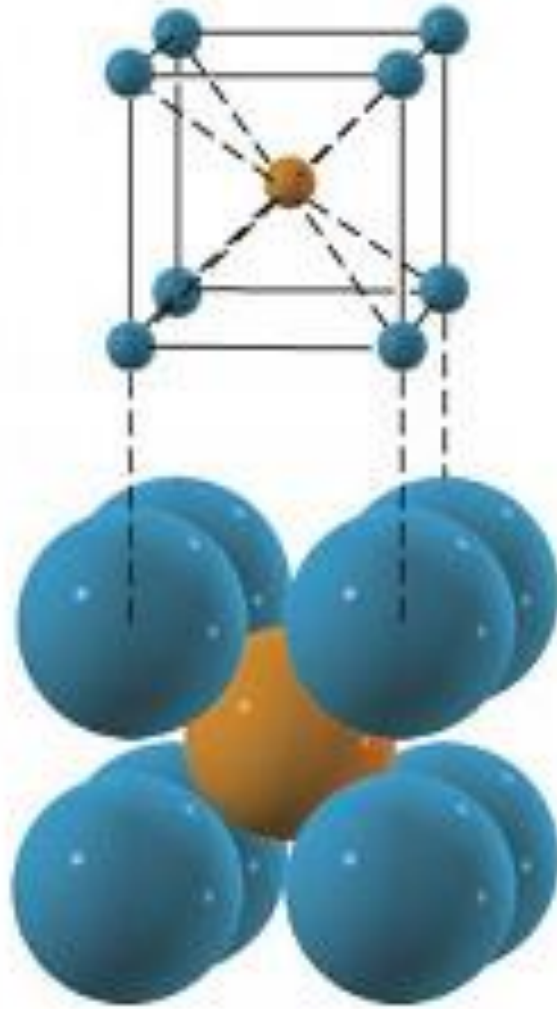
Es una celda múltiple

Tipos de celdas unidad

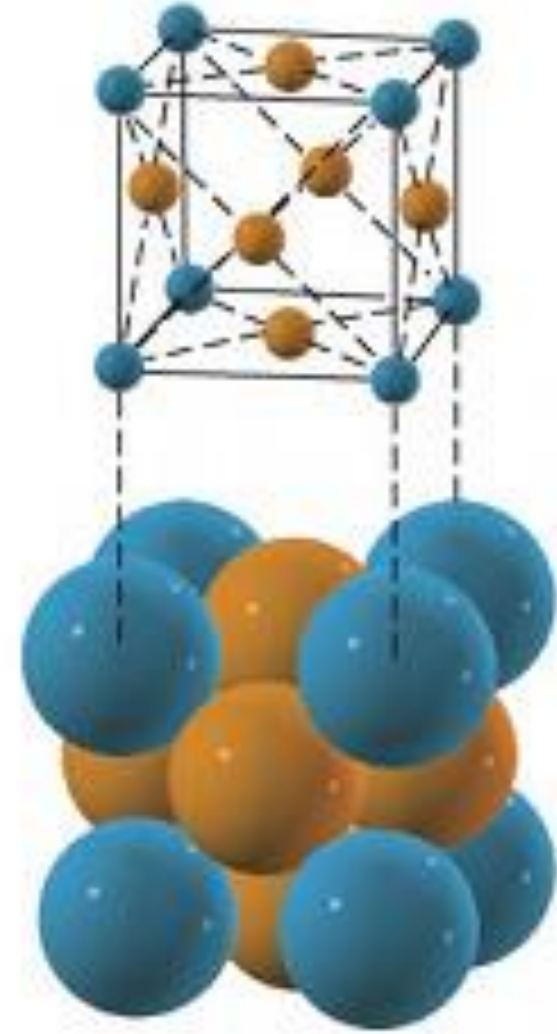


Primitive

© 2007 Thomson Higher Education



Body-centered

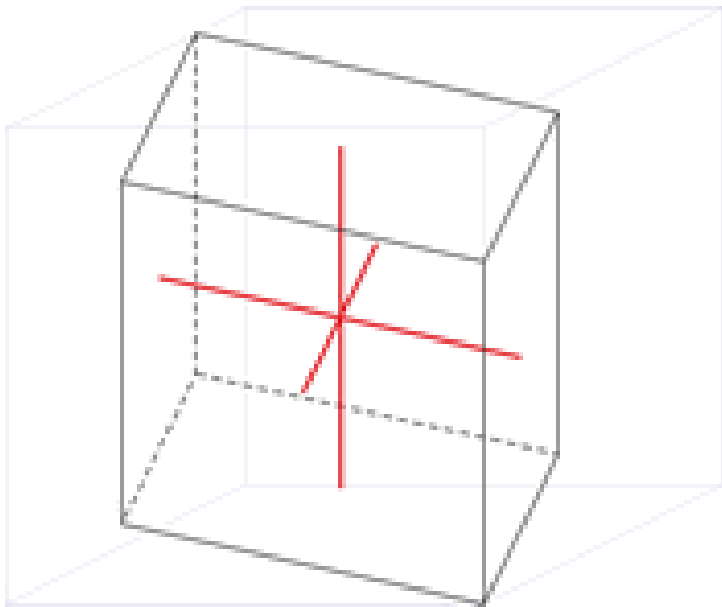


Face-centered

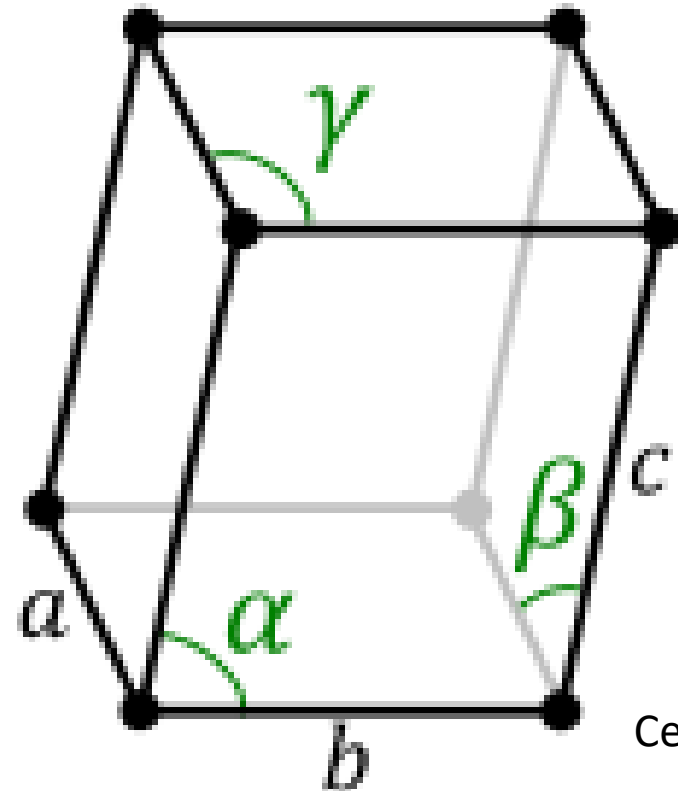
Redes de Bravais en los sistemas cristalinos

Sistema cristalino triclínico

En el sistema triclínico los tres ejes cristalográficos son todos desiguales en la longitud y se cortan a tres ángulos diferentes (cualquier ángulo pero diferentes de 90°).



$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



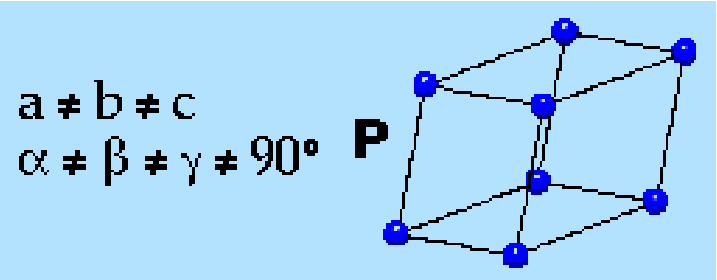
Celda primitiva (P)

Sistema cristalino monoclinico

En el sistema monoclinico dos de tres ejes de referencia desiguales se cortan oblicuamente (no de 90°) y el tercero es perpendicular al plano de los otros dos.

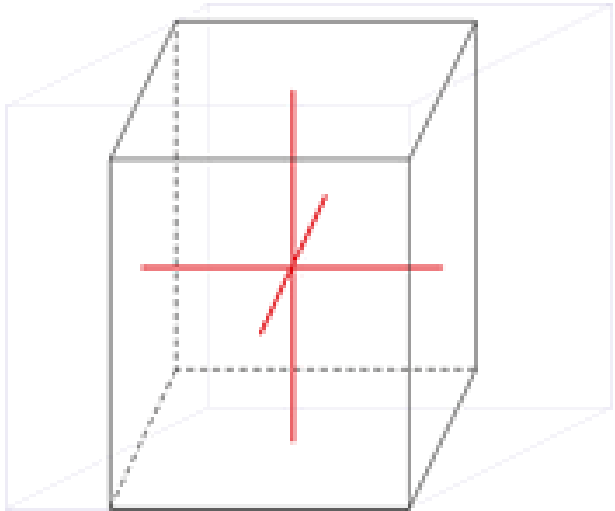
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$$

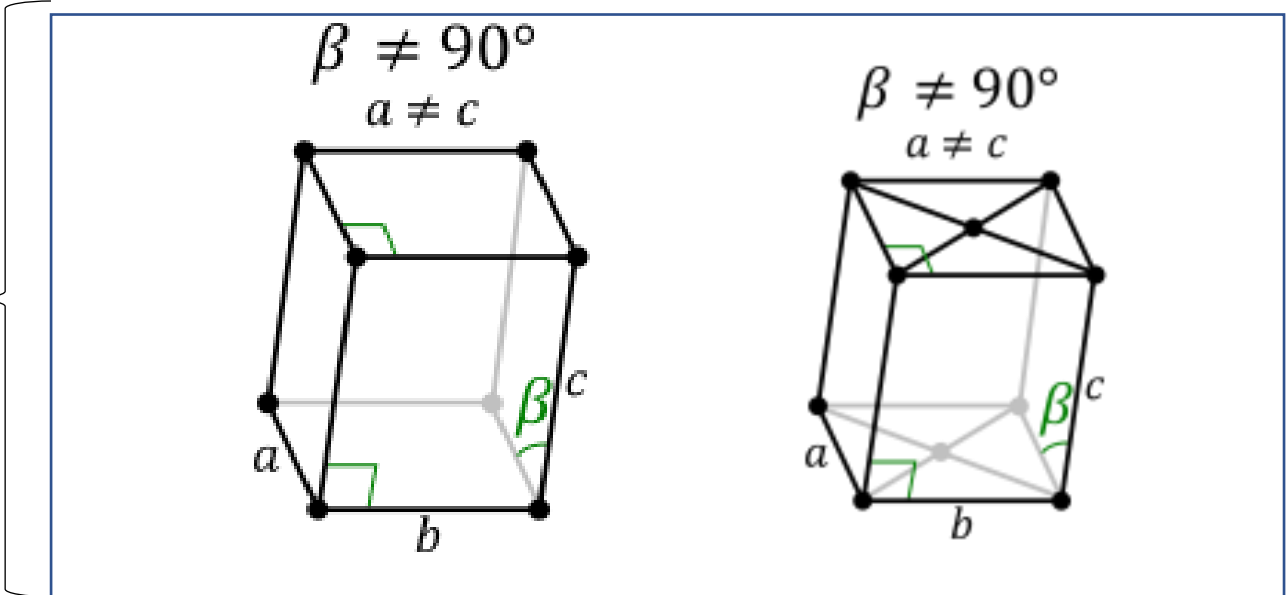


Celda primitiva (P)

Celda centrada en dos caras (C)



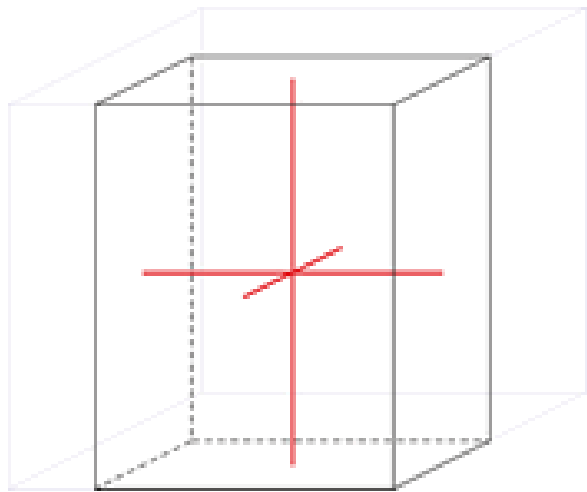
Redes de Bravais



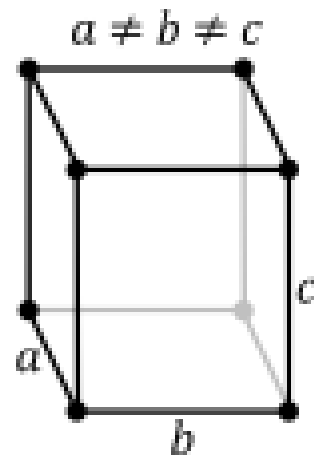
Sistema cristalino rómbico

En el sistema rómbico (u ortorrómbico), los ejes de referencia son desiguales y perpendiculares entre sí.

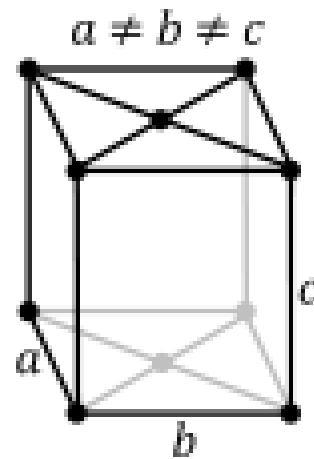
Redes de Bravais



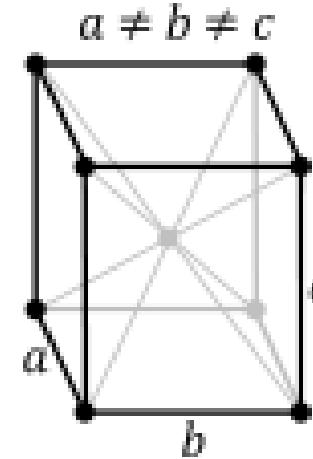
$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



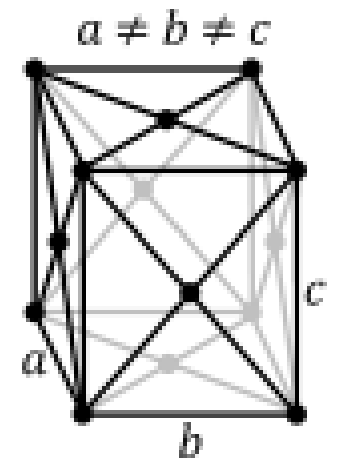
Celda primitiva (P)



Celda centrada en las bases (C)



Centrada en el cuerpo (I)



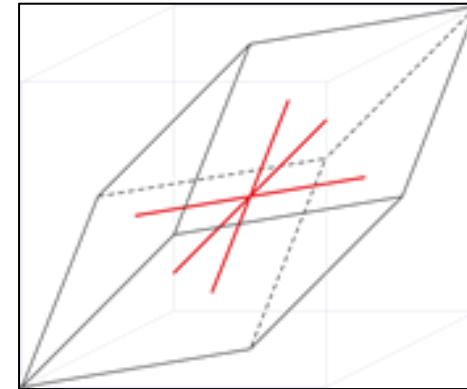
Centrada en las caras (F)

Sistema cristalino trigonal

Los ángulos entre los ejes del cristal, en el sistema trigonal o romboédrico, son idénticos, pero diferentes de 90° , y las tres dimensiones del cristal unitario son idénticas. Es decir, como un cubo pero aplastado por una diagonal.

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$



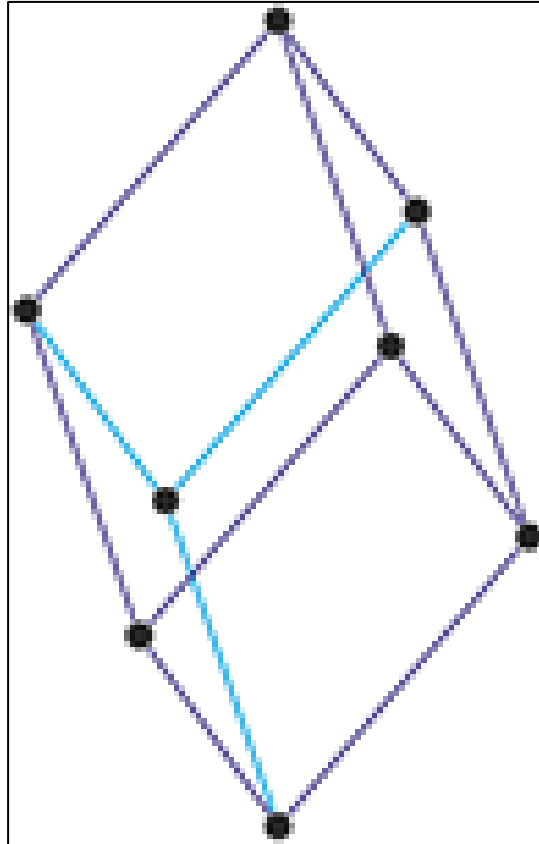
El sistema de ejes romboedrales es de difícil uso, y generalmente se suele evitar utilizarlo. En su lugar, se prefiere disponer de un sistema de ejes hexagonales.

A la hora de describir la estructura de un sólido cristalino con simetría romboédrica, los cristalógrafos prefieren a menudo describir la estructura con una celda unitaria hexagonal primitiva.

$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta = 120^\circ$$

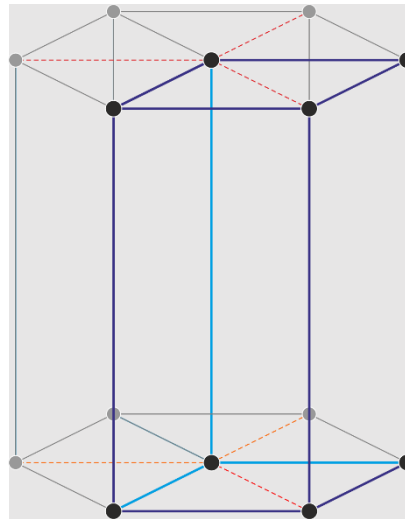
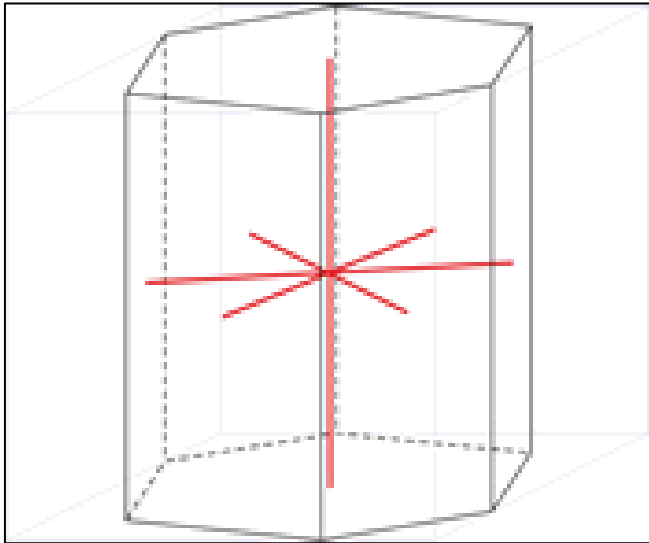
Redes de Bravais Sistema Trigonal



Celda romboédrica
primitiva (P)

Sistema cristalino hexagonal

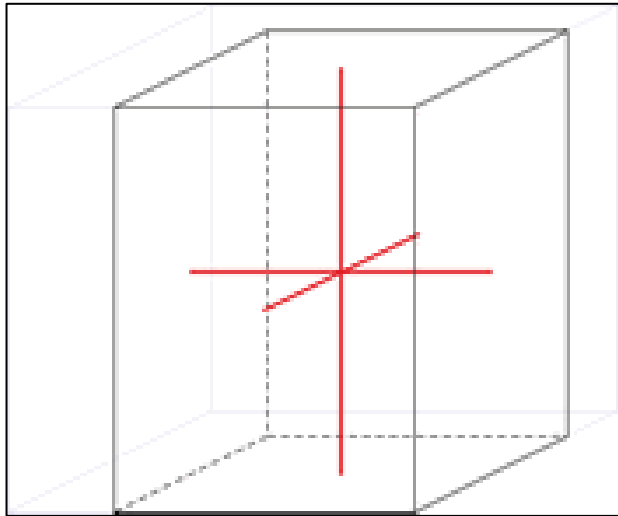
El sistema hexagonal se caracteriza por tener cuatro ejes. Tres ejes (denotados por a_1 , a_2 y a_3) de igual longitud se encuentran en un plano y se cruzan en un ángulo de 120° (entre los extremos positivos). El cuarto eje (c) es más largo o corto que los otros tres y forma con ellos ángulos rectos.



Centrada en las bases (C)

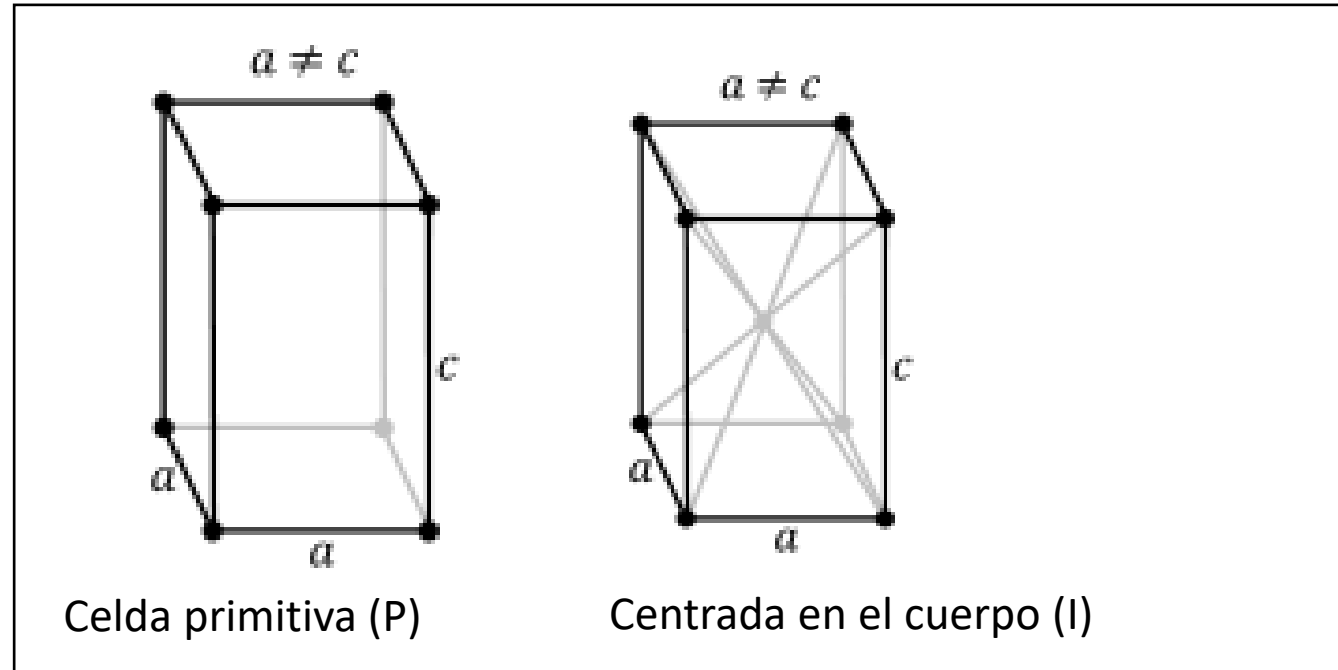
Sistema cristalino tetragonal

En el sistema tetragonal dos ejes son iguales y uno diferente (más corto o más largo) pero todos ellos son perpendiculares entre sí.



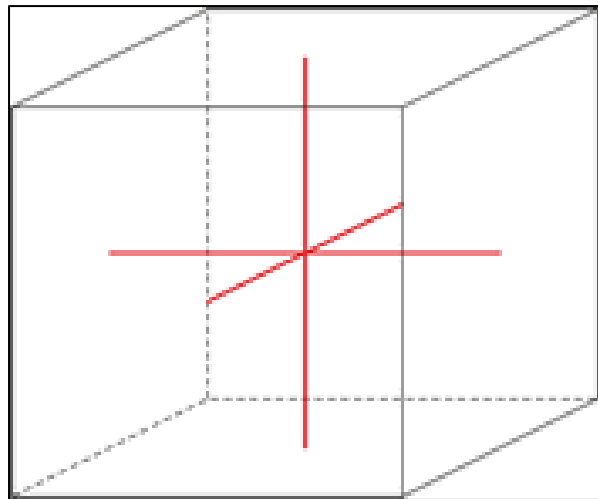
$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Redes de Bravais



Sistema cristalino cúbico

En el sistema cúbico (o isométrico) los tres ejes cristalográficos son todos de igual longitud y cortan a los ángulos rectos (90°).



$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Redes de Bravais

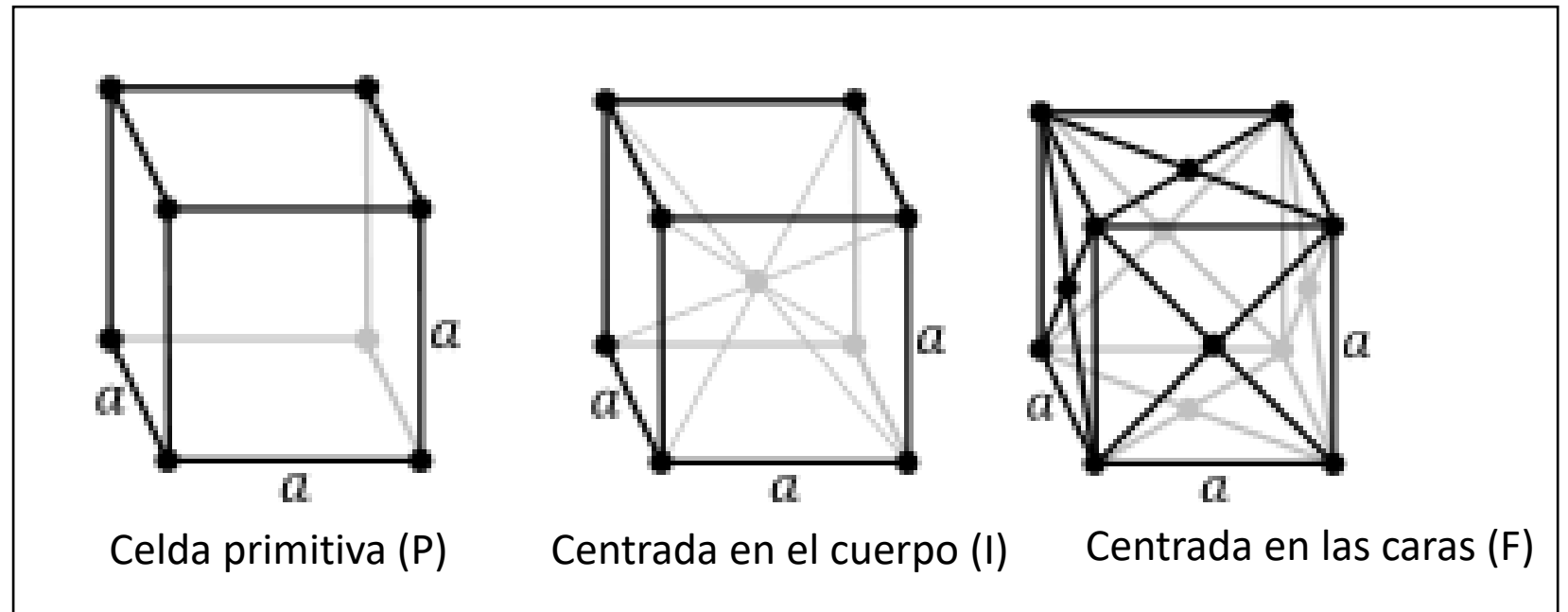


Tabla resumen de tipos de redes de Bravais por sistema cristalino

Sistema cristalino	Redes de Bravais
Triclínico	P
Monoclínico	P, (A,B,C)
Rómbico	P, I, F, (A, B, C)
Trigonal	P
Tetragonal	P, I
Hexagonal	C
Cúbico	P, I, F

FORMAS SIMPLES

- Los cristales pueden estar compuestos por formas simples abiertas, cerradas o una combinación de formas abiertas.

Las formas simples se representan por números enteros dentro de {}
(notación de Miller)

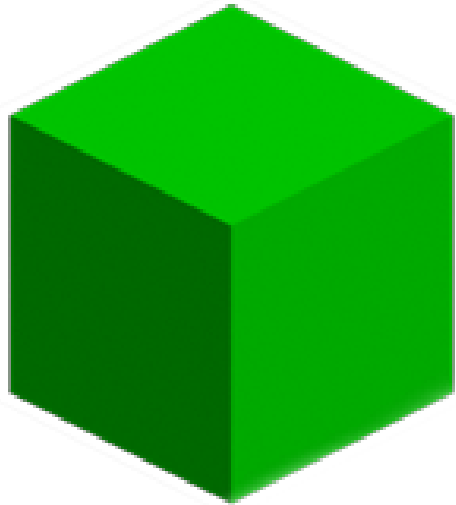
FORMAS SIMPLES

En una misma forma simple, todas las caras tienen la misma forma, porque están relacionadas entre sí por el mismo elemento de simetría:

- Si hay varias caras de un cristal con la misma forma, no necesariamente conforman una forma simple. Para que la conformen, esas caras deben estar relacionadas entre sí por un elemento de simetría.
- Si hay varias caras de un cristal con distinta forma, necesariamente están en distintas formas simples. La forma simple del cristal es combinada.

Observemos estas dos formas de la clase de simetría $3A_4 4A_3 6A_2 9PC$

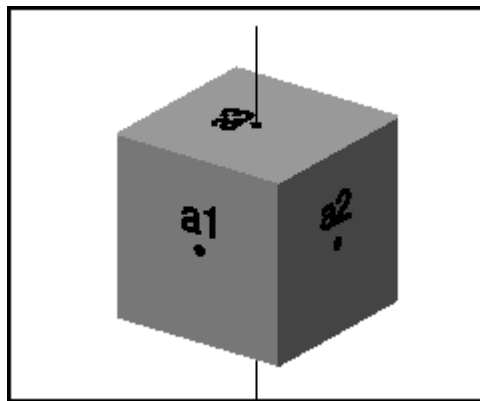
A esta clase pertenecen el cubo y el octaedro



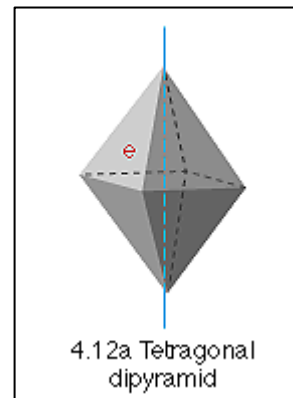
Ambas figuras tienen formas externas diferentes, pero pertenecen a la misma clase de simetría. Poseen el mismo conjunto de *elementos de simetría*.

Entonces, ¿qué es una forma simple?

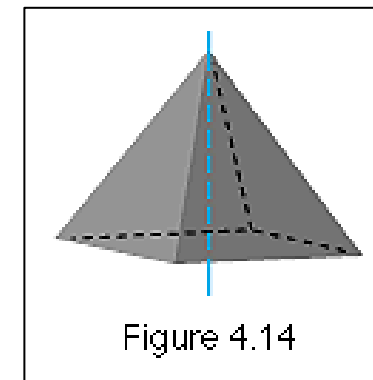
Por eso, en la descripción de los cristales se usa el concepto de la **forma simple** como un grupo de caras cristalinas que tienen la misma forma y la misma relación con un elemento de simetría específico, y exhiben las mismas propiedades físicas y químicas. Se les llama caras equivalentes.



Caras a₁₋₄ relacionadas a un eje de simetría A₄

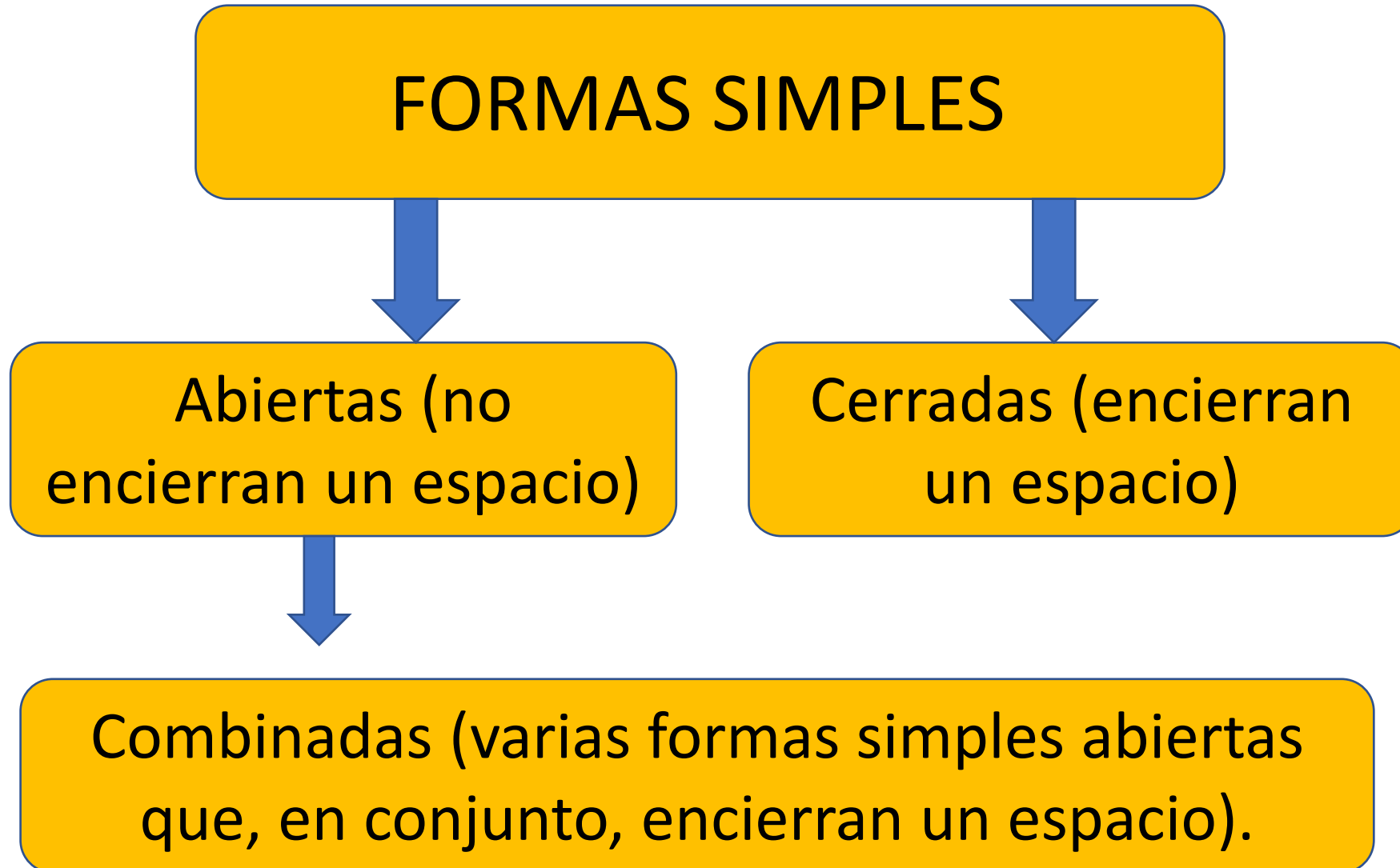


Caras superiores e inferiores relacionadas a un eje simetría A₄

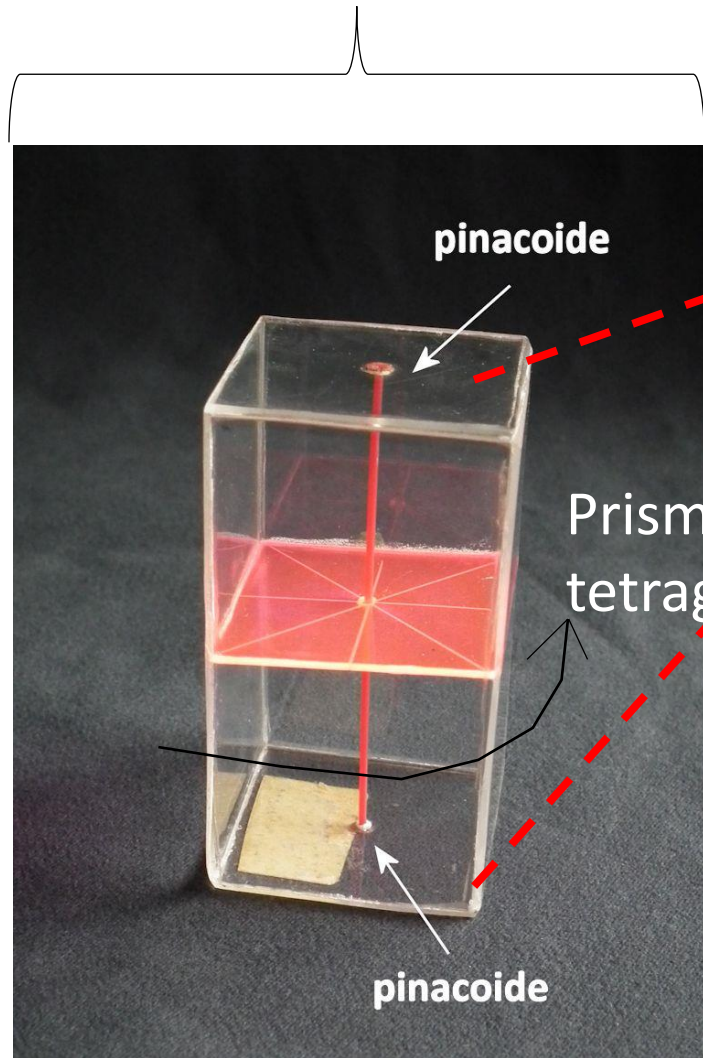


Caras inclinadas relacionadas a un eje de simetría A₄.

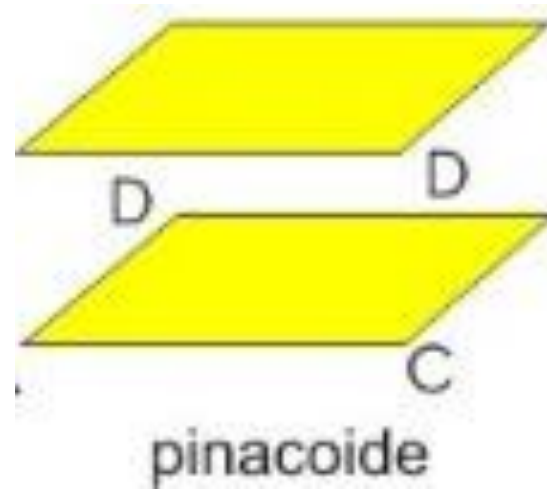
Clasificación general de las formas simples



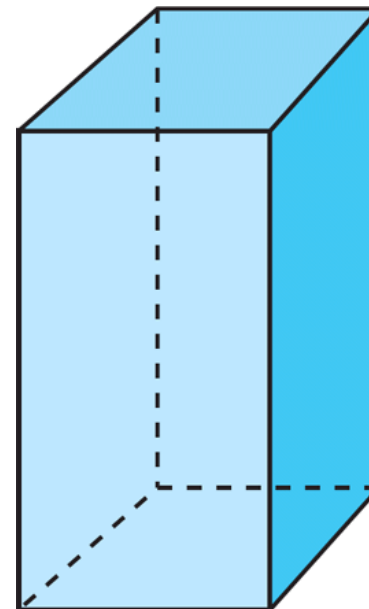
Forma simple combinada (formada por dos formas abiertas)



Formas simples abiertas

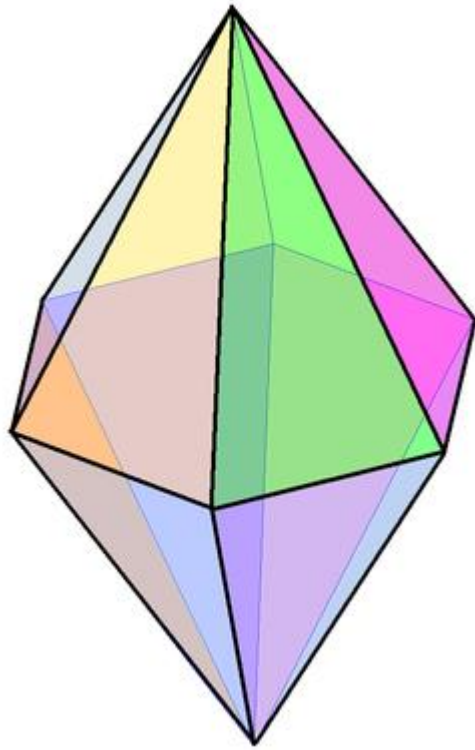


Pinacoide:
caras paralelas relacionadas entre sí por un eje o plano de simetría.



Prisma tetragonal:
cuatro paralelogramos relacionados entre sí por un eje cuaternario.

Forma simple cerrada (encierra un espacio)

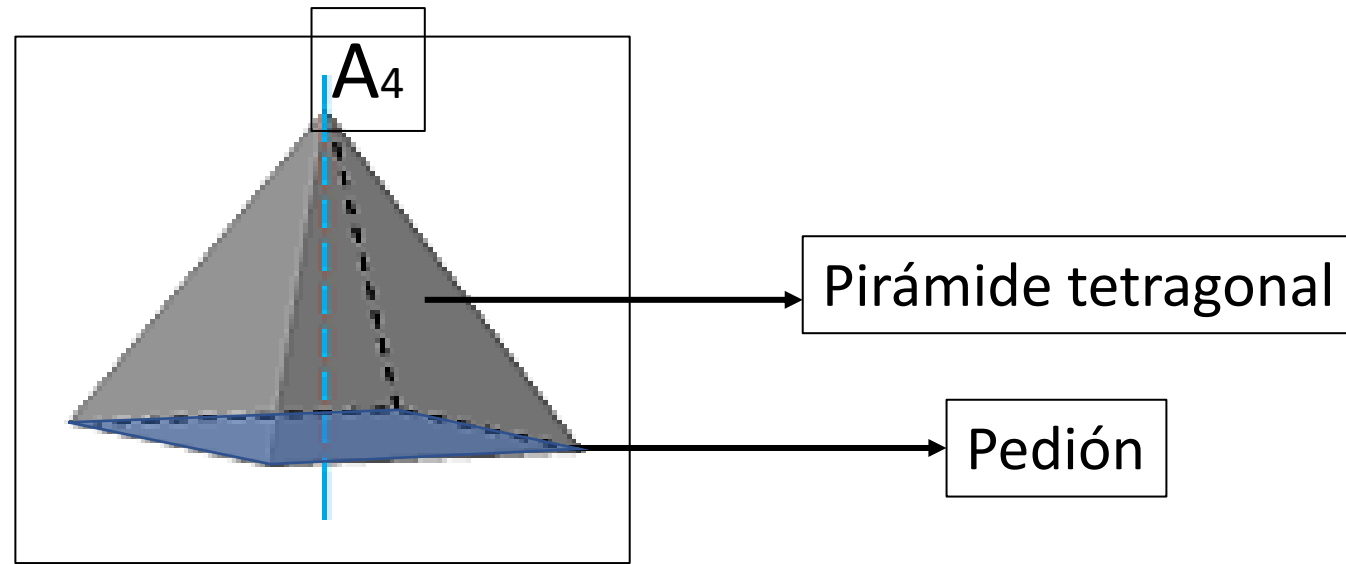


Bipirámide hexagonal



Bipirámide dihexagonal

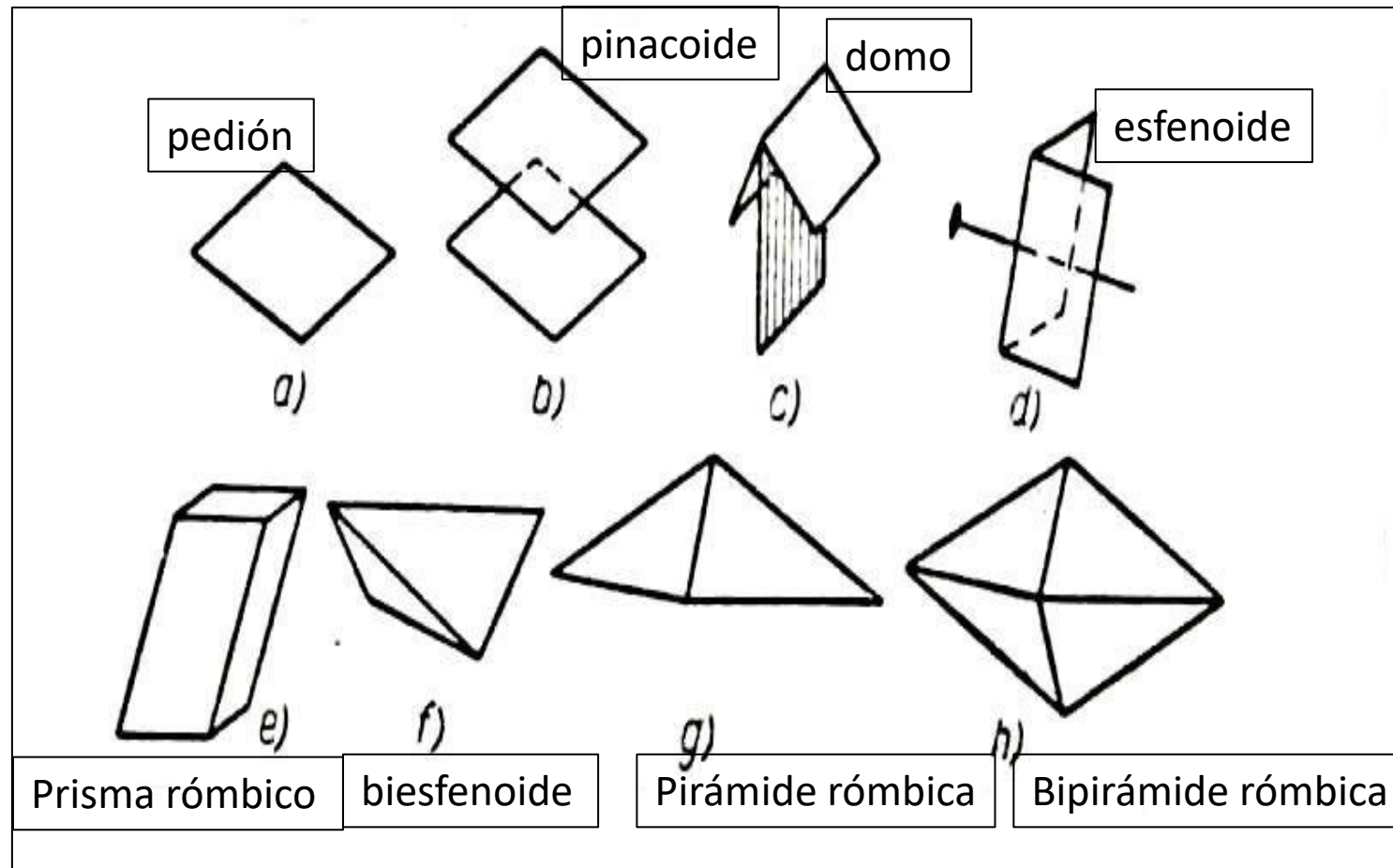
“El número de formas simples en un cristal depende de la cantidad de caras diferentes que posea el cristal”



“las formas simples abiertas no existen por sí solas, ya que los cristales son poliedros finitos. Para existir, deben formar parte de una combinación”

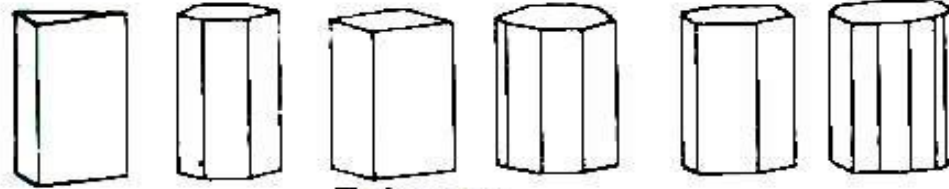
Existen 47 tipos de formas simples en los cristales

Formas simples de la **Categoría inferior** (sistemas Triclínico, Monoclínico y Rómbico)

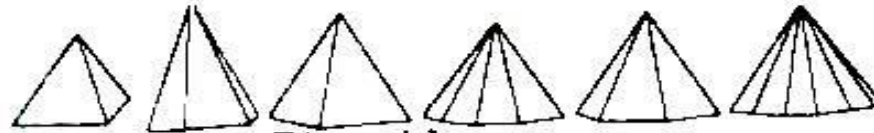


Formas simples de la Categoría Mediana (sistemas Trigonal (romboédrico), Tetragonal y Hexagonal)

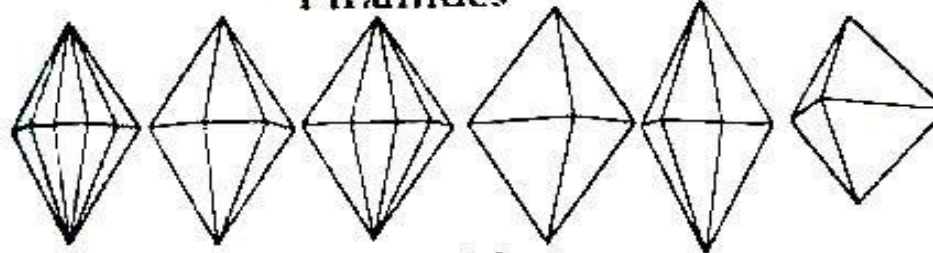
Sección mediana



Prismas

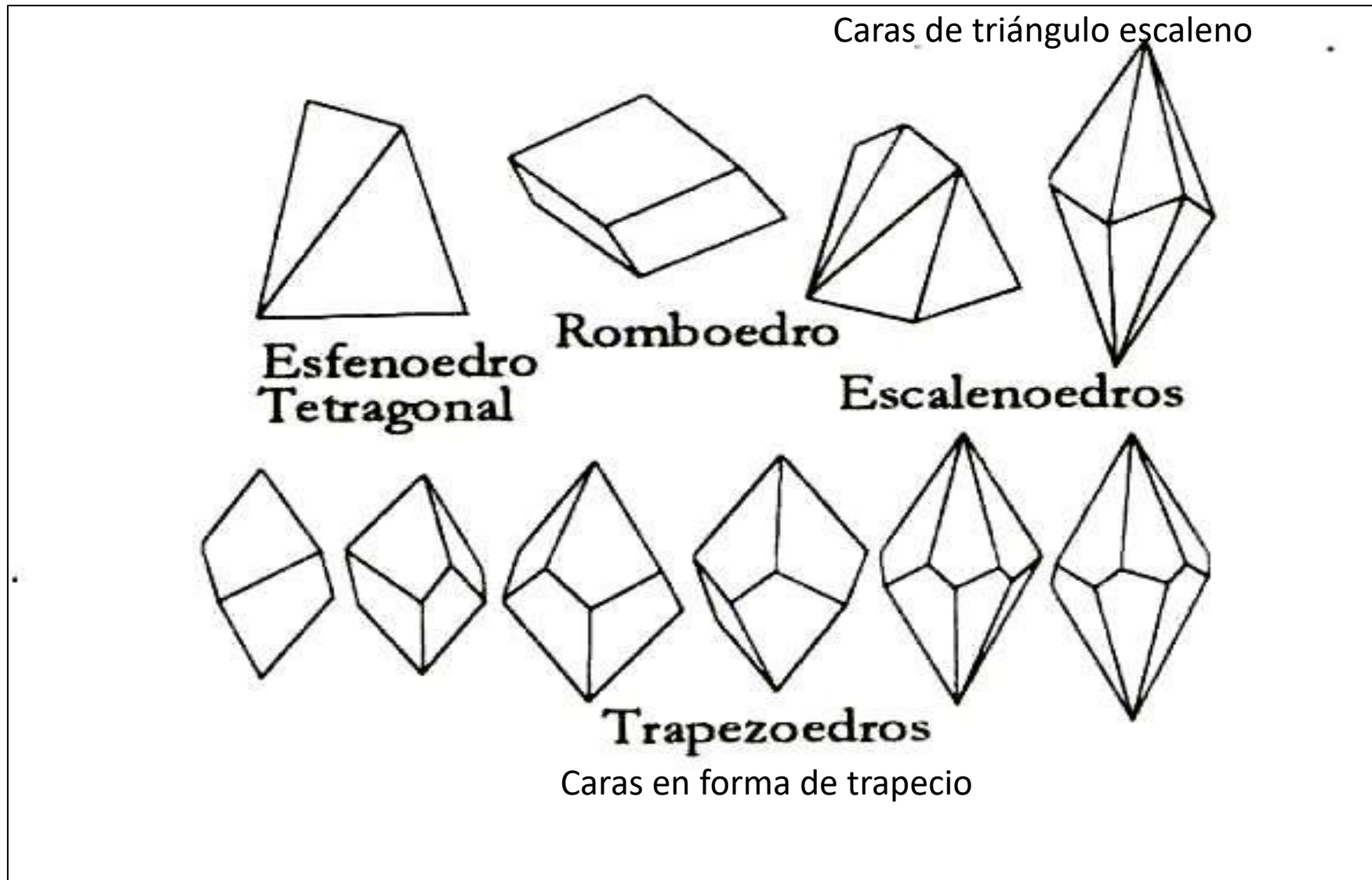


Piramides

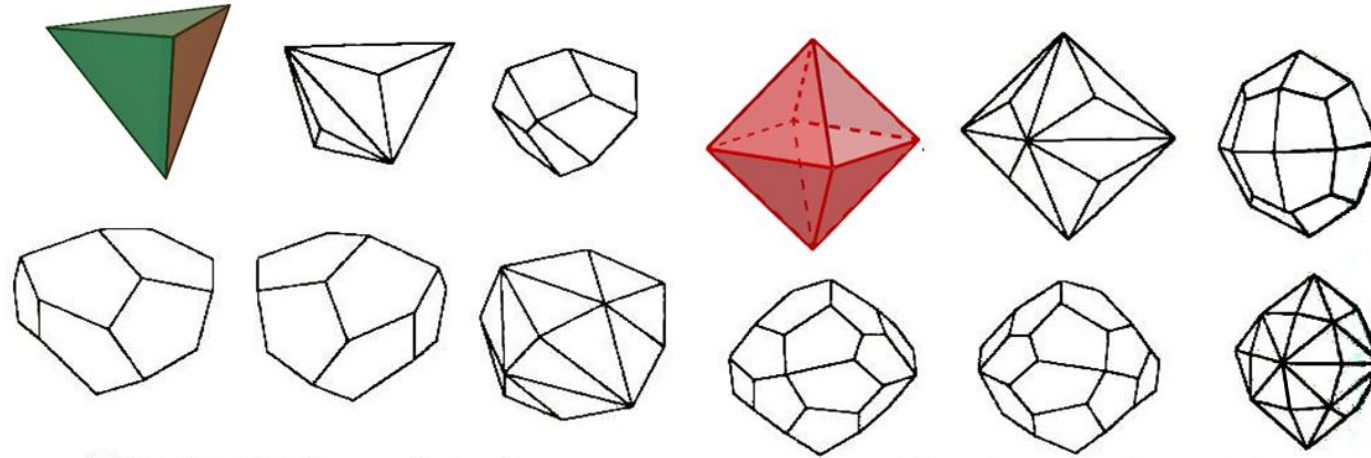


Bipiramides

Formas simples singulares (peculiares)

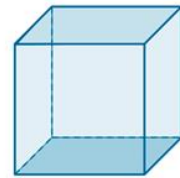


Formas simples del Sistema cúbico

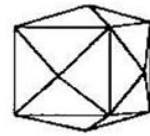


Tetraedro y sus formas derivadas

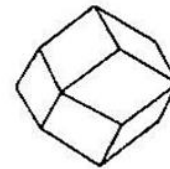
Octaedro y sus formas derivadas



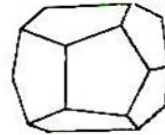
Cubo



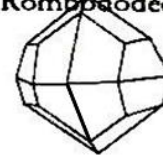
Tetrahexaedro



Rombododecaedro



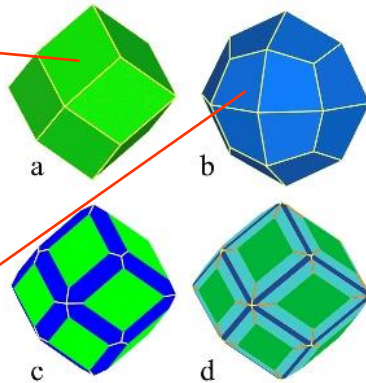
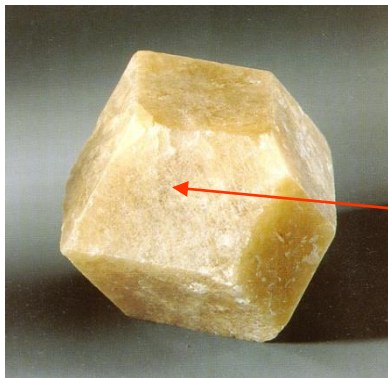
Dodecaedro pentagonal



Diaquidodecaedro

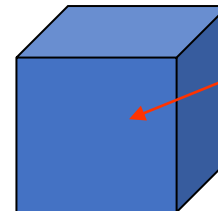
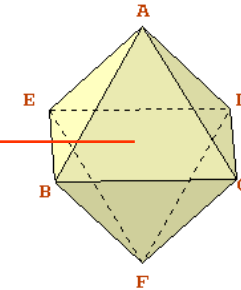
Formas simples del sistema cúbico clase $m\ 3\ m$ ($3A_4\ 4A_3\ 6A_2\ 9PC$)

$\{1\ 1\ 0\}$ rombododecaedro (12 caras)



$\{h\ h\ 1\}$ trapezoedro (24 caras)

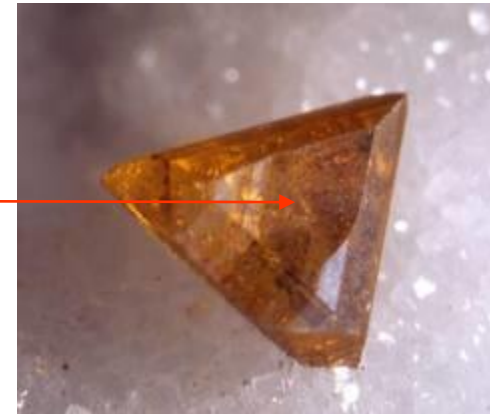
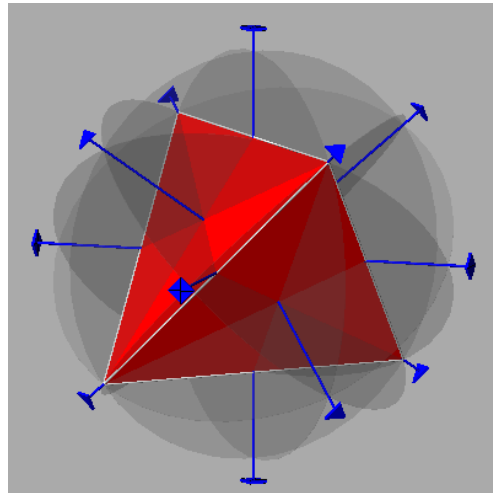
$\{1\ 1\ 1\}$ octaedro (8 caras)



$\{1\ 0\ 0\}$ cubo (6 caras)

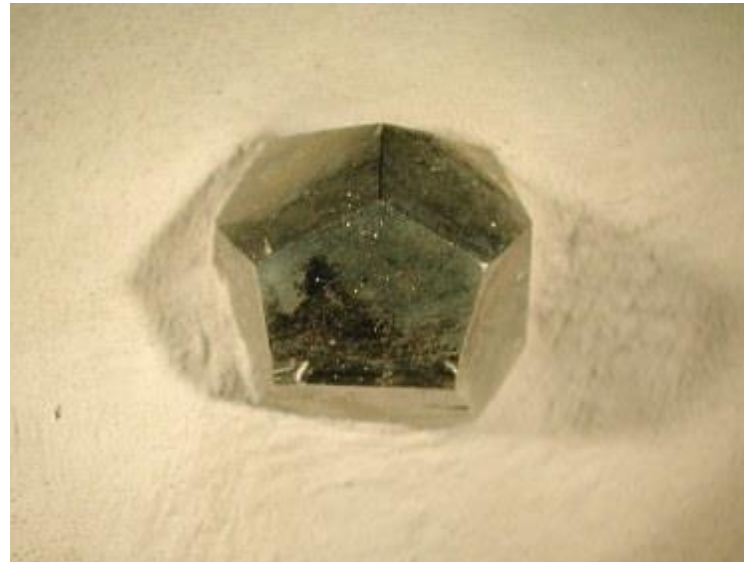
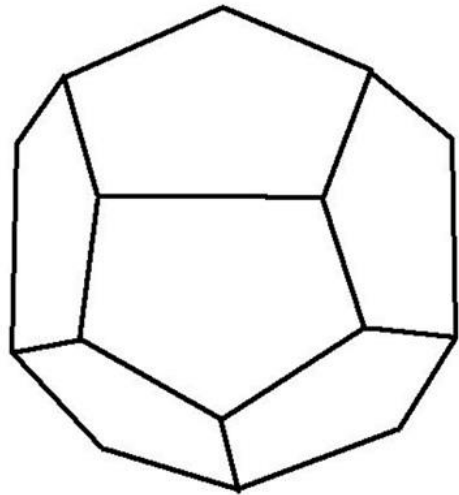
Formas simples del sistema cúbico clase $4\ 3\ m$ ($3A_4\ 4A_3\ 6P$)

{1 1 1} tetraedro (4 caras)



Formas simples del sistema cúbico clase $m\bar{3}$ ($4A_33A_2\bar{3}PC$)

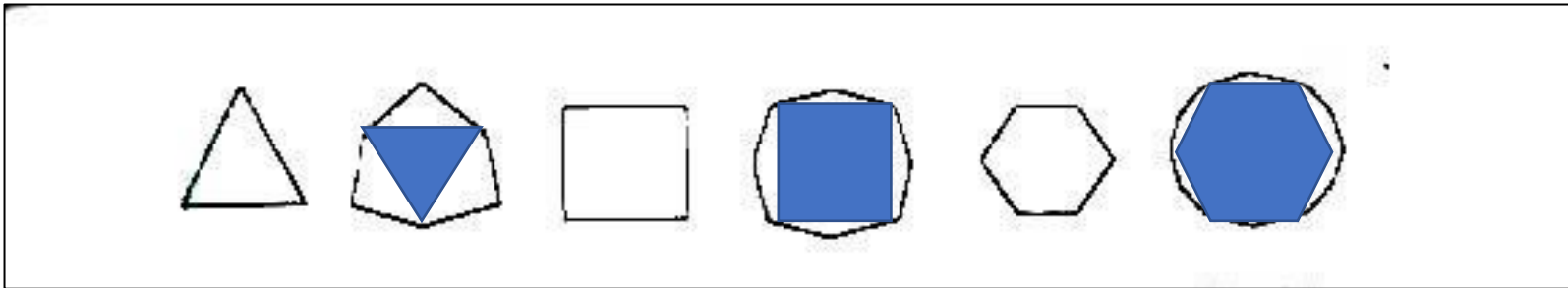
$\{h\ k\ 0\}$ pentagonododecaedro (12 caras)



Piritoedro (variante deformada del dodecaedro pentagonal)

Sección mediana

Es una sección perpendicular del cristal y observada desde arriba, con forma de polígono regular de tres, cuatro o seis caras, cuyos vértices coinciden con vértices del cristal.



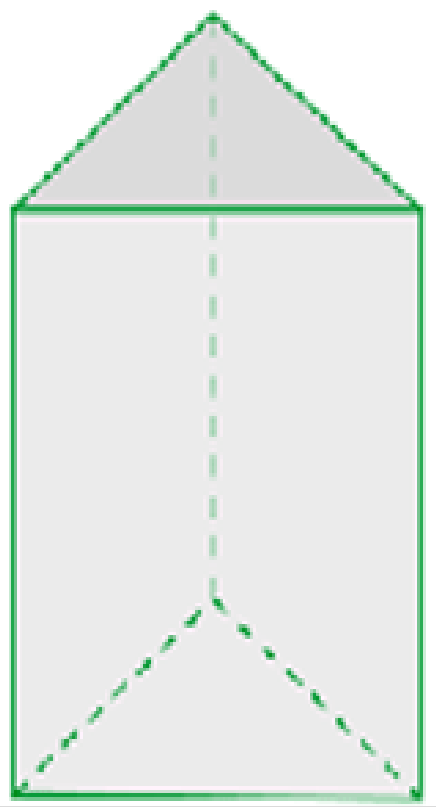
Cristales con doble número de caras se nombran con su sección mediana original precedidas del prefijo *Di*:

Prismas
Pirámides
bipirámides

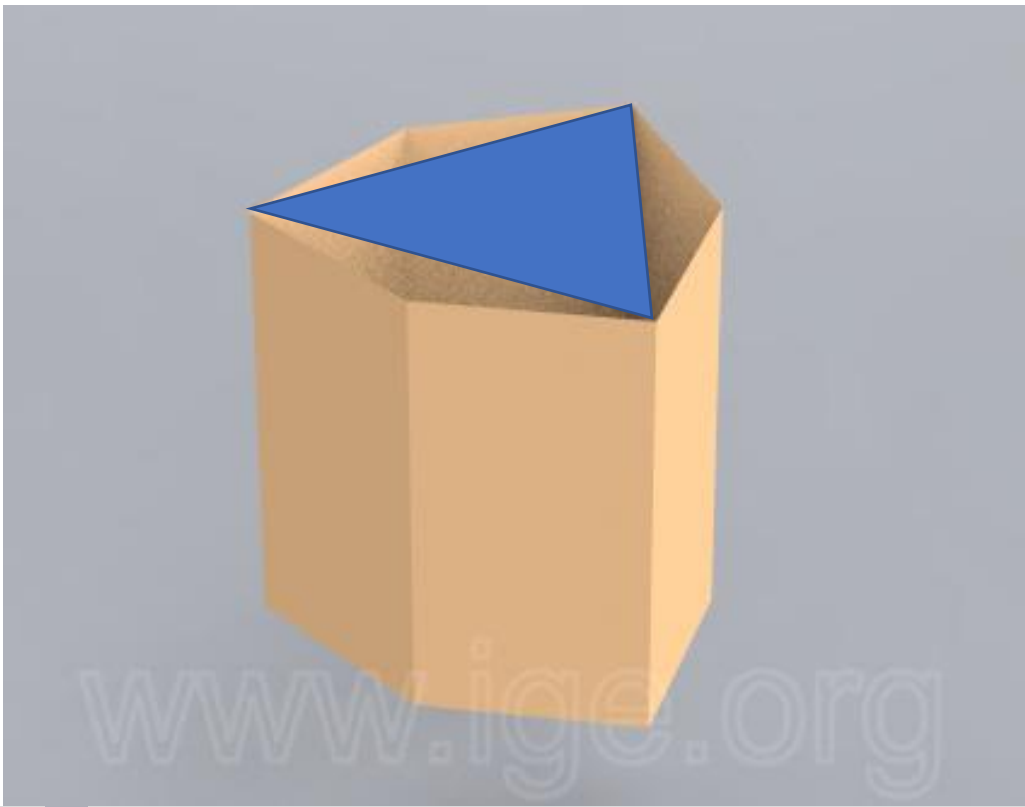
} ditrigonales, ditetragonales, dihexagonales

Veamos algunos ejemplos de cristales con doble número de caras

Sección mediana

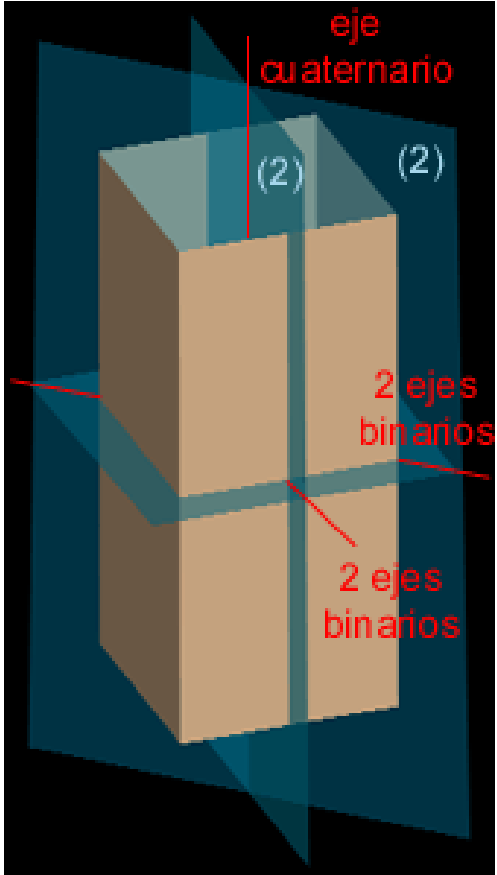
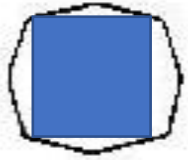
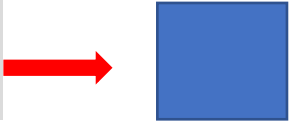


Prisma trigonal (3 caras verticales)

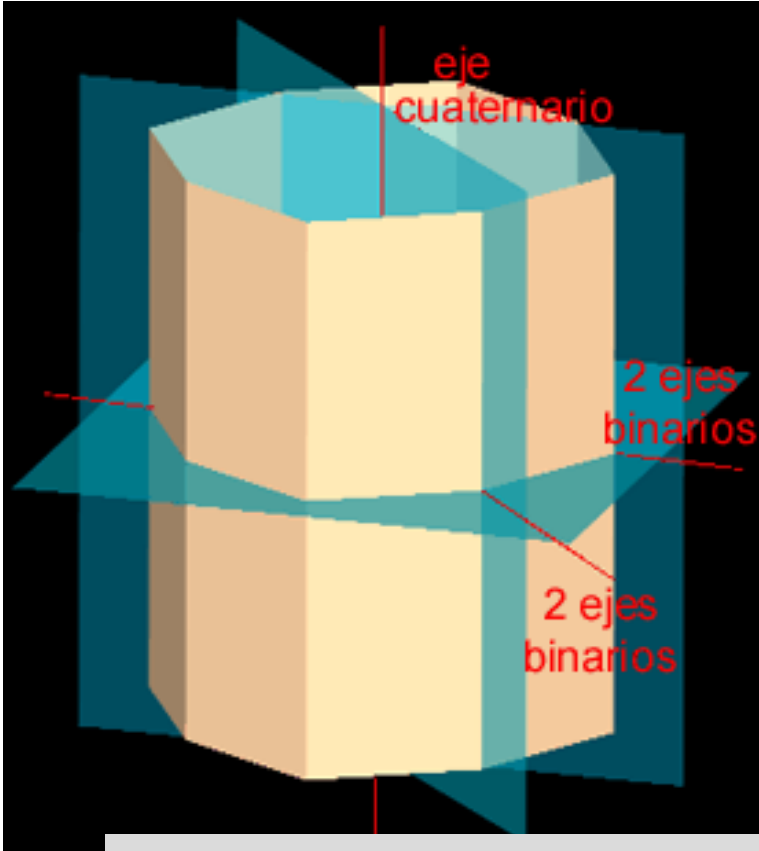


Prisma ditrigonal (6 caras verticales)

Sección
mediana

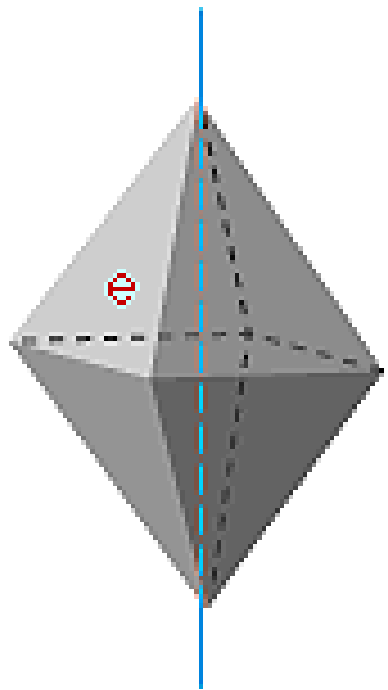
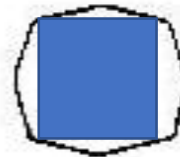


Prisma tetragonal (4 caras verticales)



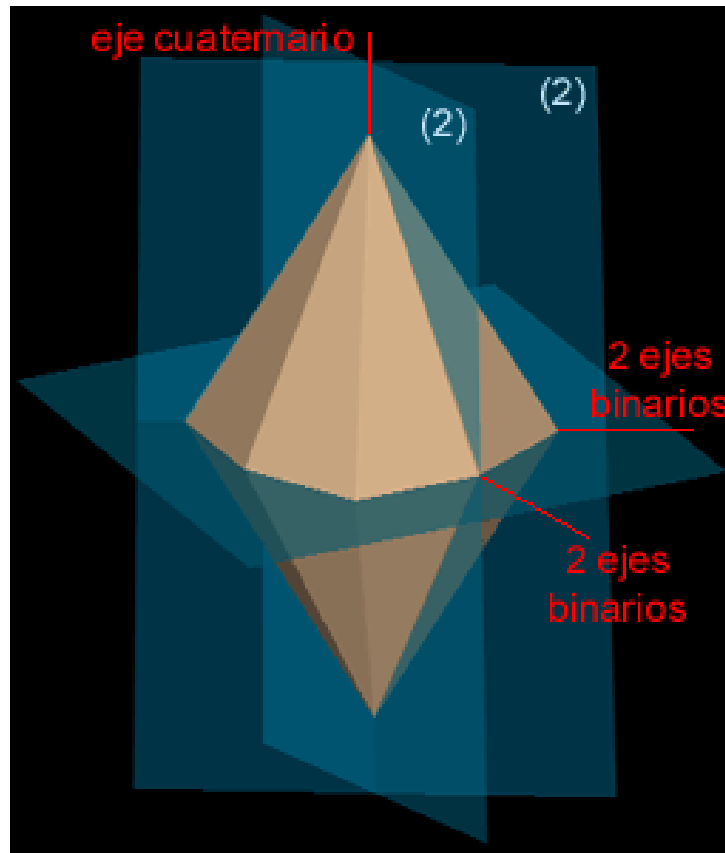
Prisma ditetragonal (8 caras verticales)

Sección
mediana



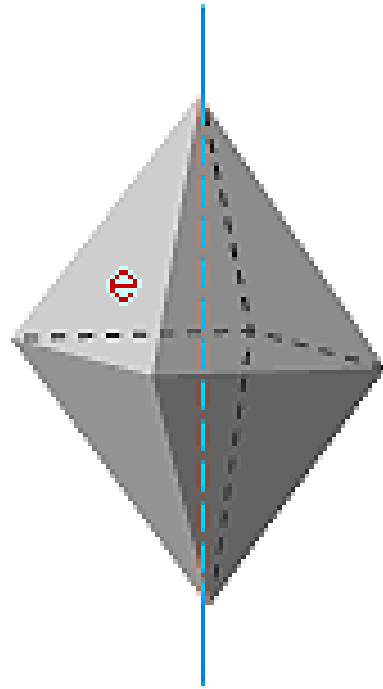
4.12a Tetragonal
dipyramid

8 caras inclinadas
(4 superiores y 4 inferiores)



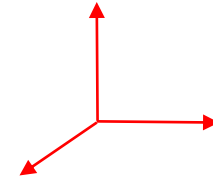
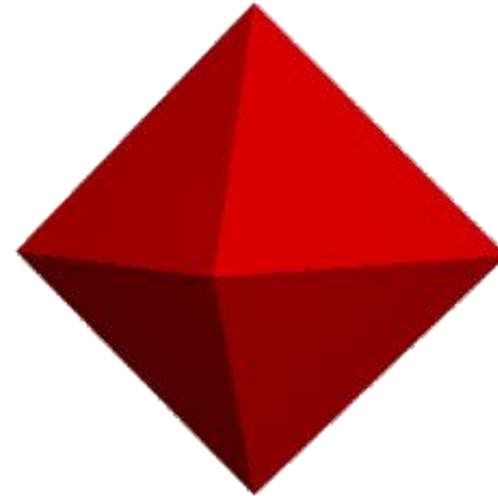
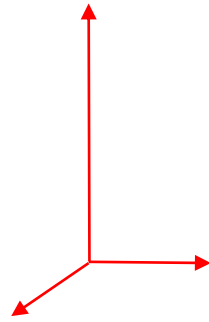
Bipirámide ditetragonal
(8 caras inclinadas superiores y 8 inferiores)

Diferencias entre una bpirámide tetragonal y un octaedro



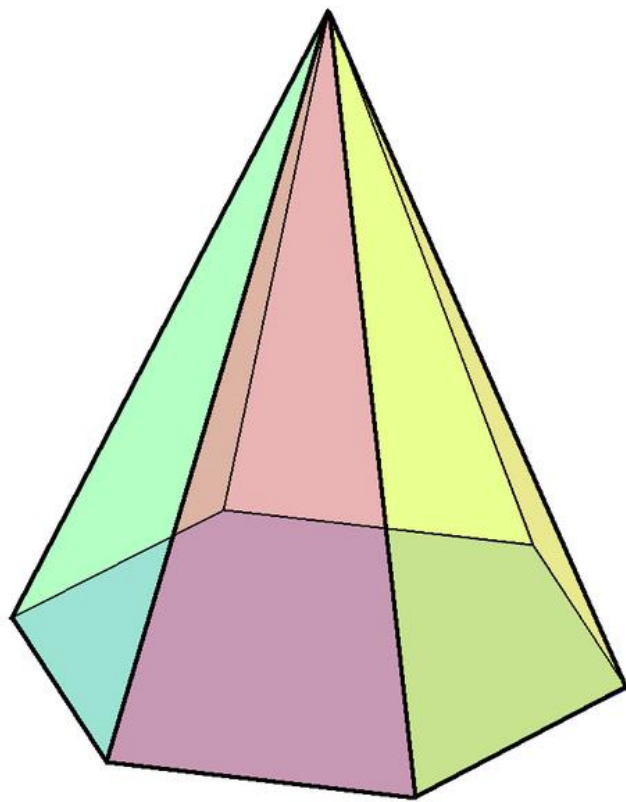
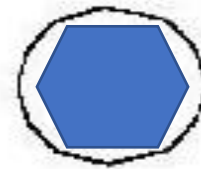
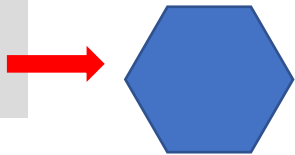
4.12a Tetragonal
dipyramid

Dirección singular (eje c)
Se cumple que $a=b \neq c$

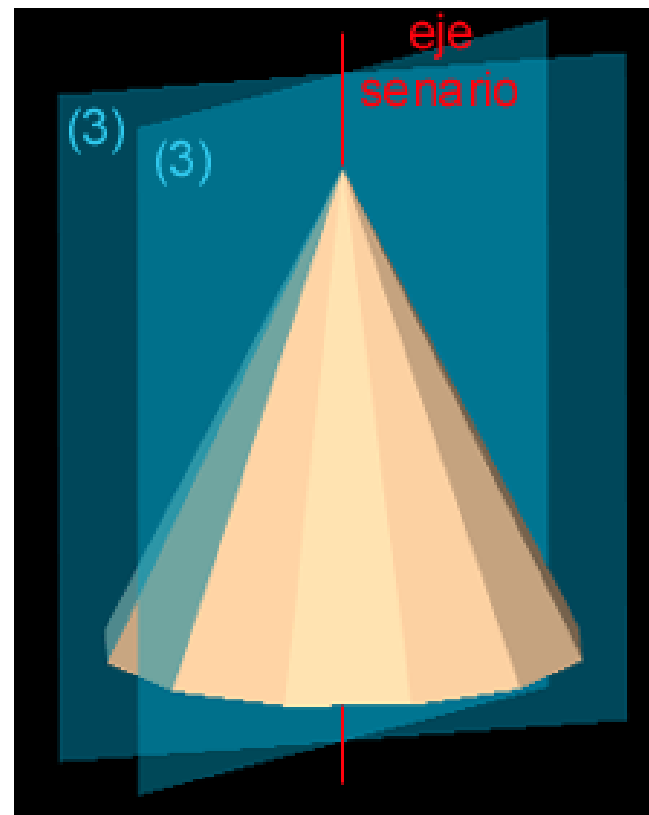


Todas las direcciones
son iguales ($a=b=c$)

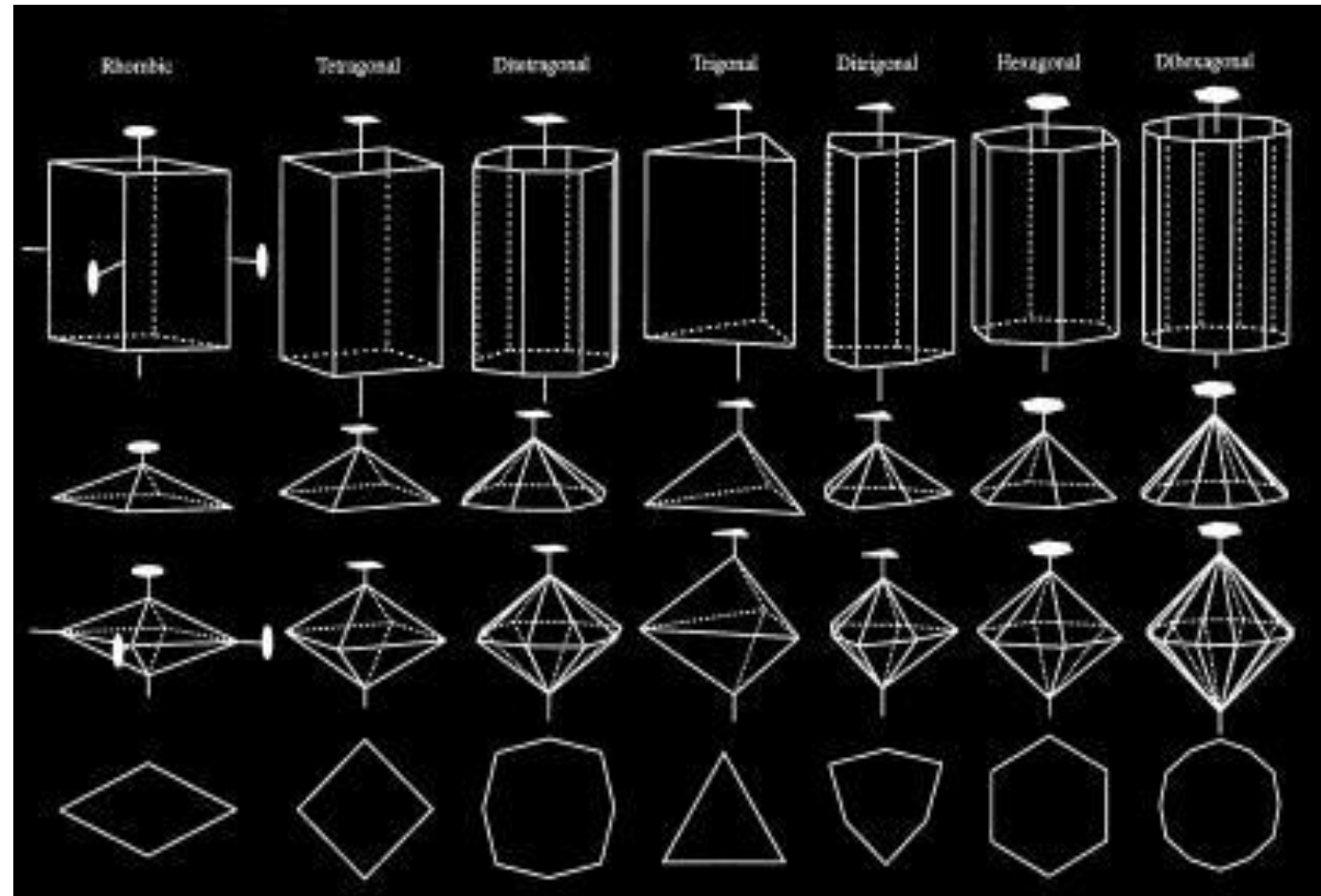
Sección
mediana



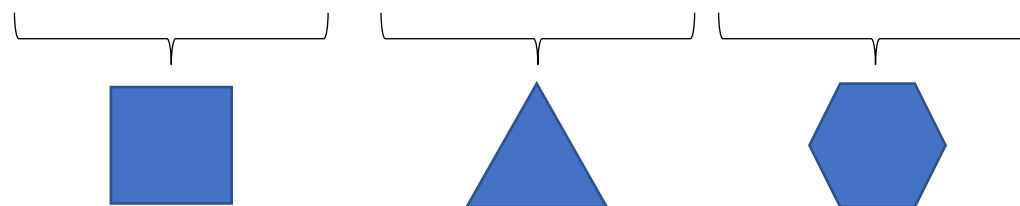
Pirámide hexagonal
(6 caras inclinadas superiores)



Pirámide dihexagonal
(12 caras inclinadas superiores)



Sección
mediana



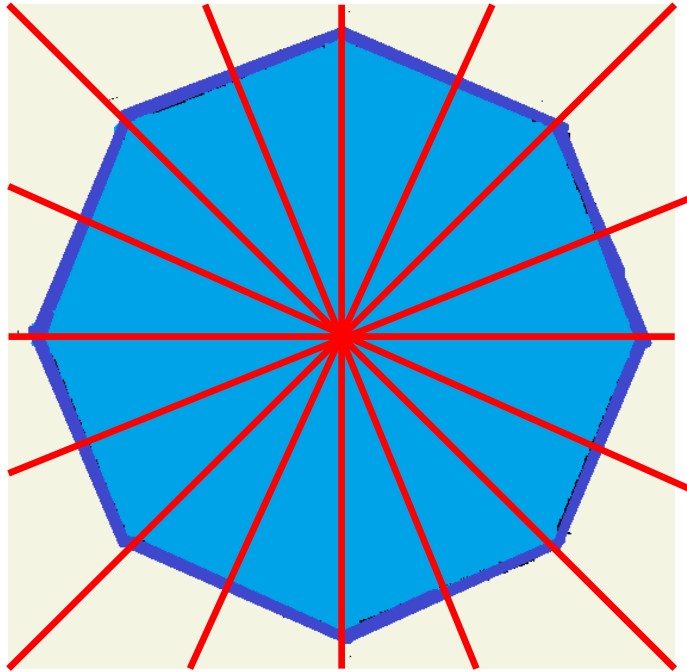
Al analizar los sistemas de categoría mediana (trigonal o romboédrica, tetragonal y hexagonal) se debe comenzar analizando su sección mediana para no cometer errores en obtener la clase de simetría.

Hay que tener en cuenta que hay cristales que poseen doble número de caras.

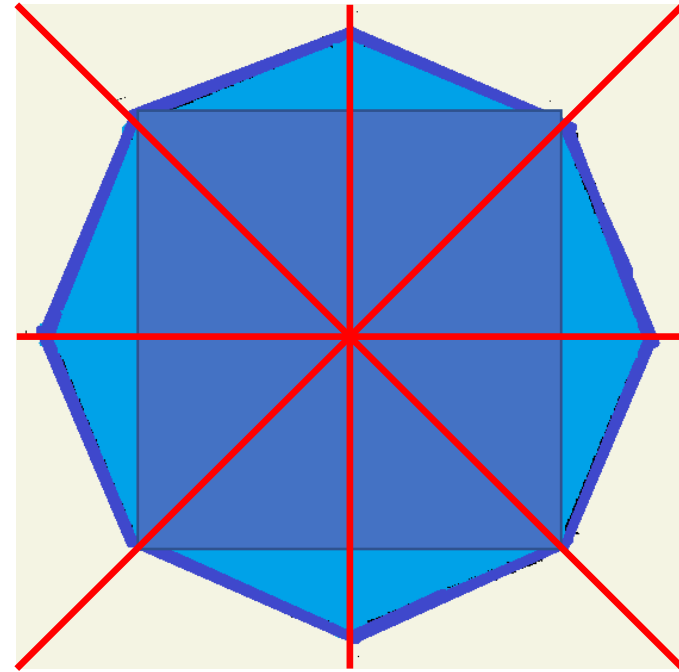
Para determinar ejes de simetría y planos en cristales con doble número de caras

- Analizar la sección mediana
- Determinar si el cristal es normal o posee doble número de caras
- Si el cristal es (di) aplicar el concepto de **doble número de caras**. Se analizan los ejes de simetría y los planos tomando dos caras como una. Esto impide que se determinen una mayor cantidad de ejes y planos que no tiene el cristal.

Para determinar ejes de simetría y planos en cristales con doble número de caras



¡NO!



¡SI!

Recordatorio: Ejes de simetría principales que corresponden a la categoría mediana:

A_3

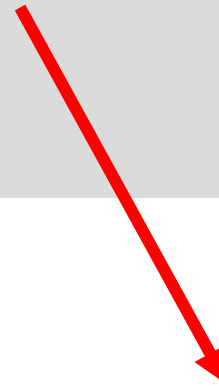
A_4

A_6

Sistema Trigonal
o Romboédrico

Sistema Hexagonal

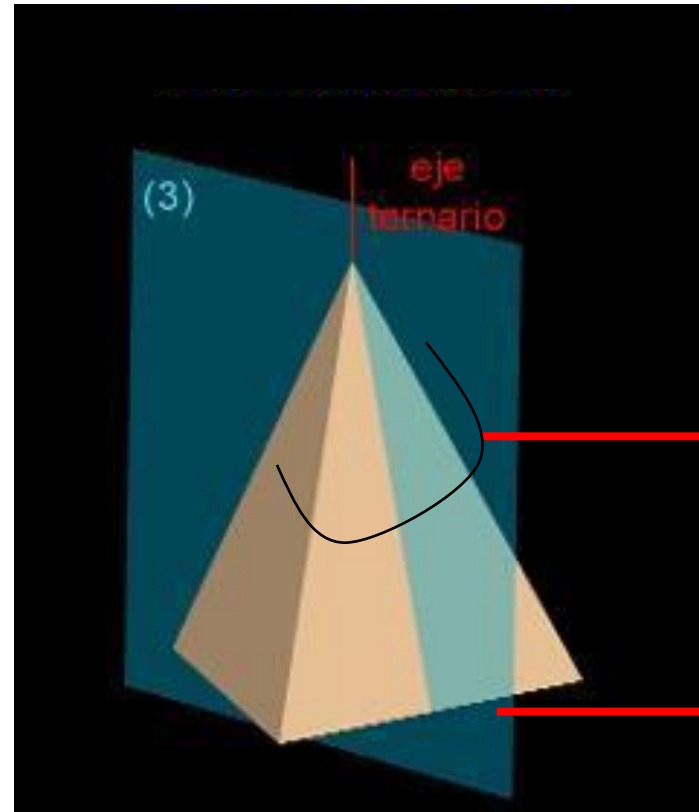
Sistema Tetragonal



Caractericemos las siguientes formas simples

1. ¿Abiertas, cerradas o combinadas?
2. Nombre
3. Sistema cristalino

Clase de simetría A_33P



Pirámide
trigonal

Pedión (cara basal)

Forma simple combinada formada por:

- Una pirámide trigonal
- Un pedión

Sistema cristalino: Trigonal o romboédrico

Clase de simetría A_66A_27PC



Forma simple
combinada

(prisma hexagonal
+ pinacoide)

prisma
hexagonal

Sistema cristalino: Hexagonal

Pinacoide (dos caras
paralelas)

Clase de simetría A_66A_27PC

Bipirámide hexagonal



prisma
hexagonal

Forma simple
combinada

(prisma hexagonal
+ biperámide)

Sistema cristalino: Hexagonal

Clase de simetría $3A_44A_36A_29PC$

Granate (Fe^{2+})₃Al₂(SiO₄)₃

Forma simple cerrada

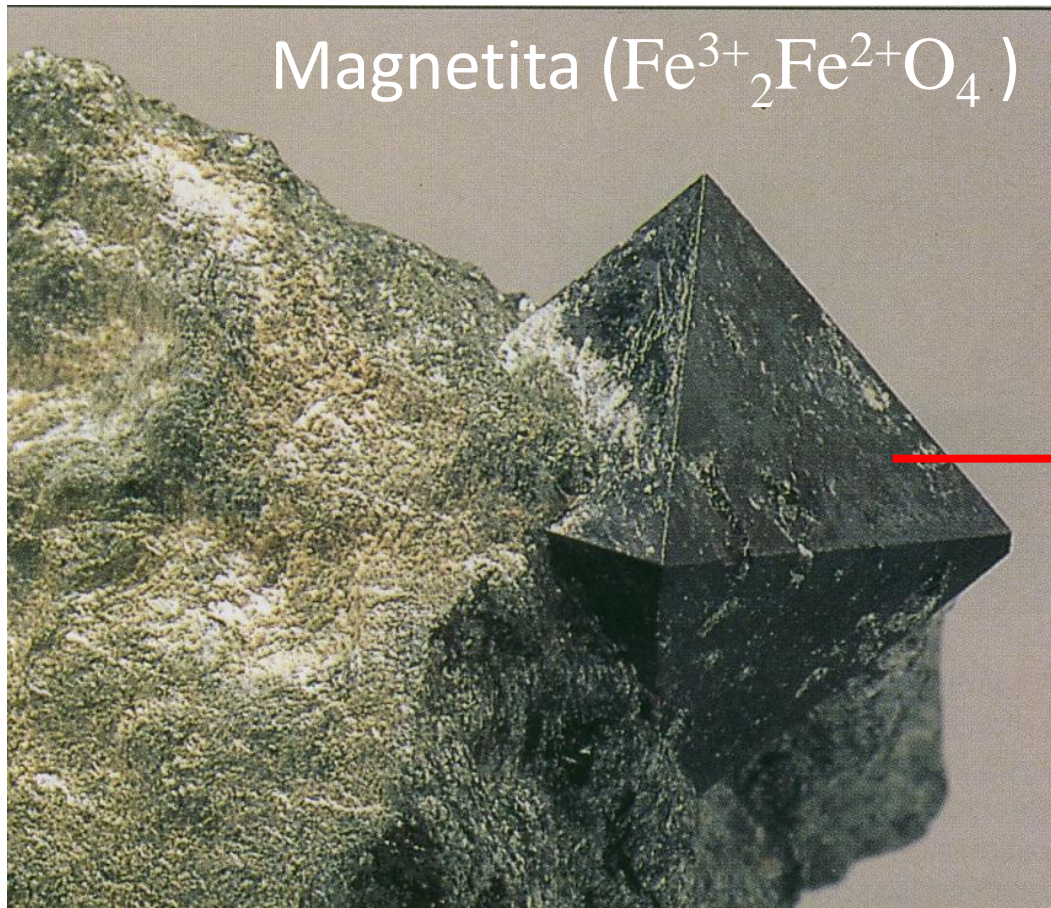


rombododecaedro

Sistema cristalino: cúbico

Clase de simetría $3A_44A_36A_29PC$

Forma simple
cerrada



→ octaedro

Sistema cristalino: cúbico

Clase de simetría A_44A_25PC

Zircón ($ZrSiO_4$)



Forma simple combinada:

prisma tetragonal
y pirámide tetragonal

Pirámide tetragonal

Prisma tetragonal

Sistema cristalino: Tetragonal