

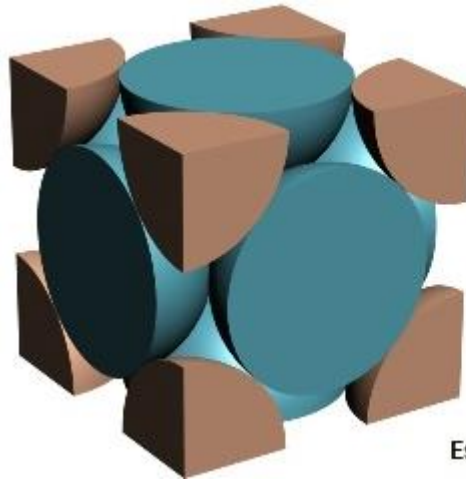
BLOQUE I: MATERIALES

TEMA 2: ESTRUCTURAS CRISTALINAS

ÍNDICE

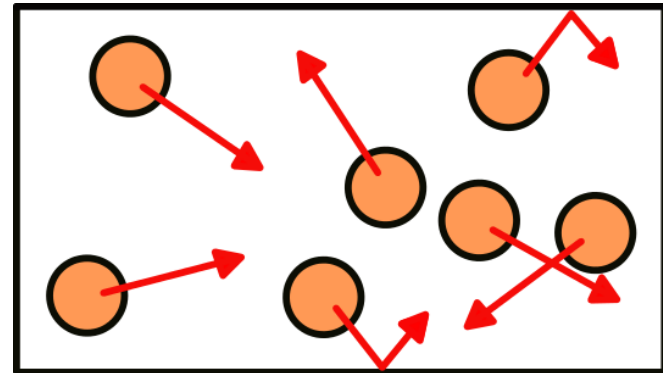
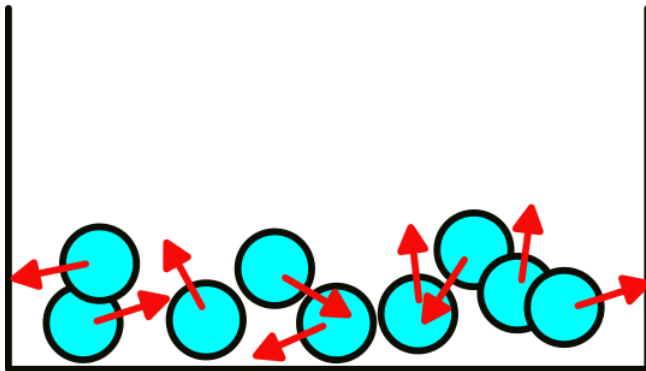
1. REDES DE BRAVAIS
2. PROCESO DE CRISTALIZACIÓN

1. REDES DE BRAVAIS



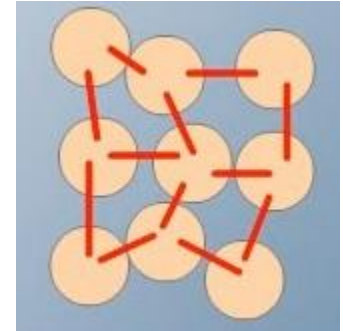
Estructura FCC

La materia se presenta en **3 estados**: sólidos, líquidos y gases. Un mismo material presentará diferencias muy importantes dependiendo del estado en que se encuentre. Los líquidos y los gases presentan una estructura interna desordenada:

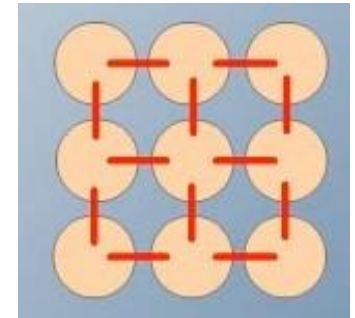


Los sólidos, sin embargo, pueden presentar una ordenación más regular de los átomos:

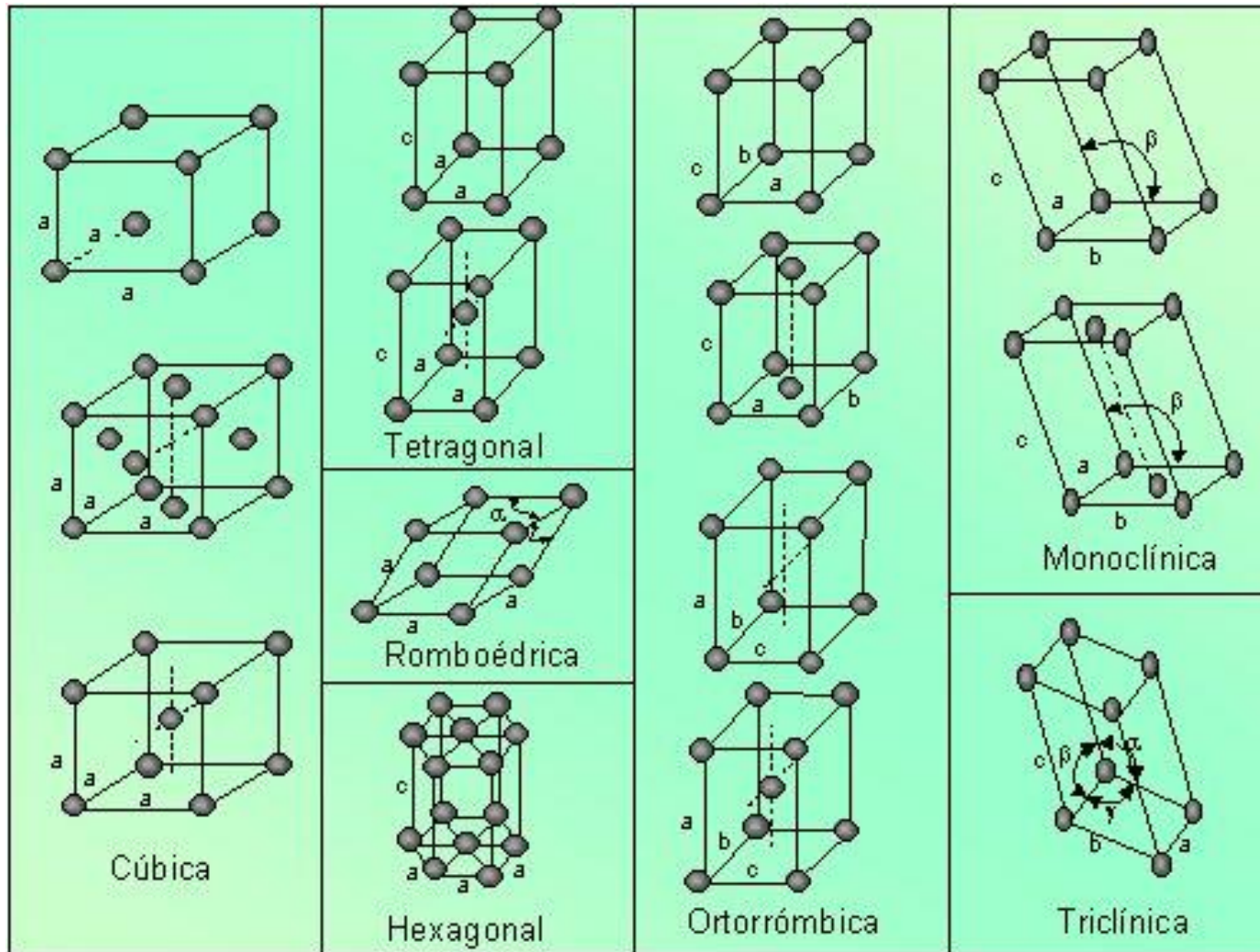
Sólido amorfo: es aquel que las partículas que lo componen se agrupan sin seguir ningún tipo de orden, relación o distancia entre ellas (ej.: vidrio).



Sólido cristalino: es aquel que presenta los átomos, iones o moléculas ordenadas en posiciones regulares y repetidas en el espacio, siguiendo formas geométricas definidas. La repetición tridimensional con la que los átomos se ordenan se denomina celdilla unidad y el conjunto de celdillas unidas entre sí red o retícula.



Auguste Bravais demostró que todas las posibles redes que se pueden presentar, se pueden obtener de 14 redes estándar, conocidas como **redes de Bravais**:



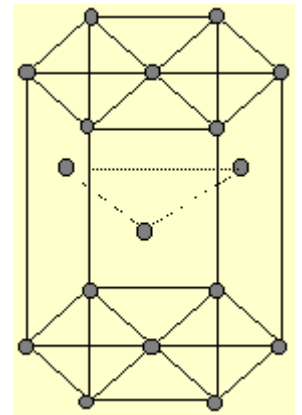
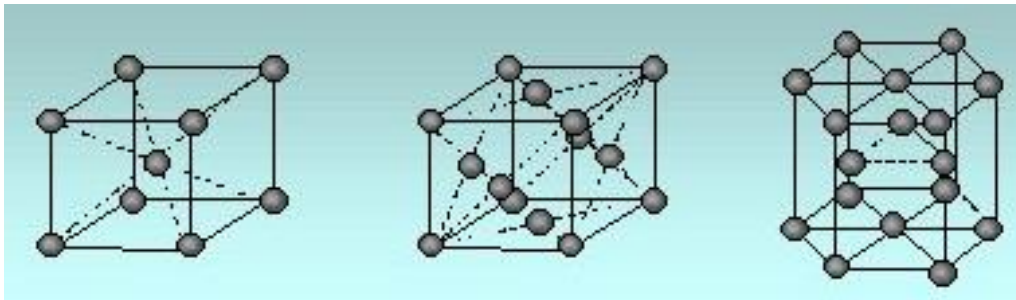
Es indicativo de los distintos tipos de redes los siguientes parámetros:

- **Índice de coordinación:** definido por el número de átomos que rodean al átomo de la celda unidad.
- **Número de átomos por celda unidad** (número de átomos enteros que hay dentro de una celda unidad).
- **Relación a/R** (siendo a : arista del cubo de la celda unidad; y R : radio atómico).
- **Factor de empaquetamiento:** es la fracción de espacio ocupado por sus átomos. Este factor marca la densidad atómica de las celdas, y viene dado por la relación entre el volumen que ocupan los átomos de la celda unidad y el volumen total de dicha celda.

Los **metales** se obtienen por fusión, y su estructura está formada por cristales que se forman durante la solidificación del metal líquido.

La mayoría de los metales cristalizan en estructuras o redes cristalinas con empaquetamientos muy densos, como:

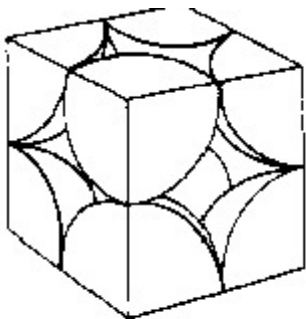
- **Cúbica centrada en las caras (FCC)**
- **Cúbica centrada en el cuerpo (BCC)**
- **Hexagonal compacta (HCP)**



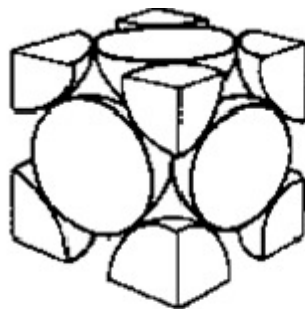
Calculemos los distintos parámetros para las siguientes redes:

- a) cúbica simple
- b) cúbica centrada en las caras (FCC)
- c) cúbica centrada en el cuerpo (BCC)
- d) hexagonal compacta (HCP).

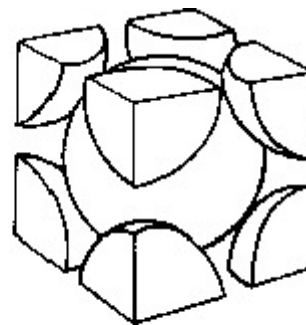
Supondremos para los átomos una forma esférica, y un tamaño tal que sea lo más grande posible (máximo empaquetamiento).



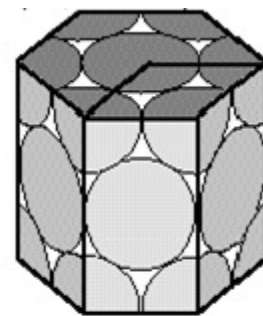
(a)



(b)



(c)



(d)

Parámetros de las redes cristalinas más importantes

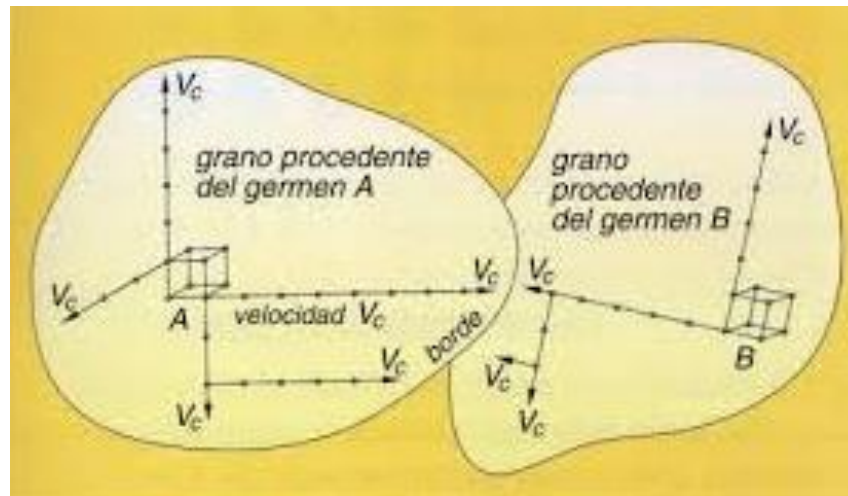
Tipo de red	BCC	FCC	HCP
Relación a/R	$a = \frac{4R\sqrt{3}}{3}$	$a = 2R\sqrt{2}$	$a = 2R$
Índice de coordinación	8	12	12
N.º átomos/celda	2	4	6
Factor empaquetamiento	68%	74%	74%
Materiales típicos	Hierro alfa, cromo, molibdeno, vanadio, wolframio (metales más duros)	Hierro gamma, aluminio, plata, platino, níquel, plomo, cobre y oro (metales más dúctiles)	Cadmio, cobalto, magnesio, cinc, titanio (metales frágiles)

2. PROCESO DE CRISTALIZACIÓN

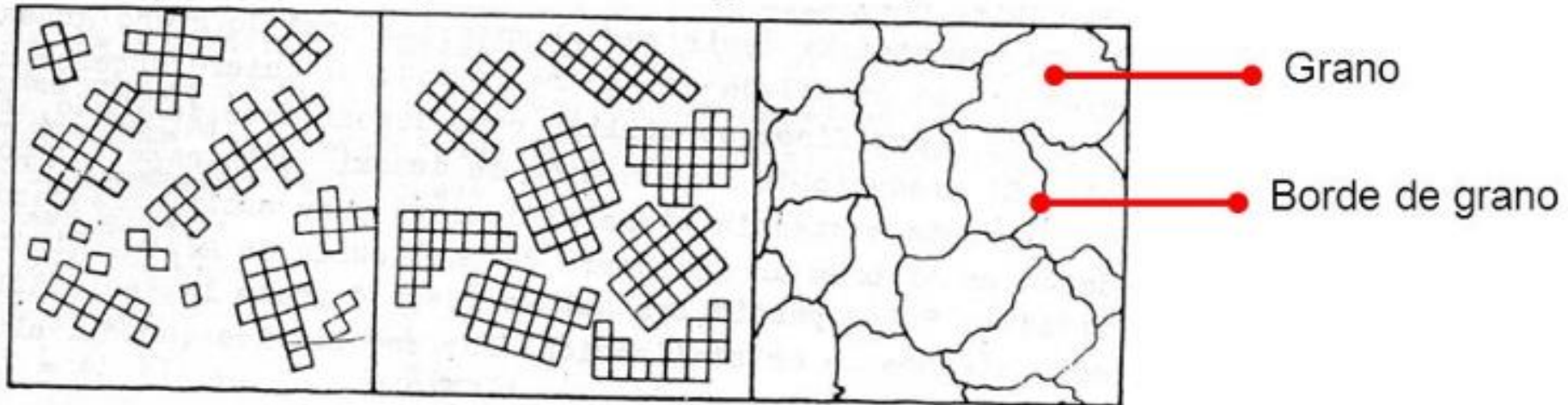


El **proceso de cristalización** es el proceso mediante el cual los átomos, iones, moléculas o conjunto de moléculas se ordenan para formar una **red cristalina**.

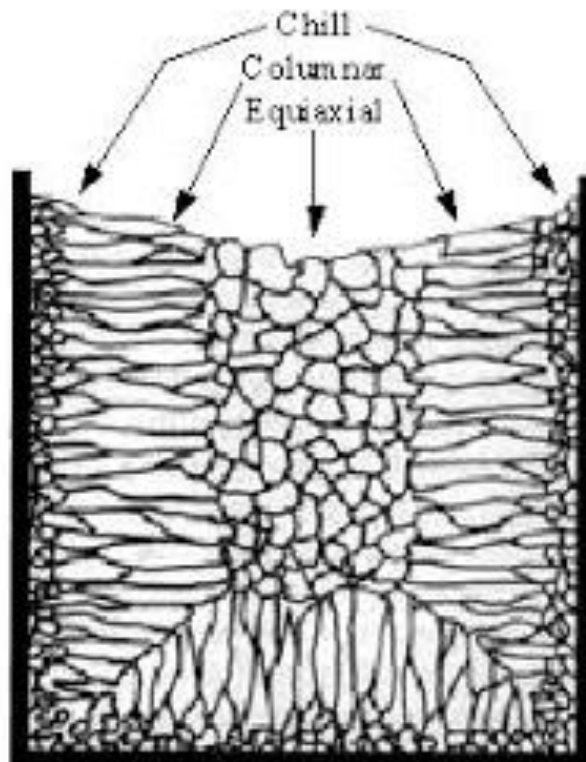
Será necesario que la desde la fusión la temperatura descienda hasta la **solidificación**. Los primeros puntos de solidificación dentro del metal fundido se denominan **gérmenes** (este proceso también recibe el nombre de **nucleación**), y los átomos colindantes se irán agregando a dicha estructura.



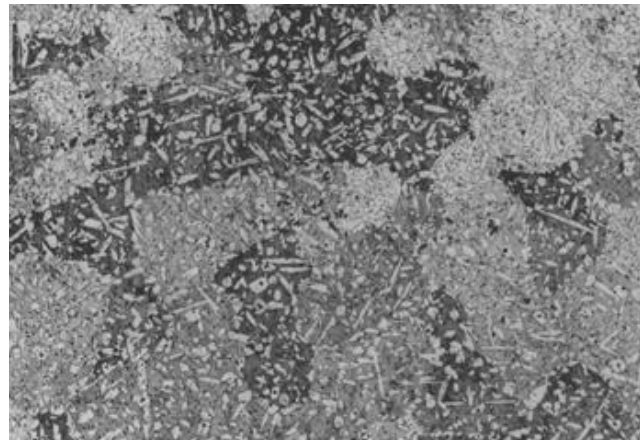
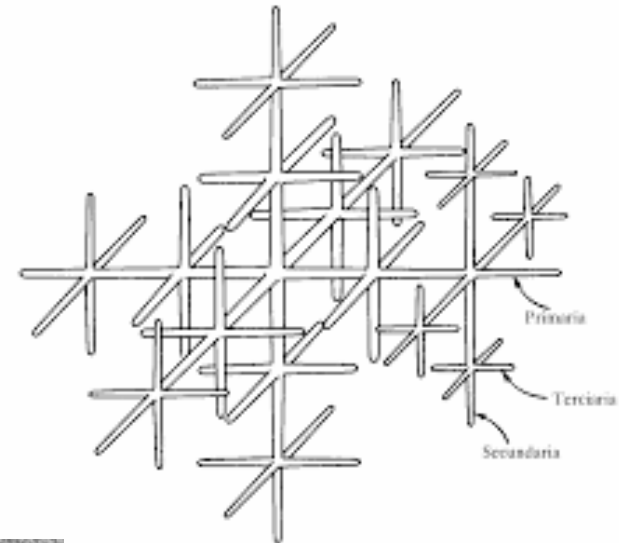
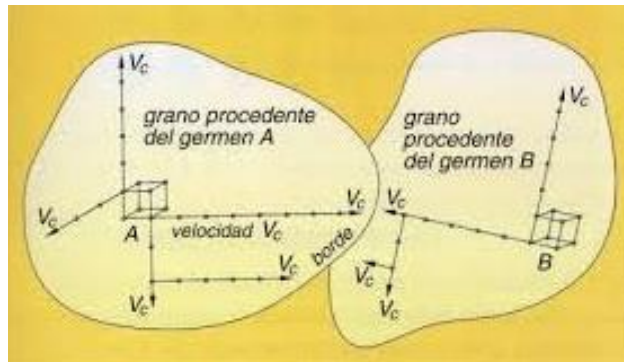
Cada germen va aumentando su tamaño hasta encontrarse con la cristalización de otro germen, lo que le impide seguir adelante, con lo que cada germen forma un **grano**, siendo los bordes del grano los lugares donde han chocado las dos cristalizaciones.



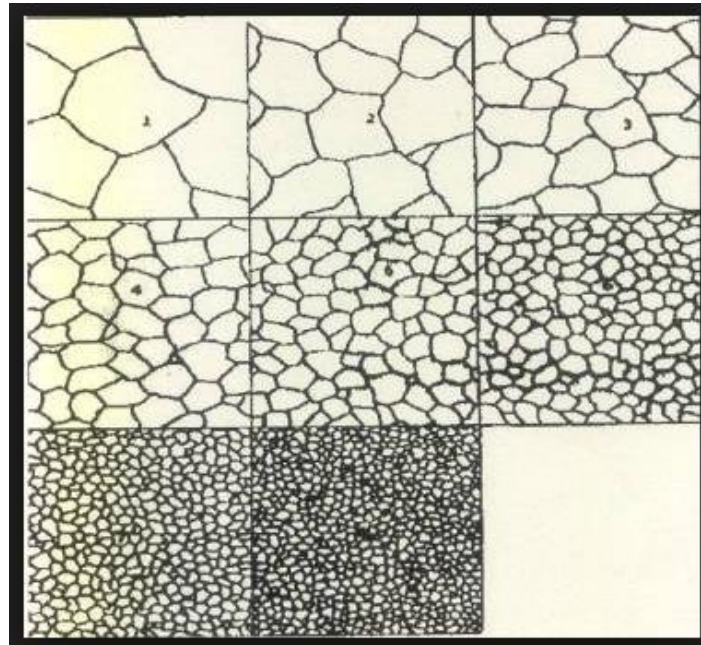
En el caso de que solo hubiera habido un germen inicial, se formará una pieza monocristalina (un solo grano).



En algunos casos y debido a irregularidades en el enfriamiento, la **velocidad de cristalización es distinta según la dirección** que se tome, por lo que los granos toman formas alargadas en determinadas direcciones:



Las **propiedades de los metales** varían notablemente en función del tamaño del grano: Propiedades como la dureza, elasticidad, plasticidad, resistencia a la tracción, etc. mejoran cuanto **menor sea el tamaño del grano**.



Es frecuente realizar operaciones y tratamientos para afinar el grano.

Cabe destacar las siguientes situaciones:

Isomorfismo: sustancias de distinta naturaleza tienen el mismo sistema de cristalización.

Polimorfismo: sustancias de la misma naturaleza cristalizan de distinta forma.

Alotropía: cuando las sustancias polimórficas son elementos puros.

<i>Metal</i>	<i>Estructura cristalina a temperatura ambiente</i>	<i>Estructura cristalina a otras temperaturas</i>
Ca	FCC	BCC ($T > 447\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Co	HCP	CC ($T > 427\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Fe	BCC	FCC ($912 < T < 1\,394\text{ }^{\circ}\text{C}$) BCC ($T > 1\,394\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Na	BCC	HCP ($T < -193\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Ti	HCP	BCC ($T > 883\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Al	FCC	No cambia
Cr	BCC	No cambia
Cu	FCC	No cambia
Ni	FCC	No cambia

Tabla 1.5. Estados alotrópicos de diferentes metales.

Por ejemplo, el Cobre, el Aluminio y el Níquel presentan isomorfismo; y el Hierro presenta alotropía.