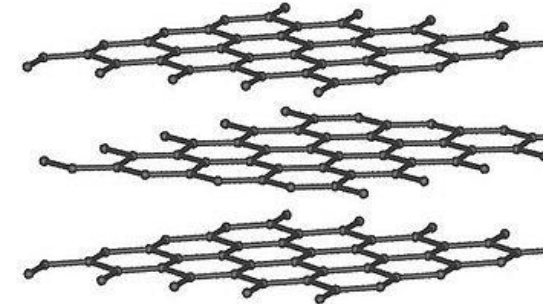
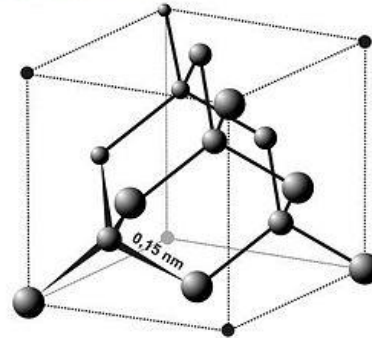


Ciencia de los Materiales

Grado en Diseño de Producto
Guillermo Filippone



Estructura Interna de los materiales

Estructuras internas

Cristalinas

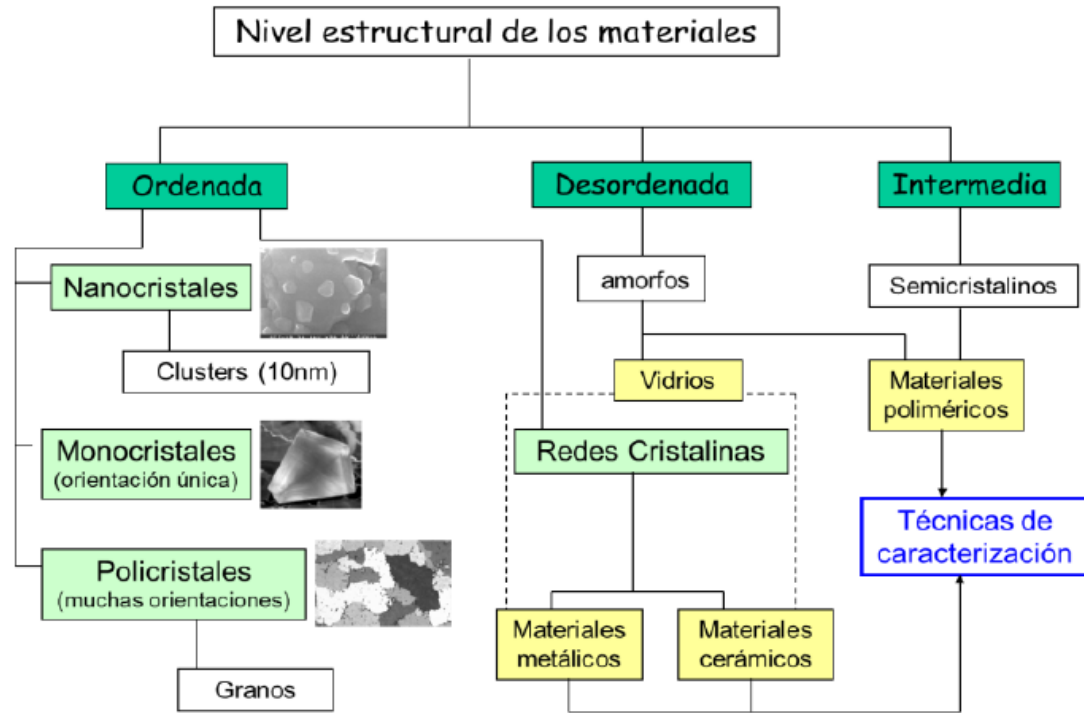
- Disposición regular y repetida de los átomos.
- Estructuras 3D.
- Propia de metales y muchas cerámicas. Algunos polímeros.
- [Poli](#) / [monocristalino](#)

Amorfas

- Vidrios y algunas cerámicas.

Intermedios

- Polímeros.



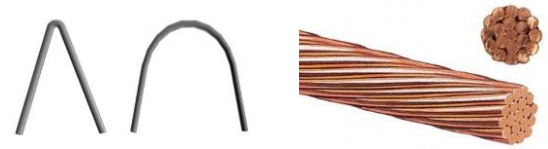
Estructura Interna de los materiales

Estructuras internas

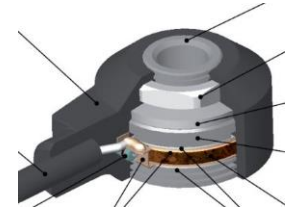
Propiedades

Dependen de su estructura atómica:

- **Metales:** elevada ductilidad y resistencia / conductores



- **Cerámicos:** aislantes / transistores / transductores que convierten vibraciones en señal eléctrica.



- **Polímeros:** diferente comportamiento de caucho, polipropileno, epoxi... debido a las diferentes disposiciones atómicas.

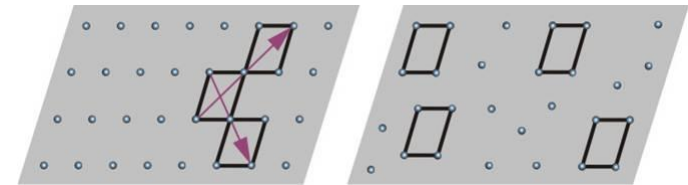
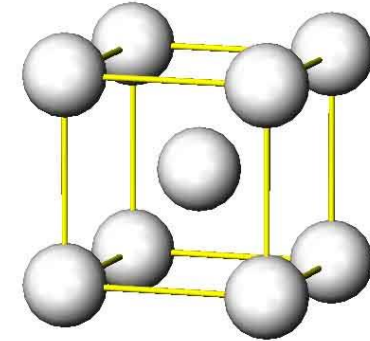


Estructura Interna de los materiales

Sistemas cristalinos

Cristales

- Los iones o moléculas adoptan posiciones de equilibrio fijas y ordenadas regularmente en el espacio.
- Red tridimensional característica de la estructura cristalina del material de que se trate.
- Los átomos en un sólido están empaquetados según un cierto grado de orden:
 1. De largo alcance: materiales cristalinos (metales y cerámicos)
 2. De corto alcance: materiales amorfos (polímeros)



1. Sólidos cristalinos

2. Mats. amorfos / semi

Estructura Interna de los materiales

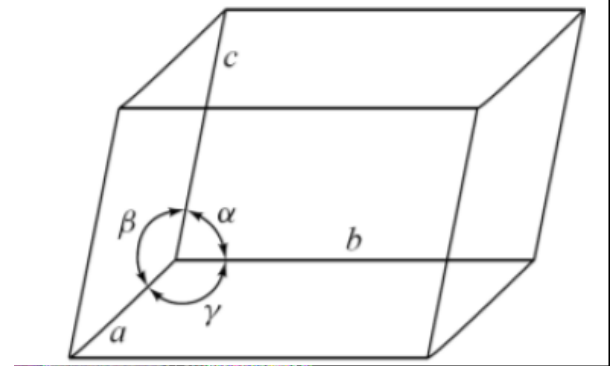
Sistemas cristalinos

Celdilla unidad

Es la entidad más pequeña de la estructura cristalina que conserva sus características generales.

Tipos de redes

- P. Primitiva, puntos de la red en los vértices de la celda.
- I. Red centrada en el interior: puntos en vértices y centro de la celda.
- F. Red centrada en las caras: puntos en centros de las caras y en los vértices.
- C. Red centrada en la base: puntos de red en los centros y los vértices.

















Celda unitaria. Definida por los vectores a , b , c y los ángulos α , β , γ

Estructura Interna de los materiales

Sistemas cristalinos

Celdilla unidad

ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN A LOS SIETE SISTEMAS CRISTALINOS	POLIEDROS PRINCIPALES
 <p>Sistema cristalino cúbico: 3 ejes de igual longitud que se cruzan en ángulo recto.</p> $a = b = c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
 <p>Sistema cristalino tetragonal: 2 ejes de igual longitud y un tercero más largo o más corto. Todos se cortan en ángulo recto.</p> $a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
 <p>Sistema cristalino hexagonal: 3 ejes de igual longitud, situados en un mismo plano y que se cortan en ángulos de 120°. El cuarto eje es más largo o más corto y es perpendicular a este plano.</p> $a_1 = a_2 = a_3 \neq c; \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
 <p>Sistema cristalino trigonal o romboédrico: 3 ejes de igual longitud, situados en un mismo plano y que se cortan en ángulos de 120°. El cuarto eje es más largo o más corto y es perpendicular a este plano.</p> $a_1 = a_2 = a_3 \neq c; \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
 <p>Sistema cristalino rómbico: 3 ejes de distinta longitud que se cortan en ángulo recto.</p> $a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
 <p>Sistema cristalino monoclínico: 3 ejes de distinta longitud, 2 de ellos se cortan en ángulo recto, el ángulo del tercero con estos dos puede ser cualquiera, pero siempre distinto de 90°.</p> $a \neq b \neq c; \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	
 <p>Sistema cristalino triclinico: 3 ejes de distinta longitud que se cortan en ángulos distintos de 90°.</p> $a \neq b \neq c; \alpha \neq \beta \neq 90^\circ, \gamma \neq 90^\circ$	

Estructura Interna de los materiales

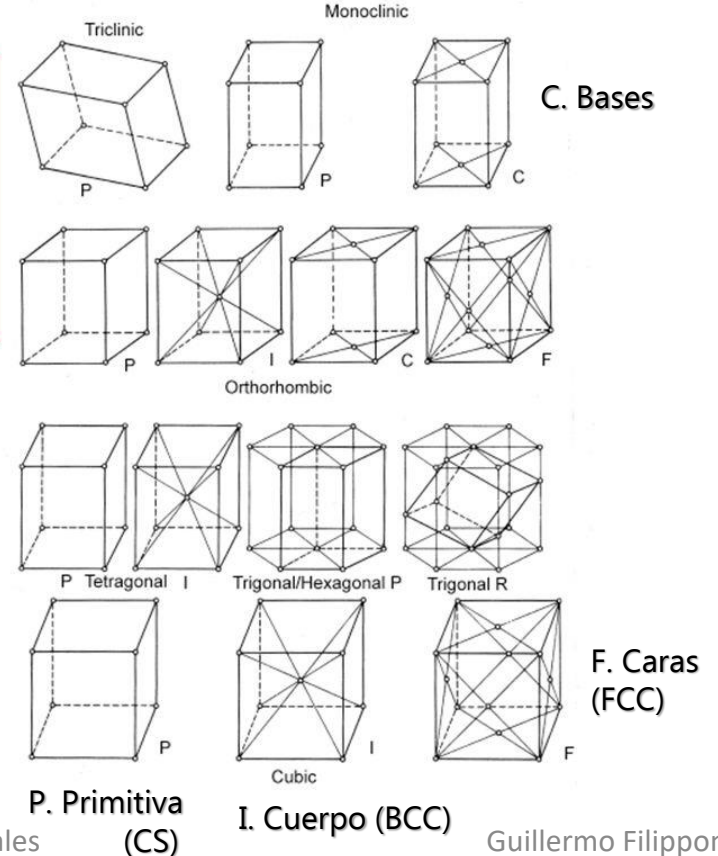
Sistemas cristalinos

Redes de Bravais

Redes de Bravais

Mediante una combinación de los 7 sistemas cristalinos con los 4 tipos de red (P, I, C, F) posibles, se obtienen 14 redes de puntos en 3D : Redes de Bravais.

Sistema Cristalino	Tipo de red
Cúbico	P, I, F
Hexagonal	P
Trigonal (rombohédrica)	R
Tetragonal	P, I
Ortorrómbica	P, C, I, F
Monoclínica	P, C
Triclínica	P

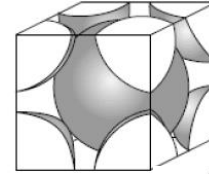


Estructura Interna de los materiales

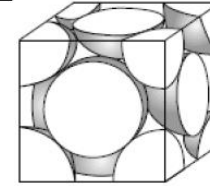
Sistemas cristalinos

Estructuras más usuales

BCC (Cúbica centrada en el cuerpo): α -Fe, V, Cr, Mo, W



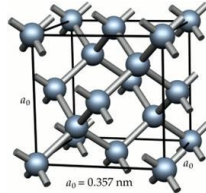
FCC (Cúbica centrada en las caras): γ -Fe, Al, Ni, Cu, Ag, Pt, Au



CS (Cúbica simple): Po

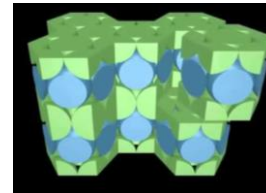
Bases atómicas:

Diamante



Diamante de Cullinan

HCP (Hexag. compacta): Cd, Be, Mg, Ti, Zn, Zr



Estructura Interna de los materiales

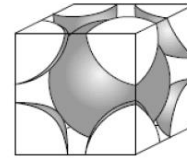
Sistemas cristalinos

Celdilla unidad

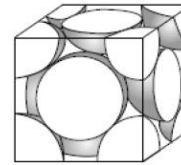
Caracterización

Cantidad de átomos por celda unidad:

$$\text{BCC: } N = N_{\text{interior}} + N_{\text{cara}}/2 + N_{\text{vértice}}/8 = 2$$



$$\text{FCC: } N = N_{\text{interior}} + N_{\text{cara}}/2 + N_{\text{vértice}}/8 = 4$$



$$\text{HCP: } N = 6$$

Estructura Interna de los materiales

Sistemas cristalinos

Celdilla unidad

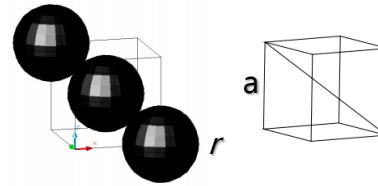
Caracterización

Tamaño celda:

Se supone que los átomos son tangentes.

$$\text{BCC: } a = \frac{4r}{\sqrt{3}}$$

$$\text{FCC: } a = \frac{4r}{\sqrt{2}}$$



Número o índice de coordinación:

Cantidad de átomos en contacto con otros.

BCC= 8

FCC= 12

HCP= 12

Estructura Interna de los materiales

Sistemas cristalinos

Celdilla unidad

Caracterización

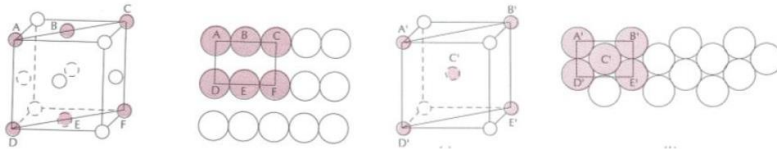
Factor de empaquetamiento: $F.E.A. = V_{\text{átomos}} / V_{\text{cel.unitaria}}$

BCC: FEA= 68%

FCC: FEA= 74%

HCP: FEA= 74%

Densidad:
$$\rho = \frac{N \cdot M}{V_{\text{celda}} \cdot N_{av}}$$



Densidad lineal y planar

<i>Metal</i>	<i>Estructura cristalina^a</i>	<i>Radio atómico^b (nm)</i>	<i>Metal</i>	<i>Estructura cristalina</i>	<i>Radio atómico (nm)</i>
Aluminio	FCC	0,1431	Molibdeno	BCC	0,1363
Cadmio	HC	0,1490	Níquel	FCC	0,1246
Cromo	BCC	0,1249	Platino	FCC	0,1387
Cobalto	HC	0,1253	Plata	FCC	0,1445
Cobre	FCC	0,1278	Tántalo	BCC	0,1430
Oro	FCC	0,1442	Titanio (α)	HC	0,1445
Hierro (α)	BCC	0,1241	Tungsteno	BCC	0,1371
Plomo	FCC	0,1750	Zinc	HC	0,1332

Estructura Interna de los materiales

Sistemas cristalinos

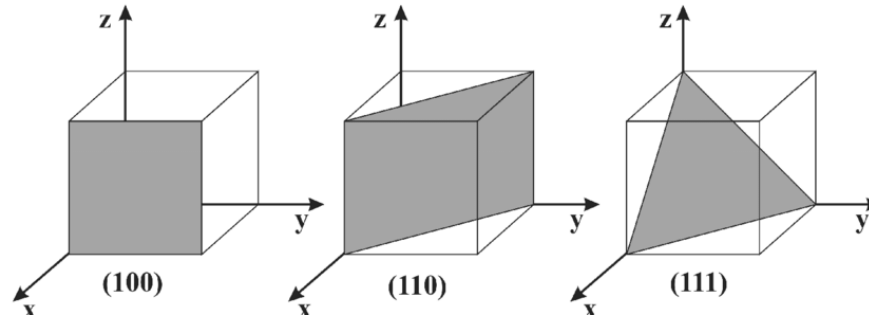
Planos cristalográficos

Índices de Miller

Permiten caracterizar las orientaciones de los planos (hkl) y ejes (uvw) cristalográficos.

- Familia de planos (direcciones equivalentes): idéntico empaquetamiento.

$(1\ 1\ 1)$, $(\bar{1}\ \bar{1}\ \bar{1})$, $(\bar{1}\ 1\ 1)$, ...



Índices de Miller

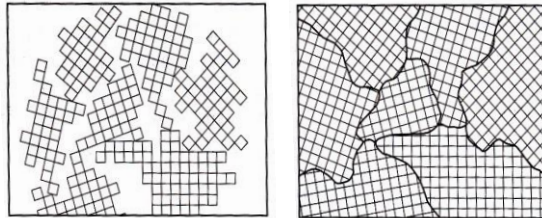
Estructura Interna de los materiales

Sistemas cristalinos

Planos cristalográficos

Determinan las direcciones de deslizamiento de la estructura cristalina.

- Se produce en la dirección del máximo empaquetamiento (máxima densidad lineal y planar).
- Mecanismo de deformación plástica (principalmente metales).
- Isotropía: idénticas propiedades en todas las direcciones (simetría de la estructura). Característica de las aleaciones policristalinas.
- Anisotropía: lo contrario a la Isotropía. Caracteriza a los monocristales



Relación entre la Isotropía y el crecimiento de granos

Metal	Módulos de elasticidad [psi × 10 ⁶ (Mpa × 10 ³)]		
	[100]	[110]	[111]
Aluminio	9,2 (63,7)	10,5 (72,6)	11,0 (76,1)
Cobre	9,7 (66,7)	18,9 (130,3)	27,7 (191,1)
Hierro	18,1 (125,0)	30,5 (210,5)	39,6 (272,7)
Tungsteno	55,8 (384,6)	55,8 (384,6)	55,8 (384,6)

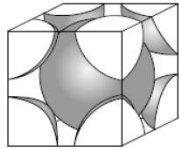
Estructura Interna de los materiales

Sistemas cristalinos

Polimorfismo y alotropía

Propiedades de algunas sustancias puras (alotropía) o compuestas (polimorfismo) de poseer estructuras atómicas o moleculares y propiedades diferentes.

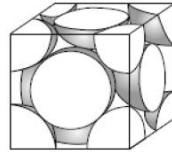
α -Fe Ferrita(BCC)



68%
0,02%C
Temp. Ambiente

FEA
Solubilidad
Estructura

γ -Fe Austenita (FCC)



74%
2%C
> 912 °C

Estados alotrópicos del Fe



Polimorfismo de la sílice (SiO₂)

α -cuarzo: [trigonal](#)
 β -cuarzo: [hexagonal](#)



FIN

Muchas gracias

