

# Materiales, máquinas y sistemas: Estructura interna y propiedades

---



**PAC**  
**Preparación Acceso a CFGS**

**Tecnología Industrial**  
**Contenidos**

**Materiales, máquinas y sistemas:**  
**Estructura interna y propiedades**

El conocimiento de las propiedades internas de los materiales de uso tecnológico así como los factores técnicos que tienen relación con su estructura interna resulta imprescindible para usar dichos materiales en aplicaciones concretas.

Por ejemplo, para usar un determinado tipo de acero en una construcción de un puente, es necesario conocer su estructura interna para poder prever su comportamiento ante los esfuerzos que se le van a demandar.

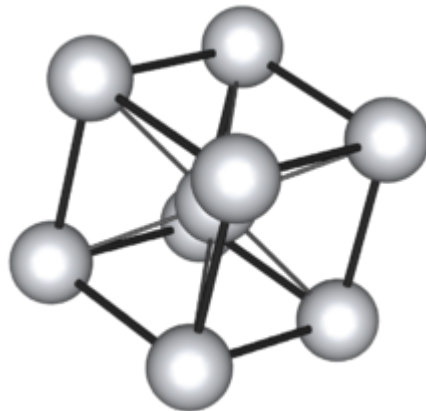


Imagen de Djhé en [Wikimedia Commons](#). Licencia [CC](#)

El conocimiento de esas propiedades pasa por conocer la estructura cristalina de los materiales, que es la forma sólida de cómo se ordenan y empaquetan los átomos, moléculas, o iones de dichos materiales.

# 1. Sólidos cristalinos

Los distintos materiales pueden presentar tres estados: **sólido, líquido y gaseoso**. Todos los metales, excepto el **mercurio**, se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente.



Imagen de [Mydsid](#) en Wikimedia Commons bajo licencia CC

## Curiosidad

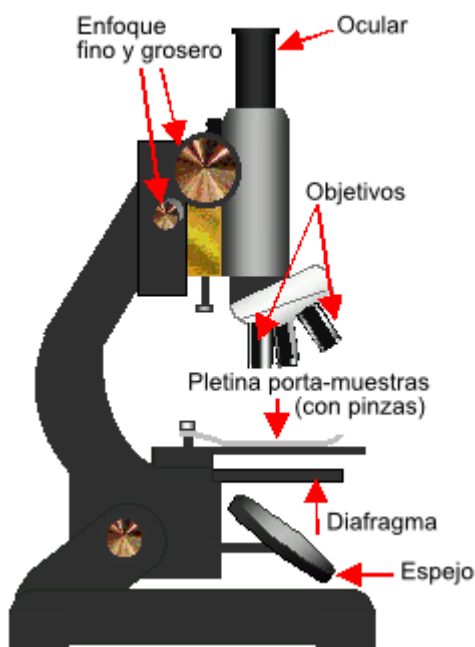


Imagen de [Izmir2](#) en Wikipedia bajo licencia CC

## TU MICROSCOPIO CASERO

¿Tienes cámara de fotos digital?

O ¿Tienes cámara de fotos en el móvil?

Pues si quieres ver tu mismo, como es la estructura de algunos materiales, puedes construirte un microscopio digital casero

### **¿Como?**

Acopla una lente al objetivo de tu cámara digital, y con un poco de paciencia y función macro, podrás captar espacios impensables.

### **La lente a acoplar:**

Si tienes un ordenador viejo, puedes usar la lente (cristal), del lector CD-Rom, también podrías usar una canica transparente, una lupa, ....

Ejemplos de grabaciones con este tipos de microscopio:

microscopio casero .



Tienes alguna foto de este artilugio, en el siguiente video: [Foto microscopio casero](#)

## *Importante*

Un material puede solidificarse como:

- **Sólido cristalino**, cuando los átomos, iones o moléculas que lo constituyen se empaquetan siguiendo posiciones espaciales predeterminadas formando **cristales**.
- **Sólido amorfo**, cuando los elementos que constituyen el sólido no ocupan posiciones espaciales predeterminadas, por lo que no presentan estructuras ordenadas y no forman redes cristalinas: El vidrio y la cera son claros ejemplos de este tipo de sólidos.



Imagen de [J.Oliveira](#) en Wikimedia Commons  
bajo licencia [CC](#)



Imagen en [Mediateca](#) bajo licencia [CC](#)

Los sólidos cristalinos tienden a adoptar estructuras internas geométricas siguiendo líneas rectas y planos paralelos. Aunque, el aspecto externo de un cristal no es siempre completamente regular, ya que depende de una serie de factores:

- **Composición química.** El sólido puede ser una sustancia simple o un compuesto, y puede contener **impurezas** que alteren la estructura cristalina y otras propiedades, como el color o la consistencia.
- **Temperatura y presión.** Ambas influyen en la formación de los cristales y en su crecimiento; en general, los cristales se forman a altas presiones y elevadas temperaturas.
- **Espacio y tiempo.** El crecimiento tridimensional de un cristal puede verse limitado por el espacio y el tiempo. A menudo la falta de espacio es responsable del aspecto imperfecto de algunos cristales en su forma externa.

Aquí tienes algunos ejemplos de sólidos cristalinos.



Imagen de [Jeronimo2412](#) en Wikimedia Commons bajo licencia [CC](#)



Imagen de [Viksi](#) en Wikimedia Commons bajo licencia [CC](#)

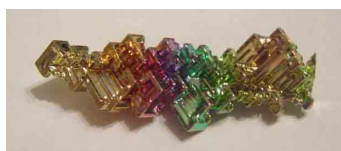


Imagen de [Paginazero](#) en Wikimedia Commons bajo licencia [CC](#).



Imagen de [Art-top](#) en Wikimedia Commons bajo licencia [CC](#)

## Comprueba lo aprendido triple

El sólido cristalino se diferencia del amorfo en que:

- ☐ Sus átomos ocupan posiciones fijas en el espacio y los del amorfo no.
- ☐ Tiene una forma determinada y el amorfo no la tiene determinada.
- ☐ Es transparente y el amorfo no.

Claro, eso es lo que caracteriza a los sólidos cristalinos.

No, no tiene nada que ver con la forma externa del sólido.

No, la transparencia u opacidad no tiene nada que ver.

### Solution

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

El aspecto externo de un cristal no suele ser regular porque:

- ☐ Es transparente y el amorfo no.
- ☐ Se forma a temperaturas muy elevadas.
- ☐ Se forma en un lugar muy espacioso.

No, la transparencia u opacidad no tiene nada que ver.

No, la temperatura más o menos elevada de formación de cristales depende del sólido de que se trate. Su aspecto irregular dependerá si la temperatura a la que han crecido los cristales no es "la apropiada".

No, al contrario; la falta de espacio es lo que le da el aspecto irregular.

**Solution**

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

## 2. Redes cristalinas.

En general los sólidos de la naturaleza son cristalinos lo que implica que los iones, átomos o moléculas que los constituyen se ordenan geométricamente en el espacio. En ocasiones esta estructura ordenada no es apreciable a simple vista porque están formados por una agrupación de microcristales orientados de formas diversas dando lugar a estructuras policristalinas, aparentemente amorfas.

### Importante

Las redes cristalinas se caracterizan fundamentalmente por un orden o periodicidad.

La estructura interna de los cristales viene representada por la llamada **celdilla unidad o elemental** que es el menor conjunto de átomos que mantienen las mismas propiedades geométricas de la red y que al expandirse en las tres direcciones del espacio constituyen una red cristalina.

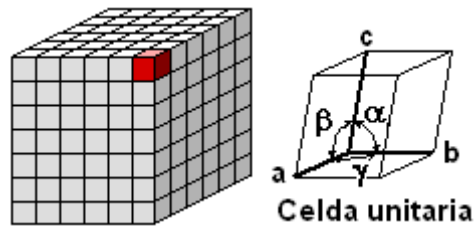


Imagen de E.L.U.E bajo licencia CC

El tamaño de esta celdilla viene determinado por la longitud de sus tres **aristas** ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ), y la forma por el valor de los **ángulos** entre dichas aristas ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ).

Auguste Bravais, en el siglo XIX fue el primero en proponer la hipótesis de la estructura reticular de los minerales.

En la actualidad se han podido describir catorce redes cristalinas, llamadas **redes de Bravais**. Estos catorce tipos de celdillas elementales son los que vemos a continuación:

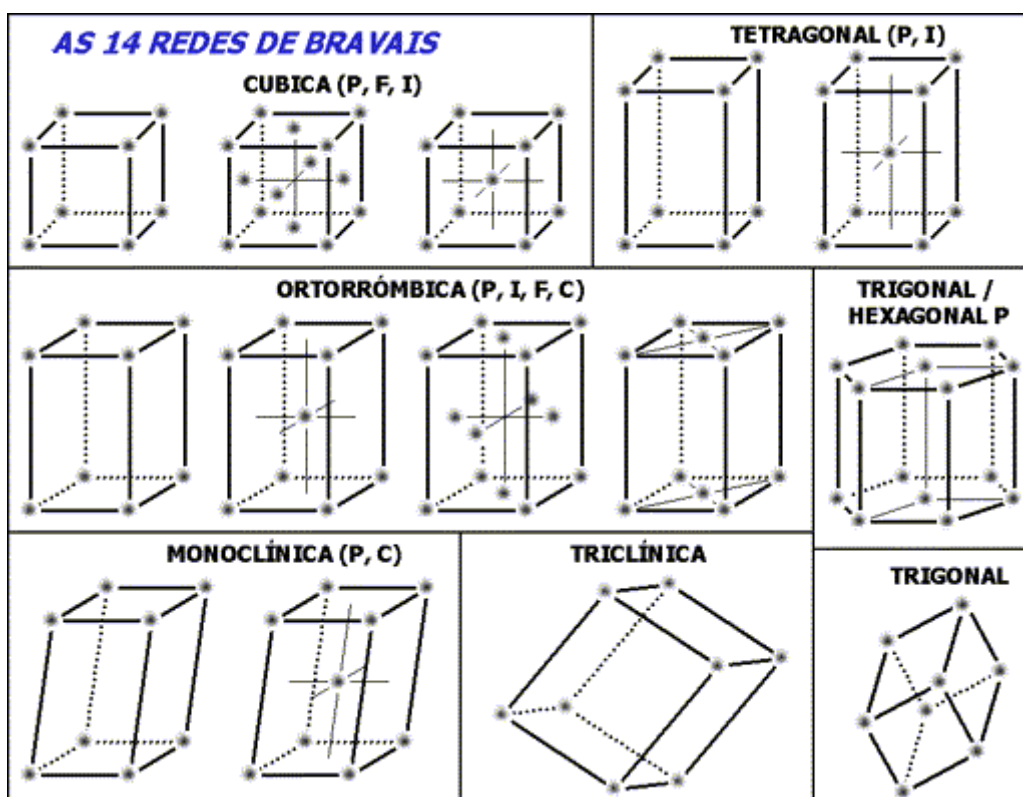


Imagen en Wikimedia Commons bajo licencia CC.

Las redes cristalinas están formadas por:

- ☐ Celdillas unidad.
- ☐ Redes de Bravais.
- ☐ Microcristales.

Eso es. La estructura interna de los cristales viene dada por la celdilla unidad, que es el menor conjunto de átomos que mantienen las propiedades geométricas de la red.

No, las redes de Bravais son tipos de redes cristalinas.

Si, las redes cristalinas, como su propio nombre indica, están formadas por cristales que, al ser pequeños, reciben el nombre de microcristales.

### Solution

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

De las catorce redes de Bravais, casi todos los metales elementales y aleaciones metálicas, cristalizan en los siguientes tres tipos:

BCC, FCC y HCP

### Red Cúbica Centrada en el Cuerpo (BCC, *Body Centred Cubic*)

La red representa un cubo cuyo parámetros son:

- aristas:  $a = b = c$
- ángulos entre aristas:  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- cantidad de átomos: 8 átomos en los vértices del cubo y 1 átomo en el centro del cubo.

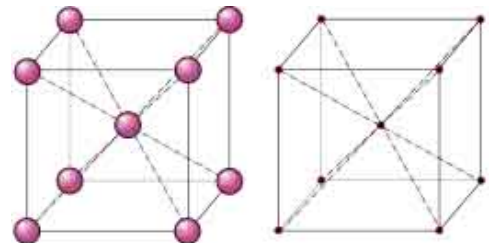


Imagen de [Cdang](#) en Wikimedia Commons bajo

licencia [CC](#)

EJEMPLOS: Fe<sub>α</sub>, Mo, Na, ...

### Red Cúbica centrada en las Caras (FCC, *Face Centred Cubic*)

La red tiene forma de cubo, cuyos parámetros son:

- aristas:  $a = b = c$
- ángulos entre aristas:  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- cantidad de átomos: 8 átomos en los vértices del cubo y 6 en los centros de cada una de las caras.

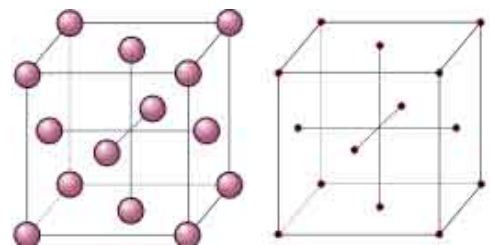


Imagen de [Cdang](#) en Wikimedia Commons bajo

licencia [CC](#)

EJEMPLOS: Fe<sub>γ</sub>, Ni, Co, Cu, Al, Ti, ...

### Red Hexagonal Compacta (HCP, *Hexagonal Close Packing*)

La red tiene forma de prisma recto de base es un hexaedro, cuyos parámetros son:

- aristas:  $a = b \neq c$
- ángulos entre aristas:  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ;  $\gamma = 120^\circ$
- cantidad de átomos: 12 átomos están dispuestos en los vértices de la red, 2 átomos en el centro de la base y 3 átomos en el interior de la red.

EJEMPLOS: Ti, Co, Cd, Mg, ...

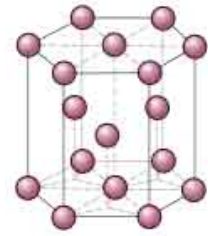


Imagen de [Cdang](#) en Wikimedia Commons

bajo licencia [CC](#).

## Comprueba lo aprendido

Fíjate en la estructura de la red cúbica centrada en el cuerpo, y contesta a estas preguntas.

Los átomos de los vértices son 8 en total

☐ Verdadero ☐ Falso

**Verdadero**

Uno en cada uno de los vértices, suman 8 en total.

En el centro del cubo, hay 2 o más átomos.

☐ Verdadero ☐ Falso

**Falso**

Solo hay un átomo en centro de cada cubo.

Esta estructura cristalina se abrevia como FCC.

☐ Verdadero ☐ Falso

**Falso**

No, se abrevia como BCC, que proviene del inglés Body Centred Cubic



### 3. Estados alotrópicos.

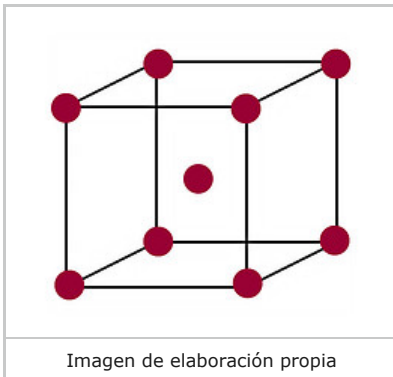
#### Importante

Algunos metales tienen la característica de que cambian de red de cristalización dependiendo de la temperatura a que se encuentren, entonces se dice que el metal es **politrópico**, y a cada uno de los sistemas en que cristaliza el metal se le llaman **estados alotrópicos**.

**En el hierro puro se distinguen cuatro estados alotrópicos:**

1. Hierro Alfa (cristaliza en sistema BCC)
2. Hierro Beta (cristaliza en sistema BCC)
3. Hierro Gamma (cristaliza en sistema FCC)
4. Hierro Delta (cristaliza en sistema BCC)

#### Hierro alfa. $Fe_\alpha$ .



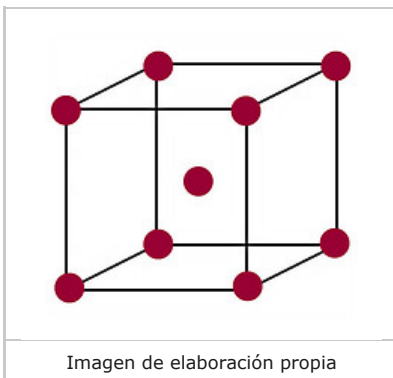
A temperaturas inferiores a los  $768^\circ\text{C}$ , el hierro **cristaliza en el sistema cúbico centrado en el cuerpo (BCC)**.

En estas condiciones, no disuelve el carbono y tiene carácter magnético.

La máxima cantidad de carbono que pueden disolver el  $Fe_\alpha$  es de 0.025 % y tiene muy poca capacidad para constituir **soluciones sólidas** ya que los huecos interatómicos disponibles son muy pequeños.

A este microconstituyente estable se llama **ferrita**.

#### Hierro beta. $Fe_\beta$ .



Es muy similar al  $Fe_\alpha$ .

Se genera entre  $768^\circ\text{C}$  y  $900^\circ\text{C}$ , **cristalizando en el sistema cúbico centrado de cuerpo (BCC)**.

Tiene carácter no magnético, por este motivo en algunos textos al  $Fe_\beta$  se le llama  $Fe_\alpha$  no magnético.

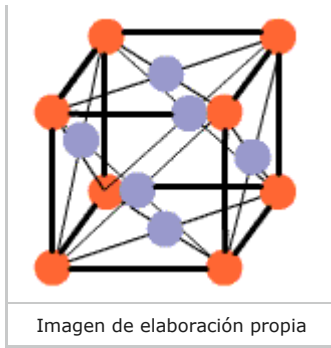
Mecánicamente presenta muy poco interés.

#### Hierro gamma. $Fe_\gamma$ .



Se forma entre los  $900$  y los  $1400^\circ\text{C}$ .

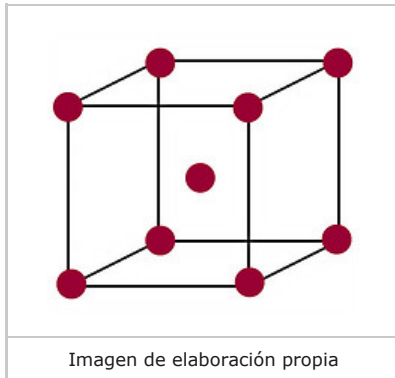
**Cristaliza en el sistema cúbico centrado de caras (FCC).**



Tiene gran facilidad para formar soluciones sólidas, puesto que dispone de espacios interatómicos grandes, y es capaz de disolver hasta un 2% de carbono.

Este microconstituyente estable es llamado **austenita**.

### Hierro delta. Fe<sub>δ</sub>.



Se forma entre los 1400 y 1539°C.

**Cristaliza en red cúbica centrada de cuerpo (BCC).**

Debido a que aparece a muy elevadas temperaturas, tiene poca trascendencia en el estudio de los **tratamientos térmicos** y no se emplea en siderurgia.

## Comprueba lo aprendido últiple

Los estados alotrópicos son:

☐ El hierro alfa, el beta, el gamma y el delta

☐ Los distintos sistemas en que cristaliza un metal.

☐ La estructura cristalina del metal, es decir, BCC y FCC.

### Mostrar retroalimentación

#### Solution

1. Incorrecto
2. Correcto
3. Incorrecto

En siderurgia, son utilizados:

☐ El hierro alfa y el beta.

☐ El hierro alfa y el gamma.

☐ Todos los estados alotrópicos del hierro: el alfa, el beta, el gamma y el delta.

## Mostrar retroalimentación

### Solution

1. Incorrecto
2. Correcto
3. Incorrecto

## 4. Aleaciones. Modificación de las propiedades de los metales.

La industria precisa materiales de propiedades específicas, con el menor coste posible, en general estas propiedades no son capaces de aportarlas los materiales simples por lo que es preciso que se sometan a determinados procesos, con el fin de mejorar estas características, por ello se recurre, entre otros métodos, a las aleaciones.

*Importante*

Se llama **aleación** a la mezcla homogénea en estado fundido un metal con al menos otro elemento que puede ser metálico o no, pero el producto final obtenido debe presentar características metálicas.

El componente principal de una aleación metálica será siempre un elemento metálico, que hará prevalecer su estructura cristalina tras la aleación.

Al elemento que está presente en mayor proporción en la aleación se le llama **disolvente**, y **soluto** al que está en menor proporción.

La estructura de una aleación resulta más compleja que la de un metal puro.

Las propiedades de las aleaciones dependen de su composición y del tamaño, forma y distribución de sus fases o microconstituyentes.

La adición de un componente aunque sea en muy pequeñas proporciones, incluso inferior al 1% pueden modificar enormemente las propiedades de dicha aleación.



Aleación de Níquel

Imagen de [Julo](#) en Wikimedia

Commons bajo [CC](#)



Aleación de plata

Imagen de [MGA73bot2](#)

en Wikimedia Commons bajo licencia [CC](#).



Zamak

Imagen en [Wikimedia](#)

Commons bajo licencia [CC](#).

En comparación con los metales puros, las aleaciones presentan algunas ventajas:

- Mayor dureza y resistencia a la tracción.
- Menor temperatura de fusión por lo menos de uno de sus componentes.
- Menor ductilidad, tenacidad y conductividad térmica y eléctrica.

Las aleaciones se obtienen fundiendo los diversos metales en un mismo **crisol** y dejando luego solidificar la solución líquida formando una estructura granular cristalina constituida por diferentes microconstituyentes.



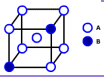
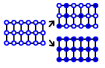
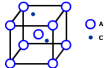
Imagen de [J.Arkesteijn](#) en Wikimedia Commons bajo licencia CC.



Imagen en [Wikimedia Commons](#) bajo licencia CC

Según como interaccionen los componentes de las aleaciones, éstas se pueden clasificar en:

*Importante*

<b>SOLUCIONES SÓLIDAS</b>	<b>POR SUSTITUCIÓN</b>	<p>El metal A tiene por ejemplo la red representada (BCC). La disolución del componente B en el metal A se efectúa por sustitución parcial de átomos de A por átomos de B.</p> <p>Las soluciones sólidas por sustitución pueden ser limitadas e ilimitadas.</p> <p>Cuando la solubilidad es total en estado sólido cualquier cantidad de átomos de A puede ser sustituida por átomos de B. Para esto deben cumplirse dos condiciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Que ambos metales tengan la misma red cúbica.</li> <li>● Que la diferencia entre las dimensiones de los átomos de disolvente y soluto sea muy pequeña y sobre todo que los elementos que se encuentran muy cerca en la tabla periódica.</li> </ul>	 <p>Imagen de elaboración propia</p>  <p>Imagen de elaboración propia</p>
	<b>POR INSERCIÓN</b>	<p>Los átomos del soluto C se sitúan entre los <b>intersticios</b> de los átomos de A.</p> <p>Es necesario que el tamaño de los átomos de soluto C sea mucho menor que los del disolvente A.</p>	 <p>Imagen de elaboración propia</p>

## Comprueba lo aprendido

¿Has entendido las aleaciones y sus tipos?

Una aleación tiene como objeto obtener materiales con mayor dureza.

☐ Verdadero ☐ Falso

**Falso**

Con las aleaciones tratamos de mejorar las propiedades de los materiales, pero no sólo de aumentar su dureza.

Una aleación es la mezcla de dos elementos metálicos.

☐ Verdadero ☐ Falso

**Falso**

Uno de los elementos debe ser metálico, y el otro o los otros puede serlo o no, siempre que el producto final tenga carácter metálico.

En la solución sólida por inserción, los átomos del soluto deben ser mucho más pequeños que los del disolvente.

☐ Verdadero ☐ Falso

**Verdadero**

Sólo si son más pequeños pueden caber en los intersticios de los átomos del disolvente.

# Fuentes para el profesorado

---

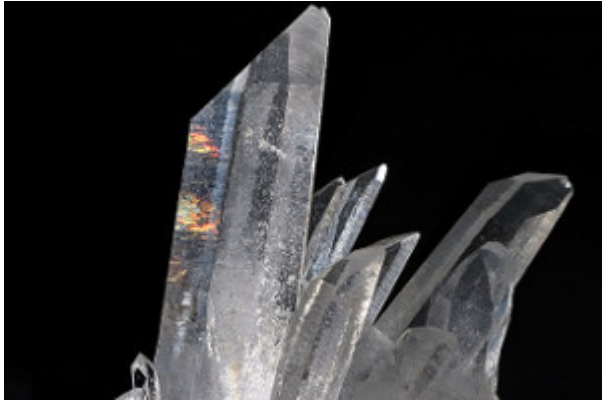
Descargar [CMAP](#).

# Resumen

---

Las formas en que puede solidificar un material son:

- Sólido amorfo
- Sólido cristalino



*Cuarzo. Sólido cristalino*

Imagen de JJ Harrison en [Wikimedia](#). Licencia [CC](#)



*Ópalo. Sólido amorfo*

Imagen en [Mediateca](#) . Licencia [CC](#)

La cristalización depende de factores como:

- La composición química
- La temperatura y la presión
- El espacio y el tiempo en que cristalizan

En general los sólidos de la naturaleza son cristalinos lo que implica que los iones, átomos o moléculas que los constituyen se ordenan geométricamente en el espacio.

## Redes cristalinas

Un sólido cristalino es aquél que tiene una estructura periódica y ordenada, que se expande en las tres direcciones del espacio.



*Cristal de sal gema*

Imagen en [Mediateca](#). Licencia [CC](#)

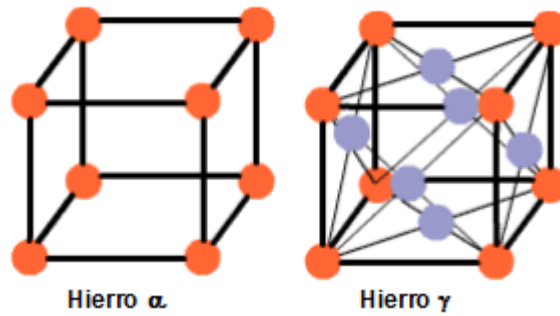
Las redes cristalinas se caracterizan fundamentalmente por un orden o periodicidad.

## Estados Alotrópicos

Algunos metales tienen la característica de que cambian de red de cristalización dependiendo de la temperatura a que se encuentren, entonces se dice que el metal es politrópico, y a cada uno de los sistemas en que cristaliza el metal se le llaman estados alotrópicos.

En el hierro puro se distinguen cuatro estados alotrópicos: alfa, beta, gamma y delta.





Elaboración propia

### **Modificación de las propiedades de los metales. Aleaciones**

Llamamos aleación a la mezcla homogénea en estado fundido de un metal con, al menos, otro elemento, que puede ser metálico o no, pero el producto final obtenido debe presentar características metálicas.

## Ejercicios resueltos

---

En el siguiente enlace dispones de varios ejercicios resueltos y explicados relacionados con la estructura interna y propiedades de los materiales:

<https://idoc.pub/documents/problemas-y-cuestiones-de-tecnologia-industrial-selectividad-andalucia-143035dzq94j>

# Mapa Conceptual

---

Mapa conceptual (pdf - 523660 B).  


## Aviso Legal

---

El presente texto (en adelante, el "**Aviso Legal**") regula el acceso y el uso de los contenidos desde los que se enlaza. La utilización de estos contenidos atribuye la condición de usuario del mismo (en adelante, e "**Usuario**") e implica la aceptación plena y sin reservas de todas y cada una de las disposiciones incluidas en este Aviso Legal publicado en el momento de acceso al sitio web. Tal y como se explica más adelante, la autoría de estos materiales corresponde a un trabajo de la **Comunidad Autónoma Andaluza, Consejería de Educación y Deporte (en adelante Consejería de Educación y Deporte)**.

Con el fin de mejorar las prestaciones de los contenidos ofrecidos, la Consejería de Educación y Deporte se reserva el derecho, en cualquier momento, de forma unilateral y sin previa notificación al usuario, a modificar, ampliar o suspender temporalmente la presentación, configuración, especificaciones técnicas y servicios de sitio web que da soporte a los contenidos educativos objeto del presente Aviso Legal. En consecuencia, se recomienda al Usuario que lea atentamente el presente Aviso Legal en el momento que acceda al referido sitio web, ya que dicho Aviso puede ser modificado en cualquier momento, de conformidad con lo expuesto anteriormente.

### **Régimen de Propiedad Intelectual e Industrial sobre los contenidos del sitio web.**

**Imagen corporativa.** Todas las marcas, logotipos o signos distintivos de cualquier clase, relacionados con la imagen corporativa de la Consejería de Educación y Deporte que ofrece el contenido, son propiedad de la misma y se distribuyen de forma particular según las especificaciones propias establecidas por la normativa existente al efecto.

---

# Imprimible

---

Descargar [imprimible](#) (pdf - 1320963 B).