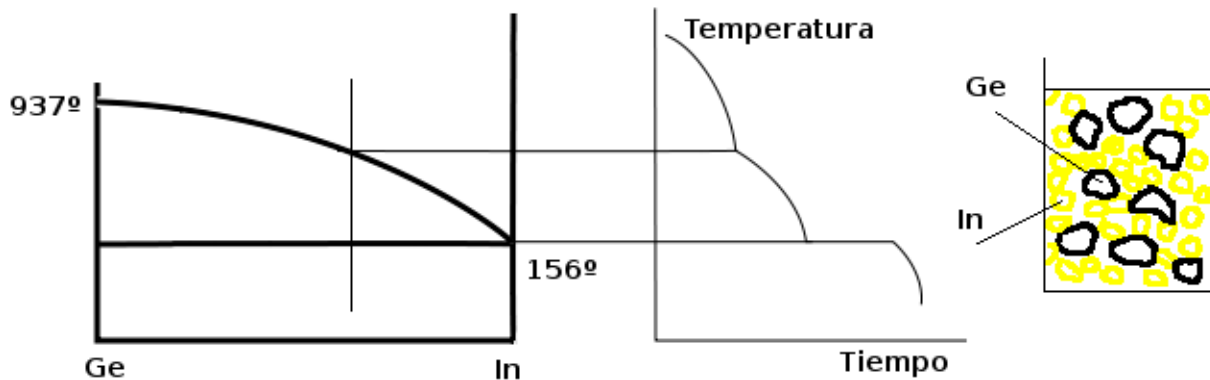


Diagramas de solidificación

Aleación de dos metales sin afinidad en estado sólido

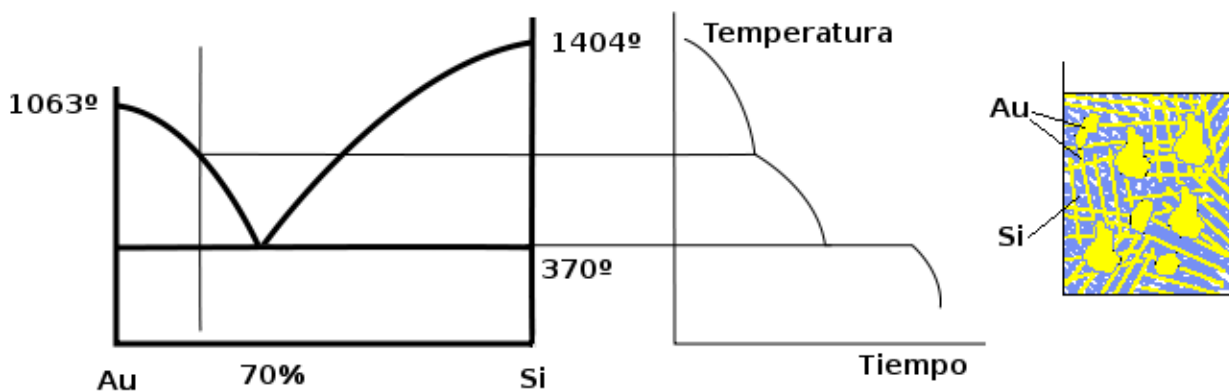
Los metales aleantes no son miscibles en estado sólido. Es el caso del Ge y el In.



Cuando comienza la solidificación se forman núcleos de cristales de germanio y disminuye su concentración en el líquido. Para que puedan crecer estos núcleos ha de disminuir la temperatura, ya que el indio impide su crecimiento. Cuando la temperatura ha bajado a 156° ya se ha solidificado todo el germanio, y el líquido es indio puro, que solidifica a temperatura constante formando cristales que rodean al germanio como un cemento.

Dos elementos no afines en estado sólido, pero con afinidad eutéctica

Un ejemplo lo tenemos en la aleación de Au y Si.



El oro puro funde a 1063 °C, el Si a 1404 °C. La mezcla **líquida** del oro con el silicio tiende a formar un compuesto con 70% de oro y 30% de sílice, pero dicha afinidad -denominada eutéctica- no se produce en estado sólido.

Un líquido **con proporciones eutécticas** tiene una temperatura de solidificación de 370 °C; si hay exceso de uno de los componentes la solidificación del componente en exceso comienza a una temperatura superior.

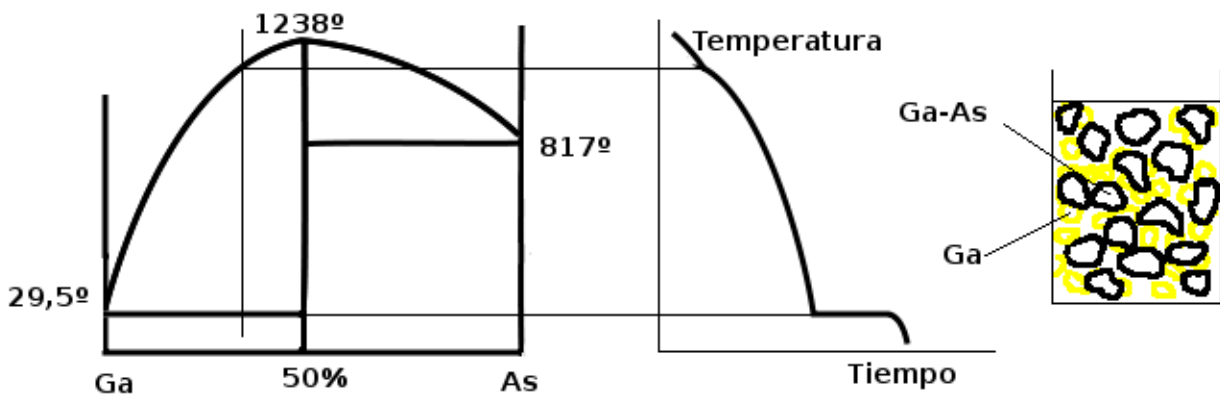
Supongamos un líquido con exceso de oro con respecto a la eutéctica. Al llegar el líquido a 1063 °C el exceso de oro no comienza a solidificar, ya que el líquido eutéctico impide la formación de los núcleos sólidos de oro. Para que esto se produzca ha de descender la temperatura hasta que se encuentra con la línea de sólido (se produce una discontinuidad en la curva tiempo-temperatura).



En ese momento comienzan a formarse cristales de oro puro que crecerán conforme baje la temperatura, a la vez que **disminuye la cantidad de exceso de oro en el líquido**.

A 370 °C la composición del líquido es la de la eutéctica. La temperatura se estabiliza mientras solidifica el Si y el Au. Como no forman ningún tipo de solución sólida solidifican en forma de laminas alternadas de Au-Si que rodean a los granos de Au que se formaron anteriormente.

Los dos metales forman un compuesto intermetálico en estado sólido



El galio y el arsénico forman en estado sólido un compuesto intermetálico con 50% de Ga y 50% de As. Este compuesto solidifica a una temperatura muy superior a la de cualquiera de los dos elementos puros.

En la figura el líquido es rico en galio. Este exceso de galio hace que el compuesto comience a formarse a una temperatura inferior a 1238°, temperatura de fusión del compuesto intermetálico.

El líquido se va enriqueciendo en galio, y a 29,5° es galio puro que rodea a los granos del compuesto que se ha ido formando durante el enfriamiento. La temperatura se mantiene

hasta que ha solidificado todo el galio: forma una matriz que contornea al compuesto. Esta aleación, a pesar de la alta temperatura de fusión del As y del compuesto Ga-As, funde a 29,5°C.

Solubilidad (página 127)

Dos metales o un metal y un no metal pueden tener solubilidad total o parcial. La solubilidad puede darse por:

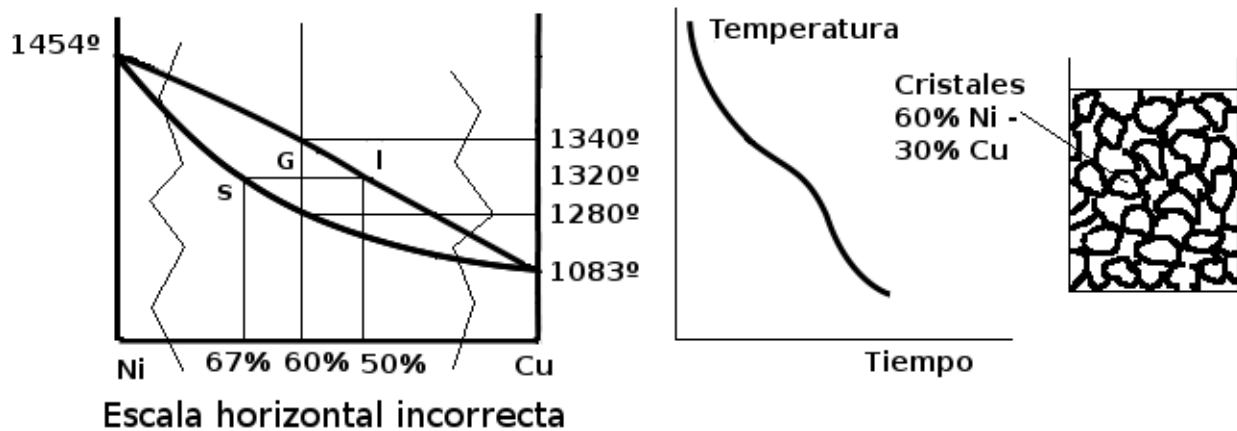
- Sustitución: el **metal disolvente es sustituido** en la red cristalina por un átomo de otro elemento (soluto). La solubilidad puede ser **total** (sustitución en cualquier proporción) o **parcial** (sólo se sustituye un % de los átomos como máximo).

Para que haya sustitución total los dos elementos han de cristalizar en el mismo sistema cristalino, tener igual valencia, el mismo carácter electroquímico y parecido tamaño.

- Inserción: el soluto se inserta al azar en los intersticios de la red cristalina del disolvente.

Veremos algún ejemplo de solidificación de aleaciones con solubilidad.

Los dos metales tienen solubilidad total en estado sólido



Un líquido Ni-Cu con 60% de níquel y 40% de Cu comienza a solidificar a 1340°. Los cristales inicialmente son muy ricos en Ni, pero al bajar la temperatura lentamente el exceso de Ni migra del cristal de modo que en cada momento la composición del sólido y del líquido se adapta al diagrama de solidificación.

Por ejemplo, en G (1320°C) tenemos:

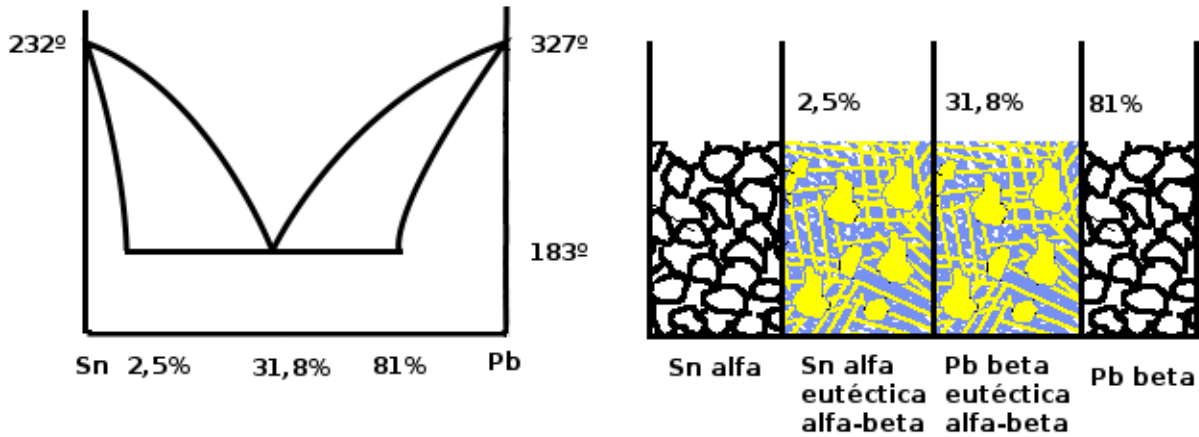
Un sólido con 67% de Ni y 33% de Cu y un líquido con 50% de níquel y 50% de Cu.

Las proporciones de sólido y líquido podemos obtenerla del diagrama:

$$\frac{\text{Masa de Sólido}}{\text{Masa de líquido}} = \frac{P_s}{P_l} = \frac{\overline{Gl}}{\overline{Gs}} = \frac{10}{7}$$

Al final de la solidificación obtenemos granos de solución sólida de Cu en Ni: los átomos de Cu sustituyen a los de níquel en la red cristalina.

Reacción eutéctica binaria



Otro modelo de solidificación ocurre cuando se produce una reacción eutéctica binaria: se producen sólidos de composición definida, bien por aparecer soluciones sólidas parciales o compuestos intermetálicos. En el ejemplo la eutéctica está formada por dos soluciones sólidas: Sn_α, que puede disolver hasta un 2,5% de Pb y Pb_β, con hasta un 19% de Sn.

Los líquidos con menos de 2,5% de Pb dan lugar a Sn_α; entre 2,5% y 31,8% obtenemos Sn_α y la eutéctica Sn_α - Pb_β; en el intervalo 31,8 - 81% tenemos Pb_β y la eutéctica Sn_α - Pb_β; con más de 81% de Pb los cristales son de Pb_β.

La eutéctica se compone de cristales alternados Sn_α - Pb_β en forma de láminas que rodean a los cristales alfa o beta -según el caso- previamente cristalizados.