

Materiales: Diagramas de Equilibrio



El protagonista de nuestra historia ya ha observado lo suficiente. Se ha dado cuenta que la mayor parte de los materiales de uso técnico son **aleaciones** . Lo que tendrá que hacer será conocerlas, conocer su comportamiento frente a diferentes variables: temperatura, presión, concentración...

Curiosidad

MOTORES ALEACIONES DE ALUMINIO:

Sabías, que unas de las tendencias en los constructores automovilísticos, es diseñar sus **motores con aleaciones de Aluminio** . Con esto consiguen reducir el peso y mejorar las prestaciones mecánicas



Imagen 01. [Flickr](#). Creative Commons

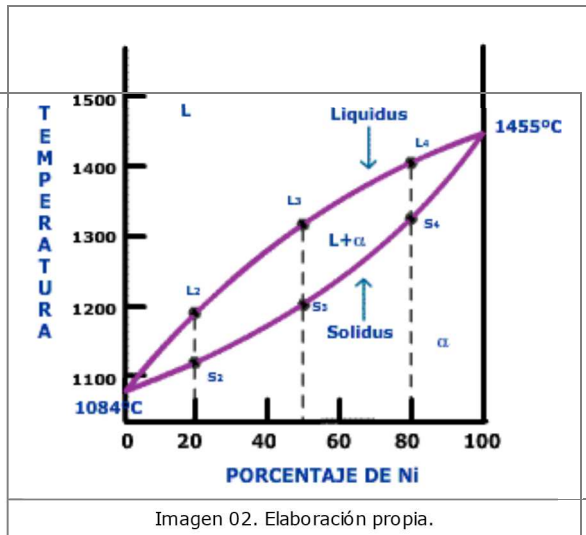
Importante

El estado de una aleación lo representamos gráficamente en lo que denominamos diagrama de equilibrio , diagrama en el que representaremos la temperatura en el eje de ordenadas (vertical) y la concentración de los componentes en el eje de abscisas (horizontal).

En estos diagramas se reflejan los cambios de la aleación cuando hay variaciones de su composición, de su temperatura o presión.

Los diagramas de equilibrio representan los estados estables o, **FASES** , (en los elementos puros coinciden con los estados: sólido, líquido, ...). Las fases no tienen por qué estar formadas por elementos químicos puros.

en el diagrama de equilibrio



Multimedia 01. Elaboración propia. Creative Commons

Si no te ha quedado claro en el video anterior, lo intentamos de otra forma

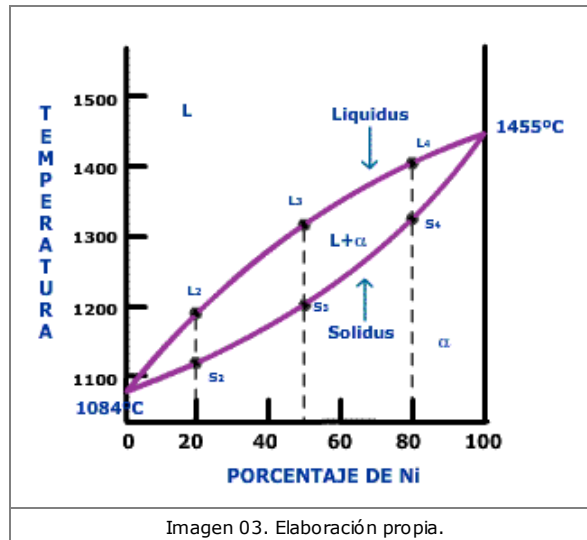
En el siguiente diagrama tenemos el **diagrama de equilibrio de la aleación Cu-Ni**.

Uniando todos los puntos marcados con **L** en el diagrama de enfriamiento anterior se obtiene la **línea de liquidus**, es decir, la línea de temperaturas por encima de las cuales la aleación se encuentra en una zona de una sola fase, en la que sólo hay líquido, y uniando los puntos **S** se obtiene la **línea de solidus**, línea por debajo de la cual la aleación vuelve a estar en una zona monofásica, pero esta vez sólo encontramos sólido.

En la zona delimitada por las dos líneas de solidus y liquidus la aleación se encuentra en una zona bifásica, donde coexisten sólido y líquido ($L+\alpha$).

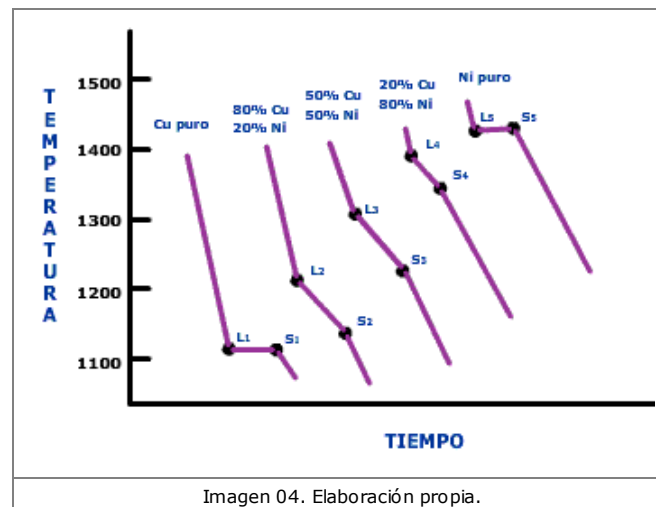
Las composiciones químicas de cada una de las fases, en punto cualquiera del diagrama, se indican mediante una línea vertical, y el punto que corte con el eje de ordenadas realizamos la lectura de dicha concentración.

La concentración de cada una de las fases, en una zona bifásica lo calcularemos con la regla de la palanca o regla de las fases que estudiaremos más adelante.



Para saber más

DIAGRAMAS O CURVAS DE ENFRIAMIENTO



En este otro tipo de diagramas, se representan las **curvas de enfriamiento**, es decir como cambia de fase (estado) una aleación, según aumentamos o disminuimos su temperatura.

En la imagen superior correspondientes a cinco aleaciones Cu-Ni distintas:

- Cu puro (Cu 100%)
- aleación de 20% de Ni
- 50% de Ni
- 80% de Ni
- Ni puro (Ni 100%)

Los puntos marcados con **L** corresponden a los valores de temperatura a los que la aleación comienza a solidificar, y los puntos marcados con **S** las temperaturas a partir de las que la aleación es totalmente sólida.

Comprueba lo aprendido **Múltiple**

Un diagrama de equilibrio muestra:

☐

Los cambios de una aleación conforme se va enfriando.

☐

Las líneas de solidus y liquidus.

☐

Las fases de la aleación que coexisten en cada momento.

Solución

1. [Correcto](#)
2. [Correcto](#)
3. [Correcto](#)

La línea de liquidus corresponde a:

☐

La línea de temperaturas por encima de la cual toda la aleación está en estado líquido.

☐

La línea de temperaturas por encima de la cual toda la aleación está en una única fase.

☐

La línea de temperaturas por debajo de la cual la aleación empieza a formar cristales sólidos.

Solución

1. [Correcto](#)
2. [Correcto](#)
3. [Correcto](#)

1. Regla de las fases



La primera cosa que deberá conocer serán los grados de libertad del sistema, es decir, cuántas variables se pueden modificar en él sin que cambie su estructura.

Importante

Regla de las fases de Gibbs

El número de variables (temperatura, presión, concentración, ...) , que en un sistema material podemos modificar libremente se llama **GRADOS DE LIBERTAD** .

La regla de las fases de Gibbs define la siguiente ecuación, que permite calcular las fases, grados libertad o componentes de un sistema, para que coexista equilibrio en nuestro sistema material.

$$F+P=C+2$$

F = número de grados de libertad

P = número de fases presentes.

C = número de componentes (A/B, etc.)

2 = es el número de variables de estado del sistema (temperatura y presión).

En los casos que nosotros trataremos, el efecto de la variación de la presión es despreciable, así establecemos que: $p=1 \text{ atm}=\text{constante}$ durante todo el proceso.

Así pues, la regla de las fases queda establecida para nuestros propósitos como:

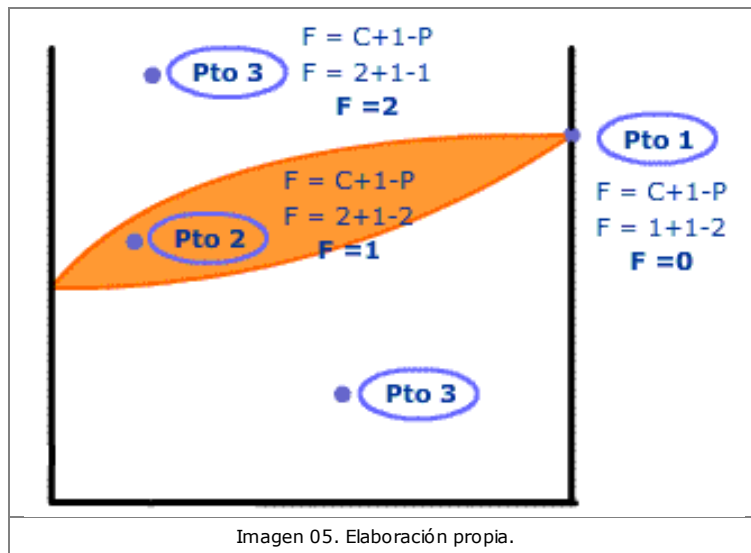
$$F+P=C+1$$

Veamos con un ejemplo la utilidad de esta ecuación, sobre un diagrama de equilibrio binario de una aleación de dos componentes cualquiera A y B.

Punto 1. Estamos en la situación en que, si nos fijamos en la concentración de los componentes, nos encontramos un metal puro, y si nos fijamos en la temperatura, nos situamos en su punto de fusión ya que todo el líquido se convierte en sólido.

Por tanto:

- los componentes son 1 (100%A + 0% B, es decir metal puro A): $C=1$



$P=2$

En esta situación obtenemos que $F=1$. Es decir, tenemos un único grado de libertad, con lo que es posible mantener la microestructura de dos fases mientras se modifica la temperatura del material (en un rango limitado).

Punto 3. Cuando nos situamos en la región donde hay una sola fase a una composición intermedia:

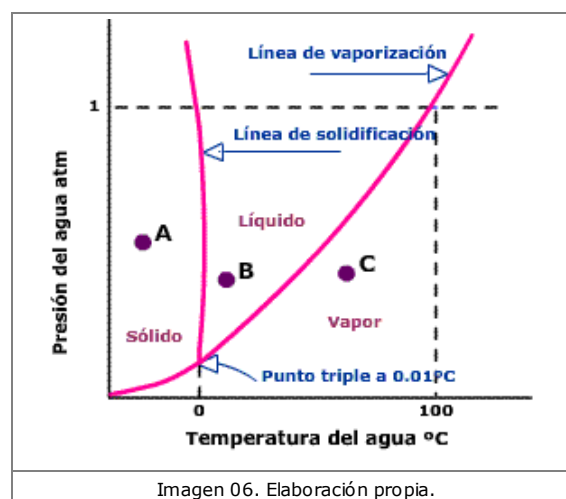
- los componentes son 2 (los dos metales de la aleación): $C=2$
- las fases son 1 (sólido o líquido): $P=1$

Es por esto que $F=2$, por lo que tenemos dos grados de libertad, es decir, podemos variar tanto la temperatura como la composición de la aleación en un rango limitado manteniendo la microestructura de la fase.

Reflexiona

Ejemplo

Cálculo de F , el número de grados de libertad con la regla de fases de Gibbs, en tres puntos distintos del diagrama de fases del agua pura:



Punto triple del agua ($0,01^{\circ}\text{C}$ y $6,025 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$):

$$C = 1 \text{ (agua)}$$

$$3 + F = 1 + 2$$

$$F = 0$$

No se puede variar ni presión ni temperatura para que coexistan las tres fases. Si modificamos o bien T o bien P, ya no coexisten 3 fases.

Línea de solidificación, donde coexisten sólido y líquido:

$$P = 2 \text{ (líquido y sólido)}$$

$$C = 1 \text{ (agua)}$$

$$2 + F = 1 + 2$$

$$F = 1$$

Se puede variar P ó T, pero si se mueve una de las dos la otra queda fijada, para que coexistan a la vez líquido y sólido.

Punto dentro de una sola fase, por ejemplo líquido:

$$P = 1 \text{ (líquido)}$$

$$C = 1 \text{ (agua)}$$

$$1 + F = 1 + 2$$

$$F = 2$$

Se pueden variar P y T a la vez y seguirá habiendo una sola fase, líquido.

2. Regla de la palanca

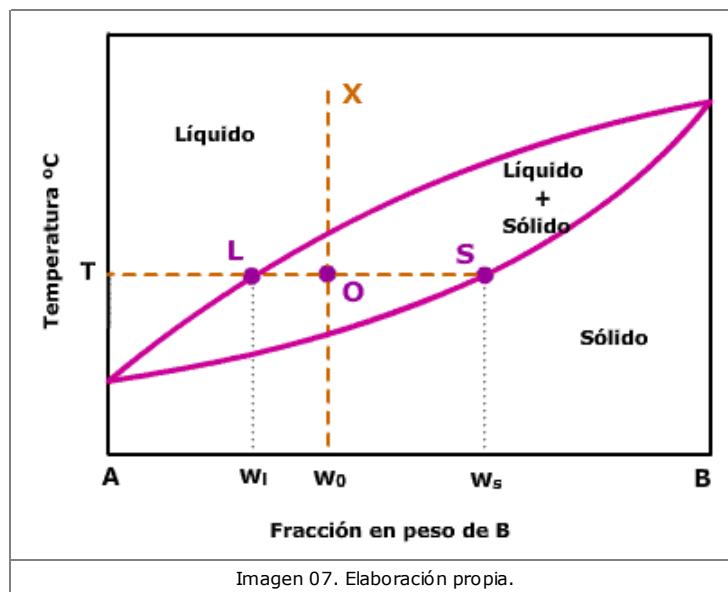


Nuestro protagonista también deberá conocer cuánta cantidad hay de cada componente en la aleación, así como la cantidad de cada una de sus fases.

Importante

LA REGLA DE LA PALANCA

Es el método empleado para **conocer el porcentaje de fase sólida y líquida presentes en una aleación de una cierta concentración.**



El protocolo a seguir consiste en entrar en el diagrama de equilibrio de la aleación AB por las dos líneas siguientes:

1. la **línea de concentración** que deseamos analizar, **línea vertical X**
2. por la **línea isoterma (línea horizontal, donde Temperatura= constante)** de la temperatura indicada, **línea horizontal L-O-S**.

La intersección de la isoterma con las líneas de liquidus y de solidus determina unos puntos de intersección, los puntos **L** y **S**.

La intersección de la isoterma con la línea de concentración de nuestra aleación determina el punto **O**.

Si proyectamos sobre el eje de concentraciones esos puntos de intersección se obtienen las concentraciones de la fase líquida, **w_L** y de la fase sólida, **w_S**, así como de la muestra que vamos a estudiar.

Una vez determinadas estas concentraciones, aplicando la siguiente regla matemática o de la palanca, nos quedaría:

$$\% \text{ de fase sólida} = \frac{w_0 - w_L}{w_S - w_L}$$

También podemos calcular el porcentaje de una fase como la diferencia entre el 100% y el porcentaje de la otra fase.

Vamos a ver unos ejercicios resueltos para entender mejor los últimos conceptos estudiados.

Reflexiona

Ejercicio 1

En la tabla adjunta se recogen las temperaturas a las que empiezan y terminan de solidificar una aleación de dos metales A y B, totalmente solubles tanto en estado líquido como sólido, para distintas concentraciones.

Composición (% de A)	Temperatura líquidus (°C)	Temperatura solidus (°C)
0	1200 (A)	1200 (A)
20	1170 (B)	1080 (G)
40	1115 (C)	1005 (H)
60	1045 (D)	935 (I)
80	945 (E)	880 (J)
100	835	835 (F)

- Dibujar el diagrama de equilibrio de la aleación.
- Identificar los puntos, líneas y regiones significativas del diagrama.
- Tras dibujar la gráfica, completar una tabla con las temperaturas de liquidus y solidus para aleaciones con una concentración de 10%, 30%, 50%, 70% y 90% de metal A

a)

Se pasan los datos de la tabla a un sistema de ejes coordenados, representando en ordenadas temperaturas y en abscisas concentración, se unen todos los puntos a los que comienza la zona de líquido resultando la línea de liquidus, y se unen todos los puntos don termina de haber sólido, generando la línea de solidus, y se obtiene el diagrama de equilibrio de la aleación.

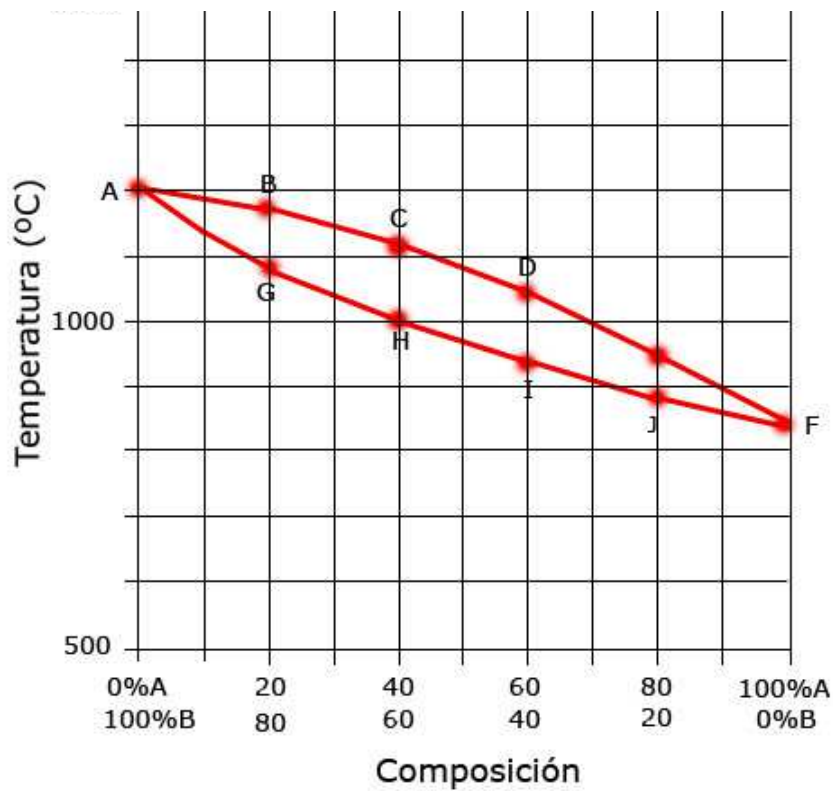


Imagen 40. Elaboración propia.

b)

Punto A . Punto de fusión del metal puro A

Punto F . Punto de fusión del metal puro B.

Línea de liquidus . ABCDEF.

Línea de solidus . AGHIJF.

Zona monofásica líquido . Toda la zona que se encuentra por encima de la línea de liquidus.

Zona monofásica sólido . Toda la zona que se encuentra por debajo de la línea de solidus.

Zona bifásica (sólido+líquido) . La zona que se encuentra entre las dos líneas del diagrama.

c)

Entramos en el diagrama de equilibrio por las concentraciones indicadas y nos movemos por la línea de isoconcentración (vertical), hasta que interseccione con las líneas de solidus y de liquidus, leemos sus valores de temperatura y los pasamos a la tabla.

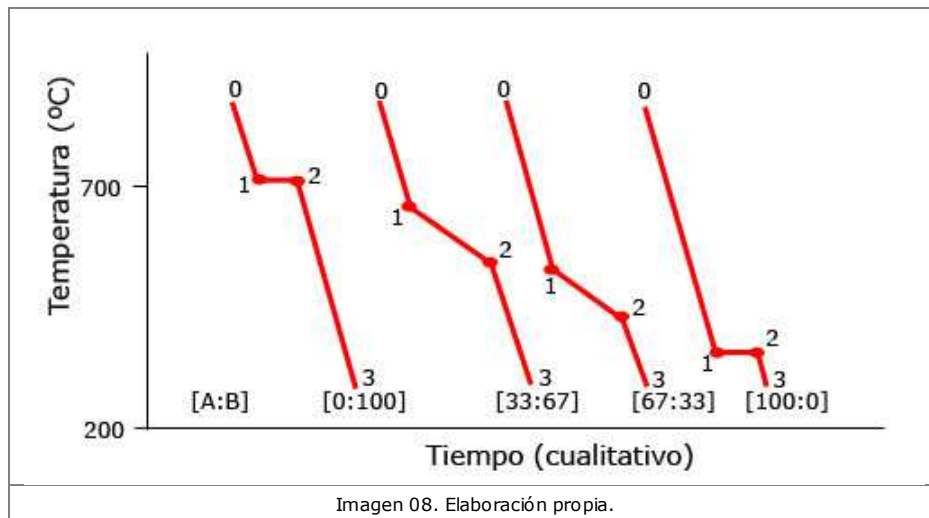
Composición (% de A)	Temperatura líquidus (°C)	Temperatura solidus (°C)
10	1135	1190
30	1040	1145
50	970	1085
70	905	1000
90	860	900

Reflexiona

Ejercicio 2

A partir de las cuatro curvas de enfriamiento que se adjuntan:

- Comentar las distintas curvas y los puntos significativos de ellas.
- Dibujar el diagrama de equilibrio de la aleación de dos metales A B, indicando que tipo de aleación es.
- Dibujar aproximadamente la curva de enfriamiento correspondiente a una aleación con una concentración del 50% de A



a)

La primera y la última curva corresponden al enfriamiento de los metales puros, ya que el proceso de solidificación en este caso se produce a temperatura constante.

Las curvas segunda y tercera corresponden a dos aleaciones con distinta concentración ya que es característico que las aleaciones solidifiquen en un rango de temperaturas.

Durante el primer tramo de la curva 0-1 la aleación se encuentra en estado líquido.

A partir de ese punto comienza el proceso de solidificación y entre los puntos 1-2 coexisten las fases líquido+sólido.

Al llegar al punto 2 terminan de solidificar las aleaciones y solamente se encuentran en estado sólido.

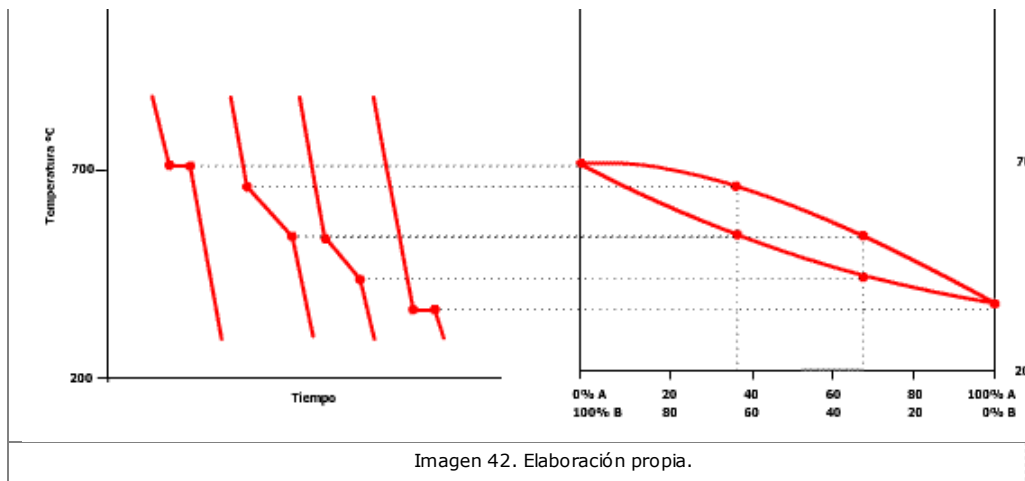
b)

Para trazar el diagrama de equilibrio se representa en un sistema de ejes coordenados, en ordenadas temperaturas y en abscisas concentraciones, y sobre las líneas de isoconcentración (verticales) se marcan los puntos en que comienza el proceso de solidificación y los puntos en que termina el proceso de solidificación.

Posteriormente se unen todos los puntos en que comienza la solidificación (puntos señalados con 1) y se obtiene la línea de liquidus.

Se repite el proceso uniendo los puntos en que termina la solidificación (puntos 2) y se obtiene la línea de solidus.

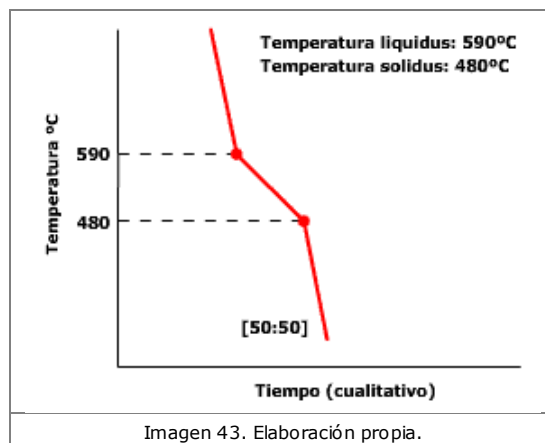
Se trata de una aleación totalmente soluble tanto en estado líquido como sólido.



Si dibujamos el diagrama en paralelo con la familia de curvas de enfriamiento podemos pasar los datos trazando la prolongación de los puntos significativos de éstas.

c)

Para trazar la curva de enfriamiento de una aleación con el 50% de concentración en metal A, trazamos la vertical correspondiente a la concentración de la aleación requerida y determinamos los puntos de intersección con las líneas de liquidus y solidus del diagrama de equilibrio, dibujamos las pendientes que consideremos adecuadas, dependiendo de la velocidad de enfriamiento y se obtiene una curva como la reseñada.



3. Tipos de diagramas de equilibrio



Y como hay muchas aleaciones diferentes, nuestro investigador deberá estudiar los diferentes diagramas de equilibrio.

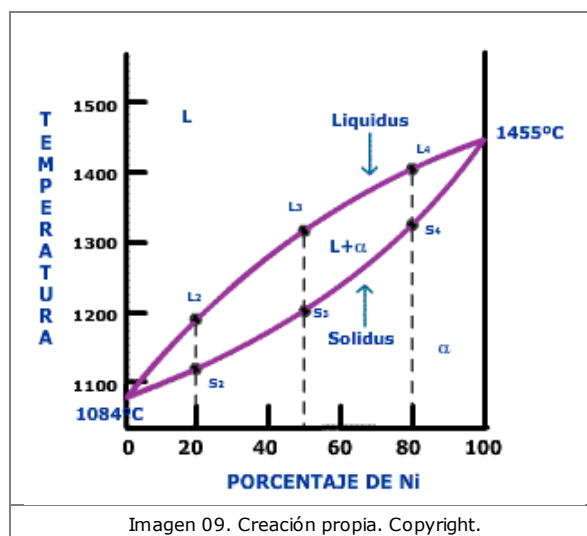
Las aleaciones presentan diagramas de equilibrio con distintos aspectos, **dependiendo de la solubilidad en estado líquido y sólido de sus componentes**. Desde este punto de vista vamos a conocer tres tipos de diagrama de equilibrio:

- TIPO 1: Componentes totalmente solubles en los estados líquido y sólido
- TIPO 2: Componentes totalmante soluble en estado líquido e insoluble en estado sólido
- TIPO 3: Componentes totalmente solubles en estado líquido y parcialmente soluble en estado sólido

Importante

TIPO 1: Componentes totalmente solubles en los estados líquido y sólido

Tiene forma de "ojo", y los extremos como hemos visto son los puntos de fusión de los componentes puros (100% de concentración)



Importante

TIPO 2: Componentes totalmente soluble en estado líquido e insoluble en estado sólido

En este diagrama aparece un vértice en la línea de líquidos. El punto de ese vértice se le llama **eutéctico**. Este punto tiene las siguientes propiedades:

- La aleación del eutético, en el punto "eutético" (vértice descrito), funde a la menor temperatura posible de todas las aleaciones del diagrama.
- Desde el punto de vista de enfriamiento se comporta como un metal puro 100%, aunque el eutético no lo sea. Es decir funde a temperatura constante

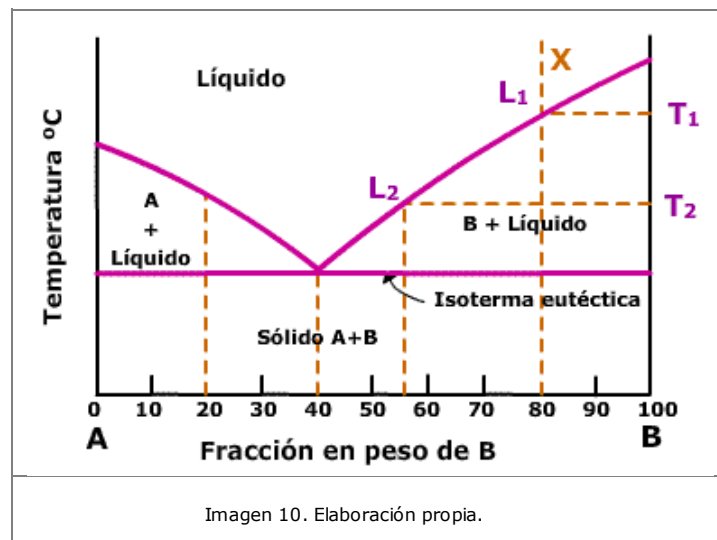


Imagen 10. Elaboración propia.

Comprueba lo aprendido

Fíjate en el diagrama de fases de la figura 44 para contestar a estas preguntas.

Para una aleación de composición X (marcada en el diagrama), a la temperatura T1, toda la aleación está en estado líquido.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

La afirmación no es del todo exacta. Ese es justo el punto en que se empiezan a formar los primeros cristales del componente B.

En una aleación con un 20 % de B, sólo aparecen cristales de B a temperaturas menores de la eutética.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

Para esa composición nunca van a aparecer cristales de B. El componente B se encontrará formando parte del eutético.

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

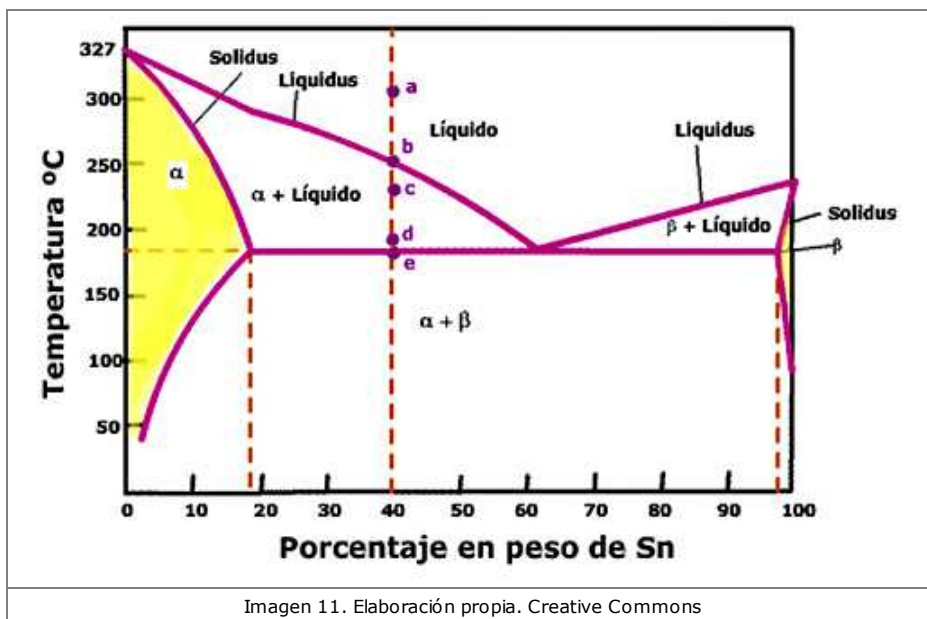
Verdadero

Por debajo de la temperatura eutéctica todo es sólido.

Para saber más

TIPO 3: Componentes totalmente solubles en estado líquido y parcialmente soluble en estado sólido

Vuelve a aparecer un vértice (eutéctico), en la línea de líquidus, y la diferencia con el anterior está en los laterales del diagrama, que no está ahora pegado a las verticales. Y en este espacio en los dos laterales (zonas amarillas en la imagen), es donde se genera esa solubilidad en estado sólido



Comprueba lo aprendido o

Fíjate en el diagrama de fases de la figura 46 para contestar a estas preguntas.

☐ Verdadero ☐ Falso

Verdadero

El punto c está por encima de la temperatura eutéctica, por lo que no ha aparecido todavía componente eutéctico.

Sólo para aleaciones con concentraciones de A menores del 18% aparecerá ese componente puro en estado sólido.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Verdadero

Si buscamos la intersección de la línea de solidus con la eutéctica esa es la concentración aproximada que nos da.

A 150 °C y para las diferentes concentraciones de la aleación, podemos obtener: cristales de A, cristales de B, cristales de A y eutéctico, cristales de B y eutéctico.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

Si recorremos toda la isoterma de 150 °C encontraremos todos esos componentes, pero falta uno, el eutéctico.



La siguiente Web repasa los Diagramas de Equilibrio muy bien. Pulsa sobre CONTINUAR para ir pasando las diapositivas. Se hacen preguntas que debes responder sobre la propia presentación.

4. Diagrama Fe-C



Una de las cosas que constató el protagonista de nuestra historia es que muchos materiales son de hierro y carbono, y por tanto la Industria del Acero, uno de los motores económicos de los países industrializados.

Y que además el hierro y el carbono se pueden encontrar de muy diferentes formas y con muy diferentes propiedades.



Imagen 12. [Flickr](#). Creative Commons

Importante

Existen dos tipos de aleaciones de gran importancia: los **aceros y las fundiciones**. Ambas son aleaciones de hierro y carbono de distinta composición de carbono.

- Los **aceros** al carbono se presentan con un contenido de hasta 2,14%C
- Las **fundiciones** desde 2,14%C hasta el 6,67%C.

Los aceros además de tener Fe y C poseen impurezas como Si, Mn, P y S.

Vamos a conocer el diagrama Fe-C (hierro - carbono).

En realidad debería llamarse diagrama Fe - Cementita, ya que en el extremo izquierdo del diagrama veremos que en la línea de concentraciones se encuentra el Fe puro (con una concentración del 100%), mientras que en el extremo derecho de la misma línea termina en la concentración 6,67%C (no 100% C), que es un compuesto llamado: **cementita (Fe_3C)**.

Este es el motivo, por el que el eje de concentraciones del diagrama Fe-C va desde el 0% al 6.67% de C

Para saber más

Diagrama Fe-C

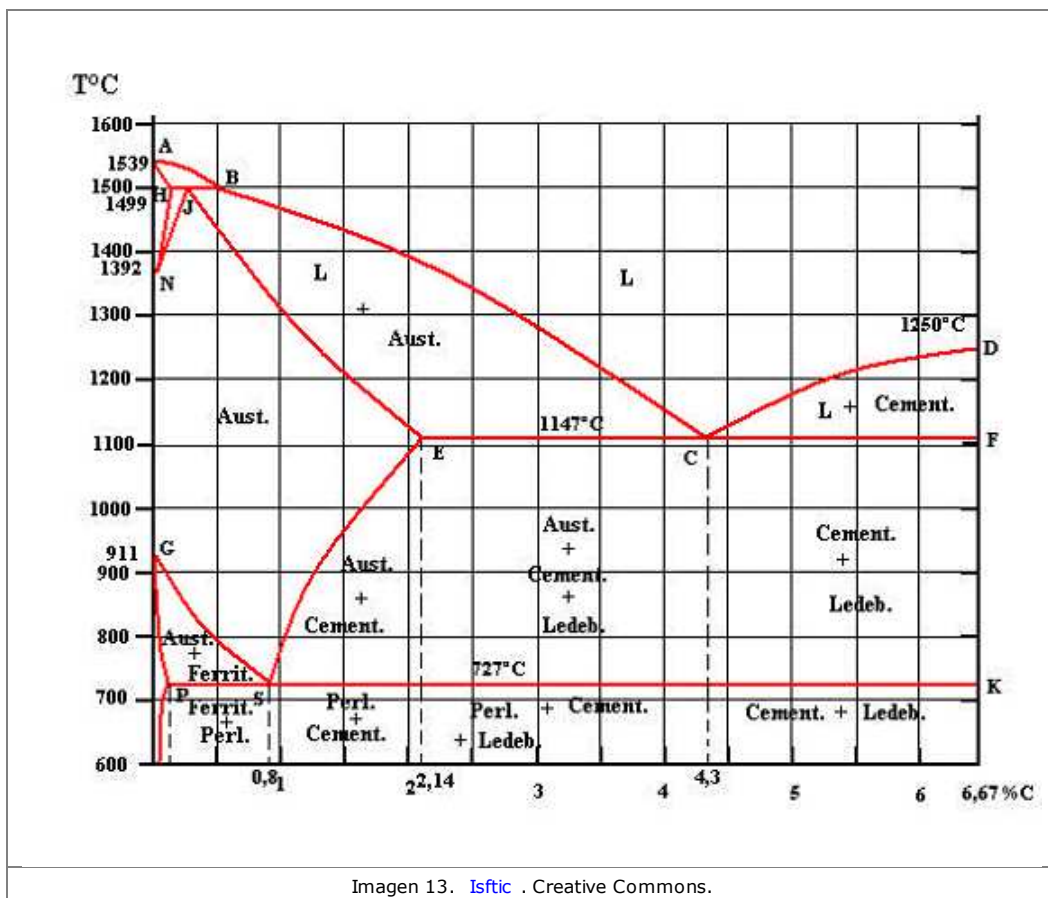


Imagen 13. [Isftic](#) . Creative Commons.

En este diagrama observamos:

- La línea de liquidus, línea ABCD.
- La línea de solidus, línea AHJECF.

Como el hierro además de formar con el carbono el compuesto químico Fe_3C , tiene dos transformaciones alotrópicas α y γ , en el sistema existen los siguientes constituyentes:

- **Líquido:** Solución líquida de carbono en hierro. Existe por encima de la línea del líquido y se designa por L.
- **Cementita:** Fe_3C , existe en la vertical DFKL se designa por su fórmula química (Fe_3C) o por C.
- **Ferrita:** Constituyente estructural que es Fe_α , el cual disuelve el carbono en cantidades insignificantes. Se representa por Fe_α . La región de la ferrita en el diagrama hierro carbono se encuentra a la izquierda de las líneas GPQ, y AHN.
- **Austenita:** Estructura consistente en una solución sólida de carbono en Fe_γ . La región de la austenita es NJESG. Se designa por A, γ ó Fe_γ .

Curiosidad

4.1. Constituyentes de los aceros

FERRITA (Fe_α)

Es una solución sólida de carbono en hierro alfa.

Su solubilidad a la temperatura ambiente es del orden de 0.008% de carbono, por lo que se considera hierro puro. La máxima solubilidad de carbono en el hierro alfa es de 0.02% a 723°C .

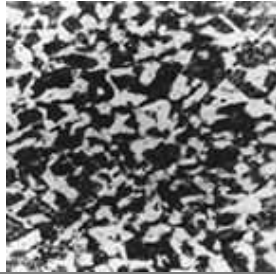


Imagen 14. [u.t.p.](#) .Copyright .

La ferrita es la fase **más blanda y dúctil** de los aceros, cristaliza en la red BCC.

CEMENTITA (Fe_3C)

Es carburo de hierro Fe_3C y contiene 6.67% C.

Es el microconstituyente **más duro y frágil** de los aceros.

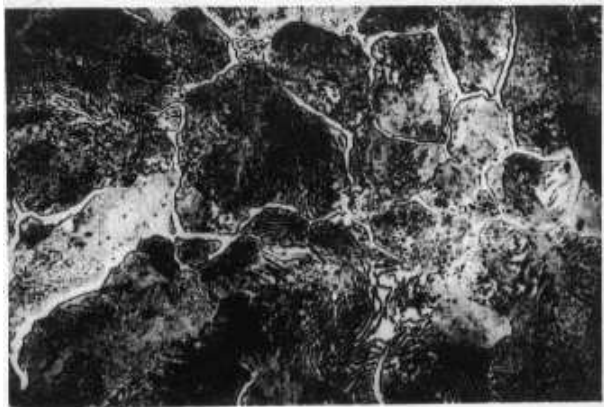


Imagen 15. [Wikipedia](#) .Creative Commons.

PERLITA

Es el microconstituyente **eutectoide** formado por capas alternadas de ferrita y cementita.

Compuesta por el 88 % de ferrita y 12 % de cementita, contiene el 0.8%C.

Su nombre se debe a las irisaciones que adquiere al iluminarla, parecidas a las perlas.

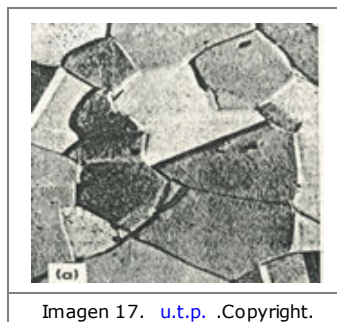


AUSTENITA

Es el constituyente **más denso** de los aceros y está formado por una solución sólida por inserción de carbono en hierro gamma.

La cantidad de carbono disuelto, varía de 0.8% al 2% C que es la máxima solubilidad a la temperatura de 1130°C . No es estable a la temperatura ambiente.

La austenita cristaliza en la red FCC



MARTENSITA

Es el constituyente de los **aceros templados** ; está conformado por una solución sólida sobresaturada de carbono o carburo de hierro en ferrita y se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde su estado austenítico a altas temperaturas.



Es muy frágil y presenta un aspecto acicular formando grupos en zigzag con ángulos de 60 grados.

TROOSTITA

Es un agregado muy fino de cementita y ferrita

Es un constituyente nodular oscuro y aparece generalmente acompañando a la martensita y a la austenita.



Imagen 19. [Wikimedia](#) . Creative Commons.

Para saber más

En resumen:

- **Austenita** . Es una solución sólida de carburo de hierro, dúctil y tenaz, blanda, poco magnética y resistente al desgaste.
- **Martensita** . Es el constituyente de los aceros cuando están templados, es magnética y después de la cementita es el componente más duro del acero.
- **Ferrita** . Es hierro casi puro con impurezas de silicio y fósforo (Si-P). Es el componente básico del acero.
- **Cementita** . Es el componente más duro de los aceros con dureza superior a 60HRC con moléculas muy cristalizadas y por consiguiente frágil.
- **Perlita** . Compuesto formado por ferrita y cementita, es el constituyente del eutéctico.

Comprueba lo aprendido **Múltiple**

La ferrita:

☐

Es el constituyente más blando de los aceros.

☐

Es el constituyente eutéctico de los aceros.

☐

Se considera hierro puro.

1. [Correcto](#)
2. [Incorrecto](#)
3. [Correcto](#)

La austenita:

☐

Es un constituyente de equilibrio.

☐

Se encuentra a la izquierda en el diagrama Fe-C.

☐

Es el constituyente más frágil de los aceros.

Solución

1. [Correcto](#)
2. [Incorrecto](#)
3. [Incorrecto](#)

La perlita:

☐

Es el constituyente eutéctico de los aceros.

☐

Está formada por ferrita y cementita.

☐

Se puede transformar en sorbita.

Solución

1. [Incorrecto](#)
2. [Correcto](#)
3. [Incorrecto](#)

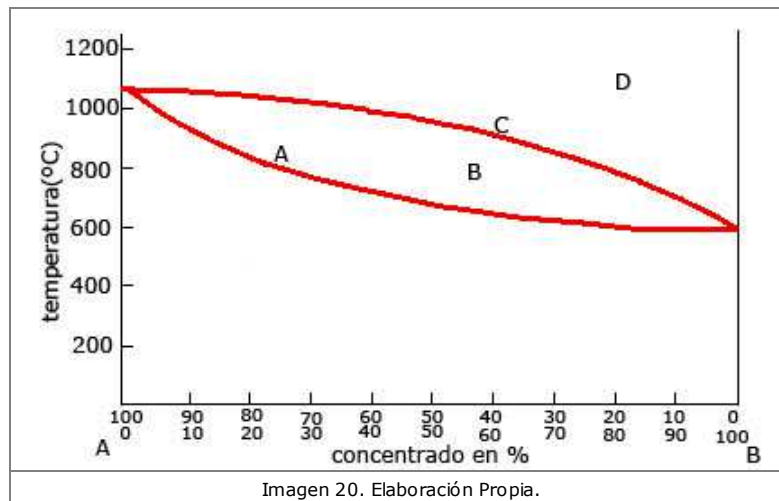
5. Problemas resueltos

Reflexiona

Ejercicio 1

A partir del diagrama de equilibrio adjunto:

- Indicar a que tipo de aleación corresponde, desde el punto de vista de la solubilidad.
- Completar la tabla adjunta, indicando temperatura, concentración y cantidades en porcentaje de fases líquida y sólida en los puntos marcados.

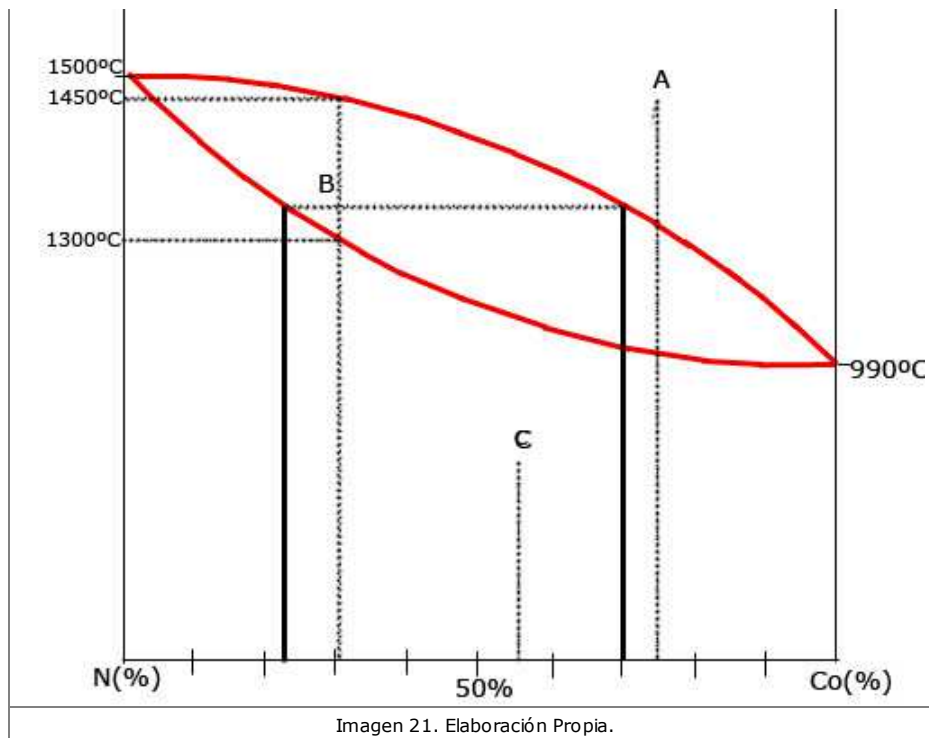


Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

Reflexiona

Ejercicio 2

Observando el diagrama de equilibrio de fases de la aleación Ni-Cu adjunto.



- Indica a que tipo de aleación corresponde, desde el punto de vista de la solubilidad.
- Para cada punto A,B y C señalados sobre el diagrama, determina el numero de fases, su composición y la cantidad relativa de cada una de ellas.
- Indica el rango de temperaturas entre los que se produce la solidificación de la aleación correspondiente a la concentración de cada uno de los puntos A, B y C.

Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

Reflexiona

Ejercicio 3

A partir del diagrama Cu-Ni del ejercicio anterior (que corresponde a una aleación totalmente soluble tanto en estado líquido como sólido), para una aleación que se encuentra a una temperatura de 1300°C y tiene una concentración del 50% de Cu; determina: número de fases, composición y cantidades relativas de las fases.

Indica el rango de temperaturas en que se produce la solidificación completa de la aleación.

Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

Reflexiona

A partir del diagrama de equilibrio de una aleación de dos metales A y B de totalmente solubles tanto en estado líquido como sólido.



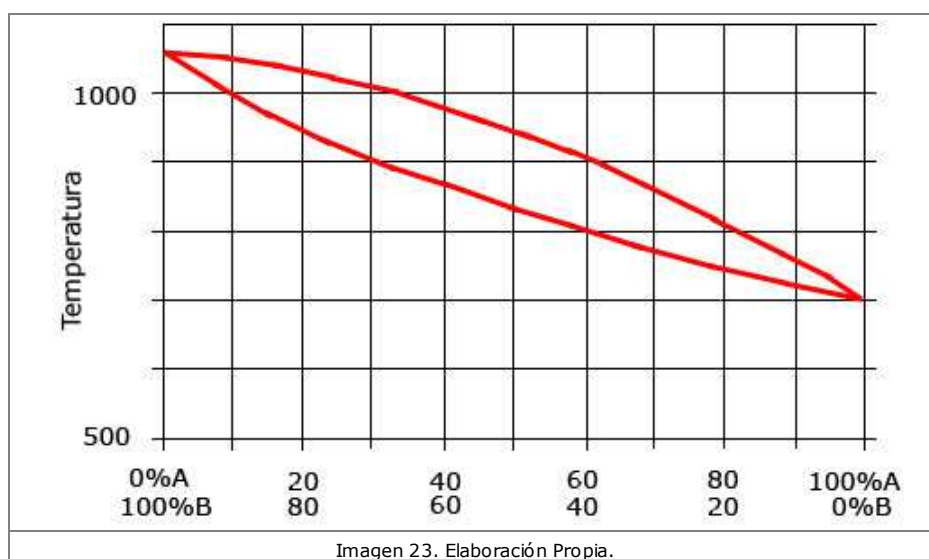
Para una aleación de concentración $C_0=50\%$ de A, realiza un análisis de número de fases, concentración de las fases y cantidades relativas a las temperaturas: 1000°C , 900°C y 800°C .

Descarga [la respuesta en formato pdf](#).

Reflexiona

Ejercicio 5

A partir del diagrama de equilibrio de una aleación de dos metales A y B de totalmente solubles tanto en estado líquido como sólido.



Una aleación de $C_0=40\%$ de A, se calienta hasta que se encuentra en la zona bifásica. La composición de la fase sólida resulta ser $C_S=30\%$ de A. Calcular:

b) Cantidades de cada una de las fases.

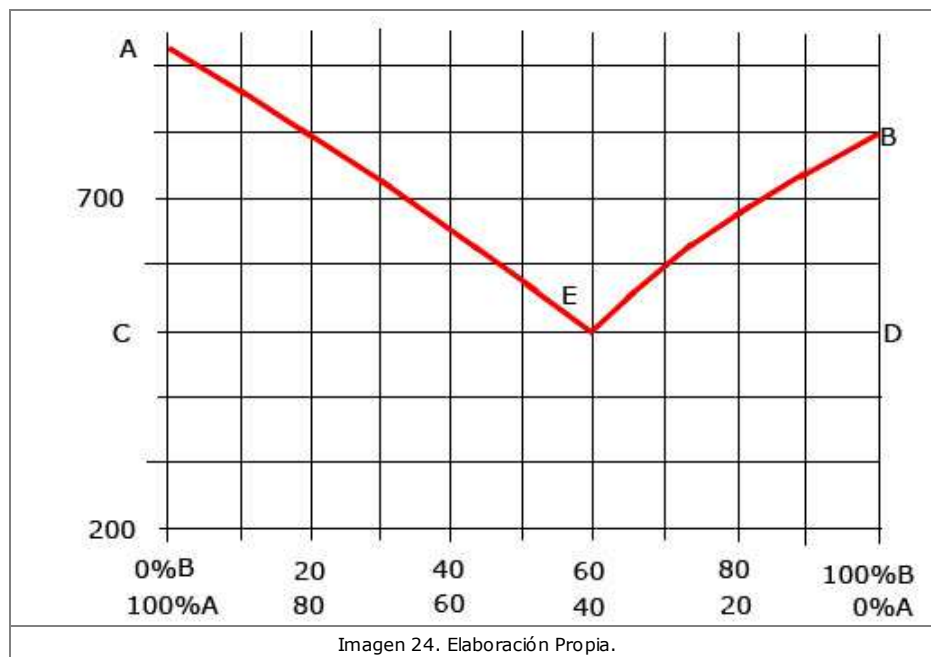
Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

Reflexiona

Ejercicio 6

A partir del diagrama de equilibrio de fases de la aleación de dos metales A y B, totalmente solubles en estado líquido e insolubles en estados sólido y con eutéctico.

- Indicar: zonas, puntos y líneas significativas del diagrama.
- Para una aleación de concentración $C_0=40\%$ de A, que se ha calentado hasta la zona monofásica líquido. Analizar todo lo que va ocurriendo durante el proceso de enfriamiento, suficientemente lento, hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Repetir el apartado anterior para aleación de concentración $C_0= 80\%$ de A y $C_0= 20\%$ de A.
- Para una aleación de $C_0=70\%$ de A que se encuentra a 600°C , determinar el número de fases y las cantidades estas que están presentes.
- Repetir el apartado anterior si la aleación se encuentra a 300°C .

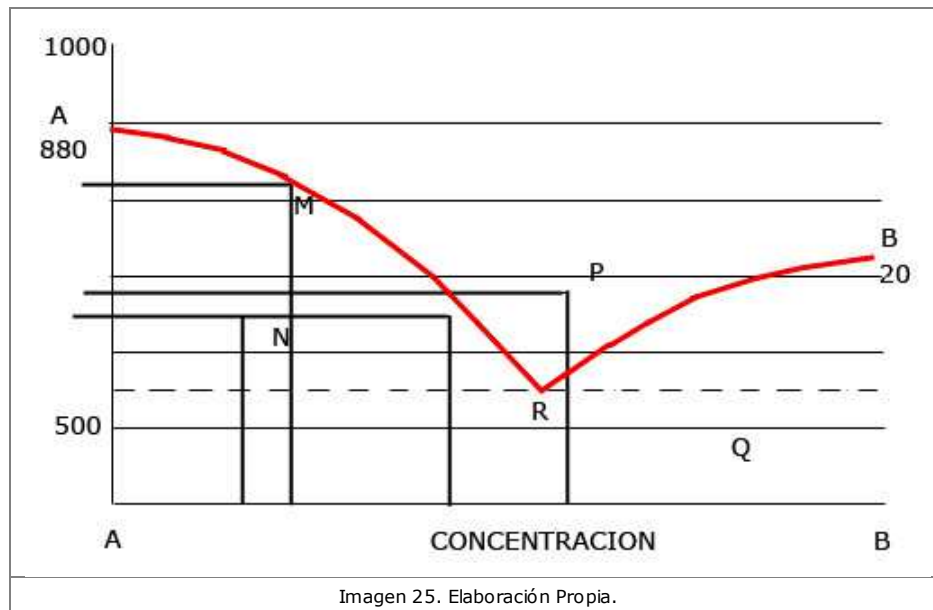


Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

Reflexiona

A Partir del diagrama de equilibrio de fases de una aleación de dos metales A y B, totalmente solubles en estado líquido y totalmente insolubles en estado sólido, con un eutéctico.

Observa los puntos señalados con letras mayúsculas sobre el diagrama y determina: temperaturas, concentraciones y cantidades relativas en % de cada una de las fases, de cada uno de los puntos.



Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

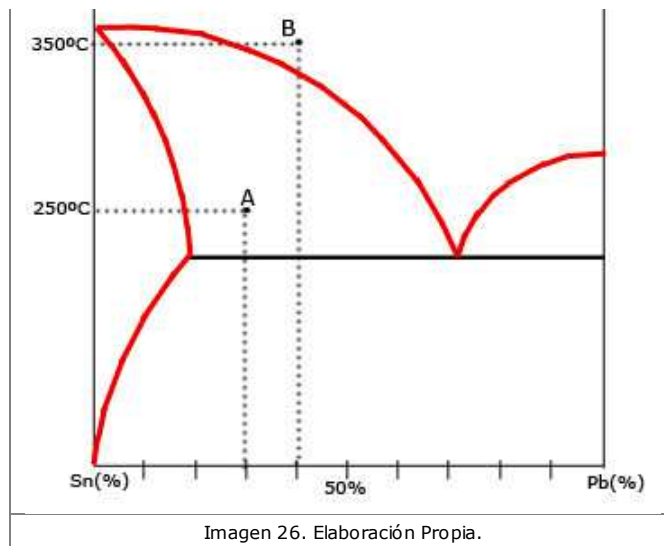
Reflexiona

Ejercicio 8

A Partir del diagrama de equilibrio de fases de la aleación de Sn y Pb, totalmente solubles en estado líquido y parcialmente insolubles en estado sólido, con un eutéctico.

a) Determina el número de fases, su composición y la cantidad relativa, en %, de cada una de ellas, para una aleación con una concentración $C_0=30\%$ de Pb a una temperatura de 250°C .

b) Repite el apartado anterior para una aleación $C_0=60\%$ de Sn a 350°C .



Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

Reflexiona

Ejercicio 9

A Partir del diagrama de equilibrio de fases de la aleación de dos metales A y B, totalmente solubles en estado líquido y parcialmente insolubles en estado sólido, con un eutéctico.

a) Indicar los puntos, líneas y zonas significativas del diagrama.

Analizar el número de fases, de constituyentes, su concentración y las cantidades relativas de éstos para los siguientes puntos:

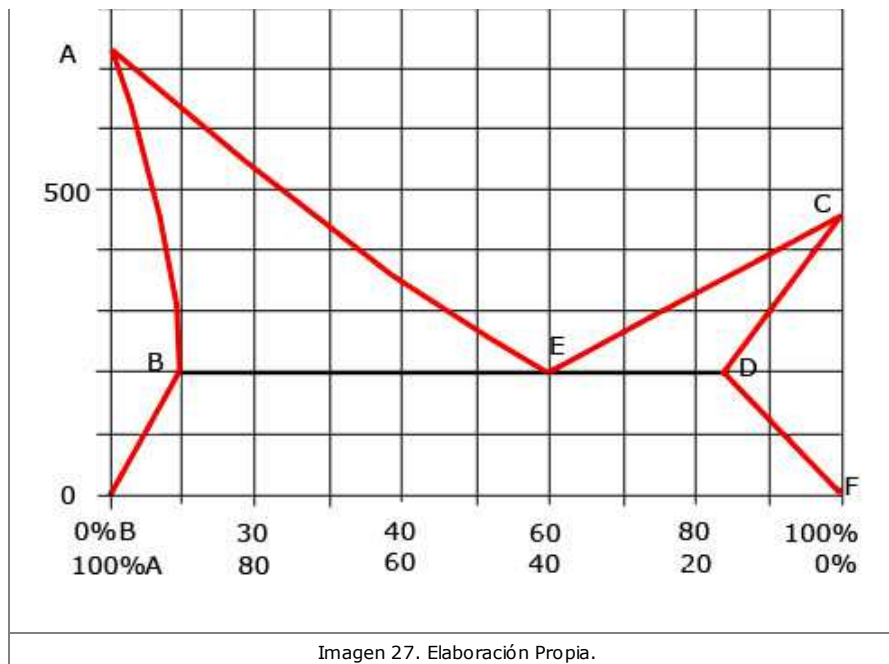
b) En el eutéctico, a 200°C para $C_0 = 40\%$ de A.

c) Para 400°C y $C_0 = 80\%$ de A.

d) Para $C_0 = 80\%$ de A.y a una temperatura inmediatamente por encima del eutéctico $200^{\circ}\text{C} + \Delta T$.

e) Para $C_0 = 80\%$ de A.y a una temperatura inmediatamente por debajo del eutéctico $200^{\circ}\text{C} - \Delta T$.

f) Para 100°C y $C_0 = 80\%$ de A.



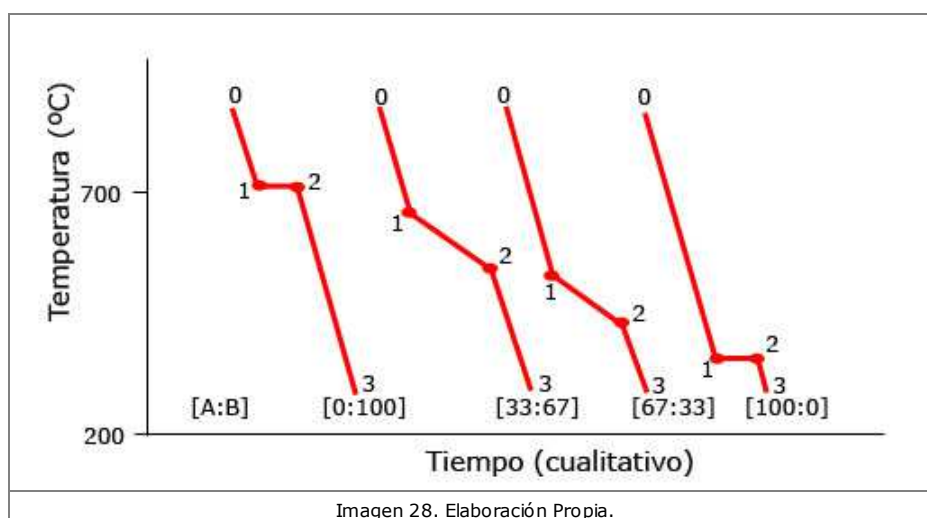
Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

Reflexiona

Ejercicio 10

A partir de las curvas de enfriamiento adjuntas, que pertenecen a la aleación de dos metales A y B.

- Indica a que tipo de aleación corresponde, razonando la respuesta.
- Dibuja el diagrama de equilibrio de fases correspondiente.



Descarga [la respuesta en formato pdf](#) .

