
TEMA 3. DIAGRAMAS DE FASES BINARIOS

3.1. INTRODUCCIÓN

3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

3.3. SOLUBILIDAD TOTAL

3.4. REACCIONES INVARIANTES

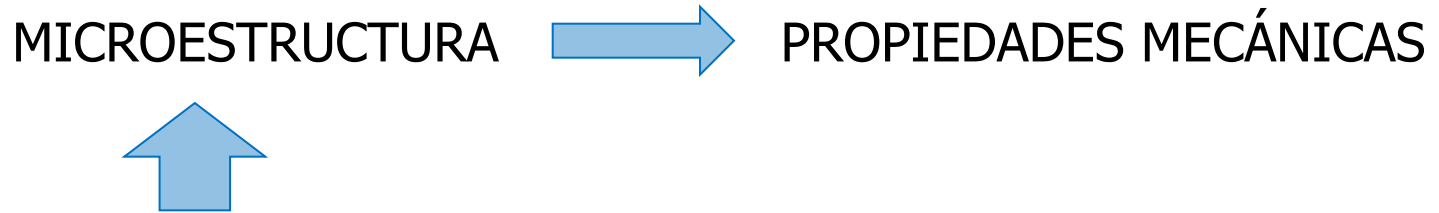
3.5. EJEMPLOS

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.1. INTRODUCCIÓN



DIAGRAMAS DE FASES

Dan **información** sobre:

- ✓ Qué microestructura debe existir a una T para una composición determinada \Rightarrow Microestructura de equilibrio
- ✓ Naturaleza, cantidad, tamaño, forma, distribución y orientación de las fases que lo constituyen
- ✓ Solubilidad de un componente en otro
- ✓ Control de tratamientos térmicos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.1. INTRODUCCIÓN

Los **diagramas de fases binarios o de equilibrio binarios** representan el equilibrio termodinámico de las fases que se forman entre dos componentes, para cualquier temperatura y presión.

- Muestran el estado de mínima energía que queda caracterizado cuando se conocen P, T y C
- Al representar estados de equilibrio los cambios que se produzcan en sus variables tienen que ser muy lentos para que se llegue a estabilizar el sistema.

• **DEFINICIONES**

Componente: Metal o compuesto que forma parte de una aleación

Ejemplo: Latón (aleación de Cu-Zn) \Rightarrow Cu y Zn son los componentes

Sistema: Serie de posibles aleaciones consistentes en los mismos componentes sin referirse a las proporciones de éstos en la aleación

Ejemplo: Sistema Fe-C para el acero

Fase: Porción homogénea de un sistema que tienen características físicas y químicas

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.1. INTRODUCCIÓN

- **Microestructura:** Se caracteriza por el nº de fases, la proporción y distribución de éstas
- **Microconstituyente:** Elemento de una microestructura con una estructura característica e identificable
- **Regla de la horizontal:** La composición de las fases en equilibrio en una región bifásica de un diagrama binario a una cierta temperatura viene dada por la intersección de la isoterma, trazada por dicha temperatura, con las líneas representativas de dichas fases.
- **Regla de la palanca:** Las cantidades de las fases en equilibrio en una zona bifásica de un diagrama binario a una cierta temperatura son inversamente proporcionales a los segmentos determinados por el punto representativo de la aleación a dicha temperatura y los que indican la composición de ambas fases

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.1. INTRODUCCIÓN

La regla de las fases

Los **grados de libertad (L)** de un sistema son el nº de variables independientes del sistema

La **regla de las fases de Gibbs** permite obtener el nº de fases microscópicas que coexisten en equilibrio asociados a una condición de estado, en base al número de componentes (C) y fases presentes (F), teniendo en cuenta la existencia de dos variables termodinámicas independientes, normalmente presión y temperatura.

$$F+L=C+2$$

Generalmente los diagramas de fases son a **P=cte** \Rightarrow **F+L=C+1**

➤ Supongamos un sistema de un componente y considerando la regla de las fases:

$$F + L = 1 + 2 = 3$$

Como L no puede ser negativo, únicamente podrán existir una, dos o tres fases.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

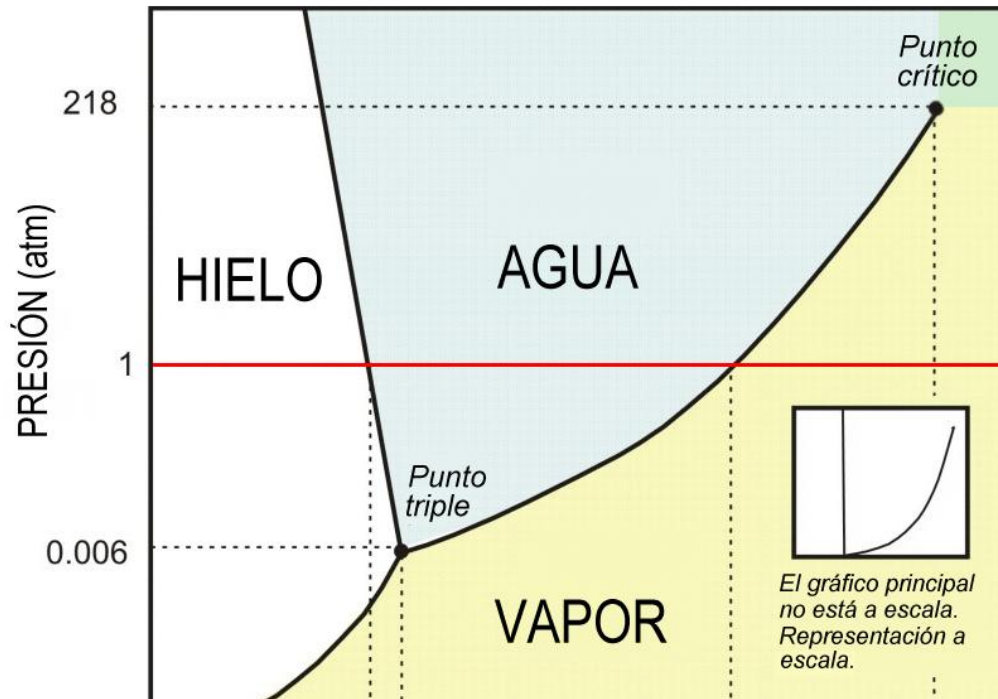
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.1. INTRODUCCIÓN

Diagrama de fases de un componente

Una sustancia pura como el agua puede existir en las fases sólida, líquida y gaseosa, dependiendo de las condiciones de T y P



- **Zonas abiertas.**

Son las regiones en las que existe una única fase, por tanto $L = 2$ (presión y temperatura)

- **Líneas.**

En esta zona coexisten dos fases por tanto $L = 1$ (presión o temperatura)

- Curva de sublimación.
- Curva de fusión
- Curva de vaporización

- **Punto Triple.**

Cartagena99

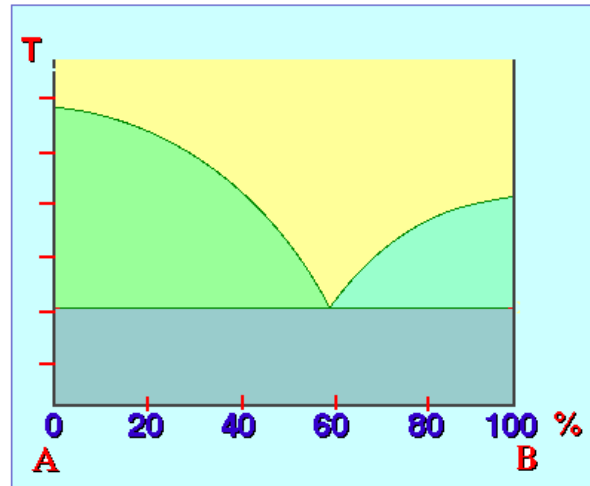
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.1. INTRODUCCIÓN

Diagrama de fases binarios

Normalmente se trabaja a presión atmosférica $L = C - F + 1 \Rightarrow$ diagramas temperatura-composición = diagramas de fases binarios



Condiciones de equilibrio en sistemas binarios son muchas, nosotros estudiaremos las de solubilidad total en estado líquido y algunas reacciones que transcurren en estado sólido:

-Miscibilidad completa en estado sólido

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

Solución sólida o disolución sólida

Fase que contiene una mezcla de más de un elemento originando una fase con estructura, propiedades y composición uniformes.

Una solución sólida se forma cuando los átomos de soluto se adicionan al material y la estructura cristalina original no se modifica.

En la solución sólida hay que distinguir entre soluto y disolvente.

Existen **sustitucionales** o **intersticiales** según las posiciones que ocupen los átomos de soluto. Se mantienen la estructura cristalina del disolvente. Se representan con letras del alfabeto griego.

○ Átomo A (Disolvente)

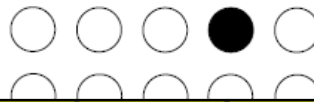
● Átomo B (Soluto)

Solución sólida de B en A

Material A puro



Sustitucional



Intersticial



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

Al solidificar puede ocurrir:

- Que la solubilidad sea total
- Que la solubilidad sea parcial
- Que la solubilidad sea nula
- Que se formen nuevos compuestos químicos

Límite de solubilidad: Concentración máxima de átomos de soluto que se disuelven en un disolvente para formar una solución sólida a una temperatura específica

- Una ss **no saturada**: el disolvente disuelve menos soluto del que podría disolver a una presión y temperatura dada.
- Una ss **saturada**: disuelve la cantidad límite de soluto.
- Una ss **sobresaturada**: se disuelve más soluto del que se debiera en condiciones de equilibrio. Inestable.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

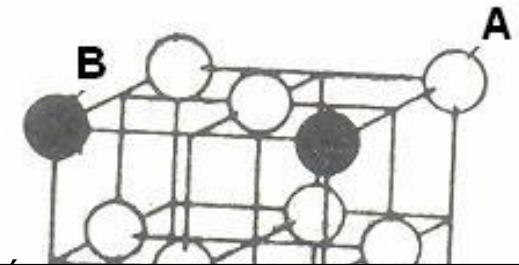
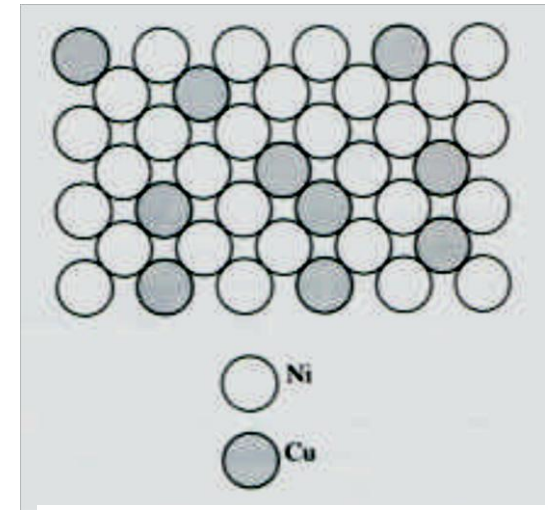
3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

Solución Sólida Sustitucional

Intervalo de solubilidad de ss (Hume-Rothery):

- *Factor de estructura cristalina:* ss total se consigue cuando poseen el mismo tipo de estructura cristalina.
- *Factor de tamaño relativo:* se forma ss cuando la diferencia de radios es menor del 15%.
 $r > 15\%$ la ss esta muy limitada. Ej. Sistema Ag-Pb
- *Factor de afinidad química:* Las electronegatividades deben ser lo más parecidas ya que si no reaccionarían y formarían nuevos compuestos.
- *Factor de valencia relativa:* Deben tener valencia similar. Un metal de mayor valencia tiende a disolver más a un metal de menor valencia que al

Un ejemplo de solución sólida en metales lo constituyen el Cobre y el Níquel.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

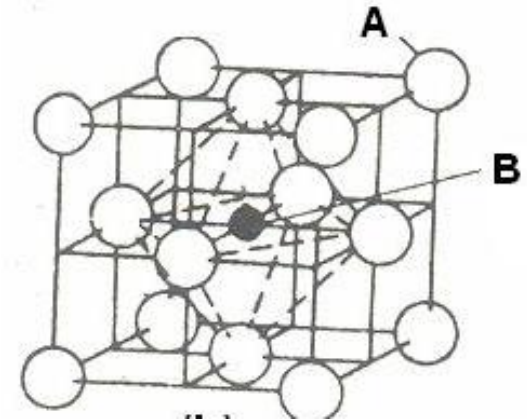
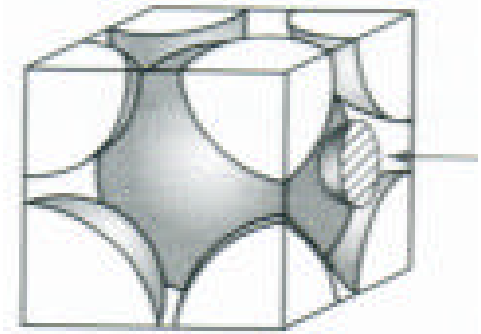
Cartagena99

3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

Solución Sólida Intersticial

- Mayoría materiales metálicos el empaquetamiento atómico es alto y los intersticios son pequeños
- Los diámetros de los átomos que constituyen las impurezas intersticiales deben ser sustancialmente más pequeños que los del material original
- ✓ Las ss intersticiales: ϕ de átomo de soluto $\leq 0,6 \phi$ de disolvente
Metales comerciales r: 1,25 Å (Co) – 1,75 Å (Pb)
- ✓ Los elementos que entrarán intersticialmente $r < 1,05 \text{ \AA}$ (H, O, C, B, S)

Un ejemplo de este tipo de impureza intersticial lo constituyen el carbono y el hierro. Un **acero** es una solución sólida intersticial de C en Fe, en la que el Fe



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

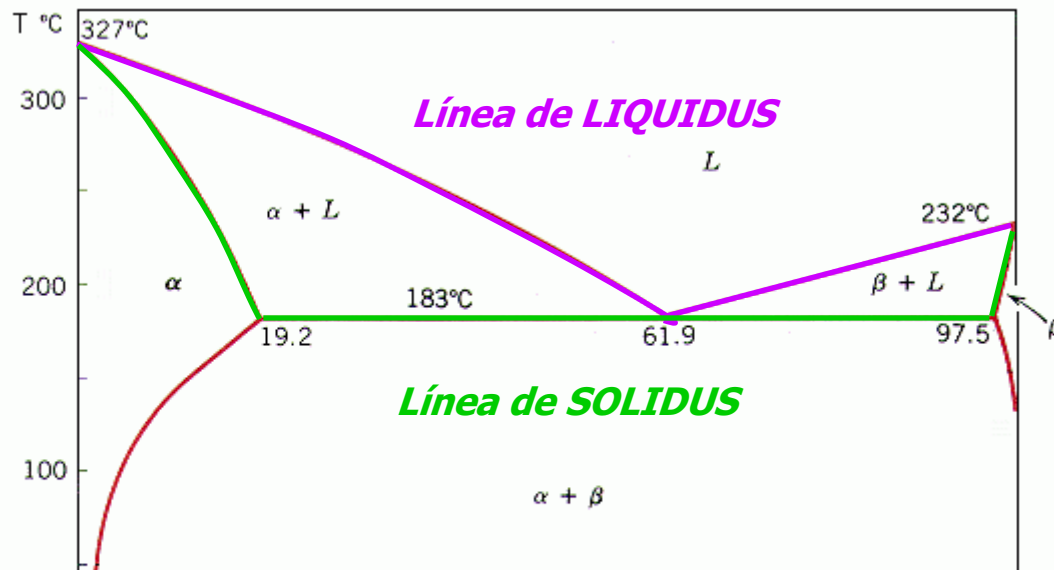
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.2. SOLUCIONES SÓLIDAS

Sistema Pb-Sn.

Presenta 2 fases \Rightarrow α : Solución sólida de Sn en Pb
19,2 %Sn en Pb es la máxima solubilidad a 183 °C

β : Solución sólida de Pb en Sn
2,5 %Pb en Sn es la máxima solubilidad a 183 °C



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

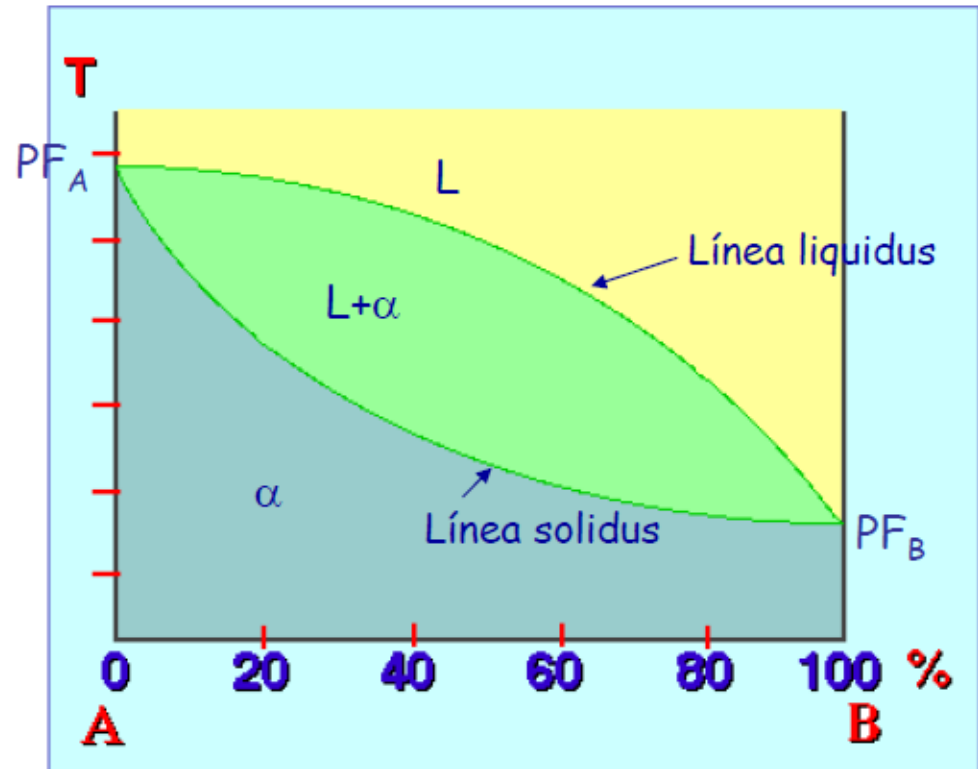
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.3. SOLUBILIDAD TOTAL

Cuando forman una solución sólida en todo el rango de concentraciones entre dos componentes = Solubilidad completa (ilimitada) en estado sólido.

Ej. Ag-Au y Cu-Ni

α (solución sólida A-B)

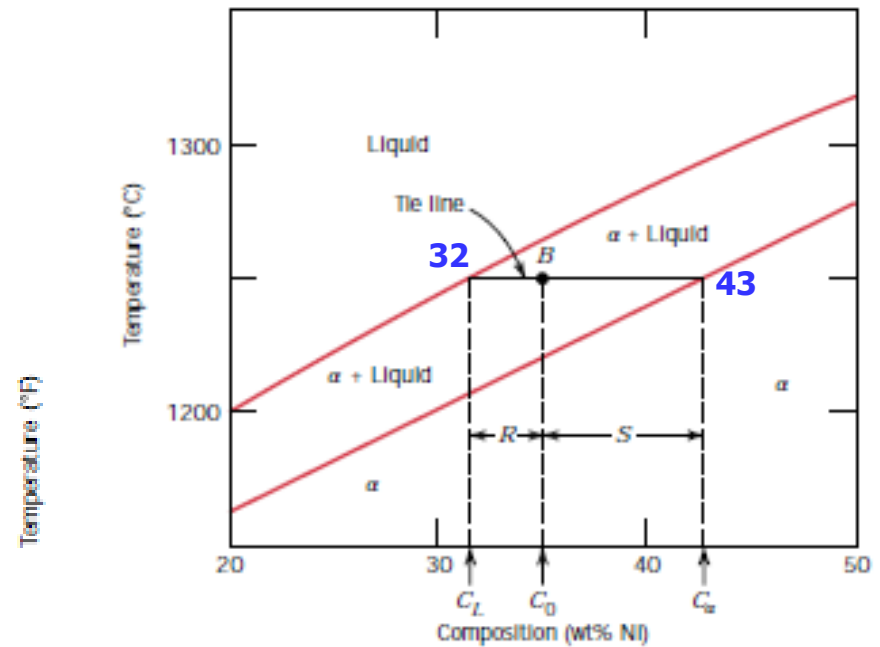
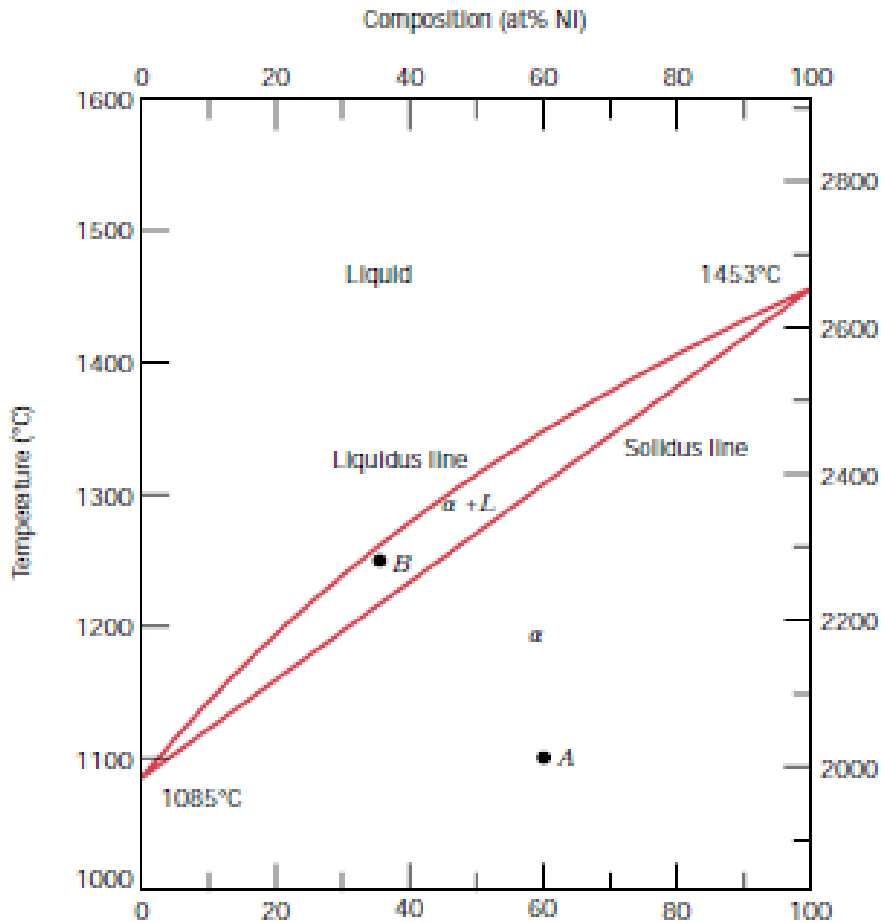


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

3.3. SOLUBILIDAD TOTAL: Cu-Ni



Aleación Cu-35Ni

- *Composición de las fases*

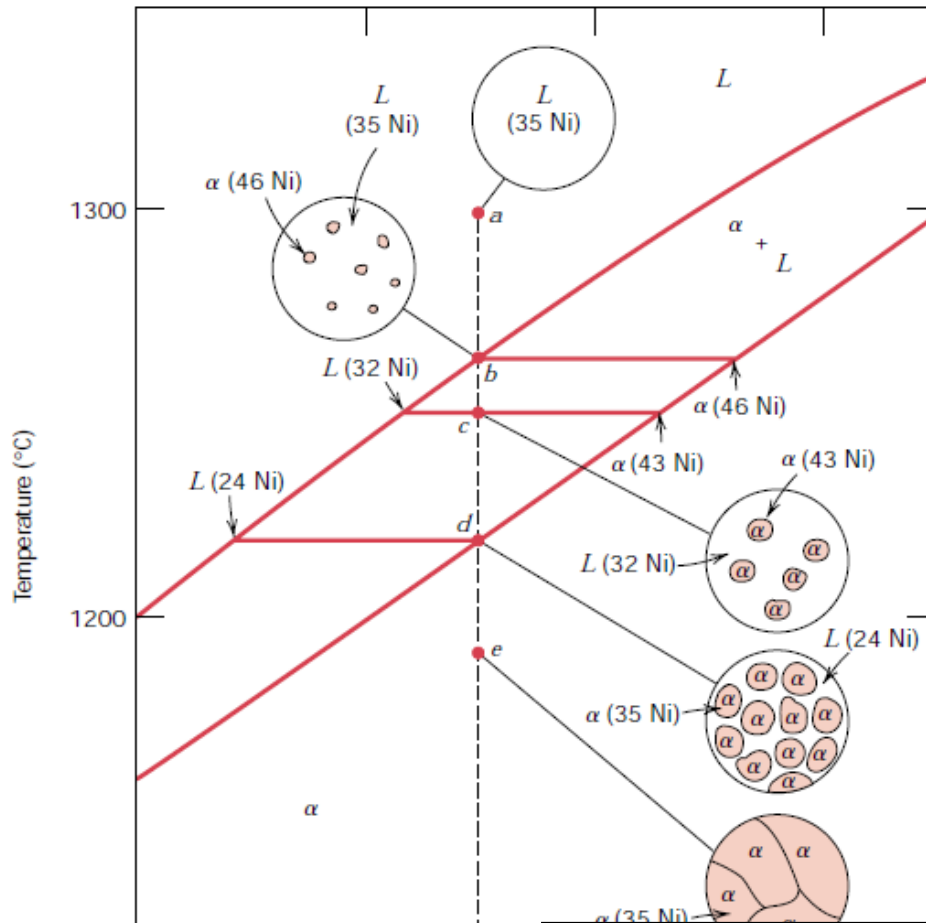
A 1250 °C \Rightarrow L + α (L-32%Ni y α -43% Ni)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

3.3. SOLUBILIDAD TOTAL: Cu-Ni



- Evolución de la microestructura durante la solidificación de la aleación Cu-35Ni

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.4. REACCIONES INVARIANTES

Reacción	Ecuación	Diagrama de fases
Eutética	$L \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \alpha + \beta$	
Eutectoide	$\alpha \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \beta + \gamma$	
Peritética	$\alpha + L \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \beta$	
Peritectoide	$\alpha + \beta \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \gamma$	
Monotética	$L_1 \xrightarrow{\text{Enfriamiento}} \alpha + L_2$	

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

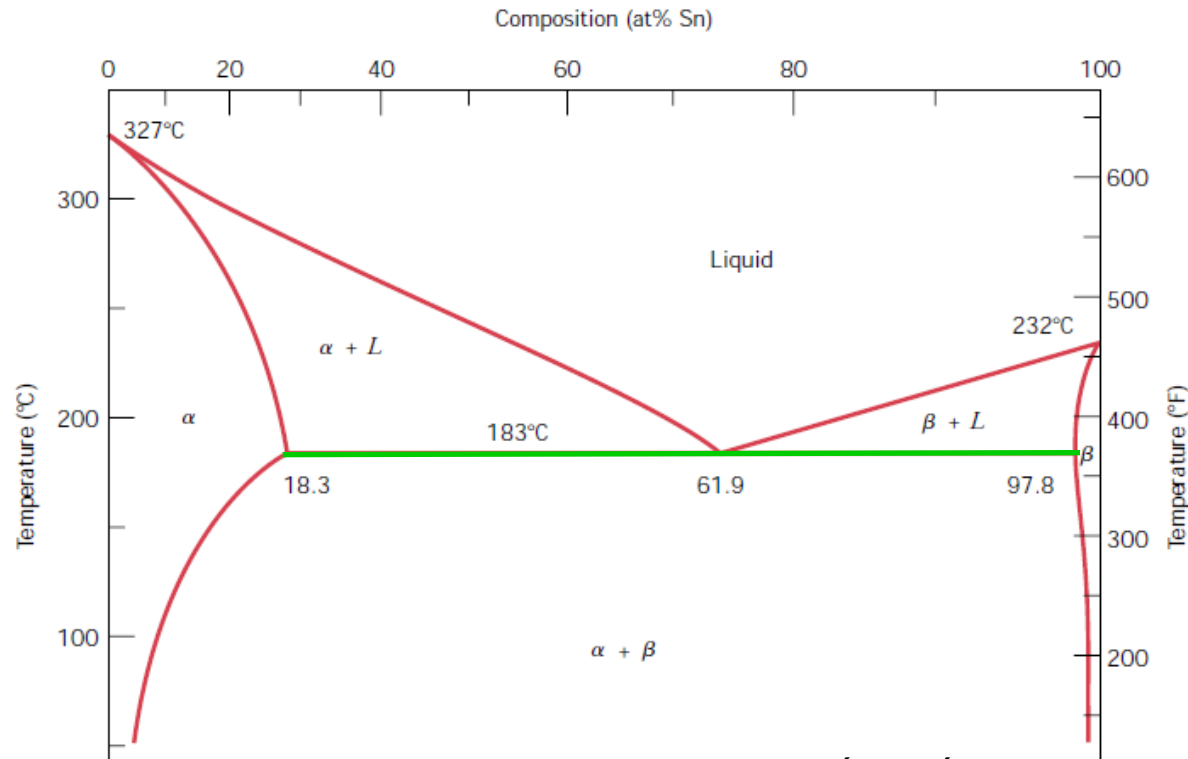
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.4. REACCIONES INVARIANTES

5.4.1. REACCIÓN EUTÉCTICA: Ejemplo Pb-Sn

Líquido (L) \rightleftharpoons sólido 1 (α) + sólido 2 (β)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

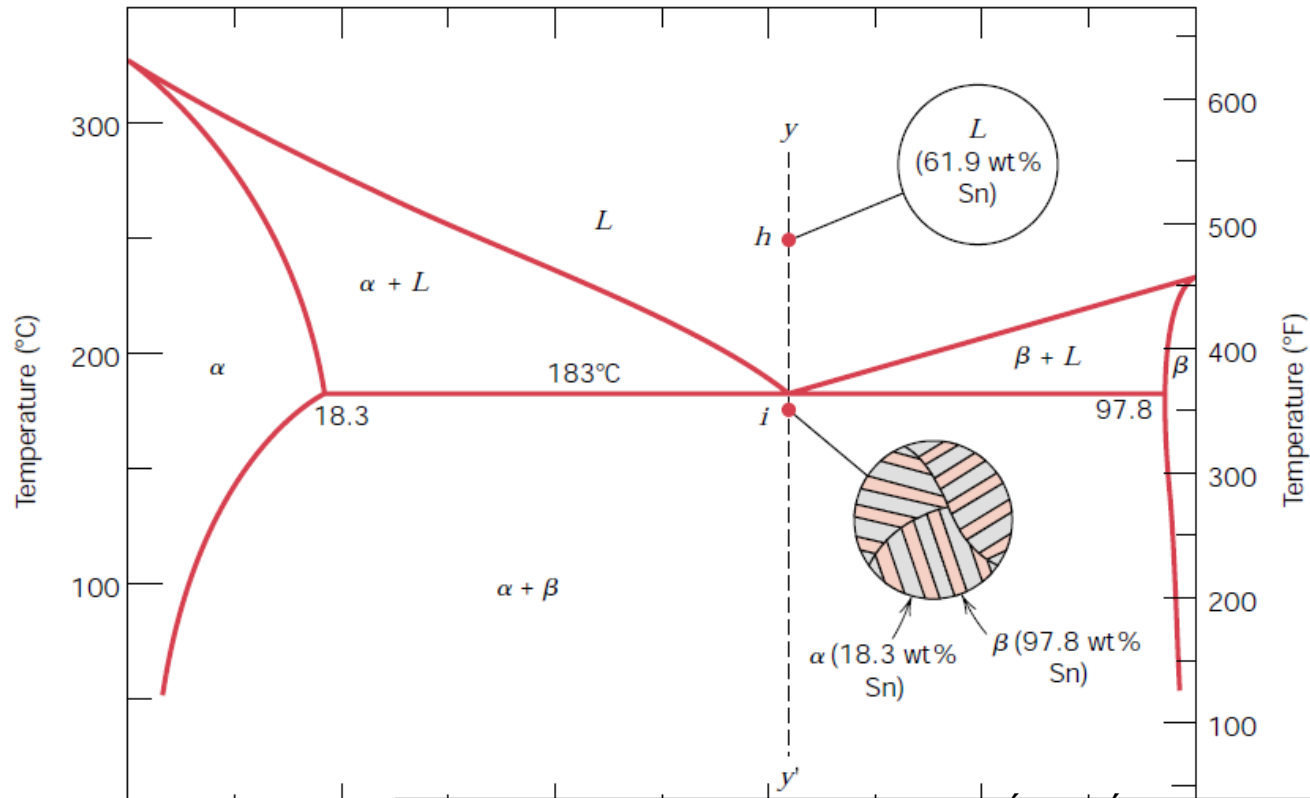
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

3.4. REACCIONES INVARIANTES

Microestructura de una aleación de composición eutéctica



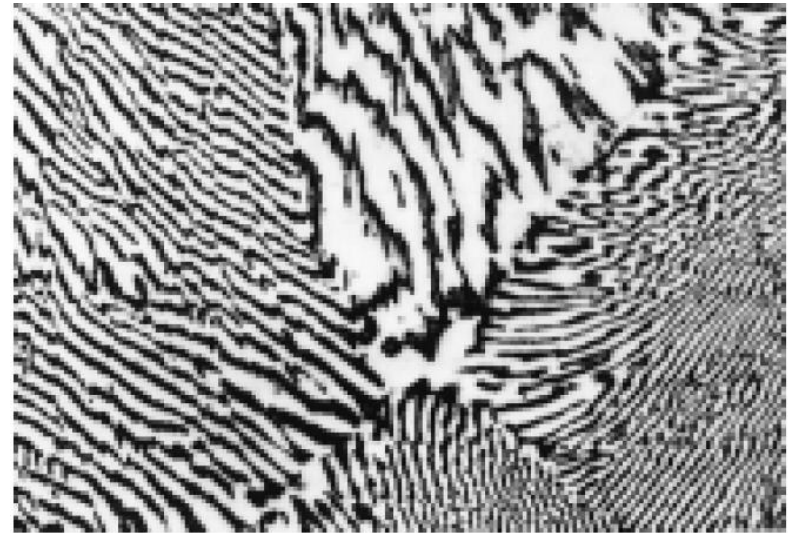
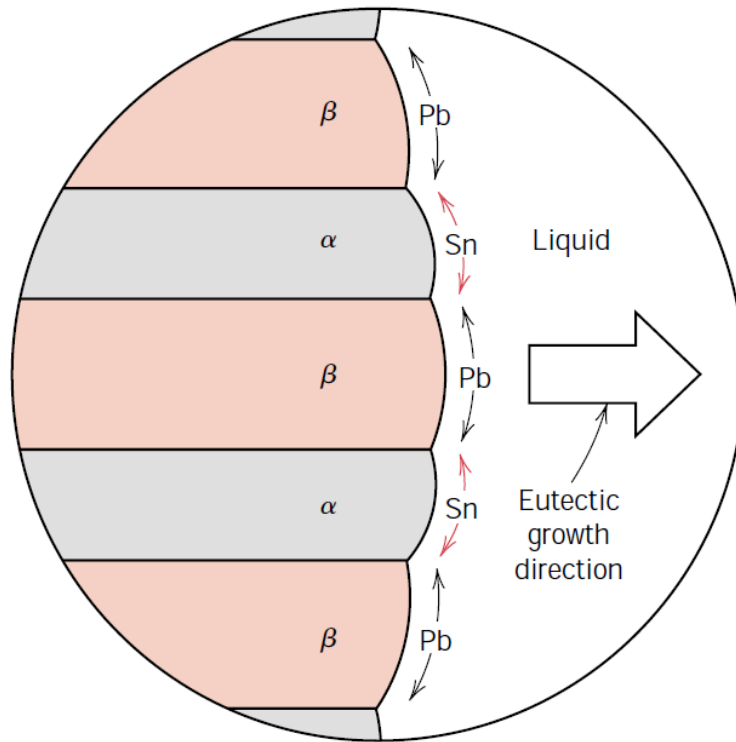
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

3.4. REACCIONES INVARIANTES

Microestructura de una aleación de composición eutéctica



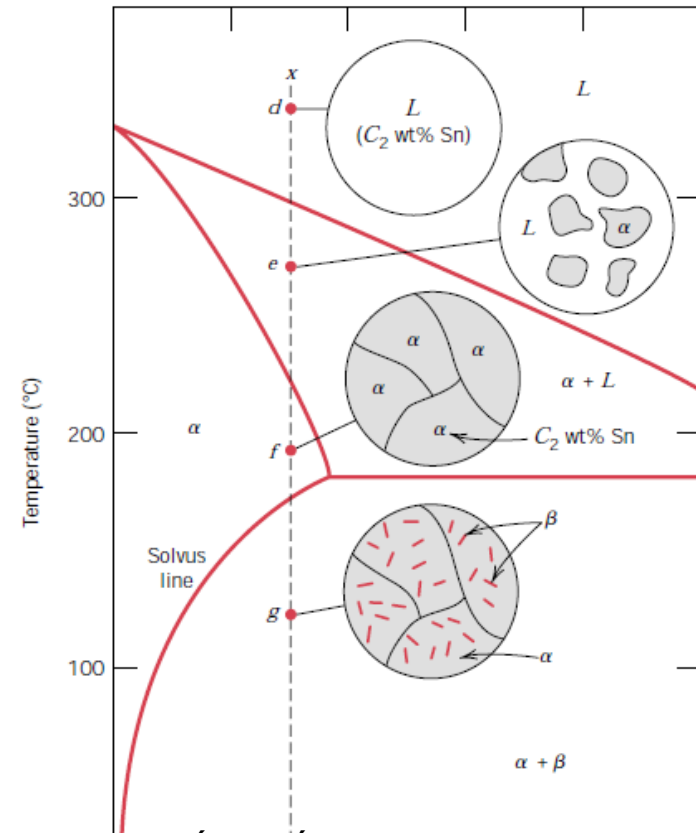
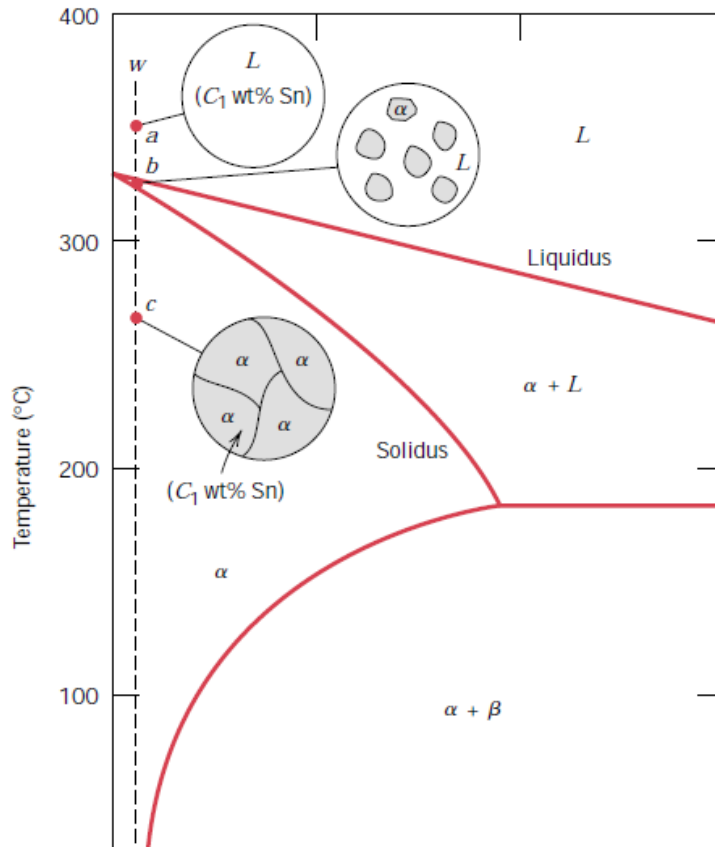
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.4. REACCIONES INVARIANTES

Microestructura de una aleación de composición hipoeutéctica



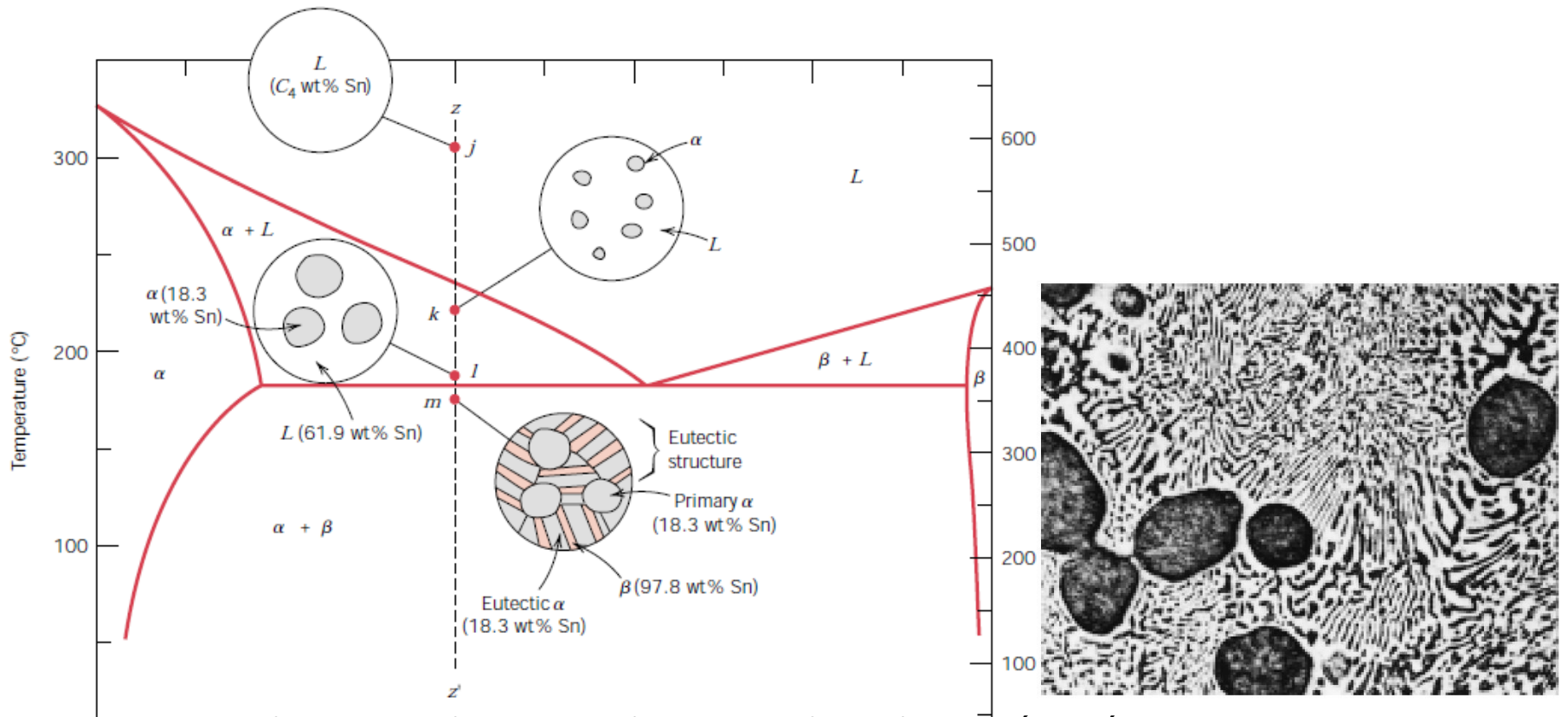
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

3.4. REACCIONES INVARIANTES

Microestructura de una aleación de composición hipoeutéctica



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

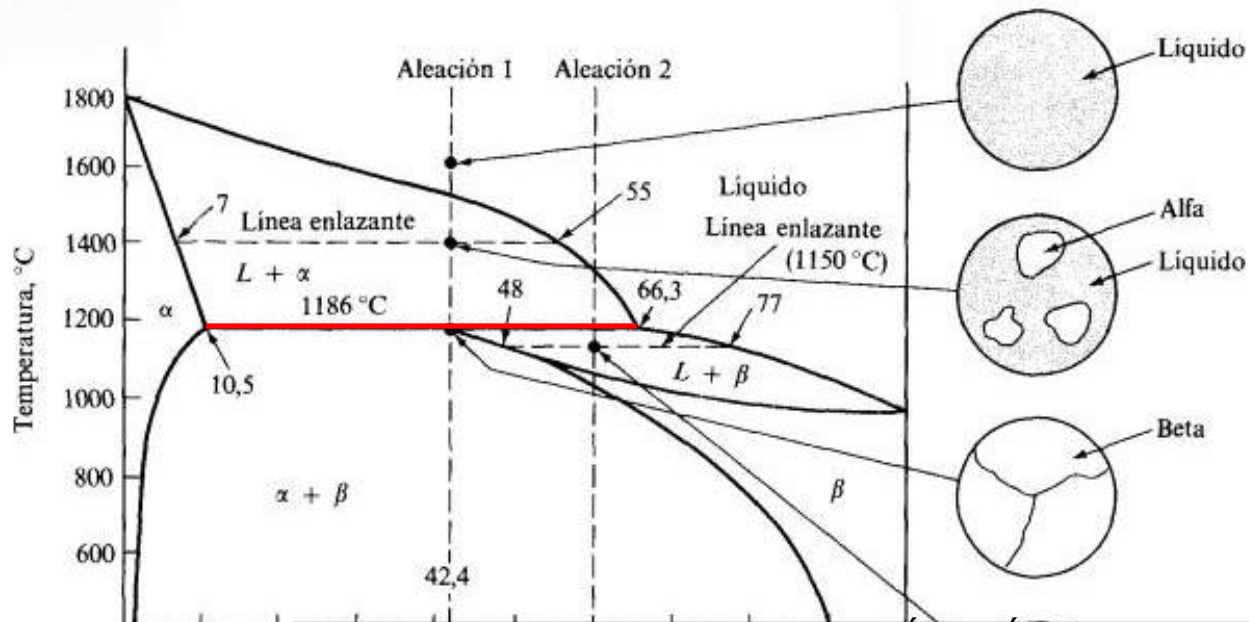
Cartagena99

3.4. REACCIONES INVARIANTES

3.4.2. REACCIÓN PERITÉCTICA



- El nuevo sólido puede ser una solución sólida intermedia o un compuesto



Cartagena99

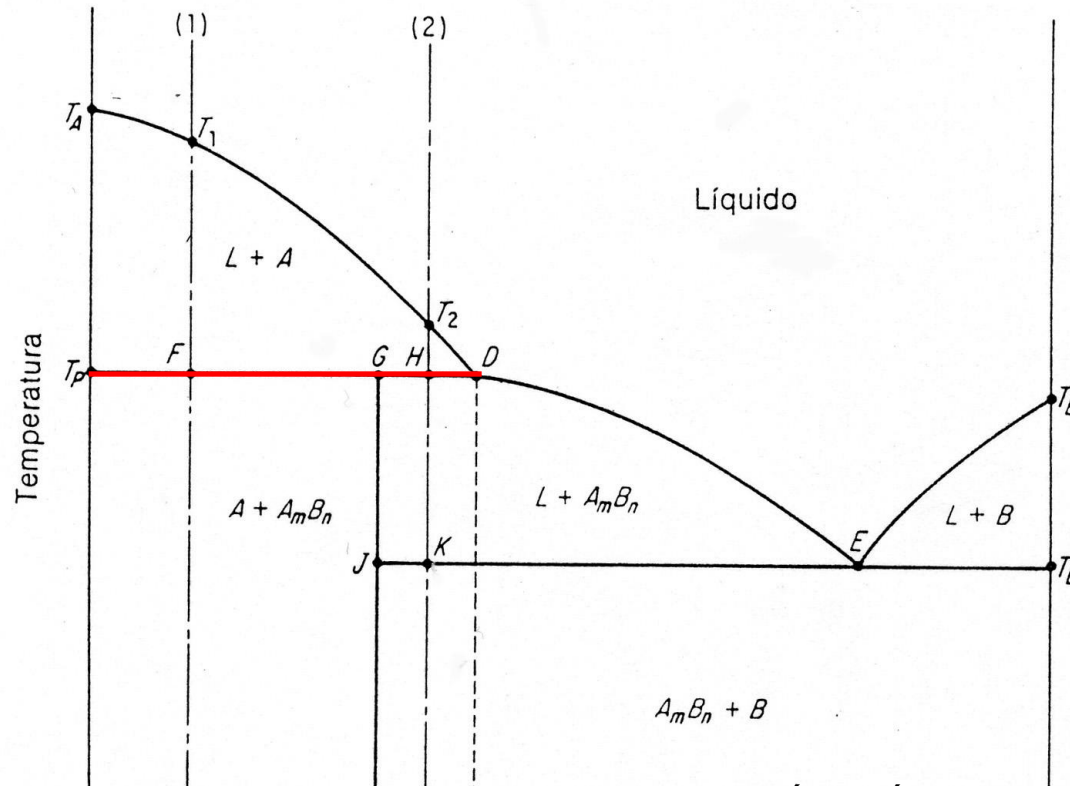
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

3.4. REACCIONES INVARIANTES

3.4.2. REACCIÓN PERITÉCTICA

- El nuevo sólido es un compuesto



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

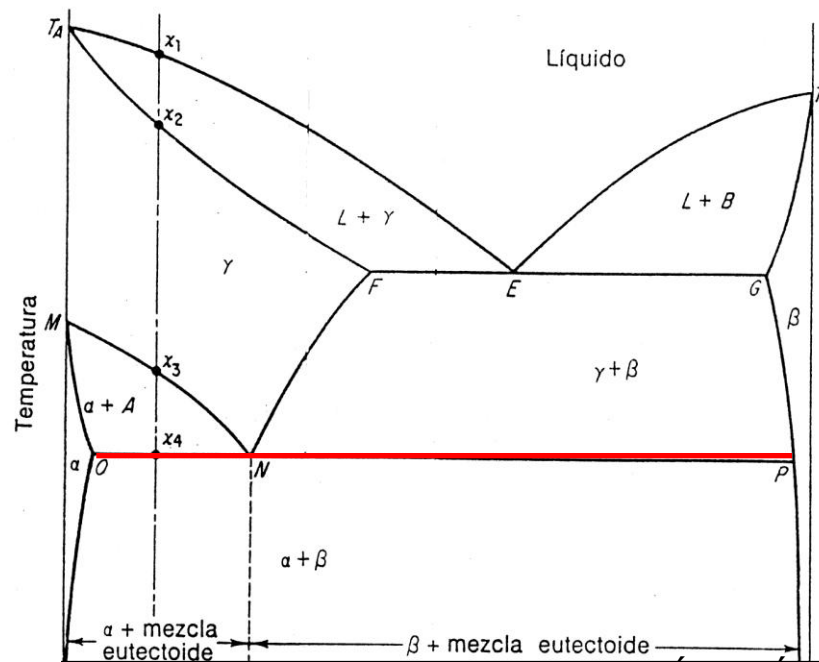
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

3.4. REACCIONES INVARIANTES

3.4.3. TRANSFORMACIONES EN ESTADO SÓLIDO

Reacción eutectoide \Rightarrow **sólido 1 (γ)** \rightleftharpoons **sólido 2 (α)** + **sólido 3 (β)**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

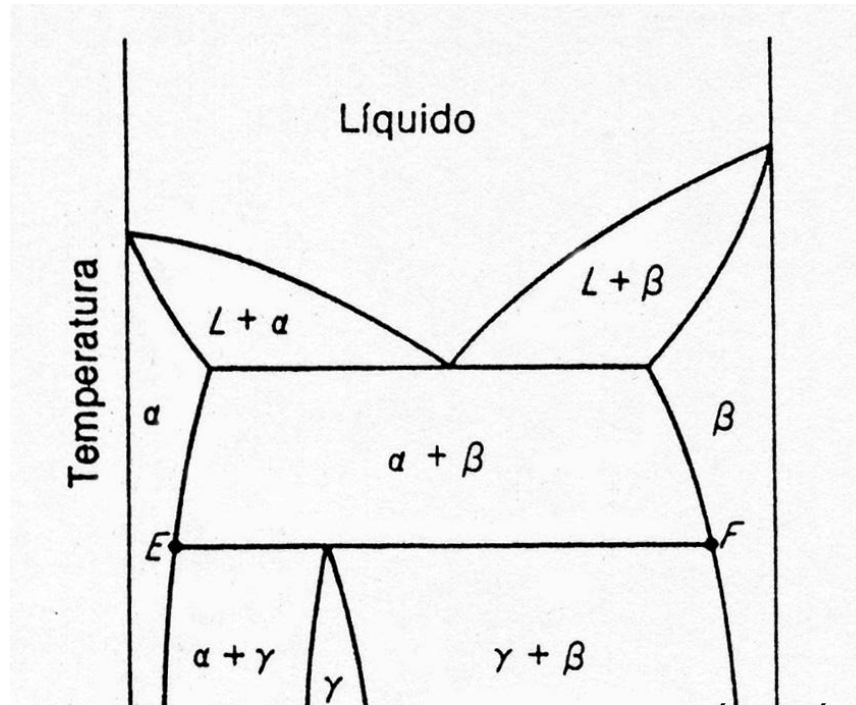
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

3.4. REACCIONES INVARIANTES

3.4.3. TRANSFORMACIONES EN ESTADO SÓLIDO

Reacción peritectoide \Rightarrow **sólido 1 (α) + sólido 2 (β) \rightleftharpoons sólido 3 (γ)**

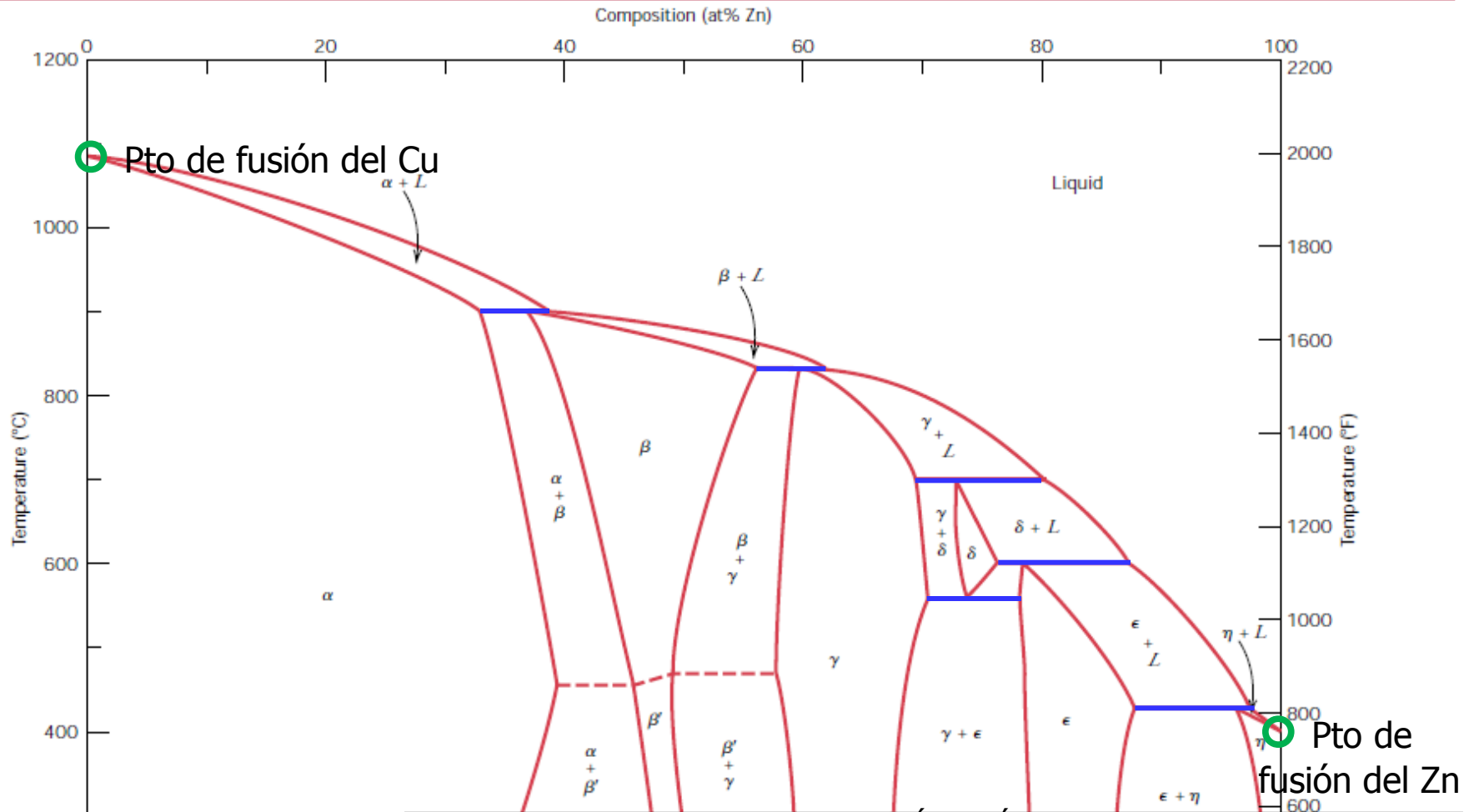


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

3.5. EJEMPLOS: DIAGRAMA Cu-Zn

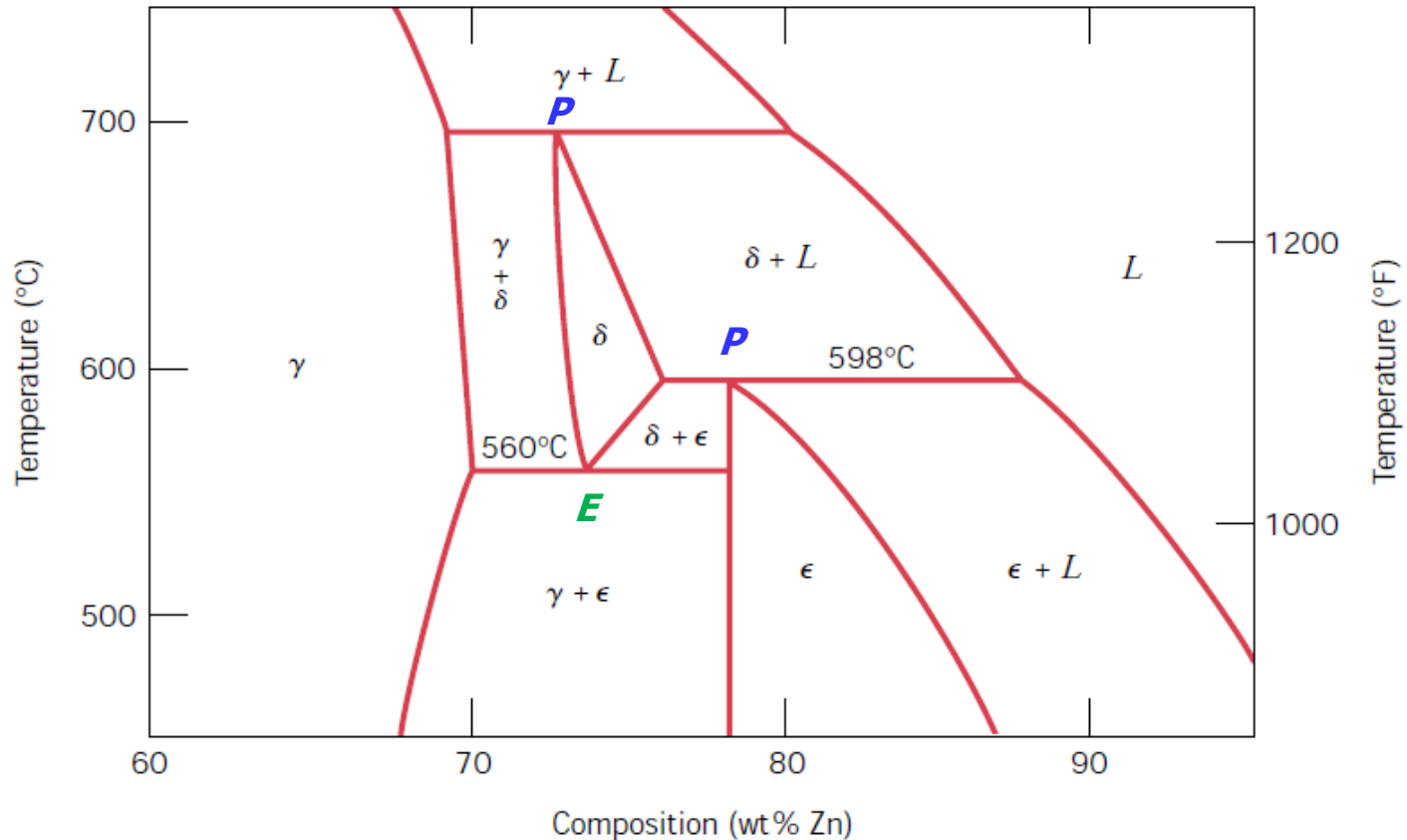


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

3.5. EJEMPLOS: DIAGRAMA Cu-Zn



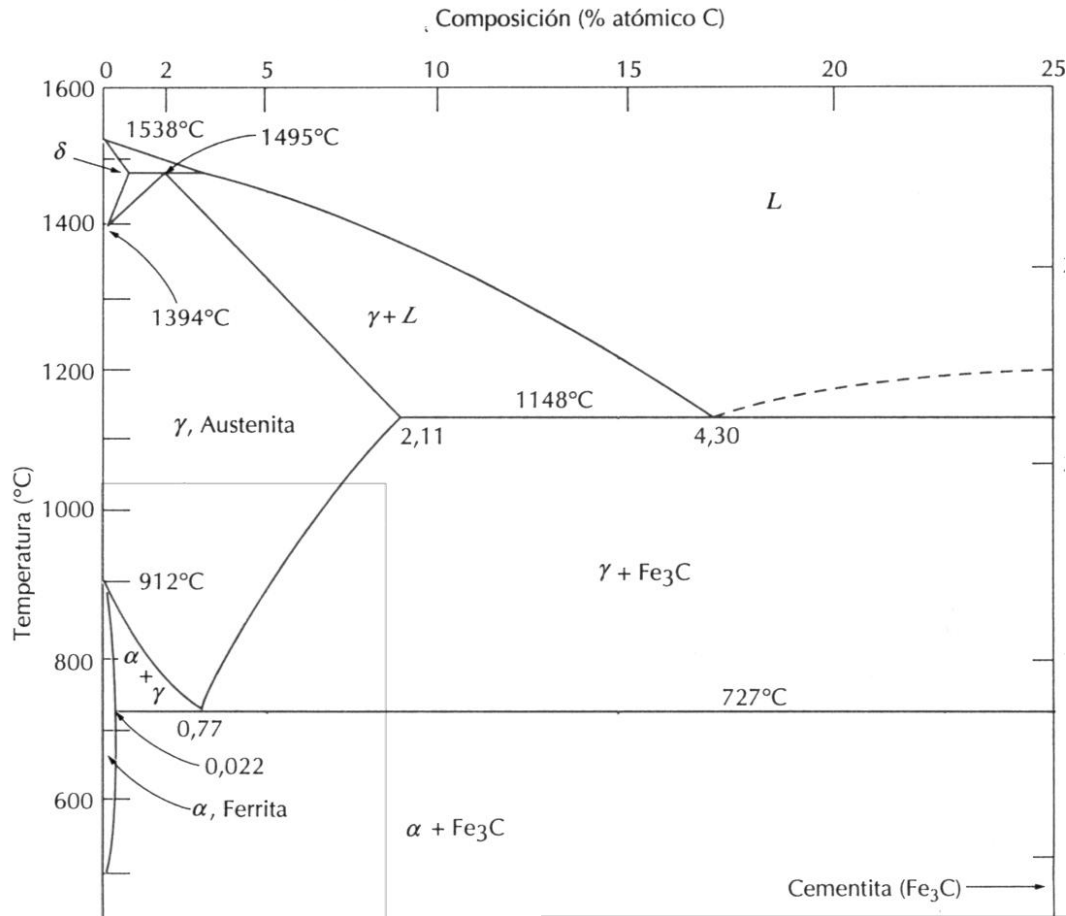
- **P** \Rightarrow Reacción Peritética $\gamma + L \rightarrow \delta$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

3.5. EJEMPLOS: DIAGRAMA Fe-C



Ptos singulares?

Reacciones invariantes?

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99