

CONTROL DE LECTURA N°5

ME-32A 2002-2

Ciencia de los Materiales.

Tiempo: 120 min

PREGUNTA 1. (25%) NO ACADEMIA 2011-2

- ¿Qué tipo de comportamiento de los materiales cristalinos es explicado por las dislocaciones y cómo?
- Describa una dislocación de borde y cómo ella se movería.
- Describa los sistemas de deslizamiento en un cristal cúbico centrado en las caras (Cu, Ni, Fe, etc.), y calcule el número total de ellos.

PREGUNTA 2. (20%)

Desarrolle el tema: formación de perlita en sistemas eutécticos y eutectoides. Condiciones para que se dé, mecanismo de transformación y cómo tal mecanismo condiciona la morfología final.

PREGUNTA 3. (20%)

- Explique qué entiende por fase y, en ese contexto, discuta el concepto de continuidad.
- ¿A qué se debe que las propiedades de las fases condensadas de los materiales de enlace fuerte son bastante independientes de la presión, dentro de un cierto rango de ella? Desarrolle un ejemplo donde se dé este comportamiento.

PREGUNTA 4. (35%)

Considere el diagrama de equilibrio eutéctico Cu-Ag adjunto y una aleación de composición Cu-30%p.Ag. A ella se le extrae calor es lentamente desde el estado líquido hasta la temperatura ambiente.

- Represente un diagrama de enfriamiento continuo (Temperatura versus tiempo) razonable para esta aleación, desde 1000°C hasta la temperatura ambiente.
- Para dicha aleación complete la tabla adjunta con la composición y fracción en peso de cada una de las fases presentes, a las temperaturas $T = 100, 950, 800, 450, 410, 380$ y 100 °C,
- Represente gráficamente estos resultados, como curvas Composición versus Temperatura y Fracción de las fases presentes versus Temperatura. Grafique la temperatura en la vertical e indique, en los ejes, las variables y las unidades empleadas.
- Explique qué ocurre entre $T_E + \epsilon$ y $T_E - \epsilon$, al retirar calor.

Aleación Cu-30%p.Ag

Temperatura (°C)	100	900	800	$T_E + \epsilon$	$T_E - \epsilon$	650	400
Composición*							
Fracción*							

Especifique variables y unidades, según corresponda.

Control de Lectura N°5

ME-32A, Ciencia de los Materiales

Tiempo: 90 minutos

Pregunta 1 (35%)

- Responda brevemente qué entiende por: a1) fase; a2) grados de libertad posibles en un diagrama de equilibrio; a3) perlita
- Considere una aleación $w_0 = \text{Ag-40\%p.Cu}$, ver diagrama eutéctico Ag-Cu adjunto, al equilibrio a $600\text{ }^\circ\text{C}$. Justifique físicamente su procedimiento para determinar la composición de las fases presentes.
- Considere una aleación Ag-5%p.Cu, ver diagrama Ag-Cu adjunto. Esta aleación es enfriada, bajo condiciones de equilibrio, desde unos $1000\text{ }^\circ\text{C}$ hasta la temperatura ambiente. Represente y discuta el diagrama de enfriamiento continuo pertinente (curva Temperatura versus Tiempo); especifique claramente las fases presentes.
- Se tiene una aleación de composición $w_0 = 28,1\%\text{p.Cu}$, a $T = 779,4\text{ }^\circ\text{C}$, bajo condiciones de equilibrio. Determine la fracción en peso de las fases presentes, justificando su respuesta.

Pregunta 2 (40%)

Considere el diagrama de fases tipo eutéctico plata-cobre adjunto.

- Para una aleación de composición hipoeutéctica, $w_0 = \text{Ag-20\%p.Cu}$, la cual es enfriada bajo condiciones de equilibrio, desde unos $1000\text{ }^\circ\text{C}$ hasta la temperatura ambiente, se pide: Explique qué transformación de fase ocurre en esta aleación al bajar su temperatura desde $T_{e+\varepsilon}$ hasta $T_{e-\varepsilon}$, donde T_e es la temperatura eutéctica y ε es un pequeño diferencial de temperatura. Ilustre también el diagrama de enfriamiento continuo correspondiente a ese intervalo de temperatura, especificando las fases y transformaciones de fase presentes.
- Considere una aleación de composición hipereutéctica Ag-80%p.Cu, la cual es enfriada bajo condiciones de equilibrio, desde unos $1000\text{ }^\circ\text{C}$ hasta la temperatura ambiente. Para la temperatura $T_{e-\varepsilon}$, donde T_e es la temperatura eutéctica y ε es un pequeño diferencial de temperatura, se pide: represente lo que se observaría al microscopio óptico, identificando las fases presentes, y calcule la fracción de fase primaria (o proeutéctica) presente a dicha temperatura.

Pregunta 3 (25%)

Se tiene una aleación Ag-80%Cu, la cual es enfriada bajo condiciones de equilibrio desde $1000\text{ }^\circ\text{C}$ hasta $700\text{ }^\circ\text{C}$. Considere las siguientes temperaturas: 1000 , 950 , 900 , 850 , 800 , $779,4 + \varepsilon$, $779,4 - \varepsilon$, 750 , $700\text{ }^\circ\text{C}$. Para cada una de esas temperaturas, calcule la fracción de la o las fases presentes, con la temperatura en la vertical; resuma sus resultados en una tabla. Además, represente sus resultados en un gráfico fracción de la o las fases presentes en función de la Temperatura, con la Temperatura en la vertical. Discuta las forma de sus curvas en el campo $\beta+L$.

CONTROL PROPUESTA LARGA

Pregunta 1

Responda brevemente qué entiende por:

- fase
- diagrama de fases al equilibrio
- grados de libertad posibles en un diagrama de equilibrio
- transformación eutéctica
- perlita
- solución sólida y tipos de ellas
- transformación invariante, en un diagrama binario

Pregunta 2

- Considere una aleación $w_0 = \text{Ag-40\%p.Cu}$, ver diagrama Ag-Cu adjunto, al equilibrio a 600 °C. Justifique físicamente su procedimiento para determinar la composición de las fases presentes.
- y c) Considere una aleación Ag-5%p.Cu, ver diagrama Ag-Cu adjunto. Esta aleación es enfriada, bajo condiciones de equilibrio, desde unos 1000 °C hasta la temperatura ambiente. Represente y discuta el diagrama de enfriamiento continuo pertinente (curva Temperatura versus Tiempo); especifique claramente las fases presentes. También represente, con la Temperatura en la vertical, la fracción de la o las fases presentes en función de la Temperatura.
- Se tiene una aleación de composición $w_0 = 28,1\% \text{p.Cu}$, a $T = 779,4 \text{ °C}$, bajo condiciones de equilibrio. Determine la fracción en peso de las fases presentes, justificando su respuesta.

Pregunta 3

Considere el diagrama Cu-Ni, ver figura adjunta.

- Identifique y comente brevemente las transformaciones invariantes que aparecen en dicho diagrama.
- Considere una aleación de composición $w_0 = \text{Cu-30\%p.Ni}$, la cual es enfriada, bajo condiciones de equilibrio desde unos 1500°C hasta la temperatura ambiente. ¿Por qué, en la curva del respectivo diagrama de enfriamiento continuo (curva Temperatura versus Tiempo), se produce una discontinuidad al pasar desde el rango líquido L, al rango líquido L más sólido α . La pregunta precisa es porqué este diagrama es sensible al pertinente cambio de fase.
- A $T = 600 \text{ °C}$ se tiene bajo condiciones de equilibrio, una aleación bifásica $L + \alpha$, donde la fracción en peso de la fase α vale $x_{\alpha} = 0,4$. Se pide calcular la composición de la aleación, w_0 .

Pregunta 4

Considere el diagrama de fases tipo eutéctico plata-cobre adjunto.

- Para una aleación de composición hipoeutéctica, $w_0 = 20\% \text{Cu}$, la cual es enfriada bajo condiciones de equilibrio, desde unos 1000°C hasta la temperatura ambiente, se pide: Explique qué transformación de fase ocurre en esta aleación al bajar su temperatura desde $T_{e+\varepsilon}$ hasta $T_{e-\varepsilon}$, donde T_e es la temperatura eutéctica y ε es un pequeño diferencial de temperatura. Ilustre también el diagrama de enfriamiento continuo correspondiente a ese intervalo de temperatura, especificando las fases y transformaciones de fase presentes.
- Considere una aleación de composición hipereutéctica Cu-80%p, la cual es enfriada bajo condiciones de equilibrio, desde unos 1000°C hasta la temperatura ambiente. Para la temperatura $T_{e-\varepsilon}$, donde T_e es la temperatura eutéctica y ε es un pequeño diferencial de temperatura, se pide: represente lo que se observaría al microscopio óptico, identificando las fases presentes, y calcule la fracción de fase primaria (o proeutéctica) presente a dicha temperatura.

Pregunta 5

e) Se tiene una aleación Ag-80%Cu, la cual es enfriada bajo condiciones de equilibrio desde 1000°C hasta 700 °C. Considere las siguientes temperaturas: 100, 950, 900, 850, 800, 779,4+ , 779,4- , 750, 700°C. Para cada una de esas temperaturas, calcule la fracción de las fases presentes, con la temperatura en la vertical; resuma sus resultados en una tabla. Además, represente sus resultados en un gráfico fracción de la o las fases presentes en función de la Temperatura, con la Temperatura en la vertical; comente las forma de sus curvas en el campo $\beta+L$.

Control de Lectura 5

27 de octubre, 2004-10-27. ME-32A, Ciencia de los Materiales

Tiempo: 90 minutos

Pregunta 1. (30%)

- Enuncie las reglas de Hume-Rothery para las soluciones sólidas de sustitución.
- Explique cómo se lee la composición de las fases presentes en un diagrama binario, bajo condiciones de equilibrio, cuando la temperatura y la composición de la aleación caen dentro de un campo bifásico. ¿Cuál es el fundamento del procedimiento?
- La regla de la palanca: ¿Para qué se aplica y bajo que circunstancia? ¿Qué establece esta regla? ¿Cuál es la consideración fundamental para demostrar esta regla? No se pide la demostración.

Pregunta 2. (50%)

Considere el diagrama **Pb-Sn** de la figura adjunta. Suponga una aleación de composición hipereutéctica con $w_0 = 75\%p.$ Sn. Tal aleación es enfriada, bajo condiciones de equilibrio, desde 350 °C, hasta la temperatura ambiente. Se pide:

- Represente la composición de la o las fases presentes en función de la temperatura. ¿Cuál es la composición del líquido a $T_E + \epsilon$?
- Calcule la **fracción de la o las fases presente** a las siguientes temperaturas: $T_E + \epsilon$ y $T_E - \epsilon$. Para las mismas temperatura $T_E + \epsilon$, y $T_E - \epsilon$, represente esquemáticamente las respectivas observaciones metalográficas por microscopía óptica.
- Represente el correspondiente diagrama de enfriamiento continuo. Justifique la forma de este diagrama. También represente las observaciones metalográficas por metalografía óptica correspondientes a cada rango de temperatura pertinente.
- Complete su respuesta de c), detallando lo que a ocurre a $T = T_E$, en el entendido de que se está sacando calor.
- Teniendo presente la ya calculada fracción en peso de líquido L a $T_E + \epsilon$, (fracción calculada en la parte b), ahora indique cuál es la fracción en peso de la perlita presente a $T_E - \epsilon$.? Justifique su respuesta
- Identifique la fase proeutéctica (primaria) que aparece en el campo binario por sobre T_E . ¿Es afectada esa fase primaria por la transformación eutéctica al pasar desde: $T_E + \epsilon$ a $T_E - \epsilon$? ¿Por qué? Determine cuántos g hay de esa fase primaria a $T_E - \epsilon$, si la aleación pesa 100 g.

Pregunta 3. (20%) NO Academia 2011-2

En el contexto de los aceros al C, responda las siguientes preguntas.

- ¿Por qué la solubilidad máxima del C es mayor en la fase γ que en la fase α ?
- Bajo condiciones de equilibrio, ¿cómo evoluciona la dureza a temperatura ambiente de estos aceros en función del contenido de C?. Fundamente su respuesta. Suponga que en todos los casos las fases presentes exhiben la misma morfología.
- c y d) Considere un acero Fe-1%p.C que es enfriado desde los 1.000°C hasta la temperatura ambiente. Analice comparativamente las fases obtenidas a temperatura ambiente, la

naturaleza de las transformaciones de fase que ocurren durante el enfriamiento y las propiedades mecánicas de las estructuras resultantes a temperaturas ambiente, considerando i) enfriamiento lento y ii) enfriamiento rápido o temple.

CL 5
ME-32A
100 minutos

Pregunta 1 (20%)

Explique qué entiende por:

- diagrama de fases al equilibrio
- fases, incluyendo su concepto de continuidad
- grados de libertad de un diagrama de fases. Identifíquelos y cuéntelos.
- regla de la palanca
- transformación eutéctica, en un diagrama binario

Pregunta 2 (10%)

Considere un diagrama binario cualquiera (por ejemplo Cu-Ni o Pb-Sn). Considere que tiene una aleación de composición W_0 a temperatura T_0 , bajo condiciones de equilibrio. Suponga que tales condiciones W_0 y T_0 corresponden a un punto en algún campo bifásico del respectivo diagrama, diagrama que para usted es un dato. Explique cómo lee las composiciones de cada una de las fases allí presentes y justifique por qué la lectura se hace así.

Pregunta 3 (15%)

Considere el diagrama Pb-Sn adjunto y condiciones de equilibrio. Se tiene una aleación de composición $W_0 = \text{Pb-10\% p.Sn}$, la cual es enfriada desde los 400°C hasta la temperatura ambiente.

Represente un diagrama de enfriamiento continuo razonable (Temperatura vs tiempo) ilustrando las estructuras metalográfica representativas de los cambios que se producen en función de la temperatura.

Justifique los cambios de pendiente representados.

Pregunta 4. (40%)

Considere el diagrama Pb-Sn adjunto y condiciones de equilibrio. Se tiene una aleación de composición $W_0 = \text{Pb-40\% p.Sn}$, la cual es enfriada desde los 400°C hasta la temperatura ambiente.

- a) Haga un gráfico de la evolución de la fracción de las fases presentes en función de la temperatura. Calcule las fracciones de fase presentes en unos 4 puntos importantes del diagrama. (2/5)
- b) En relación con lo preguntado en a), aquí explique que pasa a la temperatura $T = 184^\circ\text{C}$. (1/5)
- c) Represente un diagrama de enfriamiento continuo razonable (Temperatura vs tiempo) ilustrando las estructuras metalográfica representativas de los cambios que se producen en función de la temperatura. Justifique los cambios de pendiente representados. (2/5)

Pregunta 5 (15%)

Considere el diagrama Pb-Sn adjunto y condiciones de equilibrio.

Para una temperatura $T = 200^\circ\text{C}$, represente en función de la composición de la aleación, W_0 , la evolución de la fracción de la o las fases presentes. Calcule dichas fracciones para unas 4 composiciones importantes.

Control de Lectura N°5
ME-32A
Ciencia de los Materiales

Tiempo: 80 minutos

Considere el diagrama Sn-Pb y condiciones de equilibrio.

Problema 1 (Coeficiente 2).

Considere las seis aleaciones que se indican a continuación, a las que se les retira calor desde 400 °C hasta la temperatura ambiente, bajo condiciones de equilibrio.

$W_o =$ Pb puro; Pb-10%p.Sn; Pb-40%p.Sn; Pb-50%p.Sn; Pb-61,9%p.Sn; y Pb-85%p.Sn.

- Represente (dibuje) diagramas razonables de enfriamiento continuo (Temperatura versus tiempo). Justifique la forma de la curva en cada rango de temperatura de interés.
- Represente la composición de la o las fases presentes en función de la temperatura. Ubique la temperatura T en el eje vertical. En particular a $T = T_e + \epsilon$, ¿cuál es la composición del líquido de las aleaciones con W_o entre 19,2 y 97,5% p. Sn?
- Represente la fracción en peso de la o las fases presentes en función de la temperatura. Ubique la temperatura T en el eje vertical del gráfico.
- Y explique, para las aleaciones con composición W_o entre 19,2 y 97,5% p. Pb, qué ocurre cuando ellas son enfriadas desde $T_e + \epsilon$ hasta $T_e - \epsilon$.

Problema 2. (Coeficiente 1)

En este problema la temperatura se indica (dato) y la composición W_o una variable. Siempre represente la variable en el eje horizontal.

- Represente diagramas de fracción de la o las fases presentes en función de la composición de la aleación, para $T = T_e + \epsilon$.
- Represente diagramas de fracción de la o las fases presentes en función de la composición de la aleación, para $T = T_e - \epsilon$.
- Y represente un diagrama de la fracción de la fase primaria (o proeutectoide) eventualmente presente, en función de la composición de la aleación, para $T = T_e - \epsilon$.

En todos los casos, explique su procedimiento de cálculo y precise las variables calculadas con sus unidades.

CL 5

ME-32A

24 de octubre, 2007

Tiempo: 80 minutos

Pregunta 1.

- Defina fase (definición completa y estricta). En este marco, ¿cómo se detecta experimentalmente un cambio de fase?
- En general, ¿cuáles y cuántos son los grados de libertad de un diagrama de equilibrio?
- Considere que tiene una aleación $W_0 = \text{Cu-82\%p.Ag}$ a 500°C , bajo condiciones de equilibrio, ver el diagrama adjunto que es un dato. Justifique cómo se determina la composición de las fases presentes.
- ¿Bajo que consideraciones se puede omitir, en un diagrama de fases al equilibrio, la presión como variable.
- Discuta brevemente la solubilidad al estado sólido de Cu en el Ni (o viceversa); considere también argumentos químicos, no solo lo que se ve en el diagrama Cu-Ni.
- ¿Qué entiende por fase proeutéctica o primaria? Desarrolle un ejemplo.

Pregunta 2.

Considere el diagrama de fases al equilibrio del sistema Cu-Ag adjunto. Para una aleación de composición $W_0 = \text{Cu-5\%p.Ag}$ a la cual se le extrae calor desde el estado líquido, hasta llegar a la temperatura ambiente, bajo condiciones de equilibrio, SE PIDE.

- Represente (dibuje), un diagrama de enfriamiento continuo razonable, explicando la forma de la curva respectiva.
- Sobre el anterior diagrama de enfriamiento continuo, ilustre (esquemas razonables) y explique las estructuras metalográficas que se observan bajo un microscopio óptico.
- Represente la composición de la o las fases presentes en función de la temperatura; ilustre la temperatura en la vertical.
- Represente la fracción en peso de la o las fases presentes en función de la temperatura; ilustre la temperatura en la vertical.

Pregunta 3

Considere el diagrama de fases al equilibrio del sistema Cu-Ag adjunto. Para una aleación de composición $W_0 = \text{Cu-82\%p.Ag}$ a la cual se le extrae calor desde el estado líquido, hasta llegar a la temperatura ambiente, bajo condiciones de equilibrio, SE PIDE.

- Represente, un diagrama de enfriamiento continuo razonable, explicando la forma de la curva respectiva.
- Sobre el anterior diagrama de enfriamiento continuo, ilustre (esquemas razonables) y explique las estructuras metalográficas que se observan bajo un microscopio óptico.
- Calcule la fracción de fases presentes a las siguientes temperaturas: T_{liquidus} , $((T_{\text{liquidus}} + (T_E + \epsilon))/2)$, $T_E + \epsilon$ y $T_E - \epsilon$, y 500°C . (La T_{liquidus} a considerar es la de la línea límite entre el campo L y el campo $(\beta+L)$). Represente la fracción de fases presentes en función de la temperatura, considerando su cálculo anterior; ilustre la temperatura en la vertical. (T_E : temperatura eutéctica).
- Explique detalladamente qué ocurre al pasar desde $T_E + \epsilon$ a $T_E - \epsilon$.

Nota importante: Explícite las unidades de sus resultados, según corresponda.

Metodología para interpretar campos de diagramas binarios de fases al equilibrio.

Consideremos un diagrama binario (dos componentes) donde la presión es constante o bien donde la variación de ella, dentro de un rango, no afecta a dicho diagrama. De esta manera, los únicos grados de libertad disponibles (correspondientes a las variables intensivas del sistema que quedan libres) son la temperatura y una (1) variable por composición. Diagramas de tal tipo que se ven en este curso son los de los sistemas Cu-Ni, Pb-Sn, Fe-Fe₃C y Al-Cu.

Bajo las anteriores condiciones, en términos de campos, tal diagrama sólo tendrá campos monofásicos o bifásicos, en forma independientemente de la complejidad de tal diagrama. Lo anterior significa que no habrá, por ejemplo, campos trifásicos, aunque sí podría haber puntos y líneas singulares. De esta manera, es muy útil saber interpretar lo que ocurre en los campos monofásicos y bifásicos del diagrama Cu-Ni, pues ese mismo procedimiento se aplica tal cual en otros diagramas que satisfagan lo estipulado en el párrafo anterior.

Por otra parte, en un sistema binario, por convención, la composiciones se expresan en términos del segundo componente mencionado; en el caso del sistema Cu-Ni, en términos de Ni. El contenido de ese elemento se puede dar en peso o en porcentaje atómico; de una forma se pasa a la otra empleando los pesos molares. En lo que sigue, se trabajará en % en peso (%p.)

Problema básico

Así, al trabajar con el diagrama Cu-Ni, en el entendido de que el diagrama es un dato, y considerando una aleación de composición W_o [%p.Ni] a una temperatura T, bajo condiciones de equilibrio, se pueden plantear las siguientes preguntas usuales:

1. ¿Qué fases hay presentes?
2. ¿Cuál es la composición de la o las fases presentes? Esto es, para cada fase, ¿cuál es la composición expresada en [%p.Ni]?
3. ¿Cuánto hay de cada una de esas fases en relación con el tamaño total del sistema? La cantidad (relativa) de cada fase, X_i , se expresa como fracción (en peso o atómico) del tamaño total del sistema. Las fracciones van de 0 a 1. El tamaño del sistema es 1. Si hubiese dos fases, obviamente $X_1 + X_2 = 1$; ejemplo: $X_1 = 0,3$ significa que cada 100 g de aleación, 30 g corresponden a la Fase 1, y los otros 70 g a la Fase 2.

La metodología para llegar a las respuestas se esquematiza en la Tabla 1.

Tabla 1 Procedimiento* de interpretación de campos en diagramas binarios de fases al equilibrio, para una aleación de composición W_o y a la temperatura T, al equilibrio químico. Sistema ejemplo: Cu-Ni.

Preguntas tipo	Campo monofásico L	Campo bifásico L + α	Campo monofásico α
Nº 1	Fase L, según se LEE del diagrama	Fases L y α , según se LEE del diagrama	Fase α , según se LEE del diagrama
Nº2	$W_L = W_o$ La composición de la única fase presente es igual a la del sistema (composición promedio).	Se traza la isoterma T sobre el campo. La intersecciones con los límites laterales del campo bifásico respectivo corresponden a las coordenadas de composición de la fases: $W_L = \underline{W}_L(T)$ a la izquierda y $W_\alpha = \underline{W}_\alpha(T)$ a la derecha. De modo que, a partir de los datos T y W_o , del diagrama se <u>LEEN</u> W_L y W_α *. Se cumple: $W_L < W_o < W_\alpha$.	$W_\alpha = W_o$ La composición de la única fase presente es igual a la del sistema (composición promedio).
Nº 3	$X_L = 1$ Todo el sistema está como fase L.	Se pide: X_L y X_α , que deben sumar 1. Ya conocemos: W_o , W_L y W_α . $X_L = X_L(W_o, W_L, W_\alpha)$ se <u>CALCULA</u> empleando la Regla de la Palanca*. Después, X_α se puede <u>CALCULAR</u> ya sea aplicando la Regla de la Palanca o simplemente $X_\alpha = (1 - X_L)$	$X_\alpha = 1$ Todo el sistema está como fase α .

* Hay que saber/entender el fundamento teórico de todo este procedimiento, tema no expuesto aquí.

Importantísimo:

Es fundamental comprender la diferencia conceptual entre las variables Composición de una Fase y Fracción de una Fase. También hay que conocer las unidades en cada caso y hacerlas explícitas al resolver (responder) un problema.

Otras preguntas (muy conceptuales)

El diagrama Cu-Ni también presenta dos puntos singulares, no incluidos en los antes referidos campos.

¿Cómo respondería a las preguntas N° 1, 2 y 3, cuándo (W_o, T) corresponde a las coordenadas de uno de esos puntos? Por ejemplo: $(W_o = 100\% \text{p.Ni}, T = T_F \text{ del Ni})$.

Esto también se podría preguntar para el punto eutéctico (W_E, T_E) del diagrama Pb-Sn. También para cualquier punto del segmento dibujado de isoterma T_E de ese mismo diagrama; ese segmento es una trozo de línea singular. (No son singulares las líneas de liquidus y solidus, o cualquier línea no horizontal (no isotérmica)).

Para analizar lo que ocurre en los puntos y segmentos singulares conviene tener en cuenta la información proporcionada por un diagrama de enfriamiento continuo.