

**EQUILIBRIO ENTRE FASES**  
**CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE FASES DEL CICLOHEXANO.**

**I. OBJETIVO GENERAL**

Interpretar el diagrama de fases de una sustancia pura, construido a partir de datos de presión y temperatura obtenidos a través de diferentes métodos.

**II. OBJETIVOS PARTICULARES**

- a) Comprender la información que proporcionan la regla de las fases de Gibbs y la ecuación de Clausius-Clapeyron.
- b) Distinguir los equilibrios entre las diferentes fases (sólido, líquido, vapor).
- c) Deducir las propiedades termodinámicas involucradas en la transición de fases.

**III. PROBLEMA**

Construir el diagrama de fases del ciclohexano a partir de datos obtenidos en la literatura, experimentales y calculados.

**IV. CUESTIONARIO PREVIO**

1. Expresar la regla de las fases de Gibbs y explicar qué información proporciona en la construcción del diagrama de fases.
2. Explicar los conceptos de componente, fase y grado de libertad.
3. Escribir las ecuaciones de Clapeyron y Clausius-Clapeyron, indicar el significado de los términos que aparecen en ellas y explicar en qué casos de equilibrio de fases se aplica cada una.
4. Explicar qué representa el punto triple en un diagrama de fases. Proporcionar dos ejemplos.
5. Definir los términos siguientes temperatura de fusión, temperatura de ebullición, temperatura crítica, presión crítica, entalpía de fusión, de vaporización y de sublimación.
6. Investigar en la literatura los datos siguientes para el ciclohexano:

**Tabla 1. Datos reportados en la literatura para el ciclohexano.**

Temperatura normal de fusión	K
Temperatura normal de ebullición	K
Temperatura crítica	K
Presión crítica	atm
Entalpía de fusión ( $\Delta H_{m,fus}$ )	Jmol <sup>-1</sup>
Entalpía de ebullición ( $\Delta H_{m,vap}$ )	Jmol <sup>-1</sup>
Entalpía de sublimación ( $\Delta H_{m,sub}$ )	Jmol <sup>-1</sup>
Densidad del líquido a P normal	g mL <sup>-1</sup>
Densidad del sólido a P normal	g mL <sup>-1</sup>

**V. REACTIVOS Y MATERIALES**

Reactivos: Ciclohexano Hielo	<p><b>Equilibrio Sólido- Líquido</b> (Experiencia realizada por c/equipo)</p> <p>1 Tubo de ensayo de 12 x 150 mm (15 mL)          1 Termómetro digital con resolución <math>\pm 0.1^\circ\text{C}</math>          1 vaso unicel.</p> <p><b>Equilibrio Líquido-vapor</b> (Experiencia demostrativa)</p> <p>1 Sistema de destilación fraccionada          1 Termómetro digital con resolución <math>\pm 0.1^\circ\text{C}</math></p> <p><b>Punto triple</b> (Experiencia demostrativa)</p> <p>Equipo integrado por:</p> <p>1 Manómetro de mercurio          1 Bomba de vacío          1 Termómetro de mercurio de -1 a 101°C con resolución <math>\pm 0.1^\circ\text{C}</math>          1 Matraz bola 1 L con tapón trihoradado,          3 frascos lavadores          3 vasos Berzelius con hielo para introducir los frascos lavadores          4 Soportes universal con pinza          5 mangueras de látex          1 Charola de plástico de 30cm x20 cm x15cm</p>
------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## VI. PROPUESTA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Llevar a cabo una discusión grupal, identificar las variables involucradas y plantear la hipótesis para proponer el diseño del experimento que pueda conducir a la resolución del problema planteado (considerar que en el laboratorio se dispone del material indicado en el punto V).

## VII. DATOS, CÁLCULOS Y RESULTADOS.

### 1. Registra en la Tabla 2 los datos experimentales obtenidos.

**Tabla 2.** Datos experimentales.

Equilibrio	Proceso	Presión / (mmHg)	t / (°C)	T / (K)
S - L	Fusión			
L - V	Ebullición			
S - L - V	Punto triple			

### 2. Algoritmo del cálculo

- Explicar cómo se calcula la entalpía de vaporización a partir de P y T en condiciones estándar y en las condiciones experimentales en el lugar de trabajo (ver tabla 1 y 2).
- Explicar cómo se calcula la temperatura de ebullición en un punto de equilibrio L-V cercano a la temperatura de ebullición normal empleando la ecuación de Clausius - Clapeyron.
- Calcular temperaturas de ebullición ( $T_2$ ) a presiones por debajo de la presión atmosférica del lugar de trabajo. Emplear la ecuación de Clausius - Clapeyron. .
- Calcular temperaturas de sublimación ( $T_2$ ) por debajo del punto triple (puntos de equilibrio S-V), empleando la ecuación de Clausius - Clapeyron.
- Calcular una temperatura ( $T_2$ ) en un punto de equilibrio S-L (entre la temperatura de fusión experimental y el punto triple), empleando la ecuación de Clapeyron.

**Tabla 3.** Concentración de datos en orden decreciente de presión (Experimentales, reportados y calculados) para las diferentes transiciones de fase del ciclohexano.

Equilibrio (Líquido – Vapor)		Equilibrio (Sólido – Líquido)		Equilibrio (Sólido – Vapor)	
P/ (mmHg)	T/(K)	P/(mmHg)	T/(K)	P/ (mmHg)	T/ (K)
760		760		P <sub>t</sub>	
700		700		15	
650		650		10	
600		600		5	
P <sub>atm</sub> CdMx		P <sub>atm</sub> Cd.Mx		1	
550		550			
500		500			
:		:			
150		150			
100		100			
P <sub>triple</sub>		P <sub>triple</sub>			

P<sub>triple</sub> = presión en el punto triple.

### VIII. ELABORACIÓN DE GRÁFICOS

1. Con los datos registrados en la **tabla 3**, trazar el diagrama de fases: Presión (mmHg) vs Temperatura (K) para el ciclohexano

### IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Calcular el número de grados de libertad a partir del diagrama de fases del ciclohexano indicados en la tabla 4 y explicar su significado.

**TABLA 4.** Aplicar la regla de las fases de Gbbs.

	Fases (F)	Grado de libertad (L)	Significado
Área			
Sobre la línea			
Punto Triple			

**X. CONCLUSIONES****XI. MANEJO DE RESIDUOS**

Residuo	Cantidad	Riesgo	Forma de disposición

**XII. BIBLIOGRAFÍA**

Budayary, S. (1996) *The Merck Index.*, 12<sup>a</sup> ed. Merck and Co, Inc. Whitehouse Station, N.Y.

Castellan, G. (1987) *Fisicoquímica.* 2<sup>a</sup> Edición, Addison-Wesley Iberoamericana, USA.

Laidler, K. (1997) *Fisicoquímica*, 1<sup>a</sup> Edición CECSA.

Riddick, J., et al. (1970) *Organic Solvent, Physical Properties and Methods of Purification.*

Vol. II *Techniques of Chemistry*, 4<sup>a</sup> ed. Ed. John Wiley and Sons, N.Y.