

**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	Atm
Presión crítica	J/mol
Entalpía de Fusión	J/mol
Entalpía de ebullición	J/mol
Entalpía de sublimación	J/mol
Densidad del líquido a P normal	g/ml
Densidad de sólido a P normal	g/ml

## V. Reactivos y materiales

Hielo	
Sal de cocina	
Ciclohexano (puro)	

["Ver Apéndice II"](#)

➤ **EQUIPO** (enlistar en la tabla los equipos que se emplearán en la práctica)

### Material por grupo

Manómetro de mercurio	Matraz bola 1 L con tapón trihoradado, varilla de vidrio y manqueras de látex
Bomba de vacío con trampa	Soporte universal con pinza

Sistema de destilación simple	
-------------------------------	--

["El sistema de destilación simple y el sistema del punto triple se entregan armados."](#)

### Material por equipo

Recipiente para baño de hielo	1	Charola de plástico de 30 cm x 20 cm x 15 cm	1
Termómetro de mercurio de -1 a 101 °C	1	Tubo de ensaye de 12 x 150 mm o 15 mL con tapón y termómetro	1

## ANÁLISIS DE RIESGOS

Tarea	Riesgos identificados	Nivel de riesgo	Medidas de control / Trabajo seguro
Congelación del ciclohexano	Irritación cutánea	BAJO	Los estudiantes deben realizar esta operación utilizando guantes de nitrilo.
Determinación del punto triple del ciclohexano	Irritación de vías respiratorias por inhalación de ciclohexano.	BAJO	El sistema para determinación del punto triple se usa sólo unos minutos de la sesión, adicionalmente se colocan trampas refrigeradas para atrapar los vapores de ciclohexano que se pudieran generar. En caso de que el aroma a ciclohexano (característico) sea perceptible se activan las campanas extractoras.
Uso del sistema de destilación	Ruptura del matraz de ebullición por sobrecalentamiento. Ruptura del termómetro por sobrepresión del equipo. Irritación de vías respiratorias por inhalación de ciclohexano.	MEDIO	Para manipular el sistema se coloca una cantidad ligeramente superior al 50% de la capacidad del matraz y durante su operación se cuida que el nivel no baje más allá de 1/3 de la capacidad del matraz. El profesor y el laboratorista supervisan el equipo durante la práctica, monitoreando continuamente la temperatura. En caso de que el aroma a ciclohexano (característico) sea perceptible se activan las campanas extractoras.

## VI. PROPUESTA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

### Equilibrio S-L-V

1. Adicionar al matraz de bola aproximadamente 200 ml de ciclohexano e introducir el termómetro en el tapón de tal modo que al ponerlo al matraz se encuentre sumergido en el líquido.

2. Conectar el manómetro al matraz de bola y éste a la bomba de vacío de tal manera que no se tengan fugas.
3. Determinar la presión manométrica y la temperatura antes de conectar la bomba de vacío.
4. Introducir el matraz dentro del baño de hielo y dejar enfriar a **5°C**.
5. Conectar la bomba de vacío y hacer el vacío.
6. Determinar las condiciones de presión y temperatura bajo las cuales se presenta el equilibrio sólido-líquido-vapor (el punto triple).

### Equilibrio S-L

7. Colocar en un tubo de ensayo 10 mL de ciclohexano e introducir un termómetro y todo esto a su vez a un baño de hielo con sal. Determinar la temperatura de equilibrio líquido-sólido a la presión del lugar.

### Equilibrio L-V

8. Montar un sistema de destilación y determinar la temperatura de ebullición a la presión atmosférica.

## 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 calcular 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)	
Pf (mmHg)	Tf (K)	Pf (mmHg)	Tf (K)	Pf (mmHg)	Tf (K)
760		760		Pt	
700		700		15	
650		650		10	
600		600		5	
P <sub>triple</sub> Cd/Hx		P <sub>triple</sub> Cd/Hx		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 INDIVIDUALES

## 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. Whtehouse Station, N.Y.  
Castellan, G. (1987) Fisicoquímica. 2<sup>a</sup> Edición, Addison-Wesley Iberoamericana, USA.  
Laidler , K. (1997) Fisicoquímica, 1a. Edición CECSA.  
Riddick, J., et al. (1970) *Organic Solvent, Physical Propeties and Methods of Purification*. Vol. II Techniques of Chemistry, 4<sup>a</sup> ed. Ed.John Wiley and Sons, N.Y.