
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	1/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


# Manual de Prácticas del Laboratorio de Química

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
Dr. Rogelio Soto Ayala M. en E. Antonia del Carmen Pérez León M. en C. Alfredo Velásquez Márquez Dra. Ana Laura Pérez Martínez Quím. Esther Flores Cruz Dr. Ehecatl Luis David Paleo González M. en C. Miguel Angel Jaime Vasconcelos	M. en E. Antonia del Carmen Pérez León M. en C. Alfredo Velásquez Márquez Dra. Ana Laura Pérez Martínez Quím. Esther Flores Cruz Dr. Ehecatl Luis David Paleo González M. en C. Miguel Angel Jaime Vasconcelos	M. en I. Mayverena Jurado Pineda	<b>02 de agosto de 2024</b>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	2/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## Índice de prácticas

Práctica	Nombre de la práctica	Página
1	EQUIPO DE LABORATORIO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD	3
2	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DISOLUCIONES Y SÓLIDOS	11
3	EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON	21
4	EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	31
5	PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES	37
6	CÁLCULO DEL RENDIMIENTO PORCENTUAL DE UNA REACCIÓN QUÍMICA	45
7	TERMOQUÍMICA. DETERMINACIÓN DE LA ENTALPIA DE UNA REACCIÓN QUÍMICA	53
8	EQUILIBRIO QUÍMICO	65
9	ELECTROQUÍMICA. ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO	75
10	CONSTRUCCIÓN DE UNA PILA	86

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	3/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 1

## EQUIPO DE LABORATORIO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	4/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Ninguno.	Ninguno.

## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:


1. Conocerá las reglas básicas de higiene y seguridad que se deben aplicar en un Laboratorio de Química.
2. Se enterará del uso y de las precauciones que hay que considerar al manipular el material y equipo que se empleará en el curso.
3. Conocerá para algunas de las sustancias químicas empleadas en el curso, sus usos y precauciones.

## 3. INTRODUCCIÓN

Para entender mejor los principios básicos de la Química es indispensable la experimentación. El laboratorio de Química es el lugar donde se comprueba la validez de dichos principios; ofrece también la oportunidad de conocer mejor los procesos químicos que ocurren en la naturaleza. Sin embargo, para conseguir dicho objetivo es imprescindible realizar análisis químicos confiables, y esto sólo puede lograrse, si se conoce el manejo adecuado del equipo y de los reactivos químicos que existen en el laboratorio.

Por otro lado, un aspecto fundamental que se debe considerar en un Laboratorio de Química es la seguridad, pues el trabajo en dicho lugar implica que la persona que lleva al cabo la experimentación se exponga a una gran variedad de sustancias químicas, muchas de las cuales conllevan ciertos riesgos durante su manipulación. Por lo anterior, es indispensable tener un reglamento de higiene y seguridad con el fin de reducir riesgos en el manejo del material, equipo y sustancias químicas.

Al trabajar con reactivos químicos, es necesario conocer las propiedades de las sustancias empleadas y las precauciones que deben observarse durante su manipulación. Debido a lo anterior, es necesario saber qué tipo de información puede y debe brindar la etiqueta de cualquier sustancia química.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	5/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### 4. REACTIVOS

Algunos reactivos que se pueden emplear son:


- 1) Bicarbonato de sodio,  $\text{NaHCO}_3$ .
- 2) Bromuro de potasio,  $\text{KBr}$ .
- 3) Hidróxido de sodio,  $\text{NaOH}$ .
- 4) Metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$ .
- 5) Ácido clorhídrico,  $\text{HCl}$ .
- 6) Sulfato de cobre pentahidratado,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

#### 5. MATERIAL Y EQUIPO

Algunos de los materiales que se emplearán en el laboratorio se muestran en las figuras siguientes:



- |                          |                          |                                 |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1. frascos de vidrio     | 11. termómetro           | 21. vidrio de reloj             |
| 2. picnómetro            | 12. cápsula de porcelana | 22. espátula de doble punta     |
| 3. probeta               | 13. émbolo de succión    | 23. espátula de mango de madera |
| 4. matraz Erlenmeyer     | 14. cronómetro           | 24. tubo de ensayo              |
| 5. vaso de precipitados  | 15. mortero              | 25. escobillón                  |
| 6. matraz aforado        | 16. pistilo              | 26. pinzas para tubo de ensayo  |
| 7. frasco con gotero     | 17. agitador magnético   | 27. gradilla                    |
| 8. piseta                | 18. tapón de hule        | 28. embudo de vidrio            |
| 9. bureta                | 19. pipeta aforada       |                                 |
| 10. pinzas de tres dedos | 20. pipeta graduada      |                                 |

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	6/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




- 29. aparato para determinar punto de fusión
- 30. aparato para determinar la relación carga-masa de los rayos catódicos
- 31. balanza semianalítica
- 32. parrilla de calentamiento
- 33. potenciómetro
- 34. conductímetro
- 35. balanza granataria

## 6. DESARROLLO

### ACTIVIDAD 1.

La figura docente dará lectura ante el grupo del reglamento interno de higiene y seguridad para el Laboratorio de Química y discutirá con el alumnado los puntos más importantes del mismo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	7/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## ACTIVIDAD 2

La figura docente mostrará al alumnado cada uno de los materiales y equipos más comunes, existentes en el laboratorio e indicará el procedimiento correcto para su uso.


## ACTIVIDAD 3

La figura docente mostrará al alumnado algunos de los reactivos que se tienen en el laboratorio, indicará cuáles son sus características y los cuidados que deben tenerse durante su manipulación, así como la información que debe contener cada etiqueta.

## ACTIVIDAD 4

- Con base en lo aprendido en la clase, indique qué material y equipo podría emplearse para:
  - Medir volúmenes.
  - Determinar densidades.
  - Preparar disoluciones.
  - Medir pH.
- Indique cuál es el uso para el material o equipo siguiente:
  - Conductímetro.
  - Fuente de poder.
  - Piseta.
  - Parrilla.
- Investigue y cite algunas otras reglas básicas de seguridad que usted considere importantes y que no hayan sido mencionadas por la figura docente.
- Haga una inspección del laboratorio y diga si las instalaciones son las adecuadas para trabajar con seguridad.




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	8/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. FUENTES ELECTRÓNICAS


1. Huanca, A. (s. f.). Instrumentos del laboratorio de química [Publicación en línea]. Recuperado de <http://monografias.com/trabajos72/instrumentos-laboratorio-quimica/instrumentos-laboratorio-quimica.shtml>
2. Materiales e instrumentos de un laboratorio químico [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico.html>
3. La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, mayo 7). Materiales de laboratorio: un vistazo rápido [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/05/materiales-de-laboratorio-un-vistazo.html>
4. Normas de seguridad en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://www.quimicaweb.net/ciencia/paginas/laboratorio/normas.html>
5. Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/>
6. La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, noviembre 19). Códigos de color de almacenamiento para productos químicos [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/11/codigos-de-color-de-almacenamiento-para.html>
7. Señales de prevención de riesgos y accidentes en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://100ciaquimica.net/labor/piclaborat1.htm>
8. Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas [Publicación en línea]. (2006, octubre 1). Recuperado de <http://interempresas.net/Quimica/Articulos/14787-Senalizacion-de-recipientes-y-tuberias-aplicaciones-practicas.html>
9. Tipo y clasificación de los extintores [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://misextintores.com/lci/tipo-y-clasificacion-de-los-extintores>
10. Definición, clasificación y tipos de extintores: tipos de fuegos [Entrada del blog]. (s. f.). Recuperado de <http://profuego.es/definicion-tipo-y-clasificacion-de-extintores/>



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	9/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### CUESTIONARIO PREVIO EQUIPO DE LABORATORIO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

1. Cite al menos tres de los accidentes que pueden presentarse en el Laboratorio de Química y mencione cómo evitarlos.
2. Investigue las propiedades de las sustancias químicas siguientes: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, bicarbonato de sodio, metanol y sulfato de cobre pentahidratado.
3. Cite al menos cinco sustancias químicas de uso común en la vida diaria.
4. Investigue cuántas clases de fuego existen y qué tipo de extintores se emplean en cada caso.
5. ¿Cuál es la información mínima que debe contener la etiqueta de un reactivo químico?
6. Dibuje los pictogramas alusivos a las características siguientes que puede tener un reactivo químico:
  - a) Explosivo
  - b) Oxidante o comburente
  - c) Inflamable
  - d) Tóxico
  - e) Irritante
  - f) Corrosivo
  - g) Peligroso para el medio ambiente


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	10/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## FUENTES ELECTRÓNICAS

1. Huanca, A. (s. f.). Instrumentos del laboratorio de química [Publicación en línea]. Recuperado de <http://monografias.com/trabajos72/instrumentos-laboratorio-quimica/instrumentos-laboratorio-quimica.shtml>
2. Materiales e instrumentos de un laboratorio químico [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico.html>
3. La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, mayo 7). Materiales de laboratorio: un vistazo rápido [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/05/materiales-de-laboratorio-un-vistazo.html>
4. Normas de seguridad en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://www.quimicaweb.net/ciencia/paginas/laboratorio/normas.html>
5. Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/>
6. La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, noviembre 19). Códigos de color de almacenamiento para productos químicos [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/11/codigos-de-color-de-almacenamiento-para.html>
7. Señales de prevención de riesgos y accidentes en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://100ciaquimica.net/labor/piclaborat1.htm>
8. Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas [Publicación en línea]. (2006, octubre 1). Recuperado de <http://interempresas.net/Quimica/Articulos/14787-Senalizacion-de-recipientes-y-tuberias-aplicaciones-practicas.html>
9. Tipo y clasificación de los extintores [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://misextintores.com/lci/tipo-y-clasificacion-de-los-extintores>
10. Definición, clasificación y tipos de extintores: tipos de fuegos [Entrada del blog]. (s. f.). Recuperado de <http://profuego.es/definicion-tipo-y-clasificacion-de-extintores/>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	11/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# **Práctica 2** **DETERMINACIÓN DE LA** **DENSIDAD DE DISOLUCIONES Y** **SÓLIDOS.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	12/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Termómetro del picnómetro	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido. La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzocortantes e intoxicación.

## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Identificará las características estáticas de algunos instrumentos utilizados.
2. Preparará una disolución utilizando el material de vidrio adecuado.
3. Determinará la densidad de la disolución preparada.
4. Identificará un metal por medio de la densidad.
5. Determinará la media, la desviación estándar y la incertidumbre de la densidad obtenida.

## 3. INTRODUCCIÓN

El control de calidad de los productos líquidos incluye muchas pruebas para su análisis químico y físico. La determinación de la densidad puede formar parte del esquema de pruebas que hay que realizar. La densidad de una sustancia se define como el cociente de su masa en cada unidad de volumen. Por lo tanto, si conocemos la masa y el volumen de una sustancia, en cualquier fase (sólido, líquido o gaseoso) se puede determinar su densidad a través de la expresión:


$$\rho = \frac{m}{V}$$

donde:  $\rho$  es la densidad,  $m$  la masa y  $V$  el volumen de la sustancia considerada.

La densidad es una propiedad intensiva de la materia; es decir, no depende de la cantidad de sustancia, sin embargo, sí depende de la temperatura, por lo que en su determinación es importante indicar la temperatura a la cual se realizó la medición.

El picnómetro es un instrumento sencillo utilizado para determinar la densidad de líquidos con mayor precisión. Es importante mencionar que los picnómetros deben de estar calibrados. La mayoría de ellos tienen un termómetro para el registro de la temperatura.

El principio de Arquímedes que dice: *“Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido (líquido o gas) recibe un empuje ascendente, igual al peso del fluido desalojado por el objeto”*. Éste es uno de los descubrimientos más valiosos que nos legaron los griegos.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	13/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La historia cuenta que el rey Hierón pidió a Arquímedes que le dijera si no lo habían engañado y comprobara si en verdad la corona que mandó a elaborar era de oro puro, sólo le pedía que no destruyera la corona y así Arquímedes fue el primero que estudio el empuje vertical hacia arriba ejercido por los fluidos.

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

- 1 vaso de precipitado de 30 [ml].
- 1 matraz volumétrico de 50 [ml].
- 1 balanza semianalítica.
- 1 picnómetro con termómetro.
- 1 agitador de vidrio.
- 1 espátula.
- 1 piseta.
- 1 probeta de 10 [ml].
- 1 pinzas
- 1 embudo

#### 5. REACTIVOS

- 1) Cloruro de Sodio, NaCl.
- 2) Agua de la llave.
- 3) Muestras de diferentes elementos metálicos.

#### 6. DESARROLLO

##### ACTIVIDAD 1


La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del material.

##### ACTIVIDAD 2.

##### Características estáticas de los instrumentos.

Registre para cada instrumento las siguientes características estáticas:

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
Balanza			
Termómetro			
Matraz volumétrico de 50 [ml]			
Vaso de precipitados de 30 [ml]			
Probeta de 10 [ml]			

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	14/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### ACTIVIDAD 3.


#### Preparación de la disolución:

1. La figura docente asignará a cada brigada la masa en gramos de NaCl que deben usar para preparar la disolución, (ver tabla 1).
2. Mida en un vaso de precipitados de 30 [ml], con ayuda de la balanza, la masa de NaCl asignada a la brigada y agregue 20 [ml] de agua para disolver.
3. Vierta el contenido del vaso de precipitados a un matraz volumétrico de 50 [ml].
4. Con ayuda de la piseta enjuague el vaso de precipitado con aproximadamente 5 [ml] de agua destilada y adicione el líquido de lavado, en el matraz volumétrico de 50 [ml].
5. Lleve hasta la marca del aforo con agua y agite hasta obtener una disolución homogénea.



**Tabla 1**

Disolución	Brigada	Masa de NaCl [g]	Volumen de disolución [ml]	Concentración molar de la disolución [M]
A		1.0	50	
B		2.0	50	
C		3.0	50	
D		4.0	50	
E		5.0	50	
F		6.0	50	

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	15/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### ACTIVIDAD 4

##### Determinación de la densidad de la disolución:

1. Anote el valor del volumen en  $[\text{cm}^3]$  que está registrado en la pared del picnómetro ( $V_p$ ).
2. Verifique que el picnómetro se encuentre totalmente seco y limpio.
3. Mida y anote la masa del picnómetro vacío y totalmente armado ( $m_{pv}$ ).
4. Retire el tapón y termómetro del picnómetro y llénelo completamente con la disolución preparada. Al terminar, coloque de nueva cuenta el termómetro, el tapón y seque perfectamente el exterior del dispositivo.




5. Registre la temperatura de la disolución.
6. Mida y registre la masa del picnómetro lleno con la disolución ( $m_{p+d}$ ).
7. Anote los datos obtenidos en sistema cgs y realice los cálculos necesarios para llenar la tabla 2 (sistema internacional de unidades).

Masa del picnómetro vacío ( $m_{pv}$ ) : \_\_\_\_\_ [g]; \_\_\_\_\_ [kg].

Volumen del picnómetro ( $v_p$ ): \_\_\_\_\_  $[\text{cm}^3]$ ; \_\_\_\_\_ [ml]; \_\_\_\_\_  $[\text{m}^3]$ .



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>		Código:	MADO-12
			Versión:	04
			Página	16/92
			Sección ISO	8.3
			Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada				

## MANEJO DE RESIDUOS

Las disoluciones de NaCl se desechan a la tarja.


**Tabla 2**

B R I G A D A	D i s o l u c i ó n	Conc. Molar (C <sub>M</sub> ) de la disol. [M]	T [°C]	m <sub>p+d</sub>		m <sub>d</sub> = m <sub>p+d</sub> - m <sub>pv</sub>		$\rho = \frac{m_d}{V_p}$	
				[g]	[kg]	[g]	[kg]	$\left[\frac{g}{ml}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
	A								
	B								
	C								
	D								
	E								
	F								

## ACTIVIDAD 5

Determinación de la densidad promedio de un sólido.

1. Con ayuda de una probeta de 10 [ml] mida lo más exactamente posible 9 [ml] de agua de la llave, evitando que se tengan burbujas de aire al interior del líquido.
2. Coloque la probeta sobre la balanza y determine la masa de la probeta con los 9 [ml] de agua (m<sub>1</sub>).
3. Sin retirar la probeta de la balanza, coloque dentro de la probeta, tantas piezas del metal problema como sean necesarias para tener un volumen desplazado de al menos de 0.5 [ml] de agua.
4. Verifique que no se tengan burbujas de aire al interior de la probeta y mida lo más exactamente posible el volumen desplazado anotando el valor obtenido.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	17/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



5. Determine la masa de la probeta con los 9 [ml] de agua y las piezas metálicas ( $m_2$ ).
6. Retire las piezas metálicas de la probeta.
7. Repita los pasos 1 a 5 de esta actividad para llenar la tabla 3.
8. Con los datos obtenidos experimentalmente, realice los cálculos necesarios para llenar las tablas 3 y 4.

**Tabla 3**

	$m_1$ [g]	$m_2$ [g]	$m_{\text{Metal}}$ [g]	$V_{\text{Metal}}$ [ml]	Densidad [g/ml]
Lectura 1					
Lectura 2					
Lectura 3					

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	18/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

**Tabla 4**

$\rho_{\text{promedio}}$	Desviación estándar (S)	Incertidumbre
$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

9. Con ayuda de la información de la tabla 5, identifique el metal al que le determinó la densidad y calcule el porcentaje del error experimental (%EE).

Metal encontrado: \_\_\_\_\_

%EE=\_\_\_\_\_

**Tabla 5**


Elemento		$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Magnesio	Mg	1740
Aluminio	Al	2699
Titanio	Ti	4507
Zinc	Zn	7133
Hierro	Fe	7870
Níquel	Ni	8902
Plomo	Pb	11 360

### MANEJO DE RESIDUOS

Sea cuidadoso al retirar los pedazos de metal de la probeta. Estas piezas debe secarlas y guardarlas en el frasco de las que las tomó. El agua usada se verterá en la tarja.

### ACTIVIDAD 6


1. Con los datos de la tabla 2, trace una gráfica de  $\rho = f(C_M)$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	19/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. ¿Cuál es el comportamiento observado de la densidad respecto a la concentración? Exprese la relación matemática, obteniéndola a partir del ajuste matemático a los datos experimentales.
3. Con los resultados obtenidos infiera:
  - a) La concentración molar de sal en el agua de mar. Considere que la densidad del agua de mar es aproximadamente 1030 [kg/m<sup>3</sup>].
  - b) La densidad de una salmuera para alimentos que contiene 10 [g] de NaCl en cada 50 [ml] de disolución.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
2. Brown, T., Le May, E., & Burnsten, B. (2014). *Química: la ciencia central*.
3. Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. \*
4. Russell, J., & Larena, A. (1988). *Química General*.
5. Summers, D. (1983). *Manual de química*. \*


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	20/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UNA DISOLUCIÓN


1. Explique qué es una disolución.
2. Investigue las formas más comunes de expresar la concentración de una disolución, indique las unidades y cómo se calculan.
3. Explique la relación entre densidad y temperatura.
4. Describa cuáles son las características estáticas y dinámicas de un instrumento de medición.
5. Mencione los tipos de errores que pueden presentarse en una medición.
6. Investigue cómo se calcula la desviación estándar, la incertidumbre y el error experimental; asimismo, explique qué representan estos valores.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
2. Brown, T., Le May, E., & Burnsten, B. (2014). *Química: la ciencia central*.
3. Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. \*
4. Russell, J., & Larena, A. (1988). *Química General*.
5. Summers, D. (1983). *Manual de química*. \*

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	21/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 3 EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	22/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Aparato de Thomson.	Su manipulación inadecuada daña el equipo. El tubo de rayos catódicos no debe tocarse con las manos, ya que lo daña. No debe quitarse la caja negra que cubre el tubo de rayos catódicos.

## 2. OBJETIVOS

### EL ALUMNADO:

1. Conocerá el principio de funcionamiento del aparato para la determinación de la relación entre la carga y la masa (**q/m**) de los rayos catódicos, su manejo y las precauciones que deben observarse al utilizarlo.
2. Determinará experimentalmente el valor de la relación **q/m** de los rayos catódicos empleando dos metodologías, una con voltaje y otra con intensidad de corriente constante.
3. Determinará el error experimental de la relación **q/m** de los rayos catódicos.

## 3. INTRODUCCIÓN


En los tubos de Crookes se tiene un gas a presiones muy bajas, el cual al ser sometido a una diferencia de potencial genera rayos luminosos que viajan del cátodo al ánodo del tubo, por lo que reciben el nombre de rayos catódicos. Con la aplicación de un campo eléctrico puede establecerse que estos rayos poseen carga eléctrica negativa; a la misma conclusión puede llegarse mediante la aplicación de un campo magnético y puede demostrarse que los rayos catódicos poseen masa mediante la inclusión de obstáculos en la trayectoria del haz.

J. J. Thomson ideó un experimento para el cálculo de la relación entre la carga y la masa de los rayos catódicos. Realizó muchas variantes en el sistema para confirmar finalmente que los rayos catódicos eran los mismos independientemente del gas, del material de los electrodos, de la composición del tubo y de la fuente de energía empleada.

## 4. EQUIPO Y MATERIAL

1 aparato marca **DAEDALON** para la medición de la relación **q/m** de los rayos catódicos, con helio como gas residual.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	23/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. DESARROLLO

### ACTIVIDAD 1.

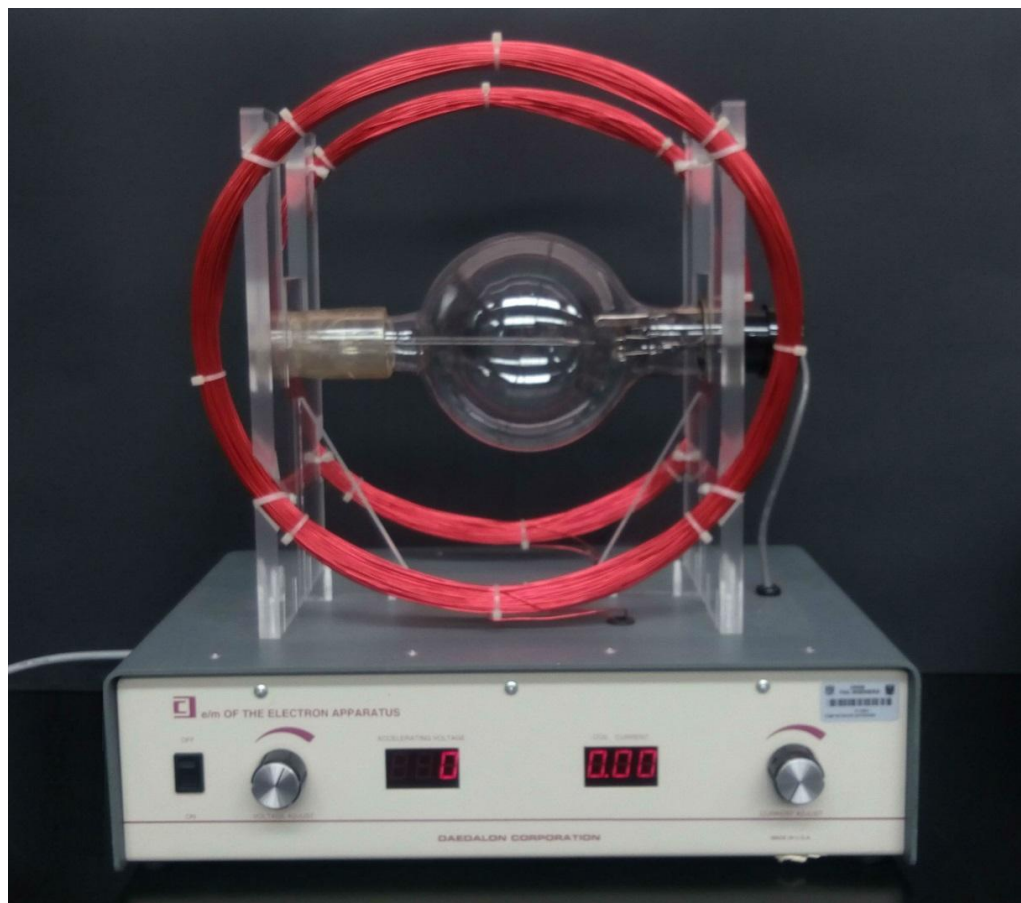
La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del equipo.


### ACTIVIDAD 2.

#### Encendido y puesta a punto del aparato marca DAEDALON

El procedimiento para el uso de este aparato es sencillo; aun así, deben observarse ciertas precauciones en su manejo, con objeto de no dañar el aparato.

El aparato que se empleará, se muestra en la figura siguiente:



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	24/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Compruebe que el botón de encendido esté en la posición OFF y posteriormente conecte el aparato a la toma de corriente.

Encienda el aparato. La unidad realizará un auto-diagnóstico durante 30 segundos. Cuando el auto-diagnóstico se completa, las pantallas se estabilizan a 0. De esta manera la unidad se encuentra lista para operar.


### ACTIVIDAD 3.

#### Toma de lecturas con voltaje constante.

1. Gire la perilla **VOLTAGE ADJUST** hasta obtener una lectura de 250 [V] en la pantalla correspondiente.
2. Gire la perilla **CURRENT ADJUST** y observe la deflexión circular del haz de rayos catódicos. Cuando la corriente es lo suficientemente alta, el haz formará un círculo completo. El diámetro del haz se determinará empleando la escala que se encuentra dentro del tubo.
3. Determine el valor de la intensidad de corriente necesaria para que el diámetro del haz sea 11 [cm]. Varíe el diámetro del haz modificando la intensidad de corriente en las bobinas de tal manera que pueda completar la tabla siguiente con los valores obtenidos.

Corriente, I [A]	Diámetro, D [cm]	Radio del haz, $r = D / 2$ [cm]
	11.0	
	10.5	
	10.0	
	9.5	
	9.0	
	8.5	
	8.0	

4. Cuando haya terminado la toma de lecturas, proceda inmediatamente a realizar la actividad siguiente.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	25/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### ACTIVIDAD 4.

##### Toma de lecturas con corriente constante.

1. Gire la perilla **CURRENT ADJUST** hasta obtener una lectura de 1.2 [A] en la pantalla correspondiente.
2. Gire la perilla **VOLTAGE ADJUST** hasta que el haz de rayos catódicos tenga un diámetro de 11 [cm] y anote la lectura; posteriormente, varíe el diámetro del haz modificando la diferencia de potencial, de tal manera que pueda completar la tabla siguiente con los valores obtenidos.


Voltaje, V [V]	Diámetro, D [cm]	Radio del haz, $r = D / 2$ [cm]
	11.0	
	10.5	
	10.0	
	9.5	
	9.0	
	8.5	
	8.0	

3. Una vez finalizada la toma de lecturas, puede apagar el aparato sin necesidad de poner en cero las lecturas.

#### ACTIVIDAD 5.

La figura docente indicará el procedimiento teórico para obtener los resultados de los puntos siguientes:


1. Con los datos obtenidos a diferencia de potencial constante, obtenga:
  - a) La gráfica de  $r^2 = f(I^2)$ .
  - b) El modelo matemático correspondiente, donde  $r^2 = f(I^2)$ .
  - c) El valor de la relación  $q/m$  de los rayos catódicos.
  - d) El porcentaje de error de la relación  $q/m$  de los rayos catódicos.
2. Con los datos obtenidos a corriente eléctrica constante, obtenga:
  - a) La gráfica de  $r^2 = f(V)$ .
  - b) El modelo matemático correspondiente, donde  $r^2 = f(V)$ .
  - c) El valor de la relación  $q/m$  de los rayos catódicos.
  - d) El porcentaje de error de la relación  $q/m$  de los rayos catódicos.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	26/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

**NOTA:** En el apéndice de esta práctica se encuentra el tratamiento teórico correspondiente a este experimento.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Ander, P., & Sonnessa, A. J. (1992). *Principios de Química*. \*
2. Cruz, D., Chamizo, J. A., & Garritz, A. (1991). *Estructura Atómica: un enfoque químico*.
3. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	27/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON

1. Describa el funcionamiento del tubo de Crookes.
2. ¿En qué consiste la emisión termoiónica?
3. Escriba la expresión de la fuerza magnética que actúa en una carga eléctrica móvil (fuerza de Lorentz).
4. Escriba la expresión de la fuerza centrípeta que actúa sobre una partícula de masa,  $m$ , y velocidad,  $v$ .
5. ¿Qué potencial,  $V$ , se necesita para que una carga eléctrica,  $q$ , alcance desde el reposo una velocidad,  $v$ ?
6. Investigue qué es una bobina.
7. Indique el sentido de las líneas de campo magnético que genera una bobina a través de la cual fluye una corriente eléctrica.
8. Averigüe el valor de la permeabilidad magnética del vacío.
9. Investigue la expresión del campo magnético en las bobinas de Helmholtz.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Ander, P., & Sonnessa, A. J. (1992). *Principios de Química*. \*
2. Cruz, D., Chamizo, J. A., & Garritz, A. (1991). *Estructura Atómica: un enfoque químico*.
3. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	28/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

La intensidad de la fuerza magnética ( $F_m$ ) que actúa sobre una partícula con carga  $q$  que se mueve a una velocidad  $v$  en un campo magnético  $B$  está definido por la ecuación:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$$

Debido a que el haz de cargas en este experimento es perpendicular al campo magnético, el ángulo es de  $90^\circ$ ; por lo tanto, la ecuación anterior puede escribirse de la forma siguiente:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \quad (1)$$

Como los rayos catódicos tienen un movimiento circular dentro del campo magnético, experimentan una fuerza centrípeta cuya expresión matemática es:

$$F_c = m \cdot a_c$$

siendo  $a_c$  la aceleración centrípeta

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

por lo tanto,

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad (2)$$


En la que  $m$  es la masa de los rayos catódicos,  $v$  es la velocidad y  $r$  es el radio de la trayectoria circular. Debido a que la única fuerza que actúa sobre las cargas se debe al campo magnético,  $F_m = F_c$ , de tal forma que las ecuaciones (1) y (2) se combinan para dar:

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

de donde se obtiene:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r} \quad (3)$$

Por lo tanto, para determinar la relación  $q/m$ , es necesario conocer la velocidad de los rayos catódicos, el campo magnético de las bobinas de Helmholtz y el radio del haz.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	29/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Por otro lado, los rayos catódicos se aceleran mediante un potencial  $V$ , adquiriendo una energía cinética que es igual a su carga por el potencial de aceleración. Por lo tanto;

$$q \cdot V = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Despejando  $v$  se obtiene

$$v = \left( \frac{2 \cdot q \cdot V}{m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

El campo magnético generado por el par de bobinas de Helmholtz se calcula mediante la fórmula que aparece a continuación y que puede hallarse en cualquier texto elemental de electricidad y magnetismo.

$$B = \frac{[N \cdot \mu_0] I}{\left( \frac{5}{4} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot a} \quad (5)$$

Las ecuaciones (4) y (5) se sustituyen en la ecuación (3) para llegar a la expresión matemática siguiente:

$$\frac{q}{m} = \left( \frac{2 \cdot \left( \frac{5}{4} \right)^3 \cdot a^2}{N^2 \cdot \mu_0^2} \right) \cdot V \cdot I^{-2} \cdot r^{-2} \quad (6)$$

donde:

$a$  = Radio de las bobinas de Helmholtz (15 [cm]).

$N$  = Número de espiras en cada bobina (130 vueltas).

$I$  = Intensidad de la corriente eléctrica que circula por las bobinas.


$r$  = Radio del haz de rayos catódicos.

$\mu_0$  = Permeabilidad magnética del vacío =  $4\pi \times 10^{-7}$  [T·m·A<sup>-1</sup>].

Finalmente, los términos de la expresión (6), se pueden reacomodar para obtener las expresiones relacionadas con los experimentos realizados en la práctica.

Así, tenemos la expresión para una diferencia de potencial constante donde  $r^2 = f(I^{-2})$ :




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	30/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


$$r^2 = \left( \frac{2 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2 \cdot V}{N^2 \cdot \mu_0^2 \cdot \left(\frac{q}{m}\right)} \right) \cdot I^{-2} \quad (7)$$

Y la expresión para intensidad de corriente eléctrica constante donde  $r^2 = f(V)$ :

$$r^2 = \left( \frac{2 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2}{N^2 \cdot \mu_0^2 \cdot I^2 \cdot \left(\frac{q}{m}\right)} \right) \cdot V \quad (8)$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	31/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 4 EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	32/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio.	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Manejo de reactivos químicos.	Su manejo requiere lavado de las manos al tener contacto con ellos.

## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:


1. Determinará experimentalmente el porcentaje de agua contenido en el sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).
2. Obtendrá cristales de sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) y con base en su forma identificará el tipo de celda unitaria que presentan.

## 3. INTRODUCCIÓN

El sulfato de cobre,  $\text{CuSO}_4$ , es un sólido de color ligeramente gris; sin embargo, el  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , es un sólido cristalino de color azul (de ahí que se le llame también vitriolo azul), dicho color azul es debido a la presencia de iones  $\text{Cu}^{2+}$ , los cuales se encuentran rodeados por moléculas de agua dentro de la propia estructura del cristal.

Con base en la fórmula del  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , se puede establecer también que en la estructura cristalina hay cinco moléculas de agua por cada unidad de  $\text{CuSO}_4$ ; en otras palabras, si pesamos cierta cantidad de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , una parte de la masa corresponde al  $\text{CuSO}_4$  y otra parte al  $\text{H}_2\text{O}$ ; así también, se puede decir que el  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , contiene cierto porcentaje de agua que se puede determinar mediante una serie de cálculos sencillos.

La estructura cristalina es una característica que poseen muchas sustancias sólidas (sólidos cristalinos) y que se relaciona con el grado de orden que presentan las partículas que las integran. Este orden queda descrito por una unidad tridimensional simple conocida como celda unitaria que está definida por una serie de parámetros que describen sus

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	33/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

dimensiones. Existen siete celdas unitarias que generan 14 sistemas cristalinos conocidos como redes de Bravais que son arreglos tridimensionales nanoscópicos.

En el proceso de cristalización, la formación de un monocristal depende de diferentes factores y uno de los más importantes es la solubilidad del compuesto que se desea cristalizar, en el disolvente que se desea emplear.

#### 4. MATERIAL

- 1 pipeta graduada de 5 [ml].
- 1 propipeta.
- 1 vaso de precipitados de 50[ml].
- 1 pinzas para cristales.
- 1 espátula de doble punta.
- 1 piseta.
- 1 balanza semianalítica.
- 1 parrilla eléctrica.
- 1 pinzas para tubos de ensayo.
- 1 lupa.

#### 5. REACTIVOS

- 1) Sulfato de cobre pentahidratado,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , triturado.
- 2) Agua destilada .

#### 6. DESARROLLO


##### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo del material, equipo y las sustancias químicas que se utilizarán.

##### ACTIVIDAD 2.

##### Determinación del contenido de agua en los cristales de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

1. Pese, con ayuda de la balanza semianalítica, un vaso de precipitados de 50 [ml] y anote su masa, ésta será la masa del vaso ( $m_v$ ).
2. Pese en el vaso anterior, 2 [g] de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ( $m_v + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).
3. Coloque sobre la parrilla el vaso con el  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , tápelo con un pedazo de papel, gire la perilla de calentamiento a la mitad y manténgalo así hasta que los cristales pierdan su color azul intenso; en ese momento se suspende el calentamiento, pero no se retira

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	34/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

de la parrilla hasta que se obtenga el  $\text{CuSO}_4$  anhidro, que presenta un color ligeramente gris. Anote sus observaciones.




- Con ayuda de las pinzas para tubo de ensayo, se retira de la parrilla el vaso y se coloca en la superficie metálica de la tarja para que alcance la temperatura ambiente.
- Se pesa con ayuda de la balanza, el vaso anterior y por diferencia se determina la cantidad de  $\text{CuSO}_4$  anhidro ( $m_{\text{CuSO}_4}$ ) que se tiene.
- También por diferencia, se determina la cantidad de agua ( $m_{\text{H}_2\text{O}}$ ) que había en los gramos iniciales de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Complete la tabla siguiente.

	$m_{\text{vaso}}$ [g]	$m_{\text{vaso}+\text{CuSO}_4}$ [g]	$m_{\text{CuSO}_4}$ [g]	$m_{\text{H}_2\text{O}}$ [g]	[%] m/m de agua
Vaso					

### ACTIVIDAD 3.

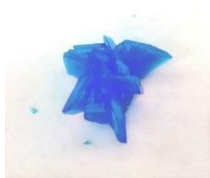
#### Obtención de cristales de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

- Con ayuda de la pipeta, adicione 3.5 [ml] de agua destilada en el vaso. Caliente con la perilla a medio giro y agite constantemente con movimientos circulares el vaso sobre la parrilla (no utilice la espátula como agitador), hasta la total disolución del sólido (evite la evaporación del disolvente). Posteriormente, déjelo en la superficie metálica de la tarja, procurando no moverlo en adelante. Anote sus observaciones.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	35/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



2. Con ayuda de la lupa, identifique el tipo de cristales que se obtienen.




### MANEJO DE RESIDUOS

La disolución sobresaturada y los cristales obtenidos se verterán en el frasco etiquetado como RESIDUOS DE  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Si los cristales de su vaso quedan adheridos a las paredes, retírelos con ayuda de una espátula y viértalos en el recipiente para residuos.

### 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
2. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
3. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
4. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
5. Kotz, J. C., Treichel, P. M., & Weaver, G. C. (1999). *Química y reactividad química*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	36/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## CUESTIONARIO PREVIO


### EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO

1. Establezca las diferencias entre cristalización, precipitación, sedimentación y deposición.
2. ¿Cuáles son las principales celdas unitarias de los cristales?
3. ¿Qué tipo de celda unitaria presenta el sulfato de cobre pentahidratado?
4. Defina los términos siguientes:
  - a) Solubilidad
  - b) Disolución insaturada
  - c) Disolución saturada
  - d) Disolución sobresaturada
5. ¿Qué factores afectan al proceso de cristalización? Justifique su respuesta.


### BIBLIOGRAFÍA

1. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
2. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
3. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
4. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
5. Kotz, J. C., Treichel, P. M., & Weaver, G. C. (1999). *Química y reactividad química*.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	37/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# **Práctica 5** **PREPARACIÓN Y** **CONDUCTIVIDAD DE** **DISOLUCIONES**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	38/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio.	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:


1. Preparará disoluciones de diferentes concentraciones mediante el manejo del material adecuado.
2. Medirá la conductividad de las disoluciones preparadas utilizando el equipo conveniente.
3. Clasificará los solutos empleados como electrólitos y no electrólitos.
4. Comprenderá la relación que hay entre la concentración de un electrólito y su conductividad.

## 3. INTRODUCCIÓN

Cuando los reactivos están en la fase líquida es relativamente fácil el control de las reacciones químicas. Si las sustancias de interés existen en la fase sólida o en la gaseosa se procura incorporarlas a la fase líquida, mezclándolas con otra sustancia que se encuentre en esta fase; por tal razón, se introduce el concepto de disolución. Una disolución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. Frecuentemente, las disoluciones consisten en una sustancia, el soluto, disuelto en otra sustancia, el disolvente, que por lo general es agua.

La concentración de las disoluciones se expresa en función de la cantidad de soluto disuelto en una masa o volumen determinado de disolución o de disolvente; por lo que, existen varias formas de expresar la concentración. Algunas unidades de concentración comúnmente empleadas son la molaridad, la normalidad, la molalidad y los porcentajes en masa o en volumen.

Se sabe que una disolución que contenga un electrolito será capaz de transportar la corriente eléctrica. A este fenómeno se le llama conducción electrolítica. Los iones del electrolito deben moverse libremente para que se presente la conducción electrolítica.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	39/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La naturaleza iónica de un compuesto puede determinarse experimentalmente observando qué tan eficazmente transporta la corriente eléctrica una disolución acuosa del mismo.


Ahora bien, las propiedades de los compuestos iónicos y covalentes reflejan la manera en que los átomos interactúan entre sí. Una de estas propiedades es la conductividad electrolítica de los compuestos en disolución acuosa, la cual se estimará con cada una de las disoluciones que el estudiante prepare. Además, se observará la influencia de la concentración de las disoluciones en la conductividad.

#### 4. EQUIPO Y MATERIAL

- 2 matraces volumétricos de 100 [ml].
- 1 matraz volumétrico de 50 [ml].
- 1 matraz volumétrico de 25 [ml].
- 3 vasos de precipitados de 100 [ml].
- 1 vaso de precipitados de 30 [ml]
- 1 pipeta volumétrica de 10 [ml].
- 1 embudo de vidrio de filtración rápida
- 1 piseta.
- 1 espátula.
- 1 varilla de vidrio.
- 1 conductímetro.
- 1 propipeta.
- 1 balanza semianalítica.

#### 5. REACTIVOS

- 1) Agua destilada.
- 2) Acetato de sodio,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
- 3) Bicarbonato de sodio,  $\text{NaHCO}_3$ .
- 4) Nitrato de potasio,  $\text{KNO}_3$ .
- 5) Sulfato de magnesio heptahidratado,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .
- 6) Sulfato de cobre (II) pentahidratado,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .
- 7) Sacarosa,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	40/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. DESARROLLO

### ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que los estudiantes posean los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del material, equipo y sustancias químicas que se utilizarán.

### ACTIVIDAD 2

Prepare cuatro disoluciones de diferentes concentraciones, utilice el soluto asignado por la figura docente, de acuerdo con las indicaciones siguientes:


#### Preparación de la disolución madre

1. Calcule la cantidad necesaria, en gramos del soluto, para preparar 100 [ml] de una disolución 0.05 [M].
2. Pese con cuidado, en un vaso de precipitados, los gramos del soluto que calculó en el paso anterior y disuélvalos en 50 [ml] de agua destilada.
3. Trasvase la disolución preparada a un matraz volumétrico de 100 [ml] con ayuda del embudo. Lave, al menos tres veces, con la mínima cantidad de agua tanto el vaso como el embudo auxiliándose de una piseta. Asegúrese de no dejar nada de reactivo en el vaso de precipitados.
4. Añada agua destilada hasta la marca del aforo del matraz, tápelo y agítelo para mezclar perfectamente la disolución. La disolución así preparada es la disolución madre.
5. Trasvase la disolución a un vaso de precipitados previamente etiquetado.

### ACTIVIDAD 3.

#### Preparación de disoluciones diluidas.

1. De la disolución madre tome 10 [ml] con la pipeta volumétrica y viértalos en el otro matraz volumétrico de 100 [ml].
2. Añada agua hasta la marca del aforo del matraz, tápelo y agítelo para mezclar perfectamente la disolución. Esta es la disolución 1.
3. Repita los pasos 1 y 2 de esta actividad para preparar las disoluciones 2 y 3. Use los matraces volumétricos de: 50 y 25 [ml] respectivamente.  
La disolución 2 será la de 50 [ml] mientras que la disolución 3, será la de 25 [ml].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	41/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Vierta cada una de las tres disoluciones preparadas en esta actividad en vasos de precipitados etiquetados. Tenga mucho cuidado de no mezclar las disoluciones, ya que se producirían resultados erróneos.
- Calcule la concentración molar de las disoluciones 1, 2 y 3. Recuerde que la concentración molar de la disolución madre es 0.05 [M].  
Anote su resultado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Concentración molar de las disoluciones diluidas.

Disoluciones diluidas	Disolución 1 100 [ml]	Disolución 2 50 [ml]	Disolución 3 25 [ml]
	Concentración Molar = _____ [M]	Concentración Molar = _____ [M]	Concentración Molar = _____ [M]


#### ACTIVIDAD 4

##### Toma de lecturas

El alumnado llevará al cabo los pasos siguientes para determinar la conductividad de las disoluciones 1, 2 y 3 únicamente. **No se determinará la conductividad de la disolución madre.** Es importante que haga las mediciones comenzando de la disolución más diluida a la más concentrada.

- Sin encender el conductímetro, sumergirá el electrodo en la disolución y lo moverá para desalojar las burbujas de aire que hayan quedado atrapadas, asegurando que el nivel del líquido se encuentre arriba de los orificios y posteriormente encenderá el equipo.
- Seleccionará la escala adecuada siguiendo las instrucciones de la figura docente, tomará la lectura de conductividad en [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] y registrará sus resultados en la tabla



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	42/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

En el conductímetro CONDUCTRONIC (mostrado en la imagen anterior) la lectura es directa en las escalas de 200 y 2K, pero en la escala de 20K, debe multiplicar el valor que indique la pantalla por 1000.

En el conductímetro LEYBOLD DIDACTIC la lectura en la escala de 200 [μS] es directa, pero en las escalas de 2 [μS] y 20 [μS] debe multiplicar el valor que indique la pantalla por 1000.

**NOTA:** Si el conductímetro presenta variaciones importantes en la lectura, no funciona o indica que la batería está baja, reporte la falla con el personal del laboratorio (laboratorista, ayudantes o responsable del laboratorio). No retire la batería del equipo ni lo encienda cuando la celda esté fuera de la disolución.


- c) Después de cada medición apagará el equipo antes de retirar el electrodo de la disolución y al finalizar todas las mediciones enjuagará el electrodo con agua destilada.

**NOTA:** Cada brigada determinará la conductividad de las disoluciones que ha preparado a partir del soluto que le fue asignado por la figura docente.

Posteriormente los resultados se compartirán entre las brigadas para llenar la tabla 2.

**Tabla 2. Conductividad experimental de las disoluciones.**

Disoluciones	Disolución 1 100 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución 2 50 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución 3 25 [ml] Concentración Molar = _____
	Conductividad [μS/cm]	Conductividad [μS/cm]	Conductividad [μS/cm]
CH <sub>3</sub> COONa (ac)			
NaHCO <sub>3</sub> (ac)			
KNO <sub>3</sub> (ac)			
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O (ac)			
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O (ac)			
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (ac)			

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	43/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## MANEJO DE RESIDUOS

Viertan la disolución preparada a la tarja.

Si la brigada usó  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  como soluto vierta la disolución madre en el vaso de precipitados etiquetado como RESIDUOS DE  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Las disoluciones diluidas de este soluto viértanlas a la tarja.


### ACTIVIDAD 5

- Con los datos de la tabla 2, trace una gráfica de la conductividad [ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ] (ordenadas) en función de la concentración molar [M] (abscisas) **para cada uno de los solutos**.  
¿Cuál es el comportamiento observado de la conductividad respecto a la concentración en cada gráfica?
- Establezca los modelos matemáticos correspondientes a cada soluto de la gráfica obtenida en el punto anterior.
- Con base en el modelo matemático obtenido para el soluto asignado por la figura docente, infiera lo siguiente:
  - Si se toman 10 [ml] de la disolución madre y se lleva a un volumen de 250 [ml]:
    - ¿Cuál será la conductividad de la disolución preparada?
    - ¿Cuántos gramos de soluto hay en la disolución preparada?
  - ¿Qué cantidad de soluto se debe de emplear para preparar una disolución de 100 [ml] que presente una conductividad de 16500 [ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ]? ¿Será posible realizarlo experimentalmente? Explique su respuesta.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	44/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## CUESTIONARIO PREVIO PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES

1. Defina concentración molar.
2. ¿Cómo influye el agua de hidratación presente en algunos sólidos, al calcular la concentración o la masa de soluto en una disolución?
3. ¿Cómo afecta la pureza del reactivo químico en la preparación de las disoluciones?
4. Defina: enlace químico, enlace iónico, enlace covalente y enlace metálico
5. Indique en qué sustancias se presenta de manera preferente los siguientes enlaces: el enlace iónico, el enlace covalente y el enlace metálico.
6. Mencione las propiedades físicas más representativas de los compuestos iónicos y de los compuestos moleculares. Explique, cuál o cuáles de estas propiedades le permiten distinguir a un compuesto iónico de un compuesto molecular.
7. Investigue los términos siguientes: electrólito fuerte, electrólito débil, no electrólito y conducción electrolítica.
8. Investigue de qué parámetros depende la resistencia eléctrica.
9. Investigue las unidades, en el S.I., de la resistencia eléctrica y de su inversa, la conductividad eléctrica.
10. ¿Qué sucede con la conductividad del agua destilada si se le agregan unas gotas de ácido sulfúrico?
11. ¿El agua de la llave conduce la electricidad? Explique.


### BIBLIOGRAFÍA

1. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
2. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
3. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
4. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	45/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# **Práctica 6** **CÁLCULO DEL RENDIMIENTO PORCENTUAL DE UNA REACCIÓN QUÍMICA**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	46/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio.	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Termómetro.	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido. La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes e intoxicación.
4	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica, debido a que algunas sustancias químicas son corrosivas. En caso de algún derrame, avise inmediatamente a la figura docente.
5	Jeringa.	Su manipulación requiere el uso de guantes y lentes de seguridad, ya que contiene ácido clorhídrico. Debe manipularse de manera cuidadosa ya que tiene una aguja.

## 2. OBJETIVOS

### EL ALUMNADO:

1. Conocerá las relaciones estequiométricas que existen entre reactivos y productos en una reacción química.
2. Comprenderá el concepto de reactivo limitante y reactivo en exceso en una reacción química.
3. Calculará las cantidades de reactivos que reaccionaron para producir una determinada cantidad de producto.
4. Determinará el rendimiento porcentual de una reacción química.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	47/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. INTRODUCCIÓN

En una gran cantidad de procesos químicos industriales es muy importante conocer la cantidad real de productos obtenidos, así como la cantidad teórica que se podría obtener a partir de cierta cantidad de reactivos. La estequiometría es una parte de la química que se encarga del estudio de éste y otros aspectos.

Cuando se efectúa una reacción, los reactivos comúnmente no están presentes en las cantidades estequiométricas, esto es, en las proporciones indicadas en la ecuación química balanceada. El reactivo que se encuentra en menor cantidad estequiométrica se llama reactivo limitante y es el que limita la cantidad máxima de producto que se puede obtener ya que, cuando se acaba este reactivo, no se puede formar más producto. Los otros reactivos, presentes en cantidades mayores que aquellas requeridas para reaccionar con la cantidad del reactivo limitante presente, se llaman reactivos en exceso. El rendimiento porcentual describe la proporción del rendimiento real con respecto al rendimiento teórico y se define como:


$$\text{Rendimiento porcentual} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento teórico}} \times 100$$

### 4. MATERIAL

- 1 balanza semianalítica.
- 1 probeta de 100 [ml].
- 1 tubo de ensayo con septum de hule.
- 2 soportes universales.
- 1 anillo metálico.
- 1 pinza de tres dedos con sujetador.
- 1 jeringa de plástico de 3 [ml] con aguja.
- 1 manguera de hule con aguja adaptada.
- 1 recipiente de plástico.
- 3 vasos de precipitados de 100 [ml].
- 1 parrilla con agitación.
- 1 agitador magnético.
- 1 piseta.
- 1 espátula con mango de madera.
- 1 termómetro de -10 a 120 [°C]

### 5. REACTIVOS

- 1) Cinc metálico granular, Zn.
- 2) Disolución comercial al 37.6 [%] en masa de ácido clorhídrico, HCl, y densidad de 1.19 [g/cm<sup>3</sup>].
- 3) Sulfato de cobre pentahidratado, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O.
- 4) Agua destilada.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	48/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. DESARROLLO

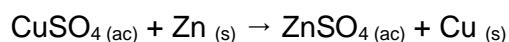
### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo de las sustancias químicas que se emplearán.

### ACTIVIDAD 2.

#### Obtención de cobre.

1. Para llevar a cabo la reacción química siguiente:



2. En un vaso de precipitados de 100 [ml], previamente pesado (peso del vaso =  $m_1$ ) coloque 1.5 [g] de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , adicione 40 [ml] de agua destilada, coloque el agitador magnético y ponga en agitación. Evite que se salpiquen las paredes del vaso.
3. Agregue, a la disolución anterior, 0.3 [g] de cinc granular y continúe con la agitación por espacio de 5 [minutos], al cabo de los cuales ya habrá reaccionado todo el cinc. Retire el agitador magnético y anote sus observaciones.
4. Espere a que sedimente todo el cobre y decante el líquido dentro de uno de los vasos de 100 [ml], evitando en la medida de lo posible la pérdida de cobre.

### MANEJO DE RESIDUOS

El sulfato de cinc que haya reunido deberá colocarlo en el recipiente que está etiquetado como  $\text{ZnSO}_4 (\text{ac})$ .

5. Para lavar el cobre obtenido, adicione aproximadamente 10 [ml] de agua destilada con la piseta, agite y espere a que se sedimente el cobre para decantar el líquido. Repita esta operación dos veces.


### MANEJO DE RESIDUOS

El líquido, aún contiene sulfato de cinc disuelto ( $\text{ZnSO}_4$ ), por lo que se deberá colocar en el recipiente que está etiquetado como  $\text{ZnSO}_4 (\text{ac})$ . Sea cuidadoso al decantar y evite derramar el cobre.

6. El cobre ya lavado que quedó en el vaso de precipitados se seca por evaporación en la parrilla.

### NOTA:

La evaporación debe ser con ligero calentamiento para evitar la ebullición del líquido y la oxidación del cobre.

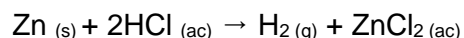
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	49/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Una vez que se tiene el cobre completamente seco, se deja enfriar y se pesa junto con el vaso ( $m_2$ ). La cantidad de cobre producido en el experimento se determina por diferencia de masas:  $m_{\text{Cu,exp}} = m_2 - m_1$ . Este dato representa su rendimiento experimental.
8. Realice los cálculos necesarios para obtener la masa de cobre que debió producirse. Para ello haga lo siguiente:
  - a. Calcule la cantidad de sustancia de cada reactivo.
  - b. Identifique al reactivo limitante
  - c. A partir del reactivo limitante obtenga la cantidad de sustancia y la masa que se debe obtener de cobre (Cu). La masa de cobre así calculada representa el rendimiento teórico, en términos de masa, de la reacción.
  - d. Calcule el rendimiento porcentual.

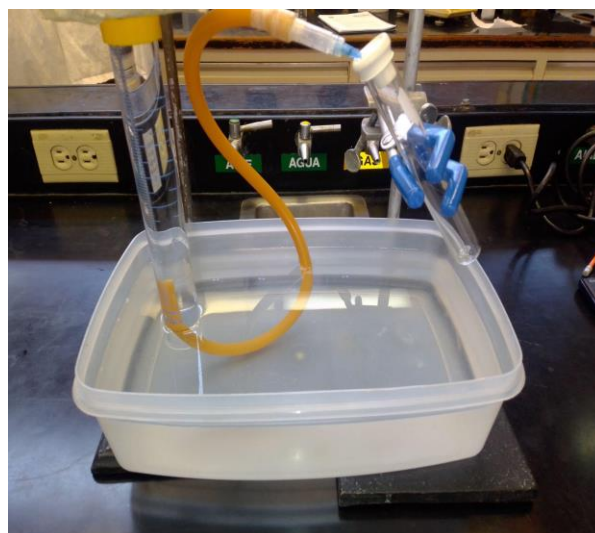
### ACTIVIDAD 3.


#### Obtención de hidrógeno.

1. Para llevar a cabo la reacción química siguiente:



Coloque dentro del tubo de ensayo 0.10 [g] de cinc metálico, tape el tubo con el septum e inserte la aguja unida a la manguera de hule. Introduzca el otro extremo de la manguera en la boca de la probeta, la cual deberá estar llena de agua y en posición invertida dentro del recipiente de plástico con agua como se muestra en la imagen. Evite que el interior de la probeta quede con aire.




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	50/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Adicione 0.5 [ml] de la disolución comercial de ácido clorhídrico (HCl al 37% m/m y densidad 1.19 [g/cm<sup>3</sup>]) al tubo de ensayo, utilice la jeringa, con la cual perforará el septum de hule para adicionar el ácido. Realice esta operación con cuidado, si tiene dudas solicite el apoyo del personal docente.



3. Mida y anote el volumen de hidrógeno gaseoso recolectado en la probeta durante su experimento.
4. Mida la temperatura del agua, esta será la temperatura de recolección del gas.
5. Realice los cálculos necesarios para obtener el volumen de hidrógeno que debió producirse a la temperatura y presión usadas en el experimento. Para ello haga lo siguiente:
  - a. Calcule la cantidad de sustancia de cada reactivo.
  - b. Identifique al reactivo limitante
  - c. A partir del reactivo limitante obtenga la cantidad de sustancia y el volumen de hidrógeno (H<sub>2</sub>) que se deben obtener a una presión de 77 993.59 [Pa] (presión de la CDMX) y a la temperatura de recolección del gas que determinó experimentalmente (punto 4). Use la ecuación de Clapeyron-Mendeleiev (Ecuación del gas ideal).  
El volumen de hidrógeno que calcule representa el rendimiento teórico, en términos de volumen, de la reacción.
  - d. Calcule el rendimiento porcentual.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	51/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## MANEJO DE RESIDUOS

El líquido que queda en el tubo de ensayo al término de la reacción se vierte en el frasco etiquetado como RESIDUOS DE OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO.


### Limpieza de la jeringa

Enjuague la jeringa un par de veces en el líquido del frasco etiquetado como RESIDUOS DE OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO, para ello extraiga y libere el líquido del frasco. Posteriormente, enjuague con agua un par de veces más, seque con cuidado la aguja con ayuda de un trozo de papel y tápela. Así dejará la jeringa limpia para el próximo grupo que la ocupará.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

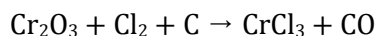
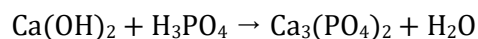
1. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	52/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO CÁLCULO DEL RENDIMIENTO PORCENTUAL DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

1. Balancee las ecuaciones químicas siguientes:




2. Establezca las relaciones estequiométricas en gramos, en moles y en entidades fundamentales para las reacciones anteriores, y demuestre que se cumple la ley de la conservación de la masa.
3. ¿Cómo determina cuál es el reactivo limitante en una reacción química? Dé un ejemplo.


#### BIBLIOGRAFÍA

1. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	53/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# **Práctica 7** **TERMOQUÍMICA. DETERMINACIÓN DE LA ENTALPÍA DE UNA REACCIÓN QUÍMICA**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	54/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


#### 4. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio.	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Termómetro.	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido.  La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzocortantes e intoxicación.
3	Disolución de HCl	El HCl disuelto en agua es una sustancia corrosiva que debe manejarse con precaución ya que puede causar desde irritación cutánea hasta quemaduras graves. Es importante evitar el contacto con los ojos ya que causa lesiones oculares. Asimismo, se debe evitar su inhalación directa ya que puede causar irritación de las vías respiratorias.
4	Disolución de NaOH	El NaOH disuelto en agua es una sustancia corrosiva que debe manejarse con precaución ya que puede causar desde irritación cutánea hasta quemaduras graves. Es importante evitar el contacto con los ojos ya que causa lesiones oculares.

#### 5. OBJETIVOS

##### EL ALUMNADO:

1. Realizará mediciones calorimétricas de una reacción de neutralización ácido-base.
2. Determinará experimentalmente la entalpía de una reacción de neutralización ácido-base.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	55/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. INTRODUCCIÓN

La medición del calor liberado o absorbido durante una reacción química es esencial para comprender el papel que juega la energía en distintos procesos, así como su impacto en el entorno y su posible aprovechamiento en diversas áreas. En química, el calor de reacción, representado por la entalpía ( $\Delta H$ ), es una medida de la cantidad de energía intercambiada durante un proceso químico que implica la ruptura y formación de enlaces entre las sustancias participantes. En este experimento, exploraremos cómo medir y entender el calor de reacción en una reacción ácido-base.


Las reacciones ácido-base son fundamentales en la química, tanto en el laboratorio como en la vida cotidiana. Implican la transferencia de especies químicas que se denominan protones (iones  $H^+$ ) de una sustancia llamada **ácido** a otra que nombramos **base**, formando agua y una sal como productos. La entalpía de una reacción ácido-base puede ser exotérmica (libera calor al entorno) o endotérmica (absorbe calor del entorno), dependiendo de la diferencia de energía total entre los enlaces de los reactivos y productos.

Para medir el calor de reacción, se emplea un instrumento conocido como calorímetro, el cual es un dispositivo que funciona como un sistema aislado, es decir un pequeño universo en cuyo interior podemos definir un nuevo **sistema**, formado por las sustancias que reaccionan (reactivos), y su **entorno** que incluye tanto al disolvente (o al medio que envuelva a los reactivos) como al calorímetro mismo.

Así, cuando dentro del calorímetro ocurre una reacción química se presenta una transferencia de energía entre el sistema y su entorno, la cual podemos medir a través de un cambio de temperatura que es proporcional al calor liberado o absorbido por el sistema. Esta cantidad de calor se calculará a partir de la diferencia de temperatura registrada junto con las propiedades del entorno y del calorímetro.

El empleo de un calorímetro se basa en los principios de la termodinámica, específicamente en la primera ley. En química, podemos interpretar esta ley de forma que la energía total de un sistema se conserva en una reacción química. Por lo tanto, cualquier calor absorbido o liberado por el sistema se reflejará en un cambio en su energía interna.

Comprender el calor de reacción en una reacción ácido-base no solo nos proporciona información sobre la cantidad de energía involucrada en la transformación de los reactivos

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	56/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

en productos, sino que también nos permite investigar la naturaleza de los enlaces químicos y la estabilidad de las especies involucradas.

## 8. MATERIAL Y EQUIPO

- k) 1 vaso de precipitado de 150 [ml].
- l) 2 probetas de 100 [ml].
- m) 1 embudo de vidrio.
- n) 1 calorímetro con tapón de hule.
- o) 1 termómetro de -10 a 110 [°C]
- p) 1 barra magnética de agitación
- q) 1 parrilla de agitación
- r) 1 balanza granataria.

## 9. REACTIVOS

- 4) Disolución 1 [M] de HCl.
- 5) Disolución 1 [M] de NaOH.

## 10. DESARROLLO


### ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del material.

### ACTIVIDAD 2.

Mediciones calorimétricas de la reacción de neutralización entre HCl y NaOH.

- Coloque la barra de agitación dentro del vaso de precipitados de 150 [ml].
- Pese el vaso con la barra de agitación. Registre este dato como la masa 1 ( $m_1$ ) y expréselo en [kg].
- Mida con una probeta **25** [ml] de la disolución de HCl 1 [M] y agréguelos dentro del vaso de precipitados.
- Coloque el vaso dentro del recipiente aislante del calorímetro.
- Inserte con cuidado el termómetro dentro del tapón horadado de hule, ponga este tapón en la tapa del calorímetro y ajuste el termómetro para que el bulbo quede cubierto por la disolución de HCl.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	57/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Coloque la tapa pequeña del calorímetro y encienda la agitación.

NOTA: Es importante que el bulbo del termómetro esté dentro de la disolución y que durante la agitación, la barra magnética no golpee el bulbo.

7. Registre la temperatura de la disolución, este dato lo identificará como la temperatura inicial o  $T_1$ .
8. Con la segunda probeta mida **25** [ml] de la disolución de NaOH 1 [M].
9. Retire la tapa pequeña del calorímetro y con ayuda del embudo agregue rápidamente los **25** [ml] de disolución de NaOH al vaso de vidrio que contiene la disolución de HCl dentro del calorímetro.
10. Tape el calorímetro, espere alrededor de 30 segundos y registre la temperatura final. Este dato lo identificará como  $T_2$ .
11. Detenga la agitación y retire el vaso de vidrio del calorímetro.
12. Mida la masa del vaso de vidrio con la mezcla de reacción. Este dato es la masa final o masa 2 ( $m_2$ ), expréselo en [kg].
13. Obtenga la masa de la mezcla de reacción a partir de la diferencia entre  $m_2$  y  $m_1$ . Exprese su resultado en kilogramos [kg].

$$m_{mezcla} = m_2 - m_1$$


Registre los datos obtenidos en la tabla 1.

### MANEJO DE RESIDUOS

Deseche la mezcla de reacción a la tarja.

Este procedimiento es ambientalmente adecuado debido a que la mezcla es neutra y sólo contiene agua y cloruro de sodio.

14. Repita los pasos 3 a 13 con los volúmenes que se indican en la misma tabla.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	58/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El valor de la masa 1:  $m_1$ , se usará para todos los ensayos. Registre sus datos en la tabla 1.

Tabla 1.

$m_1$ [kg] = _____							
Ensayo	$V_{HCl\ 1[M]}$ [ml]	$V_{NaOH\ 1[M]}$ [ml]	$T_1$ [°C]	$T_2$ [°C]	$m_2$ [kg]	$m_{mezcla} = m_2 - m_1$ [kg]	$\Delta T = T_2 - T_1$ [°C]
1	25	25					
2	30	30					
3	35	35					
4	40	40					
5	45	45					

### ACTIVIDAD 3.

#### Obtención de la entalpía de la reacción.

1. A partir de la expresión:

$$Q_{abs,m} = m_{mezcla} \cdot C_e \cdot \Delta T$$

Calcule la cantidad de energía absorbida en forma de calor por parte de la mezcla de reacción ( $Q_{abs,m}$ ) al ocurrir la neutralización de los reactivos en cada uno de los ensayos. Considere que la capacidad térmica específica de la mezcla:  $C_e$ , es de 4058.48 [J/kg°C].

2. Calcule la cantidad de calor absorbida por el calorímetro ( $Q_{abs,cal}$ ) en cada uno de los ensayos. Considere que la capacidad térmica del calorímetro,  $C_{cal} = 46.6$  [J/°C].


$$Q_{abs,cal} = C_{cal} \cdot \Delta T$$

3. Evalúe la cantidad de calor total absorbida por la mezcla de reacción ( $Q_{absorbido}$ ) en cada ensayo.

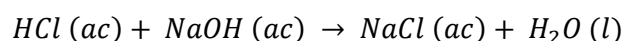
$$Q_{absorbido} = Q_{abs,m} + Q_{abs,cal}$$

4. Calcule el calor liberado por la reacción ( $Q_{liberado}$ ) en cada ensayo.

$$-Q_{liberado} = Q_{absorbido}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	59/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Calcule la cantidad de sustancia obtenida para el agua ( $n_{H_2O}$ ) que se obtiene para cada ensayo. Considere que la ecuación química que representa la neutralización entre HCl y NaOH es:



6. Complete la siguiente tabla:


Tabla 2.

Ensayo	$\Delta T$ [°C]	$Q_{abs,m}$ [J]	$Q_{abs,cal}$ [J]	$Q_{absorbido}$ [J]	$Q_{lib}$ [J]	$Q_{lib}$ [kJ]	$n_{H_2O}$ [mol]
1							
2							
3							
4							
5							

7. Obtenga el modelo gráfico y matemático de  $Q_{lib} [kJ] = f(n_{H_2O} [mol])$ . Anote el valor de la pendiente, este dato representa la entalpía de la reacción asociada a la formación de un mol de agua.
8. Compare el valor de su resultado experimental con el valor obtenido usando las entalpías de formación determinadas en el estado estándar a 25 [°C] y evalúe el porcentaje de error experimental.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Brown, T., Le May, E., & Burnsten, B. (2014). *Química: la ciencia central*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	60/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### CUESTIONARIO PREVIO

1. ¿Qué es la calorimetría?
2. ¿Qué es la capacidad térmica específica de una sustancia?
3. ¿Cómo se calcula el calor transferido o absorbido por una masa determinada de un material?
4. Defina los siguientes conceptos desde un punto de vista termodinámico:
  - a. Sistema
  - b. Entorno
  - c. Universo
5. ¿Cuáles son las diferencias entre sistemas abiertos, cerrados y aislados?
6. ¿Qué es la entalpía desde el punto de vista de la química?

### BIBLIOGRAFÍA

1. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
2. Brown, T., Le May, E., & Burnsten, B. (2014). *Química: la ciencia central*.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	61/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

El calor liberado ( $Q_{\text{liberado}}$ ) durante la reacción se obtiene al aplicar la primera ley de la termodinámica y establecer que el calor liberado ( $Q_{\text{liberado}}$ ) por el sistema (representado por los reactivos) es igual al calor absorbido por el entorno (la mezcla y el calorímetro). Matemáticamente, esto se expresa de la siguiente forma:

$$-Q_{\text{liberado}} = Q_{\text{absorbido}}$$

NOTA: Por convención se asigna signo negativo al calor liberado.

El calor absorbido por el entorno ( $Q_{\text{absorbido}}$ ) depende tanto del calor absorbido por la mezcla obtenida ( $Q_{\text{abs,m}}$ ) como del calor absorbido por el calorímetro ( $Q_{\text{abs,cal}}$ ):

$$Q_{\text{absorbido}} = Q_{\text{abs,m}} + Q_{\text{abs,cal}}$$

Por lo tanto, es necesario calcular ambas contribuciones.

### **Cálculo de calor absorbido por la mezcla.**

El calor absorbido por la mezcla ( $Q_{\text{abs,m}}$ ) depende de la masa de la mezcla ( $m_{\text{mezcla}}$ ), la capacidad térmica específica de esta ( $C_e$ ) y la diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ) registrada durante la reacción. La expresión para calcularlo es la siguiente:

$$Q_{\text{abs,m}} = m_{\text{mezcla}} \cdot C_e \cdot \Delta T$$


Como la capacidad térmica específica de la mezcla de reacción obtenida es de 4058.48 [J/kg°C], la expresión de calor absorbido por la mezcla queda descrita como:

$$Q_{\text{abs,m}} = m_{\text{mezcla}}[\text{kg}] \cdot 4058.48 \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right] \cdot \Delta T$$

### **Cálculo de calor absorbido por el calorímetro.**

Por su parte, el calor absorbido por el calorímetro ( $Q_{\text{abs,cal}}$ ) depende de la capacidad térmica de este:  $C_{\text{cal}}$  y de la diferencia de temperatura:  $\Delta T$  registrada. Por lo que para calcularlo usamos la siguiente expresión:

$$Q_{\text{abs,cal}} = C_{\text{cal}} \cdot \Delta T$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	62/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Si consideramos que la capacidad térmica promedio del calorímetro ( $C_{cal}$ ) es de  $46.6 \text{ [J/}^\circ\text{C]}$  entonces la expresión queda como:

$$Q_{abs,cal} = 46.6 \left[ \frac{J}{^\circ C} \right] \cdot \Delta T$$

### **Calor absorbido por el entorno.**

Al considerar que el calor absorbido por el entorno depende tanto del calor absorbido por la mezcla como por el calorímetro, tenemos que su cálculo queda descrito como sigue:

$$Q_{absorbido} = Q_{abs,m} + Q_{abs,cal}$$

$$Q_{absorbido} = m_{mezcla} [kg] \cdot 4058.48 \left[ \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right] \cdot \Delta T + 46.6 \left[ \frac{J}{^\circ C} \right] \cdot \Delta T$$

### **Calor liberado por el sistema al ocurrir la reacción.**

El calor liberado por el sistema es igual al calor absorbido por el entorno y como ya se estableció al principio de este apéndice, se calcula aplicando la primera ley de la termodinámica:


$$-Q_{liberado} = Q_{absorbido}$$

$$-Q_{liberado} = m_{mezcla} [kg] \cdot 4058.48 \left[ \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right] \cdot \Delta T + 46.6 \left[ \frac{J}{^\circ C} \right] \cdot \Delta T$$

O bien:

$$Q_{liberado} = - \left( m_{mezcla} [kg] \cdot 4058.48 \left[ \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right] + 46.6 \left[ \frac{J}{mol} \right] \right) \cdot \Delta T$$

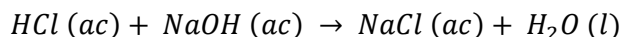
Este cálculo deberá realizarse para cada ensayo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	63/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

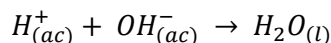
## Modelo gráfico

El experimento se ha realizado a presión y masa constantes, y por lo tanto el calor que se ha determinado en cada uno de los ensayos corresponde a la entalpía de la reacción. Además, como la entalpía es una propiedad extensiva, se espera que al trazar el gráfico  $Q_{liberado}[\text{kJ}] = f(n\text{H}_2\text{O} [\text{mol}])$  se tenga un modelo lineal cuya pendiente representa la **entalpía de la reacción cuando se obtiene un mol de agua**.

Como también se han usado disoluciones con concentración 1[M] y se ha trabajado a una presión cercana a 1 [atm] (0.77 [atm] aproximadamente) podemos comparar el valor de la pendiente con el cálculo de la entalpía de la reacción en el estado estándar. Para ello debemos usar los datos de entalpías de formación de reactivos y productos involucrados en la reacción química.



Que en su forma iónica queda descrita como:




Los valores de entalpía de formación evaluadas en el estado estándar a 25 [°C] de las especies químicas involucradas en la reacción son las siguientes:

Especie química	$\Delta H_f^0 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$
$\text{H}_{(ac)}^+$	0
$\text{OH}_{(ac)}^-$	-229.99
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-285.8

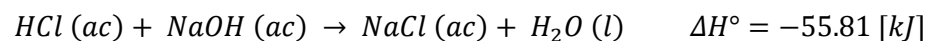
El cálculo de la entalpía de reacción usando estos datos queda como:

$$\Delta H^\circ = \left[ 1 [\text{mol}] \text{ de } \text{H}_2\text{O} * \left( -285.8 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] \right) \right] - \left[ 1 [\text{mol}] \text{ de } \text{H}^+ * \left( 0 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] \right) + 1 [\text{mol}] \text{ de } \text{OH}^- * \left( -229.99 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] \right) \right]$$


$$\Delta H^\circ = -55.81 [\text{kJ}]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	64/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Por lo que la ecuación termoquímica queda descrita como sigue:



Y nos muestra que al formarse un mol de agua se liberan 55.81 [kJ].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	65/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 8 EQUILIBRIO QUÍMICO

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	66/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio.	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

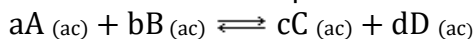
## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Comprobará experimentalmente la existencia del equilibrio químico.
2. Verificará experimentalmente el principio de Le Chatelier.
3. Determinará experimentalmente la constante de equilibrio del ácido acético.

## 3. INTRODUCCIÓN


Se conoce que una reacción química se encuentra en equilibrio químico cuando llega a un momento a partir del cual ya no se presenta ningún cambio en la concentración de reactivos ni de productos a medida que transcurre el tiempo, debido a que las rapidezces de la reacción directa y de la reacción inversa son iguales. Con base en lo anterior, el equilibrio químico se ha definido como el equilibrio dinámico que asume la forma de una reacción química, tal que, para una reacción reversible se puede hacer el siguiente planteamiento:



donde a, b, c y d son los coeficientes estequiométricos para las sustancias A, B, C y D, respectivamente. La expresión matemática para la constante de equilibrio en términos de las concentraciones de las sustancias está dada por:

$$K_c = \frac{[productos]}{[reactivos]} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Esta expresión se basa en la ley de acción de masas, la cual relaciona las concentraciones de reactivos y productos en el equilibrio, a una temperatura dada. La constante de equilibrio para una reacción dada se puede calcular partiendo de concentraciones conocidas de reactivos y productos en el equilibrio.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	67/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El valor de  $K_c$  permanece constante sólo para una temperatura de equilibrio dada, permitiendo predecir la dirección en la que se desplazará la reacción para lograr el equilibrio cuando se lleva al cabo un cambio de concentración de alguno de los reactivos o productos. Lo anterior se basa en el principio de Le Chatelier, el cual establece la dirección en la que se debe desplazar el equilibrio para minimizar el efecto del cambio en la concentración, presión o temperatura en el equilibrio de una reacción.

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

- 3 vasos de precipitados de 30[ml].
- 1 medidor de pH.
- 1 espátula de doble punta.
- 1 varilla de vidrio.
- 1 balanza semianalítica digital

#### 5. REACTIVOS

- Disoluciones 0.1 [M], 0.01 [M] y 0.001 [M] de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- Acetato de sodio,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
- Agua destilada.

#### 6. DESARROLLO

##### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará el manejo de los reactivos que se emplearán


##### ACTIVIDAD 2

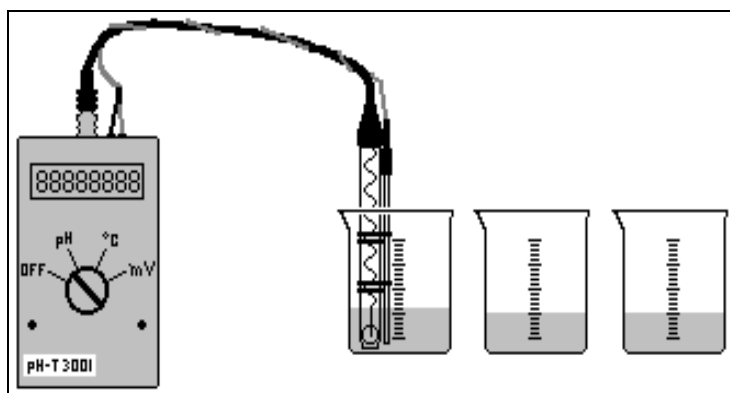
##### Determinación de la constante de equilibrio.

1. Etiquete tres vasos de precipitados de 30 [ml] con las diferentes disoluciones de ácido acético y transfiera aproximadamente 20 [ml] en cada uno de los vasos.

2. Retire la cubierta protectora de la celda del medidor de pH e introdúzcala en la disolución de 0.001 [M], procurando que la punta del electrodo quede completamente sumergida dentro del líquido (como se muestra en la figura 1). Agite ligeramente el electrodo para desalojar las burbujas de aire que hayan quedado retenidas en la punta. Seleccione con ayuda de la perilla el pH y enciéndalo.

**NOTA:** Evite golpear el electrodo con las paredes del vaso de precipitados.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	68/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



**Figura 1**

3. Una vez hecha la medición del pH, apague el medidor, saque el electrodo y enjuáguelo con agua destilada.

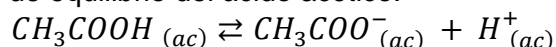
**NOTA:** En caso de no enjuagar después de cada lectura, la punta del electrodo se obtendrán resultados erróneos.

4. Repita el paso 2 y 3 para determinar el pH de las otras dos disoluciones de ácido acético.

5. Con los datos de pH, llene la tabla siguiente:

Disolución de ácido acético	pH	[H <sup>+</sup> ]	K <sub>a</sub>
0.01 [M]			
0.05 [M]			
0.1 [M]			


6. En el apéndice de la práctica encontrará los cálculos que se deberán realizar para determinar la constante de equilibrio del ácido acético.



### MANEJO DE RESIDUOS

La disolución 0.1 [M] a la que se añadió acetato de sodio debe verterla en la tarja.  
Las disoluciones de 0.05 [M] y 0.01 [M] de ácido acético se regresarán a sus respectivos recipientes.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	69/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### ACTIVIDAD 3

Principio de Le Chatelier (efecto del ion común). Determinación del pKa.

1. Pese 0.2 [g] de acetato de sodio.
2. Agregue, con ayuda de la espátula, el acetato de sodio al vaso de precipitados que contiene la disolución 0.1 [M] de ácido acético y que usó en la actividad 2.
3. Agite con la varilla de vidrio para disolver por completo la sal.
4. Mida el pH con el potenciómetro.
5. Repita los pasos 1 a 4 y complete la siguiente tabla:

Tabla 1.

Evento	Masa pesada de Acetato de sodio en cada evento	Masa total de acetato de sodio agregada	pH
1	0.2 [g]	0.2 [g]	
2	0.2 [g]	0.4 [g]	
3	0.2 [g]	0.6 [g]	

### MANEJO DE RESIDUOS

Al terminar el experimento se desecha a la tarja la disolución.

6. A partir de la masa total, calcule para cada evento la cantidad de sustancia de acetato de sodio, así como la concentración molar de esta sal al agregarse a los 20 [ml] de disolución. Complete la siguiente tabla:

Tabla 2.


Evento	$m_T \text{ CH}_3\text{COONa}$	$n_T \text{ CH}_3\text{COONa}$ [mol]	$[\text{CH}_3\text{COONa}]$ [M]	$[\text{CH}_3\text{COOH}]$ [M]
1	0.2 [g]			
2	0.4 [g]			
3	0.6 [g]			

7. Calcule el cociente de concentraciones  $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$  y trace un gráfico de:

$$pH = \log_{10} \left( \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \right)$$


Revise en el apéndice de la práctica la explicación de los cálculos.

8. Determine el pKa del ácido acético y compare este valor con el valor de Ka de acidez obtenido en la actividad 2. ¿Cuál de los dos valores le permite obtener el valor más bajo de porcentaje de error experimental?

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	70/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

1. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
2. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
3. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
4. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	71/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### CUESTIONARIO PREVIO EQUILIBRIO QUÍMICO

- ¿Qué es una reacción reversible?
- ¿Cuáles son los factores que afectan al equilibrio químico?
- ¿Qué establece el principio de Le Chatelier?
- Suponiendo que la reacción reversible siguiente se lleva a cabo en un sistema cerrado:  

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(l)} + D_{(l)}$$
- Indique hacia dónde se desplaza el equilibrio si:
  - Hay una disminución de presión.
  - Se adiciona  $A_{(g)}$  a la mezcla de reacción.
- ¿Cuál es la expresión matemática para calcular el pH de un ácido débil?
- ¿Qué es un ácido monoprótico?
- Investigue cuál es el valor de la constante de acidez del ácido acético en condiciones estándar.

### BIBLIOGRAFÍA.

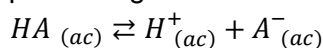
- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	72/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

### Actividad 2

Cuando se tiene un ácido monoprótico (HA) débil disuelto en agua, éste se disociará parcialmente, estableciendo el equilibrio siguiente:



Dicho equilibrio está caracterizado por una constante, expresada por:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Por otro lado, si se considera que la concentración inicial del ácido HA es C [M], se pueden establecer entonces las relaciones siguientes:

	$HA_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + A^-_{(ac)}$		
Tiempo inicial ( $t_0$ )	C	0.0	0.0
Tiempo de equilibrio ( $t_{eq}$ )	C-x	X	x

Con base en lo anterior, y dado que  $[A^-] = [H^+] = X$ , la expresión de la constante de equilibrio puede expresarse de la manera siguiente:

$$K_a = \frac{x^2}{C - x}$$


Como se trata del equilibrio de un ácido débil, la concentración de los iones  $H^+$  es despreciable frente a C y puede aproximarse de la manera siguiente:

$$K_a = \frac{x^2}{C}$$

Dado que X corresponde a la concentración de  $H^+$  en el equilibrio, puede determinarse la concentración de  $H^+$  si se mide el pH de la disolución en el equilibrio, ya que:

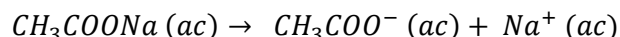
$$pH = -\log [H^+]$$

Por lo anterior, conociendo la concentración de  $H^+$  se puede determinar el valor de la constante de acidez  $K_a$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	73/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

El acetato de sodio es una sal que se ioniza por completo en agua



y por lo tanto, la concentración de esta es igual a la de los iones que genera. De esta manera, se cumple que:

$$[CH_3COONa] = [CH_3COO^-]$$

Por otra parte, durante los eventos experimentales no se adiciona ácido acético, por lo que su concentración permanece sin cambio. Así, tenemos que en cada evento la concentración de ácido acético es 0.1 [M].

Evento	$[CH_3COOH]$ [M]
1	0.1
2	0.1
3	0.1


Respecto a la gráfica

$$pH = f \left( \log_{10} \left( \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \right) \right)$$

Da lugar a una línea recta asociada a la ecuación de Henderson-Haselbach:

$$pH = pKa + \log_{10} \left( \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \right)$$

De tal forma que al graficar los valores de pH contra los valores de  $\log_{10} \left( \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \right)$ , el ajuste de los puntos debe permitir obtener una ecuación de una línea recta cuya ordenada al origen es igual al pKa.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	74/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El pKa es un parámetro que nos permite expresar la constante de equilibrio de disociación ácida ( $K_a$ ) en términos numéricos más simples. Matemáticamente el pKa se define como:

$$pKa = \log_{10} \left( \frac{1}{K_a} \right)$$

Por lo tanto, la  $K_a$  equivale a:


$$K_a = 10^{-pKa}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	75/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 9

## ELECTROQUÍMICA.

### ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	76/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio.	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Termómetro.	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido. La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzocortantes e intoxicación.
3	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

## 2. OBJETIVOS

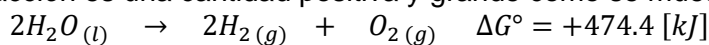
### EL ALUMNADO:

1. Conocerá el aparato de Hofmann para la electrólisis del agua.
2. Cuantificará la carga eléctrica implicada en la electrólisis del agua, así como el volumen de las sustancias producidas en los electrodos.
3. Determinará el rendimiento de la reacción.
4. Determinará experimentalmente el valor del número de Avogadro.

## 3. INTRODUCCIÓN


En la conducción electrolítica, la carga eléctrica es transportada por iones, y no ocurrirá a menos que los iones del electrólito puedan moverse libremente. La conducción electrolítica se da principalmente en las sales fundidas y en las disoluciones acuosas de electrólitos, al contrario de una reacción redox espontánea, que da lugar a la conversión de energía química en energía eléctrica. La electrólisis es un proceso en el cual la energía eléctrica se utiliza para provocar una reacción química que no es espontánea.

El agua en condiciones normales (101.325 [kPa] y 25 [°C]) no se disocia espontáneamente para formar hidrógeno y oxígeno gaseosos, porque el cambio de energía libre estándar para la reacción es una cantidad positiva y grande como se muestra en la reacción siguiente:



Sin embargo, esta reacción puede inducirse al electrolizar el agua en un aparato para electrólisis de Hofmann. Este aparato consiste en dos electrodos hechos de un material



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	77/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

poco reactivo, como el platino, sumergidos en agua. Cuando los electrodos se conectan a una fuente de energía eléctrica, aparentemente no sucede nada, porque en el agua pura no existen los suficientes iones para transportar una cantidad apreciable de corriente eléctrica (el agua pura contiene concentraciones de  $1 \times 10^{-7}$  [M] de iones  $H^+$  y  $1 \times 10^{-7}$  [M] de iones  $OH^-$ ).

En el laboratorio de química puede llevarse al cabo la electrólisis de disoluciones de ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, sulfato de potasio, cloruro de sodio, etc. En ésta práctica se utilizará una disolución de hidróxido de sodio para aumentar la concentración de los iones  $OH^-$ .

Por otra parte, la cantidad de corriente involucrada en la electrólisis del agua permite determinar el valor de la constante de Avogadro a través de la relación que se establece entre el número de electrones involucrados en la electrólisis y el número de moles de electrones que oxidan a los iones  $OH^-$  para producir oxígeno gaseoso.

#### 4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) Aparato de Hofmann constituido por los elementos siguientes:
  - i. Un soporte con varilla.
  - ii. Una placa de sujeción con anillo metálico.
  - iii. Un contenedor de vidrio de 250 [ml] con manguera de conexión.
  - iv. Dos electrodos de platino.
  - v. Dos buretas de vidrio de 50 [ml] con llave de teflón, unidas mediante un tubo de vidrio.
- b) Una fuente de diferencia de potencial baja (PASCO SF-9584, 0-21 [V] DC)
- c) Un multímetro digital WAVETEK.
- d) Tres cables de conexión banana-banana.
- e) Un cronómetro.
- f) Termómetro de -10 [°C] a 120 [°C]


#### 5. REACTIVOS

- 1) 250 [ml] de disolución al 10 % m/m de hidróxido de sodio, NaOH.

#### 6. DESARROLLO

##### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo del equipo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	78/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

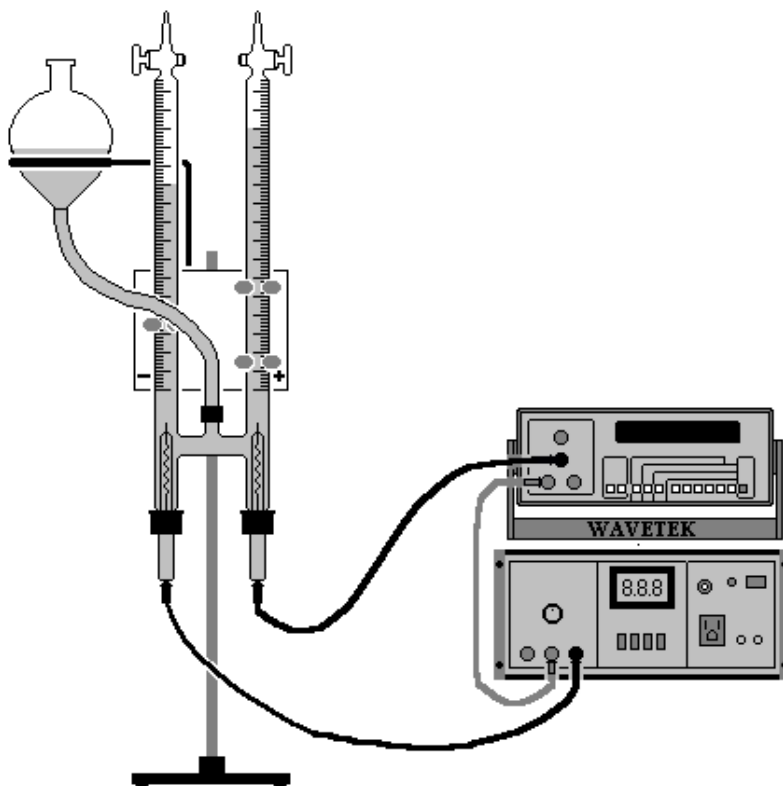
## ACTIVIDAD 2.


### PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA ELECTRÓLISIS DEL AGUA

El procedimiento para llevar a cabo la electrólisis del agua comprende los puntos siguientes:

#### Armado del aparato de Hofmann

1. Atornille firmemente la varilla al soporte y sujete la placa de sujeción a la varilla.
2. Coloque el anillo metálico en la parte posterior de la placa de sujeción (atornille firmemente). Posteriormente, embone primero la bureta izquierda en el sujetador izquierdo, verificando que la graduación quede al frente.
3. Embone la bureta derecha en los sujetadores restantes, empezando por el sujetador superior y suba las buretas lo necesario para poder colocar los electrodos, verificando que éstos queden bien sujetos y lo más verticalmente posible.
4. Conecte la manguera al contenedor y coloque éste en el anillo metálico.
5. Conecte el otro extremo de la manguera a la entrada que se encuentra entre las dos buretas, de tal manera que la manguera pase por el frente de ellas. El sistema experimental constituido por el aparato de Hofmann, la fuente de diferencia de potencial baja, el multímetro y los cables de conexión, quedará dispuesto como se muestra en la figura siguiente.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	79/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Una vez armado el dispositivo experimental, adicione la disolución de hidróxido de sodio en el contenedor; al adicionar, cuide que las llaves de ambas buretas estén abiertas.
- Para llenar adecuadamente las buretas, suba el contenedor hasta que el nivel del líquido llegue al nivel de la llave. En ese momento cierre las llaves de las buretas.

#### Puesta a punto del dispositivo experimental


- Compruebe que la fuente de poder se encuentre apagada, con la perilla en la lectura mínima y oprimido el botón 0-24 V DC; posteriormente conecte la fuente.
- Conecte los tres cables banana-banana como se muestra en la figura anterior.
- Asegúrese de que el multímetro se encuentre apagado y con todos los botones hacia afuera. A continuación, encienda el multímetro y la fuente.
- Para tomar las lecturas de corriente en el multímetro debe oprimir los botones siguientes: el cuarto de izquierda a derecha (selector de amperes), el tercero de derecha a izquierda (escala de lectura de 2 [A]) y el primero de izquierda a derecha (valor cuadrático promedio).

#### Toma de lecturas

- Con el cronómetro en mano empiece a medir el tiempo y ajuste lo más rápidamente posible la fuente a 20.0 [V].
- El sistema debe permanecer en funcionamiento continuo durante 3 minutos (180 [s]), anotando en la tabla 1 la primera y la última lectura de la corriente (I) que se observe en el multímetro. Para realizar los cálculos que permitan determinar las cantidades teóricas del producto obtenido, utilice el promedio de las lecturas anteriores.
- Una vez transcurrido el tiempo deseado, apague la fuente.
- Espere hasta que en el interior del aparato no se tengan burbujas; entonces, desmonte el contenedor de la disolución y muévelo hasta que el nivel de la disolución en el contenedor se encuentre a una altura intermedia entre el nivel del hidrógeno y el nivel del oxígeno; posteriormente, anote el valor de los mililitros de hidrógeno ( $V_{H_2}$ ) y de oxígeno obtenidos ( $V_{O_2}$ ).

**Tabla 1**

Tiempo [s]	V [V]	I [A]	$V_{H_2}$ [ml]	$V_{O_2}$ [ml]
0	20		0	0
180	20			

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	80/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Use el volumen de hidrógeno para calcular:
  - a. La cantidad de sustancia de hidrógeno obtenida experimentalmente y la cantidad de sustancia de electrones utilizada en el proceso.
  - b. El número de Avogadro y el rendimiento porcentual de la reacción.

NOTA: Revise el apéndice de esta práctica.

#### Apagado del equipo

1. Ponga todos los botones del multímetro hacia afuera y desconéctelo. Por otro lado, apague la fuente, desconéctela y desconecte los cables banana-banana.
2. Para mezclar la disolución, abra las llaves de las buretas y sujetando con una mano el anillo metálico, destorníllelo. Posteriormente, mezcle la disolución con movimientos de ascenso y descenso del contenedor.


**NOTA:** En el apéndice de esta práctica se encuentra el tratamiento teórico para determinar la masa de sustancia producida en cada uno de los electrodos y el valor experimental del número de Avogadro.

### MANEJO DE RESIDUOS

Al final del día se debe retirar la disolución de NaOH del interior del equipo y almacenarla para su reutilización en la siguiente sesión.

### 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
2. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
3. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
4. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	81/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

**CUESTIONARIO PREVIO**  
**ELECTROQUÍMICA**  
**ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO**

- Diga en qué consiste:
  - Un proceso electrolítico
  - Un proceso electroquímico.
- Dé dos aplicaciones cotidianas de cada uno de los procesos anteriores.
- Enuncie las leyes de Faraday.
- ¿Qué es y para qué sirve el aparato de Hofmann?
- ¿Qué se entiende por una reacción de óxido – reducción?
- Escriba las reacciones de oxidación y de reducción que se llevan a cabo en la electrólisis de las sales fundidas siguientes:
  - Cloruro de sodio, NaCl.
  - Bromuro de potasio, KBr.
  - Cloruro áurico, AuCl<sub>3</sub>.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.

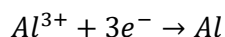
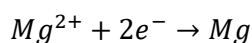
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	82/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

### ASPECTOS CUANTITATIVOS DE LA ELECTRÓLISIS

El tratamiento cuantitativo de la electrólisis fue desarrollado por Faraday. Él observó que la masa del producto formado (o reactivo consumido) en el electrodo era proporcional a la cantidad de electricidad empleada en la electrólisis.

Por ejemplo: para las reacciones siguientes, se requieren 2 [mol] de electrones para producir 1 [mol] de Mg metálico y 3 [mol] de electrones para producir 1 [mol] de Al metálico.



Por lo tanto, se requieren (en el cátodo):

2 [F] para depositar 1 [mol] de Mg y,


3 [F] para depositar 1 [mol] de Al

Donde [F] es el Faraday, cuyo valor corresponde aproximadamente a 96 485.332 [C] y representa la carga eléctrica de 1 [mol] de electrones.

En un experimento de electrólisis generalmente se mide la corriente, en [A], que fluye por el sistema en un intervalo de tiempo dado. La relación entre la carga eléctrica, la corriente y el tiempo es:

$$1 [C] = (1 [A]) (1 [s])$$

Un coulomb es la cantidad de carga eléctrica que pasa en cualquier punto del circuito en un segundo cuando la corriente es un amperio.

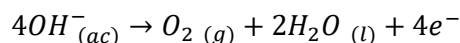
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	83/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## DETERMINACIÓN DE LAS CANTIDADES DE MASA QUE SE PRODUCEN

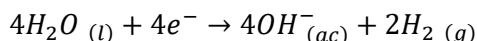
En el ejemplo siguiente se muestra cómo pueden realizarse los cálculos de las cantidades de sustancias producidas en la electrólisis del agua.

Cuando se hace pasar una corriente de 0.4 [A] durante 0.5 [h] a través de una disolución de hidróxido de sodio al 10 % m/m, se obtienen 120 [cm<sup>3</sup>] de H<sub>2</sub> gaseoso y 59 [cm<sup>3</sup>] de O<sub>2</sub> gaseoso medidos a 580 [mm] Hg y 25 [°C]. Escriba las reacciones que se llevan a cabo en cada uno de los electrodos y calcule la cantidad de productos (en gramos) que se debió de formar en los electrodos.

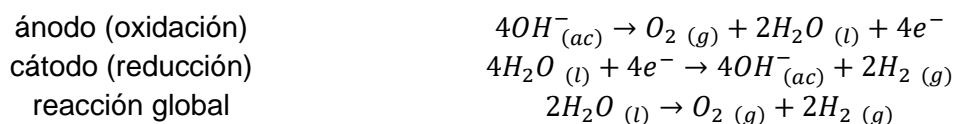
Resolución: El proceso en el ánodo es



mientras que en el cátodo se tiene



La reacción global está dada por:




Las cantidades que se forman de H<sub>2</sub> y de O<sub>2</sub> gaseosos dependen del número de electrones que pasan a través del sistema que, a su vez, depende de la corriente y el tiempo.

$$Carga [C] = (0.4 [A])(0.5 [h]) \left( \frac{3600 [s]}{1 [h]} \right) \left( \frac{1 [C]}{1 [A \cdot s]} \right) = 720 [C]$$

Ya que 1 [F] = 96 485.332 [C], y que se requieren 4 [F] para producir 2 [mol] de H<sub>2</sub>, la masa del H<sub>2</sub> que se debió formar en el cátodo se calcula de la forma siguiente:

$$m [g] H_2 = 720 [C] \left( \frac{1 [F]}{96\,485.332 [C]} \right) \left( \frac{2 [mol] H_2}{4 [F]} \right) \left( \frac{2 [g] H_2}{1 [mol] H_2} \right) = 7.4622 \times 10^{-3} [g] H_2$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	84/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La reacción en el ánodo indica que se produce 1 [mol] de O<sub>2</sub> por cada 4 [F]. Por lo tanto, la masa que se debió formar de O<sub>2</sub> es:

$$m [g] O_2 = 720 [C] \left( \frac{1 [F]}{96\,485.332 C} \right) \left( \frac{1 [mol] O_2}{4 [F]} \right) \left( \frac{32 [g] O_2}{1 [mol] O_2} \right) = 59.6981 \times 10^{-3} [g] O_2$$

### DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE AVOGADRO

La expresión que se emplea para calcular el valor de la constante de Avogadro (**N<sub>A</sub>**) es la siguiente:

$$N_A = \frac{\# e}{n_e}$$

donde:

# e = cantidad de electrones empleados en el proceso

n<sub>e</sub> = moles de electrones empleados en el proceso

Para calcular la cantidad de electrones empleados en el proceso, se emplea la expresión siguiente:

$$\# e = \frac{X [C]}{e}$$

donde, **X [C]** es la cantidad de carga eléctrica involucrada en el proceso y **e** es la carga eléctrica fundamental. Así, para este problema, se tiene:

$$\# e = \frac{720 [C]}{1.6022 \times 10^{-19} [C]} = 4.4938 \times 10^{21} \text{ electrones}$$

Por otro lado, los moles de electrones empleados se calculan considerando al hidrógeno como un gas ideal y suponiendo que la presión a la que se encuentra es la presión ambiente; tal que se emplea la expresión siguiente:


$$n_{H_2} = \frac{P_{CDMX} \cdot V_{exp}}{R \cdot T_{amb}}$$

donde:

n<sub>H<sub>2</sub></sub> = Moles de H<sub>2</sub>

P<sub>CDMX</sub> = Presión atmosférica en la Ciudad de México, en [atm].



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	85/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$V_{\text{exp}}$  = Volumen de hidrógeno obtenido experimentalmente, en [L].

$T_{\text{amb}}$  = Temperatura a la cual se realiza el experimento, en [K].

$R$  = Constante de los gases ideales, en  $\left[\frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$ .


Para el problema, se tendría:

$$n_{\text{H}_2} = \frac{(0.7631 [\text{atm}])(0.120 [\text{L}])}{\left(0.08205 \left[\frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]\right)(298.15 [\text{K}])} = 3.7432 \times 10^{-3} [\text{mol}] \text{H}_2$$


Por cada 1 [mol] de  $\text{H}_2$  que se obtiene, se emplean 2 [mol] de electrones; por lo tanto, la cantidad de moles de electrones empleada en el experimento es de  $7.4865 \times 10^{-3}$  [mol] de electrones.

Finalmente, para calcular el valor de la constante de Avogadro se tendría:

$$N_A = \frac{4.4938 \times 10^{21} [\text{electrones}]}{7.4865 \times 10^{-3} [\text{mol}] \text{ de electrones}} = 6.0025 \times 10^{23} [\text{electrones/mol}]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	86/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 10 CONSTRUCCIÓN DE UNA PILA

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	87/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio.	Si es manipulado inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Construirá una pila.
2. Identificará las reacciones que se llevan a cabo en el cátodo y en el ánodo, respectivamente.
3. Medirá la fuerza electromotriz de la pila construida.
4. Determinará el porcentaje de error de la fuerza electromotriz de la pila.
5. Medirá la fuerza electromotriz de las pilas construidas conectadas en serie.
6. Medirá la fuerza electromotriz de las pilas construidas conectadas en paralelo.


## 3. INTRODUCCIÓN

La electroquímica es la parte de la química que estudia la interrelación entre la energía eléctrica y la energía química. Los procesos que se basan en reacciones de oxidación y reducción implican la transferencia de electrones de una sustancia a otra. Se dice que una sustancia se oxida cuando pierde electrones, y se reduce cuando gana electrones. Una oxidante toma electrones de otra sustancia y se reduce. Un reductor cede electrones a otra especie y en este proceso se oxida. Los electrones que participan en una reacción de oxidación-reducción pueden hacerse fluir por un circuito eléctrico.

Una pila galvánica o voltaica (llamada así en honor a Luigi Galvani y Alessandro Volta, quienes desarrollaron las primeras pilas de este tipo) es un dispositivo experimental para producir energía eléctrica mediante una reacción óxido-reducción espontánea.

## 4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) 2 vasos de precipitados de 30 [ml].
- b) 2 cables caimán - caimán.
- c) 2 cables de conexión banana-banana.
- d) 1 lija de agua, delgada.
- e) 1 multímetro digital WAVETEK.
- f) 1 tira de papel filtro de 15 [cm] x 1 [cm], aproximadamente.
- g) 1 pinza para cristales.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	88/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. REACTIVOS

- 1) 1 placa de cobre.
- 2) 1 placa de cinc.
- 3) Disolución 1 [M] de sulfato de cobre,  $\text{CuSO}_4$ .
- 4) Disolución 1 [M] de sulfato de cinc,  $\text{ZnSO}_4$ .
- 5) Disolución 1 [M] de cloruro de potasio,  $\text{KCl}$ .

## 6. DESARROLLO

### ACTIVIDAD 1


La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del material y de los reactivos químicos.

### ACTIVIDAD 2

Si las placas se encuentran oxidadas, se recomienda eliminar dicho óxido lijándolas con la lija de agua, lo cual se aprecia cuando las placas quedan con brillo.

### ACTIVIDAD 3

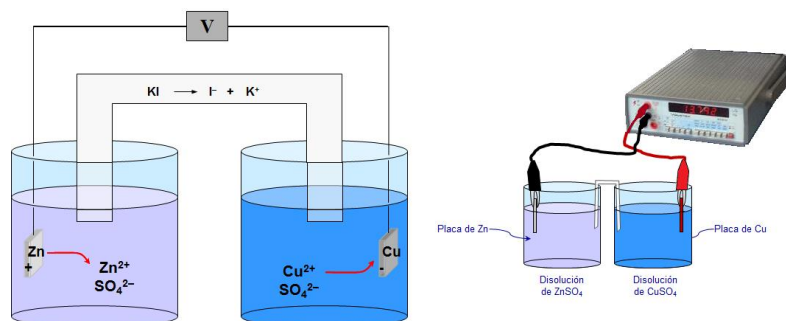
1. Adicione aproximadamente 20 [ml] de la disolución 1 [M] de sulfato de cobre,  $\text{CuSO}_4$ , en uno de los vasos de precipitados y en el otro vaso de precipitados, adicione aproximadamente 20 [ml] de la disolución 1 [M] de sulfato de cinc,  $\text{ZnSO}_4$ .
2. Por otra parte, asegúrese de que el multímetro se encuentre apagado y con todos los botones hacia fuera.
3. Tome los cables banana-banana y conecte los a los bornes que están en la parte izquierda del equipo de la siguiente manera:
  - a. el cable negro al borne negro (o polo común)
  - b. el cable rojo al borne rojo que se encuentra en la parte superior y que está marcado con una V. De esta manera, tendrá listo el equipo para determinar la diferencia de potencial (voltaje).
4. Tome los cables caimán-caimán y utilícelos para conectar las placas de metal (electrodos) a los cables que ha conectado al multímetro de la siguiente manera:
  - a. Conecte la lámina de cinc al cable negro del multímetro.
  - b. Conecte la lámina de cobre al cable rojo.
5. Con mucho cuidado, sin dejar caer los electrodos o salpicar las disoluciones, introduzca cada placa de metal en la disolución de su catión correspondiente; es decir: la lámina de cobre en la disolución de sulfato de cobre (azul) y la lámina de cinc en la disolución de

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	89/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

sulfato de cinc (incolora). Cuide que las placas de metal no toquen la pared o el fondo del vaso de precipitados. Evite que los caimanos se mojen.

6. Humedezca la tira de papel filtro en la disolución de cloruro de potasio, KCl 1 [M] ayudándose de las pinzas para cristales y coloque cada extremo de éste dentro de cada disolución de cationes, para tener el puente salino. Asegúrese de que el papel filtro no toque las láminas de metal.
7. Conecte y encienda el multímetro. Enseguida oprima los botones siguientes:
  - a. el botón de voltaje o potencial (tercer botón de izquierda a derecha, que está marcado con una V).
  - b. el botón de la escala de diferencia de potencial que indica una medición de 0 a 2 [Volts] (sexto botón de derecha a izquierda que está debajo del número 2 de la escala de potencial).


El dispositivo deberá quedar como se muestra en la figura siguiente:

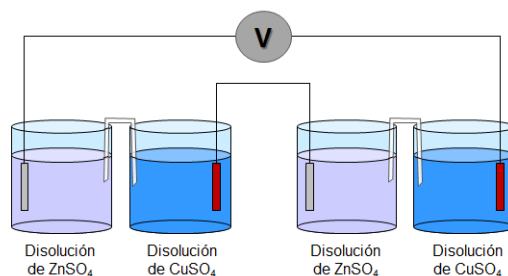


8. Sin apagar el multímetro, quite el puente salino y registre sus observaciones. Anote la lectura de diferencia de potencial (voltaje) que indica el equipo.

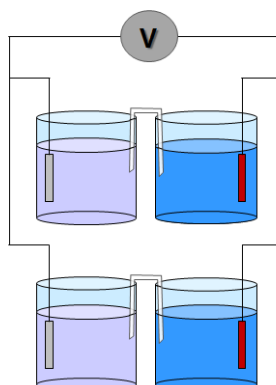
#### ACTIVIDAD 4

1. Con las pilas construidas por las brigadas, realice su conexión en serie y mida la diferencia de potencial (fuerza electromotriz) del arreglo, según se muestra en la figura siguiente. Recuerde que la lámina de cinc se conecta al cable negro y la lámina de cobre al cable rojo. Anote la lectura.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	90/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




2. Desconecte las pilas y ahora realice la conexión en paralelo y mida la fuerza electromotriz del arreglo, que aparece en la figura siguiente. Anote la lectura.



#### ACTIVIDAD 5

- Identifique cuál de los metales utilizados actúa como el cátodo y cuál como el ánodo. Justifique su respuesta.
- Escriba las ecuaciones químicas de la reacción que sucede en el ánodo y de la que sucede en el cátodo de la pila.
- Escriba la ecuación química de la reacción global de la pila.
- Escriba el diagrama de la pila con los metales empleados.
- Calcule la fuerza electromotriz de la pila construida, consultando los valores de potenciales de reducción medidos en el estado estándar de las sustancias utilizadas.
- Calcule el porcentaje de error de la fuerza electromotriz obtenida.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	91/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


- Identifique y explique cuáles pueden ser las causas de los resultados obtenidos.
- Compare los valores obtenidos de la fuerza electromotriz de la conexión en serie y en paralelo de las pilas y justifique la razón de dichos resultados.

### MANEJO DE RESIDUOS

Las disoluciones de  $\text{CuSO}_4$  y  $\text{ZnSO}_4$  se devuelven a sus respectivos recipientes.

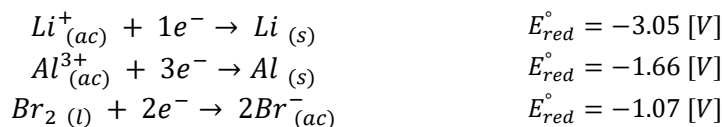
### 7. BIBLIOGRAFÍA

- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). Química.
- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
- Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. \*

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química</b>	Código:	MADO-12
		Versión:	04
		Página	92/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	02 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO CONSTRUCCIÓN DE UNA PILA

1. Investigue ¿Cuál es la contribución de Luigi Galvani y Alessandro Volta a la electroquímica?
2. ¿Qué es una pila y cuáles son los elementos básicos que la constituyen?
3. Investigue ¿Cómo funciona una pila?
4. Defina los conceptos siguientes:
  - a) Oxidación
  - b) Reducción
  - c) Agente oxidante
  - d) Agente reductor
  - e) Fuerza electromotriz o diferencia de potencial
  - f) Potencial estándar de reducción
5. ¿Qué es una pila recargable?
6. Si tuviera que construir una pila que generara la mayor cantidad de energía eléctrica
7. ¿Cuáles de los siguientes pares de óxido-reducción seleccionaría? Justifique su respuesta.



### BIBLIOGRAFÍA

5. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). Química.
6. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
7. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
8. Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. \*