
	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	1/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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 Inorgánica

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
Dr. Rogelio Soto Ayala M. en C. Alfredo Velásquez Márquez Ing. Félix Núñez Orozco M. en A. Violeta Luz María Bravo Hernández Dra. Ana Laura Pérez Martínez Quím. Esther Flores Cruz	Q. Antonia del Carmen Pérez León M. en C. Alfredo Velásquez Márquez Dra. Ana Laura Pérez Martínez Ing. Félix Benjamín Núñez Orozco M. en A. Violeta Luz María Bravo Hernández Dr. Ehecatl Luis Paleo González	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	24 de enero de 2020

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	2/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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	PROPIEDADES MAGNÉTICAS	11
3	EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	19
4	LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA	25
5	PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES	34
6	CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS	42
7	EQUILIBRIO QUÍMICO	50
8	CAMBIO ENERGÉTICO EN DISOLUCIONES	58
9	ELECTROQUÍMICA. ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO	65
10	CINÉTICA QUÍMICA	76
11	TITULACIÓN ÁCIDO-BASE. DETERMINACIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO EN EL VINAGRE	85

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	3/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	4/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	5/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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) NaHCO_3 , bicarbonato de sodio.
- 2) KBr , bromuro de potasio.
- 3) NaOH , hidróxido de sodio.
- 4) CH_3OH , metanol.
- 5) HCl , ácido clorhídrico.
- 6) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, sulfato de cobre pentahidratado.

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 | |

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	6/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	7/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	8/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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/>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	9/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	10/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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/>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	11/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2

PROPIEDADES MAGNÉTICAS

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	12/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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	Fuente de poder 0-10 [V], 14 [A], CD	Descarga eléctrica y daño del equipo
2	Núcleos metálicos.	Al manipular inadecuadamente, se pueden caer y causar daños.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Aprenderá a utilizar el teslámetro para la medición de la intensidad de un campo magnético.
2. Con base en los datos experimentales, clasificará a los elementos empleados como diamagnéticos, paramagnéticos o ferromagnéticos.
3. Comparará la clasificación experimental de los elementos con la predicha a partir de su configuración electrónica.


3. INTRODUCCIÓN

Un electrón al interior de un átomo se comporta como un pequeño imán, ya que presenta un campo magnético por ser una partícula cargada que se encuentra en movimiento; por ello, un átomo que presente electrones desapareados sí exhibirá un magnetismo neto de espín; sin embargo, las interacciones magnéticas de dos electrones en un mismo orbital y con espín (giro) opuesto - de acuerdo con el principio de exclusión de Pauli - se cancelan mutuamente; por lo tanto, un átomo que solo posee electrones apareados no presentará magnetismo neto.

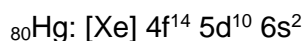
Debido a lo anterior, las propiedades magnéticas de una sustancia pueden revelar información importante acerca de su distribución electrónica. Una sustancia paramagnética es aquella que sufre una atracción débil por parte de un campo magnético y esta atracción resulta del hecho de que la sustancia posee electrones desapareados. El fuerte magnetismo permanente que se observa en objetos de hierro se conoce como ferromagnetismo, y se debe al alineamiento cooperativo de los espines electrónicos de una gran cantidad de átomos de hierro.

El vapor de sodio constituye un ejemplo de una sustancia paramagnética, como lo indica su configuración electrónica.



	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	13/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Una sustancia diamagnética es aquella a la que un campo magnético repele débilmente. Esta propiedad indica que la sustancia posee solamente electrones apareados, por ejemplo, el mercurio es una sustancia diamagnética que posee la configuración electrónica siguiente:



Cuando un material magnético se coloca en un campo magnético constante, el material se magnetiza. Para determinar el grado de magnetización de un material se utiliza el concepto de permeabilidad relativa, k_m , que se define como:

$$k_m = \frac{\mu_N}{\mu_0}$$

donde μ_N es la permeabilidad magnética del material y μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío (su valor puede encontrarse en la literatura). Para calcular la permeabilidad magnética de los diferentes materiales que harán las veces de núcleo del solenoide, se emplea la expresión siguiente:

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{2 \cdot l}$$

donde:

B = Campo magnético.

μ = Permeabilidad magnética del núcleo del solenoide.

N = Número de espiras del conductor.


I = Corriente que pasa a través del conductor.

l = Longitud del conductor.

Puesto que el número de espiras del conductor y la longitud del solenoide son constantes, se puede determinar la permeabilidad magnética del núcleo (μ) variando la corriente (I) y determinando directamente con el teslámetro la magnitud del campo magnético generado (B).

4. EQUIPO Y MATERIAL

- Un solenoide (800 vueltas del conductor, $\ell = 14$ [cm]).
- Tres núcleos (aluminio, hierro y cobre).
- Un teslámetro con punta axial.
- Una fuente de poder (PASCO 0-10 [V], 14 [A], CD).
- Dos cables de conexión banana-banana.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	14/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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 explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo del equipo.

ACTIVIDAD 2.

Puesta a punto del teslámetro


El primer paso para el uso del teslámetro es su puesta a punto, la cual comprende los puntos siguientes:

Ajuste del cero mecánico

1. Compruebe que el botón de encendido esté en **OFF**.
2. Asegúrese de que las dos perillas **NULL** y **CAL** estén a medio giro.
3. Cerciórese de que ningún botón blanco esté oprimido.
4. Conecte la punta al teslámetro introduciendo cuidadosamente la clavija y anote el número de calibración que se encuentra en la etiqueta dorada de la clavija. Si el número de calibración es mayor de 1.0, divídalo entre 100 y anote el valor obtenido ya que lo empleará en el ajuste del teslámetro con la punta.
5. Conecte el teslámetro a la toma de corriente (**no lo encienda**).
6. Oprima el botón de la máxima escala de lectura (3).
7. Ajuste a cero la aguja empleando el tornillo que está abajo de la carátula.

Ajuste de la punta

1. Encienda el teslámetro y oprima los dos botones que dicen **CAL**.
2. Leyendo en la escala superior, ajuste con la perilla **CAL** (**no mueva la perilla NULL**) hasta el valor obtenido en el punto 4 del "ajuste del cero mecánico".

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	15/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Ajuste de las escalas

- Oprima el botón **Read** (que quede hacia afuera) y ajuste a cero con la perilla **NULL** (no mueva la perilla **CAL**).
- Oprima el botón de la escala menor siguiente y ajuste a cero con la perilla **NULL**.
- Repita el paso 2 para las siguientes escalas, hasta llegar a la menor escala.
- Terminado el ajuste de las escalas se tiene el teslámetro a punto, para empezar a realizar las mediciones.


NOTAS:

- Una vez puesto a punto el teslámetro, no lo mueva.
- Mantenga alejados del solenoide el teslámetro y la punta de la prueba axial por lo menos a un metro de distancia, debido a que el campo magnético generado por el solenoide puede influir en los resultados obtenidos.

ACTIVIDAD 3.

Puesta a punto de la fuente de poder

- Conecte en paralelo los cables banana-banana del solenoide a la fuente (rojo-rojo y negro-negro).
- Encienda la fuente y compruebe que el botón selector esté oprimido para medir la intensidad de la corriente [A]; además, el botón 0-24 [V] DC también debe estar oprimido. Para verificar si hay paso de corriente, gire la perilla de la fuente y observe si hay lectura. En caso de que no exista lectura, gire la perilla al mínimo y oprima el botón verde del solenoide una sola vez y gire la perilla para obtener una lectura. Una vez que la obtenga, gire la perilla de la fuente hasta cero y corte la corriente del solenoide con el botón verde.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	16/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

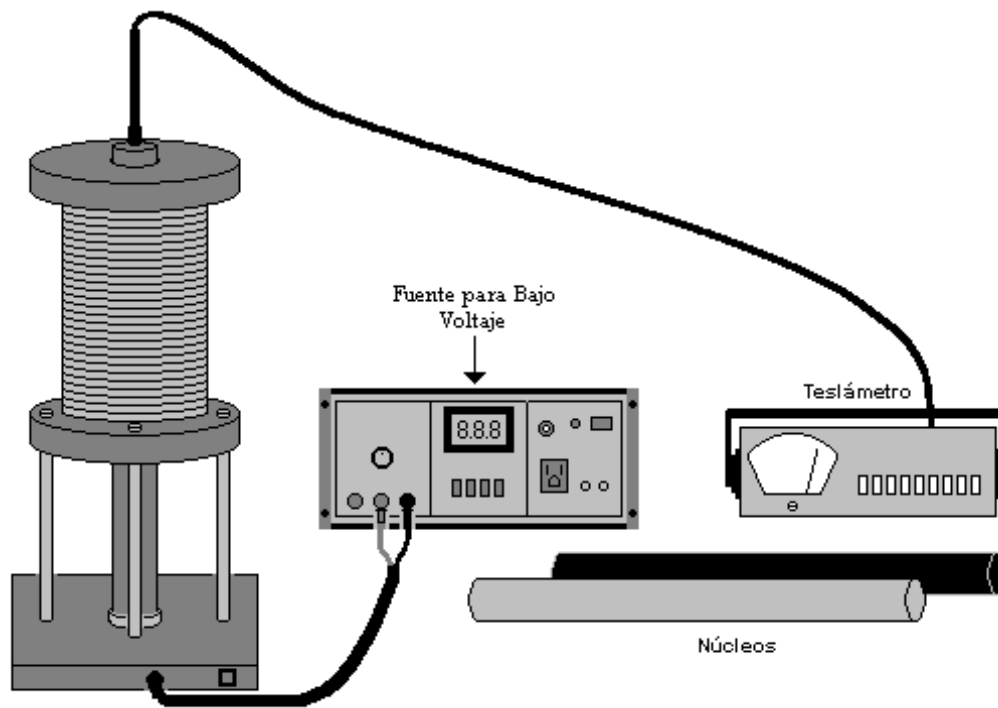
ACTIVIDAD 4.


Toma de lecturas

1. Durante la toma de lecturas evite usar anillos, relojes o adornos metálicos. Las primeras lecturas se tomarán con el núcleo de aire, después con el de aluminio, con el de cobre y al final con el de hierro.
2. Para los núcleos de aire, aluminio y cobre emplee la escala **0.003** del selector y lea en la escala inferior del cuadrante de lectura. Para el núcleo de hierro, emplee la escala de **0.1** del selector y lea en la escala superior del cuadrante de lectura. Para obtener el valor de la magnitud del campo magnético en teslas [T], emplee la expresión siguiente:

$$B = (\text{lectura en el cuadrante} \times \text{escala del selector}) / (\text{cuadrante de lectura})$$

3. Introduzca el núcleo correspondiente dentro del solenoide y coloque la punta del teslámetro en posición vertical, a un centímetro arriba del centro del solenoide evitando que se mueva. El dispositivo experimental debe estar dispuesto de la manera siguiente:



	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	17/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


- Varíe la corriente en intervalos de 0.2 [A] empezando en 0.2 [A] hasta 2.0 [A], haciendo un total de 10 lecturas. Una vez tomadas las 10 lecturas, disminuya la corriente a **ceros amperios**, corte el paso de corriente al solenoide oprimiendo el botón verde y retire la punta.
- Cambie de núcleo y oprima el botón verde del solenoide. Evite cambiar de núcleo cuando esté pasando corriente.
- Para cada uno de los núcleos se repite el procedimiento a partir del punto 3.

ACTIVIDAD 5

- Para cada uno de los núcleos (incluyendo el aire), trace una gráfica $B = f(I)$.
- Mediante el método de mínimos cuadrados establezca el modelo matemático que mejor se ajuste a los resultados obtenidos.
- Calcule la permeabilidad relativa (k_m) de cada uno de los materiales y clasifíquelos magnéticamente; considere que la permeabilidad magnética del aire es la referencia. Compare y explique sus resultados con lo que indican las configuraciones electrónicas de los materiales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Jaramillo, E. (1998). *Electricidad y magnetismo*.
- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
- Wilson, J. D. (1984). *Física con aplicaciones*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	18/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO PROPIEDADES MAGNÉTICAS.

1. Defina los conceptos siguientes:
 - a. Diamagnetismo
 - b. Paramagnetismo
 - c. Ferromagnetismo

2. ¿Qué establecen el principio de exclusión de Pauli y la regla de multiplicidad de Hund?

3. Escriba las configuraciones electrónicas del Fe, Al y Cu e indique el carácter magnético que presenta cada uno de los elementos.

4. ¿Cuántos electrones desapareados tiene el cromo y cuántos el hierro? ¿Por qué no se habla de cromomagnetismo?


5. ¿Qué es un solenoide y qué diferencia existe entre éste y una bobina?

6. Investigue la expresión matemática que relaciona la corriente eléctrica que circula a través de un solenoide, con el campo magnético generado en su interior. Defina cada uno de los términos que aparecen en dicha expresión.

7. ¿Cuál es el valor del campo magnético terrestre en la Ciudad de México?


BIBLIOGRAFÍA

1. Jaramillo, E. (1998). *Electricidad y magnetismo*.
2. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
3. Wilson, J. D. (1984). *Física con aplicaciones*.
4. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	19/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3

EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	20/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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, 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 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 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 CuSO_4 y otra parte al H_2O ; 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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	21/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

- a) 1 pipeta graduada de 5 [ml].
- b) 1 propipeta.
- c) 1 vaso de precipitados de 50[ml].
- d) 1 pinzas para cristales.
- e) 1 espátula de doble punta.
- f) 1 piseta.
- g) 1 balanza semianalítica.
- h) 1 parrilla eléctrica.
- i) 1 pinzas para tubos de ensayo.
- j) 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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	22/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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 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 CuSO_4 anhidro (m_{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_{vaso} [g]	$m_{\text{vaso}+\text{CuSO}_4}$ [g]	m_{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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	23/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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*.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	24/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.
6. ¿Qué es el agua de cristalización (hidratación) y cómo influye en la estructura de los cristales?

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	25/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 4

LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	26/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.	No debe de agitarse, porque el peso del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido; la manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes, derrame de mercurio e intoxicación.
4	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

2. OBJETIVOS


EL ALUMNADO:

1. Demostrará de forma experimental la ley de la conservación de la materia.

3. INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XVII y durante la mayor parte del siglo XVIII, la combustión y las reacciones asociadas con ella se explicaban en términos de la teoría del flogisto. Dicha teoría fue totalmente rechazada por el químico francés Joseph Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794).

Lavoisier demostró que cuando una sustancia arde, los productos de ésta pesan más que la sustancia original; esto demostraba que en la reacción química intervenía una parte del aire. Los trabajos de Lavoisier se caracterizan por su modalidad sistemáticamente cuantitativa: hizo un uso constante de la balanza. El método cuantitativo supone, necesariamente, la validez de la ley de la indestructibilidad de la materia. Lavoisier enunció esta ley en forma específica de la forma siguiente: "... porque nada se crea en los procesos, sean estos naturales o artificiales, y puede tomarse como un axioma que en todo proceso existe igual cantidad de materia antes y después del mismo, permaneciendo constantes la

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	27/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

cantidad y naturaleza de los principios que intervienen, siendo todo lo que sucede, sólo cambios y modificaciones. Toda la técnica de las experiencias de química se funda en este principio: debemos tener siempre un balance o igualdad exacta entre los principios que constituyen el cuerpo en examen y los que forman los productos del análisis mismo.”

Un fenómeno interesante en la naturaleza, que demuestra dicha ley, es cuando sucede la formación de un precipitado a partir de la combinación de dos disoluciones acuosas que contienen cationes y aniones, lo que se conoce como reacciones de precipitación, aun cuando existe la formación de un sólido, la cantidad de materia en los reactivos debe de conservarse en los productos.

4. MATERIAL Y EQUIPO

- a) 1 balanza semianalítica.
- b) 1 parrilla con agitación y calentamiento.
- c) 1 matraz de Erlenmeyer de 250 [ml].
- d) 1 globo del número 12.
- e) 1 probeta de vidrio de 100 [ml].
- f) 2 vasos de precipitados de 30 [ml].
- g) 1 vaso de precipitados de 250 [ml].
- h) 1 espátula con mango de madera.
- i) 2 tubos de ensayo de 10 [cm] de largo (número 45048. Kimax).
- j) 1 pinzas para tubo de ensayo.
- k) 1 varilla de vidrio.
- l) 1 agitador magnético.
- m) 1 termómetro.
- n) 1 gradilla.
- o) 1 lupa.


5. REACTIVOS

- 1) Bicarbonato de sodio, NaHCO_3 .
- 2) Ácido clorhídrico, HCl , 4.32 % m/m.
- 3) Disolución de yoduro de potasio, KI , 0.33 % m/v.
- 4) Disolución de nitrato de plomo, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 0.33 % m/v.

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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	28/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

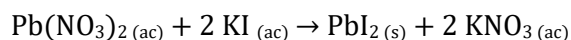
ACTIVIDAD 2.

Reacción química con formación de un precipitado.

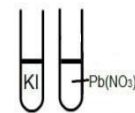
- En un vaso de precipitado de 250 [ml] coloque 200 [ml] de agua de la llave, coloque el agitador magnético al interior y sitúe el vaso en la parrilla de calentamiento, ajuste la perilla en la posición 4 para obtener un baño de agua caliente.

NOTA: Procure que el agua hierva ligeramente.

- Para llevar a cabo la reacción química siguiente:

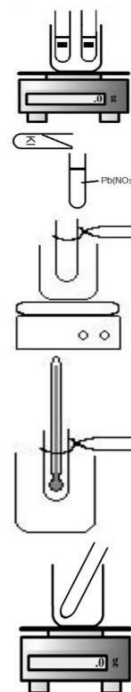


En un tubo de ensayo coloque aproximadamente 2 [ml] de disolución de nitrato de plomo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) y etiquételo con la fórmula del compuesto.



En otro tubo de ensayo coloque aproximadamente 2 [ml] de disolución de yoduro de potasio (KI) y etiquételo con la fórmula del compuesto.


- Coloque ambos tubos en un vaso de precipitados y determine la masa (m_1) del sistema completo (ambos tubos de ensayo con disoluciones y vaso de precipitados).
- Al tubo de la disolución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ agréguele la disolución de KI, anote sus observaciones, vuelva a determinar la masa del sistema completo (m_2), anótela en la tabla 1 y complétela.



ACTIVIDAD 3.

Cristalización

- Con ayuda de las pinzas, introduzca el tubo de ensayo en el baño agua caliente, agite con movimientos circulares el tubo dentro del baño y observe.
- Introduzca el termómetro sin tocar las paredes del tubo de ensayo y cuando el precipitado se haya disuelto por completo, registre la temperatura a la que disuelve (T_s) en la tabla 2. Retire el tubo de ensayo del baño y seque por fuera el tubo.
- En un vaso de precipitados, a manera de contenedor, introduzca el tubo de ensayo con la disolución anterior, colóquelo sobre la balanza y registre su masa (m_3) en la tabla 2.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	29/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Sin retirar de la balanza, observe y espere a que aparezca el precipitado de nuevo, cuando deje de percibir la formación del precipitado registre la masa (m_4) en la tabla 2 y complétela.
- Con los datos obtenidos, complete las tablas siguientes:

Tabla 1


	m_1 [g]	m_2 [g]	¿Se verifica la LCM?	Observaciones
$Pb(NO_3)_2 (ac) + 2 KI (ac) \rightarrow PbI_2 (s) + 2 KNO_3 (ac)$				

Tabla 2

	T_s [°C]	m_3 [g]	m_4 [g]	¿Se verifica la LCM?	Observaciones
Precipitado					

MANEJO DE RESIDUOS

Vierta con cuidado el contenido del tubo de ensayo (cristales de PbI_2 y disolución de KNO_3) dentro del vaso etiquetado como **RESIDUOS DE PLOMO**. Si quedan algunos cristales, agregue agua destilada hasta un cuarto de la capacidad del tubo, introduzca con cuidado la varilla de vidrio y agite ligeramente para re-suspender los cristales, retire la varilla y vierta de golpe en el vaso de residuos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	30/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 4.

Complete la tabla siguiente, con las relaciones estequiométricas.


Tabla 3

	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 (\text{ac}) + 2 \text{KI} (\text{ac}) \rightarrow \text{PbI}_2 (\text{s}) + 2 \text{KNO}_3 (\text{ac})$			
Masa molecular [g/mol]				
Relación en mol				
Relación en masa [g]				
LCM [g]				

ACTIVIDAD 5.

Reacción química con desprendimiento de un gas.

- Coloque en el matraz de Erlenmeyer 20 [ml] de HCl al 4.32 % m/m empleando la probeta.
- En el vaso de precipitados pese 1.0 [g] de NaHCO_3 y posteriormente, con mucho cuidado, vierta el bicarbonato en el interior del globo, cuidando de que no quede en el vaso o se derrame.
- Ajuste el globo a la boca del matraz teniendo cuidado de que no caiga dentro del matraz el NaHCO_3 . Coloque el sistema así dispuesto en la balanza y péselo. El valor obtenido será m_1 . La figura siguiente muestra un esquema del dispositivo experimental.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	31/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



4. Sin retirar el sistema de la balanza, permita que caiga el NaHCO_3 en el matraz. Una vez terminada la reacción (cuando ya no se observe desprendimiento de gas), pese nuevamente el sistema. El valor obtenido será m_2 .



5. Para verificar el cumplimiento de la ley de la conservación de la materia, compare los valores m_1 y m_2 .

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	32/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 6.

Considere la reacción que se lleva a cabo en el interior del sistema y complete la tabla siguiente:

Tabla 4


Reacción:				
Matraz con:	Globo con	m ₁ [g]	m ₂ [g]	¿Se demuestra la LCM? Argumente su respuesta
20 [ml] de HCl al 4.32 [%] m/m	1.0 [g] de NaHCO ₃			

MANEJO DE RESIDUOS

Retire el globo, añada NaHCO₃ al matraz hasta que deje de producirse efervescencia. Y una vez que esto suceda vierta el contenido a la tarja.

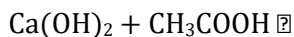
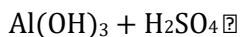
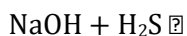
7. BIBLIOGRAFÍA

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	33/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA


1. Defina estequiometría
2. Exprese con sus propias palabras las leyes ponderales.
3. ¿En qué consisten las relaciones estequiométricas?
4. Complete las siguientes reacciones químicas y balancéelas:



5. Mencione los tipos de reacciones químicas que existen
6. ¿Qué es la solubilidad y cómo la afecta la temperatura?
7. ¿Cómo se calcula la fuerza de flotación que un fluido ejerce sobre un cuerpo sumergido en él?


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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	34/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	35/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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 fuertes, débiles o 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 electrólito deben moverse libremente para que se presente la conducción electrolítica.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	36/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

- a) 2 matraces volumétricos de 100 [ml].
- b) 1 matraz volumétrico de 50 [ml].
- c) 1 matraz volumétrico de 25 [ml].
- d) 4 vasos de precipitados de 100 [ml].
- e) 1 vaso de precipitados de 30 [ml]
- f) 1 pipeta volumétrica de 10 [ml].
- a) 1 embudo de vidrio de filtración rápida
- b) 1 piseta.
- c) 1 espátula.
- d) 1 varilla de vidrio.
- e) 1 conductímetro.
- f) 1 propipeta.
- g) 1 balanza semianalítica.

5. REACTIVOS

- 1) Agua destilada.
- 2) Acetato de sodio, CH_3COONa .
- 3) Bicarbonato de sodio, NaHCO_3 .
- 4) Nitrato de potasio, 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, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	37/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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, utilizando 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 calculado en el paso anterior y disuélvalo en 50 [ml] de agua destilada.
3. Trasvase la disolución a un matraz volumétrico de 100 [ml], mediante un embudo y lave al menos tres veces el vaso y el embudo auxiliándose de una piseta. Asegúrese de no dejar nada de reactivo en el vaso de precipitados.
4. Complete con agua hasta la marca del aforo; tape el matraz y mezcle perfectamente la disolución. La disolución así preparada es la disolución madre.
5. Trasvase la disolución a un vaso de precipitados previamente etiquetado.

ACTIVIDAD 3

1. De la disolución madre tome 10 [ml] con la pipeta volumétrica y viértalos en el otro matraz volumétrico de 100 [ml].
2. Complete con agua hasta la marca del aforo y mezcle perfectamente la disolución. La disolución así preparada es la disolución 1.
3. Repita los pasos 1 y 2 empleando matraces volumétricos de las capacidades siguientes: 50 y 25 [ml], las disoluciones así preparadas son las disoluciones 2 y 3 respectivamente.
4. Vierta cada una de las cuatro disoluciones preparadas en esta actividad en vasos de precipitados etiquetados. Tenga mucho cuidado de no mezclar las disoluciones, ya que se producirían resultados erróneos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	38/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


ACTIVIDAD 4

Toma de lecturas

1. **La verificación del conductímetro la realizará el personal autorizado. No retire la batería del equipo.**
2. El alumnado llevará al cabo los pasos siguientes:
 - a) Determinará la conductividad de la disolución más diluida a la más concentrada.
 - b) Sin encender el conductímetro, sumergirá el electrodo en la disolución y lo moverá para desalojar las burbujas de aire que hayan quedado atrapadas, procurando que el nivel del líquido se encuentre arriba de los orificios y posteriormente encenderá el equipo.



- c) 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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	39/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.

- d) 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: La figura docente deberá asignar un soluto a cada brigada, para que posteriormente se intercambien resultados para llenar la tabla siguiente:


Tabla 1. Conductividad experimental de las disoluciones.

Disoluciones	Disolución 1 100 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución 2 50 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución 3 25 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución Madre Concentración Molar = 0.05 [M]
	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
CH_3COONa (ac)				
NaHCO_3 (ac)				
KNO_3 (ac)				
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ac)				
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (ac)				
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (ac)				

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.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	40/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 5

1. Con los datos de la tabla 1, 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.
2. ¿Cuál es el comportamiento observado de la conductividad respecto a la concentración? Establezca los modelos matemáticos correspondientes a cada soluto de la gráfica obtenida en el punto anterior.
3. Con base en el modelo matemático obtenido para el soluto asignado por la figura docente, infiera lo siguiente:
 - a) Si se toman 10 [ml] de la disolución madre y se lleva a un volumen de 250 [ml]:
 - i. ¿Cuál será la conductividad de la disolución preparada?
 - ii. ¿Cuántos gramos de soluto hay en la disolución preparada?
 - b) ¿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

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*.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	41/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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 molaridad.
2. ¿Cómo influye el agua de hidratación presente en algunos sólidos en la preparación de las disoluciones?
3. ¿Cómo afecta la pureza del reactivo químico en la preparación de las disoluciones?
4. Defina enlace químico e investigue los tipos y las características más importantes de cada uno.
5. ¿Qué características químicas presentan los compuestos que poseen enlace iónico? ¿y los que tienen enlace covalente?
6. ¿De qué parámetros depende la resistencia eléctrica y las unidades, tanto de la resistencia, como de su inversa, la conductividad eléctrica, en el SI?
7. ¿Por qué el agua es polar?
8. ¿Qué son las fuerzas intermoleculares? ¿cuáles tipos existen?
9. ¿Qué sucede con la conductividad del agua destilada si se le agregan unas gotas de ácido sulfúrico? Explique.
10. ¿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*.
Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	42/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 6

CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	43/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	44/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

- a) 1 balanza semianalítica.
- b) 1 probeta de 100 [ml].
- c) 1 tubo de ensayo con septum de hule.
- d) 2 soportes universales.
- e) 1 anillo metálico.
- f) 1 pinza de tres dedos con sujetador.
- g) 1 jeringa de plástico de 3 [ml] con aguja.
- h) 1 manguera de hule con aguja adaptada.
- i) 1 recipiente de plástico.
- j) 2 vasos de precipitados de 100 [ml].
- k) 1 parrilla con agitación.
- l) 1 agitador magnético.
- m) 1 piseta.
- n) 1 espátula con mango de madera.
- o) 1 termómetro de -10 a 120 [°C]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	45/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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/cm³].
- 3) Sulfato de cobre pentahidratado, CuSO₄·5H₂O.
- 4) Agua destilada.

6. DESARROLLO

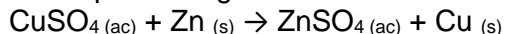
ACTIVIDAD 1.

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 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 CuSO₄·5H₂O, 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, evitando en la medida de lo posible la pérdida de cobre.

MANEJO DE RESIDUOS

Durante la decantación, el líquido que contiene sulfato de cinc disuelto (ZnSO₄) se vierte en la tarja, sea cuidadoso al decantar y evite derramar el cobre.

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	46/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

NOTA:

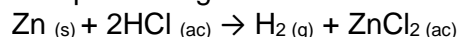
La evaporación debe ser con ligero calentamiento para evitar la ebullición del líquido y la oxidación del cobre.

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 se determina por diferencia de masas ($m_{Cu} = m_2 - m_1$).
8. Determine, para la reacción entre el sulfato de cobre y el cinc:
 - a) El reactivo limitante
 - b) El rendimiento teórico
 - c) El rendimiento experimental
 - d) El rendimiento porcentual

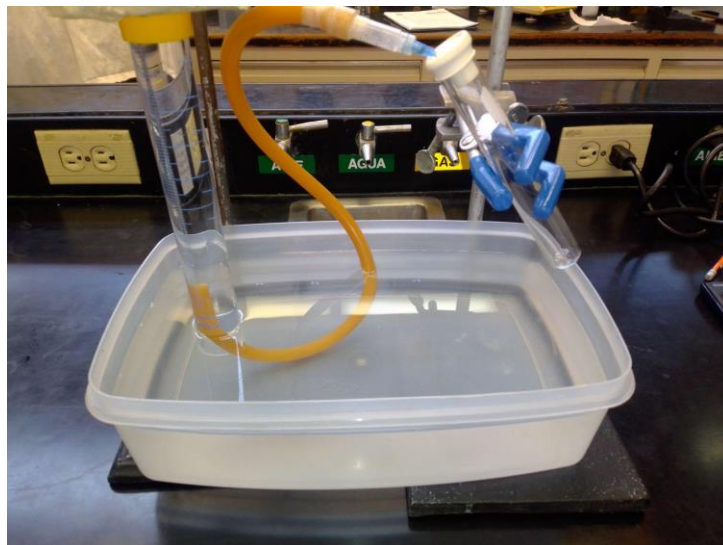
ACTIVIDAD 3.


Obtención de hidrógeno.

1. Para llevar a cabo la reacción química siguiente:



Coloque en el 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 de hule en una probeta llena con agua e invertida en un recipiente que también contiene agua (observe la imagen siguiente). Evite que el interior de la probeta quede con aire.



	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	47/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Adicione 0.5 [ml] de la disolución comercial de ácido clorhídrico 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.




- Mida y anote el volumen de hidrógeno gaseoso recolectado en la probeta.
- Calcule el volumen del hidrógeno gaseoso con base en la ley de los gases ideales y determine:
 - El reactivo limitante.
 - El rendimiento teórico.
 - El rendimiento experimental o real.
 - El rendimiento porcentual.

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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	48/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

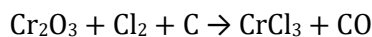
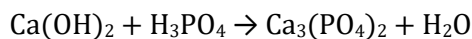
7. BIBLIOGRAFÍA

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	49/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS


1. ¿Qué es la estequiometría?
2. Balancee las ecuaciones químicas siguientes:



3. 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.
4. ¿Cómo se determina cuál es el reactivo limitante en una reacción química? Dé un ejemplo.
5. ¿A qué se le llama rendimiento real? ¿a qué se le llama rendimiento teórico? ¿en qué unidades se expresan?


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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	50/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7

EQUILIBRIO QUÍMICO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	51/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.

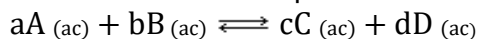
2. OBJETIVOS

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:

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

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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	52/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

- a) 1 tubo de ensayo.
- b) 3 vasos de precipitados de 30[ml].
- c) 1 medidor de pH.
- d) 1 espátula de doble punta.
- e) 1 recipiente de plástico con hielo.
- f) 1 varilla de vidrio.
- g) 1 pipeta graduada de 2 [ml].
- h) 1 pipeta graduada de 1 [ml].
- i) 1 propipeta.
- j) 1 pinza para tubo de ensayo.
- k) 1 parrilla eléctrica.

5. REACTIVOS

- 1) Disolución saturada de bromuro de potasio, KBr.
- 2) Disolución 0.2 [M] de sulfato de cobre, CuSO_4 .
- 3) Disoluciones 0.1 [M], 0.01 [M] y 0.001 [M] de ácido acético, CH_3COOH .
- 4) Acetato de sodio, CH_3COONa .
- 5) 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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	53/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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.

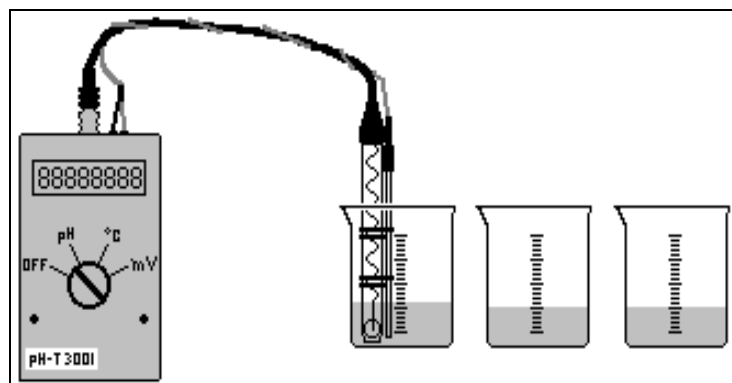


Figura 1

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

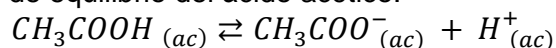
NOTA: En caso de no enjuagar después de cada lectura, la punta del electrodo se obtendrán resultados erróneos.


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 ⁺]	K _a
0.001 [M]			
0.01 [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.



	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	54/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

MANEJO DE RESIDUOS

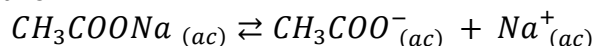
La disolución 0.1 [M] a la que se añadió acetato de sodio debe verterla en la tarja.

Las disoluciones de 0.01 [M] y 0.001 [M] de ácido acético se regresarán a sus respectivos recipientes.

ACTIVIDAD 3

Principio de Le Chatelier (efecto del ion común).

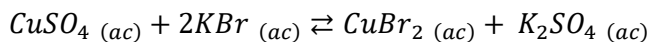
1. Al vaso de precipitados, empleado en la actividad 2, que contiene la disolución 0.1 [M] de ácido acético, se le agrega con la punta de la espátula una pequeña cantidad de acetato de sodio sólido; se agita hasta la total disolución. Determine el pH y calcule la concentración molar del ion H⁺.
2. Compárelo con el obtenido en el punto 4 de la actividad 2 e indique hacia dónde se desplaza el equilibrio.



ACTIVIDAD 4.

Principio de Le Chatelier (efecto del cambio de temperatura).


1. Con ayuda de la pipeta y propipeta, adicione 2 [ml] de la disolución de CuSO₄ en un tubo de ensayo y con otra pipeta, adicione 0.5 [ml] de la disolución de KBr al mismo tubo.



(azul)

(verde)

2. Coloque la disolución anterior en un baño de hielo y agua (aproximadamente 5 minutos) y agítela. Anote sus observaciones e indique hacia dónde se desplaza el equilibrio en la reacción.
3. En uno de los vasos de precipitados, agregue aproximadamente 20 [ml] de agua de la llave y colóquelo sobre la parrilla para obtener un baño de agua caliente (no permita que el agua alcance su temperatura de ebullición).
4. Con ayuda de las pinzas, ponga el tubo de ensayo en el baño de agua caliente y anote sus observaciones. Indique hacia dónde se desplaza el equilibrio en la reacción.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	55/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


5. Infiera si la formación de $\text{CuBr}_{2(\text{ac})}$ y $\text{K}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$ es un proceso endotérmico o exotérmico, respectivamente.

MANEJO DE RESIDUOS

El contenido del tubo de ensayo se vierte en el vaso etiquetado como RESIDUOS DE CuBr_2 .

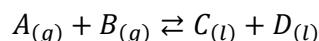
7. BIBLIOGRAFÍA.

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	56/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO EQUILIBRIO QUÍMICO

- ¿Qué es el equilibrio químico?
- ¿Cuáles son los criterios para escribir la expresión de la constante de equilibrio?
- ¿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:




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.

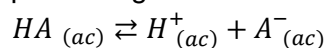
BIBLIOGRAFÍA.

- 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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	57/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

APÉNDICE

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 .

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	58/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 8

CAMBIO ENERGÉTICO EN DISOLUCIONES

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	59/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.

2. OBJETIVOS


EL ALUMNADO:

1. Conocerá el concepto sobre el cual se basa el funcionamiento de las *compresas instantáneas "frías" o "calientes"*.
2. Determinará si la entalpia de disolución (ΔH_d) en agua del cloruro de calcio (CaCl_2), y del nitrato de amonio (NH_4NO_3) corresponden a procesos endotérmicos o exotérmicos.
3. Cuantificará las variaciones de temperatura originadas por la disolución de diferentes cantidades de CaCl_2 y NH_4NO_3 en una determinada masa de agua.
4. Obtendrá el modelo matemático que relacione la variación de temperatura con respecto de los gramos totales de cada soluto.

3. INTRODUCCIÓN

La termodinámica química (termoquímica) se encarga del estudio de los cambios energéticos que acompañan a cualquier reacción química. Tales cambios energéticos son unos de los factores preponderantes para determinar qué tan rápido y qué tan eficientemente se lleva a cabo dicha reacción química.

Cuando una reacción se lleva a cabo a presión constante, como sucede cuando se realiza en un recipiente abierto, el calor absorbido o liberado en la reacción es igual al cambio de

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	60/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

entalpía (ΔH_r) de dicha reacción. En otras palabras, la entalpía de reacción es la energía involucrada en la formación de determinado producto a partir de ciertos reactivos en una reacción química que se lleva a cabo a presión constante. Por convenio, si se libera calor en una reacción (reacción exotérmica), el signo de la ΔH_r es negativo; en cambio, si se absorbe calor (reacción endotérmica), el ΔH_r tendrá un signo positivo.

La entalpía de disolución (ΔH_d) de una sustancia es la energía involucrada en el proceso de disolución. El cambio de entalpía que se observa al preparar una disolución puede considerarse como la suma de dos energías: la energía requerida para romper determinados enlaces (soluto-soluto y disolvente-disolvente) y la energía liberada para la formación de enlaces nuevos (soluto-disolvente). El valor de la entalpía de disolución depende de la concentración de la disolución final.

Comúnmente, los deportistas utilizan compresas instantáneas “frías” o “calientes” para los primeros auxilios en el tratamiento de contusiones. Estas compresas funcionan empleando el concepto de calor de disolución que se estudiará en esta práctica.

4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) 1 agitador magnético.
- b) 1 parrilla con agitación.
- c) 1 balanza granataria.
- d) 1 termómetro de -10 a 110 [°C].
- e) 1 probeta de vidrio de 100 [ml].
- f) 1 vaso de precipitados de 150 [ml].
- g) 1 espátula con mango de madera.
- h) 1 calorímetro con tapón de hule.


5. REACTIVOS

- 1) Agua de la llave.
- 2) Cloruro de calcio, CaCl_2 , granulado, grado industrial.
- 3) Nitrato de amonio, NH_4NO_3 , granulado, grado industrial.

6. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1.

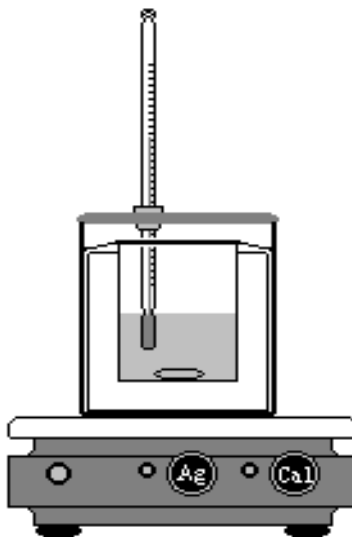
La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo del material, equipo y las sustancias químicas que se utilizarán.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	61/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 2.

Armado del calorímetro

Arme el calorímetro siguiendo las instrucciones de la figura docente; posteriormente vierta 75 [g] de agua de la llave en el calorímetro y coloque en su interior el agitador magnético. El dispositivo quedará como se muestra en la imagen siguiente:



ACTIVIDAD 3.

1. Lea en el termómetro la temperatura inicial del sistema. Anote el valor obtenido en la tabla
2. Pese 1 [g] de CaCl_2 y viértalo en el interior del calorímetro, tape rápidamente y agite con ayuda de la parrilla, cuidando que el agitador magnético no golpee el termómetro. Anote el valor de la temperatura cuando se ha disuelto todo el reactivo.

Nota: Mantenga apagada la función de calentamiento en la parrilla.

3. Sin desechar el contenido del calorímetro, repita el paso 2 empleando diferentes cantidades de CaCl_2 de tal manera que se complete la tabla 1 con los valores obtenidos.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	62/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 1

Paso	m [g] CaCl ₂ adicionados	m [g] CaCl ₂ Totales	T _{inicial} * [°C]	T _{final} [°C]	ΔT [°C]
1	0	0			
2	1	1			
3	2	3			
4	3	6			
5	4	10			
6	5	15			

* **NOTA:** en todos los casos la temperatura inicial es la del agua sin soluto.

MANEJO DE RESIDUOS

Vierta la disolución de CaCl₂ a la tarja.

ACTIVIDAD 4.

Repita todos los pasos de la ACTIVIDAD 3, empleando en esta ocasión NH₄NO₃ en lugar de CaCl₂. Llene la tabla siguiente con los valores obtenidos:


Tabla 2

Paso	m [g] NH ₄ NO ₃ adicionados	m [g] NH ₄ NO ₃ totales	T _{inicial} * [°C]	T _{final} [°C]	ΔT [°C]
1	0	0			
2	1	1			
3	2	3			
4	3	6			
5	4	10			
6	5	15			

* **NOTA:** en todos los casos la temperatura inicial es la del agua sin soluto.

MANEJO DE RESIDUOS

Vierta la disolución de NH₄NO₃ a la tarja.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	63/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 5.

1. Con base en sus observaciones, determine el signo de ΔH_d para cada uno de los solutos.
2. Para cada uno de los solutos, realice una gráfica de ΔT [°C] vs m_{total} [g], colocando en el eje de las abscisas la variable independiente y en el eje de las ordenadas la variable dependiente.
3. Para cada soluto, obtenga por el método de mínimos cuadrados el modelo matemático que describa el comportamiento del fenómeno observado.
4. Con base en los resultados obtenidos, prediga la cantidad de CaCl_2 que debe agregarse a los 75 [g] de agua destilada para obtener en la mezcla final un incremento de temperatura de 56.7 [°C].
5. Prediga la temperatura final de una mezcla que se preparó con 75 [g] de agua destilada, con una temperatura inicial igual a la de su experimento y 25 [g] de NH_4NO_3 .

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	64/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO CAMBIO ENERGÉTICO EN DISOLUCIONES

1. Defina los términos siguientes
 - a) Calor
 - b) Entalpia de disolución
 - c) Entalpia de reacción
 - d) Capacidad térmica específica
 - e) Reacción endotérmica
 - f) Reacción exotérmica

1. Mencione al menos dos propiedades físicas y químicas del cloruro de calcio y del nitrato de amonio.

2. ¿Cómo varía la temperatura de un sistema en un proceso exotérmico y cómo en uno endotérmico?


3. ¿Qué representa el cambio de entalpia asociado con una reacción y qué con una disolución?

4. Al escribir las reacciones termoquímicas, ¿por qué es importante indicar la fase en la que se encuentra cada sustancia?

5. Mencione ¿qué material emplearía para elaborar un calorímetro casero y por qué?


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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	65/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	66/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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 es tan grande que 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

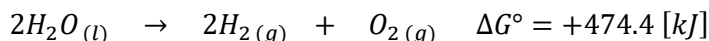
EL ALUMNADO:

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 viaja solamente cuando los iones del electrólito se mueven 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 a condiciones de 101.325 [kPa] y 20 [°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 poco reactivo, como el platino, sumergidos en agua. Cuando los electrodos se conectan a una fuente de energía eléctrica con la diferencia de potencial adecuada, aparentemente no sucede nada, porque en el agua pura no existen los suficientes iones para transportar una

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	67/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

cantidad apreciable de corriente eléctrica (el agua pura contiene concentraciones de 1×10^{-7} [M] de iones H^+ y 1×10^{-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 esta 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) NaOH, disolución al 10 % m/m de hidróxido de sodio.

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.

ACTIVIDAD 2.

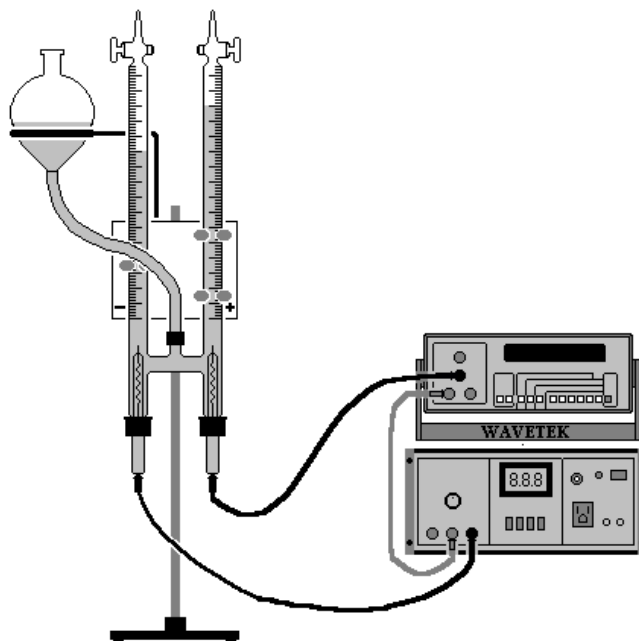
PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA ELECTRÓLISIS DEL AGUA

El procedimiento para electrolizar el agua comprende los puntos siguientes:


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	68/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Armado del aparato de Hofmann

1. Atornille firmemente la varilla al soporte y fije en ella la placa de sujeción.
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. Asegúrese que las llaves de las buretas estén abiertas.
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.



6. 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	69/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. 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


1. 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.
2. Conecte los tres cables banana-banana como se muestra en la figura anterior.
3. Asegúrese de que el multímetro se encuentre apagado y con todos los botones hacia afuera. A continuación, encienda el multímetro y la fuente.
4. 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

1. Con el cronómetro en mano empiece a medir el tiempo y ajuste lo más rápidamente posible la fuente a 20.0 [V].
2. El sistema debe permanecer en funcionamiento continuo durante 3 minutos (180 [s]), anotando en la tabla 1 las lecturas primera y última 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.
3. Una vez transcurrido el tiempo deseado, apague la fuente.
4. 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 [mA]	V_{H_2} [ml]	V_{O_2} [ml]
0	20		0	0
180	20			

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	70/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	71/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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**

1. Diga en qué consiste:
 - a) Un proceso electrolítico
 - b) Un proceso electroquímico.

2. Dé dos aplicaciones cotidianas de cada uno de los procesos anteriores.

3. Enuncie las leyes de Faraday.


4. ¿Qué es y para qué sirve el aparato de Hofmann?

5. ¿Qué se entiende por una reacción de óxido – reducción?

6. Escriba las reacciones de oxidación y de reducción que se llevan a cabo en la electrólisis de las sales fundidas siguientes:
 - a) NaCl, Cloruro de sodio.
 - b) KBr, Bromuro de potasio.
 - c) AuCl₃, Cloruro áurico.

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*.

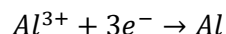
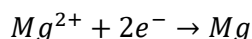
	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	72/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

APÉNDICE ASPECTOS CUANTITATIVOS DE LA ELECTRÓLISIS

Michael Faraday desarrolló el tratamiento cuantitativo de la electrólisis. Observó que la masa que se depositaba en el electrodo (o la del reactivo que se consumía) era proporcional a la cantidad de carga eléctrica que circulaba por el circuito.

Observó también que la electricidad para depositar 196.967 [g] de oro a partir de iones áuricos era el triple de la necesaria para depositar 107.870 [g] de plata a partir de iones argénticos. Similarmente, notó que para depositar 55.847 [g] de hierro a partir de iones ferrosos se necesitaba el doble de electricidad que la necesaria para depositar 107.87 [g] de plata a partir de iones argénticos. En resumen, 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 la constante de Faraday, cuyo valor corresponde a la carga eléctrica asociada a 1 [mol] de electrones.

$$F = (N_A)(e) = 96\,485.332 \left[\frac{C}{mol} \right]$$

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:

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	73/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

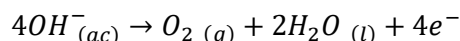
Un culombio es la cantidad de carga eléctrica que pasa en cualquier punto del circuito en un segundo cuando la corriente es un amperio.

DETERMINACIÓN DE LAS CANTIDADES DE MASA QUE SE PRODUCEN

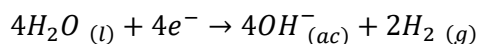
En el ejemplo siguiente se muestra cómo pueden realizarse los cálculos de las cantidades de sustancias producidas en la electrólisis del agua.

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 [cm³] de H₂ gaseoso y 59 [cm³] de O₂ gaseoso medidos a 77.9936 [kPa] 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.

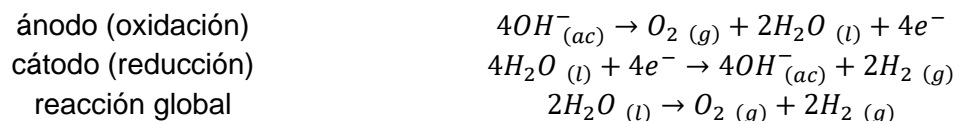
Resolución: El proceso en el ánodo es



mientras que en el cátodo se tiene



La reacción global está dada por:




Las cantidades que se forman de H₂ y de O₂ 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 [F] = 96 485.332 $\frac{[C]}{[mol]}$, y que se requieren 4 [mol] de electrones para producir 2 [mol] de H₂, la masa del H₂ que se debió formar en el cátodo se calcula de la forma siguiente:

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	74/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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 O₂ por cada 4 [mol] de electrones. Por lo tanto, la masa que se debió formar de O₂ es:

$$\begin{aligned}
 m [g] O_2 &= 720 [C] \left(\frac{1 [mol\ de\ e^-]}{96\ 485.332\ C} \right) \left(\frac{1 [mol] O_2}{4 [mol\ de\ e^-]} \right) \left(\frac{32 [g] O_2}{1 [mol] O_2} \right) \\
 &= 59.6981 \times 10^{-3} [g] O_2
 \end{aligned}$$

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE AVOGADRO

La expresión que se emplea para calcular el valor de la constante de Avogadro (**N_A**) es la siguiente:

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

donde:

e = cantidad de electrones empleados en el proceso

n_e = 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:

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


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_{H₂} = Moles de H₂

P_{CDMX} = Presión atmosférica en la Ciudad de México, en [Pa].

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	75/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

V_{exp} = Volumen de hidrógeno obtenido experimentalmente, en $[m^3]$.

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

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


Para el problema, se tendría:

$$n_{H_2} = \frac{(77\,993.6 [Pa])(0.00012 [m^3])}{\left(8.3145 \left[\frac{J}{mol K}\right]\right) (298.15 [K])} = 3.7754 \times 10^{-3} [mol] H_2$$

Por cada 1 [mol] de 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 7.4865×10^{-3} [mol] de electrones.


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

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	76/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 10

CINÉTICA QUÍMICA

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	77/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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.	Utilizar el calentamiento puede provocar errores de experimentación.
3	Manejo de reactivos químicos.	Su manejo requiere lavado de las manos al tener contacto con ellos.

2. OBJETIVOS

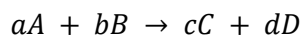
EL ALUMNADO

1. Comprenderá la influencia de la concentración en la rapidez de una reacción química.
2. Determinará el valor experimental del orden de la reacción química con respecto a cada reactivo.
3. Determinará el valor experimental del orden total de una reacción química.
4. Determinará el valor experimental de la constante aparente de rapidez de una reacción química por el método diferencial.

3. INTRODUCCIÓN

La cinética química es el área de la Química que estudia la rapidez de las reacciones y de los mecanismos por los cuales ocurren. La rapidez de reacción se determina midiendo el valor de cualquier propiedad adecuada que pueda relacionarse con la composición del sistema como una función del tiempo. La rapidez de reacción depende de factores como la concentración de las especies químicas, la temperatura, la presión, y de la presencia de un catalizador o inhibidor. Con las mediciones del cambio de concentración de reactivos o de productos en función del tiempo se puede obtener una expresión matemática que relaciona la rapidez de una reacción y la concentración de los reactivos.


Por ejemplo, para la reacción general siguiente:



Su modelo de ley de rapidez se representa:

$$\text{rapidez} = k [A]^x [B]^y$$

En la ecuación k es una constante de proporcionalidad que indica que la rapidez es directamente proporcional a las concentraciones de reactivos, elevadas a los exponentes x y y . A la constante k , se le denomina la constante de rapidez de reacción y es distinta para cada reacción química. Los exponentes x y y indican la relación entre la rapidez de la

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	78/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

reacción y la concentración de los reactivos A y B, los valores de estos exponentes se determinan experimentalmente, ya que no son los coeficientes estequiométricos de la ecuación química balanceada; al sumar ambos exponentes tenemos el orden total de reacción. Ejemplos de reacciones que dependen del tiempo son: la transferencia de masa de un gas en agua, la disolución del oxígeno del aire en lagos y corrientes hasta el arrastre del dióxido de carbono de agua subterránea tratada por métodos químicos.

4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) 1 parrilla de agitación.
- b) 5 agitadores magnéticos.
- c) 2 probetas de 10 [ml]
- d) 3 pipetas graduadas de 5 [ml].
- e) 3 pipetas graduadas de 1 [ml]
- f) 1 propipeta.
- g) 7 vasos de precipitados de 30 [ml].
- h) 1 vaso de precipitados de 100 [ml].
- i) 1 cronómetro.

5. REACTIVOS

- 1) HCl, disoluciones de ácido clorhídrico con concentraciones 3 [M] y 0.3 [M].
- 2) Na₂S₂O₃, disoluciones de tiosulfato de sodio con concentraciones 1.5 [M] y 0.15 [M].
- 3) H₂O, agua destilada.

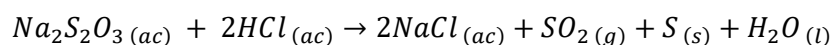
6. DESARROLLO

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 de las sustancias químicas que se emplearán.

ACTIVIDAD 2.

La reacción que se realizará es la descomposición del tiosulfato de sodio en medio ácido:



Seguiremos el avance de esta reacción mediante la turbidez generada en el vaso de precipitados por la aparición del azufre elemental, como un sólido blanco-amarillento que forma una suspensión con el agua.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	79/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Etiquete del 1 al 5 los vasos de precipitado de 30 [ml].
- Coloque sobre la parrilla un trozo de papel blanco marcando en su centro con una cruz trazada con bolígrafo; después coloque sobre el papel el vaso de precipitados con el agitador magnético, para llevar a cabo la agitación de la disolución.
- Para el ensayo 1, agregue la disolución de tiosulfato de sodio 0.15 [M] en el vaso de precipitados según la Tabla 1. Compruebe que la marca (cruz) sea visible en forma clara mirando desde arriba.
- Adicione la cantidad de agua indicada en la tabla 1 y ponga en agitación el contenido del vaso de precipitados.
- Con ayuda de una probeta o pipeta, agregue 1 [ml] de la disolución de ácido clorhídrico 3 [M], que es el reactivo que se encuentra en exceso. Continúe con la agitación en el vaso de precipitados. Tome el tiempo desde el momento de la adición del ácido clorhídrico hasta que la marca (cruz) deje de verse por completo. Registre el tiempo transcurrido.
- Repita el experimento para completar la Tabla 1.

Tabla 1
Variaciones en la concentración de tiosulfato de sodio.

Ensayo	Na ₂ S ₂ O ₃ 0.15[M] [ml]	Agua [ml]	HCl 3 [M] [ml]	Tiempo [s]
1	5	0	1	
2	4	1	1	
3	3	2	1	
4	2	3	1	
5	1	4	1	

ACTIVIDAD 3

- Repita el experimento, manteniendo constante la concentración de tiosulfato de sodio 1.5 [M] pero variando la concentración del ácido clorhídrico 0.3 [M], según se indica en la tabla 2.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	80/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 2

Variaciones en la concentración del ácido clorhídrico.

Ensayo	HCl 0.3 [M] [ml]	Agua [ml]	Na ₂ S ₂ O ₃ 1.5[M] [ml]	Tiempo [s]
1	5	0	1	
2	4	1	1	
3	3	2	1	
4	2	3	1	
5	1	4	1	

ACTIVIDAD 4

1. Realice los cálculos necesarios para determinar la concentración de HCl y tiosulfato de sodio que se utilizan en este experimento para llenar la tabla 3 y 4.
2. Con base en los datos de la tabla 1 estime la rapidez como la inversa del tiempo ($v = 1/\text{tiempo [s]}$) para cada concentración de tiosulfato de sodio y completa la tabla 3.


Tabla 3

Ensayo	Concentración de Na ₂ S ₂ O ₃ en la mezcla [M]	Rapidez [1/s]	log Na ₂ S ₂ O ₃	log v
1				
2				
3				
4				
5				

3. Represente en una gráfica, usando las escalas apropiadas, el logaritmo decimal de la rapidez en función del logaritmo decimal de la concentración de tiosulfato de sodio.
4. Repita los pasos 1, 2 y 3 de esta actividad para los datos del ácido clorhídrico y complete la tabla 4.

Tabla 4

Ensayo	Concentración de HCl en la mezcla [M]	Rapidez [1/s]	log HCl	log v
1				
2				
3				
4				
5				

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	81/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


5. Para cada gráfica, escriba el modelo matemático correspondiente. ¿Qué representa el valor de la pendiente y la ordenada al origen en cada caso? Explique.
6. Con base en los datos anteriores, exprese la ley de rapidez para la reacción global.

MANEJO DE RESIDUOS

El contenido de los vasos de precipitados deberá verterlos en el vaso de precipitados etiquetado como "RESIDUOS DE CINÉTICA QUÍMICA". Es muy importante que no inhale los vapores que se liberan pues pueden causar irritación de ojos y mucosas.

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	82/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


CUESTIONARIO PREVIO

DETERMINACIÓN DE LA CONSTANTE DE VELOCIDAD Y ORDEN DE UNA REACCIÓN.

1. De manera común, ¿Cómo se expresa la rapidez de una reacción química?
2. ¿Cuáles son los factores que afectan la rapidez de una reacción?
3. Enuncie la ley de la rapidez de una reacción.
4. ¿Cómo se determina el orden de reacción?
5. ¿Qué es el orden de reacción global?
6. ¿Cuáles son las expresiones diferenciales e integrales para una reacción de primer y segundo orden? ¿Cuáles son las expresiones para una reacción de orden cero?
7. ¿Cómo se determina experimentalmente la constante de una reacción química?

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	83/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

APÉNDICE

Consideremos la siguiente ecuación química balanceada de una reacción hipotética en disolución acuosa:



La rapidez de una reacción es proporcional a la concentración molar de los reactivos elevada a una potencia. En el caso de la ecuación 1, su rapidez es proporcional a las concentraciones de los reactivos A y B , por lo que escribimos su **ley de rapidez** como:

$$\text{rapidez} = k[A]^\alpha[B]^\beta \quad (2)$$

Donde:

- k es la constante de rapidez, la cual, es independiente de las concentraciones y dependiente de la temperatura del sistema.
- α y β son las potencias a las que se eleva la concentración molar de cada sustancia; estos exponentes indican el **orden parcial de la reacción con respecto a cada reactivo**, mientras que la suma de los órdenes parciales corresponde al **orden total de la reacción química**.


El **método diferencial** puede usarse siempre que sea posible medir con precisión suficiente la rapidez de reacción instantánea. En una serie de mediciones de tiempo de reacción, si sólo se hace la variación inicial de la concentración de uno de los reactivos y el otro se deja constante, la rapidez de la reacción sólo dependerá del reactivo que cambia y, por tanto, se pueden plantear las siguientes ecuaciones partiendo de la ecuación (2)

$$\text{si } [A] = \text{cte}, \text{ rapidez} = k_1[B]^\beta \quad (3)$$

$$\text{si } [B] = \text{cte}, \text{ rapidez} = k_2[A]^\alpha \quad (4)$$

En el **método de la rapidez inicial**, se mide la rapidez al inicio de la reacción para varias concentraciones iniciales distintas de los reactivos. Consideremos la ley de rapidez de la ecuación (3), si su rapidez inicial, v_0 , está dada por los valores iniciales de la concentración molar de $[B]_0$, por lo que obtenemos una nueva ecuación:

$$\text{rapidez inicial} = v_0 = k_1[B]_0^\beta \quad (5)$$


	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	84/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Aplicando logaritmo a cada uno de los factores de la ecuación (5), se obtiene la ecuación (6), la cual es una ecuación de primer grado de la forma ($y = mx + b$):

$$\underbrace{\ln v_0}_y = \underbrace{\beta}_m \underbrace{\ln [B]_0}_x + \underbrace{\ln k_1}_b \quad (6)$$


De esta manera, al trazar la gráfica de una serie de logaritmos de concentraciones iniciales del reactivo B, $\ln [B]_0$, en función del $\ln v_0$, se obtendrá la tendencia de los datos experimentales que describen una línea recta con **pendiente** β .

En el caso de dejar la concentración del reactivo **[B] constante**, la **pendiente** de la línea de tendencia será α y la ordenada al origen en cada gráfica será $\ln k_1$ y $\ln k_2$ respectivamente.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	85/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 11

TITULACIÓN ÁCIDO-BASE DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ACÉTICO EN EL VINAGRE

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	86/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
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	Medidor de pH.	Evite dañar el electrodo golpeándolo, ya que puede romperse.
4	Manejo de reactivos químicos.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Conocerá y utilizará el método volumétrico para realizar una titulación ácido-base.
2. Determinará el punto de equivalencia de una reacción química empleando una disolución indicadora y un medidor de pH.
3. Titulará una muestra que contiene ácido acético y trazará la curva de titulación para determinar el punto de equivalencia.
4. Determinará el contenido de ácido acético en un producto comercial (vinagre).


3. INTRODUCCIÓN

La técnica de titulación ácido-base consiste en emplear un ácido de concentración conocida para valorar una base de concentración desconocida o viceversa. Para determinar el punto final (punto de equivalencia) de la reacción química entre el ácido y la base, se puede emplear una disolución indicadora o un medidor de pH. El valor de pH del punto de equivalencia va a depender de la naturaleza de la disolución titulante, si es una base o un ácido fuerte o débil, y de la naturaleza de la muestra a titular, si es una base o un ácido fuerte o débil. Por ejemplo, cuando se emplea como disolución titulante una base fuerte para valorar un ácido débil, el punto de equivalencia se encontrará arriba de un pH de 7. Sin embargo, cuando se emplea un ácido fuerte para valorar una base débil, el punto de equivalencia se encontrará abajo de un pH de 7.

El vinagre comercial es una disolución acuosa de ácido acético, aproximadamente al 5 % masa/volumen. En esta práctica se trabajará con una muestra de vinagre blanco comercial.

4. MATERIAL Y EQUIPO

- a) 1 soporte con varilla.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	87/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- b) 1 pinza doble para bureta.
- c) 1 bureta de vidrio de 50 [ml].
- d) 1 vaso de precipitados de 250 [ml]
- e) 3 vasos de precipitados de 100 [ml].
- f) 1 pipeta volumétrica de 3 [ml].
- g) 1 probeta de vidrio de 100 [ml].
- h) 1 embudo de vidrio de tallo corto.
- i) 1 propipeta.
- j) 1 medidor de pH.
- k) 1 parrilla de agitación.
- l) 1 agitador magnético.

5. REACTIVOS

- 1) H₂O, agua destilada.
- 2) C₂₀H₁₄O₄, fenolftaleína .
- 3) NaOH, hidróxido de sodio 0.2 [M].
- 4) Vinagre comercial.


6. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1

1. La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para realizar la práctica y para el uso adecuado de los reactivos químicos que se emplearán.

ACTIVIDAD 2

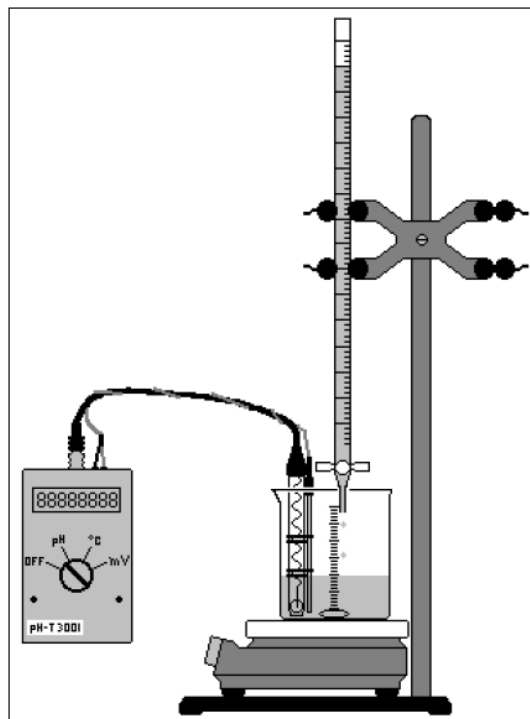
1. Compruebe que la llave de la bureta esté cerrada y, empleando un vaso de precipitados de 100 [ml] con disolución de hidróxido de sodio 0.2 [M] (disolución titulante), llene la bureta (**cuidando de no derramar la disolución**). Posteriormente, coloque la bureta en la pinza y elimine las burbujas de la punta abriendo la llave. Finalmente afore hasta 50 [ml] con más disolución titulante.
2. Empleando la pipeta volumétrica y la propipeta (**nunca succione con la boca**) mida 3 [ml] de vinagre y viértalos en un vaso de precipitados de 100 [ml].
3. Mida en la probeta 25 [ml] de agua destilada y viértalos dentro del vaso de precipitados que contiene la muestra, y adicione 4 gotas de disolución de fenolftaleína.
4. Sin encender el medidor de pH, retire el tapón de hule de la celda del electrodo e introduzca la celda del medidor de pH en la disolución, procurando que la punta del electrodo quede

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	88/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			


completamente sumergida dentro del líquido. Agite ligeramente el electrodo para desalojar las burbujas de aire que hayan quedado retenidas en la punta; posteriormente, encienda el medidor de pH girando la perilla a la escala de pH.

NOTA: Evite golpear la celda con las paredes del vaso, ya que podría ocasionarle un daño irreparable

- Coloque el vaso debajo de la punta de la bureta; de tal forma, que el dispositivo quede dispuesto como se muestra en la figura siguiente:



- Ponga en agitación el contenido del vaso y adicione 0.5 [ml] de la disolución titulante abriendo la llave de la bureta, anote la lectura de pH que indique el aparato y verifique si se presenta algún cambio de coloración en la disolución. **NOTA: Evite que el agitador magnético golpee la celda del medidor de pH.**
- Continúe adicionando disolución estándar de 0.5 en 0.5 [ml] hasta un volumen total de 20 [ml], de la disolución estándar, anotando en cada caso el pH de la disolución y si hubo o no cambio de color. Una vez terminada la adición, se saca el electrodo de la disolución y se enjuaga con agua destilada.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	89/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

8. Con los datos obtenidos complete la tabla siguiente:

Volumen de NaOH 0.2 [M] adicionado [ml]	pH	Cambio de color (S/N)
0		
0.5		
.		
.		
20.0		

9. El punto de equivalencia empleando el indicador se determinará cuando exista un cambio de coloración permanente en la disolución. Por otro lado, el punto de equivalencia empleando el medidor de pH se determinará elaborando las gráficas correspondientes.

10. Con el valor obtenido de las gráficas, para el punto de equivalencia, realice los cálculos pertinentes para determinar el contenido de ácido acético en la muestra.

11. En caso de que se requiera titular otra muestra de vinagre, repita los pasos del 1 al 8.

NOTA: En el apéndice de esta práctica se encuentra el procedimiento para determinar de manera gráfica el punto de equivalencia.

ACTIVIDAD 3

La figura docente indicará cómo realizar los cálculos para determinar la concentración del ácido acético en el vinagre comercial.


NOTA: Verificar el pH de los residuos generados para, de ser necesario, proceder a la neutralización de estos.

MANEJO DE RESIDUOS

A la disolución que se obtiene al finalizar la titulación agregue un poco de vinagre hasta que el color rosado desaparezca. Una vez que la disolución esté incolora puede desecharla a la tarja.

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*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	90/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

APÉNDICE

El punto de equivalencia en una titulación ácido-base se presenta cuando la cantidad de sustancia del ácido es igual a la cantidad de sustancia de la base en la mezcla de reacción. El progreso de la titulación puede seguirse con un potenciómetro, que es un instrumento que permite conocer directamente el pH de una disolución. Cuando se titula un ácido fuerte con una base fuerte, el punto de equivalencia ocurre en un pH de 7. Cuando se titula un ácido débil con una base fuerte el punto de equivalencia se encontrará a valores de pH entre 8 y 10. Finalmente, para una titulación de un ácido fuerte con una base débil, el punto de equivalencia se presentará entre un pH de 4 a 6.

En esta práctica, se lleva al cabo la titulación de un ácido débil (ácido acético), con una base fuerte (hidróxido de sodio). El pH inicial es menor que 7 y conforme la base se adiciona, todos los OH^- de la base reaccionan con los H^+ del ácido, provocando que se disocien más moléculas del ácido débil, por lo que el pH se incrementará lentamente, ya que hay una concentración muy baja de iones H^+ en la disolución. Dado que los moles adicionados de la base se van incrementando y reaccionando con los moles de ácido inicialmente presentes, se tiene que adiciones pequeñas de la base causan cambios grandes en el pH, por lo que la curva de titulación aparece casi vertical cerca del punto de equivalencia.

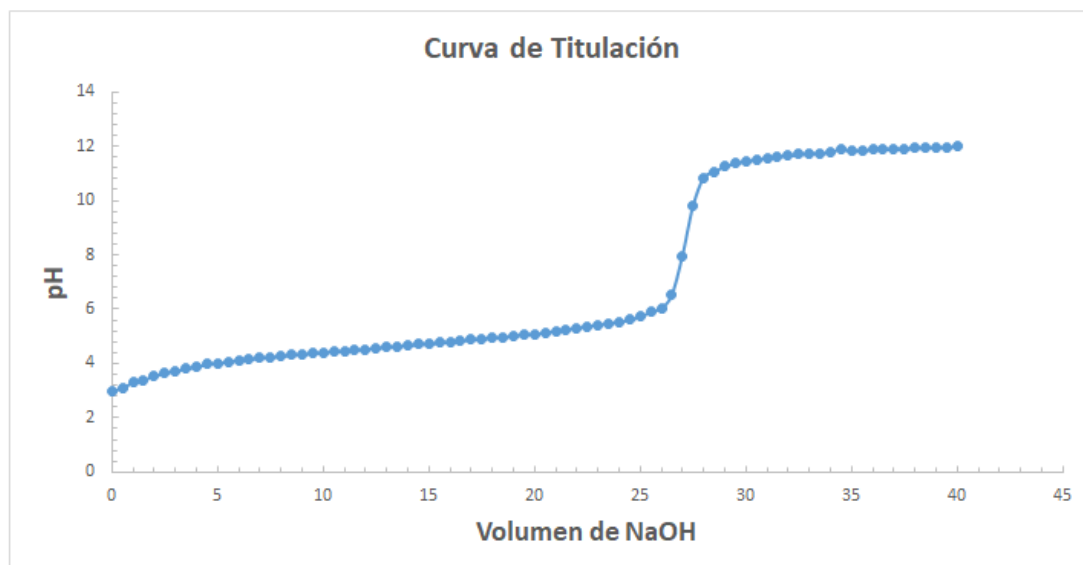



Figura 1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	91/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Cuando todo el ácido ha reaccionado, la adición de más base incrementa el pH hasta que no se presentan cambios notorios en el mismo, con la adición de más base.

El método para localizar el punto equivalente en forma gráfica, es el siguiente:

1. Se obtiene la curva de titulación como se muestra en la figura 1.
2. Se trazan dos rectas que toquen la mayoría de los puntos de las porciones planas de la curva de titulación, rectas A y B (vea figura 2). Note que esas rectas no son necesariamente paralelas entre sí.
3. Se dibuja un segmento C, perpendicular a la recta A y un segmento D, perpendicular a la recta B, como se muestra en la figura 2. Esos dos segmentos no son necesariamente paralelos entre si.
4. Se traza en segmento E, que una los puntos medios de los segmentos C y D.
5. El punto en el cual se interceptan el segmento E y la curva de titulación es el punto de equivalencia.
6. El volumen del punto de equivalencia se encuentra trazando un segmento F, perpendicular al eje X y que pase por el punto de intersección entre la curva de titulación y el segmento E, como se muestra en la figura 2. El volumen del punto de equivalencia se lee directamente.

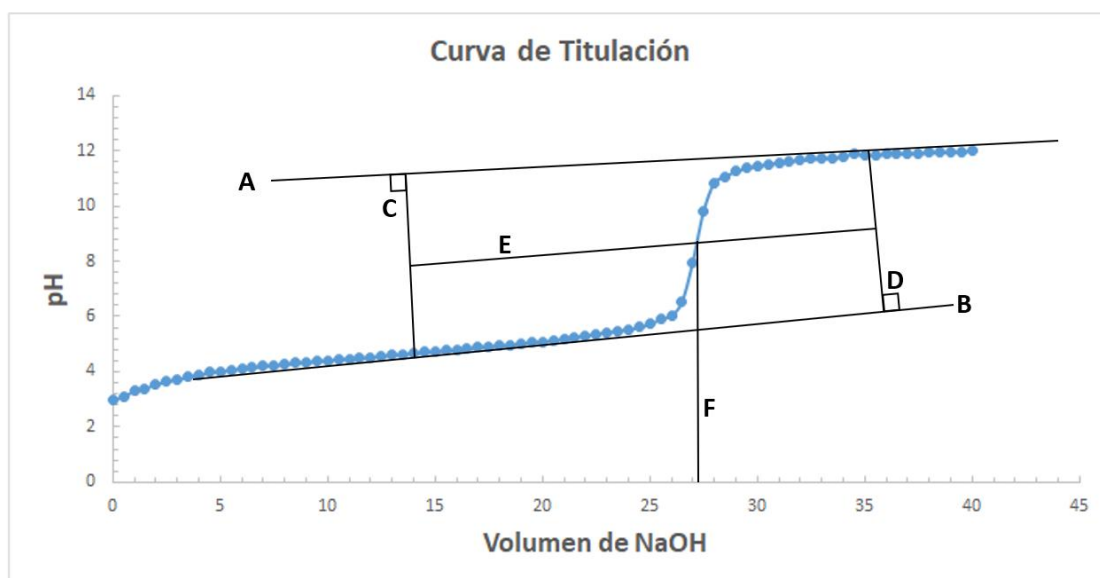



Figura 2

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica	Código:	MADO-78
		Versión:	01
		Página	92/92
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	24 de enero de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO

TITULACIÓN ÁCIDO-BASE. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ACÉTICO EN EL VINAGRE

1. Defina el concepto ácido-base según las teorías de:
 - a) Arrhenius
 - b) Bronsted-Lowry
 - c) Lewis.
 Cite al menos una sustancia que ejemplifique cada teoría.
2. ¿Qué es el punto de equivalencia en una titulación?
3. ¿Qué es una sustancia indicadora de pH y qué papel desempeña en una titulación? Cite dos ejemplos.
4. Explique en qué consiste cada uno de los siguientes métodos:
 - a) Titulación con disolución indicadora
 - b) Titulación con un medidor de pH
5. Si se emplearon $20 \text{ [cm}^3\text{]}$ de una disolución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.25 [M] para neutralizar cierta cantidad de vinagre, ¿cuántos $\text{[cm}^3\text{]}$ de vinagre se neutralizaron si el proveedor especifica que contiene 5 % masa/volumen de ácido acético (CH_3COOH)?
6. ¿Cuál es el volumen de disolución de hidróxido de potasio (KOH) 0.5 [M] que se necesita para neutralizar completamente cada una de las muestras siguientes?:
 - a) $10 \text{ [cm}^3\text{]}$ de disolución de ácido clorhídrico (HCl) 0.3 [M] .
 - b) $10 \text{ [cm}^3\text{]}$ de disolución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.2 [M] .
 - c) $15 \text{ [cm}^3\text{]}$ de disolución de ácido fosfórico (H_3PO_4) 0.25 [M] .

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*.