

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.



ACADEMIAS DE LABORATORIO DE QUÍMICA

**APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II
(MANUAL DE LABORATORIO)**

ELABORADO POR:

BIÓL. MARGARITA CRUZ VALDERRAMA
BIÓL. MARIA ESTHER GONZÁLEZ REYES
ING. JOSÉ MANUEL JUÁREZ CALDERÓN

REVISADO POR:

ING. JOSÉ MANUEL JUÁREZ CALDERÓN

AGOSTO DE 2003

Paco

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II

PRESENTACIÓN

Las empresas industriales en las que se desarrollan procesos de transformación para obtener bienes de consumo, requieren de Administradores que reconozcan términos técnicos y actividades que se efectúan para lograr los productos con la calidad deseada, en relación con ingenieros o científicos responsables de mantener operando o innovando esos procesos.

Requieren también que los Administradores identifiquen las diferencias en los distintos elementos que componen el proceso industrial como son: fuentes y características de las materias primas, formas de operación y manejo de materiales, particularidades técnicas de los equipos y fenómenos que se experimentan primeramente a nivel de laboratorio y que luego se escalan al nivel de la planta industrial, integrando coordinadamente lineamientos tecnológicos, económicos y administrativos que resultan de gran utilidad para la función productiva.

Aplicación de Procesos Industriales II, es una asignatura que permite la realización de experimentos que contemplan procesos completos a nivel de laboratorio o de planta piloto, que involucran fenómenos físicos y químicos característicos, integra la observación de actividades propias del trabajo en equipo, efectuando cálculos para determinar cantidades de materiales antes y después de los procesos y toma en cuenta así mismo, las limitaciones que se dan dentro de ellos.

El trabajo experimental permite al estudiante detectar problemas relacionados con el manejo de las materias primas y del equipo, así como de los usos y características de comercialización de los productos obtenidos en áreas tales como las de las industrias alimenticia, farmacéutica, petroquímica y minería, entre otras, bajo la guía metodológica indicada por el profesor, con el uso del pizarrón y de recursos audiovisuales además de los materiales y sustancias propios del laboratorio.

El conjunto de prácticas que integran este manual ha sido resultado de la experimentación llevada a cabo en agosto de 1999, por parte de los profesores de la Academia, Daniel Pineda, Felipe Absalón, María Elena García, Lilia Hernández, Sara Rodríguez, Rosario Tapia, Graciela Muñoz, Roberto Jiménez, Jorge López, Víctor Hugo Ortiz, Roberto Martínez, Marco Antonio Martínez, Sergio González, Germán B. Quiroz, Lydia Pérez, Margarita Arteaga, Margarita Cruz, María Esther González, José Manuel Juárez y Guadalupe Tapia, quien efectuó el trabajo de identificación de los compuestos orgánicos en la madera y en el petróleo, por cromatografía.

No menos importante, fue el trabajo de colaboración en la escritura de este manual y en la preparación de los experimentos de cada práctica para las pruebas piloto, por parte del C. Fernando Gómez Molina, pasante de la Licenciatura en Administración Industrial, en cumplimiento de su servicio social.

Los autores expresan su agradecimiento por las observaciones y sugerencias recibidas como aportación a la mejora de este material que esperamos sea útil a los futuros Administradores Industriales.

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II
PRÁCTICA No. 1
BALANCE DE MATERIALES: PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO

OBJETIVOS

El alumno:

- 1) Relacionará la ley de conservación de la masa con la obtención de un producto.
- 2) Reconocerá los aspectos que implican la obtención de un producto en un proceso industrial a escala de laboratorio.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

La ley de conservación de la masa establece lo siguiente:

" La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma "

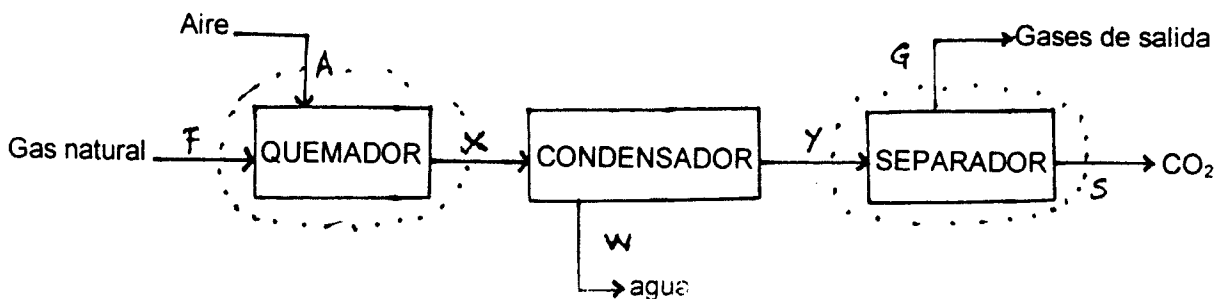
Esto indica que en todo proceso, la suma de las masas de las materias primas es igual a la suma de las masas de los productos.

La estequiometría permite calcular la cantidad de materias primas que se requieren para obtener un producto determinado ya sea a escala de laboratorio o bien, a escala industrial.

La contabilidad completa de la masa en un proceso físico o químico, se conoce como "balance de materiales" que en forma general puede escribirse así:

$$\text{ENTRADA (s)} = \text{SALIDA (s)}$$

Representación gráfica del balance de materiales en algunos procesos.



POR PROCESO

$$F = A + X$$

$$X = W + Y$$

$$Y = G + S$$

BALANCE GENERAL

$$F + A = W + G + S$$

La combinación del balance de masa y energía es una de las técnicas más efectivas que se emplean en la secuencia de etapas necesarias para llevar un proceso, desde la categoría de "idea", hasta la obtención del producto.

Además es una técnica esencial en la evaluación de las operaciones de un proceso ya existente y con datos suficientes es posible obtener información con respecto a "cantidades" y "composiciones" en puntos inaccesibles del proceso.

La información relativa a las cantidades de los diversos materiales (reactivos, productos, desechos) puede emplearse para determinar el tamaño del equipo, las trayectorias por donde circulan o para la resolución de problemas específicos.

El balance de materiales es la base de algunos cálculos económicos como los costos de producción (materias primas, mano de obra, costos indirectos, etc.) lo cual justifica su estudio para el Administrador Industrial.

La mayoría de los problemas de balance de materiales contienen los mismos elementos básicos, aunque los detalles de aplicación del método de resolución, pueden ser ligeramente distintos.

En la resolución de un problema en el que se trata una operación unitaria (mezcla, secado, destilación, evaporación, filtración, absorción, etc.) los elementos básicos de cálculo se distinguen por ser composiciones en porcentaje peso, mientras que un problema donde se efectúa un proceso unitario (combustión, neutralización, fermentación, etc.) el elemento básico de cálculo corresponde a la aplicación de la estequiometría, requiriendo para ello, la ecuación de la reacción química, los pesos moleculares de las sustancias y los factores de corrección por pureza y eficiencia.

Pasos para resolver problemas de balance de materiales.

1. Trazar un diagrama de flujo simplificado del proceso.
2. Colocar en el diagrama todos los datos disponibles con sus respectivas unidades (kg, L, etc.), identificando el dato clave.
3. Establecer las ecuaciones de las reacciones químicas, cuando sea necesario.
4. Seleccionar una base conveniente de cálculo para iniciar la resolución del problema.
5. Comprobar finalmente el balance general de materiales. (Entradas = Salidas)

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Triángulo de porcelana (*)
- 1 Matraz de 3 bocas 500 mL (*)
- 2 Matraces fondo plano de dos bocas de 250 mL (*)
- 1 Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- 1 Tubo de ensayo de 16 x 150 mm
- 1 Probeta de 100 mL (*)
- 1 Vidrio de reloj (*)
- 1 Embudo de separación chico (*)
- 1 Pipeta graduada de 10 mL
- 3 Soportes universales (*)
- 1 Anillo de hierro (*)
- 1 Espátula chica acanalada (*)
- 1 Pinza de tres dedos c/nuez (*)
- 1 Pinza de Mohr (*)
- 2 Pinzas para bureta (*)
- 1 Perilla de hule (*)

SUSTANCIAS

- Agua destilada en piseta
- Frasco gotero con ácido clorhídrico concentrado (HCl) $\rho = 1.15 \text{ g/mL}$; $V = 1 \text{ mL}$
- Frasco gotero con ácido nítrico concentrado. (HNO₃) $\rho = 1.5 \text{ g/mL}$; $V = 0.7 \text{ mL}$
- 1.3 g Bisulfito de sodio sólido (NaHSO₃) al 66.3% P₁₀₀.
- Alambre de cobre (Cu) de 1mm de diámetro. $\Rightarrow 0.3 \text{ g}$ al 9.8% P₁₀₀.
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH 0,25 N)
- Solución de cloruro de bario (BaCl₂ al 10% en peso)
- Solución de fenolftaleína (indicador)

- 1 Balanza electrónica (*)
- 5 Tapones horadados (*)
- 2 Tapones sin horadar (*)
- 1 Bureta en su soporte (*)
- 1 Mechero Bunsen (*)
- Tubería de vidrio, conexiones (*)
- (*) Material por grupo

PROCEDIMIENTO

Los pasos 1 a 10 se realizan de manera demostrativa.

- 1) Pese en un vidrio de reloj 1,3 gramos de bisulfito de sodio y prepare por separado un trozo de alambre de cobre de 0,5 cm de longitud.
 - 2) Mida con la probeta 50 mL de agua destilada y adiciónelos al embudo de separación
 - 3) Mida dentro de la campana de extracción 0,7 mL de ácido nítrico (14 gotas) y adiciónelos con mucha precaución a un matraz de dos bocas. También dentro de la campana, mida 1 mL de ácido clorhídrico (20 gotas), y agréguelo al otro matraz de dos bocas.
 - 4) Monte el equipo como se muestra en la figura 1.
 - 5) Con mucha precaución, agregue simultáneamente por la boca lateral, el bisulfito de sodio en el matraz que contiene el ácido clorhídrico y el cobre en el otro matraz que contiene ácido nítrico y tape de inmediato ambos matraces.
 - 6) Abra la llave del embudo para que el agua caiga gota a gota mediante un flujo constante. Ocasionalmente acerque la flama a los matraces generadores de SO_2 y NO_2 para ayudar a que los gases lleguen al matraz central.
Nota: este acercamiento de la flama se hace por la parte inferior de los matraces, por espacio de 2 a 3 segundos y retirando posteriormente el mechero.
 - 7) Repita el proceso de calentamiento cada 5 minutos y deje que las reacciones continúen durante unos 20 minutos.
 - 8) Verifique que el agua del embudo se ha vaciado totalmente al matraz y una vez que la reacción haya finalizado, atienda a las instrucciones de su profesor(a), para evitar algún problema al retirar los matraces generadores de SO_2 y NO_2
 - 9) Lave los matraces con abundante agua y de ser posible, cúbralos con una franela dejando caer el agua sobre ellos.
 - 10) Agite varias veces el contenido del matraz central y mida su volumen con la probeta.
- A partir de este punto, cada equipo efectúa los pasos siguientes.
- 11) Distribúyase el contenido total del matraz, proporcionando 10 mL del producto a cada equipo en un vaso de precipitados
 - 12) Proceda a extraer 1 mL del producto, pasándolo a un tubo de ensayo y mida su pH con una cinta de papel indicador.
 - 13) Agregue 1 mL, equivalente a 20 gotas, de solución de cloruro de bario (BaCl_2). La formación de un precipitado blanco, confirmará la presencia de ácido sulfúrico (figura 2). Anote sus observaciones.
 - 14) Mida con la pipeta, 5 mL de su producto y llévelos a un matraz Erlenmeyer. Agregue 3 a 5 gotas de indicador de fenolftaleína y prepare su equipo como lo muestra la figura 3.
 - 15) Proceda a efectuar una titulación o neutralización ácido - base.

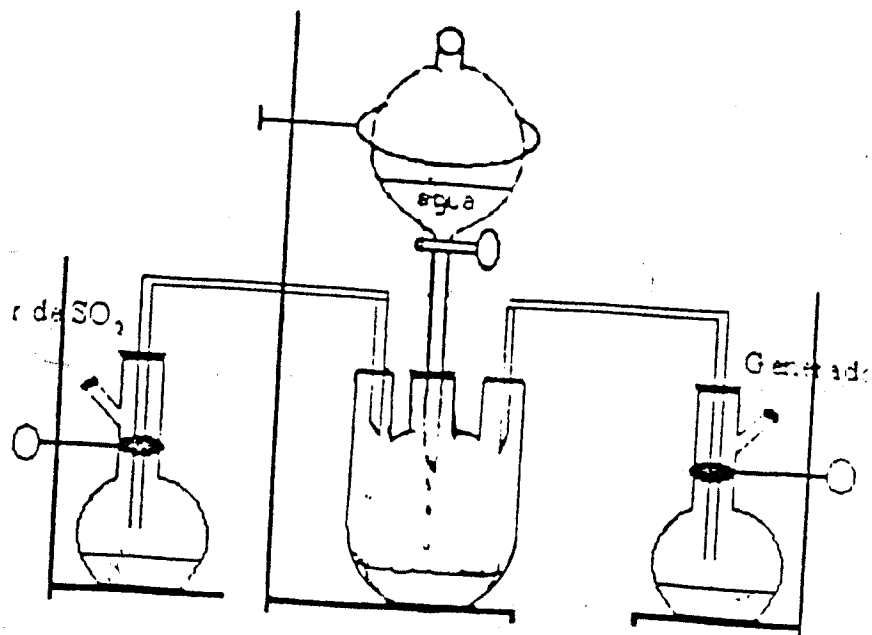


Fig. 1 Producción de ácido sulfúrico

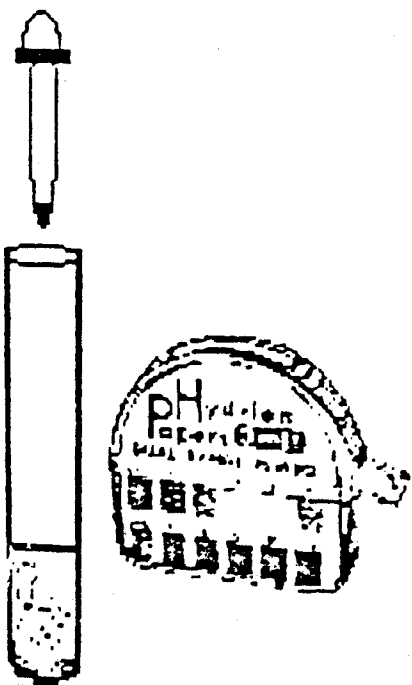


Fig. 2 Identificación de ácido sulfúrico y pH

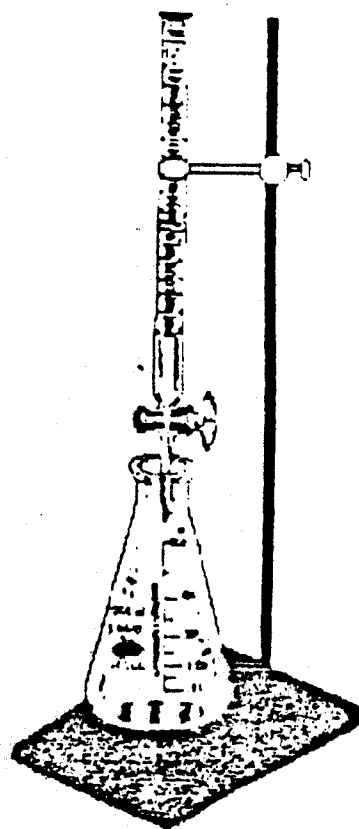
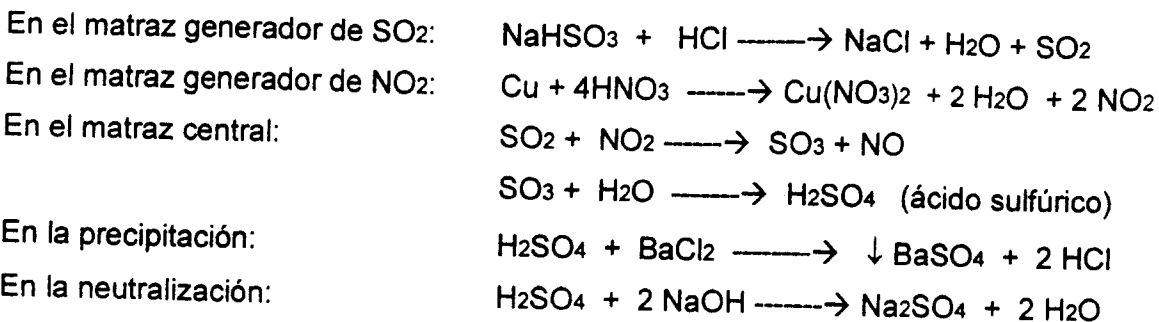


Fig. 3 Titulación (neutralización ácido-base)

- 16) Anote el volumen de solución de hidróxido de sodio (NaOH 0,25 N), requerido para neutralizar el ácido y efectúe los cálculos correspondientes para determinar la cantidad producida de ácido sulfúrico.
- 17) No deseche la cantidad restante de producto, entréguelo a su profesor(a) para que se colecte en un recipiente destinado para tal fin ya que se neutralizará totalmente.

REACCIONES QUÍMICAS



DATOS EXPERIMENTALES

Masa real de reactivo (NaHSO₃) = _____ g (después de considerar su pureza)

Volumen total de solución de H₂SO₄ = _____ mL

pH del producto obtenido = _____ (TIPO de ACIDO: _____)

¿Se confirma la formación del precipitado de BaSO₄? : _____

Volumen de NaOH 0,25 N, requerido para neutralizar el ácido: _____ mL

SECUENCIA DE CÁLCULOS

1) Cálculo de la cantidad teóricamente esperada de H₂SO₄

Puesto que existe un átomo de azufre en el NaHSO₃ y en el H₂SO₄, el cálculo es directo, de tal manera que

$$\text{Masa teórica de H}_2\text{SO}_4 = (\text{masa real de reactivo}) \frac{\text{PM H}_2\text{SO}_4}{\text{PM NaHSO}_3}$$

2) Cálculo de la cantidad real obtenida de H₂SO₄

NOTA: El dato de volumen de NaOH debe estar en litros.

$$\text{Masa real de H}_2\text{SO}_4 = \frac{(\text{Vol. de NaOH}) (0.25) (49) (\text{Vol. total de H}_2\text{SO}_4)}{5}$$

3) Cálculo del rendimiento o eficiencia de la reacción.

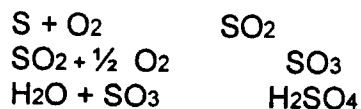
$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Masa real de producto}}{\text{Masa teórica esperada}} 100$$

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Masa esperada de H ₂ SO ₄	=	Gramos
Masa real obtenida	=	Gramos
Eficiencia	=	%

CUESTIONARIO

- 1) ¿Qué importancia tiene el efectuar un balance de materiales en un proceso industrial? Explique brevemente.
- 2) ¿Cómo resultó ser la masa total del producto obtenido con respecto a lo que teóricamente se esperaba? ¿A que se debe esto?
- 3) Elabore un diagrama de bloques que ilustre todo el proceso, anotando los datos de las cantidades reales que reaccionan y se obtiene en cada caso, para comprobar el balance general de materiales.
- 4) Calcule la cantidad de SO₃, SO₂, S y H₂O que se requieren para producir una tonelada de H₂SO₄.



- 5) ¿El proceso efectuado en la práctica de laboratorio es continuo o intermitente? ¿Por qué?
- 6) Investigue en anuarios de la CANACINTRA y del INEGI, cuál ha sido la producción nacional de H₂SO₄ durante los últimos cinco años y elabore una gráfica que muestre esta situación.
- 7) ¿Qué aplicaciones industriales tiene el ácido sulfúrico?
- 8) ¿Qué efectos nocivos a la salud y al ambiente, tienen los gases SO₂ y NO₂?
- 9) ¿Cómo relaciona usted lo aprendido en esta práctica, con su campo de trabajo, la Administración Industrial?

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

PRÁCTICAS DE QUÍMICA GENERAL INORGÁNICA E INDUSTRIAL
IBAÑEZ, Jorge
Editorial Limusa - Noriega, México, 1993

FUNDAMENTOS DE QUÍMICA INDUSTRIAL
CLAUSEN III y Matson
Editorial Limusa, México, 1982

BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA
HIMMELBLAU, David M.
Editorial Prentice - Hall, México, 1988

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II
PRÁCTICA No. 2
PROCESOS AGROINDUSTRIALES: PRODUCCIÓN DE QUESO.

OBJETIVOS

El alumno:

- 1) Identificará métodos y tratamientos específicos aplicables a la obtención de productos de la industria de los alimentos para realizar acciones que mejoren su calidad.
- 2) Experimentará un procedimiento para elaborar queso (canasto y panela).
- 3) Efectuará un balance de materiales para el caso particular del proceso de producción de queso.
- 4) Calculará con base en el costo de las materias primas, el costo de producción de un tipo de queso.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

El cuerpo humano requiere de combustible para poder funcionar adecuadamente, dicho combustible lo obtiene de los elementos del medio que lo rodean, entre los cuales están los alimentos.

Los alimentos son mezclas de sustancias conocidas como nutrientes o nutrimentos de origen biológico necesarios para el funcionamiento de los organismos vivos, compuestos de cantidades variables de agua, proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales, y otros elementos, incluyendo los que imparten sabor, aroma y color. Los nutrientes que el cuerpo obtiene de los alimentos, ya sean en forma de energía, proteínas, minerales y vitaminas, hacen posible el buen desempeño de actividades diarias como:

- Pensar, desplazarse, escribir, leer, etc. (Energía)
- Restitución de tejidos, formación de cabello, piel, músculos, etc. (Proteínas)
- Control de funciones químicas orgánicas en el organismo (Vitaminas y Minerales)

Este conocimiento nos permite ser más exigentes y selectivos con los industriales de la alimentación y sus respectivos productos, ya que sabemos cuales nutrientes son los que necesitamos en mayor o menor cantidad, además de poder incluir determinadas características nutricionales con nuevos alimentos industrializados.

Existen tres tipos fundamentales de tecnología de obtención de alimentos:

- a) Empírica (familiar y/o artesanal): practicada en pequeños talleres y hogares tradicionales.
- b) Semi-industrializada: usada por la pequeña y mediana industria, y en la cual se aplican ciertos avances científicos y tecnológicos.
- c) Industrializada: que aplica los últimos logros científicos y tecnológicos.

Aunque en sus inicios, la gran tecnología industrializada solo producía artículos al alcance de pocos, por sus altos precios, y ocasionaban la pérdida de algunas propiedades y características de los alimentos durante sus procesos; hoy en día se pueden conseguir dichos productos incluso con mejoras nutricionales (ricos en fibra, bajos en colesterol, en sodio y calorías, o con mayor riqueza vitamínica, etc.) y a muy bajo precio ya que el gran volumen de producción que generan estas empresas les permiten bajar sus costos y como consecuencia abaratar los artículos.

LA LECHE

La leche es la secreción de glándulas mamarias de los animales mamíferos hembras y su color es blanco con alguna tonalidad en amarillo según la riqueza en grasas.

La leche fresca de vaca tiene un pH de 6,5 a 6,6 y su densidad varía según la época del año, oscilando de 1,027 a 1,035 kg/L a una temperatura de 15°C. Su composición en porcentaje peso se muestra en la siguiente tabla, en la cual además se hace una comparación con otros tipos de leche, incluyendo la humana.

COMPONENTE	VACA	CABRA	HUMANA	OVEJA	YEGUA
Agua	87,7	86,0	88,2	81,3	90,1
Grasa	3,6	4,6	3,3	6,9	1,3
Lactosa	4,7	4,2	6,8	5,2	6,5
Proteína	3,3	4,4	1,5	5,6	1,6
Cenizas	0,8	0,8	0,2	1,0	0,5

El empleo más común de este alimento es el consumo humano diario, y en la industria se le utiliza para la fabricación de queso, mantequilla, crema, yoghurt y otros tipos de leche (descremada, evaporada, en polvo, etc.).

La leche es susceptible a la descomposición debido a que no es un producto estéril al momento de la ordeña. Para mejorar la calidad de la leche se procede primero a un filtrado para separar las impurezas gruesas. Posteriormente se somete a una pasteurización.

La pasteurización es un proceso que debe su nombre al científico Louis Pasteur, quien descubrió que con un calentamiento de 70°C durante 1 minuto y luego con un enfriamiento súbito a 5°C o menos, se destruyen los microorganismos patógenos.

Hoy en día contamos gracias a los avances tecnológicos y científicos, con la pasteurización instantánea, la cual consiste en un calentamiento muy regular de 70 a 75°C durante 15 ó 20 segundos al abrigo del aire en aparatos que enfrían inmediatamente la leche y sale a temperatura igual o menor a la de entrada.

EL QUESO

Como ya se mencionó, la leche da origen a muchos productos industriales, entre ellos, el queso, mismo que se aborda en el desarrollo de esta práctica.

Los quesos son productos que conservan parte de las proteínas de la leche, como son las caseínas (del latín caseus). Existen diferentes tipos de queso que presentan características sensoriales distintas y específicas de acuerdo con el proceso de elaboración al que han sido sometidos y se tienen quesos cuya vida útil es corta (días) y otros cuya vida útil es larga (meses).

La gran variedad de quesos existentes en el ámbito mundial se puede agrupar en dieciocho tipos de acuerdo con el proceso de fabricación y a su vez, la composición varía según el tipo de queso. Aproximadamente, a partir de 10 kg de leche, se producen 9 kg de suero (parte líquida) y 1 kg de queso (parte sólida o cuajada).

El queso es un gel parcialmente deshidratado que resulta de la coagulación de la leche por medio de ácido láctico de origen bacteriano, o por la adición de enzimas (cuajo), se debe cuidar que la leche sea fresca, limpia, de sabor agradable, con una acidez de 0,16 a 0,18% peso, con un contenido en grasa de 3,2 a 3,4% y debe ser pasteurizada.

Las seis etapas que constituyen la fabricación de este derivado lácteo, son:

- 1) Coagulación de las proteínas
- 2) Cortado del coágulo
- 3) Desuerado
- 4) Salado
- 5) Prensado
- 6) Maduración.

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Balanza granataria o electrónica
- 1 Soporte universal con anillo grande y tela de asbesto
- 1 Mechero Bunsen
- 1 Espátula metálica grande
- 1 Probeta de 500 mL
- 1 Densímetro
- 1 Vaso de precipitados de 100 mL
- 2 Vasos de precipitados de 2000 mL
- Vasos de precipitados de 1000 mL
- 1 Termómetro (-10 a 110° C)
- 1 Vidrio de reloj
- 1 Varilla de vidrio (agitador)
- 2 Tiras de papel pH
- (*) 1 Espátula de madera
- (*) 1 Molde de plástico
- (*) 2 Pares de guantes desechables de polietileno
- (*) ½ Metro de tela manta de cielo

SUSTANCIAS

- (*) 2 L de leche entera y pasteurizada LALA, Boreal o Alpura
- Cloruro de calcio (CaCl₂)
- Cuajo CUAMEX
- (*) Sal yodatada (de mesa)
- (*) 1,5 L de agua potable (embotellada)
- (*) 120 g de leche en polvo
- Agua destilada (en piseta)

$$\rho_{\text{leche}} = \frac{1.03 \text{ kg}}{\text{L}}$$

(*) material aportado por los alumnos

PROCEDIMIENTO

NOTA: Antes de comenzar, lave muy bien todo su material con agua y detergente. Luego, enjuague con agua potable.

En cada equipo de trabajo es posible hacer los dos tipos de queso si así se desea.

Experimento 1. Producción de queso tipo 'canasto'.

- 1) Llène una probeta de 500 mL con leche entera y proceda a determinar su densidad, con un densímetro (figura 1).
- 2) Vacíe 1,5 L de leche en un vaso de precipitados de 2 litros y caliente a 37°C (figura 2). Tenga cuidado de no romper el termómetro cuando esté dentro del vaso.
- 3) Disuelva en 20 mL de agua potable, 1 g de cloruro de calcio y 15 gotas de cuajo CUAMEX. Agregue esta mezcla a la leche, agitando con la espátula de madera.
- 4) Deje reposar por espacio de media hora y después de este tiempo, corte el cuajo en cuadros.
- 5) Utilizando los guantes, dos personas procederán a separar el cuajo del suero, por filtración, empleando la manta de cielo y recibiendo la fracción líquida en otro vaso de precipitados (figura 3).
- 6) Lave su producto con agua potable y agregue 5 g de cloruro de sodio (sal yodatada). Pruebe su producto para saber si es necesario o no, agregar más sal.
- 7) Mezcle bien y dé forma a su queso en un molde (figura 4).
- 8) Pese el producto obtenido.
- 9) Separe una pequeña muestra de queso (de 1 cm) y mézclela con 20 mL de agua en un vaso de precipitados.

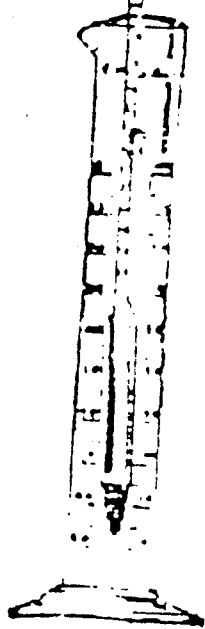


Fig. 1 Densidad

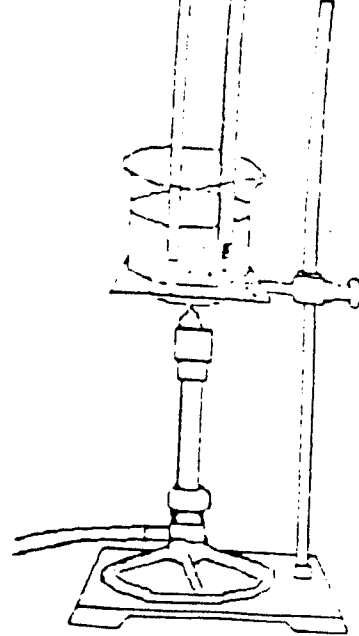


Fig. 2 Calentamiento

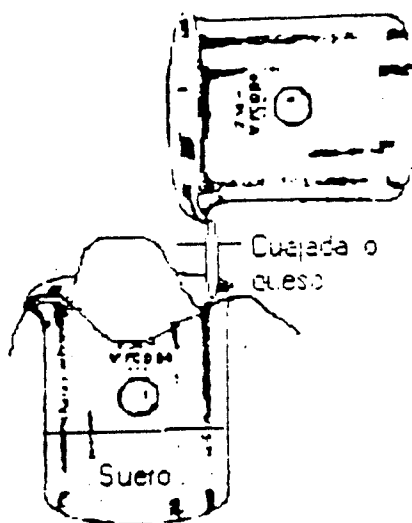


Fig. 3 Filtración

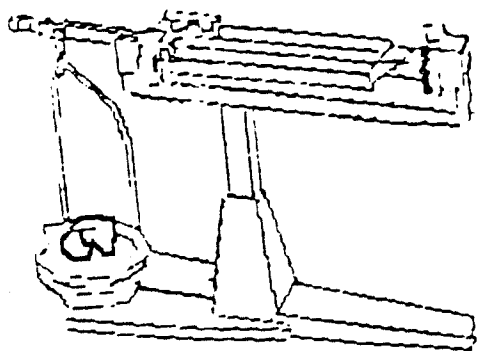


Fig. 4 Pesada del queso

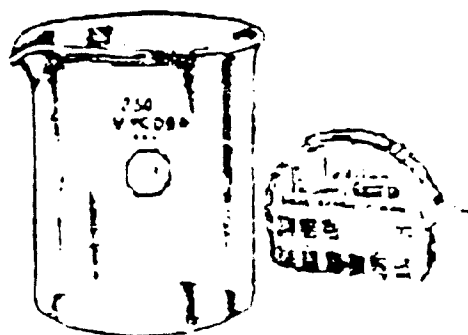


Fig. 5 Determinación de pH

- 10) Finalmente, mida su pH con papel indicador (figura 5).
- 11) Anote sus observaciones y resultados en la tabla correspondiente.

Experimento 2. Producción de queso tipo 'panela'

- 1) Mida con una probeta, 500 mL de leche fresca pasteurizada y vacíela a un vaso de 1 litro.
- 2) Adicione 120 gramos de leche en polvo y mezcle con el espátula de madera, hasta disolución total.
- 3) Una vez hecha la mezcla, pásela nuevamente a la probeta y determine su densidad (figura 1). Anote el dato obtenido.
- 4) Luego, en el vaso de 1 litro, caliente la leche a una temperatura de 30°C.
- 5) Prepare 20 mL de agua destilada en un vaso de 100 mL y adicione 1 gramo de cloruro de calcio y 0,7 mL (14 gotas) de cuajo CUAMEX (figura 2).
- 6) Verter poco a poco el contenido del vaso a la leche, agitando hasta homogeneización completa.
- 7) Esta mezcla se deja reposar por espacio de 30 minutos. Observe la formación de una fracción sólida que es el queso o cuajada.
- 8) Transcurrido el tiempo de reposo seccione con la espátula la fracción sólida, en pequeños cuadros.
- 9) Caliente nuevamente a 40°C con el fin de separar el suero y hacer elástica la cuajada (20 minutos).
- 10) Adicione 20 gramos de cloruro de sodio (sal yodatada), mezclando uniformemente.
- 11) Utilizando los guantes, entre dos personas proceden a pasar el queso a una manta de cielo para separar el suero, se anuda y se comprime para separar más líquido (figura 3), esto se realiza en el molde perforado.
- 12) Pese el queso obtenido (figura 4).
- 13) Separe una muestra de 1 cm³, mézclela con 20 mL de agua en un vaso y mida su pH con papel indicador (figura 5).
- 14) Anote sus observaciones y resultados en la tabla correspondiente.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Volumen de leche	=	Litros
Densidad	=	kg/L
Masa de leche	=	kg
Masa del queso	=	kg
pH del queso	=	
Porcentaje masa de leche correspondiente al queso	=	%

$$\% = \frac{\text{Masa del queso}}{\text{Masa de la leche}} (100)$$

CUESTIONARIO

- 1) Calcule usted con base en el costo de las materias primas, el costo de producción del queso obtenido en esta práctica, expresando su resultado en \$/kg

Costo de la leche fresca	\$	(1 litro)
Costo de la sal	\$	(1 gramo)
Costo del cuajo	\$	(10 mL)
Costo de la leche (polvo)	\$	(bote de 360 gramos)
Costo del agua	\$	(1 botella de 1,5 litros)

- 2) Investigue en anuarios del INEGI y de la Cámara Nacional de la Industria Lechera, cual ha sido la producción de leche bovina en cinco entidades del país y que porcentaje de esta producción se destina a la elaboración de quesos.

- 3) Cite el nombre de cinco empresas dedicadas a la producción de queso panela.
- 4) ¿Qué porcentaje masa, representa el queso fresco obtenido, con respecto a la masa total de leche, de la cual se extrajo?
- 5) ¿Qué es el cuajo y de dónde se extrae?
- 6) ¿Qué otro nombre tiene y qué función desempeña el cuajo en este proceso?
- 7) ¿Para qué se agrega cloruro de sodio al producto final?
- 8) Construya un diagrama de flujo que ilustre el proceso de producción de queso.
- 9) Efectúe el correspondiente balance de materiales, con sus datos experimentales.
- 10) Identifique un subproducto en este proceso y su posible aplicación como materia prima en otra industria.
- 11) Si el suero se desecha al drenaje, ¿qué problemática ambiental se genera y que solución se podría dar al respecto?
- 12) ¿Qué determinaciones analíticas se hacen al queso, (en forma general), para verificar su calidad?
- 13) ¿Cómo relaciona usted lo aprendido en esta práctica, con su campo de trabajo, la administración industrial?

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE PROCESOS QUÍMICOS EN LA INDUSTRIA (Tomo II)
AUSTIN, George T.
Editorial Mc. Graw Hill. México, 1988

ALIMENTOS, MANUAL DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS
PEREIRA, Fabiola
Editorial Universidad Autónoma de Yucatán. México, 1988

INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS (Teoría y práctica)
Academia del área de plantas piloto
ENCB-IPN. México, 1992

CIENCIA DE LA LECHE
CHARLES, Alais
Editorial CECSA. México, 1970

ELEMENTOS DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
DESROSIER,
Editorial CECSA. México, 1974

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II
PRÁCTICA No. 3
PROCESOS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA: SÍNTESIS DE LA ASPIRINA

OBJETIVOS

El alumno:

- 1) Identificará algunos factores que intervienen en la fabricación de productos farmacéuticos, para compararlos con los que intervienen en otro tipo de producto.
- 2) Experimentará el proceso de obtención o síntesis de la aspirina.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

La farmacología es la ciencia que estudia el mecanismo de acción de los fármacos y los efectos que producen en el organismo y comprende un grupo de ramas estrechamente relacionadas entre sí.

La farmacia puede definirse como:

- 1) El arte de preparar los medicamentos.
- 2) Una lista controlada por las autoridades gubernamentales de los nombres y características de los fármacos y su uso.

Los fármacos son sustancias usadas para tratar una enfermedad o aliviar sus síntomas, y pueden adoptar la forma sólida (tabletas, supositorios, grageas, etc.), líquida (jarabes, soluciones, suspensiones, etc.) o gaseosa (anestésicos).

Un siglo atrás, los fármacos no llegaban a una docena; en la actualidad son cientos de ellos aunque algunos pueden producir reacciones secundarias no deseables, y que de los muchos compuestos que se preparan en los laboratorios de investigación, solo uno de cada 6,000 lleguen al mercado.

El desarrollo de un compuesto para convertirlo en medicamento aprobado oficialmente, requiere de seis a nueve años de investigación y control, además de tener un costo muy elevado. Entre las características que se toman en cuenta para el estudio de los fármacos encontramos las vías de administración, los mecanismos de reacción, su metabolización, su eliminación, su acción sobre la sangre y contra las infecciones así como su acción en el corazón y sobre los aparatos digestivo, respiratorio y nervioso. Por último, su preparación, origen y control.

Aunque las definiciones de la palabra medicamento pueden variar, la Organización Mundial de la Salud aprobó la siguiente:

"Toda sustancia contenida en un producto farmacéutico empleada para modificar o explorar sistemas fisiológicos o estados patológicos en beneficio de la persona a la que se le administra."

Por otro lado, la medicina es la ciencia que estudia las enfermedades, su tratamiento y su prevención.

La medicina de uso interno o clínico se refiere a un tratamiento terapéutico y medicamentoso, en tanto que la medicina de uso externo se refiere a tratamientos de tipo quirúrgico y a su vez, estos tipos de medicina entran en la clasificación de la medicina ortodoxa o común.

Otras clases de medicina son por ejemplo la popular y la heterodoxa. La primera de ellas se basa esencialmente en la aplicación de medicamentos totalmente naturales cuyo conocimiento y métodos de obtención han sido transmitidos por la tradición.

Gracias a F. Hoffmann, químico y farmacéutico alemán, nacido en 1868, hoy en día contamos con uno de los fármacos que después de cien años de existencia sigue siendo de los más ampliamente empleados, la ASPIRINA.

Hoffmann buscaba un alivio para su padre artrítico dentro del grupo de los salicilatos, encontrando finalmente el ácido acetil-salicílico, compuesto sintetizado por Von Gerhart en 1953.

Hoffmann probó y desarrollo un método comercial para producirlo a solicitud de Heinrich Dreiser, director de investigación farmacológica en BAYER. Se interesó en su estudio y una vez convencido de su eficacia, envió muestras a varios médicos. Los resultados fueron espectaculares.

La sustancia lanzada al mercado en 1899 bajo la Marca Registrada ASPIRINA, ha sido usada en todo el mundo, y sigue siendo objeto de investigación encontrándosele inclusive, uso en padecimientos tromboembólicos.

La sal sódica del ácido acetilsalicílico es un cristal en forma de agujas, se descompone cuando se calienta y no posee un verdadero y definido punto de ebullición. El punto de descomposición varía entre 129°C y 133°C, es muy soluble en alcohol y en éter, pero es poco soluble en agua. Industrialmente, el ácido acetil-salicílico se elabora pulverizando el ácido salicílico haciéndolo reaccionar con anhídrido acético y licor madre durante tres horas en un reactor vidriado. Posteriormente, se reduce la temperatura a 3°C produciéndose una cristalización, enseguida se extrae una parte del licor madre (útil para el siguiente proceso) y el resto se separa por centrifugado. Los cristales obtenidos son introducidos en un secador rotatorio para eliminar la humedad, el resultado es la ASPIRINA en bruto, que pasará a otros procesos de purificación y preparación, antes del envasado para su venta al público.

Es difícil que un medicamento se administre en forma pura, generalmente, su formulación corresponde a una mezcla del principio activo con otra sustancia que facilita la desintegración del mismo. A este complemento, que puede ser un azúcar o almidón en el caso de un sólido, se le llama excipiente.

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Balanza electrónica (*)
- 1 Estufa atmosférica con termómetro
- 1 Máquina pastilladora (*)
- 1 Bomba de vacío y conexión con trampa para humedad (*)
- 1 Bureta de 25 mL montada en un Soporte (*)
- 1 Vaso de precipitados de 100 mL
- 1 Vaso de precipitados de 250 mL
- 1 Tubo de ensayo de 20 x 200 mm
- 1 Pinza para tubo de ensayo
- 1 Vidrio de reloj
- 1 Espátula chica
- 1 Mechero Bunsen
- 1 Matraz Kitasato
- 1 Embudo Buchner con tapón de hule
- 1 Termómetro (-10 a 110°C)
- 1 Soporte universal con anillo de hierro y tela de asbesto

SUSTANCIAS

- Acido salicílico (C₇H₆O₃)
- Anhídrido acético (C₄H₆O₃)
- Acido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) en frasco gotero
- Agua destilada (en piseta)

(*) por grupo

- 1 Varilla de vidrio (agitador)
- 1 Piseta con agua destilada
- 1 Pinza para crisol
- 1 Mortero de porcelana con pistilo
- 1 Hoja de papel filtro

PROCEDIMIENTO

- 1) Pese con exactitud sobre un vidrio de reloj, 1,5 gramos de ácido salicílico y colóquelo en el tubo de ensayo.
Por precaución, tome siempre el tubo con las pinzas.
- 2) Adicione 2 mL de anhídrido acético (figura 1) y 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado (figura 2).
- 3) Con la varilla de vidrio, agite la mezcla de reacción y ponga a calentar el tubo (con su contenido), en un baño María hasta la disolución total del sólido. La temperatura del baño deberá mantenerse entre 50 y 60°C (figura 3).
NOTA: tenga cuidado de calentar lentamente y de orientar correctamente el tubo, ya que podría proyectarse el contenido.
- 4) Cuando se haya disuelto completamente el sólido, deje enfriar el tubo y adicione 20 mL de agua destilada.
- 5) Pase el contenido del tubo a un vaso de precipitados.
- 6) Lave el tubo de ensayo con agua destilada, vertiendo los lavados al vaso de precipitados.
- 7) Agite vigorosamente con la varilla, la solución contenida en el vaso hasta que aparezcan los cristales (figura 4).
- 8) Mientras se completa la cristalización, prepare un embudo Buchner para filtración a vacío, con su papel.
- 9) Coloque el embudo sobre un matraz Kitasato, humedezca el papel y proceda a filtrar, encendiendo la bomba de vacío (figura 5).
Lave el vaso con pequeñas cantidades de agua destilada y viértala sobre los cristales filtrados.
- 10) Efectúe varios lavados con agua destilada y deje conectado el vacío durante algunos minutos para eliminar la mayor cantidad posible de líquido.
NOTA: se necesitan unos 300 mL de agua destilada para efectuar los lavados y estos no deben verterse al drenaje. Colecte las aguas de lavado en un bidón, y al finalizar la práctica, su profesor(a) procederá a neutralizar este desecho, con solución de NaOH, antes de eliminarlo por el vertedero.
- 11) Perciba el aroma del producto y cuando ya no se advierta la presencia de ácido acético, suspenda el lavado y la filtración.
- 12) Terminada la operación, desconecte la bomba y abra la válvula de venteo.
- 13) Coloque el papel filtro en un vidrio de reloj y llévelo a la estufa, que deberá estar entre 50 y 70°C. El tiempo de secado puede ser de 20 a 30 minutos, por lo que se recomienda observar en intervalos para verificar el estado del producto.
- 14) Una vez seco su producto proceda a tritularlo en el mortero y luego, a darle forma de pastilla o tableta, empleando la máquina que se tiene para tal fin (figura 6).
- 15) Pese su pastilla sobre el vidrio de reloj
- 16) Anote sus observaciones y sus resultados.

REACCIÓN QUÍMICA

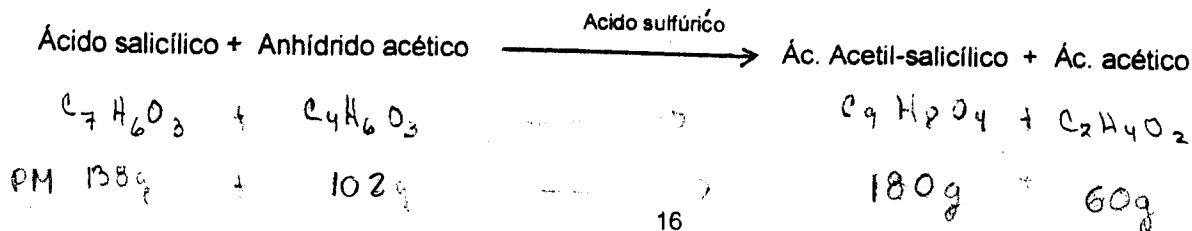


Fig. 1 Adición de anhídrido acético

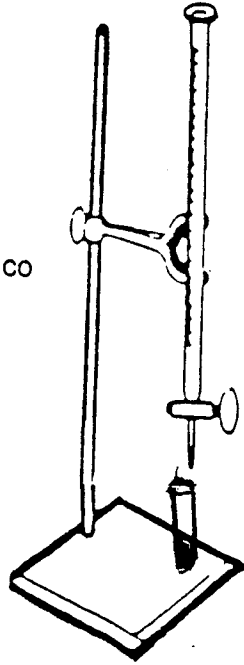


Fig. 2 Adición de ácido sulfúrico

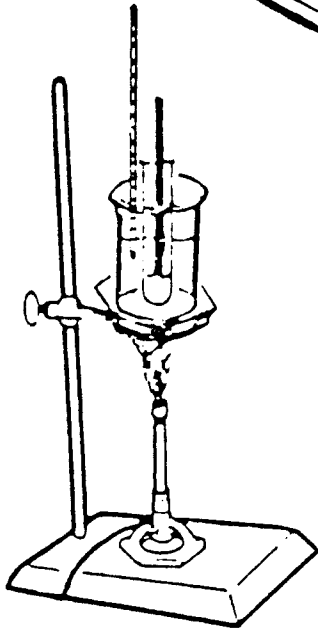
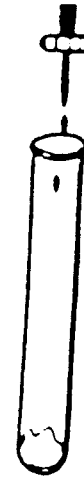


Fig. 3 Baño María entre 50 y 60°C

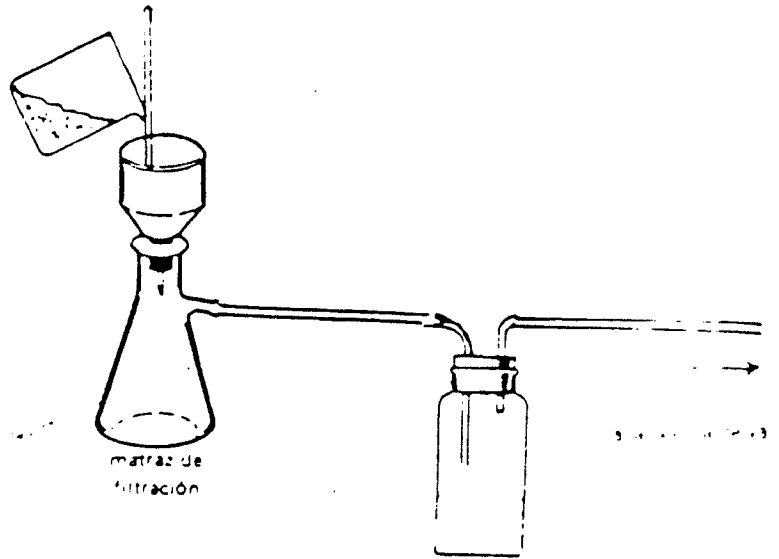


Fig. 4 Filtración a vacío

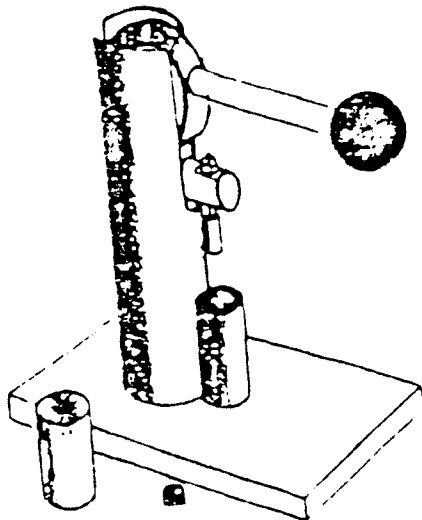


Fig. 5 Formación de la pastilla o tableta

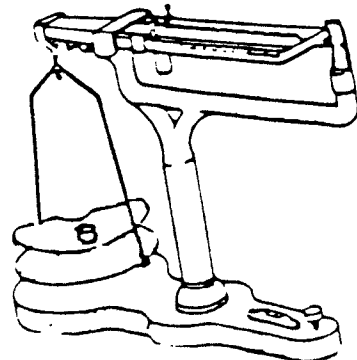


Fig. 6 Determinación de la masa del producto

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Masa del vidrio de reloj (limpio y seco)	=	gramos
Masa del vidrio con el producto	=	gramos
Masa del producto (aspirina)	=	gramos

QUESTIONARIO

- 1) ¿Cuál es el nombre químico del principio activo de la aspirina?
- 2) Explique en que consiste cada una de las tres principales acciones terapéuticas de la aspirina.
- 3) ¿Qué función desempeña el ácido sulfúrico en la reacción?
- 4) ¿Por qué no es posible consumir la tableta formada de aspirina?
Sugiera alguna técnica para purificar el producto.
- 5) Anote la ecuación química (con fórmulas y nombres), de la reacción que se llevó a cabo.
- 6) De acuerdo con sus datos experimentales, calcule el rendimiento o eficiencia de la reacción.
- 7) Dibuje un diagrama de bloques que ilustre todo el proceso, en el que se vean expresados sus datos, para comprobar el balance general de materiales.
- 8) Con base en el costo de las materias primas, calcule el costo de producción de la tableta que usted produjo en el laboratorio.
- 9) Calcule la cantidad de cada materia prima que se requiere para producir un millón de cajas con 12 tabletas cada una de aspirina, considerando que cada tableta pesa 500 mg y que la eficiencia de la reacción es del 98%.
- 10) ¿Cuál sería la participación de usted, como Administrador Industrial, en una empresa de tipo farmacéutico?
- 11) ¿Por qué fue necesario neutralizar las aguas de lavado, antes de desecharlas y qué importancia tiene llevar a cabo esta operación?

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE PROCESOS QUIMICOS EN LA INDUSTRIA (Tomo III)
AUSTIN, George T.
Editorial Mc Graw Hill, México, 1988

EXPERIMENTOS DE QUÍMICA ORGANICA
DOMINGUEZ, Xorge A.
Editorial Limusa, México, 1978

QUÍMICA ORGANICA
DEVORE G. y Muñoz Mena, E.
Editorial P.C.S.A., México, 1969

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II
PRÁCTICA No. 4
PROCESOS DE LA INDUSTRIA FORESTAL: RECICLADO DEL PAPEL

OBJETIVOS

El alumno:

- 1) Identificará características importantes en el proceso de obtención de productos derivados de los recursos naturales forestales para hacer un uso más racional de los mismos.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

La celulosa es el producto que constituye la parte fundamental de las paredes de las células vegetales y está formada por hidratos de carbono. El algodón, el yute, el lino y el cáñamo, están constituidos por celulosa pura en un 95% mientras que las frondosas y coníferas contienen más de un 50%. La celulosa tiene una gran importancia tanto técnica como económica puesto que los países que tienen materia prima y adecuada tecnología, satisfacen sus propias necesidades y las de otros países y tal es el caso de México que exporta los excedentes de celulosa así como productos elaborados con la misma.

Un análisis elemental de la celulosa pura da como información que está constituida por un 44,4% en peso de carbono, 6,2% de hidrógeno y 49,4% de oxígeno. Valores que conducen a la fórmula empírica $C_6H_{10}O_5$, de peso molecular 162, aunque generalmente se expresa como un polímero $(C_6H_{10}O_5)_n$ donde el valor de "n" varía desde 100 hasta 5000.

La celulosa se extrae de la madera de las coníferas y de las latifolias, del algodón, del lino, y de plantas expresamente cultivadas como la caña común y el esparto de Libia. Los principales procedimientos de obtención de celulosa son:

- a) a la sosa
- b) al sulfito neutro
- c) al sulfato
- d) al cloro y
- e) al bisulfito.

La preparación de los vegetales es común en todos los procedimientos donde los troncos de madera se descortezan y se desmenuzan; las plantas anuales y la caña se desempavan y se deshojan para posteriormente pasar a trituración o desmenuzamiento, según se requiera.

La celulosa obtenida al pasar por alguno de los procesos mencionados es todavía oscura y contiene cantidades más o menos importantes de residuos e) sustancias incrustantes. Se denomina celulosa bruta que es sometida a posteriores purificaciones mediante tratamiento en frío con agua de cloro y soluciones diluidas de hidróxido de sodio en frío o en caliente, según el grado de pureza deseado. Por último, se blanquea con soluciones como los hipocloritos y los peróxidos.

FABRICACIÓN DEL PAPEL

El papel consta esencialmente de una capa delgada de fibras vegetales celulósicas, perfectamente superpuestas y mezcladas con otros componentes.

Las etapas que conforman la fabricación de papel, son:

- 1) Desmenuzamiento
- 2) Refinación
- 3) Preparación de la pasta y
- 4) Formación de la hoja.

Algunos tipos de papel que se fabrican son:

- Para diarios
- De Offset para imprenta
- Papel Biblia
- De escritura
- Filtro
- Para embalaje
- Cartón
- Cartulina y
- Moneda.

Los parámetros que definen la calidad del papel son el gramaje, la humedad, el espesor, la lisura, la porosidad y la resistencia al desgarramiento.

Actualmente, una gran cantidad de papel de desecho está destinada a la fabricación de cartones, cartoncillos y láminas acanaladas de cartón, papeles para envolturas y para escritura, entre otros productos, por lo que el reciclado de fibras de papel de desperdicio resulta ser de interés económico y ecológico, aunque uno de los problemas que se debe resolver previamente, es el destintado.

Las fases de los procesos de reciclado son generalmente las siguientes:

1. Desfibrado o preparación de la materia prima
2. Cocción y
3. Eliminación del material no celulósico.

MATERIAL Y EQUIPO

- 2 Soportes universales
- 1 Anillo de hierro y tela de asbesto
- 1 Vaso de precipitados de 500 mL
- 1 Matraz de destilación de 250 mL
- 1 Refrigerante recto con mangueras de hule
- 1 Probeta de 10 mL
- 1 Vidrio de reloj
- 1 Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- 1 Pinza para bureta
- 1 Pinza de tres dedos con nuez
- 1 Pinza para crisol
- 1 Termómetro (-10 a 110°C)
- 1 Varilla de vidrio (agitador)
- 1 Espátula chica
- 1 Pistilo de porcelana (de mortero)
- 1 Mechero Bunsen

SUSTANCIAS

- (*) Madera fresca en trozos
- (*) 2 hojas de papel bond de desperdicio
- Agua de la llave

- 1 Juego de bastidor y recipiente de plástico
 - (*) 1 Lienzo o papel secante
 - (*) 1 Regla o escalímetro de 20 cm
 - 1 Licuadora (por grupo)
 - 1 Balanza electrónica (por grupo)
 - 1 Estufa atmosférica con termómetro (por grupo)
- (*) material aportado por los alumnos

PROCEDIMIENTO

Experimento 1. Destilación seca de la madera.

- 1) Arme el equipo como se ilustra en la figura 1.
- 2) Pese cinco gramos de madera recién cortada (de pino o de ocote), misma que debe estar fraccionada en trozos pequeños.
- 3) Introduzca la madera al matraz y proceda a destilarla, asegurándose de que las conexiones (tapones, agua, gas) sean correctas.
- 4) Observe la temperatura a la cual destila la primera fracción y permita que suba hasta un máximo de 92-93°C. Luego, la temperatura descenderá nuevamente y en ese momento deberá suspender el calentamiento.
- 5) Terminada la operación, la cual tiene una duración de unos cuantos minutos, deje enfriar el matraz con su contenido.
Luego, suspenda el flujo de agua por el refrigerante
- 6) Mida el volumen del destilado y pese el residuo sólido contenido en el matraz.
- 7) Anote sus observaciones y resultados en relación con este experimento.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Masa inicial de madera	=	gramos
Masa final de residuo sólido	=	gramos
Volumen de destilado	=	mL
Temperatura a la que se obtiene el destilado	:	°C
Tiempo de operación	:	minutos

Descripción física del destilado: _____

Descripción física del residuo sólido: _____

ANEXO

Observe el cromatograma que se muestra más adelante y que corresponde a un análisis cuantitativo de la composición del destilado de la madera de pino. Cada pico es un compuesto y el área que ocupa es proporcional a su porcentaje o cantidad dentro de la mezcla. Para llevar a cabo este tipo de análisis, se inyecta una muestra de 1 microlitro a una columna de un aparato llamado cromatógrafo de gases. Primero salen los compuestos más ligeros y al final, los más pesados. Una señal electrónica permite interpretar el resultado, como la aparición de los picos en la gráfica, los cuales se identifican por comparación con un estándar conocido, de alta pureza.

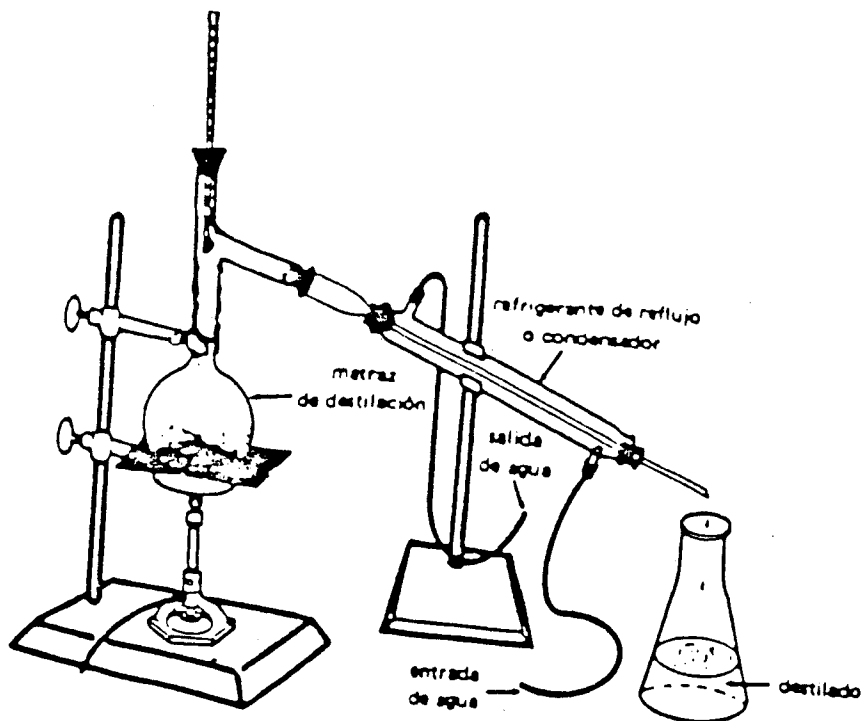


Fig. 1 Destilación seca de la madera

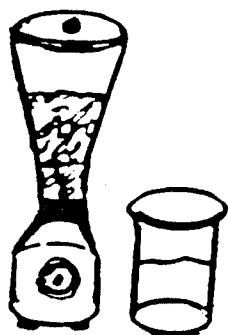


Fig. 2 Mezclado
(agua y papel de desperdicio)

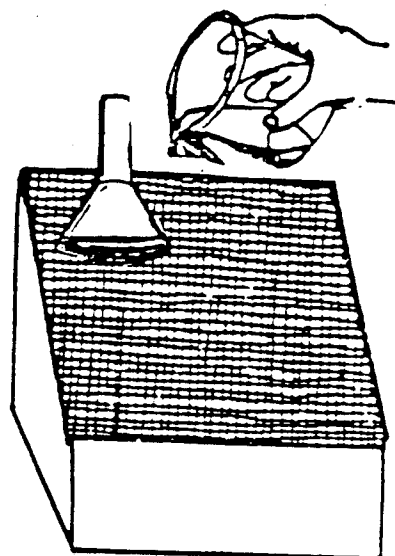


Fig. 3 Filtración

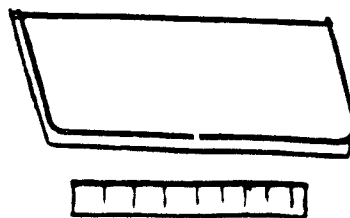
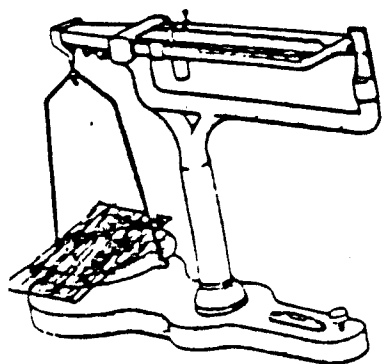


Fig. 4 Determinación de la masa y el
área de la hoja de papel reciclado

Experimento 2. Reciclado de papel.

- 1) Doble dos hojas de papel bond de desperdicio, para que puedan ser pesadas en la balanza.

Masa de las dos hojas de papel de desperdicio: _____ gramos

- 2) Fraccione ambas hojas en trozos pequeños (de 1 x 1 cm aproximadamente).
- 3) Introdúzcalos al vaso de la licuadora y adicione 125 mL de agua de la llave, por cada hoja inicial de papel (figura 2). Densidad del agua: 1 g/mL.
- 4) Efectúe la trituration y el mezclado, poniendo en funcionamiento el motor del reductor de tamaño (licuadora).
- 5) Suspenda la operación cuando tenga una pasta de consistencia homogénea.
- 6) Filtre la pasta entre dos hojas de malla metálica o bastidor, recibiendo el filtrado en el recipiente de plástico (figura 3).
- 7) Forme una hoja delgada con la pasta que se encuentra en el bastidor de malla metálica, ejerciendo un poco de presión con la espátula o con el pistilo de porcelana, para eliminar más cantidad del agua que aun contiene.
- 8) Pase la hoja formada a un lienzo o papel secante y cúbrala con otro del mismo tipo.
- 9) Deslice la varilla de vidrio sobre la hoja, ejerciendo presión hasta eliminar la mayor cantidad posible de agua.
- 10) Una vez formada la hoja de papel reciclado, llévela (sobre la malla metálica), al interior de la estufa para que se seque a una temperatura comprendida entre 85 y 95°C.
- 11) Terminada la operación de secado (30 a 50 minutos), deje enfriar el papel, proceda a pesarlo y finalmente, determine su área (figura 4).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Masa de la hoja de papel reciclado	:		gramos
Área	:		cm ²

CUESTIONARIO

- 1) ¿Qué sustancias se obtienen en el proceso de destilación seca de la madera y cuáles serían sus posibles aplicaciones?
- 2) Calcule la masa del producto destilado de la madera, considerando que su densidad es de 0,8 g/mL.

$$\text{Masa} = (\text{volumen de producto}) (\text{densidad})$$

- 3) Calcule el gramaje de la hoja de papel reciclado y exprese el resultado en g/m²

$$\text{Gramaje} = \frac{\text{Masa de la hoja de papel (en gramos)}}{\text{Área (en metros cuadrados)}}$$

- 4) Ilustre por medio de un diagrama de bloques, cada proceso llevado a cabo en el laboratorio y sobre el esquema, anote sus datos y resultados, con objeto de establecer el balance de materiales.
 - a) destilación seca de la madera
 - b) reciclado del papel

5) Investigue en anuarios del INEGI y de la Asociación de Técnicos de la Celulosa y el Papel, cual ha sido la producción de papel para escritura durante los últimos cinco años y trace una gráfica que ilustre esta situación.

6) Problema.

A partir de una muestra de cinco hojas de papel bond de desperdicio, se obtiene una hoja de papel reciclado. Primeramente se hace una mezcla con un litro de agua y esta mezcla se somete a un prensado de tal manera que se elimina el 95 % del agua inicial, luego, una etapa de secado permite obtener un papel de fibras recicladas cuyo contenido en agua es del 0,75% peso.

Efectuar un balance de materiales para el proceso anteriormente descrito.

Masa promedio de una hoja de papel: 4,5 g

Densidad del agua: 1 g/mL

7) ¿Qué tipos de energía identifica usted en cada uno de los procesos llevados a cabo en esta práctica?

8) ¿Qué utilidad puede tener el agua de desecho, que resulta en el proceso de filtrado y prensado del papel?

Asimismo, ¿Qué aplicación tiene el residuo sólido obtenido en el proceso de destilación seca de la madera?

9) ¿Cómo relaciona usted lo aprendido en esta práctica, con su área de trabajo, la Administración Industrial?

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE PROCESOS QUIMICOS EN LA INDUSTRIA (Tomo III)

AUSTIN, George T.

Editorial Mc Graw Hill, México, 1988

QUÍMICA ORGANICA

DEVORE, G. y Muñoz Mena, E.

Editorial : P.C.S.A., México, 1969

INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA INDUSTRIAL

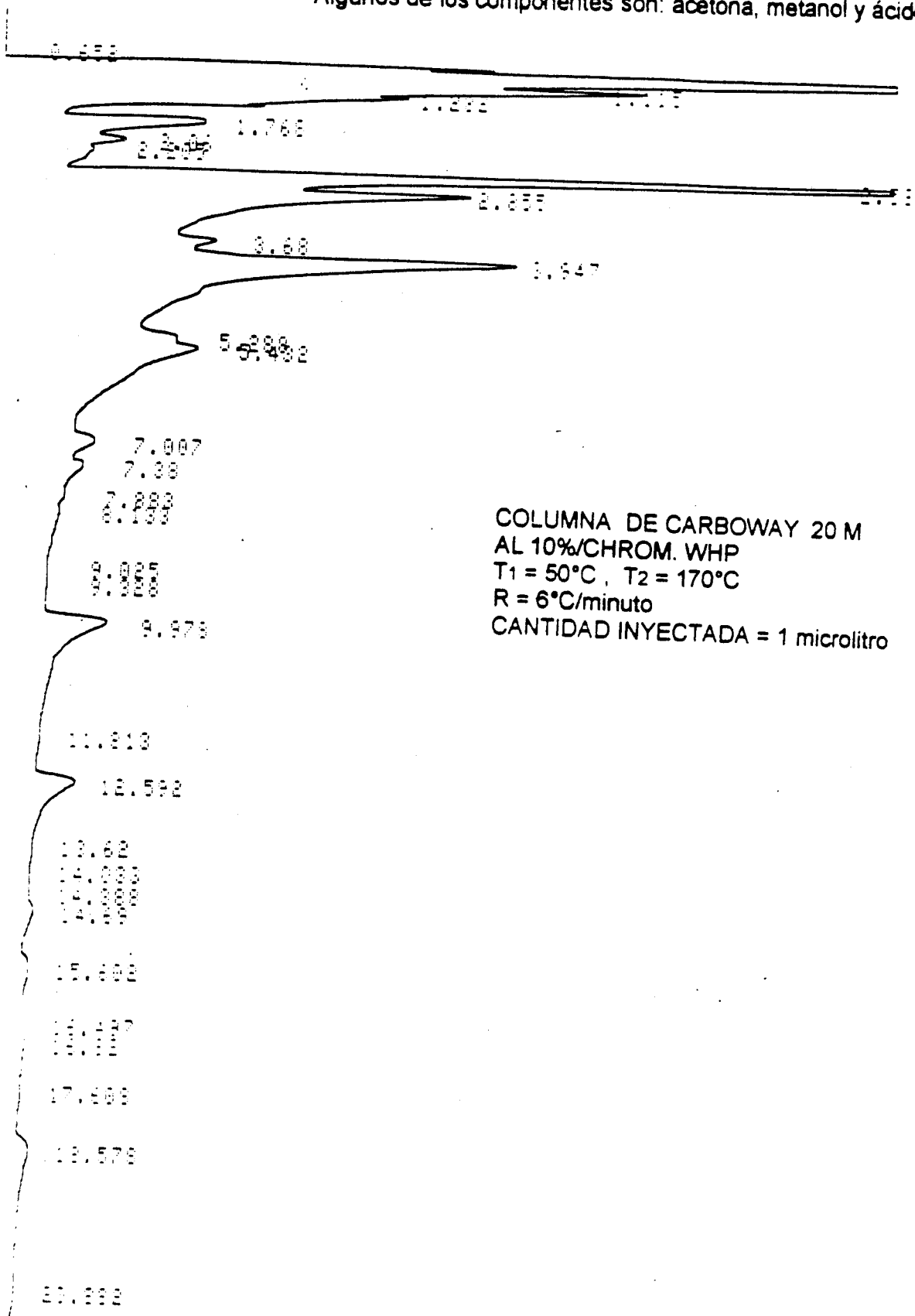
VIAN ORTUÑO, Ángel.

Editorial Reverté, España, 1996

95/08/81
PRINT TIME:
15:54:00
17:55

CROMATOGRAMA CORRESPONDIENTE A LOS COMPONENTES DE LA FRACCION DESTILADA DE LA MADERA

Algunos de los componentes son: acetona, metanol y ácido piroleñoso



COLUMNA DE CARBOWAY 20 M
AL 10%/CHROM. WHP
T1 = 50°C , T2 = 170°C
R = 6°C/minuto
CANTIDAD INYECTADA = 1 microlitro

027

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II.
PRÁCTICA No. 5
**PROCESOS DE OBTENCIÓN DE PRODUCTOS MINERO-METALÚRGICOS:
PRODUCCIÓN DE COBRE**

OBJETIVOS

El alumno:

- 1) Experimentará particularidades de procesos productivos de bienes intermedios obtenidos a partir de recursos minero-metalúrgicos para distinguir condiciones específicas de operación de estos procesos.
- 2) Obtendrá cobre metálico a partir de una muestra de azurita.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

No obstante que la industria minera cuenta con más de cuatro siglos de existencia en México, se estima que las reservas son aún muy abundantes y que nuestro territorio dista mucho de estar debidamente explorado. Las reservas potenciales no pueden considerarse como agotadas, por el contrario, los indicios de que disponemos nos permiten mirar con optimismo el desarrollo futuro de esta industria.

México se encuentra entre los primeros diez productores de plata, plomo, cinc y sal, entre otros productos de origen mineral.

Los yacimientos minerales son acumulaciones o concentraciones de una o más sustancias que pueden ser útiles y en la mayoría de los casos se encuentran escasamente en la corteza terrestre, se presentan como concentraciones extremas de metales que primitivamente estaban dispersos y químicamente combinados.

Los aspectos considerados más importantes para la extracción y rentabilidad de un yacimiento mineral pueden clasificarse en los siguientes factores:

- Precio del mineral
- Naturaleza y magnitud del depósito
- Ubicación geográfica y
- Costo de extracción.

Los yacimientos minerales suelen clasificarse en: metálicos y no metálicos.

Los metales a su vez, se clasifican en:

- Preciosos, como el oro y la plata.
- Ferrosos, como el hierro y sus aleaciones
- No ferrosos, como el cobre, el aluminio y el cinc

Los metales no ferrosos son prioritarios para el desarrollo de la industria. En México la mineralogía de estos metales no es compleja puesto que existe una gran cantidad de yacimientos conteniendo estos minerales. Los principales centros mineros se encuentran en Sonora (Cananea), Zacatecas (Concepción del Oro), Chihuahua (Santa Bárbara), y en San Luis Potosí, donde se procesan aproximadamente de 72 a 120 millones de toneladas por año de estos materiales.

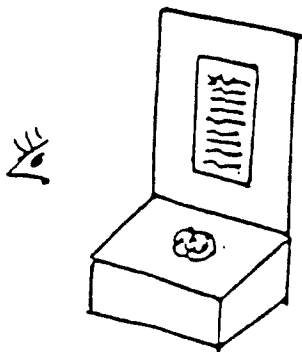


Fig. 1 Observación del mineral



Fig. 2 Trituración del mineral

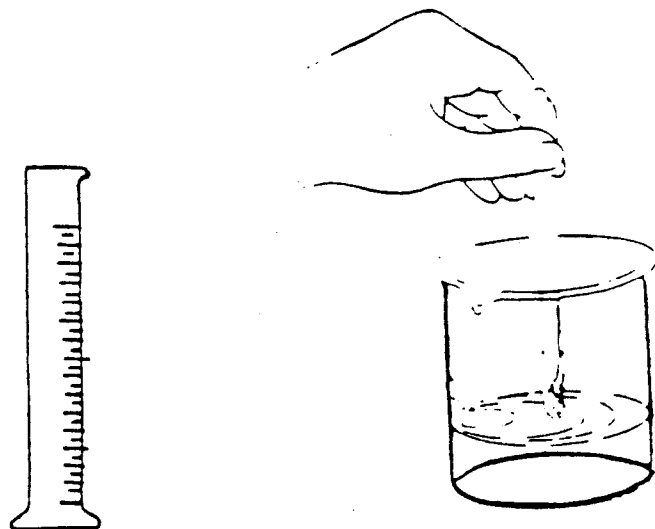


Fig. 3 Adición de ácido sulfúrico, agitación hasta Disolución total y filtración

Reacciones químicas:

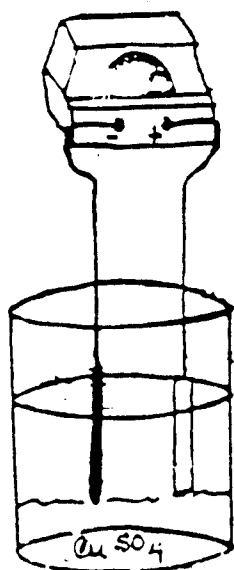
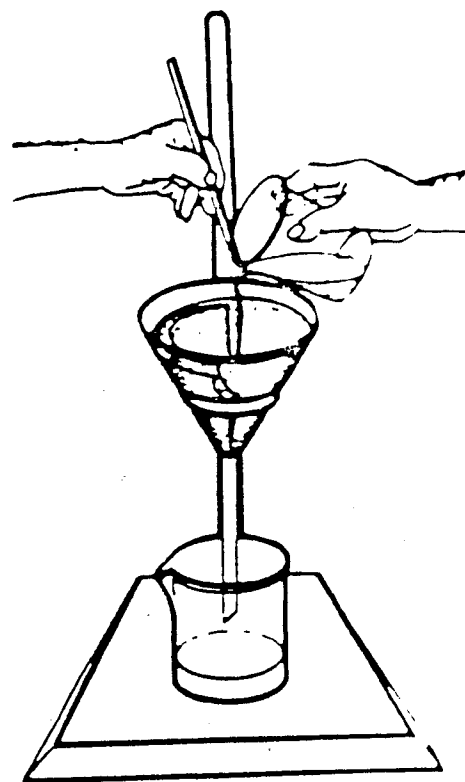
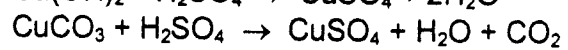
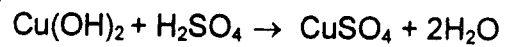


Fig.4 Electrólisis

Reacción: $\text{Cu}^{+2} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$
(tiene lugar en el cátodo)

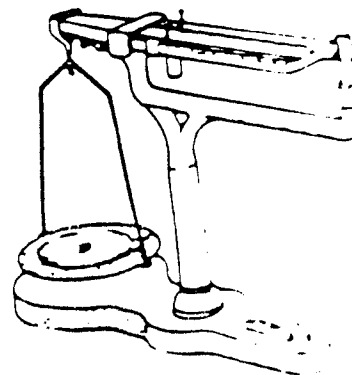


Fig. 5 Determinación de la masa del producto (cobre metálico seco)

PROCEDIMIENTO

- 1) Pese en un vidrio de reloj, 1,5 gramos de azurita.
- 2) Observe el mineral y complete la tabla No. 1 (en el cuestionario) de acuerdo con los datos que se presentan en la ficha técnica (figura 1).
- 3) Triture el mineral hasta convertirlo en un polvo fino y páselo a un vaso de precipitados (figura 2).
- 4) Adicione 40 mL de ácido sulfúrico 1 M (medidos con la probeta).
- 5) Agite con la varilla hasta disolución total y luego filtre la mezcla, recibiendo el filtrado en otro vaso (figura 3).
- 6) Lave con acetona los electrodos de su celda y espere que se sequen.
- 7) Pase el contenido del vaso (solución de sulfato de cobre), a su celda electrolítica, tapando el contenedor e insertando los electrodos.
- 8) Por medio de los caimanes, haga la conexión eléctrica a la fuente de poder, la cual debe estar apagada. El electrodo de carbono va conectado a la salida negativa (-) de la fuente de poder y el electrodo de acero a la terminal positiva (+)
- 9) Encienda la fuente, ajuste el voltaje a 6 voltios y permita el paso de la corriente eléctrica durante 30 minutos. No permanezca muy cerca de la celda, para evitar la inhalación de los gases que se forman durante el proceso (figura 4).
- 10) Apague la fuente de poder y observe si la solución perdió su color inicial. Si es así, pase al punto siguiente, en caso contrario continúe con la electrólisis durante algunos minutos más.
- 11) Separe por decantación o por filtración, el metal obtenido y colóquelo sobre un vidrio de reloj limpio y seco.
- 12) Lleve a secar su producto a la estufa, a una temperatura entre 80 y 90°C.
- 13) Terminado el tiempo de secado, que puede ser de 20 a 30 minutos, saque su material y deje que se enfríe en el desecador, por espacio de 5 minutos.
- 14) Por último, pese su producto (figura 5) y anote sus observaciones.

CUESTIONARIO

- 1) ¿Qué propiedades físicas tiene su mineral de cobre?

Tabla No.1

NOMBRE DEL MINERAL:	
COMPOSICIÓN QUÍMICA:	
PROCEDENCIA:	
COLOR:	
BRILLO METALICO:	
PROPIEDADES MAGNETICAS:	
DENSIDAD COMPARADA CON EL AGUA:	
OTRAS PROPIEDADES:	

- 2) ¿Cuáles son las aplicaciones industriales y no industriales del cobre en nuestro país?
- 3) Investigue en anuarios del INEGI, de la Secretaria de Energía y de la Dirección General de la Secretaria de Minas e Industria Paraestatal, cual ha sido la producción de cobre en las cuatro principales entidades del país durante los últimos cinco años y trace una gráfica que ilustre esta situación.

4) Problema.

Calcule la cantidad máxima de cobre que puede obtenerse a partir de 1kg de cada uno de los siguientes minerales:

MINERAL	COMPOSICIÓN QUÍMICA
Malaquita	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
Crisocola	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Calcopirita	Cu_2FeS_4

5) Calcule con base en sus datos experimentales, el porcentaje de cobre en el mineral que se le proporcionó.

$$\% \text{ Cu} = \frac{\text{masa de cobre}}{\text{masa de mineral}} (100)$$

6) Sobre un diagrama de bloques, que ilustre el proceso completo, efectúe un balance de materiales con los resultados obtenidos experimentalmente.

7) Con base en el costo del mineral, calcule el costo de producción de 1 kg de cobre.
Costo de 1 kg de azurita = \$ 75,00

8) Enliste por separado las operaciones y los procesos unitarios efectuados en esta práctica, correspondientes al proceso de producción industrial del cobre.

9) ¿Qué tipos de energía se aplican en cada etapa del proceso de producción de cobre?

10) ¿Qué es la "pátina" y cómo se forma?

11) ¿Cómo relaciona usted lo aprendido en esta práctica, con su campo de trabajo, la Administración Industrial?

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

MÉTODOS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA (Tomo 1)

TEGEDER, Fritz y Mayer, Ludwig.

Editorial Reverté, España, 1987

PRÁCTICAS DE QUÍMICA GENERAL INORGÁNICA E INDUSTRIAL.

IBAÑEZ, Jorge

Editorial Limusa-Noriega, México, 1993

ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

KIRK-OTHMER

Editorial John Wiley and sons, E.U.A., 1985

I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II
PRÁCTICA No. 6
PROCESOS PETROQUÍMICOS

OBJETIVOS

El alumno:

- 1) Identificará los métodos de producción de bienes intermedios y finales, que se llevan a cabo en la Industria petroquímica, para compararlos con los de otras industrias.
- 2) Destilará una mezcla de hidrocarburos.
- 3) Producirá un material plástico.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Los materiales que utiliza el hombre para satisfacer sus necesidades son recursos naturales o derivados de éstos, entre los cuales podemos citar al petróleo.

Existen varias teorías sobre el origen de formación del petróleo que pueden ser clasificadas en dos grandes grupos; 1) de formación inorgánica, como resultado de reacciones geoquímicas entre el agua y el dióxido de carbono, además de algunos carburos y carbonatos de metales; y 2) de formación orgánica, como producto de la descomposición de organismos vegetales y animales que existieron en ciertos periodos de las eras geológicas, los cuales fueron sometidos a enormes presiones y a elevadas temperaturas.

Desde hace más de un siglo se extrae el petróleo de los yacimientos que lo contienen, pero fue hacia 1859 cuando se inició la explotación en forma, utilizándose principalmente en la producción de combustibles para satisfacer las necesidades de energía en transporte, calefacción, recreación, y servicios diversos. Esta explotación se dio durante las primeras nueve décadas de la industria petrolera pero en los últimos cincuenta años se ha usado el petróleo como fuente de productos químicos, por lo cual surgió la petroquímica, que en términos generales se define como la actividad industrial que elabora productos cuyo origen tuvo al petróleo o al gas natural y que a su vez son materia prima de la industria de la transformación.

Esta actividad es fundamental para la economía de los países desarrollados y para países como México, en vías de desarrollo; siempre y cuando se administre adecuadamente su explotación y procesamiento, mismo que da lugar a una gran variedad de bienes.

PEMEX elabora 44 productos petroquímicos básicos, entre ellos, el gas natural, el amoniaco, el etileno y el benceno. Derivados de estos petroquímicos básicos, son los petroquímicos secundarios, por ejemplo, el etilenglicol, el óxido de etileno y el estireno. De éstos, se van a obtener los productos de uso final, como los detergentes, los fertilizantes, medicamentos y los plásticos.

Los plásticos corresponden a un tipo de producto denominado en forma general, como "polímero", que se obtiene mediante una reacción de polimerización.

Un polímero es una molécula gigante, con masa molecular muy grande, que forma una cadena con eslabones llamados "monómeros".

La polimerización se lleva a cabo, en tres etapas:

- Iniciación. Formación de un reactivo intermedio o radical libre, por la intervención de una sustancia llamada iniciador o catalizador.
- Propagación. En esta etapa se origina una adición consecutiva del monómero para constituir la cadena que va creciendo.
- Terminación. Se interrumpe la cadena que va creciendo y acaba con la reacción.

Los plásticos se clasifican con base en su reacción al calor, y pueden ser: termofijos, termoplásticos y termoestables.

CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS	APLICACIONES
Polímeros comunes	<ul style="list-style-type: none"> - Polietileno de baja densidad. - Polipropileno. - Cloruro de polivinilo (PVC). - Poliestireno. - Poliéster termoplástico. - Poliamidas. 	Empaques, envases, cables, tuberías, conexiones, cassettes de audio y video, cintas magnéticas, fibras textiles, partes para automóviles, entre otras.
Polímeros funcionales	<ul style="list-style-type: none"> - Resinas metacrílicas. - Carburo de silicio. 	Celdas solares y materiales magnéticos principalmente.
Polímeros especiales	<ul style="list-style-type: none"> - Resinas acrílicas. - Resinas de melamina. - Polimetacrilato de hidroxietilo. - Polifluorocarbonos. - Acetato de celulosa. 	Fibras ópticas, materiales para lentes de contacto, membranas ópticas, absorbentes de agua, plásticos electroconductivos, fotosensibles, magnéticos y ultrafuertes.

MATERIAL Y EQUIPO

- 2 Soportes universales
- 1 Anillo de hierro con tela de asbesto
- 1 Refrigerante recto, con tapón de hule
- 1 Matraz de destilación de 250 mL con rollo de malla metálica (*)
- 1 Resistencia eléctrica de inmersión (*)
- 1 Pinza de tres dedos con nuez
- 1 Pinza para bureta
- 1 Termómetro (-10 a 110°C) con tapón de hule
- 1 Embudo de tallo largo
- 9 Perlas de ebullición
- 1 Varilla de vidrio (agitador)
- 2 Matraces Erlenmeyer de 250 mL
- 1 Probeta de 100 ml
- 1 Vaso de precipitados de 1000 mL
- 1 Balanza granataria (por grupo)
- (*) 1 Vaso desechable
- (*) Moldes para figuras en resina
- (*) Lijas de esmeril, Nos. 200, 400 y 600

SUSTANCIAS

- Mezcla de hidrocarburos (éter de petróleo, benceno y chapopote), de composición variable
- Resina poliéster preparada (MC-40)
- (*) Catalizador y colorante
- (*) Pasta pulidora y pasta abrillantadora

(*) material aportado por los alumnos

PROCEDIMIENTO

Experimento 1. Destilación de una mezcla de hidrocarburos.

NOTA: Este experimento se hace de manera demostrativa.

- 1) Coloque 100 mL de la mezcla de hidrocarburos que se le proporciona, en un matraz de destilación con perlas de ebullición.
- 2) Monte el aparato como se muestra en la figura 1, observando que el vaso de 1 litro de capacidad que será empleado como baño, tenga 700 mL de agua de la llave.
- 3) Revise cuidadosamente las conexiones y proceda a calentar, sumergiendo primeramente la resistencia en el vaso con agua (baño) y luego, conectándola a la toma de corriente. Controle el calentamiento del agua de tal manera que no alcance a hervir, para ello conecte y desconecte la resistencia, sin sacarla del agua.
- 4) Cuando la destilación comience reciba en un matraz Erlenmeyer la primera fracción, anote el dato de temperatura y luego, en otro matraz, reciba la segunda fracción, cuando la temperatura haya cambiado.
- 5) Anote sus observaciones y mida el volumen destilado en cada caso.
- 6) Terminada la operación, desconecte y retire la resistencia. Deje que el sistema se enfríe a temperatura ambiente, sin suspender el flujo de agua por el refrigerante.
- 7) Finalmente, regrese sus muestras al recipiente que contiene la mezcla inicial.
- 8) Cierre la llave del agua y entregue el matraz de destilación, sin lavarlo.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Muestra	Punto de ebullición (°C)	Volumen destilado (mL)	Densidad (g/mL)
Éter de petróleo	39 a 48		0,62
Benceno	70 a 73		0,88

Experimento 2. Figuras de resina poliéster

NOTA: cubra el área de la mesa donde va a trabajar, con papel de desperdicio.

- 1) Vierta 100 gramos de resina poliéster preparada en un vaso desechable, agregue 1 mL del catalizador (20 a 25 gotas) y colorante, si así lo desea.
- 2) Agite lentamente, evitando la formación de burbujas.
Si se forman burbujas, proceda a deshacerlas, utilizando una aguja.
- 3) Cuando la mezcla esté homogénea, vierta el líquido en el molde, llenando solo hasta la mitad de su capacidad.
- 4) Espere unos 35 minutos a que la mezcla adquiera el aspecto de una gelatina y cuando esto suceda, deposite el objeto que desea encapsular y que puede ser metálico, de plástico, de papel o de otro material (figura 2).
- 5) Prepare otra mezcla tal y como hizo en los pasos 1 a 3 y con ella, llene la totalidad del molde.
- 6) Mantenga su molde a temperatura ambiente durante 24 horas hasta que solidifique completamente la resina, luego, saque su figura del molde y lije en una sola dirección, para eliminar imperfecciones. Utilice primero la lija del número 200, luego del 400 y finalmente del 600.
- 7) Con una franela, tome un poco de pasta pulidora y frote su pieza en un solo sentido durante algunos minutos y con pasta abrillantadora, dé un acabado transparente y brillante a su figura.
- 8) Perfore la figura, con taladro, para colocar la cadena que sujetara la pieza.
- 9) Anote sus observaciones.

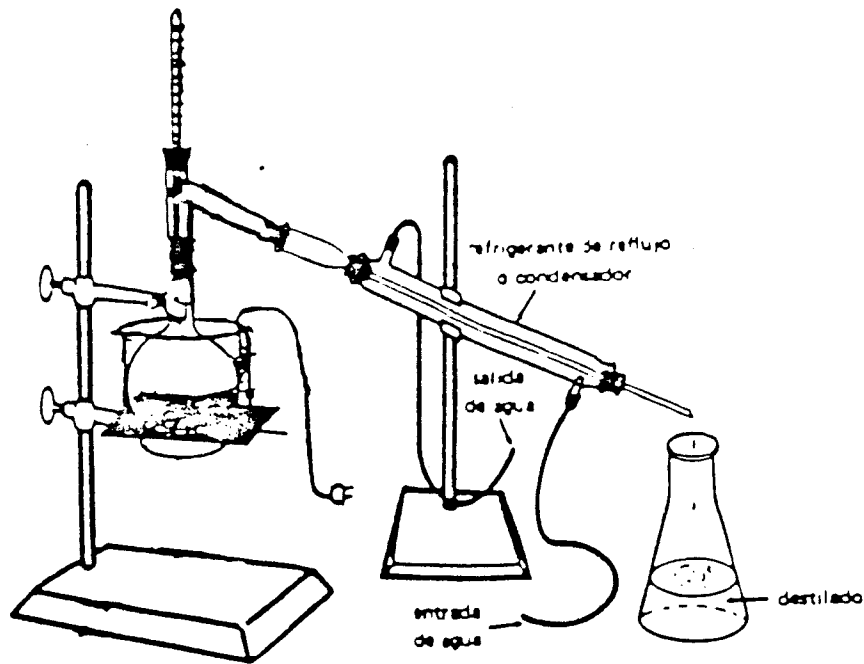


Fig. 1 Destilación de la mezcla de hidrocarburos

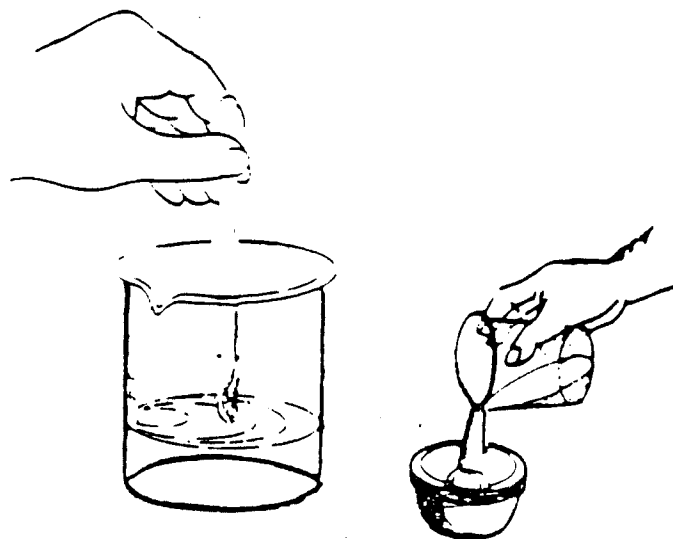


Fig. 2 Producción de un material plástico

ANEXO

El cromatograma que se presenta a continuación corresponde a la identificación de los dos hidrocarburos destilados.

Anote sus observaciones.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué aplicaciones tienen las fracciones que usted separó por destilación?
2. ¿A qué masa corresponde cada uno de los volúmenes de destilado?
3. Describa el proceso de destilación fraccionada del petróleo, ilustrando su respuesta con un esquema.
4. Con base en el costo de las materias primas, calcule el costo de producción de una de las figuras de resina poliéster que usted elaboró en esta práctica
5. ¿A qué tipo de plástico corresponden las resinas poliéster, según su clasificación por tratamiento con calor?
6. ¿Cuál es actualmente la producción diaria de petróleo crudo en México?
7. Investigue en anuarios estadísticos de PEMEX y del INEGI, cual ha sido la producción de poliéster en los últimos cinco años y trace una gráfica que muestre esta situación.
8. Como producto petroquímico, ¿a qué clasificación corresponde el estireno y en qué instalaciones industriales se produce en nuestro país?
9. Identifique su actividad como Administrador Industrial, en la industria petroquímica.

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

METODOS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA (Tomo 2)

MAYER, Ludwig

Editorial Reverté, España, 1975

MANUAL DE PROCESOS QUIMICOS EN LA INDUSTRIA (Tomo III)

AUSTIN, George T.

Editorial Mc Graw Hill, México, 1988

EL PETRÓLEO

PEMEX

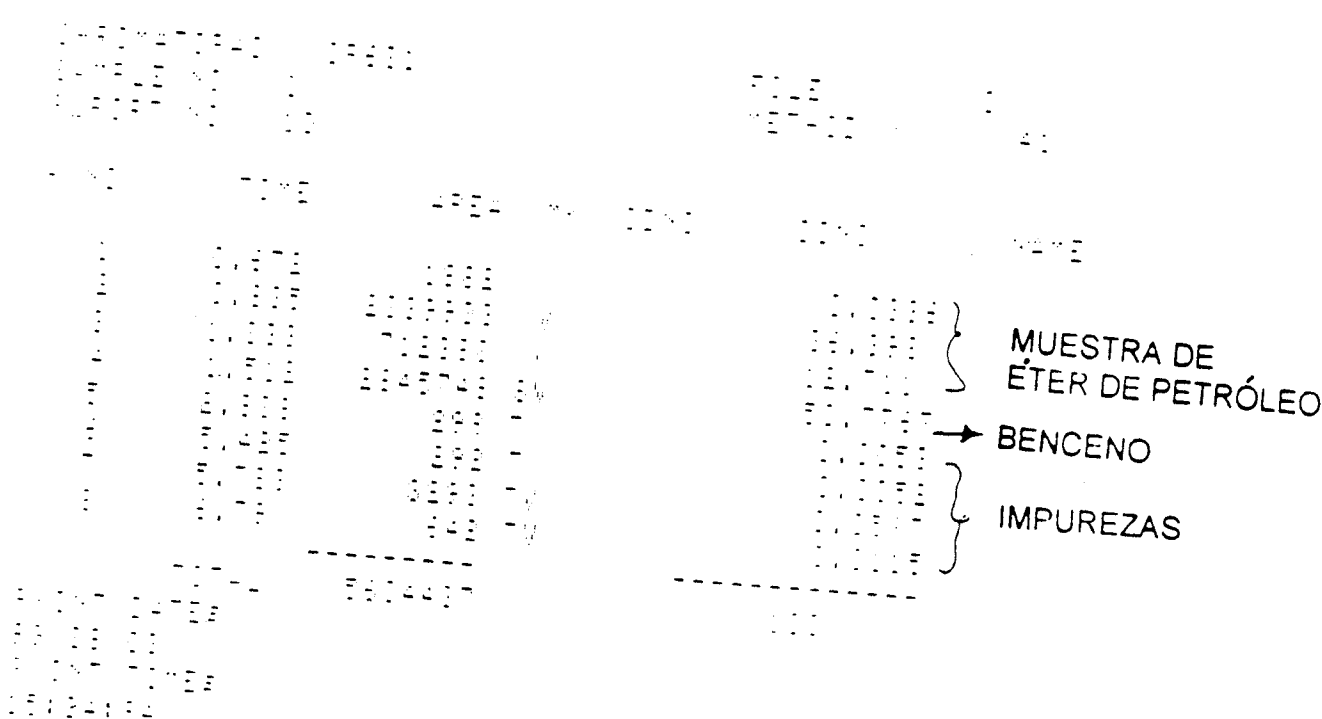
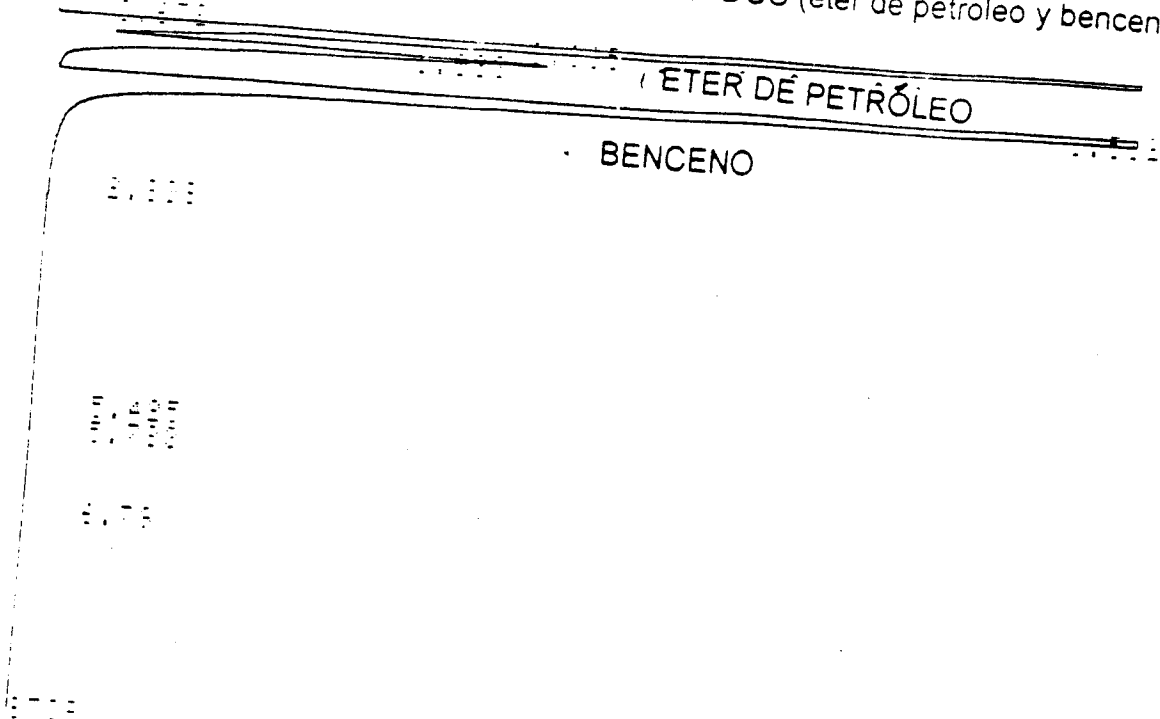
Editorial Auge, México, 1995

QUÍMICA ORGANICA

DEVORE, G. y Muñoz Mena, E.

Editorial P.C.S.A. , México, 1969

CROMATOGRAMA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS
HIDROCARBUROS DESTILADOS (éter de petróleo y benceno)



I.P.N.
U.P.I.I.C.S.A.
APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES II
PRÁCTICA No. 7
TRATAMIENTO Y ANALISIS DE AGUA

OBJETIVOS

El alumno:

- 1) Experimentará algunas técnicas para el tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio ligero, tendientes a mejorar su calidad
- 2) Efectuará un análisis fisicoquímico a una muestra de agua tratada para determinar su calidad, por comparación con una muestra de agua potable.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

El agua puede usarse para fines recreativos, para mantener la vida acuática y silvestre, para el riego agrícola y para el abastecimiento público, además de ser una sustancia fundamental en muchos procesos industriales, mismos en los que puede intervenir como:

- Materia prima
- Disolvente o diluyente
- Medio de transporte de otras materias primas
- Medio térmico, al adicionar calor (agua caliente o vapor).
- Medio de refrigeración, al sustraer calor.
- Sistema auxiliar (lavado, limpieza general, prevención de incendios, etc.)

Un condicionante para la implantación de la mayoría de las industrias es la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes para las aplicaciones previstas.

Los muy diversos usos que se le dan al agua y la creciente demanda, la han convertido en un recurso limitado. Además, las aguas residuales pueden ser la causa de un impacto ambiental cuyo control ya forma parte de los programas de bienestar social de cualquier gobierno.

MÉTODOS DE TRATAMIENTO.

Cada proceso industrial requiere ciertas características especiales del agua que en él se utiliza; principalmente que se encuentre exenta de determinados contaminantes. Para poder eliminar las impurezas, el agua es sometida a varios tratamientos de purificación aunque los procesos para los cuales esta destinada, introduzcan en ella nuevos contaminantes.

Las técnicas de tratamiento del agua incluyen una amplia variedad de procesos de purificación. Si el agua fuese siempre pura, o si tuviese siempre una composición constante de los contaminantes presentes, su acondicionamiento para un uso industrial determinado sería simple y uniforme; sin embargo, como no es el caso, la elección del tratamiento a aplicar debe basarse en conocimientos específicos.

El tratamiento tiene como finalidad, evitar:

- a) La introducción de sustancias extrañas en un proceso de fabricación.
- b) Los problemas asociados a la corrosión o incrustación en el equipo y tuberías.
- c) La alteración ecológica del medio al que se desecha el agua residual.

Antes de poder decidir sobre el tratamiento más adecuado a aplicar se deben considerar algunos factores que reduzcan los costos como son: las inversiones, los plazos de amortización previstos, los consumos de productos químicos, la energía, la mano de obra y los rendimientos o pérdidas de agua en el tratamiento.

A continuación se describen tres de los métodos de tratamiento de agua más utilizados.

Decantación o Sedimentación

Es un proceso de separación sólido - líquido en el cual se aprovecha la fuerza de la gravedad. Esta fuerza imprime a los sólidos, un movimiento descendente cuya velocidad depende de la forma, tamaño y densidad de las partículas suspendidas, así como de la densidad y viscosidad del líquido que las contiene. Para obtener una mayor eficacia en el proceso de sedimentación conviene obtener partículas pesadas y grandes; si esto no llegara a suceder espontáneamente, puede recurrirse a una floculación preliminar.

Cuando la concentración de sólidos es importante, la densidad aparente del líquido aumenta y se produce una sedimentación retardada.

Las distintas fases de la sedimentación pueden verse claramente con ensayos de laboratorio. Una muestra de una suspensión introducida en una probeta; al paso de unos instantes, forma en la parte superior una superficie libre, debajo de la cual sedimentan partículas y por encima de la cual hay agua limpia.

Floculación.

Es una reacción de precipitación que ayuda a limpiar el agua de partículas coloidales a través de un tratamiento fisicoquímico preliminar.

Las partículas coloidales son consideradas así por tener una magnitud de 1 micra, a una milésima de micra y presentan cargas superficiales electrostáticas que hacen que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impidan aglomerarse para sedimentar. Las sales de aluminio resultan ser buenos agentes floculantes.

El tratamiento consiste en neutralizar las cargas superficiales por medio de la adición de electrólitos. La selección del reactivo más conveniente dependerá de los resultados de los ensayos que se realicen previamente.

Las partículas formadas en la floculación pueden ser aún muy pequeñas y de baja densidad, lo que puede solucionarse al adicionar polielectrólitos, polímeros de alto peso molecular solubles en agua. El proceso de floculación puede realizarse exteriormente al proceso de decantación, mediante turbinas o agitadores de palas, o en un equipo conjunto con el decantador.

Cloración.

Es un tratamiento terciario de aguas residuales que provoca la oxidación mediante cloro o hipoclorito sódico. La cloración final del agua depurada se emplea para lograr su esterilización, gracias al poder oxidante de la materia orgánica.

En un sistema de cloración de agua, la eliminación de gérmenes patógenos procedentes de aguas negras se realiza con cloro gaseoso, aunque las instalaciones pequeñas suelen emplear hipoclorito sódico porque su manipulación es más simple.

La calidad del agua dulce puede afectarse negativamente por adición de otras impurezas debidas a las actividades del hombre, lo cual recibe el nombre de "contaminación" que legalmente se define como: "Cualquier impedimento de la calidad del agua que afecte más razonable: 1) al agua para usos benéficos o 2) a las instalaciones que sirvan para dichos usos benéficos".

Con frecuencia el sabor, el olor y el aspecto del agua indican que está contaminada. En algunos casos la presencia de contaminantes peligrosos se revela sólo por medio de pruebas químicas precisas.

La tabla 1 muestra algunos contaminantes del agua y la tabla 3 muestra los parámetros que definen la calidad del agua.

Contaminantes comunes de tipo físico, químico y biológico

TIPO	EJEMPLO	TIPO	EJEMPLO
Químico	Compuestos orgánicos Iones orgánicos Material radiactivo	Físico	Sólidos flotantes Material suspendido Material asentable Espuma Líquidos insolubles Calor
Biológico	Bacterias patógenas Virus Algas Maleza acuática		

Parámetros que definen la calidad del agua.

Químicos

Dureza
Alcalinidad
Coloides
pH
Sólidos disueltos
Sólidos en suspensión
Residuo seco
Cloruros
Sulfatos
Nitratos
Fosfatos
Fluoruros
Sílice
Carbonatos y bicarbonatos
Hierro
Metales tóxicos
Gases disueltos

Físicos

Sabor y olor
Color
Turbidez
Conductividad y resistividad eléctricas

Biológicos

Demanda bioquímica de oxígeno
Demanda química de oxígeno
Carbón orgánico total
Microbiología

Radiológicos

La presencia de materiales radiactivos en las aguas es un riesgo de importancia creciente, más sanitaria que industrial.

En esta práctica se efectúan pruebas de tipo físico y químico a una muestra de "agua problema", con objeto de saber si es o no apta para el consumo humano, es decir, como agua potable.

MATERIAL Y EQUIPO

- 2 Vasos de precipitados de 500 mL
- 4 Vaso de precipitados de 100 mL
- 2 Tubo de ensayo de 16 x 150 mm
- 1 Gradilla de madera
- 1 Pinzas para tubo de ensayo
- 1 Varilla de vidrio (agitador)
- 1 Espátula chica
- 2 Pipeta graduada de 10 mL
- 1 Vidrio de reloj
- 1 Mortero de porcelana con pistilo
- 2 Matraces Erlenmeyer de 250 mL
- 2 Bureta de 25 mL en soporte (por grupo)
- 1 Balanza electrónica (por grupo)
- 1 Decantador y filtro de arena con carbón
- 1 Piseta con agua destilada
- Papel pH

PROCEDIMIENTO

Experimento 1. Tratamiento de agua

- 1) Lave todo su material de vidrio, enjuáguelo con agua destilada y séquelo.
- 2) Reciba 500 mL de agua problema, observe su aspecto y perciba su olor (figura 1).
- 3) Deje reposar su muestra en el decantador, por espacio de 5 minutos y luego proceda a decantar, abriendo la llave para recibir la capa inferior (agua) en otro vaso de 500 mL (figura 5). Observe su aspecto, perciba su olor y mida el pH.
- 4) Al mismo tiempo, lave el vaso en el cual recibió la muestra y séquelo.
- 5) Con la pipeta, mida 2 mL de la muestra de agua y llévelos a un tubo de ensayo. Verifique si existe materia orgánica en solución, agregando 5 gotas de solución de permanganato de potasio. Agite con la varilla de vidrio (figura 2). La decoloración de la solución, confirmará la presencia de materia orgánica.
- 6) Pese en un vidrio de reloj, 0.1 gramos de sulfato de aluminio y potasio, y tritúrelo en el mortero (figura 3).
- 7) Agréguelo al vaso que contiene su muestra de agua y sobre una placa con agitación magnética, mantenga una agitación constante y suave hasta que se disuelva toda la sal agregada (alumbre). Continúe la operación durante cinco minutos (figura 4).
- 8) Suspnda la agitación pero deje el vaso sobre la placa, por espacio de 10 a 15 minutos, hasta que observe la presencia de flóculos.
- 9) Pase el contenido de su vaso al filtro de arena y carbón activado. Abra la llave y reciba su muestra de agua en otro vaso de 500 mL limpio y seco (figura 5).
- 10) Observe el aspecto del agua, perciba su olor y mida el pH.
- 11) Coloque el vaso en la placa de agitación magnética, adicione una gota de solución de hipoclorito de sodio y agite durante dos minutos (figura 6).
- 12) Mida el volumen final de la muestra de agua, observe su aspecto y perciba su olor.

SUSTANCIAS

- Agua problema y agua potable (*)
- Hipoclorito de sodio (NaClO al 1%)
- Sulfato doble de aluminio y potasio (alumbre $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)
- Permanganato de potasio ($KMnO_4$ 0,0025 M)
- Solución de $AgNO_3$ 0,05 N
- Indicador de cromato de potasio
- Solución de HNO_3 diluido (5%)
- Fenolftaleína.

(*) aportada por el grupo

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTO	OBSERVACIONES	PH	Volumen (mL)
0. Muestra inicial de agua			
1. Decantación			
2. Floculación			
3. Filtración			
4. Cloración			

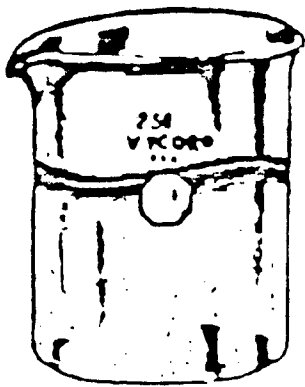


Fig. 1 Muestra de agua

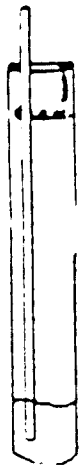


Fig. 2 Materia orgánica



Fig. 3 Pesada y molienda del agente floculante



Fig. 4 Agitación y floculación

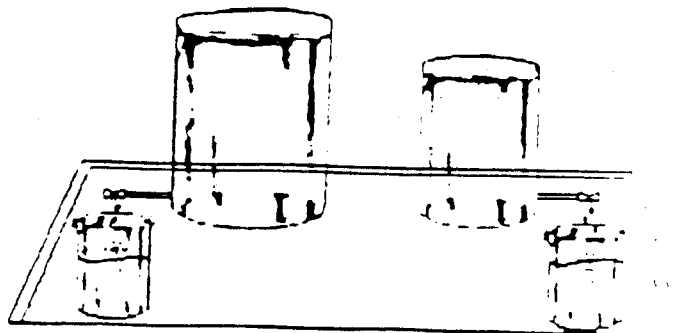


Fig. 5 Decantación y filtración

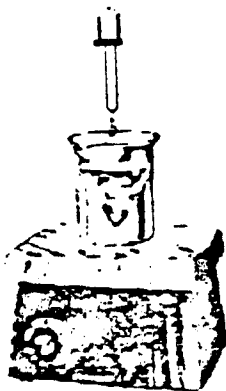


Fig. 6 Clorinación

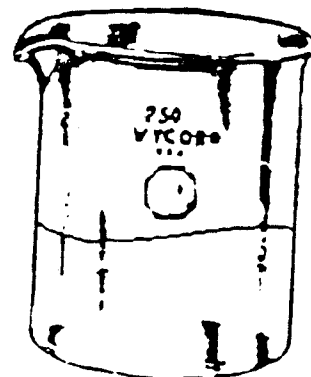


Fig. 7 Producto final

ANÁLISIS DE AGUA

Experimento 2

Determinación de pH

- 1) Mida por separado, en un vaso de precipitados, 50 mL de agua potable y 50 mL de agua problema.
- 2) Introduzca el electrodo del potenciómetro y observe la lectura en la pantalla. Siempre que deba cambiar el electrodo de una solución a otra, enjuáguelo con agua destilada.
- 3) Anote sus resultados y observaciones.

Muestra de agua	pH	Observaciones
Potable		
Problema		

Determinación de cloruros

Experimento 3

Tomare 2 matraces en el vidrio y le agregare 10 mL de las muestras en el vidrio y agregare 2 mL de la solución de nitrato de plata.

1. A las muestras de los matraces 3 y 6, ^{o cada una de ellas} agregue tres gotas de indicador de fenolftaleína y observe la coloración que se produce. En caso de no observarse alguna coloración, agregue tres gotas de indicador de cromato de potasio. Si aparece una coloración, neutralice con ácido nítrico diluido (HNO₃), adicionándolo gota a gota y agitando el contenido del matraz, hasta que la solución se decolore, luego, agregue tres gotas de indicador de cromato de potasio.
2. Titule ambas muestras con solución de nitrato de plata AgNO₃ 0,05 N, hasta que la solución cambie de amarillo a rojo ladrillo.
3. Registre el volumen de nitrato de plata en cada caso.

Muestra de agua	Vol. de AgNO ₃ 0,05N (mL)	Observaciones
Potable		
Problema		

Cálculo para determinar cloruros

$$[Cl] = \frac{(V_{AgNO_3}) (N_{AgNO_3}) (Eq\ Cl) (1000)}{V_m}$$

[Cl] = concentración del ión cloruro en ppm

V_{AgNO₃} = volumen de nitrato de plata gastado en la titulación, en mL

N_{AgNO₃} = concentración de la solución de nitrato de plata en normalidad

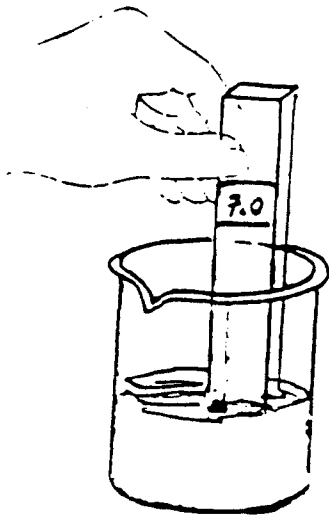
Eq Cl = equivalente químico del ión cloruro = 35,5 gramos

V_m = volumen de la muestra de agua en mL

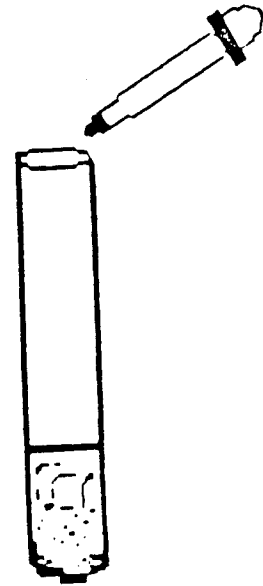
Determinación de materia orgánica

- 1) Numere dos tubos de ensayo (1,2)
- 2) Mida 2 mL de agua potable y llévelos al tubo No. 1. Luego, proceda de igual manera con el agua problema, en el tubo No. 2
- 3) Adicione a cada tubo, cinco gotas de permanganato de potasio (KMnO_4) y agite vigorosamente. La decoloración de la solución indicará la presencia de materia orgánica.
- 4) Anote sus observaciones.

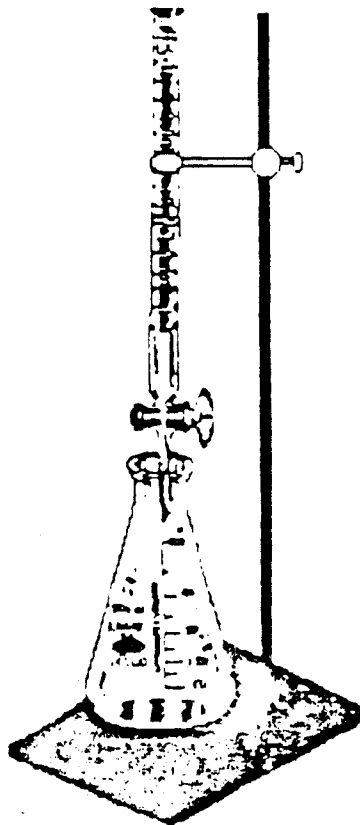
Muestra de agua	Materia orgánica	Observaciones
Potable		
Problema		



Determinación del pH



Materia orgánica



Titulación (montaje para determinar cloruros)

CUESTIONARIO

1) ¿Qué porcentaje de agua recupera al final de la serie de tratamientos?

$$\% \text{ recuperado} = \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen inicial}} (100)$$

- 2) Describa cual es la función que desempeña cada una de las siguientes sustancias agregadas en cada paso del proceso total de tratamiento
carbón activado b) cloro c) alumbre
- 3) ¿El agua que recuperó finalmente, es potable? Explique la razón de su respuesta.
- 4) ¿Qué uso podría darle al agua que ha sido tratada?
- 5) Dibuje un diagrama de bloques que ilustre todo el proceso y sobre éste, anote sus resultados experimentales.
- 6) ¿A que instituciones recurriría usted por información de tipo técnico y económico, relacionada con los métodos de tratamiento del agua?
- 7) Problema. Cinco mil litros de agua con una densidad de 1,15 g/mL y con un contenido en sólidos insolubles del 2% y de sólidos solubles del 17%, se someten a una serie de tratamientos. Primero: se filtra el agua de tal manera que se eliminan todos los sólidos insolubles y 3,5% del agua inicial. Segundo: se agregan 5 g de agente floculante por cada kilogramo inicial de agua y por sedimentación se elimina el 95% de los sólidos formados (los que se tenía, más el agente floculante). Finalmente se adicionan 0,75 g de cloro por cada 1000 kg de agua resultante del paso anterior. Trace un diagrama de bloques que ilustre el proceso y efectúe el correspondiente balance de materiales.
- 8) ¿Qué significan las siglas ppm?
- 9) De acuerdo con el dato de pH, clasifique cada muestra de agua en ácido o base y en su caso, fuerte o débil.
- 10) ¿Cómo relaciona usted lo aprendido en esta práctica, con su campo de trabajo, la Administración Industrial?

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

QUÍMICA DEL AGUA, MANUAL DE LABORATORIO
JENKINS, David et al.
Editorial Limusa-Noriega, México, 1993

MANUAL DE PURIFICACION DEL AGUA
LESUR, Luis et al.
Editorial Trillas, México, 1998

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
RIGOLA, L. Miguel
Editorial Marcombo-productica, España, 1989

QUÍMICA, ENFOQUE ECOLÓGICO
DICKSON, T. R.
Editorial Limusa, México, 1980