

## GENERADOR Y REACTOR DE AMONIACO: SINTESIS DE FERTILIZANTES

Título de Modelo de utilidad 4874, Número MX/u/2018/000470, otorgado por el IMPI.

ALUMNOS:

Cecilia Estrella Bernal

Cynthia Ariel Ibarra Rodríguez

ASESOR: Taurino Marroquín Cristóbal

[taurino.marroquin@cch.unam.mx](mailto:taurino.marroquin@cch.unam.mx)

### Resumen.

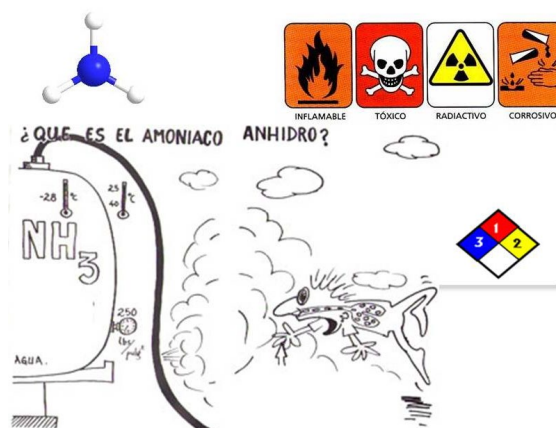
El amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) es un petroquímico que se obtiene a partir del nitrógeno e hidrogeno por el proceso Haber-Boch, con el cual se obtienen principalmente “Cadenas productivas de fertilizantes químicos”, tema de estudio de la asignatura de Química III, unidad 3. El amoniaco en el laboratorio se obtiene por descomposición de hidróxido o sales de amonio, importante en la producción de alimentos en los campos mexicanos. Los fertilizantes químicos en la industria se obtienen por reacción de neutralización ácido base, el amoniaco es una base de acuerdo a Brönsted Lowry que reacciona con ácidos inorgánicos, con el amoniaco obtenido en el laboratorio se realizó un experimento con dos series de reacciones químicas, en la primera serie se obtienen fertilizantes químicos derivados del amoniaco en la segunda serie de reacciones se obtienen petroquímicos secundarios de importancia industrial y comercial como compuestos amoniacales para limpieza y productos industriales. Por las características muy irritantes y su toxicidad se realizó un video educativo como material de apoyo al aprendizaje de los alumnos sin poner en riesgo su salud.

**Palabras claves:** amoniaco, amonio, derivados del amoniaco, fertilizantes amoniacales, aminas, amidas.

### INTRODUCCIÓN:

Sabemos que el nitrógeno es un componente esencial para la vida ya que forma parte, entre otros, de compuestos bioquímicos como las proteínas y los ácidos nucleicos. Naturalmente, la mayor fuente de nitrógeno disponible es el nitrógeno atmosférico.

Amoníaco, gas de olor picante, incoloro, de fórmula  $\text{NH}_3$ , muy soluble en agua. Una disolución acuosa saturada contiene un 45% en peso de amoníaco a  $0^\circ\text{C}$ , y un 30% a temperatura ambiente. Disuelto en agua, el amoníaco se convierte en hidróxido de amonio,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , de marcado carácter básico y similar en su comportamiento químico a los hidróxidos de los metales alcalinos. Es el segundo producto químico que más se produce industrialmente a escala mundial después del ácido sulfúrico.



El amoníaco se utiliza principalmente como fuente de nitrógeno en la generación de fertilizantes; como refrigerante; en la manufactura de ácido nítrico y otros reactivos químicos como ácido sulfúrico, cianuros, amidas, nitritos e intermediarios de colorantes; como fuente de nitrógeno en la producción de monómeros de fibras sintéticas y otros plásticos; como inhibidor de la corrosión en la refinación del petróleo; como estabilizador en la industria hulera y en otras industrias como la del papel, extractiva, alimenticia, peletera y farmacéutica.

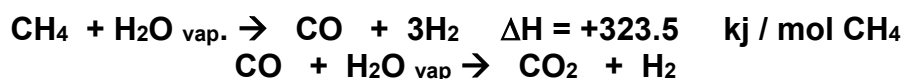


NH<sub>3</sub>OH

## Síntesis del amoniaco (NH<sub>3</sub>):

### Obtención de hidrógeno:

Para obtener el hidrógeno necesario se obtiene al hacer reaccionar metano con vapor de agua:



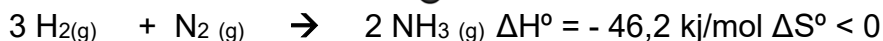
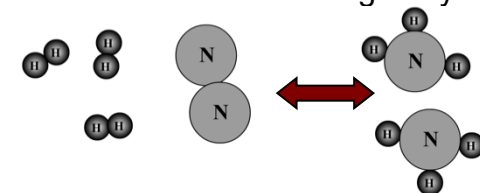
### Obtención de nitrógeno

El nitrógeno se obtiene por licuefacción del aire, ya que su composición es principalmente una mezcla de dos gases diatómicos, 78% N<sub>2</sub> y 21% O<sub>2</sub>. El punto de ebullición del oxígeno puro, O<sub>2</sub>, es 90.6°K y el punto de ebullición del nitrógeno, N<sub>2</sub>, es 77°K. Al enfriar el aire a la presión atmosférica, permanecerá como gas hasta alcanzar una temperatura de 81.6°K, 9°K por debajo de la temperatura de licuación del oxígeno puro. Estará completamente licuado (líquido) el nitrógeno a los 79°K, por diferencia de densidad es separado y almacenado en tanques criogénicos.

El proceso ideado por el alemán Fritz Haber hace reaccionar el **nitrógeno** (proveniente del aire) e **Hidrógeno** (de la reacción anterior) con lo que sintetiza el amoníaco.

El NH<sub>3</sub> se obtiene exclusivamente por el método denominado Haber-Bosh (Fritz Haber y Carl Bosh recibieron el Premio Nobel de química en los años 1918 y 1931).

El proceso consiste en la reacción directa entre el nitrógeno y el hidrógeno gaseosos.



Sin embargo, la velocidad a la que se forma NH<sub>3</sub> a temperatura ambiente es casi nula. Es una reacción muy lenta, puesto que tiene una elevada energía de activación, consecuencia de la estabilidad del N<sub>2</sub>.

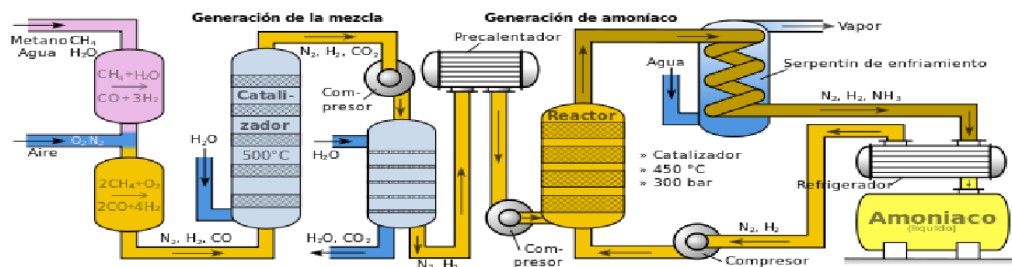
Como el objetivo industrial es producir amoníaco, el proceso se debe llevar a cabo a alta presión, ya que ello favorece la reacción de izquierda a derecha. Por esto es que el proceso industrial se efectúa por lo menos a 250 atm. Con respecto a la temperatura, como la reacción es endotérmica, esperaríamos una mayor conversión a amoníaco a baja temperatura, y esto es lo que ocurre. a 200 °C se obtienen amoníaco con un rendimiento de 80% (la producción de  $\text{NH}_3$  es alta pero tarda horas en llevarse a cabo), mientras que a 400 °C solo se logra alrededor del 20 %. No obstante en la Industria la reacción se desarrolla a altas temperaturas, aunque la producción de amoníaco es muy baja pero la velocidad de reacción a la que ocurre es alta.



La solución de Haber al problema fue utilizar un catalizador ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sobre  $\text{Al}_2\text{O}_3$  catálisis heterogénea) y aumentar la presión de 100-1000 atm. y a una temperatura de 400-600 atm. ya que esto favorece la formación del producto. Convertir el método de Haber en un proceso de fabricación fue trabajo realizado por Carl Bosch, ingeniero químico de la BASF, quien de este modo consiguió su nobel. La formación de  $\text{NH}_3$  es baja con un rendimiento alrededor del 15%. Los gases de salida del reactor pasan por un condensador donde se puede licuar el  $\text{NH}_3$  separándolo así de los reactivos, los cuales pueden ser nuevamente utilizados. En los procesos industriales han de considerarse los dos factores: La eficiencia termodinámica y la velocidad de reacción.

El amoníaco es materia prima para la fabricación del ácido nítrico, del nitrato amónico y otros nitratos inorgánicos, así como de la urea, todos ellos de empleo masivo como fertilizantes. El ácido nítrico es el reactivo imprescindible para la fabricación de nitrocompuestos que encuentran aplicación en la industria de los plásticos (isocianatos de los que se derivan los poliuretanos), las pólvoras y los explosivos (nitroglicol y nitroglicerina para las dinamitas), fármacos, colorantes y otros muchos productos de química fina.

## Diagrama del proceso Haber-Bosch Obtención del amoníaco ( $\text{NH}_3$ )



Diseño de un equipo prototipo generador de amoníaco a partir de la descomposición del hidróxido de amonio para la síntesis de sus derivados amoniacaes.

### Descripción.

El aparato prototipo generador de amoniaco, como se muestra en la imagen de la derecha, consta un frasco ambar que contiene hidróxido de amonio al conectado a una corriente de aire de genera amoniaco a partir de la descomposición del hidróxido de amonio en un sistema cerrado que permite realizar 5 reacciones químicas de síntesis de compuestos derivados del amoniaco de manera simultaneas o en serie sin causar algún riesgo en la salud del alumno o profesor que maneje el equipo, consta de una caja que contiene una gradilla para cinco tubos de ensayo conectadas a una tubería con válvulas de inyección del gas amoniaco para cada tubo. El amoniaco es un producto de la descomposición de hidróxido de amonio por la acción de aire comprimido. El uso de indicadores de pH o un equipo de sensores en este aparato es de utilidad para conocer o identificar cualitativamente los productos generados. Para la asignatura de Química III, es útil para facilitar los aprendizajes de la unidad 3 tema 2 ¿Cómo se obtienen los fertilizantes Químicos? “Cadenas productivas de fertilizantes”. Para la asignatura de Química IV, unidad I: Industria del petróleo y la petroquímica también es importante para comprender la síntesis de petroquímicos secundarios a partir de petroquímicos básicos.



## METODOLOGÍA

### DESARROLLO:

#### HIPÓTESIS

Si destapamos un frasco con hidróxido de amonio se percibe el olor a amoniaco al burbujear aire al frasco, el hidróxido de amonio se descompone con mayor rapidez en agua y amoniaco y este podrá reaccionar con los ácidos diluidos en los tubos de reacción y con otras sustancias.


#### OBJETIVOS:

- Conocer al amoniaco mediante sus propiedades físicas y químicas.
- Realizar el procedimiento de la obtención del amoniaco a partir de hidróxido de amonio.
- Obtener diferentes compuestos derivados del amoniaco en el laboratorio.

#### MATERIAL

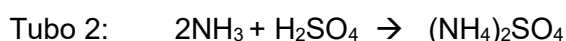
#### REACTIVOS

Equipo generador de amoniaco y de síntesis de fertilizantes amoniacaes	Hidróxido de amonio (NH <sub>4</sub> OH)
5 tubos de ensayo de 20/200	Aire comprimido.
	H <sub>2</sub> O , disolución 0.01M de:H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,

	<p><math>\text{HNO}_3</math>, <math>\text{H}_3\text{PO}_4</math> y <math>\text{CO}_2</math></p> <p><math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}</math>, (etanol) <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math>, ( ac. Acético)  <math>\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5</math> (Acetato de etilo)  <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> concentrado, <math>\text{CuSO}_4</math>,  <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}</math> (Isopropanol)</p>
---	---

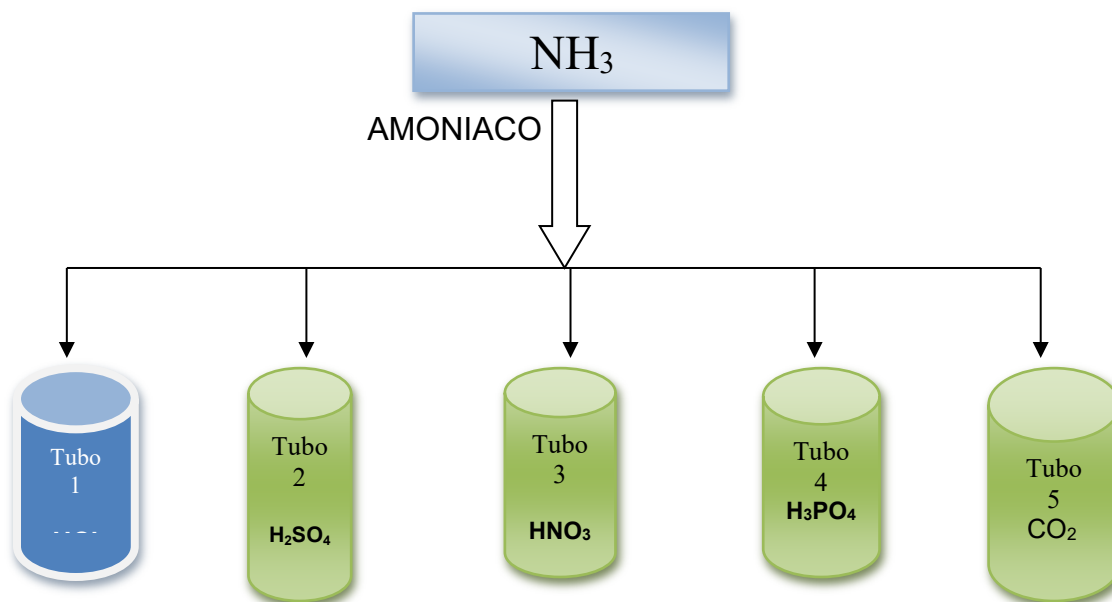
## PROCEDIMIENTO I (Montaje del equipo y síntesis de fertilizantes amoniacales de manera cualitativa)

1. Coloca el generador de amoniaco al equipo y conecta a la manguera a la toma de aire (verde).
2. Coloca 5 tubos de ensaye en la gradilla del equipo síntesis de fertilizantes y rotula de la siguiente forma: tubo 1 ( $\text{HCl}$ ), tubo 2 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), tubo 3 ( $\text{HNO}_3$ ), tubo 4 ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) y tubo 5 ( $\text{CO}_2$ ). El  $\text{CO}_2$  se obtiene a partir del bicarbonato de sodio con ácido acético.
3. Adiciona 20mL. con las sustancias que rotulaste con una probeta de 50 mL: tubo 1 ( $\text{HCl}$ ), tubo 2 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), tubo 3 ( $\text{HNO}_3$ ), tubo 4 ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) y tubo 5 ( $\text{CO}_2$ ). También adiciona de 5 gotas de indicador universal, a cada tubo.



4. Inicia la reacción abriendo ligeramente la llave del aire comprimido para hacer burbujear el aire en frasco que contiene hidróxido de amonio, previamente abrir la llave de la válvula en el tubo 1 que contiene disolución de  $\text{HCl}$ , observa la reacción con el gas obtenido de la descomposición del hidróxido de amonio.
5. Continúa con la síntesis de fertilizantes al hacer burbujear el amoniaco con los ácidos diluidos en el tubo 2 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), tubo 3 ( $\text{HNO}_3$ ), tubo 4 ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) y tubo 5 ( $\text{CO}_2$ ). Hasta la coloración verde que corresponde a la neutralización ácido-base, cerrando oportunamente la válvula del amoniaco.

Diagrama de flujo: procedimientos I



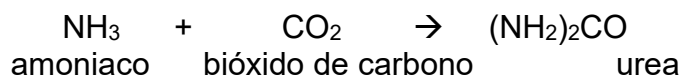
### **Análisis de datos.**

En el tubo 1 ( $\text{NH}_3 + \text{HCl}$ ) Se hace burbujear el amoníaco en 15 mL. de ácido clorhídrico 0.01 M, se observa la variación de pH neutro por el cambio de color del indicador de rojo a verde.

**Tubo 2** ( $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3$ ), Tubo 3.- ( $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3$ ), Tubo 4 ( $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$ ) ácidos a una concentración de 0.01 M, se observa la variación de pH neutro por el cambio de color del indicador de rojo a verde.

Tubo 5 ( $\text{NH}_3 + \text{CO}_2$ ) El bióxido de carbono se obtiene mediante la reacción de  $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_3\text{COONa}$

Reacción de la obtención de la urea es la siguiente:



### **PROCEDIMIENTO II (Montaje del equipo y síntesis de fertilizantes amoniacales de manera cualitativa)**

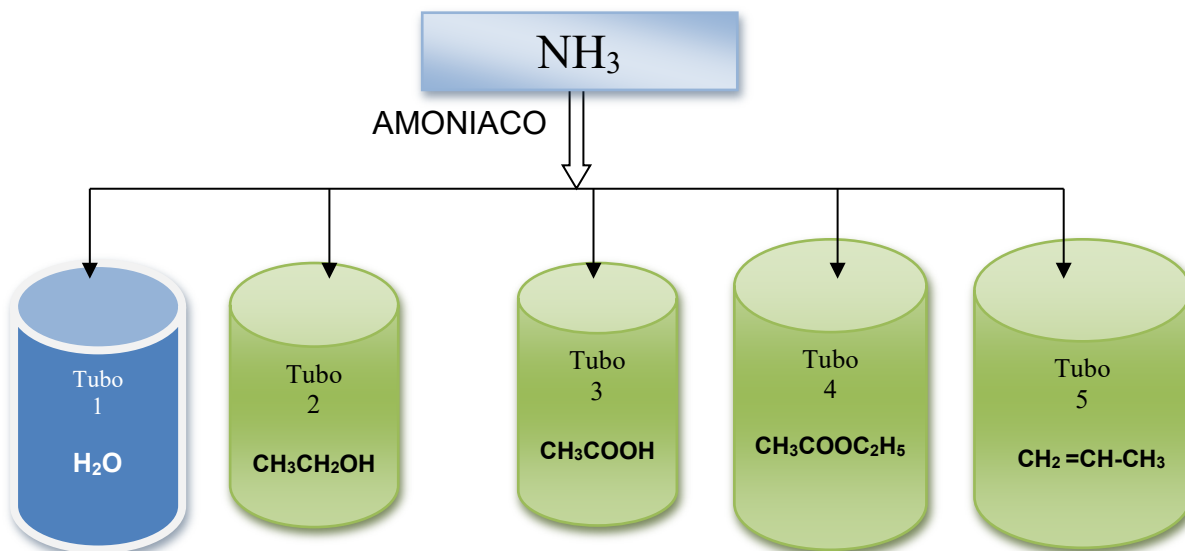
1. Coloca el generador de amoníaco al equipo, y conecta a la manguera a la toma de aire (verde).
2. Coloca 5 tubos de ensaye en la gradilla del equipo síntesis de fertilizantes y rotula de la siguiente forma: tubo 1 ( $\text{H}_2\text{O}$ ), tubo 2 ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), tubo 3 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), tubo 4 ( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ ) y tubo 5 ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ). El  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$  (propileno) se obtiene a partir de la deshidratación del isopropanol con ácido sulfúrico, sulfato de cobre y calor.
3. Adiciona 20mL. con las sustancias que rotulaste con una probeta de 50 mL: tubo 1 ( $\text{H}_2\text{O}$ ), tubo 2 ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), tubo 3 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), tubo 4 ( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ ) y tubo 5 ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ). También adiciona de 5 gotas de indicador universal, a cada tubo.



4. Inicia la reacción abriendo ligeramente la llave del aire comprimido para hacer burbujear el aire en frasco que contiene hidróxido de amonio, previamente la abrir la llave de la válvula en el tubo 1 que contiene solución de etanol, observa la reacción con el gas obtenido de la descomposición del hidróxido de amonio.
5. Continúa con la síntesis de fertilizantes al hacer burbujear el amoníaco con los ácidos diluidos en el tubo 2( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), tubo 3 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), tubo 4 ( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ ) y tubo 5 ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ). Hasta observar alguna coloración diferente a la inicia que corresponde a la síntesis de un nuevo compuesto, cerrando oportunamente la válvula del amoníaco, cuando ocurra el cambio.



### Diagrama de flujo: procedimientos I



### Resultados

La síntesis de fertilizantes químicos y otros productos amoniacales, en la primera serie de reacciones, muestran que el amoniaco es una base de Brönsted-Lowry que da coloración violeta con el indicador universal y con el sensor de pH es de 12, en la síntesis de los fertilizantes el color de las sales es verde con pH ligeramente ácido, por la naturaleza de los reactivos. En la serie de reacciones del amoniaco con agua nos dio hidróxido de amonio, con ácidos orgánicos se obtuvo amidas, con alcohol se obtuvo aminas.

### USO DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DEL AMONIACO.

Con el amoniaco a concentraciones menores del 15% se obtienen productos para la limpieza del hogar, tintes principalmente. A mayores concentraciones se obtienen medicamentos, vitaminas, resinas y fibra sintética para la industria textil.





**CONCLUSIÓN:** Los productos obtenidos a partir del amoníaco son utilizados como fertilizantes químicos por su contenido de nitrógeno y otros macronutrientes que se obtienen por reacción de neutralización ácido base en este caso el amoníaco es una base débil y se utilizan ácidos fuertes diluidos, también el amoníaco es útil para la obtención de sustancias para la limpieza doméstica y productos petroquímicos como: aminas y amidas.

## BIBLIOGRAFIA

- Brown, T. L..(1993). *Química Ciencia Central*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Dickson, R.T., (1993). *Química. Un enfoque ecológico*. México, Limusa.
- Espinosa C., A. (2006). “Evolución de la industria mexicana de fertilizantes y su impacto en la agricultura”. México, SAGARPA.
- García, J., et al. (1988). *Estado y Fertilizantes*, México. Fondo de Cultura Económica,
- Garritz, A. y Chamizo, J. A. (2001). *Tu y la Química*. México. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana,
- Hoffman, R.( 1997). *Lo mismo y no lo mismo*. México. FCE,
- Rueda P. I. (1991) “*La Industria de los fertilizantes en México*” México. Instituto de Investigaciones Económicas UNAM.