

# Estudio de la Descomposición Térmica del Amoníaco en un Reactor de Acero Inoxidable: Producción de amoníaco y perspectivas sostenibles

Guisela Zambrano, Gloria Gea, Isabel Fonts, Cristina Ramos, Angela Millera, Noemi Gil-Lalaguna

Afiliación: Grupo de Procesos Termoquímicos (GPT)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.  
Tel. +34-976762707, e-mail: [gzambrano@unizar.es](mailto:gzambrano@unizar.es)

## Resumen

Este estudio analiza cómo la temperatura influye en la descomposición del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) durante procesos de gasificación, utilizando un reactor tubular de acero inoxidable. En particular, se investiga el impacto del material del reactor en la conversión del amoníaco, con el objetivo de comprender cómo sus propiedades pueden afectar el comportamiento térmico de la reacción.

## Introducción

El amoníaco juega un papel fundamental en la industria química, no solo como materia prima en la síntesis de fertilizantes y otros productos, sino también como vector de almacenamiento y transporte de nitrógeno. Comprender su estabilidad térmica y los factores que afectan su conversión es esencial para optimizar su producción y minimizar pérdidas en procesos industriales. La descomposición del amoníaco está influenciada por la temperatura y la presión, factores ampliamente estudiados. Sin embargo, el impacto del material del reactor en este proceso es un área de investigación más reciente.

La gasificación autotérmica (1073-1173 K) ha revelado que la conversión del nitrógeno del combustible está significativamente afectada por las reacciones secundarias, en particular la descomposición del amoníaco [1]. Se ha observado que la temperatura es el parámetro más determinante en este proceso, especialmente en ausencia de reactivos adicionales y catalizadores. Experimentos de pirólisis han demostrado que la conversión del amoníaco comienza a ser significativa a partir de 1173 K en reactores de cuarzo, mientras que el uso de catalizadores como Ni, Fe y Co en soportes específicos permite alcanzar altas conversiones a temperaturas inferiores [2, 3, 4].

Por ello, el material del reactor ha cobrado relevancia en la descomposición del amoníaco, ya que puede influir en la eficiencia del proceso. Se ha reportado que reactores de acero inoxidable (316L) presentan actividad catalítica alcanzando entre un 15-25% de conversión de amoníaco a 873 K en estudios experimentales [5].

Este estudio analiza el efecto del acero inoxidable en la descomposición del amoníaco a distintas temperaturas, con el objetivo de evaluar su impacto en la estabilidad del compuesto y su potencial para optimizar procesos industriales. En particular, se explora su aplicación en la recuperación de  $\text{NH}_3$  a partir de residuos ricos en nitrógeno mediante gasificación.

## Metodología Experimental

Los experimentos de descomposición de amoníaco han sido llevados a cabo en un reactor de flujo pistón de acero inoxidable AISI 310 (910 mm de altura, 30 mm de diámetro) a presión atmosférica en el intervalo de temperatura de 773,15-1173,15 K. Se inyectó un flujo de amoníaco diluido en argón (1000 ppm, 1,28 L(STP)/min), regulado por controladores de flujo másico, y se evaluó la composición del gas a la salida del reactor con un microcromatógrafo de gases. Se identificó una zona isoterma a 60 cm medidos desde la cabeza del reactor (296,88 cm<sup>3</sup>), asegurando estabilidad térmica. Se determinó la influencia de la temperatura en la conversión del amoníaco, con tiempos de residencia entre 10,66 s (773 K) y 7,02 s (1173 K). Se realizaron curvas de calibración para  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{NH}_3$  (correlación > 0,99). La conversión se ha calculado a partir de la composición del gas a la salida una vez alcanzado el estado estacionario. Las condiciones experimentales se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Condiciones experimentales utilizadas.**

T, K	773	808	853	1173
t resid. [s]	10,66	10,19	9,66	7,02
Q vol. [NL/min]	3,62	3,79	3,99	5,49

## Resultados

Los resultados obtenidos muestran un aumento significativo de la conversión desde 8% a 808 K (10,19 s) hasta casi el 99% a 853 K (9,66 s) (Ver figura 1). Comparando los resultados obtenidos con los publicados por Benes *et al.* (2021), en condiciones de operación similares, lo que sugiere un posible efecto catalítico. En comparación con los resultados obtenidos en reactores de cuarzo [2] en los que se requieren temperaturas superiores a 1100 K para que comience de forma significativa la descomposición, en el reactor de acero inoxidable se obtienen altas conversiones a temperaturas más bajas. A 1173 K, la conversión de amoníaco se acerca al equilibrio químico, alcanzando el 100% a 1173 K, superando con creces el ~1,5% obtenida en reactores de cuarzo. Estos resultados sugieren un posible efecto catalítico del acero inoxidable sobre la reacción de descomposición.

## Conclusiones

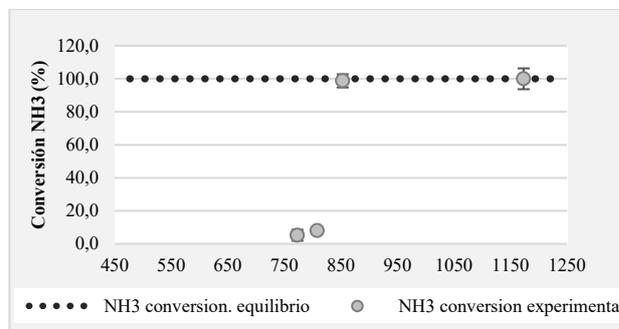
Los resultados obtenidos confirman que el acero inoxidable influye significativamente en la estabilidad del amoníaco, favoreciendo su descomposición a temperaturas más bajas en comparación con los reactores de cuarzo. En particular, cuando se utiliza reactores de acero inoxidable es recomendable operar a temperaturas por debajo de 808 K si se pretende minimizar la descomposición del NH<sub>3</sub>, como ocurre en aplicaciones orientadas a la recuperación de NH<sub>3</sub> a partir de residuos ricos en nitrógeno mediante procesos termoquímicos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo prestado para la realización de este trabajo al Proyecto PID2022-137016OB-I00 financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y la Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI)10.13039/501100011033, España y por FEDER, UE. El Gobierno de Aragón también ha dado apoyo marco (Grupo de Investigación Ref. T22\_23R). I. Fonts agradece la beca postdoctoral (RYC2020-030593-i) financiada por

MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por EI FSE invierte en tu futuro. G. Zambrano agradece la ayuda FPI recibida (PRE2023-UZ-13) financiada por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 por FEDER/UE".

## Figura

**Figura 1. Influencia de la temperatura en la conversión de amoníaco (%) en un reactor de flujo de tapón de acero inoxidable AISI 310**

## REFERENCIAS

- [1]. GIL-LALAGUNA, Noemí et al., 2021. Exploring the sustainable production of ammonia by recycling N and H in biological residues: Evolution of fuel-N during glutamic acid gasification. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 282. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.124417.
- [2]. BENÉS, Mario et al., 2021. Experimental study of the pyrolysis of NH<sub>3</sub> under flow reactor conditions. *Energy and Fuels*. Vol. 35, no. 9, pp. 7193–7200. DOI 10.1021/acs.energyfuels.0c03387.
- [3]. HOLDEN, Samuel Ronald et al., 2024. An experimental investigation into ammonia dissociation, oxidation and NO emission in a vertical flow reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 63, pp. 943–951. DOI 10.1016/j.ijhydene.2024.03.236.
- [4]. LUCENTINI, Ilaria et al., 2021. Review of the Decomposition of Ammonia to Generate Hydrogen. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. Vol. 60, no. 51, pp. 18560–18611. DOI 10.1021/acs.iecr.1c00843.
- [5]. GÓMEZ-CÁPIRO, Oscar et al., 2024. Challenges in Laboratory Catalytic Testing for Ammonia Decomposition under Industrially Relevant Conditions. *Energy Technology*. Vol. 12, no. 2. DOI 10.1002/ente.202300996.