

# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica



Volumen 7, número 13: Enero-junio 2026

ISSN: 2683-328X

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S. C.

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Hasta ahora, la revista ha sido indizada en: *Latindex*, *Dialnet*, *ERIHPLUS*, *REDIB*, *EuroPub*, *LivRe*, *AURA*, *Academic Resource Index (ResearchBib)*, *MIAR*, *OpenAire-Explore*, *Refseek*, *Sherpa Romeo*, *Elektronische Zeitschriftenbibliothek*, *ZDB Zeitschriften Datenbank*, *WorldCat*, *Dimensions*, *The University of Liverpool*, *Discovery*, *Erasmus University Rotterdam*, *Mir@bel*, *REBIUN*, *DARDO*, *UOCI*, *LatinRev*, *ROAD*, *Google Scholar*, *Crossref*, *Scite*, *Lens*, *Internet Archive*, *BASE*, *OpenAlex*, *Semantic Scholar* y *ScienceOpen*. Dirección oficial: Circuito Altos Juriquilla 1132. C.P. 76230, Querétaro, México. Tel. +52 (442) 301-3238. Página web oficial: [www.revista.transdigital.mx](http://www.revista.transdigital.mx). Correo electrónico: [revista@transdigital.mx](mailto:revista@transdigital.mx). Editor en jefe: Alejandro Escudero-Nahón (ORCID: 0000-0001-8245-0838). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102. International Standard Serial Number (ISSN): 2683-328X; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (México). Responsable de la última actualización: Editor en jefe: Alejandro Escudero-Nahón. Todos los artículos en la revista *Transdigital* están licenciados bajo Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La persona licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia. Lo anterior, bajo los siguientes términos: Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.



# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE NEUTRALIZACIÓN Y  
ADSORCIÓN DE GASES CONTAMINANTES PROVENIENTES DE  
PRÁCTICAS DE PROCESOS INDUSTRIALES EN EL LABORATORIO

EVALUATION OF THE PROCESS OF NEUTRALIZATION AND  
ADSORPTION OF POLLUTANT GASES FROM INDUSTRIAL  
PROCESS PRACTICES IN THE LABORATORY



Juana María Nájera Ibarra  
Tecnológico Nacional de México  
ORCID: 0009-0007-7777-3596



Karla Victoria Guevara Amato\*  
Tecnológico Nacional de México  
ORCID: 0009-0000-2829-4861



Alejandro Romero Barrientos  
Tecnológico Nacional de México  
ORCID: 0009-0002-5145-3520



Kimberlee Delgado Goytia  
Tecnológico Nacional de México

Sección: Artículo de Investigación

Autor de correspondencia\*

Fecha de recepción: 20/10/2025

Fecha de aceptación: 31/03/2026

## EVALUACIÓN DEL PROCESO DE NEUTRALIZACIÓN Y ADSORCIÓN DE GASES CONTAMINANTES PROVENIENTES DE PRÁCTICAS DE PROCESOS INDUSTRIALES EN EL LABORATORIO

## EVALUATION OF THE PROCESS OF NEUTRALIZATION AND ADSORPTION OF POLLUTANT GASES FROM INDUSTRIAL PROCESS PRACTICES IN THE LABORATORY

### RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el proceso de neutralización y adsorción para la mitigación de gases contaminantes generados durante digestiones ácidas con calicina. Para ello, se empleó un diseño factorial  $2^3$ , en el cual se analizaron como factores la concentración del reactivo neutralizante de hidróxido de sodio (NaOH) con niveles de 0.5 y un mol (M), la presión de vacío (cinco y 10 cm Hg) y el tipo de material adsorbente (bentonita y sílica gel). Los resultados mostraron que la bentonita tiene mayor capacidad de adsorción de los gases ácidos generados en comparación con la sílica gel. Además, se logran mayores porcentajes de neutralización empleando una concentración de NaOH de un M. Asimismo, el factor presión mostró que al disminuir la presión de vacío de 10 a cinco cm Hg se obtienen mejores resultados de neutralización y de adsorción. En conjunto, los resultados indican que las condiciones más favorables para la mitigación de gases ácidos en el sistema evaluado corresponden al uso de NaOH a un M, una presión de vacío de cinco cm Hg y bentonita como material adsorbente.

**Palabras clave:** adsorción, neutralización, contaminación

### ABSTRACT

This study evaluated the neutralization and adsorption process for mitigating pollutant gases generated during acid digestion with lime. A  $2^3$  factorial design was used for this purpose, in which the following factors were analyzed: the concentration of the neutralizing reagent, sodium hydroxide (NaOH), at levels of 0.5 and one mol (M), vacuum pressure (five and 10 cm Hg), and the type of adsorbent material (bentonite and silica gel) were analyzed as factors. The results showed that bentonite has a higher adsorption capacity for the generated acid gases compared to silica gel. Furthermore, higher neutralization percentages are achieved using a NaOH concentration of one M. Additionally, the pressure factor showed that reducing the vacuum pressure from 10 to five cm Hg yields better neutralization and adsorption results. Overall, the results indicate that the most favorable conditions for acid gas mitigation in the evaluated system correspond to the use of one M NaOH, a vacuum pressure of five cm Hg, and bentonite as the adsorbent material.

**Keywords:** adsorption, neutralization, pollution

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los problemas principales a nivel mundial, por lo que es necesaria la búsqueda de alternativas que propongan su pronta solución (Gálavis Román & Kabir, 2024; Palacios Anzules & Moreno Castro, 2022). La generación de gases contaminantes en procesos químicos e industriales representa un problema ambiental importante, afectando la calidad del aire y la salud humana (Jems, 2023). Es por ello que el desarrollo de tecnologías eficientes para su captura y tratamiento es un tema de creciente interés en las investigaciones actuales.

Una de las estrategias más utilizadas para el tratamiento de estos efluentes gaseosos es la neutralización química, que consiste en hacerlos pasar a través de una solución alcalina. Esto neutraliza el grupo de ácidos H y, en consecuencia, aumenta el potencial hidrógeno (pH) (Flores-Armenta et al., 2009). La neutralización de gases ácidos en procesos industriales, como la tostación de minerales o la combustión de combustibles fósiles, es una etapa clave para el control de emisiones contaminantes. Este proceso se basa principalmente en la absorción química (neutralización) de gases como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el ácido clorhídrico (HCl) mediante soluciones alcalinas, hidróxido de calcio o sodio (Hang et al., 2024). A través de investigaciones se ha demostrado que estos métodos pueden alcanzar eficiencias superiores al 90% en la remoción de SO<sub>2</sub>, especialmente cuando se optimizan variables como el pH (Krzyzyska & Hutson, 2012; Sajjad et al., 2021) la temperatura y el tiempo de contacto gas-líquido (Sajjad et al., 2021). Además, se destaca el uso de materiales adsorbentes que combinan absorción y oxidación para mejorar la eficiencia y reducir residuos secundarios (Park et al., 2021). El uso de la neutralización representa una solución eficaz y sostenible para mitigar el impacto ambiental de las emisiones industriales.

Entre las diferentes tecnologías disponibles, la adsorción se ha consolidado como uno de los métodos más eficientes para la purificación de corrientes gaseosas debido a su alta eficiencia, simplicidad operativa y posibilidad de regeneración del adsorbente (Zhang, 2025). La adsorción de gases en procesos industriales es una técnica ampliamente utilizada para la remoción de contaminantes como SO<sub>2</sub>, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COV), basada en la fijación de estas especies sobre la superficie de materiales sólidos como carbón activado, zeolitas o adsorbentes avanzados. Este proceso depende de interacciones físicas y químicas, y su eficiencia está fuertemente influenciada por variables como la temperatura, la presión y las propiedades superficiales del adsorbente (área específica, porosidad y funcionalización). Se ha reportado que la adsorción es especialmente efectiva en corrientes de baja concentración y puede integrarse con procesos de regeneración para mejorar su viabilidad económica con materiales híbridos o carbón activado modificado (Li et al., 2016, Bandosz, 2006).

Es importante optimizar las condiciones operativas y las características del adsorbente para maximizar la capacidad y la selectividad del proceso en aplicaciones industriales. Diversos materiales porosos han sido estudiados como adsorbentes, entre los que destacan los materiales porosos como la sílica gel (Zheng et al., 2025). La sílica gel presenta alta porosidad y abundantes grupos silanol en su superficie, los cuales favorecen la

adsorción de diferentes especies gaseosas (Jacobs et al., 2023). La gel de sílice es un adsorbente muy versátil, siendo el adsorbente más prevalente debido a su alta área superficial y estabilidad (Hraiech et al., 2025), lo que la convierte en una opción excelente para la adsorción. Por su parte, estudios recientes han demostrado que la bentonita que es un material arcilloso que consiste principalmente de montmorillonita y es uno de los minerales de arcilla más abundantes en el mundo, puede remover gases como el sulfuro de hidrógeno, destacando su potencial para aplicaciones ambientales (Jiang et al., 2023; Lasich, 2020). Por otro lado, las arcillas como la bentonita poseen estructura laminar y elevada capacidad de intercambio iónico, lo que las convierte en adsorbentes eficientes para la remoción de contaminantes (Mejri & Oueslati, 2024; Jemai et al., 2024).

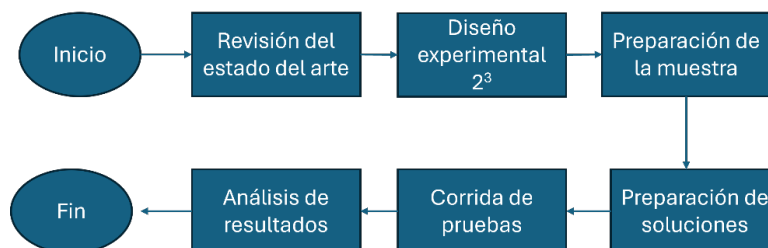
Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el desempeño de un sistema neutralizante-adsorbente para la mitigación de gases ácidos contaminantes provenientes de digestiones ácidas, analizando la influencia de las condiciones de operación sobre la eficiencia del sistema. Los resultados obtenidos permitieron obtener las bases para su posterior instalación en un sistema de extracción en un laboratorio escolar y, con ello, contribuir al cuidado y preservación del medio ambiente a través de la reducción del impacto ambiental asociado a la captación de contaminantes gaseosos provenientes de la simulación de procesos industriales.

## 2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental de tipo aplicada, con el objetivo de evaluar la eficiencia de un proceso de neutralización y adsorción de gases mediante la optimización de la concentración del hidróxido de sodio (NaOH), la presión de operación y el tipo de adsorbente. El estudio se llevó a cabo a escala de laboratorio, empleando un análisis cuantitativo de las variables de respuesta para determinar las condiciones óptimas del proceso. El sistema experimental consistió en un proceso de tratamiento de gases integrado por una etapa de neutralización química mediante soluciones acuosas de NaOH, seguida de una etapa de adsorción sólida, cuyo objetivo fue la remoción de compuestos gaseosos ácidos presentes en la corriente de gas generada durante el proceso experimental (Figura 1).

**Figura 1**

*Diseño metodológico*



Inicialmente, se realizó la revisión bibliográfica del estado del arte. Esto con el objetivo de recopilar información científica y técnica relacionada con la generación de gases durante procesos de digestión ácida, métodos de neutralización química y procesos de adsorción de gases. Lo anterior permitió definir las variables de estudio, seleccionar los reactivos y materiales adecuados, así como establecer rangos preliminares de operación. Posteriormente, se estableció un diseño experimental para evaluar la eficiencia de los procesos de neutralización y/o adsorción bajo diferentes condiciones operativas (concentración inicial de la solución neutralizante, presión de vacío y material adsorbente). Enseguida, se realizó el acondicionamiento de las muestras, para lo cual se empleó una calcina a -200 mallas, asegurando características homogéneas en cuanto al tamaño de partícula y la composición. Esta etapa fue fundamental para garantizar la reproducibilidad de las pruebas y minimizar la variabilidad en los resultados obtenidos durante la digestión ácida.

En las etapas subsecuentes se prepararon las soluciones químicas; cuyas concentraciones se establecieron con base en el diseño experimental, con el fin de evaluar su efecto sobre la eficiencia del proceso de neutralización y adsorción. Para la solución ácida se utilizó una acidez de 80 gramos por litro (g/L). Para ello, se adicionaron lentamente 155 mililitros (mL) de ácido sulfúrico concentrado (98%,  $\rho = 1.84$  g/mL) a un recipiente que contenía entre el 60% de su volumen de agua destilada, una vez alcanzada la temperatura ambiente, la solución se aforó hasta un volumen final de 3.5 litros (L), para comprobar la concentración de la solución ácida se tomó una alícuota de 1 mL y la concentración real de la solución de ácido sulfúrico se verificó mediante titulación ácido-base utilizando NaOH como agente titulante 0.1 nitrógeno (N). Asimismo, se prepararon soluciones de NaOH a concentraciones de un mol (M) y 0.5 M a partir de NaOH sólido, para lo cual se pesaron 40 y 20 gr de NaOH respectivamente, los cuales se disolvieron en agua destilada, una vez disuelto se aforó a un L con agua destilada y se almacenó en un frasco hermético, enseguida se realizó la verificación de la molaridad con biftalato de potasio y fenolftaleína.

Una vez acondicionada la muestra y preparadas las soluciones se realizó la ejecución de los experimentos de forma aleatoria bajo las condiciones establecidas en el diseño experimental, en donde se llevaron a cabo las digestiones ácidas y la conducción de los gases generados a través del sistema de neutralización y adsorción, registrando las variables necesarias para la evaluación del proceso. Finalmente se analizaron los resultados obtenidos.

### 3. RESULTADOS

Durante la etapa experimental, se evaluó el efecto de la concentración de la solución neutralizante (0.5 M y un M de NaOH), presión de vacío (5 y 10 cm Hg) sobre la eficiencia de neutralización y la capacidad de adsorción de los materiales empleados (bentonita y sílica gel). Todas las pruebas se llevaron a cabo a temperatura y velocidad constante (80 °C y 400 revoluciones por minuto [rpm]), con un tiempo de contacto de una hora (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Resultados de las pruebas experimentales*

Material	Concentración (M)	Presión de vacío (cm Hg)	Neutralización (%)	Adsorción (gr)
Bentonita	0.5	5	2	5
Sílica	0.5	5	5	5.45
Bentonita	1	5	34.5	19.1
Sílica	1	5	25	19.9
Bentonita	0.5	10	3	6
Sílica	0.5	10	3	5.2
Bentonita	1	10	25	27.7
Sílica	1	10	22	2.3

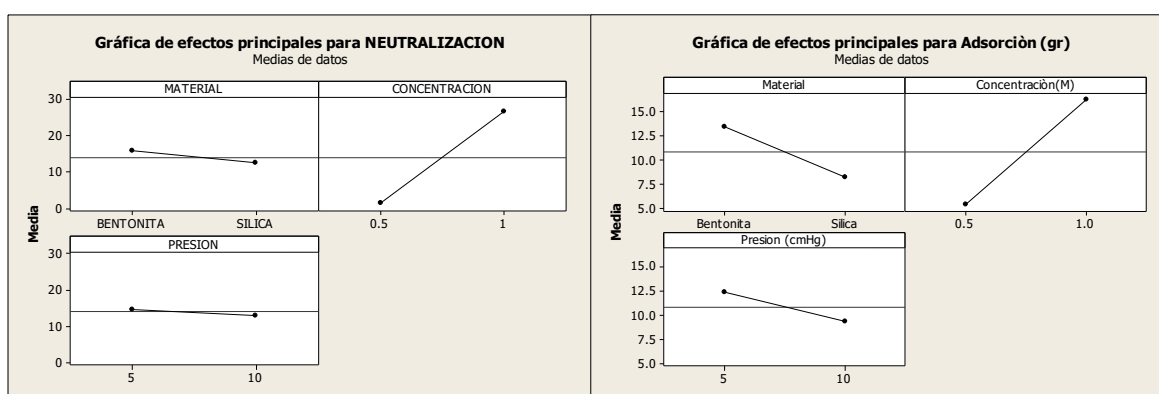
Para evaluar los efectos de cada uno de los factores que actúan en el proceso de neutralización/adsorción, se realizó una gráfica de efectos principales (Figura 2), como se puede observar en la variable respuesta Neutralización (%). El material adsorbente mostró un efecto moderado en el proceso de neutralización, observándose valores ligeramente superiores cuando se utilizó bentonita en comparación con sílica gel, lo que indica una mayor capacidad de adsorción de gases ácidos. Por su parte, la concentración del agente neutralizante fue el factor con mayor influencia en el proceso, observándose un incremento considerable en la eficiencia de neutralización al emplear una solución 1 M en comparación con 0.5 M. Finalmente, la presión de vacío evaluada no mostró un efecto significativo en el proceso de neutralización, por lo que se puede decir que no influye en el proceso de neutralización.

Por otro lado, en la variable de respuesta adsorción se apreció que la pendiente descendente en el factor material indicando que la bentonita presenta una mayor capacidad adsorbente en comparación con la sílica gel

bajo las condiciones evaluadas. En cuanto a la concentración (M), el gráfico evidencia que el incremento de la concentración de NaOH está asociado con un aumento en la cantidad adsorbida. Respecto a la presión (cm Hg), se observa un ligero efecto negativo; al aumentar la presión, la adsorción disminuye, la pendiente relativamente suave indica que este factor tiene un efecto moderado en comparación con la concentración, aunque sí influye en la respuesta del sistema.

## Figura 2

Gráfica de efectos principales sobre las variables de respuesta: neutralización y adsorción

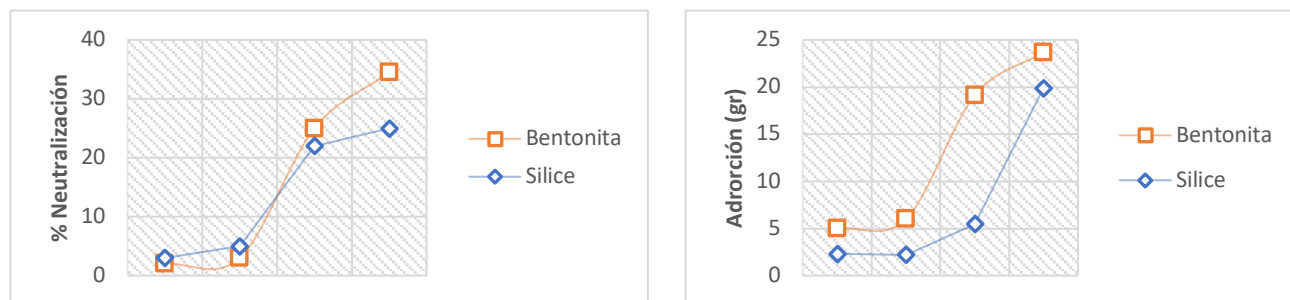


En conjunto, los resultados indicaron que el factor material y la concentración son los principales determinantes en el proceso de neutralización/adsorción, siendo la bentonita con una concentración más alcalina la combinación que presenta la mejor capacidad neutralizante y adsorbente del sistema. Para analizar el comportamiento individual de cada uno de los factores evaluados en el sistema de neutralización y adsorción, se realizó el estudio de cada una de estas variables (*material, concentración y presión de vacío*).

Se observó que el factor *material* sobre las variables de respuesta neutralización y adsorción presentó una diferencia moderada entre los niveles evaluados. Por otro lado, se identificó que el uso de bentonita genera valores de neutralización y adsorción más altos en comparación con la sílica, lo que sugiere que las características superficiales y la capacidad de intercambio iónico de la bentonita favorecen una mayor interacción con el medio alcalino, mejorando la retención y neutralización de los compuestos ácidos. Al emplear bentonita como medio adsorbente, se obtiene una mayor cantidad en gramos de gases adsorbidos. Por tanto, el material bentonita se considera más efectivo para el proceso (Figura 3).

**Figura 3**

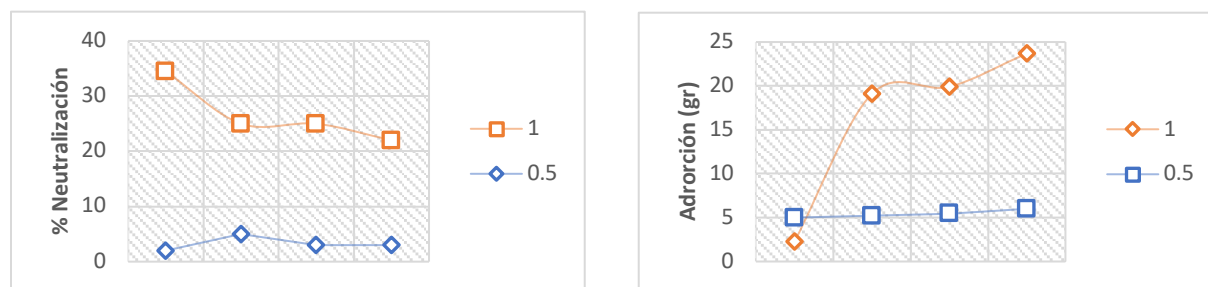
*Efecto de la variable material sobre el sistema de neutralización/adsorción*



Los resultados evidenciaron un incremento notable en la eficiencia en el sistema de neutralización/adsorción al aumentar la concentración de NaOH de 0.5 M a 1 M. En consecuencia, el nivel un M representa la condición más favorable para maximizar la eficiencia del proceso, al emplear una concentración de un M de NaOH se obtuvieron porcentajes de neutralización mayores en contraste a cuando se emplea una concentración de 0.5 M de NaOH (Figura 4).

**Figura 4**

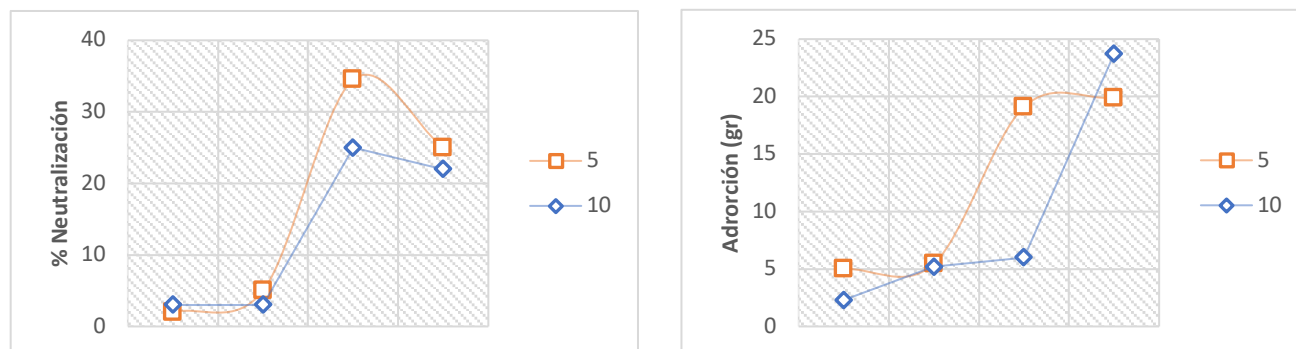
*Efecto de la variable concentración de NaOH sobre el sistema de neutralización/adsorción*



Se detectó que, para emplear una presión de vacío de cinco cm Hg, sí hay un ligero aumento positivo tanto en la neutralización como en la adsorción (Figura 5), a pesar de que la variable presión, de acuerdo con la gráfica de efectos principales, es un factor que no tiene influencia sobre la neutralización, ya que mostró que un efecto mínimo o nulo (Figura 2). Esto indica que dentro del rango de presión de vacío estudiado (cinco y 10 cm Hg), no se observan cambios significativos en la neutralización.

**Figura 5**

Efecto de la variable presión de vacío sobre el sistema de neutralización/adsorción



## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de los efectos principales permitió evaluar la influencia de los factores material adsorbente, concentración del agente neutralizante y presión de vacío sobre la eficiencia del sistema de tratamiento de gases. Las variables de respuesta analizadas fueron la neutralización y la capacidad de adsorción de gases ácidos, lo que permitió comprender el comportamiento global del sistema de neutralización/adsorción.

De acuerdo con las gráficas de efectos principales, la concentración del NaOH fue el factor con mayor influencia en ambas variables de respuesta, tanto en la eficiencia de neutralización como en la capacidad de adsorción. En ambos casos se observó un incremento considerable al aumentar la concentración de 0.5 M a un M. Este comportamiento puede explicarse a partir de los principios de adsorción química y neutralización ácido-base, donde la disponibilidad de especies reactivas en solución controla la capacidad de captura de gases ácidos (Sobrinho et al., 2025). En sistemas de tratamiento de gases mediante soluciones alcalinas, el incremento en la concentración del reactivo aumenta la velocidad de reacción y mejora la eficiencia de transferencia de masa entre la fase gaseosa y la fase líquida, favoreciendo la neutralización de los gases generados (Üresin 2025; Kurella et al., 2015). En consecuencia, el uso de una solución más concentrada incrementa la capacidad de neutralización del sistema y reduce la presencia de especies ácidas en la corriente gaseosa, generando condiciones más favorables para la etapa posterior de adsorción.

Los resultados indicaron que la bentonita presentó un mejor desempeño que la sílica tanto en la neutralización como en la capacidad de adsorción de especies gaseosas. Este comportamiento puede explicarse por las propiedades fisicoquímicas de la bentonita, la cual está compuesta principalmente por montmorillonita, un mineral arcilloso compuesto por tres capas (Jemai et al., 2024; Olegario & Gili, 2021). Una de las principales características de este mineral fue su alta área superficial, la cual proporciona un gran número de sitios activos

disponibles para la interacción con contaminantes o especies químicas, se ha reportado que la montmorillonita puede presentar áreas superficiales de entre 600–800 m<sup>2</sup>/ gr; ello se debe a su estructura en capas y al tamaño reducido de sus partículas, lo que favorece significativamente los procesos de adsorción (Mejri & Oueslati, 2024; Jemai et al., 2024).

En relación con la presión de vacío, los resultados indican que su efecto fue menor en comparación con los otros factores evaluados. A pesar de que el efecto de la presión de vacío sobre la variable neutralización es poco significativo, se observó una ligera mejora cuando el sistema operó a cinco cm Hg en comparación con 10 cm Hg tanto en la neutralización como en la adsorción. Un vacío moderado puede favorecer un flujo más estable de la corriente gaseosa, permitiendo una mayor interacción entre los gases generados y los materiales presentes en el tren de tratamiento. Cuando el vacío aumenta, el flujo de gas puede incrementarse y reducir el tiempo de contacto con el agente neutralizante y el adsorbente (González-Delgado et al., 2026), lo que podría explicar la ligera disminución observada en la eficiencia del proceso.

Por lo tanto, para este sistema de neutralización/adsorción de gases ácidos provenientes de digestiones ácidas, las condiciones óptimas son: bentonita como material adsorbente, concentración de un M de NaOH y una presión de vacío de cinco cm Hg. El presente estudio proporciona una base para su posterior implementación en un sistema de extracción de gases en un laboratorio escolar. Sin embargo, se recomienda antes de su implementación analizar el tiempo de saturación del material adsorbente, así como modificar los niveles de la variable de presión de vacío con la finalidad de observar si se pueden obtener mejores resultados, ya que en este sistema solo se alcanzaron porcentajes de neutralización de hasta el 35% y una adsorción de alrededor de 30 gr.

## REFERENCIAS

- Bandosz, T. J. (2006). Activated carbon surfaces in environmental remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 135(1), 1–14.
- Flores-Armenta, M., Ramírez-Montes, M., & García Cuevas, J. M. (2009) Propuesta para la neutralización de fluidos ácidos provenientes de pozos del campo geotérmico de Los Humeros, Pue. *Geotermia*, 22(2), 10-18.
- Gálavis Román, Á. F., & Kabir, G. (2024). Assessing Carbon Dioxide Emissions in Manufacturing Industries: A Systematic Review. *Energies*, 17(20), 5119. <https://doi.org/10.3390/en17205119>
- González-Delgado, Á., Villabona-Ortiz, Á., Ortega-Toro, R., Tejada-Tovar, C., & Bernal-Sanjuan, J. (2026). Technical Evaluation of the Influence of Inlet Flow Rate and Bed Height on a Packed Column Containing Residual Biomass During Computer-Aided Industrial Scale-Up. *Environments*, 13(1), 28.

- Hang, Y., Chuanjia, S., Jinjin L., Xueyan, H. & Linjun, Y.(2024). Alkaline absorbents for SO<sub>2</sub> and SO<sub>3</sub> removal: A comprehensive review. *Journal of Environmental Management*, 336, 121531.
- Hraiech, I., Zallama, B., Belkhiria, S., Zili-Ghedira, L., Maatki, C., Hassen, W., Hadrich, B., & Kolsi, L. (2025). Experimental characterization of silica gel adsorption and desorption isotherms under varying temperature and relative humidity in a fixed bed reactor. *Scientific Reports*, 15(1), 29041.
- Jacobs, J. H., McKelvie, K. H., Nanji, S., & Marriott, R. A. (2023). Sour Gas Adsorption on Silica Gels. *ACS Omega*, 8(13), 12592-12602.
- Jemai, R., Chalghaf, R., Boubakri, S., Amine Djebbi, M., Naamen, S., Ben Rhaiem, H., & Ben Haj Amara, A. (2024). *Montmorillonite: Properties, Characteristics, and Its Harnessing in Environmental Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004763>
- Jems, D. (2023) Industrial Emissions: Unveiling the Environmental Impacts and the Pursuit of Sustainable Solutions. *Environ Pollut Climate Change* 7, 361.
- Jiang, Q., Jiang, M., Han, T., He, Y., Li, T., Zhang, J., Su, Y., Wu, Y., Dian, B., & Zong, Y. (2023). Removal of hydrogen sulfide in the gas phase by carbide slag modified bentonite. *RSC Advances*, 13(30), 20844–20855.
- Krzyzyska, R., & Hutson, N. D. (2012). Effect of solution pH on SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and Hg removal from simulated coal combustion flue gas in an oxidant-enhanced wet scrubber. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62(2), 212–220. <https://doi.org/10.1080/10473289.2011.642951>
- Kurella, S., Balla, M., Bhukya P. K., & Meikap B. C. (2015). Scrubbing of HCl Gas from Synthesis Gas in a Multistage Dual-Flow Sieve Plate Wet Scrubber by Alkaline Solution. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 6(5). <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000250>
- Lasich, M. (2020). Adsorption of H<sub>2</sub>S from hydrocarbon gas using doped bentonite: A molecular simulation study. *ACS Omega*, 5(31), 19877-19883. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02934>
- Li, J., Wang, S., & Lu, G. Q. (2016). Adsorption of CO<sub>2</sub> on advanced porous materials: A review. *Chemical Engineering Journal*, 281, 1–15.
- Mejri, C., & Oueslati, W. (2024). *A Critical Review of Clay Minerals for Groundwater Protection and Treatment*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1008385>
- Olegario, E. M., & Gili, M. B. Z. (2021). Characterization of Philippine natural bentonite. *Experimental Results*, 2, e25. <https://doi.org/10.1017/exp.2021.16>
- Palacios Anzules, Í. del C., & Moreno Castro, D. W. (2022). Contaminación ambiental. *Recimundo*, 6(2), 93–103. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.93-103](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103)
- Park, H. S., Kang, D., Kang, J. H., Kim, K., Kim, J., & Song, H. (2021). Selective Sulfur Dioxide Absorption from Simulated Flue Gas Using Various Aqueous Alkali Solutions in a Polypropylene Hollow Fiber Membrane Contactor: Removal
- 
- Nájera-Ibarra, J. M., Guevara Amatón, K. V., Romero Barrientos, A., & Delgado-Goytia, K. (2026). Evaluación del proceso de neutralización y adsorción en la mitigación de gases contaminantes. *Transdigital*, 7(13), e604. <https://doi.org/10.56162/transdigital604>

Efficiency and Use of Sulfur Dioxide. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 597.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18020597>

Sajjad, D., Ghorbani-Shahna, F., Babak, J., & Tapak, L. (2021). Development of scrubber with nano-TiO<sub>2</sub> coated packing for H<sub>2</sub>S removal. *Journal Process Safety and Environmental Protection* 149, 158-168.

Sobrinho, R. A. L., De J Souza, W., De S. Souza, D. F., De O Júnior, A. M., & Marques, J. J. (2025). Mathematical Modeling of Acidity Removal from Natural Gas through Alkaline Scrubbing. *ACS Omega*, 10(35), 40625–40634.

Üresin, E. (2025). Experimental and Simulation-Based Study of Acid Gas Removal in Packed Columns with Different Packing Materials. *Sustainability*, 17(23), 10495.

Zhang, L. (2025). Global Insights into Adsorption Processes for Environmental and Industrial Applications. *Internacional Journal Waste Resour*, 15, 629.

Zheng, Y., Wang, Y., Lv, S., Chang, Y., Chen, P., & Ma, Z. (2025). Research progress of siloxanes adsorption from biogas based on porous materials. *Chemical Engineering Science*, 319, 122292.



# Transdigital<sup>®</sup>

editorial

La Editorial *Transdigital* publica libros de carácter científico y académico. Se pueden publicar tesis de posgrado, una vez sometidas al sistema de evaluación de pares de doble ciego. Servicios:

- Gestión del International Standard Book Number (ISBN), del Digital Object Identifier (DOI) y del código de barras.
- Diseño gráfico
- Servicio de corrección de estilo y redacción.
- Dictaminación de la revisión por pares en doble ciego hecha por miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México.
- Alojamiento permanente del libro en la editorial *Transdigital* ([www.editorial.transdigital.mx](http://www.editorial.transdigital.mx))
- Distribución gratuita en *Dialnet*, *Google Books*, *Google Play* y *SCRIBD*.
- Distribución a precio mínimo en *Amazon Kindle* (cuota que pagan los lectores de *Kindle*).

La editorial *Transdigital* está en el Registro en el Padrón Nacional de Editores como agente editor Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C., con el Dígito Identificador 978-607-99594. Además, está afiliada a la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con el número 4069, de conformidad con el artículo 17 de la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones en vigor. Y está en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

congreso virtual

El Congreso Virtual *Transdigital* se realiza anualmente de manera totalmente virtual ([www.congreso.transdigital.mx](http://www.congreso.transdigital.mx)). Este evento tiene el objetivo de reunir resultados parciales o finales de investigaciones empíricas, documentales o ensayos científicos sobre temas y desafíos que involucran a la tecnología y la transformación digital en sociedad.

Está dirigido a investigadores(as), docentes de todas las modalidades y niveles del sistema educativo, estudiantes de pregrado y posgrado, gestores(as) educativos(as), directivos(as) y demás profesionales interesados(as) en la investigación empírica y documental sobre el uso de la tecnología y la transformación digital en diversos ámbitos sociales, por ejemplo, la salud, el ocio, el turismo, las finanzas, la educación, el desarrollo comunitario, la industria, etcétera.

La inscripción por texto, con un máximo de tres autores(as) da el derecho de publicar la ponencia como capítulo de libro académico en la editorial *Transdigital*, una vez que ha sido admitida por el Comité Científico; además se otorgan certificados de ponencia y asistencia. Ese libro cuenta con International Standard Book Number (ISBN), Digital Object Identifier (DOI) y código de barras.

El Congreso Virtual *Transdigital* es una iniciativa que está inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua, de manera que se reciben textos durante todo el año. Es editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Evalúa los textos con el sistema de pares de doble ciego. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos originales.

El proceso de publicación es expedito y, en promedio, los textos se publican tres meses después de que han sido recibidos. El Consejo científico y el Comité editorial se compone por distinguidas y distinguidos académicos de talla nacional e internacional. Cuenta con la Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102, International Standard Serial Number (ISSN) 2683-328X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Hasta ahora, está indizada en Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (ResearchBib), MIAR, OpenAire-Explore, Refseek, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, ZDB Zeitschriften Datenbank, WorldCat, Dimensions, The University of Liverpool, Discovery, Erasmus University Rotterdam, Mir@bel, REBIUN, DARDO, UOCI, LatinRev, ROAD, Google Scholar, Crossref, Scite, Lens, Internet Archive, BASE, etc.

El costo de publicación puede ser consultado en: [www.revista.transdigital.mx](http://www.revista.transdigital.mx)