

Diseño de un proceso de biofiltración para el tratamiento de corrientes gaseosas con alto contenido en amoníaco y su conversión en nitrato sódico en el marco del proyecto ManuREfinery

En la Unión Europea (UE), el sector ganadero genera aproximadamente 1.400 millones de toneladas de estiércol al año, de las cuales solo el 7,8% es procesado [1]. La gestión sostenible de estos residuos se ha convertido en uno de los principales desafíos ambientales y tecnológicos del sector agroalimentario europeo. Entre los impactos asociados a la acumulación y manejo inadecuado de residuos orgánicos destacan la acidificación del suelo, la contaminación por nitratos de aguas subterráneas, la eutrofización de las aguas, la generación de olores y la emisión de gases contaminantes.

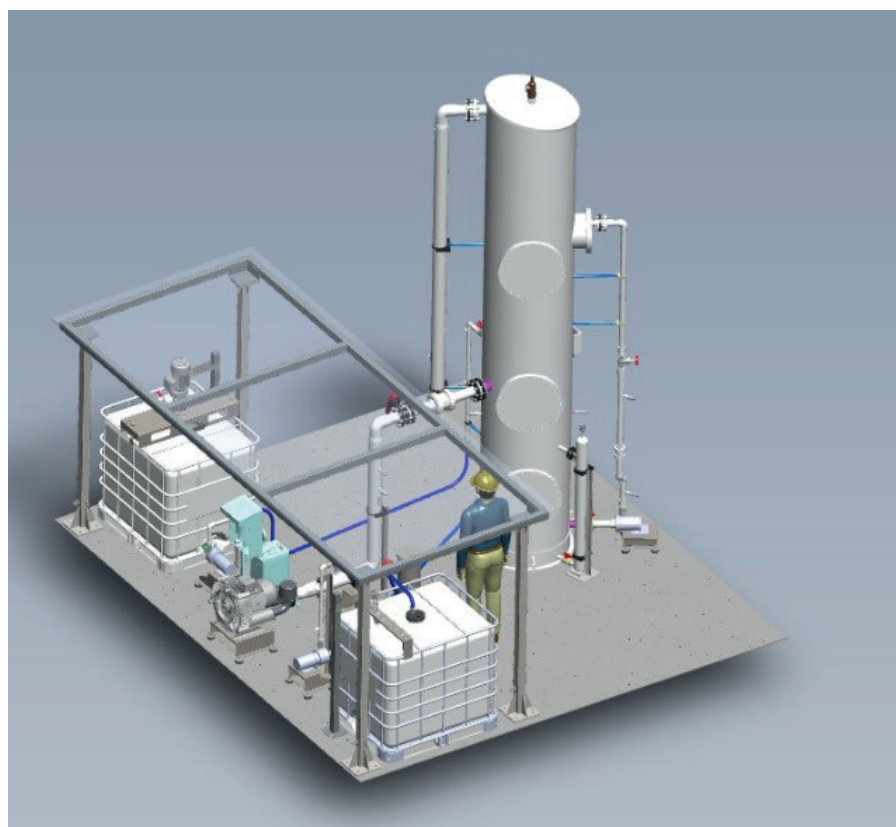
ALBA SOMOZA CERVIÑO

INGENIERA DE PROCESOS (UN I+D) EN SYSPRO AUTOMATION S.L.

En particular, los residuos ganaderos son una fuente significativa de emisiones de amoníaco (NH_3), originadas principalmente por la degradación microbiana del ácido úrico presente en el estiércol. En España, el sector agrícola y ganadero fue responsable del 97% de las emisiones de amoníaco en 2022². En este contexto, la Directiva (UE) 2016/2284 establece objetivos de reducción de emisiones de NH_3 del -3% para el periodo 2020-2029 (respecto a 2005) y del -16% a partir de 2030¹.

El cumplimiento de estos objetivos requiere un esfuerzo adicional en la implementación de estrategias de mitigación, no solo por exigencias regulatorias, sino también debido a los efectos adversos del amoníaco sobre la salud humana y el medio ambiente. Además, estas emisiones suponen una pérdida directa de nitrógeno, un nutriente esencial que podría ser recuperado y valorizado, especialmente en un contexto de elevado coste de los fertilizantes sintéticos.

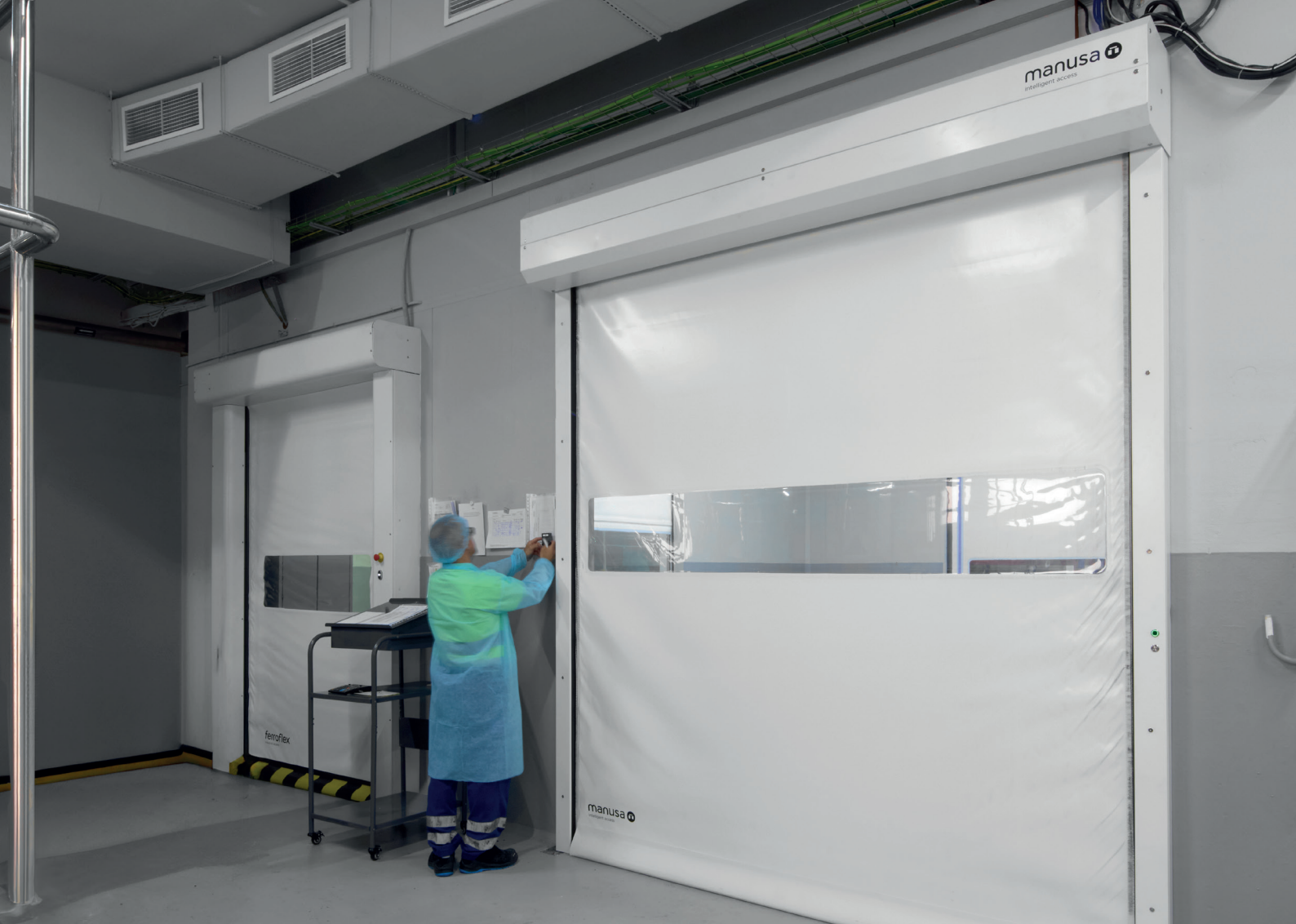
En este escenario, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas que permitan no solo reducir las emisiones, sino también recuperar compuestos de valor añadido a partir de ellas. El proyecto ManuREfinery, respaldado por la Iniciativa Conjunta "Circular Bio-based Europe" y sus miembros



(acuerdo de subvención n.º 101157679)¹, se enmarca en esta línea estratégica al proponer un enfoque integral para la valorización de corrientes residuales ganaderas mediante su transformación en productos útiles, como biofertilizantes³.

Entre las tecnologías emergentes, destaca la recuperación de amoníaco presente en corrientes gaseosas para su posterior conversión en nitrato sódico (NaNO_3), un fertilizante ampliamente utilizado. Este enfoque permite cerrar el ciclo del nitrógeno, alineán-

¹ Financiado por la Unión Europea. No obstante, las opiniones y puntos de vista expresados son únicamente los del/de los autor(es) y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la Iniciativa Conjunta Circular Bio-based Europe (CBE JU). Ni la Unión Europea ni la CBE JU pueden ser consideradas responsables de los mismos.



manusa 
intelligent access

Puertas rápidas de clase 5 de permeabilidad al aire para el diseño de salas blancas de alto rendimiento.

Diseñada especialmente para laboratorios y salas blancas que requieran los más altos niveles de seguridad, estanqueidad y limpieza.



Control contaminación
cruzada



Alta eficiencia
energética



Minimiza filtración
del aire



Mantiene los niveles de
presión estables

Esta puerta, dispone certificación de Clase 5 de permeabilidad al aire según la UNE-EN 12426:2000, la más alta en su categoría.

www.manusa.com | 900 827 700

dose con los principios de la economía circular y reduciendo la dependencia de procesos convencionales con elevado consumo de energía.

▮ Diseño del sistema de biofiltración

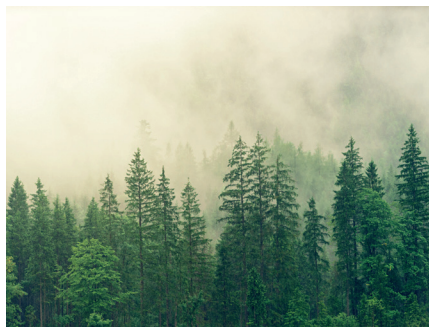
El presente trabajo describe el diseño de un sistema de biofiltración basado en un biofiltro percolador o biotrickling filter (BTF), orientado a la eliminación de amoníaco en corrientes gaseosas procedentes de explotaciones ganaderas y su conversión biológica en nitrato. El sistema integra fenómenos de transferencia de masa, biotecnología ambiental e ingeniería de procesos, con el objetivo de ofrecer una solución eficiente, escalable y sostenible.

El desarrollo del BTF se basó en resultados obtenidos en pruebas de laboratorio realizadas por el grupo de Tecnologías Ambientales de la Universidad de Valladolid. A partir de estos datos, se llevó a cabo un escalado industrial que dio lugar a un reactor de 5 m³ con un volumen operativo de 500 L. Este sistema opera a temperatura ambiente y presión atmosférica, lo que simplifica su implementación y reduce los costes operativos a escala industrial, manteniendo las condiciones necesarias para la actividad microbiana.

El BTF está constituido por un lecho empacado con un material de soporte sobre el cual se desarrolla el biofilm microbiano. En este caso, se emplearon anillos tipo Pall, seleccionados por su elevada superficie específica y alta porosidad, características que favorecen la adhesión microbiana y la transferencia de masa.

El medio de cultivo, preparado en un tanque IBC de 1.000 L provisto de agitación, contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano y se bombea al BTF a caudal controlado. El sistema dispone de un circuito de recirculación interna, en el que el líquido se extrae desde la base del reactor y se redistribuye en la parte superior mediante un sistema de pulverización, garantizando una irrigación homogénea del lecho y maximizando el contacto gas-líquido. Esta película líquida constituye el medio donde se produce la absorción del amoníaco y su posterior conversión biológica.

La corriente gaseosa rica en NH₃ se introduce por la base del biofiltro mediante un soplante, circulando en contracorriente res-



pecto al líquido. Durante su paso a través del lecho, el amoníaco se transfiere a la fase líquida, donde es oxidado por comunidades microbianas nitrificantes inmovilizadas en el biofilm. La nitrificación ocurre en dos etapas bioquímicas principales:

- Oxidación de amonio (NH₄⁺) a nitrito (NO₂⁻), llevada a cabo por bacterias del género *Nitrosomonas*.
- Oxidación de nitrito a nitrato (NO₃⁻), realizada por bacterias del género *Nitrobacter*.
- Adicionalmente, la presencia de bacterias del género *Nitrospira*, capaces de llevar a cabo ambas etapas de nitrificación, contribuye a mejorar la robustez y eficiencia global del proceso. Como resultado, el amoníaco se transforma en nitrato, que permanece disuelto en la fase líquida.

Durante la operación, el crecimiento microbiano genera biomasa en suspensión que debe retirarse para evitar problemas operativos. Para ello, se extrae una corriente líquida que se filtra mediante un filtro de mangas, separando los sólidos. El efluente líquido, enriquecido en nitrato, se almacena en un tanque desde el cual puede acondicionarse para su uso como fertilizante. El gas tratado, con una concentración significativamente reducida de NH₃, se evacua por la parte superior del reactor.

El rendimiento del sistema depende del control de varios parámetros operativos clave:

- **pH:** La nitrificación genera protones, provocando la acidificación del medio. Para mantener condiciones óptimas, se dosifica hidróxido potásico (KOH) mediante control automático.
- **Temperatura:** Aunque el sistema opera a temperatura ambiente, se monitoriza para evitar desviaciones que afecten a la actividad microbiana.
- **Nutrientes:** Se suministran de forma

continua y se ajustan en función de análisis periódicos.

- **Conductividad:** Se emplea como indicador indirecto de la acumulación de sales, permitiendo definir estrategias de purga.

Uno de los principales retos operativos en los biofiltros percoladores es la colmatación del lecho debido al crecimiento excesivo del biofilm, lo que puede generar canalización preferencial del flujo, disminuir la eficiencia de transferencia de masa y aumentar la pérdida de carga. Para mitigar este fenómeno, se han implementado estrategias como la operación a cargas moderadas de contaminante y el uso de materiales de empaque con alta porosidad.

▮ Pruebas piloto del equipo en plantas reales

Durante los próximos años del proyecto, el sistema de biofiltración y recuperación de amoníaco será probado en condiciones reales de granja en Rumanía. Inicialmente, las pruebas se realizarán en una explotación porcina, evaluando la eficiencia del proceso y optimizando los parámetros operativos. Posteriormente, el equipo se trasladará a una granja avícola en el mismo país, permitiendo validar la adaptabilidad del sistema a diferentes tipos de ganado y corrientes de estiércol.

Estas pruebas permitirán validar la eficiencia del proceso a escala industrial, optimizar los parámetros operativos y evaluar la producción de fertilizantes líquidos enriquecidos en nitrato. La implementación en entornos reales confirmará la viabilidad técnica y la aplicabilidad del enfoque, reforzando su contribución a la sostenibilidad, la economía circular y la reducción de emisiones en el sector ganadero ●

Fuentes

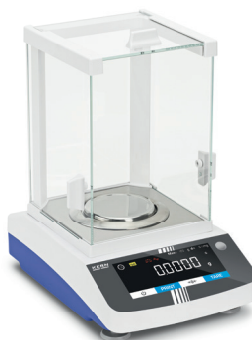
- [1] Soto-Herranz, M.; Sánchez-Báscones, M.; Antón-Rodríguez J.M.; Martín-Ramos, P. Reduction of Ammonia Emissions from Laying Hen Manure in a Closed Composting Process Using Gas-Permeable Membrane Technology. *Agronomy* **2021**, *11*(12), 2384; <https://doi.org/10.3390/agronomy11122384>
- [2] Quilez, D.; Balcells, M.; Herrero, E. Reducing Ammonia Emissions from Digested Animal Manure: Effectiveness of Acidification, Open Disc Injection, and Fertilization in Mediterranean Cereal Systems. *AgriEngineering* **2025**, *7*(10), 352; <https://doi.org/10.3390/agriengineering7100352>
- [3] European Commission. MANUREFINERY: Smart modular mobile biorefining of manure to zero-waste maximising resource and nutrient recovery for feed and fertiliser bioingredients in rural areas. *CORDIS*, 2024; <https://doi.org/10.3030/101157679>



TECNOLOGÍA DE MEDICIÓN Y PESAJE



preciso
eficiente
confiable



¡Descubra nuestras soluciones para la industria farmacéutica!
Estaremos encantados de asesorarle en la elección de la solución adecuada. Contáctenos.

