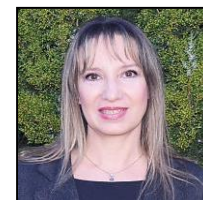




EFICIENCIA DEL VIDRIO TRITURADO VERDE TRATADO, PROVENIENTE DE ENVASES RECICLADOS EN LA FILTRACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Diana Míguez (*) 1

PhD en Ciencias del Agua, Responsable científica, Investigadora 5, Directora del Programa Aguas. Latitud – Fundación LATU.



Yemira Zabala 2

Latitud – Fundación LATU

Serena Denis 3

Latitud – Fundación LATU

Rodrigo Méndez 4

Latitud – Fundación LATU

Ana Paula Demaría 5

Arenas de Vidrio, ADV SAS

TEMA: Efluentes domiciliarios e industriales y drenaje Urbano: conducción, tratamiento, reúso y gestión. Normativa.

Dirección del autor principal (*): Montevideo – Montevideo – Uruguay - Tel.: +59826013724 int. 2406 – e-mail: dmiguez@latitud.org.uy

RESUMEN

Este estudio se desarrolló en forma independiente para Arenas de Vidrio, ADV SAS, con el objetivo de evaluar la factibilidad técnica de utilizar vidrio triturado reciclado verde como medio de filtración. Para ello, se realizaron pruebas de laboratorio en columnas, permitiendo, en una primera etapa comparar su desempeño contra el de la arena silíceo calibrada y relevar su eficiencia en la filtración de varios efluentes industriales, a través de determinaciones al inicio y al fin del filtrado (sólidos suspendidos totales, ensayos microbiológicos, materia orgánica). Los resultados permiten inferir que este material tratado térmicamente y con granulometría de entre 850 μm y 500 μm , equivale o en ocasiones supera la eficiencia a la arena silíceo cuando se lo aplica al final del tratamiento biológico, tanto de efluentes alimentarios (maltería) como de la industria química (pinturas). En una segunda etapa, se abordó el caso de una muestra obtenida directamente de la pileta previa al separador de grasas que descarga al colector de la ciudad de Montevideo, consiguiendo la remoción de: turbiedad (>80%), sólidos suspendidos totales, fijos y volátiles (entre 84,3-90,8 %), demandas química y biológica (51,3 y 56,9%, respectivamente), coliformes totales y fecales de entre 1 y 2 logs (2 logs para coliformes totales, reducción promedio de 95,0%, y de 1 log para los fecales, correspondiente a 92,3%), que, para muestras muy contaminadas como las cloacales sin tratar, es un muy buen desempeño. En el caso de los nutrientes, tal como cabría esperar, no se registró una eficiencia muy marcada (27,6% para nitrógeno, 16,2% fósforo). Se puede concluir que este material filtrante, producido a partir de botellas de vidrio descartadas, es prometedor por generar un impacto positivo en el ambiente bajo el concepto de Economía Circular, aportar a mejorar la sostenibilidad de las empresas y contribuir en la gestión del residuo que actualmente se envía a disposición final en nuestro país.

Palabras Clave: Economía Circular, Material Filtrante, Vidrio Molido, Tratamiento de Efluentes, Ensayos en Columnas



XI Congreso Nacional de AIDIS

Cambios, desafíos y soluciones:

El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible

25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país



INTRODUCCIÓN

El vidrio es un material inerte, que tarda alrededor de cuatro mil años en degradarse en el ambiente, reciclable infinitamente.

La creciente demanda de tecnologías asequibles y aplicables para filtración de agua y el aprovechamiento de residuos en el marco de la Economía Circular han potenciado la investigación en esa temática para extender el ciclo de vida de los materiales. Además, se disminuyen los impactos ambientales de la extracción de arena silíceo y los de la acumulación del vidrio en vertederos (Perera et al., 2021). A partir del cierre de la única industria de vidrio nacional (Alenvidrio – Envidrio) que producía vidrio hueco (envases) a fines del 2019, Uruguay se enfrenta a la dificultad de gestionar los residuos de vidrio en general, y de envases en particular, y la mayor parte del material se entierra.

El Plan Nacional de Gestión de Residuos elaborado por el Ministerio de Ambiente establece una estimación del volumen de consumo total de vidrio a nivel nacional de 48.380 toneladas (cifra que incluiría todos los tipos de vidrio importados: envases, vidrio plano, vidrio de automotores). Específicamente en lo referente a envases de vidrio de un solo uso o vidrio hueco, el Plan de Gestión de Envases de la Cámara de Industrias del Uruguay PGE – CIU en su reporte mensual de materiales declarados informa un volumen total de 19.199,87 toneladas anuales al 04 de agosto de 2022. A partir de los últimos datos relevados el volumen estimado de vidrio de envases que actualmente se envía a disposición final en Uruguay ronda las 17.373 toneladas.

En ese contexto el emprendimiento Arenas de Vidrio propone la búsqueda de alternativas de reutilización del material de envases recuperado, orientándolo hacia usos diferentes, incorporándolo en nuevos productos, manteniéndolo por más tiempo dentro del circuito productivo, y evitando su envío a vertedero.

Mediante un ciclo técnico de la economía circular realiza un proceso de triturado mecánico de los envases. Posteriormente el material resultante es tamizado en granulometrías variables, y de esta forma se transforma el residuo de vidrio de envases en un nuevo material – árido reciclado- que puede reemplazar parcialmente a la arena natural, tratándose ésta, de un recurso no renovable y finito que se extrae de nuestros suelos y cursos de agua. Por otra parte, para referenciar el impacto de la extracción y consumo de arena a nivel país, se puede estimar de forma muy preliminar y a partir de diversas fuentes una base de consumo de al menos 2.300.000 toneladas por año fundamentalmente destinadas a la industria de la construcción.

La arena de vidrio filtrante constituye un medio de filtración más duradero y eficiente en el uso de recursos naturales. Este medio filtrante evita la generación de biopelículas (a diferencia de la arena natural), lo que determina una mejora en la calidad de las aguas filtradas a lo largo del tiempo, impidiendo la formación de canales que determinan pérdida de calidad en el proceso. Se promueve así la recirculación local del material proveniente del vidrio de envases de un sólo uso, en sustitución de la arena natural, prolongando su ciclo de vida en el desarrollo de un medio filtrante innovador de origen nacional con alto valor agregado.

Pensando en clave de Economía Circular, se buscó generar un subproducto de triple impacto mitigando la extracción de un recurso natural limitado como es la arena usada en los medios de filtración de aguas, sustituyéndolo por otro considerado "residuo" en nuestro contexto actual. Este desarrollo, al que sirve la presente investigación de validación tecnológica, se encuentra alineado con las metas propuestas por la agenda 2030 de desarrollo sostenible de la Organización de Naciones Unidas y se fundamenta en los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: 6 (agua limpia y saneamiento), 9 (industria, innovación e infraestructura), 11 (ciudades y comunidades sostenibles), 12 (producción y consumo responsable) y 14 (vida submarina), 15 (vida de ecosistemas terrestres).



25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país

Hay antecedentes que indican que el vidrio triturado se puede utilizar para producir filtros donde anteriormente se utilizaba arena de sílice. Las aplicaciones incluyen filtración para agua potable, uso industrial para tratamiento de efluentes (papeleras, láctea, frigoríficos, química, alimenticia), complejos y establecimientos turísticos que tengan instaladas piscinas, clubes deportivos con piscinas, y piscinas domiciliarias. Una de las ventajas es que le lleva un 10-15% más de tiempo que la arena para alcanzar la ruptura de partícula, en el retrolavado del vidrio se expande más que la arena bajo las mismas tasas de agua, lo que podría ser un beneficio potencial para las instalaciones con bajo flujo de agua de retrolavado (Evans et al., 2002) y es considerado una buena alternativa en filtración dual de agua con carbón antracita frente a la que usa arena en esa combinación (Soyer, 2016). Asimismo, supone un ahorro de hasta un 20 % de material en la carga del filtro, requiere menos consumo de agua y productos químicos en los procesos de retrolavado, y por ello reduce el consumo de energía en los mismos al acortarse y espaciarse en el tiempo. Se ha observado que ofrece una mayor eficiencia de remoción en los parámetros controlados y requiere menor tiempo de pasaje por el filtro (filtración más rápida).

En base a estos antecedentes, la empresa Arenas de Vidrio encomendó a Latitud – Fundación LATU que completara el desarrollo del material filtrante para aplicaciones en filtración de agua a partir del vidrio verde triturado, para obtener un procedimiento de tratamiento óptimo, sometiendo éste luego a prueba objetiva en el laboratorio, para evaluar su eficiencia, y posteriormente comparándolo con el obtenido a escala pre-industrial sobre aguas de diverso tipo. Se presenta en este trabajo los referentes a efluentes industriales y cloacales.

OBJETIVO

Evaluar la eficiencia de filtración de efluentes industriales y domésticos del vidrio molido reciclado verde.

En el caso de los efluentes industriales, se agrega el objetivo de realizar la comparación del desempeño contra el uso de arena.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material filtrante fue recibido en bolsas en forma bruta, triturada. Se realizó calcinación, cuarteo y posterior tamizado para que las partículas quedaran comprendidas en el rango entre 850 μm y 500 μm . Se validó la temperatura óptima en el laboratorio. Posteriormente, se recibieron muestras tratadas por la empresa bajo estas mismas condiciones, las cuales fueron también tamizadas en el laboratorio.

El agua cloacal fue obtenida directamente de la pileta previa al separador de grasas que descarga al colector de la ciudad de Montevideo. Las muestras de efluentes industriales correspondieron a los previos a su pasaje por los filtros de arena silíceo. Los dispositivos de filtración consistieron en cilindros de acrílico de capacidad de 1 litro y columnas de vidrio de 50 mL de capacidad. Se utilizaron 5 g de material filtrante y 50 mL de muestra de agua residual para las columnas de vidrio y 100 g de material filtrante y 1 L de muestra de agua residual para las columnas de acrílico, con el objetivo de evaluar la validez de ambas geometrías.



Figura 1 Equipo de filtración, izquierda columnas de acrílico y derecha columnas de vidrio

RESULTADOS

En la figura 2 se muestra la eficiencia de remoción para los efluentes evaluados, mostrando que el vidrio iguala o supera a la arena y en la figura 3, los porcentajes de remoción para el agua cloacal.

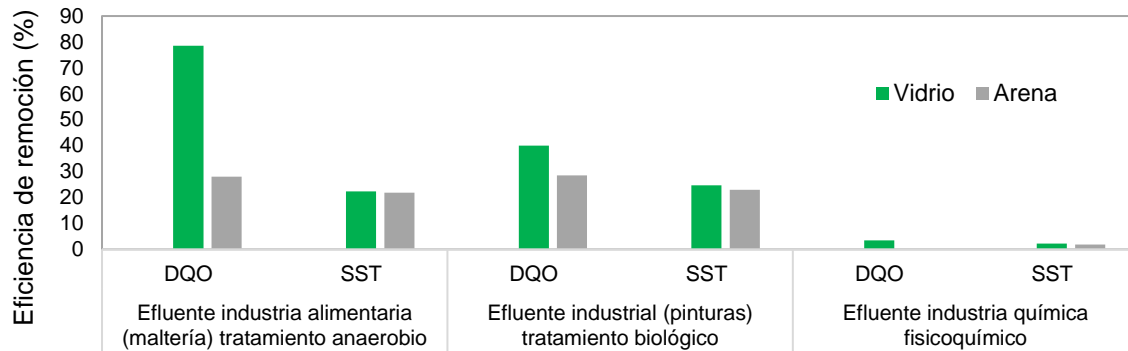


Figura 2 Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno y de los sólidos suspendidos totales para los efluentes de la industria alimentaria y química

En la Figura 3 se presenta los resultados obtenidos al ensayar el producto a través de las columnas con agua cloacal. En este gráfico se representan solamente los resultados obtenidos con el procedimiento a escala pre-industrial.

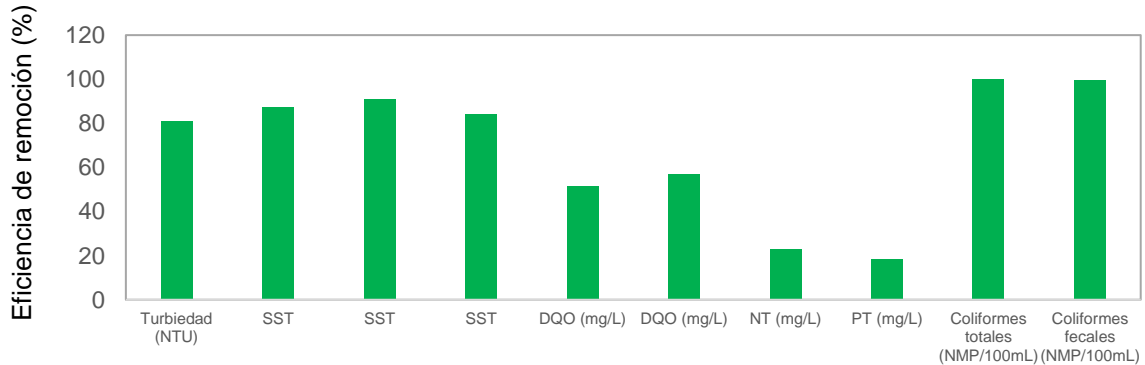


Figura 3 Eficiencia de remoción para el agua residual cloacal

Para validar el procedimiento a escala industrial se compararon los resultados de varios parámetros de calidad de aguas obtenidos luego del pasaje de agua cloacal por columnas; en un caso usando el producto obtenido por tratamiento térmico en el laboratorio, y en el otro, por un proceso realizado a escala pre-industrial en la empresa (Tabla 1). Algunos de los parámetros no se analizaron a escala de laboratorio por no tener suficiente cantidad de producto obtenido en esas condiciones.



Tabla 1 Resultados analíticos para comparar la eficiencia en laboratorio y en piloto hecho en planta a escala pre-industrial

Parámetro	Inicial sin filtrar	Laboratorio	% reducción	Piloto	% reducción
Turbiedad (NTU)	123,4 ± 1,4	18 ± 1,6	85,4 ± 1,3	23,6 ± 0,2	80,9 ± 0,2
pH	7,1	7,6	-	7,3	-
Conductividad (µS/cm)	443,0 ± 1,7	446,0 ± 5,9	-	443	-
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	150,0 ± 2,0	-	-	19,3 ± 1,5	87,1 ± 1,0
Sólidos suspendidos fijos (mg/L)	65,0 ± 3,0	-	-	6,0 ± 0,8	90,8 ± 1,2
Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	84,3 ± 1,0	-	-	13,3 ± 0,9	84,3 ± 1,0
Nitrógeno total (mg/L), como N	45,6 ± 1,6	32,1 ± 0,2	29,7 ± 3,9	35,2 ± 0,4	22,8 ± 0,9
Fósforo total (mg/L), como P	6,1	5,2	16,2 ± 0,5	5,2	16,2 ± 0,5
Demanda química de oxígeno (mg/L)	274,3 ± 2,0	114,3 ± 3,6	65,5 ± 0,6	133,3 ± 2,3	51,3 ± 0,9
Coliformes totales (NMP/100 mL)	(4,5 x 10 ⁵ , 4,6 x 10 ⁶)	-	-	(1,1x10 ⁴ , 3,5 x 10 ⁴)	(92,22-99,98%)
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<1,8x10 ⁵ , 1,7x10 ⁶)	-	-	(7,9x10 ³ , 3,1x10 ⁴)	(82,80, 99,54%)

CONCLUSIONES

El proyecto que fundamentó al presente trabajo de investigación supuso la producción y prueba a escala de laboratorio del insumo arena de vidrio filtrante, como medio de filtración de distintos tipos de aguas. Como se mencionó en la introducción, era de esperar que la reutilización del desecho de vidrio como medio granular filtrante conllevara ventajas comparativas respecto al uso de la arena natural calibrada. Efectivamente, los resultados de este trabajo permiten concluir que el vidrio triturado verde tratado se desempeñó en forma equivalente o superior a la arena silíceo en las muestras ensayadas de efluentes industriales, en especial en cuanto a la remoción de materia orgánica, turbiedad, sólidos y coliformes y mostró un muy buen desempeño en el tratamiento de efluentes domiciliarios. Asimismo, se pudo validar la equivalencia del material filtrante obtenido por el procedimiento desarrollado en el laboratorio y el efectuado bajo semejantes condiciones a escala pre-industrial.

Agradecimientos. – Se agradece al personal de sectores analíticos y de apoyo del Laboratorio Tecnológico del Uruguay.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Evans, G., Dennis, P., Cousins, M. y Campbell, R. (2002), 'Use of recycled crushed glass as a filtration medium in municipal potable water treatment plants 3rd World Water Congress: Drinking Water Treatment', *Water Supply*, vol. 2, no. 5/6, p. 9, doi:10.2166/ws.2002.0144.
2. Norma "AWWA B100-96 Standard for filtering materials"



XI Congreso Nacional de AIDIS

Cambios, desafíos y soluciones:

El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible

25 al 27 de octubre de 2022



Cámara Mercantil de productos del país

3. Perera, S.T.A.M., Zhu, J., Saberian, M., Liu, M., Cameron, D., Maqsood, T. y Li, J. (2021), 'Application of Glass in Subsurface Pavement Layers: A Comprehensive Review', *Sustainability (2071-1050)*, vol. 13, no. 21, p. 11825, doi:10.3390/su132111825.
4. Soyer, E. (2016) 'Performance comparison of granular media filter beds', *Desalination & Water Treatment*, 57(52), pp. 24867–24881. doi:10.1080/19443994.2016.1150206.
5. Turbiedad, basado en EPA Method 180.1 y APHA Standard methods 2130B Nephelometric Method en equipo Hanna HI 88703.
6. Fósforo total, usando colorímetro Merck Spectroquant Move 100 método 114729 basado en EPA 365.2+3, APHA 4500-P E, y DIN EN ISO 6878.
7. Nitrógeno total, usando colorímetro Merck Spectroquant Move 100 método 114537 basado en DIN EN ISO 11905-1.
8. Demanda química de oxígeno, usando colorímetro Merck Spectroquant Move 100 basado en EPA 410.4, APHA 5220 D y ASTM D1252-06 B. 15
9. Sólidos suspendidos totales, fijos y volátiles según el método 1020UY Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales de DINAMA.
10. Escherichia Coli, Coliformes Termotolerantes (fecales), Coliformes totales, según PEC.MIC.0.30 basado en ISO 9308-2:1990 "Water Quality – Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliform organisms and presumptive Escherichia Coli. Part 2: multiple tube (most probable number).
11. DOCUMENTO:
Plan Nacional de Gestión de Residuos
Autor: Ministerio de Ambiente Uruguay.
Disponible en: <https://www.ambiente.gub.uy/oan/residuos/>
12. DOCUMENTO:
Materiales declarados
Autor: Plan de Gestión de Envases – Cámara de Industrias del Uruguay
Disponible en: <http://www.pge.com.uy/innovaportal/file/54890/1/declaraciones-de-vertidos-2022-08-04.pdf>
13. DOCUMENTO:
ANÁLISIS DE CAPACIDADES PARA EL RECICLADO DE VIDRIO EN URUGUAY.
Resumen Ejecutivo.
Autores: CEMPRE, Ministerio de Ambiente, PNUD, PAGE Uruguay, LKsur.
Disponible a partir del 14-10-2022 en:
<https://cempre.org.uy/>