



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Técnicas de mitigación de olores en plantas de aguas residuales
domesticas: una revisión sistemática.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Madalengoitia Alcazar, Luis Daniel (ORCID: 0000-0001-7786-8236)

ASESOR:

M. Sc. Solórzano Acosta Richard Andi (ORCID: 0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de Gestión Ambiental

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada inicialmente a Dios por brindarme la fuerza y perseverancia para culminar con mis sueños, a mi familia haberme acompañado en este camino ya que ellos fueron mi motor para continuar con los estudios, a mis hijos para demostrarles que hay que ser perseverantes y luchar por nuestros sueños.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada uno de los maestros que formaron parte de nuestro proceso universitario, gracias por brindarnos sus conocimientos, paciencia y dedicación

Índice de contenidos

	Carátula.....	i
	Dedicatoria.....	ii
	Agradecimiento.....	iii
	Índice de contenidos.....	iv
	Índice de tablas.....	v
	Índice de figuras y gráficos.....	vi
	Resumen.....	vii
	Abstract.....	viii
I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	MARCO TEÓRICO.....	5
III	METODOLOGÍA.....	14
	3.1. Tipo de diseño de investigación.....	14
	3.2. Variable y operacionalización.....	15
	3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
	3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
	3.5. Procedimientos	19
	3.6. Métodos de análisis de datos	19
	3.7. Aspectos éticos.....	20
IV	RESULTADOS.....	21
V	DISCUSIÓN.....	31
VI	CONCLUSIONES.....	34
VII	RECOMENDACIONES.....	35
	REFERENCIAS.....	36
	ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. FACTORES QUE INCIDEN EN LA LIBERACIÓN DE GASES ODORÍFICOS-----	6
TABLA 2. COMPUESTOS ODORÍFEROS DE LAS ARD-----	8
TABLA 3. MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN APRIORÍSTICA -----	15
TABLA 4. TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE OLORES -----	21
TABLA 5. TÉCNICAS FISICOQUÍMICAS DE MITIGACIÓN DE OLORES-----	23
TABLA 6. TÉCNICAS BIOLÓGICAS DE MITIGACIÓN DE OLORES-----	24
TABLA 7. LIMITACIONES DE LAS TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE OLORES -----	26
TABLA 8. TIPOS DE PROCESOS REALIZADOS EN PTAR-----	29
TABLA 9. COMPONENTES QUÍMICOS ODORÍFICOS -----	32
TABLA 10. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICA-----	36

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PORCENTAJE DE EMISIÓN DE OLOR EN UNA PTAR DE LODOS ACTIVADOS-----	7
---	---

RESUMEN

La presente revisión sistemática tiene como objetivo determinar las técnicas de mitigación de olores generadas en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, cuya metodología tipo aplicada, con enfoque cualitativo, y diseño narrativo de tópicos, para el desarrollo se realizó una recopilación de artículos científicos de bases de datos como ScienceDirect, Scopus, Scielo, así mismo la selección de las investigaciones fueron en referencia a criterios de inclusión y exclusión. De los estudios analizados se obtuvo que los tipos de procesos que se realizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, están básicamente determinados por procesos primarios en la cual se encuentran subprocesos físicos, así como procesos secundarios con subprocesos químicos y procesos terciarios con subprocesos biológicos, así mismo existen diferentes tipos de las técnicas que contribuyen a la disminución y tratamiento de olores producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales, dentro de las cuales se plasman métodos químicos, físicos y biológicos y los tipos de compuestos odoríferos contaminantes que se genera en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, están específicamente clasificados en compuestos de sulfuros, nitrogenados, compuestos orgánicos volátiles (COVs), mercaptanos, ácidos orgánicos y derivados y ácidos carboxílicos.

Palabras clave: aguas residuales domésticas, técnicas de mitigación, olores, contaminación por olores, plantas de tratamiento.

ABSTRACT

This systematic review aims to determine the odor mitigation techniques generated in domestic wastewater treatment plants, whose methodology applied type, with qualitative approach, and narrative design of topics, for the development was made a collection of scientific articles from databases such as ScienceDirect, Scopus, Scielo, likewise the selection of research were in reference to inclusion and exclusion criteria. From the studies analyzed, it was obtained that the types of processes carried out in domestic wastewater treatment plants are basically determined by primary processes in which there are physical sub-processes, as well as secondary processes with chemical sub-processes and tertiary processes with biological sub-processes, as well as different types of techniques that contribute to the reduction and treatment of odors produced in wastewater treatment plants, The types of odorous pollutant compounds that are generated in domestic wastewater treatment plants are specifically classified into sulfur compounds, nitrogen compounds, volatile organic compounds (VOCs), mercaptans, organic acids and derivatives and carboxylic acids.

Keywords: domestic wastewater, mitigation techniques, odors, odor pollution, treatment plants.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, debido al rápido crecimiento de la población, la expansión de la urbanización, y el desarrollo de actividades económicas son los factores principales que han contribuido al aumento de aguas residuales domésticas (ARD) (Yang, et al., 2021, p.1), que a menudo van siendo abundantes, y causando efectos en el ambiente y el bienestar poblacional. Tal como lo refiere Sáenz, et al. (2015) en la actualidad los países carecen de legislaciones o normativas que puedan controlar las emisiones de olores sumado a ella los escasos de investigaciones que permitan contribuir a la reducción de dicha problemática (p.138).

Las aguas residuales producto de las actividades domésticas, usualmente son fuentes contaminantes de las propias aguas superficiales sumado a ello la contribución de olores causado por la liberación de gases tóxicos, tal como lo afirma Rout, et al. (2021), el vertido directo de aguas residuales domésticas sin tratamiento o después de un tratamiento inadecuado es la principal fuente de contaminación por nutrientes no puntuales que contribuye a más del 50% de la carga total de nutrientes no puntuales. Por otro lado, Quispe y Gonzales nos mencionan que el país cuenta en la actualidad con proveedores de servicios de saneamiento (EPS), que representan solo el 69,65% de la población urbana, lo que indica que la mayor parte de la población restante vierte agua sin ningún tipo de tratamiento, en aguas naturales. , incluidos ríos, lagos, playas, arroyos, etc., que se convierten en una fuente de infección para los recursos naturales. (p.13).

Hoy en día existen muchos métodos que contribuyen al control de las aguas residuales, y las plantas de tratamiento de aguas residuales en muchos países se consideran una de las alternativas más convenientes, ya que los procesos físicos, químicos y biológicos enumerados permiten un control más efectivo. Entre estos métodos de tratamiento se encuentran: lagos opcionales, lodos activados, filtros de goteo, que, entre otras cosas, ayudan a obtener agua menos contaminada y reutilizable. (García, 2018, p.19).

Sin embargo, Calvo y Hernández (2016) afirmaron que la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (plantas de tratamiento de aguas residuales), desde un punto de vista negativo, ha contribuido a la emisión de gases olorosos, debido a que el proceso tiene lugar en la fermentación PTAR, la descomposición de la sustancia orgánica (OM), además es la naturaleza del agua lo que crea el olor indeseable (p. 8). Teniendo esto en cuenta, es necesario conocer y tener en cuenta un amplio abanico de características para que las aguas residuales puedan ser controladas sin provocar otros efectos negativos en el tratamiento de las aguas residuales, tales como origen del agua, compuestos olorosos, manipulación, procesamiento, condiciones de dispersión de olores, etc.

Dado que el tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo realizar una labor importante con el fin de preservar el medio ambiente, los recursos naturales y el bienestar humano, es necesario definir tecnologías de tratamiento en plantas de tratamiento de aguas residuales, que ayudarán a reducir la generación de olores, por ser residuos muy peligrosos.

Ante lo descrito, el presente estudio plantea el siguiente problema general: ¿En qué medida las técnicas de mitigación de olores contribuyen en la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas?, y como problemas específicos se presentan: ¿Cuáles son las técnicas de mitigación de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas?, ¿De qué manera las operaciones principales de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas influyen en la generación olores?

De esta misma manera se elaboró el siguiente objetivo general: Determinar en qué medida las técnicas de mitigación de olores contribuyen en la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y como problemas específicos se presentan: Evaluar las técnicas de mitigación de olores en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y Describir como las operaciones principales de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas influyen en la generación olores.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que la población y los recursos naturales son los directamente afectados por la emisión de olores producto de las PTAR, la presente revisión sistemática está basada en un análisis de artículos científicos que pretenden desarrollar los objetivos planteados y es por ello que se justifica teóricamente debido a que se va a realizar una revisión de las principales técnicas de tratamiento que contribuyen a la generación del impacto, de tal modo nos permita identificar los tratamientos que no se deberían realizar y/o se puedan modificar, desde el punto de vista metodológico se justifica debido a que tiene la finalidad de revisar los estudios científicos basados en las técnicas de mitigación de olores que permitan visualizar un desarrollo sostenible de los recursos, desde un enfoque práctico, la revisión sistemática, se basa en la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento de olores para que en conjunto con las PTAR permitan llevar a cabo un adecuado manejo de las aguas residuales domésticas y los gases odoríferos producidos finalmente, desde la perspectiva social, se realiza con el objetivo de concientizar e informar a la población sobre la peligrosidad de verter las aguas residuales sin un previo tratamiento ya que estas impactan a los recursos naturales y al propio ser humano.

II. MARCO TEÓRICO

El OEFA define a las aguas residuales domésticas, como aquellos efluentes de origen residencial y comercial, constituidas por desechos fisiológicos ocasionados a raíz de las actividades humanas.

Wright y Richards (2020), sostienen que las aguas residuales domésticas son aquellas generadas en las actividades domésticas y comerciales, donde se incluyen incluyendo el aseo el baño, el lavado de ropa y las actividades de limpieza de la cocina, que contiene y arrastra materia de desecho sólidos, nutrientes y microorganismos (como bacterias). Así mismo manifiestan que las aguas residuales contienen altos niveles de microorganismos, productos químicos y otros contaminantes capaces de causar enfermedades humanas y de tener un impacto negativo en el medio ambiente local si se vierten sin tratamiento previo (p.2).

Magwaza, et al. (2020), refieren que los sistemas de tratamiento de aguas residuales implican la combinación de una serie de etapas y/o procesos para la descomposición en fracciones de residuos y conlleven a la finalidad de reducir la carga orgánica del efluente para su posterior vertimiento (p.2). No obstante, para Vargas, et al. (2020), el tratamiento de aguas residuales domésticas se emplean principalmente para minimizar o evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas puesto que el vertimiento de los efluentes contaminados se da directamente y con frecuencia en los cuerpos de agua natural (p.316). Del mismo modo, Farkas, et al. (2020), mencionan que las aguas residuales a menudo reciben tratamiento antes de su deliberación al medio ambiente, sin embargo, los métodos de tratamiento pueden ser relativamente ineficaces para eliminar por completo los compuestos contaminantes, siendo la liberación de gases uno de los problemas más recurrentes en los tratamientos (p.3).

Uno de los muy comunes tratamientos que se realizan a las aguas residuales se llevan a cabo en las plantas de tratamiento, las cuales en su mayoría constan de las siguientes etapas: Tratamiento mecánico-separación de todos

los sólidos, cuerpos flotantes, grasas y aceites. Tratamiento biológico-proceso de descomposición de los contaminantes, que suele ocurrir en condiciones aeróbicas debido a los microorganismos. Tratamiento biológico con eliminación de nutrientes, es decir, compuestos de nitrógeno y fósforo eliminación de contaminantes mediante la adición de diversos coagulantes que facilitan el proceso de precipitación de nutrientes. Renovación del agua: uso de varios procesos para mejorar la calidad del agua la calidad del agua, como la filtración, la coagulación, la ósmosis y el intercambio de iones (Gebicki, et al., 2016, p.1).

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una compleja red de sistemas tecnológicos interconectados con diferentes condiciones de proceso en cada etapa del tratamiento. Las aguas residuales que llegan a cada planta de tratamiento, pueden diferir considerablemente en cuanto a sus componentes, lo que define una tecnología adecuada. Sin embargo, pueden generar varios grupos de contaminantes atmosféricos en cada etapa del tratamiento y de la gestión de los lodos (Lewkowska, et al., 2016, p.573).

Sin embargo, desde el aspecto negativo las PTARs, contribuyen a la generación de gases tóxicos y proliferación de olores el cual un indicador o característica de la presencia de gases o partículas en el aire, dando lugar a la contaminación odorífica o denominada también contaminación por olores es ocasionada por la exposición de olores desagradables producidos por las aguas residuales provenientes de las actividades humanas (Araujo, et al., 2021, p.6). Aunque los olores emitidos por las plantas de tratamiento de aguas residuales no son cancerígenos; sin embargo, su presencia en el aire a menudo tiene un efecto desfavorable en las personas induciendo síntomas como dolor de cabeza y mareos, malestar problemas de concentración u otros riesgos para la salud (Gebicki, et al., 2016, p.2).

Gómez (2020), refiere que toda PTAR ya sea de tipo fisicoquímica o biológica, en condiciones aerobias o anaerobias, son susceptible en la generación de olores ofensivos, esto debido al metabolismo de las bacterias anaerobias sulfato-reductoras, no obstante características como el mal diseño y la

deficiencia en la operación de la PTAR pueden ser causas principales en la generación de olores (p.15).

Los olores son compuestos orgánicos o inorgánicos que activan el sentido del olfato y pueden ser percibirse como agradables o desagradables. Algunos, pero no todos, los compuestos que causan olores pueden ser peligrosos para la salud. Algunas sustancias inodoras son muy peligrosas para la salud, por ejemplo, el monóxido de carbono. monóxido de carbono (Burton, et al., 2018, p.4).

Según Calvo y Hernández (2016), mencionan que dentro de este tipo de contaminación se debe realizar el análisis de factores como los procesos de formación de odorantes, la transferencia agua-aire, las condiciones ambientales, topografía, etc., (p.11).

Tabla 1. Factores que inciden en la liberación de gases odoríficos

Factores que permiten la liberación de gases odoríficos	FACTORES	DESCRIPCIÓN
	Solubilidad del gas	La liberación de gases odoríferos se da debido a la solubilidad del gas disuelto.
	Concentración de compuestos	En la fase gaseosa y líquida se lleva a cabo la concentración de los compuestos orgánicos e inorgánicos que producen los olores.
	Coeficiente de transferencia	Afectados por la turbulencia, los factores de coeficiencia de transferencia de masa volumétrica conllevan a la generación de gases.
	Temperatura	A mayor temperatura se produce el descenso en la solubilidad del gas y por ende mayor tasa de transferencia.
	pH	Tener en cuenta que el pH ácido permite la liberación de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S), así mismo un pH alcalino conduce a la liberación de amoníaco, compuesto tóxicos y peligroso.
	Diseño de la PTAR	La mala estructura de la PTAR en referencia a las dimensiones no es

		adecuada para la cantidad y tipo de contaminantes.
	Errores humanos	La operación de las plantas debe estar supervisado por personal capacitado y competente puesto que un error o deficiencia del operador puede conllevar al mal funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la siguiente imagen una PTAR con método de lodos activados emite en cada proceso un porcentaje de olor siendo en el proceso de almacenamiento de lodos con un 26% donde se genera mayor emisión de gases odoríficos así mismo se puede observar que en su propia naturaleza en efluente ingresa con un menos porcentaje de olor es decir solo el 4%.

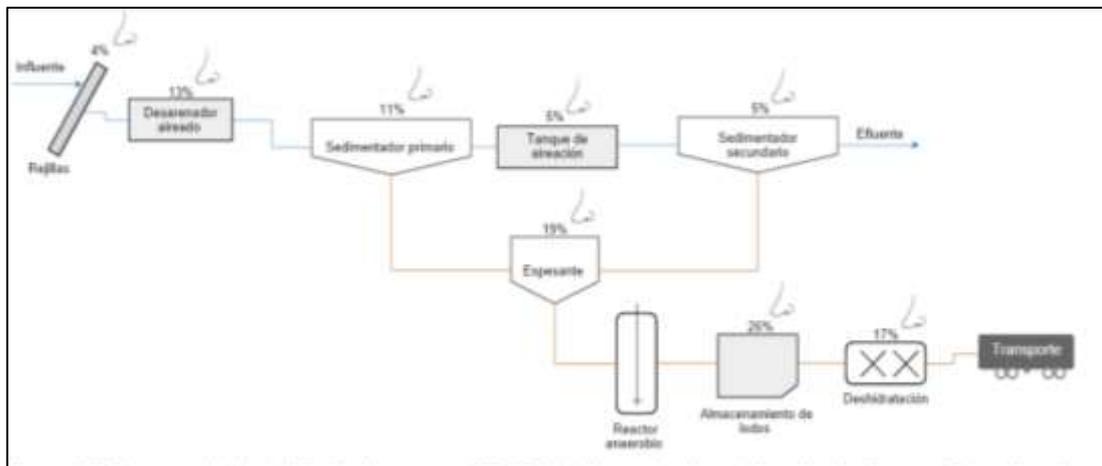


Figura 1. Porcentaje de emisión de olor en una PTAR de lodos activados

Fuente: Calvo y Hernández, 2016, p.14

Los compuestos odoríferos se encuentran desde un inicio en los influentes de las aguas, y luego se generan debido al transporte del agua y/o los procesos durante su tratamiento, dichos compuestos asociados a los olores se relacionan en su mayoría por compuestos sulfurosos, nitrogenados, ácidos orgánicos o cetonas.

Para Forero, et al. (2021), los olores ofensivos producidos en las PTAR son producto de una mezcla de compuestos volátiles, asociados a la propia naturaleza del agua residual, degradación de la materia orgánica, así mismo

menciona que se producen por las reacciones químicas durante el tratamiento primario (p.82).

Tabla 2. Compuestos odoríferos de las ARD

Compuestos odoríferos	CARACTERÍSTICAS
Ácido Sulfhídrico	<ul style="list-style-type: none"> - Se genera de la reducción biológica del sulfato. - La generación del H₂S ocurre en la capa de lodo. - La difusión del H₂S se produce debido a las condiciones anaeróbicas existentes. - La turbulencia también puede causar liberación de H₂S.
Compuestos Sulfurosos Orgánicos	Las aguas servidas y sus residuos expuestos a condiciones anaeróbicas normalmente contienen compuestos sulfurosos reducidos distintos al H ₂ S que pueden contribuir al olor característico del material que lo genera.
Amoníaco y Compuestos Nitrogenados	<ul style="list-style-type: none"> - El amoníaco se encuentra típicamente en concentraciones de 35 a 60 mg/L. - a pH neutro, contribuye a las emisiones de olores. - La elevación de la temperatura facilita la liberación de amoníaco como gas

Existe una extensa gama de tecnologías para el control de olores dentro de las que se encuentran tratamiento biológico, químicos y físicos, no obstante, afirma que la selección de la técnica adecuada debe basarse en las especificaciones de la planta ya que todas son diferentes en algunos aspectos, es por ello que antes de aplicar una tecnología es importante tomar en cuenta la eficiencia del tratamiento para disminuir los olores, el consumo de energía, material e insumos, las ventajas y desventajas, los costos de aplicación, entre otros, (Betancur, 2017, p.23).

Dentro de los estudios previos se encuentran.

Ren Baiming et al., (2021), en su estudio presenta como objetivo eliminar los contaminantes en las aguas residuales mediante un nuevo biofiltro de flujo

vertical aireado con gas oloroso a base de lodo de alumbre (AI-OAF) desarrollado y, simultáneamente, eliminar el H₂S generado en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Para lo cual se realizó la siguiente metodología; se operaron tres columnas paralelas a escala de laboratorio en un modelo por lotes mientras se aireaban intermitentemente con 200 ppm de H₂S (AI-OAF), aire (AI-AF) y sin airear (AI-F, como blanco), respectivamente. Los contaminantes en las aguas residuales y la concentración de H₂S efluente de AI-OAF fueron monitoreados regularmente. Donde los resultados mostraron que tres columnas presentaron una alta eficiencia de remoción (> 98%) de fósforo total (TP) y una remoción completa de H₂S (100%) en AI-OAF. AI-OAF y AI-AF podrían mejorar la eficiencia de eliminación de la demanda química de oxígeno (DQO) de 94,3 ± 3,0, 94,8 ± 1,9% y nitrógeno total (TN) de 86,2 ± 14,2, 91,6 ± 5,4%, respectivamente. Concluyendo que el el nuevo AI-OAF (aireado con gas residual) sería una "sabia elección" prometedora para el biofiltro intensificado con doble objetivo de purificación simultánea de aguas residuales y eliminación de H₂S.

Liu Jianwei et al., (2021), presenta como objetivo de estudio adoptar un biorreactor combinado a gran escala con una zona de aireación biológica (BAZ) y una zona de filtración biológica (BFZ) para tratar olores, compuestos orgánicos volátiles (COV) y aerosoles emitidos desde un vertedero. Donde como metodología el BAZ e basa principalmente en microorganismos en suspensión que degradan sustancias con alta solubilidad en agua, mientras que el BFZ se divide en una unidad de biofiltración ácida (ABU) y una unidad de biofiltración neutra (NBU) para eliminar aún más los contaminantes restantes. Donde el resultado señala que se lograron eficiencias promedio de remoción (ER) de 97.21%, 98.89%, 92.44%, 73.12% y 81.89% para H₂S, NH₃, COV, bacterias cultivables y hongos, respectivamente, durante el período de operación estable. En particular, las concentraciones de iones solubles en agua (WSI), incluido SO₄²⁻, NO₂⁻, NO₃⁻ y Cl⁻ en aerosoles, se redujeron significativamente mediante el biorreactor combinado

Fang F. et al., (2021), presenta en su estudio el objetivo de investigar la eficiencia de la desodorización, el rendimiento del tratamiento de aguas residuales y los efectos microbiológicos y ecológicos de la difusión de AS en dos biorreactores de membrana in situ (MBR). Dando como resultado que la difusión de AS eliminó $\geq 94,7\%$ de H_2S y 100% de NH_3 , mientras que otros olores se liberaron en concentraciones bajas. El sistema de difusión de olores también logró un rendimiento apreciable en el tratamiento de aguas residuales (fosfato efluente a $0,13 \pm 0,12$ mg / L, DQO a $12,1 \pm 1,8$ mg / L y nitrógeno total a $5,9 \pm 1,8$ mg-N / L), mientras que el ensuciamiento de la membrana fue mitigado. Concluyendo que los hallazgos brindan una guía valiosa para el establecimiento de sistemas AS eficientes para el tratamiento integrado de aguas residuales y olores.

Kasperczyk Damian et al., (2019), en su estudio probó un biorreactor de lecho percolador compacto (CTBB) para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) presentes en el aire de escape de una planta de tratamiento de aguas residuales. Donde tuvo como resultados que las eficiencias de eliminación de H_2S y VOC fueron $> 95\%$. El CTBB fue diseñado para una máxima H_2S concentración de ~ 200 ppm y de eliminación de la eficiencia $> 97\%$ se observaron. Las concentraciones de COV estaban en el rango de 25 a 240 ppm y la eficiencia de eliminación estuvo en el rango de 85 a 99%.

Asadi M. y Mcphedran K., (2021), en su estudio señala que el objetivo fue determinar el gas de efecto invernadero (incluyendo dióxido de carbono, CO_2 ; metano, CH_4 ; y óxido nitroso, N_2O) y olor (incluyendo amoníaco, NH_3 ; y sulfuro de hidrógeno, H_2S) estimaciones de la tasa de emisión (ERE) de los procesos abiertos al aire de un MWTP tipo eliminación biológica de nutrientes (BNR) en Saskatoon, SK, Canadá. La metodología utiliza reactores a escala de laboratorio que simulaban procesos de tratamiento anaeróbico, anóxico, aeróbico y de sedimentación para monitorear los ERE de gas utilizando muestras de aguas residuales tomadas de los procesos MWTP análogos durante las temporadas de invierno y verano. Donde los resultados indicaron que los ERE de invierno generales para CO_2 , CH_4 y N_2O fueron 45,129 kg

CO₂ / d, 21,9 kg CH₄ / d, y 3,20 kg N₂O / d, respectivamente, mientras que los H₂S ERE fueron insignificantes.

Liu Jianwei et al., (2020), presentó como objetivo la eliminación simultánea de olores, compuestos orgánicos volátiles (COV) y bioaerosoles en cada unidad de un reactor integrado (FIR) a gran escala en una sala de deshidratación de lodos. Presentando como resultados, que las eficiencias medias de eliminación (ER) de olores, COV y bioaerosoles se registraron en 98,5%, 94,7% y 86,4%, respectivamente, a un caudal de entrada de 5760 m³/h. El RE de cada unidad disminuyó y la zona de adsorción de carbón activado (AZ) jugó un papel más importante a medida que aumentaba el caudal de entrada. Los RE de los compuestos hidrófilos fueron más altos que los de los compuestos hidrófobos.

Qiu X. y Deshusses M., (2017), presenta como objetivo investigar la influencia de diferentes relaciones H₂S / O₂ sobre el rendimiento de eliminación y el destino de los productos finales de azufre y como metodología el nuevo filtro biperickling utiliza un monolito en forma de panal impreso en 3D como lecho filtrante, donde la concentración de H₂S de entrada en el biogás mímico se controló alrededor de 1000 ppm y el tiempo de residencia del gas de lecho vacío (EBRT) fue de 41 s correspondiente a una tasa de carga de 127 g S – H₂S m⁻³ h⁻¹. Los resultados indicaron que a una H₂S / O₂Se obtuvo una relación molar de 1: 2, una eficiencia de remoción promedio del 95% y una capacidad de eliminación de 122 g H₂S m⁻³ h⁻¹.

Wang Zongping et al., (2020), realizó como metodología, que tres tipos de lodos de un tanque de sedimentación secundario (SST), un tanque de digestión (DT) y un tanque aeróbico que trata el lixiviado de un relleno sanitario. (AT_leachate) se utilizaron para tratar sedimentos de color negro, respectivamente. Dando como resultado que los tres tipos de lodos activados mejoraron el rendimiento del tratamiento de sedimentos. El lodo de SST funcionó mejor con la dosis óptima de 2.56 g / (kg de sedimento), y la remoción de nitrógeno y orgánicos alcanzó 57.03 y 28.14%, respectivamente. Concluyendo que este estudio proporciona una estrategia eficiente para el

tratamiento de sedimentos de color negro, y también da cuenta de la utilización completa de los lodos residuales activados.

De sanctis M. et al., (2022), tiene como objetivo principal determinar la eficacia de la tecnología MULESL desarrollada recientemente para eliminar CEC y limitar las emisiones de olores de las EDAR. Dando como resultados que, ambas plantas lograron eliminar los parámetros brutos tradicionales que caracterizan las aguas residuales (por ejemplo, demanda química de oxígeno, nitrógeno), el MULESL fue mucho más eficaz que el convencional en términos de eliminación de CEC para aproximadamente el 60% de los compuestos identificados, mostrando, sin embargo, el mismo o menor efectividad para aproximadamente el 30% y el 10% de ellos, respectivamente. Concluyendo que el análisis del impacto de los olores ha demostrado que el MULESL se caracterizó por un impacto mucho menor, es decir, un 45% menor que el de los tratamientos primarios y secundarios de la EDAR convencional.

Barona Astrid et al., (2021), Este estudio aborda el desafío de diseñar una estructura para convertir un depurador químico que actualmente opera en una EDAR con una capacidad de 6400 habitantes equivalentes (PE) en un biorreactor modular sin ninguna modificación real de la estructura del depurador. Teniendo como metodología de estudio que, el interior del reactor se dividió en tres niveles o plataformas para la sujeción del biomaterial, y las partes correspondientes fueron fabricadas en PVC, con la excepción de los tornillos y travesaños. Donde los resultados muestran, que el biofiltro convertido con un caudal de entrada de 1150 m³/h podría generar eficiencias de eliminación simultánea superiores al 90% para H₂S y NH₃. En cuanto al estudio de viabilidad, los ahorros anuales por eliminación del consumo de químicos rondaron el 9,7% del costo total de inversión.

Gebicki, Byliński y Namieśnik (2016), en su estudio presentó información sobre las técnicas de medición utilizadas para la evaluación de la calidad del aire en términos de intensidad olfativa resultante del funcionamiento de las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales. Se presentan las ventajas e inconvenientes de las técnicas de medición utilizadas. Se describen

las fuentes de emisión de sustancias malolientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y se caracterizan las sustancias malolientes emitidas. También se presentaron las tendencias en el desarrollo del análisis y el seguimiento de las sustancias malolientes en el aire.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación se basa en un tipo aplicada, la cual para Vargas (2009), refiere aquel estudio que permite dar solución a una problemática, y se desarrolla mediante la búsqueda de conocimientos previamente adquiridos, así mismo tiene la característica de analizar las situaciones para implementar estrategias innovadoras y crear nuevas alternativas (p.158-159). No obstante, este tipo de investigación aplicada también se define como utilitaria, ya que propone problemas concretos para la búsqueda de soluciones inmediatas, con el fin de llevar a cabo las acciones de solución mediante la integración de teorías pre existentes (Baena, 2017, p.17-18).

Ante ello, la presente revisión sistémica, se desarrolla bajo teorías ya existentes, con la finalidad de buscar información y estudios previos que involucren la aplicación de técnicas de mitigación para el control de olores producidos en las PTARs.

Por otro lado, se considera el enfoque cualitativo puesto que nace de una literatura existente, y utiliza la recolección y análisis de datos (denominados evidencias e información de situaciones o eventos sucedidos) para precisar las interrogantes de la investigación o manifestar nuevas. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.7-9). Así mismo. el enfoque cualitativo también consiste en un proceso reflexivo es decir opera cada etapa de un proyecto o problemática para posterior toma de decisiones o soluciones (Maxwell, 2019, p.17).

El diseño de investigación usado, es de narrativo de tópico, ya que, en el diseño fue narrativo el investigador analiza diversos puntos de los pasajes del autor, como como donde sucedieron los hechos y cómo sucedieron, así también en los personajes involucrados (Salgado, A., 2007, Pág. 73).

3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 3. Matriz de Categorización Apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Indicadores	Referencias
Evaluar las técnicas de mitigación de olores en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.	¿Cuáles son las técnicas de mitigación de olores en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas?	Técnicas de mitigación de olores	Técnicas fisicoquímicas	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorción • Depuración química 	Ren, et al. (2019) Alinezhad, et al. (2019)
			Técnicas biológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Biofiltración • Biopercolado • Biodepuración • Difusión de lodos activados 	Ren, et al. (2019) Shrestha y Malla (2021) Giungato, et al (2018)
			Limitaciones en función al:	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminante • Gas • Sistema • Remoción 	Ren, et al. (2019) Liu, et al. (2020)
Describir como las operaciones principales de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas influyen en la generación olores.	¿De qué manera las operaciones principales de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas influyen en la generación olores?	Planta de agua residual doméstica	Principales operaciones Unitarias	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos físicos • Químicos • Biológicos 	Iyare, et al., (2020) Rout, et al. (2021)
			Componentes químicos de los olores	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfuros • Nitrogenados • Cova • Mercaptanos • Ácidos orgánicos derivados y • Ácidos carboxílicos 	(Gebicki, et al., 2016, p.3) (Sáenz, et al., 2015)
			Agua residual domestica	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización • Detección del gas 	Alinezhad, et al (2019)

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

En lo que concierne a este aparte, estuvo constituido por todos aquellos artículos científicos que versan sobre las técnicas de mitigación de olores en plantas de tratamientos de aguas domesticas para lo cual se consideraron estudios descriptivos correlaciones, experimentales y proyectivos hechos en diferentes partes del mundo.

3.4 Participantes

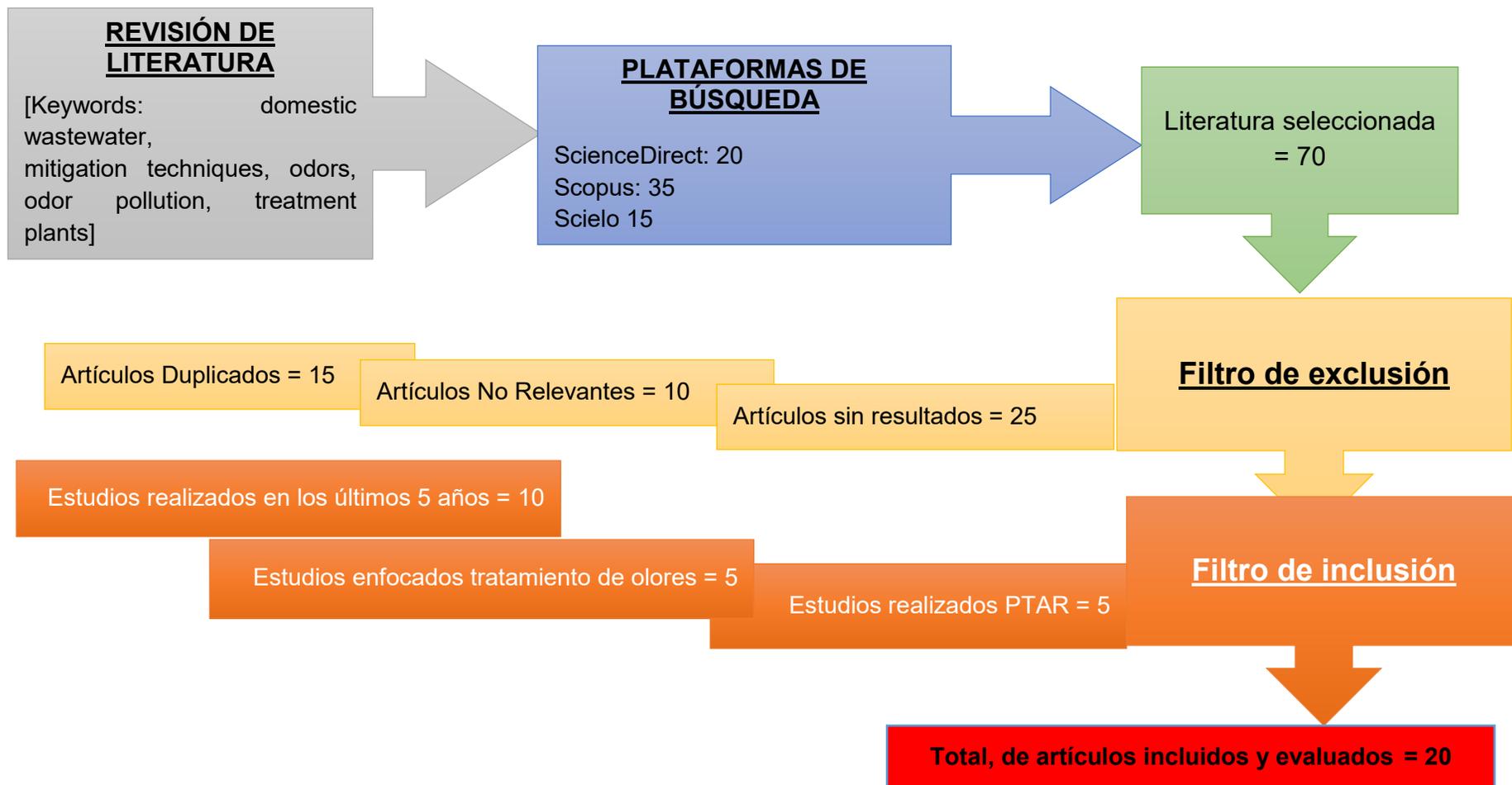
Para Hernández et al. (2014), los participantes corresponden al conjunto, que puede ser finito o infinito, que guardan singularidad con los propósitos de la revisión bibliográfica hecha. Los participantes que involucran al estudio son las fuentes de extracción de diversos estudios científicos; son portales web y páginas institucionales indizadas con acceso abierto a todas las partes del mundo y brindan la oportunidad de poder estudios virtuales; como revistas científicas y artículos científicos; siendo únicamente de interés los estudios enfocados en técnicas de mitigación de olores en plantas de tratamientos de aguas domésticas. Los participantes empleados en esta investigación son: Sciencedirect, Scielo y Scopus.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación sistemática la técnica usada será el análisis documental y el instrumento de recolección de datos, la ficha de análisis. Ello es debido a que el análisis documental permite recaudar objetivamente información del artículo que serán empleados en el estudio; ejerciendo el poder de una búsqueda más rápida y clara; en lo que se usará la ficha de análisis propuesta (Ver anexo N°1). Esta ficha es un documento en el que se detallan datos de los estudios usados; señalando los datos de autor, datos generales de los estudios como: objetivos, metodologías usadas, resultados, conclusiones, etc.

3.6 Procedimientos

Los artículos seleccionados para el estudio pasaron por un proceso de selección y de filtros, tal como se muestra en el siguiente esquema.



3.7 Rigor científico

Esta revisión documental dada su naturaleza cualitativa esta inextricablemente vinculada con la rigurosidad científica con base a la doctrina reduccionista en virtud de que se relaciona con la realidad coherentemente con esta lo que permite a su vez una trazabilidad de los resultados lo que conlleva a que los resultados obtenidos son fiables e impecables sin haber conflictos entre los diferentes métodos (Fernández et al, 2020).

De acuerdo a la Dependencia, esta referida a la eventualidad de que los resultados de un diseño sean replicables si otros investigadores siguen las mismas técnicas, instrumentos y diseño de la investigación con relación al objeto de estudio abordado (Pérez et al., 2020). En ese orden de ideas, se precisa que haya claridad en los propósitos del estudio y la metodología utilizada para tal fin (Henttonen et al, 2021). Por esas razones, se requiere una profunda comprensión del objeto de estudio para que la selección de los documentos a emplearse en la revisión tenga singularidad con el objeto de estudio que para el caso que ocupa este estudio lo representan las técnicas de mitigación de los olores en las EDAR.

Con respecto a la credibilidad, este criterio se determina la autenticidad de la revisión la cual contribuye al corpus de conocimientos teóricos y las investigaciones científicas hechas hasta el momento de la revisión. Visto desde esa perspectiva, este criterio garantiza la vinculación directa entre los artículos consultados y el objeto de estudio de la revisión lo cual servirá para investigaciones posteriores (Brunod et al, 2020). En ese sentido, los artículos consultados están publicados en revistas indexadas en base Scopus en su mayoría en el idioma inglés derivados de investigaciones hechas en diversas partes del mundo.

Por parte de la transparencia, los resultados son propios de la investigación cualitativos, representa la suspicacia de suplantar los estudios realizados de otras investigaciones que tengan otro tipo de enfoque. Pueden llevarse a otro

ambiente o una situación parecida y aun así siguen conservando su significado. Además, el fin de una investigación cualitativa no es crear generalidades, pues la comprensión profunda de la temática y el conocimiento es su objetivo, unificando en las semejanzas generales de los descubrimientos que presentan (Ghorbani et al, 2021).

Este es el resultado de la investigación cualitativa y demuestra el escepticismo de los estudios alternativos realizados por otros tipos de investigación con un enfoque diferente. Es decir, un estudio puede llevarse a cabo en un entorno diferente o a una situación similar y seguir manteniendo los resultados. Además, el objetivo de la investigación cualitativa no es crear generalidades, ya que su meta es una comprensión profunda del tema y del conocimiento, para acordar las similitudes comunes de los resultados (Ghorbani et al., 2021).

Por ello, esta revisión bibliográfica estuvo enfocada en la búsqueda de investigaciones hechas en el ámbito mundial acerca de las técnicas de mitigación de los olores en las EDAR a través del análisis de las propiedades y características de cada uno de ellos con relación al objeto de estudio.

Con respecto a la confirmación también se conoce como auditabilidad, es la capacidad de otro investigador de seguir el camino utilizado por el investigador original con base en la confianza y credibilidad depositada en los resultados. Al revisar la literatura, las ideas se utilizan de forma temática, lo que permite que otros examinen los datos, los principios del estudio y lleguen a una síntesis similar para desarrollar una investigación igualmente orientada lo que demuestra la ética y la deontología del investigador (Geng & Wharton, 2019).

3.8 Método de análisis de la Información

A los fines de orientar el análisis de los resultados, se diseñó una matriz apriorística, la cual está compuesta, la cual generó las siguientes categorías: para primer objetivo y problema específico la categoría Procesos generados en PTAR (Vargas, et al., 2020, p.316), siendo las subcategorías procesos primarios

(Físicos), secundarios (Químicos) y terciarios (Biológicos), (Iyare, et al., (2020) para el segundo objetivo y problema específico la categoría Técnicas de tratamiento de olores (Ren, et al., 2019, p. 1448), siendo las subcategorías métodos químicos, métodos físicos y métodos Biológicos (Barbusinski, et al., 2017), finalmente para para el tercer objetivo y problema específico la categoría Tipo de compuestos odoríficos (Gebicki, et al., 2016, p.3), siendo las subcategorías sulfuros, nitrogenados, Covs, mercaptanos, ácidos orgánicos y derivados, ácidos carboxílicos (Sáenz, et al., 2015).

3.9 Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación cumplió con garantizar los aspectos de veracidad, pasando la presente revisión sistemática por el programa antiplagio (Turnitin), así también cumpliendo con lo estipulado por la resolución rectoral N° 0089-2019 y la debida cita de las fuentes usadas, mediante la Norma ISO 690.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación al primer objetivo planteado “Evaluar las técnicas de mitigación de olores en una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas”, se tiene como resultados para la categoría principal “técnicas de mitigación de olores”, lo descrito en la siguiente tabla.

Tabla 4. Técnicas de mitigación de olores

Tipo de técnica	Descripción	Referencias
Fisicoquímicas	Los procesos fisicoquímicos son tecnologías bien conocidas, ampliamente establecidas y fiables. Esto se debe principalmente al corto tiempo de retención del gas, la amplia experiencia en el diseño y la operación. Las eficiencias de eliminación de hasta el 98% para el H ₂ S y del 99,8% para el NH ₃ . Sin embargo, esta técnica es relativamente costosa y produce contaminantes secundarios.	Ren, et al. (2019) Alinezhad, et al. (2019)
Biológicas	El proceso biológico suele considerarse una vía rentable y ecológica para la purificación de las corrientes de gas. El principal impacto medioambiental de las técnicas biológicas se debe al elevado consumo de agua para mantener la actividad biológica. Así mismo, ha demostrado ser uno de los métodos más prometedores en el tratamiento de olores de las PTAR. La eficiencia de eliminación de un gas oloroso es generalmente satisfactoria.	Ali (2018) Alinezhad, et al. (2019)

Elaboración propia

Para, Barbusinski, et al. (2017) las tecnologías físicas y químicas han sido ampliamente utilizadas debido a su bajo tiempo de residencia en el lecho vacío (EBRT), lo que conduce a un mayor número de tratamientos y permite un equipo

compacto y una rápida puesta en marcha, así como una amplia experiencia en el diseño y el funcionamiento acumulada durante varias décadas, y su idoneidad para flujos de gases residuales de gran caudal y alta concentración de contaminantes. No obstante, refieren que los métodos biológicos de reducción de olores son más respetuosos con el medio ambiente que las tecnologías físicas y químicas porque los procesos biológicos no requieren el químico y pueden llevarse a cabo a temperaturas normales, en comparación con los tratamientos fisicoquímicos.

Sin embargo, Ren, et al. (2019), manifiesta que en las últimas décadas los sistemas biológicos se han implantado cada vez más debido a su capacidad para tratar eficazmente las emisiones malolientes a con menores costes de explotación. Las principales ventajas de las biotecnologías comparadas con sus homólogas físico-químicas se derivan de su baja generación de residuos secundarios y su baja demanda de recursos, como productos químicos o medios adsorbentes.

Lewkowska, et al. (2016), de acuerdo con Ren, et al, mencionan que hay que tener en cuenta que la aplicación de métodos físicos de emisión de olores no suele resolver el problema por completo es por ello que la aplicación de métodos biológicos permite con mayor eficiencia neutralizar los olores emitidos y evitar la introducción de una corriente adicional de contaminantes caracterizada por una sensación de olor desagradable en el aire

Ahora bien, de los dos tipos de técnicas (fisicoquímicas y biológicas) para el control de olores, que se denotan en la tabla 4, se tienen diversos sistemas que permiten que los gases odoríficos de las aguas residuales sean controlados, dichos sistemas se describen a continuación.

Tabla 5. Técnicas fisicoquímicas de mitigación de olores

TÉCNICAS FISICOQUÍMICAS			
Sistema	Tipo de sistema	Descripción	Referencias
Adsorción	<ul style="list-style-type: none"> - Torre de empaque - Lecho estático (columnas cilíndricas) 	<p>Los sistemas son rellenos con material adsorbente (materia granulada, carbón activado granular, sílica-gel, resinas sintéticas, zeolita, etc.).</p> <p>El gas oloroso pasa por la columna en contracorriente con aire hasta lograr romper el olor</p>	<p>Ren, et al. (2019)</p> <p>Shrestha y Malla (2021)</p> <p>Giungato, el al (2018)</p>
Depuración química	<ul style="list-style-type: none"> - Depurador de contracorriente - Depurador de flujo cruzado - Depurador de riesgo 	<p>Los sistemas están en función a una carcasa vertical, donde el gas asciende a través del material húmedo adsorbente, para entrar en contacto con la solución líquida que desciende y circula por un cierto tiempo mediante el bombeo. Así mismo los productos químicos son introducidos por los sumideros o tuberías de recirculación.</p>	<p>Ren, et al. (2019)</p>

Elaboración propia

Tabla 6. Técnicas biológicas de mitigación de olores

TÉCNICAS BIOLÓGICAS			
Sistema	Tipo de sistema	Descripción	Referencias
Biofiltración	- Lecho compacto (compost, turba, corteza o una mezcla de ellos)	El proceso consiste en hacer pasar el aire contaminado, en flujos controlados, por un medio filtrante que elimina las sustancias generadoras de malos olores por procesos biológicos (bacterias), los contaminantes son absorbidos por el material filtrante y degradados por la biopelícula	Ren, et al. (2019) Shrestha y Malla (2021)
Biopercolado	- Sales inorgánicas, espuma de poliuretano, fibras de carbón activado, bolas huecas multisuperficiales,	El gas oloroso es forzado a través de un lecho empacado lleno de un material portador químicamente inerte que es colonizado por microorganismos. El medio líquido circula por el lecho compacto y los contaminantes son absorbidos por la biopelícula del material de soporte.	Ren, et al. (2019)
Biodepuración	- Torre de absorción	El contaminante se adsorbe en una fase acuosa en una torre de absorción y luego es convertido por los microorganismos activos en CO ₂ , H ₂ O y biomasa en una unidad separada de lodos activados, el efluente se hace circular sobre la torre de absorción en	Ren, et al. (2019)

TÉCNICAS BIOLÓGICAS			
Sistema	Tipo de sistema	Descripción	Referencias
		forma de contracorriente.	
Difusión de lodos activados	- Transferencia de masa	Consiste en la transferencia de masa de una mezcla en fase gaseosa a un absorbente líquido. La recogida del gas oloroso y su desviación a una balsa de aireación de lodos activados, donde los olores pueden eliminarse con una tecnología relativamente.	Ren, et al. (2019) Shrestha y Malla (2021)

Elaboración propia

Shrestha y Malla (2021) consideran que los biofiltros son los más eficaces para la eliminación de contaminantes ya que su caracterización es relativamente fácil en comparación con otras técnicas de reducción de olores, sin embargo, estos requieren altos costos de inversión y funcionamiento.

Por otro lado, Giungato, et al. (2018), refiere que la elección de un método adecuado para el tratamiento de olores y sus compuestos debe ser rigurosamente seleccionado ya que puede tener implicancias significativas y consecuentemente su rendimiento, es por ello que se recomienda elegir métodos que reflejen lo más fielmente posible la liberación de los compuestos volátiles activos al olor. Es por ello que Wysocka, et al. (2019), también afirma que la selección de la técnica de desodorización adecuada depende de: Las técnicas aplicadas en las plantas que tienen un perfil de producción similar, la intensidad de la emisión de sustancias olorosas, el carácter de las sustancias emitidas, el contenido total de contaminantes, conocimiento de una tecnología concreta aplicable a una fuente específica.

Tabla 7. Limitaciones de las técnicas de mitigación de olores

Tipo de técnica	Sistema	Limitaciones en función a:				Referencias
		Contaminante	Gas	Sistema	% de remoción	
Fisicoquímicas	Adsorción	<ul style="list-style-type: none"> Eficaz sólo en pequeñas concentraciones del contaminante. 	<ul style="list-style-type: none"> Alto contenido de humedad de las emisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> Costos de operación elevados. Corta vida útil. Simplicidad del mecanismo. 	90-99%	<p>Ren, et al. (2019)</p> <p>Liu, et al. (2020)</p>
	Depuración química	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de eliminar partículas y contaminantes en altas concentraciones. Puede formar subproductos perjudiciales. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de purificar gran volumen de aire en poco tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> Tratamiento secundario de los lodos sobrantes. Requiere gran cantidad de reactivos químicos. Requiere gran cantidad de agua. Alto consumo de energía. Alta peligrosidad de los reactivos. 	99%	<p>Ren, et al. (2019)</p> <p>Liu, et al. (2020)</p>

Tipo de técnica	Sistema	Limitaciones en función a:				Referencias
		Contaminante	Gas	Sistema	% de remoción	
Biológicas	Biofiltración	<ul style="list-style-type: none"> Baja caída de presión y aptitud para tratar grandes volúmenes de gases olorosos de baja concentración. Baja eficiencia en el tratamiento de alta concentración de contaminantes. 	<p>Control de pH</p> <ul style="list-style-type: none"> Contenido de humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> Se lleva a cabo en temperaturas moderadas (10-40°C). Baja inversión y costes de funcionamiento. Ausencia de flujos de residuos secundarios. Sustitución del lecho filtrante cada 2-5 años y riesgo de obstrucción del lecho por partículas. Acumulación de subproductos inhibidores. 	90-100%	<p>Ren, et al. (2019)</p> <p>Liu, et al. (2020)</p>

Tipo de técnica	Sistema	Limitaciones en función a:				Referencias
		Contaminante	Gas	Sistema	% de remoción	
	Biopercolado	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación eficaz de los contaminantes, incluidos los que producen ácido. • Los reactores pueden eliminar altas concentraciones de H₂S. 		<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología sencilla y de bajo costo. • Goteo continuo en el empaque. • Se debe añadir compuestos como nitrógeno, fosforo, potasio, etc. • Se opera en temperaturas de 10 a 40 °C. 	90-100%	<p>Ren, et al. (2019)</p> <p>Liu, et al. (2020)</p>
	Biodepuración	<ul style="list-style-type: none"> • Trata altas concentraciones del contaminante. • Generalmente están diseñados para la eliminación de un solo contaminante. • Baja capacidad de eliminación en contaminantes poco solubles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trata altos flujos de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> • La eficacia del tratamiento se ve reducida por el área de contacto especial de gas/líquido. • Elevada caída de presión. 	90-99%	<p>Ren, et al. (2019)</p> <p>Liu, et al. (2020)</p>

Tipo de técnica	Sistema	Limitaciones en función a:				Referencias
		Contaminante	Gas	Sistema	% de remoción	
	Difusión de lodos activados	<ul style="list-style-type: none"> Falta de data fiable en la eficiencia de tratamiento para COV olorosos 	<ul style="list-style-type: none"> Tratamiento simultáneo de aire y aguas residuales 	<ul style="list-style-type: none"> Alternativa de bajo costo. Posibilidad de corrosión en los equipos 	95%	Ren, et al. (2019) Liu, et al. (2020)

Tabla 8. Tipos de procesos realizados en PTAR

Tipo de tratamiento	Tipo de proceso	objetivo	Operaciones unitarias	Operaciones que generan gas odorífico	Concentración de olor	Autor
Pretratamiento	Procesos físicos	Pretende la eliminación de materiales gruesos como trapos, palos, materiales flotantes, arena y grasa.	<ul style="list-style-type: none"> Rejillas Tamices Sedimentadores Desarenadores Trampa de grasas 	<ul style="list-style-type: none"> Desarenador Sedimentadores 	30 000 OU/M3	lyare, et al., (2020) Rout, et al. (2021)

Tipo de tratamiento	Tipo de proceso	objetivo	Operaciones unitarias	Operaciones que generan gas odorífico	Concentración de olor	Autor
Tratamiento primario	Procesos físico-químicos	Tiene como objetivo eliminar material sedimentable y/o flotante	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Decantación Primaria ▪ Tratamientos fisicoquímicos (coagulación floculación) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Decantación primaria 	1 000 OU/M3	lyare, et al., (2020) Rout, et al. (2021)
Tratamiento secundario	Procesos biológicos	Consiste en procesos biológicos que tienen el fin de eliminar la materia orgánica coloidal.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Degradación bacteriana ▪ Decantación secundaria 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Degradación bacteriana ▪ Biotratamiento 	300 OU/M3	lyare, et al., (2020) Rout, et al. (2021)
Tratamiento terciario	Procesos físicos, químicos y biológicos	Su finalidad es eliminar contaminantes como los sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Floculación ▪ Filtración ▪ Desinfección 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Floculación 		lyare, et al., (2020) Rout, et al. (2021)

Elaboración propia

Alinezhad, et al (2019), Los compuestos olorosos se producen principalmente durante los metabolismos biológicos en los sistemas de recogida y tratamiento de aguas residuales (Jaber et al., 2014). Por lo general, las principales fuentes de olor que se encuentran en las EDAR son el amoníaco (NH₃) y el el sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Rout, et al. (2021) menciona que las PTAR generalmente emplean una etapa de tratamiento primaria, una secundaria y ocasionalmente un tratamiento terciario, donde las etapas de tratamiento primario están destinadas a eliminar los sólidos suspendidos y coloidales, mientras que el tratamiento secundario tiene como objetivo eliminar los orgánicos o los nutrientes a través de las degradaciones biológicas, del mismo modo, las etapas de tratamiento terciario destinadas a la eliminación de nutrientes, sólidos en suspensión y patógenos. Ante ello, Lesimple, et al. (2020), manifiesta que la combinación de diferentes técnicas en las etapas primarias, secundarias y terciarias contribuyen en gran medida a la eliminación de contaminantes que generan impactos en ambiente. Sin embargo, para lyare, et al., (2020), los procesos primarios donde se incluyen el cribado y la sedimentación son relevantes en las plantas de tratamiento ya que pueden eliminar entre el 84 y el 88% de pequeños residuos antropogénicos.

Por otro lado, Mamandipoor, et al (2020) afirman que las PTARs son infraestructuras clave para la protección del medio ambiente. Sin embargo, al ser un gran consumidor de energía es especialmente importante garantizar que estas plantas sean operadas de manera que se optimice la eficiencia del tratamiento y el consumo de energía. Además, corrobora que los procesos en las PTAR permiten mantener un alto rendimiento y bajas emisiones.

Sin embargo, Rout, et al. (2021), también afirma que las PTAR convencionales son las tecnologías estándar para eliminar una amplia gama de contaminantes, incluidas las partículas en suspensión y coloidales orgánicos disueltos, nutrientes y patógenos de las aguas residuales; aunque no están diseñadas específicamente para la eliminación eficiente de los contaminantes emergentes.

Wysocka, et al. (2019), a oxidación térmica, la adsorción y la biofiltración han demostrado ser las técnicas de final de tubería más eficaces para el tratamiento de los residuos. técnicas de final de tubería más eficaces para reducir la emisión de olores con una depuración de hasta el 99,9%.

Numerosos compuestos odoríferos se encuentran permanente y dispersos en las aguas residuales domesticas los cuales se asocian a los olores perturbadores que se producen durante su tratamiento, siendo los compuestos sulfurosos, nitrogenados, ácidos orgánicos y cetonas los más comunes, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Componentes químicos odoríficos

Clasificación	Nombre del compuesto	Fórmula	Descripción del olor	autor
Sulfuros	Dimetilsulfuro	(CH ₃) ₂ S	Repollo descompuesto	Ren, et al. (2019)
	Difenilsulfuro	(C ₆ H ₅) ₂ S	Desagradable	Senatore, et al. (2021)
	Ácido sulfhídrico	H ₂ S	Huevos podridos	Ren, et al. (2019)
	Metilmercaptano	CH ₃ SH	Repollo podrido	Ren, et al. (2019)
Nitrogenados	Trimetilamina	(CH ₃) ₃ N	Picante, pescado	Sáenz, et al. (2015)
	Dimetilamina	(CH ₃) ₂ NH	Podrido, pescado	Senatore, et al. (2021)
	Indol	C ₆ H ₄ (CH) ₂ NH	Fecal, nauseabundo	Senatore, et al. (2021)
	Skatole	C ₉ H ₉ N	Fecal, nauseabundo	Ren, et al. (2019)
	Amoniaco	NH ₃	Picante, irritante	Ren, et al. (2019)
	n-Butilamina	CH ₃ (CH ₂) ₃ NH ₂	Acido, amoniaco	Barbusinski, et al. (2017)
	Etilamina	C ₂ H ₅ NH ₂	Tipo amoniaco	Sáenz, et al. (2015)
	Dibutilamina	(C ₄ H ₉) ₂ NH	Pescado	Barbusinski, et al. (2017)

Clasificación	Nombre del compuesto	Fórmula	Descripción del olor	autor
	Diisopropilamina	(C ₃ H ₇) ₂ NH	Pescado	Senatore, et al. (2021)
	Metilamina	CH ₃ NH ₂	Podrido, pescado	Barbusinski, et al. (2017)
COVs	Ozono	O ₃	Picante, irritante	Barbusinski, et al. (2017)
	Cloro gas	Cl ₂	Picante, sofocante	Senatore, et al. (2021)
	Dióxido de azufre	SO ₂	Picante, irritante	Ren, et al. (2019)
Mercaptanos	Alil mercaptano	CH ₂ :CHCH ₂ SH	Desagradable, ajo	Barbusinski, et al. (2017)
	Amilmercaptano	CH ₃ (CH ₂) ₄ SH	Molesto, podrido	Senatore, et al. (2021)
	Benzilmercaptano	C ₆ H ₅ CH ₂ SH	Molesto, fuerte	Sáenz, et al. (2015)
	Etilmercaptano	C ₂ H ₅ SH	Repollo descompuesto	Sáenz, et al. (2015)
	Fenilmercaptano	C ₆ H ₅ SH	Podrido, ajo	Senatore, et al. (2021)
	Propilmercaptano	C ₃ H ₇ SH	Molesto	Barbusinski, et al. (2017)
Ácidos orgánicos y derivados	Acetaldehído	CH ₃ CHO	Picante, frutoso	Barbusinski, et al. (2017)
	Formaldehído	HCHO	Picante, sofocante	Sáenz, et al. (2015)
	Acetaldehído	CH ₃ CHO	Afrutado, manzana	Senatore, et al. (2021)
	Butiraldehído	C ₃ H ₇ CHO	Rancio, olor a sudor	Barbusinski, et al. (2017)
	Aldehído isobutílico	(CH ₃) ₂ CHCHO	Frutal	Barbusinski, et al. (2017)
	Aldehído isovalérico	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CHO	Frutal, manzana	Senatore, et al. (2021)
	Acetona	CH ₃ COCH ₃	Frutal, dulce	Barbusinski, et al. (2017)
	Butanona	C ₂ H ₅ COCH ₃	Manzana	Ren, et al. (2019)
Ácidos carboxílicos	Ácido acético	CH ₃ COOH	Vinagre	Gebicki, et al. (2016)
	Ácido butanoico	C ₃ H ₇ COOH	Rancio, olor a sudor	Gebicki, et al. (2016)

Clasificación	Nombre del compuesto	Fórmula	Descripción del olor	autor
	Ácido n-pentanoico	C ₄ H ₉ COOH	Olor a sudor	Gebicki, et al. (2016)

Elaboración propia

Kang, et al. (2020) El sulfuro de hidrogeno y el metilmercaptano (MM), son los principales odorantes en el gas liberado

Sáenz, et al. (2015), hace referencia que los compuestos olorosos se encuentran en los influentes de las aguas residuales o son generados durante el transporte o los procesos de tratamiento además que cualquier planta de tratamiento de aguas residuales mal diseñada y/o mal operada, sea de tipo fisicoquímico o biológico (aerobia o anaerobia), es susceptible de emitir olores.

Senatore, et al. (2021), corrobora que el olor se genera a partir de la mezcla de diferentes especies químicas volátiles que pueden provocar la sensación de olor, por tanto, debido a la interacción de diferentes especies químicas volátiles, en particular los compuestos de azufre (por ejemplo, sulfuros, mercaptanos), compuestos de nitrógeno (por ejemplo, amoníaco, aminas) y compuestos orgánicos volátiles orgánicos volátiles (por ejemplo, ésteres, ácidos, aldehídos, cetonas, alcoholes). Los compuestos orgánicos volátiles orgánicos volátiles (COV) son un gran grupo de compuestos, con diferentes grupos funcionales como ácidos grasos volátiles, alcoholes, aldehídos, aminas, carbonatos, ésteres, sulfuros, disulfuros mercaptanos y compuestos nitrogenados heterocíclicos, caracterizados por una cierta volatilidad. Por el contrario, los compuestos inorgánicos (H₂S, NH₃, Cl₂), debido a su bajo peso molecular, pueden unirse a los receptores olfativos y afectar al nivel de olor.

Por lo mismo, Vela, et al. (2021), afirma que los principales compuestos que producen olores en una planta de tratamiento de aguas residuales son los compuestos volátiles de azufre como el sulfuro de hidrógeno (H₂S), compuestos de nitrógeno como el amoníaco (NH₃), y compuestos orgánicos volátiles No obstante, para Barbusinski, et al. (2017) Los gases olorosos más importantes son

los compuestos de nitrógeno, incluido el amoníaco (NH_3), los compuestos de azufre de azufre, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) y los mercaptanos, los ácidos orgánicos y los aldehídos, así mismo este tipo de contaminación atmosférica puede provocar, entre otras cosas la degradación de la calidad del medio ambiente; interferencia con las actividades comerciales molestias, daños o riesgos para la seguridad de cualquier persona perturbación en el uso de cualquier propiedad, planta o animal.

Liu, et al. (2020) Los contaminantes atmosféricos más significativos emitidos por las EDAR son compuestos de nitrógeno, incluido el amoníaco (NH_3); compuestos de azufre incluyendo el sulfuro de hidrógeno (H_2S) y los mercaptanos, los bioaerosoles ácidos orgánicos, cloruro, alcanos y aromáticos (Kasperczyk et al, 2019; Yang et al., 2019a). En general, los compuestos olorosos en las ETAP son en su mayoría molestias volátiles, corrosivas e irritantes malolientes con umbrales de olor muy bajos

Tabla 10. Caracterización del agua residual doméstica

Compuesto en Aguas residuales domésticas			Tipo de gases contenidos	Umbral de olor, ppmV		características	Referencia
Compuesto	Nivel de concentración	LMP (D:S 003-2010-Minam)		Detección	Identificación		
Aceites y grasas	430 mg/L	20 mg/L	Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	< 0.001	0.0019	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente tóxicos, corrosivos e irritantes. • Gases incoloros de olor penetrante. • Amenaza directa a la salud humana. • Formación de smog fotoquímico. • Emisión de partículas • Formación de GEI 	Alinezhad, et al (2019) Kang, et al. (2020)
Coliformes Termotolerantes		10 000 NMP/100 mL	Amoniaco (NH ₃)	17	37		
Demanda Biológica de Oxígeno	59-112	100 mg/L	Sulfuro de dimetilo	0.001	0.001		
Demanda Química de Oxígeno	190-306	200 mg/L	Sulfuro de difenilo	0.0001	0.0021		
pH	7.14	6.5 – 8.5	Mercaptano de etilo	0.0003	0.001		
Solidos Totales en Suspensión	194-850	150	Mercaptano de metilo	0.0005	0.001		
Temperatura	22-28°C	< 35°C	Escatol	0.001	0.019		

Alinezhad, et al (2019), existe una relación directa relación entre el patrón de consumo de agua en la comunidad y las emisiones de olores. Es evidente que el mayor nivel de emisiones de olor se produce durante el periodo de mayor consumo de agua. Sin embargo, para Gebicki, et al. (2016), el nivel de emisión de estos compuestos al medio ambiente es variable, y depende en gran medida de la calidad de las aguas residuales, de la tasa de cambios biológicos que se produzcan en las aguas residuales recogidas o de las soluciones tecnológicas empleadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Ante lo mencionado, Bylinski, et al. (2019), afirma que una alta concentración de una sustancia concreta presente en muestras gaseosas no siempre produce un olor fuerte, es decir hay que tener en cuenta una serie de factores en los compuestos para definir si dicho componente es el responsable de ocasionar los olores. Lo cual Kumar, et al. (2017), corrobora dicha afirmación, ya que manifiesta que el constante aumento de la población mundial y de los niveles de industrialización, la demanda de tecnologías sostenibles para el control de los olores se hace más importante para garantizar un aire libre de molestias en las fuentes de emisión y sus alrededores. Sin embargo, para establecer una mejor estrategia de control de dichos olores es imprescindible caracterizar con precisión su comportamiento atmosférico y sus emisiones.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis realizado para determinar los las técnicas de mitigación de olores producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, se concluye lo siguiente:

- ✓ Dentro de las técnicas de mitigación de olores en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas se encuentran las fisicoquímicas con sistemas de adsorción y depuración química como las más importantes, mientras que para las técnicas biológicas se encuentran la biofiltración, biopercolado, biodepuración y difusión de lodos activas, siendo estas últimas (técnicas biológicas), con mayor eficiencia y ecoamigables. Cabe resaltar que las diferentes técnicas están en función al tipo de contaminante a tratar, la cantidad de gas y el porcentaje de remoción.

- ✓ La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, están en base a procesos de pretratamiento, procesos físicos, químicos y biológicos, dentro de los cuales se realizan una serie de operaciones unitarias siendo el desarenador, sedimentadores, decantación primaria, degradación bacteriana, biotratamiento y floculación las que influyen en la generación de compuestos odoríficos contaminantes destacando los sulfuros, nitrogenados, compuestos orgánicos volátiles (COVs), mercaptanos, ácidos orgánicos y derivados y ácidos carboxílicos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mayores investigaciones respecto a las técnicas de mitigación de olores producto de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Se recomienda realizar una comparación de técnicas de mitigación de olores, aplicadas en diferentes países de tal modo determinar cuál de ellas es más eficiente y en qué condiciones son operadas.
- Se recomienda, verificar con mayores estudios si las plantas de tratamiento de diferentes países, y principalmente en Perú cuentan con sistemas de tratamiento de los gases odoríficos.
- Se recomienda hacer una comparación de ventajas y desventajas de los tipos de tratamiento de olores.
- Se recomienda hacer un estudio de costos en la operación de cada uno de los tratamientos de olores, de tal modo determinar cual es más económicamente fiable de implementar.
- Se recomienda definir los procesos realizado en el tratamiento de olores y determinar si se incluyen procesos ecoeficientes y menos contaminantes.

REFERENCIAS

1. ALI, Hadi. Design of Biofilter Odor Removal System for Conventional Wastewater Treatment Plant. Journal of Ecological Engineering. 2018, vol. 19, no 4, 7–15 pp. Disponible en: <file:///C:/Users/Disco%20Local/Downloads/Design%20of%20Biofilter%20Odor.pdf>
2. ALINEZHAD, E., et al. Technical and economic investigation of chemical scrubber and bio-filtration in removal of H₂S and NH₃ from wastewater treatment plant. Journal of Environmental Management, 2019, vol. 241, 32–43 pp. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.04.003
3. ASADI, Mohsen; MCPHEDRAN, Kerry. Estimation of greenhouse gas and odour emissions from a cold region municipal biological nutrient removal wastewater treatment plant. Journal of Environmental Management, 2021, vol. 281, p. 111864. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111864>
4. ARAUJO, Alejandra, et al. Análisis preliminar del impacto en la población por la contaminación odorífera emitida por el relleno sanitario el Zapallal, Distrito de Carabayllo, año 2019, Curso de extensión universitaria, OEFA, 2021, 28 p. Disponible en: <https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/151/GRUPO%202%20-%20ARAUJO%20GARC%C3%8DA%20ALEJANDRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. BAENA, G. (2017). Metodología de a investigación: Serie integral por competencias. 3°ed. Ebook, México, 157pp. ISBN: 978-607-744-748-1
6. BARONA, Astrid, et al. A feasibility study of the installation of a modular bioreactor inside a chemical scrubber at a wastewater treatment plant. Process Safety and

Environmental Protection, 2021, vol. 147, p. 932-941. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.019>

7. BARBUSINSKI, Krzysztof, et al. Biological methods for odor treatment – A review. Journal of Cleaner Production, 2017, vol. 152, no 1, 223–241 pp. doi:10.1016/j.jclepro.2017.03.093
8. BENTACUR, Dilia. Implementación de sistemas de tratamiento básico, para el manejo y control de olores ofensivos en la planta de tratamiento de aguas residuales, municipio del retiro – Antioquia. Trabajo de investigación, UNAD, 2017. Disponible en:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13206/43253983.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. BYLINSKI, Hubert, et al. (2019). Monitoring of odors emitted from stabilized dewatered sludge subjected to aging using proton transfer reaction–mass spectrometry. Environmental Science and Pollution Research, 2019, vol. 26, No 1, 5500–5513 pp. Disponible en:
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6403207/pdf/11356_2018_Article_4041.pdf
10. BURTON, Nancy, et al. Evaluation of a Thermal Drying Process at a Wastewater Treatment Plant. Health Hazard, vol. 1, no 2014, 28 pp. Disponible en:
<https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2014-0052-3320.pdf>
11. CALVO, Jorge y HERNÁNDEZ, D. Mitigación de malos olores generados en plantas de tratamiento de aguas residuales: Estudio de caso El Roble de Puntarenas. 2016, Informe de investigación, Tecnológico de Costa Rica. Disponible en:
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6846/estrategias_aplicables_ambito_costarricense_mitigacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

12. CONTI, Cecilia, et al. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. Environment International, ScienceDirect, 2020, vol. 134, no 1, 16 pp. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0160412019319774?token=57E3C5600C6A1712A4D11DF1098FFC9B03A8FE386435736EAB71D4F975303CF2C46DE08132B6585A2E2E9F14EA4916FC&originRegion=us-east-1&originCreation=20211214204442>
13. DE SANCTIS, M., et al. An innovative biofilter technology for reducing environmental spreading of emerging pollutants and odour emissions during municipal sewage treatment. Science of The Total Environment, 2022, vol. 803, p. 149966. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149966>
14. FAN, Fuqiang, et al. Activated sludge diffusion for efficient simultaneous treatment of municipal wastewater and odor in a membrane bioreactor. Chemical Engineering Journal, 2021, vol. 415, p. 128765. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.128765>
15. FARKAS, Kata., et al. Viral indicators for tracking domestic wastewater contamination in the aquatic environmen. Water Research. Elsevier, 2020, vol. 181, no 1, 20 pp. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0043135420304632?token=8E2343C969EDD4EC2F63FDC7152EFA3E727BF974E384E8D26DED267BEA357B7206952CD36603F28A09C4B767582DE60A&originRegion=us-east-1&originCreation=20211214170124>
16. FORERO, Daniel, et al. La biofiltración como alternativa para la eliminación de olores ofensivos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Revista Sol de Aquino, 2021, vol. 1, no 19, 80-88 pp. Disponible en: <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/soldeaquino/article/view/6705/6240>

17. GEBICKI, Jacek, et al. Measurement techniques for assessing the olfactory impact of municipal sewage treatment plants. *Environ Monit Assess*, 2016, vol. 188, no 32, 15 pp. Disponible en: <https://d-nb.info/1108327362/34>
18. GIUNGATO, P., et al. Synergistic approaches for odor active compounds monitoring and identification: State of the art, integration, limits and potentialities of analytical and sensorial techniques. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2018, vol. 107, no 1, 116–129 pp. doi:10.1016/j.trac.2018.07.019
19. GÓMEZ, María. Control de olores ofensivos generados en unidades de planta de tratamiento de agua residual domestica durante las etapas de arranque y estabilización. Universidad de Antioquia, 2020, 94 pp. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15809/1/GomezMaria_2020_ControlOloresOfensivos.pdf
20. GONZALES, Elizabeth y QUISPE, Rosadhit. Influencia de los microorganismos eficaces (em) en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Huancavelica en el 2020. Tesis de pregrado, 2020, Universidad de Huancavelica, Perú. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3318/TESIS-2020-ING.%20AMBIENTAL-GONZALES%20CCANTO%20Y%20QUISPE%20ESCOBAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
21. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. & BAPTISTA, P. (2014). Metodología de la investigación. 6° ed., McGraw-Hill, México. 634pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0
22. IYARE, Paul, et al. Microplastics removal in wastewater treatment plants: a critical review. *Environmental Science Water Research & Technology*, 2020, vol. 6, no 1, 2664 – 2675 pp. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2020/ew/d0ew00397b>

23. KANG, Jeong-Hee, et al. Prediction of Odor Concentration Emitted from Wastewater Treatment Plant Using an Artificial Neural Network (ANN). *Atmosphere* 2020, vol. 11, no. 784, 9pp. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11080784>
24. KASPERCZYK, Damian, et al. Application of a compact trickle-bed bioreactor for the removal of odor and volatile organic compounds emitted from a wastewater treatment plant. *Journal of environmental management*, 2019, vol. 236, p. 413-419. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.106>
25. KUMAR, Vikrant, et al. Bio-filters for the Treatment of VOCs and Odors - A Review. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 2017, vol. 11, No. 3, 139-152 pp. Disponible en: <http://asianjae.org/xml/18768/18768.pdf>
26. LIU, Jianwei, et al. Performance and economic analyses of a combined bioreactor for treating odors, volatile organic compounds, and aerosols from a landfill site. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 278, p. 124161. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124161>
27. LIU, Jianwei, et al. Simultaneous removal of bioaerosols, odors and volatile organic compounds from a wastewater treatment plant by a full-scale integrated reactor. *Process Safety and Environmental Protection*, 2020, vol. 144, p. 2-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.07.003>
28. LESIMPLE, Alain, et al. The role of wastewater treatment plants as tolos for Sars-Cov-2 early detection and removal. *Journal of wáter process engineering*, ScienceDirect, 2020, vol. 38, no 1, 10 pp. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214714420304220?token=F081C3E93FB29A2DB4ACF370E71E6AC2917382076D5377F30C6127381DD753EF98FC3399CE0660950C99BBB184C259E9&originRegion=us-east-1&originCreation=20211214221933>

29. LEWKOWSKA, Paulina, et al. Characteristics of odors emitted from municipal wastewater treatment plant and methods for their identification and deodorization techniques. *Environmental research*, 2016, vol. 151, no 1, 573-586 pp. DOI: 10.1016/j.envres.2016.08.030
30. MAGWAZA, Shirly., et al. Partially treated domestic wastewater as a nutrient source for tomatoes (*Lycopersicum solanum*) grown in a hydroponic system: effect on nutrient absorption and yield. *Heliyon ScienceDirect*, 2020, 8 pp. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405844020325883?token=A905A8DD7ECDF01F3CF67E78D78554F2891D54CAC1F89A60C2128D4A16ACA601D07437D945941BB35840605FDF372BB&originRegion=us-east-1&originCreation=20211214163910>
31. MAXWELL, J. (2019). *Diseño de investigación cualitativa*. [en línea] 1er ed. Barcelona. Editorial GEDISA S.A. Cap 2. El modelo de diseño. [fecha de consulta: 3 de noviembre del 2020]. ISBN 978-84-17835-05-7. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=ZLewDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=dise%C3%B1o+cualitativo+libro&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiBnMKm5uPpAhUVGLkGHZivDUUsQ6AEIMDAB#v=onepage&pg=q=dise%C3%B1o%20cualitativo%20libro&f=falseE>
32. MAROUŠEK, Josef, et al. Modified biochars present an economic challenge to phosphate management in wastewater treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol 272, no 1, 8 pp. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123015
33. MAMANDIPOOR, Behrooz, et al. (2020). Monitoreo y detección de fallas en plantas de tratamiento de aguas residuales mediante aprendizaje profundo. *Evaluación y seguimiento ambiental*, 192 (2). doi: 10.1007 / s10661-020-8064-1
34. QIU, Xintong; DESHUSSES, Marc A. Performance of a monolith biotrickling filter treating high concentrations of H₂S from mimic biogas and elemental sulfur

- plugging control using pigging. *Chemosphere*, 2017, vol. 186, p. 790-797. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.032>
35. REN, Baiming, et al. Simultaneous hydrogen sulfide removal and wastewater purification in a novel alum sludge-based odor-gas aerated biofilter. *Chemical Engineering Journal*, 2021, vol. 419, p. 129558. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129558>
36. REN, Baiming, et al. Current Status and Outlook of Odor Removal Technologies in Wastewater Treatment Plant. *Waste and Biomass Valorization*, 2019, vol. 10, no 1, 1443-1458 pp. DOI: 10.1007/s12649-018-0384-9
37. ROUT, Prangya, et al. Treatment technologies for emerging contaminants in wastewater treatment plants: A review. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 753, no 1, 17 pp. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141990
38. ROUT, Prangya, et al. Nutrient removal from domestic wastewater: A comprehensive review on conventional and advanced technologies. *Journal of Environmental Management*, 2021, vol. 296, no 1, 16 pp, DOI: 10.1016 / j.jenvman.2021.113246
39. SÁENZ, Luz, ZAMBRANO, Diana y CALVO, Jorge. Community perception of odors generated by the Wastewater Treatment Plant El Roble-Puntarenas, Costa Rica, *Tecnología en marcha*, 2016, vol. 29, no 2, p.137-149 pp. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n2/0379-3982-tem-29-02-137.pdf>
40. SALGADO, A. (2007). Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*. [en línea], p.7. [fecha de consulta: 2 de noviembre del 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/liber/v13n13/a09v13n13.pdf>
41. SENATORE, Vincenzo, et al. Full-Scale Odor Abatement Technologies in Wastewater Treatment Plants (WWTPs): A Review. *Water*, 2021, vol, 13, no 24, 21 pp. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/24/3503#cite>

42. SHRESTHA, S.P y MALLA, S. Proceedings of 12th National Workshop on Livestock and Fisheries Research in Nepal, Proceedings, Agricultural Research Council. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Megh-Tiwari/publication/261988320_9th_National_Proceedings_of_Livestock_and_Fisheries_Research_Nepal/links/60ee3ce216f9f313007f95f4/9th-National-Proceedings-of-Livestock-and-Fisheries-Research-Nepal.pdf#page=180
43. VARGAS, Adriana, et al. Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domesticas en Colombia. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 2020, vol. 28, no 2, 315-322 pp. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v28n2/0718-3305-ingeniare-28-02-315.pdf>
44. VELA, Diana, et al. Operational parameters analysis for the removal of H₂S and NH₃ under transient conditions by a biofiltration system of compost beds. Chemical Engineering Transactions, 2021, vol. 85, no 1. Disponible en: <https://www.aidic.it/nose2020/programma/62Vela-Aparicio.pdf>
45. WANG, Zongping, et al. Ex-situ treatment of sediment from a black-odor water body using activated sludge. Science of The Total Environment, 2020, vol. 713, p. 136651. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136651>
46. WRIGHT, Peter y RICHARDS, Kelly. Domestic wastewater management plan 2020-2025. Cardinia, 2020, 68 pp.
47. WYSOCKA, Izabela, et al. Technologies for deodorization of malodorous gases. Environmental Science and Pollution Research, 2019, vol. 1 no 1, 26 pp. Disponible en: <https://d-nb.info/1180165217/34>
48. YANG, Yisong, et al. Characterization of preconcentrated domestic wastewater toward efficient bioenergy recovery: Applying size fractionation, chemical composition and biomethane potential assay. Bioresource Technology, 2021, vol 319, no 1, 11 pp. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.124144

ANEXOS

ANEXO N° 1:

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
DATOS DEL AUTOR: NOMBRE(S)		
PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
TIPO DE INVESTIGACION:		
CÓDIGO:		
PALABRAS CLAVES:		
PROCESOS EN LAS PTAR:		
TIPOS DE OLORES Y CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN PTAR:		
TIPO DE TÉCNICAS PARA MITIGAR OLORES:		
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE CARACTERIZACIÓN:		
RESULTADOS:		
CONCLUSIONES:		

Elaboración propia