



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación de técnicas de tratamiento en aguas residuales de
centros hospitalarios”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORAS:

Saavedra Ruiz, Neri Soledad (ORCID: [0000-0002-7011-827X](https://orcid.org/0000-0002-7011-827X))

Verde Mendieta, Lucy (ORCID: [0000-0003-2583-4194](https://orcid.org/0000-0003-2583-4194))

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: [0000-0001-9146-7615](https://orcid.org/0000-0001-9146-7615))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

La presente investigación va dedicada principalmente a Dios, por ser el que nos da impulsa a ser perseverantes y conseguir lo que nos planteamos en nuestra vida profesional. A nuestros padres ya que muchos de los logros que tenemos hasta ahora se lo debemos a ellos, además nos mostraron apoyo, amor, paciencia y nos motivaron a conseguir todo lo que nos hemos propuesto; así mismo a nuestros hermanos por demostrarnos siempre su apoyo moral y motivarnos a superar los obstáculos que se nos presentan día a día

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios la vida, salud y por brindarnos fortaleza para superar toda adversidad que se nos presenta; a nuestros padres por ser los principales motores de nuestros sueños, gracias por creer en nuestras expectativas y siempre apoyarnos a cumplir nuestras metas planteadas, gracias por siempre desear y anhelar lo mejor para nosotros, por cada consejo que supieron llevarnos a donde estamos ahora. También agradecer a nuestros docentes de la universidad Cesar Vallejo, ya que compartieron con nosotros conocimientos durante el trayecto de nuestra preparación profesional, en especial al Dr. Cruz Monzón José Alfredo, Asesor de nuestro proyecto de investigación, quien con su ardua labor de transmitirnos conocimientos nos a orientado para lograr nuestra meta.

Índice de contenido

Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	4
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Categorías, Subcategorías y Matriz de caracterización apriorística.	9
3.3. Escenario de estudio.....	9
3.4. Participantes.....	9
3.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos	9
3.6. Procedimiento	10
3.7. Rigor científico	12
3.8. Método de análisis de datos	12
3.9. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN	14
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS	52

Índice de tablas

Tabla 1. Criterios de inclusión	11
Tabla 2. Palabras claves utilizadas para la búsqueda de información	11
Tabla 3. Artículos recolectados en la búsqueda primaria	12
Tabla 4. Técnicas para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias	16
Tabla 5. Técnica de ozonización.	20
Tabla 6. Técnicas biológicas, y técnicas físicas	21
Tabla 7. Condiciones del proceso de la técnica de oxidación avanzada.....	23
Tabla 8. Condiciones para la técnica de Ozonización.....	27
Tabla 9. Condiciones de proceso para la degradación fotocatalítica.	28
Tabla 10. Condiciones del proceso para tratamientos biológicos.....	29
Tabla 11. Condiciones del proceso para técnicas físicas.....	31
Tabla 12. Eficiencia de las técnicas según el tipo de muestra empleada.....	33

Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento para el desarrollo de la investigación.	10
Figura 2. Cantidad de artículos por año de diferentes bases de datos	14
Figura 3. Número de artículos empleados en la revisión sistemática.....	15

Resumen

Los efluentes generados por los centros hospitalarios contiene gran concentración de contaminantes como fármacos, virus, bacterias, etc. Lo que representa un peligro para el ambiente, así mismo presenta condiciones que hace difícil su tratamiento a pesar que se emplean diversas técnicas para reducir la carga de contaminantes, sin embargo su aplicación puede tener dificultades debido a que no se cuenta con la información necesaria, es por ello que, se propuso evaluar la eficiencia de las diferentes técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios, lo cual corresponde a una investigación básica, de tipo descriptiva-cualitativa y con diseño no experimental. Se realizó una búsqueda utilizando palabras clave en las bases de datos ScienceDirect, ProQuest, Scopus, Redalyc, IOPscience, seleccionándose 21 artículos después de aplicar criterios de inclusión. Los resultados muestran que las técnicas químicas son empleadas para tratar fármacos y DQO, mientras que las biológicas y físicas se enfocan en DBO₅, y el color presente en aguas residuales hospitalarias. Se concluyó que la técnica de oxidación avanzada y ozonización muestran eficiencia en un rango de 80% a 100% en el tratamiento de fármacos, mientras que las físicas presentan un 96% de eficiencia en el tratamiento de DBO₅.

Palabras claves: Técnicas de tratamiento, aguas residuales, centros hospitalarios

ABSTRACT

The effluents generated by hospitals contain a high concentration of pollutants such as drugs, viruses, bacteria, etc. of pollutants, however its application may have difficulties because the necessary information is not available, which is why it was proposed to evaluate the efficiency of the different techniques used in the treatment of wastewater from hospitals, which corresponds to a basic, descriptive-qualitative research with a non-experimental design. A search was carried out using keywords in the ScienceDirect, ProQuest, Scopus, Redalyc, IOPscience databases, selecting 21 articles after applying inclusion criteria. The results show that chemical techniques are used to treat drugs and COD, while biological and physical ones focus on BOD₅, and the color present in hospital wastewater. It was concluded that the advanced oxidation and ozonation technique shows efficiency in a range of 80% to 100% in the treatment of drugs, while the physical ones show 96% efficiency in the treatment of BOD₅.

Keywords: Treatment techniques, wastewater, hospitals

I. INTRODUCCIÓN

La problemática ambiental tiene un alto grado de incidencia en la población, esto debido a las distintas actividades diarias que realiza el hombre en diferentes ámbitos de la industria, a consecuencia de estos se produce la contaminación a los recursos naturales los cuales son esenciales para el desarrollo pleno de la persona (Van; Monroy; Saer, 2018, p.1).

Las grandes industrias dentro de ellas la industria farmacéutica, generan efluentes que contienen gran concentración de fármacos, además se encuentran genes y bacterias resistentes a los antibióticos (Bhoomika, et al., 2020, p.4). Estas industrias son esenciales para el funcionamiento de los hospitales los cuales contribuyen de manera significativa a la problemática de aguas residuales, ya que sus vertidos son similares (Kumari; Singh y Tiwari; 2020, p.3). Sin embargo, aunque los hospitales son fundamentales para el bienestar de las personas y avances de la investigación, las características del efluente generado por las actividades que se realizan dentro de las instalaciones de emergencias, laboratorios, entre otros, son difíciles de tratar por su misma naturaleza pues representan un grave problema socioambiental del mismo modo que las aguas residuales domésticas ya que su tratamiento es complicado (Zhang, et al., 2020, p.3).

En diferentes países se han empleado técnicas con el fin de reducir la carga de contaminantes presentes en las descargas, dentro de las técnicas se encuentran las lagunas de estabilización, la digestión anaeróbica, biorreactores, lodos residuales activados, membranas, radiación ultravioleta, ozonización, oxidación avanzada y el uso de los humedales (UNESCO, 2017, p.81). Las aplicaciones de estas técnicas no siempre son beneficiosas ya que su aplicación puede causar más contaminación si el proceso no se da correctamente, los resultados de la aplicación no son tan concretos ya que la información es escasa en temas ambientales, sin embargo esto representa un riesgo ante la salud pública, ya que las aguas residuales se consideran una gran fuente de patógenos y microorganismos, mientras que en el tratamiento de ciertas sustancias si se puede notar un gran progreso (Muñoz, et al., 2018, p.1).

Los tratamientos biológicos como lodos activados, permiten eliminar algunas antraciclinas mediante absorción, sin embargo, esto no es del todo

significativo ya que los citostáticas permanecen en fase sólida y es necesario aplicar otra técnica para su degradación total (Fernandez et al. 2020, p.2).

Por otro lado, se tiene los procesos de oxidación avanzada son procedimientos que emplean tratamientos químicos, es empleado principalmente para tratar aguas residuales industriales con presencia de contaminantes biorrefractorios, pesticidas entre otros (Dengsheng et al. 2021, p.1). el ozono puede degradar gran parte de los contaminantes, ataca principalmente la posición nucleófila de sustancias orgánicas y las moléculas aromáticas, pero en otros contaminantes no tiene efectividad (Chhaya; Srivastava, 2020, p.2). El ozono al ser inestable se puede convertir con facilidad en oxígeno molecular lo que hace que su utilización sea baja. Además de la ozonización empleado en los procesos de oxidación avanzada se encuentran otros métodos alternativos como proceso frentón, fotocátalisis heterogénea, oxidación electroquímica, oxidación catalítica húmeda entre otros, estos procesos se pueden utilizar para mineralizar los contaminantes (Capodaglio; Bojanowska; Trojanowicz, 2018, p.4).

Así mismo en diferentes lugares realizaron evaluaciones de sus efluentes. En un río receptor de efluentes en Beijing se detectó la presencia de antibióticos; al igual que China evaluó el agua de ingreso y salida de la planta de tratamiento (PTAR) y se encontró que la concentración de tetraciclina en el río es igual a la del efluente de la PTAR, además la concentración de sulfonamidas totales era aproximadamente 2 veces mayor que en el agua del río receptor (Xu et al. (Como se citó en Barancheshme, 2018, p.3). Por otro lado, en Francia y Reino Unido las aguas residuales (HWW) contiene mayores cargas de micro contaminantes que las aguas residuales urbanas (UWW) (Buelow, 2020, p.2).

En países bajos se enfrenta la misma problemática con las aguas residuales de centros hospitalarios que contiene aproximadamente un 25% de antibióticos y concentraciones de genes entre 0,4 log y 1.8 veces más alta que las aguas residuales comunales (CWW) (Paulus et al., 2019, p. 2).

Los países en desarrollo, los efluentes de los centros hospitalarios a menudo se drenan en el alcantarillado municipal y se descargan en cuerpos de agua con frecuencia sin ningún tratamiento, esto puede incrementar el riesgo de salud de las personas que entran en contacto con estas (Kumari; Singh y

Tiwari; 2020, p.5).

El problema de las aguas residuales en diferentes lugares del mundo, es que no reciben un tratamiento antes de ser vertidas, debería ser obligatorio para así disminuir los impactos que se producen al ser vertidas, ante ello se emplean diversos medios para bajar los niveles de contaminantes, una de ellas es el uso de PTARs, sirven como procesos eficaces para eliminar patógenos, contaminantes orgánicos y productos farmacéuticos (Bright E. et al., 2020, p.2). Por otro lado, las PTAR son cruciales para producir efluentes limpios desde que estos son alterados, pues esto se produce al emplear procesos que permitan dicha acción (Rios; Jetten y Welte; 2020, p. 4). Pero si no toman las medidas correctas en el momento de construir la PTAR, cuando esté en funcionamiento puede generarse contaminación por el simple hecho que puede haber una liberación de bio aerosoles (Ahmadreza, Yazdanbakhsh; et al., 2019, p.2).

En vista de la gran problemática que existe se realizaron distintas investigaciones donde emplean diversas técnicas para el tratamiento de aguas residuales, se planteó la siguiente interrogante ¿Cuáles son las técnicas reportadas en los artículos científicos de base de datos indexadas de acceso libre que muestran la efectividad en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios?

Hubo diversos trabajos de investigación relacionados con las técnicas para el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios, sin embargo, no se han realizado estudios que evalúen la eficacia de tratamiento con respecto a la técnica empleada, por lo tanto, esta investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente y los vacíos que puedan encontrarse sobre las técnicas más eficaces, ya que es un tema de suma importancia y relevante en la sociedad y el ambiente esto debido a la situación en la que nos encontramos, se espera que esta investigación sirva como guía para futuras investigaciones.

El objetivo general de la investigación fue; Evaluar la eficiencia de las diferentes técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios y por objetivos específicos evaluar las principales técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros

hospitalarios según el tipo de contaminante a tratar; evaluar las principales condiciones del proceso que generen una mayor eficiencia de la técnica empleada en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios y por último Evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de aguas residuales según el tipo de muestra utilizada.

II. MARCO TEORICO

Mejía Morales, C; et al. (2019), realizó una investigación titulada “Método de caracterización de banda ancha para sistemas fotoquímicos para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias”, hizo una comparación de sistemas fotoquímicos los cuales son empleados con el fin de tratar aguas

contaminadas, para ello se empleó una banda ancha para evaluar la eficiencia de sistemas fotoquímicos (UV/H₂O₂, UV/H₂O₂/O₃), se utilizó muestras de aguas contaminadas recolectadas del hospital en la ciudad de Puebla, México, dichas muestras recibieron un pre tratamiento mediante aireación prolongada, una vez filtrada el agua, se evaluó parámetros como DQO, Turbidez, Color, etc., el trabajo concluyó que el sistema UV/ H₂O₂/O₃ tiene un mayor porcentaje de agua descontaminada y velocidad de descontaminación que los sistemas UV/H₂O₂ y UV/O₃, en este sentido, el método propuesto ofrece una buena alternativa de evaluar la eficiencia de los sistemas fotoquímicos utilizados en tratamiento de aguas residuales hospitalarias.

Además, se tiene a INDAH, Rina; ENDAH, Nur; NUR, Muhammad, (2018). Su investigación titulada "Treatment of hospital waste water by ozone technology" se realizó con el objetivo de conocer si era posible bajar los niveles de DQO (Demanda Química de Oxígeno) y TDS (Sólidos Disueltos Totales) en el procedimiento se empleó diferentes concentraciones de fármaco y variación del tiempo, donde se obtuvo que la reducción eficiente del ozono en DQO Y TDS se da cuando está a una concentración de 100 mg/litro, el valor medio más bajo con DQO de 17,47 mg / litro y TDS 409,75 mg / litro.

Se tiene a DOLATABADI, Maryam; AHMADZADEH, Saeid; GHANEIAN, Mohammad, (2019). En su investigación titulada "Mineralización de ácido mefenámico (MFA) de aguas residuales hospitalarias mediante degradación electro-Fenton: Optimización e identificación de problemas con el mecanismo de eliminación", el objetivo es optimizar la eliminación de MFA de las aguas residuales hospitalarias, se empleó un reactor pyrex cilíndrico donde se contuvo 250 ml de muestra, además se tuvo en cuenta las variables para con el proceso, la investigación concluyó que la eficiencia del proceso en la remoción de fármaco MFA, es de 95.3% en condiciones óptimas como 7,0 mg L⁻¹, El H₂ O₂ dosis de 700 μ l / L, la densidad de corriente de 6,6 mA cm⁻², y el tiempo de reacción de 12 min.

Por otro lado, WU, C. Y et al. W (2019). En su investigación titulada "Degradation of Diclofenac Sodium in Microbial fuel cells" se realizó con el

fin de estudiar el proceso de degradación del diclofenaco sódico en cámaras anódicas de pilas de combustible microbianas, en el proceso de degradación se tuvo en cuenta la aclimatación del microorganismo con actividad bioelectroquímica, la investigación concluyó que la tasa de eliminación más alta que puede alcanzar a dos semanas de realizarse el proceso es 30,73%, además mostro que esta eliminación se logra con un pH de 5.5.

Así mismo, Kamal, Hasani; et al., (2020). En su estudio determinó “la eficiencia del proceso sono-electro-fenton para la eliminación del antibiótico cefixima de soluciones”, en la cual, el pH, la concentración del peróxido de hidrogeno, el voltaje, la concentración inicial del antibiótico y el tiempo de electrolisis se evaluaron utilizando el modelo Box-Behnken, la toxicidad de la entrada y salida fue probada por *Escherichia coli* y *Staphylococcus Aureus*. Los resultados mostraron que el proceso de sono-electro-fenton en condiciones óptimas, incluyendo pH de 3.07, concentración de peróxido de hidrogeno de 0.85 mL/ L, voltaje 15 V, concentración inicial de antibiótico 10.4 mg/L y tiempo de electrolisis de 81.5 min tiene un porcentaje de eliminación del 97.5% también mostraron que la toxicidad biológica del efluente de salida del proceso, en comparación con la solución de entrada se redujo significativamente.

En la investigación de Rachida El Morabet; et al. (2020) titulada “Estudio comparativo de biorreactor de membrana sumergida y proceso de aireación extendido acoplado con decantador de tubos para tratamiento de aguas residuales hospitalarias”. Para este estudio los parámetros se mantuvieron iguales para comparar la eficiencia del tratamiento. Además, se empleó Tubesettler para mejorar el rendimiento. Se tuvo que la eficiencia de ambos procesos fue baja; sin embargo, con Tubesettler se obtuvieron resultados satisfactorios. La relación de DBO/DQO para el efluente varía entre 0.22 y 0.92, los resultados de este estudio sugirieron el uso de aguas residuales hospitalarias con siembra y efluente, además, se evidenció la reducción de la DQO del 85% y la eliminación de la DQO₅ del 91%.

Spyridon K., Panagiotis; et al. (2019), en su investigación titulada

“tratamiento fotocatalítico de productos farmacéuticos en aguas residuales de hospitales reales para mejorar la calidad de los efluentes” el objetivo fue evaluar y compara la degradación fotocatalítica de fármacos (PhACs) usando TiO_2 -P25, nitruro de carbono grafítico (gC_3N_4 , CN) y una heterounión de titanato de perovskita-estrodio y nitruro de carbono grafítico SrTiO_3 (20% gC_3N_4) materiales fotocatalíticos. Los experimentos se realizaron utilizando muestras reales de aguas residuales recolectadas de la PTAR del Hospital Universitario de la ciudad de Loannina (Noroeste de Grecia) y niveles de concentración farmacéutica inherentes, las muestras en los casos de TiO_2 y CN más del 70% de la concentración inicial (por ejemplo, Venlafaxina) se degradó después de 90 min.

Jaén-Gil, Adrian et al. (2020), en su investigación titulada “combinando procesos biológicos con UV/ H_2O_2 para la eliminación del ácido metoprolol u metoprolol en aguas residuales hospitalarias”. En el esquema experimental realizaron tres tipos de tratamiento; en el primer tratamiento se utilizó hongos, se mantuvo *Trametes versicolor* en agar inclinado de malta al 2% a 25 °C y un pH de 4.5 hasta su uso, además se empleó biorreactores, la condiciones de fluidización en los reactores se mantuvieron utilizando un pulso de aire de 1 s cada 4 s, lo que resulto en una tasa de aireación de 0.8 L/ min, así mismo el tratamiento con lodos activados se dio utilizando un reactor de tanque agitado Applikon a escala de laboratorio de 1 L acoplado con un controlador proporcional-integral-derivado (PID) para pH, oxígeno y temperatura, la concentración de biomasa durante los experimentos (relación 0,71 VSS/TSS) y en condiciones aeróbicas (>2,5 mg O_2 /L). además, se tuvo un suministro continuo de aire, el pH y la temperatura se mantuvieron a 7,5 y 25 °C, mientras que en el tratamiento de UV/ H_2O_2 (fotooxidación) se realizó por duplicado utilizando un sistema de reactor de laboratorio UV de UV-Consulting Peschl, un foto-reactor de tipo inmersión de a próximamente 550 ml, el foto-reactor se mezcló con un agitador magnético para asegurar la homogeneidad de solución. También se cubrió con papel de aluminio para minimizar la pérdida de luz ultravioleta y evitar reflejos. Los experimentos se realizaron con 500 mL de aguas residuales, 15 mg/L de H_2O_2 y un tiempo de reacción de 10 min que corresponde a una dosis o

intensidad de UV de 29,4 J/ cm². se concluyó que, UV/ H₂O₂ puede considerarse como el tratamiento de elección cuando se tratan matrices simples; no obstante, la implementación de un tratamiento CAS (tratamiento de lodos activos) adicional tanto antes como después del tratamiento AOP permitió un grado similar de eliminación de contaminantes (MTP, MTPA y TP) sin agregar ningún efecto tóxico en los efluentes tratados.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Según su propósito la investigación realizada fue de tipo básico, por su nivel de profundidad descriptiva, por la naturaleza de los datos tabulados fue de tipo cualitativa, ya que involucra un análisis documental, su fin fue la búsqueda de nuevos conocimientos que sirvan de base para otras investigaciones.

Diseño de la investigación: fue no experimental, tipo longitudinal porque reveló el conocimiento de la realidad en una situación de espacio y tiempo, además se trabajará con bases de datos de revistas indexadas en un periodo de años comprendidos entre 2016 – 2021.

3.2. Categorías, Subcategorías y Matriz de caracterización apriorística.

La investigación realizó la caracterización apriorística, donde se plasmaron categorías y subcategorías que contemplan datos esenciales que contribuyeron al desarrollo de la investigación para ello ver el anexo N°01, donde se muestra la matriz de categorización.

3.3. Escenario de estudio

Esta investigación utilizó un escenario de búsqueda en bases de datos de diferentes revistas indexadas que las cuales guardan relación con el tema a investigar como lo es las diversas técnicas de tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios.

3.4. Participantes

Los participantes estuvieron conformados por los artículos identificados en la base de datos de revistas indexadas como ScienceDirect, ProQuest, Scopus, IOPscience, y ESBCOhost, haciendo uso de palabras clave, mediante esto se identificó 60 artículos de los cuales al aplicar los criterios de inclusión quedaron 21 artículos que ayudaran al desarrollo de la investigación

3.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se utilizó fue el análisis documental a partir de la revisión de artículos científicos que corresponden a fuentes primarias.

El instrumento que se utilizó fue la ficha de recolección de datos, el cual es un instrumento que permite la identificación y recopilación de fuentes

de información.

3.6. Procedimiento

Se realizó una búsqueda primaria en las bases de datos ScienceDirect, Scopus, IOPscience, ESBCOhost y ProQuest para ello se utilizó las palabras claves previamente definidas, en el cual se obtuvo una cantidad de artículos que fueron sometidos a criterios de inclusión con el fin de especificar mejor la calidad de artículos que se adaptaron a la investigación, con los artículos ya seleccionados se tabuló la información en una ficha de recolección de datos donde se plasmó criterios para el análisis de la información comprendida dentro de los artículos.

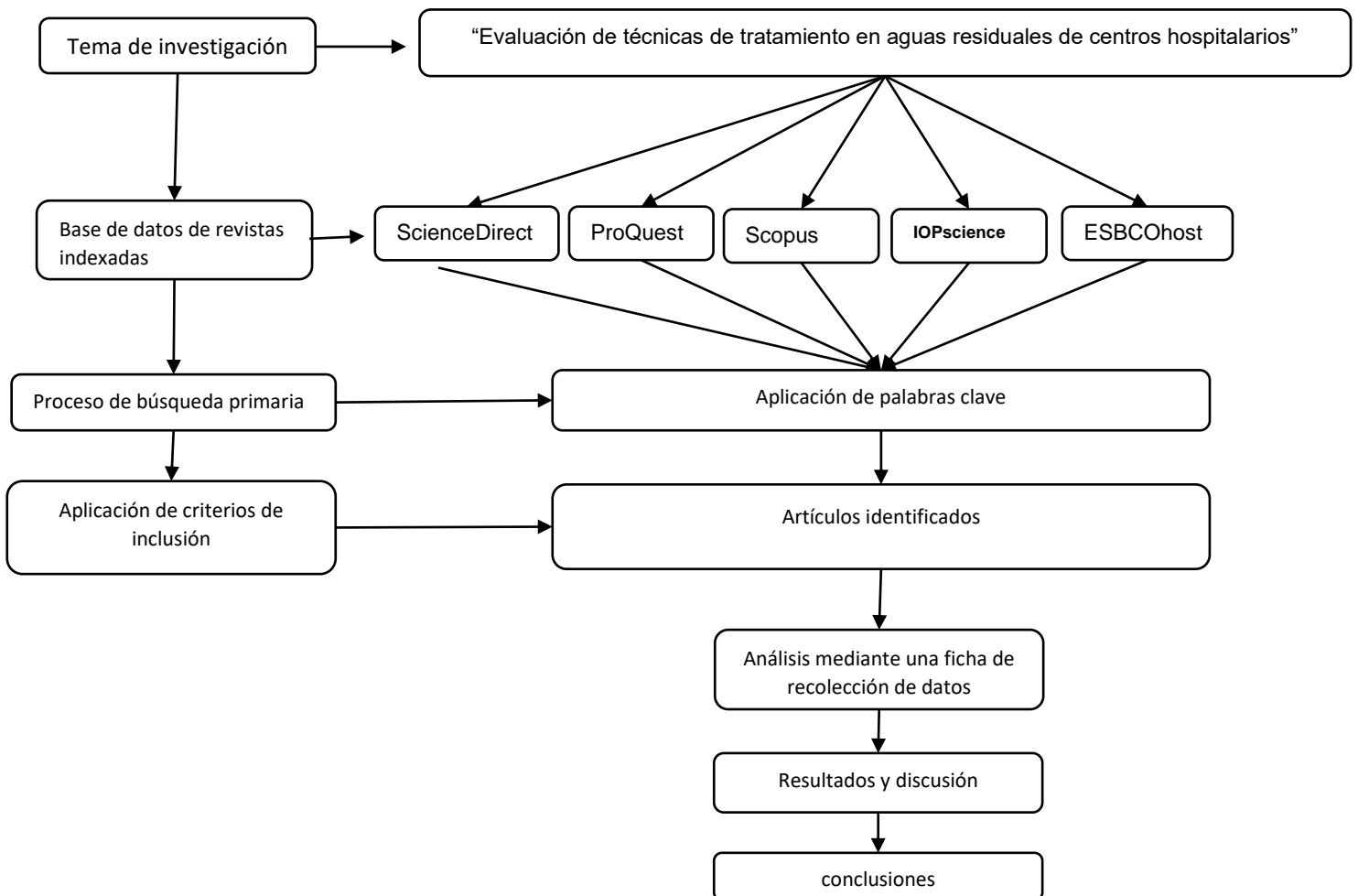


Figura 1. Procedimiento para el desarrollo de la investigación.

Para realizar el filtro de los artículos que ayudaran al desarrollo de la investigación se hicieron uso de criterios de inclusión previamente establecidos tales como:

Tabla 1. *Criterios de inclusión*

Criterios de inclusión	
Idioma	Inglés
Año de publicación	2016 – 2021
Tipo de acceso	Acceso Libre
Tipo de agua residual	Hospitalaria
Tipo de artículos	Científicos

Fuente: Elaboración propia.

Además, se tomó en cuenta palabras clave para la búsqueda de los artículos que participaron en el desarrollo de la investigación.

Tabla 2. *Palabras claves utilizadas para la búsqueda de información*

Revistas	Palabras claves
Scopus	<ul style="list-style-type: none"> • Hospital wastewater treatment by oxidation process
ScienceDirect	<ul style="list-style-type: none"> • “Hospital wastewater treatment” • Hospital wastewater treatment by oxidation process • Biological treatment of hospital wastewater
EBSCOhost	<ul style="list-style-type: none"> • “Treatment techniques, sewage, hospitals” • hospital wastewater treatment techniques
ProQuest	<ul style="list-style-type: none"> • “Hospital water treatment”
IOPscience	<ul style="list-style-type: none"> • “Treatment of hospital wastewater”

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. *Artículos recolectados en la búsqueda primaria*

Años	ProQuest	Science Direct	IOPscience	Scopus	Ebscohost	Total
2016	36	12	3	0	97	148
2017	2	20	8	1	93	124
2018	4	31	4	3	89	131
2019	3	33	7	2	388	433
2020	4	52	19	2	256	333
2021	2	5	13	2	67	89
Total	51	153	54	10	990	1258

Fuente: Elaboración propia

Una vez habiendo recopilado los artículos de cada una de las bases de datos consultadas, si aplicaron filtros para que la información sea precisa.

3.7. Rigor científico

En la investigación se utilizó artículos de acceso libre encontrados en las bases de datos indexados ya que son documentos técnicos de fuentes primarias que tienen un sistema riguroso de revisión, lo cual hace que la data utilizada sea fiable y verificable, además para determinar la información que se empleó en la revisión sistemática se utilizó criterios para el análisis de la información de contextos asociados a estudios posteriores, así mismo se tomó en cuenta la ética profesional del investigador.

3.8. Método de análisis de datos

El desarrollo de esta investigación se realizó con el diseño de investigación cualitativa, teniendo en cuenta el análisis documental como técnica y la ficha de recolección de datos como instrumento, además el método empleado para el análisis de la información se realizó en una hoja de cálculo Microsoft Excel 2019, el cual permitió seleccionar la información de cada artículo que fue previamente seleccionado empleando los criterios de inclusión como: la periodicidad de publicación de los artículos que se comprende entre los años 2016 hasta el 2021, uso de artículos de investigación, netamente publicados en inglés y disponibilidad de archivo completo, esto con la finalidad de que la

recolección de información sea más precisa, exacta y se ahorre el tiempo en la búsqueda de los artículos científicos elegibles.

3.9. Aspectos éticos

El proyecto de investigación cumplió con los códigos éticos y los lineamientos de investigación estipulados por la Universidad César Vallejo, además se tomó en cuenta el compromiso social del investigador y autonomía del mismo, también se respetó los derechos de autoría de los investigadores al momento de obtener y procesar la información que se comprendían dentro de los artículos recopilados para su correcto desarrollo, también se empleó el uso de citas de acuerdo al estilo ISO 690. transparencia y veracidad de los datos. La información que contempla la investigación podría favorecer en el desarrollo de trabajos futuros entorno a la aplicación de técnicas de tratamiento en aguas residuales hospitalarias.

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados de la búsqueda primaria realizada en la base de datos de revistas indexada como ScienceDirect, Scopus, IOPscience, ESBCOhost y ProQuest.

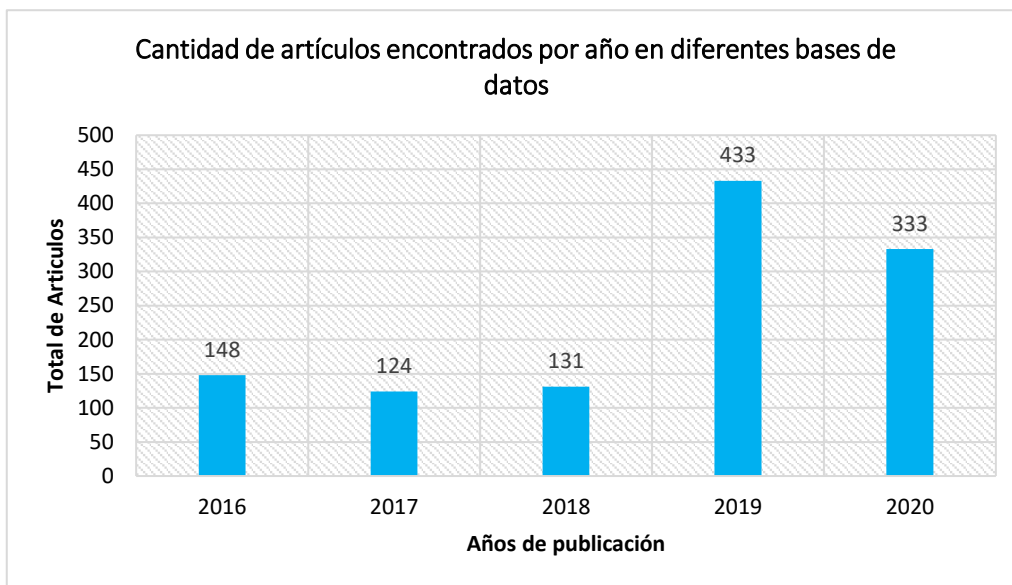


Figura 2. Cantidad de artículos por año de diferentes bases de datos

En figura 2 se muestra la relevancia que tiene el estudio de las técnicas de tratamiento aplicadas en aguas residuales hospitalarias, entonces, podemos decir que el año en que sea tomado más importancia por desarrollar técnicas y analizar su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales hospitalarias es en año 2019, ya que se registran un total de 433 artículos, asimismo se tiene que en el año 2017 se tuvo menor cantidad de publicación presentando un total de 124 artículos.

Por otro lado, se tienen la cantidad de artículos que se empleó en el trabajo y su relevancia por año, como se muestra en la figura 3.

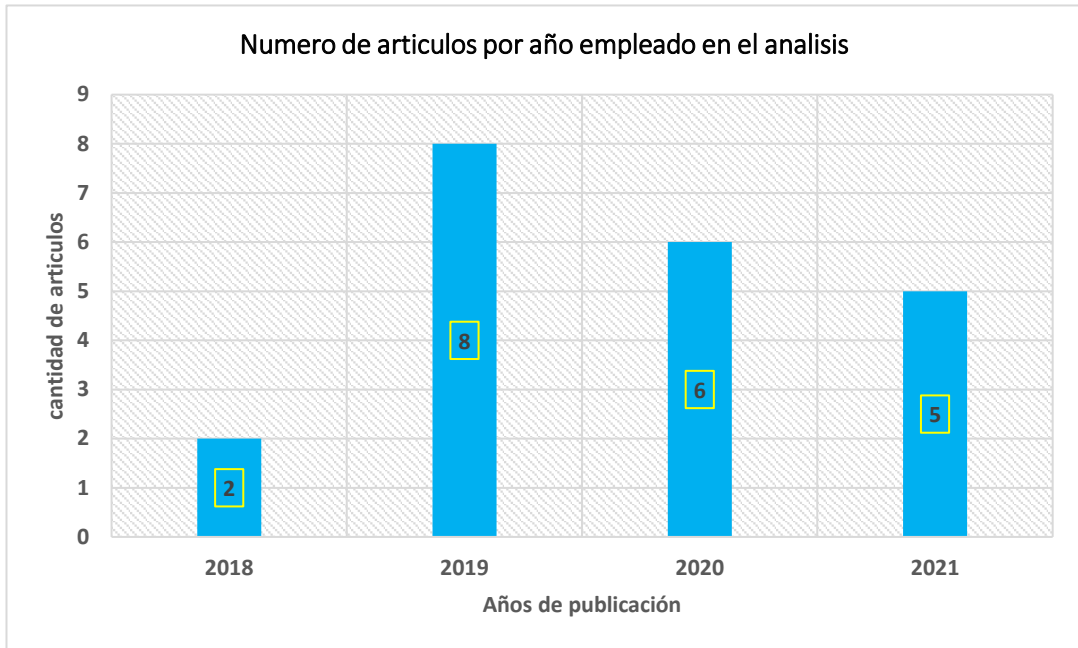


Figura 3. Número de artículos empleados en la revisión sistemática

En la figura 3 muestran la cantidad de artículos que han sido empleados para el desarrollo de la investigación, del año 2018 se emplearon 2, del año 2019 se emplearon 8, del 2020 se emplearon 6 y por último artículos publicado en el 2021 se tiene 5, dando así un total de 21 artículos.

De los artículos previamente seleccionados damos respuesta al primer objetivo planteado “evaluar las principales técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios según el tipo de contaminante a tratar”

Tabla 4. Técnicas para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias

N°	Autor	Título de la investigación	Técnica	Parámetros evaluados	Eficiencia	Alcances
1	Rachida El Morabet; et al.	Estudio comparativo de biorreactor de membrana sumergida y proceso de aireación extendido acoplado con decantador de tubos para tratamiento de aguas residuales hospitalarias	proceso de oxidación seguido de Tubesettler	DBO5	77%	Eficiencia empleando biorreactor de membrana sumergida con Tubesettler
				DQO	62%	
				DBO5	87%	Eficiencia empleando aireación extendida con Tubesettler
				DQO	77%	
2	INDAH, Rina; ENDAH, Nur; NUR, Muhammad	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante tecnología de ozono	oxidación avanzada	DQO	43.00%	Reducción eficiente del ozono de DQO y TDS a una concentración de 100 mg / litro, el valor medio más bajo con DQO de 17,47 mg / litro y TDS 409,75 mg / litro.
					65.00%	
					44.00%	
				TDS	7.60%	
					5.00%	
4.90%						
3	Kamal, Hasani; et al.	La eficiencia del proceso sono-electro-fenton para la eliminación del antibiótico cefixima de soluciones.	oxidación avanzada	Cefixina	91.50%	En condiciones óptimas, el porcentaje de eliminación de ce fixima por el proceso sono-electro-Fenton fue del 97,5%.
4	DOLATABADI, Maryam; AHMADZADEH, Saeid; GHANEIAN, Mohammad.	Mineralización de ácido mefenámico de aguas residuales hospitalarias mediante degradación electro-Fenton: Optimización e identificación de problemas con el mecanismo de eliminación	oxidación avanzada	ácido mefenámico	95.3%	la eficiencia de remoción del 95.3% se logró bajo las condiciones experimentales óptimas, 7,0 mg L ⁻¹ , El H ₂ O ₂ dosis de 700 μl / L, la densidad de corriente de 6,6 mA cm ⁻² , y el tiempo de reacción de 12 min.
5	Top, Selin; et al.	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante proceso de oxidación de agua supercrítica	Oxidación avanzada	DQO (mg/L)	90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
				DBO5 (mg/L)	96%	esta eliminación se logra al cabo de 150 s, del tiempo de reacción
				Paracetamol (ug/L)	99.90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
				Diclofenaco (ug/L)	80%	
6	Alexandre Flora et al.	Combinación de foto-Fenton solar terciaria y procesos de adsorción en el tratamiento	Oxidación y absorción	Ibuprofeno (ug/L)	62%	La mejor condición elegida para la degradación de los productos farmacéuticos

		de aguas residuales hospitalarias: la eliminación de productos farmacéuticos y sus productos de transformación		Paracetamol (ug/L)	32%	por SPF fue el que utilizó una concentración inicial de H ₂ O ₂ de 100 mg L ⁻¹ y múltiples adiciones de Fe ²⁺ de 5 mg L ⁻¹ en tiempos de t = 0, 5 y 10 min
7	Ouarda, Yassine et al.	Tratamiento electroquímico de aguas residuales hospitalarias reales y seguimiento de residuos farmacéuticos mediante modelos sustitutos	oxidación avanzada	Ibuprofeno (µg. L-1)	<20%	se observó baja eliminación debido a que presenta mayor concentración. Sin embargo, las tasas de reducción de otros productos farmacéuticos fueron superiores al 50% después de 120 minutos de electrólisis a una densidad de corriente de 35,4 mA. Cm ⁻² , cabe recalcar que el Sulfametoxazol presento una eliminación completa.
				Diclofenaco (µg. L-1)	50%	
				Sulfametoxazol (µg. L-1)	100%	
8	Khan, Afzal etal.	Aplicación de procesos de oxidación avanzada seguido de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales hospitalarias	oxidación avanzada	Ibuprofeno	100%	peroxona a los 2 min de ser aplicado - 3.5mi 17.0 mg/L
				Diclofenaco	84%	
				Ibuprofeno	100%	ozono a os 2 min de ser aplicado - 3.5mi 17.0 mg/L
				Diclofenaco	81%	
9	Moussavi, Gholamreza y Mahsa, Fathi	Desinfección avanzada y postratamiento de los tratados biológicamente aguas residuales hospitalarias en la UVC / H ₂ O ₂ y VUV / H ₂ O ₂ Procesos: comparación de rendimiento y eficiencia de desintoxicación.	AOP basados en rayos ultravioleta (UV)	DBO ₅ (mg / L)	93,6%	El OH tiene fotones UVC oxidantes la inactivación de la E. coli fue mucho más eficiente en el fotorreactor VUV.
				Sulfato (mg / L)		
10	Mir-Tutusaus, Josep et al.	Perspectivas sobre el acoplamiento UV / H ₂ O ₂ con lodos activados o un tratamiento fúngico para la eliminación de compuestos farmacéuticamente activos en condiciones reales	oxidación avanzada y tratamiento fúngico	DQO (mg / L)	50%	la combinación de cualquiera de los tratamientos. Se obtuvieron resultados de eliminación similares (94%) al colocar UV / H ₂ O ₂ tratamiento antes de FG, mientras que una eliminación menor (83%) se obtuvo en la combinación de UV / H ₂ O ₂ seguido de AS, logrando una disminución en la toxicidad del agua.
				TSS (mg / L)	0.70%	

11	Yolanda Segura et al.	Un estudio comparativo entre las tecnologías de oxidación catalítica por aire húmedo, Fenton y Photo-Fenton para el tratamiento in situ de aguas residuales hospitalarias.	oxidación catalítica	DQO (mg / L)	90%	La oxidación intensificada de Fenton fue el más eficiente para la eliminación de fármacos con una reducción casi completa de la concentración inicial
				DQO (mg / L)	99.8%	
				DQO (mg / L)	94.5%	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se muestra el análisis de los artículos recopilados, los cuales utilizaron la técnica de oxidación avanzada para tratar aguas residuales hospitalaria, por lo tanto, se utilizó un estudio de comparativo de membrana sumergida y proceso de aireación a los cuales se les acoplo un decantador de tubos es así que haciendo la comparación entre ambos estudios dio como resultado que la eficiencia empleando biorreactor de membrana sumergida con Tubesettler para el DBO5 es de 77%, mientras que para el DQO es de 62%; además se tiene, que la otra combinación Aeración extendida mas Tubesettler da una eficiencia 87% y para el DQO 77% **(Rachida El Morabet; et al. 2020)**. Mientras que al usar el agua supercrítica que se comprenden dentro de la técnica de oxidación avanza podemos decir que es super eficiente ya que se presentan valores de eficiencia para el DQO y DBO5 del 90% y 96% respectivamente y presenta una alta eficiencia en el tratamiento de fármacos como paracetamol, diclofenaco mayor a un 90% **(Top, Selin; et al, 2020)**. Entonces podemos decir que para los parámetros de DQO Y DBO5 las eficiencias son casi similares. Por otro lado, se tiene procesos de oxidación avanzada utilizando rayos ultravioletas y utilizando un tratamiento biológico donde se evidencia la eficiencia con respecto al DQO Y solidos suspendidos totales de 50 % y 0.70% respectivamente **(Mir-Tutusaus, Josep et al, 2021)**.

Asimismo, se tiene el siguiente artículo donde se hace uso de rayos ultra violeta seguido de un tratamiento fúngico donde se evaluó la eficiencia con respecto a DBO₅ y Sulfatos teniendo una eficiencia de 93.6% en ambos casos (**Moussavi, Gholamreza y Mahsa, Fathi, 2019**). Con respecto al tratamiento específicamente de fármacos presente en las aguas residuales la técnica de oxidación es una gran opción en el presente artículo emplea procesos electroquímicos para tratar fármacos como ibuprofeno, diclofenaco, y Sulfametoxazol presentan una eficiencia <20%, 50%, 100% respectivamente (**Ouarda, Yassine et al, 2019**). Mientras tanto se muestra una mayor eficiencia en el tratamiento del fármaco de Ibuprofeno con 62%, esto debido a que se utilizó procesos combinados foto-Fenton solar terciaria y procesos de adsorción (**Alexandre, Flora et al, 2021**). Con respecto a la eficiencia tratamiento de medicamentos antiinflamatorios se tiene el caso la mineralización del ácido mefenámico haciendo uso de degradación electro-fenton, muestra una eficiencia del 95.3% (**DOLATABADI, Maryam; AHMADZADEH, Saeid; GHANEIAN, 2019**). También se empleó el proceso de sono-electro-fenton para la eliminación de antibióticos como la cefixina mediante es proceso se logró eliminar hasta un 91.50% y en condiciones óptimas llega hasta un 95.7% de eliminación (**Kamal, Hasani; et al, 2020**).

Por otro lado, se tiene las técnicas de ozonización para el tratamiento de fármacos y parámetros físicos como el DQO

Tabla 5. Técnica de ozonización.

N°	Autor	Título de la investigación	Técnica	Parámetros evaluados	Eficiencia	alcances
12	Thi-Kim-Quyen Vo et al.	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante biorreactor de membrana de esponja junto con proceso de ozonización	Ozonización	DQO	90%	Se demostraron que un biorreactor de membrana de esponja (Sponge-MBR) junto con la ozonización podría ser una tecnología prospectiva para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias
				ciprofloxacina	93%	
				tetraciclina	100%	
13	Tang, Kai et al.	Eliminación de productos farmacéuticos, toxicidad y fluorescencia natural mediante la ozonización de aguas residuales hospitalarias tratadas biológicamente, con un pulido adicional mediante una biopelícula suspendida	Ozonización	Ibuprofeno (µg. L-1)	100%	La dosis de ozono administrada logró una eliminación del 90% del producto farmacéutico y se normalizó al carbono orgánico disuelto (COD). Estos resultados normalizados muestran que la trimetoprima fue eliminada por el ozono más fácilmente que otros productos farmacéuticos
				Metoprolol (ug/L)	89%	
				Sulfametoxazol (µg. L-1)	52%	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5: se observa la técnica de ozonización aplicada con diferentes procesos pero con el mismo fin de tratar fármacos y parámetros físicos propios del agua residual hospitalaria, en el primer artículo se hace uso de un biorreactor de membrana de esponja acompañado del proceso de ozonización, donde se da a notar que la eficiencia de ambos procesos dan como resultado para DQO 90%, para los fármacos ciprofloxacina y tetraciclina 93% y 100% respectivamente entonces vemos que el proceso de biorreactor junto con la ozonización dan mejor resultado en la eliminación de la tetraciclina **(Thi-Kim-Quyen Vo et al, 2019)**. Por otro lado, se tiene el proceso de ozonización aplicado a aguas residuales hospitalarias con pretratamiento biológico, dicha técnica da una eficiencia de tratamiento para el Ibuprofeno con 100%, el metoprolol 89% y para el Sulfametoxazol un 52%, se puede inferir que este proceso es más efectivo para medicamentos antiinflamatorios ya que presentan una eliminación completa **(Tang, Kai et al, 2018)**.

Tabla 6. Técnicas biológicas, y técnicas físicas

N°	Autor	Título de la investigación	Técnica	Parámetros evaluados	Eficiencia	Alcances
14	Serna, Efraím et al.	Eliminación efectiva de Quince fármacos relevantes en aguas residuales hospitalarias de Colombia por combinación de un sistema biológico con un proceso sonoquímico	sistema biológico seguido de una oxidación sonoquímica avanzada	Paracetamol µgramo L-1	91,13%	La combinación biológica / sono-foto-Fenton eliminó eficazmente la carga inicial de los contaminantes, donde el sistema biológico se activó eliminando las sustancias biodegradables y permitiendo al AOP una eficiente degradación de los productos farmacéuticos.
				Diclofenaco µgramo L-1		
				Ciprofloxacina µgramo L-1		
15	WU, C. Y et al.	Degradación del diclofenaco sódico en pilas de combustible microbianas	tratamientos biológicos	diclofenaco	30.73%	La tasa de eliminación más alta puede alcanzar hasta el 30,73% después de 2 semanas, con pH ácido débil de 5.5. y a temperatura normal la degradación puede llegar hasta un 8.71 %
					8.71%	
16	Jaén-Gil, Adrian et al	Combinando procesos biológicos con UV/ H2O2 para la eliminación del ácido metoprolol u metoprolol en aguas residuales hospitalarias	Tratamientos biológicos	metoprolol (MTP)	85.70%	
				ácido metoprolol (MTPA)	99.50%	
17	Mejía Morales, C; et al.	Método de caracterización de banda ancha para sistemas fotoquímicos para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias.	sistemas fotoquímicos	Turbidez	100%	Proceso más eficiente en combinación es UV / H2O2 / O3
				Cu	57.60%	
				Cr	75%	
				Fe	41.20%	
18	SPYRIDO N, Panagiotis et al	Tratamiento fotocatalítica de productos farmacéuticos en aguas residuales hospitalarias reales para la Mejora de la calidad Efluentes	Degradación fotocatalítica	TDS (mg/l) PC-TiO2- P25	-3.92%	El tratamiento con los tres catalizadores reveló degradación-mineralización de los micro contaminantes presentes en el efluente de aguas residuales
				TDS (mg/l) PC-CN	-4.20%	
				TDS (mg/l) PC-20CNSTO	-4.48%	
				DQO (mg/l)- PC-TiO2- P25	30.00%	
				DQO (mg/l) - PC-CN	30.00%	
				DQO (mg/l) - PC-20CNSTO	30.00%	

				Diclofenaco (mg/l)	56.24%	
19	Rochmah, Nwidiasa	Estudio de reciclaje de efluentes de EDAR hospitalarios con ósmosis inversa	osmosis inversa	TDS (mg/l)	50.36%	la concentración de agua procesada (producto) RO cuando se ve desde los parámetros TDS (Sólido Total Disuelto) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) ha disminuido y cumple con los estándares de calidad del agua
					87.88%	
					88.47%	
				DQO (mg/l)	0%	
					23.99%	
					35.29%	
20	MAHIRULAH, M; WIDIASA, N.	Estudio sobre ultrafiltración de efluentes de tratamiento de aguas residuales hospitalarias	ultra filtración	DQO	56.00%	la presencia de pretratamiento durante la filtración podría limitar las interacciones excesivas de ensuciamiento con la membrana, de modo que la membrana podría limpiarse más fácilmente que sin pretratamiento
				Color	12.50%	
21	Ahmed, Nadeem et al.	Humedales construidos de flujo subterráneo horizontal junto con decantador de tubos para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias	Humedales Construidos y el decantador de tubos	DQO	96%	El humedal construido de flujo superficial horizontal (HSFCW) junto con Tubeettler logró una eficiencia de eliminación total
				DBO5	96%	
				FOSFATO	79%	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se muestran los resultados de las técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales hospitalarias, en el primer artículo muestra la aplicación de procesos biológicos con oxidación sonoquímica para tratar fármacos como el paracetamol, diclofenaco, ciprofloxacina, siendo los porcentajes de eficiencia 91.13% para todos los fármacos (**Serna, Efraím et al, 2019**). Por otro lado, se tiene la degradación del diclofenaco mediante el uso de pilas de combustible microbiano, el cual permitió que el proceso tenga un porcentaje de eficiencia para tratar el diclofenaco de 30.73% (**WU, C. Y et al, 2019**). Mientras que para el uso de sistemas fotoquímicos se empleará para ver su eficiencia una caracterización de banda ancha, el cual determino que tiene una alta efectividad para tratar la turbidez, ya que es un parámetro propio del efluente representando un 100% de efectividad con respecto a ese parámetro, mientras que para los metales que se encontró en pocas concentración en el efluente representa una efectividad media ya que se encontró un porcentaje de 57.60% para el cobre, 75% para el cromo y 41.20% para el fierro, esta eficiencia se logran si los procesos se combinan (**Mejía Morales, C;**

et al, 2019). En otro de los artículos menciona el tratamiento que se da a las aguas residuales hospitalaria mediante la aplicación de Humedales Construidos con flujo horizontal y el decantador de tubos, lo que demuestra que es eficiente ya que se mostraron porcentajes de eficiencia de 96% para el DQO, 96% para el DBO5 y Fosfatos con un 79% (Ahmed, Nadeem et al, 2020).

Se tiene el objetivo específico N°2 el cual es “evaluar las principales condiciones del proceso que generar una mayor eficiencia de la técnica empleada en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios” para responder al objetivo planteado se muestra la tabla N°7.

Tabla 7. Condiciones del proceso de la técnica de oxidación avanzada.

N°	Autor	Técnica	Proceso	Condiciones del proceso																
				parámetros del efluente																
				Condiciones de operación						parámetros físicos				Fármacos						
				PH	T °C	t	P	(λ) de onda	Flujo	DQO	DBO5	fosfatos	TDS	Ibuprofeno	Paracetamol	Cefixina	Diclofenaco	Sulfametoxazol	Acido Mefenámico	
1	Rachida El Morabet; [et al].	Oxidación Avanzada	Biorreactor de membrana sumergida y proceso de aireación extendido acoplado con decantador de tubos	-	25 °C	24h - 1día	-	-	-	77%	87%	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	Jaén-Gil, Adrian [et al].	Oxidación Avanzada	Combinando procesos biológicos con UV/ H2O2, peroxona y Ozono	7.5	25 °C	3.5 min	baja presión	254 nm	-	-	-	-	-	100%	-	-	84%	-	-	

3	NDAH, Rina; ENDAH, Nur; NUR, Muhammad	Oxidación Avanzada	Utilización de ozono	7.7.	-	60 min	-	-	-	65%	-	-	7.6%	-	-	-	-	-	-
4	Kamal, Hasani; [et al].	Oxidación Avanzada	Sono - electro - fenton,	<3	25 °C	15-90 min	-	-	1 ml/l	-	-	-	-	-	-	91.50 %	-	-	-
5	DOLATABADI, Maryam; AHMADZADEH, Saeid; GHANEIAN, Mohammad	Oxidación Avanzada	Proceso de electro – frentón	4	-	12 min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95.30 %
6	Top, Selin; [et al].	Oxidación Avanzada	Oxidación por agua supercrítica (SCWO)	7.28	450 °C	60 sg.	-	-	5-10 ml/min	90%	96%	>90%	-	-	99.9%	-	80%	-	-
7	Alexandre Flora [et al].	Oxidación Avanzada	Tratamiento solar foto-fenton, combinado con procesos de absorción utilizando carbón activado de aguacate	5	-	60 min	-	-	-	-	-	-	-	62%	32%	-	-	-	-
8	Khan, Afzal [et al].	Oxidación Avanzada	Combinaciones ozonización (O ₃)	6.9	-	2 min	-	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	81%	-	-
			Proceso de peroxona (O ₃ miH ₂ O ₂),	6.9	-	2min	-	-	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	84%	-
9	Moussavi, Gholamreza y Mahsa, Fathi	Oxidación Avanzada	UVC, VUV, UVC / H ₂ O ₂ y VUV / H ₂ O ₂	7.7	-	60 min	-	-	-	-	93.60 %	-	-	-	-	-	-	-	-

10	Ouarda, Yassine [et al].	Oxidación Avanzada	Oxidación electroquímica, haciendo uso de un reactor de electro oxidación de forma cilíndrica	7.47	-	120 min	-	-	-	-	-	-	-	<20%	-	-	50%	100 %	-	
11	Josep Anton Mir-Tutusaus [et al].	Oxidación Avanzada	Tratamientos biológicos proceso convencional de lodos activados y el tratamiento fúngico seguido de UV / H ₂ O ₂	7.5	25 °C	-	baja presión	254 nm	-	50%	-	-	TSS 0.70 %	-	-	-	-	-	-	
12	Segura, Yolanda [et al].	Oxidación Avanzada	Oxidación catalítica con aire húmeda	6 a 8	150 °C	-	20 bar	254 nm	-	90%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			Oxidación Fenton homogénea intensificada	6 a 8	150 °C	-	20 bar	254 nm	-	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Oxidación heterogénea de Photo-Fenton	6 a 8	150 °C	-	20 bar	254 nm	-	94.50 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7: se muestra el resultado de 12 artículos referentes a la técnica de oxidación avanzada empleada en el tratamiento de aguas residuales hospitalaria, (Rachida El Morabet; et al, 2020) en su estudio realizado sobre la técnica de oxidación empleada para la remoción de contaminantes en aguas residuales hospitalaria, tomo en cuenta condiciones de proceso como temperatura siendo esta 25 °C, tiempo de reacción, está en un rango de 24h a 1 día, teniendo en cuenta estas variables logro un porcentaje de eficiencia para tratar DQO Y DBO5 de 77% y 87% respectivamente.

Por otro lado, tenemos otro artículo donde menciona la utilización de la misma técnica de oxidación avanzada, pero utilizando otro proceso el cual es la el agua supercrítica; para la realización de esta investigación se toman en cuenta las siguientes condiciones como el pH con un valor neutro de 7.28, una temperatura de 450 °C, y tiempo de Reacción de 60 Sg, mediante la consideración de estas condiciones se obtiene una eficiencia en el tratamiento de DBO5, QO y fosfatos de 90%,96% y >90% respectivamente, así también contribuyen el tratamiento de fármacos como el paracetamol y el diclofenaco obteniendo así un porcentaje de eficiencia de 99.9% y 80%; pudiendo decir que el proceso de tratamiento es muy efectivo en el tratamiento de fármacos ya que se observó que a eficiencia con respecto al paracetamol es casi de un 100% (Top, Selin; et al, 2019). Ahora comparando los procesos electro-frentón, foto-fentón estos son esenciales para tratar aguas residuales que son fotosensible en medios acuosos se puede incluso tratar agua de rio, con concentraciones bajas de DQO (**Kamal, Hasani; et al, 2020**). Eso lo podemos corroborar con el uso de una combinación de procesos como lo es la oxidación Fenton homogénea intensificada y oxidación heterogénea de Photo-Fenton considerando los mismos parámetros de operación como lo son pH en un rango de 6 a 8, temperatura 150 °C, presión 20 bar, longitud de onda de 254 nm, dando así que la eficiencia con el primer proceso entorno al DQO hay una eficiencia del 100%, mientras que en el segundo se muestra un 94.5% para el DQO, esto demuestra que el uso de la técnica de oxidación avanzada utilizando procesos fotoquímicos tiene una alta eficiencia en el tratamiento del DQO presente en aguas residuales hospitalarias (**Segura, Yolanda et al, 2021**).

Tabla 8. Condiciones para la técnica de Ozonización.

N°	Autor	Técnica	Proceso	Condiciones del proceso										
				Parámetros del efluente										
				Condiciones de operación					parámetros físicos	Fármacos				
				pH	t	Presión	Dosis de Ozono	Porosidad de la membrana	DQO	Ibuprofeno	Metoprolol	Sulfametoxazol	Ciprofloxacina	Tetraciclina
1	Tang, Kai et al.	Ozonización	Sistema de ozonización con un pulido adicional mediante una biopelícula suspendida	-	3, 1 min	Alrededor de 1,4 bar	20 mg de O ₃ /L	-	-	100%	89%	52%	-	-
2	Thi-Kim-Quyen Vo et al.	Ozonización	Se realizó un biorreactor de membrana esponja	7.2	10, 6, 7, y 5 h		40 mg de O ₃ /h	98%	90%	-	-	-	93%	100%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8 se muestran los resultados de los parámetros que se consideran dentro del tratamiento químico, como el tratamiento por ozonización en ambos artículos consideran que es de suma importancia determinar la dosis del ozono, en el caso de Sistema de ozonización con un pulido adicional mediante una biopelícula suspendida se toman en cuenta los siguientes parámetros tiempo, presión, siendo efectivo para el tratamiento de fármacos teniendo un porcentaje de eficiencia para el ibuprofeno, metoprolol y Sulfametoxazol de 100%, 89% y 52% respectivamente (**Tang, Kai et al, 2018**); mientras tanto en el siguiente artículo también se hace referencia a la utilización de los mismos parámetros de operación, sin embargo se añade la porosidad de la membrana ya que

en el proceso de ozonización en este caso se utilizan procesos combinados para dar una mejor eficiencia de la técnica empleada por lo que la porosidad debe tener un 98%, para que mediante la evaluación se logró determinar que es eficiente para tratar fármacos como parámetros físicos del efluente, por lo que podemos denotar que con respecto a la eficiencia tratando DQO es del 90%, sin embargo, al ser una técnica que emplea diferente proceso también es posible de eliminar a 100% productor farmacéuticos como la tetraciclina, que presento un 100% de eliminación a diferencia de la ciprofloxacina que tiene un 93% **(Thi-Kim-Quyen Vo et al, 2019)**.

Estos resultados obtenidos en los artículos los afirma **(Geetha, Sruthi, Chandrasekaran, 2020)** en su investigación que consta de evaluar la degradación de tetraciclina, menciona que los métodos de ozonización son más utilizados para degradar compuestos complejos como los fármacos, y como se observa en la tabla el método químico empleando la Ozonización con respecto al tratamiento del metoprolol e ibuprofeno se tiene un porcentaje de eficiencia de 89% y 100% respectivamente.

Otras de las técnicas químicas que se encontró es la técnica de degradación fotocatalítica, para ello se muestra la tabla N° 09.

Tabla 9. *Condiciones de proceso para la degradación fotocatalítica.*

N°	Autor	técnica	Proceso	Condiciones del proceso						
				Parámetros del efluente						
				Condiciones de operación				parámetros físicos		Fármacos
				catalizadores	Tiempo	(λ) de onda	filtro	TDS	DQO	Diclofenaco
1	SPYRIDON, Panagiotis et al	Degradación fotocatalítica	Utilización fotocatalizadores de TiO ₂ , CN Y 20CNSTO	PC-TiO ₂ - P25	180 min	290 nm	0,45 μ m	-3.92%	30.00%	56%
				PC-CN	180 min	290 nm	0,45 μ m	-4.20%	30.00%	
				PC-20CNSTO	180 min	290 nm	0,45 μ m	-4.48%	30.00%	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestran los resultados de la degradación fotocatalítica, en el cual se evaluaron las siguientes condiciones, tipo de catalizadores PC-TiO 2- P25, PC-CN y PC-20CNSTO, tiempo 180 min, longitud de onda de 290 nm y la medida del filtro 0,45 μ m, las pruebas se hicieron utilizando los 3 catalizadores por separado. Sin embargo, para el tratamiento de los parámetros físicos del efluente ya que no tuvo efectividad muy alta en el caso de los sólidos disueltos totales para el PC-TiO 2- P25 tuvo un porcentaje de -3.92%, PC-CN de -4.20% y PC-20CNSTO -4.48%, mientras que para el DQO tuvo 30% de efectividad ya sea para cualquiera de los catalizadores, por otro lado, empleando los tres catalizadores para el tratamiento del diclofenaco resulta un 56% de efectividad **(SPYRIDON, Panagiotis et al, 2019)**.

Así mismo también se muestran técnicas biológicas donde se da a notas lo siguiente: **Tabla 10**. Condiciones del proceso para tratamientos biológicos.

N°	Autor	Técnica	Proceso	Condiciones del proceso								
				parámetros del efluente								
				Condiciones de operación						Fármacos		
				Dimensiones del ánodo y cátodo	Área de la cámara	pH	t	T °C	frecuencia	Diclofenaco	Paracetamol	Ciprofloxacina
1	WU, C. Y [et al].	tratamientos biológicos	celdas combustibles microbianas de	6 cm de largo x 6 cm de ancho x 1,0 cm de espesor	10.0 cm 2,	5.5.	14 días	28 °C	-	30.73%	-	-
2	Serna, Efraím [et al].	tratamientos biológicos	sistema biológico seguido de una oxidación sonoquímica avanzada	-	-	-	90 min	-	375 kHz	91,13%	91,13%	91,13%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se muestra las condiciones del proceso que fueron considerados en los tratamientos biológicos, pues en el artículo 1 se realizó el tratamiento biológico empleando celdas de combustible microbiano, para lo cual las condiciones del proceso evaluadas fueron dimensiones del ánodo y cátodo que fue de 6 cm de largo x 6 cm de ancho x 1,0 cm de espesor, el área de la cámara 10 cm², con un pH de 5.5. ligeramente ácido, con una temperatura de 28 °C esto define el crecimiento de los microorganismos en un tiempo de reacción de 14 días, dando como resultado una eficiencia del tratamiento del diclofenaco 30.73 % **(WU, C. Y et al, 2019)**. También se tiene el tratamiento de aguas residuales hospitalarias haciendo uso de tratamientos biológico, pero implementando un proceso de oxidación sonoquímica para que el proceso del tratamiento sea más eficiente, para ello las condiciones del proceso que se tomaron en cuenta es la frecuencia del proceso sonoquímico que es de 375 kHz, y el tiempo con 90 min, asimismo se reportó que con los procesos combinados se tiene una eficiencia de tratamiento para el Diclofenaco, Paracetamol, Ciprofloxacina del 91.13% **(Serna, Efraím et al, 2019)**. Esto nos demuestra que los tratamientos biológicos solos no pueden dar una alta eficiencia en el tratamiento de fármacos, mientras que cuando estos se combinan con otros procesos puede producirse hasta una eficiencia mayor al 90%.

Asimismo, se tiene técnicas físicas los cuales también son empleados en el tratamiento de aguas residuales hospitalarias, para ello ver la Tabla 11.

Tabla 11. Condiciones del proceso para técnicas físicas.

N°	Autor	técnica	Proceso	Condiciones del proceso											
				parámetros del efluente											
				Condiciones de operación							parámetros físicos				
				Dosificación de AR	T °C	pH	P	t	flujo	Área de membrana	TDS	Color	DQO	DBO ₅	Fosfato
1	Nadeem Ahmed Khan [et al].	Tratamientos físicos	Humedales Construidos y el decantador de tubos	7 día /semana y 2 veces al día	48 °C	6.95	-	-	-	-	-	-	96%	96%	79%
2	Rochmah, Nwidiassa	Tratamientos físicos	osmosis inversa	-	-	-	1, 3 y 5 bar	8h	6,92; 15,13 y 28,57 L / hm 2,	-	88.47%	-	35.29%	-	-
3	MAHIRULLAH, M; WIDIASSA, N.	Tratamientos físicos	ultra filtración	-	-	6 a 9	-	4h	-	0,5 m2	-	12.50%	56%	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se muestran las condiciones del proceso empleado en las técnicas físicas de tratamiento de aguas residuales hospitalarias, por lo que en el primer artículo se denota el uso de Humedales Construidos acoplado a un decantador de tubos, para tal estudio se tomó en cuenta las condiciones del proceso los cuales son la dosificación de las aguas residuales por 7 día /semana y 2 veces al día, temperatura de 48°C permite el desarrollo adecuado del humedal, pH de 6.95, cumpliendo con las condiciones se denota un porcentaje de eficiencia de 96% para el DQO al igual que para el DBO₅, también se tiene fosfatos con un 79% de eficiencia **(Nadeem Ahmed Khan et al, 2020)**. También se da notar la que la osmosis inversa no es tan efectiva en el tratamiento de los parámetros físicos del efluente ya que se muestra una eficiencia de 88.47% y 35,29 para TDS Y DQO, a pesar de que se tomó en cuenta las condiciones sugeridas por otros autores **(Rochmah, Nwidiassa, 2021)**.

En el tercer artículo se empleó un proceso de ultrafiltración para el tratamiento de parámetros físicos propios del efluente tomando en cuenta las condiciones del proceso como el de tener un pH en un rango de 6 a 9, tiempo 4h, y teniendo una membrana con un área de 0,5 m², sin embargo, dio como porcentaje de eficiencia de 12.50% para el color y 56% para el DQO (**Mahirullah, M; Widiassa, N, 2021**). Mediante esto podemos inferir que las técnicas físicas son aptas para el tratamiento de parámetros físicos muy concentrados dentro del efluente a evaluar.

Mediante este análisis de las condiciones que evalúan en cada proceso de las técnicas de diferente índole podemos decir que son prioridad para determina la eficiencia que se reporta en cada artículo, como es el caso de las técnicas químicas donde reportan mayor eficiencia en la tratamiento de fármacos como lo es para el ibuprofeno donde se obtuvo un 100% de degradación empleando la oxidación avanzada como técnica y cumpliendo un proceso de aplicación de peroxona con tubesettle, mientras que para el sulfametazol se encuentra un 100% aplicando tratamiento electroquímico a diferencia del tratamiento biológico que reporta un 91.13% con respecto al fármaco, por otro lado con respecto a la degradación del diclofenaco se obtuvo es eficiente aplicando técnicas biológicas con un proceso combinados (tratamiento biológico + oxidación sonoquímica) por parte del metoprolol se tiene que las técnicas químicas (ozonización) y las técnicas biológicas (sistemas fotoquímicos UV+H₂O₂) muestran resultados similares del 89% y 85.70%; estos resultados se lograron teniendo en cuenta y evaluando las condiciones del proceso presentados en la N°11.

Por último, se da respuesta al tercer y último objetivo “Evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de aguas residuales según el tipo de muestra utilizada” para responder al objetivo planteado se muestra la siguiente tabla 12.

Tabla 12. Eficiencia de las técnicas según el tipo de muestra empleada.

N°	Artículo	Técnica	tipo de muestra	Parámetros	Eficiencia del tratamiento	Alcances
1	Estudio comparativo de biorreactor de membrana sumergida y proceso de aireación extendido acoplado con decantador de tubos para tratamiento de aguas residuales hospitalarias	proceso de oxidación seguido de Tubesettler	hospital de categoría II-2 atención general	DBO ₅	87%	eficiencia empleando aireación extendida con Tubesettler
				DQO	77%	
2	Combinando procesos biológicos con UV/ H ₂ O ₂ para la eliminación del ácido metoprolol u metoprolol en aguas residuales hospitalarias.	Procesos de oxidación avanzada	hospital de categoría II-2 atención general	metoprolol (MTP)	0.857	las combinaciones estudiadas, Tratamiento UV / H ₂ O ₂ (AOP) + Tratamiento de lodos activados (CAS) alcanzó las tasas de eliminación más altas no solo para MTP sino también para MTPA
				ácido metoprolol (MTPA)	99.50%	
3	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante proceso de oxidación de agua supercrítica	Oxidación avanzada	hospital de categoría II-2 atención general	DQO (mg/L)	90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
				DBO ₅ (mg/L)	96%	esta eliminación se logra al cabo de 150 s, del tiempo de reacción
				Paracetamol (ug/L)	99.90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
				Diclofenaco (ug/L)	80%	

				Fosfato (ug/L)	>90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
4	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante tecnología de ozono	oxidación avanzada	hospital de categoría II-2 atención general	DQO	43.00%	Reducción eficiente del ozono de DQO y TDS a una concentración de 100 mg / litro, el valor medio más bajo con DQO de 17,47 mg / litro y TDS 409,75 mg / litro.
					65.00%	
					44.00%	
				TDS	7.60%	
					5.00%	
					4.90%	
5	Un estudio comparativo entre las tecnologías de oxidación catalítica por aire húmedo, Fenton y Photo-Fenton para el tratamiento in situ de aguas residuales hospitalarias.	oxidación catalítica	hospital de categoría II-2 atención general	DQO	90%	La oxidación intensificada de Fenton fue el más eficiente para la eliminación de fármacos con una reducción casi completa de la concentración inicial
				DQO	99.8%	
				DQO	94.5%	
6	Aplicación de procesos de oxidación avanzada seguido de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales hospitalarias	oxidación avanzada	hospital de categoría II-2 atención general	Ibuprofeno	100%	peroxona a los 2 min de ser aplicado - 3.5mi 17.0 mg/L
				Diclofenaco	84%	ozono a os 2 min de ser aplicado - 3.5mi 17.0 mg/L
				Ibuprofeno	100%	
				Diclofenaco	81%	
				DQO	50%	la combinación de cualquiera de los tratamientos. Se obtuvieron resultados de eliminación similares (94%) al

7	Perspectivas sobre el acoplamiento UV / H2O2 con lodos activados o un tratamiento fúngico para la eliminación de compuestos farmacéuticamente activos en condiciones reales	oxidación avanzada y tratamiento fúngico	hospital de categoría II-2 atención general	TSS	0.70%	colocar UV / H2O2 tratamiento antes de FG, mientras que una eliminación menor (83%) se obtuvo en la combinación de UV / H2O2 seguido de AS, logrando una disminución en la toxicidad del agua.
8	La eficiencia del proceso sono-electro-fenton para la eliminación del antibiótico cefixima de soluciones.	oxidación avanzada	Agua sintética	Cefixina	91.50%	. En condiciones óptimas, el porcentaje de eliminación de cefixina por el proceso sono-electro-Fenton fue del 97,5%. Dado que la eficiencia de eliminación de sono electro-Fenton fue mayor que la de electro-Fenton y ultrasónico
9	Mineralización de ácido mefenámico de aguas residuales hospitalarias mediante degradación electro-Fenton: Optimización e identificación de problemas con el mecanismo de eliminación	oxidación avanzada	Agua sintética	ácido mefenámico	95.3%	la eficiencia de remoción del 95.3% se logró bajo las condiciones experimentales óptimas, 7,0 mg L ⁻¹ , El h 2 O 2 dosis de 700 μ l / L, la densidad de corriente de 6,6 mA cm ⁻² , y el tiempo de reacción de 12 min.
10	Combinación de foto-Fenton solar terciaria y procesos de adsorción en el tratamiento de aguas residuales hospitalarias: la eliminación de productos farmacéuticos y sus productos de transformación	Oxidación y absorción	Agua sintética	Ibuprofeno (ug/L)	62%	La mejor condición elegida para la degradación de los productos farmacéuticos por SPF fue el que utilizó una concentración inicial de H2O2 de 100 mg L ⁻¹ y múltiples adiciones de
				Paracetamol (ug/L)	32%	

						Fe ²⁺ de 5 mg L ⁻¹ en tiempos de t = 0, 5 y 10 min	
11	Tratamiento electroquímico de aguas residuales hospitalarias reales y seguimiento de residuos farmacéuticos mediante modelos sustitutos	oxidación avanzada	Agua sintética	Ibuprofeno (µg. L ⁻¹)	<20%	se observó una eliminación debido a que presenta mayor concentración. Sin embargo, las tasas de reducción de otros productos farmacéuticos fueron superiores al 50% después de 120 minutos de electrólisis a una densidad de corriente de 35,4 mA. Cm ⁻² , cabe recalcar que el Sulfametoxazol presento una eliminación completa.	
				Diclofenaco (µg. L ⁻¹)	50%		
				Sulfametoxazol (µg. L ⁻¹)	100%		
12	Desinfección avanzada y postratamiento de los tratados biológicamente aguas residuales hospitalarias en la UVC / H ₂ O ₂ y VUV / H ₂ O ₂ Procesos: comparación de rendimiento y eficiencia de desintoxicación.	AOP basados en rayos ultravioleta (UV)	Agua sintética	DBO ₅ (mg / L)	93,6%	El OH tiene fotones UVC oxidantes la inactivación de la E. coli fue mucho más eficiente en el fotorreactor VUV.	
				Sulfato (mg / L)			
13	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante biorreactor de membrana de esponja junto con proceso de ozonización	Ozonización	hospital de categoría II-2 atención general	DQO	90%	Estos resultados demostraron que un biorreactor de membrana de esponja (Sponge-MBR) junto con la ozonización podría ser una tecnología prospectiva para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias.	
				ciprofloxacina			93%
				tetraciclina			100%

14	Eliminación de productos farmacéuticos, toxicidad y fluorescencia natural mediante la ozonización de aguas residuales hospitalarias tratadas biológicamente, con un pulido adicional mediante una biopelícula suspendida	Ozonización	hospital de categoría II-2 atención general	Ibuprofeno (µg. L-1)	100%	La dosis de ozono administrada logró una eliminación del 90% del producto farmacéutico y se normalizó al carbono orgánico disuelto (COD). Estos resultados normalizados muestran que la trimetoprima fue eliminada por el ozono más fácilmente que otros productos farmacéuticos
				Metoprolol (ug/L)	89%	
				Sulfametoxazol (µg. L-1)	52%	
15	Eliminación efectiva de Quince fármacos relevantes en aguas residuales hospitalarias de Colombia por combinación de un sistema biológico con un proceso sonoquímico	sistema biológico seguido de una oxidación sonoquímica avanzada	hospital de categoría II-2 atención general	Paracetamol µgramo L-1	91,13%	la combinación biológica / sono-foto-Fenton eliminó eficazmente la carga inicial de los contaminantes, donde el sistema biológico se activó eliminando las sustancias biodegradables y permitiendo al AOP una eficiente degradación de los productos farmacéuticos.
				Diclofenaco µgramo L-1		
				Ciprofloxacina µgramo L-1		
					30.73%	La tasa de eliminación más alta puede alcanzar hasta el 30,73% después de 2

16	Degradación del diclofenaco sódico en pilas de combustible microbianas	tratamientos biológicos	agua sintética	diclofenaco	8.71%	semanas, con pH ácido débil de 5.5. y a temperatura normal la degradación puede llegar hasta un 8.71 %
17	Método de caracterización de banda ancha para sistemas fotoquímicos para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias.	sistemas fotoquímicos	hospital de categoría II-2 atención general	Turbidez	100%	Proceso más eficiente es UV / H ₂ O ₂ / O ₃
				Cu	57.60%	
				Cr	75%	
				Fe	41.2%	
18	Tratamiento foto catalítico de productos farmacéuticos en aguas residuales hospitalarias reales para la Mejora de la calidad Efluentes	Degradación foto catalítica	Agua sintética	TDS (mg/l) PC-TiO ₂ -P ₂₅	-3.92%	El tratamiento con los tres catalizadores reveló degradación-mineralización de los micro contaminantes presentes en el efluente aguas residuales
				TDS (mg/l) PC-CN	-4.20%	
				TDS (mg/l) PC-20CNSTO	-4.48%	
				DQO (mg/l)- PC-TiO ₂ -P ₂₅	30.00%	
				DQO (mg/l) - PC-CN	30.00%	
				DQO (mg/l) - PC-20CNSTO	30.00%	
				Diclofenaco (mg/l)	56.24%	
				TDS (mg/l)	50.36%	la concentración de agua procesada (producto) RO cuando se ve desde los parámetros TDS (Sólido Total Disuelto)
					87.88%	

19	Estudio de reciclaje de efluentes de EDAR hospitalarios con ósmosis inversa	osmosis inversa	hospital de categoría II-2 atención general		88.47%	y DQO (Demanda Química de Oxígeno) ha disminuido y cumple con los estándares de calidad del agua
				DQO (mg/l)	0%	
					23.99%	
					35.29%	
20	Estudio sobre ultrafiltración de efluentes de tratamiento de aguas residuales hospitalarias	ultra filtración	hospital de categoría II-2 atención general	DQO	56.00%	la presencia de pretratamiento durante la filtración podría limitar las interacciones excesivas de ensuciamiento con la membrana, de modo que la membrana podría limpiarse más fácilmente que sin pretratamiento
				Color	12.50%	
21	Humedales construidos de flujo subterráneo horizontal junto con decantador de tubos para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias	Humedales Construidos y el decantador de tubos	hospital de categoría II-2 atención general	DQO	96%	El humedal construido de flujo superficial horizontal (HSFCW) junto con Tubesettler logró una eficiencia de eliminación total
				DBO ₅	96%	
				FOSFATO	79%	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se da respuesta al objetivo N°3 el cual nos pide evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de aguas residuales según el tipo de muestra utilizada, la técnica utilizada fue el proceso de oxidación seguido de tubesettler donde se hace una comparación de un biorreactor de membrana sumergida y un proceso de aireación extendido acoplado con un decantador, este muestra una baja eficiencia a comparación empleando el tubesettler se refleja una mayor eficiencia de 85% en DBO₅ y 77% DQO empleando el proceso de aireación extendida con tubesettler. Seguido el proceso de oxidación avanzada utilizó UV/ H₂O₂ para la eliminación del ácido metoprolol (MTPA) u metoprolol (MTP) en aguas residuales hospitalarias el cual tiene eficiencia de 99.50% en la degradación de MTPA; así mismo en el proceso de oxidación de agua supercrítica se observa una eficiencia del 95% DBO₅ esta

eliminación se logra al cabo de 15 s; 99.90 % paracetamol, 80% diclofenaco y >90% fosfato en un tiempo de 60 s. Por otro lado, se emplea una tecnología de ozono aquí se tuvo una eficiencia de 65 % en DQO y un 7.60% de TDS como se puede observar tiene una baja eficiencia en la degradación de estos parámetros esto se debe a que hay influencia de otros contaminantes. También la oxidación catalítica por aire húmedo, Fenton y Photo-Fenton para el tratamiento in situ de aguas residuales hospitalarias tuvo una eficiencia de 99.8% DQO; Entre la aplicación de procesos de oxidación con diferentes tecnologías para el tratamiento de fármacos se tiene una eficiencia del 100% de degradación del Ibuprofeno y 84% Diclofenaco con peroxona a los 2 min de ser aplicado - 3.5mi 17.0 mg/L. Oxidación avanzada y tratamiento fúngico se obtuvieron resultados de eliminación similares (94%) al colocar UV / H₂O₂ tratamiento antes de FG, mientras que una eliminación menor (83%) se obtuvo en la combinación de UV / H₂O₂ seguido de AS, logrando una disminución en la toxicidad del agua. Así también se refleja una eficiencia del 91.5% de Cefixicima en un proceso de oxidación de sono-electro-fenton. Por otro lado, la eficiencia de remoción del ácido mefenámico 5.3% se logró bajo las condiciones experimentales óptimas, 7,0 mg L⁻¹, El H₂O₂ dosis de 700 μ l / L, la densidad de corriente de 6,6 mA cm⁻², y el tiempo de reacción de 12 min. La combinación de foto-Fenton solar terciaria y procesos de adsorción en los productos farmacéuticos tiene una eficiencia de 62% Ibuprofeno y una menor eficiencia e de 32% Paracetamol. Tratamiento electroquímico tiene una mayor eficiencia del 100% en la degradación de Sulfametoxazol mientras que un 20% en el Ibuprofeno esto se debe que las aguas residuales presentan una mayor concentración. Los procesos de AOP basados en rayos ultravioleta tienen una eficiencia de desintoxicación del 93.6% en DBO₅ y sulfato; y una baja eficiencia de 50% DQO. Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante biorreactor de membrana de esponja junto con proceso de ozonización tiene una eficiencia del 100% en la degradación de tetraciclina, 93% ciprofloxacina y 90% DQO. La dosis de ozono administrada logró una eliminación del 90% del producto farmacéutico y se normalizó al carbono orgánico disuelto (COD) la cual tuvo una eficiencia del 100% en la degradación de Ibuprofeno, 89% Metoprolol y el 52% Sulfametoxazol. En La eliminación de 15 fármacos por combinación biológica / sono-foto-Fenton eliminó eficazmente al 91.13% la carga inicial de los

contaminantes.

La tasa de eliminación más alta puede alcanzar hasta el 30,73% después de 2 semanas, con pH ácido débil de 5.5. y a temperatura normal la degradación puede llegar hasta un 8.71 % haciendo uso de pilas de combustible microbianas para la degradación del diclofenaco sódico. Otros tratamientos de sistemas fotoquímicos los procesos más eficientes es UV / H₂O₂ / O₃ reduciendo la turbidez al 100%, Cr 75%, Cu 57.6% y Fe 41%. También el tratamiento foto catalítico de productos farmacéuticos reveló degradación-mineralización a baja escala de los micro contaminantes presentes en el efluente aguas residuales DQO 30% y TDS 4.8%. Así mismo en el proceso de ósmosis se evalúan los mismos parámetros en lo cual se observa que tiene una mayor eficiencia de 88.47% TDS y 35.29% DQO que el tratamiento foto catalítico. El estudio sobre la ultrafiltración evaluó la eficiencia del DQO 56% y un parámetro físico que el color 12.5%. Por último, el tratamiento de humedal construido de flujo superficial horizontal (HSFCW) junto con Tubesettler logró una eficiencia del 96% DQO, 96% DBO₅ y 79% Fosfato, según los estudios encontrados la aplicación del tubesettler da una mayor eficacia al tratamiento empleado para las aguas residuales hospitalarias.

V. CONCLUSIONES

- Las principales técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios son técnicas físicas, químicas y biológicas; para tratar productores farmacéuticos (ibuprofeno, paracetamol, sulfametazol, cefixina, diclofenaco, metoprolol) se mostró que las técnicas de oxidación avanzada y ozonización muestran eficiencias en un rango del 90% al 100%, y por el lado del DQO la técnica química muestra resultados similares a la técnica física presentando un porcentaje de eficiencia del 96% y 100% respectivamente, por último con lo que respecta al DBO₅ se muestra que la técnica física empleando humedales tiene un 96% de eficiencia.
- Las condiciones que se evaluó en desarrollo de aplicación de la técnica son netamente condiciones que requiere el proceso de tratamiento, con respecto a las técnicas químicas, las principales condiciones evaluadas son el pH, temperatura, la presión, (λ) de onda específicamente para procesos que implican tratamiento fotoquímico, además también se toma en cuenta los parámetros físicos como el DQO, DBO₅, fosfatos y TDS, y la presencia de fármacos, mientras que para los tratamientos biológicos las condiciones principales que son evaluadas es el pH, temperatura, asimismo se tiene las técnicas físicas pues para la aplicación de estas técnicas las condiciones tomadas en cuenta son las siguiente temperatura, pH, tiempo de reacción del proceso, Temperatura y la los parámetros físicos del efluente ya que consta principalmente de la aplicación de prototipos..
- La eficiencia de las técnicas de tratamiento de aguas residuales según el tipo de muestra utilizada, se da a notar que para muestra de campo se tiene a hospitales de categoría II-2 atención general donde la técnica utilizada fue de humedales construidos y procesos de oxidación empleando el Tubesettler la cual muestra una eficiencia de eliminación de DBO₅ (96 y 87%) ,DQO (96 y 77%); Así mismo se muestra degradación del 100% del ibuprofeno utilizando los procesos de oxidación avanzada; En las aguas residuales sintéticas la técnica que tiene mayor eficiencia en la degradación de parámetros y fármacos con un rango de 90% al 100% son los procesos oxidación avanzada (AOP),

basados en rayos ultravioleta (UV) y la degradación foto catalítica. Eliminando Sulfametoxazol (100%) en el tratamiento electroquímico; ácido mefenámico (95.3%) en el proceso de degradación electro-Fenton; y cefixina (91.5%) en el proceso sonó-electro-frentón.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones acerca de las técnicas empleadas para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias, ya que es un problema que se enfrenta a nivel mundial.
- Para realizar un análisis más profundo de las técnicas empleadas en el tratamiento de las aguas residuales hospitalarias, se recomienda hacer una caracterización total del efluente a tratar y de las técnicas a utilizar
- En el desarrollo de la investigación se tuvo dificultades en la selección de los artículos, debido a que existen diferentes técnicas de tratamiento que se aplican en diferentes condiciones, se sugiere indagar las técnicas con respecto a contaminantes específicos de tratamiento.
- Realizar un estudio de comparación de las técnicas más eficaces para ser empleadas en el tratamiento de aguas residuales según el tipo de centro hospitalario.
- Actualizar la base de datos de la comunidad científica sobre las técnicas de tratamiento de aguas residuales hospitalarias.
- Realizar una investigación a fondo para hacer un análisis de la información recolectada.

REFERENCIAS

1. AHMADREZA, Yazdanbakhsh. Data on airborne bacteria and fungi emission from a conventional hospital wastewater treatment plant. [en línea] Irán 2019, vol. 28. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.105019>
2. AHMADZADEH, Saeid. [et al]. Removal of ciprofloxacin from hospital wastewater using electrocoagulation technique by aluminum electrode: Optimization and modelling through response surface methodology [en línea] Iran 2017. [Fecha de consulta 29 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=b4e3cda2-901b-43cf-bbd0-85e2a8fba4e9%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGI2ZQ%3d%3d#AN=124733048&db=eih>
3. ALEXANDRE, Flora. [et al]. Combination of tertiary solar photo-Fenton and adsorption processes in the treatment of hospital wastewater: The removal of pharmaceuticals and their transformation products [en línea]. Canada 2019. [fecha de consulta 17 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105666>
4. AMIR, Ikhlāq. [et al]. Synergic catalytic ozonation and electroflocculation process for the treatment of veterinary pharmaceutical wastewater in a hybrid reactor [en línea]. Pakistan 2019. [fecha de consulta 20 de Junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101597>
5. BARANCHESHME, Fateme y MUNIR, Mariya. Strategies to combat antibiotic resistance in wastewater treatment plants [en línea] Estados Unidos 2018, vol. 8. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02603>
6. BHOMIKA, Yadav. [et al]. Introduction to wastewater microbiology: special emphasis on hospital wastewater [en línea] Canadá 2020. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00001-8>
7. BRIGHT, E. [et al]. Wastewater treatment plants and release: The vase of Odin for emerging bacterial contaminants, resistance and determinant of environmental wellness [en line] Sudáfrica 2020. [Fecha de consulta: 12

- de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.05.003>
8. BUELOW, Elena. [et al]. Hospital discharges in urban sanitation systems: Long-term monitoring of wastewater resistome and microbiota in relationship to their eco-exposome [en línea] Fracia 2020. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2020.100045>
 9. CHHAYA; SRIVASTAVA. Recent advances in ozone-based advanced oxidation processes for treatment of wastewater- A review [en línea] India, 2020. [Fecha de consulta 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821120300314?via%3Dihub>
 10. CAPODAGLIO; BOJANOWSKA; TROJANOWICZ. Comparison of different advanced degradation processes for the removal of the pharmaceutical compounds diclofenac and carbamazepine from liquid solutions [en línea] Alemania, 2018. [Fecha de consulta 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1913-6>
 11. CHHAYA v., Rekhate y J.K., Srivastava, Recent advances in ozone-based advanced oxidation processes for treatment of wastewater- A review [en línea] India 2020, vol. 27. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821120300314>
 12. DOLATABADI, Maryam; AHMADZADEH, Saeid; GHANEIAN, Mohammad. Mineralization of mefenamic acid from hospital wastewater using electro-Fenton degradation: Optimization and identification of removal mechanism issues [en línea], Iran 2019. [Fecha de consulta 27 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=143246848&lang=es&site=eds-live>
 13. DENGSHENG. [et al]. Critical review of advanced oxidation processes in organic wastewater treatment [en línea] 2021. [Fecha de consulta 27 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsgao&AN=edsgcl.661136817&lang=es&site=eds-live>

14. FERNANDEZ. [et al]. Review of cytostatic wastewater degradation by ozone and advanced oxidation processes: results from Cuban studies [en línea] Cuba, 2020. [Fecha de consulta 27 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsggo&AN=edsgcl.617146362&lang=es&site=eds-live>
15. Geetha, Sruthi, Chandrasekaran, A review on tetracycline removal from aqueous systems by advanced treatment techniques [en línea] India 2020. [fecha de consulta 14 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/D0RA04264A>
16. Hansen, Kamilla. [et al]. Ozonation treatment of pharmaceuticals in hospital wastewater – Ozonation lifetime and required Ozone dose [en línea]. Denmark 2020. [fecha de consulta 14 de mayo del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.01.027>
17. HINCAPIÉ, Gina. [et al]. Dataset on application of electrochemical and photochemical processes for sulfacetamide antibiotic elimination in water [en línea]. Colombia 2020. [fecha de consulta 14 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340920300524>
18. INDAH, Rina; ENDAH, Nur; NUR, *Muhammad*. Treatment of hospital wastewater by ozone technology [en línea] Indonesia 2018. [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1025/1/012013/pdf>
19. IFEANYI, Anthony. Carbapenem resistance genes in hospital effluents and wastewater treatment plant (WWTP) final effluents [en línea] Sudáfrica 2020. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03899>
20. JAÉN-GIL, Adrian. [et al]. Combining biological processes with UV/H₂O₂ for metoprolol and metoprolol acid removal in hospital wastewater [en línea] España 2020. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126482>
21. KAMAL, Hasani. [et al]. The efficacy of sono-electro-Fenton process for removal of Cefixime antibiotic from aqueous solutions by response surface methodology (RSM) and evaluation of toxicity of effluent by

- microorganisms [en línea] Irán 2020. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.05.012>
22. KHAN, Afzal. [et al]. Application of advanced oxidation processes followed by different treatment technologies for hospital wastewater treatment [en línea]. India 2020. [fecha de consulta 10 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122411>
23. KUMARI, Astha; SINGH, Nityanand y TIWARI, Bhagyashree. Hospital wastewater treatment scenario around the globe [en línea] Canadá 2020. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00015-8>
24. NADEEM, Khan [et al]. Horizontal sub surface flow Constructed Wetlands coupled with tubesettler for hospital wastewater treatment [en línea]. India 2020. [fecha de consulta 5 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110627>
25. MAHIRULLAH, M; WIDIASA, N. Study on ultrafiltration of hospital wastewater treatment effluent [en línea] Indonesia 2021. [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1053/1/012120/pdf>
26. MADIMETJA, James y N. NOMNGONGO, Philiswa. Photochemical oxidation of antibiotic gemifloxacin in aqueous solutions – A comparative study [en línea] India 2017, vol. 27. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S102691851730029X#fig12>
27. MEJIA, C. [et al]. Broadband characterization method for photochemical systems used in hospital wastewater treatment [en línea] México 2019. [Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2020]. Disponible en <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=3cebc15a-e00a-4444-9f1b-38af88e331d1%40sdc-v-sessmgr01>
28. MIR-TUTUSAUS, Josep et al. Prospects on coupling UV/H₂O₂ with activated sludge or a fungal treatment for the removal of pharmaceutically active compounds in real hospital wastewater [en línea]. España 2021. [fecha de consulta 20 de Junio del 2021]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145374>

29. MOUSSAVI, Gholamreza y MAHSA, Fathi. Advanced disinfecting and post-treating the biologically treated hospital wastewater in the UVC/ H₂O₂ and UVV/ H₂O₂ processes: performance comparison and detoxification efficiency [en línea]. Iran 2019. [fecha de consulta 19 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.04.016>
30. MUÑOZ. [et al]. Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante el proceso Fenton [en línea] Madrid, 2018, [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/articulos/tratamiento-de-aguas-residuales-hospitalarias-mediante-el-proceso-fenton>
31. OUARDA, Yassine. [et al]. Electrochemical treatment of real hospital wastewaters and monitoring of pharmaceutical residues by using surrogate models [en línea]. Canada 2019. [fecha de consulta 11 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103332>
32. PAULUS, Gabriela. [et al]. The impact of on-site hospital wastewater treatment on the downstream communal wastewater system in terms of antibiotics and antibiotic resistance genes [en línea] Países bajos 2019. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.01.004>
33. RACHIDA, El Morabet. [et al]. Comparative study of submerged membrane bioreactor and extended aeration process coupled with tubesettler for hospital wastewater treatment [en línea] Marruecos 2020. [Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.08.021>
34. RAME, R. [et al]. Catalytic Ozonation Based Advanced Oxidation Process for Effective Treating Wastewater from Hospital and Community Health Centre Facility by FLASH WWT Catalyst System in Indonesia [en línea] Indonesia 2018. [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1095/1/012030/pdf>
35. RIOS, Ana; M, Mike; WELTE, Cornelia. The role of mobile genetic elements in organic micropollutant degradation during biological wastewater treatment [en línea] 2020, vol. 9. [Fecha de consulta 10 de

- septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2020.100065>
36. ROCHMAH, NWIDIASA. Study Recycling Effluents of Hospital WWTP with Reverse Osmosis [en línea] Indonesia, 2021. [Fecha de consulta 10 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1053/1/012077/pdf>
37. SHOKOOHI, Reza. [et al]. Antibiotic detection in a hospital wastewater and comparison of their removal rate by activated sludge and earthworm-based vermifiltration: Environmental risk assessment. [en línea] 2020. [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=egs&AN=141783110&lang=es&site=eds-live>
38. SEGURA, Yolanda. [et al]. A comparative study among catalytic wet air oxidation, Fenton, and Photo-Fenton technologies for the on-site treatment of hospital wastewater [en línea]. España 2021. [fecha de consulta 15 de Junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112624>
39. SERNA, Efraím. [et al]. Effective elimination of fifteen relevant pharmaceuticals in hospital wastewater from Colombia by combination of biological system with a sonochemical process [en línea]. Colombia 2019. [fecha de consulta 25 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.153>
40. SPYRIDON, Panagiotis. [et al]. Photocatalytic treatment of pharmaceuticals in real hospital wastewater for effluent quality amelioration [en línea] Grecia 2019. [Fecha de consulta 29 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/10/2165/htm>
41. TANG, Kai. [et al]. Removal of pharmaceuticals, toxicity and natural fluorescence through the ozonation of biologically-treated hospital wastewater, with further polishing via a suspended biofilm [en línea]. Dinamarca 2018. [fecha de consulta 11 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.112>
42. THI-KIM, Quyen. [et al]. Hospital wastewater treatment by sponge membrane bioreactor couple with ozonation process [en línea]. Vietnam

2019. [fecha de consulta 20 de Junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.009>
43. THOBEKA, pearl; JEAN, Mulopo; BABATUNDE, Bakare. Effective biotreatment of acidic mine water and hospital wastewater using fluidized-bed reactors [en línea]. Sudafrica 2020. [fecha de consulta 16 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101505>
44. TOP, Selin. [et al]. Treatment of hospital wastewater by supercritical water oxidation process [en línea]. Turquía 2020. [fecha de consulta 21 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116279>
45. UNESCO. *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos* [en línea] Francia, 2017, [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1__15.247647s.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1__15.247647s.pdf)
46. VAN, Bart; MONROY, Néstor; SAER, Alex. Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental. [en línea] Colombia, 2018. [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Hd30DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=causas+contaminaci%C3%B3n+ambiental+a+nivel+mundial+&ots=8lpix4VGID&sig=kv-lbl9t9vLfdXGvLUSbETp0Fnk#v=onepage&q=causas%20contaminaci%C3%B3n%20ambiental%20a%20nivel%20mundial&f=false>
47. WU, C. [et al]. Degradation of Diclofenac Sodium in Microbial fuel cells [en línea] China 2019. [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/369/1/012011/pdf>
48. ZHANG, Xiaolei. [et al]. Physical, chemical, and biological impact (Hazard) of hospital wastewater on environment: presence of pharmaceuticals, pathogens and antibiotic-resistance genes [en línea] China 2020. [Fecha de consulta 01 de octubre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00003-1>

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de caracterización apriorística

Ámbito temático	Problema de investigación	Pregunta general	Objetivo general	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías
Tratamiento de las aguas residuales hospitalarias	La problemática de las aguas residuales y las técnicas de tratamiento empleados para dicho fin, Las aplicaciones de estas técnicas no siempre son beneficiosas ya que su aplicación puede causar más contaminación si el proceso no se da correctamente, consecuentemente esto representa un riesgo ante la salud pública, ya que las aguas residuales se consideran una gran fuente de patógenos y microorganismos, (Muñoz, et al., 2018, p.1).	¿Cuáles son las técnicas reportadas en los artículos científicos de base de datos indexadas de acceso libre que muestran la efectividad en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios?	Evaluar la eficiencia de las diferentes técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios	Evaluar las principales técnicas empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios según el tipo de contaminante a tratar	Físicas	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento fotocatalítica - Ultrafiltración - Osmosis inversa
				Evaluar las principales condiciones del proceso que generar una mayor eficiencia de la técnica empleada en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios	Químicas	<ul style="list-style-type: none"> - sistemas fotoquímicos - Oxidación avanzada - Degradación fotocatalítica - Ozonización
					Biológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Pilas de combustible microbiano - Sistemas biológicos
				Evaluar las principales condiciones del proceso que generar una mayor eficiencia de la técnica empleada en el tratamiento de aguas residuales de centros hospitalarios	- Parámetros del afluente	- DBO, DQO, fármaco
				Evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de	- Condiciones de operación	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo - pH - Temperatura
					<ul style="list-style-type: none"> - Campo - Sintética 	<ul style="list-style-type: none"> - % de remoción de fármacos (paracetamol, ibuprofeno, diclofenaco,

				aguas residuales según el tipo de muestra utilizada		ciprofloxacina, metoprolol) - % de remoción de DBO5 - % de remoción de DQO, - % de remoción de turbidez, color, fosfatos. - % de remoción de Metales
--	--	--	--	---	--	--

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°02: Matriz general de artículos

N°	Autor	Título de la investigación	tipo de estudio	Técnica	Tipo de muestra	Parámetros		Pre / Post Tratamiento		Resumen	Link
						Operación	Evaluación	Inicial	Eficiencia		
1	Rachida El Morabet; et al.	Estudio comparativo de biorreactor de membrana sumergida y proceso de aireación extendido acoplado con decantador de tubos para tratamiento de aguas residuales hospitalarias	Experimental verdadero	Proceso de oxidación seguido de Tubesettler	Categoría II-1 hospital de atención general	Temperatura		25 °C		Parámetros empleados para una mejor eficiencia en el proceso	https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.08.021
						Tiempo		24h - 1 día			
						Tamaño de poro de la membrana		0.2 mm			
							DBO5	80 mg/l	77%	Eficiencia empleando biorreactor de membrana sumergida con Tubesettler	
	DQO	70 mg	62%								
	DBO5	90 mg/l	87%	Eficiencia empleando aeración extendida con Tubesettler							
	DQO	80 mg/l	77%								

2	Jaén-Gil, Adrian et al.	Combinando procesos biológicos con UV/ H2O2 para la eliminación del ácido metoprolol u metoprolol en aguas residuales hospitalarias.	Experimental verdadero	Procesos de oxidación avanzada	Categoría II-1 hospital de atención general	Temperatura	25 °C		Las combinaciones estudiadas, Tratamiento UV / H2O2 (AOP) + Tratamiento de lodos activados (CAS) alcanzó las tasas de eliminación más altas no solo para MTP sino también para MTPA	https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126482	
						pH	7.5				
						Presión de la lampara de mercurio	baja presión				
						Longitud de onda	254 nm				
							Metoprolol (MTP)	2.0 µg / L			85.70%
	Ácido metoprolol (MTPA)	2.0 µg / L	99.50%								
3	INDAH, Rina; ENDAH, Nur; NUR, Muhammad	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante tecnología de ozono	Experimental verdadero	oxidación avanzada	Agua sintética	Tiempo de procesamiento	30, 60, 90 y 120 min		Reducción eficiente del ozono de DQO y TDS a una concentración de 100 mg / litro, el valor medio más bajo con DQO de 17,47 mg / litro y TDS 409,75 mg / litro.	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1025/1/012013/pdf	
						Concentración del Ozono	100; 200 y 300 mg / l				
							DQO	76.6 mg/l			43.00%
											65.00%
											44.00%
							TDS	443,66 mg/l			7.60%
	5.00%										
	4.90%										

4	Kamal, Hasani; et al.	La eficiencia del proceso sono-electro-fenton para la eliminación del antibiótico cefixima de soluciones.	Experimental verdadero	oxidación avanzada	Agua sintética	pH	Cefixina	<3	91.50%	. En condiciones óptimas, el porcentaje de eliminación de cefixima por el proceso sono-electro-Fenton fue del 97,5%. Dado que la eficiencia de eliminación de sonoelectro-Fenton fue mayor que la de electro-Fenton y ultrasónico	https://www.science-direct.com/science/article/pii/S1878535220301593?via%3Dihub
						Flujo		1 ml/min			
						Temperatura		25 °C			
						Tiempo de electrolisis		15-90 min			
						Concentración del peróxido		085 ml/l			
						Voltaje		15v			
								10.4 mg/l			
5	DOLATABADI, Maryam; AHMADZADEH, Saeid; GHANEIAN, Mohammad.	Mineralización de ácido mefenámico de aguas residuales hospitalarias mediante degradación electro-Fenton: Optimización e identificación de problemas con el mecanismo de eliminación	Experimental verdadero	oxidación avanzada	Agua sintética	pH	Ácido mefenámico	4	95.3%	la eficiencia de remoción del 95.3% se logró bajo las condiciones experimentales óptimas, 7,0 mg L ⁻¹ , El H ₂ O ₂ dosis de 700 µl / L, la densidad de corriente de 6,6 mA cm ⁻² , y el tiempo de reacción de 12 min.	http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=143246848&lang=es&site=eds-live
						H ₂ O ₂ Dosis (µl / L)		700 µl / L,			
						Densidad de corriente (mA cm ⁻²)		6,6 mA cm ⁻² ,			
						Tiempo de reacción (min)		12 min			
								7 mg/l			
6	Top, Selin; et al.	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante proceso de oxidación de agua supercrítica	Experimental puro	Oxidación	Categoría II - 1	Temperatura		450 °C		https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116279	
						pH		7.28			
						Velocidad de flujo		5-10 ml/min			

						Tiempo de reacción		60 S		
							DQO (mg/L)	810	90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
							DBO ₅ (mg/L)	450	96%	esta eliminación se logra al cabo de 150 s, del tiempo de reacción
							Paracetamol (ug/L)	200	99.90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
							Diclofenaco (ug/L)	200	80%	
							Fosfato (ug/L)	200	>90%	condiciones óptimas fue a una temperatura de 450 °C y tiempo de reacción de 60 s.
7	Alexandre Flora et al.	Combinación de foto-Fenton solar terciaria y procesos de adsorción en el tratamiento de aguas residuales hospitalarias: la eliminación de productos farmacéuticos y sus productos de transformación	Experimental puro	Oxidación y absorción	Agua sintética	pH	5			La mejor condición elegida para la degradación de los productos farmacéuticos por SPF fue el que utilizó una concentración inicial de H ₂ O ₂ de 100 mg L ⁻¹ y múltiples adiciones de Fe ²⁺ de 5 mg L ⁻¹ en tiempos de t = 0, 5 y 10 min
						Pureza de los fármacos	98.99%			
						Tiempo de exposición	60 min			
							Ibuprofeno (ug/L)	500	62%	
							Paracetamol (ug/L)	500	32%	

<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105666>

8	Khan, Afzal et al.	Aplicación de procesos de oxidación avanzada seguido de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales hospitalarias	Experimental puro	oxidación avanzada	Categoría II-1 hospital de atención general	Dosis de ozono		1,10 g/h			https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.12.2411
						Tiempo		2,4,6,8 y 10 min			
						pH		6.9			
						Ibuprofeno	5 (mg/L)	100%	peroxona a los 2 min de ser aplicado - 3.5mi 17.0 mg/L		
Diclofenaco	5 (mg/L)	84%									
						Ibuprofeno	5 (mg/L)	100%	ozono a os 2 min de ser aplicado - 3.5mi 17.0 mg/L		
						Diclofenaco	5 (mg/L)	81%			
9	Moussavi, Gholamreza y Mahsa, Fathi	Desinfección avanzada y postratamiento de los tratados biológicamente aguas residuales hospitalarias en la UVC / H2O2 y VUV / H2O2 Procesos: comparación de rendimiento y eficiencia de desintoxicación.	Experimental verdadero	AOP basados en rayos ultravioleta (UV)	Agua sintética	pH		7.7.	93,6%	El OH tiene fotones UVC oxidantes la inactivación de la E. coli fue mucho más eficiente en el fotorreactor VUV.	https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.04.016
						Tiempo de retención hidráulica		60 min			
						Caudal de liquido		40 (ml/min)			
						Corriente		400 Ma			
						TOC (mg / L)		78.6			
						DBO5 (mg / L)		27.5			
						Sulfato (mg / L)		163.2			
10	Ouarda, Yassine et al.	Tratamiento electroquímico de aguas residuales hospitalarias reales y	Experimental puro	oxidación avanzada	Agua sintética	pH		7,47		se observó una eliminación debido a que presenta mayor concentración. Sin	https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.12.2411
						Corriente		35.4mA.cm -2			

		seguimiento de residuos farmacéuticos mediante modelos sustitutos				Tiempo de tratamiento		120 min		<p>embargo, las tasas de reducción de otros productos farmacéuticos fueron superiores al 50% después de 120 minutos de electrólisis a una densidad de corriente de 35,4 mA. Cm⁻², cabe recalcar que el Sulfametoxazol presento una eliminación completa.</p>	019.10333 2
						Ibuprofeno (µg. L-1)	19,6	<20%			
						Diclofenaco (µg. L-1)	0,16 ± 0,05	50%			
						Sulfametoxazol (µg. L-1)	3 ± 3	100%			
11	Josep Anton Mir-Tutusaes et al.	Perspectivas sobre el acoplamiento UV / H2O2 con lodos activados o un tratamiento fúngico para la eliminación de compuestos farmacéuticamente activos en condiciones reales	Experimental verdadero	oxidación avanzada y tratamiento fúngico	Categorías II-1 hospital de atención general	Temperatura		25 °C	<p>la combinación de cualquiera de los tratamientos. Se obtuvieron resultados de eliminación similares (94%) al colocar UV / H2O2 tratamiento antes de FG, mientras que una eliminación menor (83%) se obtuvo en la combinación de UV / H2O2 seguido de AS, logrando una disminución en la toxicidad del agua.</p>	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145374	
						pH		7.5			
						Longitud de onda de lampara de mercurio		254 nm			
						Presión		Baja presión			
							DQO	174 mg/l			50%
	TSS	108 mg/l	0.70%								
12	Yolanda Segura et al.	Un estudio comparativo entre las tecnologías de oxidación catalítica por	Experimental verdadero	Oxidación Catalítica	Categorías II-1	pH		Alcalino de 6 a 8	<p>La oxidación intensificada de Fenton fue el más eficiente para</p>	https://doi.org/10.1016/j.jenvm	
						Presión		20 bar			

		aire húmedo, Fenton y Photo-Fenton para el tratamiento in situ de aguas residuales hospitalarias.				Longitud De Onda		<313 nm		la eliminación de fármacos con una reducción casi completa de la concentración inicial	an.2021.112624		
						Temperatura		120 a 150 °C					
							DQO	332 mg/l	90%				
							DQO	365 mg/l	99.8%				
							DQO	650 mg/l	94.5%				
13	Tang, Kai et al.	Eliminación de productos farmacéuticos, toxicidad y fluorescencia natural mediante la ozonización de aguas residuales hospitalarias tratadas biológicamente, con un pulido adicional mediante una biopelícula suspendida	Experimental puro	Ozonización	Categoría II-1 hospital de atención general	Presión interna del equipo			alrededor de 1,4 bar		La dosis de ozono administrada logró una eliminación del 90% del producto farmacéutico y se normalizó al carbono orgánico disuelto (COD). Estos resultados normalizados muestran que la trimetoprima fue eliminada por el ozono más fácilmente que otros productos farmacéuticos	https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.112	
						Generador de Ozono							máx. 20 g / h,
						Concentración de ozono							100 y 120 mg de O ₃ / L
						Tiempo de retención hidráulica							13, 1 min
						Ibuprofeno (µg. L-1)							46 ± 8
Metoprolol (ug/L-1)	54 ± 10	89%											

							Sulfametoxazol ($\mu\text{g. L}^{-1}$)	68 ± 14	52%		
14	Thi-Kim-Quyen Vo et al.	Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante biorreactor de membrana de esponja junto con proceso de ozonización	Experimental verdadero	Ozonización	Categorías II-1 hospital de atención general	pH		7.2		Estos resultados demostraron que un biorreactor de membrana de esponja (Sponge-MBR) junto con la ozonización podría ser una tecnología prospectiva para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias.	https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.009
						Dosis de Ozono		40 mg de O ₃ /h			
						Tiempo		10, 6, 7, y 5 h			
						Porosidad de la membrana		98%			
						DQO		450 (mg/l)	90%		
						Ciprofloxacina		0,012mi0,231	93%		
Tetraciclina		$1.0 \pm 0,9$	100%								
15	SPYRIDO N, Panagiotis et al	Tratamiento fotocatalítica de productos farmacéuticos en aguas residuales hospitalarias reales para la Mejora de la calidad Efluentes	Experimental verdadero	Degradación fotocatalítica	Agua sintética	Longitud De Onda		290 nm		El tratamiento con los tres catalizadores reveló degradación-mineralización de los micro contaminantes presentes en el efluente de aguas residuales	https://www.mdpi.com/2073-4441/11/10/2165/htm
						Temperatura		23°C			
						Tiempo de irradiación		180 min			
						Filtro		0,45 μm			
						TDS (mg/l) PC-TiO ₂ -P ₂₅		357mg/l	-3.92%		
						TDS (mg/l) PC-CN			-4.20%		

							TDS (mg/l) PC- 20CNSTO		-4.48%		
							DQO (mg/l)- PC-TiO ₂ - P ₂₅	13mg/l	30.00%		
						DQO (mg/l) - PC-CN	30.00%				
						DQO (mg/l) - PC- 20CNSTO	30.00%				
							Diclofenaco (mg/l)	181 mg/l	56.24%		
16	Mejía Morales, C; et al.	Método de caracterización de banda ancha para sistemas fotoquímicos para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias.	Experime ntal verdadero	sistemas fotoquímicos	categoría II -1 hospital de atención general	pH		8	Proceso más eficiente es UV / H ₂ O ₂ / O ₃		
						Voltaje		145 v			
						Corriente		7.5 A			
						Longitud de onda de lampara		200 - 460 nm			
						Presión de la lampara de mercurio		Mediana presión			
							Turbidez	37 UNF	100%		
							Cu	0.026 mg/l	57.60%		
							Cr	0.004 mg/l	75%		
	Fe	0.051 mg/l	41.2%								
										https://www.researchgate.net/publication/335556733_Broad_Band_Characterization_Method_for_Photochemical_Systems_Used_in_Hospital_Wastewater_Treatment	
17	WU, C. Y <i>et al.</i>	Degradación del diclofenaco sódico en pilas de combustible microbianas	Experime ntal verdadero	tratamientos biológicos	agua sintética	Material de ánodo y catodo		6 cm de largo o x 6 cm de ancho x 1,0 cm de espesor	La tasa de eliminación más alta puede alcanzar hasta el 30,73% después de 2 semanas, con pH ácido débil de 5.5. y a temperatura normal la degradación puede llegar hasta un 8.71 %		
						Cámara de intercambio ionico		10.0 cm ² ,			
											https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/369/1/012011/pdf

						pH		5.5.			
						Tiempo		14 días			
						Temperatura		28 °C			
							Diclofenaco	59.68 mg/l	30.73%		
								59.68 mg/l	8.71%		
18	Serna, Efraím et al.	Eliminación efectiva de Quince fármacos relevantes en aguas residuales hospitalarias de Colombia por combinación de un sistema biológico con un proceso sonoquímico	Experimental verdadero	sistema biológico seguido de una oxidación sonoquímica avanzada	categoría II- 1 hospital de atención general	Tiempo de tratamiento		90 min		la combinación biológica / sono-foto-Fenton eliminó eficazmente la carga inicial de los contaminantes, donde el sistema biológico se activó eliminando las sustancias biodegradables y permitiendo al AOP una eficiente degradación de los productos farmacéuticos.	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.153
						Total, de carbono orgánico		131,56 mg/L			
						Proceso fotoquímico		375 kHz			
							Paracetamol µgramo L-1	293,8	91,13%		
							Diclofenaco µgramo L-1	0,04			
							Ciprofloxacina µgramo L-1	10,7			
19	Nadeem Ahmed Khan et al.	Humedales construidos de flujo subterráneo horizontal junto con decantador de tubos para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias	Experimental verdadero	Humedales Construidos y el decantador de tubos	Aguas residuales	Dosificación de agua residual		7 día /semana y 2 veces al día		El humedal construido de flujo superficial horizontal (HSFCW) junto con Tubesettler logró una eficiencia de eliminación total	https://doi.org/10.1016/j.ienvman.2020.110627
						pH		6.95			
						Temperatura (desarrollo del humedal)		48 °C			
							DQO	900 (mg/L)	96%		
							DBO5	230 (mg/L)	96%		

						FOSFATO	5.33 (mg/L)	79%		
20	Rochmah, Nwidiasa	Estudio de reciclaje de efluentes de EDAR hospitalarios con ósmosis inversa	Experimental verdadero	Ósmosis Inversa	Categoría II - 1 hospital de atención general	Presión	1, 3 y 5	8h	la concentración de agua procesada (producto) RO cuando se ve desde los parámetros TDS (Sólido Total Disuelto) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) ha disminuido y cumple con los estándares de calidad del agua	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1053/1/012077/pdf
						Tiempo de Funcionamiento				
						Flujo				
						TDS (mg/l)	677 mg/l	50.36%		
								87.88%		
						88.47%				
DQO (mg/l)	37.26 mg/l	0%								
		23.99%								
35.29%										
21	MAHIRUL LAH, M; WIDIASA, N.	Estudio sobre ultrafiltración de efluentes de tratamiento de aguas residuales hospitalarias	Experimental verdadero	Ultra Filtración	categoría II -1 hospital de atención general	pH	6 a 9	4h	la presencia de pretratamiento durante la filtración podría limitar las interacciones excesivas de ensuciamiento con la membrana, de modo que la membrana podría limpiarse más fácilmente que sin pretratamiento	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1053/1/012120/pdf
						Tiempo del proceso				
						Área de la membrana				
						DQO	40-80 (mg/l)	56.00%		
						color	20-150 (mg/l)	12.50%		

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CRUZ MONZON JOSE ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE TRATAMIENTO EN AGUAS RESIDUALES DE CENTROS HOSPITALARIOS", cuyos autores son VERDE MENDIETA LUCY, SAAVEDRA RUIZ NERI SOLEDAD, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 07 de Julio del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ MONZON JOSE ALFREDO DNI: 18887838 ORCID 0000-0001-9146-7615	Firmado digitalmente por: JACRUZM el 17-07-2021 14:42:31

Código documento Trilce: TRI - 0122758