



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*
resistentes a los antibióticos mediante fotocátalisis en aguas
residuales del Centro Médico Naval, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Aranciaga Pajuelo, Raúl Bailon (ORCID: 0000-0001-7406-6393)

Vargas Lopez, Jonathan Pool (ORCID: 0000-0003-3058-5188)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

A nuestras familias por el apoyo incondicional y la motivación para seguir en estos tiempos difíciles, por ser las bases que ayudaron a llegar hasta la meta.

Agradecimiento

A nuestro asesor el
Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo, por
guiarnos en el desarrollo de la presente
investigación, motivar y ampliar nuestros
conocimientos, a la maestra Rosalvina
de la Cruz Dávila por asesorarnos y aconsejarnos.

Índice de contenidos

Índice de Tablas	5
Índice de Figuras	7
Resumen	9
Abstract	10
I. Introducción	11
II. Marco Teórico	14
III. Metodología	44
3.1 Tipo y diseño de investigación	44
3.2. Variables, Operacionalización	44
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	45
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	46
3.5. Procedimientos.....	48
3.6. Método de Análisis de datos	75
3.7. Aspectos éticos	76
IV. Resultados	77
V. Discusión	102
VI. Conclusiones	106
VII. Recomendaciones	107
REFERENCIAS	108
ANEXOS	120
A. Matriz de Consistencia	120
B. Matriz de operacionalización de variables	121
C. Antibiograma en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2019.....	122
D. Análisis fisicoquímico del agua residual del Centro Médico Naval, 2019	123
E. Validación de instrumentos de medición.....	124

F. Porcentaje de similitud	140
G. Análisis microbiológico	141
H. Análisis físicos y químicos.....	146
I. Ubicación del Centro Médico Naval	160
J. Permiso otorgado por el Centro Médico Naval.....	161
K. Declaratoria de autenticidad por parte de los autores	162
L. Declaratoria de autenticidad por parte del asesor	163
M. Autorización de publicación en repositorio institucional.....	164
N. Dictámen	165

Índice de Tablas

Tabla 1. Mecanismos de farmacorresistencia y fenotipos en <i>Enterococos</i>	30
Tabla 2. Aplicaciones seleccionadas de la fotocatalisis	40
Tabla 3. Valores Máximos Admisibles	41
Tabla 4. Variables de investigación	44
Tabla 5. Técnicas de recolección de datos	46
Tabla 6. Jueces expertos.....	48
Tabla 7. Resultados del nivel de eficiencia	77
Tabla 8. Análisis de normalidad de datos con Shapiro-Wilk para el porcentaje de eficiencia	79
Tabla 9. Análisis de varianzas de Kruskal Wallis del porcentaje de eficiencia	80
Tabla 10. Tiempo mínimo prueba post hoc Scheffe (<i>E.coli</i>).....	81
Tabla 11. Tiempo mínimo prueba post hoc Scheffe (<i>E. Intestinales</i>)	81
Tabla 12. Nivel de sensibilidad prueba post hoc Scheffe (<i>E. coli</i>).....	82
Tabla 13. Nivel de sensibilidad prueba post hoc Scheffe (<i>E.intestinales</i>).....	82
Tabla 14. Dosis efectiva prueba post hoc Scheffe (<i>E.coli</i>)	84
Tabla 15. Dosis efectiva prueba post hoc Scheffe (<i>E. intestinales</i>).....	84
Tabla 16. Resultados de pH	85
Tabla 17. Análisis de normalidad de datos para pH con Shapiro-Wilk	87
Tabla 18. Prueba de Wilcoxon para pH	87
Tabla 19. Resultados de DBO ₅	88
Tabla 20. Análisis de normalidad de datos para DBO ₅ con Shapiro-Wilk	89
Tabla 21. Prueba de Wilcoxon para la DBO ₅	90
Tabla 22. Resultados de DQO	90
Tabla 23. Análisis de normalidad de datos para DQO con Shapiro-Wilk.....	91
Tabla 24. Prueba de Wilcoxon para DQO.....	92
Tabla 25. Resultados de A y G	92
Tabla 26. Análisis de normalidad de datos para A y G con Shapiro-Wilk.....	94
Tabla 27. Prueba T-Student para A y G.....	94
Tabla 28. Resultados de SST	95
Tabla 29. Análisis de normalidad de datos para SST con Shapiro-Wilk.....	96

Tabla 30. Prueba de Wilcoxon para SST	96
Tabla 31. Resultados de Temperatura.....	97
Tabla 32. Análisis de normalidad de datos para la Temperatura con Shapiro-Wilk.....	98
Tabla 33. Prueba T-Student para la Temperatura	98
Tabla 34. Factor de corrección	100

Índice de Figuras

Figura 1. Potencial ruta de los antibióticos a fuentes de agua	28
Figura 2. Antibiograma por difusión de discos impregnados con antibióticos	31
Figura 3. Contribución de las diferentes fuentes de contaminación por antibióticos en el medio acuático en los países asiáticos	32
Figura 4. Inactivación bacteriana por especies reactivas de oxígeno	33
Figura 5. Diferentes procesos de oxidación avanzados generadores de radicales OH	34
Figura 6. Fotorreactor de 20 litros de capacidad.....	35
Figura 7. Nivel de reflectancia espectral de diferentes metales	36
Figura 8. Nivel de transmitancia de diferentes materiales para reactores fotocatalíticos	36
Figura 9. Diferencia de energía entre la banda de valencia y la banda de conducción	38
Figura 10. División del agua fotocatalítica en las bandas de conducción y valencia ..	39
Figura 11. Procedimiento de medición del pH	49
Figura 12. Procedimiento de medición de la DBO ₅	51
Figura 13. Procedimiento de medición de la DQO	53
Figura 14. Procedimiento de medición de A y G	55
Figura 15. Procedimiento de medición de los SST	57
Figura 16. Procedimiento de medición de <i>Escherichia coli</i>	59
Figura 17. Procedimiento de medición de los <i>Enterococos intestinales</i>	61
Figura 18. Prueba de resistencia a los antibióticos	63
Figura 19. Armado, unión de tubos y codos.....	65
Figura 20. Instalación de los tubos sobre la plancha de aluminio	65
Figura 21. Armado de los tubos y codos con un ligero cuello de ganso.....	66
Figura 22. Armado de tubos y codos con válvulas para la toma de muestra y control del flujo de agua	67
Figura 23. Contenedor de agua residual.....	68
Figura 24. Bomba para agua de 0.5 HP	68
Figura 25. Fotorreactor	69

Figura 26. Vista de las conexiones para el flujo	69
Figura 27. Procedimiento general	70
Figura 28. Punto de la red de alcantarillado	71
Figura 29. Toma de muestra	71
Figura 30. Pesado de TiO_2 y H_2O_2	72
Figura 31. Recolección de agua y trasvase de dosis	72
Figura 32. Foterreactores en funcionamiento	73
Figura 33. Muestreo para análisis microbiológico	73
Figura 34. Transporte de muestras.....	74
Figura 35. Gráfica de nivel de eficiencia de <i>E. coli</i>	78
Figura 36. Gráfica del nivel de eficiencia de <i>E. intestinales</i>	78
Figura 37. Gráfica del nivel de sensibilidad.....	83
Figura 38. Gráfica de dosis efectiva	84
Figura 39. Gráfica de alores de pH.....	86
Figura 40. Gráfica de valores de DBO_5	88
Figura 41. Gráfica de valores de DQO.....	91
Figura 42. Gráfica de valores de A y G	93
Figura 43. Gráfica de valores de los SST	95
Figura 44. Gráfica de valores de Temperatura	97
Figura 45. Índice de radiación UV - I.....	99
Figura 46. Índice de radiación UV - II.....	101

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito determinar la eficiencia de la fotocatalisis ($\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$) para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos en aguas residuales del Centro Médico Naval del Callao. Se empleó un diseño experimental puro, se utilizó 24 litros de agua residual hospitalaria por día de experimentación; la cual fue dividida en cuatro grupos de experimentación y uno de control. Se utilizaron instrumentos de recojo de información para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para comparar los resultados obtenidos con el fin de analizar y calcular la eficiencia, que correspondió al cuarto grupo de experimentación con un valor del 85.4%, cuyas dosis fueron 500 y 250 mg/L de TiO_2 y H_2O_2 respectivamente y un tiempo de inactivación de 180 minutos con radiación ultra violeta moderada, resaltando que el tiempo mínimo de inactivación fotocatalítica fue de 90 minutos, obteniendo el nivel de sensibilidad superior para *Enterococos intestinales* en comparación a *Escherichia coli*, asimismo el tratamiento fotocatalítico tuvo impacto positivo para los parámetros físicos y químicos del agua residual, estando por debajo de los Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas.

Palabras clave: Inactivación, eficiencia de la fotocatalisis, dosis efectiva, tiempo mínimo, nivel de sensibilidad.

Abstract

The purpose of this research was to determine the efficiency of photocatalysis ($\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$) for the inactivation of antibiotic resistant *Escherichia coli* and *intestinal Enterococci* in wastewater from the Naval Medical Center of Callao. A pure experimental design was used, 24 liters of hospital wastewater per day of experimentation; which was divided into four experimental and one control group. As instruments to collect information for the physical, chemical and microbiological parameters, to compare the results obtained in order to analyze and calculate the efficiency, which corresponded to the fourth experimental group with a value of 85.4%, whose doses were 500 and 250 mg/L of TiO_2 and H_2O_2 respectively and an inactivation time of 180 minutes with moderate ultra-violet radiation, highlighting that the minimum photocatalytic inactivation time was 90 minutes, obtaining the highest level of sensitivity for intestinal Enterococci compared to *Escherichia coli*. Likewise, the photocatalytic treatment had a positive impact on the physical and chemical parameters of the wastewater, being below the Maximum Allowable Values for non-domestic wastewater discharges.

Key words: Inactivation, photocatalysis efficiency, effective dose, minimum time, sensitivity level.

I. Introducción

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de la fotocatalisis en la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* presentes en las aguas residuales del centro médico naval de la provincia constitucional del Callao, mediante la fotocatalisis, utilizando dióxido de titanio y peróxido de hidrógeno, que actuaron como oxidantes de materia orgánica no selectivos, asegurándose así un amplio espectro de desinfección, para el tratamiento de estos contaminantes emergentes dentro de las aguas residuales. La característica principal que tienen la *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* es que ambas bacterias segregan enzimas que inhiben a los antimicrobianos, además de poder sobrevivir a diferentes condiciones climáticas en agua, suelo y efluentes.

Para analizar la problemática es preciso mencionar las causas, una de ellas es el consumo indiscriminado de antibióticos por parte de los humanos y los aplicados por los humanos que, al no ser metabolizado en su totalidad, van a terminar a los cuerpos de agua, suelo, entre otros generando un problema a largo plazo.

Debido a la importancia de tratar estos efluentes, los investigadores consideraron una oportunidad para emplear la fotocatalisis como herramienta para la inactivación de bacterias farmacorresistentes en aguas residuales hospitalarias, evitando los problemas de contaminación que conlleva la presencia de estas bacterias en los cuerpos de agua, incluyendo los problemas asociados a la salud pública.

En el marco de la inactivación de bacterias farmacorresistentes, el desarrollo de la investigación aplicó la fotocatalisis con radiación UV solar, empleando dos componentes, el dióxido de titanio (TiO_2) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), para inactivar las bacterias objetivo y degradar los contaminantes orgánicos presentes. La fotocatalisis se realizó empleando como instrumento un fotorreactor, en la cual se recolectaron 12 litros de muestra por conveniencia y de acuerdo a la capacidad del equipo construido, en el cual se generarán las reacciones fotocatalíticas para la inactivación bacteriana.

Uno de los grandes obstáculos que tuvo la investigación de campo fue la coyuntura del Covid-19 (SARS-CoV-2), ya que el temor a contagiarse por dicho virus, causó que el desarrollo de la investigación sea complejo.

Es por ello que la finalidad de la ejecución del trabajo de investigación es determinar la eficiencia de la fotocatalisis en el tratamiento de aguas residuales hospitalarias contaminadas con *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos.

La **realidad problemática** del presente estudio se centró en la contaminación de los cuerpos de aguas por *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos. Un factor desencadenante de este problema, es el consumo no controlado de fármacos en animales y humanos, es por ello que la tarea bactericida y bacteriostática de los antibióticos se ha visto afectada. América del Sur no es la excepción a este problema, aunque está evidenciado en menor proporción, pero el impacto económico es relevante, ya que el aumento en el costo del tratamiento va de 1 a 3, (Ramos, 2017).

En consecuencia, es de importancia considerar que las bacterias farmacorresistentes causan un impacto negativo a los ecosistemas (Sousa Oliveira, et al., 2016). Según la Organización Mundial de la Salud, (2018) la farmacorresistencia bacteriana es uno de los mayores problemas para la salud pública a nivel mundial. Por otro lado, las aguas residuales hospitalarias y municipales son un punto de determinación de farmacorresistencia bacteriana. Encontrándose en las plantas de tratamiento de aguas residuales un ambiente adecuado para su crecimiento y diseminación (Kordatou, Karaolia y Kassinos, 2018).

En el territorio nacional, las aguas residuales hospitalarias son drenadas de forma directa al sistema de alcantarillado, sin previo tratamiento, teniendo en cuenta la existencia del D.S. N° 021/2009-Vivienda, en el cual se expresan los Valores Máximos Admisibles (VMA), las cuales indican una cierta concentración permisibles, para la cual da parámetros físicos y químicos permisibles, pero en parámetros microbiológicos tiene un déficit, ya que no contempla dichos parámetros, el cual es el objetivo del tema en estudio.

Por ello se analizó una muestra de agua residual proveniente del Centro Médico Naval, identificando dos bacterias (*Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*) se aplicó un antibiograma, utilizando discos de ampicilina, penicilina y ciprofloxacino (ANEXO C), constatando que hay resistencia para ampicilina y penicilina en las dos bacterias, uno con mayor resistencia que otro, dando como conclusión que el efluente contiene bacterias resistencia a los antibióticos y que estos no están siendo controlados.

II. Marco Teórico

Los principales **antecedentes** para el estudio son:

Karaolia et al., (2018) analizaron la inactivación total del *Escherichia coli* resistente a los antibióticos y su potencial de regeneración, para ello utilizaron dióxido de titanio (TiO_2) hidrotermal, óxido de grafeno (GO), TiO_2 más luz solar como agente catalizador posteriormente analizaron la inactivación de *E. coli*, una vez terminado el proceso de inactivación se realizó una prueba de rebrote del microorganismos, para ello tomaron muestras de 1ml y se incubaron a 37 °C durante 24 horas en la oscuridad para adecuar un escenario de la vida real del almacenamiento de aguas residuales, para poder detectar el rebrote después del tratamiento en condiciones óptimas. Los investigadores concluyeron que el TiO_2 y TiO_2 hidrotermal y el TiO_2 fotocatalítico tuvieron una eficiencia en la inactivación de *E. coli* de 72%, 74% y 81% respectivamente, en un tiempo de 90 minutos de tratamiento y un 90% de eficiencia en un tiempo de 180 minutos para los tres fotocatalizadores.

Sharma, et al., (2016), en su estudio analizaron las estrategias en los tratamiento de las bacterias resistentes a los antibióticos, compararon los diferentes tratamientos con cloro, radiación UV, fotocátalisis, proceso fenton, ozonización y oxidación catalítica heterogéneo (TiO_2 / H_2O_2 /UV) teniendo como resultados los valores de inactivación de los gen resistente a los antibióticos (ARG), las cuales son 1.65-2.2, 0.60, 2.42-3.38 unidades logarítmicas para los catalizadores antes mencionado con luz solar, el proceso fenton durante 120 minutos y radiación UV respectivamente, pero al aplicar TiO_2 / H_2O_2 más radiación UV, obtuvo una reducción bacteriana de 1-3 unidades logarítmicas en 180 minutos de tratamiento. El equipo de investigación concluyó que, el proceso fenton y la aplicación de TiO_2 / H_2O_2 más radiación UV son la mejor opción, debido a que ambos tienen la mayor reducción bacteriana con 99.88% de eficacia 1 unidad logarítmica ligeramente perceptible.

Biancullo et al., (2019) estudiaron la eficiencia de la fotocatalisis heterogénea en la disminución de bacterias resistentes a los antibióticos (*Escherichia coli*, *Enterococos* y Heterótrofos) en el tratamiento secundario de una planta de tratamiento de aguas residuales, fueron tratados mediante el proceso Foto Fenton, radiación UV más H_2O_2 y fotocatalisis heterogénea con focos LED's UV-C. Los principales resultados fueron que las tasas de degradación de todos los antibióticos se incrementaron linealmente con el número de LED's y la carga del catalizador, tuvo una degradación bacteriana de *Enterococos* totales 1.7 unidades logarítmicas, *E. coli* 1.4 unidades logarítmicas, pero para el caso de los Heterótrofos no hubo un cambio significativo. Los investigadores concluyeron, que la mayor eficiencia tanto en la reducción de las bacterias farmacorresistente (*Enterococos* y *E. coli*) fue de aproximadamente 2 unidades logarítmicas a través de la fotocatalisis y haciendo uso eficiente de la radiación UV-A y su correcta distribución

Moreira et al., (2018) investigaron el tratamiento solar con fotocatalisis de H_2O_2 , TiO_2 , óxido de grafeno- TiO_2 , Fenton H_2O_2 , para comparar la eficiencia de diferentes procesos de oxidación avanzadas (POA) impulsados por energía solar en la eliminación simultánea de bacterias, genes resistente a los antibióticos y en la desinfección de efluente, la inclusión de fotocatalisis heterogénea (con y/o sin adición de H_2O_2 y empleando diferentes fotocatalizadores H_2O_2/TiO_2 , OG- TiO_2), el proceso homogéneo foto-fenton, en su acción de eliminación de coliformes fecales totales, *Enterococos fecales* y fracciones respectivas de poblaciones resistentes a los antibióticos, entre los mencionados, el proceso de fotocatalisis heterogénea fue el tratamiento más eficaz para la reducción de coliformes fecales totales y *Enterococos fecales* resistentes y no resistentes, con valores menores a los límites de detección (1 UFC/100 ml), habiendo un rebrote menor a la original después de tres días de almacenamiento. El equipo de investigación concluyó que los tratamientos con TiO_2/H_2O_2 empleando 50 mg/L y 20 mg/L respectivamente a un rango de radiación UV de 254 a 300 nm, para la inactivación de microorganismos biológicos peligroso para el ser humano.

Zhang et al., (2016) estudiaron la reducción de los genes de resistencia a los antibióticos de los efluentes de aguas residuales municipales mediante un proceso de oxidación avanzado. El proceso Fenton fue el método aplicado, teniendo en cuenta la relación molar de $\text{Fe}^{+2}/\text{H}_2\text{O}_2$ que va desde 0.033-0.05, 0.033-0.1, 0.067-0.1 y 0.2-0.5, pero el efecto en la reducción de genes de resistencia a los antibióticos, aumenta notablemente con el incremento de la relación molar de $\text{Fe}^{+2}/\text{H}_2\text{O}_2$ de 0.033-0.1, debido a la generación de especies reactivas de oxígeno, principalmente radicales $\cdot\text{OH}$. Los investigadores concluyeron que el proceso de oxidación Fenton, logró una reducción de genes de resistencia a los antibióticos de 2.58 – 3.79 unidades logarítmicas.

Kordatou, Karaolia y Kassinos, (2018) estudiaron el daño oxidativo de los procesos de oxidación química avanzada contra las bacterias farmacorresistentes y los genes de resistencia presentes en aguas residuales urbanas, identificando *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, *Acinetobacter baumannii* multirresistente a los medicamentos, y *Enterococcus faecalis* resistente a la vancomicina, para ello aplicaron el procesos avanzados de oxidación como radiación UV/ H_2O_2 , ozonización, fotocátalisis heterogénea más H_2O_2 y el proceso fenton, Los investigadores concluyeron que, los microorganismos farmacorresistente son fáciles de identificar y difíciles de eliminar, siendo las plantas de tratamiento de aguas residuales, fuente de proliferación de estas bacterias, por ello analizaron diferentes métodos encontrando a los métodos fotocatalíticos (fenton y fotocátalisis heterogénea) lo más efectivos para la inactivación y remoción de estos microorganismos.

Giannakis et al., (2018) investigaron la eliminación de bacterias resistentes a los antibióticos (*Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*) aplicando el proceso foto-Fenton solar, obteniendo un efecto en el ADN de las bacterias, dañando su estructura genética causando mutaciones. Además de la generación de radicales $\cdot\text{OH}$ los cuales degradaron la membrana externa e indujeron reacciones internas que inactivaron la bacteria. Trabajaron con dosis de 10 mg/L H_2O_2 , 1 mg/L de Fe^{+2}

(FeSO₄ · 7 H₂O) a un pH de 6.1, eliminando al *S. aureus* y *E. coli* en un tiempo de 90 min de tratamiento. Los investigadores concluyeron que, el método de foto-fenton funciona de igual manera tanto para microorganismos Gram (+) y Gram (-), teniendo un efecto destructivo a nivel intracelular, en 90 minutos de tratamiento.

Ttota et al., (2019) analizaron la capacidad oxidativa del proceso foto-fenton solar para la degradación *Escherichia coli* resistentes a los antibióticos. Aplicaron las pruebas con muestras recogidas del tratamiento secundario, para ello utilizaron 5 mg/L de sulfato de hierro heptahidratado (FeSO₄ · 7 H₂O), un rango de 25-100 ml de H₂O₂ (30%) y 2 mM de H₂SO₄ para acidificar el medio a pH 3 y a pH 8 (inherente), en un reactor fotoquímico. Tras el tratamiento obtuvieron el mayor porcentaje de degradación de *E. coli* utilizando 5 mg/L de sulfato de hierro, 75 ml de H₂O₂, con un porcentaje de degradación del 90% tras 60 minutos de tratamiento a un pH 8. El equipo de investigación concluyó que, las condiciones de pH son fundamentales ya que el porcentaje de degradación para *E. coli* fue mayor en un medio casi neutro, reduciendo el costo de operación y sin rebrote tras 48 horas.

Giannakis et al., (2018) analizaron dos tipos de cepa de *Escherichia coli*, una común ATCC 23716 que puede intercambiar solutos con su entorno y una mutante TK821 que no tiene la capacidad de intercambio de solutos, se sometieron bajo el proceso foto-fenton, teniendo las cantidades de Fe²⁺ y H₂O₂ en 1 y 10 ppm respectivamente, trabajando a un pH no menor a 5.8. Los resultados arrojaron que la cepa común de *E. coli* tuvo una disminución en su concentración de 10⁹ UFC/ml a 10⁰ UFC/ml en 100 minutos de tratamiento, pero, la cepa mutante de *E. coli* tuvo una disminución en concentración de 10⁹ UFC/ml a 10³ UFC/ml en más de 120 minutos de tratamiento, esto se debió a la capacidad de cada cepa para intercambiar solutos. Los investigadores concluyeron que, la cepa común de *E. coli* se inactivó rápidamente a causa del transporte de Fe⁺², H₂O₂ e incidencia de luz solar, lo que ocasionó un mal funcionamiento y una disminución en su concentración. Sin embargo, sugieren que las bacterias sin capacidad de intercambio de soluto, sean punto principal para el tratamiento de oxidación avanzados por el proceso foto-Fenton.

Jiménez et al., (2018) evidenciaron la existencia de bacterias resistente a los antibióticos sacando muestras del tratamiento secundario de una planta de tratamiento de aguas residuales para posteriormente emplear un método que inactive estas bacterias. Para evaluar la inactivación fotocatalítica trabajaron: en la oscuridad, solo con radiación UV-A, UV-A/TiO₂ y UV-A/TiO₂/H₂O₂, para la eliminación simultáneamente de una mezcla de contaminantes emergentes que tiene mayor patogenicidad (*Pseudomonas aeruginosa* y *Bacillus subtilis*), la técnica que tuvo mayor eficiencia en inactivar los antibióticos y a las cepas *Pseudomona aeruginosa* fue la evaluación con radiación UV-A/TiO₂ y H₂O₂. Con ello los investigadores concluyeron que, la *Pseudomona aeruginosa* tras el tratamiento de 300 minutos, degradó hasta llegar a un porcentaje menor al 5% a partir del minuto 120 en adelante, pero por otro lado encontraron que el *Bacillus subtilis* fue extremadamente resistente evitando el proceso de oxidación avanzado.

Guo et al., (2017) analizaron la eliminación de microorganismos resistente a los antibióticos (ARB) y de genes de resistencias a los antibióticos (ARG) en las aguas residuales no doméstico. Utilizando fotocatalisis con TiO₂ bajo dosis UV 254 de 6 a 12 kJ/cm². El proceso de fotocatalisis con TiO₂ fue capaz de reducir los genes resistencia a los antibióticos de su huésped (*Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa*), obteniendo un resultado favorable en la inactivación y la eliminación de (ARG) con una reducción de aproximadamente 4.5-5.0 y 5.5-5.8 unidades logarítmicas, la reducción de ARB (*Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa*) con TiO₂ /H₂O₂, con una radiación UV 254 de 120 kJ/cm² respectivamente. logrando una reducción de (ARG) de 5.8 logaritmos y (ARB) 4.7 logaritmos. Por lo tanto, los investigadores concluyeron que el TiO₂/H₂O₂ para la eliminación de ARB y ARG es eficiente.

Zammit et al., (2019) investigaron las propiedades del óxido de zinc dopado con cerio (Ce-ZnO) inmovilizado como fotocatalizador para inactivar bacterias farmacorresistentes. Dentro de sus principales resultados se obtuvo que, el Ce-ZnO tuvo una eficiencia de *E. coli* del 94% para el Ce-ZnO y un 90% para el TiO₂-

P25 en 180 minutos de tratamiento, en 90 minutos de tratamiento obtuvieron un 85% para el Ce-ZnO y 90% para el TiO₂-P25, para la *P. aeruginosa* tuvo una eficiencia de del 99% para el Ce-ZnO y un 91% para el TiO₂-P25 en 180 minutos de tratamiento, en 90 minutos de tratamiento se obtuvo un 98% para el Ce-ZnO y 10% para el TiO₂-P25, de entre las dos bacterias la más sensible al tratamiento fue la *E. coli* teniendo 5*10⁴UFC/ml a 0.5 UFC/ml y para la *P. aeruginosa* de 5*10⁴UFC/ml a 5 UFC/ml. Se concluyó que, el Ce-ZnO fue el fotocatalizador más eficiente en la inactivación de *E. coli* y *P. aeruginosa*, además de ser menos costoso y generando una mayor viabilidad.

Pen et al., (2019) analizaron la inactivación de la *Escherichia coli* resistente a la tetraciclina (TC) en el efluente secundario por fotocátalisis impulsado por la luz visible utilizando Ag/AgBr/g-C₃N₄. Las condiciones experimentales fueron de 96 mW/m² de radiación, utilizando 211 mg/L de fotocatalizador (Ag/AgBr/g-C₃N₄), trabajando a 23.7 °C en un fotorreactor. Como principal resultado obtuvieron que, de la concentración de *E.coli* 10^{7.5} UFC/ml tras 90 minutos de tratamiento, fue de 10^{1.4}UFC/ml, con una eficiencia del 91% y tras 120 minutos fue de 10 UFC/ml siendo este el límite de detección, con una eficiencia mayor al 95%. Concluyeron que, el fotocatalizador Ag/AgBr/g-C₃N₄ funciona eficientemente tras 120 minutos de tratamiento, con una eficiencia mayor al 95%, bajo condiciones específicas.

Venieri et al., (2016) investigaron la inactivación de *Klebsiella pneumoniae* en las aguas residuales, emplearon como fotocatalizadores al dióxido de titanio (TiO₂) dopado con Manganese (Mn), Cobalto (Co), Manganese/Cobalto (Mn/Co) y dióxido de titanio solo (TiO₂-P25), 250 mg/L respectivamente, para el proceso utilizaron un fotorreactor bach escala laboratorio con un sistema simulador de radiación solar. Como resultados obtuvieron que los fotocatalizadores dopados con Mn alcanzaron 4 logaritmos de reducción y con Co y Mn/Co alcanzaron 6 logaritmos de reducción, con TiO₂-P25 de 2 logaritmos de reducción, con una concentración inicial de 10⁷UFC/ml para todos tras 90 minutos de tratamiento bajo radiación UV simulada, pero bajo radiación UV real solo el fotocatalizadores

dopados con Co alcanzó 2 algoritmos de reducción, para los demás fue de 1 logaritmo de reducción. Los investigadores concluyeron que el TiO₂ dopado con Co y Co/Mn mostraron un rendimiento fotocatalítico apto, ya que produjeron una reducción de 6 logaritmos de la población de *K. pneumoniae* bajo radiación artificial.

Sharma et al., (2019) investigaron la eliminación del gen de resistencia a los antibióticos y el control de transferencia horizontal mediante el tratamiento con UV. Dentro de los principales resultados obtuvieron, para el tratamiento con radiación UV y cloro (Cl) reducciones logarítmicas de 3.5 y 4 para los genes sul1-qPCR y la intl1-qPCR, aumentando el nivel de reducción a un pH de 5 y disminuyendo a un pH de 9; para el tratamiento con radiación UV y H₂O₂ en las que se utilizaron 10 mg/L de H₂O₂ bajo una radiación de 254 nm, para eliminar *Escherichia coli* farmacorresistente, no se mejoró en la eficiencia de la degradación que al trabajar sólo con radiación UV, teniendo esta una reducción logarítmica de 4 a una radiación 254 nm y con una energía de 150 mJ/cm², para el tratamiento con UV y peroximonosulfato (PMS) (0.05-0.5 mmol/L) con un tiempo de contacto de 4 a 18 segundos, obtuvieron que utilizando 0.5 mmol/L de PMS fue más eficaz para eliminar los antibióticos que la UV-C sola en un tiempo de contacto de 0.7 segundos; en el proceso fotocatalítico (TiO₂) para la eliminación de bacterias y genes farmacorresistentes, utilizaron una membrana de fluoruro de polivinilideno modificado con TiO₂ tuvo una degradación fotocatalítica de las bacterias totales en la superficie membrana modificado con TiO₂ antes y después de la exposición a los UV durante 1h. Concluyeron que los tratamientos con UV/cloro ha demostrado una mayor eficiencia para eliminar los ARG que el proceso individual de UV o cloración y en el caso de la fotocatalítica (TiO₂) usando una membrana modificada con TiO₂ fue de alrededor del 98%.

Maniakova et al., (2019) compararon los procesos de oxidación avanzado homogéneo y heterogéneo en aguas residuales urbanas en el tratamiento terciario, los principales contaminantes carbamazepina (CBZ), diclofenaco y trimetoprin en concentración inicial de 200 µg/L. Empleando la fotocatalisis homogénea,

impulsada por luz solar/H₂O₂, luz solar y foto-fenton (Fe⁺²/ H₂O₂) y luz solar foto-Fenton con etilendiamidas-N ácido N-disuccínico (EDDS), complejos (Fe⁺²/ H₂O₂/ EDDS / luz solar luz), en 60 minutos degradó la CBZ en un 98% a UV 5.6 Kj/L, se compararon con un nuevo proceso heterogéneo (TiO₂ dopado con nitrógeno (N-TiO₂) / luz solar compatible), en 180 minutos degradó 30% de CBZ a UV 13.3 kJ/L. Como resultados obtuvieron una reducción de la toxicidad hasta el nivel de toxicidad no aguda, para N-TiO₂/luz solar y Fe⁺²/H₂O₂/EDDS/tratamientos con luz solar, mientras que H₂O₂/luz solar y Fe⁺²/H₂O₂/luz solar, aumentaron la toxicidad del efluente final hasta niveles ligeramente agudos. El estudio concluye que la aplicación de procesos de oxidación avanzados en tratamientos de aguas residuales urbanas contaminados con residuos de medicamentos y microorganismos resistentes a los antibióticos, pueden llegar propiciar un tratamiento terciario menos contaminado para uso agrícola.

Ferro et al., (2019) investigaron la inactivación de *Escherichia coli* multirresistente antibióticos en aguas residuales municipales, por procesos de oxidación avanzada más radiación solar, a escala laboratorio. Emplearon 50 mg/L y 100 mg/L de TiO₂; 0.588 mM, 1.470 mM y 2.205mM de H₂O₂; y 0.090/0.294, 0.179/0.588, 0.358/1.176 mM de Fenton (Fe⁺²) y H₂O₂ respectivamente, para ser evaluados a escala piloto. Dentro de los principales resultados se obtuvo que el proceso foto fenton tuvo mayor efectividad, trabajando a un pH por debajo de 4, el TiO₂ a pH neutro tuvo un efecto medio en la degradación, el uso de H₂O₂ fue el más alentador inhibiendo los microorganismos patógenos. Concluyeron que la aplicación de proceso de oxidación avanzado más rayos solares (UV), para inactivar microorganismo resistente a los antibióticos de las aguas residuales domésticas con el fin de reutilizar estas aguas en la agricultura de forma segura.

Polo et al., (2014) evaluaron la eliminación de esporas de hongos fitopatógenos en efluentes reales y de laboratorio, en aguas residuales municipales aplicando de procesos de oxidación avanzado (POA) en la desinfección de aguas residuales para su reutilización en la agricultura. Aplicaron el proceso foto-Fenton (Fe⁺²/H₂O₂) 5 y 10 mg/L, (UV) 27 kj/L respectivamente, en un medio ácido de pH

3, en 1 hora actuó eficientemente oxidando al hongo *Fusarium* y otros contaminantes como *Escherichia coli*, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2$: 5/100 mg/L a un pH de 7-8, en 3 horas tuvo un resultado eficiente a (UV) 27 kJ/L. Obtuvieron rastros imperceptible *Fusarium* realizado en un laboratorio mediante cultivo que tuvo como resultado menor a 1 UFC/ml. Concluyeron que la eficiencia de los dos métodos de POA, uno más lento que el otro, fueron eficientes para la eliminación de *Fusarium*, *Escherichia coli* y otros contaminantes.

Aguas et al., (2017) postularon en el tema de desinfección solar fotocatalítica de hongos patógenos (*Curvularia sp.*) en la agricultura, en aguas servidas municipales. Los resultados concluyeron que el proceso $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ /luz solar, TiO_2 /luz solar, H_2O_2 /luz solar y foto-Fenton/ luz solar, inactivaron las esporas de *Curvularia sp.* en agua destilada como en aguas residuales, pero las esporas de *Curvularia sp.* también se inactivaron con H_2O_2 y foto-Fenton a un pH de 3 en efluentes reales, indicando las dosis con mejor efecto para la inactivación del micótico y desinfección utilizando fue el foto-Fenton a 10 mg/L de Fe^{+2} y 20 mg/L de H_2O_2 , con radiación UVA solar de 17 kJ/L. Aunque los resultados con H_2O_2 (40 y 60 mg/L) luz solar en efluentes reales fueron positivos en la inactivación, pero demoraron 1 hora más de tratamiento, sin necesidad de bajar el pH a 3. Los autores concluyen que los procesos de oxidación avanzada más luz solar, son alternativas eficientes para inhibir al micótico *Curvularia sp.* y siendo viable para un tratamiento secundario de aguas residuales municipales.

Ortega, (2015) analizó la inactivación de microorganismos patógenos (*Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, así como otros patógenos-9 en el agua con método foto-Fenton solar a un pH de 7, en el presente estudio se realizó en una plataforma donde se sentó al reactor a 30°, capacidad de 7 litros, temperatura del ambiente 25°C UV 32 kJ/L, cloruro de sodio (NaCl) 0.9%, y agua residual municipal, antes del tratamiento se verificó la existencia de *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, para el tratamiento se usó concentración de 2.5 mg de Fe^{+2} y 5 mg H_2O_2 como primera dosis, en la segunda se usó 20 mg Fe^{+2} y 50 mg de H_2O_2 , con tiempo de reacción de 60 minutos. La autora de este trabajo concluyo que se

inactivó el *Enterococcus faecalis* de una concentración de 6 log UFC a 1 log UFC ligeramente perceptible, también pudo verificar la inactivación de la *Escherichia coli* y del virus (Echovirus) en menor tiempo.

Rossel et al., (2019) investigaron la aplicación y los efectos de la radiación UV-C en la desinfección bacteriana de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) para tratamientos de agua potable. Implantaron un cubículo cubierto a la corriente de agua de 100 metros de longitud y diámetros de 9.5 cm, 40 cm y 70 cm, al ingreso se analizó unas muestras del agua, encontrando como máximo 200 UFC/100 ml y mínimo 80 UFC/100 ml de CT, para CF se encontró un máximo de 21 UFC/100 ml y un mínimo de 5 UFC/100 ml, usaron lámparas de UV-C de 15 W que emitieron promedio de 245 nm (dosificación estándar 0,00176 W/cm²/s), por el tiempo 1, 2, 3, 4 segundos de exposición, al final se usó un filtro de membrana de alta resistencia de medida 0.45 micrones, para la cuantificación de CT se tuvo un promedio de 200, 165, 59 y 0 UFC/100 ml y para los CF las mediciones promedio fueron de 4, 3, 1 y 0 UFC/100 ml. Concluyeron que la desinfección con rayos UV-C, con una longitud de onda predominante de 245 nm, tuvo una eficiencia de 99.89 % en la desinfección de CT y CF se encuentra dentro de los parámetros para CT “0” UFC/100 ml, y CF “0” UFC/100 ml, establecidos por el Ministerio de Salud del Perú.

Marroquín et al., (2017) investigaron la inactivación de Coliformes Fecales (CF) en aguas residuales municipales con tratamiento solar, dióxido de titanio (TiO₂) y peróxido de hidrógeno (H₂O₂). Emplearon un fotorreactor de área 0.3 m por 0.33 m de 1 L de capacidad, a una inclinación de 20° y con un flujo de 355 L/h, la experimentación consistió en la recirculación del agua residual a tratar en el fotorreactor, en tiempos de 0, 5, 15, 30 y 60 minutos de reacción para luego analizar la concentración de CF por cada 100 ml analizando el número más probable (NMP/100 ml). La presencia del TiO₂ a una concentración de 2 g/m², empleando diferentes concentraciones de H₂O₂ (2, 3, 3.5 y 4 mM). El tratamiento que tuvo mayor eficiencia fue el empleado con luz solar, 3.5 mM/l de H₂O₂ y 2 g/m² de TiO₂, se obtuvo una inactivación total por parte de los CF tras 5 minutos de

tratamiento en la muestra de agua residual, con ello se pudo demostrar la ausencia de rebrote a las 24 horas. Concluyeron que el proceso de fotocátalisis empleando H_2O_2 y TiO_2 asistido con radiación solar, fue eficiente en la inactivación total de CF en aguas residuales municipales en la fase tres del tratamiento.

Pantoja et al., (2015) compararon la eficiencia en la inactivación de *Escherichia coli* y coliformes totales (CT) en aguas residuales municipales por fotólisis (UV) y fotocátalisis (UV/ TiO_2/SiO_2) en la planta de tratamiento de aguas en Salamanca, España. Dentro de los principales resultados obtuvieron para el tratamiento por fotólisis con una concentración inicial promedio fue de *Escherichia coli* y coliformes totales de $15 \cdot 10^3$ UFC/100 ml y $56 \cdot 10^3$ UFC/100 ml respectivamente, para ambos casos tras 15 minutos de tratamiento fueron 0 UFC/ml como concentración final, para la fotocátalisis la concentraciones fueron de *Escherichia coli* y coliformes totales $18.5 \cdot 10^3$ UFC/ 100 ml y $56 \cdot 10^3$ UFC/100 ml. luego de 20 minutos de tratamiento los dos microorganismos tuvieron una concentración final de 0 UFC/100 ml. El presente estudio concluye que la fotólisis tuvo un mayor grado de eficiencia por inactivar a *Escherichia coli* y coliformes totales en el menor tiempo reiterando que ambas técnicas son eficientes.

Serna et al., (2019) investigaron la inactivación de la *Klebsiella pneumoniae* resistente al carbapenem por el proceso foto-Fenton. Las corridas experimentales se llevaron a cabo en un reactor reflector de aluminio artesanal, equipado con cinco lámparas UVA de una longitud de onda de 365 nm y a una concentración inicial de *K. pneumoniae* de 10^6 UFC/ml, en agua destilada. Dentro de los principales resultados obtuvo que a concentraciones de 1/25, 2/25, 2/50, 5/25 y 5/50 mg/L de Fe^{2+} y H_2O_2 respectivamente, la mejor concentración tras 60 minutos fue de 5/50 mg/L de Fe^{2+} y H_2O_2 bajo un pH de 6.5, estableciendo una proporción de Fe^{2+} y H_2O_2 de 1:10, teniendo esta relación se volvió a hacer la prueba pero con un tiempo de tratamiento total de 120 minutos teniendo una inactivación total de 1 UFC/ml de *K. pneumoniae* para el proceso foto-Fenton, para el proceso fenton con una concentración inicial de 10^6 UFC/ml tras 120 minutos de tratamiento obtuvo $10^{4.6}$ UFC/ml como resultado final, para el agua

residual hospitalaria cuya población inicial de *K. pneumoniae* fue de 10^6 UFC/ml se tuvo una reducción logarítmica de 3.5 tras 300 minutos de tratamiento, pero al adicionarle 9 μ M de ácido cítrico, tras 300 minutos de tratamiento tuvo 1 UFC/ml. Concluyeron que el proceso foto-Fenton al adicionarles ácido cítrico matrices complejas como las aguas residuales de los hospitales condujo a la inactivación total del carbapenem resistente *K. pneumoniae*.

Zhou et al., (2020) investigaron la eliminación de bacterias resistentes a los antibióticos y genes de resistencia a los antibióticos en los efluentes de aguas residuales por medio de persulfato (PS) activado por rayos UV. Dentro de los principales resultados obtuvieron para los tratamientos de eliminación e inactivación bajo las condiciones de desinfección con UV, PS y UV/PS; las dosis de radiación UV a 5, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos, fueron de 120, 240, 480, 720, 960, 1200 y 1440 mJ/cm^2 , respectivamente; para el tratamiento UV/PS eliminó e inactivó las bacterias farmacorresistente a la tetraciclina, quinolonas, sulfonamidas ya los macrólidos de los efluentes de las aguas residuales con una eficiencia mayor al 95% tras 10 minutos de tratamiento, para el tratamiento con radiación UV obtuvieron una eficiencia mayor al 95% tras 20 minutos de tratamiento y para el PS sólo tras 60 minutos tuvo una eficiencia del 95%. Concluyeron que el tratamiento con UV/PS para inactivar los BRA mostró una mayor tasa de eliminación que el tratamiento UV tradicional, después de 10 minutos de tratamiento.

Özkal et al., (2018) evaluaron la inactivación por fotocatalisis de película fina de diferentes indicadores bacterianos y su efecto en el perfil de resistencia a los antibióticos. Se emplearon un reactor de placas paralelas (PPL) con fotocatalizador inmovilizado de tetraisopropóxido de titanio enriquecido con polietilenglicol como sistema de desinfección para la inactivación de dos indicadores bacterianos (*Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis*). Dentro de los principales resultados que la energía UV-A de $0,90 \text{ mw}/\text{cm}^2$ y a un pH de 5 resultaron ser el valor óptimo para la eliminación de las cepas de *E. faecalis* y *E. coli*, para el *E. faecalis* tuvo una reducción logarítmica de 3 - 4 tras 350 minutos de tratamiento, en cambio la *E. coli* tuvo una reducción logarítmica de 1 tras 350 minutos. Concluyeron que la *E. coli*

mostró una resistencia ante el proceso de oxidación avanzado con una reducción logarítmica ineficiente a comparación del *E. faecalis*.

Hwangbo et al., (2018) evaluaron la eficacia de la fotocatalisis asistida por óxido de zinc (ZnO) para los componentes implicados en las aguas residuales recuperadas: 1,4-Dioxano, trihalometanos, antibióticos, bacterias resistentes a los antibióticos (ARB) y genes de resistencia a los antibióticos (ARG). Dentro de los principales resultados obtuvieron, para la inactivación de *E.coli -pUC19* en presencia de Tetrapodal-ZnO, *E. coli-pUC19* se inactivó eficazmente hasta el 94% después de 3 h de exposición a los rayos UV, por otro lado se probó el nivel de inactivación con solo radiación ultravioleta a 365 nm sin el fotocatalizador, obteniéndose 15% de inactivación tras 3 horas. Concluyeron que la *E. coli* fue dañados por la fotocatalisis con ZnO, además el ZnO puede reutilizarse para la degradación fotocatalítica al menos tres veces, para eliminar simultáneamente los contaminantes microbianos no deseados.

Zapata et al., (2019) realizaron un estudio de innovación en tecnologías en plantas de tratamiento de agua residual para la eliminación de antibióticos, bacterias resistentes y genes de resistencia antibiótica, en base a una revisión sistemática con la intención de encontrar la técnica con mayor eficiencia, teniendo en cuenta menor costo de materiales, amigable al medio ambiente. En esta tesis doctoral estudió diez métodos entre fotólisis y fotocatalisis homogéneo y heterogéneo. Como resultado, se obtuvo que los tratamientos de Foto-Fenton y la electroquímica son los que obtienen mayores eficiencias de eliminación de antibióticos; sin embargo, para los agentes microbianos BRA y GRA, la radiación gamma y la fotocatalisis con TiO₂ y UV resultaron ser superiores por sus porcentajes de remoción correspondientes a 99.9%. Encontraron que China es el país con más investigaciones científicas realizadas frente al tema, aspecto que se puede correlacionar con las afectaciones a la salud que enfrentan los habitantes de este país, siendo uno de los mayores consumidores de antibióticos en el mundo; le sigue en materia de publicaciones Colombia que resalta por sus estudios sobre la

eficiencia de la electroquímica.

Fiorentino et al., (2015) investigaron la inactivación y crecimiento de bacterias resistentes a múltiples fármacos en aguas residuales urbanas después de la desinfección mediante procesos de cloración y de energía solar. Dentro de los principales resultados; con una concentración inicial de *E.coli* de 10^6 UFC/ml para todos los tratamientos; se obtuvo para el tratamiento con luz solar una reducción de 6 unidades logarítmicas tras 4 horas de tratamiento, a una radiación de 37 kJ/L; para el tratamiento con TiO_2 /luz solar logró la inactivación completa tras 150 minutos de tratamiento con una concentración de TiO_2 de 100 mg/L y una radiación de 20 kJ/L; en el caso del tratamiento con TiO_2/H_2O_2 /luz solar logró una completa inactivación tras 60 minutos de tratamiento con concentraciones de 50 - 100 mg/L respectivamente y 3 kJ/L de radiación y con concentraciones de 10 - 100 mg/L respectivamente con 4 kJ/L de radiación; para el tratamiento H_2O_2 /luz solar alcanzó en todos los experimentos, con una inactivación completa a 10 mg/L - 30 kJ/L, a 20 mg - 18 kJ/L, y a 50 mg/L - 8 kJ/L; finalmente para el procesos foto-Fenton se experimentaron con concentraciones de 5 -10, 10 - 20 y 20 - 40 mg/ L de Fe^{+2} y H_2O_2 respectivamente, teniendo como mejor concentración la de 5 – 10 mg/L, con 15 kJ/L de energía, en un intervalo de pH de 8.2 y 7.8 en la inactivación completa de *E.coli* . Concluyeron que la mejor eficiencia de desinfección se observó para el proceso de TiO_2/H_2O_2 /luz solar con una inactivación total alcanzada para 3 - 4 kJ/L.

El análisis de la presente investigación se basó en las siguientes teorías:

Teorías relacionadas a la variable dependiente:

La resistencia de los microorganismos hacia un agente antimicrobiano, al que en un principio eran susceptibles, se le denominan **microorganismos patógenos resistentes a los antibióticos** su mecanismo de resistencia, se debe a la transferencia horizontal (adquirida) y vertical de material genético de la célula madre a sus descendientes. Además, estos microorganismos se trasladan a diferentes entornos, como ríos naturales u otros cuerpos de agua, esto se debe en parte a que los antibióticos pueden ser parcialmente metabolizados por el hombre y animales para finalmente llegar al ambiente, pero en lo que hay que destacar es que las fracciones que no se logra metabolizar el antibiótico llegan hasta las fases de tratamiento de aguas residuales, sobreviviendo a estos y se diseminan a cuerpos de agua superficial y subterránea, suelo, sedimentos, entre otros, tal como se muestra en la Figura 1. (Kordatou, Karaolia y Kassinos, 2018; Sousa Oliveira, et al., 2016; Manage y Liyanage., 2019).

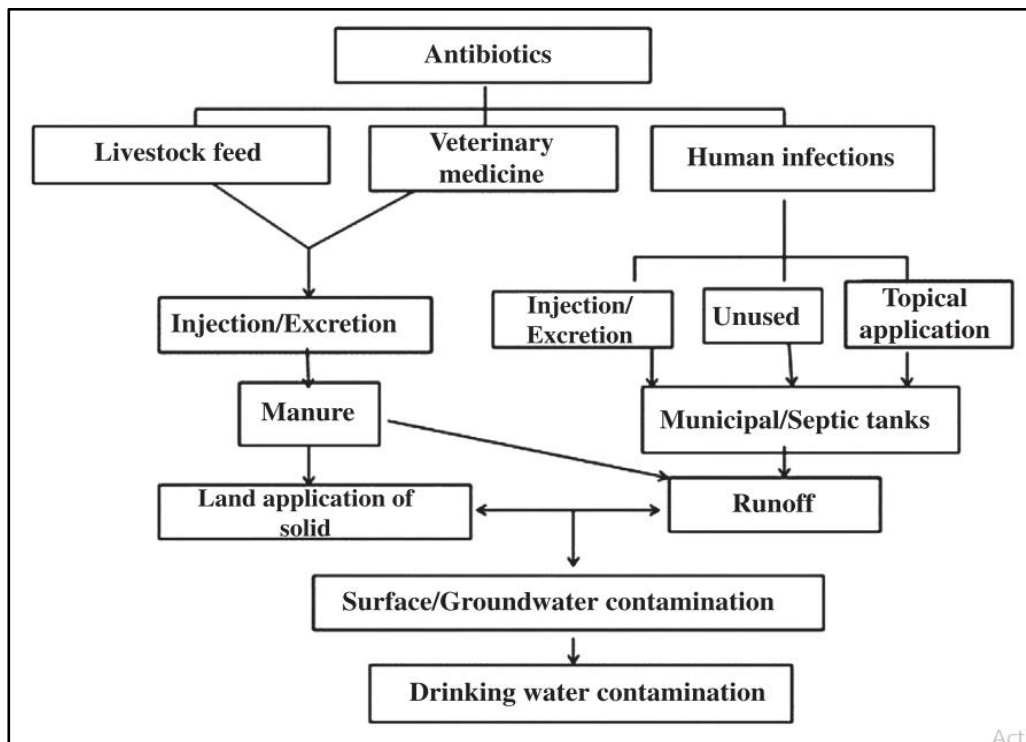


Figura 1. Potencial ruta de los antibióticos a fuentes de agua, (Manage y Linage, 2019)

Los **microorganismos Gram (-)**, están formados por una fina capa de peptidoglicano entre la membrana plasmática y la capa externa, en esta capa se encuentran lipopolisacáridos que actúan como mecanismos de defensa. Ante la tinción Gram este tipo de microorganismos se tornan de color violeta claro (Guillem, 2006). Como referente se tiene a la ***Escherichia coli***, perteneciente a las enterobacterias, pueden ser altamente virulentos responsables tres tipos principales de enfermedades en los humanos (gastroenteritis, infecciones urinarias y meningitis neonatal), de origen fecal y procedentes casi exclusivamente del tracto digestivo de los homeotermos, en particular los seres humanos, lo que conlleva a la detección de esta bacteria en agua, la cual se utiliza como indicador de contaminación fecal humana o animal, ya que pueden sobrevivir largos periodos en cuerpos de agua, afectando la calidad de la misma (Liu, 2015; Haymaker, et al., 2019). La resistencia a los antibióticos de la *E. coli* se debe en su mayoría a la producción de Betalactamasa (β - lactamasa), el adenosin monofosfato cíclico (ampC) β - lactamasa, que confieren resistencia contra las cefalosporinas de generación superior y las combinaciones de inhibidores de β - lactamasa, esta resistencia en parte es debido a descarga de antibióticos después del uso humano o del ganado en efluentes.

Los **microorganismos Gram (+)**, poseen gran capa de peptidoglicano con una superficie compuesta de moléculas de ácido teicoico y lipoteicoico, las cuales anclan la capa de peptidoglicano a la membrana y mantienen al microorganismo hidratado. Así mismo, debido a la tinción Gram este tipo de microorganismos tienden a tomar un color violeta oscuro (Guillem, 2006). Tal es el caso de los ***Enterococos intestinales***, habitantes naturales del tracto gastrointestinal de los seres humanos, otros mamíferos, aves, reptiles, insectos, plantas, suelo y agua, codifican una variedad de rasgos, lo que conlleva a un importante nivel de supervivencia dentro del huésped como fuera del mismo, esto incluye condiciones de temperatura extremas, salinidad, explosión a la radiación solar directa, pH, desecación y termo tolerancia, estos son tomados como indicadores de contaminación fecal de agua para las diferentes actividades productivas del

humanos, siendo mejores indicadores que los coliformes. Estas bacterias pueden adquirir resistencia a los Beta-lactámicos (penicilina (PEN), ampicilina (AMP), amoxicilina ácido clavulánico (AMC), imipenem (IMP)) por modificación de proteínas fijadoras de penicilina o por la generación de Betalactamasa(β -lactamasa), que es una enzima capaz de inhibir a los antibióticos de la familia de los Betalactámicos (β -lactámicos), esto puede deberse a dos factores la transferencia vertical o horizontal de genes de resistencia, se especifica en la Tabla 1, (Torres y Cercenado, 2010; Heimer, Morrison y Gilmore, 2015).

Tabla 1. Mecanismos de farmacorresistencia y fenotipos en *Enterococos*.

				Mecanismo	Fenotipo	Incidencia	
<i>Beta-lactámicos</i>							
PEN	AMP	AMC	IMP			<i>E.faecalis</i>	<i>E.faecium</i>
S	S	S	S	Ninguno	Sensible	Alta	Moderada
R	R	R	R	Alteración PBP(5')	D	Rara ^α	Alta
R	R	S ^b	S	β -lactamasa		Rara	Rara

Fuente: (Torres y Cercenado, 2010)

Los bactericidas son Agente físico, químico o biológico (biosida), que matan a la bacteria de forma que no cause daño al hospedero, es usado en tratamientos de enfermedades. El efecto es más rápido, pero genera más toxinas por la eclosión de las bacterias (Geo F. Brooks, et al., 2011).

El efecto **Bacteriostático** se debe a agentes físicos o químicos que puede inhibir la multiplicación bacteriana, esta se reanuda después de la remoción del agente, se recomienda en tratamiento de enfermedades, ocasionando una recuperación más lenta, pero es más recomendable por lo que genera menos toxinas (Jawetz, Melnick y Adelberg, 2013).

El análisis de la susceptibilidad o resistencia a los fármacos (antibióticos) de las bacterias aisladas a analizar, se denomina **antibiograma**, que tiene como finalidad guiar en la selección del mejor tratamiento médico, y analizar la resistencia bacteriana o para identificar puntos farmacorresistentes de origen no clínico, como bien se muestra en la Figura 2, obteniéndose resultados que nos

brindan cualidades de sensibilidad o resistencia a los antibióticos, así como resultados cuantificables que determinan la concentración mínima de antibióticos que inhibe el desarrollo bacteriano (Hudzicki, 2009; Cercenado y Saavedra, 2009).



Figura 2. Antibiograma por difusión de discos impregnados con antibióticos, (cercenado y Saavedra, 2009)

La **resistencia microbiana genética** es la adquisición de información genética de una bacteria muerta en su genoma, los plásmidos y conjugación de transferencia horizontal, y transferencia vertical transferencia de genes de madres a hijos, la cual dota de resistencia a estos microorganismos (Sousa Oliveira, et al., 2016).

En concordancia con Schmidt et al., (2008) y Manage y Liyanage, (2019) debido al consumo excesivo de fármacos a los diferentes contribuyentes tales como el sector salud, agricultura, ganadería, entre otros. Los **microorganismos** han desarrollado cierta resiliencia ante los antibióticos. A través de la transferencia horizontal de genes de resistencia han ido evolucionando, llegando al punto de ser farmacorresistentes, además de poder usar el mismo antibiótico como fuente de carbono, es por ello que se investigan tratamientos que inactivan estos microorganismos con la finalidad de cuidar el ecosistema, con los diferentes tratamientos de oxidación avanzados, tal y como se muestra en la Figura 3.

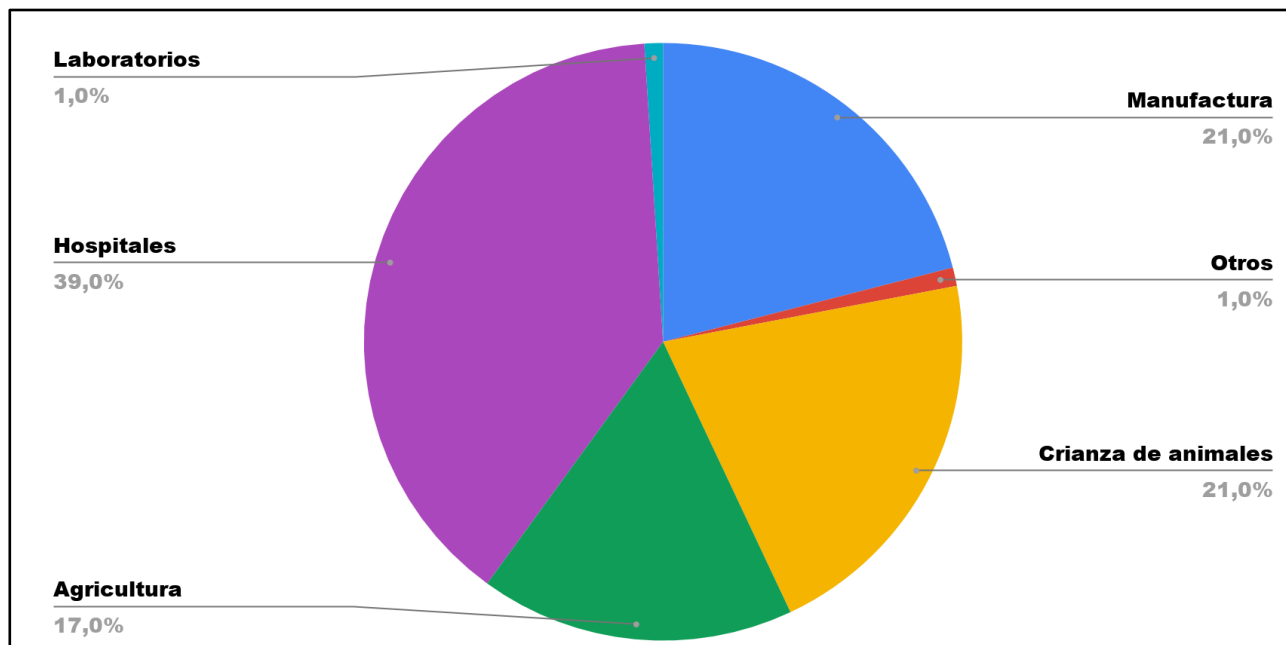


Figura 3. Contribución de las diferentes fuentes de contaminación por antibióticos en el medio acuático en los países asiáticos, (Manage y Linage, 2019)

La **inactivación bacteriana** es la pérdida irreversible de reproducción en una bacteria o microorganismo, el principal mecanismo; en un proceso de oxidación avanzado; es el daño celular conferido por las especies de oxígeno reactivos, que son capaces de modificar y destruir la estructura de la membrana celular. El daño inicial de la membrana celular bacteriana se produce en la pared exterior de lipopolisacáridos y peptidoglicanos, seguido de la degradación oxidativa de los lípidos y la oxidación de proteínas y polisacáridos. Estos procesos que alteran la permeabilidad celular también producen impactos negativos en la función reguladora de la membrana celular, en cuanto a su capacidad de intercambio interno y externo. Una vez que se logra el daño de los componentes externos y con ello un aumento en la permeabilidad de la membrana, según la Figura 4 como consecuencia se genera un mayor ataque oxidativo a los componentes internos, como el material genético y las estructuras vitales de la célula, lo que conduce la inactivación de la célula (Jawetz, Melnick y Adelberg, 2013; Kordatou, Karaolia y Kassinos, 2018).

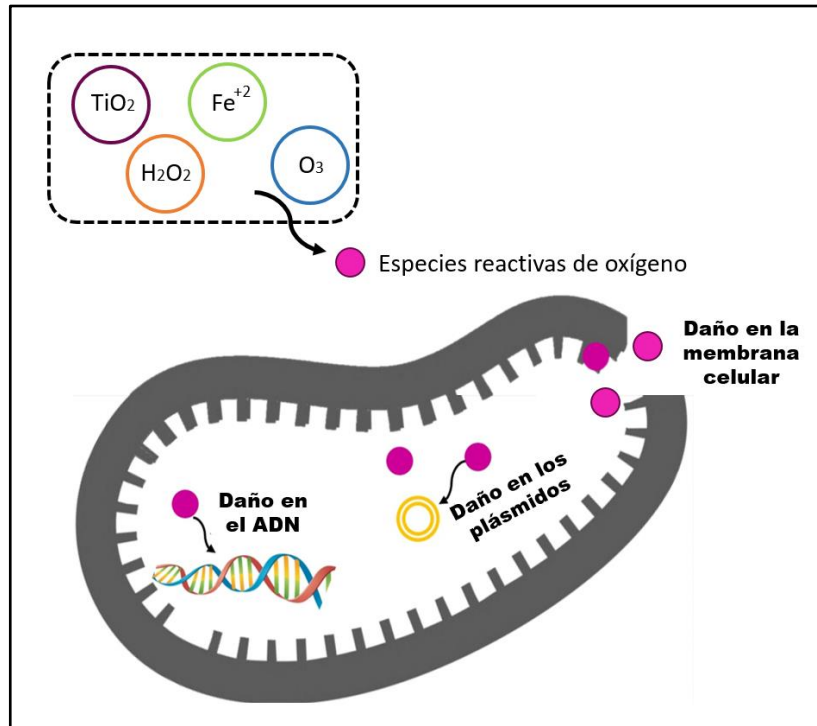


Figura 4. Inactivación bacteriana por especies reactivas de oxígeno, (Kordatou, Karaolia y Kassinos, 2018)

Para la evaluación de **eficiencia** en la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*, tomando como datos para el cálculo la concentración antes del tratamiento y después del tratamiento. Para calcular la eficiencia se usó la Fórmula (1) (Aragón, Romero y Valencia, 2012):

$$\frac{C. inicial - C. final}{C. inicial} * 100 \quad (1)$$

C.Inicial: Concentración Inicial

C.Final: Concentración Final

Teorías basadas en la variable independiente

Los **tratamientos de oxidación avanzado**, tienen como objetivo tratar varios contaminantes perjudiciales a la flora, fauna y humanos, además de la completa destrucción de contaminantes emergentes como, toxinas naturales, pesticidas, tintes y otros contaminantes nocivos. Estos procesos se utilizan para tratar efluentes contaminados a nivel industrial, hospitalario y en algunos casos en plantas de tratamiento de aguas residuales. Entre los procesos de oxidación

avanzados (POA) incluyen la fotocatalisis, radiación UV y ozono (O_3), radiación UV y peróxido de Hidrógeno (H_2O_2), Fenton, foto-Fenton, plasma no térmico, sonólisis, radiolisis, procesos de oxidación de agua supercrítica, Figura 5. Los que se busca es la generación de oxidantes fuertes, tales como los radicales hidroxilo ($\cdot OH$), oxígeno (O_2), etc. Además, generan una degradación no selectiva de compuestos orgánicos, convirtiéndolos en compuestos biodegradables, para así llegar a una completa mineralización del agua, el dióxido de carbono y las sales inorgánicas. La eficiencia depende del método escogido, analizando previamente las propiedades físicas y químicas del contaminante objetivo y las condiciones de operación (Fernández, et al., 2012; Ameta, et al., 2018).

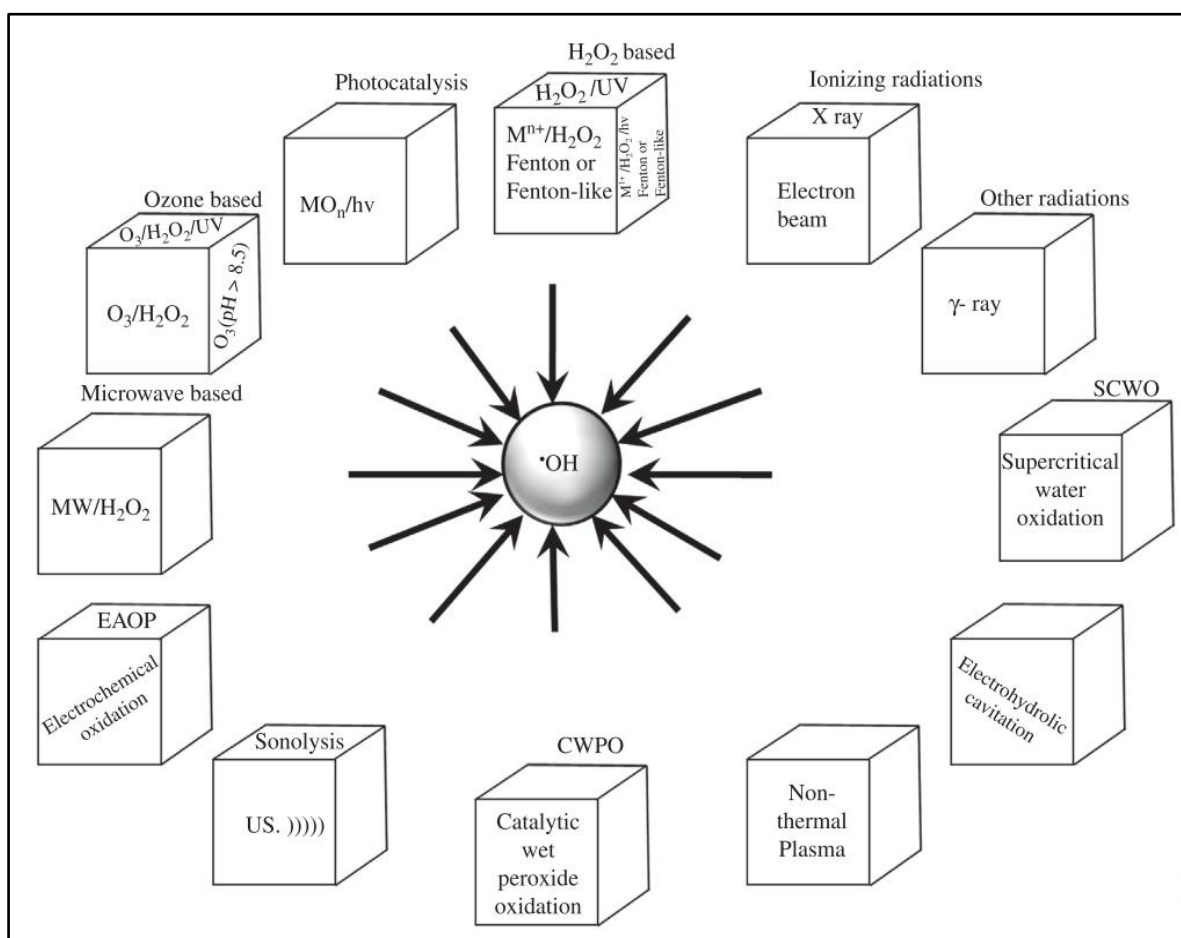


Figura 5. Diferentes procesos de oxidación avanzada generadores de radicales $\cdot OH$, (Ameta, et al., 2018)

Un **fotorreactor**, es una estructura que contiene una superficie con propiedades reflectantes, además de propiciar la absorción de radiación ultravioleta proveniente del sol hacia un fotocatalizador, tal como se muestra en la Figura 6. En principio, la radiación solar disponible va a ser reflejada y concentrada sobre los tubos absorbedores, esta absorción produce una reacción fotoquímica dentro de la estructura para desnaturalizar los microorganismos vivos existentes en el agua residual; este resultado se logra cuando hay una eficiente exposición de radiación UV en el catalizador para el proceso, además de considerar el tiempo de exposición a radiación UV, para así conocer la eficiencia del reactor en cuestión (Camera Roda, et al., 2019; Levenspiel, 2013).

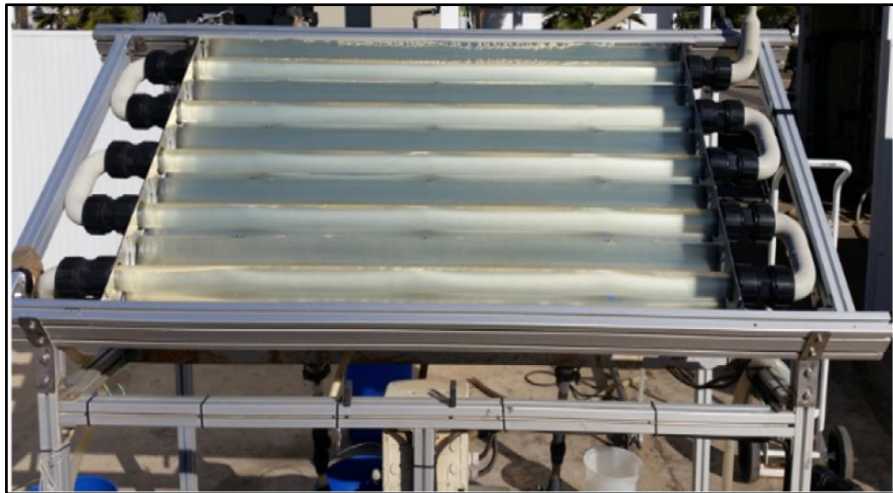


Figura 6. Fotorreactor de 20 litros de capacidad, (Aguas, et al., 2017)

Para Blanco (2002), entre los parámetros de construcción del **fotorreactor**, se considera el diámetros de los tubos a emplear, ya que está relacionado a la distribución de iluminación, por otro lado, otro factor a considerar para una absorción de radiación UV, es la concentración del fotocatalizador, si éste sobrepasa 1 g/L, tendrá como consecuencia una reducción importante en la iluminación que el proceso requiere, a este fenómeno se le denomina apantallamiento, en la cual la concentración del fotocatalizador es muy alto, lo que conlleva a una disminución en la velocidad de reacción. Otro aspecto a considerar es la **superficie reflectante** de este equipo, ya que el uso máximo de la luz útil es un factor importante en la eficiencia del proceso, siendo la opción más viable, las superficies a base aluminio (Al), como se muestra en la Figura 7.

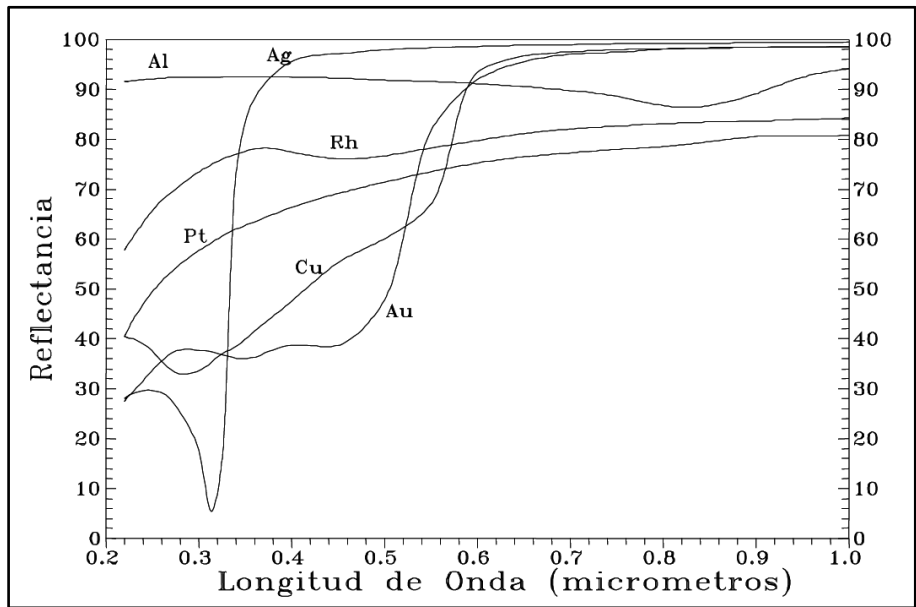


Figura 7. Nivel de reflectancia espectral de diferentes metales, (Blanco, 2002)

De acuerdo con la Figura 8, en relación con los materiales adecuados para una transmisividad óptima de la radiación UV, se encuentran los fluoropolímeros, materiales acrílicos, plásticos y vidrio (con bajo contenido de hierro como el borosilicato), que pueden ser moldeados de forma cilíndrica (Blanco, 2002).

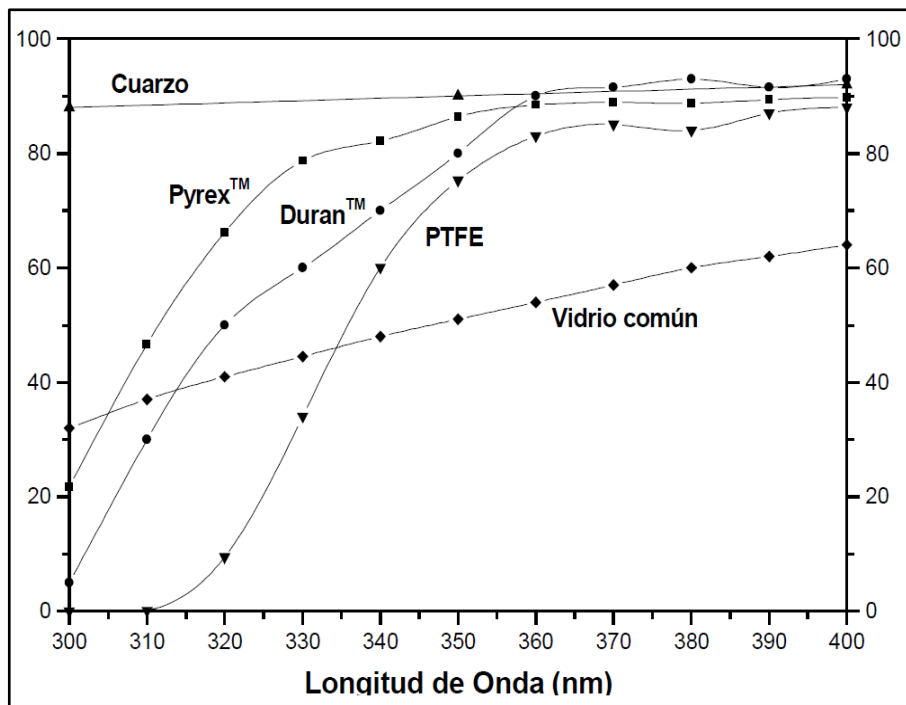
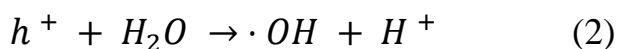
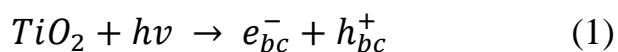


Figura 8. Nivel de transmisividad de diferentes materiales para reactores fotocatalíticos, (Blanco, 2002)

El **proceso de fotocátalisis** Está constituido a causa de la generación de un par hueco electrón, causado por la absorción de un fotón de luz de longitud de onda menor que $h\nu/E_g$, donde E_g es la energía de la brecha de la banda, el electrón de la banda de valencia es elevado hacia la banda de conducción, generando un hueco en la banda de valencia, Reacción 1. Con ello se genera una reacción de óxido reducción donde un electrón de la banda de valencia (bv) es promovido a la banda de conducción (bc), las especies generadas por los fotones de luz, participan en las reacciones de óxido reducción (redox) (h^+_{bv} es oxidante y e^-_{bc} es reductor). Los huecos son captados por el medio acuoso, generando **radicales hidroxilo·OH**, como se muestra en la Reacción 2 y 3, que es la unión de un átomo de oxígeno e hidrógeno, juntos forman un radical hidroxilo univalente, agente altamente oxidante no selectivo, capaz degradar una gran cantidad de compuestos orgánicos, a partir de la oxidación mejorada del peróxido de hidrógeno al adicionarle un semiconductor como es el dióxido de titanio (TiO_2), el cual funciona como un catalizador que al estar expuesto a la radiación ultravioleta, propicia la degradación de contaminantes orgánicos (Aguado Alonso, 2012; Ameta, et al., 2018; Chávez, et al., 2015).



La **radiación UV**, es la energía proveniente del sol, causante de la mutación y destrucción de la estructura genética de un microorganismo, mediante la transferencia de energía la cual desequilibra los procesos de replicación o transcripción, haciendo que el funcionamiento de los microorganismos se haga imposible y por lo tanto generando su muerte o mutación (Obodovskiy, 2019). En función a los procesos de oxidación avanzados, la radiación UV juega un rol muy importante, ya que este dona los fotones de energía hacia el semiconductor (fotocatalizador) para generar las reacciones fotocatalíticas, un factor importante es el **tiempo de exposición a la radiación UV**, promueve la absorción de fotones hacia el catalizador, dando inicio a la reacción de oxidación al generar radicales

hidroxilo, a mayor tiempo de exposición como de radiación ultra violeta mejor potencial de oxidación tendrá el método a emplear (Fernández, et al., 2012)

Para Peralta et al., (2018) un proceso fotoquímico, se genera a partir de la **fotorreacción** de un catalizador, como es el TiO_2 , que por absorción de radiación ultravioleta y la presencia de oxígeno, favorece la oxidación de sustancias contaminantes en aguas residuales al alterar su velocidad de reacción, produciendo radicales $\cdot\text{OH}$, para hacer útil el efluente en un proceso, Figura 9.

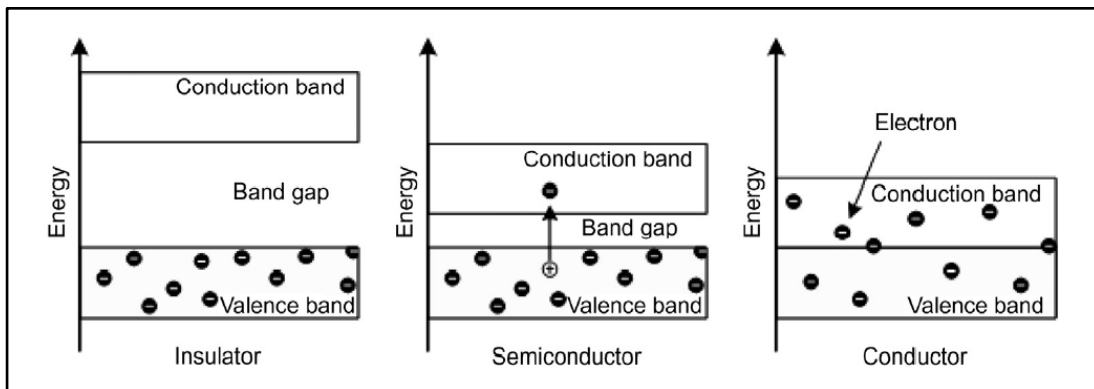


Figura 9. Diferencia de energía entre la banda de valencia y la banda de conducción, (Ameta, et al., 2018)

Para Kahng, Yoo y Kim, (2019) la **reacción fotocatalítica** consiste en la absorción de fotones, separación de cargas, transferencia de cargas y reacciones redox, esto ocurre cuando la energía proveniente de la radiación UV, incide lo suficiente para excitar los electrones de la banda de valencia hacia la banda de conducción del semiconductor (TiO_2), La reacción que se produce da como resultado un espacio vacío positivo en la banda de valencia (bv) y un electrón negativo en la banda de conducción (bc), formando un par de agujeros de electrones, estos son transferidos hacia una reacción redox en el medio, en este caso agua, generando la reacción de evolución del H_2 en la banda de conducción con electrones por reducción de protones, evolución de oxígeno (O_2) en la banda de valencia con agujeros por oxidación de agua, Figura 10.

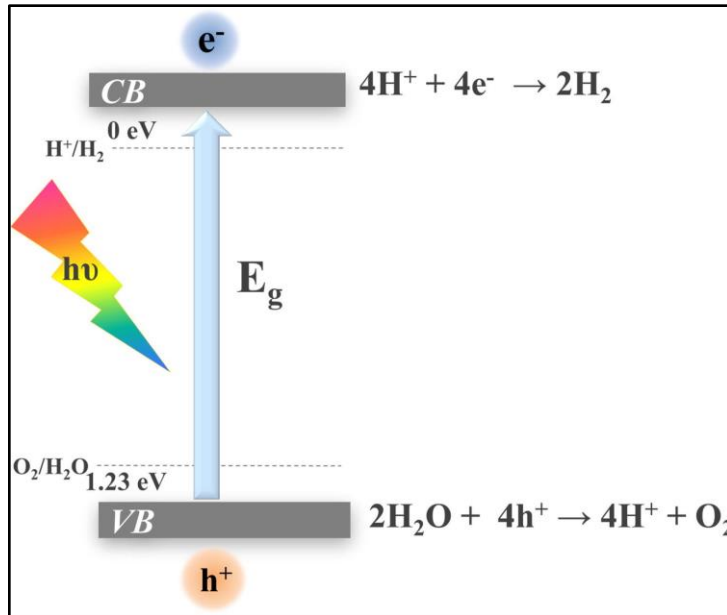


Figura 10. División del agua fotocatalítica en las bandas de conducción y valencia, (Khang, Yoo y Kim, 2019)

Teniendo como caso particular al **dióxido de titanio (TiO_2)**, este material semiconductor se encuentra en la naturaleza en tres formas cristalinas diferentes: Anatasa, Brookita y Rutilo, se caracteriza por ser un material extremadamente estable en presencia de soluciones electrolíticas acuosas, mucho más que otros tipos de semiconductores que se han probado, además de ser excelente para descomponer fotocatalíticamente los compuestos orgánicos, es relativamente barato, altamente estable químicamente, y los agujeros fotogenerados son altamente oxidantes. De entre sus formas la anatasa es la especie más fotoactiva debido a su mejor movilidad como portadora de carga y al mayor número de grupos hidroxilo de superficie (Fagan, et al., 2015; Fushijima, Rao y Tryk, 2000)

Por otro lado, el TiO_2 , no solo tiene aplicaciones en tratamiento de aguas. Según la Tabla 2, el espectro de aplicación va desde superficies esterilizadoras, en donde colocando 150 ml de una suspensión de *E. coli*, teniendo como resultado una eliminación bacteriana casi total después de 1 hora de iluminación. Por otro lado, se ha probado el TiO_2 en tratamientos fotocatalíticos para cáncer, encontrándose que era posible matar selectivamente una sola célula cancerosa usando un microelectrodos polarizados e iluminados de TiO_2 (Fushijima, Rao y Tryk, 2000).

Tabla 2. Aplicaciones seleccionadas de la fotocatalisis

Propiedades	Categoría	Aplicación
Auto-limpieza	Materiales para edificios residenciales y de oficina	Cerámicas exteriores, componentes de cocina y baño, mobiliario interior, superficies plásticas, revestimiento de aluminio, piedra de construcción y cortinas, persianas de papel.
	Lámparas de interior, exterior y sistemas relacionados	Papel translúcido para cubiertas de lámpara interior revestimientos de lámparas fluorescentes y vidrio para cubiertas de lámparas de túneles de autopistas.
	Materiales para carretera	Pared de túneles, pared insonorizada, señales de tráfico y reflectores.
Purificación de aire	Purificador de aire interior	Purificación de aire en habitaciones, acondicionadores de aire equipados con fotocatalisis y purificador de aire interior para fábricas.
	Purificador de aire exterior	Concreto para carreteras, caminos y senderos, paredes de túneles, paredes insonorizadas y paredes de edificios.
Purificación de agua	Agua para consumo humano	Agua de río, subterránea, lagos y tanques de almacenamiento de agua.
	Otros	Agua de drenaje y aguas residuales industriales.
Actividad antitumoral	Terapia para cáncer	Instrumentos de tipo endoscópico.
Auto-esterilización	Hospitales	Baldosas para cubrir el suelo, y las paredes de los quirófanos, goma de silicona para los catéteres médicos y uniformes de hospital.
	Otros	Baños públicos y salas de crianza de ratas.

Fuente: (Fushijima, Rao y Tryk, 2000)

Dosis de TiO_2 y H_2O_2 , de acuerdo a la relación molar de estos compuestos se dará la generación de radicales OH, estos radicales oxidan la materia orgánica del medio en donde se aplique, siendo mayor o menor dependiendo de su concentración (Zhang, et al., 2016).

Los valores máximos admisibles (VMA), son los parámetros físicos y químicos que caracterizan a un efluente no doméstico, el cual va a ser descargado al sistema de alcantarilla, con ello aseguran que la infraestructura, equipos y maquinarias tengan un funcionamiento adecuado, garantizando un

funcionamiento adecuado de los procesos de potabilización de agua en plantas de tratamiento de aguas residuales, es los VMA son de carácter obligatorio para todo aquel que genere efluentes no domésticos, véase en la Tabla 3, los valores establecidos.

Tabla 3. Valores Máximos Admisibles

Parámetro	Unidad	VMA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	1000
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	500
Aceites y Grasas (AyG)	mg/L	100
pH	1 - 14	6 - 9
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S N° 021-2015-Vivienda

Es así que la investigación pretende resolver **problema general:** ¿Cuál será la eficiencia en la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos por fotocátalisis en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020? y los **problemas específicos:** ¿Cuál es el tiempo mínimo de exposición para la inactivación *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020?, ¿Cuál será el nivel de sensibilidad entre la *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* frente al tratamiento con fotocátalisis usando TiO₂/H₂O₂ de las aguas residuales procedentes del Centro Médico Naval, 2020?, ¿Cuál será la dosis efectiva de TiO₂/H₂O₂ para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos en el Centro Médico Naval, 2020?, ¿Cuáles serán las propiedades físicas y químicas del agua residual del Centro Médico Naval después del tratamiento por fotocátalisis con TiO₂/H₂O₂, 2020?

La investigación se **justifica** por su potencial aporte a:

(i) a **nivel social y ambiental**, debido al incremento de enfermedades farmacorresistentes, se genera una alta tasa de mortalidad, morbilidad y pérdida económica a la población por el costo de los tratamientos, que van de 4 a 1 en el Perú, se hace necesario la identificación de puntos de generación de resistencia a los antibióticos, tales como las aguas residuales hospitalarias y urbanas, para así controlar y disminuir la proliferación de microorganismos resistentes a los antibióticos, pero la falta de acciones para corregir esta forma de contaminar nuestro entorno, perjudican el ambiente. Por tal motivo, se analizan nuevas tecnologías y métodos que ayuden a mantener el bienestar del ecosistema y disminuir el impacto negativo al ambiente, pero al no ejecutarse muchos trabajos de investigación nacional y considerando las características propias en base a esta problemática, se hace más compleja la solución de la misma.

(ii) a **nivel práctico** la propuesta de una técnica para la reducción e inactivación de microorganismos resistentes a los antibióticos a través de procesos de oxidación avanzados con radiación solar, contribuirá al incremento de esfuerzos dirigidos a disminuir el impacto económico y social, además, los resultados de esta investigación aportaron una base para futuros trabajos de investigación a nivel universitario y postgrado para mejorar las técnicas actuales o proponer nuevas metodologías que sean más eficientes que las ya estudiadas, teniendo en cuenta el costo y el beneficio.

(iii) a **nivel teórico** permite conocer las diferentes premisas y teorías en cuanto a la inactivación de microorganismos resistentes a los antibióticos y de cómo estos llegan a adquirir esta resistencia, así como de la técnica que se empleó para tratar este tipo de contaminante en función de su susceptibilidad y disminución tras el tratamiento.

(iv) a **nivel metodológico** los resultados de la investigación propiciaron, que tanto nuestros colegas como personas interesadas en la problemática tengan una percepción clara sobre este contaminante emergente, lo cual metodológicamente se trabajó de manera explicativa y cuantitativa para poder dar a conocer la metodología usada para la obtención de resultados significativos.

Por lo tanto se tiene como **objetivo general**: Determinar la eficiencia en la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos por fotocátalisis con $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020 y como **objetivos específicos**: Determinar el tiempo mínimo de exposición para la inactivación de la *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020; Determinar el nivel de sensibilidad entre la *Escherichia coli* y los *Enterococos intestinales* frente al tratamiento con fotocátalisis usando $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ de las aguas residuales procedentes del Centro Médico Naval, 2020; Determinar la dosis efectiva de $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos en el Centro Médico Naval, 2020; Determinar las propiedades físicas y químicas de las aguas residuales del Centro Médico Naval tras el tratamiento por fotocátalisis con $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$, 2020.

De esta manera se pretenden verificar las **hipótesis general**: El tratamiento con fotocátalisis usando $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$, tiene una eficiencia mayor al 80% en la inactivación de la *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*, y las **hipótesis específica**: El tiempo mínimo es de 90 minutos de exposición a la fotocátalisis (UV) para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos* intestinales; La *Escherichia coli* es el más susceptible ante la fotocátalisis utilizando $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ con respecto a los *Enterococos intestinales*; La dosis efectiva de $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos es de 500 mg/L y 100 mg/L respectivamente; Las propiedades físicas y químicas del agua residual del Centro Médico Naval, después del tratamiento por fotocátalisis, cumplen con los Valores Máximos Admisibles para las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario del Perú.

III. Metodología

3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es **aplicada**, coincidiendo con Hernández, Fernández y Baptista, (2014), ya que se emplean conocimientos teóricos previos para generar conocimiento práctico, que fortalezcan el desarrollo de la investigación como tal. Además, difundir las tecnologías y metodologías que faciliten la solución de nuevos problemas que se identifiquen en la realidad. En el presente estudio se tomaron teorías referentes a la *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* farmacorresistentes y su comportamiento tras un tratamiento, el cual mejoró las condiciones sanitarias de las aguas residuales hospitalarias.

El diseño de investigación es **experimental**, específicamente **experimental puro** ya que se manipuló la variable independiente, en este caso es la fotocátalisis en aguas residuales y se midió la variable dependiente, que corresponde a la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*, teniendo grupos de control para la obtención de datos y posterior comparación (Méndez, et al., 2006).

En concordancia con Hernández, Fernández y Baptista, (2014), el nivel de investigación es **explicativo**, dirigido a responder las causas de la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos y en qué condiciones se propicia. En el presente trabajo de investigación, se centró en el efecto de la fotocátalisis con dióxido de titanio y peróxido de hidrógeno en aguas residuales hospitalarias, para poder explicar el comportamiento que tiene el tratamiento sobre los microorganismos.

3.2. Variables, Operacionalización

En la Tabla 4 se visualiza y clasifica las variables de investigación.

Tabla 4. Variables de investigación

Variables de investigación	Tipo
Fotocátalisis en aguas residuales	Variable independiente (estímulo)
Inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos	Variable dependiente (efecto)

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La **población** de estudio en la aplicación del método de fotocátalisis para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos, son las aguas residuales provenientes del Centro Médico Naval, ubicado en la Av. Venezuela S/N - Bellavista - Callao (Altura cuadra 34 de la Av. Venezuela), a la cual se le identificó el problema, véase en el ANEXO C.

De acuerdo a la capacidad de los dos fotorreactores construidos a conveniencia nuestra, el tamaño de **muestra** fue de 24 litros, que fueron colectados del colector dentro del Centro Médico Naval. El criterio que se tuvo para la muestra, fue en función al colector a usar, dos fotorreactores en el cual se calculó la longitud necesaria, con la siguiente fórmula (2), (Purcell, et al., 2007):

$$V = \Pi * r^2 * h \quad (2)$$

V= Volumen elegido en centímetros cúbicos

r = Radio en centímetros

h = Altura en centímetros

π = Constante

Cálculo:

$$12000 \text{ cm}^3 = \Pi * (10.5 \text{ cm})^2 * h$$

$$12000 \text{ cm}^3 = \Pi * 110.25 \text{ cm}^2 * h$$

$$34.645 \text{ cm} = h$$

h = 35 cm (valor redondeado por conveniencia)

Conversión a metros:

$$35 \text{ cm} * 1 \text{ m} / 100 \text{ cm} = 0.35 \text{ m (longitud del colector)}$$

El **muestreo** fue, probabilístico – aleatorio simple, ya que todas las aguas del Centro Médico Naval que componían la población, tenían la misma oportunidad de ser escogida en la muestra, esto precisa que la probabilidad de selección del grupo de estudio “aguas residuales del Centro Médico Naval” es independiente de la población de estudio, (Otzen y Manterola, 2017).

La **unidad de análisis**, es inactivación de *Escherichia coli* y los *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos en las aguas residuales del Centro Médico Naval, para así poder explicar el comportamiento de estos microorganismos y sus diferencias frente a la fotocatalisis, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para realizar el estudio se identificó el área de estudio, además se aplica la técnica observacional, ya que se verá el accionar del TiO_2 y el H_2O_2 en la inactivación de microorganismos resistentes a los antibióticos, en el fotorreactor antes y después del tratamiento, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Técnicas de recolección de datos

Etapa	Fuentes	Técnicas	Instrumentos	Resultados
Ubicación del punto de estudio	Centro Médico Naval – Bellavista	Observación	Ficha de registro de datos de campo (libreta de campo)	Punto de estudio identificado.
Análisis de muestra de agua residual del Centro Médico Naval antes del tratamiento con TiO_2/H_2O_2	Agua residual del Centro Médico Naval	Observación	Formato de recolección de datos antes del tratamiento	Parámetros químicos, físicos y la concentración <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> del efluente identificado y evidencia de contaminación del mismo.
Análisis de muestra de agua residual del Centro Médico Naval después del tratamiento con TiO_2/H_2O_2	Agua residual tratada con el fotorreactor	Observación	Formato de recolección de datos después del tratamiento	Parámetros químicos, físicos y la concentración <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> para la verificación la disminución.
Interpretación y análisis de eficiencia	Gabinete	Observación	Formato de recolección de datos base a la eficiencia de la fotocatalisis	Concentraciones de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> procesados e interpretados para calcular la eficiencia de la fotocatalisis

Fuente: Propia

Los Instrumentos de recolección de datos fueron cuatro:

- a) Libreta de campo, que fue el instrumento que guardo los datos observados en campo, la hora y fecha del muestreo, datos de ubicación UTM, el tipo de muestra (simple o compuesta) y otros.
- b) Formato de recolección de muestra antes del tratamiento, en donde se recolectarán los resultados de los parámetros físicos, químicos y concentración de microorganismos resistentes a los antibióticos.
- c) Formato de recolección de datos después del tratamiento, en donde se recolectarán los resultados de los parámetros químicos, físicos y concentración de microorganismos resistentes a los antibióticos, con acción del $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ en las dosis y tiempos propuestos.
- d) Formato de recolección de datos en base a la eficiencia de la fotorreacción, se calculará el rendimiento del proceso de inactivación, analizando la eficiencia en función de la concentración inicial y final de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* a los antibióticos.

La **validez** de los instrumentos se da en cuanto estos permitan medir las variables objetivo de la presente investigación, con ello se asegura que los contenidos de los instrumentos en cuestión permitan recolectar la información precisa para la medición de las variables, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Los instrumentos de recolección de datos que se emplearon, fueron validados por tres expertos de la escuela de ingeniería ambiental, véase en la Tabla 6.

En concordancia con Hernández, Fernández y Baptista, (2014) la **confiabilidad** de los instrumentos se da en la medida en la cual, al aplicar dichos instrumentos, en este caso la fotocatalisis de aguas residuales del Centro Médico Naval, deberá de dar resultados que tengan diferencias muy mínimas.

Tabla 6. Jueces expertos

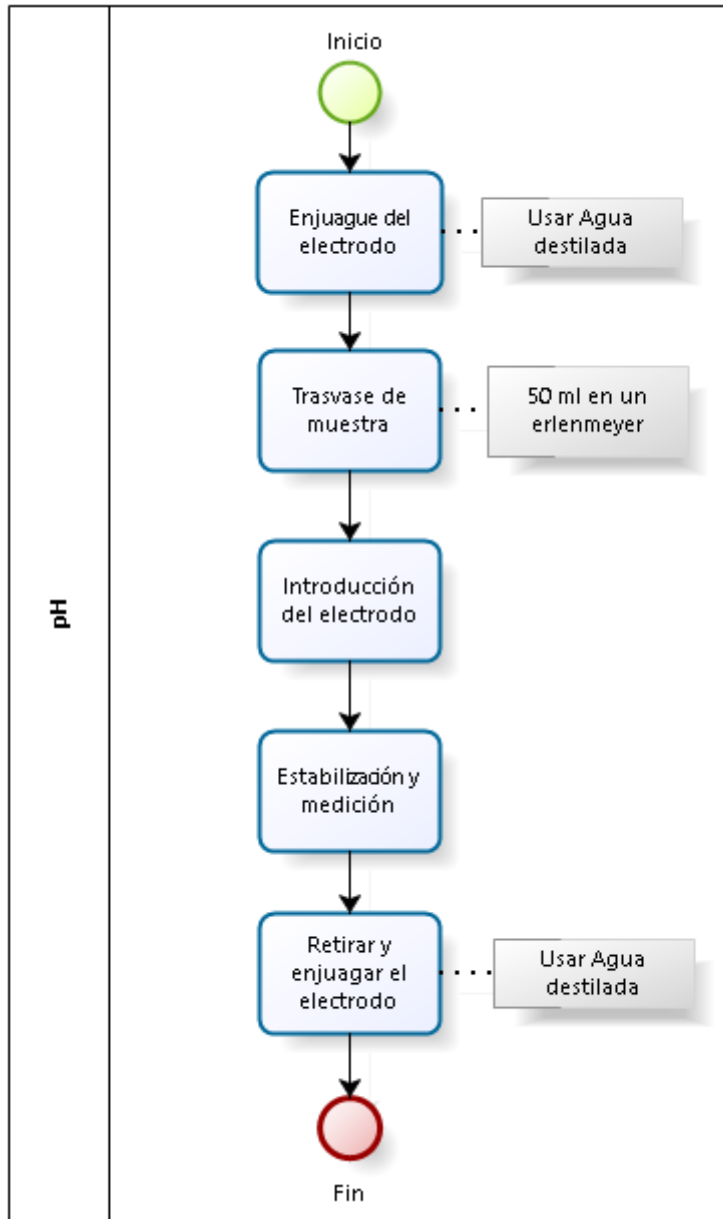
Nº	Expertos	Especialidad
01	Dr. César Eduardo Jiménez Calderón	Ingeniería Agrónoma
02	Dr. Juan Julio Ordóñez Gálvez	Ingeniería de los Recursos Hídricos
03	Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo	Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Fuente: Propia

3.5. Procedimientos

Para la medición de los parámetros físicos y químicos, nos basamos en el **standard methods for the examination of water and wastewater**, (Baird, et al., 2017).

Para la medición del potencial de Hidrógeno (**pH**) se siguieron las siguientes fases, según la Figura 11:



Fuente: Propia

Figura 11. Procedimiento de medición del pH

Se siguieron las siguientes etapas para la medición del pH:

Etapas 1

Enjuagar el electrodo de pH con agua destilada, para asegurar una mejor medición.

Etapas 2

Verificar si el electrodo está calibrado, medir pH empleando agua destilada como blanco de análisis, el valor debe de ser $7 \pm 0,5$.

Etapas 3

Trasvasar la muestra a analizar a un matraz de 50 ml.

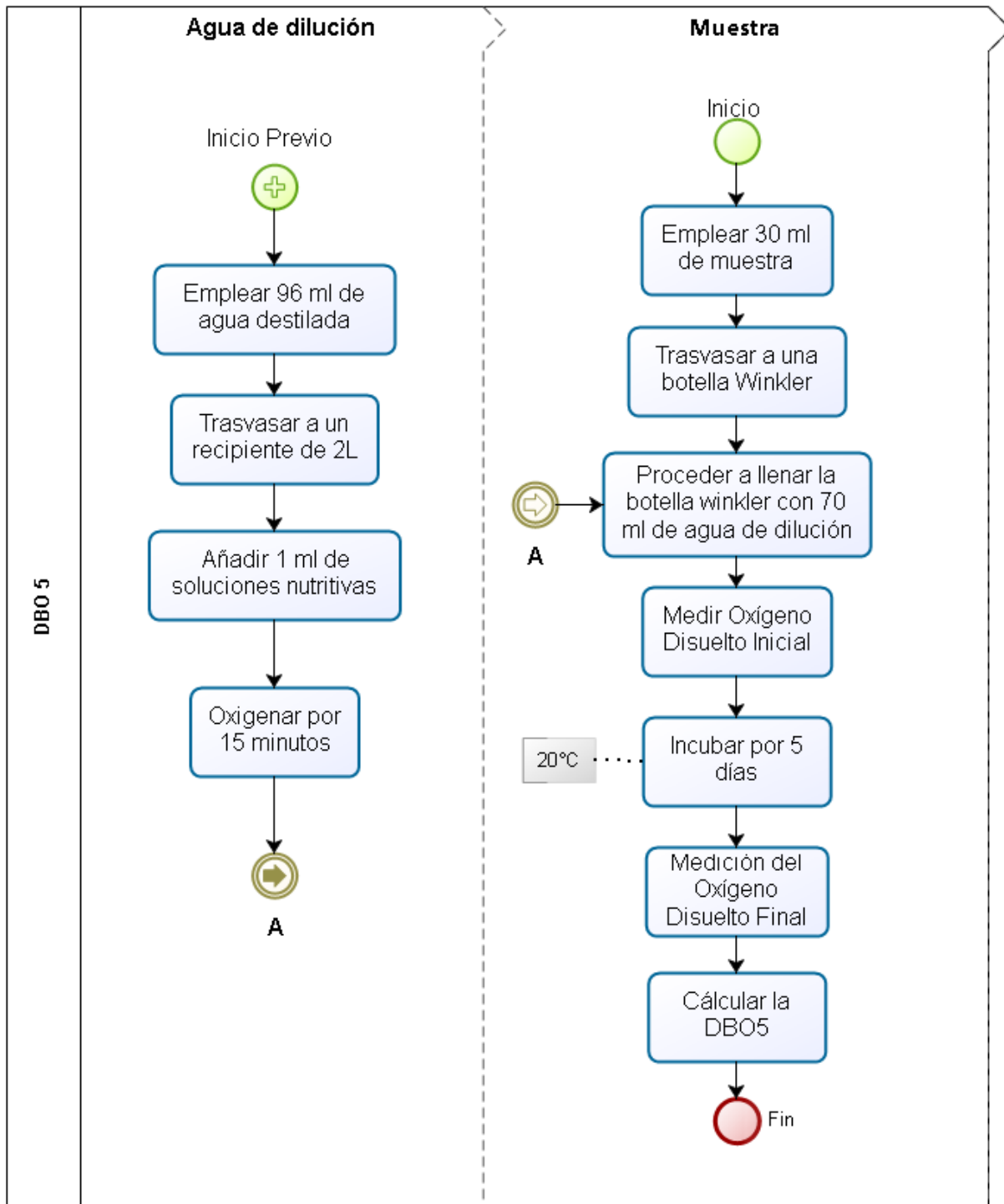
Etapas 4

Introducción del electrodo en la muestra, dejar que se estabilice y anotar el resultado.

Etapas 5

Retirar el electrodo, enjuagar con agua destilada y secar.

Para la medir la demanda biológica de oxígeno (**DBO₅**), se siguieron las siguientes etapas, Figura 12:



Fuente: Propia

Figura 12. Procedimiento de medición de la DBO₅

Agua de dilución

Etapa 1

En un recipiente de 2 L trasvasar 96 ml de agua destilada.

Etapa 2

Añadir 1 ml de Cloruro Férrico, Cloruro de Calcio, Sulfato de Magnesio y Buffer de Fosfatos, a estos se les denominará soluciones nutritivas.

Etapa 3

Una vez se tenga toda la solución, se procedió a oxigenar el agua de dilución, usando una bomba de aire, por 15 minutos.

Muestra

Etapa 1

Trasvasar 30 ml de muestra de agua residual a la botella Winkler de 100 ml.

Etapa 2

Trasvasar 70 ml de agua de dilución a la botella Winkler, tapar y agitar para que la mezcla se homogenice.

Etapa 3

Medir el oxígeno disuelto inicial, utilizando un Oxímetro o por el método Winkler.

Etapa 4

Dejar en incubación a 20 °C por 5 días y se midió el oxígeno disuelto final.

Etapa 5

Calcular la DBO₅ mediante la siguiente fórmula (3):

$$DBO_5 \text{ mg/L} = \frac{OD.i - OD.f}{T} * v \quad (3)$$

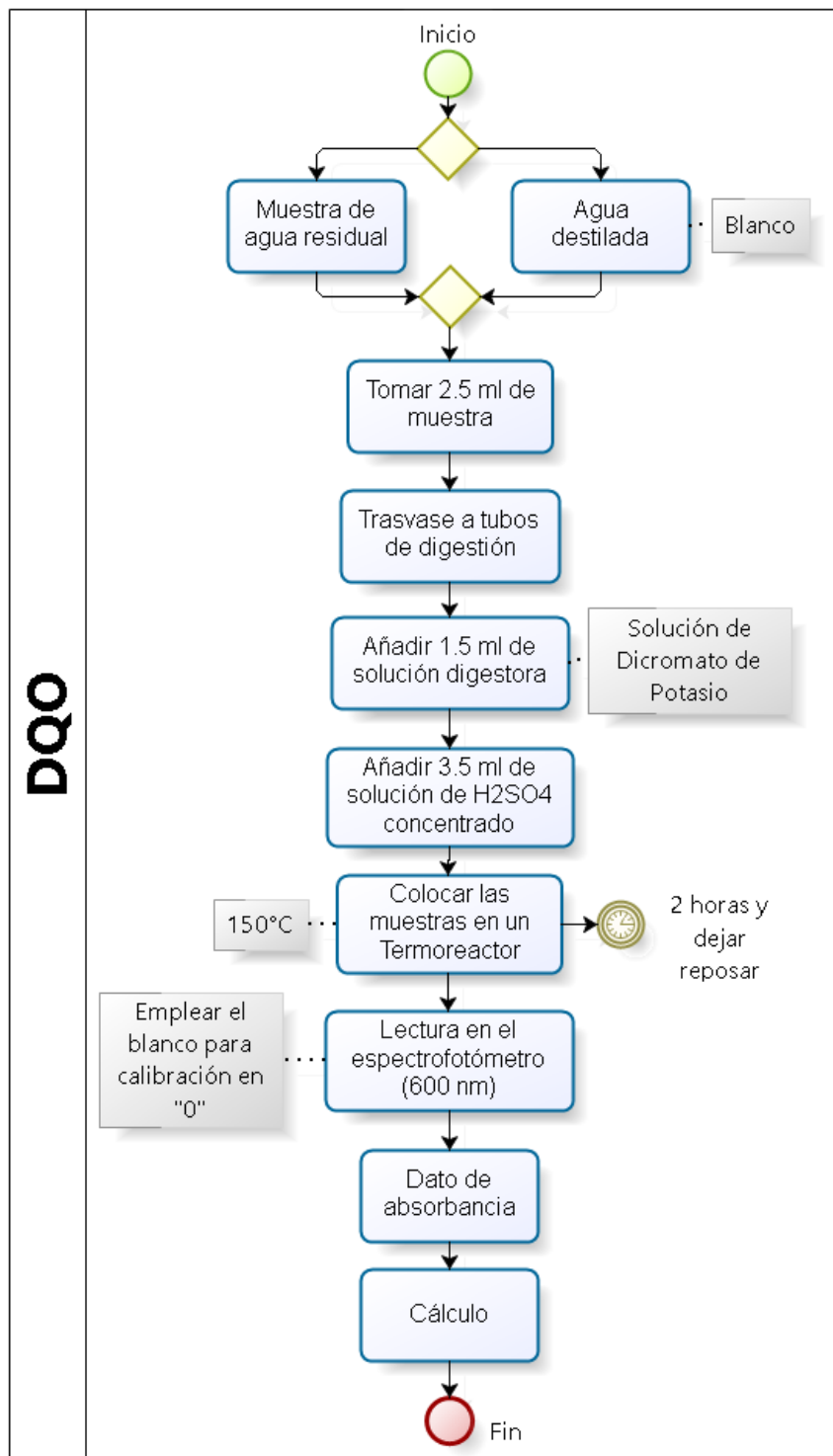
$OD.i$ = Oxígeno Disuelto inicial.

$OD.f$ = Oxígeno Disuelto final.

V = capacidad de la botella.

T = ml de la muestra.

Para la medición de la demanda química de oxígeno (**DQO**), se siguieron las siguientes etapas, Figura 13:



Fuente: Propia

Figura 13. Procedimiento de medición de la DQO

Etapa 1

Se emplearon dos muestras 2.5 ml cada una, la del agua residual y un blanco (agua destilada), las cuales se trasvasan a tubos de digestión.

Etapa 2

Añadir 1.5 ml de solución digestora (solución de dicromato de potasio).

Etapa 3

Se añadió 3.5 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Etapa 4

Colocar las muestras en un termoreactor a 150°C por 2 horas y dejar reposar.

Etapa 5

Emplear el blanco para la calibración del espectrofotómetro a "0", una vez calibrado, proceder con el análisis de la muestra a una longitud de onda de 600 nm.

Etapa 6

Graficar la absorbancia versus mg O₂/L y trazar la mejor recta y hacer una curva de calibración.

Etapa 7

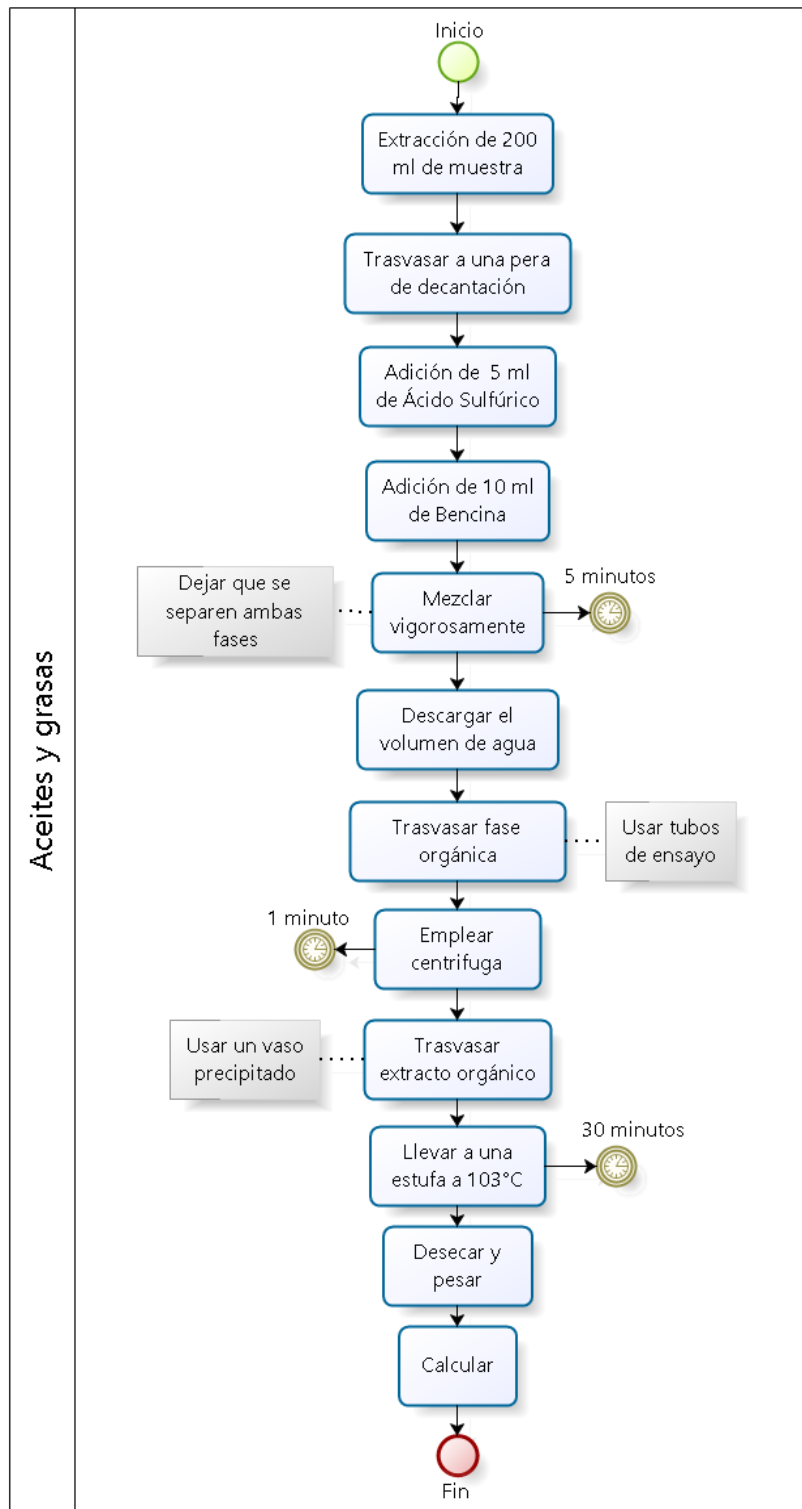
Calcular la DQO, empleando la siguiente fórmula (4):

$$DQO \text{ mg/L} = \frac{C*10}{T} \quad (4)$$

C: mg de O₂/L de la muestra leídos en la curva de calibración.

T: mL de muestra tomada para el análisis.

Para la medición de los aceites y las grasas (**A y G**), se siguieron las siguientes fases, en concordancia con la Figura 14:



Fuente: Propia

Figura 14. Procedimiento de medición de A y G

Etapa 1

Extraer 200 ml de muestra midiéndose con una probeta y verter a una pera de decantación, añadir 5 ml de H₂SO₄ y 10 ml de Bencina, mezclar vigorosamente por 5 minutos.

Etapa 3

Dejar que se separen la fase acuosa de las grasas y aceites presentes.

Etapa 4

Abrir la llave de la pera y descargar el volumen de agua en un vaso precipitado y trasvasar el agua a una probeta.

Etapa 5

Los extractos orgánicos se trasvasan a tubos de ensayo los cuales irán a una centrífuga por 1 minuto, para separar definitivamente la fase orgánica de la acuosa.

Etapa 6

Trasvasar el extracto a un vaso precipitado previamente pesado y llevar a la estufa a 103°C por 30 minutos, dejar evaporar el solvente.

Etapa 7

Una vez seco, se deja enfriar en el desecador y se procede al pesado.

Etapa 8

Calcular la DQO, empleando la siguiente fórmula (5):

$$AyG \text{ mg/L} = \frac{Wf - Wi}{Vm} * 1000 \quad (5)$$

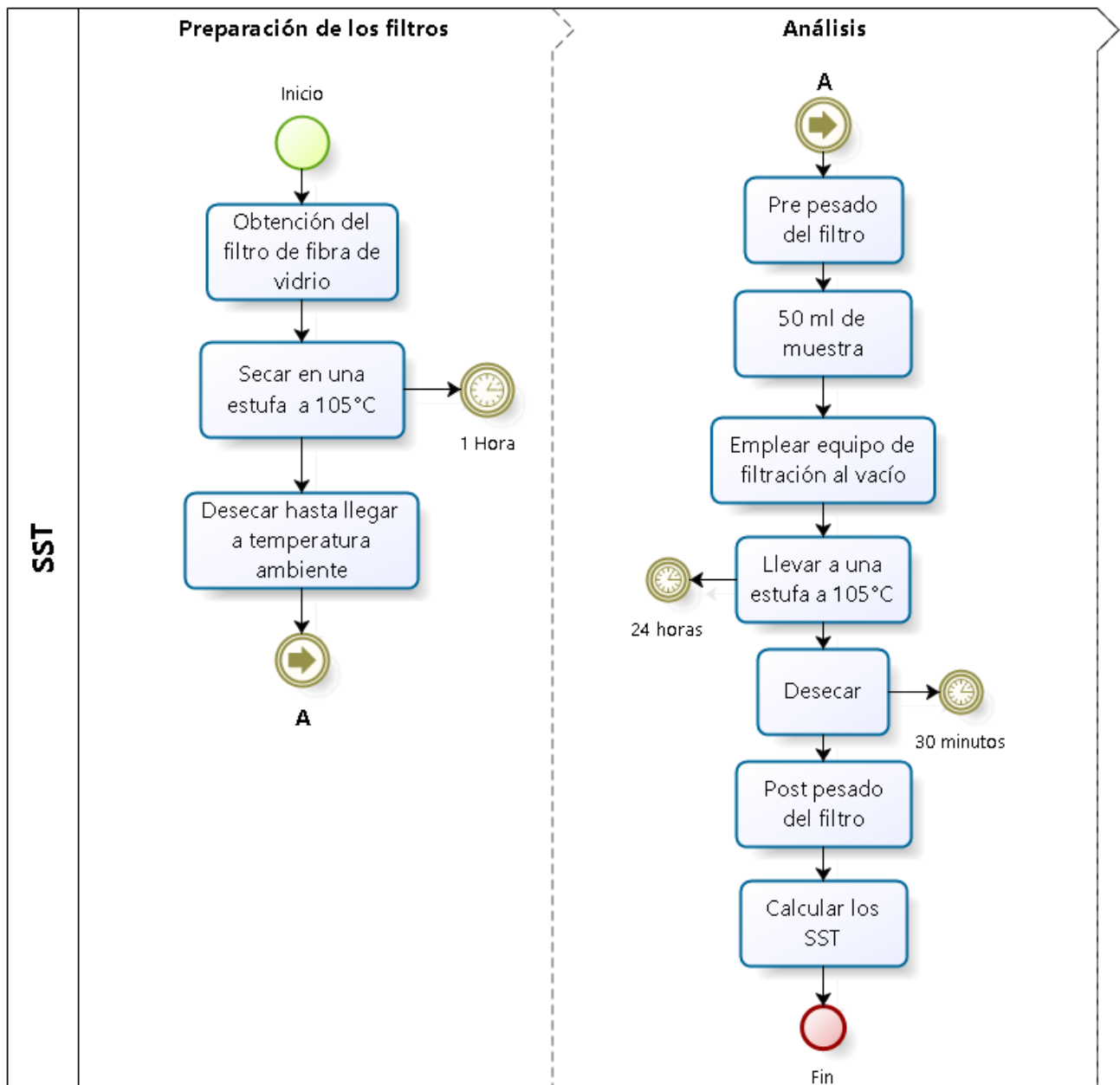
Wf: Masa final del vaso más el aceite

Wi: Masa inicial del vaso en gramos.

y grasa en gramos.
mililitros.

Vm: Volumen de la muestra de agua en

Para la medición de los sólidos suspendidos totales (**SST**), se siguieron las siguientes fases, como se muestra en la Figura 15:



Fuente: Propia

Figura 15. Procedimiento de medición de los SST

Preparación de los filtros

Fase 1

Con unas pinzas, secar el filtro de fibra de vidrio en una estufa a 105°C por una hora.

Fase 2

Desechar hasta llevar a temperatura ambiente y pesar el filtro.

Análisis

Fase 1

Colocar el filtro en el embudo de filtración, verter 50 ml de muestra y encender el equipo de filtración al vacío.

Fase 2

Llevar a una estufa a 105°C por 24° horas.

Fase 3

Desechar por 30 minutos hasta llevar a temperatura ambiente y pesar el filtro.

Fase 4

Calcular los SST, empleando la siguiente fórmula (6):

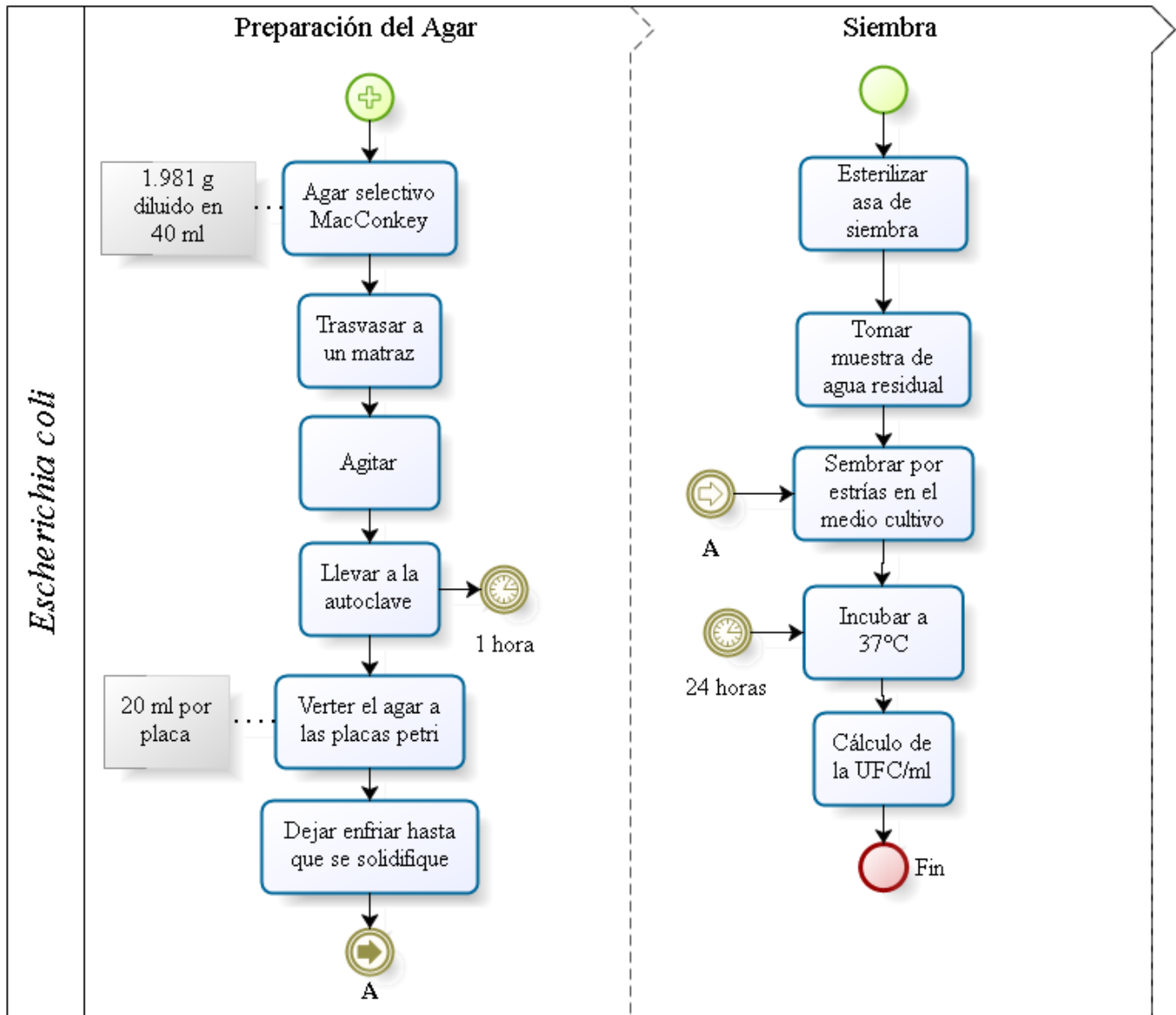
$$\text{SST mg/L} = \frac{P2 * P1}{V} * 1000 \quad (6)$$

$P1$ = Peso del filtro en mg/L antes de verter la muestra.

$P2$ = Peso del filtro más el residuo seco en mg/L.

V = Volumen de muestra tomado en ml.

Para la medición de *Escherichia coli*, se utilizó el manual de instrucciones para el uso del agar McConkey y se conceptualiza en la Figura 16, (Dickinson, 2014).



Fuente: Propia

Figura 16. Procedimiento de medición de *Escherichia coli*

Para todo el procedimiento tener el mechero prendido para asegurar un área de trabajo estéril.

Etapa 1

Prepara 1.981 gramos de agar McConkey en 40 ml de agua destilada y trasvasar a un matraz y agitar hasta tener una mezcla homogénea.

Etapa 2

Llevar a una autoclave por 1 hora, después verter 20 ml a placa Petri, cerrar la placa y dejar enfriar.

Etapa 3

Una vez que el medio de cultivo esté solidificado, con un asa de siembra esterilizada aplicar la muestra al medio haciendo un estriado.

Etapa 4

Incubar a 37°C por 24 horas.

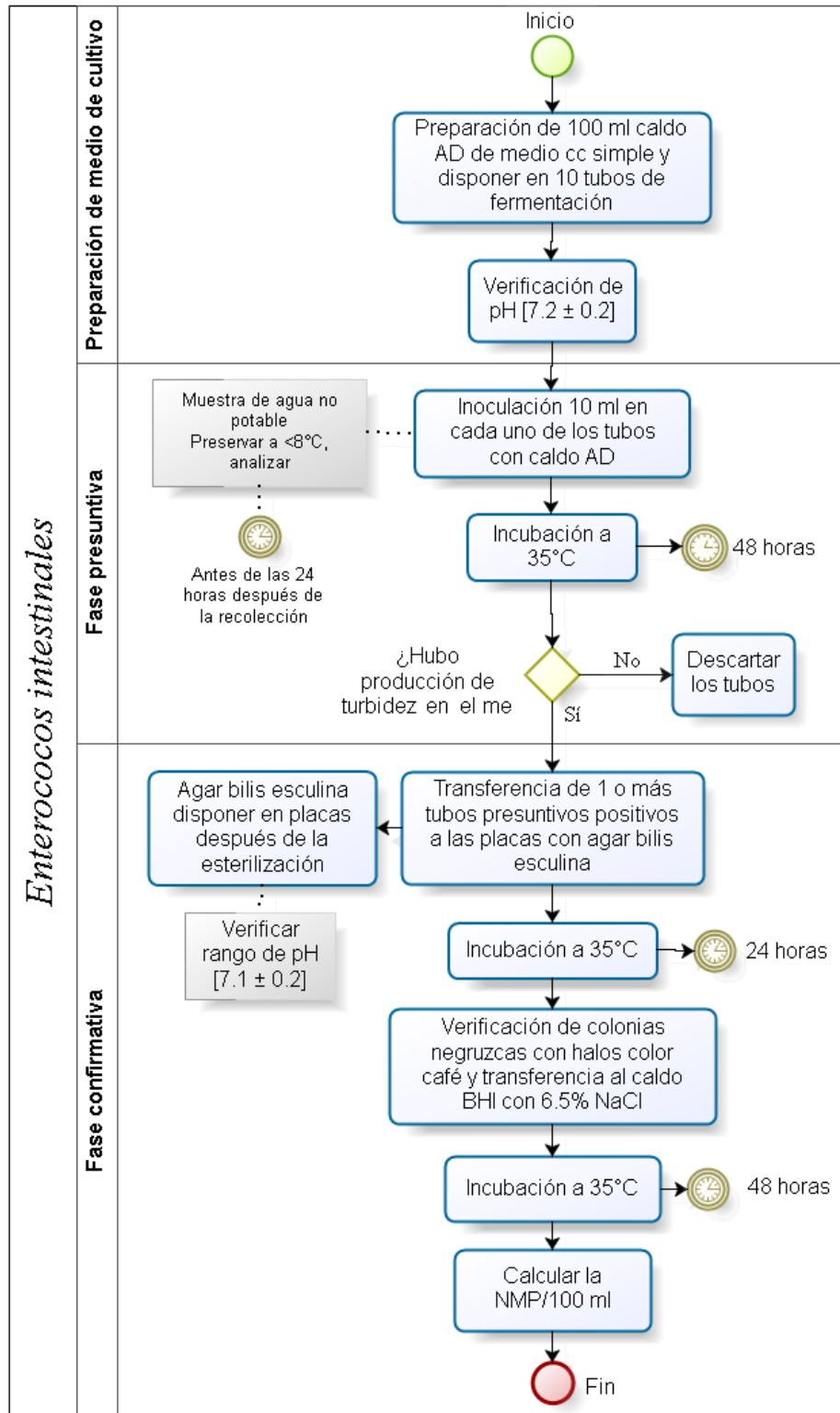
Etapa 5

Cálculo de las unidades formadoras de colonias (UFC/ml), empleando la siguiente fórmula (7):

$$UFC/ml = \frac{C.e (media)}{100 ml} * \text{Factor de dilución} \quad (7)$$

C.e = Colonias enumeradas.

Para la medición de los *Enterococos intestinales*, se siguió **standard methods for the examination of water and wastewater**, (Baird, et al., 2017), Figura 17.



Fuente: Propia

Figura 17. Procedimiento de medición de los *Enterococos intestinales*

Para todo el procedimiento tener el mechero prendido para asegurar un área de trabajo estéril.

Etapa 1

Emplear 100 ml de medio de cultivo con concentración simple (cc-simple), caldo Azida Dextrosa (AD), disponer en 10 tubos de fermentación de 20 x 150 mm con tapa plástica y verificar pH en el rango de 7.2 ± 0.2 .

Etapa 2

Inocular 10 ml en cada uno de los con el caldo AD e incubar a 35°C por 48 horas.

Etapa 3

Verificar si hubo turbidez, si se produjo turbidez se prosigue con el análisis, pero si no se observa se descarta la muestra.

Etapa 4

Transferir uno o más tubos presuntivos a placas Petri con agar bilis esculina; verificar previamente que el pH esté entre 7.1 ± 0.2 ; incubar a 35°C por 24 horas.

Etapa 5

Verificar las colonias negruzcas que presentan halos de color café y transferir al caldo brain heart infusion (BHI) con 6.5% de NaCl e incubar a 35°C por 48 horas.

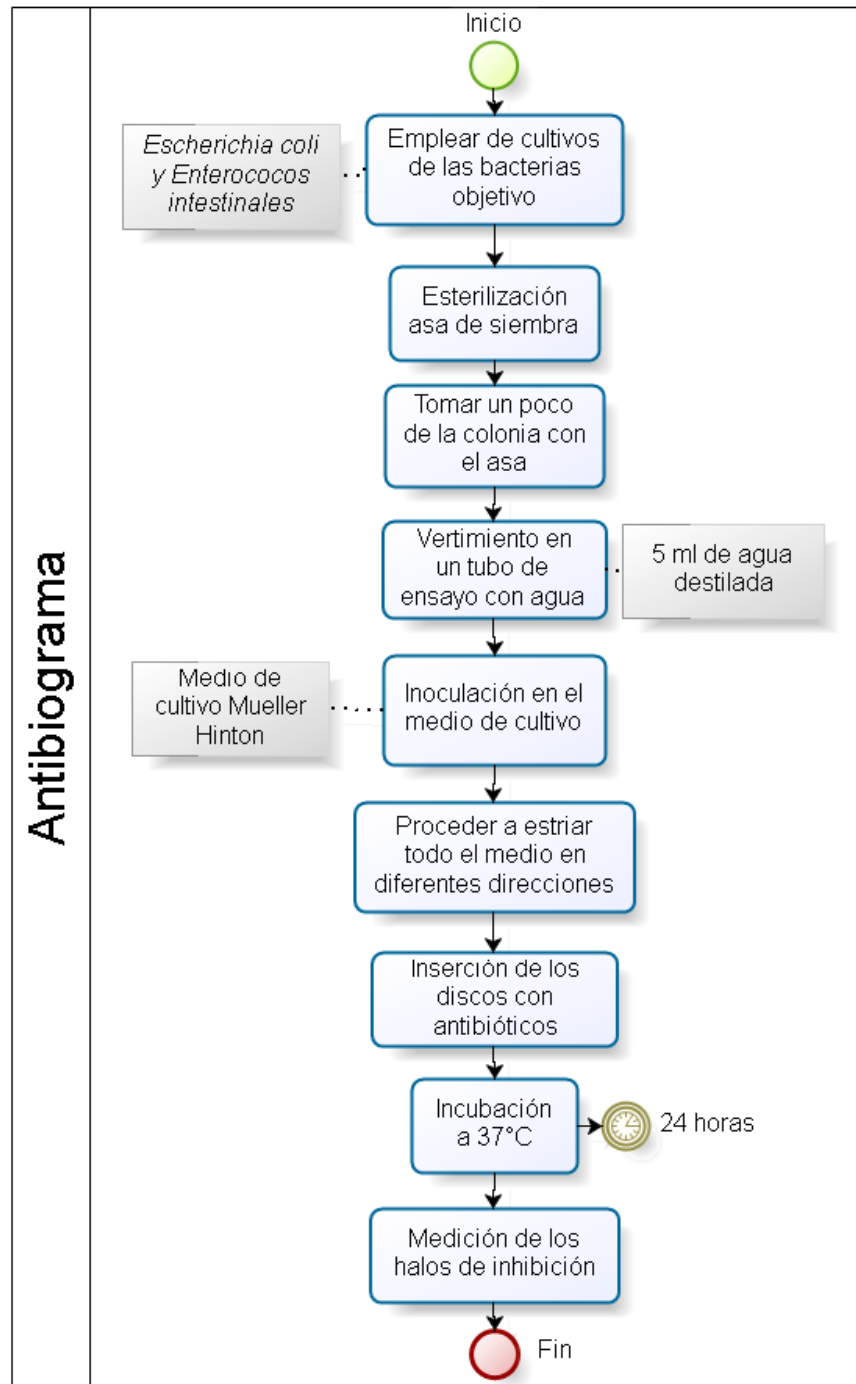
Etapa 6

Cálculo el número más probable (NMP) véase Tabla 9221: III ó IV de NMP, fórmula (8).

$$\text{NMP}/100 \text{ ml} = \frac{\text{Tabla NMP}}{100 \text{ ml}} * \frac{10}{v} \quad (8)$$

V= Volumen de muestra de la dilución seleccionada más baja.

Para la identificación del problema, se aplicó un **antibiograma** a la *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*, según la metodología de Kirby Bauer, (Hudzicki, 2009), véase en la Figura 18.



Fuente: Propia

Figura 18. Prueba de resistencia a los antibióticos

Para todo el procedimiento tener el mechero prendido para asegurar un área de trabajo estéril.

Etapa 1

Usar los cultivos el cultivo de las bacterias objetivo (*Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*).

Etapa 2

Esterilizar el asa de siembra hasta tornarse color rojo vivo y dejar enfriar por un momento, con el asa temperada tomar un poco de las colonias y verter en un tubo de ensayo con 5 ml agua destilada.

Etapa 3

Preparar el medio de cultivo Mueller Hinton; este medio de cultivo ya viene preparado solo se pone en baño maría para que pase de fase sólida a líquida; proceder a inocular con el asa de siembra estéril, con un estriado en diferentes direcciones, procurando acaparar toda el área de la placa.

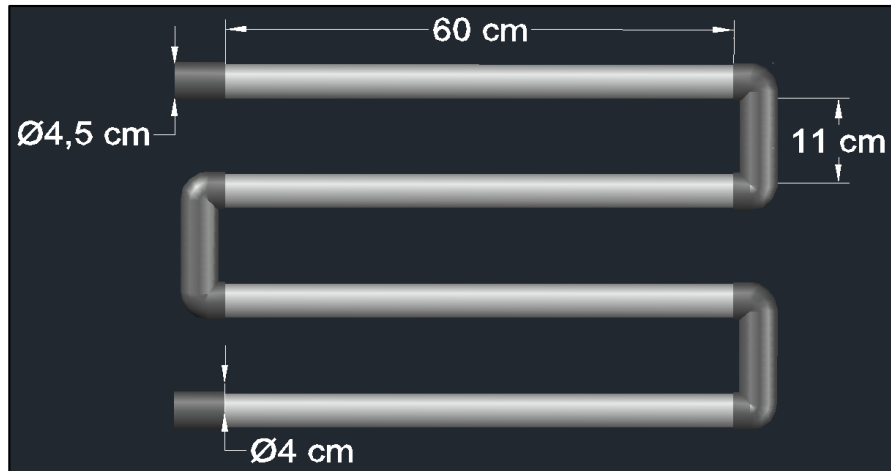
Etapa 4

Colocar los discos con antibióticos de manera homogénea e incubar a 37°C por 24 horas.

Etapa 5

Medir halo de inhibición en “cm” con un pie de rey y con el estándar de Kirby Bauer determinar si la bacteria es sensible o resistente a los antibióticos colocados.

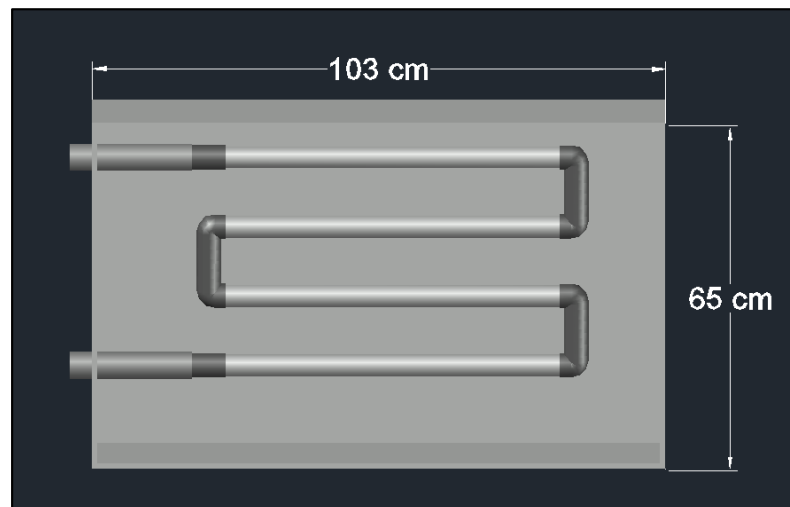
En esta sección se muestra el proceso de **construcción del fotorreactor a escala piloto**, todo el modelado se hizo en el software AutoCAD 2018 y basándonos en las especificaciones propuestas por Blanco, 2002. Como se muestra en la Figura 19, en esta sección se unió con la ayuda de codos de 4.5 cm de diámetro, los cuatro tubos de acrílico de 60 cm cada uno, con un diámetro de 4 cm y se aseguró todo el flujo y con ello evitar fugas de agua.



Fuente: Propia

Figura 19. Armado, unión de tubos y codos

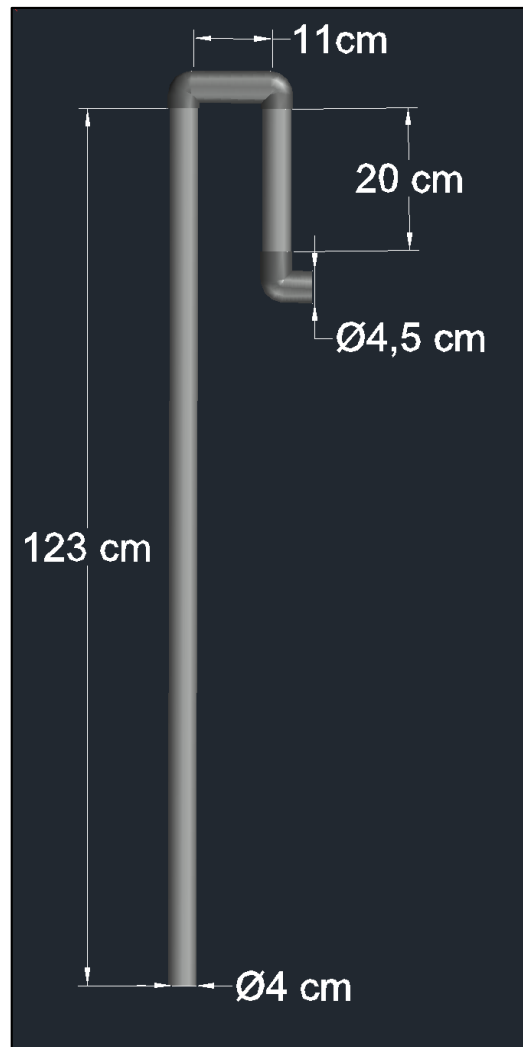
Se procedió a instalar los tubos de acrílico sobre la plancha de aluminio, con una altura de 65 cm y un ancho de 103 cm, como lo indica la Figura 20.



Fuente: Propia

Figura 20. Instalación de los tubos sobre la plancha de aluminio

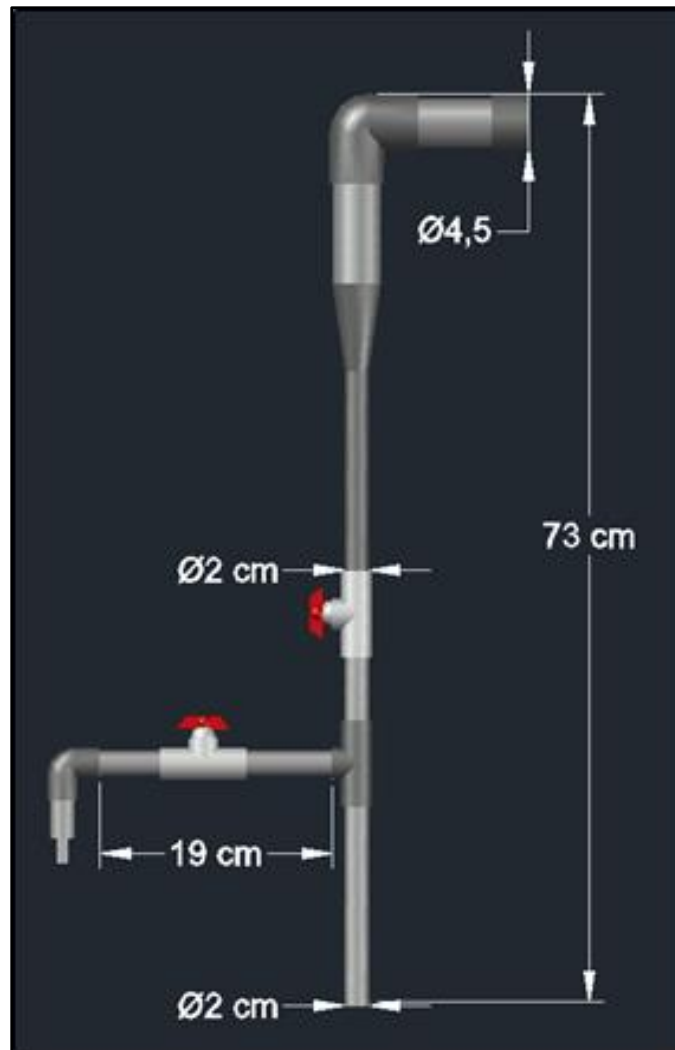
Como se muestra en la Figura 21, se armaron los tubos con forma de cuello ganso, esto se hizo con el fin de disminuir la velocidad de flujo del agua residual, con ello aseguramos la estabilidad del fotorreactor y el menor movimiento posible de la estructura.



Fuente: Propia

Figura 21. Armado de los tubos y codos con un ligero cuello de ganso

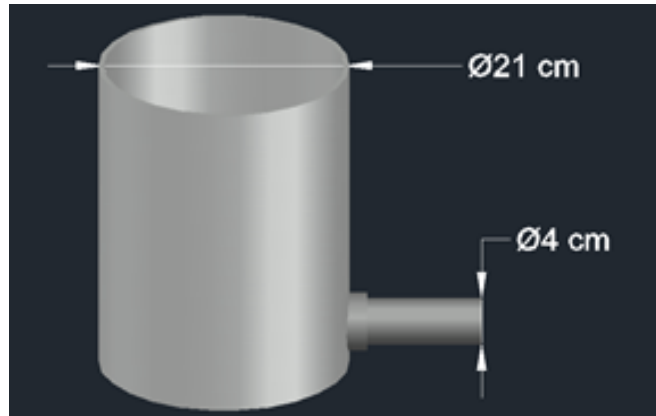
En este paso, se construyó la estructura teniendo tubos de 2 cm la cual va unida a la motobomba que succiona el agua y la distribuyó por todo el fotorreactor y un tubo 4.5 cm de diámetro que se une a las tuberías de acrílico las cuales contuvieron el agua residual mezcladas con el $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$, además de un grifo que facilitó la toma de muestra tras el tratamiento y así no tener que apagar el equipo para que este siga con el proceso fotocatalítico, controlando el flujo de agua residual con las válvulas, Figura 22.



Fuente: Propia

Figura 22. Armado de tubos y codos con válvulas para la toma de muestra y control del flujo de agua

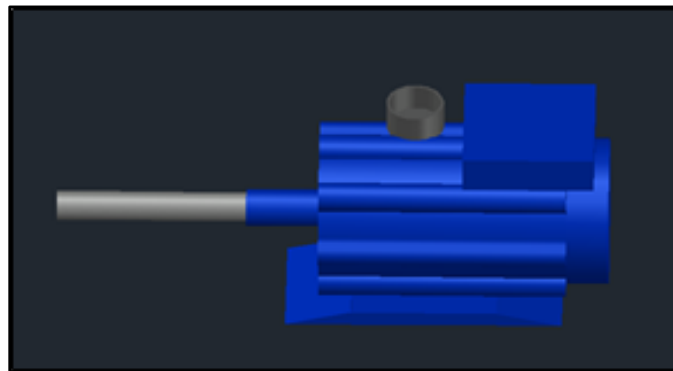
Se empleó un pequeño cilindro de 12 L de capacidad al cual va unida tanto a la motobomba como al sistema de tubos con forma de cuello de ganso, Figura 23.



Fuente: Propia

Figura 23. Contenedor de agua residual

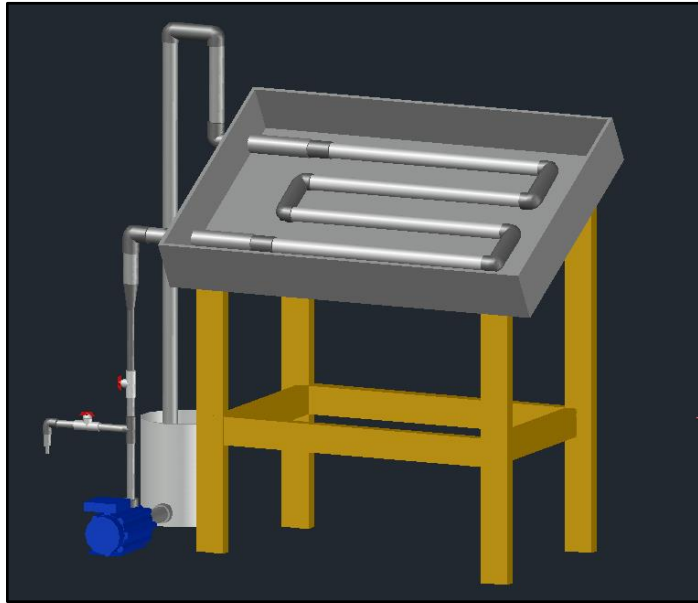
En este caso, como se aprecia en la Figura 24, empleamos una bomba para agua, cuya función es hacer fluir toda el agua residual por todo el fotorreactor con una fuerza de 0.5 caballos de fuerza (HP), ya que una mayor fuerza de flujo, haría que toda la estructura perdiera estabilidad, por ello se optó por una bomba para agua de esa potencia, al hacer fluir toda el agua en un circuito cerrado, este combinaba de manera adecuada los fotocatalizador en el proceso, de forma ininterrumpida.



Fuente: Propia

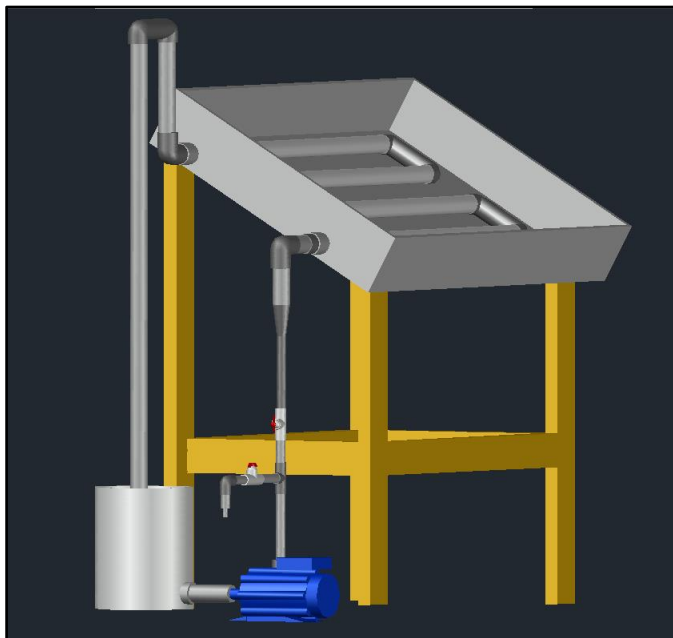
Figura 24. Bomba para agua de 0.5 HP

En la Figuras 25 y Figura 26 se observa el fotorreactor completo, y con ello un mayor entendimiento de cómo está compuesto para su funcionamiento.



Fuente: Propia

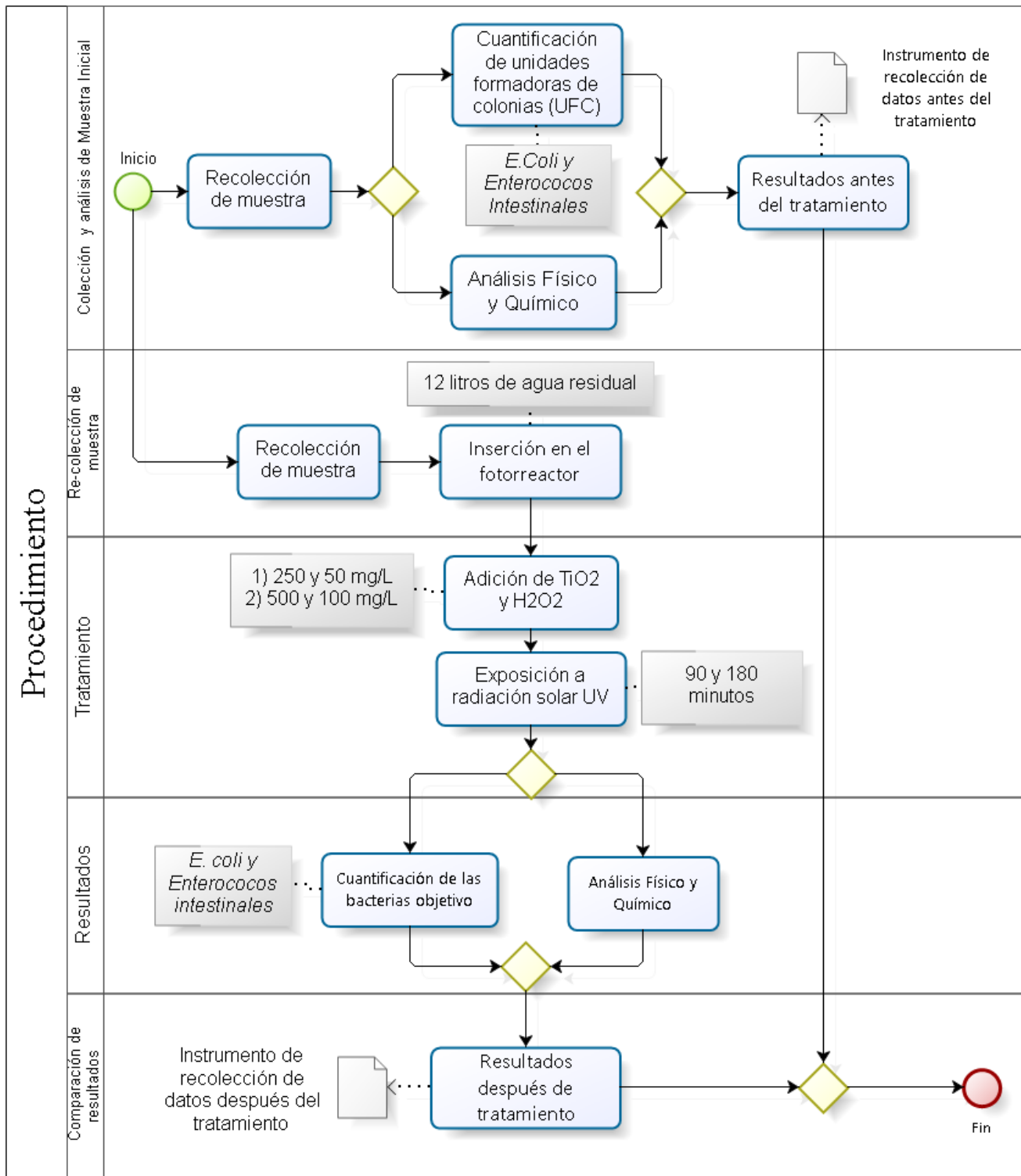
Figura 25. Fotorreactor



Fuente: Propia

Figura 26. Vista de las conexiones para el flujo

Para el **procedimiento general** se tuvo en cuenta las siguientes etapas, Figura 27:



Fuente: Propia

Figura 27. Procedimiento general

Etapa 1

Primero, se colectó dos muestras de 1100 ml de agua en el punto del colector de aguas residuales ubicado en la zona de estacionamiento de emergencia del Centro Médico Naval (272416 E y 8665953 N), véase el ANEXO G y en la Figura 28 y 29. Posteriormente se envió al laboratorio para identificar y cuantificar *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*, también verificar los parámetros físicos y químicos.



Fuente: Propia

Figura 28. Punto de la red de alcantarillado



Fuente: Propia

Figura 29. Toma de muestra

Etapa 2

Se procedió a llenar los dos fotorreactores con 12 litros de agua residual cada uno, al que se le añadió TiO_2 y H_2O_2 en concentraciones de 250 mg/L y 50 mg/L respectivamente, con el mismo procedimiento, para determinar el mejor tiempo de inactivación de estas bacterias que fue 90 minutos y 180 minutos, como se aprecia en las Figuras 30 y 31.



Fuente: Propia

Figura 30. Pesado de TiO_2 y H_2O_2



Fuente: Propia

Figura 31. Recolección de agua y trasvase de dosis

Etapa 3

Se llenaron los dos fotorreactores con 12 litros de agua residual cada uno, se le añadió TiO_2 y H_2O_2 en concentraciones de 500 mg/L y 100 mg/L respectivamente, con el mismo procedimiento, para determinar el mejor tiempo de inactivación de estos microorganismos que fue 90 minutos y 180 minutos, Figura 32.



Fuente: Propia

Figura 32. Foterreactores en funcionamiento

Etapa 4

Como se muestra en la Figura 33, se colectó la muestra luego del tratamiento de 90 minutos y se envía al laboratorio a cuantificar a *Escherichia coli*, *Enterococos intestinales*.



Fuente: Propia

Figura 33. Muestreo para análisis microbiológico

Etapa 5

Finalmente, como se muestra en la Figura 34, se colectó la muestra luego del tratamiento de 180 minutos y se envía al laboratorio a cuantificar a *Escherichia coli*, *Enterococos intestinales*, también se verificar los parámetros físicos y químicos.



Fuente: Propia

Figura 34. Transporte de muestras

3.6. Método de Análisis de datos

Mediante el uso de estadísticos descriptivos para la gestión de resultados numéricos, para poder evidenciar la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos por fotocatalisis. Además, se aplicaron pruebas de normalidad de datos de **Shapiro-Wilk** para saber si los datos pertenecen o no a una distribución normal, la cual ayudó a escoger el estadístico inferencial paramétrico o no paramétrico, (Walpole, et al., 2012)

Para el análisis inferencial se empleó la prueba no paramétrica de **Kruskal Wallis**, ya que se analizaron las varianzas de los diferentes grupos de experimentación y el grupo de control, y conocer si existía una diferencia entre ellos. Posteriormente, se aplicó la prueba **post hoc Scheffé**, para determinar con mayor exactitud la dosis efectiva, el tiempo mínimo y la bacteria más sensible ante el tratamiento con fotocatalisis. A su vez, para determinar si los parámetros físicos y químicos cumplían con los VMA, se aplicaron la prueba **T-Student** para muestras relacionada en los parámetros de temperatura y aceites y grasas ya que los valores obtenidos pertenecían a una distribución normal. Por otro lado, para los parámetros de SST, pH, DBO₅ y DQO, se empleó la prueba **Wilcoxon** para dos muestras relacionadas, debido a que los datos de los parámetros ya mencionados no pertenecen a una distribución normal, estos dos estadísticos de prueba se emplearon para saber si los resultados de los parámetros físicos y químicos cumplían con los VMA, (Field, 2000).

Los datos recolectados de la inactivación de la *Escherichia coli* y los *Enterococos* intestinales resistentes a los antibióticos por fotorreacción, de igual manera para los parámetros físicos y químicos, fueron analizados por el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

3.7. Aspectos éticos

La presente tesis cumplió con las normas éticas para proyectos de investigación establecidas por la Universidad César Vallejo en la “Relación de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV” y en la Resolución Rectoral N°0089-2019/UCV”, las cuales nos dieron las pautas a seguir en el desarrollo de nuestra investigación.

Así mismo, se tomaron en cuenta investigaciones previas, con el objetivo de tomarlas como base de comparación. Además, la investigación desarrollada está sujeta al código ya mencionado en el cual se aseguró la veracidad del estudio como de sus resultados, pero para constatar la originalidad del proyecto de investigación, se sometió al software antiplagio **Turnitin**, que analizó todo el contenido en busca de las similitudes para arrojar el porcentaje de trabajos ya hechos que concuerden con el que se desarrolló.

Por otro lado, el trabajo de investigación aplicado, es una alternativa de solución e innovación, ya que su aplicación tuvo un impacto ambiental positivo y una oportunidad para que más personas puedan ahondar más en la inactivación de *Escherichia coli* y los *Enterococos intestinales* farmacorresistentes en aguas residuales del Centro Médico Naval, el cual nos otorgó el permiso correspondiente para la utilización de sus instalaciones, véase en el ANEXO J.

IV. Resultados

Según las hipótesis planteadas se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Nivel de eficiencia**

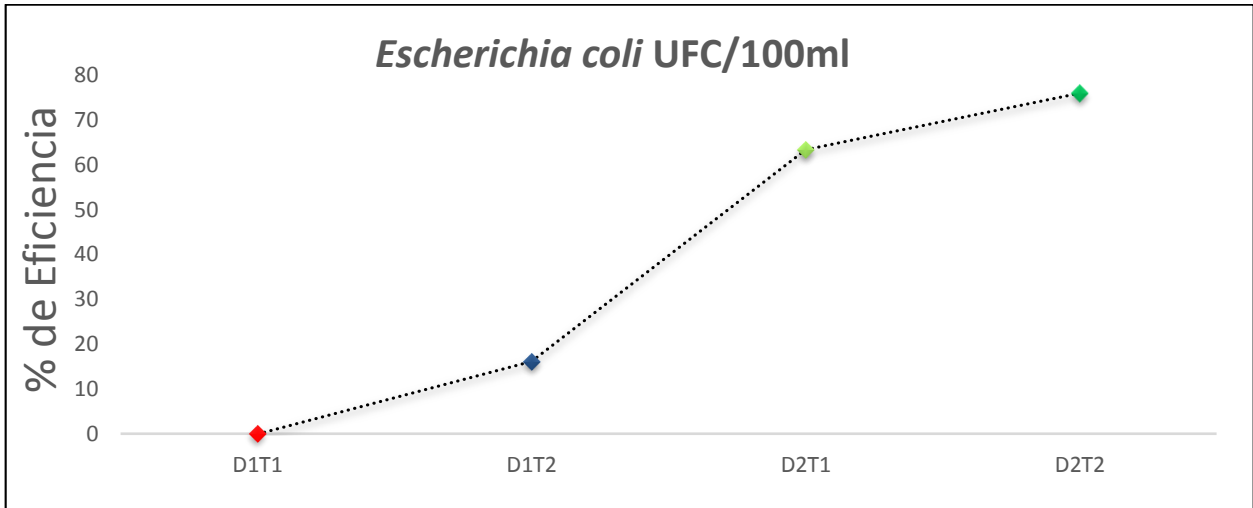
El nivel de eficiencia va en función a los tiempos empleados y a las concentraciones escogidas, para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*, con ello se calcula el nivel de eficiencia a través de la fórmula (1), a continuación, se muestra la siguiente Tabla 7:

Tabla 7. Resultados del nivel de eficiencia

Muestras	Dosis de TiO ₂ / H ₂ O ₂	Tiempo	Abreviatura	<i>Escherichia coli</i> Inicial	% de Eficiencia para <i>E.coli</i>	<i>Enterococos intestinales</i> inicial	% de Eficiencia para <i>E.intestinales</i>
	mg/L	Minutos		UFC/100ml		NMP/100ml	
1	250/50	90	D1T1	540000000	0	2400000	0
2					0		0
3					0		0
4	500/100	90	D2T1		95.74		0
5					0		0
6					94.26		98.54
7	250/50	180	D1T2		48.15		0
8					0		29.17
9					0		61.67
10	500/100	180	D2T2		37.04		84.42
11					95.93		97.75
12					94.81		97.08

Fuente: Propia

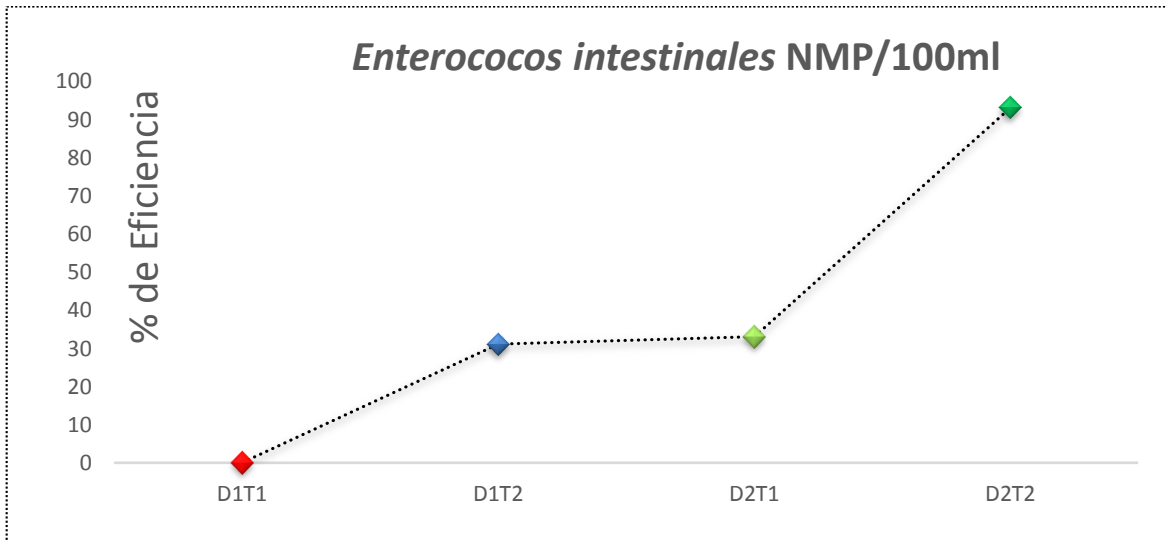
En la Tabla 7 se nos muestra el nivel de eficiencia por dosis y tiempo, en el cual se trabajó con las cantidades iniciales de *E. coli* y *E. intestinales* para poder calcular el nivel de eficiencia, siendo en la segunda dosis con el segundo tiempo el que mayor eficiencia de entre todos los tratamientos, con una eficiencia promedio entre las dos bacterias de 84.5%, cabe resaltar que se hicieron 3 repeticiones por cada concentración y tiempo, evidenciándose que en algunas repeticiones los niveles de eficiencia fueron mayores al 90% para la inactivación de ambas bacterias, individualmente se muestran en la Figura 35 y Figura 36.



Fuente: Propia

Figura 35. Gráfica de nivel de eficiencia de E. coli

En la Figura 35 se detalla el comportamiento de la *E. coli* sometida a los diferentes tratamientos, para determinar el nivel de eficiencia, cabe resaltar que en la dosis 1 tuvo el más bajo nivel de eficiencia con un 0% para el primer tiempo de 90 minutos, pero al estar expuesto al segundo tiempo de 180 minutos tuvo un porcentaje de 16.05%.



Fuente: Propia

Figura 36. Gráfica del nivel de eficiencia de E. intestinales

En la Figura 36 se detalla el nivel de eficiencia para los Enterococos intestinales, denotándose el mayor nivel de eficiencia para la segunda dosis con el segundo tiempo, llegando a un nivel de eficiencia mayor al 90%.

Posteriormente se aplicó el estadístico de prueba de hipótesis de Shapiro-Wilk, debido a que el tamaño de la muestra es menor a treinta, Tabla 8. Se tienen como hipótesis:

Ho: Los datos de eficiencia analizados pertenecen a una distribución normal.

Ha: Los datos de eficiencia analizados no pertenecen a una distribución normal.

Tabla 8. Análisis de normalidad de datos con Shapiro-Wilk para el porcentaje de eficiencia

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% Eficiencia	D1T1	.	3	.	.	3	.
	D1T2	,211	3	.	,991	3	,815
	D2T1	,175	3	.	1,000	3	,993
	D2T2	,377	3	.	,769	3	,042

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Según los resultados obtenidos en la Tabla 8, por la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos obtenidos no pertenecen a una distribución normal, ya que su nivel de significancia no sobrepasa los 0.05 lo cual nos indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Habiendo determinado que los datos no pertenecen a una distribución, se procedió a aplicar la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis para analizar la diferencia entre las varianzas de los diferentes grupos de tratamiento y la de control, Tabla 9.

- **Hipótesis general**

Especificar tanto la hipótesis nula como alternativa como sigue:

Ho: No existe diferencias en el tratamiento con fotocátalisis usando TiO_2/H_2O_2 , para una eficiencia mayor al 80% en la inactivación de los *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.

Ha: Existe diferencias en el tratamiento con fotocátalisis usando TiO_2/H_2O_2 , para una eficiencia mayor al 80% en la inactivación de los *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.

Tabla 9. Análisis de varianzas de Kruskal Wallis del porcentaje de eficiencia

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
% Eficiencia de la fotocatalisis	
H de Kruskal-Wallis	11,035
gl	4
Sig. asintótica	,026
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Tratamientos	

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Como bien se muestra en la prueba estadística en la Tabla 9, existe una diferencia en las varianzas, ya que el nivel de significancia es menor al 0,05%, lo cual denota la aceptación de la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. Por lo que se determina, que sí existe diferencias en el tratamiento con fotocatalisis usando $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$, para una eficiencia mayor al 80% en la inactivación de los *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.

Prueba de hipótesis específicas:

La prueba estadística para las hipótesis específicas, fue la prueba post hoc Scheffé para las tres primeras hipótesis específicas la cual compara todos los resultados de la experimentación en pares para obtener el mejor resultado, como se muestran en la Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13. Las pruebas de Wilcoxon, y T-Student para muestras relacionados, se usaron en el caso de la última hipótesis específica, para saber si existe o no una diferencia entre los resultados de los parámetros fisicoquímicos con el Valor Máximo Admisible.

Hipótesis específica 1:

Ho: El tiempo mínimo no es de 90 minutos de exposición a la fotocatalisis (UV) para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.

Ha: El tiempo mínimo es de 90 minutos de exposición a la fotocatalisis (UV) para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.

Tabla 10. Tiempo mínimo prueba post hoc Scheffe (*E.coli*)

<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 ml)			
Scheffe ^{a,b}			
Tiempo mínimo	N	Subconjunto	
		1	2
D2T2	3	130000000,0000	
D2T1	3	204666666,6667	
Control	3	540000000,0000	540000000,0000
D1T2	3	1893333333,3333	1893333333,3333
D1T1	3		2333333333,3333
Sig.		,098	,091
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática(Error) = 442652599999999940,000. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000. b. Alfa = .05.			

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Tabla 11. Tiempo mínimo prueba post hoc Scheffe (*E. Intestinales*)

<i>Enterococos intestinales</i> (NMP/100 ml)			
Scheffe ^{a,b}			
Tiempo mínimo	N	Subconjunto	
		1	
D2T2	3	158000,0000	
D2T1	3	1673333,3333	
Control	3	2400000,0000	
D1T2	3	4145000,0000	
D1T1	3	88400000,0000	
Sig.		,527	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática(Error) = 3452472984066667,000. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000. b. Alfa = 0.05.			

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Como se observa la Tabla 10 y la Tabla 11, al aplicar el estadístico de prueba Scheffé, a un nivel de confianza del 95%, se encontró para ambas bacterias que el tiempo mínimo de inactivación, es de 90 minutos (T1), evidenciándose la disminución para ambas bacterias con respecto al grupo de control por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. El tiempo mínimo para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* es de 90 minutos.

Hipótesis específica 2:

Ho La *Escherichia coli* no es la más susceptible ante la fotocátalisis utilizando TiO₂/H₂O₂ con respecto a los *Enterococos intestinales*

Ha: La *Escherichia coli* es el más susceptible ante la fotocátalisis utilizando TiO₂/H₂O₂ con respecto a los *Enterococos intestinales*

Tabla 12. Nivel de sensibilidad prueba post hoc Scheffe (*E. coli*)

<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 ml)			
Scheffe ^{a,b}			
Nivel de sensibilidad	N	Subconjunto	
		1	2
D2T2	3	130000000,0000	
D2T1	3	204666666,6667	
Control	3	540000000,0000	540000000,0000
D1T2	3	1893333333,3333	1893333333,3333
D1T1	3		2333333333,3333
Sig.		,098	,091

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 44265259999999940,000.
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.
 b. Alfa = 0.05.

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

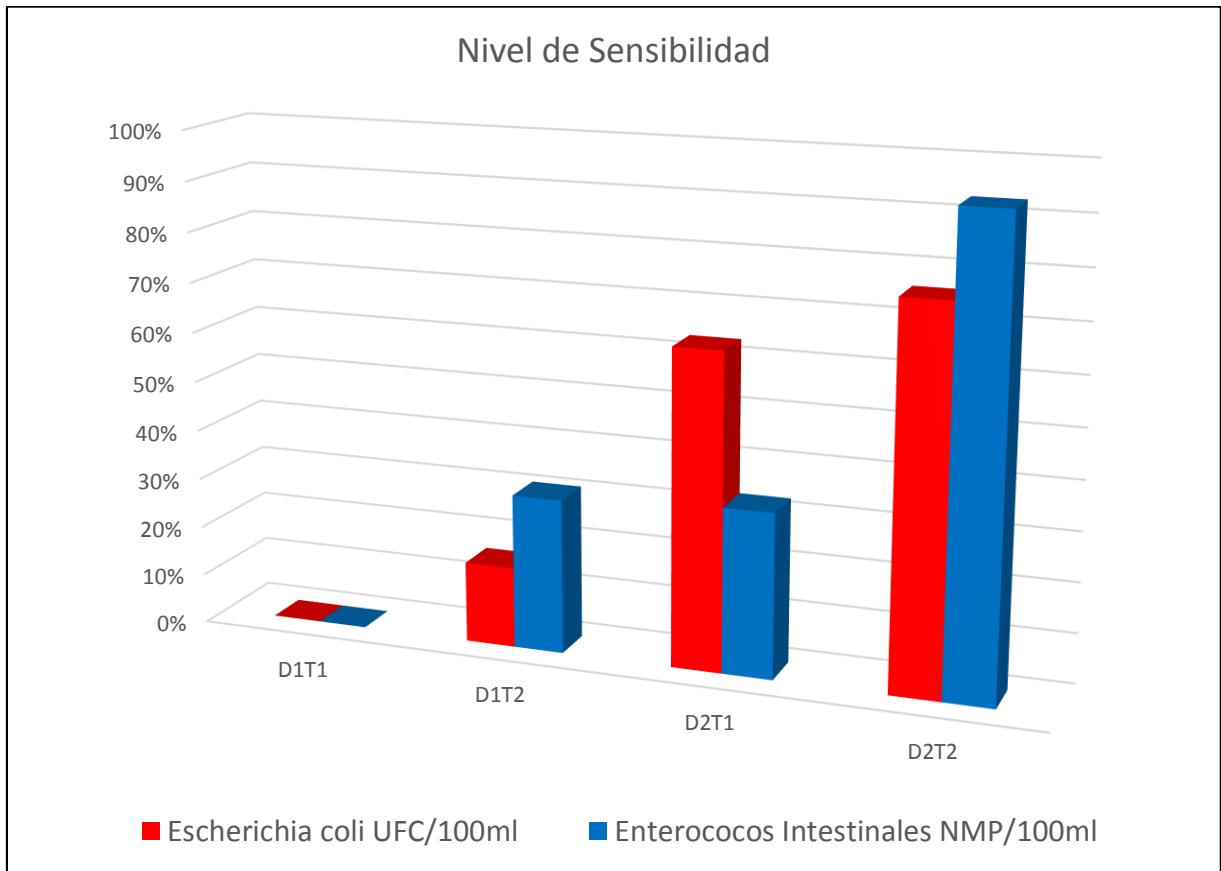
Tabla 13. Nivel de sensibilidad prueba post hoc Scheffe (*E.intestinales*)

<i>Enterococos intestinales</i> (NMP/100 ml)		
Scheffe ^{a,b}		
Nivel de sensibilidad	N	Subconjunto
		1
D2T2	3	158000,0000
D2T1	3	1673333,3333
Control	3	2400000,0000
D1T2	3	4145000,0000
D1T1	3	88400000,0000
Sig.		,527

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 3452472984066667,000.
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.
 b. Alfa = 0.05.

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

En base a la Fórmula 1, y teniendo de la prueba post hoc descritas en la Tabla 12 y Tabla 13, para determinar cuál era la bacteria más sensible, a un nivel de confianza del 95%, se tiene que los *E. intestinales* son más sensibles a la fotocatalisis con respecto a la *E. coli*, ya que como muestra inicial se tuvo $2.4 \cdot 10^6$ paso a $1.58 \cdot 10^5$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, en con. De la misma forma se ejemplifica mediante la Figura 37.



Fuente: Propia

Figura 37. Gráfica del nivel de sensibilidad

En la Figura 37, se representa el nivel de sensibilidad entre las dos bacterias, en base a la Tabla 7, teniendo como más sensible para la mayoría de tratamientos, a los *Enterococos intestinales*, siendo la bacteria con más sensibilidad frente a la fotocatalisis con TiO₂ y H₂O₂.

Hipótesis específica 3:

Ho: La dosis efectiva de TiO₂/H₂O₂, para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos no es de 500 mg/L y 100 mg/L respectivamente.

Ha: La dosis efectiva de TiO₂/H₂O₂, para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos es de 500 mg/L y 100 mg/L respectivamente.

Tabla 14. Dosis efectiva prueba post hoc Scheffe (*E. coli*)

<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 ml)			
Scheffe ^{a,b,c}			
Dosis (TiO ₂ /H ₂ O ₂)	N	Subconjunto	
		1	2
500 y 100 mg/L	6	167333333,3333	
Control	3	54000000,0000	
250 y 50 mg/L	6		211333333,3333
Sig.		,681	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 3937740555555580,000.
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,500.
 b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.
 c. Alfa = 0.05.

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

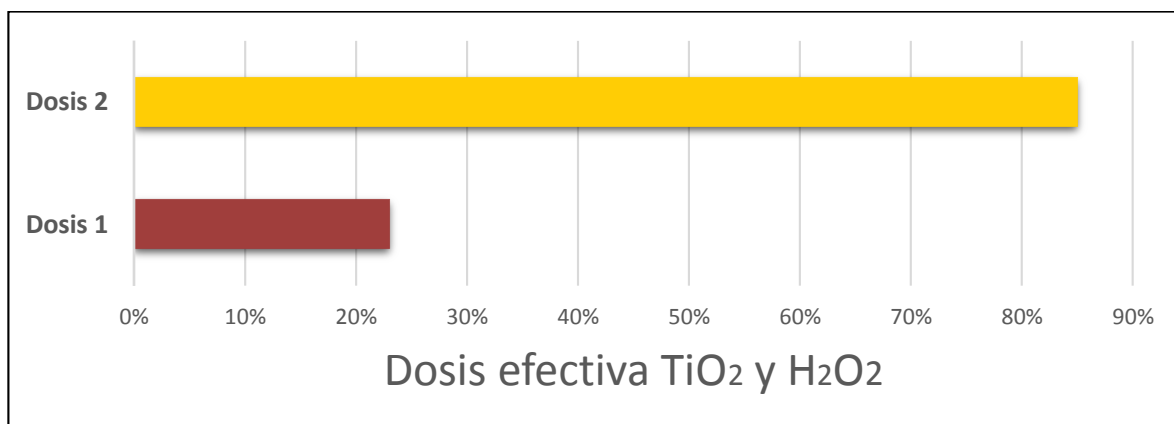
Tabla 15. Dosis efectiva prueba post hoc Scheffe (*E. intestinales*)

<i>Enterococos intestinales</i> (NMP/100 ml)			
Scheffe ^{a,b,c}			
Dosis (TiO ₂ /H ₂ O ₂)	N	Subconjunto	
		1	
500 y 100 mg/L	6	2151500,0000	
Control	3	2400000,0000	
250 y 50 mg/L	6	45036666,6667	
Sig.		,595	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 3819237180069444,000.
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,500.
 b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.
 c. Alfa = 0.05.

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

De la Tabla 14 y Tabla 15, en base a las pruebas post hoc, se probó que la dosis efectiva en la inactivación de *E. coli* y *E. intestinales*, fue la compuesta por 500 y 100 mg/L de TiO₂ y H₂O₂ respectivamente, viéndose que un alto nivel de inactivación bacteriana por parte de los fotocatalizadores, Figura 38.



Fuente: Propia

Figura 38. Gráfica de dosis efectiva

Como bien se visualiza en la Figura 38, la dosis efectiva fue de 500 y 100 mg/L de TiO_2 y H_2O_2 , cabe resalta que para ambas concentraciones se trabajó bajo condiciones de radiación UV bajas, observándose nubosidad en los días de experimentación, con lo que se asocia el bajo consumo energético de proceso de oxidación avanzado.

Hipótesis específica 4:

Ho: Las propiedades físicas y químicas del agua residual del Centro Médico Naval, después del tratamiento por fotocátalisis no cumplen con los Valores Máximos Admisibles para las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario del Perú.

Ha: Las propiedades físicas y químicas del agua residual del Centro Médico Naval, después del tratamiento por fotocátalisis, cumplen con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario del Perú.

Para la aceptación o rechazo de las siguientes hipótesis se sometió al análisis inferencial a cada uno de los parámetros de manera específica.

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

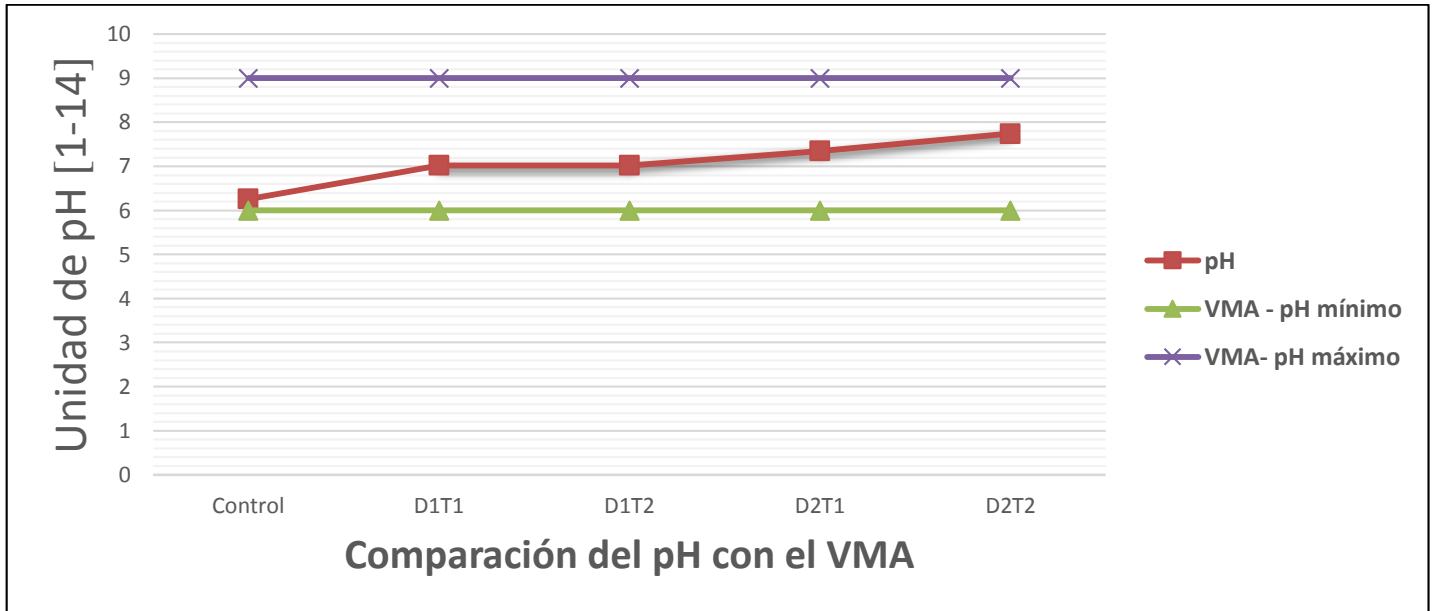
Parámetro evaluado en las aguas residual del centro médico naval, la Tabla 16 muestra los valores obtenido en cada uno de los tratamientos, como los valores antes del tratamiento, para su posterior contrastación los con VMA.

Tabla 16. Resultados de pH

Antes del tratamiento	D1T1	D1T2	D2T1	D2T2	VMA
6.25	6.99	7.01	7.35	7.78	6 - 9
6.28	7.03	7.04	7.35	7.69	
6.25	7.03	7.01	7.34	7.75	

Fuente: Propia

En la Tabla 16, se observó que las condiciones iniciales del efluente eran ligeramente ácidas, pero estaban dentro del rango establecido, pero al pasar por el tratamiento fotocatalítico, este valor aumento, en función a las dosis, siendo la dosis 1 (D1) la que elevo el pH hasta un valor casi neutro, en cambio para la dosis 2 (D2), el valor aumento llegando a tener valores ligeramente básicos, pero para ambos casos los valores estuvieron dentro de los VMA, Figura 39.



Fuente: Propia

Figura 39. Gráfica de alores de pH

En la Figura 39, se puede visualizar que todos los valores de pH están dentro del rango establecido, teniendo valores de pH cercanos a la neutralidad los pertenecientes a la dosis 1 (D1).

De igual forma, se procedió a aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para conocer si pertenecen o no a una distribución normal, los datos de pH obtenidos, Tabla 17.

Ho: Los datos de pH analizados pertenecen a una distribución normal.

Ha: Los datos de pH analizados no pertenecen a una distribución normal.

Tabla 17. Análisis de normalidad de datos para pH con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad							
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
pH	D1T1	,385	3	.	,750	3	,000
	D1T2	,385	3	.	,750	3	,000
	D2T1	,385	3	.	,750	3	,000
	D2T2	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Como se muestra en la Tabla 17, la prueba de normalidad de datos de Shapiro-Wilk a un nivel de confianza del 95%, muestra que los datos no pertenecen a una distribución normal, debido a que su nivel de significancia es menor al 0.05, Tabla 18.

Posteriormente, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestra relacionadas, para comparar los valores de pH obtenidos de la experimentación con el VMA.

Tabla 18. Prueba de Wilcoxon para pH

Estadísticos de prueba^a	
	pH - VMA
Z	-3,063 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,002

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Según la Tabla 18, a un nivel de confianza del 95%, se determina que sí existen diferencias significativas entre las medias de los valores de pH obtenido y los propuestos por los VMA, obteniendo un nivel de significancia del 0.002, lo cual demuestra que cumple con los VMA para pH.

- **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)**

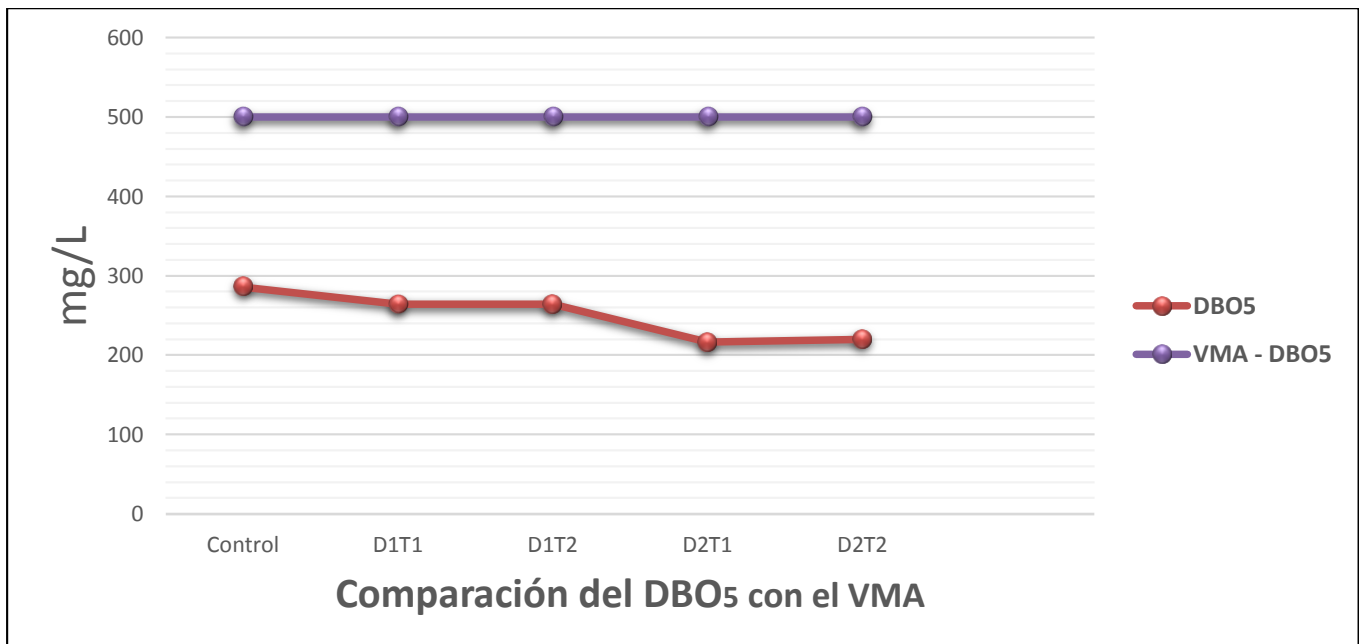
El parámetro evaluado, fue la DBO₅, viéndose los valores antes de tratamiento y de los diferentes grupos de tratamiento, siendo comparados con el valor establecido en el VMA para este indicador, Tabla 19.

Tabla 19. Resultados de DBO₅

Antes del tratamiento (mg/L)	D1T1 (mg/L)	D1T2 (mg/L)	D2T1 (mg/L)	D2T2 (mg/L)	VMA (mg/L)
283	265	266	219	220	500
286	263	263	215	222	
288	265	263	215	218	

Fuente: Propia

Como se muestra en la Tabla 19, a una disminución con respecto a los valores obtenidos antes del tratamiento lo que denota que el tratamiento tiene un efecto positivo en la disminución de la DBO₅, además de cumplir con el VMA, Figura 40.



Fuente: Propia

Figura 40. Gráfica de valores de DBO₅

Según la figura, se puede evidenciar que cada uno de los tratamientos y el grupo control cumplen con los VMA, pero los valores iniciales son mayores a comparación de los grupos de tratamientos, encontrándose que los grupos de D2T1 y D2T2 obtuvieron los menores valores de DBO_5 .

De igual manera, se procedió a aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, véase en la Tabla 20 para saber si los datos de DBO_5 obtenidos pertenecían o no a una distribución normal.

Ho: Los datos de DBO_5 analizados pertenecen a una distribución normal.

Ha: Los datos de DBO_5 analizados no pertenecen a una distribución normal.

Tabla 20. Análisis de normalidad de datos para DBO_5 con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad							
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
DBO_5 D1T1	,385	3	.	,750	3	,000	
D1T2	,385	3	.	,750	3	,000	
D2T1	,385	3	.	,750	3	,000	
D2T2	,175	3	.	1,000	3	1,000	

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Al analizar los valores obtenido de la prueba de distribución normal de Shapiro-Wilk, se determinó que los valores obtenidos no pertenecen a una distribución normal, ya que su nivel de significancia es menor al 0.05, Tabla 20.

Posteriormente, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestra relacionadas para comparar los valores de DBO_5 obtenidos de la experimentación con el VMA, la cual se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21. Prueba de Wilcoxon para la DBO₅

Estadísticos de prueba^a	
DBO ₅ - VMA	
Z	-3,066 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,002
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

En base a los resultados de la prueba de Wilcoxon para muestra relacionadas, según la Tabla 21, a un nivel de confianza del 95% y con un nivel de significancia del 0.02 se obtuvo que existen diferencias entre las medias de los resultados, por lo cual se demuestra que los valores cumplen con el VMA.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

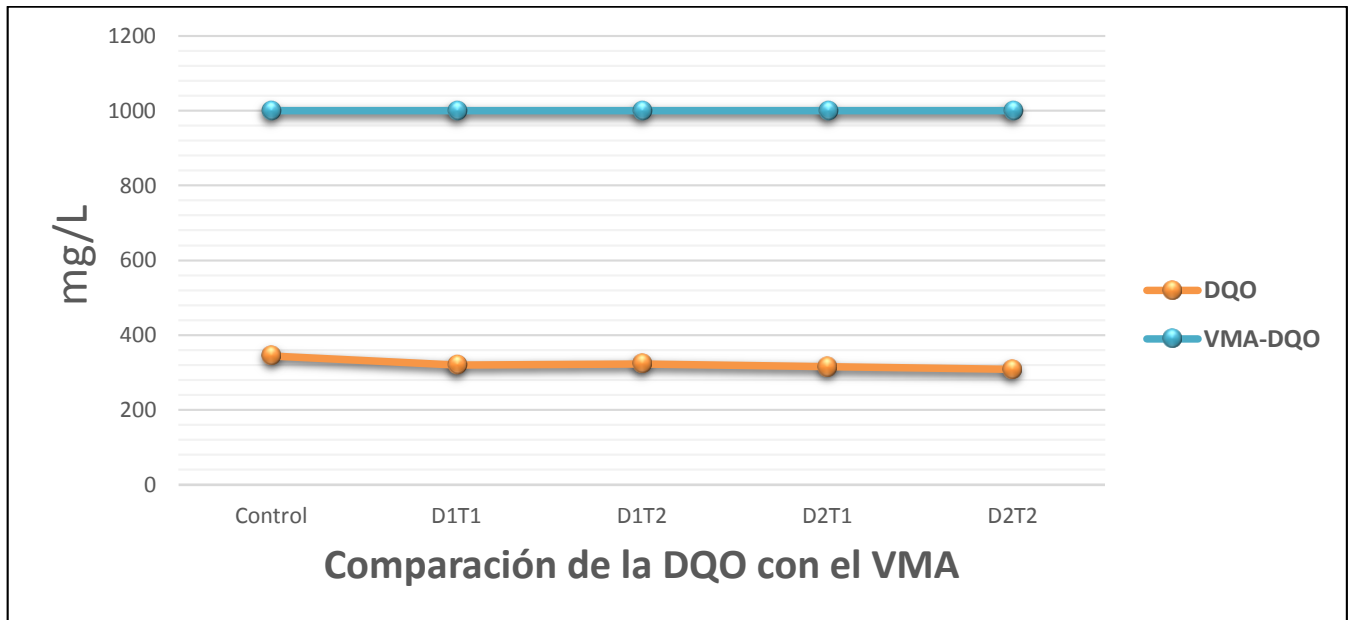
El parámetro que fue evaluado como parte de la presente investigación, fue la DQO, el cual se tienen los valores iniciales, los valores de cada tratamiento y el propuesto por el VMA, Tabla 22.

Tabla 22. Resultados de DQO

Antes del tratamiento (mg/L)	D1T1 (mg/L)	D1T2 (mg/L)	D2T1 (mg/L)	D2T2 (mg/L)	VMA (mg/L)
344	324	322	311	309	1000
342	316	326	318	305	
347	319	322	315	309	

Fuente: Propia

Analizando la Tabla 22, se denota que los valores iniciales no sobrepasan el VMA, al igual que los tratamientos, pero se denota una disminución de la DQO con respecto al valor inicial por parte del tratamiento, teniéndose los menores valores de DQO para el grupo D2T2, lo cual indica que el tratamiento fotocatalítico tiene un efecto positivo al disminuir la DQO en el agua residual hospitalaria, Figura 41.



Fuente: Propia

Figura 41. Gráfica de valores de DQO

Como bien se aprecia la Figura 41, todos los valores de tratamiento cumplen con el VMA, además de disminuir la DQO con respecto a los valores de la muestra inicial.

De la misma forma, se procedió a aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para saber si los datos de la DQO obtenidos pertenecían o no a una distribución normal, Tabla 23.

Ho: Los datos de DQO analizados pertenecen a una distribución normal.

Ha: Los datos de DQO analizados no pertenecen a una distribución normal.

Tabla 23. Análisis de normalidad de datos para DQO con Shapiro-Wilk

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Tratamientos		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	D1T1	,232	3	.	,980	3	,726
	D1T2	,385	3	.	,750	3	,000
	D2T1	,204	3	.	,993	3	,843
	D2T2	,385	3	.	,750	3	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Como bien se aprecia la Tabla 23, los datos obtenidos de la DQO de todos los tratamientos a un nivel de significancia menor al 0.05, con ello se precisa que los valores no pertenecen a una distribución normal, aceptando la hipótesis alterna.

En consecuencia, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestra relacionadas para comparar los valores de DBO5 obtenidos de la experimentación con el VMA, Tabla 24.

Tabla 24. Prueba de Wilcoxon para DQO

Estadísticos de prueba ^a	
DQO - VMA	
Z	-3,062 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,002
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

En base a los resultados de la prueba de Wilcoxon, según la Tabla 24, para muestra relacionadas, a un nivel de confianza del 95% y con un nivel de significancia del 0.02 se obtuvo que sí existen diferencias entre las medias de los resultados, por lo cual se demuestra que los valores cumplen con el VMA.

- **Aceites y Grasas (A y G)**

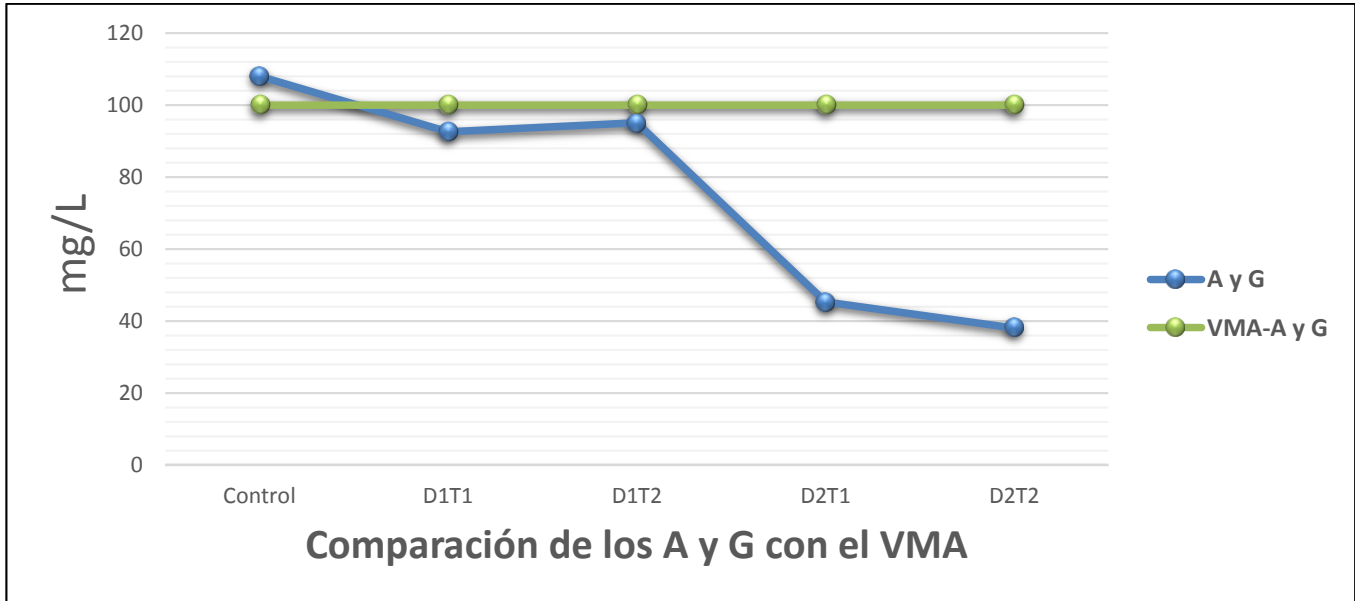
Se analizaron las A y G, tanto antes de tratamiento como después del tratamiento y comparar los datos obtenidos con el VMA del parámetro analizado, Tabla 25.

Tabla 25. Resultados de A y G

Antes del tratamiento (mg/L)	D1T1 (mg/L)	D1T2 (mg/L)	D2T1 (mg/L)	D2T2 (mg/L)	VMA (mg/L)
112	93.3	95.4	41.3	37.2	100
108	92.1	94.7	47.2	38.5	
106	92.5	95.1	47.5	38.7	

Fuente: Propia

Interpretando los datos obtenidos, en base a la Tabla 25, se puede notar que los valores iniciales de aceites y grasas son ligeramente mayores a los establecidos por el VMA. Por otro lado, se puede evidenciar en la Figura 42 una disminución en concentración de este parámetro, teniéndose una disminución significativa para los grupos D2T2 y D2T2, en donde D2T2 tiene la mayor disminución de aceites y grasas.



Fuente: Propia

Figura 42. Gráfica de valores de A y G

Al analizar la Figura 42, se puede decir que la muestra inicial sobrepasa el VMA ligeramente, pero al aplicar los tratamientos se obtuvieron datos que cumplen con el VMA, además de tener una disminución significativa, pertenecientes a los grupos D2T1 y D2T2, siendo estos los tratamientos con más concentración de fotocatalizadores.

De la misma forma, se procedió a aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para saber si los datos de Aceites y Grasas obtenidos pertenecían o no a una distribución normal, Tabla 26.

H₀: Los datos de A y G analizados pertenecen a una distribución normal.

H_a: Los datos de A y G analizados no pertenecen a una distribución normal.

Tabla 26. Análisis de normalidad de datos para A y G con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad							
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
A y G	D1T1	,253	3	.	,964	3	,637
	D1T2	,204	3	.	,993	3	,843
	D2T1	,370	3	.	,786	3	,082
	D2T2	,340	3	.	,848	3	,235

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Al analizar el nivel de significancia de los datos en la Tabla 26, se determinó que los valores pertenecen a una distribución con nivel de significancia es mayor al 0.05.

En consecuencia, se aplicó la prueba paramétrica de T-Student para muestra relacionas para comparar los valores obtenidos de la experimentación con el VMA, Tabla 27.

Tabla 27. Prueba T-Student para A y G

Prueba de muestras emparejadas								
	Media	Desv. Desviación	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)	
			Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
Par 1 VMA – AyG	32,20833	27,40579	7,91137	14,79553	49,62114	4,071	11	,002

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Según la Tabla 27, a un nivel de confianza del 95% se tiene que el nivel de significancia es mejor al 0.05, por lo que se afirma que hay una diferencia significativa entre las medias.

- **Sólidos Suspendedos Totales (SST)**

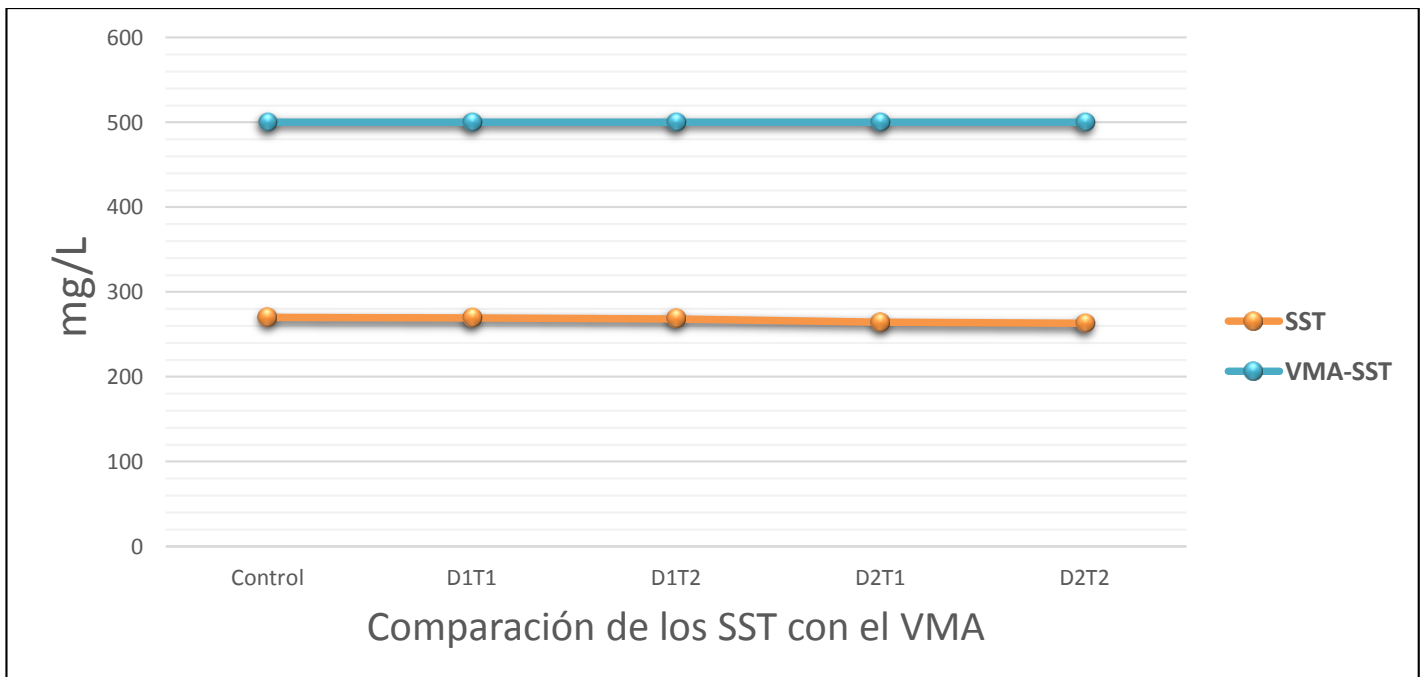
Se analizaron los SST antes y después del tratamiento, con su posterior comparación con el valor establecido por el VMA, tal como se visualiza en la Tabla 28.

Tabla 28. Resultados de SST

Antes del tratamiento (mg/L)	D1T1 (mg/L)	D1T2 (mg/L)	D2T1 (mg/L)	D2T2 (mg/L)	VMA (mg/L)
268	269	267	265	262	500
271	270	269	263	265	
271	270	269	265	263	

Fuente: Propia

En la Tabla 28 se muestran los valores obtenidos antes y después del tratamiento, no teniendo una variación significativa ya que todos los valores se encontraban en el rango que iba desde 271 hasta 262 mg/L de SST, para todos los casos analizados, los valores cumplen con el VMA, de la misma forma véase en la Figura 43.



Fuente: Propia

Figura 43. Gráfica de valores de los SST

Como se muestra en la Figura 43, los valores obtenidos tanto antes del tratamiento (Control) y como en los grupos de experimentación, cumplen el valor establecido por el VMA de 500 mg/L. Cabe resaltar que no hubo una variación significativa ya que uno de los fotocatalizadores empleados; TiO₂; es un material en polvo, por lo cual no se evidenció un cambio importante en este parámetro. De la misma forma, se procedió a aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para saber si los datos de SST obtenidos pertenecían o no a una distribución normal, según la Tabla 29.

Ho: Los datos de SST analizados pertenecen a una distribución normal.

Ha: Los datos de SST analizados no pertenecen a una distribución normal.

Tabla 29. Análisis de normalidad de datos para SST con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST	D1T1	,385	3	.	,750	3	,000
	D1T2	,385	3	.	,750	3	,000
	D2T1	,385	3	.	,750	3	,000
	D2T2	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

Según la Tabla 29, los datos pertenecientes a los grupos de tratamientos, con un nivel de significancia menor al 0.05, no pertenecen a una distribución normal, por lo que se aplicó la Prueba de Wilcoxon, véase en la Tabla 30.

Tabla 30. Prueba de Wilcoxon para SST

Estadísticos de prueba ^a	
SST - VMA	
Z	-3,071 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,002
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Fuente: Propia - IBM SPSS 25

En base a la prueba de Wilcoxon, Tabla 30, a un 95% de confianza, se determinaron diferencias significativas entre las medias, con una significancia menos al 0.05, aceptándose la hipótesis de investigación, los valores obtenidos en SST cumplen con los VMA.

- **Temperatura (T°)**

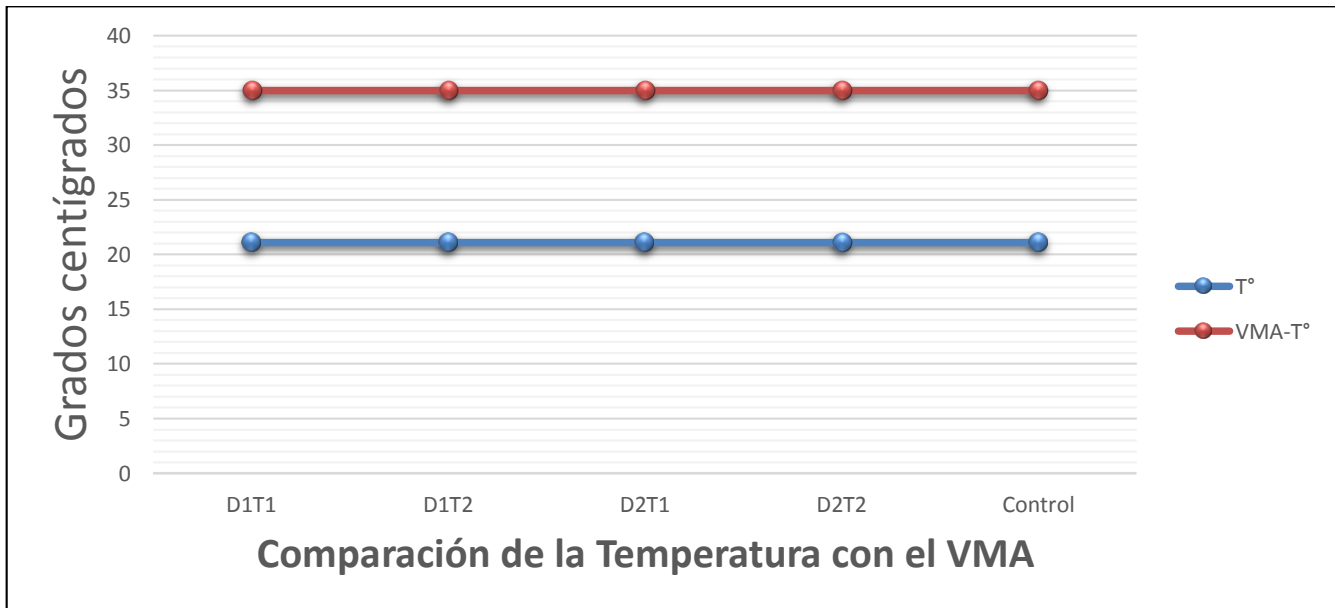
Se midieron los valores de temperatura en todas las muestras, para posteriormente con el VMA, Tabla 31.

Tabla 31. Resultados de Temperatura

Antes del tratamiento (°C)	D1T1 (°C)	D1T2 (°C)	D2T1 (°C)	D2T2 (°C)	VMA (°C)
21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	35
21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	
21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	

Fuente: Propia

Según la Tabla 31, todos los valores antes del tratamiento y después del tratamiento, no presentan variación alguna, respetándose el valor de 35°C establecido en el VMA, de la misma forma véase en la Figura 44.



Fuente: Propia

Figura 44. Gráfica de valores de Temperatura

Como se muestra en la Figura 44, los valores obtenidos no presentan variación en todos los grupos, cumpliendo con el VMA establecido.

De la misma forma, se procedió a aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para saber si los datos de la Temperatura obtenidos pertenecían o no a una distribución normal, según la Tabla 32.

Ho: Los datos de Temperatura analizados pertenecen a una distribución normal.

Ha: Los datos de Temperatura analizados no pertenecen a una distribución normal.

Tabla 32. Análisis de normalidad de datos para la Temperatura con Shapiro-Wilk

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Tratamientos		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura	D1T1	,175	3	.	1,000	3	1,000
	D1T2	,253	3	.	,964	3	,637
	D2T1	,349	3	.	,832	3	,194
	D2T2	,276	3	.	,942	3	,537

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia – IBM SPSS 25

Según la Tabla 32, los datos pertenecientes a los grupos de tratamientos, con un nivel de significancia mayor al 0.05, pertenecen a una distribución normal, procediendo a emplear la Prueba T-Student, tal como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Prueba T-Student para la Temperatura

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia			
Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)		
Par 1	VMA - T°	13,84667	,06065	,01751	13,80813	13,88520	790,831	11	,000

Fuente: Propia – IBM SPSS 25

Según la Tabla 33, a un nivel de confianza del 95%, se obtuvo un nivel de significancia del 0.00 y con ello se afirma que existen diferencias entre las medias de los valores obtenidos.

Tras el análisis inferencial hecho a los parámetros físicos y químicos, a un nivel de confianza del 95% y con una significancia menor al 0.05 para todos los parámetros, se acepta la hipótesis de investigación y se rechaza la hipótesis nula, las propiedades físicas y químicas del agua residual del Centro Médico Naval, después del tratamiento por fotocatalisis, cumplen con los Valores Máximos Admisibles para las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario del Perú.

Adicionalmente, se presentó el índice de **radiación UV**, de los dos días de experimentación, basados en los datos que proporciona el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), véase en la Figura 45 y 46.

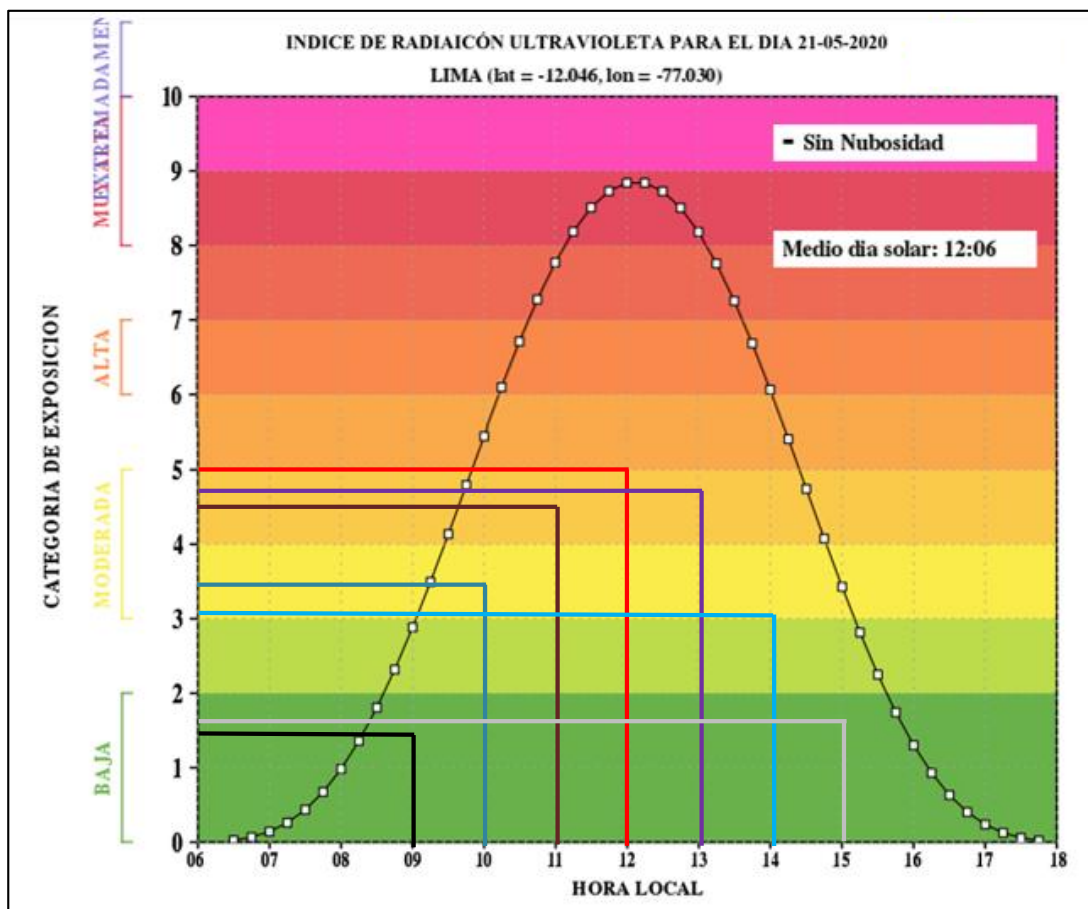






Figura 45. Índice de radiación UV - I, (SENAMHI)

Según la Figura 45, en el tiempo de experimentación, fue de 9 am a 3 pm, se tuvo un rango de radiación UV baja y moderada, ya que el día 21 de mayo del 2020 presentaba cielo cubierto y una nubosidad media, con lo cual los valores que se obtendría en un día sin nubosidad, se multiplicaron por el factor de corrección de 0.5 proporcionada por la Tabla 34.

Tabla 34. Factor de corrección

Cantidad de Nubes				
Nubes	Despejado o con nubes muy dispersas	Brillo Solar con nubosidad	Resplandor	Cielo cubierto
Altas	1	1	1	0.9
Medias	1	1	0.8	0.5
Bajas	1	0.8	0.5	0.2

Otros fenómenos

Nieblas				0.4
Lluvias				0.2

Fuente: SENAMHI

Según la Tabla 34, todos los valores que se puedan hallar en cada día en la data del SENAMHI, deben de contrastarse con los valores establecidos, esto ayudará a tener una mejor interpretación de los datos y así llegar a una mejor conclusión sobre los fenómenos que puedan ocurrir en función a la radiación UV, en nuestro caso la fotocatalisis para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.

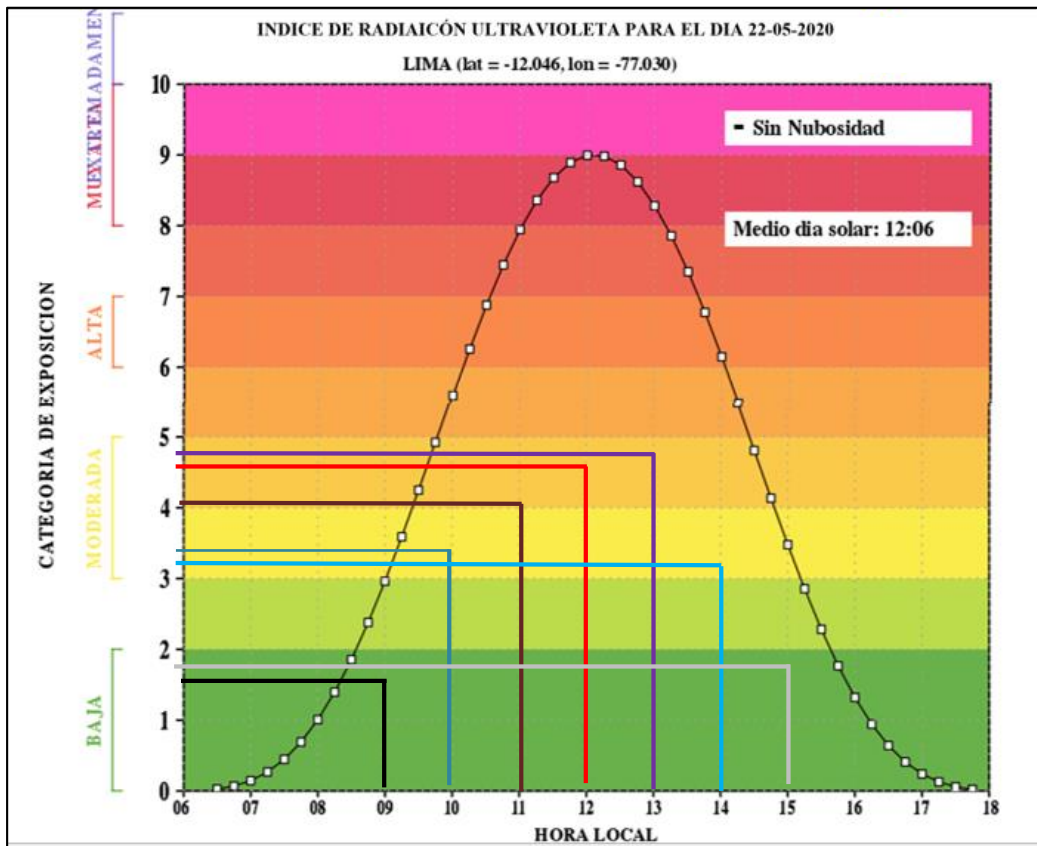


Figura 46. Índice de radiación UV - II, (SENAMHI)

Como se muestra en la Figura 46, el índice de radiación del segundo día de experimentación, no varía mucho con respecto al de la figura 46, teniendo cielo cubierto y una nubosidad media, obteniendo un índice de radiación baja y moderada, habiendo ajustado los valores según la Tabla 31.

V. Discusión

La presente investigación tuvo como finalidad determinar el efecto de la fotocatalisis para inactivar *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* utilizando TiO_2 y H_2O_2 en aguas residuales provenientes del Centro Médico Naval. Se construyó un fotorreactor a escala piloto, aplicando dos dosis de fotocatalizadores y dos tiempos de reacción fotocatalítica, aplicándose tres repeticiones por dosis y tiempo.

A partir de los hallazgos encontrados, se determinó la eficiencia del tratamiento con fotocatalisis utilizando TiO_2 y H_2O_2 para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*, obteniendo como resultado una eficiencia para el tratamiento del 84.5% tras 180 minutos de tratamiento, resultado que guarda concordancia con la investigaciones de Karaolia et al., (2018) y Zammit et al., (2019), quienes obtuvieron una eficiencia mayor al 81% para la inactivación de *Escherichia coli* y *Pseudomona auriginosa* coincidiendo con los 180 minutos para el tratamiento. Por otro lado, en concordancia con Blanco (2000), se evidenció que con 250 y 500 mg/L de TiO_2 , el agua residual adquirió el color blanco, lo cual indica que, si se hubiera empleado una dosis mayor a un 1 g/L, la acción fotocatalítica se inhibiría, haciéndose el proceso ineficiente en su totalidad.

En base a los establecido por los Valores Máximos Admisibles (VMA), todos los datos están por debajo de lo señalado en la norma correspondiente, habiéndose cumplido con lo establecido, además de haber disminuido los valores iniciales en todos los parámetros de la experimentación. Según Aguado, 2012; Ameta et al., 2018 y Chávez et al., 2015; las reacciones fotocatalíticas degradan contaminantes orgánicos no selectivos, lo cual guarda relación directa con los valores obtenidos de Aceites y Grasas en el presente estudio, evidenciándose una disminución muy significativa al aplicarse la dosis de 500 y 100 mg/L de TiO_2 y H_2O_2 respectivamente, con un tiempo de tratamiento de 180 minutos.

La presente investigación se desarrolló bajo condiciones de radiaciones bajas y moderadas a comparación de Pantoja et al., (2015), en su investigación para la inactivación de *Escherichia coli* y coliformes totales (CT) en aguas residuales municipales, tuvo una inactivación total tras 20 minutos de tratamiento, ellos emplearon la combinación de dos fotocatalizadores heterogéneos el TiO_2 y SiO_2 bajo radiación ultra violeta tipo C. Por otro lado, tal como lo sostiene Schmidt et al., (2008) la matriz de agua utilizada en la experimentación tuvo como origen un centro hospitalario, que proporciona a las bacterias características de resistencia a los antibióticos, a diferencia de las procedentes de las aguas residuales domésticas.

En base a la muestra del presente estudio que fue de 12 litros alcanzamos valores de eficiencia mayores al 80% a comparación de Marroquín et al., (2017), en su investigación para la inactivación de coliformes fecales en aguas residuales municipales, tuvo una inactivación total de coliformes fecales al emplear TiO_2 y H_2O_2 , cabe resaltar que emplearon muestras de 1 litro para sus tratamientos. Sin embargo, Serna et al., (2019) aplicó el proceso Fenton, resultando más eficiente, obteniendo 1 UFC/ml de coliformes fecales, asimismo resulta importante enfatizar que trabajaron bajo condiciones ácidas y con 300 minutos de exposición a la reacción fotocatalítica, lo cual es una variable diferente al presente estudio, porque se trabajó con el pH original del efluente hospitalario, empleándose 90 y 180 minutos de exposición a la reacción fotocatalítica.

Zammit et al., (2019), en su investigación con óxido de zinc dopado con cerio (Ce-ZnO) inmovilizado para inactivar bacterias farmacorresistentes, tuvo un nivel de eficiencia del 94% en la inactivación de *Escherichia coli* con 180 minutos y una eficiencia del 99% para *Pseudonoma auriginosa*, concordando que la *Escherichia coli* es más resistente con respecto a *Pseudonoma auriginosa*, considerando que un fotocatalizador dopado, de la misma forma sostiene Hwangbo et al., (2018) en la cual trabajó con un fotocatalizador asistido

con óxido de Zinc, aumentando la eficiencia del fotocatalizador, a diferencia del presente estudio en la cual utilizamos TiO_2 y H_2O_2 sin modificar el compuesto para una mayor eficiencia.. Respecto a la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* se obtuvo 85.4% de eficiencia, con radiación ultra violeta baja y moderada, con lo cual se supone que, de acuerdo a Fernández, et al., 2012, se obtendría una eficiencia mayor al 90%, de haber operado en condiciones de alta radiación ultravioleta.

Moreira et al., (2018) en su comparación con diferentes procesos de oxidación avanzado, el TiO_2 y H_2O_2 como tratamiento combinado, al emplear 50 y 20 mg/L respectivamente, fue el tratamiento más óptimo, obteniendo 1 UFC/ml bajo un nivel de radiación ultra violeta de 254 a 300 nm, siendo un nivel de radiación muy alto a comparación del presente estudio, el cual operó con un nivel de radiación bajo y moderado, pero obteniéndose más del 80% de eficiencia con una dosis de 500 y 100 mg/L, concluyendo que a mayor radiación menor serán las dosis de fotocatalizadores.

De acuerdo con los resultados obtenido, el mayor nivel de eficiencia la obtuvieron los *Enterococos intestinales*, con una eficiencia mayor al 80%, pero por otro lado Ttofa et., (2019), en su investigación obtuvo una eficiencia mayor al 90% en la degradación de *Escherichia coli*, esto se debe a que la muestra recogida por los autores provenía del tratamiento secundario de una PTAR y trabajaron bajo condiciones ácidas al igual que Giniannakis et al., (2018) que experimentaron bajo niveles de pH de 5.8, resaltando que las aguas tratadas en el presente estudio provinieron de la red de alcantarillado de un centro médico, sin tratamiento previo y sin alteración alguna del pH.

En el tiempo de reacción fotocatalítica más eficiente, se obtuvo para la dosis dos de 500 y 250 mg/L de TiO_2 y H_2O_2 en un tiempo de 180 minutos de tratamientos a comparación de Fiorentino et al., (2015) que empleó 4 horas y obtuvo una inactivación completa, por lo que se puede deducir que a más tiempo de reacción mayor es el nivel de inactivación bacteriana. Por otro lado,

Jimenez et al., (2018), en su investigación sostiene que el tratamiento combinado de radiación ultra violeta, TiO_2 y H_2O_2 es eficiente para el tratamiento de bacterias resistente a los antibióticos, pero tras 300 minutos de tratamiento, a comparación del presente estudio que tuvo niveles de eficiencia mayores al 80%, en 180 minutos de tratamiento, además los autores trabajaron con muestras provenientes del tratamiento secundario de una PTAR, al igual que otros autores líneas arriba.

Por otro lado, el daño oxidativo causado por el tratamiento fotocatalítico para la inactivación de *E. Coli* y *E. intestinales* resistentes a los antibióticos, como se ve en la Figura 4, son difíciles de tratar (Sousa Olivera et al., 2016), concordando con Kardatou, Karaolia y Kassinos, (2018) y Manage y Liyanage (2019), ya que las fuentes de generación de esta bacterias enriquecen dicha característica evolucionando, Figura 3, haciendo necesaria la aplicación de tratamiento no convencionales, como son los procesos de oxidación avanzados, generando especies reactivas de oxígeno como se describe en las Reacciones 1, 2 y 3 (Ameta et al., 2018), por lo que en los tratamientos con las dosis 1 de 250 y 50 mg/L de TiO_2 y H_2O_2 respectivamente, los resultados en inactivación fueron negativos, confirmando lo descrito por los autores.

VI. Conclusiones

1. La fotocatalisis empleando TiO_2 y H_2O_2 sí es eficiente por encima del 80% en la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.
2. En 90 minutos de exposición a la fotocatalisis sí corresponde al tiempo mínimo para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.
3. La bacteria más sensible ante la fotocatalisis utilizando TiO_2 y H_2O_2 , son los *Enterococos Intestinales* con respecto a la *Escherichia coli*, ya que el nivel de eficiencia favoreció a los *Enterococos intestinales*.
4. La dosis de 500 y 100 mg/L de TiO_2 y H_2O_2 , sí es la dosis más efectiva, para la inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales*.
5. Los valores de las parámetros físicos y químicos tras el tratamiento por fotocatalisis empleando TiO_2 y H_2O_2 sí cumplen con los Valores Máximos Admisibles, estando por debajo los valores establecidos.

VII. Recomendaciones

- Emplear tubos de borosilicato o pírex, ya que estos materiales permiten una mayor incidencia de radiación ultra violeta, con un tiempo de vida mayor a comparación del acrílico, asegurando durabilidad y resistencia.
- Utilizar un piranómetro para medir el índice de radiación ultra violeta en cada tiempo de experimentación, obteniendo un datos cuantificables y exactos.
- Aplicar el análisis de resistencia a los antibióticos, después del tratamiento fotocatalítico, para determinar si las bacterias de estudio son resistentes o sensibles a los antibióticos, este análisis da una noción más amplia del nivel de eficiencia fotocatalítico, en función al nivel de resistencia o sensibilidad.
- Sugerir la modificación de los Valores Máximos Admisibles, agregando parámetros microbiológicos, ya que como bien se ha evidenciado en la presente investigación las bacterias provenientes de fuentes hospitalarias, proporcionan resistencia a los antibióticos además de diseminarse a lo largo del sistema de alcantarillado y con llegar a las plantas potabilizadoras de agua.

REFERENCIAS

- AGUADO, Alonso. 2012. *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. madrid: dynkinson, s.l, 2012. 978-84-9031-147-9.
- AGUAS, et al. Desinfección solar fotocatalítica de hongos patógenos agrícolas (*Curvularia sp.*) En aguas residuales urbanas reales. CASO: inactivación de micóticos patógenos en aguas residuales municipales [en línea]. diciembre 2017. Vol. 607-608, p 1213-1224. [Citado el 5 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717317898?via%3Dihub>. DOI: [org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.085](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.085).
- ARAGÓN Renso, ROMERO Jonathan y VALENCIA Eduardo. *Potencial de reutilización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Nátaga en cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)* [en línea]. Vol. XV, n. °1. [Fecha de consulta 31 de octubre de 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-42262012000100009
- AMETA, R., CHOHADIA, A.K., JAIN, A. y PUNJABI, P.B., 2018. *Fenton and Photo-Fenton Processes*. S.l.: s.n. ISBN 9780128105252.
- BAIRD, Rodger, EATON, Andrew y RICE, Eugene. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. [ed.] Laura Bridgwater. 23. Washington DC: American Public Health Association, 2017. ISSN: 55-1979.
- BECTION, Dickinson. 2014. Instrucciones de uso – Medios en placa
- BIANCULLO, F., et al., 2019. *Heterogeneous photocatalysis using UVA-LEDs for the removal of antibiotics and antibiotic resistant bacteria from urban wastewater treatment plant effluents*. Chemical Engineering Journal [en línea], pp. 304-313. ISSN 13858947. DOI: [10.1016/j.cej.2019.02.012](https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.012). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.012>.
- BLANCO, Julián. *Reactor Solar Fotocatalítico: Estado del Arte*. Plataforma Solar de Almería, Ciemat – España, 2002. pp. 227-302.
- CAMERA RODA, G., LODDO, V., PALMISANO, L. y PARRINO, F., 2019. Special

Needs and Characteristic Features of (Photo)catalytic Reactors with a Review of the Proposed Solutions. *Heterogeneous Photocatalysis* [en línea]. S.I.: Elsevier B.V., pp. 177-213. ISBN 9780444640154. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64015-4.00006-7>.

CERCENADO, Emilia y SAAVEDRA, Jesús. 2009. *El antibiograma. Interpretación del antibiograma: Conceptos generales (I)* [en línea]. Madrid: s.n., 2009. Vol. VII, 4. DOI: 10.1016/S1696-2818(09)71927-4. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-anales-pediatria-continuada-51-articulo-el-antibiograma-interpretacion-del-antibiograma-S1696281809719274>.

CHAVEZ, Isarin, et al. 2015. *Superficie de respuesta aplicada al tratamiento de aguas residuales acoplado DSA y fotocátalisis*. Ciudad de México: Tecnología y Ciencias del agua, 2015. Vol. VI.

Decreto Supremo N° 021, Ministerio de Viviendo Construcción y Saneamiento. Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, Lima, Perú, 20 de noviembre de 2009.

DE SOUSA OLIVEIRA, K., DE LIMA, L.A., COBACHO, N.B., DIAS, S.C. y FRANCO, O.L., 2016. *Mechanisms of Antibacterial Resistance: Shedding Some Light on These Obscure Processes. Shedding Some Light on These Obscure Processes* [en línea]. S.I.: Elsevier Inc. ISBN 9780128036686. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803642-6.00002-2>.

FIELD, Andy. 2000. *Discovering Statistics using SPSS (and sex and drugs and rock 'n' roll)*. Londres: Sage, 2000. 978-1-84787-906-6.

FIORENTINO, Antonino, et al., 2015. *Inactivation and regrowth of multidrug resistant bacteria in urban wastewater after disinfection by solar-driven and chlorination processes*. Vol. CXLVIII, Julio 2015. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2015.03.029

FERNÁNDEZ, Antonio, et al., *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. 1°. ed. Alcalá: Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en

Tecnologías Medioambientales y Energía, 2012. 55 pp. ISBN:978-84-9031-147-9

GIANNAKIS, S., LE, T.T.M., ENTENZA, J.M. y PULGARIN, C., 2018. Solar photo-Fenton disinfection of 11 antibiotic-resistant bacteria (ARB) and elimination of representative AR genes. Evidence that antibiotic resistance does not imply resistance to oxidative treatment. *Water Research* [en línea], vol. 143, pp. 334-345. ISSN 18792448. DOI: 10.1016/j.watres.2018.06.062. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.062>.

GIANNAKIS, Stefanos, et al., 2018. *Bacterial disinfection by the photo-Fenton process: Extracellular oxidation or intracellular photo-catalysis*. *Applied Catalysis B: Environmental* [en línea], Vol. CCXXVII, pp.285-295. ISSN: 09263373. DOI: 10.1016/j.apcatb.2018.01.044. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.01.044>.

GUILLEM, Prats. 2006. *Microbiología Clínica*. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A, 2006. 847903971.

GUO, C., WANG, K., HOU, S., WAN, L., LV, J., ZHANG, Y., QU, X., CHEN, S. y XU, J., 2017. H₂O₂ and/or TiO₂ photocatalysis under UV irradiation for the removal of antibiotic resistant bacteria and their antibiotic resistance genes. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 323, pp. 710-718. ISSN 18733336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2016.10.041. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.10.041>.

HAYMAKER, Joseph, et al., 2019. *Prevalence of Shiga-toxigenic and atypical enteropathogenic Escherichia coli in untreated surface water and reclaimed water in the Mid-Atlantic U.S*. *Environmental Research* [en línea], vol. 172, no. July 2018, pp. 630-636. ISSN: 10960953. DOI: 10.1016/j.envres.2019.02.019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.019>.

HEIMER, Susan, MORRISON, Donald y GILMORE, Michael. 2015. *Molecular Medical Microbiology*. 2015, vol. 2. DOI: 10.1016/B978-0-12-397169-2.00039-1.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar, 2014. *Metodología de la Investigación*. 26. México D.F.: s.n. ISBN: 9781456223960.

HWANGBO, Myung, et al., 2018. Effectiveness of zinc oxide-assisted photocatalysis for concerned constituents in reclaimed wastewater: 1,4-Dioxane, trihalomethanes, antibiotics, antibiotic resistant bacteria (ARB), and antibiotic resistance genes (ARGs). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.360

HUDZICKI, J., 2009. Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol. [en línea], diciembre 2009, pp.1-23. Disponible en: <https://www.asm.org/getattachment/2594ce26-bd44-47f6-8287-0657aa9185ad/Kirby-Bauer-Disk-Diffusion-Susceptibility-Test-Protocol-pdf.pdf>.

IAN, Zammit, et. al. *Immobilised Cerium-Doped Zinc Oxide as a Photocatalyst for the Degradation of Antibiotics and the Inactivation of Antibiotic-Resistant Bacteria* [en línea]. Marzo 2019. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2020]. Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=7&sid=d94917bf-092a-4d11-a8b2-ae4e5447d470%40pdc-v-sessmgr04&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsbas.919D15C5&db=edsbas>. ISSN: 20734344. DOI: 10.3390/catal9030222

IOANNOU, Lida, RAJ, Saurav, PRAKASH, Halan y FATTA, Despo, 2019. *Solar photo-Fenton oxidation for the removal of ampicillin, total cultivable and resistant E. coli and ecotoxicity from secondary-treated wastewater effluents*. Chemical Engineering Journal [en línea], vol. CCCLV, pp. 91-102. ISSN: 13858947. DOI: 10.1016/j.cej.2018.08.057. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.057>.

JAWETZ, MELNICK y ADELBERG, 2013. *Microbiología Médica*. 26. México DF: s.n. ISBN: 9780071815789.

JIMÉNEZ, Margarita, et al., 2018. *Removal of contaminants of emerging concern (CECs) and antibiotic resistant bacteria in urban wastewater using UVA/TiO₂/H₂O₂ photocatalysis*. *Chemosphere* [en línea], vol. CCX, pp. 449-457. ISSN: 18791298. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.07.036. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.036>.

KORDATOU, Michael, et al., 2018. The role of operating parameters and oxidative damage mechanisms of advanced chemical oxidation processes in the combat against antibiotic-resistant bacteria and resistance genes present in urban wastewater. *Water Research*, vol. 129, pp. 208-230. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2017.10.007.

KAHNG, Soojin, YOO, Harin. y KIM, Jung, 2019. *Recent advances in earth-abundant photocatalyst materials for solar H₂ production*. *Advanced Powder Technology* [en línea], Vol. XXXI. ISSN: 15685527. DOI: 10.1016/j.appt.2019.08.035. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.appt.2019.08.035>

KARAOLIA, Popi, et al., 2018. *Removal of antibiotics, antibiotic-resistant bacteria and their associated genes by graphene-based TiO₂ composite photocatalysts under solar radiation in urban wastewaters*. *Applied Catalysis B: Environmental* [en línea], vol. CCXXIV, pp. 810-824. ISSN: 09263373. DOI: 10.1016/j.apcatb.2017.11.020. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.11.020>.

LIU, Dongyou. 2015. *Molecular Medical Microbiology*. Academic Press, 2015, Vol. II, 64, pp. 1133-1146. DOI: 10.1016/B978-0-12-397169-2.00064-0.

LEVENSPIEL, Octave. 2013. *The Chemical Reactor Omnibook*. Oregon: Editorial Reverté, S.A., 2013. 978-84-291-7336-9.

MANAGE, Pathmalal y LIYANAGE, Gayani, 2019. *Antibiotics induced antibacterial resistance* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128161890. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-816189-0.00018-4>.

MARROQUÍN, Francisco, SANTILLÁN, Manuel y PANTOJA, Juan, (2017). *Inactivación de coliformes fecales en aguas del Municipio de Rodeo, Durango, mediante tratamientos solares con Dióxido de Titanio (TiO₂) y Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂). CASO: Inactivación de las bacterias coliformes fecales presentes en muestras de efluentes de la laguna de oxidación de Linares del Río, Rodeo, Durango, México.* Revista de Simulación y Laboratorio [en línea], 2017. VOL. IV, PP. 37-45. [Citado el: 30 de abril de 2020]. ISSN: 2410-3462. Disponible en: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol4num12/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V4_N12_5.pdf

MÉNDEZ, Ignacio, et al. 2006. *El Protocolo de la Investigación*. México D.F: Trillas S.A de CV, 2006. 9682441005.

MOREIRA, Nuno, et al., 2018. *Solar treatment (H₂O₂, TiO₂-P25 and GO- TiO₂ photocatalysis, photo-Fenton) of organic micropollutants, human pathogen indicators, antibiotic resistant bacteria and related genes in urban wastewater.* *Water Research*, vol. CXXXV, pp. 195-206. ISSN: 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2018.01.064.

MOREIRA, Nuno, et al., 2016. *Photocatalytic ozonation of urban wastewater and surface water using immobilized TiO₂ with LEDs: Micropollutants, antibiotic resistance genes and estrogenic activity,* *Water Research*, DOI: 10.1016/j.watres.2016.02.003.

ABODOVSKY, I., 2019. *Effect of Radiation on Biological Structures.* Radiation Mutagénesis. S.l.: s.n., pp. 447-471. ISBN 9780444639790.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2018. Resistencia a los antibióticos. [En línea] 5 de febrero de 2018. [Citado el: 11 de febrero de 2019.] <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2018/antibiotic-resistance-found/es/>

- ÖZKAL CB, et al., 2018. *Assessment of thin-film photocatalysis inactivation of different bacterial indicators and effect on their antibiotic resistance profile*, Applied Catalysis B: Environmental. DOI: 10.1016/j.apcatb.2018.11.095
- OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.* [En línea]. 2017, Vol. XXXV, N°.1 [Citado el: 11 de mayo de 2020], pp.227-232. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso. ISSN: 0717-9502. DOI:10.4067/S0717-95022017000100037.
- OSORIO, Francisco, TORRES, Juan y SANCHEZ, Mercedes. 2010. *Tratamientos de aguas para la eliminación de Microorganismos y Agentes Contaminantes*. Madrid: Editorial Díaz de Santos, 2010. ISBN: 9788479789039.
- PANTOJA, J, et al., 2015. *Comparative Efficiencies of Coliform bacteria inactivation in municipal wastewater by photolysis (UV) and photocatalysis (UV/TiO₂/SiO₂)* Caso: Treatment wastewater plant of Salamanca, Spain. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* [en línea], enero 2015. Vol. XIV, PP. 119-135, [Citado el: 30 de abril de 2020]. ISSN: 1665-2738. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/620/62037106011.pdf>
- PENG, Yu, et al. 2019. *Inactivation and change of tetracycline resistant Escherichia coli in secondary effluent by visible light-driven photocatalytic process using Ag/AgBr/g-C₃N₄*. s.l.: Elsevier, 18 noviembre 2019.
- PURCELL, Edwin, VARBERG, Dale y RIGDON, Steven. 2007. *Cálculo diferencial e integral*. Novena. México DF: Pearson Educación, 2007. ISBN: 970-26-0989-5.
- PAN, J., LIU, G. y LIU, G., 2017. *Facet Control of Photocatalysts for Water Splitting* [en línea]. Elsevier Inc. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/bs.semsem.2017.04.003>.
- PERALTA-HERNÁNDEZ, J.M., VIJAY, S., RODRÍGUEZ-NARVÁEZ, O. y

PACHECO- ÁLVAREZ, M.A., 2018. Photo and Solar Fenton Processes for Wastewater Treatment. *Electrochemical Water and Wastewater Treatment*, pp. 223-237. DOI 10.1016/b978-0-12-813160-2.00009-2.

RAMOS, Fredy, 2016. *Infecciones intrahospitalarias, resistencia antibacteriana y factores de riesgo en pacientes de la unidad de cuidados intensivos del hospital Goyeneche III-1 de Arequipa 2012-2016*. 2016. Tesis.

ROBLES, F.O., ROJO, J.C.T. y BAS, M.S., 2011. Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes.: Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales. [en línea], pp. 216. Disponible en: <https://books.google.com/books?id=ukWBij8V1yEC&pgis=1>.

SAMANTA, Indranil y BRANDYOPADHYAY, Samiran [En Línea]. Antimicrobial Resistance in Agriculture, Academic Press, 2020 [fecha de consulta: 04 de mayo de 2020]. Capítulo 15. *Escherichia coli*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128157701000158?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/B978-0-12-815770-1.00015-8

SERNA, Efraím, et al. 2019. *Inactivation of carbapenem-resistant Klebsiella pneumoniae by photo-Fenton: Residual effect, gene evolution and modification with acid citric and persulfate*. Medellín: s.n., 2019.

SCHMIDT, Herbert y HENSEL, Michael. 2008. *Horizontal Gene Transfer in the Evolution of Pathogenesis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. ISSN: 9780521862974.

SIERRA, Carlos. 2011. *Calidad del agua, evaluación y diagnósticos*. [ed.] Leonardo David López Escobar. Medellín: Ediciones de la U, 2011. Vol. I. ISBN: 978-958-8692-06-7.

SHARMA, Virender. et al. 2016. *A review of the influence of treatment strategies on antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes*. *Chemosphere* [en línea], vol. 150, pp. 702-714. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2015.12.084. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.12.084>.

SUÁREZ, M., 2002. Tendencia Actual Del Estreptococo Como Indicador. *Control* [en línea], vol. XC,Nº. I, pp.38-43. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032002000100007.

TORRES, Carmen y CERCENADO, Emilia. 2010. *Lectura interpretada del antibiograma de cocos Gram positivos* [en línea]. Madrid: s.n., 2010. Vol. XXVII, 8. DOI: 10.1016/j.eimc.2010.02.003. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-lectura-interpretada-del-antibiograma-cocos-S0213005X10000844>.

VENIERI, Danae, et al., 2016. Solar photocatalysis as disinfection technique: *Inactivation of Klebsiella pneumoniae in sewage and investigation of changes in antibiotic resistance profile*. s.l.: Elsevier, 6 junio 2016. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.06.009

ZAPATA, María, et al., *Innovación en tecnologías en plantas de tratamiento de agua residual para la eliminación de antibióticos, bacterias resistentes y genes de resistencia antibiótica: una revisión*. [En línea]. 2019. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21176/2019mariazapata.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZHANG, Y, et al., 2016. Reduction of antibiotic resistance genes in municipal wastewater effluent by advanced oxidation processes. *Science of the Total Environment*, vol. 550, pp. 184-191. ISSN 18791026. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.078.

ZHOU, Chung, et al., 2020. *Removal of antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes in wastewater effluent by UV-activated persulfate*, Journal of

Hazardous Materials. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.122070.

ROSSEL Luis, et al., *Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable*. CASO: experimental en aguas residuales municipales. Rev. investigación. Alto andina. [en línea]. 2020, vol.22, pp.68-77. [Citado el: 30 de abril de 2020]. ISSN 2313-2957. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.537>

ORTEGA, Elizabeth. *Inactivación de microorganismos presentes en aguas mediante foto-Fenton solar a pH neutro*. Tesis (Doctor en Ingeniería Química). Almería: Universidad de Almería de España, 2015. Disponible en: [https://dialnAssessment of solar photo-Fenton, photocatalysis, and H₂O₂ for removal of phytopathogen fungi spores in synthetic and real effluents of urban wastewateret.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=111622](https://dialnAssessment of solar photo-Fenton, photocatalysis, and H2O2 for removal of phytopathogen fungi spores in synthetic and real effluents of urban wastewateret.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=111622)

SHARMAN, et al., 2019 *Elimination of antibiotic resistance genes and control of horizontal transfer risk by UV-based treatment of drinking water: A mini review*. Frente. Reinar. Sci. Ing. 13. [en línea]. Junio 2019. Vol. XXXVII. [Citado el: 30 de abril de 2020]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11783-019-1122-7>. DOI: 10.1007/s11783-019-1122-7.

Servicio nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2020. Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar) a nivel nacional. Lima: s.n., 2020.

POLO, M. et al., 2014. *Assessment of solar photo-Fenton, photocatalysis, and H₂O₂ for removal of phytopathogen fungi spores in synthetic and real effluents of urban wastewater*. CASO: en tratamiento de aguas municipales. Chemical Engineering Journal [en línea]. Diciembre 2014. Vol. CCLVII, [Citado el 4 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894714008845#!>

DOI: 10.1016/j.cej.2014.07.016

MANIAKOVA, G. et al., 2019. *Comparison between heterogeneous and homogeneous solar driven advanced oxidation processes for urban wastewater treatment: Pharmaceuticals removal and toxicity*. CASO: en tratamiento de aguas domésticas en laboratorio. revista: Separation and Purification Technology [en línea]. agosto 2019, [Citado el 4 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.iris.unina.it/retrieve/handle/11588/789705/309639/1-s2.0-S138358661933905X-main.pdf>. DOI: 10.1016/j.seppur.2019.116249.

FAGAN, Rachel, et al., 2016. *A review of solar and visible light active TiO₂ photocatalysis for treating bacteria, cyanotoxins and contaminants of emerging concern* [en línea]. Febrero 2016. Vol. XLII. [Citado el 8 mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369800115300883>. DOI: 10.1016/j.mssp.2015.07.052

FERRO, et al., 2014. *Urban wastewater disinfection for agricultural reuse: effect of solar driven AOPs in the inactivation of a multidrug resistant E. coli strain* [en línea]. Noviembre 2015. Vol. CLXXVIII, [Citado el 4 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926337314006638>. DOI: 10.1016/j.apcatb.2014.10.043.

FUJISHIMA, Akira, RAO, Tata y TRYK, Donald. *Titanium dioxide photocatalysis*. [En línea] 10 marzo 2000. Vol. I, [Citado el 8 mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389556700000022>. DOI: 10.1016/S1389-5567(00)00002-2

RODRIGUEZ, Cecilia, ZIOLLI, Roberta y GUIMARÃES, José. Inactivation of

Escherichia coli in Water by TiO₂ -assisted Disinfection using Solar Light. [En línea] 2007. Vol. 18, 1, [Citado el 8 mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/jbchs/v18n1/13.pdf>. DOI: 10.1590/S0103-50532007000100014.

OSKAL. et al. Assessment of thin-film photocatalysis inactivation of different bacterial indicators and effect on their antibiotic resistance profile. [En línea] 30 de noviembre 2018. [Citado el 11 mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926337318311536> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.11.095>

ZIARATI, Abolfazl, BADIEI, Alireza, LUQUE, Rafael. Engineered Bi-Functional Hydrophilic/Hydrophobic Yolk@Shell Architectures: A Rational Strategy for Non-Time Dependent Ultra Selective Photocatalytic Oxidation. [En línea] 22 de agosto 2018. [Citado el 11 mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926337318307963> DOI: 10.1016/j.apcatb.2018.08.058.

WALPOLE, Ronald, et all. 2012. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Ciudad de Mexico: Pearson Education, 2012. 978 - 607- 32 - 1418 - 6.

ANEXOS

A. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	Tipo de estudio: El tipo de estudio es aplicada de nivel explicativo
¿Cuál será la eficiencia en la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos por fotocátalisis en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020?	Determinar la eficiencia en la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos por fotocátalisis con TiO_2/H_2O_2 en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020.	El tratamiento con fotocátalisis usando TiO_2/H_2O_2 , tiene una eficiencia mayor al 80% en la inactivación de la <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> .	Diseño de estudio: Experimental puro
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPOTESIS ESPECIFICAS	POBLACIÓN
¿Cuál es el tiempo mínimo e exposición para la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020?	Determinar el tiempo mínimo de exposición para la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos en las aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020.	El tiempo mínimo es de 90 minutos de exposición a la fotocátalisis (UV) para la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> .	Tipo de muestra: La muestra son los 12 litros de agua residual proveniente del Centro Médico Naval.
¿Cuál será el nivel de sensibilidad entre la <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> frente al tratamiento con fotocátalisis usando TiO_2/H_2O_2 de las aguas residuales procedentes del Centro Médico Naval, 2020?	Determinar el nivel de sensibilidad entre la <i>Escherichia coli</i> y los <i>Enterococos intestinales</i> frente al tratamiento con fotocátalisis usando TiO_2/H_2O_2 de las aguas residuales procedentes del Centro Médico Naval, 2020.	La <i>Escherichia coli</i> es el más susceptible ante la fotocátalisis utilizando TiO_2/H_2O_2 con respecto a los <i>Enterococos intestinales</i> .	Variables: Variable Dependiente: (Manage y Liyanage 2019) Microorganismos que, a través de un proceso evolutivo, cambia sus características estructurales o funcionales, para desarrollar una capacidad de resistencia a los antibióticos.
¿Cuál será la dosis efectiva de TiO_2/H_2O_2 para la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos en el Centro Médico Naval, 2020?	Determinar la dosis efectiva de TiO_2/H_2O_2 para la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos en el Centro Médico Naval, 2020.	La dosis efectiva de TiO_2/H_2O_2 , para la inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos es de 500 mg/L y 100 mg/L respectivamente..	Variable Independiente: (Pan, Liu y Liu 2017) Conversión de energía lumínica UV en energía química mediante reacciones que serán posibles gracias a un catalizador, se empezarán a generar radicales hidroxilo los cuales al contacto no selectivo de materia orgánica, comenzarán su proceso de oxidación impulsados por energía lumínica.
¿Cuáles serán las propiedades físicas y químicas del agua residual del Centro Médico Naval después del tratamiento por fotocátalisis con TiO_2/H_2O_2 ?	Determinar las propiedades físicas y químicas de las aguas residuales del Centro Médico Naval tras el tratamiento por fotocátalisis con TiO_2/H_2O_2 , 2020.	Las propiedades físicas y químicas del agua residual del Centro Médico Naval, después del tratamiento por fotocátalisis, cumplen con los Valores Máximos Admisibles para las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario del Perú.	


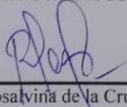
Fuente: Propia

B. Matriz de operacionalización de variables


VARIABLES	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDIDA
V.D	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistentes a los antibióticos	La <i>Escherichia coli</i> y los <i>Enterococos intestinales</i> , son bacterias provenientes de la flora gastrointestinal, cuasantes de enfermedades estomacales, infecciones urinarias, entre otras. Estas bacterias con el pasar de los años, al ser tratadas con antimicrobianos, desarrollaron resistencia a los mismos por medio de la producción de enzimas inhibidoras de antibioticos, generados por medio de la transferencia de información genética y por adaptación a los antibióticos, estas bacterias se trasladan por efluentes hospitalarios, plantas de tratamiento de aguas residuales y lagos, por lo que la inactivación de estas bacterias se hace necesaria, con el fin de detener su proliferación y deshabilitar sus características farmacorresistentes en aguas residuales y cuerpos hídricos (Manage y Liyanage 2019).	La inactivación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococos intestinales</i> resistente a los antibióticos en aguas residuales hospitalarias, serán medidos a través de sus tres dimensiones que son: <i>E. coli</i> , <i>E. intestinales</i> y la eficiencia de la inactivación bacteriana	Inactivación <i>Escherichia coli</i>	Concentración <i>Escherichia coli</i> (Inicial - Final)	UFC/100 ml
			Inactivación <i>Enterococos intestinales</i>	Concentración <i>Enterococos intestinales</i> (Inicial - Final)	NMP/100 ml
			Eficiencia de la inactivación	$\frac{C. Inicial - C. Final}{C. Inicial} * 100$	%
V.I	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Fotocatálisis en aguas residuales	Es el resultado de la aplicación de un proceso de oxidación avanzado en el que la conversión de energía lumínica UV en energía química mediante reacciones, son posibles gracias a un fotocatalizador, estos empezarán a generar radicales hidroxilo, los cuales al tener contacto no selectivo con la materia orgánica, comenzarán el proceso de oxidación el cual descompone o transforma; generalmente en formas biodegradables; los compuestos orgánicos recalcitrantes (Pan, Liu y Liu 2017).	El proceso de fotocatálisis en aguas residuales, se medirá a través de sus dimensiones que son: los parámetros químicos, parámetros físicos, tiempo de exposición y dosis efectiva.	Parámetros Químicos	pH	1 -14
				DBO5	mg/L
				DQO	mg/L
			Parámetros Físicos	A y G	mg/L
				T	°C
			Tiempo de Exposición	SST	mg/L
				180	Minutos
Dosis efectiva	90	Minutos			
	Concentración TiO ₂ - 250 y Concentración de H ₂ O ₂ - 50	mg/L			
Concentración TiO ₂ - 500 y Concentración de H ₂ O ₂ - 100	mg/L				

Fuente: Propia

C. Antibiograma en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2019

	Antibiograma en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2019				
	Informe de resultados				
Dirección:	Centro Médico Naval-Callao				
Tipo de Ensayo:	Antibiograma				
Descripción de la muestra:	Efluente contaminado por residuos hospitalarios				
Muestra tomada por:	Jonathan Vargas Lopez				
Lugar donde se realizó el ensayo:	Laboratorio de Microbiología-UCV				
Microorganismo de estudio <i>Escherichia Coli</i>					
Antibióticos	Concentración de antibiótico por disco	Diámetro de halo de inhibición	Resistente	Intermedio	Sensible
1. Penicilina (P)	10 ug	5 mm		*	
2. Ampicilina (AMP)	10 ug	12 mm	*		
3. Ciprofloxacino (CIP)	5 ug	15 mm			*
Microorganismo de estudio <i>Enterococos Intestinales</i>					
Antibióticos	Concentración de antibiótico por disco	Diámetro de halo de inhibición	Resistente	Intermedio	Sensible
1. Penicilina (P)	10 ug	1 mm	*		
2. Ampicilina (AMP)	10 ug	5 mm	*		
3. Ciprofloxacino (CIP)	5 ug	15 mm			*
Metodología de análisis:	KIRBY-BAUER DISK DIFFUSION SUSCEPTIBILITY TEST PROTOCOL				
 <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> QFB Rosalvina de la Cruz Davila Jefe de Laboratorio UCV					

D. Análisis fisicoquímico del agua residual del Centro Médico Naval, 2019



ENSAYO N°01 -R- 2019
LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Dirección: Centro Médico - Cúllan
Tipo de ensayo: Análisis Fisicoquímico
Matriz: Agua residual hospitalaria
Descripción de la muestra: Efluente contaminada por residuos hospitalarios
Muestra tomada por: Raul Arancibia Pajuelo
Fecha de ingreso de la muestra: 31/10/2019
Lugar donde se realizó el ensayo: Laboratorio de Química - UCV.

Ph						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8674920,965	431	1-14	6,17
		Este	272029,328			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8674920,965	431	°C	22,7
		Este	272029,328			

Solidos Suspendedos Totales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8674920,965	431	mg/l	681
		Este	272029,328			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8674920,965	431	mg/l	645
		Este	272029,328			

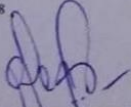
Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8674920,965	431	mg/l	1051
		Este	272029,328			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8674920,965	431	mg/l	64
		Este	272029,328			

Metodología de Análisis:


- APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
- Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
- SMEWW-APHA-AWWA 2510 B. (2017)
- SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.
- APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
- APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.

Equipo utilizado: Multiparámetro Hanna Edge
Código interno: 6053633
 espectrofotometro
 6009512
 Estufa DAIHAN SCIENTIFIC
 6007386
 Equipo de filtración con bomba al vacío
 06-53628




QFB Rosalva de la Cruz Davila
 Jefe de Laboratorio UCV


E. Validación de instrumentos de medición

Formato de libreta de campo				Instrumento N° 01		
Datos generales						
						
Título: "Inactivación de microorganismos resistentes a los antibióticos mediante fotorreacción en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2019-2020"						
Fecha: _____						
Fecha: _____						
Responsable: _____						
Libreta de Campo						
Código	Fecha	Hora	Propósito del muestreo	Punto UTM	Tipo de muestra (simple o compuesta)	Proceso que produce el efluente
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						


Fuente: Propia



Jaime TAVE
CIP 42355



Cesar Eduardo Jimenez Colacion
CIP 42355



Dr. Cesar Eduardo Jimenez Colacion
CIP 42355

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón, César Eduardo
 I.2. Cargo e institución donde labora: UCV - P.T.C.
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: diálogo de campo
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Jonathan Pool Vargas, L.P.S.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

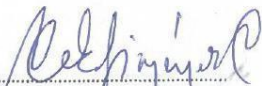
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

87.9 %


Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 C.P. 42355

 Lima, 21 de Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCY
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Libro de campo
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Armonioza Pajuelo, Raúl, Vargas Lopez, Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima,..... del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 01066653. Telf.: 992005 015



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres:..... RAMÓN E. GARCÍA, JUAN SOTO.....
 I.2. Cargo e institución donde labora:..... PROFESOR - UCV.....
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... Libreto de control.....
 I.4. Autor(A) de Instrumento:..... Arremijaga Pajuelo, Raúl ; Vengon Lopez, tomashom.....

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima,..... del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0844730 Telf. 5251648



Formato de recolección de datos antes del tratamiento

Instrumento N° 02

Datos generales

Título: "Inactivación de microorganismos resistentes a los antibióticos mediante fotorreacción en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2019-2020"

Fecha: Formato de recolección de datos antes del tratamiento

Fecha: Responsable:

Muestra	Muestreo			Parámetros Químicos				Parámetros Físicos		Concentración de <i>Escherichia Coli</i>	Concentración de Enterococos Intestinales	
	Código	Fecha	Hora	Ubicación	pH	DBO ₅	DQO	AyG	SST			T
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Fuente: Propia



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP 42355

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Jiménez Calderón, César Eduardo*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *UCV - D.T.C.*
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Formato de recolección de datos con el tratamiento*
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: *Jenethom Paul Vargas Lopez*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

87.5 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

Lima, *11 de Noviembre* del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Jare Nakayo Jorge Leonardo
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formateo de recolección de datos antes del tratamiento
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Arcecuaga Pejuero, Raúl ; Vargas Lopez, Juan hem

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

99%

Lima,..... del 2019



 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No. 01000653 Telf. 992005015



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres:..... D. RIVERA, SALVÉ, JOAQUÍN JULIO
 I.2. Cargo e institución donde labora:..... DOCENTE - UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de recolección de datos antes del tratamiento
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Anunciaga Pozuelo, Paul ; Vargas Lopez, Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima,..... del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0844309 elf. 5261068



Formato de recolección de datos después del tratamiento

Datos generales

Instrumento N° 03

Título: "Inactivación de microorganismos resistentes a los antibióticos mediante fotorreacción en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2019-2020"

Fecha: Formato de recolección de datos después del tratamiento

Fecha: Responsable:

Muestra	Código	Fecha	Hora	Ubicación	Parámetros Químicos			Parámetros Físicos		Concentración de <i>Escherichia Coli</i>	Concentración de Enterococos Intestinales	Tiempo de exposición a la radiación UV	Concentración de TiO ₂ y H ₂ O ₂	
					pH	DBOs	DQO	AyG	SST					T
	1				1-14	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	°C	UFC/ml	UFC/ml	Minutos	mg/L
	2													
	3													
	4													
	5													
	6													
	7													
	8													
	9													
	10													
	11													
	12													
	13													
	14													
	15													

Fuente: Propia

Dr. Cesar Eduardo Jiménez Calderón
 CRP 42355

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón, César Eduardo
 I.2. Cargo e institución donde labora: MEV - D.T.C.
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de evaluación de datos después del tratamiento
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Raúl Baiden Procmuaga Rojas

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

✓
89.5 %


 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Lima, 11 de Noviembre del 2019

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: Jare Nakayo Jorge Leonardo
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente VCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formulario de recolección de datos después del Tésis
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Armiaga Pajuelo, Raúl ; Vargas Lopez, Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima,..... del 2019



 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No. 01066653 Telf.: 992005015



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres:..... C. RIVERA SANCHEZ, Jorge Julio.....
 I.2. Cargo e institución donde labora:..... Docente UCV.....
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de resolución de datos después del Testamiento
 I.4. Autor(A) de Instrumento:..... Profraseo Pajuelo Paul ; Vargas Lopez, Jonathan.....

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima,..... del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08097306 Telf. 5281648



Formato de eficiencia de Fotorreacción

Datos generales

Instrumento N° 04

Título: "Inactivación de microorganismos resistentes a los antibióticos mediante fotorreacción en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2019-2020"

Fecha: Eficiencia de Fotorreacción

Fecha:	Muestra	Concentración de TiO ₂ /H ₂ O ₂ usada mg/L	Tiempo de exposición Minutos	Responsable:		Eficiencia de la fotorreacción %	Concentración de Enterococos Intestinales Inicial UFC/ml	Concentración de Enterococos Intestinales Final UFC/ml	Eficiencia de fotorreacción %
				Concentración de <i>Escherichia Coli</i> Inicial UFC/ml	Concentración de <i>Escherichia Coli</i> Final UFC/ml				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

Fuente: Propia


 Dr. Cesar Egidio Jimenez Calderon
 CIP: 42355



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: Jimenez Calderón, Cesar Eduardo
 I.2. Cargo e institución donde labora: M.I.V. - D.T.C.
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formulario de Opinión de Fomento
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Raúl Babilon, Anunciaga, Pajuelo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :


 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

87.5 %

Lima, 21 de Noviembre del 2019

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Torres Nakayo Jorge Leonardo
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente UN
 I.3. Nombre del instrumento de evaluación: Formato de Eficiencia de Formación
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Acosta Pajuelo Raul; Vargas Lopez, Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI: 01060653 Telf: 992005015



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ GARCÍA, JUAN JOSÉ
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de Frecuencia de Formación
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Armutaga Pajuelo, Raúl ; Vargas Lopez, Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima..... del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI No. 28498.. Telf. 5231648

F. Porcentaje de similitud

feedback studio | "Inactivación de Escherichia coli y Enterococos intestinales resistentes a los antibióticos mediante fotocatali..."

exturnin.com/app/catal/es/

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Título de Tesis

"Inactivación de *Escherichia coli* y *Enterococos intestinales* resistentes a los antibióticos mediante fotocatalisis en aguas residuales del Centro Médico Naval, 2020"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES(s):

Arancibia Pajuelo, Raúl Bailon (ORCID: 0000-0001-7406-6393)
Vargas Lopez, Jonathan Pool (ORCID: 0000-0003-3058-5188)

ASESOR:
Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

16 %

Resumen de coincidencias

Se están viendo fuentes estándar
Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universidad...	4 %
2	repositorio.ucv.edu.pe	2 %
3	Entregado a Universidad...	1 %
4	repositorio.usia.edu.co	1 %
5	Entregado a CONACYT	1 %
6	Entregado a Universidad...	<1 %

Página: 1 de 99 | Numero de palabras: 20660 | Text-only Report | High Resolution | Activado

G. Análisis microbiológico



INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2054

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : JONATHAN POOL VARGAS LOPEZ
2.-DIRECCIÓN : JR. CHIMBORAZO 1898 SAN MARTIN DE PORRES
3.-PROYECTO : DATOS PARA TESIS
4.-PROCEDENCIA : CENTRO MEDICO NAVAL
5.-SOLICITANTE : JONATHAN POOL VARGAS LOPEZ
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-20-0723
7.-PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2020-05-28

II.- DATOS DE ITEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : AGUA
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 14
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2020-05-21
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2020-05-21 al 2020-05-28


Yani Aurelia Morales Huamani

Ing. Químico

Jefe de Laboratorio

Cip: 135922


Rosa Vilma Romo Salome

Biólogo

Supervisora de Microbiología y Parasitología

CBP 9568

Prolongación Zaramilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Telf. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe

www.alab.com.pe

Página 1 de 5

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Enterococos Fecales o Enterococos Intestinales (NMP) ²	SMEWW 9230 B, 23 rd Ed. 2017	Fecal Enterococcus/Streptococcus Groups, Multiple-Tube Technique
Escherichia coli (UFC/100mL) ^(*)	SMEWW 9222 H, 23 rd Ed. 2017	Membrane Filter Technique for Members of the Coliform Group, Partitioning E. coli from MF Total-Coliform using EC-MUG Broth.

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

² Ensayo acreditado por el IAS.

(*) El ensayo indicado no ha sido acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2054

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-20-06667	M-20-06668	M-20-06669	M-20-06670	M-20-06671	M-20-06672		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	G.CONTROL	C1T1-1	C1T1-2	C1T1-3	C1T2-1	C1T2-2		
COORDENADAS:	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344		
UTM WGS 84:	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976		
PRODUCTO:	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL		
SUB PRODUCTO:	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA							
MUESTREO	FECHA:	2020-05-20	2020-05-20	2020-05-20	2020-05-20	2020-05-20		
	HORA:	14:02	14:02	14:02	15:04	16:04		
					16:04	16:05		
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS					
Enterococos Fecales o Enterococos Intestinales (NMP)	NMP/100mL	1.8	40 000.0	16 000 000.0	240 000 000.0	9 200 000.0	2 400 000.0	1 700 000.0
Escherichia coli (UFC/100mL)	UFC/100mL	1.0	540 000 000.0	2 100 000 000.0	2 400 000 000.0	2 500 000 000.0	280 000 000.0	3 000 000 000.0

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2054

IV. RESULTADOS

ITEM	7	8	9	10	11	12		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-20-06673	M-20-06674	M-20-06675	M-20-06676	M-20-06677	M-20-06678		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	C1T2-3	G-CONTROL II	C2T1-1	C2T1-2	C2T2-1	C2T2-2		
COORDENADAS:	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344	E: 0272344		
UTM WGS 84:	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976	N: 8665976		
PRODUCTO:	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL		
SUB PRODUCTO:	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA							
MUESTREO	FECHA:	2020-05-20	2020-05-21	2020-05-21	2020-05-21	2020-05-21		
	HORA:	16:30	10:30	10:30	10:30	11:56		
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS					
Enterococos Fecales o Enterococos Intestinales (NMP)	NMP/100mL	1.8	920 000.0	2 400 000.0	7 000 000.0	5 400 000.0	350 000.0	54 000.0
Escherichia coli (UFC/100mL)	UFC/100mL	1.0	2 400 000 000.0	540 000 000.0	23 000 000.0	560 000 000.0	340 000 000.0	22 000 000.0

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados:

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2054

IV. RESULTADOS

ITEM		13	14
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-20-06679	M-20-06680
CÓDIGO DEL CLIENTE:		C2T1-3	C2T2-3
COORDENADAS:		E: 0272344	E: 0272344
UTM WGS 84:		N: 8665976	N: 8665976
PRODUCTO:		AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB PRODUCTO:		RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
MUESTREO		FECHA:	2020-05-21
		HORA:	13:30
			2020-05-21
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS
Enterococos Fecales o Enterococos Intestinales (NMP)	NMP/100mL	1.8	35 000.0
Escherichia coli (UFC/100mL)	UFC/100mL	1.0	31 000 000.0
			70 000.0
			28 000 000.0

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

"FIN DE DOCUMENTO"

H. Análisis físicos y químicos

ENSAYO N°01 -CK- 2019
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Dirección: AV. VENEZUELA S/N. CUADRA 34
Tipo de ensayo: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO
Matriz: AGUA RESIDUAL
Descripción de la muestra: SIN ESTIMULO
Muestra tomada por: RANCIAGA-VARGAS
Fecha de ingreso de la muestra: 20/05/2020

pH						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8665975			6.33
		Este	272344			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			

Solidos Suspendidos Toales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8665975		mg/l	263
		Este	272344			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8665975		mg/l	567
		Este	272344			

Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8665975		mg/l	716
		Este	272344			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
M- Inicial	Muestra	Norte	8665975		mg/l	215
		Este	272344			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended
 Solids Dried at 103-105°C.

Apoyo experimental:

Mg. Estefany Teodoro Vara
 Especialista en gestión y fiscalización ambiental
 OEFA



ESTEFANY GLADYS
 TEODORO VARA
 INGENIERA QUIMICA
 Rég. CIP N° 141142

ENSAYO N°02 -R- 2020-1
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Direccion: AV. VENEZUELA S/N. CUADRA 34
Tipo de ensayo: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO
Matriz: AGUA RESIDUAL
Descripción de la muestra: SIN ESTIMULO
Muestra tomado por: ARANCIAGA-VARGAS
Fecha de ingreso de la muestra: 20/05/2020

GRUPO CENTRAL FECHA 20/05/2020 HORA 10:40 AM						
pH						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
R-1	Muestra	Norte	8665975			6.25
		Este	272344			
R-2	Muestra	Norte	8665975			6.28
		Este	272344			
R-3	Muestra	Norte	8665975			6.25
		Este	272344			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
R-1	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
R-2	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
R-3	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			

Solidos Suspendidos Toales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
R-1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	268
		Este	272344			
R-2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	271
		Este	272344			
R-3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	271
		Este	272344			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
R-1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	283
		Este	272344			
R-2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	286
		Este	272344			
R-3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	288
		Este	272344			

Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
R-1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	344
		Este	272344			
R-2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	342
		Este	272344			
R-3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	347
		Este	272344			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
R-1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	112
		Este	272344			
R-2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	108
		Este	272344			
R-3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	106
		Este	272344			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended
 Solids Dried at 103-105°C.

Apoyo experimental:

Mg.Estefany Teodoro Vara
 Especialista en gestión y fiscalización ambiental
 OEFA


 ESTEFANY GLADYS
 TEODORO VARA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 141142

ENSAYO N°03 -R- 2020-1
 INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Direccion: AV. VENEZUELA S/N. CUADRA 34
Tipo de ensayo: ANÁLISI FÍSICO QUÍMICO
Matriz: AGUA RESIDUAL
Descripcion de la muestra: TRATADO CON TIO₂/H₂O₂ AL 30%, 250-50 mg/L
Muestra tomado por: ARANCIAGA-VARGAS
Fecha de ingreso de la muestra: 20/05/2020

C1-T1 FECHA 20/05/2020 HORA 16:00						
pH						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T1- R1	Muestra	Norte	8665975			6.99
		Este	272344			
C1- T1- R2	Muestra	Norte	8665975			7.03
		Este	272344			
C1- T1- R3	Muestra	Norte	8665975			7.03
		Este	272344			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C1- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C1- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			

Solidos Suspendidos Totales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	269
		Este	272344			
C1- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	270
		Este	272344			
C1- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	270
		Este	272344			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	265
		Este	272344			
C1- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	263
		Este	272344			
C1- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	265
		Este	272344			

Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	324
		Este	272344			
C1- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	316
		Este	272344			
C1- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	319
		Este	272344			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	95.3
		Este	272344			
C1- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	92.1
		Este	272344			
C1- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	92.5
		Este	272344			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended
 Solids Dried at 103-105°C.

Apoyo experimental:

Mg. Estefany Teodoro Vara
 Especialista en gestión y fiscalización ambiental
 OEFA


 ESTEFANY G. V. VARA
 TEODORO VARA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 141142

ENSAYO N°04 -R- 2020-1
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Direccion: AV. VENEZUELA S/N. CUADRA 34
Tipo de ensayo: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO
Matriz: AGUA RESIDUAL
Descripcion de la muestra: TRATADO CON TiO2/H2O2 AL 30%, 250-50 mg/L
Muestra tomado por: ARANCIAGA-VARGAS
Fecha de ingreso de la muestra: 20/05/2020

C1-T2 FECHA 20/05/2020 HORA 16:00						
pH						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T2- R1	Muestra	Norte	8665975			7.01
		Este	272344			
C1- T2- R2	Muestra	Norte	8665975			7.04
		Este	272344			
C1- T2- R3	Muestra	Norte	8665975			7.01
		Este	272344			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T2- R1	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C1- T2- R2	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C1- T2- R3	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			

Solidos Suspendidos Toales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T2- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	267
		Este	272344			
C1- T2- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	269
		Este	272344			
C1- T2- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	269
		Este	272344			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T2- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	266
		Este	272344			
C1- T2- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	263
		Este	272344			
C1- T2- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	263
		Este	272344			

Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T2- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	322
		Este	272344			
C1- T2- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	326
		Este	272344			
C1- T2- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	322
		Este	272344			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C1- T2- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	95.4
		Este	272344			
C1- T2- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	95.7
		Este	272344			
C1- T2- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	95.1
		Este	272344			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended
 Solids Dried at 103-105°C.

Apoyo experimental:

Mg. Estefany Teodoro Vara
 Especialista en gestión y fiscalización ambiental
 OEFA


 ESTEFANY GLADYS
 TEODORO VARA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 141142

ENSAYO N°05 -R- 2020-1
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Direccion: AV. VENEZUELA S/N. CUADRA 34
Tipo de ensayo: ANÁLISI FÍSICO QUÍMICO
Matriz: AGUA RESIDUAL
Descripcion de la muestra: TRATADO CON TIO₂/H₂O₂ AL 30%, 500-100 mg/L
Muestra tomado por: ARANCIAGA-VARGAS
Fecha de ingreso de la muestra: 21/05/2020

C2-T1 FECHA 21/05/2020 HORA 1:42						
Ph						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975			7.35
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975			7.35
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975			7.34
		Este	272344			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			

Solidos Suspendidos Toales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	265
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	263
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	265
		Este	272344			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	219
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	215
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	215
		Este	272344			

Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	311
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	318
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	315
		Este	272344			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	41.3
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	47.2
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	47.5
		Este	272344			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended
 Solids Dried at 103-105°C.

Apoyo experimental:

Mg. Estefany Teodoro Vara
 Especialista en gestión y fiscalización ambiental
 OEFA


 ESTEFANY GLADYS
 TEODORO VARA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 141142

ENSAYO N°06 -R- 2020-1
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Direccion: AV. VENEZUELA S/N. CUADRA 34
Tipo de ensayo: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO
Matriz: AGUA RESIDUAL
Descripcion de la muestra: TRATADO CON TIO2/H2O2 AL 30%, 500-100 mg/L
Muestra tomado por: ARANCIAGA-VARGAS
Fecha de ingreso de la muestra: 21/05/2020

C2-T1 FECHA 21/05/2020 HORA 1:42						
pH						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975			7.78
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975			7.69
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975			7.75
		Este	272344			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			

Solidos Suspendidos Totales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	262
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	265
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	263
		Este	272344			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	220
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	222
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	218
		Este	272344			

Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	311
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	318
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	315
		Este	272344			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	41.3
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	47.2
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	47.5
		Este	272344			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended
 Solids Dried at 103-105°C.

Apoyo experimental:

Mg. Estefany Teodoro Vara
 Especialista en gestión y fiscalización ambiental
 OEFA


 ESTEFANY GLADYS
 TEODORO VARA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 141142

ENSAYO N°06 -R- 2020-1
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Direccion: AV. VENEZUELA S/N. CUADRA 34
Tipo de ensayo: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO
Matriz: AGUA RESIDUAL
Descripcion de la muestra: TRATADO CON TIO2/H2O2 AL 30%, 500-100 mg/L
Muestra tomado por: ARANCIAGA-VARGAS
Fecha de ingreso de la muestra: 21/05/2020

C2-T1 FECHA 21/05/2020 HORA 1:42						
pH						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975			7.78
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975			7.69
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975			7.75
		Este	272344			

Temperatura						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		°C	21.1
		Este	272344			

Solidos Suspendidos Totales						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	262
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	265
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	263
		Este	272344			

Demanda Bioquímica de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	220
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	222
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	218
		Este	272344			

Demanda Química de Oxígeno						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	309
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	305
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	309
		Este	272344			

Aceites y Grasas (mg/l)						
Estacion	Tipo de resultado	Coordenadas		Altitud	Unidad de medida	Resultados
C2- T1- R1	Muestra	Norte	8665975		mg/l	37.2
		Este	272344			
C2- T1- R2	Muestra	Norte	8665975		mg/l	38.5
		Este	272344			
C2- T1- R3	Muestra	Norte	8665975		mg/l	38.7
		Este	272344			

Metodología de Análisis:

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended
 Solids Dried at 103-105°C.

Apoyo experimental:

Mg. Estefany Teodoro Vara
 Especialista en gestión y fiscalización ambiental
 OEFA



ESTEFANY GLADYS
 TEODORO VARA
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 141142

I. Ubicación del Centro Médico Naval



Fuente: Google Earth pro 2018