



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Reducción de materia orgánica presente en el río Lurín mediante la aplicación de micro- nanoburbujas de aire a nivel laboratorio.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Campos Shupingahua, Jhony Nelson (orcid.org/0000-0001-8845-192X)
Tezen Solis, Francisco Javier (orcid.org/0000-0001-8224-2772)

ASESOR:

Dr. Ing. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA- PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta investigación está dedicado a nuestros padres y compañero. Y también reconocer el esfuerzo propio que tuvimos que tener para sacar adelante esta investigación a pesar de las adversidades presentadas en el camino.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios ante todo. También a nuestros docentes y compañeros de estudio que nos apoyaron en todo momento para el desarrollo de esta investigación.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO.....	16
III. METODOLOGÍA.....	36
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	36
3.2 Variables y operacionalización	37
3.3 Población, muestra y muestreo	37
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.5 Procedimientos	40
3.6 Método de análisis de datos	42
3.7 Aspectos éticos.....	42
IV. Resultados.....	43
V. Discusión.....	92
VI. Conclusiones.....	98
VII. Recomendaciones.....	99
REFERENCIAS.....	100
ANEXOS.....	110

Índice de tablas

Tabla 1. Promedio de validez.....	40
Tabla 2. Coordenadas de la zona de estudio	39
Tabla 3. Resultados de parámetros físico-químicos iniciales.....	45
Tabla 4. Resultados de carga orgánica iniciales	46
Tabla 5. Resultados de la cantidad de micro-nanoburbujas presentes por área ..	55
Tabla 6. Diámetro promedio de las micro-nanoburbujas.....	56
Tabla 7. Concentraciones resultantes mediante el proceso de espectrofotometría	65
Tabla 8. Parámetros físico-químicos de las muestras después del tratamiento con MNBs.....	64
Tabla 9. Resultados de Carga orgánica después del tratamiento con micro- nanoburbujas.....	65
Tabla 10. Porcentaje de remoción de DBO_5	73
Tabla 11. Porcentaje de remoción de DQO.....	75
Tabla 12. Porcentaje de remoción de conductividad eléctrica	77
Tabla13. Porcentaje de remoción de SST	79
Tabla14. Porcentaje de remoción de Turbidez.....	81
Tabla 15. Comparación de resultados con Estándares de Calidad ambiental (ECA)	83
Tabla 16. Resumen de procesamiento de casos para Hipótesis específica 1	85
Tabla 17. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 1	86
Tabla 18. Datos de significancia para Hipótesis específica 1.....	86
Tabla 19. Resumen de procesamiento de casos para Hipótesis específica 2.....	87
Tabla 20. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 2	88
Tabla 21. Datos de significancia para Hipótesis específica 2.....	88
Tabla 22. Resumen de procesamiento de casos para Hipótesis específica 3.....	89
Tabla 23. Pruebas de normalidad para Hipótesis específica 3	90
Tabla 24. Datos de significancia para Hipótesis específica 3.....	90
Tabla 25. Estadísticas de muestras emparejadas	91
Tabla 26. Correlaciones de muestras emparejadas	92
Tabla 27. Pruebas de muestras emparejadas	92

Índice de figuras

Figura 1. Obtención de DBO ₅	34
Figura 2. Zona de estudio	40
Figura 3. Diagrama de tratamiento de agua contaminada por materia orgánica mediante aplicación de MNBs.....	41
Figura 4. Cuerpo de agua del río Lurín	43
Figura 5. Toma de muestra inicial	44
Figura 6. Afluente río Lurín	44
Figura 7. Análisis de parámetros físicoquímicos con multiparámetro	46
Figura 8. Adición de muestra para el tratamiento.....	47
Figura 9. Homogenización de la muestra	48
Figura 10. Recepción y medición de muestra tratada	49
Figura 11. Muestras obtenidas después del tratamiento.....	49
Figura 12. Tamaño de las micro-nanoburbujas de la muestra 1 a 30 minutos	51
Figura 13. Tamaño de las micro-nanoburbujas de la muestra 1 a 60 minutos	51
Figura 14. Tamaño de las micro-nanoburbujas de la muestra 1 a 90 minutos	52
Figura 15. Tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 2 a 30 minutos ..	52
Figura 16. Tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 2 a 60 minutos ..	53
Figura 17. Tamaño de micro-nanoburbujas para la muestra 2 a 90 minutos.....	53
Figura 18. Tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 3 a 30 minutos ..	54
Figura 19. Tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 3 a 60 minutos ..	54
Figura 20. Tamaño de micro-nanoburbujas para la muestra 3 a 90 minutos.....	55
Figura 21. Cantidad de micro-nanoburbujas presentes por área de muestra.....	56
Figura 22. Resultados del Diámetro promedio de MT1, MT2 y MT3 de las micro-nanoburbujas.....	56
Figura 23. Solución de digestión y reactivo con ácido sulfúrico	60
Figura 24. Acondicionamiento de cantidades de muestra en tubos de ensayo sellados	61
Figura 25. Aplicación de reactivos a las muestras	61
Figura 26. Revisión de temperatura de glicerina y calentamiento de las muestras preparadas	62
Figura 27. Proceso de enfriamiento de las muestras	62
Figura 28. Proceso de calibración del espectrofotómetro y toma de datos	63

Figura 29. Resultados de pH de R1, R2 y R3 en diferentes tiempos de tratamiento con micro- nanoburbujas.....	65
Figura 30. Resultados de la Temperatura en la MT1, MT2 y MT3 a diferentes tiempos de tratamiento con micro-nanoburbujas.....	66
Figura 31. Resultados de la Turbidez en las muestras MT1, MT2 y MT3 a diferentes tiempos de tratamiento con micro-nanoburbujas.....	67
Figura 32. Resultados de la Conductividad Eléctrica a diferentes tiempos de las muestras MT1, MT2 y MT3 con micro-nanoburbujas.....	68
Figura 33. Resultados de SST a diferentes tiempos de MT1, MT2y MT3 con micro-nanoburbujas.....	69
Figura 34. Resultados de Oxígeno Disuelto a diferentes tiempos de MT1, MT2 y MT3 con micro-nanoburbujas	70
Figura 35. Resultados de DQO a diferentes tiempos de las muestras MT1, MT2 y MT3 con micro-nanoburbujas	71
Figura 36. Resultados de DBO5 a diferentes tiempos con micro-nanoburbujas de MT1, MT2y MT3	72
Figura 37. Porcentaje de remoción de DBO5 en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.....	74
Figura 38. Porcentaje de remoción de DQO en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.....	75
Figura 39. Porcentaje de remoción de C.E en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.....	76
Figura 40. Porcentaje de remoción de SST en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.....	77
Figura 41. Porcentaje de remoción de turbidez en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.....	78

Resumen

El objetivo de la investigación es emplear el sistema de micro-nanoburbujas de aire para reducir la carga orgánica del río Lurín a nivel laboratorio. Se procedió tomar una muestra inicial de 5L de agua del afluente. Donde se obtuvo los siguientes resultados: pH de 8.50, Turbidez >1000 NFU, Conductividad Eléctrica 3287 μ S/cm, Oxígeno Disuelto 4.21 mg/L, DQO 296.33 mg/L, DBO₅ 4.93 mg/L, TSS 1185 ppm y una Temperatura de 21.71°C. Se tomaron 3 muestras de 14 litros, las cuales fueron tratadas en 3 tiempos diferentes 30, 60 y 90 minutos, mediante el sistema de micro-nanoburbujas de aire. Después del tratamiento se obtuvo: DBO₅ 2.82mg/L, que equivale al 43% de la remoción, Turbidez de 120 FNU el cual equivale a 93% de la remoción, DQO de 134.29mg/L que equivale al 55% de la remoción, O₂ disuelto se obtuvo 4.12 mg/L, por lo tanto, ha aumentado. Conductividad eléctrica de 1261 μ S/cm que equivale al 62% de la remoción, para sólidos Suspendidos Totales de 153 ppm que equivale al 59% de la remoción total. Al ser comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de Agua de Categoría 1 A2 y de Categoría 4 E2-Costa y Sierra, se obtuvieron resultados prometedores.

Palabras clave: micro-nanoburbujas, DBO₅, DQO, aguas residuales.

Abstract

The objective of the research is to use the air micro-nanobubble system to reduce the organic load of the Lurín river at the laboratory level. An initial sample of 3L of influent water was taken. The following results were obtained: pH 8.50, Turbidity >1000 NFU, Electrical Conductivity 3287 μ S/cm, Dissolved Oxygen 3.21 mg/L, COD 296.33 mg/L, BOD₅ 4.93 mg/L, TSS 1185 ppm and a Temperature of 21.71°C. Three 14-liter samples were taken, which were treated at three different times, 30, 60 and 90 minutes, using the air micro-nanobubble system. After treatment, the following was obtained: BOD₅ 2.82 mg/L, which is equivalent to 43% of the removal, Turbidity of 120 FNU which is equivalent to 91% of the removal, COD of 134.29 mg/L which is equivalent to 55% of the removal, O₂ 4.12 mg/L was obtained and sustained. Electrical conductivity of 1261 μ S/cm which is equivalent to 62% of the removal, for Total Suspended Solids of 153 ppm which is equivalent to 59% of the total removal. When compared to the A2 Category 1 Water ECA and the E2-Coastal Category 4 ECA, the total removal rate for total suspended solids of 153 ppm is 59%.

Keywords: micro-nanobubbles, BOD₅, DQO, wastewater.

I. Introducción

La contaminación de las aguas por acción de las bacterias suele generar enfermedades, éstas representan una amenaza para afianzar la salud de la población. También se debe poner bastante atención a los compuestos orgánicos traça ya que dichos compuestos no se pueden tratar fácilmente, esto se debe a que las plantas de tratamiento de aguas residuales construidas en el pasado no las contemplaban, esto conlleva a que se depositen en los cuerpos de agua naturales sin un tratamiento adecuado para estos compuestos. (Seridou, 2021)

Arango (2013) Como bien sabemos el agua dulce es un elemento muy importante, del cual depende a grandes rasgos la vida en nuestro planeta. No obstante, viene siendo contaminado por acción del hombre, generando una gran pérdida no sólo para el propio ser humano sino para toda vida en ésta. Del mismo modo INEI (2019) mencionó que para el año 2020, el Perú contaría con 32 131 400 habitantes; eso fue en cuanto informó en el Día Mundial de la Población. Luego el INEI calculó que, para el año del bicentenario del Perú, se contaría con un aproximado de 33 millones 35 mil habitantes y se ha previsto que para el año 2030 la población aumente a 35 millones 729 mil habitantes. De este modo podemos observar el crecimiento exponencial de la población; pero lo crítico de lo que está sucediendo, es que esto conllevará a una mayor demanda de recursos hídricos tanto para su consumo, como el destino final de sus residuos debido a las malas prácticas ambientales.

Una de los causantes de la contaminación de las cuencas hidrográficas, es el aumento poblacional en estas últimas décadas y que ha jugado un factor muy importante a considerar, ya que el incremento poblacional viene de la mano con la demanda del uso de recursos para satisfacer las necesidades básicas, por ende, esto genera una mayor demanda de agua dulce. (Fúquene et al., 2018).

Para Escobar (2002) la contaminación del recurso hídrico está en un punto tan crítico, principalmente en los países en donde las aguas residuales que se descargan no tienen un proceso adecuado. Afirma también que como consecuencia

tenemos la pérdida de nuestra fauna y flora presente en el océano y que la mayor parte de la contaminación se genera en las costas o cerca de ella, la cual representa entre el 70 y 80% de la población total; donde el 70 y el 75% de la contaminación es por parte de los seres humanos. (SUNASS, 2008)

Según UNESCO et al. (2019), nos menciona que el aumento del consumo de agua es 1% anual. Se estima que el aumento seguirá un crecimiento igual hasta el año 2050, lo que equivale a un aumento del consumo de agua del 20 al 30%, el cual excede al nivel actual del uso del agua, ello es debido al aumento de la demanda por el sector industrial y doméstico.

Una de las causas de la contaminación de las cuencas hidrográficas en el Perú tales como ríos, arroyos y quebradas en las zonas rurales, se debe a la actividad industrial, en el que muchas veces no cuentan con un tratamiento adecuado de sus aguas residuales (PTAR). Otra de las causas ya sea en la zona rural y/o en la ciudad se debe a la incorrecta disposición final de los residuos sólidos, donde suelen ser eliminados hacia los cuerpos de agua, también encontramos la eliminación de desmonte, el lavado de autos y en algunas zonas el lavado de ropa, cuyos insumos, entre ellos el detergente, son vertidos directamente al río. Gran parte de estas aguas serán luego utilizadas por los agricultores para regar los sembríos y tendrán como consumidores finales a la población. (SUNASS, 2015)

Meoño (2015) afirma que, de un total de 786 millones de metros cúbicos de aguas residuales, se estima que 511 millones de aguas residuales no cuentan con ningún tipo de tratamiento, de los cuales Lima y Callao suman un promedio de 325 millones de metros cúbicos de aguas no tratadas, eso se debe a que de 143 plantas que funcionan en Lima y Callao, solo el 4.9% funciona en perfectas condiciones.

América Latina forma parte de un tercio de las cuencas hidrográficas del mundo y abarca una de las regiones con más biodiversidad, sin embargo, la contaminación de sus cuencas es preocupante (Yee-Batista, 2013).

Según Aquae (2018), la descarga de materia orgánica es una de los mayores causantes de contaminación de las cuencas hidrográficas, teniendo en cuenta que solo el 0,025% del agua dulce se considera apropiada para el consumo humano y que discurren por los ríos y arroyos representando el 1% de agua dulce. Por esta razón la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), menciona que durante los años 2000 al 2050, si seguimos contaminando nuestras cuencas hidrográficas, conllevará a un déficit por la alta demanda de agua dulce para el consumo humano en el mundo. Para contrarrestar esto, se han implementado diversas tecnologías y que según (Yee-Batista, 2013) nos dice que tengamos cuidado al aplicar tratamiento a las aguas residuales, para así poder reutilizar el agua del proceso y no solo utilizar el agua extraída, y no depositarla sin ningún tratamiento a los cuerpos de agua, teniendo en cuenta que se calcula que en Latinoamérica las aguas residuales sin tratamiento representan un 70% .

El trabajo de investigación contempla como propósito principal analizar la los porcentajes de reducción de carga orgánica presente en el río Lurín mediante la aplicación de un sistema de micro-nanoburbujas de aire. Esta tecnología que ha ido tomando gran significancia por ser vanguardista para nuestra realidad local, limpia y amigable con el medio ambiente. Esta tecnología de micro-nanoburbujas tiene por su alcance en varios campos de estudio, resultados favorables, como por ejemplo en el campo de la medicina, en el tratamiento de aguas residuales de minería, en la desinfección y purificación de agua y la depuración de alimentos.

La presente investigación contempla la siguiente problemática. En los últimos años se ha podido apreciar un aumento de la contaminación de los cuerpos de agua, causada por la descarga de aguas residuales, las cuales contienen alta carga orgánica y otros contaminantes, como es el caso de río Lurín. La contaminación de este afluente se debe a la mala disposición de los residuos sólidos por parte de población debido a la falta de compromiso y conciencia ambiental.

Cabe resaltar que la (OEFA, 2014) mencionó que se ha podido observar a las plantas de tratamiento estar sobrecargadas, lo cual conlleva a deducir que se esté superando los parámetros máximos permisibles (LMP), ello conlleva a que no se

respeten los estándares de calidad ambiental (ECA) establecido en el Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM; ello provoca que se generen malos olores y conflictos con los pobladores.

Espinoza, (2017), menciona que se estima que hay 41 unidades hidrográficas que han superado por mucho los estándares establecidos (ECA), siendo las aguas residuales municipales y/o domésticas una de las principales fuentes, según el informe presentado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2016 en La Planificación de la Calidad de los Recursos Hídricos.

En el año 2017 los pobladores del distrito de Lurín denunciaron los daños que viene sufriendo el río Lurín debido a la contaminación de sus aguas por el vertimiento de aguas residuales, las cuales han ido deteriorando el ecosistema de Cieneguilla. (AMBIENTAL, 2019). Este hecho conllevó que la OEFA como también el ANA emitan informes que constaten la contaminación del río Lurín. Estos informes fueron remitidos a la autoridad municipal anterior sin encontrar respuesta o soluciones hasta la fecha.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2019), en un estudio realizado a las cuencas del río Chillón, Rímac y río Lurín, pudo identificar 302 puntos críticos de los cuales se encuentran 77 puntos críticos en el afluente del río Lurín, 59 puntos críticos en Cieneguilla, 10 puntos críticos en Pachacamac y 8 puntos críticos en Lurín, esto puso en jaque a los pobladores que viven cerca de la cuenca, afectados directamente debido a la gran contaminación por los residuos sólidos y aguas residuales desechadas sin un tratamiento previo.

Como base del problema general mencionado, se plantea que ¿El sistema de micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuye a la reducción de carga orgánica en el río Lurín? y a su vez se plantea los problemas específicos ¿Las micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuyen a la reducción de las características físicas del río Lurín? ¿Las micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuyen a la reducción de las características químicas del río Lurín?

¿Las micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuyen a la reducción de las características biológicas del río Lurín?

En base a las preguntas hechas anteriormente, se define el objetivo general de la investigación, la cual plantea determinar si el sistema de micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuye a la reducción de la materia orgánica en el río Lurín y como objetivos específicos se tiene OE1: Determinar la reducción de las características físicas del río Lurín mediante el sistema micro-nanoburbujas de aire, como OE2: Determinar la reducción de las características químicas del río Lurín mediante el sistema micro-nanoburbujas de aire, como OE3: Determinar la reducción de las características biológicas del río Lurín mediante el sistema micro-nanoburbujas de aire

Del mismo modo con base a los objetivos, se ha planteado la hipótesis general: El sistema de micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuye a la reducción de la materia orgánica en el río Lurín. Como hipótesis específicas se tienen HE1: El sistema micro-nanoburbujas de aire contribuye a la reducción de las características físicas del río Lurín, como hipótesis específica HE2: El sistema micro-nanoburbujas de aire contribuye a la reducción de las características químicas del río Lurín, como HE3: El sistema micro-nanoburbujas de aire contribuye a la reducción de las características biológicas del río Lurín

Posteriormente, se justifica teóricamente la investigación porque se aplicarán los conocimientos básicos sobre remediación de aguas residuales.

A partir de la teoría y los antecedentes encontrados, se propone la utilización del sistema de micro-nanoburbujas de aire, con el objetivo de reducir la materia orgánica presente en el río Lurín. Del mismo modo se justifica de forma práctica, porque este método ayudará a reducir los parámetros físicos, químicos y biológicos del afluente del río Lurín y de igual forma se justifica metodológicamente ya que el método que se utilizará es de carácter probabilístico y cuasi experimental, en el cual se procederá a analizar los parámetros del río Lurín antes y después de ser

sometidas a experimentación aplicándole micro-nanoburbujas de aire para reducir la carga orgánica presente.

II. Marco Teórico

Como base para esta investigación se ha recurrido a los siguientes antecedentes nacionales e internacionales.

Como antecedentes nacionales se presenta:

Alarcón (2020) Menciona en su investigación titulada “Propuesta de gestión para mejorar el agua a través de la tecnología de nano burbujas en el distrito de Bagua”, en la cual el investigador concluye que si se aplica el sistema de nanoburbujas para la mejorar la calidad de agua potable que se viene consumiendo en el distrito de Bagua esta sería beneficioso según lo que se llega concluir mediante la revisión de literatura , las nanoburbujas son un sistema apropiado que contribuiría a la mejora significativa de la calidad del agua esta permitiría una mejor eficiencia en el tratamiento del agua de consumo de la población cumpliéndose de esta manera los lineamientos establecidos por el ANA.

Prada (2019), en la investigación de “Recuperación de la calidad del agua de los humedales de Villa Chorrillos, mediante el uso de micro -nano burbujas de aire” El investigador utiliza el sistema de micro- nanoburbujas, en la cual se puede apreciar que el sistema contribuyó significativamente en la reducción los indicadores físicos como la salinidad y los sólidos totales disueltos en el agua, al mismo tiempo se observa la disminución de los indicadores microbiológicos tales como los coniformes termo tolerantes ,*Escherichia Coli* como también el indicador huevos, larvas demostrando de esta manera que el tratamiento aplicando micro nano burbujas es eficiente. Del mismo modo se observó que los parámetros físico químico de OD, DBO₅, DQO se apreció que el OD aumento a causa de la oxigenación del sistema de micro nano burbujas de aire de 1.7 a 5.3mg/L, mientras que la demanda bioquímica de oxígeno tuvo una reducción de 552.5 a 5.3 mg/L, el DQO que se midió inicialmente de 1,9921.1 mgO₂/L luego de pasar por el sistema de nanoburbujas este se redujo en 145.0 mgO₂/L.

Ayala (2019) En su investigación “Reducción de contaminantes orgánicos y biológicos de afluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ancón utilizando micro-nanoburbujas de aire y grafeno”, en los investigadores procedieron a tomar una muestra inicial de (3L), Luego de ello se determinó la DBO_5 en una concentración de 410mg/L que se encontraba dentro en la concentración de la carga orgánica, también observándose 483mg/L, para la demanda química de oxígeno y a su vez para coliformes termotolerantes de 44.000 NMP/100mL y se pudo observar también 63.33NTU para la turbidez de la nuestras analiza. De esta manera los investigadores obtuvieron 87mg/L para la demanda bioquímica de oxígeno que para la demanda bioquímica de oxígeno que vendría a representar el 78.8%, y del mismo modo 114 mg/L que representa el 76.4% de la demanda química de oxígeno, para Coliformes Termotolerantes observándose 2.900NMP/100mL que estaría representando 93.41% de la concentración y la turbidez se observó 12.4 NTU la cual representa el 80.11% de la concentración total. Del modo que la técnica aplicada por los investigadores fue eficaz permitiéndonos poder reducir los parámetros físicos como a su vez la reducción de la carga orgánica.

Díaz (2019) menciona en su investigación “Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes en efluentes de tratamiento de aguas residuales Covicorti mediante nanoburbujas de aire – oxígeno” Se considera esta investigación porque guarda relación con nuestra variable independiente como también con nuestra variable dependiente. En donde los investigadores luego de realizar la parte experimental mediante el uso de una maquina generadora de nanoburbujas la cual estaba conectada a una bomba de 0.5HP, permitiendo que se generara aire conectado a un tanque de oxígeno medicinal con 110psi. Se logro determinar de este modo el efecto sobre la densidad de oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, y metales pesados (Pb, Cd, Fe, Cu, Zn, Mn, Br, Al, Hg), coliformes termotolerantes (Obteniendo que durante 20 minutos de tratamiento se registró una disminución significativamente de OD en 66.68%, y del mismo modo el DQO en 64.76% DBO_5 en 66.66%, observándose también en metales pesados un 28.08% y coliformes termotolerantes en 63.10%.

Salguero (2017) en “Reducción de demanda bioquímica de oxígeno de las muestras de agua de la cuenca baja del río Chillón por medio de micro-nanoburbujas de aire – ozono, Ventanilla Callao” se ha considerado esta investigación por su aproximación a las variables de investigación. El investigador observó que la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire- ozono se evidenció que se redujo en 173mg/L a 57mg/L el cual representa el 66.86% de la remoción, respecto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Este resultado se obtuvo en el tiempo de 15 minutos demostrando que si se aplica el sistema puede mejorar las aguas del río Chillón.

Benazir , et al (2017), en su investigación realizada con nanotecnología “Reducción de los coliformes termotolerantes presentes en el agua de mar mediante micro - nanoburbujas de aire – ozono de la playa de los Pavos Lima- Perú” en su experimentación nos muestra que en los parámetros iniciales se pudieron apreciar coliformes termotolerantes de 1400NMP/100mL a pH 7.13 y 44.5 °C, de esta manera superando los estándares ambientales dispuestos por el Ministerio del Ambiente. Es debido a ello que se procedió a utilizar estas nanoburbujas por el dispositivo creado por el Dr. Jhonny Valverde Flores la relación volumétrica aire/ozono se consideró en 3/1, del tamaño de la micro- nanoburbujas fue de 7µm, un caudal de agua de 4,67L/min y una presión de la mezcla de aire -ozono de 90 PSI. Se tuvieron 3 muestras para la muestra A la relación mar /agua fue 3/1 para muestra B fue 1/1 y para muestra C fue de 1/3. Y como resultado se pudo evidenciar que los coliformes termotolerantes para la muestra A se redujeron en a 56 NMP/100mL, y para la muestra B se observó una reducción de 79NMP/100L y de la muestra C disminuyó en 130NMP/100mL de esta forma se logró una eficiencia del 96%, 94.36%,90.71% respectivamente.

Macassi (2017) menciona en su investigación titulada “Comportamiento del sistema de nano-burbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de Concepción” se tomó esta investigación por tener relación con nuestra variable dependiente y a su vez a nuestra variable independiente, El investigador optó por utilizar el método de Venturi, el cual tiene una relación de 1/3 a 3/4 de la tubería convergente para poder

generar nanoburbujas . El sistema se logró instalar dentro de un contenedor de plástico en donde el agua residual debe estar con un volumen de 1m^3 constante el cual estará regulado mediante una válvula de paso. Donde su tuvo como muestra inicial de DQO 88.59mg/L y de DBO_5 138 mg/L , en la cual después del tratamiento con nanoburbujas se contemplaron los siguientes resultados, en las 2 primeras horas se redujo el DQO en 0.87% , en un caudal de 0.1389L/s , luego para 8 horas se logro 79.92% el cual fue el valor máximo alcanzado, ello se redujo en un caudal de 0.0347L/s y para las 10 horas de tratamiento no se observaron cambios en un caudal de 0.0278 L/s .

Menendez et al.(2017), en su investigación “Reducción de aguas residuales hospitalarias mediante micro – nanoburbujas de aire de ozono” logró una reducción significativa de la materia orgánica que se presentó en las aguas residuales de los hospitales expresada en Demanda química de oxígeno y Demanda bioquímica de oxígeno; el investigador empleó un sistema continuo para la generación de las micro-nanoburbujas obteniéndose burbujas de $0.024\mu\text{m}$ de diámetro aproximadamente y se procedió a tomar dos muestras , la primera muestra se tomó a las (8:00am) y la muestra dos se tomó (a las 11:00am) en donde se pudo reducir las concentración que se tenían inicialmente de la muestra 1: DBO_5 de 132mg/L a 14mg/L y de DQO de 374mg/L a 30mg/L y de la muestra 2: DBO_5 5127mg/L a 21mg/L y DQO de 297mg/L a 36mg/L . Obteniéndose resultados prometedores a los 15 minutos de la muestra 1 DBO_5 fue de 90.2% de DQO fue de 92.51% y de la muestra 2 de DBO_5 fue 836.5% y de DQO fue de 87.9% . Se ha considerado esta investigación por guardar relación con la variable independiente y una estrecha similitud a la variable dependiente,

Leyva (2017) En su investigación titulada “Reducción del DQO y SST de los efluentes residuales de una industria azucarera en Paramonga, mediante el uso de Micro-Nanoburbujas de aire” demuestra que la calidad del agua aumenta positivamente, asimismo concluye que el tipo de agua resultante puede tener otras finalidades. Esto lo realiza comparando con datos iniciales de los efluentes de DQO y SST con los resultados de un tratamiento que constó de 90 minutos, en el cual los

resultados para la DQO se redujeron en más del 80% y para los SST se redujo en el 78% de la muestra original.

Méndez (2017) en su investigación "Reducción de DQO y materia orgánica usando micro nano burbujas de aire en agua contaminada con amoxicilina a nivel laboratorio. Se procedió a elaborar 3 muestras, con diferentes cargas de amoxicilina, por cada litro de agua destilada las cuales fueron tratadas a diferentes tiempos 15,30 y 45 minutos, la cantidad de amoxicilina para el primer tiempo de 15 minutos fue de 0.5 g/L, para el minuto 30 la cantidad fue de 1g/L y para el tercer tiempo de 30 minutos fue de 2.5 g/L, los parámetros iniciales de las muestras preparadas para DQO fueron las siguientes: para la muestra 1 una concentración de 508.6mg/L, para muestra 2 una concentración inicial de 711.8 mg/L a muestra 3 una concentración inicial de 1582.6 mg/L, así mismo para M.O. se obtuvieron las siguientes concentraciones, para la muestra 1 una concentración de 531.7mg/L, para la muestra 2 una concentración de 703.4 mg/L y para la muestra 3 una concentración de 752.6 mg/L. después del tratamiento se obtuvieron los siguientes resultados para DQO. En la muestra 1 una reducción de 76.9%, para la muestra 2 una reducción del 56.3y para la muestra 3 una reducción del 68.6% así mismo para M. O se obtuvo una reducción para la muestra 1 65.8%, para la muestra 2 una reducción del 55.7%, para muestra 3 una reducción del 40.9%. De la cual se puede observar que en el mayor tiempo se tiene mejores resultados al aplicar el sistema de nanoburbujas para la reducción de DQO y M.O.

Acuña et al (2020), en su investigación "Reducción de materia orgánica del efluente de un camal de Lima, aplicando micro-nanoburbujas de aire, 2020" lograron reducir la materia orgánica presente según los resultados obtenidos en cantidades de: DQO con concentración 678 mg/L y DBO₅ con concentración 301 mg/L. También se redujo los SST con concentración de 81.9 mg/L y Coliformes totales con concentración de 40000 NMP/100 mL.

Núñez (2017), en su investigación "Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire", el autor realizó la comparación de las muestras iniciales y finales en base al DBO₅ y DQO,

se consideraron factores como: pH, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez. El trabajo se realizó aplicando nanoburbujas de aire en las 3 muestras, de las cuales se extrajeron 2: una a los 45 minutos y otra a los 90 minutos después de haber comenzado el tratamiento. Los resultados dieron datos positivos dado que se redujo de manera significativa la concentración de conductividad eléctrica en un 8.4%, la concentración de turbidez en un 71,97%, la concentración de DBO₅ en un 99.89% y la concentración de DQO en un 99.13%, estos resultados se obtuvieron en los tiempos más altos.

Villón (2017), en su investigación “Reducción de la concentración de contaminantes en los efluentes de la industria de conservas de pescado utilizando nanoburbujas de aire – Callao”. El investigador menciona que se obtuvo como muestra inicial para SST 6180mg/L para DBO₅ 7350mgO₂/L, para DQO10356 mgO₂/L, de aceites y grasas 96.3 mg/L. Después del tratamiento se logró reducir para TSS 6180mg/L a 645mg/L que representa el 89.5%, para DBO₅ 7350 mgO₂/L a 1730 mgO₂/L siendo el 76,5%, para DQO10356 mgO₂/L a 2736 mgO₂/L representa el 71,6 % y para aceites y grasas de 96.3 mg/L a 33.2mg/L que equivale al 65.5%. No se logró reducir los parámetros a los VMA de concentración de los contaminantes, ya que se encontraron por encima de los VMA (Valores máximos admisibles) pero se redujeron considerablemente. También se generaron NB de aire que llegaron a medir 100 nm.

Como antecedentes internacionales se ha considerado:

Darwesh, et al (2022) en “Challenges of nanotechnology applications in addressing environmental pollution” menciona que se tiene buenos antecedentes sobre tratamientos con micro-nanoburbujas a nivel laboratorio demostrando resultados exitosos, ello es debido a su capacidad para tratar aguas residuales; sin embargo, no se ha profundizado el uso de las micro-nanoburbujas en el campo de la industria, ello es debido a los desafíos tanto técnicos, como también económicos y a su vez de salud.

Levitsky, et al (2022) indica en su investigación titulada “Micro and nanobubbles in water and wastewater treatment: A state of the art review” Se conocen cuatro métodos para poder generar micro nanoburbujas de agua y de aire, las cuales se pueden utilizar en la transferencia de oxígeno para los procesos microbiológicos con una alta tasa de consumo, también se puede utilizar para la flotación de algas, también para la descomposición de compuestos orgánicos del mismo modo también se puede utilizar para la mitigación de incrustaciones de membranas. Una de las cualidades de las MNB es el decrecimiento en el uso de productos químicos, para el tratamiento de aguas residuales. La implementación de micro-nanoburbujas contribuirá a reducir las etapas de los tratamientos de agua.

Aluthgun, et al (2021) mencionan en su investigación “Remediation of contaminated sediments containing both organic and inorganic chemicals using ultrasound and ozone nanobubbles” se ha considerado la presente investigación porque tiene características similares a la variable nanoburbujas de aire y una aproximación a la variable reducción de materia orgánica. Donde los autores proponen reducir sustancia química orgánicas como inorgánicas en sedimentos, en la cual mezclaron una sustancia orgánica (p-terfenilo) y luego una inorgánica (cromo) se pudo observar que la mayor eficiencia de la eliminación de Cr de 87,2% se registra con la concentración que se tenía 1227,1% mg/kg con los ciclos de tratamiento más alto. Mientras que la degradación de p-terfenilo se debe a la influencia de los efectos combinados de la oxidación y la pirolisis asistida por ultrasonidos y la combustión de sustancias orgánicas. Para el Cr es 77,1% se pudo observar buenos resultados con el ciclo de tratamiento más alto y el uso de ozono con 78,75/ml de densidad energética.

He, et al (2021) del mismo modo se ha considera la presente investigación “Improved removal of Congo red from wastewater by low-rank coal using micro and nanobubble” porque tiene semejanza con nuestra variable dependiente como a su vez a nuestra variable independiente. En la cual los investigadores evaluaron la influencia de las BMN en la adsorción de CR por LRC. La presencia de micro – nanoburbujas contribuyó a la aceleración de la adsorción y las tasas máximas de adsorción logradas fueron 2 veces mayores que sin micro – nanoburbujas tanto

para WL como para MD. La concentración de CR se pudo observar que disminuyó a 37,4 mg/L con WL y las micro – nanoburbujas realizaron un trabajo de 1 minuto, mientras tanto se necesitaron 25 minutos para lograr la misma concentración de CR residual sin MNB después de 10 minutos de generación de MNB sin LCR, se pudo apreciar que la concentración de CR había disminuido en 75,0mg/L a medida que la oxidación por los radicales OH* generados a partir de micro- nanoburbujas descomponía la materia orgánica.

Huu, et al (2021) menciona en “Control of *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strain) and improvement of quality using nanobubble technology” se ha considerado esta investigación por guardar semejanza con muestra variable independiente y un acercamiento con nuestra variable dependiente. Los autores de la presente investigación concluyeron la capacidad de las nanoburbujas para reducir el *V. Parahaemolyticus* en un entorno experimental, con una concentración bacteriana inicial de 106 UFC/ml, después de una semana, en el cual las bacterias del aire y los tratamientos mediante oxígeno NB fueron del 60%, y 40%. Los recuentos de bacterias en los 2,4,6 minutos del experimento mediante el tratamiento mediante la aplicación de nanoburbujas de ozono fue de 23%,2.2%,0% en el grupo de control. La aplicación de las nanoburbujas ha podido demostrar la reducción de las bacterias en especial al usar las nanoburbujas de ozono: se ha podido observar también que las NB de oxígeno de ozono aumentaron significativamente los niveles de oxígeno disuelto en 20mg/L lo que es beneficioso para los animales acuáticos si esta es utilizada en la agricultura.

Kalogerakis, et al (2021) , en su artículo "Environmental applications of nanobubble technology: Field testing at industrial scale se ha tomado este artículo porque tiene un alcance con nuestra variable dependiente que es reducción de carga orgánica y a su vez tiene relación a nuestra variable dependiente que es nano burbujas de aire. El departamento de Agua y Saneamiento de Sudáfrica mencionó que los valores permisibles de la bodega Tulbagh sobrepasaban con creces los límites máximos admisibles para agua de uso de riego, por la cual se aplica el sistema de nanoburbujas de aire a 1600m³ de agua residual en el cual se introdujo 170L/min de aire, Teniendo como muestra inicial de DQO 3000mg/L y un pH que oscilaba en

5.9, después del tratamiento se contempla una reducción de 62.29kg con una energía diaria de 32.4kwh. para la remoción de DQO se necesitó un total de 0.515KWh/Kg, en la se logró una reducción del DQO en 10 semanas por completo, el pH se incrementó en 8.9al final del tratamiento, demostrando l eficiencia de las nanoburbujas de aire, para el sector industrial.

Kyzas, et al (2021) en su investigación titulada “From micro-bubbles to nanobubbles: Effect on Flotation” se ha considerado esta investigación por guardar relación con nuestra variable independiente y un acercamiento a nuestra variable dependiente, los autores concluyen en lo siguiente: que con los aparentes avances de la tecnología y los respectivos avances en las nanotecnologías en diferentes áreas (incluida la flotación), el creciente interés por las nanoburbujas es evidente. El papel variable y su interacción con las micro- nanoburbujas se destacaron a partir del procesamiento de minerales y pasando el agua y tratamiento de aguas residuales, el agua siendo una herramienta de fabricación que la industria ha tomado por ser barato abundante. nos está llevando a una era de escasez de agua debido al crecimiento demográfico, globalización como ultimo el cambio climático.

Moftakhari, et al (2021) nos mencionan en su investigación “Global trends and characteristics of nano- and micro-bubbles research in environmental engineering over the past two decades: A scientometric analysis” en la cual los autores concluyen que el estudio realizado tiene dos objetivos principales el primero era investigar la producción de científica mundial de micro nanoburbujas y a su vez nanoburbujas desde el 2000 hasta el 2020 , de esta forma poder visualizar los beneficios que las dos tecnologías(MNB y NB) puedan ofrecer en las ciencias ambientales como a su vez a la mejora ambiental, tales como en tratamiento de aguas residuales, la germinación de semillas . el segundo es aplicar el motivo detrás de cada gráfico y tendencia a través de perspectivas de ingeniería, los datos se obtuvieron de web of Scince y se delimitaron mediante el software de visualización VOS y GraphPad Prims. Este artículo pudo revelar una tendencia de crecimiento en los artículos publicados en un periodo de 20 años siendo China la cual tuvo las colaboraciones más significativas, seguido de EE. UU y Japón.

Sakr, et al (2021) menciona en su investigación sobre “Los desarrollos recientes en aplicaciones de micro-nanoburbujas para el uso doméstico y tratamiento de aguas residuales industriales” el investigador realiza una exhaustiva revisión a las técnicas de caracterización para así poder determinar el tamaño de la burbuja, como también la distribución de su tamaño, de esta manera obtener la velocidad de ascenso de la burbuja como las tasas de transferencias de masa de gas y el potencial zeta, del mismo modo la capacidad de generación de radicales libres como la estabilidad de la burbuja, se procedió a evaluar el efecto del tamaño de la burbuja sobre la eficacia de los procesos de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, se investiga también las aplicaciones de las micro-nanoburbujas tales como ozonización, flotación por aire disuelto, aeración y otros procesos. De este modo se estima que la utilización de las micro-nanoburbujas es una prometedora tecnología sostenible y de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales.

Wu, et al (2021) en su investigación “Role of bulk nanobubbles in removing organic pollutants in wastewater treatment” se ha considerado la presente investigación por tener semejanza con las variables dependiente y su vez a la variable independiente, los autores en su investigación llegaron a la siguiente conclusión: Las características únicas que tienen de las nanoburbujas, como su alta estabilidad larga vida útil, como también superficie- volumen su alta eficacia de transferencia de masa y también la gran capacidad de generar radicales libres, estas pueden proporcionar medidas para mejorar las tecnologías convencionales en el campo de tratamiento de agua. Las nanoburbujas tienen una capacidad significativa como un nuevo método ambientalmente amigable para eliminar compuestos orgánicos, gracias a su pequeño tamaño y a la existencia de una carga superficial, la cual mejora de manera significativa el proceso de flotación de aire para así poder separar las suspensiones, su gran superficie específica a permitido como su durabilidad a la mejora de la eficiencia para el tratamiento de agua residual tanto como teñido textil, efluentes municipales, aguas residuales domésticas e industriales.

Haris, et al (2020) , en su investigación “The use of micro bubbles in groundwater remediation: A comprehensive review”. Se ha considerado este artículo porque tiene relación con nuestra variable independiente y una aproximación a nuestra variable dependiente, donde los investigadores mencionan que la aplicación de micro nano burbujas de aire como una tecnología favorable para poder realizar la remediación de aguas residuales subterráneas, siendo esta tecnología fácil de instalar al contrario de tecnologías similares para remediar características físicas como también microbiológicos pero que demandan grandes inversiones : Además el periodo de tratamiento es corto debido a que las MNB aumentan el metabolismo, mejorando la biorremediación.

Kim, et al (2020) en su investigación titulada “Effect of nanobubbles for improvement of water in freshwater: Flotation model simulation” menciona que en la investigación realizada utilizando un modelo de flotación (FM) en la cual confirma que las nano burbujas pueden colisionar y adherirse para formar agregados con pequeña partículas hidrófobas como sedimento incluyendo partículas inorgánicas como desechos plásticos en micro nano escala menciona que depende del tamaño y numero de burbujas, ello ayudo a visualizar que las nano burbujas se ajustan a su carga superficial y asu afinidad por las superficies hidrófobas relacionadas a su estabilidad , pero también se puede observar que la flotabilidad de los agregados formados por las nano burbujas es más bajo que el movimiento browniano no influyendo en la interacción de la flotación o sedimentación , según estudios realizados donde aplicaron NB(150-800nm) y micro nano burbujas (MB30-100µm) para la eliminación partículas de cuarzo pueden deteriorar la calidad del agua en lugar de mejorarla es debido al tiempo de los agregados están en suspensión durante un largo tiempo de estancamiento. Los experimentos a nivel laboratorio también arrojaron demuestran la mejora en la eficiencia de eliminación de las partículas finas (<25µm) nailon, PVC y caolín con HBs (NBs y MBs), los autores recomiendan descubrir un método más razonable para aplicar HBs en el campo del tratamiento de agua dulce que causa un efecto adverso mínimo en el ecosistema y permita una eficiencia de eliminación optima de las partículas finas hidrófobas.

Singh , et al (2020) menciona en su investigación titulada “Effect and application of micro- and nanobubbles in water purification”, en la cual mencionan los autores que la aplicación efectiva de las micro-nanoburbujas y de nano burbujas, como procesos convencionales de flotación, aireación como también de ozonización. para la eliminación, decoloración y desinfección para los contaminantes orgánicos a su vez los inorgánicos en el agua, En Flotación los nanoburbujas como las microburbujas se están utilizando para la eliminación de toxinas del agua con mayor alcance dándonos mayor eficiencia en los tratamientos esta eficacia estará influenciada al tamaño de las burbujas.

Xiao, et al (2020) menciona en su investigación titulada “Mass transfer of nanobubble aeration and its effect on biofilm growth: Microbial activity and structural properties” se toma como antecedente esta investigación por tener estrecha relación con nuestra variable dependiente y como una similitud a nuestra variable independiente, donde menciona que la aireación de nano burbujas es un método bastante prometedor para lograr sus objetivos. En comparación de las nano burbujas gruesas, se pudo observar que el perfil de oxígeno disuelto mostrando que las nano burbujas proporcionan más oxígeno a las biopelículas, esto ofrece una capacidad de suministro de oxígeno superior y unas eficiencias de oxígeno de 1.5 veces mayor. Las imágenes de microscopía que la aireación afecta con las nano burbujas afecto los componentes de la biopelícula al cambiar la comunidad microbiana y cambiar sus vías metabólicas de biopelículas, esto permitió un ahorro de 80% de energía permitiendo una alta eficiencia y sobre todo un bajo costo para los sistemas de biopelículas aeróbicas en el tratamiento de agua residual.

Khan,et al (2020) , los investigadores mencionan en su investigación titulada “Micro- nanoburbujas technology and water -relatad application” se considera esta investigación porque tiene una aproximación a nuestra variable independiente y nuestra variable dependiente, en la cual concluyen los autores que las micro-nanoburbujas y las nanoburbujas es una tecnología prometedora y que su aplicación se ha dimensionado a varios sectores como por ejemplo el medio ambiente , que en su mayoría de estudios se ha realizado en el tratamiento de agua con los desafíos ambientales globales como la degradación y el agotamiento de

los recursos hídricos este estudio considera que se debe tomar en énfasis en el tamaño de las burbujas en diversas condiciones físicas y químicas, los métodos de generación de burbujas y la optimización automatizada.

Rameshkumar, et al (2019) menciona en "Generation and characterization of nanobubbles by ionization method for wastewater treatment" en la cual mencionan que la mejora de la calidad del agua es una gran preocupación debido a la calidad disponible del agua contaminada en varios lugares, si el agua contaminada no recibe el tratamiento adecuado este afectará al suelo y tendrá un impacto en la calidad de agua subterránea. Los métodos de tratamiento de agua convencionales implican un costo enorme ello es debido a la complejidad del mecanismo parcialmente. El costo de este sistema es muy bajo en comparación con los otros sistemas disponibles y es muy fácil de manejar. En este artículo, se discute la disminución promedio de los sólidos suspendidos totales (TSS) de alrededor de 30% y el aumento del 50% en el oxígeno disuelto (OD), además también de una disminución del 90% en los sólidos disueltos totales (TSS) con la influencia de las nanoburbujas en las muestras elegidas.

Xiao, et al (2018) mencionan en su investigación "The role of nanobubbles in the precipitation and recovery of organic phosphine – containing in beneficiation wastewater" se tomó esta investigación porque guarda relación con nuestra variable independiente como también una aproximación a nuestra variable dependiente. En su investigación diseñaron cuatro sistemas para así poder estudiar el impacto de las nanoburbujas para así poder lograr la recuperación de la fosfina en aguas residuales que contienen fósforo. Los resultados obtenidos demostraron la importancia que cumple las nanoburbujas la cual defiere en la precipitación y la flotación. Las nanoburbujas inhibirían la precipitación de las partículas precipitadas de SPA-Pb que tienen un tamaño más grande ($-2\mu\text{m}$). El cual es más importante aún, agregar nanoburbujas después de la precipitación de partículas de SPA-Pb esta podría aumentar en gran medida la eficiencia en la recuperación mediante flotación hasta un 90%, esta investigación es muy importante para así poder comprender interacción entre las nanoburbujas así como

también las partículas hidrofóbicas y promover la aplicación de nanoburbujas en flotación.

Hewa, (2018) en su investigación que lleva por título “Decontamination of the Passaic river sediments using ultrasound whit ozone nano-bubbles” , se considera esta investigación por tener relación con nuestra variable independiente . El autor menciona que entre los contaminantes que se encontraron en el río Passaic fueron PAH,PCDD/F,PCB,DDT,metales pesados tales como Cr,Hg, Pb y pesticidas y sus derivados, este estudio tenía la finalidad de remover la carga orgánica . como también la carga inorgánica, la máxima eficiencia registrada fue de la carga orgánica con un 92% de remoción a temperaturas bajas, y para la carga inorgánica se utilizó el Cr donde se apreció que no hubo cambios significativos, si se combina ozono y nanoburbujas se apreció una reducción máxima del 98%.

Temesgen, et al (2017), menciona en su investigación titulada “Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water treatment techniques: A review” en la cual los autores llegan a la conclusión que las nanoburbujas, y también las micro nanoburbujas son menos químicas, es por ello que tiene potencial significativo para la reducción de costos operativos, su aplicación tiene una gran importancia para el tratamiento de agua. Ello es debido a su capacidad de transferencia de masa, su velocidad de ascenso relativamente más baja, carga superficial fácilmente adaptable, su capacidad de generación de radicales libres. Ha hecho de las micro-nanoburbujas eficientes para la separación de partículas, desinfección y reducción de materia orgánica. Los resultados obtenidos mediante flotación se realizaron los parámetros en el laboratorio en la cual se pudo observar un incremento significativo de 40% de la eficiencia para la claridad de las aguas residuales, posteriormente se apreció la disminución de un 95 % de la turbidez.

Nazari , et al (2017), en su investigación titulada “Recent Developments in Generation, Detection and Application of Nanobubbles in Flotation” revisan los desarrollos recientes en la comprensión fundamental de las nano burbujas (NB) ultrafinas y presentan los avances tecnológicos y los tipos de reactivos utilizados

para su generación en flotación. Se evaluó la generación de NB utilizando varios enfoques, incluidos ultra-sonicación, intercambio de solventes, cambio de temperatura, cavitación hidrodinámica y electrólisis. Lo que es más importante, se revisaron exhaustivamente las restricciones y oportunidades con respecto a la detección de NB, centrándose en diversas técnicas de caracterización, como el analizador de tamaño de partículas láser (LPSA), el seguimiento de nanopartículas (NTA), la dispersión de luz dinámica (DLS), la luz de fase zeta dispersión (ZPALS) y medidor zeta. Como característica clave, también se exploraron los tipos y los posibles mecanismos de los tensioactivos aplicados para estabilizar los NB. Además, se informó que las nanoburbujas asistidas por flotación son un método eficiente para recuperar minerales, con un enfoque especial en la cinética de flotación.

Nakagawa (2021), en su investigación titulada "Nanobubbles as friction modifier", los autores estaban interesados en realizar experimentos simples de dinámica de fluidos que a menudo se usan en los libros de texto para cuestionar cómo la inclusión de nanoburbujas puede alterar los hallazgos comúnmente aceptados. Este enfoque los llevó a descubrir que las nanoburbujas pueden ser un modificador del comportamiento del flujo totalmente nuevo, económico y respetuoso con el medio ambiente. La investigación da resultados preliminares sobre las nanoburbujas como modificador de fricción.

Han, et al (2021), en su investigación titulada "Long-term effect of NNBs generated by turbulent Flow through diamond", generaron burbujas submicrónicas utilizando boquillas generadoras de nanoburbujas (NBGN) con muescas en forma de diamante. Las NBGN son de gran interés porque pueden generar nanoburbujas dentro de vórtices a altas tasas de flujo sin ningún suministro de energía externo.

Para Tsuge (2014), es importante conocer que la dimensión de las nanoburbujas dependerá del trabajo que se esté realizando, ya que las nanoburbujas son generalmente milimétricas, están entre los 10 y 40 μm en la cual influirá; en la bioactividad y en la física de fluidos será de 100 μm , de esta manera se puede describir burbujas de tamaños superiores a 1 μm y burbujas ultrafinas, a nanoescala.

Asimismo, son cuerpos formados de gas, las micro nanoburbujas tiene un diametro aproximado de $<100\mu\text{m}$, y a nanoescala un diametro de $<1\mu\text{m}$, se a observado ue las micro nanoburbujas pueden tener un largo tiempo de vida util, tambien cuenta con una fuperficie especifica ello es debida su tamaño. (Seridou, (2021, p. 3493-3510). Si bien las nanoburbujas pueden permanecer estables en liquidos durante varias semanas .El diámetro de las burbujas dpenderán de la solubilidad del gas en agua como también en el potencial Zeta , esto es debido a la posibilidad del gas a la hora de generar iones de OH dentro de la esfera de gua y gas (Meegoda et al., 2018, p. 1126-1227).

La tecnología ha avanzado significativamente en las últimas dos décadas, lo cual nos ha permitido realizar muchos avances teóricos y a su vez tecnológicos, entre ellos el desarrollo de dispositivos novedosos para la generación de nanoburbujas las pruebas realizadas nos ha podido demuestra unos resultados favorables a nivel laboratorio (Kalogerakis et al., 2021).

Para la generación de las micro- nanoburbujas se ha procedido a utilizar un método que combina la fuerza de una bomba de agua y la aplicación de las micro- nanoburbujas de aire inyectada en el trayecto de la tubería. El generador consta de un tanque presurizado compuesto de 2 cavidades (ingreso de muestra a tratar y salida de muestra tratada), una bomba de agua con variador de velocidad, una compresora de aire y válvulas de salida para el agua tratada. El encendido y apagado del equipo fue accionado por una llave térmica.

Las burbujas tienen una velocidad en la que asciende, este fenómeno es importante para saber su comportamiento cuando se encuentran en soluciones líquidas. Esta velocidad se puede calcular aplicando la Ley de Stoke o también la ecuación postulada por Rybczynski (H-R ecuación).

A continuación, se presenta la Ley de Stoke para el cálculo de la velocidad de ascenso de la burbuja.

$$v = \frac{\rho g d^2}{18\mu} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- V= Velocidad que asciende la burbuja.
- ρ = Densidad del líquido.
- g= Aceleración de la gravedad.
- d= Diámetro de burbuja.
- μ = Viscosidad del líquido.

Teniendo lo anterior dicho como base se entiende que la viscosidad y el diámetro de la burbuja influyen en la velocidad con la que ascenderá hacia la superficie (Temesgen et al., 2017) .

Otra característica a analizar es la presión que se encuentra dentro de las micro-nanoburbujas y que se puede determinar mediante la relación que existe con el diámetro y la presión, aplicando la ecuación postulada por Young Laplace (Tsuge, 2014 p.12-14).

$$P_L = P_I + \frac{4\sigma}{d_b} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

- P_I = Presión interna de la burbuja.
- P_L = Presión del líquido.
- σ = Tensión superficial.
- d_b = Diámetro de la MNB

El agua a tratar en la investigación es de tipo residual, que según (Meoño, 2015) se dividen en tres conjuntos: las aguas residuales domiciliarias, industriales, y

municipales las cuales se vea afectadas y han cambiado su composición por acción del ser humano, las cuales deben ser tratadas antes de ser vertidas a los cuerpos de agua. Del mismo modo (OEFA, 2014) menciona también que las aguas residuales deben ser tratadas antes de ser dispuestas en un sistema de alcantarillado, en razón de que estas aguas se han visto alteradas por las actividades del ser humano.

Las aguas residuales domésticas son aguas procedentes de residenciales y centros comerciales, las cuales contienen desechos fisiológicos, y a su vez son desechos causados por las actividades humanas. (OEFA, 2014) Debemos considerar también que las aguas residuales domésticas salen a la superficie como un líquido turbio de color gris o amarillento con olor séptico en la cual se ha podido observar que contiene partículas suspendidas de los sedimentos, heces, residuos vegetales, papel, y materiales sintéticos. (Czysz, et al., 1984, p. 10 citado en Reyes, 2020).

La materia orgánica que se encuentra dispersos en las aguas y está compuesta de proteínas en un 40 y 60%, carbohidratos entre 25 y 50% un 10% de grasas y aceites (García et al., 2014). Son compuestos que se encuentran dispersos en las aguas provenientes de domiciliarias, agrícolas e industriales. (ANA, 2013)

Por otro lado, los compuestos inorgánicos que tienen mayor interés en estudios son el pH y los cloruros como también la alcalinidad. Son diversos los elementos inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen relevancia para la determinación y control de la calidad del agua. (Macassi, 2017)

Entendemos por límites máximos permisibles (LMP) a los componentes o también conocidos parámetros de concentración biológicas, químicas y físicas que puede tener un afluente. Cuando se sobrepasa estos valores, puede causar enfermedades y cambios en el medio ambiente. (Resolución Jefatural N° R.J. 224-2013-ANA, 2013)

Uno de los parámetros químicos a evaluar es el oxígeno disuelto que según (Peña, 2007) es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, el cual es

esencial para todo cuerpo de agua saludable y esencial para la vida en ella, el oxígeno disuelto es un indicador para valorar el grado de contaminación del agua, la cantidad oxígeno entre mayor este presente en agua nos indicará la calidad de agua que se dispone, por ende, si el oxígeno disuelto es muy bajo esta no emitirá el desarrollo de vida.

Dentro de los parámetros biológicos, tenemos que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se refiere a la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para sobrevivir, siendo un parámetro esencial para determinar la degradación de los compuestos biodegradables. Tenemos que tener en cuenta que la DBO₅ es un proceso netamente biológico, y no solo dependerá del oxígeno, sino también de un tiempo determinado y la temperatura son factores que intervienen en este proceso. De tal manera que generalmente se considera la temperatura en 20°C y cinco días para la incubación de los microorganismos. (Gutiérrez et al., 2013) del mismo modo la DBO₅ es uno de los indicadores más utilizados para el control de agua potable como también en el control de los contaminantes orgánicos como inorgánicos de las aguas residuales.

Es preciso mencionar que la demanda bioquímica es el consumo de oxígeno que los microorganismos necesitan en los primeros 5 días que se realizará la biodegradación (Raffo et al., 2014, p 75-76). La demanda bioquímica de oxígeno mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. Es decir, la DBO₅ nos hace referencia al O₂ consumido en 5 días, también tener en cuenta que se mide en ppm de O₂. (Nazari et al., 2017, p. 37). Una forma de obtener el DBO₅ sería poner una muestra que se quiera analizar en una botella cerrada cinco días. Luego se procederá a medir la cantidad de DBO₅, mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto final menos el oxígeno disuelto final (día5)

$$DBO_5 = \text{Oxígeno disuelto (día cero)} - \text{Oxígeno disuelto (día 5)}$$

Figura 1. Obtención de DBO₅

Fuente: Caracterización de las aguas residuales p.76

La demanda química del oxígeno (DQO) es un parámetro que nos permitirá determinar la eficiencia del tratamiento, es utilizado en diversos laboratorios para

determinar la cantidad de materia orgánica e inorgánica que se encuentra suspendida en el agua y agua residual, esta se puede oxidar mediante agentes oxidantes. (Ramírez-Burgos et al., 2008, p. 12-13). Una de las maneras de oxidación de la materia orgánica es mediante carbono y agua. Asimismo se suele utilizar el Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), este agente químico ayudará a medir la cantidad de materia orgánica oxidable, gracias a su compuesto es capaz de oxidar en su mayoría a los compuestos orgánicos, sin embargo no puede oxidar a los compuestos orgánicos trazos de bajo peso molecular. (Raffo et al., 2014, p 75)

De mismo modo el DQO es la oxidación de los compuestos orgánicos que se encuentran en aguas acuosas. Su análisis se realiza en laboratorio con una solución ácida como el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) a una temperatura de $150^{\circ}C$ durante 2 horas. Teniendo ello como base se expresa el número de electrones aceptados por el ($K_2Cr_2O_7$) como equivalentes de oxígeno en $g O_2 / m^3$. (Gutiérrez, 2007, p 19).

Dentro de los parámetros físicos encontramos a la temperatura, que tiene un efecto en el crecimiento bacteriano, cuando los microorganismos se desarrollan en temperaturas altas se observa una mayor tasa de crecimiento a comparación de los que se desarrollan en temperaturas más bajas. Es preciso mencionar que a temperatura óptima es estrechamente estrecho. (Gutiérrez, 2007, p 19)

Por otro lado, se entiende que la temperatura es una constante física que tiene gran importancia para el desarrollo de fenómenos en el agua. Es fundamental en la solubilidad del oxígeno y de las sales, como también en las reacciones biológicas. (Rodríguez, 2009)

La conductividad eléctrica es la habilidad que tiene una solución para conducir electricidad, es decir la capacidad de conducir pequeñas partículas que están cargadas eléctricamente, estas partículas son iones que pueden llevar corriente eléctrica a través de soluciones de agua. (Rodríguez, 2009).

La conductividad eléctrica depende de la concentración de electrolitos y de la concentración, ya que los electrolitos determinan el número de iones en un volumen

determinado de la disolución contenida en los electrodos y segundo que los iones ejercen interacciones unos sobre otros (Gray et al., 1976, p 356).

El potencial de hidrógeno (pH) del agua se considera neutra si tiene un valor igual a 7, sin embargo, cuando el potencial de hidrógeno es mayor que 7 esta será considerado como alcalina o básica; sin embargo, cuando el pH es menor que 7 se la considerará como ácida, el potencial de hidrógeno es el logaritmo negativo del ion de Hidrógeno, aunque generalmente el pH se expresa como la medida de los iones de hidrógeno. Tener conocimiento del pH es muy importante en diversas ramas tales como la química, la ciencia ambiental, agricultura, ciencia de la salud entre otras. (Vásquez et al.,2016, p 4)

La turbidez permite determinar la calidad del cuerpo de agua mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad que se puede encontrar en la suspensión de la referencia en las mismas condiciones. (Macassi, 2017).

III. Metodología

3.1. Tipo y diseño de investigación

En base de lo anterior expuesto, la investigación presentada es de carácter aplicativo porque está basada en conocimientos teóricos para determinar una solución, ya que se podrá observar si el sistema de micro-nanoburbujas de aire contribuye significativamente a reducir la materia orgánica.

El nivel de la investigación es de tipo explicativo porque se establecerá la causa-efecto entre la variable dependiente y la variable independiente, en este caso entre el sistema de micro-nanoburbujas aplicada para la reducción de la materia orgánica.

El diseño de la investigación es cuasi experimental, ya que se usó un grupo de control y un grupo experimental para evaluar el problema.

✓ Esquema del diseño de investigación:

GC	01-----03
GE	02---X--04

Fuente. Elaboración Propia, 2022.

Donde:

GC	Grupo de control
01	Muestra inicial de la carga orgánica
03	Remediación natural sin nano burbujas
GE	Grupo de estudio
02	Muestra que será analizada
x	Aplicación de nano burbujas
04	Resultado de "02" con nano burbujas

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

3.2. Variable y operacionalización

Se procedió a realizar la tabla de variable y operacionalización. (ver anexos)

- Variable dependiente: Reducción de materia orgánica.
- Variable Independiente: Sistema de micro-nanoburbujas de aire.

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.3.1. Población

Para la presente investigación se tomó como población a las aguas del río Lurín, las que serán tratadas con micro-nanoburbujas para determinar sus características físicas, biológicas y químicas.

3.3.2. Muestra

Del mismo modo se ha tomado como muestra para esta investigación 45 litros de agua del río Lurín para ser analizadas en laboratorio, de las cuales se tomaron 5 litros como muestra inicial de agua del del río Lurín.

3.3.3. Muestreo

La técnica que se empleó es de carácter probabilístico porque todas las muestras tienen la misma probabilidad de ser elegidas.

3.3.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis mínima es de 1 litro de agua del río Lurín.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se implementó la técnica de recolección de datos mediante la observación y los instrumentos que fueron utilizados para realizar el proceso se presentan líneas abajo:

- Etiqueta para muestras de agua.
- Ficha de Registro de datos de la muestra Inicial de agua contaminada por materia orgánica.
- Ficha de registro de datos de la muestra tratada con micro-nanoburbujas de aire.
- Matriz de operacionalización de variables.

3.4.1. Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

Se presentaron los instrumentos a juicio de tres expertos colegiados de la especialidad de Ingeniería para las respectivas validaciones (ver anexos).

- Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores CIP: 79862
- Ing. Juan Julio Ordoñez Gálvez CIP: 195796
- Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar CIP: 131344

Del cálculo promedio se obtuvo un resultado de validez del 88,3%

Tabla 2. Promedio de Validez

EXPERTO	% DE VALIDACIÓN	PROMEDIO DE VALIDACIÓN
Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores	90%	88,3%
Ing. Juan Julio Ordoñez Gálvez	90%	
Ing. Fiorella Vanessa Güere	85%	

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Confiabilidad

Para determinar la confiabilidad de los instrumentos se ingresaron los puntajes a Microsoft Excel y se aplicó la fórmula correspondiente al “Alfa de Cronbach”.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Dónde:

- α: Alfa de Cronbach
- k: Número de ítems del instrumento
- ΣVi: Suma de varianza de los ítems
- Vt: Varianza total

Luego de realizar los cálculos, se obtuvo un resultado de $\alpha = 1$, lo cual indica que los instrumentos son confiables dentro del rango de excelente. El desarrollo de este cálculo se encuentra en ANEXOS.

3.5. Procedimiento

3.5.1. Recolección de Muestra

Etapa 01. Recolección de muestra

La muestra fue obtenida del río Lurín, como referencia del primer punto se tiene al PTAR Julio. C Tello ubicado en la zona 18L ubicada en: coordenada Este 293907.00mE y la coordenada Norte 8643941.00m.S.

Se procedió a tomar 45 litros de agua contaminada con carga orgánica del río Lurín.

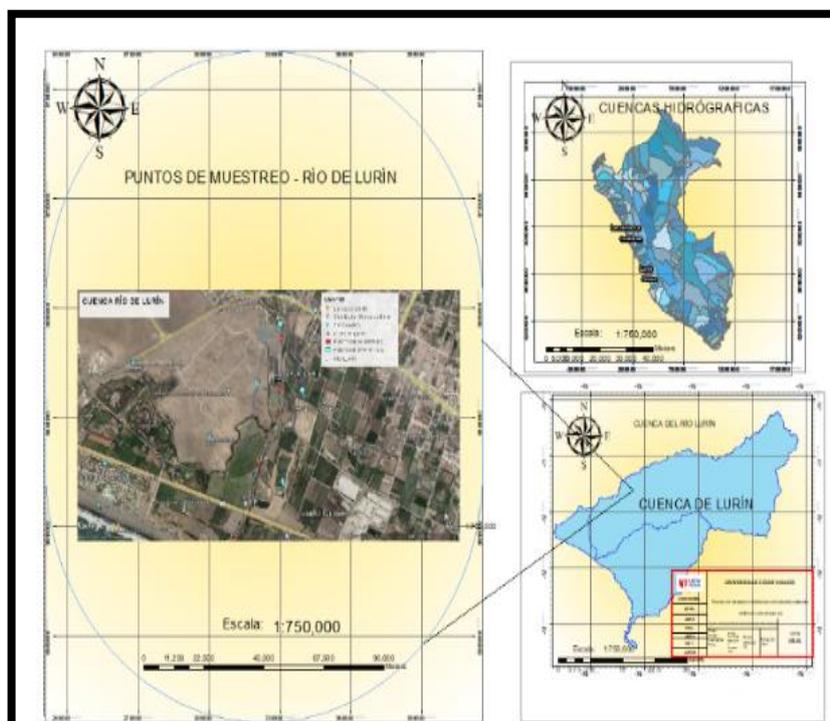


Figura 2. Zona de estudio

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Tabla 1. Coordenadas de la zona de estudio

PUNTO DE REFERENCIA	
COORDENADAS UTM RIO LURÍN PUNTO DE MUESTREO	
ZONA 18L	
COORDENADA ESTE	293907.00 m E
COORDENADA NOTRE	8643941.00 m S

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Etapa 02. Análisis inicial de las características de las muestras obtenidas.

Se procedió a tomar para la muestra inicial 5 litros de agua residual del río Lurín. Posteriormente se procedió a guardarlo en un envase estéril preparado con antelación, el cual fue rotulado. Luego se procedió a colocarla en un cooler, siguiendo lo que indica el protocolo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) según el RJ N° 010-2016, que conservará la muestra hasta ser llevada al laboratorio. El equipo generador de micro-nanoburbujas que se usó en la investigación está patentado por el Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores, el cual fue facilitado para su uso y realización del análisis de las muestras.

Etapa 03. Tratamiento con micro-nanoburbujas de aire

Para el análisis del agua contaminada por carga orgánica, se procedió a utilizar una máquina que consta de un recipiente de entrada compuesto de un generador de micro-nanoburbujas de aire y un punto de salida para la recepción de la muestra tratada.

Posteriormente se procedió a realizar los tratamientos en 3 tiempos diferente, de esta manera pudimos observar cómo se ha comportado las micro-nanoburbujas de aire. La primera será en 30min, la segunda en 60 min, y la tercera en 90min. (ver Fig. 5)

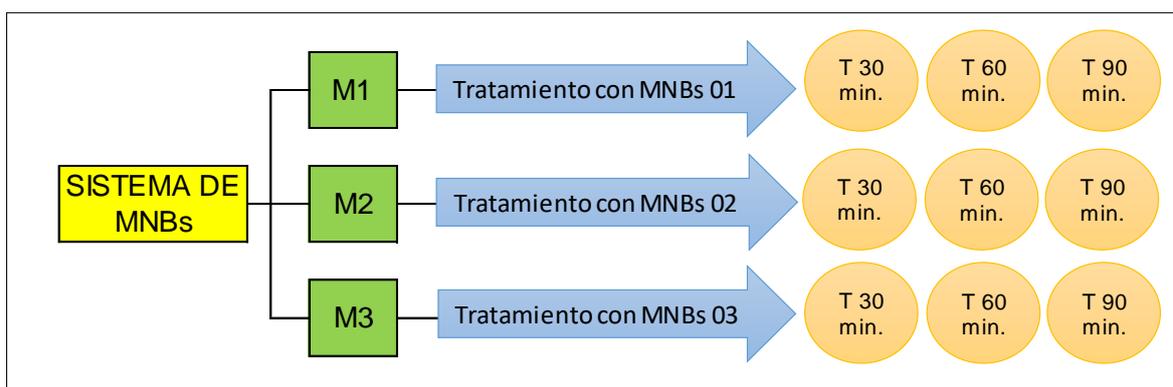


Figura 3. Diagrama de tratamiento de agua contaminada por materia orgánica mediante aplicación de micro-nanoburbujas.

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Etapa 04. Análisis final de la muestra

Posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio y fueron analizadas. De esta manera se compararon con el análisis inicial previamente realizado, y se hallaron los porcentajes de reducción de las características que fueron analizadas.

Métodos de Análisis de Datos

Para el análisis de los resultados obtenidos se utilizó el programa de análisis estadístico IBM SPSS Statistics 26 y Microsoft Excel.

Para la contrastación de hipótesis se desarrolló la prueba de normalidad mediante el software SPSS, con esto se pudo determinar si los datos correspondientes a los parámetros de la variable tenían una distribución normal. De los resultados de significancia obtenidos se pudo definir si estos datos son o no paramétricos.

Para la prueba de la hipótesis general, se utilizaron estadísticas, correlaciones y pruebas de muestras emparejadas mediante SPSS. Se compararon los resultados finales con los iniciales y a través de los resultados de significancia poder aceptar o rechazar de la hipótesis nula.

Aspectos Éticos

En la presente investigación se trabajó con información veraz, con un porcentaje de similitud del 17 % verificado mediante programa Turniting, La presente investigación fue realizada en base a fuentes confiables, en base a la RCU N° 200-2018/UCV y la Resolución del Vicerrectorado de Investigación N°110-2022-VI-UCV en el cual describe la forma adecuada para realizar la investigación correspondiente. Asimismo, se ha citado cada información en las referencias bibliográficas citando de acorde al estándar ISO 690.

IV. Resultados

Los resultados se obtuvieron desarrollando las etapas mencionadas anteriormente.

Etapas 1. Recolección de la muestra.

Teniendo las coordenadas y la referencia del lugar de la toma de muestra, se procedió a tomar 45 litros de agua del río Lurín y se trasladaron al laboratorio.



Figura 4. Cuerpo de agua Rio Lurín

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La toma de la muestra se realizó en dos puntos del río. El primero, se realizó a 150 metros del lugar de descarga del PTAR Julio C Tello hacia abajo y la otra se tomó a 150 metros aguas arriba, luego se homogenizaron las muestras para tener una muestra significativa. Se tomó 5 litros para las muestras iniciales.



Figura 5. Toma de muestra inicial
Fuente: Elaboración propia,2022



Figura 6. Afluente río Lurín
Fuente: Elaboración propia,2022

Etapa 2. Análisis inicial de las características de la muestra inicial obtenida (Cadena de custodia)

Una vez obtenido la muestra, se realizó la medición de los parámetros con la acción de un multi – parámetro de la marca HANA modelo HI9829, en la cual se evaluó las características físicas, y de carga orgánica.

En las tablas 3 y 4 se muestran los resultados iniciales sin el tratamiento con el sistema de micro-nanoburbujas.

Tabla 3. *Resultados de parámetros físico-químicos iniciales*

PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRAS INICIALES
pH	pH	8.50
Turbidez	NFU	>1000
Conductividad	μS/cm	3287
Temperatura	°C	21.71
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.02
Presión Atmosférica	atm	0.99
Solidos suspendidos totales	ppm	1185

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se puede apreciar en la tabla 2 los valores iniciales exceden los LMP con un pH de 8.50. En cuanto a la conductividad eléctrica se tiene un valor de 3287μS/cm y la Turbidez con una concentración de >1000 NFU. Finalmente se encontró una temperatura de 21.71 °C y de Oxígeno Disuelto se observa una concentración de 3.02 mg/L a una Presión Atmosférica de 0.99 atmósferas. Cabe resaltar que estas mediciones se realizaron a un Volumen de 200 ml.

Tabla 4. Resultados de carga orgánica iniciales

Parámetros	UNIDADES	MUESTRAS INICIALES
DQO	mg/L	296.33
DBO ₅	mg/L	4.93

Fuente: Elaboración propia, 2022

ales, la cual no ha sido tratada con el sistema de micro-nanoburbujas nos resultó un DQO con una concentración de 296.33 mg/L y de DBO con una concentración de 4.93 mg/L.



Figura 7. Análisis de parámetros físicos con multiparámetro

Fuente: Elaboración propia, 2022

Etapa 3. Tratamiento con el equipo generador de nano burbujas de aire

Luego de obtener las características iniciales se realizó el tratamiento de las muestras contaminadas con el sistema de micro-nanoburbujas. Los pasos fueron:

1. Se lavó el equipo generador de micro-nanoburbujas mediante la colocación de agua limpia y puesta en marcha de la electrobomba para dirigir el agua a través de todo el sistema.
2. Se retiró el agua por la válvula de salida y se hizo el secado respectivo en las celdas.
3. Se colocó la muestra de agua a tratar en la celda de ingreso (para esto el agua fue previamente filtrada para evitar atascamientos en las tuberías del equipo generador de micro-nanoburbujas.
4. Puesta en marcha del equipo generador de nano burbujas:
 - a) Sellado de tapas de celdas
 - b) Encendido del variador de velocidad
 - c) Encendido Apertura de válvula de salida de agua a tratar
 - d) Encendido de la compresora



Figura 8. Adición de muestra para el tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2022

El equipo fue programado para que el motor trabaje a 25 RPM y haga circular el agua a través del sistema. El caudal registrado fue de 1.08 L/s, la frecuencia programada fue de 42.40Hz, con una presión fue de 60 PSI. Este procedimiento se aplicó para las 3 muestras en 3 tiempos diferentes (30,60 y 90 minutos), por el cual obtuvimos 9 muestras tratadas.



Figura 9.Muestra obtenida

Fuente: Elaboración propia, 2022

Las muestras resultantes del tratamiento con el equipo de nanoburbujas fueron extraídas desde la primera válvula ubicada en la parte inferior y fueron almacenadas en recipientes de 250 ml. color blanco lechoso. Para los primeros resultados se midió el pH con un potenciómetro “pH7011 - Waterproof Pen Tester pH-mV-Temp”, esto con el objetivo de comprobar si existe alguna variación antes de usar el multiparámetro HANNA, el cual es un equipo muy delicado debido a sus sensores. Obteniendo así variaciones entre las primeras muestras tratadas y la muestra custodia.



Figura 10. Recepción y medición de muestra tratada
Fuente: Elaboración propia, 2022



Figura 11. Muestras obtenidas después del tratamiento
Fuente: Elaboración propia, 2022

Etapa 4. Determinación de las propiedades de las micro-nanoburbujas (MNBs)

Diámetro y cantidad por gota de muestra

La medición del tamaño de las micro-nanoburbujas del agua tratada se realizó de la siguiente manera:

- Preparación de muestra mediante la colocación de una gota de agua tratada en un portaobjetos.
- Aplicación de una gota de colorante 'cristal violeta'-coloración GRAM para facilitar la búsqueda de las micro-nanoburbujas.
- Colocación de cubreobjetos de manera lateral (barrido) para que coja ambas gotas y luego se dejó caer de lado para que no pueda ingresar aire del ambiente.
- Se utilizó un microscopio marca BOECO serie BM-120 que constaba de 3 objetivos. La medición se realizó primeramente probando desde el objetivo de 5X o 10X para encontrar la muestra, luego se procedió a la búsqueda de las micro-nanoburbujas con el objetivo de 40X, ya que con el objetivo de 100X no fue posible encontrarlas por alguna causa antrópica o del mismo equipo.

Todos los resultados fueron proyectados en una computadora a través de una cámara digital diseñada para ingresar en uno de sus tubos oculares mediante el Software SX View-Digital Cam. En donde el promedio de la micro-nanoburbujas es de 1.25μ se presenta a continuación imágenes obtenidas del Software SX View-Digital Cam

Imágenes obtenidas de las mediciones realizadas por el microscopio

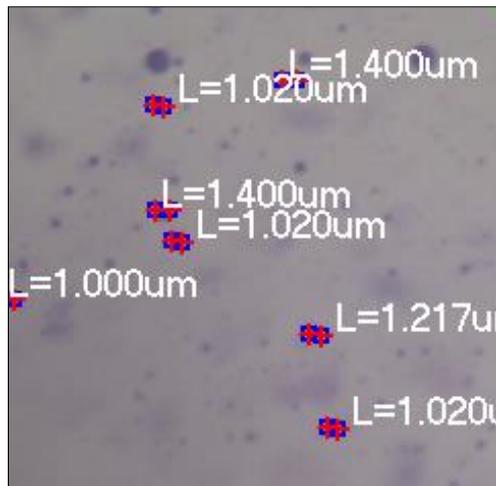


Figura 12. Tamaño de las MNBs – M1T30 min.

Fuente: SX View-Digital Cam, 2022

Se aprecia en la figura 12 que el tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 1 del tiempo 30 minutos los diámetros son de $1.000\mu\text{m}$, $1.020\mu\text{m}$, $1.217\mu\text{m}$ y $1.400\mu\text{m}$.

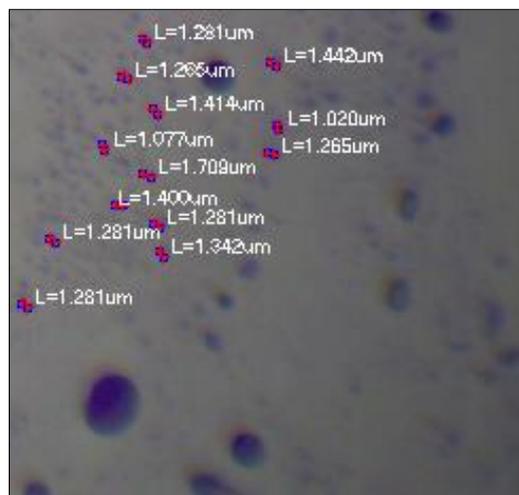


Figura 13. Tamaño de las MNBs – M1-60 min.

Fuente: SX View-Digital Cam, 2022

Se aprecia en la figura 13 que el tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 1 del tiempo 60 minutos los diámetros son de $1.071\mu\text{m}$, $1.020\mu\text{m}$, $1.28\mu\text{m}$ y $1.079\mu\text{m}$, $1.709\mu\text{m}$, $1.342\mu\text{m}$ y $1.442\mu\text{m}$.

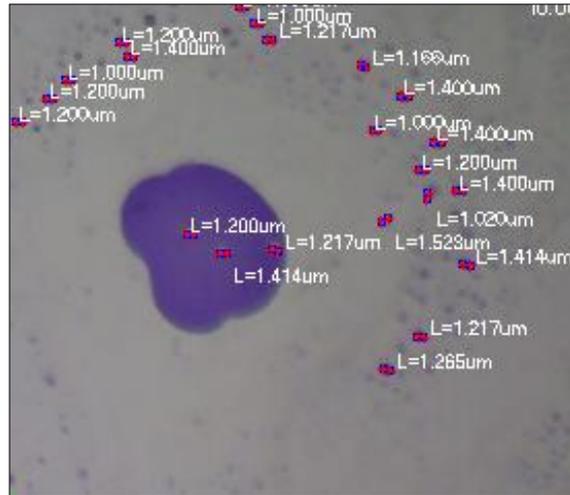


Figura 14. Tamaño de las MNBs M1T90 min.

Fuente: SX View-Digital Cam, 2022

Se aprecia en la figura 14 que el tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 1 del tiempo 90 minutos los diámetros son de $1.200\mu\text{m}$, $1.020\mu\text{m}$, $1.265\mu\text{m}$, $1.217\mu\text{m}$ y $1.400\mu\text{m}$, $1.414\mu\text{m}$ y $1.342\mu\text{m}$.

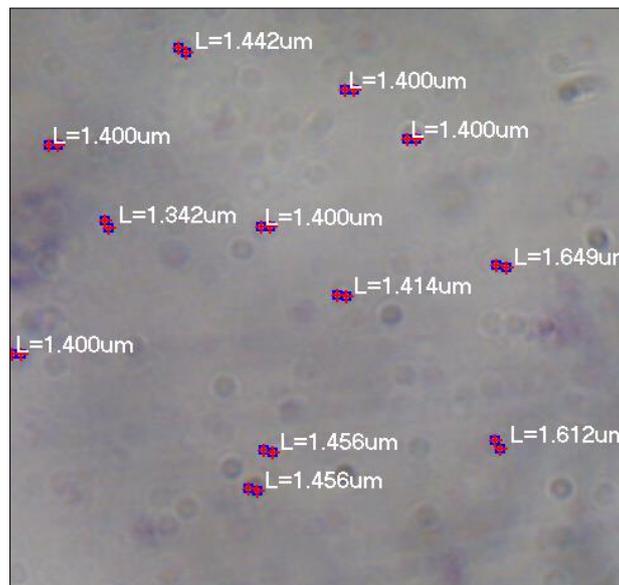


Figura 15. Tamaño de MNBs – M2T30 min.

Fuente: SX View-Digital Cam, 2022

Se aprecia en la figura 15 que el tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 2 del tiempo 30 minutos los diámetros son de $1.342\mu\text{m}$, $1.400\mu\text{m}$, $1.456\mu\text{m}$, $1.414\mu\text{m}$ y $1.612\mu\text{m}$ y $1.649\mu\text{m}$.

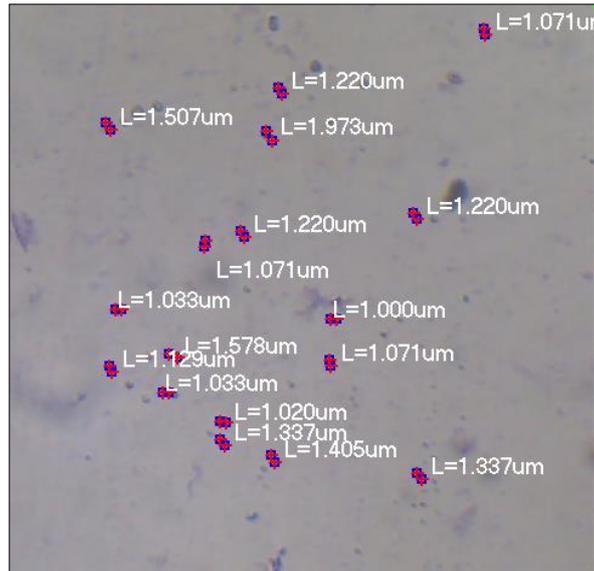


Figura 18. Tamaño de las MNBs – M3T1

Fuente: SX View-Digital Cam, 2022.

Se aprecia en la figura 18 que el tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 3 del tiempo 30 minutos los diámetros son de $1.071\mu\text{m}$, $1.220\mu\text{m}$, $1.033\mu\text{m}$, $1.405\mu\text{m}$, $1.507\mu\text{m}$ y $1.973\mu\text{m}$.

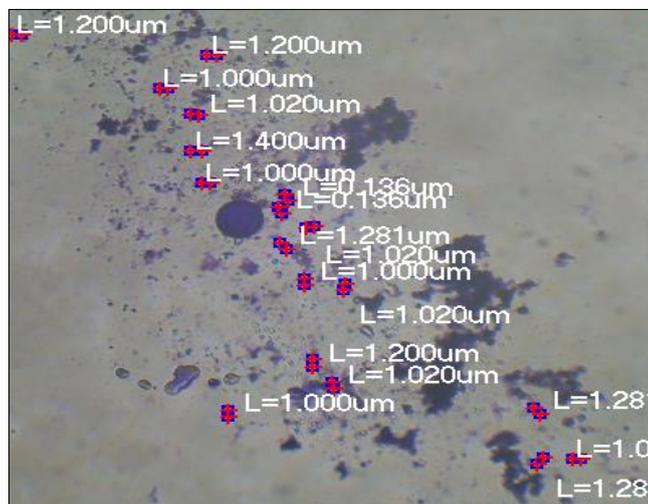


Figura 19. Tamaño de las MNBs – M3T2

Fuente: SX View-Digital Cam, 2022

Se aprecia en la figura 19 que el tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 3 del tiempo 60 minutos los diámetros son de $1.037\mu\text{m}$, $1.245\mu\text{m}$, $1.112\mu\text{m}$, $1.452\mu\text{m}$, $1.507\mu\text{m}$ y $1.660\mu\text{m}$.

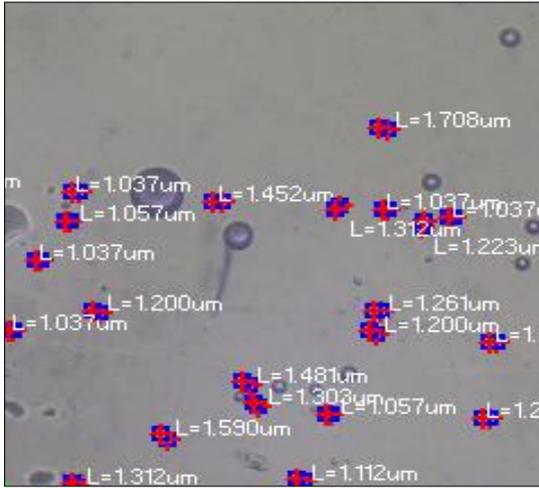


Figura 20. Tamaño de MNBs – M3T3
Fuente: SX View-Digital Cam, 2022

Se aprecia en la figura 20 que el tamaño de las micro-nanoburbujas para la muestra 3 del tiempo 90 minutos los diámetros son de 1.037µm, 1.057µm, 1.312µm, 1.459µm, 1.590µm y 1.708µm.

Tabla 5. Resultados de la cantidad de micro-nanoburbujas presentes por área

CANTIDAD DE MICRO-NANOBURBUJAS POR ÁREA	
M1T1	7
M1T2	13
M1T3	21
M2T1	12
M2T2	19
M2T3	22
M3T1	17
M3T2	18
M3T3	21

Fuente: Elaboración propia, 2022

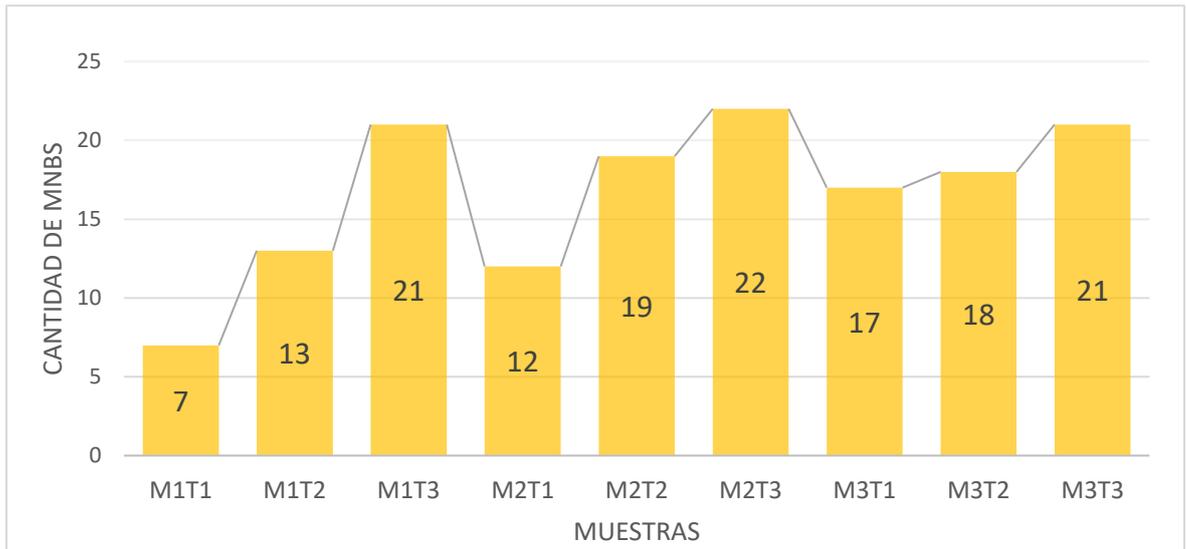


Figura 21: Cantidad micro-nanoburbujas presentes por gota de muestra.

Fuente: Elaboración, propia 2022

En las muestras M1T3, M2T3 y M3T3 se puede apreciar una mayor cantidad de MNBs por área y como se puede ver en la tabla 5 y la figura del gráfico 21. Teniendo como base que las muestras M1T3, M2T3 y M3T3 son del tiempo de 90 minutos de sus respectivas repeticiones, se puede afirmar que la predisposición de las micro-nanoburbujas es de carácter creciente en cuanto al tiempo.

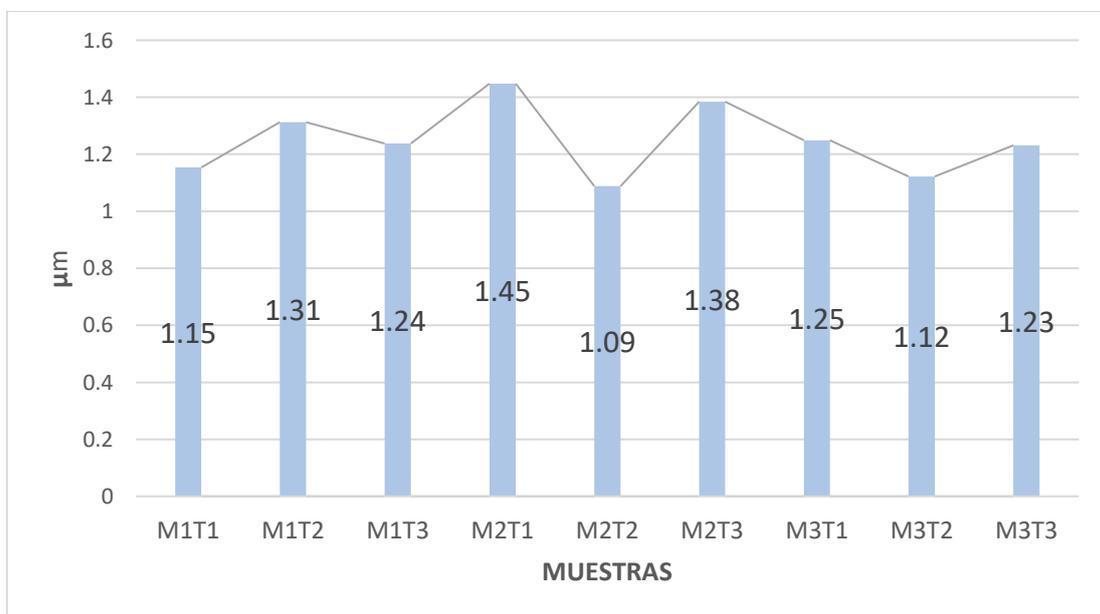


Figura 22. Resultados del Diámetro promedio de MT1, MT2 y MT3 de las micro-nanoburbujas de aire.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 6. Diámetro promedio de las micro-nanoburbujas

DIÁMETRO DE LAS MNBs (µm)									
M1T1	M1T2	M1T3	M2T1	M2T2	M2T3	M3T1	M3T2	M3T3	
1,40	1,28	1,20	1,44	1,22	1,66	1,07	1,20	1,31	
1,02	1,27	1,20	1,40	1,00	1,31	1,22	1,20	1,11	
1,40	1,44	1,00	1,40	1,00	1,38	1,97	1,00	1,59	
1,02	1,41	1,40	1,40	1,00	1,45	1,51	1,02	1,06	
1,00	1,02	1,20	1,34	1,02	1,91	1,22	1,40	1,30	
1,22	1,27	1,00	1,40	1,40	1,04	1,22	1,00	1,48	
1,02	1,08	1,22	1,41	1,22	1,48	1,07	1,14	1,20	
	1,71	1,10	1,65	1,20	1,81	1,03	1,14	1,20	
	1,40	1,40	1,61	1,00	1,26	1,00	1,28	1,20	
	1,28	1,00	1,46	1,00	1,04	1,07	1,02	1,26	
	1,28	1,40	1,46	1,00	1,51	1,58	1,00	1,20	
	1,34	1,20	1,40	1,00	1,46	1,13	1,02	1,04	
	1,28	1,40		1,00	1,36	1,03	1,20	1,04	
		1,02		1,20	1,57	1,02	1,02	1,06	
		1,53		1,20	1,11	1,34	1,00	1,04	
		1,41		1,02	1,38	1,41	1,28	1,45	
		1,22		1,20	1,38	1,34	1,00	1,22	
		1,27		1,00	1,31		1,28	1,31	
		1,20		1,00	1,31			1,04	
		1,22			1,25			1,04	
		1,41			1,25			1,71	
					1,25				
TOTAL (µm)	8,08	17,06	25,99	17,37	20,67	30,46	21,23	20,19	25,85
PROMEDIO (µm)	1,15	1,31	1,24	1,45	1,09	1,38	1,25	1,12	1,23

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la figura 22 y la tabla 6, se observan los resultados obtenidos del diámetro promedio de las micro-nanoburbujas de aire en donde se tiene que el diámetro de M1T1 es de 1.15µm, de M1T2 es de 1.31 µm, y de M1T3 µm es de 1.24 µm, así mismo se aprecia que los diámetros promedios de M2T1 se obtuvo un diámetro de 1.45µm, luego se obtuvo en M2T2 un diámetro promedio de 1.09 µm, luego en M2T3 las micro-nanoburbujas tenían un diámetro de 1.38 µm , también se registró en M3T1 se tiene un diámetro de 1.25µm, después se calculó el diámetro promedio de M 3T2 1.12 µm ,por último se calculó el diámetro de M3T3 el cual tuvo un diámetro de 1.23 µm, los diámetros más pequeños se tienen en M1T1, M2T2 y en M 3T2 , teniendo como base lo anterior y según la literatura entre más pequeña las micro-nanoburbujas la presión interna es mayor y la velocidad de ascenso es menor , ello contribuye al tratamiento de agua, residual , aguas residuales de minería entre otras.

- **Presión Interna de las micro-nanoburbujas**

$$PL = PI + \frac{4\sigma}{db} \dots\dots\dots (3)$$

Datos:

PL=?

$\sigma = 0.0728\text{N/m}$

P = X atm

d= Diámetro de la MNBs ($1.25 \times 10^{-6}\text{m}$)

Luego se procede a calcular la presión del líquido mediante la multiplicación de ($p \cdot g \cdot h$) para aplicar en la primera fórmula:

PL: presión del líquido.

$$PL = p \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (4)$$

$$PL = (985.4\text{kg/m}^3) \cdot (9.8\text{m/s}^2) \cdot (0.10\text{m})$$

$$PL = 965.62\text{kg/ms}^2$$

$$PL = 965.62\text{Pa}$$

$$PL = 0.95\text{atm}$$

Entonces remplazamos en la primera fórmula:

$$PI = PL + \frac{4\sigma}{db}$$

$$PI = 0.95\text{atm} + \frac{4 \cdot 0.0728 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{1.25 \times 10^{-6} \text{m}}$$

$$PI = 0.95\text{atm} + 232960\text{N/m}^2$$

$$PI = 0.95\text{atm} + 2.30 \Rightarrow PI = 3.25\text{atm}$$

- Velocidad de ascenso de las micro-nanoburbujas:

$$V = \frac{\rho g d^2}{18\mu} \dots\dots\dots (5)$$

Datos

$$\rho=985.4$$

$$g= 9.8\text{m/s}^2$$

$$d=1.25 \times 10^{-6}$$

$$\mu=1.002 \times 10^{-3} \text{m/s}^2$$

$$V = \frac{985.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (1.25 \times 10^{-6})^2}{18(1.003 * 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} =$$

$$V = 8.35 * 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con el resultado obtenido la micro-nanoburbujas se puede concluir que tienen una presión interna de 3.25 atm y una velocidad de ascenso de $8.35 * 10^{-7} \text{m/s}$ por hora, esto se ve reflejado como la causa principal de porqué la microburbuja asciende lentamente a la superficie, siendo a su vez esto positivo para el tratamiento.

Etapa 5. Análisis de las muestras tratadas

Para la determinación de los parámetros físicos se utilizó el equipo multiparámetro HANA modelo HI9829. Para la determinación del DQO se realizó usando:

Solución de digestión 0.21 N

Preparación:

- 10.216 g. de $K_2Cr_2O_7$ (dicromato de potasio)
- H_2O (aforar 1L)
- 167 ml. de H_2SO_4 (ácido sulfúrico)
- 33.33 g. de $HgSO_4$ (sulfato de mercurio)

Tiempo de reposo: 2 horas

Reactivo con H_2SO_4

Preparación:

- 1 L de H_2SO_4 (ácido sulfúrico)
- 10.12 g. de Ag_2SO_4 (sulfato de plata)

Tiempo de reposo: 1-2 días

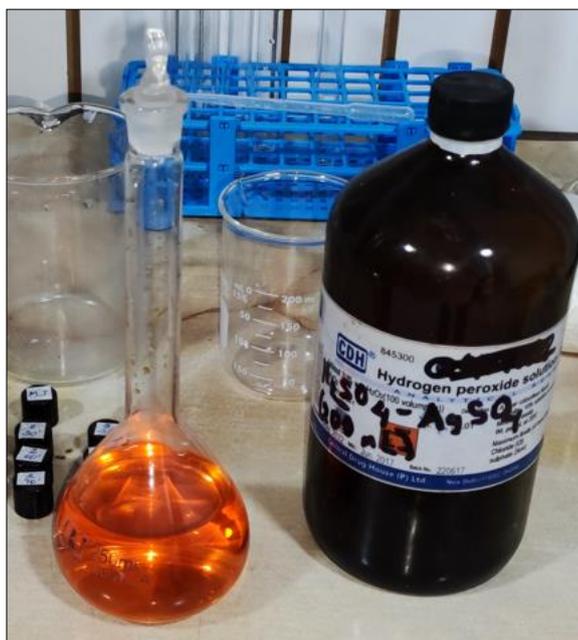


Figura 23. Solución de digestión (izquierda) y reactivo con ácido sulfúrico (derecha)

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se acondicionaron las muestras en tubos de ensayo con tapa giratoria y jebes interior, se enumeraron y colocaron en una gradilla.



Figura 24. Acondicionamiento de cantidades de muestra en tubos de ensayo sellados.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se procedió con la adición de la solución de digestión y el reactivo, para luego ser selladas y se agitó para que las muestras homogenicen.



Figura 25. Aplicación de reactivos a las muestras.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se agregó 100ml de glicerina en un vaso de precipitación y se hizo hervir a una temperatura de 145°C. Posteriormente se colocaron las muestras previamente preparadas; debido a el espacio reducido del vaso se hizo en 2 tandas.



Figura 26. Revisión de temperatura de glicerina y calentamiento de las muestras preparadas.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Las muestras se mantuvieron en el horno en el intervalo de tiempo de 30 minutos. Luego fueron retiradas para su enfriamiento. Se limpió con papel toalla por la parte exterior y se fueron colocando en una gradilla con las tapas semiabiertas.

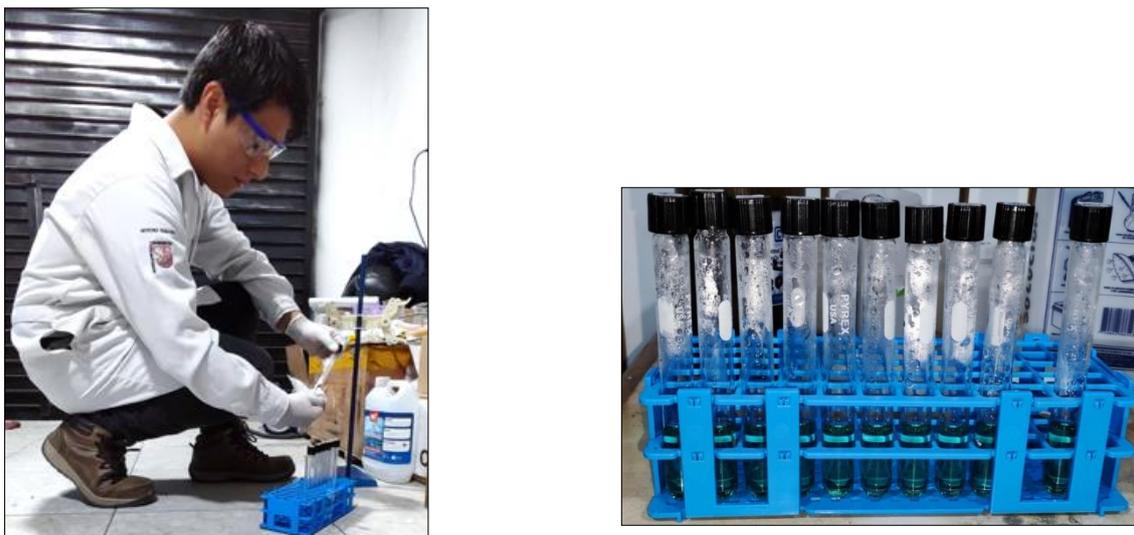


Figura 27. Proceso de enfriamiento de las muestras

Fuente: Elaboración propia, 2022.

A continuación, se realizó el proceso de espectrofotometría.

Primero se colocó una celda con agua desionizada para mantener calibrado el equipo mientras se realiza la actividad.

Las mediciones se realizaron considerando que no haya ruido ni vibración presente.



Figura 28. Proceso de calibración del espectrofotómetro y toma de datos

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los resultados fueron:

Tabla 7. Concentraciones resultantes mediante el proceso de espectrofotometría

		ABSORBANCIA	CONCENTRACION (mg/L)
Muestra inicial	MI	0.47720	218.33
MUESTRA 1	M01-30	0.44220	203.75
	M01-60	0.37190	174.46
	M01-90	0.46700	214.08
MUESTRA 2	M02-30	0.47750	218.46
	M02-60	0.66470	296.46
	M02-90	0.27550	134.29
MUESTRA 3	M03-30	0.38580	180.25
	M03-60	0.44330	204.21
	M03-90	0.43680	201.50

Fuente: Elaboración propia, 2022

Los resultados para las muestras después del tratamiento fueron:

Tabla 8. *Parámetros físico-químicos de las muestras después del tratamiento con MNBs*

Parámetros	Unidades	M1			M2			M3		
		Rep. 1-30´	Rep. 1-60´	Rep. 1-90´	Rep. 1-30´	Rep. 1-60´	Rep. 1-90´	Rep. 1-30´	Rep. 1-60´	Rep. 1-90´
pH	<i>pH</i>	8.08	8.05	8.10	8.23	8.17	8.10	8.17	8.12	8.12
Turbidez	<i>NFU</i>	>1000	1400	1000	332	183	153	1000	998	120
Conductividad Eléctrica	<i>µS/cm</i>	2344	2006	1193	2161	1969	1261	2394	2435	2308
Temperatura	<i>°C</i>	21.44	21.42	21.39	21.39	21.35	21.16	21.07	21.01	21.01
Oxígeno Disuelto	<i>ppm</i>	3.07	3.12	4.01	3.79	3.87	4.21	3.64	3.71	4.03
Presión Atmosférica	<i>atm</i>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Sólidos Suspendidos Totales	<i>ppm</i>	1170	1148	1000	630	535	485	1158	1156	1154
Volumen	<i>ml</i>	180	185	200	185	185	200	195	200	200

Fuente: Elaboración propia, 2022

Observando la tabla N°8 se aprecia los resultados que se obtuvieron, luego de realizar el tratamiento con micro-nanoburbujas, en donde se evidencia que en M1, M2 y M3 en el minuto 90 generalmente se encuentran mejores resultados significativos a comparación de los tiempos 30 y 60, concluyendo que entre más tiempo las nanoburbujas actúen dentro de un cuerpo acuoso este tendrá mayor reducción en los parámetros físicos.

Tabla 9. Resultados de Carga orgánica después del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire.

Parámetros	Unidades	M1			M2			M3		
		1-30´	1-60´	1-90´	1-30´	1-60´	1-90´	1-30´	1-60´	1-90´
DQO	mg/L	203.75	174.46	214.08	218.46	233.46	134.29	204.1	180.25	204.1
DBO ₅	mg/L	2.88	2.93	3.89	3.33	3.84	3.73	3.25	2.82	3.73

Fuente: Elaboración propia, 2022

En la tabla anterior (tabla 9) se puede evidenciar una notable reducción después de ser tratado con el sistema de micro-nanoburbujas, se puede también evidenciar que en M1. M2 y M3 la carga orgánica (DQO yDBO₅) hubo una mayor reducción significativa en el minuto 90.

A continuación, se presentan los las figuras obtenidas mediante el ingreso de datos a software M. Excel, de los parámetros analizados con respecto al tiempo de tratamiento.

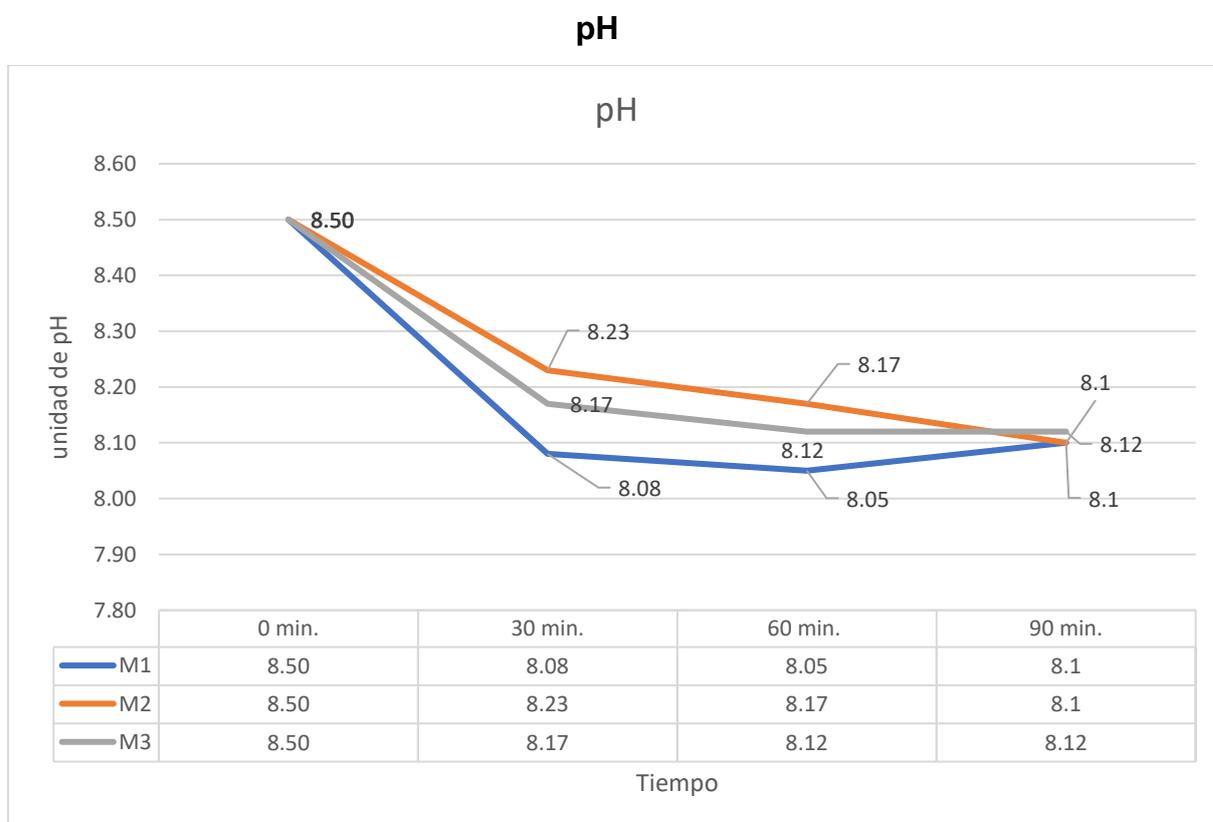


Figura 29. Resultados de pH de R1, R2 y R3 en diferentes tiempos de tratamiento con micro- nanoburbujas de aire.

Fuente: Elaboración propia ,2022

Como se puede apreciar en la figura 29, los resultados del pH de una muestra inicial de 8.50 con respecto al tiempo el pH de la repetición(R1) de la muestra (MT1), se evidencia que ha variado en el tiempo donde se aprecia una reducción del pH en el minuto 90 con respecto a los tiempos 30y 60. Del mismo modo en la repetición (R2) de la muestra (MT2) se evidencia que el pH ha reducido en el minuto 90, y posteriormente en la muestra (MT3) de la repetición (R3), en el minuto 90 el pH ha reducido considerablemente con respecto a los demás tiempos de tratamiento, con base en ello podemos decir que el pH está relacionado al tiempo en donde si se aplica el sistema de MNBs por más tiempo el pH disminuye.

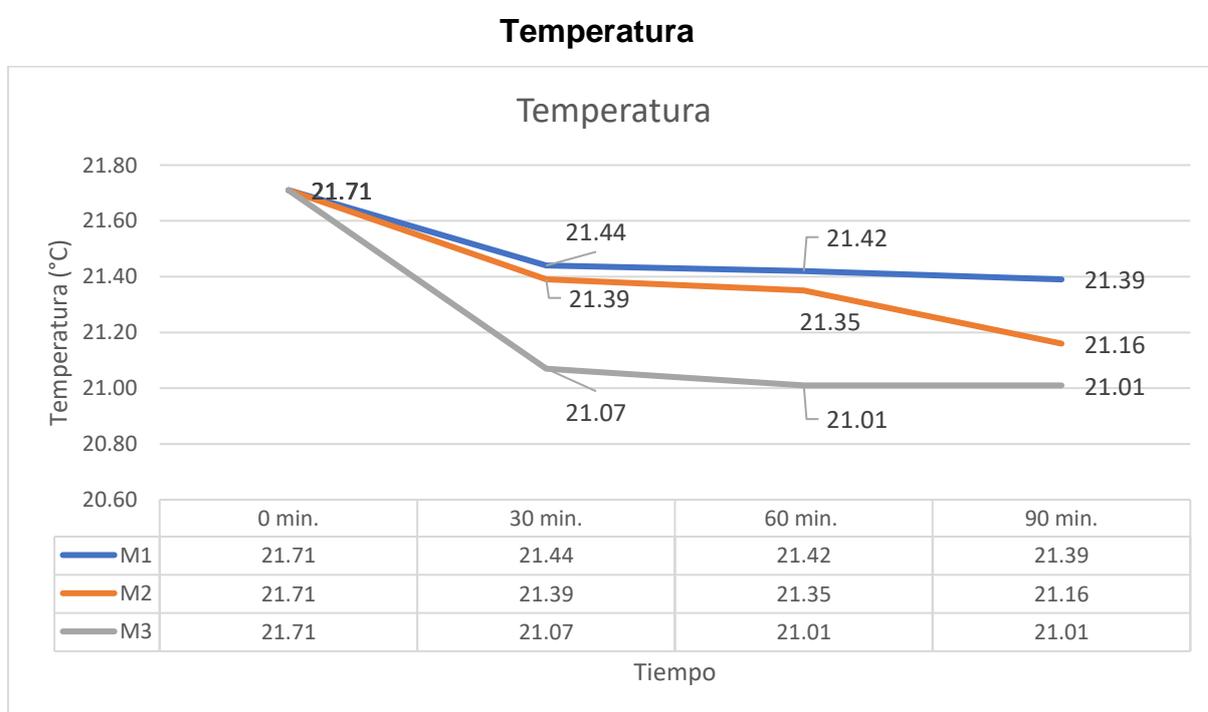


Figura 30. Resultados de la Temperatura en la MT1, MT2 y MT3 a diferentes tiempos de tratamiento con micro-nanoburbujas.

Fuente: Elaboración propia, 2022

Se puede apreciar en la Figura 30 que la temperatura ha cambiado durante el tiempo, donde se registró que en el minuto 90 de la muestra (MT1) la temperatura llegó a 21.39 °C y en la muestra MT2 de la repetición (R2) se obtuvo una temperatura de 21.16 °C y en MT3 de a repetición (R3) se obtuvo una temperatura de 21 °C, en base de lo anterior dicho la temperatura está relacionada al tiempo en donde mayor sea el tiempo de tratamiento la temperatura tiene una inclinación a reducir.

Turbidez

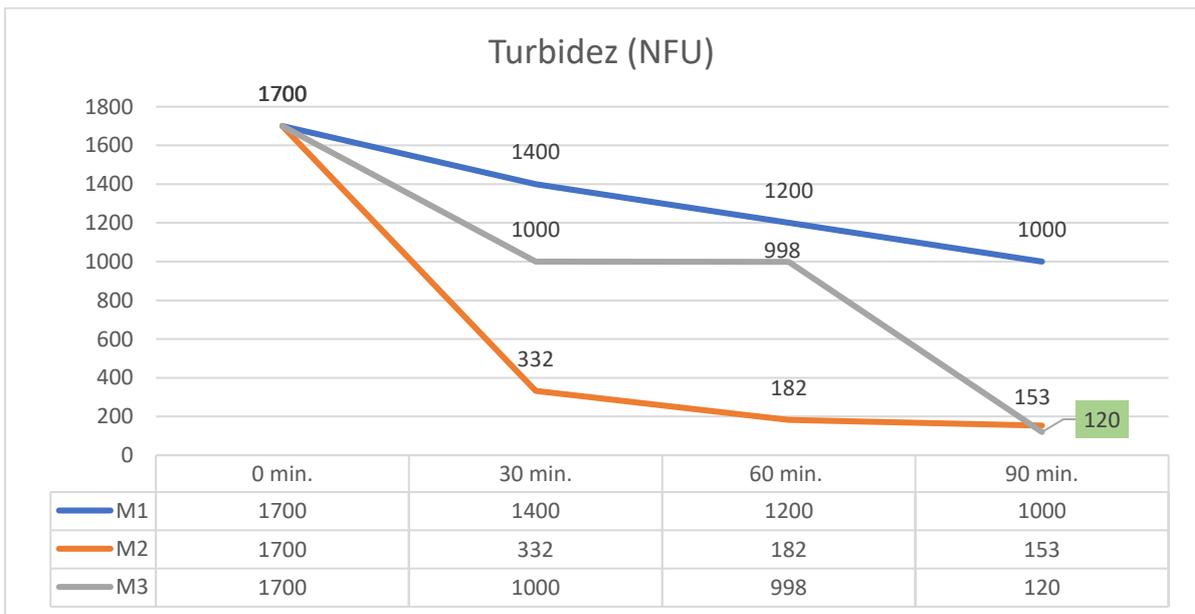


Figura 31. Resultados obtenidos de la Turbidez en las muestras MT1, MT2 y MT3 a diferentes tiempos de tratamiento con micro-nanoburbujas de aire.
Fuente: Elaboración propia, 2022

Se contempla en la figura 31 que después del tratamiento de la muestra MT1 de la repetición (R1) la concentración de la turbidez se redujo en el minuto 90 de >1000 FNU a 1000 FNU ;en MT2 se puede observar que después del tratamiento con micro-nanoburbujas se obtuvo una reducción de la turbidez >1000 FNU a 153 FNU en el minuto 90, posteriormente se pudo observar después del tratamiento de la muestra MT3 una reducción de la turbidez >1000 a 120NFU,con respecto a los demás tiempos de 30 y 60 en donde se observa una reducción considerable de >1000 NFU a 1400NFU, y de >1000 NFU a 153 NFU; teniendo ello como base la turbidez está estrechamente relacionada al tiempo, es decir si se aplica las micro-nanoburbujas en un tiempo mayor se podrá obtener mejores resultados, ello es basado que en el grafico 29 donde la turbidez tiende a reducir entre más tiempo se aplique el tratamiento con micro-nanoburbujas.

Conductividad Eléctrica

A continuación se presenta los resultados obtenidos después del tratamiento con micro-nanoburujas de aire, donde la conductividad eléctrica a cambiado a través del tiempo.

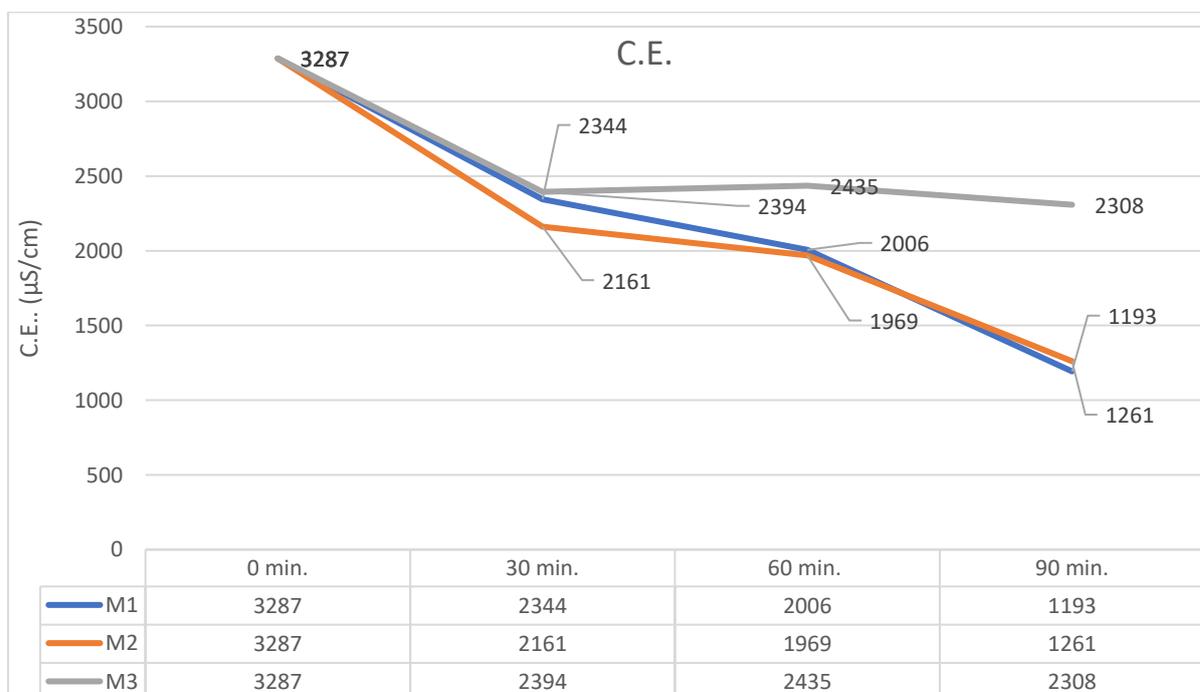


Figura 32. Resultados obtenidos de la Conductividad Eléctrica a diferentes tiempos de las muestras MT1, MT2 y MT3 con micro-nanoburujas de aire. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se contempla en la figura 32 que después de tratamiento con micro-nanoburujas a diferentes tiempos, que en la muestra MT1 de la repetición (R1) que la conductividad eléctrica se redujo significativamente de 3287 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1193 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el minuto 90, del mismo modo se contempla que en la repetición R2 de la MT2 después del tratamiento, la concentración de la conductividad eléctrica de una concentración inicial de 3287 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1261 $\mu\text{S}/\text{cm}$, posteriormente se observa que en la muestra MT3 de la concentración de la conductividad eléctrica de una muestra inicial de 3287 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 2308 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de ello concluimos que si se sigue aplicando el sistema de micro-nanoburujas por más tiempo la conductividad eléctrica seguirá reduciendo, esto es basado al grafico 30 donde el parámetro analizado tiene una predisposición a reducir en el tiempo.

Sólidos Suspendidos Totales

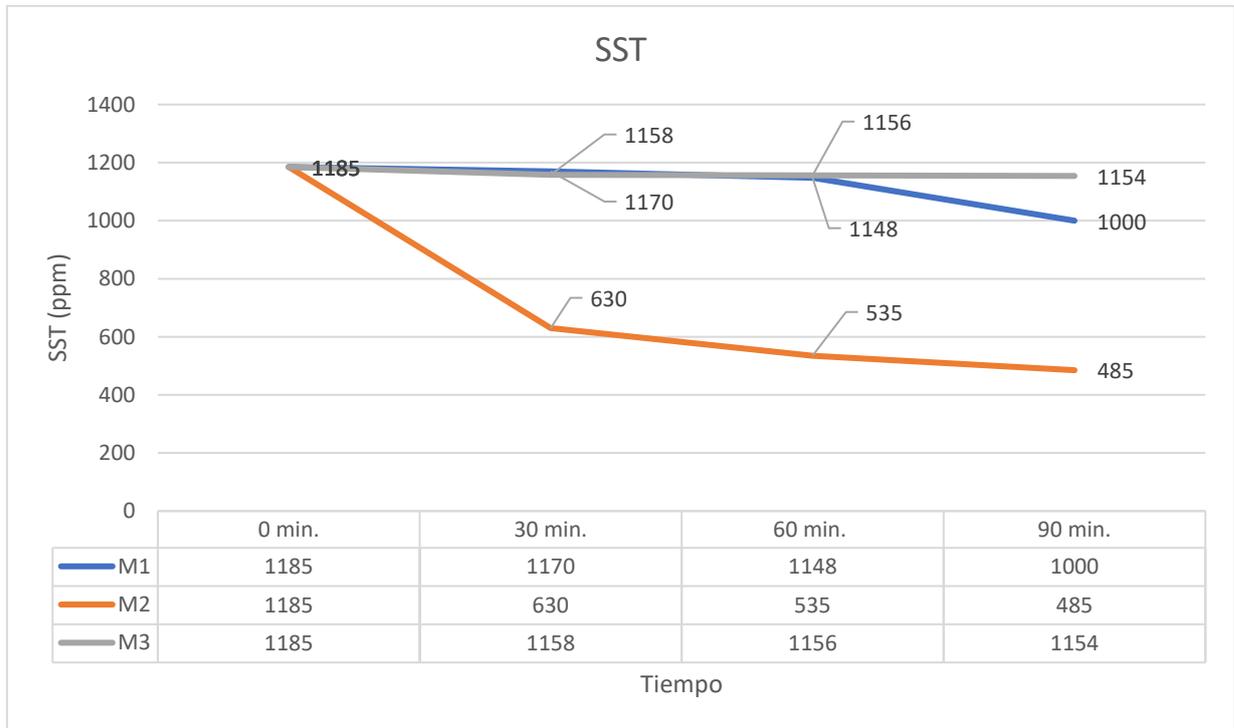


Figura 33. Resultados obtenidos de TSS a diferentes tiempos de las muestras MT1, MT2 y MT3 con micro-nanoburbujas de aire.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se contempla en la figura 33 que después del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire la concentración de sólidos suspendidos totales ha disminuido de 1185 ppm a 1000ppm en el minuto 90 en MT1 de la repetición(R1), a comparación del minuto 30 en la cual se registra , una disminución de 1185ppm a 1170ppm correspondientemente, del mismo modo se aprecia que en MT2 donde se obtuvo mejor resultados, a diferencia de los dos primeros tiempos es el minuto 90 en donde la concentración de sólidos totales ha disminuido de 1185ppm a 485ppm , así mismo en MT3 se visualiza en el grafico que luego de ser tratada el agua con micro-nanoburbujas en la repetición (R3) del minuto 90 se registra una disminución de los sólidos suspendidos totales de 1185ppm a 1154ppm en donde entre más tiempo se emplea para tratamiento los sólidos disueltos totales tiende a disminuir.

Oxígeno Disuelto

A continuación, se presenta los resultados obtenidos después del tratamiento con micro-nanoburbujas. A diferentes tiempos donde el oxígeno disuelto ha presentado cambios

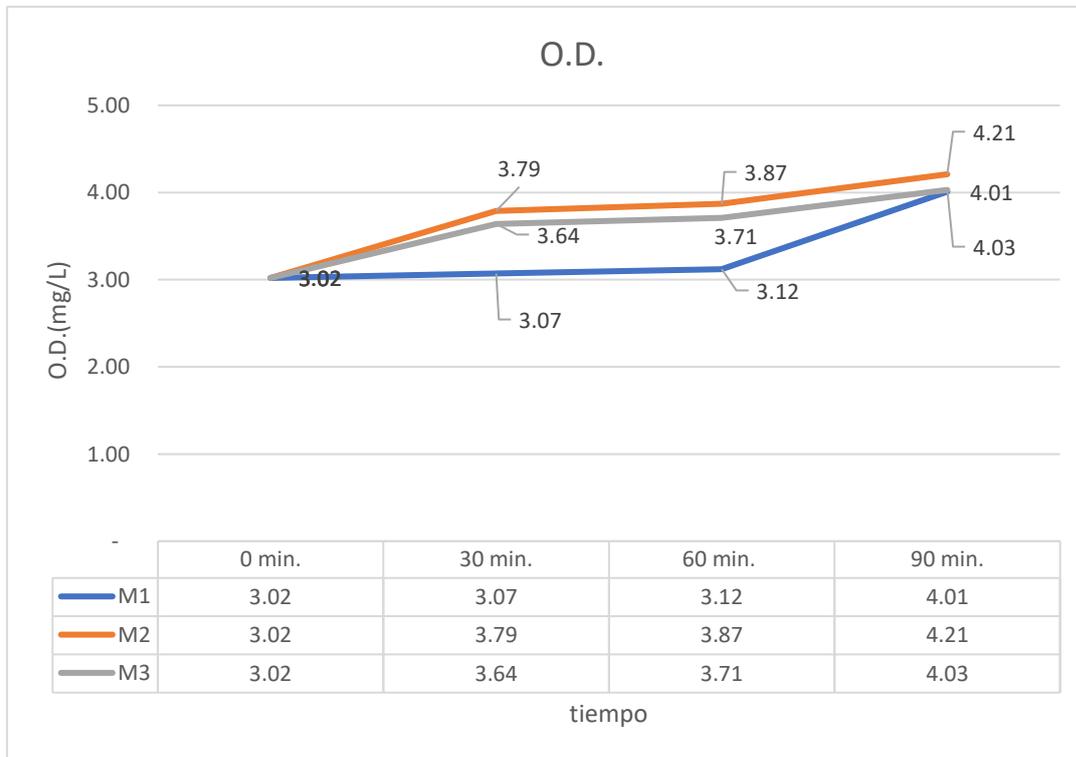


Figura 34. Resultados de Oxígeno Disuelto a diferentes tiempos de MT1, MT2 y MT3 con micro-nanoburbujas de aire.

Fuente: Elaboración propia, 2022

En la figura 34 se contempla que después del tratamiento con micro-nanoburbujas a diferentes tiempos el oxígeno disuelto en la muestra (MT1) en el minuto 90 aumentó de 3.02 ppm a 4.01 ppm, del mismo modo en la muestra (MT2) se aprecia que después del tratamiento a diferentes tiempos en el minuto 90 de la repetición (R2) el oxígeno volvió a incrementar de 3.02 ppm a 4.21 ppm, luego se apreció un incremento en MT3 en el minuto 90 en donde el oxígeno disuelto paso de 3.02 ppm a 4.03ppm, si se aplica el sistema de micro-nanoburbujas a más tiempo el oxígeno disuelto tiende a incrementar siendo positivo para el tratamiento.

DQO (mg/L)

A continuación, se presenta el cambio que sufrido el DQO a través del tiempo, mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire.

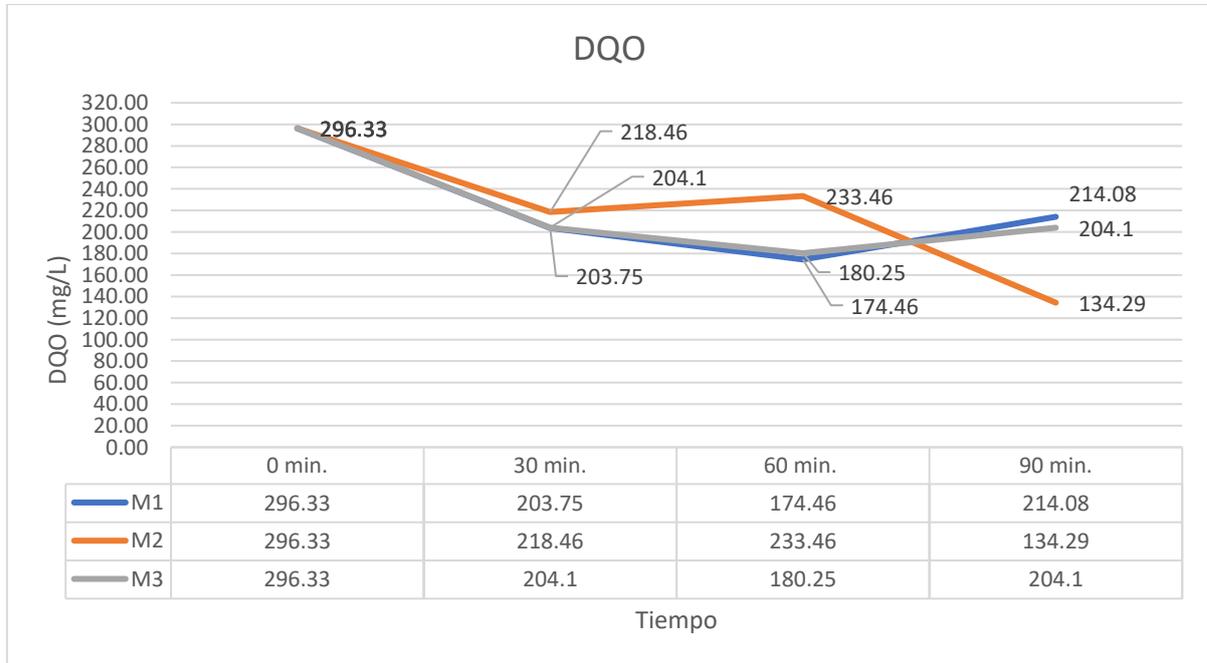


Figura 35. Resultados de DQO a diferentes tiempos de las muestras MT1, MT2 y MT3 con micro-nanoburbujas de aire.

Fuente: Elaboración proPia.2022.

Se contempla que después del tratamiento con micro-nanoburbujas a diferentes tiempos en la figura 35, en el cual en el minuto 60 registra una mayor reducción del parámetro DQO en la muestra MT1 donde se comenzó en el grupo de control con 296.33 mg/L a 174.46 mg/L a diferencia del tiempo 30 donde se registra una reducción de DQO de 296.33 mg/L a 203.75 mg/L y en el tiempo 90 una reducción de 214,08 en la muestra MT2 se contempla que el DQO después del tratamiento en el minuto 90 se obtuvo una mayor reducción de 296.33 mg/L a 134.29 mg/L a comparación del minuto 30 en donde de 296.33 mg a 218.46 y del minuto 60 de 296.33 a 233.46, del mismo modo en MT3 se observa una reducción de 296.33mg/L a 180.25mg/L a diferencia de los dos tiempos de 30y 90 donde se obtuvo la misma reducción de 296.33 mg/L a 204.10 mg/L.

Parámetro DBO₅

A continuación, se presenta los resultados obtenidos después del tratamiento con el sistema de micro-nanoburbujas a diferentes tiempos.

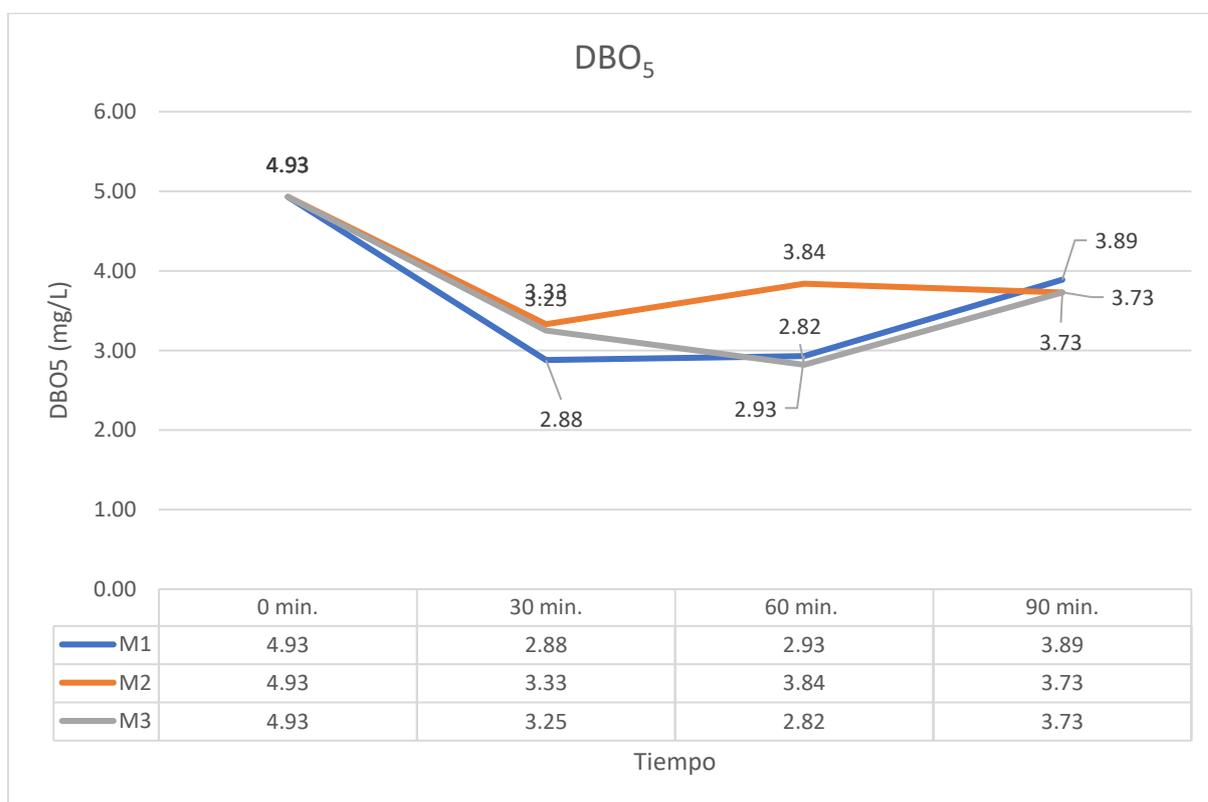


Figura 36. Resultados de DBO₅ a diferentes tiempos con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.
Fuente: Elaboración propia,2022

Después del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire a diferentes tiempos en la figura 36 se aprecia que en el minuto 30 la demanda química de oxígeno en la muestra MT1 se aprecia una reducción de 4.93mg/L a 2.88 mg/L d a diferencia de los demás tiempos de 60 y 90 viéndose una reducción de 2.93mg/L y 3.89 mg/L y 3.84, del mismo modo se aprecia en MT2 después del tratamiento a diferentes tiempos se aprecia que la DBO₅ hay una reducción en el minuto 30 de 4.93mg/L a 3.33mg/L, luego en la muestra MT3 se aprecia igualmente que en el tiempo 60 se aprecia una reducción significativa de 4.93mg/L a 2.82 mg/L a comparación de los demás tiempos 30 y 90 donde se registra una disminución del parámetro DBO₅ de 3.25 mg/L y 3.73mg/L correspondientemente.

A continuación, se presenta el porcentaje de remoción de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (C.E), turbidez (NFU) y sólidos disueltos totales (TDS) mediante la fórmula:

$$\%Re = \left(\frac{Ci - Cf}{Ci} \right) * 100 \quad \dots\dots\dots\text{Ecuación (6)}$$

Donde:

%Re= porcentaje de remoción

Ci= concentración inicial

Cf= concentración finan

Tabla 10. Porcentaje de remoción de DBO₅

MUESTRAS GRUPO CONTROL	MUSTRAS. T/ TIEMPO	DBO ₅ mg/L	% REMOCIÓN
	MT1 (30,60,90 min)		
4.93mg/L	M1T1	2.88	42%
	M1T2	2.93	41%
	M1T3	3.89	21%
	MT2(30,60,90)		
	M2T1	33.33	32%
	M2T2	3.84	22%
	M2T3	3.73	24%
	MT3(30,60,90)		
	M3T1	3.25	34%
	M3T2	2.82	43%
	M3T3	3.73	24%

Fuente: Elaboración propia,2022

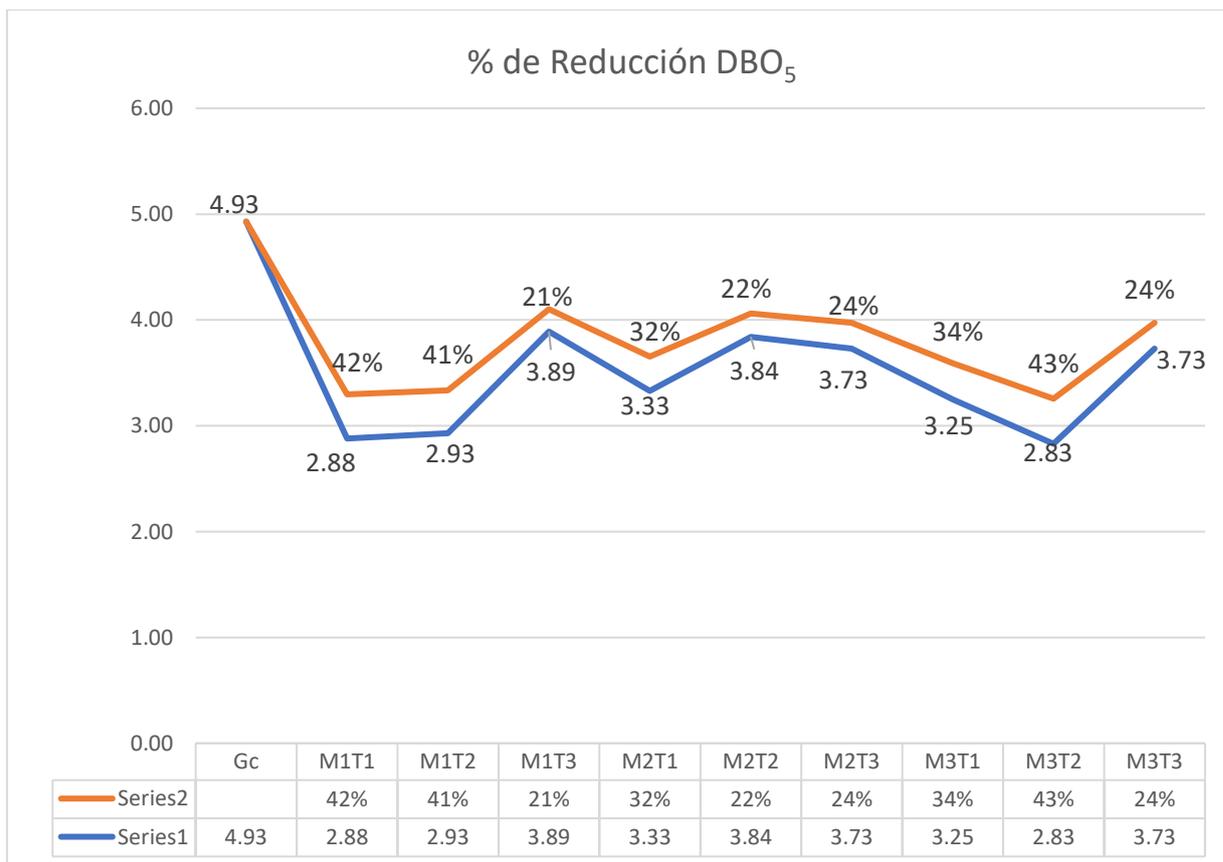


Figura 37. Porcentaje de remoción de DBO₅ en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.
Fuente: Elaboración propia,2022

Como se puede apreciar en la tabla 10 y la figura 37 se contempla una mayor remoción en la muestra M3T2 en el minuto 60 con un porcentaje de reducción de 43% de una muestra inicial de 4.93mg/L a 2.83mg/L, también se observa que en el minuto 30 de la muestra M1T1 se aprecia una reducción del 42% de una muestra inicial de 4.93 mg/L a 2.88 mg/L y en la muestra M1T2 se observa una reducción del 41% de una muestra inicial de 4.93 mg/L a 2.93mg/L, del mismo modo en el minuto 30 de la muestra M3T3 se contempla una reducción del 34% de una muestra inicia de 4.93mg/L a 3.25mg/L. En los tiempos mencionados anteriormente es en donde se contempla mejores resultados en los porcentajes de reducción para DBO₅ siendo en M3T2 donde se contempla mayor reducción.

Tabla 11. Porcentaje de remoción de DQO

MUESTRAS GRUPO CONTROL	MUSTRAS. T/ TIEMPO	DQO mg/L	% REMOCIÓN
	MT1 (30,60,90 min)		
296.33mg/L	M1T1	203.75	31%
	M2T2	174.46	41%
	M3T3	214.08	28%
	MT2(30,60,90)		
	M2T1	218.46	26%
	M2T2	233.46	21%
	M2T3	134.29	55%
	MT3(30,60,90)		
	M3T1	204.1	31%
	M3T2	180.25	39%
	M3T3	204.1	31%

Fuente: Elaboración propia,2022

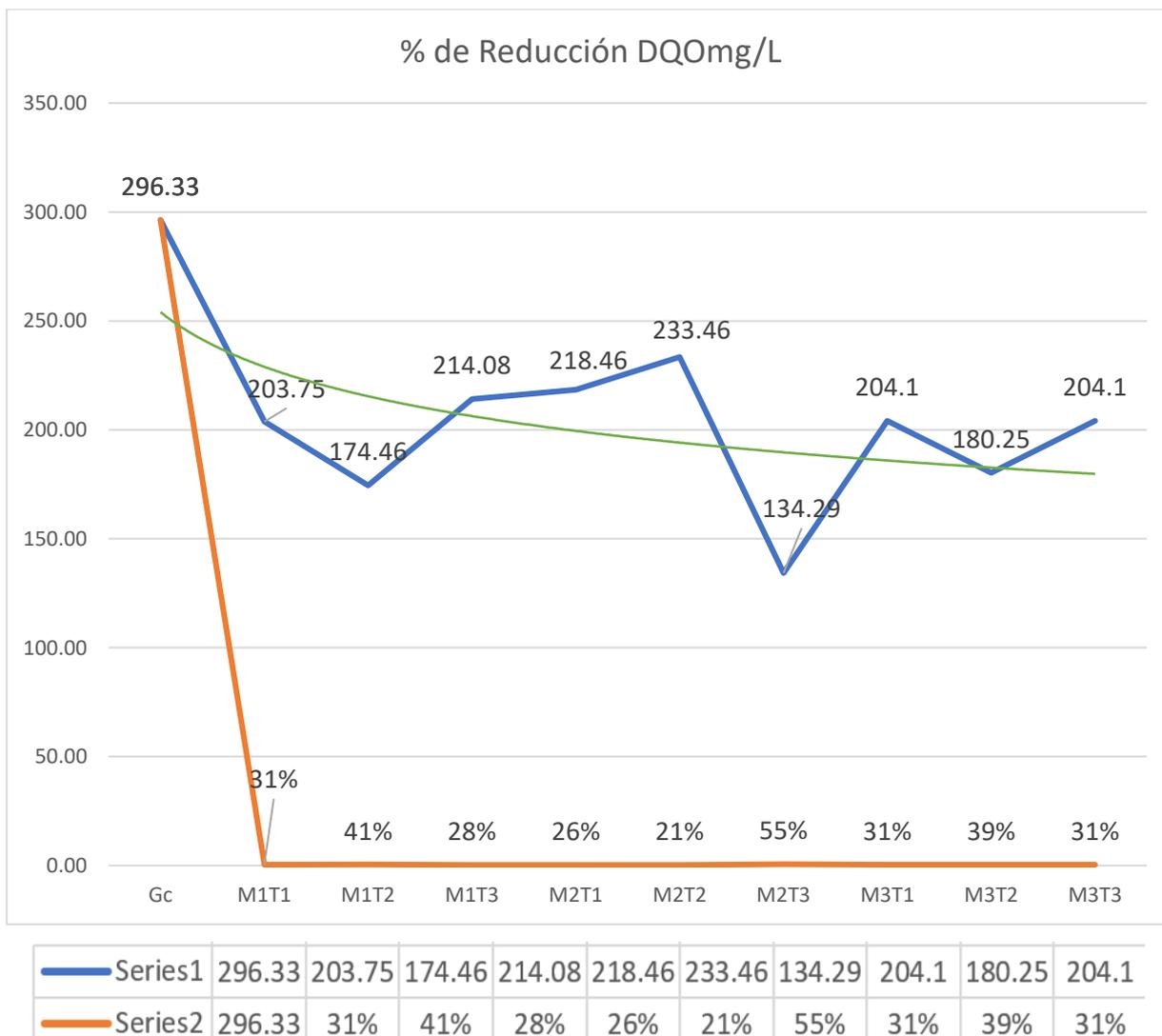


Figura 38. Porcentaje de remoción de DQO en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.
Fuente: Elaboración propia,2022

Se contempla tanto en la tabla 11 como en la figura 38 en la cual se calculó a todas las repeticiones de cada muestra el porcentaje de remoción, donde se registra que en el minuto 90 de la muestra M2T3 se registra el mayor porcentaje de reducción con un 55% de una muestra inicial de 296.33mg/L a 134.29mg/L. Según la línea de tendencia el DQO tienden a reducir su porcentaje según el tiempo de tratamiento con el sistema de micro-nanoburbujas.

Tabla 12. Porcentaje de remoción de conductividad eléctrica.

MUESTRAS GRUPO CONTROL	MUSTRAS. T/ TIEMPO	C.E $\mu\text{S/cm}$	% REMOCIÓN
	MT1 (30,60,90 min)		
3287 $\mu\text{S/cm}$	M1T1	2344	29%
	M2T2	2006	39%
	M3T3	1193	64%
	MT2(30,60,90)		
	M2T1	2161	34%
	M2T2	1969	40%
	M3T3	1261	62%
	MT3(30,60,90)		
	M3T1	2394	27%
	M3T2	2435	26%
	M3T3	2308	30%

Fuente: Elaboración propia,2022

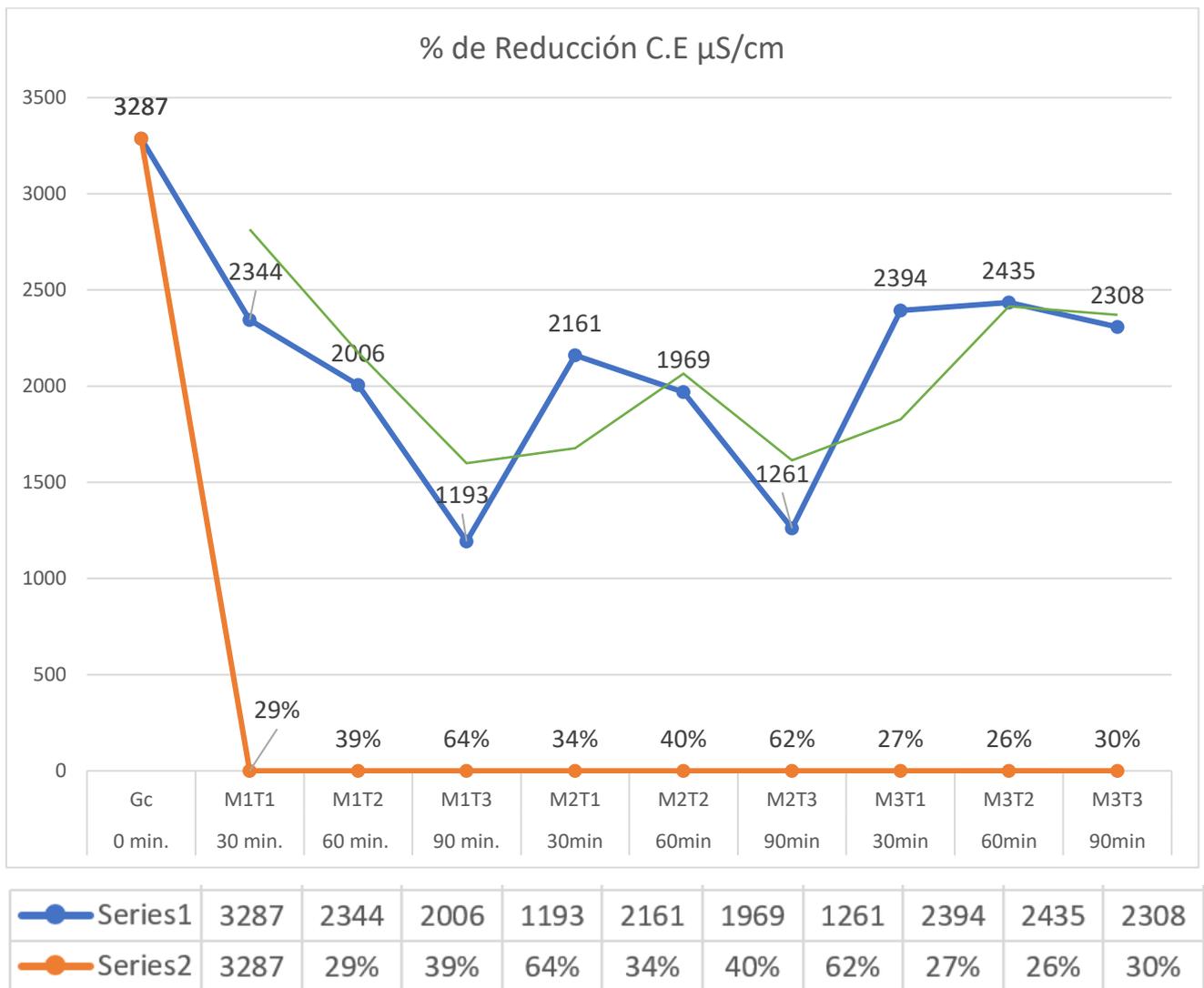


Figura 39. Porcentaje de remoción de C.E en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.
Fuente: Elaboración propia,2022

Como se aprecia en la tabla 12 y la figura 39 al evaluar a todas las repeticiones de cada muestra, se registra un mayor porcentaje de remoción en el minuto 90 de la muestra M1T3 en la cual se observa una remoción del 64% de la conductividad eléctrica, de una muestra inicial de $3287\mu\text{S}/\text{cm}$ a $1193\mu\text{S}/\text{cm}$. Como se aprecia en línea de tendencia la Conductividad Eléctrica tiende a disminuir según el tiempo de tratamiento con micro-nanoburbujas.

Tabla 13. Porcentaje de remoción de SST (ppm)

MUESTRAS GRUPO CONTROL	MUESTRAS. TIEMPO	SST ppm	% REMOCIÓN
	MT1 (30,60,90 min)		
1185ppm	M1T1	1170	1%
	M2T2	1148	3%
	M3T3	1000	16%
	MT2(30,60,90)		
	M1T1	630	47%
	M2T2	535	55%
	M3T3	485	59%
	MT3(30,60,90)		
	M1T1	1158	2%
	M2T2	1156	2%
	M3T3	1154	3%

Fuente: Elaboración propia,2022

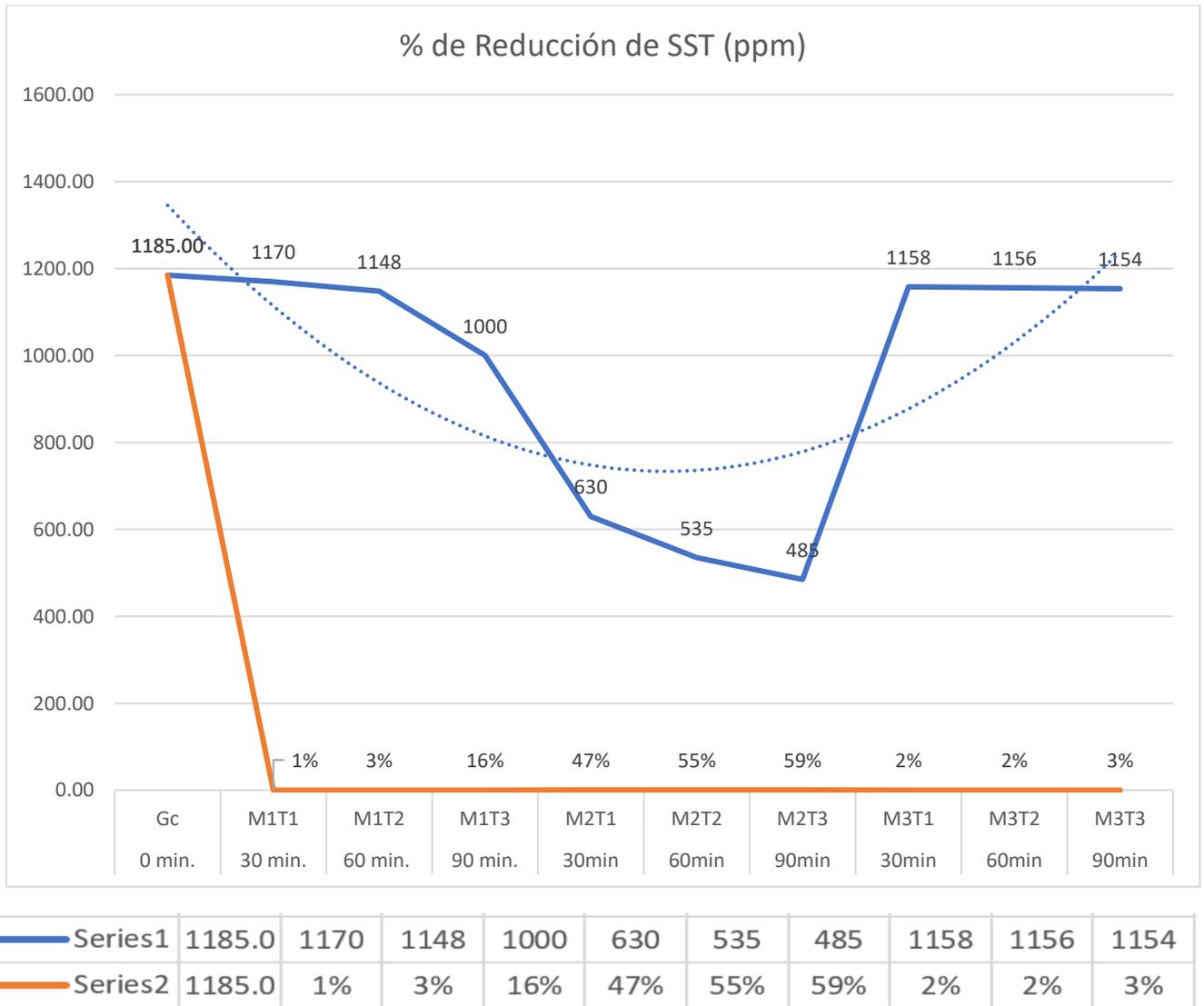


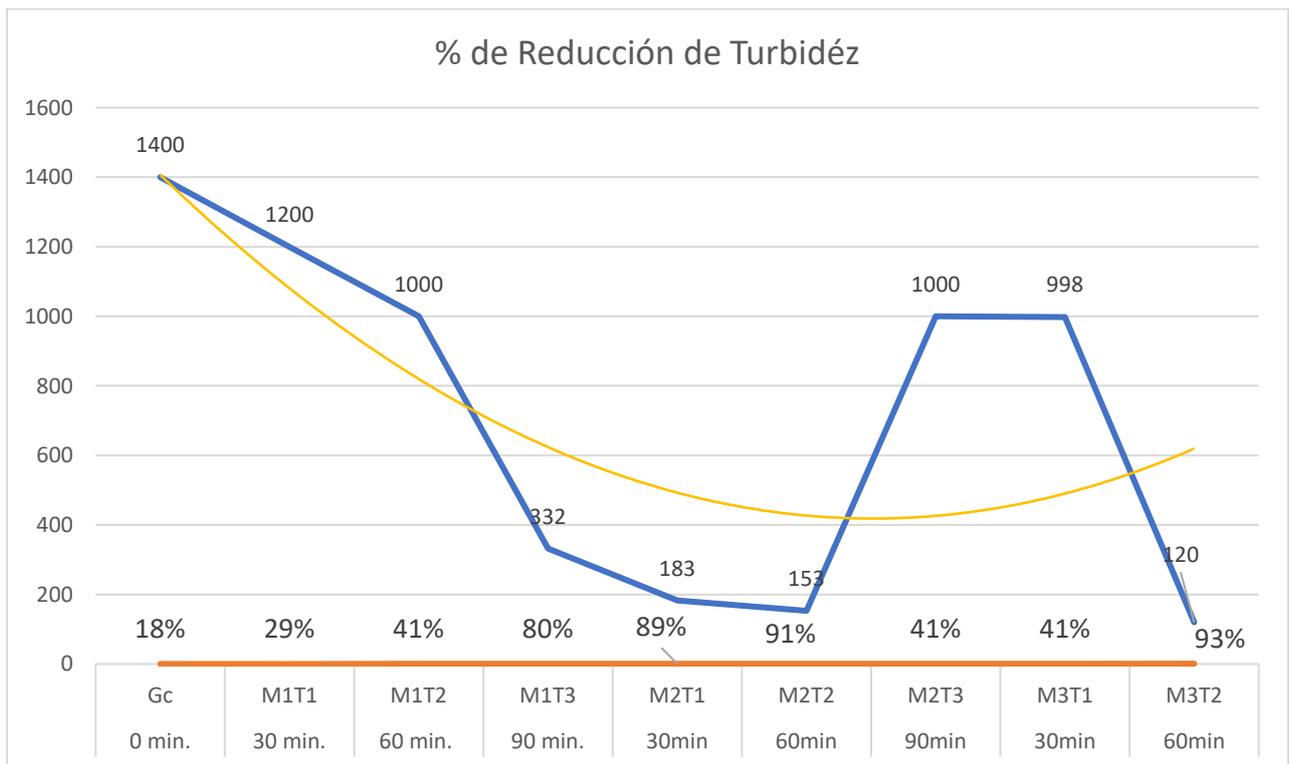
Figura 40. Porcentaje de remoción de SST en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.
Fuente: Elaboración propia,2022

Se contempla tanto en la tabla 13 como en la figura 40, en la cual se calculó a todas las repeticiones de cada muestra el porcentaje de remoción, donde se registra que en el minuto 90 de la muestra M2T3 se registra el mayor porcentaje de remoción con un 59% de una muestra inicial de 1185ppm a 535ppm. Según la línea de tendencia los SST tienden a reducir su porcentaje según el tiempo de tratamiento con el sistema de micro-nanoburbujas siendo en la muestra M2T3 donde se obtuvo mejor resultados.

Tabla 14. Porcentaje de remoción de Turbidez

MUESTRAS GRUPO CONTROL	MUSTRAS. T/ TIEMPO	TURBIDEZ (NFU)	% REMOCIÓN
	MT1 (30,60,90 min)		
>1000NFU	M1T1	1400	18%
	M2T2	1200	29%
	M3T3	1000	41%
	MT2(30,60,90)		
	M2T1	332	80%
	M2T2	183	89%
	M2T3	153	91%
	MT3(30,60,90)		
	M3T1	1000	41%
	M3T2	998	41%
	M3T3	120	93%

Fuente: Elaboración propia,2022



Series1	1400	1200	1000	332	183	153	1000	998	120
Series2	18%	29%	41%	80%	89%	91%	41%	41%	93%

Figura 41. Porcentaje de remoción de turbidez en las diferentes muestras con micro-nanoburbujas de aire de MT1, MT2y MT3.
Fuente: Elaboración propia,2022

Como se aprecia en la tabla 14 y la figura 41 al evaluar a todas las repeticiones de cada muestra, se registra un mayor porcentaje de remoción en el minuto 90 de la muestra M3T3 en la cual se observa una remoción del 93% de la Turbidez, de una muestra inicial de >1000NFU a 120NFU. Como muestra la línea de tendencia la turbidez tiende a reducir según el tiempo de tratamiento con micro-nanoburbujas, siendo en los tiempos mas altos donde se aprecia mayor porcentaje de reducción

Tabla 15. Comparación de resultados con Estándares de Calidad ambiental (ECA)

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	MUESTRA INICIAL	MUESTRAS TRATADAS									ECA PARA AGUA D.S. N°004-2007-MINAM	
			M1T1	M1T2	M1T3	M2T1	M2T2	M2T3	M3T1	M3T2	M3T3	ECA AGUA CATEGORÍA 1 A2	ECA AGUA CATEGORÍA 4 E2-COSTA Y SIERRA
Conductividad	uS/cm	3287	2344	2006	1193	2161	1969	1261	2394	2435	2308	1600	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	4,93	2,88	2,93	3,89	3,33	3,84	3,73	3,25	2,82	3,73	5	10,00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	296,33	203,75	174,46	214,08	218,46	233,46	134,29	204,10	204,10	201,50	20	**
Oxígeno disuelto	mg/L	3,02	3,07	3,12	4,01	3,79	3,87	4,21	3,64	3,71	4,03	≥ 5	≥5
pH	unidad de pH	8,50	8,08	8,05	8,10	8,23	8,17	8,10	8,17	8,12	8,12	5,5 a 9,0	6,5 a 9,0
Sólidos Suspendidos Totales	ppm	1185	1170	1148	1000	630	535	485	1158	1156	1154	≤ 100	≤ 100
Turbidez	FNU	>1000	>1000	1400	1000	332	183	153	1000	998	120	**	**

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Interpretación:

Después del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire se procedió a comparar las muestras de los resultados de los diferentes con el ECA para aguas según D.S.N°004-2007-MINAM para la categoría 1 A2 y la categoría 4 E-2 COSTA Y SIERRA, donde se obtuvo en la muestra M3T2 una reducción para la DBO₅ de 4,93 mg/L a 2,82 mg/L, siendo éste el mejor resultado obtenido en el tiempo del minuto 60, el cual se encuentra dentro de los Estándares de Calidad ambiental (ECA) para el agua de la categoría 1 A2 en donde la concentración es de 5 mg/L y para la categoría 4 E2 es de 10,00 mg/L. Asimismo, para DQO se contempló una reducción de una muestra inicial de 296,33 mg/L a 134,29 mg/L, al comparar con la categoría 1 A2 se observó que superó a los ECA. Por otra parte, para el pH se obtuvo una reducción de una muestra inicial de 8,50 a 8,05 estando por debajo de los ECA. Para SST de una muestra inicial de 1185 ppm se obtuvo una reducción de 485 ppm estando por debajo de los ECA para ambas categorías. Para oxígeno disuelto hubo un incremento de 3,02 mg/L a 4,21 mg/L no siendo suficientes para ambas categorías del ECA. Para la turbidez se tuvo una reducción de más de 1000 NFU a 120 NFU, donde ambas categorías no tienen un valor establecido para compararla. De ésta manera aún no cumpliéndose en algunos parámetros para ambas categorías de los ECA, se demostró una significativa reducción de los parámetros analizados.

Contrastación de Hipótesis:

Hipótesis específica 1:

Ho: El sistema micro-nanoburbujas de aire NO contribuye a la reducción de las características físicas del río Lurín.

H1: El sistema micro-nanoburbujas de aire contribuye a la reducción de las características físicas del río Lurín

Tabla 16. Resumen de procesamiento de casos para Hipótesis específica 1

Resumen de procesamiento de casos						
TIEMPO	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
pH 30 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
pH 60 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
pH 90 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
INICIAL	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%
O.D.30 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
O.D.60 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
O.D.90 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
O.D.INICIAL	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Tabla 17. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 1

Pruebas de normalidad^{b,c}						
TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH30 min.	,360	3	.	,808	3	,134
pH60 min.	,211	3	.	,991	3	,817
pH90 min.	,385	3	.	,750	3	,621
O.D.30 min.	,310	3	.	,898	3	,382
O.D.60 min.	,308	3	.	,901	3	,389
O.D.90 min.	,321	3	.	,881	3	,328
a. Corrección de significación de Lilliefors						
b. pH es constante cuando TIEMPO = INICIAL. Se ha omitido.						
c. O2disuelto es constante cuando TIEMPO = INICIAL. Se ha omitido.						

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha=0.05$ La distribución es Normal

Si Pvalue < $\alpha=0.05$ La distribución es No Normal

De los resultados de significancia (pH y oxígeno disuelto) se obtiene lo siguiente:

Tabla 18. Datos de significancia para Hipótesis específica 1

PARÁMETRO	Sig.	Normalidad	Prueba
pH30 min.	,134	Normal	T Student
pH60 min.	,817	Normal	T Student
pH90 min.	,621	Normal	T Student
O.D.30 min.	,380	Normal	T Student
O.D.60 min.	,389	Normal	T Student
O.D.90 min.	,328	Normal	T Student

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Como el p-value del pH y del oxígeno disuelto es mayor al nivel de significancia ($\alpha=0.05$), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, de manera que se concluye que los datos son **paramétricos**.

Hipótesis específica 2:

H1: El sistema micro-nanoburbujas de aire NO contribuye a la reducción de las características químicas del río Lurín

Ho: El sistema micro-nanoburbujas de aire contribuye a la reducción de las características químicas del río Lurín

Tabla 19. Resumen de procesamiento de casos para Hipótesis específica 2

Resumen de procesamiento de casos						
TIEMPO	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DBO ₅ a30 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DBO ₅ a60 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DBO ₅ a90 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DBO ₅ INICIAL	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%
DQOa30 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DQOa60 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DQOa90 min.	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DQO INICIAL	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Tabla 20. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 2

Pruebas de normalidad ^{b,c}						
TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO ₅ a30 min.	,323	3	.	0,878	3	,320
DBO ₅ a60 min.	,353	3	.	0,823	3	,172
DBO ₅ a90 min.	,385	3	.	0,750	3	,200
DQOa30 min.	,378	3	.	0,768	3	,040
DQOa60 min.	,353	3	.	0,823	3	,170
DQOa90 min.	,343	3	.	0,842	3	,220
a. Corrección de significación de Lilliefors						
b. DBO ₅ es constante cuando TIEMPO = INICIAL. Se ha omitido.						
c. DQO es constante cuando TIEMPO = INICIAL. Se ha omitido.						

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha=0.05$ La distribución es Normal

Si Pvalue < $\alpha=0.05$ La distribución es No Normal

De los resultados de significancia (DBO5 y DQO) se obtiene lo siguiente:

Tabla 21. Datos de significancia para Hipótesis específica 2

PARÁMETRO	Sig.	Normalidad	Prueba
DBO5a30 min.	,320	Normal	T Student
DBO5a60 min.	,172	Normal	T Student
DBO5a90 min.	,200	Normal	T Student
DQOa30 min.	,040	Normal	T Student
DQOa60 min.	,170	Normal	T Student
DQOa90 min.	,220	Normal	T Student

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Como el p-value del DBO5 y del DQO, es mayor al nivel de significancia ($\alpha=0.05$), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, de manera que se concluye que los datos son **paramétricos**.

Hipótesis específica 3:

H1: El sistema micro-nanoburbujas de aire NO contribuye a la reducción de las características biológicas del río Lurín

Ho: El sistema micro-nanoburbujas de aire contribuye a la reducción de características biológicas del río Lurín

Tabla 22. Resumen de procesamiento de casos para Hipótesis específica 3

Resumen de procesamiento de casos						
TIEMPO	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Turbidez 30 min.	3	100,00%	0	0,00%	3	100,00%
Turbidez 60 min.	3	100,00%	0	0,00%	3	100,00%
Turbidez 90 min.	3	100,00%	0	0,00%	3	100,00%
Turbidez INICIAL	1	100,00%	0	0,00%	1	100,00%
Conductividad 30 min.	3	100,00%	0	0,00%	3	100,00%
Conductividad 60 min.	3	100,00%	0	0,00%	3	100,00%
Conductividad 90 min.	3	100,00%	0	0,00%	3	100,00%
Conductividad INICIAL	1	100,00%	0	0,00%	1	100,00%

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Tabla 23. Pruebas de normalidad para Hipótesis específica 3

Pruebas de normalidad ^{b,c}						
TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.

Turbidez 30 min.	,232	3	.	,979	3	,725
Turbidez 60 min.	,315	3	.	,892	3	,360
Turbidez 90 min.	,373	3	.	,778	3	,063
Conductividad 30 min.	,308	3	.	,902	3	,392
Conductividad 60 min.	,360	3	.	,809	3	,137
Conductividad 90 min.	,366	3	.	,796	3	,104
a. Corrección de significación de Lilliefors						
b. Turbidez es constante cuando TIEMPO = INICIAL. Se ha omitido.						
c. Conductividad es constante cuando TIEMPO = INICIAL. Se ha omitido.						

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Tabla 24. Datos de significancia para Hipótesis específica 3

Parámetro	Sig.	Normalidad	Prueba
Turbidez 30 min.	,725	Normal	T Student
Turbidez 60 min.	,360	Normal	T Student
Turbidez 90 min.	,063	Normal	T Student
Conductividad 30 min.	,392	Normal	T Student
Conductividad 60 min.	,137	Normal	T Student
Conductividad 90 min.	,104	Normal	T Student

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Como el p-value de la temperatura, turbidez y Conductividad eléctrica es mayor al nivel de significancia ($\alpha=0.05$), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, de manera que se concluye que los datos son **paramétricos**.

Hipótesis General:

Ho: : El sistema de micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio NO contribuye a la reducción de la materia orgánica en el río Lurín

H1: : El sistema de micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuye a la reducción de la materia orgánica en el río Lurín

Tabla 25. Estadísticas de muestras emparejadas

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	pH.Inicial	8,500	9	,0000	,0000
	pH.Final	8,238	9	,3741	,1247
Par 2	Temperatura.Inicial	21,7100	9	,00000	,00000
	Temperatura.Final	21,2489	9	,18367	,06122
Par 3	C.Eléctrica.Inicial	3287,00	9	,000	,000
	C.Eléctrica.Final	2007,89	9	471,883	157,294
Par 4	Turbidez.Inicial	1700,00	9	,000	,000
	Turbidez.Final	709,56	9	505,755	168,585
Par 5	SST.Inicial	1185,00	9	,000	,000
	SST.Final	937,33	9	297,243	99,081
Par 6	O2.Disuelto.Inicial	3,0200	9	,00000	,00000
	O2.Disuelto.Final	3,7067	9	,37997	,12666
Par 7	DBO ₅ .Inicial	4,9300	9	,00000	,00000
	DBO ₅ .Final	3,3789	9	,43172	,14391
Par 8	DQO.Inicial	296,3300	9	,00000	,00000
	DQO.Final	196,3278	9	29,46410	9,82137

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Tabla 26. Correlaciones de muestras emparejadas

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	pH.Inicial & pH.Final	9	.	.
Par 2	Temperatura.Inicial & Temperatura.Final	9	.	.
Par 3	C.Eléctrica.Inicial & C.Eléctrica.Final	9	.	.
Par 4	Turbidez.Inicial & Turbidez.Final	9	.	.
Par 5	SST.Inicial & SST.Final	9	.	.
Par 6	O ₂ . Disuelto.Inicial & O ₂ .Disuelto.Final	9	.	.
Par 7	DBO ₅ .Inicial & DBO ₅ .Final	9	.	.
Par 8	DQO.Inicial & DQO.Final	9	.	.

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022.

Tabla 27. Pruebas de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Pa	pH.Inicial - pH.Final	,2622	,3741	,1247	-,0253	,5498	2,103	8	,069

r 1									
P a r 2	Temperatura.Inicial - Temperatura.Final	,461 11	,1836 7	,0612 2	,3199 3	,6023 0	7,5 31	8	,000
P a r 3	C.Eléctrica.Inicial - C.Eléctrica.Final	127 9,11 1	471,8 83	157,2 94	916,3 90	1641, 833	8,1 32	8	,000
P a r 4	Turbidez.Inicial - Turbidez.Final	990, 444	505,7 55	168,5 85	601,6 87	1379, 202	5,8 75	8	,000
P a r 5	SST.Inicial - SST.Final	247, 667	297,2 43	99,08 1	19,18 6	476,1 48	2,5 00	8	,037
P a r 6	O ₂ .Disuelto.Inicial - O ₂ .Disuelto.Final	- ,686 67	,3799 7	,1266 6	- ,9787 4	- ,3946 0	- 5,4 22	8	,001
P a r 7	DBO5.Inicial - DBO5.Final	1,55 111	,4317 2	,1439 1	1,219 26	1,882 96	10, 77 8	8	,000
P a r 8	DQO.Inicial - DQO.Final	100, 002 22	29,46 410	9,821 37	77,35 411	122,6 5033	10, 18 2	8	,000

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.24, 2022

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha=0.05$. Luego, se acepta la Hipótesis Nula

Si Pvalue < $\alpha=0.05$. Se rechaza la Hipótesis Nula

Como Pvalue es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual indica: que : El sistema de micro-nanoburbujas de aire a nivel laboratorio contribuye a la reducción de la materia orgánica en el río Lurín.

V. Discusión

Después del tratamiento con el sistema de micro-nanoburbujas de aire a las muestras MT1, MT2, MT3, se observó una reducción de los parámetros del afluente del río Lurín, para el indicador de Turbidez se contempló una reducción significativa en el tiempo más alto (90min) registrándose en M3T3 una remoción de >1000FNU a 120NFU respectivamente con un porcentaje de remoción de 93%. Asimismo, para el indicador de C.E se registró una reducción de 3287uS/cm a 1261uS/cm, ello se contempló en el minuto 90 de la muestra M1T3 con un porcentaje de remoción de 64%, para el parámetro SST se obtuvo una reducción en el minuto más alto (90min) de la muestra M2T3 de una concentración inicial de 1185ppm a 485ppm con un porcentaje de reducción de 59%, para el indicador de Oxígeno Disuelto de una concentración inicial de 3.02mg/L a 4.21 mg/L siendo los tempos más altos donde se registra mayor aumento de la concentración de oxígeno en el agua, luego en el indicador de DQO se observó una reducción significativa de una muestra de 296.33mg/L a 134.29mg/L siendo en el minuto 90 donde de la muestra M2T3 donde se obtuvieron mejores resultados con un porcentaje de remoción del 55%, para DBO₅ de una concentración inicial de 4.93mg/L se observó una remoción a 2.82mg/L con un porcentaje de remoción de 43% de la muestra M3T2 en el minuto 60. AYALA después aplicar micro-nanoburbujas y grafeno obtuvieron los mejores resultados en el tiempo más alto (60min), para el indicador de la Turbidez de una concentración inicial de 63.33 NTU a 12.4NTU el cual representa el 80.11% de la remoción obtenida, DQO de una concentración de 483 mg/L a 114 mg/L el cual representa el 76.4% de la remoción obtenida, para DBO₅ se obtuvo de 280 mg/L a 57mg/L que equivale a 78.8% de la remoción. Del mismo modo Prada obtuvo de DBO₅ después del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire una reducción de 552.8mg/L a 5.3 mg/L, de una concentración inicial 1992.1mg/L de DQO a una de 145.0mg/L, para Oxígeno Disuelto un incremento de 1.7mg/L a 5.3mg/L. Así mismo KALOGERAKIS et al., observaron que luego de aplicar el nanoburbujas de aire, aplicando 170L/min de aire, en 1600m³ de agua residual, de una muestra inicial de 3000mg/L de DQO y un pH 5.9 para la reducción total de DQO se necesitó una energía de 0.515KWh/Kg, el cual se logró recuperar el agua en 10 semanas, donde el pH se incrementó a 8.9 al final del tratamiento demostrando su eficiencia de as

nanoburbujas de aire en el sector industrial. MELÉNDEZ y FLORES obtuvieron resultados prometedores después de aplicar micro-nanoburbujas de aire en la muestra 1 se observó una reducción de DBO₅ de una muestra inicial de 132mg/L a 14mg/L ello ocurrió en el minuto 15 de la primera muestra el porcentaje de reducción fue de 90.2% ,para DQO de 374mg/L a 30mg/L, siendo el porcentaje de reducción de 92.51%, para la segunda muestra se observó una remoción para e indicador de DBO₅ a 21 mg/L siendo el porcentaje de remoción de 836.5 %y de DQO de 297mg/L a 36mg/L donde el porcentaje de reducción es de 87.9%. Así mismo RAMEHKUMAR obtuvo una remoción para SST del 30%, para OD un porcentaje de aumento del 50%, en SST un 90% con la aplicación de nanoburbujas, en ellos tiempos más altos se obtuvieron estos resultados. Por otra parte, NÚÑEZ obtuvo una remoción para el indicador de DBO₅ un porcentaje de 99.89, para la concentración de DQO un porcentaje de remoción del 91.13%, para C. E una remoción del 8.4% para el indicador de la turbidez un porcentaje de remoción de 71.97%. ACUÑA y AYUQUE obtuvieron una remoción en una concentración de 678mg/L para el DQO para los sólidos suspendidos totales una reducción de 81.9mg/L para DBO₅ una reducción de 301mg/L, para coliformes totales una reducción de 40000NMP/100mL. Donde Leyva en el minuto 90 tuvo una reducción para DQO 80% y para SST 78% de remoción de la muestra inicial. De esta manera se concluye por las comparaciones en los porcentajes de remoción de los diferentes investigadores, que entre más tiempo las micro-nanoburbujas interactúen con los parámetros químicos, físicos biológicos de una muestra estas tendrán una remoción más significativa, teniendo aun mejores resultados. Si se aumenta más el tiempo de tratamiento. Del mismo modo DÍAZ contempló que después del tratamiento con nanoburbujas de aire-oxigeno obtuvo mejores resultados en el minuto 20, para la concentración del parámetro de DQO se obtuvo un porcentaje de remoción del 64.76%, del mismo modo se observó que para el parámetro OD se obtuvo una remoción del 66.68%, para la concentración de DBO₅ se apreció una remoción del 66.66%y para los metales pesados una remoción del 28.08%, posteriormente para los coliformes termotolerantes una remoción del 63.10%.SALGUERO también menciona que después del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire-ozono, se logró una reducción de la concentración de DBO₅ de 173 mg/L a 57.33mg/L el cual representa el 66.86 % de remoción, ello se logró

en el tiempo de 15 minutos. Por otra parte, TEMESGEN menciona que después del tratamiento con nanoburbujas se obtuvieron a nivel de laboratorio fueron significativos en la cual se pudo apreciar un incremento de 40% para la clarificación para las aguas residuales y una disminución del 40% de la Turbidez. Así mismo BENZAIK, et al observaron que después del tratamiento con micro-nanoburbujas para reducción de ellos coliformes termotolerantes, obtuvieron resultados prometedores de una muestra inicial de 1400NMP/100mL y un pH de 7.13 y una temperatura de 44.5°C, en donde la relación volumétrica fue de 3/1 y el tamaño de las micro-nanoburbujas fue de 7µm la relación de las muestras fue para MA mar/agua fue de 3/1 , para MB fue de 1/1y para C fue de 3/1, donde la MA se redujo a 56NMP/100mL, para MB de 79 NMP/100mLy para MC se redujo en 130NMP/100mL , se logro así una remoción del 96%,94.36%,90.71%. MACASSSI en su investigación concluyó que después del tratamiento con el sistema de nanoburbujeo se logro reducir de un muestra inicial de DQO 88.59mg/L y de DBO₅ 138 mg/L, en la cual después del tratamiento con nanoburbujas se contemplaron los siguientes resultados, en las 2 primeras horas se redujo el DQO en 0.87%, en un caudal de 0.1389L/s, luego para 8 horas se logro79.92%el cual fue el valor máximo alcanzado, ello se redujo en un caudal de 0.0347L/s y para las 10 horas de tratamiento no se observó cambios en un caudal de 0.0278 L/s. Por otro lado, HEWA contempló que después del tratamiento con nanoburbujasentrede ozono y ultrazonido,de los contaminantes que se encontro en el rio Passaic fueron PAH,PCDD/F,PCB,DDT,metals pesados tales como Cr,Hg, Pb y pesticidas y sus derivados, este estudio tenia la finalidad de remover la carga orgánica . como tambien la carga inorgánica, la maxima eficiencia registrda fue de la carga orgánica con un 92% de remocion a tempraturas bajas, y para la carga inorganica se utilizo el Cr donde se aprecio que no hubo cambios significativos, si se combina ozono y nanoburbujas se aprecio una reduccion maxima del 98%.Así mismo MELENDES menciona que después del tratamiento con micro-nanoburbujas una significativa reducción de una concentración de DQO para la muestra 1 una concentración de 508.6mg/L , para muestra 2 una concentración inicial de 711.8 mg/L a muestra 3 una concentración inicial de1582.6 mg/L ,así mismo para M.O se obtuvieron las siguientes concentraciones ,para la muestra 1 una concentración de 531.7mg/L, para la muestra 2 una concentración de 703.4 mg/L y para la muestra 3 una

concentración de 752.6 mg/L. después del tratamiento se obtuvieron los siguientes resultados para DQO. En la muestra 1 una reducción de 76.9%, para la muestra 2 una reducción del 56.3y para la muestra 3 una reducción del 68.6% así mismo para M. O se obtuvo una reducción para la muestra 1 65.8%, para la muestra 2 una reducción del 55.7%, para muestra 3 una reducción del 40.9%. Por otra parte, ALUTHGUN et al, donde los autores se propusieron reducir carga orgánica e inorgánica en sedimentos mediante nano burbujas y ultrasonido donde se observó se pudo observar que la mayor eficiencia de la eliminación de Cr fue de 87,2% se registra con la concentración que se tenía 1227,1% mg/kg con los ciclos de tratamiento más alto. Mientras que la degradación de p-terfenilo se debe a la influencia de los efectos combinados de la oxidación y la pirolisis asistida por ultrasonidos y la combustión de sustancias orgánicas. Para el Cr es 77,1% se pudo observar buenos resultados con el ciclo de tratamiento más alto y el uso de ozono con 78,75/ml de densidad energética. Por otra parte, VILLÓN también contempló que después del tratamiento con nanoburbujas de aire de una muestra inicial de SST 6180mg/L para DBO₅ 7350mgO₂/L, para DQO10356 mgO₂/L, de aceites y grasas 96.3 mg/L. Después del tratamiento se logró reducir para TSS 6180mg/L a 645mg/L que representa el 89.5%, para DBO₅ 7350 mgO₂/L a 1730 mgO₂/L equivalente a 76,5%, para DQO10356 mgO₂/L a 2736 mgO₂/L es el 71,6 % y para aceites y grasas de 96.3 mg/L a 33.2mg/L que equivale al 65.5%.

VI. CONCLUSIONES

- a) Después de aplicar el sistema de micro-nanoburbujas de aire se logró una remoción significativa de los parámetros físicos de las muestras extraídas del río Lurín a nivel laboratorio para el indicador de C.E se ha reducido en 64% de una muestra inicial de $3287\mu\text{S}/\text{cm}$ a $1261\mu\text{S}/\text{cm}$ y para la Turbidez una remoción del 93% de una muestra inicial de $>1000\text{NFU}$ a 120NFU y para Solidos Suspendidos Totales una remoción del 59% de 1185ppm a 485ppm . Al ser comparados con los ECA para agua de la categoría 1 A2 y de la categoría 4 E2 se observa una reducción significativa.
- b) De igual manera después de aplicar el sistema de micro-nanoburbujas se logró obtener una reducción de la carga biológica en este caso la materia orgánica de las muestras obtenidas del río Lurín para el indicador de DBO_5 se obtuvo una remoción del 43% de una concentración inicial de $4.93\text{mg}/\text{L}$ a $2.82\text{mg}/\text{L}$ y para el indicador de DQO se logró una remoción del 55% de una muestra inicial de $296.33\text{mg}/\text{L}$ a $134\text{mg}/\text{L}$. Al ser comparados con los ECA para agua de la categoría 1 A2 y de la categoría 4 E2 se observa una reducción significativa.
- c) Del mismo modo se ha logrado después de aplicar el sistema de micro-nanoburbujas de aire una reducción del parámetro químico del pH de una muestra inicial 8.50 a 8.1 y un aumento del parámetro químico de Oxígeno disuelto de una muestra inicial de $3.02\text{mg}/\text{L}$ a $4.21\text{mg}/\text{L}$. Al ser comparados con los ECA para agua de la categoría 1 A2 y de la categoría 4 E2 se observa una reducción significativa.
- d) De esta manera concluimos que mediante la experimentación con micro-nanoburbujas de aire y los resultados obtenidos que se evidencian en las tablas y los gráficos, en los minutos más altos generalmente se han registrado mejores resultados donde para DQO se logró una remoción del 55% de $296.33\text{mg}/\text{L}$ a $134\text{mg}/\text{L}$, para DBO_5 una remoción del 43% de

4.93mg/L a 2.82mg/L, para C.E una remoción del 64% de 3287 μ S/cm a 1261 μ S/cm, para Turbidez una remoción del 93% de >1000NFU a 120NFU, para Soos Suspendidos Totales una remoción del 59% de 1185ppm a 485ppm, una reducción del pH de una muestra inicial de 8.50 a 8.1 , un aumento del parámetro químico de O₂ de una muestra inicial de 3.02mg/L a 4.03mg/L. Demostrando la eficiencia de las micro-nanoburbujas de aire para el tratamiento de aguas donde se registran parámetros químicos, biológicos y físicos altos.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ejecutar procesos con micro-nanoburbujas con tiempos superiores a los 90 minutos, y comparar los resultados.
- Se recomienda realizar tratamientos a mayor tiempo para los análisis de DQO y DBO5 y hacer una comparativa en ellos mismos.
- Se recomienda realizar tratamientos a mayor tiempo para los análisis de pH y oxígeno disuelto y ser minucioso en el lavado de recipientes o equipos con agua desionizada para no alterar el pH
- Se recomienda profundizar en nuevas técnicas para el tratamiento de aguas residuales para poder evaluar la carga orgánica y los parámetros físicos y químicos.

REFERENCIAS

ACUÑA et al., Reducción de materia orgánica del efluente de un camal de Lima, aplicando micro-nano burbujas de aire, 2020. 113 pp.

AGUILA et al., Remoción de materia orgánica proveniente del proceso de pelambre utilizando micro- nano burbujas en la curtiembre san pedro, Ate Vitarte. Lima, 2016.

ALARCON. Tecnología de nano burbujas en el distrito de Bagua. , 2020, pp. 0-2.

ARANGO RUIZ. Crisis mundial del agua. Producción + Limpia [en línea], 2013, vol. 8, no. 2, pp. 7-8. ISSN 1909-0455.

Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552013000200001&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

ALUTHGUN et al. Remediation of contaminated sediments containing both organic and inorganic chemicals using ultrasound and ozone nanobubbles. Environmental Pollution [en línea], vol. 274, 2021, pp. 116538. ISSN 18736424. DOI 10.1016/j.envpol.2021.116538.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116538>.

AMBIENTAL, S.A., Cieneguilla: Denuncian que río Lurín se ha convertido en botadero de desmonte y basura [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/cieneguilla-denuncian-que-rio-lurin-se-ha-convertido-en-botadero-de-desmonte-y-basura/>.

ANA(AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA), [sin fecha]. Puntos críticos en los ríos Chillón, Rímac y Lurín [en línea]. Perú: s.n.

Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/noticia/minagri-identifico-puntos-criticos-en-los-rios-chillon-rimac-y-lurin>.

ANA, 2013. Resolución Jefatural N° 224-2013. Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reusos de Agua Residuales Tratadas. [en línea], pp. 1-6.

Disponible en:
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.224_con_reglamento_autorizaciones_de_vertimientos_6.pdf.

AQUAE. Sabías que solo el 0,025% del agua de la Tierra es potable? [en línea]. 2018. S.l.: s.n.

Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/fundacion-aquae/sabias-que-solo-0025-agua-tierra-es-potable-infografia-fundacion-aquae>.

AQUINO, Calidad Perú. S.l.: s.n. ISBN 9786124210501, 2017.

AYALA et al., Escuela profesional de Administración. Reducción de contaminantes orgánicos y biológicos de afluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ancón utilizando micro-nanoburbujas de aire y grafeno, 2019, pp. 0-2.

GRAY et al., Principios de Química, s.l. : REVERTE, 1976. pág. 968.

BÁRCENA et al., La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Una visión gráfica, 2015.

BENAZIR, Abate. Reduction of thermotolerant coliforms present in the sea water by means of micro-nanobubbles of air-ozone of the beach los pavos, Lima, Peru. Chemical Engineering Transactions, vol. 60, 2017, pp. 313-318. ISSN 22839216. DOI 10.3303/CET1760053.

DIAZ, Luz. Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes en efluente de tratamiento de aguas residuales Covicorti mediante nanoburbujas de aire-oxígeno [en línea], 2019, S.l.: s.n.

Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12316>.

CIPIRAN, Andy. Disminución de la concentración de sólidos totales suspendidos y grasas contenidas en el agua de bombeo en la empresa pesquera Austral Group S.A.A. mediante flotación con nanoburbujas. Trujillo, Perú : s.n., 2012. pág. 78.

DARWESH et al. Challenges of Nanotechnology Applications in Addressing Environmental Pollution. Egypt. J. Chem [en línea], vol. 65, 2012. no. 2, pp. 275-285. DOI 10.21608/EJCHEM.2021.86072.4172.

Disponible en: <http://ejchem.journals.ekb.eg/>.

DR.VÁSQUEZ, Edgar et al. pH Teoría y 232 Problemas. Universidad. México: s.n. ISBN 978-607-28-0689-4, 2016.

ESCOBAR, J. Recursos Naturales e Infraestructura - La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar [en línea], 2002. ,S.I.: s.n. ISBN 9213222211.

Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169e.pdf>.

FÚQUENE et al., Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD • Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente Tratamiento de aguas residuales CAPÍTULO 8., 2002.

GARCÍA. Generalidades, L., [sin fecha]. Aguas Residuales. Composición. ,

MACASSI, G. Comportamiento del sistema de nanoburbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de Concepción. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. [en línea], 2017, pp. 91.

Disponible en:

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3777/Macassi%20Allasi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUTIERREZ et al. Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.

HARIS et al. The use of micro-nano bubbles in groundwater remediation: A comprehensive review. *Groundwater for Sustainable Development*, 2020, vol. 11, pp. 100463. ISSN 2352-801X. DOI 10.1016/J.GSD.2020.100463.

HE et al. Improved removal of Congo Red from wastewater by low-rank coal using micro and nanobubbles. *Fuel* [en línea], vol. 291, no. December 2020, pp. 120090. ISSN 0016-2361. DOI 10.1016/j.fuel.2020.120090, 2021
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.120090>.

HEWA, Decontamination of the Passaic River Sediments Using Ultrasound with Ozone Nano-Bubbles. *ProQuest Dissertations and Theses* [en línea], 2018, pp. 144.
Disponibile en: https://login.proxy.libraries.rutgers.edu/login?url=?url=https://www.proquest.com/docview/2077235541?accountid=13626%0Ahttps://rutgers.primo.exlibrisgroup.com/discovery/openurl?institution=01RUT_INST&vid=01RUT_INST:01RUT&genre=dissertations+%26+theses&ti.

HUU et al. Control of *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strain) and improvement of water quality using nanobubble technology. , no. December 2020, pp. 2727-2739. DOI 10.1111/are.15124.

INEI. Perú tiene una población de 32 millones 131 mil 400 habitantes al 30 de junio del presente año. [en línea], 2019, pp. 1-2.
Disponibile en: <https://www.inei.gob.pe/>.

KALOGERAKIS et al. Environmental applications of nanobubble technology: Field

testing at industrial scale. Canadian Journal of Chemical Engineering, 2021, vol. 99, no. 11, pp. 2345-2354. DOI 10.1002/CJCE.24211.

KHAN et al., Micro-nanobubble technology and water-related application. Water Science and Technology: Water Supply, vol. 20, no. 6, 2020, pp. 2021-2035. ISSN 16070798. DOI 10.2166/ws.2020.121.

KIM et al. Effect of nanobubbles for improvement of water quality in freshwater: Flotation model simulation. Separation and Purification Technology, vol. 241, no. October 2019. ISSN 18733794. DOI 10.1016/j.seppur.2020.116731.

KYZAS et al. From Microbubbles to Nanobubbles : Effect on Flotation, 2021

LEVITSKY et al. Micro and nanobubbles in water and wastewater treatment: A state-of-the-art review. Journal of Water Process Engineering, vol. 47, pp. 102688. ISSN 2214-7144. DOI 10.1016/J.JWPE.2022.102688, 2022.

LEYVA, Milagros. Reducción del dco y sst de los efluentes residuales de una industria azucarera en paramonga, mediante el uso de micro -nanoburbujas de aire. Lima : s.n., 2017. pág. 111.

MARÍN, Rafael. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas. [trad.] 2019. s.l. : Diaz de Santos, 2019. pág. 439. ISBN 8490522642, 9788490522646.

MEEGODA et al. Stability of nanobubbles. Environmental Engineering Science, vol. 35, no. 11, 2018. ,pp. 1216-1227. ISSN 15579018. DOI 10.1089/EES.2018.0203.

MÉNDEZ, Rossana. Reducción de DQO y materia orgánica usando micro-nanoburbujas de aire en aguas contaminadas con Amoxicilina a nivel laboratorio. Lima. 2017.

MENENDEZ et al. of hospital wastewater through ozone-air micro-nanobubbles. 2017. S.l.: s.n.

MEOÑO, F.L., 2015. Aguas residuales y sus Consecuencias en el Desarrollo y la producción. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL [en línea], vol. 2, pp. 9-25. ISSN 2311-7613.

Disponible en: <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>.

MOFTAKHARI et al. Science of the Total Environment Global trends and characteristics of nano- and micro-bubbles research in environmental engineering over the past two decades: A scientometric analysis. Science of the Total Environment [en línea], 2021, vol. 785, pp. 147362. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.147362.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147362>.

NAKAGAWA, Masami. 2021. Nanobubbles as a friction modifier. 2021.

NAZARI, Sabereh, et al. Reducción del DQO y los SST de los efluentes residuales en una industria azucarera en Paramonga, mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire. 2017. p. 111.

NUÑEZ, Thalía. Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire". Lima, Perú. 2017. pág. 129.

OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [en línea], 2014. pp. 36. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.

PEÑA, E.P. Calidad de Agua- Oxígeno Disuelto. [en línea], pp. 6. Disponible en: <http://es.slideshare.net/JAHADIEL/trabajo-de-investigacion-tipos-de-bridas-para-hoy>, 2007.

SERIDOU et al. Disinfection applications of ozone micro- and nanobubbles [en línea]. 2 de novie. S.I.: ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2021.

Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/en/d1en00700a>.

PRADA, André. Recuperación de la calidad del agua de los humedales de Villa, Chorrillos mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire, 2019, S.I.: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Universidad Cesar Vallejo.

RAFFO, Eduardo et al. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. 1. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos Perú. ISBN : 1810-9993, 2014

RAMESHKUMAR et al. Generation and characterization of nanobubbles by ionization method for wastewater treatment. Desalination and Water Treatment, vol. 164, pp. 98-101. ISSN 19443986. DOI 10.5004/dwt.2019.24389, 2019.

RAMÍREZ et al. Demanda química de oxígeno de muestras acuosas [en línea]. Vol. 1. México, D.F. México: UNAM, Facultad de Química, PIQAYQA. ISBN 968-36-9000-9, 2018.

Disponible en:
http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro DQO 2008.pdf.

RESOLUCIÓN JEFATURAL N° R.J. 224-2013-ANA, 2013. Resolución Jefatural N° R.J. 224-2013 [en línea]. 2013. S.I.: s.n.

Disponible en:
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.224_con_reglamento_autorizaciones_de_vertimientos_6.pdf.

REYES, W. Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Cayllo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2020.

RIGOLA, Miguel. Tratamiento de aguas industriales : aguas de proceso y residuales. Marcombo. s.l. : ilustrada, 1989. pág. 160. ISBN 8426707408,

9788426707406.

ROLDÁN, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col. Universidad de Antioquía. 2003. pág. 170. 9586556719, 9789586556712, 2003.

RODRIGUEZ, J. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio , pH , conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto , (ASADAS), de cada distrito de Grecia , cantón de Alajuel. Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica [en línea], vol. 9, no. 12, pp. 125-134. Disponible en: file:///C:/Users/Miqueas/Downloads/2842-4409-1-SM.pdf, 2009.

SAKR et al. A critical review of the recent developments in micro – nano bubbles applications for domestic and industrial wastewater treatment. Alexandria Engineering Journal [en línea], ISSN 1110-0168. DOI 10.1016/j.aej.2021.11.041. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.11.041>, 2021.

SALGUERO, Jazmín. Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las muestras de agua de la cuenca baja del Río Chillón mediante micronanoburbujas de Aire y Ozono distrito de Ventanilla – Callao, 2017.

SUNASS. Residuales infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. 2008. S.I.: s.n., 2008.

SUNASS. Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-16066 [en línea], vol. I, pp. 150. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827. 2015.

TEMESGEN et al. Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. Advances in Colloid and Interface Science [en

línea], ISSN 0001-8686. DOI 10.1016/j.cis.2017.06.011, 2015.

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2017.06.011>.

TSUGE. Micro- and Nanobubbles FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS [en línea]. California: s.n. ISBN 9789814463102, 2014.

Disponible en: [file:///C:/Users/nihalito/Downloads/ES-Micro-and-Nanobubbles 11.pdf](file:///C:/Users/nihalito/Downloads/ES-Micro-and-Nanobubbles%2011.pdf).

VENTURA. Tratamiento de sanguaza de pescado del mercado de ancón utilizando micro - nanoburbujas de aire a escala laboratorio. Universidad César Vallejo, 2017.

UNESCO y WWAP. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás [en línea]. S.I.: s.n. ISBN 978-92-3-300108-4, 2019.

Disponible en: <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>

VILLÓN, José. Reducción de la concentración de contaminantes en los efluentes de la. Lima, Perú. 2017. p. 94.

WU et al. Role of bulk nanobubbles in removing organic pollutants in wastewater treatment. AMB Express [en línea], vol. 11, no. 1. ISSN 21910855. DOI 10.1186/s13568-021-01254-0. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01254-0>, 2017.

YEE-BATISTA. Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas [en línea]. 2013. S.I.: s.n.

Disponible en: [https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados#:~:text=Yee-Batista%2C del Banco Mundial, ríos completamente contaminada"%2C](https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados#:~:text=Yee-Batista%2C%20del%20Banco%20Mundial,rios%20completamente%20contaminada%2C)

XIAO et al. Interface Components: Nanoparticles , Colloids , Emulsions , Surfactants , Proteins , Polymers The Role of Nanobubbles in the Precipitation and

Recovery of Organic Phosphine-containing in Beneficiation Wastewater The Role of Nanobubbles in the Precipitat. , DOI 10.1021/acs.langmuir.8b01123, 2018.

XIAO et al., Mass transfer of nanobubble aeration and its effect on biofilm growth: Microbial activity and structural properties. Science of the Total Environment [en línea], vol. 703, no. xxxx, pp. 134976. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.134976. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134976>, 2020.

ANEXOS:

ANEXO 1

Tabla de operacionalización y variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de Medida	Escala de Medición
Variable Independiente: Aplicación de micro-nano burbujas de aire	Una micro burbuja fina es aquella que tiene un diámetro menor de 1µm. Kim et al., (2020)	Las nanoburbujas se han investigado para el tratamiento del agua, debido a su tamaño extremadamente pequeño y su capacidad para unirse a las nanopartículas (Li, et al., 2022)	Características de las nano burbujas	Diámetro de las nano burbujas	µm – nm	Intervalo
				Velocidad de ascenso	µm/s	Intervalo
				Presión interna de las nano burbujas	Atm.	Razón
			Características de operación	Tiempo de tratamiento	Min.	Continuo
Variable Dependiente: Reducción de carga orgánica presente en el río Lurín	Se entiende que materia orgánica es aquella que contiene carbono en su estructura molecular, la cual puede ser de origen viviente, es decir todos los residuos desechos de organismos vivos, por otra	La reducción de materia orgánica, se procederá a determinar mediante sus características físicas, químicas y biológicas	Características Físicas	Temperatura	°C	Intervalo
				Turbidez	FNU	Razón
				Conductividad Eléctrica		
				Sólidos suspendidos totales	Ppm	Razón
			Características Químicas	DBO5	mg/L	continua
				DQO	mg/L	Continua
				pH	pH	Intervalo

	parte, las sustancias que fueron sintetizadas a través de procesos industriales se consideran de origen antrópico. Villanueva (2019)			Oxígeno disuelto		
		Características Biológicas	Materia orgánica	mg/LO ₂	Razón	

Fuente: Elaboración propia, 2022

ANEXO 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Etapa	Fuente	Técnicas	Instrumentos	Resultados
Identificación de los puntos de recolección de muestra	Rio Lurín	Observación	Ficha de registro de campo y muestreo	Muestras obtenidas
Análisis inicial de las muestras	Laboratorio	Experimentación	Ficha de registro de la muestra inicial del agua del rio Lurín	Análisis de las características tales como físicos, asimismo como químico y posteriormente biológicas de las muestras obtenidas
Tratamiento con nano burbujas	Laboratorio	Experimentación	Ficha de las características de las nano burbujas	Eficacia de las nano burbujas en la reducción de la carga orgánica del rio Lurín tanto física, química y biológica.
Análisis final de la muestra obtenida	Laboratorio	Experimentación	Ficha de las características físicas, químicas como también de la carga orgánica, biológica del rio Lurín	Se procederá a analizar de lo obtenido de los resultados de la experimentación

Fuente: Elaboración propia, 2022

ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA

Solicitante/cliente	Campos Shupingahua Jhony Tezén Solis Francisco Javier	
Número de Muestra		
Nombre de laboratorio		
Fecha y hora		
Tipo de cuerpo de Agua		
Parámetro requerido		
Operador de muestreo		
Preservada	Si	No
Tipo de reactivo		

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE LA MUESTRA INICIAL DE AGUA
CONTAMINADA POR MATERIA ORGÁNICA**

Registro de Datos						
Punto de muestreo				Cantidad de muestra		
Fecha				Hora		
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE LA MUESTRA INICIAL DE AGUA
TRATADA CON MICRO-NANOBURBUJAS DE AIRE**

Registro de Datos						
Punto de muestreo				Cantidad de muestra		
Fecha				Hora		
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						

ANEXO 4
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS (1ER EXPERTO)

ETIQUETA DE MUESTRA DE AGUA



**VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTO 1**

ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA



Solicitante/cliente	Camps Shupingahua Jhony	
Número de Muestra		
Nombre de laboratorio		
Fecha y hora		
Tipo de cuerpo de Agua		
Parámetro requerido		
Operador de muestreo		
Preservada	Si	No
Tipo de reactivo		



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
Scopus ID Author: 57196412905
CIP: 79862

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres:

 Dr. *JHONNY WILFREDO VALVERDE FLORES*

1.2. Cargo e institución donde labora:

Docente Universidad César Vallejo

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.4. Autor(A) de Instrumento:

Jonny Nelson Campos Shupingahua
I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación


III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 28 de noviembre del 2021



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE LA MUESTRA INICIAL DE AGUA
 CONTAMINADA POR MATERIA ORGÁNICA

**VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTO 2**

Registro de Datos						
Punto de muestreo					Cantidad de muestra	
Fecha					Hora	
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						

Ficha de Registro de datos de la muestra Inicial de agua contaminada por materia orgánica.



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

II. DATOS GENERALES

- 1.5. Apellidos y Nombres: *Dr. JHONNY WILFREDO VALVERDE FLORES*
- 1.6. Cargo e institución donde labora: *Docente Universidad César Vallejo*
- 1.7. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.8. Autor(A) de Instrumento: *Jonny Nelson Campos Shupingahua*

IV. 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.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
 Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 28 de noviembre del 2021



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905

FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE LA MUESTRA TRATADA CON NANO BURBUJAS DE AIRE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3 Ficha de registro de datos de la muestra tratada con nano burbujas de aire

Registro de Datos						
Punto de muestreo				Cantidad de muestra		
Fecha				Hora		
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

II. DATOS GENERALES

1.5. Apellidos y Nombres:

 Dr. *JHONNY WILFREDO VALVERDE FLORES*

1.6. Cargo e institución donde labora:

Docente Universidad César Vallejo

1.7. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.8. Autor(A) de Instrumento:

Jonny Nelson Campos Shupingahua
IV. 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.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 28 de noviembre del 2021



 Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

INSTRUMENTO 4

Matriz de operacionalización de variables

variables y operacionalización

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de Medida	Escala de Medición
Variable Independiente: Aplicación de nano burbujas de aire	Se considera una nano burbuja a aquella burbuja fina con diámetro menor a 1 µm. Sabeera, Xiaobin, Harald, Mohamed(2020)	Para el uso de micro-nano burbujas se medirán sus características	Características de las micro-nano burbujas	Diámetro de las nano burbujas	µm a nm	Intervalo
				velocidad de ascenso	µm/s	Intervalo
				Presión interna de las nano burbujas	atm	Razón
			Característica de operación	Tiempo de tratamiento	min	Continua
Variable Dependiente: Reducción de materia orgánica presente en el río Lurín	La materia orgánica es toda clase de sustancia que presenta carbono en su estructura molecular, que puede ser de origen viviente, que comprende todos los residuo y desechos de organismos vivo, mientras que la de origen antrópico que son las sustancias que fueron sintetizadas a través de procesos industriales. Villanueva (2019)	La reducción de Materia orgánica, se determinará mediante parámetros físicos, químicos y biológicos.	Características Físicas	Temperatura	°C	Intervalo
				Turbidez	UNT	Razón
			Características Químicas	DBO5	mg/L	Continua
				DQO	mg/L	Continua
				pH	pH	Intervalo
Características Biológico	Materia orgánica	mg/L O2	Razón			



Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

II. DATOS GENERALES

1.5. Apellidos y Nombres:

 Dr. *JHONNY WILFREDO VALVERDE FLORES*

1.6. Cargo e institución donde labora:

Docente Universidad César Vallejo

1.7. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.8. Autor(A) de Instrumento:

Jonny Nelson Campos Shupingahua
IV. 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.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación


VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 28 de noviembre del 2021



 Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905

ANEXO 6
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS (2DO EXPERTO)

ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA



**VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTO 1**

ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA

+		
Solicitante/cliente	Camps Shupingahua Jhony	
Número de Muestra		
Nombre de laboratorio		
Fecha y hora		
Tipo de cuerpo de Agua		
Parámetro requerido		
Operador de muestreo		
Preservada	Si	No
Tipo de reactivo		

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y nombres: Guere Salazar, Fiorella Vanessa

1.2 Cargo e Institución: Docente- Universidad César Vallejo

1.3 Autores de instrumento: Campos Shupingahua, Jhonny- Tezén Solis, Francisco

I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
	Existe coherencia entre los problemas										X			

8. COHERENCIA	objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X							
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X							

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 04 de junio del 2022



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP:131344

DNI:43566120

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE LA MUESTRA INICIAL DE AGUA
CONTAMINADA POR MATERIA ORGÁNICA.**

Registro de Datos						
Punto de muestreo				Cantidad de muestra		
Fecha				Hora		
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						

II. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y nombres: Guere Salazar, Fiorella Vanessa

1.2 Cargo e Institución: Docente- Universidad César Vallejo

1.3. Autores de instrumento: Campos Shupingahua, Jhonny- Tezén Solis,
Francisco

IV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
	Existe coherencia entre los problemas										X			

8. COHERENCIA	objetivos, hipótesis, variables indicadores.																		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X							
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X							

v. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

vi. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85

Lima, 04 de junio del 20



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP:131344

DNI:43566120

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE LA MUESTRA TRATADA CON MICRO -
NANO BURBUJAS DE AIRE**

Registro de Datos						
Punto de muestreo			Cantidad de muestra			
Fecha			Hora			
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						

III. DATOS GENERALES

1.1. **Apellidos y Nombres:**

GÜERE SALAZAR

FIGURELLA VANESSA

Cargo e institución donde labora:

Docente Universidad César Vallejo

Autor(A) de Instrumento:

Jonny Nelson Campos

Shupingahua – Tezén Solís, Francisco

I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
	Existe coherencia entre los problemas										X			

8. COHERENCIA	objetivos, hipótesis, variables indicadores.																		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X							
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X							

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 04 de junio del 20



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP:131344

DNI:43566120

ANEXO 6

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS (2DO EXPERTO)

variables y operacionalización

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de Medida	Escala de Medición
Variable Independiente: Aplicación de nano burbujas de aire	Se considera una nano burbuja a aquella burbuja fina con diámetro menor a 1 µm. Sabeera, Xiaobin, Harald, Mohamed (2020)	Las nanoburbujas se han investigado para el tratamiento del agua, debido a su tamaño extremadamente pequeño y su capacidad para unirse a las nanopartículas (Li, et al., 2022)	Características de las micro-nano burbujas	Diámetro de las nano burbujas	µm a nm	Intervalo
				velocidad de ascenso	µm/s	Intervalo
				Presión interna de las nano burbujas	atm	Razón
			Característica de operación	Tiempo de tratamiento	min	Continua
Variable Dependiente: Reducción de materia orgánica presente en el río Lurin	La materia orgánica es toda clase de sustancia que presenta carbono en su estructura molecular, que puede ser de origen viviente, que comprende todos los residuo y desechos de organismos vivo, mientras que la de origen antrópico que son las sustancias que fueron sintetizadas a través de procesos industriales. Villanueva (2019)	La reducción de Materia orgánica, se determinará mediante parámetros físicos, químicos y biológicos.	Características Físicas	Temperatura	°C	Intervalo
				Turbidez	FNU	Razón
			Características Químicas	Oxígeno disuelto	mg/L	Continua
				pH	Unidad de pH	Intervalo
			Carga orgánica	DBO ₅	mg/L	Continua
				DQO	mg/L	Continua

IV. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres: GÜERE SALAZAR FIORELLA VANESSA

Cargo e institución donde labora: Docente Universidad César Vallejo

Autor(A) de Instrumento: *Jonny Nelson Campos Shupingahua - Tezén Solis, Francisco*

I. 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.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos científicos. y/o										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			

9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN:2

Lima, 04 de junio del 2022



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP:131344

DNI:43566120

ANEXO 6
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS (3ER EXPERTO)



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA

Solicitante/cliente	Camps Shupingahua Jhony, Tezén Solis, Francisco Javier	
Número de Muestra		
Nombre de laboratorio		
Fecha y hora		
Tipo de cuerpo de Agua		
Parámetro requerido		
Operador de muestreo		
Preservada	Si	No
Tipo de reactivo		

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308



I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr Julio Ordoñez**

1.2. Cargo e institución donde labora:

Docente Universidad César Vallejo

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.4. Autor(A) de Instrumento:

Josmy Nelson Campos Shupingohua- Tazda Solís, Francisco

Javier

I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 04 de junio del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORME

 Juan Julio Ordoñez Galindo

CIP: 89972
 DNI: 08447308
 Telf.-

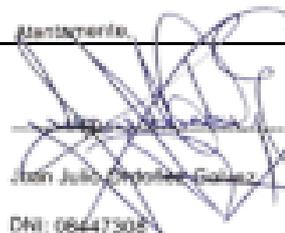
DNI: 08447308



**VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTO 2**

Ficha de Registro de datos de la muestra Inicial de agua contaminada por materia orgánica.

Registro de Datos						
Punto de muestreo				Cantidad de muestra		
Fecha				Hora		
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						

(Firmado)


Juan Julio Pacheco Gallego
DNI: 08447308

I. DATOS GENERALES

 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr Julio Ordoñez**

1.2. Cargo e institución donde labora:

Docente Universidad César Vallejo

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.4. Autor(A) de Instrumento:

Jerry Nelson Campos Shupingahua- Tesón Solís, Francisco
Javier
I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 04 de junio del 2022

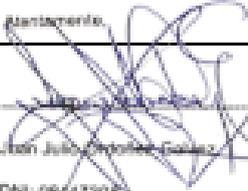

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 Julio Ordoñez

 CIP: 89972
 DNI: 08447308
 Telf.-

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3
Ficha de registro de datos de la muestra tratada con nano burbujas de aire

Registro de Datos						
Punto de muestreo				Cantidad de muestra		
Fecha				Hora		
Muestras	Parámetros Físicos		Parámetros Químicos			Parámetro biológico
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	PH (unidad de PH)	Materia Orgánica (mg/L O2)
Muestra N°1						
Muestra N°2						
Muestra N°3						
Observaciones						



 Juan José Martínez Gallego
 DNI: 08447308



I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Dr Julio Ordoñez

Docente Universidad César Vallejo

1.2. Cargo e institución donde labora:

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.4. Autor(A) de Instrumento:
Javier

Josmy Nelson Campos Shupingahuasi- Tazán Solís, Francisco

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 04 de junio del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INGRESADO

 Juan Julio Ordoñez Tazán
 DNI: 08447308

CIP: 89972
 DNI: 08447308
 Telf: -

INSTRUMENTO 4
Matriz de operacionalización de variables

variables y operacionalización

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de Medida	Escala de Medición
Variable Independiente: Aplicación de nano burbujas de aire	Se considera una nano burbuja a aquella burbuja fina con diámetro menor a 1 µm. Sabeera, Xiaobin, Harald, Mohamed(2020)	Para el uso de micro-nano burbujas se medirán sus características	Características de las micro-nano burbujas	Diámetro de las nano burbujas	µm a nm	Intervalo
				velocidad de ascenso	µm/s	Intervalo
				Presión interna de las nano burbujas	atm	Razón
			Característica de operación	Tiempo de tratamiento	min	Continua
Variable Dependiente: Reducción de materia orgánica presente en el río Lurín	La materia orgánica es toda clase de sustancia que presenta carbono en su estructura molecular, que puede ser de origen viviente, que comprende todos los residuos y desechos de organismos vivo, mientras que la de origen antrópico que son las sustancias que fueron sintetizadas a través de procesos Industriales. Villanueva (2019)	La reducción de Materia orgánica, se determinará mediante parámetros físicos, químicos y biológicos.	Características Físicas	Temperatura	°C	Intervalo
				Turbidez	UNT	Razón
			Características Químicas	DBO5	mg/L	Continua
				DQO	mg/L	Continua
				pH	pH	Intervalo
			Características Biológico	Materia orgánica	mg/L O2	Razón

I. DATOS GENERALES

 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr Julio Ordoñez**
Docente Universidad César Vallejo

1.2. Cargo e institución donde labora:

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

1.4. Autor(A) de Instrumento:

Jony Nelson Campos Shaptingolua- Tesón Solís, Francisco
Javier
I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 04 de junio del 2022


 FIRMADO POR:
Jony Nelson Campos Shaptingolua
 DNI: 08447308

CIP: 89972
 DNI: 08447308
 Telf.-

ANEXO 7. ALFA DE CRONBACH

	INSTRUMENTO 1										INSTRUMENTO 2										INSTRUMENTO 3										INSTRUMENTO 4										
ESPECIALISTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	SUMA
Ing. Juan Julio Ordoñez Gálvez	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	3600
Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	3600
Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	3400
VARIANZAS	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

ALFA	1
NÚMERO DE ITEMS	40
VARIANZA DE CADA ITEM	222,2
VARIANZA TOTAL	8888,9

$$\alpha = \frac{40}{40 - 1} \left[1 - \frac{222,2}{8888,9} \right]$$

$$\alpha = 1$$

ANEXO 8. EQUIPO GENERADOR DE MICRONANOBURBUJAS



ANEXO 10. CERTIFICADOS DE PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO



INFORME DE ENSAYO N°: IE-100.05.07.2022-004

I. DATOS DEL SERVICIO

Nombres y Apellidos : FRANCISCO JAVIER TEZÉN SOLIS
RUC/DNI : 46690738
Dirección : LIMA, PERU
Proyecto : Reducción de materia orgánica presente en el río Lurín mediante la aplicación de nano burbujas de aire a nivel laboratorio
Muestreado por : JHONY NELSON CAMPOS SHUPINGAHUA y FRANCISCO JAVIER TEZÉN SOLIS
Fecha de emisión del Informe: 05-07-2022

II. DATOS DE ITEMS DEL ENSAYO

Producto : Agua superficial
Número de muestras : 10
Fecha de recep. de muestra: 21-06-2022
Periodo de ensayo : Del 22-06-2022 al 01-07-2022

III. TODOS Y REFERENCIAS

Tipo de Análisis	Norma de referencia
pH	Multiparámetro Hanna Instruments (HI7629829)
Turbidez	Multiparámetro Hanna Instruments (HI7629829)
Conductividad eléctrica	Multiparámetro Hanna Instruments (HI7629829)
Temperatura	Multiparámetro Hanna Instruments (HI7629829)
Oxígeno disuelto	Multiparámetro Hanna Instruments (HI7629829)
Presión atmosférica	Multiparámetro Hanna Instruments (HI7629829)
Sólidos Totales Disueltos	Multiparámetro Hanna Instruments (HI7629829)
DBO5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017
Diámetro de burbujas	Microscopio trinocular, marca Boeco,

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

IV. RESULTADOS

a) Análisis de parámetros del agua superficial

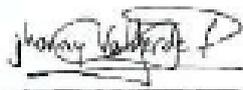
Parámetros	Unidades	Muestra Inicial	M1			M2			M3		
			M1-30	M1-60	M1-90	M2-30	M2-60	M2-90	M3-30	M3-60	M3-90
pH	pH	8.50	8.08	8.05	8.10	9.23	8.17	8.10	8.17	8.12	8.12
Turbidez	NFU	>1000	1400	1200	1000	332	183	153	1000	998	120
Conductividad Eléctrica	µS/cm	3287	2344	2008	1193	2181	1999	1261	2394	2435	2308
Temperatura	°C	21.71	21.44	21.42	21.39	21.39	21.35	21.18	21.07	21.01	21.01
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.02	3.07	3.12	4.01	3.79	3.87	4.21	3.84	3.71	4.03
Presión Atmosférica	atm	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Sólidos Totales Disueltos	ppm	1185	1170	1148	1000	630	535	485	1158	1198	1154
DOC	mg/L	298.33	203.75	174.48	214.08	218.48	233.48	134.29	204.10	180.25	201.50
DBO5	mg/L	4.93	2.88	2.93	3.89	3.33	3.84	3.73	3.25	2.83	3.73

b) Diámetro de las burbujas

	DIÁMETRO DE LAS MNBs (µm)								
	M1T1	M1T2	M1T3	M2T1	M2T2	M2T3	M3T1	M3T2	M3T3
	1,40	1,28	1,20	1,44	1,22	1,66	1,07	1,20	1,31
	1,02	1,27	1,20	1,40	1,00	1,31	1,22	1,20	1,11
	1,40	1,44	1,00	1,40	1,00	1,38	1,07	1,00	1,59
	1,02	1,41	1,40	1,40	1,00	1,45	1,51	1,02	1,06
	1,00	1,02	1,20	1,34	1,02	1,91	1,22	1,40	1,30
	1,22	1,27	1,00	1,40	1,40	1,04	1,22	1,00	1,48
	1,02	1,08	1,22	1,41	1,22	1,48	1,07	1,14	1,20
		1,71	1,10	1,65	1,20	1,81	1,03	1,14	1,20
		1,40	1,40	1,61	1,00	1,26	1,00	1,28	1,20
		1,28	1,00	1,48	1,00	1,04	1,07	1,02	1,28
		1,28	1,40	1,48	1,00	1,51	1,58	1,00	1,20
		1,34	1,20	1,40	1,00	1,48	1,13	1,02	1,04
		1,28	1,40		1,00	1,38	1,03	1,20	1,04
			1,02		1,20	1,57	1,02	1,02	1,06
			1,53		1,20	1,11	1,34	1,00	1,04
			1,41		1,02	1,38	1,41	1,28	1,45
			1,22		1,20	1,38	1,34	1,00	1,22
			1,27		1,00	1,31		1,28	1,31
			1,20		1,00	1,31			1,04
			1,22			1,25			1,04
			1,41			1,25			1,71
						1,25			
Suma Total (µm)	8,08	17,06	25,99	17,37	20,67	30,48	21,23	20,19	25,85
Cantidad de burbujas	7	13	21	12	10	22	17	18	21
Promedio de burbuja (µm)	1,15	1,31	1,24	1,45	1,99	1,38	1,25	1,12	1,23

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.



JIMMY W. VALVERDE FLORES
ING. QUIMICO
R. O.P. 79883

— FIN DEL DOCUMENTO —

"El uso indebido de este informe de ensayo constituye un delito sancionado conforme a la Ley, por la autoridad competente".



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Reducción de materia orgánica presente en el río Lurín mediante la aplicación de nanoburbujas de aire a nivel laboratorio", cuyos autores son TEZEN SOLIS FRANCISCO JAVIER, CAMPOS SHUPINGAHUA JHONY NELSON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 13 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO DNI: 18120253 ORCID: 0000-0003-2526-112X	Firmado electrónicamente por: VALVERDE el 08-08- 2022 16:54:06

Código documento Trilce: TRI - 0341848