



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas  
Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Thalía Alexandra Nuñez Álvaro

**ASESOR:**

Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2017 - II

Página del Jurado

---

Dr. César Jiménez Calderón  
**Presidente**

---

Dr. Elmer Benites Alfaro  
**Secretario**

---

Dr. Jhonny Valverde Flores  
**Vocal**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi madre Mirtha Janet Álvaro Díaz, una mujer que a pesar de las dificultades siempre supo cómo sacarnos adelante y que trabajó muy duro para darme siempre lo mejor. Además siempre me apoyó en cada paso de este proceso dándome aliento para continuar, depositando su confianza en mí y brindándome su apoyo incondicional de todas las formas posibles para poder lograr mis metas.

Se lo dedico a mi tía Lily Álvaro, quien fue más que una tía para mí, ella fue la fuerza que me impulsaba a seguir adelante y a no rendirme; quien me enseñó que debo ser perseverante para poder lograr mis objetivos y que todo esfuerzo tiene una recompensa. Agradezco todo lo que pude aprender de ella; cualidades que todo profesional competente debe tener siempre y virtudes que todo ser humano debe compartir. A pesar de que ella ya no se encuentre conmigo, siempre estará presente en mis pensamientos y en cada logro que tenga a lo largo de mi vida.

Se lo dedico a mi abuela Justina Díaz, quien es un ejemplo de vida, de perseverancia, de superación y de unión familiar. Ella es una persona admirable, que apoya con amor a todos sus hijos, nietos y bisnietos; siempre con la mejor de las sonrisas nos muestra lo que una mujer logra cuando se lo propone y lo que una madre hace para el bienestar de sus hijos y la integración de su familia.

Se lo dedico a mi tía Nelly Álvaro, quién es una persona aguerrida, que me muestra cada día la fortaleza y la tolerancia que uno debe tener, el amor incondicional hacia los seres menos afortunados y el apoyo, cuando se trata de superación; además siempre nos guía a través de sus acciones, siendo un ejemplo vivo de liderazgo, responsabilidad e incondicional amor hacia sus seres queridos.

También se lo dedico a familiares y amigos cercanos que me apoyaron tanto física como emocionalmente a poder cumplir esta meta y poder culminarla con éxito.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi madre Janet Álvaro por apoyarme en todo el desarrollo de mi tesis, alentarme a seguir a pesar de las dificultades, y confiar en mí y en mis capacidades.

Agradezco a Katherine y Saby, por el apoyo incondicional y la motivación constante, para poder seguir adelante y concluir ésta meta.

Agradezco también a Brigitte, mi amiga incondicional, que me apoyó en todo momento, y siempre estuvo pendiente de todo este proceso.

También agradezco a todos mis familiares, amigos y profesionales, que siempre estuvieron a mi lado, apoyándome en cada paso que daba y alentándome a seguir logrando mis objetivos; además de un agradecimiento especial a todas las personas que por motivo de mi investigación conocí en el camino y se convirtieron en un gran soporte en esta etapa de mi vida, les agradezco de todo corazón por tanto apoyo.

### **Declaración de autenticidad**

Yo Thalía Alexandra Núñez Álvaro, identificado con DNI N° 70264189, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 12 de Diciembre del 2017.

---

Thalía Alexandra Núñez Álvaro

## **Presentación**

Señores miembros del Jurado:

En el cumplimiento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes mi tesis titulada “Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire”

La misma que expongo ante ustedes, y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Ambiental.

La autora:

Thalía Alexandra Núñez Álvaro

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Página del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaración de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática.....	2
1.2. Trabajos previos.....	4
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	11
1.4. Formulación del problema.....	16
1.4.1. Problema General.....	16
1.4.2. Problemas Específicos.....	16
1.5. Justificación del estudio .....	17
1.6. Hipótesis.....	18
1.6.1. Hipótesis General.....	18
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	18
1.7. Objetivos .....	18
1.7.1. Objetivo general.....	18

1.7.2. Objetivos específicos.....	18
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>19</b>
2.1. Tipo y Diseño de investigación.....	20
2.2. Variables y Operacionalización.....	21
2.3. Población, muestra y muestreo.....	22
2.3.1. Población.....	22
2.3.2. Muestra.....	22
2.3.3. Muestreo.....	22
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y confiabilidad.....	22
2.4.1. Técnica.....	22
2.4.2. Instrumento de recolección de datos.....	23
2.4.2.1. Recolección de muestra.....	23
2.4.2.2. Almacenamiento.....	23
2.4.2.3. Datos en campo.....	24
2.4.2.4. Tratamiento con nanoburbujas de aire.....	26
2.4.3. Validez y confiabilidad.....	30
2.4.3.1. Validez.....	30
2.4.3.2. Confiabilidad.....	30
2.5. Métodos de análisis de datos.....	31
2.6. Aspectos éticos.....	31
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
3.1. Análisis inicial de las aguas .....	33
3.2. Tratamiento de aguas residuales con nanoburbujas de aire.....	36
3.3. Análisis final de las aguas .....	44
3.4. Análisis Estadísticos.....	51
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>62</b>

<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

### ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo N° 1. Ficha de análisis de muestra de agua inicial	74
Anexo N° 2. Ficha de descripción de muestra de agua inicial	75
Anexo N° 3. Ficha de análisis de muestra de agua tratada	76
Anexo N° 4. Ficha de caracterización de las nanoburbujas	77
Anexo N° 5. Ficha de comparación de análisis de muestras de agua	78
Anexo N° 6. Fichas de validación de instrumentos	79
Anexo N° 7. Requisitos para toma de muestras de agua y su manipulación	94
Anexo N° 8. Valores máximos admisibles de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario	95
Anexo N° 9. Validación de análisis de laboratorio	96
Anexo N° 10. Características de las nanoburbujas en las muestras de agua tratada	101
Anexo N° 11. Pantallazo del Turnitin	112
Anexo N° 12. Acta de aprobación de originalidad de tesis	113
Anexo N° 13. Acta de autorización para publicación en Repositorio UCV	114
Anexo N° 14. Acta de autorización de conformidad de la escuela	115

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla N° 01. Matriz de Operacionalización de la variable	21
Tabla N° 02. Etapas de desarrollo del Proyecto	29
Tabla N° 03. Resultado del Alpha de Cronbach	30
Tabla N° 04. Ficha de descripción de muestra de agua inicial M1	33
Tabla N° 05. Ficha de análisis de muestra de agua inicial M1	34
Tabla N° 06. Ficha de descripción de muestra de agua inicial M2	34
Tabla N° 07. Ficha de análisis de muestra de agua inicial M12	35
Tabla N° 08. Ficha de descripción de muestra de agua inicial M3	35
Tabla N° 09. Ficha de análisis de muestra de agua inicial M3	36
Tabla N° 10. Ficha de análisis de muestra de agua tratada M1	37
Tabla N° 11. Ficha caracterización de nanoburbujas en la muestra de agua M1	39
Tabla N° 12. Ficha de análisis de muestra de agua tratada M2	39
Tabla N° 13. Ficha caracterización de nanoburbujas en la muestra de agua M2	41
Tabla N° 14. Ficha de análisis de muestra de agua tratada M3	42
Tabla N° 15. Ficha caracterización de nanoburbujas en la muestra de agua M3	44
Tabla N° 16. Ficha de comparación de muestras de agua M1	44
Tabla N° 17. Ficha de comparación de muestras de agua M2	45
Tabla N° 18. Ficha de comparación de muestras de agua M3	45
Tabla N° 19. Diámetro de la nanoburbuja en el M1-45	90
Tabla N° 20. Diámetro de la nanoburbuja en el M2-45	91
Tabla N° 21. Diámetro de la nanoburbuja en el M3-45	92
Tabla N° 22. Diámetro de la nanoburbuja en el M1-90	94
Tabla N° 23. Diámetro de la nanoburbuja en el M2-90	95
Tabla N° 24. Diámetro de la nanoburbuja en el M3-90	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura N° 01. Proceso de elaboración de bebidas gaseosas	12
Figura N° 02. Contenido de los efluentes de bebidas gaseosas	12
Figura N° 03. Colocando el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a la muestra de DQO	24
Figura N° 04. Frasco de las muestras iniciales	24
Figura N° 05. Medición de la temperatura en campo	25
Figura N° 06. Medición del pH en campo	25
Figura N° 07. Extracción de muestra en galonera	26
Figura N° 08. Ingreso del agua residual al generador de nanoburbujas	27
Figura N° 09. Ubicación de los caños del recipiente final	28
Figura N° 10. Visualizando las nanoburbujas a través del microscopio	28
Figura N° 11. Foto de la nanoburbuja	29
Figura N° 12. Coloración de la muestra inicial antes del tratamiento	36
Figura N° 13. Muestras de las aguas tratadas	37
Figura N° 14. Cantidad de nanoburbujas	38
Figura N° 15. Cantidad de nanoburbujas en M1 a 90 minutos	38
Figura N° 16. Cantidad de nanoburbujas en M2 a 45 minutos	40
Figura N° 17. Cantidad de nanoburbujas en M2 a 90 minutos	41
Figura N° 18. Cantidad de nanoburbujas en M3 a 45 minutos	42
Figura N° 19. Cantidad de nanoburbujas en M3 a 90 minutos	43
Figura N° 20. Variación de Ph	46
Figura N° 21. Variación de temperatura	47
Figura N° 22. Variación de la conductividad	47
Figura N° 23. Variación de la turbidez	48
Figura N° 24. Variación del DBO <sub>5</sub>	49

Figura N° 25. Variación del DQO	50
Figura N° 26. Cantidad de nanoburbujas en la muestra M1-45	90
Figura N° 27. Cantidad de nanoburbujas en la muestra M2-45	91
Figura N° 28. Cantidad de nanoburbujas en la muestra M3-45	92
Figura N° 29. Cantidad de nanoburbujas en la muestra M1-90	93
Figura N° 30. Cantidad de nanoburbujas en la muestra M2-90	94
Figura N° 31. Cantidad de nanoburbujas en la muestra M3-90	96

## RESUMEN

El presente trabajo denominado “Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire”, tuvo como objetivo general demostrar en el tratamiento de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas la influencia de la aplicación de las nanoburbujas de aire.

A través de esta investigación se pretende disminuir los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO con la aplicación de las nanoburbujas de aire, tomando en consideración los parámetros de campo que determinan la calidad del agua de pH, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez, para determinar el estado en el que se encuentra el agua residual. La metodología utilizada fue pre experimental y de tipo aplicada. Se aplicaron las nanoburbujas de aire en las 3 muestras de 20 litros de agua residual de la Embotelladora de Bebidas Gaseosas, de las cuales se extrajeron 2 muestras: una a los 45 minutos y otra a los 90 minutos después de haber comenzado el tratamiento.

Los resultados mostraron que el tratamiento con las nanoburbujas logró reducir de manera significativa la concentración de conductividad en un 8.4% (de 2500 mS/cm a 2290 mS/cm), la concentración de turbidez en un 71,97% (de 152 NTU a 42.6 NTU), la concentración de DBO<sub>5</sub> en un 99.89% (de 1892.7 mg/L a 1.9 mg/L) y la concentración de DQO en un 99.13% (de 3681 mg/L a 32 mg/L).

**Palabras clave:** Nano burbujas, DBO<sub>5</sub>, DQO, agua residual.

## ABSTRACT

The present work called "Wastewater treatment of a Carbonated Beverage Bottler applying air nanobubbles", had as its general objective to demonstrate the influence of the application of air nanobubbles in the treatment of the wastewater of a carbonated beverage bottling plant.

Through this research it is intended to reduce the parameters of BOD<sub>5</sub> and COD with the application of air nanobubbles, taking into account the field parameters that determine the water quality of pH, temperature, electrical conductivity and turbidity, to determine the state where the wastewater is located. The methodology used was pre experimental and applied type. The air nanobubbles were applied in the 3 samples of 20 liters of waste water from the Soft Drink Bottle, from which 2 samples were taken: one at 45 minutes and another 90 minutes after starting the treatment.

The results showed that the treatment with nanobubbles has significantly reduced the concentration of conductivity by 8.4% (from 2500 mS/cm to 2290 mS/cm), the concentration of turbidity by 71.97% (from 152 NTU to 42.6 NTU), the concentration of BOD<sub>5</sub> by 99.89% (from 1892.7 mg/L to 1.9 mg/L) and the concentration of COD in a 99.13% (from 3681 mg/L to 32 mg/L).

**Keywords:** Nano bubbles, BOD<sub>5</sub>, COD, wastewater.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad problemática**

El agua que es un elemento vital y fundamental para el desarrollo de la vida y es destinada para todo tipo de actividad, ya sea de consumo, uso doméstico o uso industrial; este elemento permite la creación de nuevos productos que nos brinda satisfacción y placer al paladar, como por ejemplo: las bebidas gaseosas. A nivel de países desarrollados el 59% del consumo total es usado en el sector industrial, en el sector agrícola el 30% y en el consumo doméstico solo el 11% de acuerdo al informe que da las Naciones Unidas, se evidencia que el sector productor es el que más consume, pero al mismo tiempo es el que más contamina, se considera que el 80% de los desechos que pueden generar peligro están en las naciones industrializadas y en los países en vía de desarrollo solo el 70% de los residuos que producen las fábricas se vierten sin ninguna clase de tratamiento, lo que genera contaminación de los recursos como el agua. De allí la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de las aguas residuales en la industria.

Cabe destacar, que la elaboración de bebidas genera grandes consumos de agua, según Neville Isdell, el Presidente de Coca Cola la Marca de bebidas más conocida internacionalmente, explicó que el 40% del agua utilizada en la compañía era destinada a la elaboración de bebidas y el resto era distribuido a los procesos productivos como de calefacción, limpieza y enfriamiento (MINUTO, 2007).

Actualmente, el Perú solo cuenta con 50 Entidades que prestan servicios de Saneamiento que brinda servicio de alcantarillado, pero estas solo cubren el 69.65% de la población urbana; por lo tanto las zonas pobladas donde no llega el servicio vierten sus aguas contaminadas al mar, ríos, lagos, etc. o las utilizan para regar sus plantaciones. Haciendo que esta mala disposición de las aguas residuales contaminen los cuerpos de agua natural, que a su vez por la infiltración del subsuelo afectan las aguas subterráneas y crean focos infecciosos para la salubridad de los pobladores, flora y fauna del lugar.

Según OEFA, en el año 2014 en el Perú se generaba aguas residuales alrededor de 2 217 946 m<sup>3</sup> por día, las cuales eran descargadas a la red de alcantarillado de las Entidades que prestan servicios de Saneamiento, donde solo el 32% recibía tratamiento. Mientras que en Lima las aguas residuales descargadas generaban un volumen de 1 202 286 m<sup>3</sup> por día y solo el 20.5% eran tratadas.

Por otro lado nuestro país cuenta con una gran cantidad de empresas que elaboran y distribuyen las bebidas gaseosas, motivo por el cual, según Ezequiel Fernández-Sasso, country manager de Perú de Coca Cola, el consumo de gaseosas aumentó a 220 botellas de 8 onzas por año debido al mayor desarrollo de consumo y al marketing para promover sus nuevos productos (REPÚBLICA, 2016).

Es por ello que la ciudad de Lima, al igual que otras ciudades del Perú se ven afectadas por el crecimiento demográfico y la demanda de productos. El mayor desafío que enfrenta nuestra humanidad es el proporcionar agua limpia a la inmensa población.

Como se sabe la Embotelladora de bebidas gaseosas, en la que estoy enfocando mi proyecto de investigación, para el proceso de elaboración de bebidas carbonatadas consumen 20 m<sup>3</sup> de agua tratada previamente tratada por osmosis inversa, para poder llegar a adecuarse a los requerimientos de la OMS (Organización Mundial de la Salud) para la elaboración de las bebidas, destacando que el desempeño económico de la empresa es la fabricación y distribución de gaseosas, de las cuales el mayor porcentaje de vertimiento que es el 60% proviene del lavado de envases que además cuenta con una adición de soda cáustica lo cual hace que el agua sea ligeramente alcalina, luego el 25% proviene de la zona de jarabes y el 15% restante proviene de los otros procesos; vertiendo una cantidad de 50 m<sup>3</sup> por hora de aguas residuales en un tanque de 280 m<sup>3</sup> de capacidad.

El principal problema es que el tratamiento que la Empresa le da a sus aguas residuales tiene una duración prolongada, es por ello que lo que se quiere demostrar que

con este tratamiento de nanoburbujas de aire se puede tratar las aguas residuales en menor tiempo y lograr la disminución de los parámetros físicos y químicos para luego compararlos con Valores Máximos Admisibles.

## **1.2. Trabajos previos**

### **Trabajos previos Internacionales**

ALVARADO, María y GONZÁLEZ, Cindy (2016) en su trabajo de tesis Estudio de tratabilidad de aguas residuales de bebidas gaseosas y diseño del sistema de Tratamiento, tesis obtener el título de Ingeniero Químico. Universidad de Guayaquil, el objetivo general fue realizar un estudio de tratabilidad de aguas residuales de bebidas gaseosas y diseñar el sistema de tratamiento. Su metodología fue la aplicación de un tratamiento biológico de aireación de lodos activados, en un tiempo de 5 días se empleó un catalizador Bioenzimar y nutrientes, y cuando la materia orgánica fue degradada se procedió a realizar la precipitación química, filtración y oxidación. Concluyendo que, los porcentajes de remoción tanto para la DQO como para la DBO<sub>5</sub> fue de 98,79%, en Sólidos Suspendidos fue 78,29%, en aceites y grasas 100%, en color 42,86% y en sulfatos 42,86%.

CAPODAGLIO et al. (2017) en su artículo de investigación "Analysis of Wastewater Treatment Efficiency in a Soft Drinks Industry" (Análisis de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en una industria de refrescos). Su objetivo fue mejorar el proceso de tratamiento de lodos activados mediante la adición de metanol, nitrógeno y fósforo para contribuir en la eficiencia del proceso de desnitrificación. Su metodología fue medir la concentración de DBO<sub>5</sub> mediante la dilución de muestras y las mediciones de oxígeno disuelto por el método de Winklers, la medición de la DQO se realizó a través de un método de dicromato simplificado y el SST se filtró, se colocó en un horno a 105°C para secar y pesar. Su conclusión fue que la DBO<sub>5</sub> tuvo un porcentaje de remoción de 98.33%,

la DQO de 97.53% y los SST tuvo una eficiencia de eliminación general del 50% debido a que contaba con bajos valores de entrada en la planta de tratamiento.

DIAZ, Jessica y ROMERO Bryan (2015) realizaron el trabajo Optimización y arranque del sistema primario de una planta de agua residual industrial proveniente de una Empresa de alimentos mediante la técnica de cavitación hidrodinámica, tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental y sanitario, Universidad de la Salle, Bogotá, cuyo objetivo general fue mejorar y arrancar el tratamiento primario de la planta de aguas residuales industriales para una empresa de alimentos mediante la técnica de cavitación hidrodinámica para disminuir el impacto negativo generado por cargas contaminantes altas en el tratamiento biológico. La metodología se llevó a cabo en 4 fases: de diagnóstico (recojo de información acerca de los procedimientos y procesos, del gasto de agua, las fases críticas, así como las tecnologías que están siendo usadas para la remoción de grasas y sólidos), luego la fase de intervención en el diseño e implementación (con la información recogida se plantea las tecnologías y se analiza el diseño), luego la fase de evaluación y análisis de los datos y finalmente los resultados de estudio. Se concluye que hay necesidad de las eficiencias en planta de tratamiento ya que solo remueve el 40 o 50% de la carga contaminante, el tratamiento primario es solo del 20% antes de la optimización del tratamiento, la producción de tamaños diferentes de burbuja por la bomba que produce cavitación elimina diferentes tamaños de sólidos y partículas y la máxima remoción de grasas y aceites fue del 98%.

RONQUILLO, Roxana (2016) realizó la investigación Diseño de una planta de tratamiento de agua residuales para ser utilizada en el riego del Parque Samanes. Tesis para optar el grado de magister en Gestión Ambiental, Universidad de Guayaquil. Planteó como objetivo diseñar una planta de tratamiento para utilizar el efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales “Los Merinos de la ciudad de Guayaquil en el riego de área verdes del parque Samanes. Al efluente se aplicó el tratamiento según los

parámetros mínimos necesarios, el tratamiento es de filtro de tasa alta y tasa de filtración mayor que los filtros convencionales y de tipo de gravedad, la capa superior está compuesta de gránulos grandes con poca densidad en las siguientes capas los gránulos son más pequeños pero la densidad resulta ser más grande y tiene como componentes arena y antracita que funciona con tasa declinante. Las conclusiones fueron necesitan un tratamiento terciario hecho para agua tratada que cuente con los límites exigidos por la norma ambiental, en la primera etapa el agua transita por filtros que pasa por filtrado de multicapas compuesto de grava, arena y antracita de tasa declinante pasa por un canal de desinfección con luz ultravioleta el agua tratada se recoge en un tanque que luego se puede usar para el riego, agua que viene del lavado de filtros, en el que el lodo va a un área de secado.

SJOGREEN, Carlos (2015) en su trabajo de tesis Caracterización de nanoburbujas en soluciones salinas, tesis para optar el grado de maestría en Ciencia-Física, Universidad Nacional de Colombia, tuvo como objetivo producir y caracterizar nanoburbujas de oxígeno en solución salina NaCl, El pH de la solución se modificó , así como la temperatura se hizo observación en diferentes tiempos. El método que usó fue la cavitación, para obtener nanoburbujas se usó una temperatura determinada poniendo a la solución oxígeno por un medio difusivo y por rotación para sea esparcido homogéneamente en la solución para producir nanoburbujas. La solución hizo con la dispersión de luz dinámica (DLS), todo el procedimiento se hizo a diferentes temperaturas y pH's.

TOLEDO, Diego (2016). Realizó el trabajo denominado Evaluación y medidas correctivas para el sistema de lagunas de estabilización, ciudad de Pasaje, título para optar el grado en Maestría en impactos ambientales, Universidad de Guayaquil, tuvo como objetivo general evaluar la eficiencia de lagunas de estabilización, mediante los resultados de análisis de parámetros físico-químicos y biológicos, el método que se usó fue la

observación científica a través de encuestas el enfoque fue cualitativo y cuantitativo y la forma como se midió fue a través de levantamientos planimétricos y batimétricos y además se hizo el análisis físico y químico de las muestras tanto en afluente, lagunas, efluente, de acuerdo a los resultados las lagunas cumplen con los parámetros permisibles de la TULSMA, se propone la remediación natural y un manual de operación y mantenimiento. Se concluye que las personas que viven alrededor del sistema de tratamiento no conocen el proceso que tiene el agua hasta que llega a las casas y el tratamiento para su reutilización, el tratamiento de las aguas residuales de la laguna debe ser ecológico, económico y funcional.

### **Trabajos previos Nacionales**

AGUILAR, G. (2016). Realizó el trabajo de investigación Remoción de materia orgánica proveniente del proceso de pelambre utilizando nano burbujas en la curtiembre san Pedro, Ate Vitarte, Lima, 2016, tesis para optar el título profesional de Ingeniería ambiental, Universidad César Vallejo, cuyo objetivo fue remover la materia orgánica expresada en  $DBO_5$  y DQO proveniente del proceso de pelambre, así como determinar las condiciones físico químicas del efluente antes de aplicar el tratamiento de micro-nano burbujas, como también las propiedades físicas y químicas aplicando el tratamiento. La metodología fue experimental con recepción de muestras en el efluente del proceso de pelambre. Para el estudio usó concentraciones de 200, 400, 800 mL del efluente denominado M1, M2 y M3 en tres vasos precipitados de 2000 mL. El diámetro de la micro-nano burbuja resultó 7 $\mu$ m. Donde se observaron como resultado los mayores porcentajes de reducción en: el DQO un 66.17% en la muestra M2, el  $DBO_5$  un 69,41% en la muestra M1 y el SST un 98.57% en la muestra M2.

ÁLVAREZ, I. (2015) en su tesis "Reducción de los niveles de  $DBO_5$  y DQO de los efluentes industriales de una fábrica de bebidas carbonatadas por la aplicación del

amonio cuaternario de 5° generación, Lima-2015". Su objetivo general fue aminorar los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO de las aguas residuales no domésticas de GASEOSAS DE LIMA a través de un sanitizador de amonio cuaternario de 5° generación. Su metodología se basó en la aplicación de un sanitizador de amonio cuaternario de 5° generación para el tratamiento de las aguas residuales, realizando 6 muestras distribuidas en dosis de 0.002 mg/L, 0.003 mg/L, 0.004 mg/L, 0.005 mg/L, 0.006 mg/L y 0.007 mg/L. Se concluyó que los componentes de amonio cuaternario cohiben la cadena respiratoria por motivo que al tener un roce con la materia orgánica se forman sales que impulsan la precipitación de toda la capacidad orgánica muerta del efluente posibilitando la oxigenación del agua, teniendo como resultados la reducción del 23.4% en DQO con una dosis de 0.005 mg/L y del 47.7% en DBO<sub>5</sub> en una dosis de 0.007 mg/L.

ÁLVAREZ, Carmen (2016). Llevó a cabo el trabajo denominado Determinación analítica de detergentes en las aguas de los Pantanos de Villa, tesis para optar el título de Licenciada en Química, Pontificia Universidad Católica del Perú, el objetivo fue determinar la concentración de detergentes en las aguas de los principales canales de las lagunas de los Pantanos de Villa debido a sus detergentes aniónicos por la población vecina. Las muestras fueron tomadas el 12 de diciembre del 2013 (estación de verano) y el 21 de Julio del 2014 (estación de invierno). Las muestras fueron preservadas con cuidado y el análisis se hizo con técnicas analíticas estandarizadas. Los instrumentos y equipos fueron del laboratorio de química ambiental y análisis instrumental de la Pontificia Universidad Católica. En conclusión las concentraciones de detergentes hallados en las lagunas Anap y Principal tienen niveles tóxicos considerados para la vida acuática y además entre los nutrientes encontrados estuvieron el fósforo y nitrógeno total Kjeldahlen las lagunas Sur y Anap que los clasifican en estado hipereutrófico.

GARCÍA, Cindy (2017) cuyo trabajo de investigación fue "Recuperación del suelo contaminado con petróleo utilizando micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de

laboratorio”, tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental. Universidad César Vallejo, tuvo como objetivo recuperar el suelo contaminado con petróleo usando micro-nanoburbujas. La población y la muestra fue a nivel de laboratorio en el que se contaminó 10 kilogramos de suelo franco limoso, se pusieron 4 envases de 2000 gramos cada uno y se contaminó con petróleo en diferentes volúmenes de 133 mL, 267 mL, 400mL y 534 mL, después de 48 horas se hizo el tratamiento con micro-nanoburbujas, el agua utilizada se separó en  $t=0$ ,  $t=2$ ,  $t=4$  y  $t=8$ , para observar una capa fina de petróleo fue llevado al laboratorio y se midieron los parámetros pH, CE, mv, y T, el mejor resultado fue la muestra 3 con 49% de concentración.

SALGUERO Y VALVERDE (2017) en su artículo de investigación “Reduction of the Biochemical Oxygen Demand of the water samples from the lower basin of the Chillón River by means of Air-Ozone MicroNanobubbles, Ventanilla - Callao” (Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las muestras de agua de la cuenca baja del río Chillón mediante MicroNanoburbujas de Aire-Ozono, Ventanilla - Callao). Su objetivo fue disminuir o eliminar los contaminantes mediante la medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ). Su metodología fue la aplicación de nanoburbujas de aire y ozono en tiempos de 5, 10 y 15 min, a través 4 muestras, donde hubo una muestra inicial y tres muestras post tratamiento. Se concluyó que hubo reducciones de  $DBO_5$  en la tercera muestra tratada con nanoburbujas de aire con una remoción del 67.06%, mientras que en la primera muestra tratada con ozono hubo una remoción del 69.36%, siendo esta última la mejor reducción del tratamiento.

VALENZUELA, Luzmila (2017) cuyo trabajo es denominado “Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017, tesis para optar el título profesional de Ingeniería ambiental. Universidad César Vallejo, que tuvo como propósito reducir la concentración de plomo y silicio con la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en aguas de lavado de

gases. Estudio de tipo explicativo, pre experimental, enfoque cuantitativo, el generador de micro-nanoburbujas se usó para reducir los metales pesados, la muestra fue tomada de una válvula de pugar del lavador de gases, se hizo el análisis del agua de lavado de gases , se hizo un análisis preliminar para confirmar la contaminación de plomo y silicio, la concentración fue de 32.26 mg/L y el silicio 70,4%, el tratamiento se hizo en tres tiempos de 8-16-24 , con pH de 6-8-10 hasta reducir el plomo de 0.088 mg/L y silicio 12,97mg/L de agua residual.

VENTURA, Stefany (2017) el título fue Tratamiento de Sanguaza de pescado del Mercado de Ancón utilizando micro-nanoburbujas de aire a escala laboratorio, Tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental. Universidad César Vallejo, tuvo como objetivo reducir las concentraciones de los parámetros físicos y químicos de las aguas de Sanguaza, provenientes de los puestos de pescado, en el que se utilizó el generador de micro-nanoburbujas de aire, el trabajo se realizó con una presión de 90 PSI y un caudal de 6.60 L/min. Las muestras tratadas se tomaron en tiempos de 30 min, 45 min y 60 min. Los ensayos experimentales se hicieron en la Universidad César Vallejo, se analizaron las aguas después de efectuar el tratamiento, encontrándose parámetros físicos (turbidez y temperatura) y parámetros químicos (hidrógeno, DQO y DBO<sub>5</sub>). Las repeticiones fueron 5 veces con diferentes concentraciones de las muestras, la más relevante fue la repetición N° 4 hubo eficiencia en cada parámetro y la turbidez disminuyó en 78,7%, la DBO<sub>5</sub> en 45,12% y DQO 44,03%, el potencial de Hidrógeno neutro (7) y la temperatura ambiente de 20.15 °C. Se concluye que las micro-nanoburbujas reduce eficazmente las concentraciones de los parámetros de las aguas de Sanguaza.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **Aguas Residuales Industriales**

Las aguas residuales industriales (incluidas las aguas residuales agroindustriales) son efluentes que resultan de actividades humanas que están asociadas con el procesamiento y fabricación de materias primas. Estos flujos de aguas residuales surgen de lavado, cocción, enfriamiento, calentamiento, extracción, subproductos de reacción, separación, transporte y control de calidad que producen el rechazo del producto (Wun, 2006, p. 2).

Las aguas residuales industriales son el resultado proveniente del desarrollo de un proceso que elabora productos, abarcando también las aguas residuales provenientes de otras actividades como: agrícola, agroindustrial, minera, energética, etc. (OEFA, 2014, p. 3)

#### **Tratamiento de aguas residuales:**

Consiste en un conjunto de operaciones unitarias que pueden ser de tipo físico, químico o biológico, que tiene como objetivo la disminución de las concentraciones de los contaminantes o los componentes indeseables presentes en el agua, ya sea de origen natural, de abasto, de procesos o residuales (DISEPROSA, 2014, p. 3).

#### **Proceso de elaboración de bebidas gaseosas:**

Las materias primas necesarias para la producción de bebidas gaseosas son: agua, la cual es tratada previamente hasta obtener agua apta para elaborar bebidas gaseosas; azúcar, la cual es utilizada para preparar el jarabe simple, el cual pasa por un proceso de filtración y pasteurización para obtener así un producto de alta calidad; concentrado, la cual consiste en la fórmula secreta de la empresa, que le brinda el aroma, color y sabor a un tipo de gaseosa específico; y por último el gas carbónico, utilizado para la preservación del producto brindándole esa característica burbujeante y refrescante a la bebida (VALENCIA, 2014).

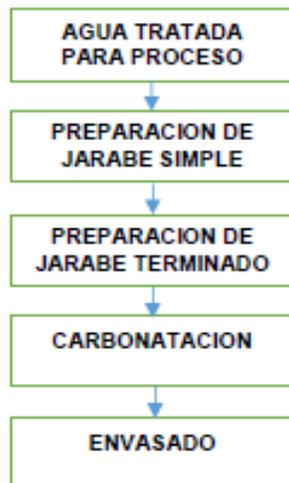


Figura N° 1. Proceso de elaboración de bebidas gaseosas

Fuente: **ALVARADO**, María y **GONZÁLEZ**, Cindy, 2016.

### Contenido de los efluentes de Bebidas gaseosas

Las aguas residuales de la industria de bebidas pueden incluir restos de bebida y jarabe desperdiciados, agua de lavado de botellas, detergentes y productos cáusticos. Estos contaminantes contienen sustancias orgánicas e inorgánicas descritas por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la demanda química de oxígeno (DQO) (CAPODAGLIO, 2017).

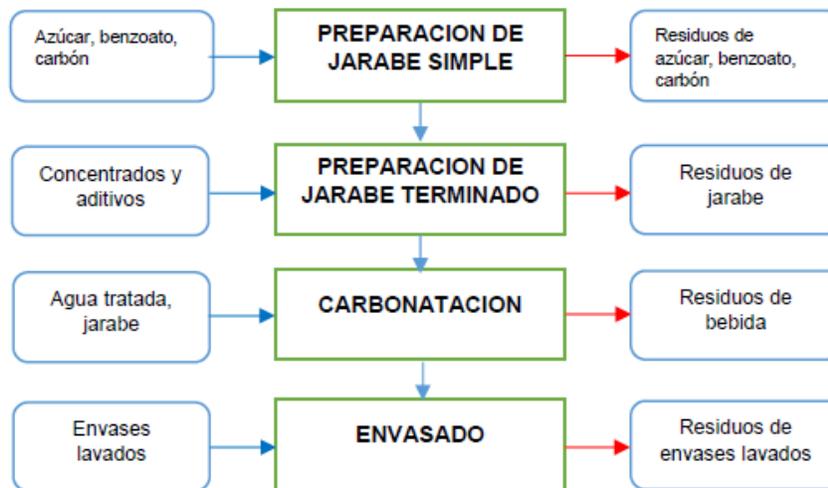


Figura N° 2. Contenido de los efluentes de Bebidas gaseosas

Fuente: **ALVARADO**, María y **GONZÁLEZ**, Cindy, 2016.

## Nanoburbujas

Son burbujas que poseen una dimensión por debajo a 100 nm y además cuentan con diámetros de soporte mayores a 1000 nm (Ferrari, 2013, p. 166).

Son burbujas más pequeñas y tienden a contraerse más rápido al ingresar al agua, es por ello que aquellas con dimensiones en nanoescala se desvanecen de forma repentina. Pese a ello, nuestros análisis prácticos han propuesto que las nanoburbujas se conciben cuando las microburbujas se derrumban en mezclas acuosas del electrolito (Tsuge, 2014, p. 307).

### Características de las nanoburbujas:

#### Diámetro de la Burbuja

El tamaño de las Micro y Nanoburbujas es generalmente en unidades  $\mu\text{m}$ ; depende del campo de trabajo, es decir, 10-40  $\mu\text{m}$  para el campo de bioactividad y menos de 100  $\mu\text{m}$  para lo que se refiere a la física fluida (Tsuge, 2014, p. 3).

#### Presión Interna

Usando la ecuación de Young-Laplace, la presión en una burbuja cuyo diámetro es  $d$  aumenta la presión circundante debido a la tensión superficial  $\sigma$ .

$$\Delta P = 4\sigma/d$$

$$P = P_I + \frac{4\sigma}{dB} \dots\dots\dots (1)$$

Con el tamaño de burbuja decreciente, la presión en la burbuja aumenta. Con el tamaño de burbuja decreciente, la presión parcial del componente de gas disuelto, es decir, la fuerza motriz de la disolución, aumenta y el gas se disuelve fácilmente (Tsuge, 2014, p. 4). Cabe destacar que el  $P_I$  es la presión del líquido.

#### Velocidad de ascenso

La velocidad ascendente de un Micro y Nanoburbujas depende de las propiedades físicas de los líquidos. Por lo que se sigue la ecuación de Stokes:

$$U = \rho g d^2 / 18 \mu \dots\dots\dots (2)$$

Donde  $U$  es la velocidad ascendente,  $\rho$  es la densidad del fluido,  $g$  es la aceleración gravitacional,  $d$  es el diámetro de la burbuja y  $\mu$  es la viscosidad del fluido (Tsuge, 2014, p. 3-4).

A continuación se mencionarán las características del agua:

**Temperatura**

La temperatura cuenta con tres escalas representativas, Escala de Kelvin, °K; Escala de Celsius, °C; y Escala Fahrenheit, °F. Se destaca que el punto de enfriamiento del agua es de 32°F y el punto de hervor del agua es de 212°F; el punto de enfriamiento del agua en la Escala Celsius es de 0°C y el punto de hervor del agua es del 100°C; y por último en la Escala Kelvin, el 0°K representa el cero absoluto, la temperatura más baja alcanzada, mientras que el punto de enfriamiento del líquido es de 273K.15 °K y el punto de hervor del líquido es del 373.15 °K (Moeller, 1980, p.11).

Es un componente que participa en la regulación de los procesos naturales en el medio marino, por medio del cual se determina el desarrollo de las propiedades físicas, químicas y biológicas. (Bureau, 2008, p. 207)

**pH**

El término pH se definió originalmente como el valor numérico del exponente, sin tener en cuenta el signo, de la concentración de iones hidrógeno en la base 10. Así, el pH es la potencia de  $[H^+]_{10}$ . Ahora el término se expresa como el logaritmo negativo a la base 10 del movimiento generado por los iones de hidrógeno en solución. Su definición se expresa mediante la ecuación:  $pH = -\log a_{H^+}$  (Davenport, 1974, p. 17).

Es una expresión de condición básica o ácida de un sistema acuoso, su variación puede afectar significativamente en la especies aledañas; además los valores de pH que

habitualmente se encuentran en las aguas superficiales pueden tener variaciones entre 6,5 y 7,9 (Bureau, 2008, p. 208)

### **Conductividad Eléctrica**

Es la medición realizada a la capacidad que tiene el agua para conducir la electricidad (Rigola, 1990, p. 28)

### **Turbidez**

Es el impedimento que tiene el agua para emitir la fuente de iluminación a causa de elementos inseparables en estado de suspensión, coloidal o muy fino, que se aparecen en aguas superficiales (Rigola, 1990, p. 28)

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

Es la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua, lo que se expresa en mg/L empleando un oxidante (dicromato potásico) que se evalúa en aproximadamente tres horas. (Jiménez, 2005, p. 135).

La demanda química de oxígeno es una cantidad de concentración de componentes que pueden ser atacadas por un oxidante fuerte ( $K_2Cr_2O_7$ ) dentro del agua en temperaturas elevadas ( $350^\circ C$ ). Por lo general la DQO puede ser ligeramente mayor que la  $DBO_5$ . Por ejemplo, en la Industria del papel los valores de la DQO pueden ser elevados, debido a que en sus vertimientos contienen celulosa y este compuesto al ser orgánico es muy poco biodegradable (Jimenez, 2005, p. 135).

La demanda química de oxígeno se obtiene oxidando el agua residual con una solución de dicromato de ácido hirviendo. Este proceso oxida casi todos los compuestos orgánicos a dióxido de carbono y agua (Mara, 2004, p. 3).

Pertenece a una oxidación química de las sustancias oxidables que tiene la muestra, y es determinada a través de una valoración redox de la muestra con un oxidante químico fuerte (Domènech, 2006, p. 190).

## **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales. Cuando mayor el consumo de oxígeno mayor es la cantidad de sustancias orgánicas (Andreo, 2014, p. 18)

La demanda bioquímica de oxígeno es una cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica dentro del agua en un tiempo de 5 días a 20°C; no solo mide un componente sino todos aquellos que sean biodegradables, por un medio aeróbico, siendo expresado en mg O<sub>2</sub>/L (Jimenez, 2005, p. 134).

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la porción de oxígeno indispensable para la oxidación de las aguas residuales por las bacterias. Por lo tanto, es una medida de la concentración de materia orgánica en un residuo que puede ser oxidada por bacterias (Mara, 2004, p. 3).

## **Valores Máximo Admisibles (VMA)**

Son valores de las concentraciones de las sustancias físicas y/o químicas que determinan los parámetros presentes en un agua residual no doméstico, los cuales van a ser destinado a la red de alcantarillado sanitario, quienes si exceden a los estándares aprobados podría causar daño a la infraestructuras, instalaciones sanitarias, tratamiento de los efluentes, entre otros. (SEDAPAL, 2009).

### **1.4. Formulación del problema**

#### **1.4.1. Problema General**

¿En qué medida afecta la aplicación de las nanoburbujas de aire en el tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas?

#### **1.4.2. Problemas Específicos**

¿En qué medida la concentración de los parámetros físicos varían con la aplicación de las nanoburbujas de aire?

¿En qué medida la concentración de los parámetros químicos se reducen con la aplicación de las nanoburbujas de aire?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **Práctica**

El aporte de este trabajo de investigación es la disminución de contaminantes de los efluentes a través de las nanoburbujas. El agua por lo general se encuentra contaminada en el sector industrial, por lo que es importante mostrar a través de este trabajo las formas de evitar la contaminación buscando como una gran opción la aplicación de las nanoburbujas.

### **Metodológica**

La presente investigación aportará algunos métodos que ayuden a la disminución de los parámetros físicos (temperatura, pH, conductividad, turbidez) y químicos (DBO<sub>5</sub> y DQO) a través de la aplicación de nanoburbujas de aire con la finalidad de reducir las concentraciones en tiempos de 45 y 90 minutos, para observar la evolución de las concentraciones a través de esta innovadora tecnología, logrando dar a conocer nuevas metodologías de tratamiento de aguas residuales. Este estudio pretende dar a conocer los efluentes que se producen en la planta de las bebidas gaseosas y el cuidado que se debe tomar para evitar la contaminación mediante la aplicación de nanoburbujas ya que la calidad con la que debe contar el agua es fundamental en la industria para lograr un desarrollo sostenible, ya que con alteraciones de la misma puede haber efectos terribles en nuestra sociedad.

### **Teórica**

El aporte de este trabajo de investigación tiene como finalidad el conocimiento de nuevas tecnologías para tratar las aguas residuales de la Embotelladora de bebidas Carbonatadas, de las cuales se dejará un precedente que podrá servir de guía para futuras investigaciones sobre las nanoburbujas.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis General**

La aplicación de las nanoburbujas de aire afecta en el tratamiento de las aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas.

### **1.6.2. Hipótesis Específicos**

Los parámetros físicos de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas varían con la aplicación de las nanoburbujas de aire.

Los parámetros químicos de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas se reducen con la aplicación de las nanoburbujas de aire.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general:**

Aplicar las nanoburbujas de aire en el tratamiento de las aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas.

### **1.7.2. Objetivos específicos:**

Determinar la variación de la concentración de los parámetros físicos de las aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas.

Determinar la reducción de la concentración de los parámetros químicos de las aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas.

## **II. MÉTODO**

## 2.1. Tipo y Diseño de investigación

El presente estudio es de tipo aplicado, “esta investigación se distingue por tener fines prácticos mediatos bien definidos, la investigación se da para actuar, transformar, modificar o generar modificación en alguna área de la realidad” (CARRASCO, 2009, p. 43) ya que la aplicación de las nanoburbujas de aire van a reducir los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales de la Embotelladora de bebidas gaseosas.

El diseño empleado para esta investigación es Pre-Experimental, del tipo pre-prueba post-prueba, “consiste en aplicar a un grupo una prueba previa, al tratamiento experimental, para luego administrar el tratamiento y después de ello, aplicar la prueba o medición posterior” (CARRASCO, 2009, p. 64) para este caso se aplicó el tratamiento de las nanoburbujas a los efluentes.

**Esquema:**

**G: O<sub>1</sub> - X - O<sub>2</sub>**

Dónde:

**O<sub>1</sub>: Previo al tratamiento**

**X: Tratamiento con Nanoburbujas**

**O<sub>2</sub>: Después del tratamiento**

Se tomó una muestra de agua inicial de la colectora de aguas residuales de los procesos de la Embotelladora de bebidas gaseosas para analizarlo en el Laboratorio y así determinar los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO. Luego se extrajeron 3 muestras de 20 litros de agua residual para tratarlo con nanoburbujas de aire y luego llevar las muestras al Laboratorio, para determinar la nueva concentración de los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO y la variación de los otros parámetros. Destacando además que el tratamiento fue evaluado en dos tiempos (45 min y 90 min) en cada muestra de agua para determinar la evolución de la reducción de los parámetros.

## 2.2. Variables y Operacionalización

Tabla N° 01. Matriz de Operacionalización de la variable

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable Dependiente</b>  Tratamiento de Aguas residuales	Consiste en un conjunto de operaciones unitarias que pueden ser de tipo físico, químico o biológico, que tiene como objetivo la disminución de las concentraciones de los contaminantes o los componentes indeseables presentes en el agua, ya sea de origen natural, de abasto, de procesos o residuales (DISEPROSA, 2014, p. 3).	Serán medidos a través de las dimensiones físico-químicas y Biológicas	Físicos	Temperatura (°C) pH [0-14] Conductividad eléctrica (mS/cm) Turbidez (NTU)	Razón Intervalo Razón Razón
			Químicos	DBO <sub>5</sub> (mg/L) DQO (mg/L)	Razón Razón
<b>Variable Independiente</b>  Aplicación de las Nanoburbujas	Son burbujas más pequeñas y tienden a contraerse más rápido al ingresar al agua, es por ello que aquellas con dimensiones en nanoescala se desvanecen de forma repentina. (Tsuge, 2014, p. 307).	Será medido a través de las características de las nanoburbujas	Características de las nanoburbujas	Diámetro de la burbuja (m) Número de burbujas en una gota (unidades) Presión interna (atm) Velocidad de ascenso (m/s)	Razón Razón Razón Razón
			Tiempo	Tiempo de retención (minutos)	Razón

Fuente: Elaboración propia

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1. Población**

La población es “el grupo de todos los sucesos que coinciden con una secuencia de distinciones” (Hernández, 2010, p. 174). Para esta investigación la población sería el agua residual contenida en el tanque colector de la Embotelladora de bebidas gaseosas, el cual tiene un volumen de 280 m<sup>3</sup>.

### **2.3.2. Muestra**

“La muestra es un fragmento característico y finito que se obtiene de la población cercana” (Arias, 2006, p.83). Por lo tanto la muestra utilizada para el tratamiento con nanoburbujas de aire fue de 0.02 m<sup>3</sup> que sería un equivalente a 20 litros.

Del cual se extrajo 1600 mL para el análisis de la muestra inicial del efluente.

### **2.3.3. Muestreo**

El muestreo fue el probabilístico por conveniencia. “son seleccionados los casos que se encuentran disponibles por el investigador” (Hernández, 2010, p. 190)

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y confiabilidad**

Para la presente investigación se realizó un cuadro donde se indican las etapas en las que se llevará a cabo cada procedimiento, es decir desde el momento que se toma la muestra hasta el proceso final de la obtención de los resultados.

### **2.4.1. Técnica**

La técnica a emplear dentro de esta investigación es la observación simple, la cual se realiza al tratar de investigar ciertos hechos públicos, utilizando instrumentos de recolección de datos como cuaderno de campo, cámara fotográfica, cuadros y fichas, para luego registrar la información y organizarlo de forma coherente (SABINO, 1992, p. 115), aplicado en el análisis de la muestra de aguas residuales de la Embotelladora de bebidas gaseosas, con las cuales se determinarán los resultados alcanzados por la aplicación de las nanoburbujas en las aguas residuales.

## **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos que se van a emplear en este proyecto serán: la ficha de análisis de la muestra de agua inicial, la ficha de descripción de muestra de agua, la ficha de caracterización de nanoburbujas, ficha de análisis de la muestra de agua tratada y ficha de comparación de análisis de muestras de agua; las cuáles fueron validadas para su uso dentro de la presente investigación (Ver Anexo N° 6)

### **2.4.2.1. Recolección de muestra**

Se extrae la muestra de agua residual de 1600 mL del tanque colector de aguas residuales antes de aplicar el tratamiento de nanoburbujas para analizar las concentraciones iniciales de los parámetros de Conductividad Eléctrica, Turbidez, DBO<sub>5</sub> y DQO en el laboratorio; además se extrae 100 mL para realizar la medición en campo de la temperatura y del pH.

### **2.4.2.2. Almacenamiento**

Para preservar la muestra en la que se midió el DQO se agregó 20 gotas de Ácido Sulfúrico, tal como se observa en la Figura N°3. Después todos los frascos fueron rotulados y depositados en un cooler (Figura N° 4), el cual contenía un gel refrigerante, que mantenía el ambiente a una temperatura óptima, según el Anexo II del Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales, el cual indica los Requisitos para toma de muestras de agua y su manipulación (Visible en el Anexo N°5).



**Figura N° 3.** Colocando  $H_2SO_4$  a la muestra de DQO

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.** Frasco de las muestra iniciales almacenadas en el cooler

#### **2.4.2.3. Datos en campo**

Se extrajo una pequeña muestra de 100 ml, de la cual se determinó la temperatura con ayuda del termómetro industrial (marca BOECO Germany) tal como se muestra en la Figura N° 5 y el pH con ayuda del papel tornasol (marca Xin Cheng Test), observada en la Figura N° 6.



**Figura N° 5.** Medición de la temperatura en campo

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 6.** Medición del pH en campo

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.2.4. Tratamiento con Nanoburbujas de aire

##### a) Extracción de la muestra de agua residual

Cabe destacar que para el tratamiento con nanoburbujas se utilizó un galón de poliuretano blanco de 20 litros, previamente esterilizado con agua destilada, para poder sacar la muestra, tal como se muestra en la Figura N° 7.



**Figura N° 7.** Extracción de muestra en galonera

Fuente: Elaboración propia

Se extrajo la muestra de un tubo ubicado en la parte superior del tanque de recolección de vertimiento de aguas residuales proveniente de los procesos de elaboración de bebidas carbonatadas, lavado y embotellado.

##### b) Tratamiento con Nanoburbujas

La muestra previamente extraída del tanque colector de aguas residuales de la Embotelladora de Bebidas Carbonatadas se ingresó al generador de nanoburbujas, tal como se muestra en la Figura N° 8.



**Figura N° 8.** Ingreso del agua residual al generador de nanoburbujas

Fuente: Elaboración propia

El equipo de nanoburbujas fue utilizado con autorización de la patente del Dr. Jhonny Valverde. Utilizando en el tratamiento una compresora de aire a una presión de aproximadamente 80 PSI (Pound Squared Inch) para la generación de las micro-nanoburbujas.

Las nanoburbujas (que tienen carga negativa) generadas, actuaron en el efluente de la Embotelladora de Bebidas Carbonatadas mediante la captura de los iones disueltos en éste. Haciendo que la carga negativa de las nanoburbujas permita la adhesión de los iones positivos, y éstos al cargarse positivamente, permitan la adhesión de cargas negativas, y así sucesivamente hasta formar flóculos, los cuales al adquirir una gran cantidad de masa, sedimentan por el peso.

Además en la Figura N° 9 nos muestra que el recipiente final cuenta con 3 caños ubicados en diferentes posiciones, estas posiciones facilitan extraer el agua tratada en diferentes niveles, destacando que se extrajo la muestra del caño ubicado en la parte del medio, porque si se extrajera del caño inferior la muestra de agua saldría turbia por los sedimentos acumulados en la base del recipiente; por otro lado al realizar el tratamiento dentro de los generadores queda una cantidad de 2 litros, lo que disminuye el volumen de los recipientes, por lo que al extraerse la muestra de

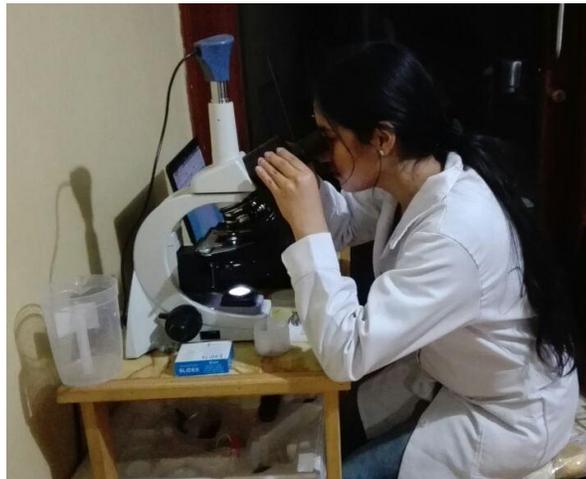
agua mediante el caño superior, no saldría suficiente volumen para extraer las muestras.



**Figura N° 9.** Ubicación de los caños del recipiente final

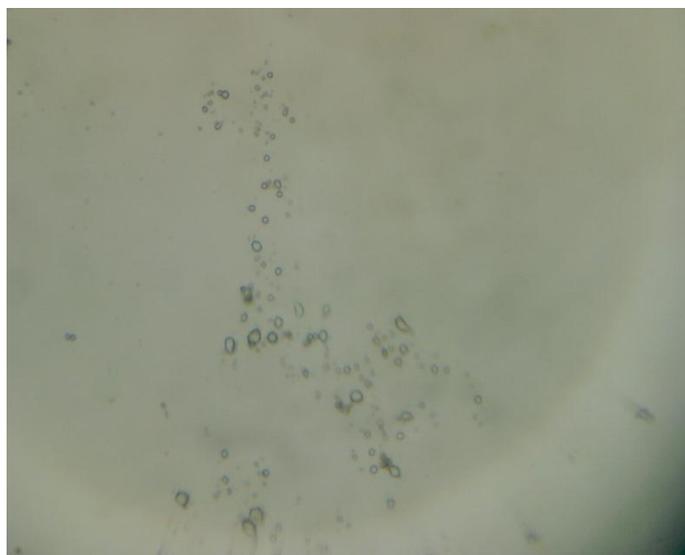
Fuente: Elaboración propia

Luego se extrajo una gota de agua, la cual se colocó en una lámina de vidrio y se observó a través del microscopio (Figura N° 10) la cantidad de burbujas presentes en una gota. Adicional a ello se utilizó el programa DigitalCam con el que se pudo medir el diámetro de las nanoburbujas, tal como se muestra en la Figura N° 11.



**Figura N° 10.** Visualizando las nanoburbujas a través del microscopio

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 11.** Foto de la nanoburbuja

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 02.** Etapas de desarrollo del Proyecto de Investigación

N°	ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
1°	Análisis Inicial de las aguas	Efluente de la empresa	- Observación - Análisis de la muestra de agua	- Ficha de descripción de muestra de agua inicial (ANEXO N° 1) - Ficha de análisis de muestra de agua inicial (ANEXO N° 2)	Etapa diagnóstica realizada
2°	Tratamiento de aguas residuales con nanoburbujas de aire	Laboratorio de la UCV	- Observación - Experimentación	- Ficha de análisis de muestra de agua tratada (ANEXO N° 3) - Ficha de caracterización de nanoburbujas (ANEXO N° 4)	Tratamiento realizado
3°	Análisis final de las aguas		- Observación - Análisis de la muestra de agua	- Ficha de comparación de análisis de muestras de agua (ANEXO N° 5)	Análisis de agua realizada

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3. Validez y Confiabilidad

#### 2.4.3.1. Validez

La validez de los instrumentos se llevó a cabo por el juicio de expertos, en este caso, expertos colegiados en Ingeniería.

Las fichas utilizadas han sido validadas por tres ingenieros colegiados, los cuales se muestran en los anexos, descritos a continuación:

- a) Anexo N° 1: Ficha de análisis de muestra de agua inicial
- b) Anexo N° 2: Ficha de descripción de muestra de agua
- c) Anexo N° 3: Ficha de análisis de muestra de agua tratada
- d) Anexo N° 4: Ficha de caracterización de las nanoburbujas
- e) Anexo N° 5: Ficha de comparación de análisis de muestras de agua

#### 2.4.3.2. Confiabilidad

La confiabilidad del instrumento fue medido a través del Alpha de Cronbach, el cual determinó si el instrumento puede dar resultados consistentes y coherentes.

**Tabla N° 03.** Resultado del Alpha de Cronbach

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,965	10

Fuente: Elaboración propia

El Alpha de Cronbach toma valores de 0 a 1, donde: 0 tiene significado de confiabilidad nula y 1 tiene significado de confiabilidad total; la confiabilidad de mi instrumento tiene un valor 0.965, el cual se encuentra cercano al valor 1, lo que indica que mi instrumento es confiable.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Los métodos empleados en la presente investigación fueron analizados con el programa estadístico SPSS v.24 obtenidos, y los resultados fueron presentados a través de estadística básica e inferencial.

## **2.6. Aspectos éticos**

La presente investigación fue realizada con fines académicos, para brindar conocimiento sobre el empleo de esta innovadora tecnología como tratamiento, sin ánimos de perjudicar a la empresa en la cual se está realizando la investigación, se cuidará la información brindada por la empresa y además los datos son los reales sin ninguna manipulación, de tal forma que puedan servir para investigaciones posteriores.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Análisis inicial de las aguas

En campo se determinó la descripción de cada una de las muestras de agua inicial tal como se observa en la: Tabla N° 04, Tabla N° 06 y Tabla N° 08.

Además las muestras adquiridas de la colectora de aguas residuales de la empresa antes de ser tratado con las nanoburbujas de aire fueron llevadas al laboratorio para determinar su Turbidez, Conductividad Eléctrica, DBO<sub>5</sub> y DQO (Ver Anexo N° 9), donde además se adicionó la medición en campo de los parámetros de pH y temperatura, las cuales se pueden observar en la: Tabla N° 05, Tabla N° 07 y Tabla N° 09.

**Tabla N° 04.** Ficha de descripción de muestra de agua inicial M1

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA DE AGUA					
N° DE MUESTRA:	M1- 0	FECHA:	18/11/2017	HORA:	08:20 a.m.
PUNTO DE MUESTREO:	Tanque colector de aguas residuales				
NOMBRE DEL PROYECTO:	Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire				
UBICACIÓN:	Callao				
DISTRITO:	Callao				
PROVINCIA:	Callao				
DEPARTAMENTO:	Lima				
TEMPERATURA (°C):	26°C	pH:	8.5		
VOLUMEN TOTAL (ml):	100 ml				
OBSERVACIONES:					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 05.** Ficha de análisis de muestra de agua inicial M1

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA INICIAL								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBOs (mg/L)	DQO (mg/L)
18/11/2017	M1-0	Muestra inicial: Extraída de la colectora de aguas residuales de la Embotelladora de bebidas carbonatadas	26	8.5	2410	216	2133	3514

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 06.** Ficha de descripción de muestra de agua inicial M2

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA DE AGUA					
N° DE MUESTRA:	M2 - 0	FECHA:	04/12/2017	HORA:	07:32 a.m.
PUNTO DE MUESTREO:	Tanque colector de aguas residuales				
NOMBRE DEL PROYECTO:	Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire				
UBICACIÓN:	Callao				
DISTRITO:	Callao				
PROVINCIA:	Callao				
DEPARTAMENTO:	Lima				
TEMPERATURA (°C):	25°C	pH:	8.5		
VOLUMEN TOTAL (ml):	100 ml				
OBSERVACIONES:					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 07.** Ficha de análisis de muestra de agua inicial M2

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA INICIAL								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)
04/12/2017	M2-0	Muestra inicial: Extraída de la colectora de aguas residuales de la Embotelladora de bebidas carbonatadas	25	8.5	2500	180.7	2136	3681

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 08.** Ficha de descripción de muestra de agua inicial M3

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA DE AGUA					
N° DE MUESTRA:	M3 - 0	FECHA:	04/12/2017	HORA:	12:34 p.m.
PUNTO DE MUESTREO:	Tanque colector de aguas residuales				
NOMBRE DEL PROYECTO:	Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire				
UBICACIÓN:	Callao				
DISTRITO:	Callao				
PROVINCIA:	Callao				
DEPARTAMENTO:	Lima				
TEMPERATURA (°C):	24°C	pH:	9		
VOLUMEN TOTAL (ml):	100 ml				
OBSERVACIONES:					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 09.** Ficha de análisis de muestra de agua inicial M3

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA INICIAL								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBOs (mg/L)	DQO (mg/L)
04/12/2017	M3-0	Muestra inicial: Extraída de la colectora de aguas residuales de la Embotelladora de bebidas carbonatadas	24	9	2370	152	1592.7	3296

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Tratamiento de aguas residuales con nanoburbujas de aire

Tal como se muestra en la Figura N° 12, la coloración de la muestra era muy turbia; no obstante, ésta fue ingresada al equipo para ser tratada con nanoburbujas de aire, sacando 2 muestras en los tiempos de 45 min. y 90 min. para realizar las mediciones de campo (pH y temperatura); y las otras mediciones a través de un laboratorio, donde se tuvieron que colocar las muestras en frascos esterilizados (Figura N° 13).



**Figura N° 12.** Coloración de la muestra inicial antes del tratamiento

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 13.** Muestras de las aguas tratadas

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra los resultados de análisis de muestra de agua tratada de la muestra M1 (Tabla N° 10).

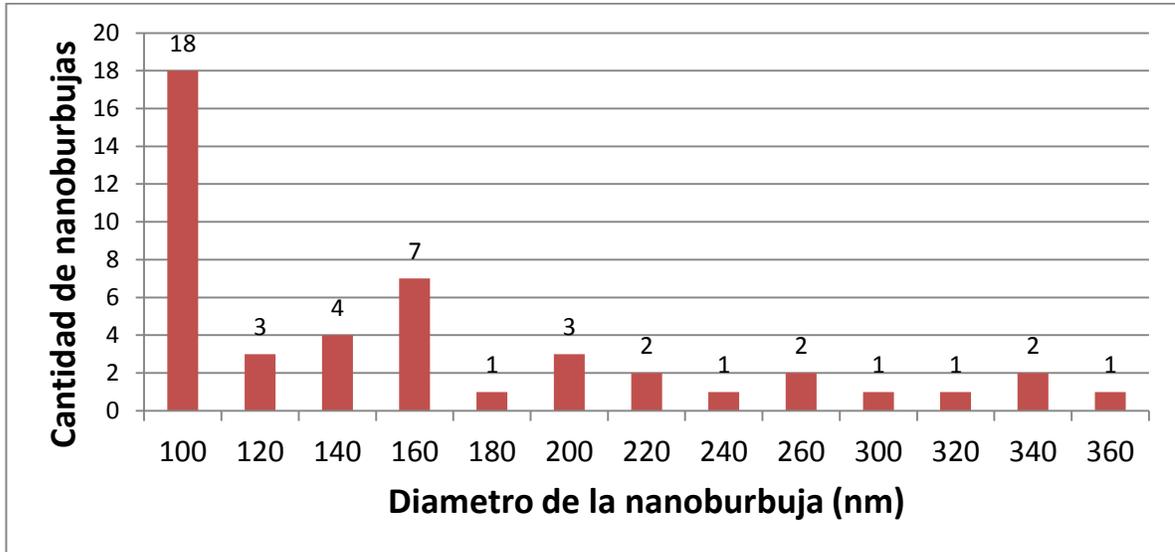
**Tabla N° 10.** Ficha de análisis de muestra de agua tratada M1

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA TRATADA								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)
19/11/2017	M1-45	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 45 min	25	8	2270	87.3	1042	1821
19/11/2017	M1-90	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 90 min	26	7.5	2320	64	6.3	102

Fuente: Elaboración propia

Además se determinó la cantidad de nanoburbujas a través de la observación de las imágenes y su diámetro por medio del programa DigitalCam, al recolectar dicha información se realizó un promedio para cada una de las muestras con el propósito de hallar la presión interna y la velocidad de ascenso, para tener más detalle del procedimiento realizado consultar en el Anexo N° 10.

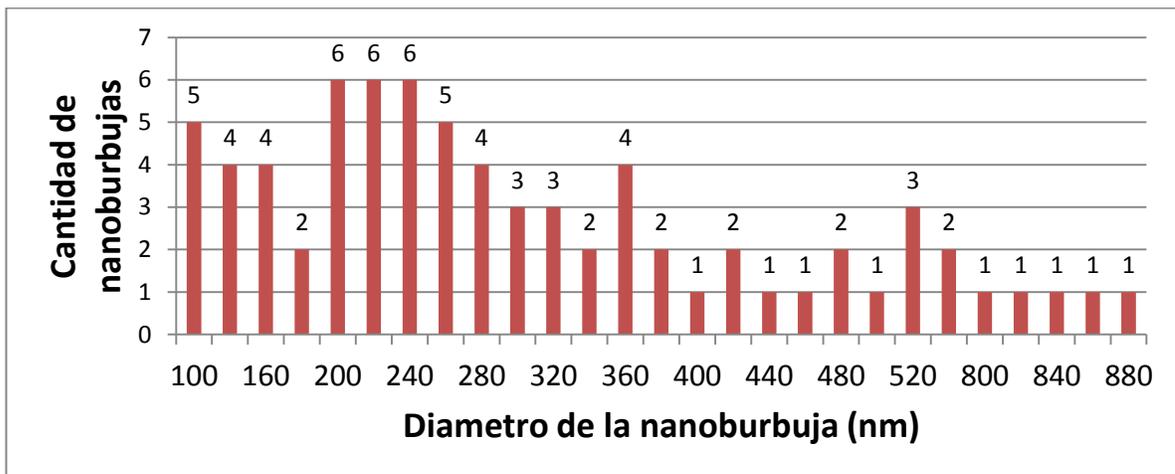
En la figura N° 14 se obtuvo una cantidad de 46 nanoburbujas y el promedio de los diámetros fue de 162.61 nm, mientras que la Figura N° 15 se obtuvo una cantidad de 76 nanoburbujas y el promedio de los diámetros fue 171.32 nm.



**Figura N° 14.** Cantidad de nanoburbujas en M1-45

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura N° 14 la mayor cantidad de nanoburbujas fue de 18 unidades de un diámetro de 100 nm y el que le seguía era de 7 unidades de un diámetro de 160 nm.



**Figura N° 15.** Cantidad de nanoburbujas en M1-90

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura N° 15 la mayor cantidad de nanoburbujas fue de 6 unidades, en los diámetros de 200 nm, 240 nm y 280 nm y el que le seguía era de 5 unidades de un diámetro de 100 nm.

Además, de las figuras N° 14 y 15, se determinó un promedio general, el cual fue utilizado para hallar la presión interna, según la ecuación (1), y la velocidad de ascenso, según la ecuación (2), tal como se observa en la Tabla N° 11. (Ver Anexo N° 10)

**Tabla N° 11.** Ficha caracterización de nanoburbujas en la muestra de agua M1

CARACTERIZACIÓN DE LAS NANOBUJAS	
Diámetro de la burbuja (m):	166.965x10 <sup>-9</sup>
N° de burbujas en una gota (unid.):	122
Presión interna (atm):	17.22
Velocidad de ascenso (m/s):	1.51x10 <sup>-8</sup>

Fuente: Elaboración propia

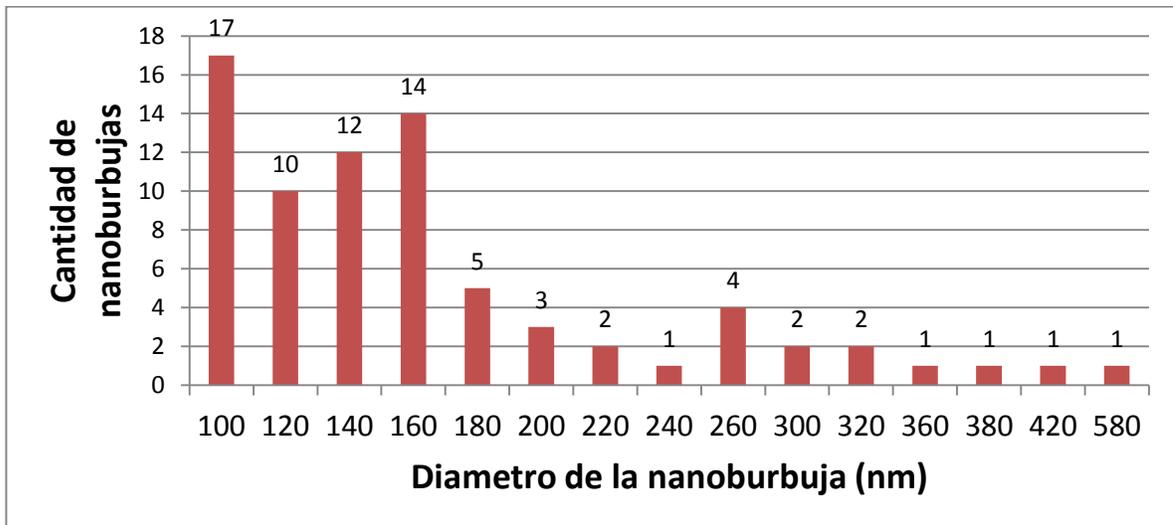
A continuación se muestra los resultados de análisis de muestra de agua tratada de la muestra M2 (Tabla N° 12).

**Tabla N° 12.** Ficha de análisis de muestra de agua tratada M2

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA TRATADA								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBOs (mg/L)	DQO (mg/L)
04/12/2017	M2-45	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 45 min	25	8	2360	90	1061.4	1803
04/12/2017	M2-90	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 90 min	26	7	2290	51	4.4	32

Fuente: Elaboración propia

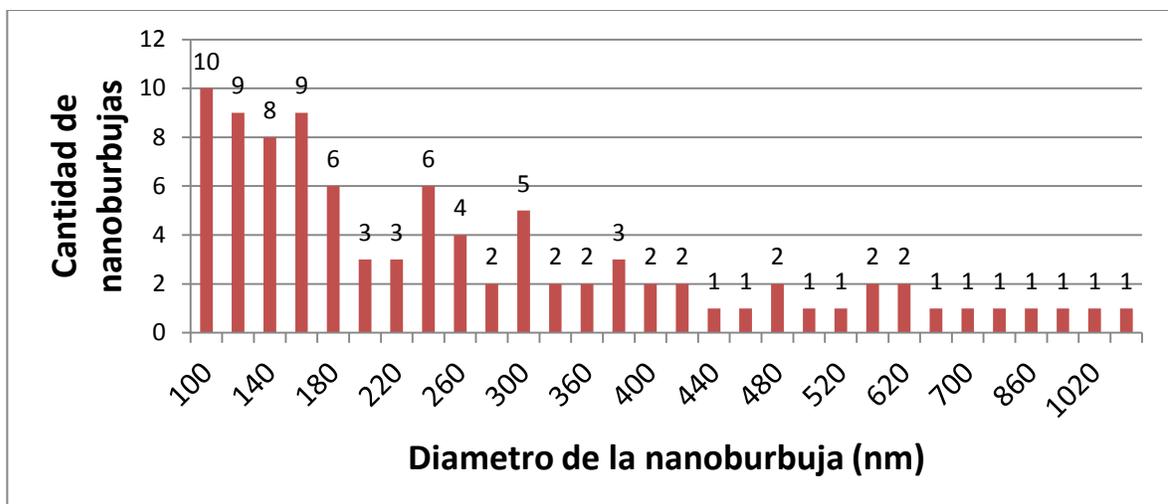
Donde también se determinó la cantidad de nanoburbujas, tal como se muestra en la Figura N° 16, se obtuvo una cantidad de 63 nanoburbujas y el promedio de los diámetros fue 166.35 nm, mientras que la Figura N° 17 se obtuvo una cantidad de 74 nanoburbujas y el promedio de los diámetros 321.35 nm.



**Figura N° 16.** Cantidad de nanoburbujas en M2-45

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura N° 16 la mayor cantidad de nanoburbujas fue de 17 unidades de un diámetro de 100 nm y los que le seguían eran de 14 unidades de un diámetro de 160 nm, 12 unidades de un diámetro de 140 nm y 10 unidades de un diámetro de 120 nm.



**Figura N° 17.** Cantidad de nanoburbujas en M2-90

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura N° 17 la mayor cantidad de nanoburbujas fue de 10 unidades de un diámetro de 100 nm y los que le seguían eran de 9 unidades de un diámetro de 160 nm, 9 unidades de un diámetro de 120 nm y 8 unidades de un diámetro de 140 nm.

Además, de las figuras N° 16 y 17, se determinó un promedio general, el cual fue utilizado para hallar la presión interna, según la ecuación (1), y la velocidad de ascenso, según la ecuación (2), tal como se observa en la Tabla N° 13. (Ver Anexo N° 10)

**Tabla N° 13.** Ficha caracterización de nanoburbujas en la muestra de agua M2

CARACTERIZACIÓN DE LAS NANOBURBUJAS	
Diámetro de la burbuja (m):	$243.85 \times 10^{-9}$
N° de burbujas en una gota (unid.):	137
Presión interna (atm):	11.79
Velocidad de ascenso (m/s):	$3.21 \times 10^{-8}$

Fuente: Elaboración propia

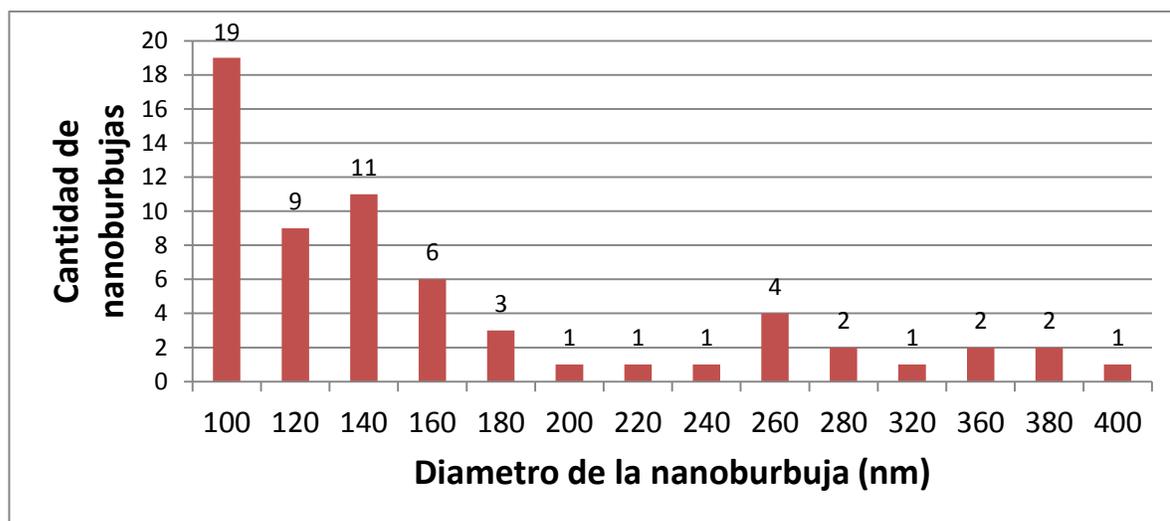
A continuación se muestra los resultados de análisis de muestra de agua tratada de la muestra M3 (Tabla N° 14).

**Tabla N° 14.** Ficha de análisis de muestra de agua tratada M3

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA TRATADA								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)
04/12/2017	M3-45	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 45 min	24	8.5	2240	85	784	1618
04/12/2017	M3-90	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 90 min	25	7.5	2180	42.6	<2.0	48.2

Fuente: Elaboración propia

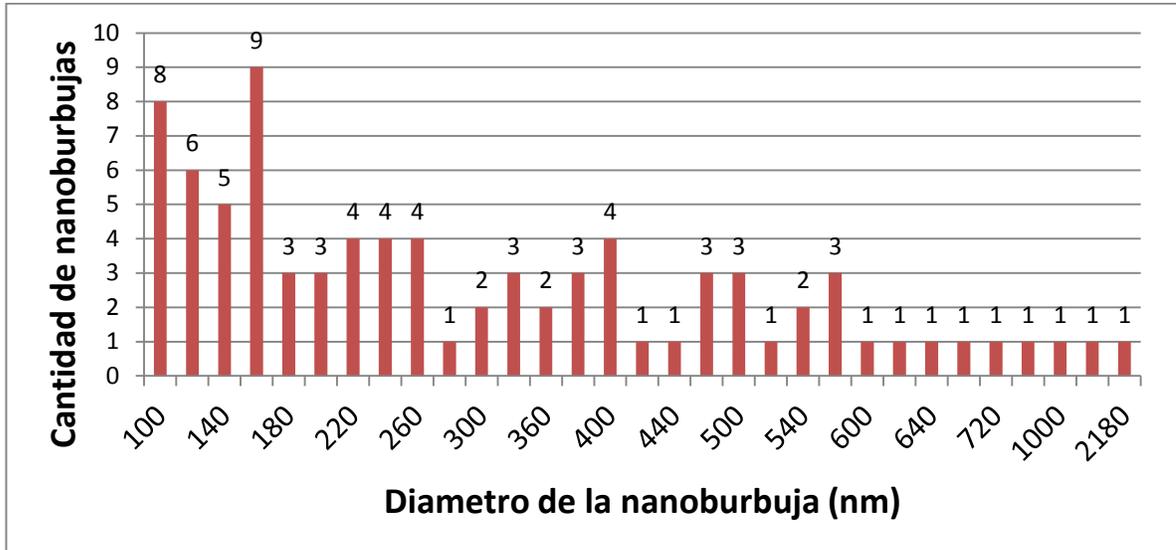
Donde también se determinó la cantidad de nanoburbujas, tal como se muestra en la Figura N° 18 se obtuvo una cantidad de 93 nanoburbujas y el promedio de los diámetros fue 295.70 nm, mientras que la Figura N° 19 se obtuvo una cantidad de 84 nanoburbujas y el promedio de los diámetros fue 339.05 nm.



**Figura N° 18.** Cantidad de nanoburbujas en M3-45

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura N° 18 la mayor cantidad de nanoburbujas fue de 19 unidades de un diámetro de 100 nm y los que le seguían eran de 11 unidades de un diámetro de 140 nm y 9 unidades de un diámetro de 120 nm.



**Figura N° 19.** Cantidad de nanoburbujas en M3-90

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura N° 19 la mayor cantidad de nanoburbujas fue de 9 unidades de un diámetro de 160 nm y el que le seguían era de 8 unidades de un diámetro de 100 nm.

Además, de las figuras N° 18 y 19, se determinó un promedio general, el cual fue utilizado para hallar la presión interna, según la ecuación (1), y la velocidad de ascenso, según la ecuación (2), tal como se observa en la Tabla N° 15. (Ver Anexo N° 10)

**Tabla N° 15.** Ficha caracterización de nanoburbujas en la muestra de agua M3

CARACTERIZACIÓN DE LAS NANOBURBUJAS	
Diámetro de la burbuja (m):	317.375x10 <sup>-9</sup>
N° de burbujas en una gota (unid.):	177
Presión interna (atm):	9.06
Velocidad de ascenso (m/s):	5.44x10 <sup>-8</sup>

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Análisis final de las aguas

Para poder tener una visión más amplia de la reducción de los parámetros físicos y químicos, se realizó una comparación de análisis de muestras de agua para cada una de las muestras, tal como se observa en la: Tabla N° 16, Tabla N° 17 y Tabla N° 18.

**Tabla N° 16.** Ficha de comparación de muestras de agua M1

COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)
18/11/2017	M1-0	Muestra inicial: Extraída de la colectora de aguas residuales de la Embotelladora de bebidas carbonatadas	26	8.5	2410	216	2133	3514
19/11/2017	M1-45	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 45 min	25	8	2270	87.3	1042	1821
19/11/2017	M1-90	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 90 min	26	7.5	2320	64	6.3	102

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 17.** Ficha de comparación de muestras de agua M2

COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBOs (mg/L)	DQO (mg/L)
04/12/2017	M2-0	Muestra inicial: Extraída de la colectora de aguas residuales de la Embotelladora de bebidas carbonatadas	25	8.5	2500	180.7	2136	3681
04/12/2017	M2-45	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 45 min	25	8	2360	90	1061.4	1803
04/12/2017	M2-90	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 90 min	26	7	2290	51	4.4	32

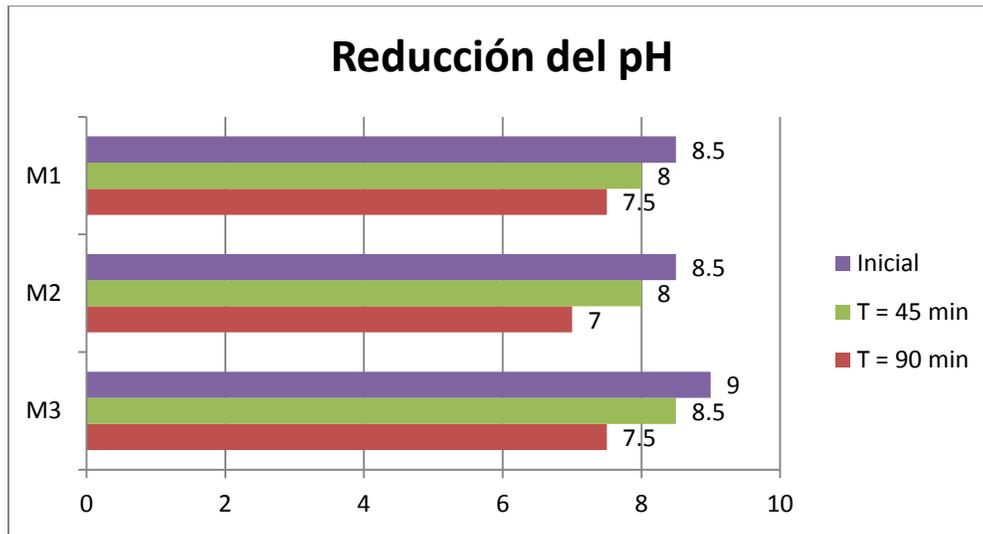
Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 18.** Ficha de comparación de muestras de agua M3

COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA								
Fecha	Código Muestra	Ubicación	Temp. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBOs (mg/L)	DQO (mg/L)
04/12/2017	M3-0	Muestra inicial: Extraída de la colectora de aguas residuales de la Embotelladora de bebidas carbonatadas	24	9	2370	152	1592.7	3296
04/12/2017	M3-45	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 45 min	24	8.5	2240	85	784	1618
04/12/2017	M3-90	Muestra tratada: En el laboratorio con la aplicación de las nanoburbujas de aire en 90 min	25	7.5	2180	42.6	<2.0	48.2

Fuente: Elaboración propia

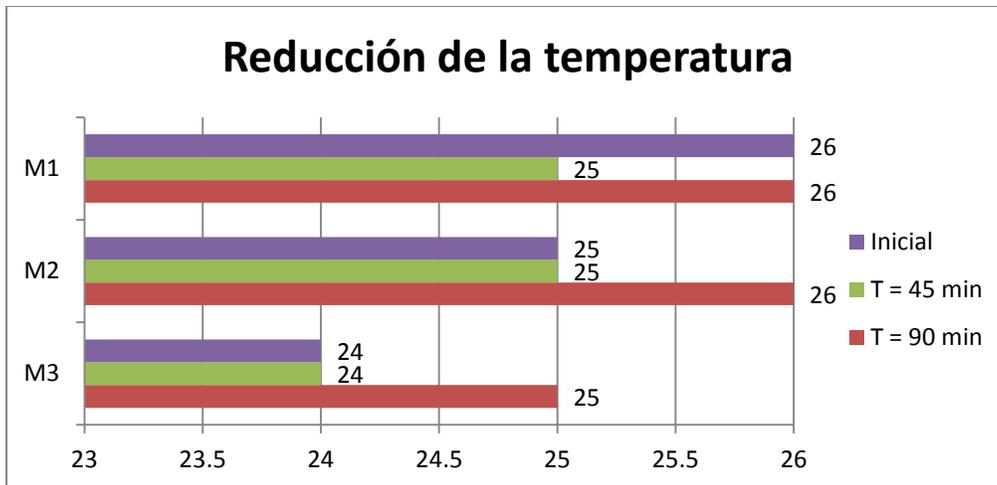
Los siguientes gráficos son evaluados en función del tiempo:



**Figura N° 20.** Variación de pH

Fuente: Elaboración propia

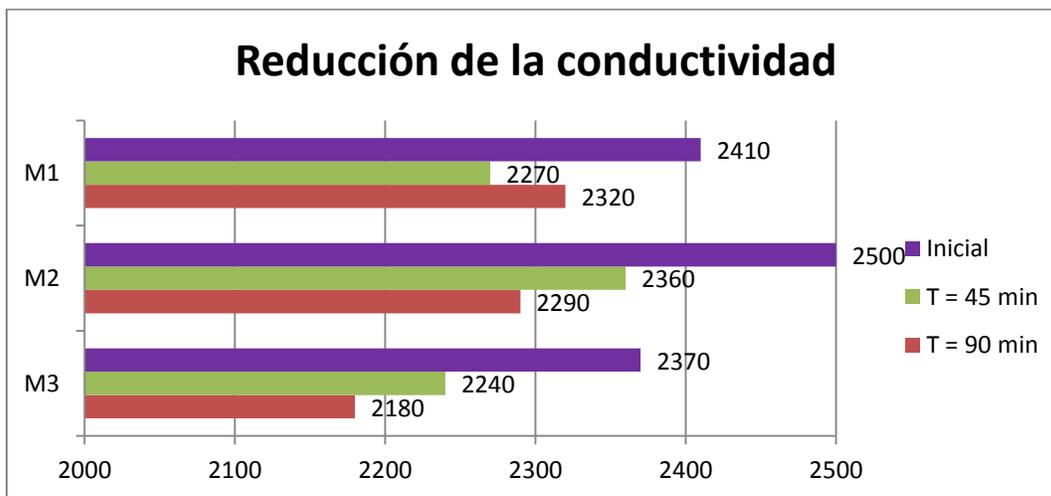
Como se puede ver en la Figura N° 20, en el M1 se observó que la muestra inicial (M1-0) tiene un pH de 8.5 y que después del tratamiento, en el M1-90 se verificó la disminución hasta un 7.5; mientras que en el M2, la muestra inicial (M2-0) tiene un pH de 8.5, el cual disminuye a un pH de 7 en el M2-90, y finalmente en el M3, se visualizó que la muestra inicial (M3-0) tiene un pH de 9 y después de aplicado el tratamiento con nanoburbujas de aire en el M3-90, disminuyó a un pH de 7.5. Lo cual demuestra que en todos los tratamientos realizados, el agua disminuyó su pH hasta ser valores cercanos al neutro (pH=7).



**Figura N° 21.** Variación de temperatura

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 21, la temperatura ha sido tomada como parámetro de campo para ver la evolución desde la muestra de agua residual inicial hasta la muestra de agua tratada por la aplicación de las nanoburbujas.



**Figura N° 22.** Variación de la conductividad

Fuente: Elaboración propia

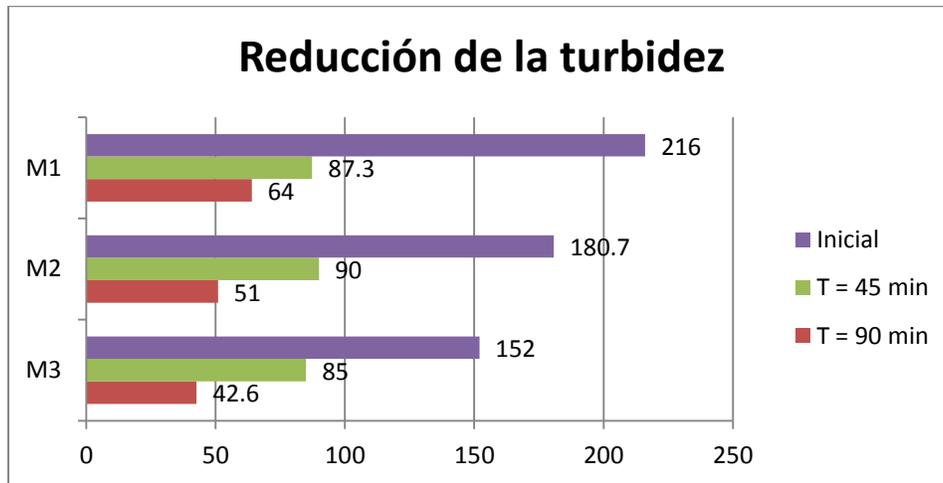
$$Eficiencia = \left(1 - \frac{\text{Conduct. mS/cm (tratamiento)}}{\text{Conduct. mS/cm (sin tratamiento)}}\right) \times 100$$

$$Efic. M1 = \left(1 - \frac{2320}{2410}\right) \times 100 = 3.73\%$$

$$Efic. M2 = \left(1 - \frac{2290}{2500}\right) \times 100 = 8.4\%$$

$$Efic. M3 = \left(1 - \frac{2180}{2370}\right) \times 100 = 8.01\%$$

Como se puede observar en la Figura N° 22, en el M1 se observa que la muestra inicial (M1-0) indica un valor de 2410 uS/cm, el cual después del tratamiento con nanoburbujas de aire en el M1-90 da un valor de 2320 uS/cm, lo cual indica una reducción del 3.73%; mientras que en el M2, la muestra inicial (M2-0) es de 2500 uS/cm y después de aplicado el tratamiento en el M2-90 se tiene un valor de 2290 uS/cm, que indica una reducción del 8.4%; y por último el M3 tiene una muestra inicial (M3-0) de 2370 uS/cm, y que en el M3-90 disminuye a 2180 uS/cm, que es una reducción de 8.01%. De las muestras explicadas anteriormente, en la que se observó mayor reducción de conductividad fue en el M2-90 de un porcentaje de 8.4%.



**Figura N° 23.** Variación de Turbidez

Fuente: Elaboración propia

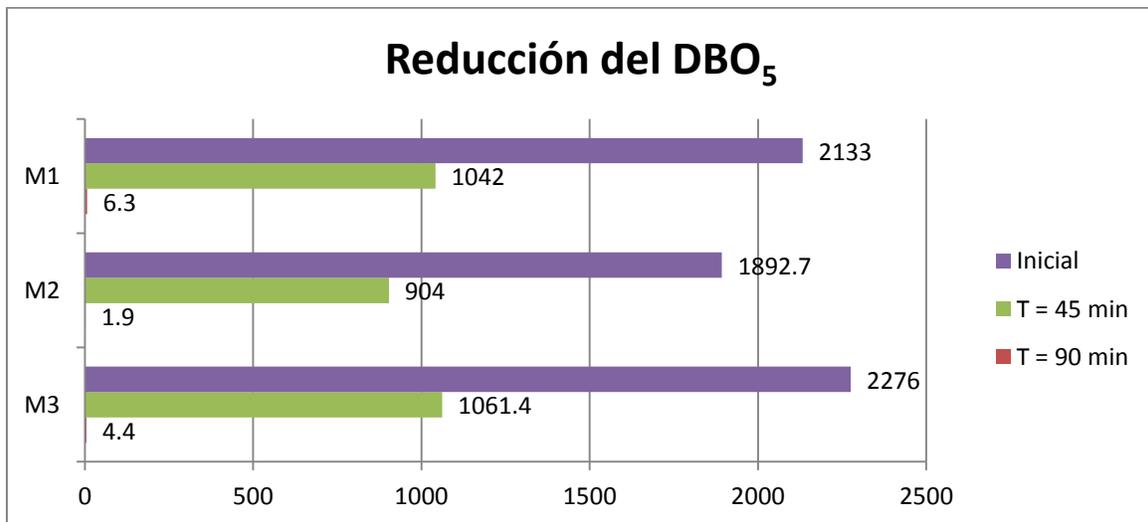
$$Eficiencia = \left(1 - \frac{\text{Turbidez NTU (tratamiento)}}{\text{Turbidez NTU (sin tratamiento)}}\right) \times 100$$

$$Efic. M1 = \left(1 - \frac{64}{216}\right) \times 100 = 70.37\%$$

$$Efic.M2 = \left(1 - \frac{51}{180.7}\right) \times 100 = 71.77\%$$

$$Efic.M3 = \left(1 - \frac{42.6}{152}\right) \times 100 = 71.97\%$$

Como se puede observar en la Figura N° 23, se muestra que en el M1-0 se tuvo un valor de 216 NTU, del cual después de aplicado el tratamiento en el M1-90 se observó una disminución de 64 NTU, lo que indicó una reducción de 70.37%; mientras que en el M2 se observa una muestra inicial (M2-0) de 180.7 NTU, y después del tratamiento en el M2-90 se visualizó una disminución de 51 NTU, que es una reducción de 71.77%; y finalmente el M3 el cual tiene una muestra inicial (M3-0) de 152 NTU, después del tratamiento en el M3-90 se observó una disminución del 42.6 NTU, indicando una reducción de 71.97%. La acción de las nanoburbujas en el agua residual se dan por motivo de que al estar en estado coloidal están cargadas negativamente, lo que permite atraer las cargas positivas y así de forma sucesiva atrapar los sólidos presentes en el agua, formando flóculos que luego sedimentan, reduciendo significativamente las concentraciones, de los cuales el más eficiente fue el M3-90 con un 71.97%.



**Figura N° 24.** Variación de DBO<sub>5</sub>

Fuente: Elaboración propia

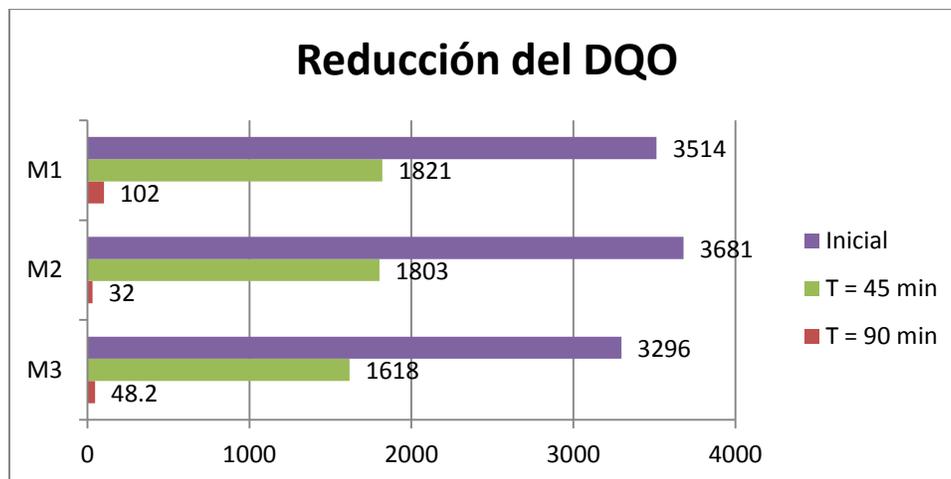
$$Eficiencia = \left(1 - \frac{DBO_5 \text{ mg/L (tratamiento)}}{DBO_5 \text{ mg/L (sin tratamiento)}}\right) \times 100$$

$$Efic. M1 = \left(1 - \frac{6.3}{2133}\right) \times 100 = 99.7\%$$

$$Efic. M2 = \left(1 - \frac{1.9}{1892.7}\right) \times 100 = 99.89\%$$

$$Efic. M3 = \left(1 - \frac{4.4}{2276}\right) \times 100 = 99.8\%$$

Como se puede observar en la Figura N° 24, en el M1 se observó que la muestra inicial (M1-0) tiene un valor de 2133 mg/L, al cual se le somete a un tratamiento con nanoburbujas de aire, donde se observó en el M1-90 una disminución del 6.3 mg/L, que indica una reducción de 99.7%; mientras que en el M2, la muestra inicial (M2-0) tiene una concentración de 1892.7 mg/L, del cual después de haber sido aplicado el tratamiento, en el M2-90 disminuye a <2.0 mg/L, pero se tomó como valor aproximado el 1.9 mg/L, teniendo una reducción de 99.89%; teniendo por último el M3 el cual tiene una muestra inicial (M3-0) de 2276 mg/L, que con la aplicación del tratamiento en el M3-90 se observa una disminución de 4.4 mg/L, indicando una reducción del 99.8%. Por lo el que tuvo un mayor porcentaje de reducción de la concentración del DBO<sub>5</sub> fue el M2-90 con un 99.89%.



**Figura N° 25.** Variación de DQO

Fuente: Elaboración propia

$$Eficiencia = \left(1 - \frac{DQO \text{ mg/L (tratamiento)}}{DQO \text{ mg/L (sin tratamiento)}}\right) \times 100$$

$$Efic.M1 = \left(1 - \frac{102}{3514}\right) \times 100 = 97.09\%$$

$$Efic.M2 = \left(1 - \frac{32}{3681}\right) \times 100 = 99.13\%$$

$$Efic.M3 = \left(1 - \frac{48.2}{3296}\right) \times 100 = 98.53\%$$

Tal como se observa en la Figura N° 25, en el M1 la muestra inicial (M1-0) tiene un valor de 3514 mg O<sub>2</sub>/L, del cual después de haberle aplicado el tratamiento con nanoburbujas de aire se observó en el M1-90 una disminución del 102 mg O<sub>2</sub>/L, que indica una reducción de 97.09%; mientras que en el M2-0, se observó una concentración de 3681 mg O<sub>2</sub>/L al cual se le aplicó el tratamiento y en el M2-90 se observó una disminución 32 mg O<sub>2</sub>/L, teniendo una reducción de 99.13%; y por último la concentración del M3-0 tuvo un valor de 3296 mg O<sub>2</sub>/L, que después de haberle aplicado el tratamiento en el M3-90 se visualizó una disminución de 48.2 mg O<sub>2</sub>/L, lo cual indicó una reducción del 98.53%. De los resultados observados se determinó que el M2-90 fue el que tuvo mayor reducción de la concentración de DQO de un 99.13%.

#### 3.4. Análisis Estadísticos:

Se realizó las siguientes pruebas estadísticas mediante el programa IBM SPSS Statistics 22 con el fin de lograr una mayor confiabilidad de los datos obtenidos.

#### **Contrastación de la Hipótesis**

##### **Prueba de Normalidad**

La prueba de normalidad determina si la distribución es normal o no.

### Hipótesis específica 1

H1. El resultado de los parámetros físicos de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire a escala laboratorio se ajusta a una distribución normal.

Ho. El resultado de los parámetros físicos de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire a escala laboratorio NO se ajusta a una distribución normal.

Muestra	Tiempo	Turbidez (NTU)	Conductividad (mS/cm)
M1	Inicial	216	2410
	T = 45 min	87.3	2270
	T = 90 min	64	2320
M2	Inicial	180.7	2500
	T = 45 min	90	2360
	T = 90 min	51	2290
M3	Inicial	152	2370
	T = 45 min	85	2240
	T = 90 min	42.6	2180

### Resumen de procesamiento de casos

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
TURBIDEZ INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
TURBIDEZ EN 45 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
TURBIDEZ EN 90 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
CONDUCTIVIDAD INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
CONDUCTIVIDAD EN 45 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
CONDUCTIVIDAD EN 90 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

## Descriptivos

		Estadístico	Desv. Error
TURBIDEZ INICIAL	Media	182,9000	18,50793
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	103,2668
		Límite superior	262,5332
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	180,7000	
	Varianza	1027,630	
	Desv. Desviación	32,05667	
	Mínimo	152,00	
	Máximo	216,00	
	Rango	64,00	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	,307	1,225
	Curtosis	.	.
	TURBIDEZ EN 45 MIN	Media	87,4333
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	81,2164
		Límite superior	93,6503
Media recortada al 5%		.	
Mediana		87,3000	
Varianza		6,263	
Desv. Desviación		2,50267	
Mínimo		85,00	
Máximo		90,00	
Rango		5,00	
Rango intercuartil		.	
Asimetría		,239	1,225
Curtosis		.	.
TURBIDEZ EN 90 MIN		Media	52,5333
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	25,7492
		Límite superior	79,3175
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	51,0000	
	Varianza	116,253	
	Desv. Desviación	10,78208	
	Mínimo	42,60	
	Máximo	64,00	
	Rango	21,40	

	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		,627	1,225
	Curtosis		.	.
CONDUCTIVIDAD INICIAL	Media		2426,6667	38,44188
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2261,2646	
		Límite superior	2592,0687	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		2410,0000	
	Varianza		4433,333	
	Desv. Desviación		66,58328	
	Mínimo		2370,00	
	Máximo		2500,00	
	Rango		130,00	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,056	1,225
	Curtosis		.	.
	CONDUCTIVIDAD EN 45 MIN	Media		2290,0000
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	2134,8656	
		Límite superior	2445,1344	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			2270,0000	
Varianza			3900,000	
Desv. Desviación			62,44998	
Mínimo			2240,00	
Máximo			2360,00	
Rango			120,00	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			1,293	1,225
Curtosis			.	.
CONDUCTIVIDAD EN 90 MIN		Media		2263,3333
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2080,2247	
		Límite superior	2446,4420	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		2290,0000	
	Varianza		5433,333	
	Desv. Desviación		73,71115	
	Mínimo		2180,00	
	Máximo		2320,00	

Rango	140,00	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	-1,415	1,225
Curtosis	.	.

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TURBIDEZ INICIAL	,194	3	.	,996	3	,886
TURBIDEZ EN 45 MIN	,188	3	.	,998	3	,912
TURBIDEZ EN 90 MIN	,223	3	.	,985	3	,764
CONDUCTIVIDAD INICIAL	,265	3	.	,953	3	,583
CONDUCTIVIDAD EN 45 MIN	,292	3	.	,923	3	,463
CONDUCTIVIDAD EN 90 MIN	,308	3	.	,902	3	,391

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

#### a. Corrección de significación de Lilliefors

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si  $P\text{value} > \alpha=0.05$  La distribución es Normal

Si  $P\text{value} < \alpha=0.05$  La distribución es No Normal

De los resultados de significancia de los parámetros para la densidad se obtiene lo siguiente:

Parámetro	Sig.	Normalidad	Prueba
TURBIDEZ INICIAL	,886	Normal	T Student
TURBIDEZ EN 45 MIN	,912	Normal	T Student
TURBIDEZ EN 90 MIN	,764	Normal	T Student
CONDUCTIVIDAD INICIAL	,583	Normal	T Student
CONDUCTIVIDAD EN 45 MIN	,463	Normal	T Student
CONDUCTIVIDAD EN 90 MIN	,391	Normal	T Student

Como el p-value de algunas muestras es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, entonces se puede concluir que los datos son **paramétricos**.

## Hipótesis específica 2

H1. El resultado de los parámetros químicos de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire a escala laboratorio se ajusta a una distribución normal.

Ho. El resultado de los parámetros químicos de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire a escala laboratorio NO se ajusta a una distribución normal.

Muestra	Tiempo	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)
M1	Inicial	2133	3514
	T = 45 min	1042	1821
	T = 90 min	6.3	102
M2	Inicial	2136	3681
	T = 45 min	1061.4	1803
	T = 90 min	4.4	32
M3	Inicial	1593	3296
	T = 45 min	784	1618
	T = 90 min	1.9	48.2

## Resumen de procesamiento de casos

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DBO5 INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DBO5 A 45 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DBO5 A 90 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DQO INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DQO A 45 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
DQO A 90 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

## Descriptivos

		Estadístico	Desv. Error	
DBO5 INICIAL	Media	1046,6667	543,16736	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-1290,3938	
		Límite superior	3383,7272	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	505,0000		
	Varianza	885092,333		
	Desv. Desviación	940,79346		
	Mínimo	502,00		
	Máximo	2133,00		
	Rango	1631,00		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	1,732	1,225	
	Curtosis	.	.	
DBO5 A 45 MIN	Media	662,3333	189,83531	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-154,4621	
		Límite superior	1479,1287	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	474,0000		
	Varianza	108112,333		
	Desv. Desviación	328,80440		
	Mínimo	471,00		
	Máximo	1042,00		
	Rango	571,00		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	1,732	1,225	
	Curtosis	.	.	
DBO5 A 90 MIN	Media	269,8667	131,78349	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-297,1519	
		Límite superior	836,8853	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	401,3000		
	Varianza	52100,663		
	Desv. Desviación	228,25570		
	Mínimo	6,30		
	Máximo	402,00		
	Rango	395,70		

	Rango intercuartil		.
	Asimetría		-1,732 1,225
	Curtosis		.
DQO INICIAL	Media		3497,0000 111,46449
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3017,4070
		Límite superior	3976,5930
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		3514,0000
	Varianza		37273,000
	Desv. Desviación		193,06217
	Mínimo		3296,00
	Máximo		3681,00
	Rango		385,00
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		-,393 1,225
	Curtosis		.
DQO A 45 MIN	Media		1747,3333 64,87509
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1468,1983
		Límite superior	2026,4683
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		1803,0000
	Varianza		12626,333
	Desv. Desviación		112,36696
	Mínimo		1618,00
	Máximo		1821,00
	Rango		203,00
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		-1,682 1,225
	Curtosis		.
DQO A 90 MIN	Media		60,7333 21,15666
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-30,2964
		Límite superior	151,7631
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		48,2000
	Varianza		1342,813
	Desv. Desviación		36,64442
	Mínimo		32,00
	Máximo		102,00

Rango	70,00	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	1,359	1,225
Curtosis	.	.

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO5 INICIAL	,384	3	.	,751	3	,003
DBO5 A 45 MIN	,383	3	.	,754	3	,009
DBO5 A 90 MIN	,384	3	.	,751	3	,003
DQO INICIAL	,202	3	.	,994	3	,854
DQO A 45 MIN	,357	3	.	,816	3	,153
DQO A 90 MIN	,301	3	.	,912	3	,426

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

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 de los parámetros químicos (DBO<sub>5</sub> y DQO) se obtiene lo siguiente:

Parámetro	Sig.	Normalidad	Prueba
DBO5 INICIAL	,003	No Normal	Wilcoxon
DBO5 A 45 MIN	,009	No Normal	Wilcoxon
DBO5 A 90 MIN	,003	No Normal	Wilcoxon
DQO INICIAL	,854	Normal	T Student
DQO A 45 MIN	,153	Normal	Wilcoxon
DQO A 90 MIN	,426	Normal	T Student

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

Como el p-value es mayor en algunos y en otros menor que el nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), entonces los datos se ajustan a una distribución no normal, entonces se puede concluir que los datos son **no paramétricos**.

## Prueba de hipótesis

### Hipótesis general

H1: El resultado de los parámetros físicos y químicos aplicando nanoburbujas de aire mejora la calidad de uso de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas.

H0: El resultado de los parámetros físicos y químicos aplicando nanoburbujas de aire NO mejora la calidad de uso de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas

Para el contraste paramétrico de dos muestras independientes.

<b>Estadísticas de grupo</b>					
	CODIGO	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
TURBIDEZ	SIN TRATAMIENTO	3	182,9000	32,05667	18,50793
	CON TRATAMIENTO	3	52,5333	10,78208	6,22504
CONDUCTIVIDAD	SIN TRATAMIENTO	3	2426,6667	66,58328	38,44188
	CON TRATAMIENTO	3	2263,3333	73,71115	42,55715
DBO5	SIN TRATAMIENTO	3	1954,0000	312,63877	180,50208
	CON TRATAMIENTO	3	4,2000	2,20681	1,27410
DQO	SIN TRATAMIENTO	3	3497,0000	193,06217	111,46449
	CON TRATAMIENTO	3	60,7333	36,64442	21,15666

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
TURBIDEZ	Se asumen varianzas iguales	1,915	,239	6,676	4	,003	130,36667	19,52676	76,15168	184,58165
	No se asumen varianzas iguales			6,676	2,447	,013	130,36667	19,52676	59,46717	201,26617
CONDUCTIVIDAD	Se asumen varianzas iguales	,081	,790	2,848	4	,046	163,33333	57,34884	4,10744	322,55923
	No se asumen varianzas iguales			2,848	3,959	,047	163,33333	57,34884	3,46032	323,20635
DBO5	Se asumen varianzas iguales	15,792	,016	10,802	4	,000	1949,80000	180,50657	1448,63341	2450,96659
	No se asumen varianzas iguales			10,802	2,000	,008	1949,80000	180,50657	1173,21705	2726,38295
DQO	Se asumen varianzas iguales	3,226	,147	30,288	4	,000	3436,26667	113,45456	3121,26630	3751,26703
	No se asumen varianzas iguales			30,288	2,144	,001	3436,26667	113,45456	2978,20732	3894,32601

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2018*

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 Hipotesis Nula

Como Pvalue de la significancia (bilateral) es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual indica: El resultado de los parámetros físicos y químicos aplicando nanoburbujas de aire mejora la calidad de uso de las aguas residuales de una embotelladora de bebidas carbonatadas.

## **IV. DISCUSIÓN**

- Según los resultados obtenidos por la aplicación de las nanoburbujas de aire para la DBO<sub>5</sub> se asemeja a los datos obtenidos por CAPODAGLIO et al. (2017) que con la adición de metanol, nitrógeno y fósforo para mejorar la eficiencia del proceso de desnitrificación en el tratamiento de lodos activados, pudo obtener un porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> al 98.33% y la DQO al 97.53%.
- Además, SALGUERO Y VALVERDE (2017) obtuvieron un porcentaje de reducción de DBO<sub>5</sub> del 69.36% con la aplicación de nanoburbujas de aire y ozono en un periodo de 5, 10 y 15 min, el cual se encuentra lejano al porcentaje de reducción obtenida por la presente investigación.
- En la investigación de ALVARADO, María y GONZÁLEZ, Cindy (2016) se redujeron los siguientes parámetros: DQO en 98,79%, DBO<sub>5</sub> en 98,79%, con la aplicación de un tratamiento biológico de aireación de lodos activados, donde se empleó un catalizador Bioenzimar y nutrientes, y luego se realizó la precipitación química, filtración y oxidación; lo cual muestra resultados cercanos al porcentaje de reducción del tratamiento de nanoburbujas de aire.
- Mientras que ÁLVAREZ (2015) indicó que a través de la aplicación del amonio cuaternario de 5° generación en 6 muestras diluidas con dosis de: 0.002 mg/L, 0.003 mg/L, 0.004 mg/L, 0.005 mg/L, 0.006 mg/L y 0.007 mg/L, se obtuvo una reducción del 23.4% en DQO en la dosis de 0.005 mg/L, y del 47.7% en DBO<sub>5</sub> en la dosis de 0.007 mg/L; el cual se aleja del porcentaje de reducción del tratamiento de nanoburbujas de aire.
- En esta investigación, los resultados obtenidos con el tratamiento de nanoburbujas de aire fueron: DBO<sub>5</sub> con una eficiencia de 99.89% (de 1892.7 mg/L a 1.9 mg/L) y de DQO con una eficiencia 99.13% (de 3681 mg/L a 32 mg/L). Esto demuestra que este tipo de tratamiento logra mejores resultados que los descritos anteriormente.

## **V. CONCLUSIONES**

- La aplicación de las nanoburbujas de aire permiten la disminución de los parámetros de pH, conductividad, turbidez, DBO<sub>5</sub> y DQO, de los cuales los mayores porcentajes de remoción son de los parámetros químicos, DBO<sub>5</sub> y DQO. Además cabe destacar que los parámetros de pH, temperatura, DBO<sub>5</sub> y DQO logran cumplir con los Valores Máximos Admisibles (Anexo N° 8), los cuales permiten reutilizar las aguas tratadas en sistemas de alcantarillado sanitario.
- En los parámetros físicos, la aplicación de nanoburbujas de aire en las aguas residuales de la Embotelladora de bebidas gaseosas redujo su concentración, tomando en consideración el tiempo de 90 minutos, donde se determinó que el mayor porcentaje de reducción de la conductividad fue en la muestra M2-90 de 8.4% (de 2500 mS/cm a 2290 mS/cm), mientras que en la turbidez el mayor porcentaje de reducción se observó en la muestra M3-90 el cual fue de 71.97% (de 152 NTU a 42.6 NTU).
- En los parámetros químicos la aplicación de las nanoburbujas tuvo una reducción muy significativa, considerándose el tiempo de 90 minutos, donde se observa que para el parámetro de DBO<sub>5</sub> el mayor porcentaje de reducción fue obtenido en la muestra M2-90 de un 99.89% (de 1892.7 mg/L a 1.9 mg/L), mientras que para el parámetro de DQO el mayor porcentaje de reducción fue de 99.13% (de 3681 mg/L a 32 mg/L) observado en la muestra M2-90.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda analizar más parámetros como: Oxígeno Disuelto (OD), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sulfuros, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Aceites y Grasas, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, entre otros, para determinar si éstos serán afectados mediante la aplicación de nanoburbujas de aire.
- Se recomienda que para obtener un mayor porcentaje de reducción de la concentración de la turbidez, se realice la sedimentación del agua residual previo al tratamiento.
- Se recomienda utilizar nanoburbujas de otros gases como: ozono, CO<sub>2</sub>, entre otros, para analizar el efecto que pueden producir en los parámetros físicos, químicos y biológicos.

## **VII. REFERENCIAS**

**ALVARADO**, María y **GONZÁLEZ**, Cindy. Estudio de tratabilidad de aguas residuales de bebidas gaseosas y diseño del sistema de Tratamiento. (Tesis obtener el título de Ingeniero Química). Universidad de Guayaquil. Ecuador, 2016.

**ALVAREZ**, Carmen. Determinación analítica de detergentes en las aguas de los Pantanos de Villa. (Tesis para optar el título de Licenciada en Química). Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

**ÁLVAREZ**, I. Reducción de los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO de los efluentes industriales de una fábrica de bebidas carbonatadas por la aplicación del amonio cuaternario de 5° generación, Lima-2015. Tesis (para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2015.

**AGUILAR**, G. Remoción de materia orgánica proveniente del proceso de pelambre utilizando nanoburbujas en la curtiembre San Pedro, Ate Vitarte, Lima, 2016. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniería ambiental). Universidad César Vallejo.

**ANDREO**, Mario. Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O) [En línea]. Argentina: 2014. [Fecha de consulta: 12 de febrero 2017 ].Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/términos/DBO.htm>

**ARIAS**, Fidias. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. Caracas - Venezuela: Episteme, 2006, 83 p. ISBN: 980-07-8529-9

**BUREAU** Veritas. Manual para la formación en medio ambiente. Valladolid: LEX NOVA, 2008, 207-208 p. ISBN: 978-84-9898-027-1

**CARRASCO**, Sergio. Metodología de la investigación científica. Editorial San Marcos, 2009. Lima: Perú.

**CAPODAGLIO** et al. Artículo de Investigación [En línea]. Opole: Opole University of Technology, 2017. [Fecha de Consulta: 19 de Noviembre del 2017].

Disponible en: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2017/07/e3sconf\\_eems2017\\_02014.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2017/07/e3sconf_eems2017_02014.pdf)

**DAVENPORT**, Horace. The ABC of Acid-Base Chemistry. London: The University of Chicago Press, 1974, 17 p. ISBN: 0-226-13705-8

**DIAZ**, Jessica y **ROMERO** Bryan. Optimización y arranque del sistema primario de una planta de agua residual industrial proveniente de una Empresa de alimentos mediante la técnica de cavitación hidrodinámica. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental y sanitario. Universidad de la Salle, Bogotá, 2015.

**DISEPROSA**. Plantas de tratamiento de agua. Madrid: 2014, 3 p. <[https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/87264/Plantas\\_de\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87264/Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas.pdf)>

**DOMÈNECH**, Xavier y **PERAL**, José. Química Ambiental de sistemas terrestres. Barcelona: Reverté, 2006, 190 p. ISBN: 84-291-7906-2

**FERRARI**, M. *et al.* Drops and Bubbles in contact with solid surfaces. Boca Ratón: Taylor & Francis Group, 2013, 166 p. ISBN: 978-1-4665-7545-5

**GARCÍA**, Cindy. Recuperación del suelo contaminado con petróleo utilizando micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio” Tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental. Universidad César Vallejo, 2017.

**HERNÁNDEZ**, Roberto *et al.* Metodología de la investigación científica. México D.F.: Mc Graw Hill, 2010, 5ta Edición, 174 - 190 p. ISBN: 978-607-15-0291-9

**JIMENEZ**, Blanca. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada [En Línea]. México, D.F.: LIMUSA, 2005, 134-135 p. ISBN: 968-18-6042-X.

**MARA**, Duncan. Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. London: Earthscan, 2004, 3 p. ISBN: 1-84407-019-0

**MINUTO** uno. Coca Cola promete restituir los 200 litros de agua que usa por cada uno de la gaseosa. Junio de 2007. < <https://www.minutouno.com/notas/31404-coca-cola-promete-restituir-los-200-litros-agua-que-usa-cada-uno-la-gaseosa>>

**MOELLER**, Therald. Chemistry with Inorganic Qualitative Analysis. London: Academic Press, 1980, 11 p. ISBN: 0-12-503350-8

**OEFA**. Fiscalización Ambiental de Aguas Residuales [En línea]. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014, 3 p. [Fecha de Consulta: 15 de Junio del 2017].

Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

**REPÚBLICA**. Peruanos beben 220 botellas de 8 onzas al año de aguas gaseosas. Agosto 2016. <<http://larepublica.pe/economia/963290-peruanos-beben-220-botellas-de-8-onzas-al-ano-de-aguas-gaseosas>>

**RIGOLA**, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona: MARCOMBO, 1990, 28 p. ISBN: 84-267-0740-8.

**RONQUILLO**, Roxana. Diseño de una planta de tratamiento de agua residuales para ser utilizada en el riego del Parque Samanes. Tesis para optar el grado de magister en Gestión Ambiental, Universidad de Guayaquil. 2016

**SABINO**, Carlos. El proceso de investigación [En línea]. Caracas: Panapo, 1992, 115 p. [Fecha de Consulta: 13 de Noviembre del 2017].

Disponible en: [https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/el-proceso-de-investigacion\\_carlos-sabino.pdf](https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/el-proceso-de-investigacion_carlos-sabino.pdf).

**SALGUERO**, Jazmín y **VALVERDE**, Jhonny. Artículo de Investigación [En línea]. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. [Fecha de Consulta: 18 de Noviembre del 2017].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/320190904\\_Reduction\\_of\\_the\\_Biochemical\\_](https://www.researchgate.net/publication/320190904_Reduction_of_the_Biochemical_)

Oxygen\_Demand\_of\_the\_water\_samples\_from\_the\_lower\_basin\_of\_the\_Chillon\_River\_by\_means\_of\_Air-Ozone\_MicroNanobubbles\_Ventanilla\_-\_Callao.

**SJOGREEN**, Carlos. Caracterización de nanoburbujas en soluciones salinas, tesis para optar el grado de maestría en Ciencia-Física, Universidad Nacional de Colombia. 2015

**SEDAPAL**. Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas. 2009. < <http://www.sedapal.com.pe/documents/10154/fedf8405-1bc2-428e-9d8d-a1c2ad009f53> >

**TOLEDO**, Diego. Evaluación y medidas correctivas para el sistema de lagunas de estabilización, ciudad de Pasaje. (Título para optar el grado en Maestría en impactos ambientales). Universidad de Guayaquil, 2016.

**TSUGE**, Hideki. Micro- and Nanobubbles. USA: Pan Stanford Publishing, 2014, 3-307 p. ISBN: 978-981-4463-10-2

**VALENCIA**, César *et al.* Industria de Bebidas Gaseosas, Aspectos Generales. 2014. < <http://sistemasproductivos2014.blogspot.pe/2014/04/industria-de-bebidas-gaseosas-aspectos.html>>

**VALENZUELA**, Luzmila. Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017, tesis para optar el título profesional de Ingeniería ambiental. Universidad César Vallejo, 2017.

**VENTURA**, Stefany. Tratamiento de Sanguaza de pescado del Mercado de Ancón utilizando micro-nanoburbujas de aire a escala laboratorio. Tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental. Universidad César Vallejo, 2017.

**WUN**, NG. Industrial Wastewater Treatment. London: Imperial College Press, 2006, 2 p. ISBN: 1-86094-580-5

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo N° 1. Ficha de descripción de muestra de agua inicial**

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA DE AGUA			
N° DE MUESTRA:		FECHA:	HORA:
PUNTO DE MUESTREO:			
NOMBRE DEL PROYECTO:			
UBICACIÓN:			
DISTRITO:			
PROVINCIA:			
DEPARTAMENTO:			
TEMPERATURA (°C):		pH:	
VOLUMEN TOTAL (ml):		Color:	
OBSERVACIONES:			

*Manay Valverde P*  
CIP 79862

*Juan Eloy Orozco Donayre*  
CIP: 89972

*Juan Eloy Orozco Donayre*  
-----  
JUAN ELOY  
OROZCO/DONAYRE  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 192028

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N° 2.** Ficha de análisis de muestra de agua inicial

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA INICIAL										
Fecha	Estación	Ubicación	Temperat. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DIBOS (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)

*Jhonny Valdez P*  
C.I. 79862

*Juan Eloy Orozco Domayer*  
Ingeniero Ambiental  
Reg. CIP N° 15005

*Juan Eloy Orozco Domayer*  
Ingeniero Ambiental  
Reg. CIP N° 15005

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 3. Ficha de análisis de muestra de agua tratada

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA TRATADA										
Fecha	Estación	Ubicación	Temperat. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)

*Juan Carlos*  
CIP 79862

*Juan Carlos*  
CIP 8592

*Juan Carlos*  
.....  
JUAN ELOY  
OROZCO DONAYRE  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 182026

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 4. Ficha de caracterización de las nanoburbujas

CARACTERIZACIÓN DE LAS NANOBUJAS	
Diámetro de la burbuja (nm):	
N° de burbujas en una gota (µm):	
Presión interna (atm):	
Velocidad de ascenso (cm/s):	

  
CIP 79862

  
CIP: 89972

  
JUAN ELOY  
OROZCO DONAYRE  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 19228

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N° 5.** Ficha de comparación de análisis de muestras de agua

COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA										
Fecha	Estación	Ubicación	Temperat. (°C)	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)

  
 JUAN ELOY  
 OROZCO DONAYRE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 192026

  
 JUAN PABLO DONAYRE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 85592

  
 CIP 79862

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 6. Fichas de validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Thenny Wilfredo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Univ. Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis de muestra de agua mical  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalía A. Nuñez Alvaro

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

90 %

Lima, 15 de Junio del 2017

*Thenny Wilfredo Valverde Flores*

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 18120253 Telf.: 949585912

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Rodríguez Castro, Juan Julio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Univ. Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis de muestra de agua inicial  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalia A. Nuñez Alvaró

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima..... del 2017

*[Firma]*  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08481081 Rif. 5281640

EXP: 89942



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:..... Orozco Donayre Juan Eloy.....  
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... Supervisor SSOMA.....  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Análisis de muestra de agua micral.....  
 1.4. Autor(A) de Instrumento:..... Thaila A. Núñez Alvaro.....

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											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
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90,5 %

Lima, 19 Junio del 2017

JUAN ELOY  
 OROZCO DONAYRE  
 INGENIERO AMBIENTALMANTE  
 Reg. CIP N° 152026

DNI No. 70822801. Telf.: 959239234.



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Thanny Wilfredo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Univ. Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de descripción de muestra de agua inicial  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thanny A. Nuñez Alvaro

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %
------

Lima, 15 de Junio del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8120253 Telf. 949585912



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez G. Alva, Juan Silvio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Univ. Cesar Vallejo
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de descripción de muestra de agua. inicial
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalia A. Nuñez Alvaró

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
No

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, ..... del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 85440081 Rif. 528.1640

89972



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Orozco Donayre Juan Eloy  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Supervisor SSOMA  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de descripción de muestra de agua inicial  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalia A. Nuñez Alvar

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											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
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90,5 %
--------

Lima, 19 de Junio del 2017

JUAN ELOY  
 OROZCO DONAYRE  
 FIRMA DEL EXPERIMENTALISTA  
 Reg. CIP N° 152026

DNI No. 70832801. Telf.: 959239234

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Johnny Wilfredo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Univ. Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis de muestra de agua tratada  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thales A. Nuñez Alvaro

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 15 de Junio del 2017

Johnny Wilfredo Flores

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8120253 Telf. 949585712



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gallego, Juan Julio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Univ. César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis de muestra de agua tratada  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalia A. Núñez Alvaró

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
No

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %
------

Lima, ..... del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 85440081. C. 201640

EIO: 89942



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Orozco Donayre Juan Eloy  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Supervisor SSOMA  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis de muestra de agua tratada  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thaila A. Nuñez Suazo

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											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
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90,5 %
--------

Lima, ..... 19 de Julio del 2017

JUAN ELOY  
 OROZCO DONAYRE  
 INGENIERO EXPERIMENTALMANTE  
 Reg. CIP N° 152026

DNI No. 70832801. Telf.: 959234234.



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Johnny Wilfredo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Univ. Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de las nanoburbujas  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thales A. Nuñez Alvaro

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima, 15 de Junio del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 18120253 Telf. 949585712

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gallego, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Univ. Cesar Vallejo
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de nan Burbujas
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalia A. Núñez Alvarado

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

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

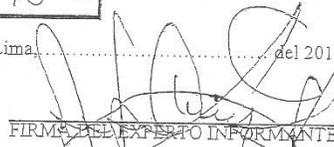
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %
------

Lima, ..... del 2017


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

 DNI No. 08411078 ... 5201640
210: 89972

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Orozco Donayre Juan Eloy  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Supervisor SSOMA  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de las nanoburbujas  
 1.4. Autor(A) de instrumento: Thaila A. Núñez Suazo

II. 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	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

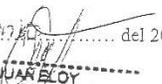
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90,5 %

Lima, 19 de Julio del 2017

  
 JUAN ELOY  
 OROZCO DONAYRE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 182026

DNI No. 70832801 Telf. 959234234

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Thenny Wilfredo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Univ. Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de comparación de análisis de muestras de agua  
 1.4. Autor(A) de instrumento: Thalia A. Nuñez Alvaro

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 15 de Junio del 2017

Thenny Wilfredo P.  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 18120253 Telf: 949585912



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Univ. Cesar Vallejo
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de comparación de análisis de agua
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalia A. Núñez Alvaró

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
No

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima..... del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 85441078 C. 5281640

89972

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Orcozco Donayre Juan Eloy  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Supervisor SSOMA  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de comparación de análisis de muestra de agua  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Thalia A. Nuñez Suazo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											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
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90,5 %

Lima, ..... 19 ..... Junio ..... del 2017

JUAN ELOY  
 ORCOZCO DONAYRE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 182026

DNI No. 70832801. Telf.: 959239234.

## Anexo N° 7. Requisitos para toma de muestras de agua y su manipulación

### ANEXO N° II

#### Requisitos para toma de muestras de aguas y su manipulación<sup>1</sup> Determinaciones químicas

Parámetro	Material del frasco <sup>2</sup>	Volumen requerido	Conservación/ preservación	Tiempo máximo para análisis
pH	determinación en campo			
Temperatura	determinación en campo			
Turbiedad	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
Alcalinidad	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
Color	P o V	500 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas
Sólidos sedimentables	P o V	1 000 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas
	P o V	1 000 mL	refrigerar a 4 °C	7 días
Cloruros	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	28 días
Fluoruros	P	300 ml	refrigerar a 4 °C	28 días
Sulfatos	P o V	100 mL	refrigerar a 4 °C	28 días
Conductividad	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	28 días
Dureza	P o V	500 mL	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2	3 meses
Oxígeno disuelto	determinación en campo			
DBO <sub>5</sub>	P o V	1 000 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
Fosfato	V (A)	200 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas
Cianuros	P o V	1 000 mL	Agregar NaOH hasta pH = 12 refrigerar a 4 °C	14 días 24 h / sulfuros
Nitritos	P o V	200 ml	refrigerar a 4 °C	48 h
Nitratos	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas 28 d / clorada
Aceites y grasas	V ámbar boca ancha	1 000 mL	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 refrigerar 4°C	28 días
DQO	P o V	200 mL	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 refrigerar 4°C	28 días
<b>Metales</b>				
En general	V(A) o P(A)	1 000 mL	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2	2 meses
Arsénico	V(A) o P(A)	500 mL	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2, refrigerar 4°C	2 meses
Mercurio	V(A) o P(A)	500 mL	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2, refrigerar 4°C	28 días
Organoclorados	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1.000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Bifenilopoliclorados	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1.000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Organofosforados	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1.000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Piretroides	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1.000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Trihalometanos	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1.000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Hidrocarburos	V ámbar boca ancha	1 000 mL	Agregar HCl hasta pH < 2 refrigerar 4°C	28 días

Fuente: DIGESA

**Anexo N° 8.** Valores Máximos Admisibles de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario

**ANEXO N° 01**

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T)	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	A y G	100

**ANEXO N° 02**

Valores Máximos Admisibles<sup>(1)</sup>

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>+6</sup>	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	500
Sulfuros	mg/L	S <sup>-2</sup>	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH <sup>+4</sup>	80
pH <sup>(2)</sup>		pH	6-9
Sólidos Sedimentables <sup>(2)</sup>	mL/L/h	S.S.	8.5
Temperatura <sup>(2)</sup>	°C	T	<35

Fuente: SEDAPAL

## Anexo N° 9. Validación de análisis de laboratorio



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-17-2759

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL : THALÍA NUÑEZ ÁLVARO  
2. DIRECCIÓN : JR. RÍO UCAYALI 5517 - LOS OLIVOS  
3. PROYECTO : NO INDICA  
4. PROCEDENCIA : CALLAO  
5. SOLICITANTE : THALÍA NUÑEZ ÁLVARO  
6. ORDEN DE SERVICIO N° : OS-17-0892  
7. PLAN DE MONITOREO : NO APLICA  
8. MUESTREO POR : EL CLIENTE  
9. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2017-11-25

#### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ : AGUA  
2. NÚMERO DE MUESTRAS : 4  
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2017-11-18  
4. PERÍODO DE ENSAYO : 2017-11-20 al 2017-11-25

#### III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TÍTULO
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012	Conductivity. Laboratory Method
Demanda bioquímica de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda química de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 22nd Ed. 2012	Turbidity. Nephelometric Method

  
**Marco A. Valencia Huerta**  
Ing. Químico  
Gerente General  
N° CIP: 152207

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao  
Tel.: +511 453 1389  
www.alab.com.pe

Página 1 de 3

**IV. RESULTADOS**

ITEM			1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-17-3083	M-17-3084
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AR-1	AR-2
COORDENADAS UTM WGS 84:			NO INDICA	
MATRIZ:			AGUA	
GRUPO:			RESIDUAL	
SUBGRUPO:			INDUSTRIAL	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA	
MUESTREO			FECHA:	2017-11-18
			HORA:	08:20
				2017-11-18
				08:25
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS	
Conductividad	uS/cm	0.01	2410	3610
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2.0	2133	<2.0
Demanda química de oxígeno	mg/L	5	3514	30
Turbidez	NTU	0.01	216.00	0.56

"L.C.M": Límite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

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

**IV. RESULTADOS**

ITEM			3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-17-3111	M-17-3112
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AR-3	AR-4
COORDENADAS UTM WGS 84:			NO INDICA	
MATRIZ:			AGUA	
GRUPO:			RESIDUAL	
SUBGRUPO:			INDUSTRIAL	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA	
MUESTREO			2017-11-19	2017-11-19
FECHA:			15:12	16:15
HORA:				
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS	
Conductividad	uS/cm	0.01	2270	2320
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2.0	1042.0	6.3
Demanda química de oxígeno	mg/L	5	1821	102
Turbidez	NTU	0.01	87.30	64.00

\*"L.C.M" : Límite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

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

**"FIN DEL DOCUMENTO"**

## INFORME DE ENSAYO N° 174195 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : THALIA ALEXANDRA NUÑEZ ÁLVARADO  
Dirección : Jr. Río Ucayali 5517 Urb. Villa del Norte  
Solicitado Por : THALIA ALEXANDRA NUÑEZ ÁLVARADO  
Referencia : Cotización N° -11132-17  
Proyecto : Tratamiento de Aguas Residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando Nanoburbujas de Aire  
Procedencia : Callao  
Muestreo Realizado Por : El Cliente  
Cantidad de Muestra : 3  
Producto : Agua Residual  
Fecha de Recepción : 2017/10/04  
Fecha de Ensayo : 2017/10/04 al 2017/10/11  
Fecha de Emisión : 2017/10/11

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

### I. Resultados

Código de Laboratorio	174195-01	174195-02	174195-03
Código de Cliente	AR2-01	AR2-02	AR2-03
Fecha de Muestreo	04/12/2017	04/12/2017	04/12/2017
Hora de Muestreo (h)	12:34	15:07	16:00
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
<b>Fisicoquímicos</b>			
Conductividad	µS/cm	1 <sup>ND</sup>	2370 2240 2180
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,0	1593 784,0 <2,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5,0	3296 1618 48,20
Turbiedad	NTU	0,25	152,0 85,00 42,80

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.O.M. = Límite de detección del método, <sup>ND</sup> = Resultado no cuantificable, "—" = No Analizado.

<sup>ND</sup> = Menor que el L.C.M. + L.O.M. Indefinido, <sup>+</sup> = Mayor al valor indicado, <sup>ND</sup> = Límite de Detección de Método.

### II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
<b>Fisicoquímicos</b>		
Conductividad	SM 4500-P E, 22nd. Ed. 2012	Conductivity Laboratory Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 4500-O C, 22nd. Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SM 2540 C, 22nd. Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Turbiedad	SM 2540 C, 22nd. Ed. 2012	Turbidity, Nephelometric Method

SIGLAS: "SM": Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22nd Ed. 2012



Alfonso Vilca M.  
GCSSA  
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.  
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.  
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.  
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

“ FIN DEL INFORME ”

## INFORME DE ENSAYO N° 174194 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : THALIA ALEXANDRA NUÑEZ ÁLVARADO  
Dirección : Jr. Río Ucayali 5517 Urb. Villa del Norte  
Solicitado Por : THALIA ALEXANDRA NUÑEZ ÁLVARADO  
Referencia : Cotización N° -11132-17  
Proyecto : Tratamiento de Aguas Residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando Nanoburbujas de Aire  
Procedencia : Cañao  
Muestreo Realizado Por : El Cliente  
Cantidad de Muestra : 3  
Producto : Agua Residual  
Fecha de Recepción : 2017/10/04  
Fecha de Ensayo : 2017/10/04 al 2017/10/11  
Fecha de Emisión : 2017/10/11

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

### I. Resultados

Código de Laboratorio	174194-01	174194-02	174194-03
Código de Cliente	AR1-01	AR1-02	AR1-03
Fecha de Muestreo	04/12/2017	04/12/2017	04/12/2017
Hora de Muestreo (h)	07:32	10:03	11:00
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
<b>Fisicoquímicos</b>			
Conductividad	µS/cm	1 <sup>00</sup>	2500    2360    2250
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	2138    1061,4    4,4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5.0	3661    1803    32,0
Turbiedad	NTU	0,25	180,7    90,00    51,00

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; <sup>00</sup> = Resolución cuantificable; "—" = No Analizado.

<sup>00</sup> = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado; <sup>00</sup> = Mayor al valor indicado; <sup>00</sup> = Límite de Detección de Método.

### II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
<b>Fisicoquímicos</b>		
Conductividad	SM 4500-P E, 22nd. Ed. 2012	Conductivity Laboratory Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 4500-O C, 22nd. Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SM 2540 C, 22nd. Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Turbiedad	SM 2540 C, 22nd. Ed. 2012	Turbidity, Nephelometric Method

SIGLAS: "SM": Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22nd Ed. 2012

**Alfonso Vilca M.**  
GCSSA  
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.

El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.

Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

== FIN DEL INFORME ==

## **Anexo N° 10.** Características de las nanoburbujas en las muestras de agua tratada

Para poder determinar el diámetro de la nanoburbuja en cada muestra de agua tratada por la aplicación de nanoburbujas de aire, se realizó el conteo de las nanoburbujas observadas en las imágenes, donde se determinó el diámetro de cada una de ellas y se elaboró un promedio, que luego fue utilizado para determinar la presión interna y la velocidad de ascenso, las cuales se hallan a través de las siguientes fórmulas:

### ➤ **Velocidad de ascenso (mediante ley de STOKES)**

$$Va = \frac{(\rho_l - \rho_g) * g * d^2}{18u}$$

$Va$ : Velocidad de ascenso (m/s)

$\rho_l$ : Densidad del líquido (Kg/ m<sup>3</sup>)

$\rho_g$ : Densidad del gas (Kg/ m<sup>3</sup>)

$g$ : Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$d$ : Diámetro de la nanoburbuja (m)

$u$ : Viscosidad del líquido (Kg/m.s)

### ➤ **Presión interna de la nanoburbuja (ecuación de Laplace)**

$$\Delta P = P - Pl \longrightarrow \Delta P = 4 \frac{\sigma}{d}$$

$$P = Pl + \frac{4\sigma}{d}$$

$\Delta P$ : Variación de la presión

$\sigma$ : Tensión superficial (N/m)

$d$ : Diámetro de la burbuja (m)

$Pl$ : Presión del líquido (atm)

Además para poder hallar la presión del líquido ( $Pl$ ) se empleará la siguiente ecuación:

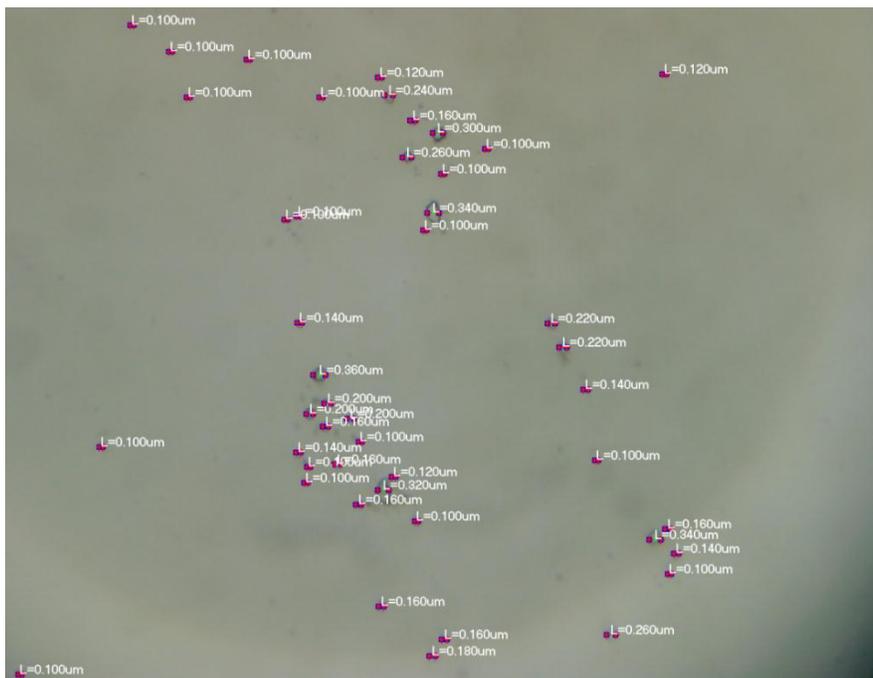
$$Pl = \rho \cdot g \cdot h$$

$\rho$ : Densidad del líquido (Kg/m<sup>3</sup>)

$g$ : Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$h$ : Altura (m)

A continuación se presentarán los resultados obtenidos de las muestras de agua: M1, M2, M3 a los 45 y 90 minutos de haber sido aplicado las nanoburbujas de aire.



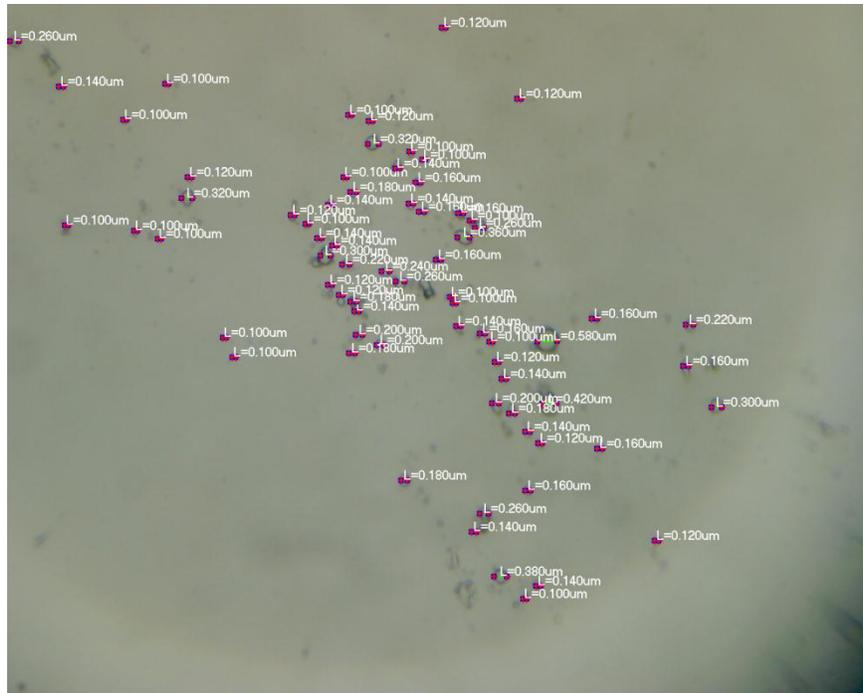
**Figura N° 26.** Cantidad de nanoburbujas en la muestra M1-45

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 19.** Diámetro de la nanoburbuja en el M1-45

Cantidad M1-45 (unidades)	Diámetro M1-45 (nm)
18	100
3	120
4	140
7	160
1	180
3	200
2	220
1	240
2	260
1	300
1	320
2	340
1	360
<b>Promedio Total:</b>	<b>162.61</b>

Fuente: Elaboración propia



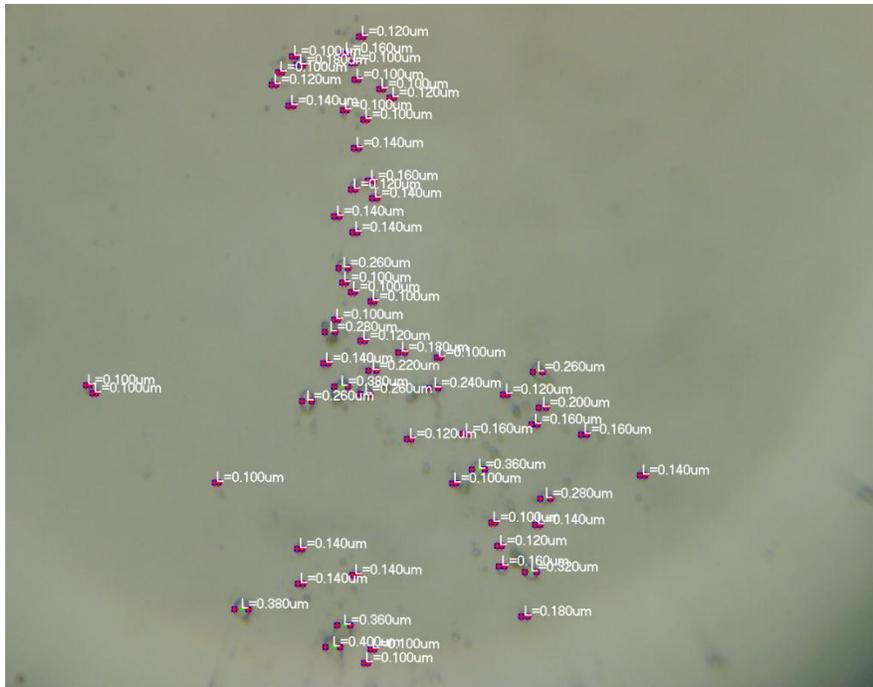
**Figura N° 27.** Cantidad de nanoburbujas en la muestra M2-45

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 20.** Diámetro de la nanoburbuja en el M2-45

Cantidad M2-45 (unidades)	Diámetro M2-45 (nm)
17	100
10	120
12	140
14	160
5	180
3	200
2	220
1	240
4	260
2	300
2	320
1	360
1	380
1	420
1	580
<b>Promedio Total:</b>	<b>171.32</b>

Fuente: Elaboración propia



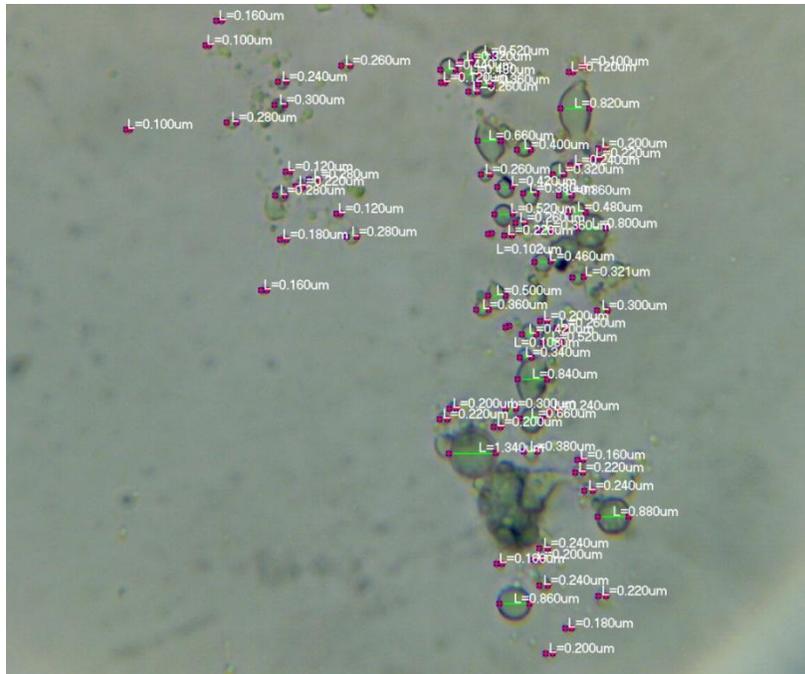
**Figura N° 28.** Cantidad de nanoburbujas en la muestra M3-45

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 21.** Diámetro de la nanoburbuja en el M3-45

Cantidad M3-45 (unidades)	Diámetro M3-45 (nm)
19	100
9	120
11	140
6	160
3	180
1	200
1	220
1	240
4	260
2	280
1	320
2	360
2	380
1	400
<b>Promedio Total:</b>	<b>166.35</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 29.** Cantidad de nanoburbujas en la muestra M1-90

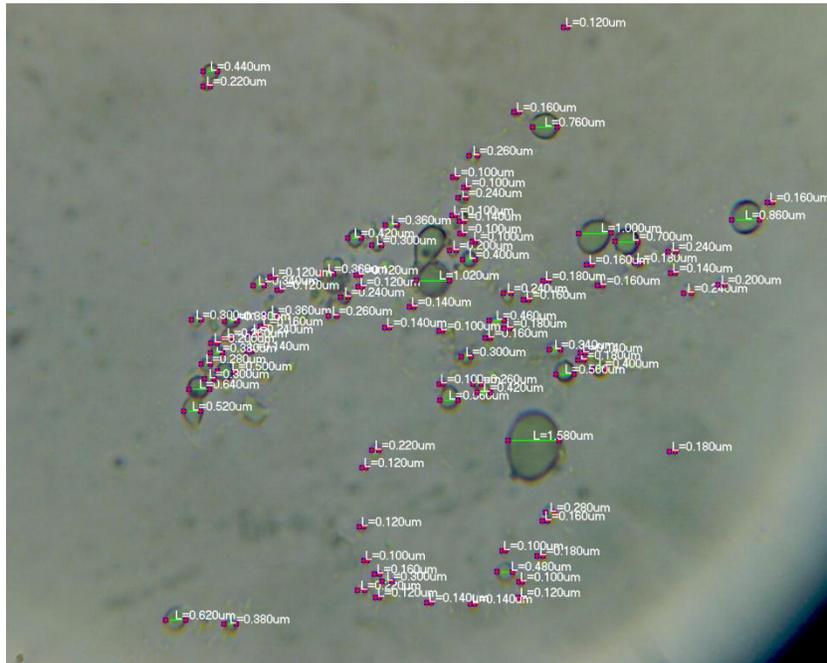
Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 22.** Diámetro de la nanoburbuja en el M1-90

Cantidad M1-90 (unidades)	Diámetro M1-90 (nm)
5	100
4	120
4	160
2	180
6	200
6	220
6	240
5	260
4	280
3	300
3	320
2	340
4	360
2	380
1	400
2	420
1	440

1	460
2	480
1	500
3	520
2	660
1	800
1	820
1	840
1	860
1	880
<b>Promedio Total:</b>	<b>321.35</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 30.** Cantidad de nanoburbujas en la muestra M2-90

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 23.** Diámetro de la nanoburbuja en el M2-90

Cantidad M2-90 (unidades)	Diámetro M2-90 (nm)
10	100
9	120
8	140
9	160
6	180
3	200
3	220
6	240
4	260
2	280
5	300
2	340
2	360
3	380
2	400
2	420
1	440
1	460
2	480
1	500
1	520
2	560
2	620
1	640
1	700
1	760
1	860
1	1000
1	1020
1	1580
<b>Promedio Total:</b>	<b>295.70</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 31.** Cantidad de nanoburbujas en la muestra M3-90

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 24.** Diámetro de la nanoburbuja en el M3-90

Cantidad M3-90 (unidades)	Diámetro M3-90 (nm)
8	100
6	120
5	140
9	160
3	180
3	200
4	220
4	240
4	260
1	280
2	300
3	320
2	360
3	380
4	400
1	420

1	440
3	460
3	500
1	520
2	540
3	560
1	600
1	620
1	640
1	700
1	720
1	960
1	1000
1	1060
1	2180
Promedio Total:	339.05

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los diámetros totales de las burbujas en cada muestra (M1, M2 y M3), se promedió los diámetros obtenidos en los tiempos de 45 y 90 min, generando los siguientes resultados:

$$\text{Diámetro M1-45} = 162.61 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{Diámetro M1-90} = 321.35 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\longrightarrow \text{Diámetro total de la burbuja M1} = 241.98 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{Diámetro M2-45} = 171.32 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{Diámetro M2-90} = 295.70 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\longrightarrow \text{Diámetro total de la burbuja M2} = 233.51 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{Diámetro M3-45} = 166.35 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{Diámetro M3-90} = 339.05 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\longrightarrow \text{Diámetro total de la burbuja M3} = 252.70 \times 10^{-9} \text{ m}$$

Con los diámetros totales obtenidos, se pudieron determinar para cada una de las muestras: la presión interna de la nanoburbuja y la velocidad de ascenso.

### Presión interna de la nanoburbuja

Se determinó la presión interna mediante la ecuación (1) de Young – Laplace:

$$P = Pl + \frac{4\sigma}{d}$$

$P$ : Presión interna de la burbuja

$Pl$ : Presión del líquido =  $\rho \cdot g \cdot h$

$$Pl = \left(958 \frac{Kg}{m^3}\right) \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) (0.20m)$$

$$Pl = 1877.68 \frac{Kg}{m \cdot s^2}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{Kg}{m \cdot s^2} = 1 \frac{N}{m^2} = 9.87 \times 10^{-6} atm$$

$$Pl = 0.018 atm$$

$\sigma$ : Tensión superficial= 0.0728 N/m

$d_1$ : Diámetro de la burbuja M1 =  $241.98 \times 10^{-9} m$

$d_2$ : Diámetro de la burbuja M2 =  $233.51 \times 10^{-9} m$

$d_3$ : Diámetro de la burbuja M3 =  $252.70 \times 10^{-9} m$

$$P_{M_{1,2,3}} = 0.018 atm + \frac{4(0.0728 \frac{N}{m})}{d_{1,2,3} m}$$

$$P_{M_1} = 11.89 atm$$

$$P_{M_2} = 12.32 atm$$

$$P_{M_3} = 11.39 atm$$

## Determinación de la Velocidad de Ascenso de la Nanoburbuja

Se determinó la velocidad de ascenso mediante la ecuación (2) de Stokes:

$$V_a = \frac{(\rho_l - \rho_g) * g * d^2}{18u}$$

$V_a$ : Velocidad de Ascenso

$\rho_l$ : es la densidad del líquido = 958 Kg/m<sup>3</sup>

$\rho_g$ : es la densidad del gas = 0,596 Kg/m<sup>3</sup>

$g$ : la aceleración de la gravedad = 9.8 m/s<sup>2</sup>

$d_1$ : Diámetro de la burbuja M1 = 241.98 x 10<sup>-9</sup> m

$d_2$ : Diámetro de la burbuja M2 = 233.51 x 10<sup>-9</sup> m

$d_3$ : Diámetro de la burbuja M3 = 252.70 x 10<sup>-9</sup> m

$u$ : Viscosidad del líquido = 1.0020 x 10<sup>-3</sup> Kg/m·s

$$V_a M_{1,2,3} = \frac{\left(958 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} - 0,596 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (d_{1,2,3} \text{m})^2}{18 \left(1,0020 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}\right)}$$

$$V_a M_1 = 3,05 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$V_a M_2 = 2,84 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$V_a M_3 = 3,32 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

# Anexo N° 11. Pantallazo del Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome  
 https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&is=18&u=1049382380&io=1018285768

Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire

**feedback studio**

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

"Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**  
Thalia Alexandra Nafiez Alvaro

**ASESOR:**  
Dr. Ing. Johnny Wilfredo Valverde Flores

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LIMA - PERÚ**

2017 - II

Página: 1 de 117    Número de palabras: 15675

**Resumen de coincidencias**

**18 %**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias	Porcentaje
1 <b>repositorio.ucv.edu.pe</b> <small>Fuente de Internet</small>	9 %
2 <b>repositorio.lasalle.edu.co</b> <small>Fuente de Internet</small>	1 %
3 <b>Entregado a Royal Coll...</b> <small>Trabajo del estudiante</small>	1 %
4 <b>Entregado a Universida...</b> <small>Trabajo del estudiante</small>	1 %
5 <b>Entregado a Universida...</b> <small>Trabajo del estudiante</small>	<1 %
6 <b>tesis.pucp.edu.pe</b> <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
7 <b>myslide.es</b> <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
8 <b>sistemasproductivos2...</b> <small>Fuente de Internet</small>	<1 %

Text-only Report | High Resolution | **Activado**

## Anexo N° 12. Acta de aprobación de originalidad de tesis

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 5
--	--	---

Yo, JHONNY WILFREDO VALVERDE FLORES, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS CARBONATADAS APLICANDO NANOBURBUJAS DE AIRE”**, del (de la) estudiante **THALÍA ALEXANDRA NUÑEZ ÁLVARO**, constató que la investigación tiene un índice de similitud de **18%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó 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.

Los Olivos, 09 de octubre de 2018



Dr. Jhonny Valverde Flores

DNI: 18120253

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Anexo N° 13. Acta de autorización para publicación en Repositorio UCV

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo Thalía Alexandra Núñez Álvaro, identificado con DNI N° 70264189, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo, autorizo () , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas, aplicando nanoburbujas de aire....."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....


.....

  
FIRMA

DNI: 70264189...

FECHA: 10 de Octubre del 2018.





Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC			Dirección de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	---	---	----------------------------

**Anexo N° 14.** Acta de autorización de conformidad de la escuela



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

\_\_\_\_\_  
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Thalía Alexandra Núñez Álvaro

INFORME TÍTULADO:

Tratamiento de Aguas residuales de una Embotelladora de  
Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

\_\_\_\_\_  
INGENIERO (A) AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 17/01/18

NOTA O MENCIÓN: 14

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro