



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Reducción de CO y CO₂ en el Aire Aplicando
Micronanoburbujas Aéreas a Escala Laboratorio – Lima, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Angeles Espinoza, Jose (orcid.org/0000-0002-6053-5264)

Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedicada a todo aquel que contribuyó a
direccionarnos hasta aquí. De nosotros,
para un mundo más sostenible.

AGRADECIMIENTO

Gratitud recíproca, al apoyo incondicional y resiliencia que, pese a la coyuntura originada por el SARS-CoV-2, mantuvimos la convicción de dejar algo en la sociedad. No solo no lo hubiéramos logrado sin el apoyo de la plana docente y compañeros de trabajo, sino con todos aquellos que estuvieron desde el comienzo y los que nos acompañan hasta hoy.

Al Dr. Jhonny W. Valverde Flores, por el acompañamiento, confianza y dedicación brindada para el desarrollo de la presente.

Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimiento	14
3.6. Método de análisis de datos	19
3.7. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES.....	43
VII. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS.....	51

Índice de tablas

Tabla 1. Validación de instrumentos _____	14
Tabla 2. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 1 ___	20
Tabla 3. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 1 ___	21
Tabla 4. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 2 ___	22
Tabla 5. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 2 ___	23
Tabla 6. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 3 ___	23
Tabla 7. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 3 ___	24
Tabla 8. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 4 ___	25
Tabla 9. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 4 ___	26
Tabla 10. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 5 ___	27
Tabla 11. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 5 ___	28
Tabla 12. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 6 ___	29
Tabla 13. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 6 ___	30
Tabla 14. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 7 ___	31
Tabla 15. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 7 ___	32
Tabla 16. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 8 ___	33
Tabla 17. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 8 ___	34
Tabla 18. Comparación de resultados y porcentaje de eficiencia _____	35
Tabla 19. Características físicas de las micronanoburbujas aéreas _____	37
Tabla 20. Condiciones operacionales de las micronanoburbujas aéreas _____	38

Índice de figuras

Figura 1. Sistema de procesamiento de gas residual orgánico empleando burbujas nanométricas (Kimeidou, 2016) _____	7
Figura 2. Lavador de gases en Agroindustrial Pomalca (Odar, 2019) _____	8
Figura 3. Esquema de diseño de investigación _____	11
Figura 4. Sistema de tratamiento de aire contaminado aplicando micronanoburbujas (Elaboración propia) _____	14
Figura 5. Ingreso de aire contaminado con CO y CO ₂ _____	15
Figura 6. Composición inicial promedio del aire contaminado con CO y CO ₂ ____	16
Figura 7. Análisis de muestras de aire contaminado _____	17
Figura 8. Conteo de micronanoburbujas a través del software DigitalCam ____	18
Figura 9. Diagrama de tratamiento de aire contaminado aplicando micronanoburbujas _____	19
Figura 10. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 1 _____	20
Figura 11. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 1 _____	21
Figura 12. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 2 _____	22
Figura 13. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 2 _____	23
Figura 14. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 3 _____	23
Figura 15. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 3 _____	24
Figura 16. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 4 _____	25
Figura 17. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 4 _____	26
Figura 18. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 5 _____	27
Figura 19. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 5 _____	28

Figura 20. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 6	29
Figura 21. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 6	30
Figura 22. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 7	31
Figura 23. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 7	32
Figura 24. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 8	33
Figura 25. Concentración de CO, CO ₂ y O ₂ por tiempo de tratamiento, muestra 8	34

Resumen

El objetivo general fue reducir la concentración de CO y CO₂ en el aire aplicando micronanoburbujas aéreas (MNB_a) a escala laboratorio; para ello, se determinó las condiciones ambientales y concentración del analito durante la aplicación de MNB_a, así como las condiciones del entorno operacional y características físicas de las mismas para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio. Esta investigación fue de tipo aplicada, nivel explicativo, de diseño experimental puro y con enfoque cuantitativo, los instrumentos de recolección de datos fueron elaborados con relación a los objetivos e hipótesis de investigación. Se obtuvo un promedio de reducción de 99.38% y 99.25% para el CO y CO₂, respectivamente, lo que equivale a un porcentaje de eficiencia de 99.38% y 99.42%. Al respecto, se concluyó que la aplicación de micronanoburbujas aéreas reduce la concentración de CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, reducción de CO, reducción de CO₂, micronanoburbujas aéreas.

Abstract

The objective was to reduce the concentration of CO and CO₂ in the air applying aerial micronanobubbles (MNB_a) at laboratory scale, for this, the environmental conditions and concentration of the analyte during the application of MNB_a were determinate, as well as the operating environmental conditions and physical characteristics of the same to reduce CO and CO₂ in the air at laboratory scale This investigation was of applied type, explanatory level, of pure experimental design and with quantitative approach, the data collection instruments were elaborated in relation to the objectives and hypotheses of research. An average reduction of 99.38% and 99.25% was obtained for CO and CO₂, respectively, which is equivalent to an efficiency percentage of 99.38% and 99.42%. In this regard, it was concluded that the application of aerial micro nanobubbles reduces the concentration of CO and CO₂ in the air at laboratory scale – Lima, 2022.

Keywords: Air pollution, CO reduction, CO₂ reduction, aerial micro nanobubbles.

I. INTRODUCCIÓN

La problemática del cambio climático, en proporción a los años anteriores, se ha evidenciado notablemente dado al incremento de temperatura producto de las emisiones desenfrenadas de gases de efecto invernadero (GEI), las cuales son derivadas, por lo general, de actividades antropogénicas. Desde mediados del siglo XVIII, a raíz de la Revolución Industrial, se detona la excesiva quema de combustibles fósiles, tales como el petróleo, carbón y gas natural para la fabricación de productos que, por si fuera poco, la mayoría de los estos emitirían también dióxido de carbono (CO₂) que, según el portal institucional de las Naciones Unidas (2021), es el gas más abundante en el ambiente, fomentando cambios significativos en el clima que de manera natural no se daría.

A más de siglo y medio de industrialización, y la serie de consecuencias que trajo consigo, el Banco Mundial precisa que la cifra de habitantes a nivel mundial es de 7 998 millones. Al respecto, de acuerdo con las Naciones Unidas, en los próximos treinta años, esta aumentaría en 2 000 millones, siendo proporcional a la generación de GEI, producto de satisfacer la demanda tanto de bienes como de servicios.

Según informó la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2021), dado que el monóxido de carbono (CO) es prácticamente imperceptible, no podemos saber si está o no presente en el ambiente en el cual nos encontramos; no obstante, los efectos de la exposición a este gas son sumamente nocivos para nuestra salud. La Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2016) señaló que las fuentes de monóxido de carbono (CO) en la atmósfera se constituyen tanto de manera natural como por actividades antropogénicas, encontrándose en esta última a los tubos de escape de los automóviles, cocinas, hornos u otros aparatos a gas que no funcionen adecuadamente, puesto que el monóxido de carbono (CO) se genera producto de la combustión incompleta y cuando este gas es expuesto al ambiente, tiende a persistir en él.

Desde la revolución industrial, según refiere Testud (2010), las actividades antropogénicas han ocasionado un excedente de GEI en lapsos más cortos de tiempo, principalmente de dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ atmosférico

proveniente de volcanes activos es, propiamente, generado de forma natural y es responsable de aproximadamente 130 a 175 M de toneladas de emisiones de dicho gas al año y que, solo en el 2005, las emisiones de carácter antropogénico superaron las 25 000 M de toneladas, siendo el 80% producto del uso de combustibles fósiles, proveniente de la agricultura, calefacción, industria, transporte u otras actividades. Asimismo, debido a la deforestación, resultaron 1 600 M de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), resaltando que la toxicidad de este gas es inferior en comparación con el monóxido de carbono (CO) y al que se encuentran asociados los gases de combustión.

De acuerdo al reporte *BP Statistical Review of World Energy 68th edition* (2019), la tasa de emisiones de carbono llegó al pico más alto en los últimos siete años con un incremento de 2.0%, para lo cual, países de Latinoamérica, particularmente Brasil y México, sumaron 905 M de toneladas de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), responsabilizándolos del 2.7% de emisiones a escala mundial. Pese a que Colombia y Perú emiten un nivel inferior de contaminación, ambos duplicaron la cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en la última década.

El último reporte de *BP Statistical Review of World Energy 70th edition* (2021) refiere que en el 2010 y 2020 en el Perú se emitieron 40.8 y 44.6 M de toneladas de CO₂, respectivamente. La Agencia Peruana de Noticias (2014) indica que, en nuestro país, se emiten alrededor de 380 mil toneladas diarias de dióxido de carbono (CO₂) producto de las malas prácticas ambientales de la población, las cuales repercuten negativamente sobre el medio ambiente y, por ende, sobre la salud pública. Adicionalmente, señala que el cambio climático se evidencia por el significativo retroceso glaciar a lo largo de la cordillera de los Andes; además, que dos tercios de la producción de dióxido de carbono (CO₂) está directamente relacionada al cambio y mal uso del suelo, tanto en la agricultura como en la ganadería y que el tercio restante es a causa de la energía, industrias, transporte e inadecuada disposición de residuos sólidos, los cuales, en su mayoría, quedan expuestos a la acción del ambiente. En el portal de Air Quality index (*IQAir*) muestra que Lima tuvo una lectura de PM 2.5 de 23.7 µm/m³ promedio en el año 2019, colocándola en el lugar 682 de las ciudades más contaminadas a nivel mundial, además de ser la primera más contaminada del Perú.

En este sentido, el problema general formulado fue: ¿La aplicación de micronanoburbujas aéreas reduce la concentración de CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022? Los problemas específicos formulados fueron: ¿Cuáles son las condiciones ambientales durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022?, ¿Cuál es la concentración del analito durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022?, ¿Cuáles son las características físicas de las micronanoburbujas aéreas para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022? y ¿Cuáles son las condiciones del entorno operacional para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022?

La justificación de la presente investigación surge de la tendencia a concertar y suplementar información para aplicar micronanoburbujas aéreas en otros componentes ambientales, tal como el aire, así esta se sume a la retahíla de investigaciones en torno al tratamiento ecoeficiente de aire contaminado. Frente a la problemática de las emisiones desenfrenadas tanto de CO como CO₂ y las repercusiones negativas sobre el ambiente y nuestra salud, es necesario indagar soluciones eficaces, eficientes, versátiles y que actúen en un lapso corto de tiempo para reducir estos gases en el aire. Por lo tanto, frente a la necesidad de mejorar la calidad ambiental y las repercusiones que trae consigo, la presente investigación promoverá que los impactos ambientales negativos por estas emisiones se reduzcan significativamente.

Para tal efecto, el objetivo general fue reducir la concentración de CO y CO₂ en el aire aplicando micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022. Los objetivos específicos fueron: Determinar las condiciones ambientales durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022, determinar la concentración del analito durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022, caracterizar las micronanoburbujas aéreas aplicadas para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022 y determinar las condiciones del entorno operacional para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022. La hipótesis general fue: La aplicación de micronanoburbujas aéreas reduce la concentración de CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022, las hipótesis de investigación específicas fueron: Las

condiciones ambientales son óptimas durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022, la concentración del analito disminuirá durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022, las características físicas de las micronanoburbujas aéreas son favorables para reducir la concentración de CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022 y las condiciones del entorno operacional son favorables para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022.

II. MARCO TEÓRICO

García (2019) en su investigación “Reducción electrocatalíticas de CO₂ en fase gas mediante catalizadores sintetizados en medio supercrítico” diseñó un sistema para sintetizar catalizadores y realizar el proceso de reducción electrocatalítica del CO₂ y, a su vez, desarrolló el método para analizar los productos resultantes de la electroconversión del gas. Obtuvo que el proceso de electrorreducción de dióxido de carbono en fase gas es viable a escala laboratorio y puede potenciarse en cuanto a productividad y eficiencia para su aplicación; no obstante, no es suficiente para su aplicación a escala industrial, por lo que sugiere continuar con la investigación y extensión del estudio.

Gil y Gaicedo (2016) en su investigación “Evaluación de la eficiencia en la reducción de emisiones de CO y CO₂ por medio del diseño experimental de un filtro de aluminio” cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia del filtro de aluminio para reducir las emisiones de CO y CO₂. Obtuvo que la eficiencia en la reducción de CO resultó del 65%, viéndose más favorecida por la temperatura que por las condiciones del filtro. En cuanto a la reducción de CO₂, resultó del 57%, donde las condiciones del efecto del filtro fueron superiores al de la temperatura.

Méndez y Valverde (2017), en su investigación titulada “Reducción de la DQO y materia orgánica en agua contaminada con amoxicilina a través de la aplicación de micronanoburbujas de aire”, tuvo como principal objetivo reducir la concentración de la DQO y materia orgánica en agua con amoxicilina mediante la aplicación de micronanoburbujas a nivel laboratorio. En su investigación aplicó un diseño preexperimental e inicialmente tomó tres muestras, cada una con distintas concentraciones de amoxicilina, siendo esta con 0.5, 1 y 2.5 g/L por un periodo de

tiempo de 15, 30 y 45 minutos, respectivamente. Finalmente, como resultados se obtuvo que, en la primera muestra se redujo la DQO y materia orgánica en 76.9% y 65.8%; en la segunda, 56% y 55.7%; en la tercera, 68.66% y 40.9%, concluyendo que sí se redujo ambos parámetros tras la aplicación del tratamiento.

Gonzales (2018), en su trabajo de investigación titulado “Microburbujas de aire para el tratamiento de agua residual de la refinería *La Pampilla*, 2018”, evaluó la eficacia de las microburbujas de aire, en donde inicialmente tomó una muestra de agua de 47 L, provenientes de una planta de tratamiento de aguas residuales y aplicó las MB en tres tiempos distintos (20, 40 y 60 minutos). Al final, la reducción de los sólidos totales fue de 79.61%; de conductividad eléctrica, 77.34%; de pH, 12.23% y de DBO un 90.91%. Asimismo, establece una relación inversamente proporcional entre el diámetro de burbuja y su efectividad, considerando que, a menor diámetro de burbuja, mayor será la efectividad del tratamiento.

Según Díaz (2019) en su investigación titulada “Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes en efluentes de tratamiento de aguas residuales Covicorti mediante nanoburbujas de aire – oxígeno”, determinó la eficacia en la remoción de dichos contaminantes tras la aplicación de nanoburbujas, donde resalta que durante la aplicación de nanoburbujas de aire – oxígeno por 20 minutos, la concentración de OD, metales pesados, DBO₅ y coliformes termotolerantes se redujo en un 66.68%, 28.08%, 66.66% y 63.10%, respectivamente.

Valdivia (2019) en su investigación “Tecnología de nanoburbujas para la limpieza de material pétreo de la arquitectura religiosa del Cusco”, comparó distintas técnicas convencionales para la conservación y limpieza del material pétreo mediante la aplicación de la tecnología de nanotecnologías. La metodología desarrollada fue un análisis documental comparativo, en el cual detalló que las nanoburbujas, al cargar un alto nivel de iones, limpian la parte interna del material pétreo por un sistema de absorción, retirando aquellos agentes contaminantes expuestos.

Villón y Valverde (2019) evaluaron la reducción de contaminantes en los efluentes de la industria de conserva de pescado haciendo uso de nanoburbujas aéreas, obteniendo resultados significativos. Se redujo la cantidad de SST en un 89.5%; la

DBO₅, en un 76.5% y aceites y grasas en un 79.4%. Concluyendo que la aplicación de nanoburbujas tiene efectividad para reducir los parámetros en mención.

Cueva (2021) en su estudio “Remoción de coliformes totales en agua doméstica almacenada en tanques elevados mediante nanoburbujas de aire” planteó como objetivo remover coliformes totales en agua almacenada en tanques de viviendas con nanoburbujas de aire. Tuvo un enfoque cuantitativo de alcance explicativo con diseño experimental. Tomó una muestra inicial de 60 L de agua con cinco viviendas distintas y aplicó el tratamiento en tres tiempos, siendo a los 5, 10 y 15 minutos. Finalmente, la eficiencia promedio resultó en 66.67%, 73.33% y 93.33% para los tiempos antes mencionados, concluyendo en la efectividad del método para depurar aguas residuales domésticas.

A continuación, se presentan otras alternativas para el tratamiento de aire contaminado:

Kimeidou (2016) plantea un sistema de procesamiento de gas residual orgánico empleando burbujas nanométricas que se constituye de: Entrada de gas residual, una torre de absorción de gas residual, un generador de burbujas y un ventilador de tiro inducido A, ventilador de tiro inducido B y pila de desechos, en donde la torre de absorción de gas residual utiliza una estructura cilíndrica, funciona gradualmente de arriba hacia abajo en la torre de absorción de gas residual. Los gases residuales se recogen mediante tuberías de escape y se introducen en la torre de absorción de gases residuales, el cual contiene un ventilador de tiro inducido A y B de material fluoroplástico y tienen resistencia al impacto, antioxidante, función a prueba de agua y proporciona energía para transmisión de gases residuales. Asimismo, con el fin de garantizar la mejora en la calidad de aire de la descarga de gas residual, cuenta con un detector de calidad de aire en la parte superior de la pila de desechos.

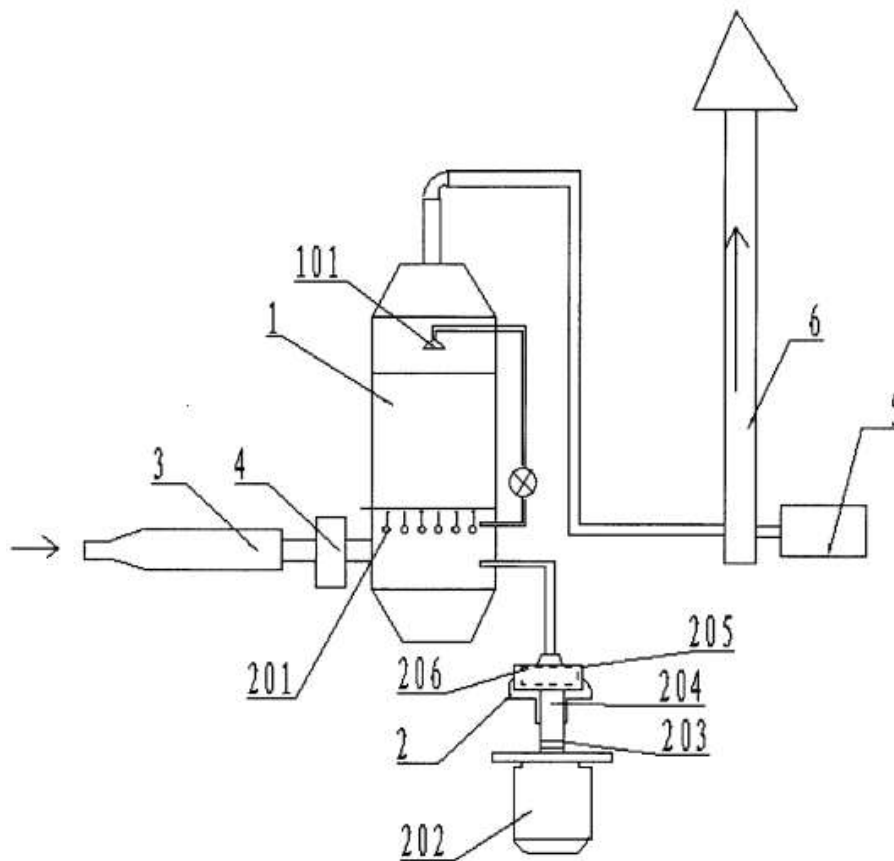


Figura 1. Sistema de procesamiento de gas residual orgánico empleando burbujas nanométricas (Kimeidou, 2016)

Xiangzhang (2021), en su estudio “Tecnología de pulverización de burbujas micro-nano para tratar el gas residual de revestimiento”, utilizó la pulverización de micronanoburbujas para tratar el gas residual de revestimiento e investiga la eficiencia de la eliminación del gas residual “trifenilo” con el fin de que las empresas elijan el proceso de tratamiento de gas residual de revestimiento. Determina que la tecnología de micronanoburbujeo es una tecnología con bajo consumo energético y sin contaminación secundaria. Hace referencia que Peng Fen, quien usó el rociado de micro-nanoburbujas para degradar el gas de escape del revestimiento, obtuvo como resultado que estas burbujas ultrafinas tienen alta capacidad de eliminación del gas de escape del revestimiento.

Odar (2019), en su investigación “Diseño de un lavador de gases para determinar la disminución de material particulado de la caldera N.º 06 en *Agroindustrial Pomalca*”, diseñó un lavador de gases con el fin de disminuir material particulado (PM) y dióxido de carbono (CO₂) que contienen los gases de combustión a raíz de

la quema de bagazo de caña. En razón a la cantidad de gases emitidos, las dimensiones del lavador fueron de 2.5 m. de diámetro, 7 m. de altura y un caudal de 0.0356 m³/s. Utilizó 10 433 Tn/h de bagazo de caña como combustible que ingresa a la caldera para generar los gases (CO₂ y PM), mediante análisis de laboratorio determinó la concentración de CO₂ y temperatura en el desfogue de la caldera N.º 06. La eficiencia de recolección del lavador fue de 90%, obteniéndose de la comparación entre las concentraciones de las emisiones en la caldera antes y después de someterlos al lavador de gases.

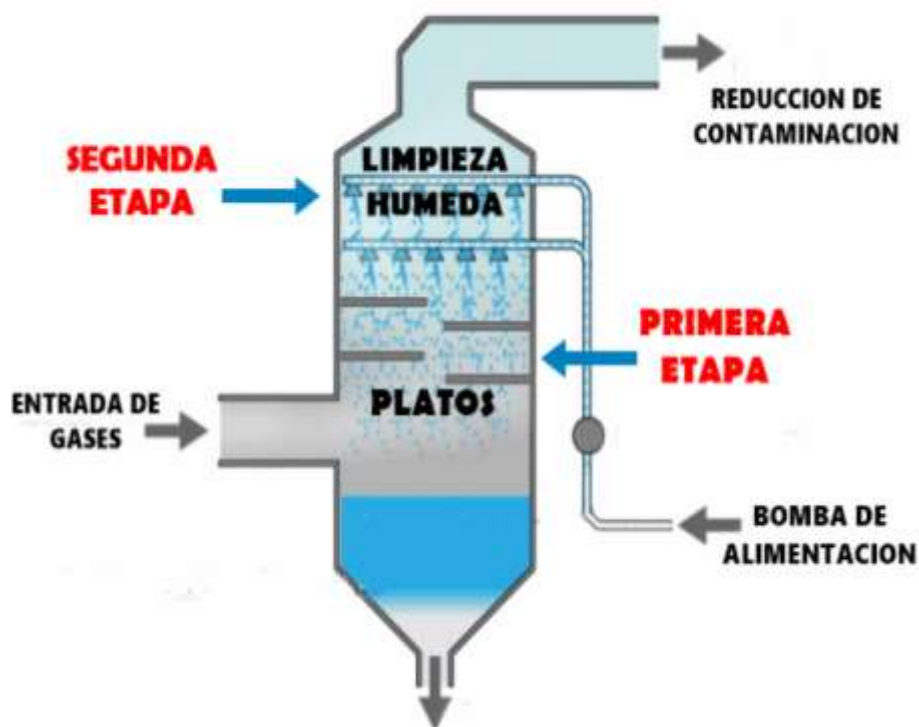


Figura 2. Lavador de gases en Agroindustrial Pomalca (Odar, 2019)

En cuanto a los enfoques conceptuales enmarcados en la investigación:

La contaminación atmosférica implica la introducción de elementos perjudiciales y/o alteración de la proporción de sus componentes; es decir, materias, sustancias o energía de cualquier índole que pueda repercutir de manera negativa ya sea al medio ambiente, a la salud o bienes materiales (Boldo, 2016, p. 18).

La Real Academia Española (RAE, 2022), denota que el verbo “reducir” significa volver algo al lugar donde antes se encontraba o al estado en el que estaba, disminuir o aminorar, tratándose en la presente de la concentración de CO y CO₂.

El término “nanotecnología”, etimológicamente contiene el prefijo griego “nano”, que significa “enano”, traduciéndose a la tecnología en la escala nanométrica o nano escala. El prefijo “nano”, en la escala del Sistema Internacional de Unidades, equivale a 10^{-9} (0.000000001 m); por lo tanto, un nanómetro (1nm) es equivalente a la millonésima parte de un milímetro o a la milésima parte de una micra. En adición a ello, la escala nanométrica comprende todo aquello dimensionado entre 1nm y 100 nm, por lo que la escala inferior del nanómetro se toma como “subnanométrico” y, por encima de los 100 nm, como “submicrométrico” (Acosta, 2019, p.2). En simultáneo, según refiere Mendoza (2018) es la manipulación y control de la materia a escala nano (10^{-9}) para influir sobre propiedades que tienen aplicaciones a escala macroscópica e involucra el dominio de las técnicas empleadas para tal fin.

Para Valdivia y Vargas (2019), las nanoburbujas son cuerpos de gas rodeados de agua con gran carga negativa y de diámetro inferior a una micra. Citando a Valdivia *et al.*, identifican las características más resaltantes de las nanoburbujas:

(1) Su dimensión es de metros, (2) la superficie de contacto es mayor a las burbujas normales, aumentando la transferencia de oxígeno, (3) excelente purificante debido a la gran cantidad de iones presentes en su interfaz gas-agua, (4) la superficie de las burbujas presenta carga eléctrica negativa, (5) efecto bioactivo y (6) absorbente fisicoquímico. (2019, p.10).

Según Criollo y Ochoa (2022), las nanoburbujas son cavidades que contienen significativas cantidades de oxígeno comprimido en su interior, poseen un tamaño menor a un micrómetro ($1\mu\text{m}$) y más grandes que un nanómetro (nm), en las cuales la presión interna ejercida por las mismas aumenta exponencialmente en comparación con el oxígeno del medio exterior; no obstante, generan una carga eléctrica negativa, lo que les permite participar en diversos procesos intermoleculares debido a su gran capacidad de formar nuevos enlaces de hidrógeno; asimismo, señalan que este proceso es conocido por su fuerza de atracción, dado que permite que contaminantes de todo tipo se adhieran a ellas.

Las nanoburbujas, según Valdivia *et al.* (2019), al ser aplicadas en diversos medios y superficies, tienen la propiedad de variar las características de las mismas, funcionando como agente descontaminante de las impurezas tanto en líquidos,

medios o superficies. En adición a ello, esta tecnología no afecta tanto al medio ambiente, debido a que solo se utiliza agua y, al o contener químicos ni solventes nocivos, no contamina al medio en el que será expuesta ni cuando se realice la limpieza del equipo al culminar el tratamiento (p. 10).

En cuanto al funcionamiento de las nanoburbujas en medios contaminados, Cirera (2022) establece que, cuando estas se estimulan, se desestabilizan y colapsan, liberando el radical hidroxilo (HO), siendo uno de los oxidantes más fuertes, es utilizado para eliminar contaminantes difíciles de tratar y difíciles de matar en el agua.

Al respecto, según Criollo y Ochoa (2022) la velocidad de ascenso de las nanoburbujas está relacionada con las propiedades físicas de los líquidos a analizar, calculándose con la siguiente ecuación:

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

Donde:

v : velocidad de ascenso

ρ : densidad del líquido

g : aceleración gravitacional

d : diámetro de la burbuja

n : viscosidad del líquido

Asimismo, manifiestan que la presión interna se determina con la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{d} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

ΔP : presión de la burbuja

σ : tensión superficial ≈ 0.078 N/m

d : diámetro de la burbuja

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, dado que, como sostiene Arias (2020), estuvo basada en el descubrimiento de hallazgos y soluciones planteadas en el objeto de estudio. Corresponde al nivel explicativo, según Ñaupas *et al.* (2014), el principal objetivo es la verificación de las hipótesis, ya sean causales o explicativas. Para complementar, según Arias (2020), caracteriza a este nivel establecer una relación causa – efecto entre las variables. Asimismo, considerando que se aplicó la recopilación de data para la prueba de hipótesis, se direcciona a la mensuración y al control de fenómenos, utiliza estadística y analiza la realidad objetiva, la presente tiene un enfoque cuantitativo (Hernández *et al.*, 2014).

Presentó un diseño experimental, puesto que la característica principal fue evaluar los efectos de una intervención, tanto preventiva como correctiva [...] se selecciona un grupo de elementos y se le divide en dos o más de manera aleatoria, correspondiendo uno al de control y otro al experimental [...] (Bermejo, 2008). En este sentido, Arias (2020) indica que se realiza un pre y post test, representándose en el gráfico a continuación:

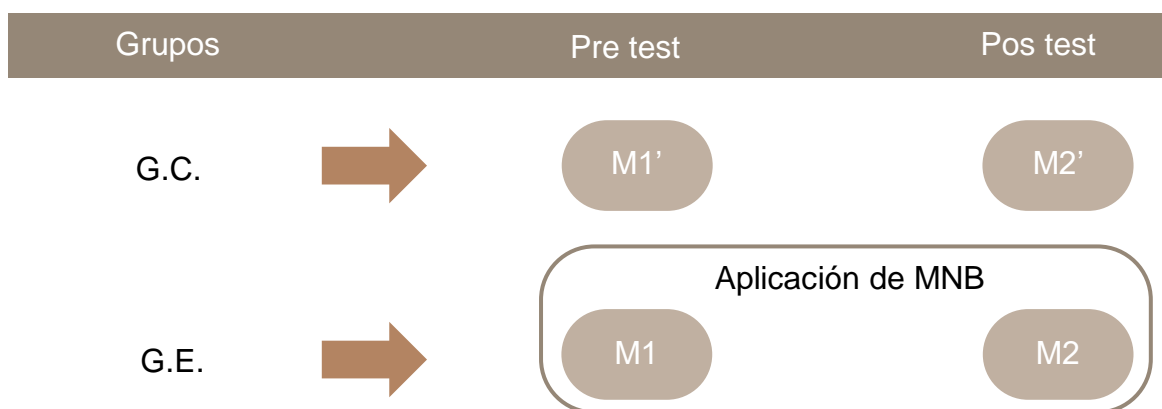


Figura 3. Esquema de diseño de investigación

Donde:

G.C.: Grupo de control

G.E.: Grupo experimental

M1': Muestra inicial de aire

M2': Muestra final de aire sin aplicación de micronanoburbujas

M1: Muestra inicial de aire

M2: Muestra final de aire tratado con micronanoburbujas

3.2. Variables y operacionalización

Se tuvo las siguientes variables, sus respectivas definiciones conceptuales y operacionales, así como sus dimensiones e indicadores:

- Variable dependiente: Reducción de CO y CO₂ en el aire

Según la Real Academia Española (2022), el verbo “reducir” implica volver al grado en el que se encontraba o aminorarlo. La variable será medida a través de formatos en los cuales se registrará, tras previo análisis, las concentraciones de CO y CO₂ pre y postratamiento, así como la variación de las mismas (*Anexo C.2, C.4 y C.5*). Al respecto, está dimensionada en condiciones ambientales y concentración del analito, siendo en este caso el monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO₂), para las cuales, se tiene como indicadores a la temperatura (°C) y humedad relativa (%) y concentración inicial y final de CO y CO₂ (%), respectivamente.

- Variable independiente: Aplicación de micronanoburbujas aéreas

Las micronanoburbujas (MNB) son cuerpos gaseosos microscópicos que oscilan entre la micro (<100 µm) y nanoescala (<1 µm). Esta variable será medida a través de un formato, en el cual se registrará el comportamiento de las micronanoburbujas (MNB) aéreas a lo largo del tratamiento (*Anexo C.3*); asimismo, serán caracterizadas en laboratorio haciendo uso del microscopio y del software *Digital Cam*. Sus dimensiones constan de las características físicas de las MNB y las condiciones del entorno operacional; las características a considerar son el diámetro de la burbuja (µm), la velocidad de ascenso (µm/s) y la presión interna de la burbuja (atm), a su vez, las condiciones operacionales son la cantidad de burbujas por gota (ud), flujo de ingreso (L/s), presión de aire suministrado (atm) y flujo del agua destilada (L/s).

En adición a ello, ambas variables conciernen a la escala de medición *de razón* y, para más detalle, la matriz de operacionalización puede visualizarse en el *Anexo A*.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Se considera como población al conjunto, ya sea finito o infinito, de sujetos que presentan características o cualidades comunes entre sí (Arias, 2020). Para la presente tesis, la población fue el aire contaminado con CO y CO₂, considerándose, a su vez, como criterio de inclusión, dado que la zona y horario de toma de muestras fue en base a donde había más fluido vehicular u otra presencia de fuente emisora continua.

Hernández y Mendoza (2018) sostienen que, si bien no existe una cantidad determinada que debe tener una muestra, es sustancial saber cómo determinarla según los objetivos trazados en la investigación. En ese marco, la muestra es la porción significativa de la población, por lo que los datos obtenidos en ella serán proyectados para toda la población. La muestra fue de $4.33 L \approx 4.33 \times 10^3 m^3$ de aire contaminado con CO y CO₂.

Por lo consiguiente, se consideró como unidad de análisis a un litro de aire contaminado con CO y CO₂, muestreado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleadas pueden visualizarse detalladamente en el *Anexo B*.

La técnica utilizada fue la *observación*, considerándose que se seguirá el comportamiento de las micronanoburbujas aéreas a lo largo del tratamiento para reducir las concentraciones de CO y CO₂. Asimismo, a continuación, se detallan los instrumentos de recopilación de datos:

Formato N.º 1.- Toma de muestras (*Anexo C.1*)

Formato N.º 2.- Análisis inicial de la muestra (*Anexo C.2*)

Formato N.º 3.- Aplicación de micronanoburbujas (*Anexo C.3*)

Formato N.º 4.- Análisis final de la muestra (*Anexo N.º 4*)

Formato N.º 5.- Comparación de resultados y eficiencia del tratamiento (*Anexo C.5*)

Al respecto, los instrumentos de recolección de datos fueron validados por los siguientes docentes (*Anexo D*):

Tabla 1. Validación de instrumentos

Experto validador	Porcentaje
Dr. Ahuber Omar Vasquez Aranda	90
Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro	85
Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores	90

Resultando un porcentaje de confiabilidad del **88%**.

3.5. Procedimiento

Se dividió en cinco etapas. En la primera, se montó el sistema de tratamiento de aire contaminado aplicando micronanoburbujas aéreas, el cual está compuesto por: (1) una cámara de tratamiento de aire contaminado, (2) un analizador de gases, siendo en este caso CO y CO₂, a tiempo real (Gasboard-5020 con certificación ISO) y (3) un dispositivo para la generación de micro y/o nanoburbujas (patente del Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores) con una compresora para el abastecimiento de aire.

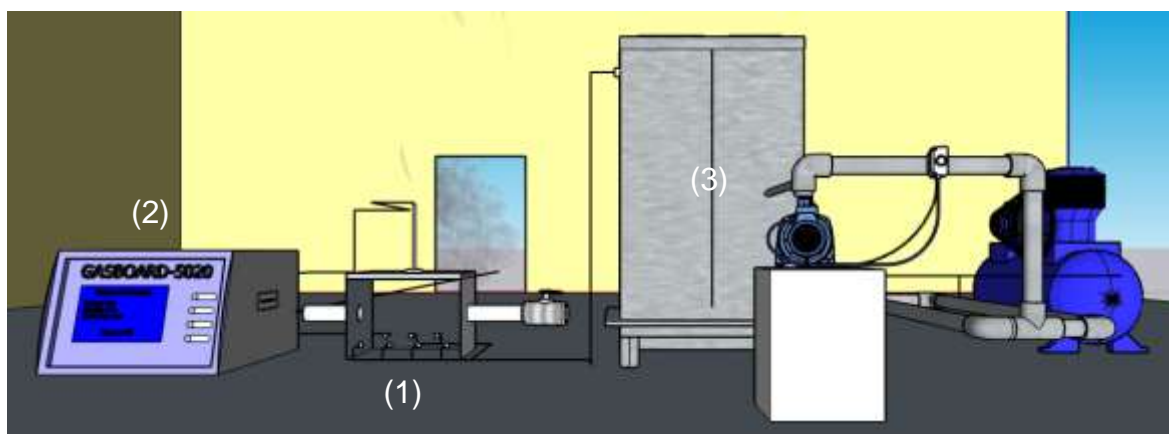


Figura 4. Sistema de tratamiento de aire contaminado aplicando micronanoburbujas (Elaboración propia)

Se diseñó la cámara de tratamiento de aire, la cual consta de una apertura en la parte superior con diámetro de $\frac{1}{2}$ " , donde se colocó el analizador de CO y CO₂ y el termohigrómetro; asimismo, cuatro orificios de un centímetro cada uno en la cara

frontal y, a través de mangueras conectadas al generador, suministrar de MNB_a a la cámara. Cuenta con una salida en una de las caras laterales para el desfogue del aire capturado, cabe señalar que cada una de las mangueras dispone de una llave de paso para permitir o restringir, según sea el caso, el ingreso del fluido a la cámara.

Seguido del montaje del sistema de tratamiento, se suministró aire del medio ambiente a la cámara con ayuda de una bomba de vacío o succión por tres minutos, pasado este tiempo se cerró la llave de paso para impedir el ingreso de más aire a la cámara.

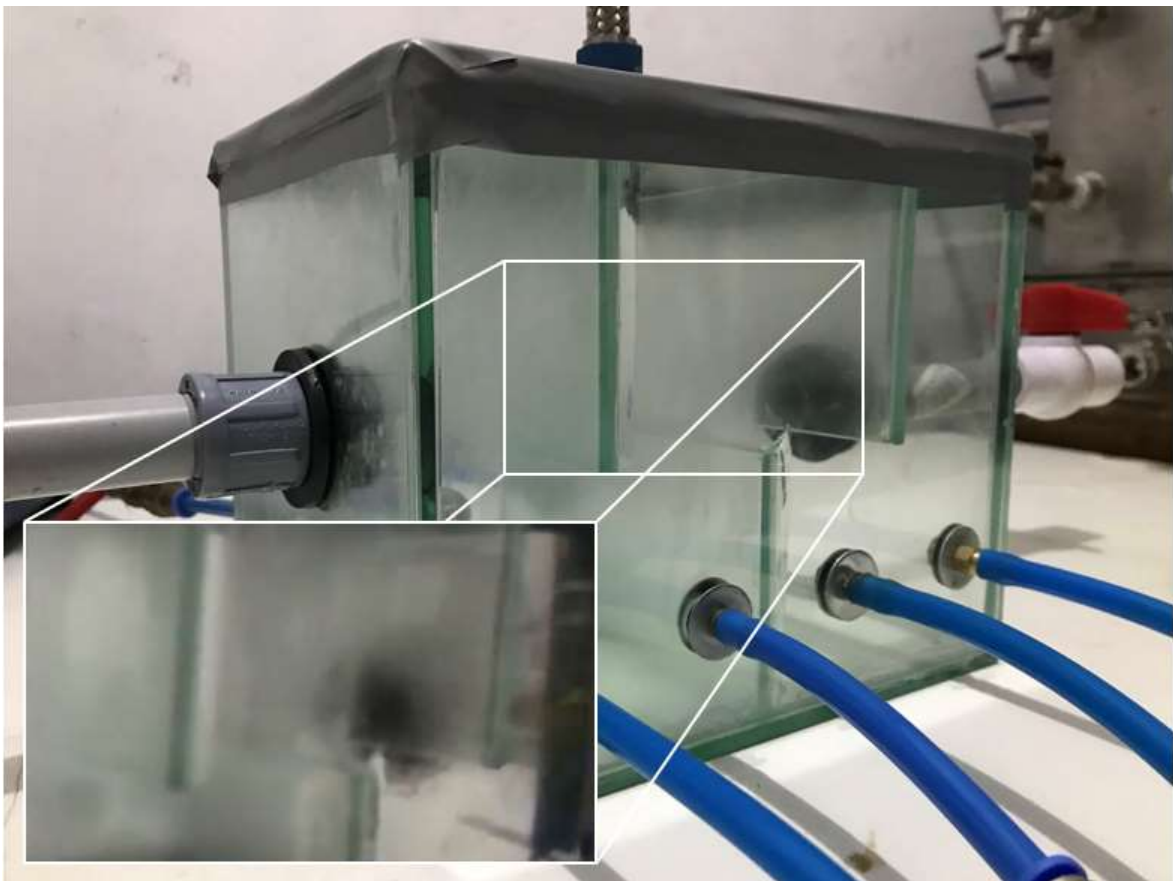


Figura 5. Ingreso de aire contaminado con CO y CO₂

PORCENTAJE PROMEDIO DE CO y CO₂ EN EL AIRE ANTES DEL TRATAMIENTO

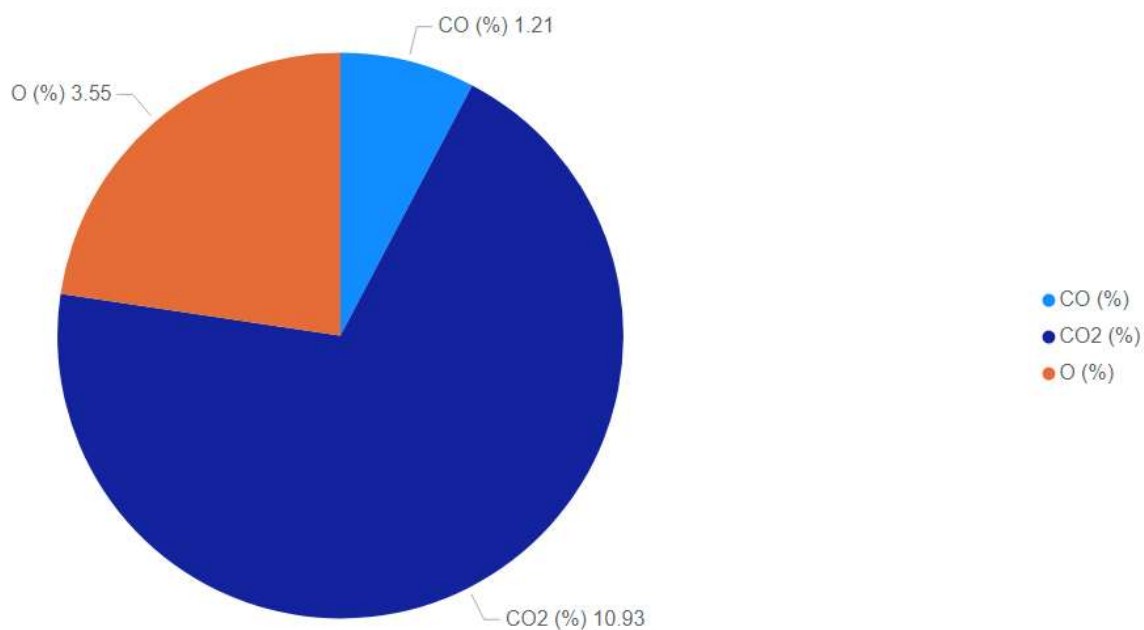


Figura 6. Composición inicial promedio del aire contaminado con CO y CO₂

Una vez capturado el aire, se espera dos minutos a que se homogeneice dentro la cámara y proceder al análisis inicial la muestra. Tras el análisis y toma de datos en el *Formato N.º 1 y 2 (Anexo C.1 y C.2)*, se abre las llaves de paso para el ingreso de las micronanoburbujas a la cámara, el tiempo de aplicación considerado es de diez minutos y, transcurrido este tiempo, se realiza el análisis final y registro de datos en de la muestra haciendo uso del *Formato N.º 4 (Anexo C.4)*.

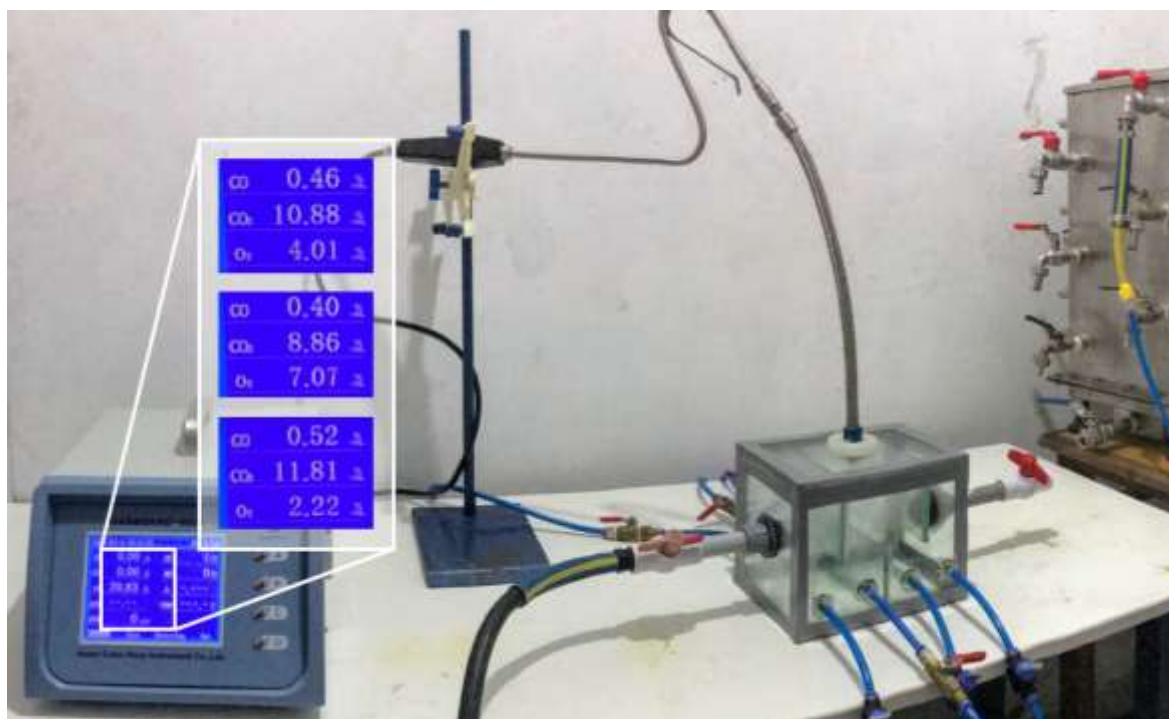


Figura 7. Análisis de muestras de aire contaminado

En adición a ello, se realizó la caracterización de las micronanoburbujas aéreas a fin de determinar sus características físicas y condiciones operacionales que favorecieron a la reducción de CO y CO₂ en la muestra de aire. En este sentido, las características físicas de las MNB_a consideradas fueron el diámetro, la velocidad de ascenso y la presión interna; para el diámetro, se colocó una gota de agua destilada sobre el portaobjetos y, con el microscopio y el software *DigitalCam*, se midió el diámetro de las micronanoburbujas encontradas en la sección de la gota enfocada.

En cuanto a las condiciones operacionales de las MNB_a, se incluye (a) la cantidad de burbujas en una gota, (b) flujo de ingreso, (c) presión del aire suministrado y (d) flujo del agua destilada. Asimismo, la toma de estos datos será registrada en el *Formato N.º 3*.



Figura 8. Conteo de micronanoburbujas a través del software DigitalCam

Posteriormente, empleando el *Formato N.º 5*, se hace la comparación de las concentraciones de los analitos, siendo el monóxido y dióxido de carbono, obtenidas antes y después de someter la muestra al tratamiento; de igual forma, calcular el porcentaje de reducción y, a su vez, el grado de eficiencia del tratamiento.

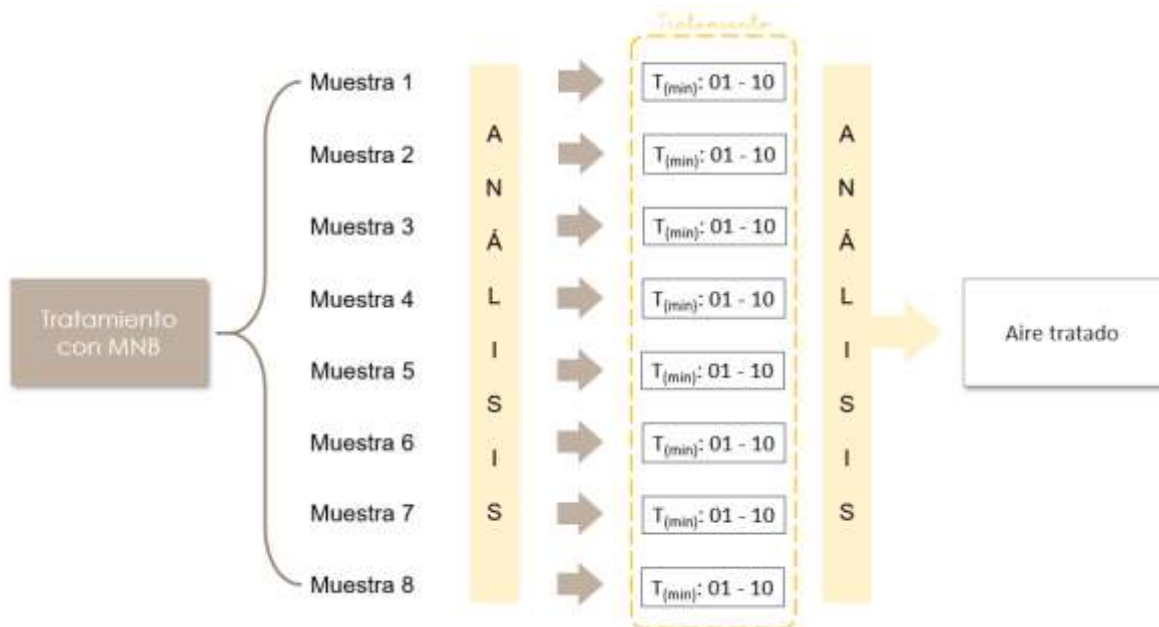


Figura 9. Diagrama de tratamiento de aire contaminado aplicando micronanoburbujas

3.6. Método de análisis de datos

Dado que la investigación presentó un enfoque cuantitativo y diseño experimental, se utilizó el software RStudio, siendo este un entorno de desarrollo integrado direccionado al análisis estadístico para el análisis de datos; asimismo, se hizo uso del software PowerBI para el procesamiento y visualización de datos.

3.7. Aspectos éticos

Esta tesis tiene como principio básico de ética respetar los derechos de autor, tal como se encuentra tipificado en el literal j) del artículo 3º de la *Resolución de Consejo Universitario N.º 0340-2021/UCV*, debe respetarse los derechos de propiedad intelectual de otros investigadores, así como evitar el plagio, ya sea parcial o total, de los mismos. Para efecto, a medida que se fue contrastando información con demás investigaciones direccionadas a nuestro tema de estudio y/o insertando información a nuestro documento, se añadía las referencias respectivas a las investigaciones, respetando así su derecho de autoría.

IV. RESULTADOS

Las condiciones ambientales para el desarrollo del tratamiento consideradas fueron la temperatura (°C) y la humedad relativa (%). A continuación, se muestra el

desenvolvimiento tanto de las condiciones ambientales como las del analito, siendo en este caso el CO y CO₂, en la cámara de tratamiento durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas por diez minutos según cada muestra (8).

Muestra 1

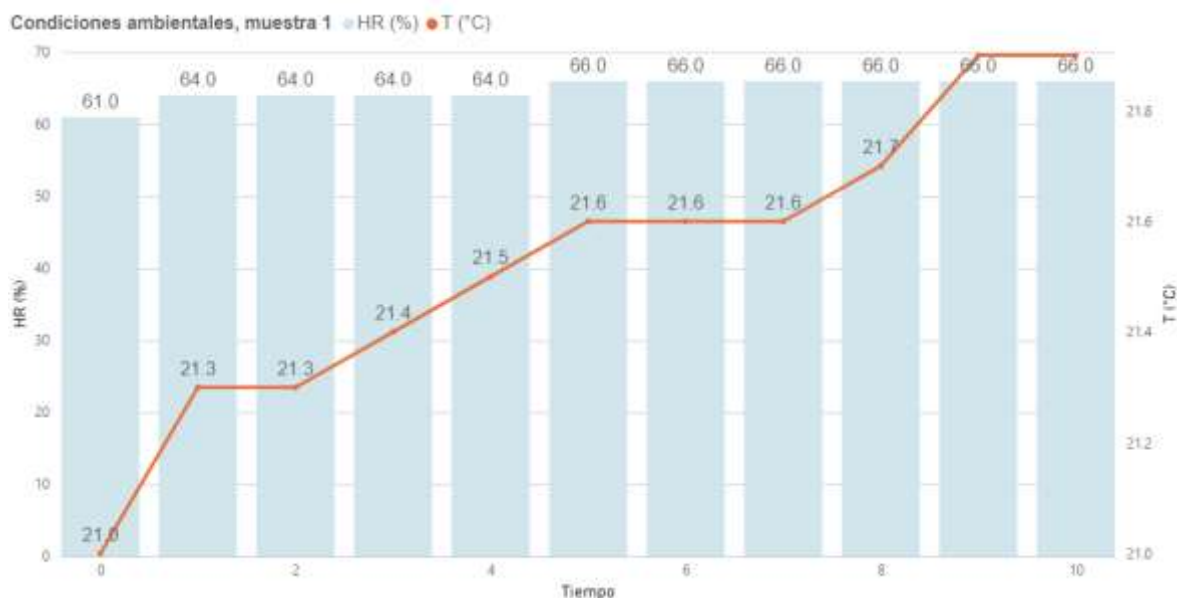


Figura 10. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 1

Según se muestra en la Figura 10 las condiciones ambientales antes iniciar el tratamiento; es decir, tiempo 0, fueron de 61% para humedad relativa con una temperatura de 21°C. Al transcurrir diez minutos de tratamiento aplicando micronanoburbujas aéreas, la humedad relativa aumentó en 5% y la temperatura en 0.90°C.

Tabla 2. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 1

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	61	21
1	64	21.3
2	64	21.3
3	64	21.4
4	64	21.5
5	66	21.6
6	66	21.6
7	66	21.6
8	66	21.7

9	66	21.9
10	66	21.9

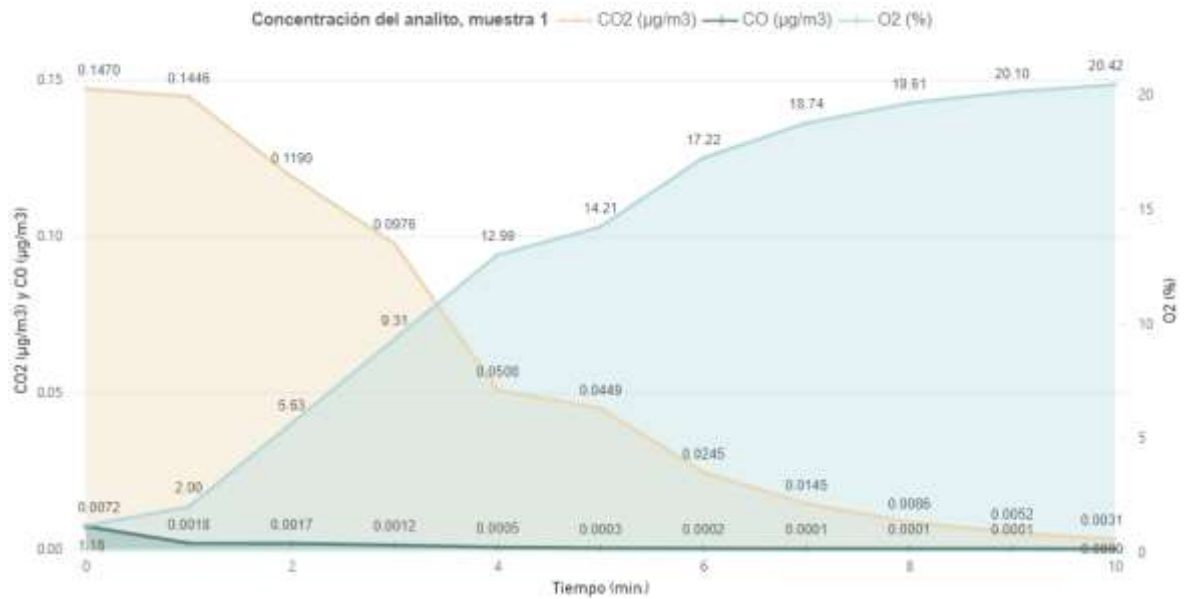


Figura 11. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 1

Según se detalla en la Figura 11, la concentración inicial de CO fue 0.0072 µg/m³ y 0.1470 µg/m³ de CO₂. Tras aplicar micronanoburbujas aéreas por diez minutos, el porcentaje de oxígeno aumentó de 1.18% a 20.42%, evidenciándose el ingreso de oxígeno a la cámara de tratamiento. Las concentraciones de CO y CO₂ se redujeron en 0.0072 µg/m³ y 0.1439 µg/m³, respectivamente.

Tabla 3. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 1

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0072	0.147	1.18
1	0.0018	0.1446	2
2	0.0017	0.119	5.63
3	0.0012	0.0976	9.31
4	0.0005	0.0508	12.99
5	0.0003	0.0449	14.21
6	0.0002	0.0245	17.22
7	0.0001	0.0145	18.74
8	0.0001	0.0086	19.61
9	0.0001	0.0052	20.1
10	0	0.0031	20.42

Muestra 2

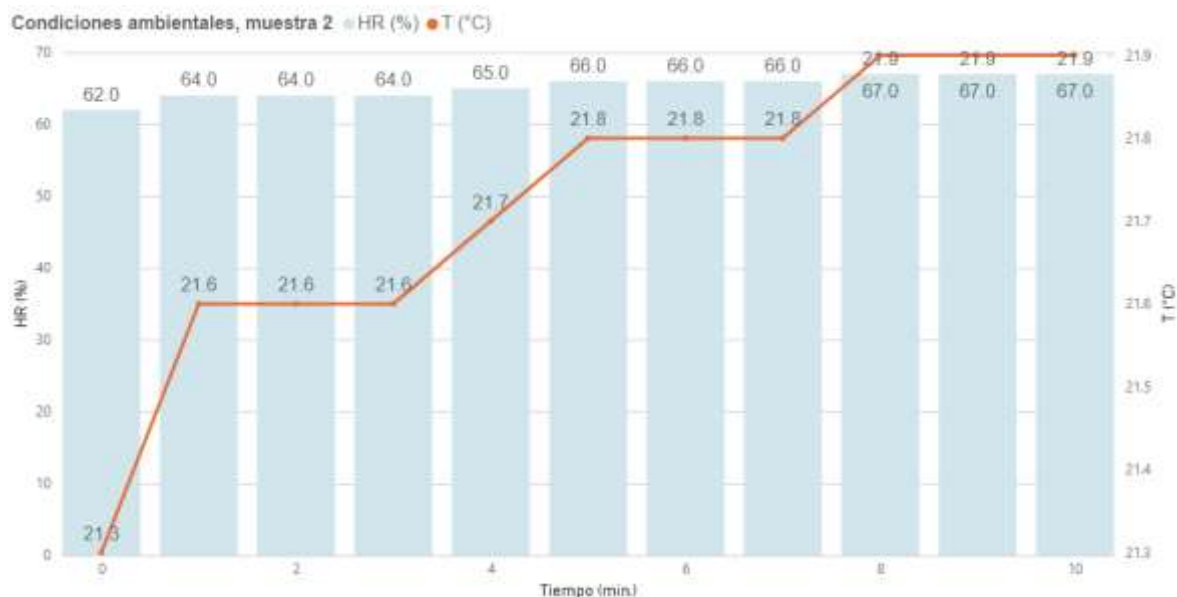


Figura 12. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 2

Según se muestra en la *Figura 12*, el porcentaje de humedad antes de iniciar el suministro de micronanoburbujas aéreas fue de 62 y la temperatura de 21.3°C. Al culminar el tratamiento, sus valores aumentaron en 4% y 0.6°C.

Tabla 4. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 2

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	62	21.3
1	64	21.6
2	64	21.6
3	64	21.6
4	65	21.7
5	66	21.8
6	66	21.8
7	66	21.8
8	67	21.9
9	67	21.9
10	67	21.9

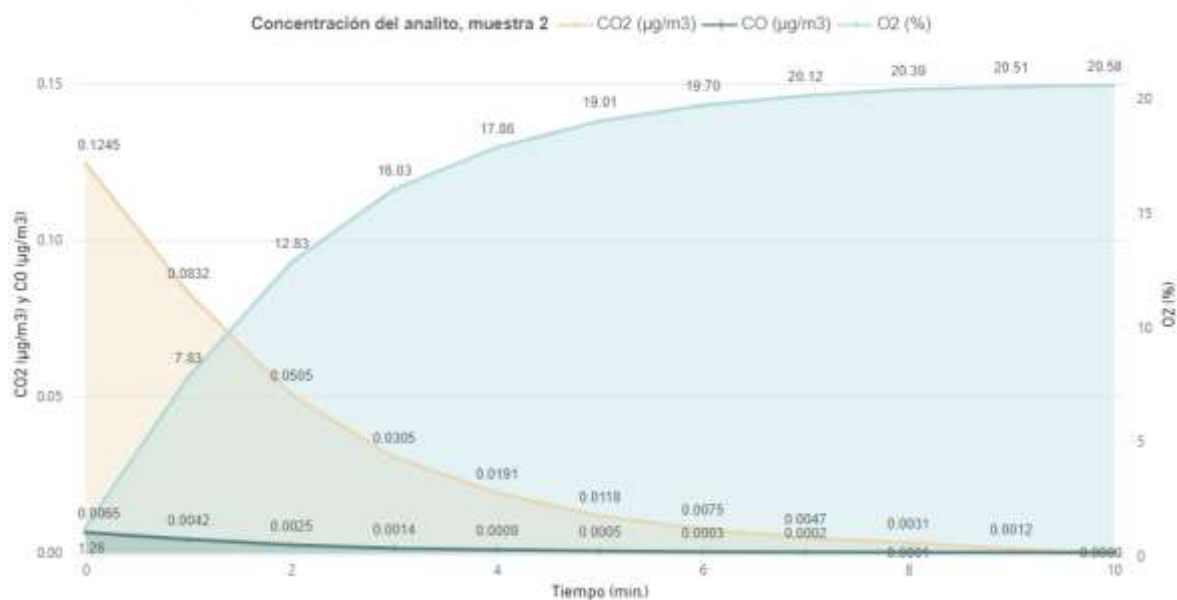


Figura 13. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 2

Como se muestra en la *Figura 13*, el porcentaje de CO y CO₂ antes de la aplicación de micronanoburbujas aéreas fue de 0.0065 µg/m³ y 0.1245 µg/m³, respectivamente. Tras diez minutos después del tratamiento, las concentraciones de ambos gases se redujeron en su totalidad; es decir, al 100%. Asimismo, el porcentaje inicial de O₂ fue de 1.26% y, tras diez minutos de tratamiento, resultó de 20.58%.

Tabla 5. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 2

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0065	0.1245	1.26
1	0.0042	0.0832	7.83
2	0.0025	0.0505	12.83
3	0.0014	0.0305	16.03
4	0.0009	0.0191	17.86
5	0.0005	0.0118	19.01
6	0.0003	0.0075	19.7
7	0.0002	0.0047	20.12
8	0.0001	0.0031	20.39
9	0.0001	0.0012	20.51
10	0	0	20.58

Muestra 3

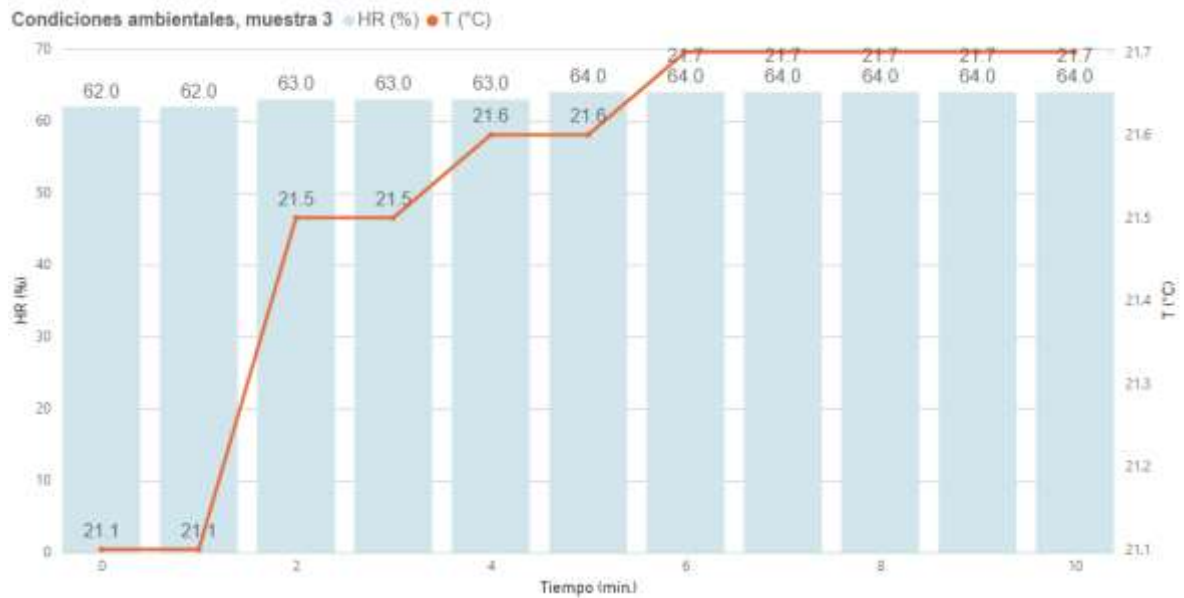


Figura 14. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 3

Como se aprecia en la *Figura 14* los valores iniciales tanto de la humedad relativa como de la temperatura fue de 62% y 21.1°C, respectivamente. Transcurridos los diez minutos del tratamiento, estos valores fueron de 64% y 21.7°C.

Tabla 6. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 3

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	62	21.1
1	62	21.1
2	63	21.5
3	63	21.5
4	63	21.6
5	64	21.6
6	64	21.7
7	64	21.7
8	64	21.7
9	64	21.7
10	64	21.7

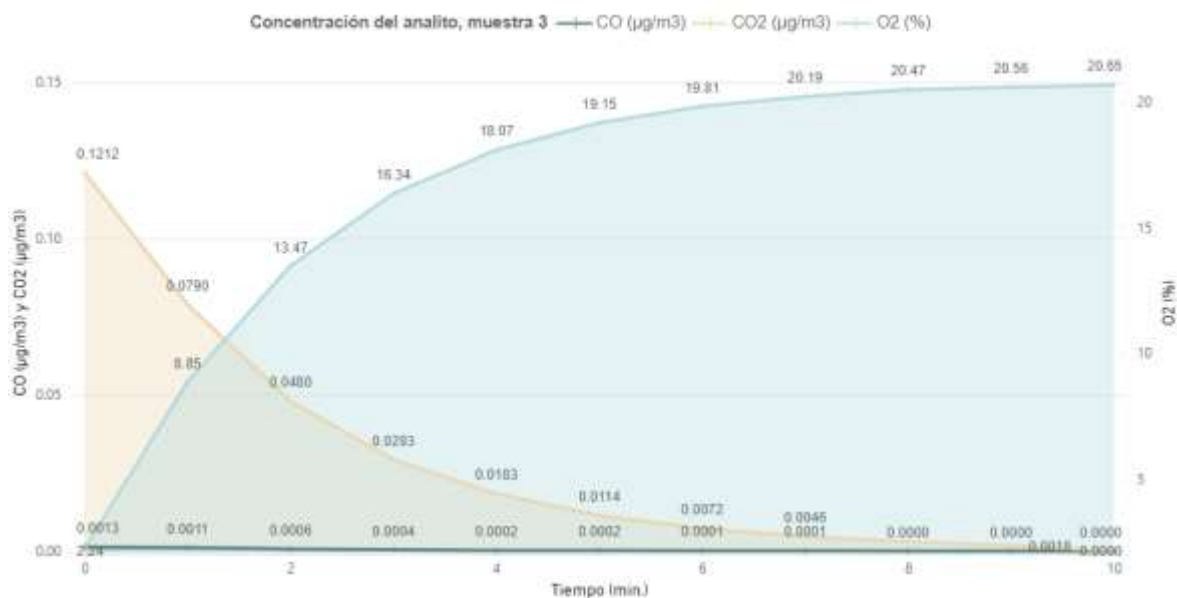


Figura 15. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 3

Como se muestra en la Figura 15, la concentración tanto de CO como CO₂ fue de 0.0013 µg/m³ y 0.1212 µg/m³, respectivamente. Tras la aplicación de micronanoburbujas aéreas por diez minutos, las concentraciones de CO y CO₂ en la cámara de tratamiento se redujeron al 100%. Asimismo, el O₂ aumentó de 2.24% a 20.65%.

Tabla 7. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 3

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0013	0.1212	2.24
1	0.0011	0.079	8.85
2	0.0006	0.048	13.47
3	0.0004	0.0293	16.34
4	0.0002	0.0183	18.07
5	0.0002	0.0114	19.15
6	0.0001	0.0072	19.81
7	0.0001	0.0046	20.19
8	0	0.0029	20.47
9	0	0.0018	20.56
10	0	0	20.65

Muestra 4

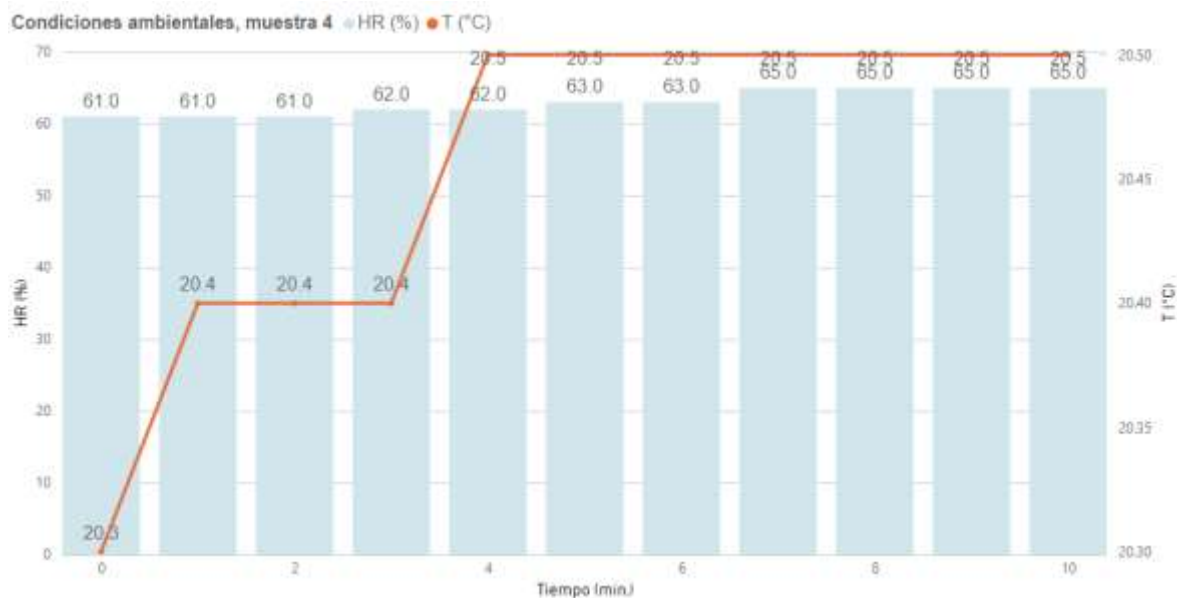


Figura 16. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 4

Según se muestra en la *Figura 16*, la humedad relativa inicial fue de 61% con 20.3°C de temperatura. Luego de los diez minutos de tratamiento con micronanoburbujas aéreas, los valores fueron de 65% en cuanto a la humedad relativa y 20.5°C de temperatura.

Tabla 8. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 4

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	61	20.3
1	61	20.4
2	61	20.4
3	62	20.4
4	62	20.5
5	63	20.5
6	63	20.5
7	65	20.5
8	65	20.5
9	65	20.5
10	65	20.5

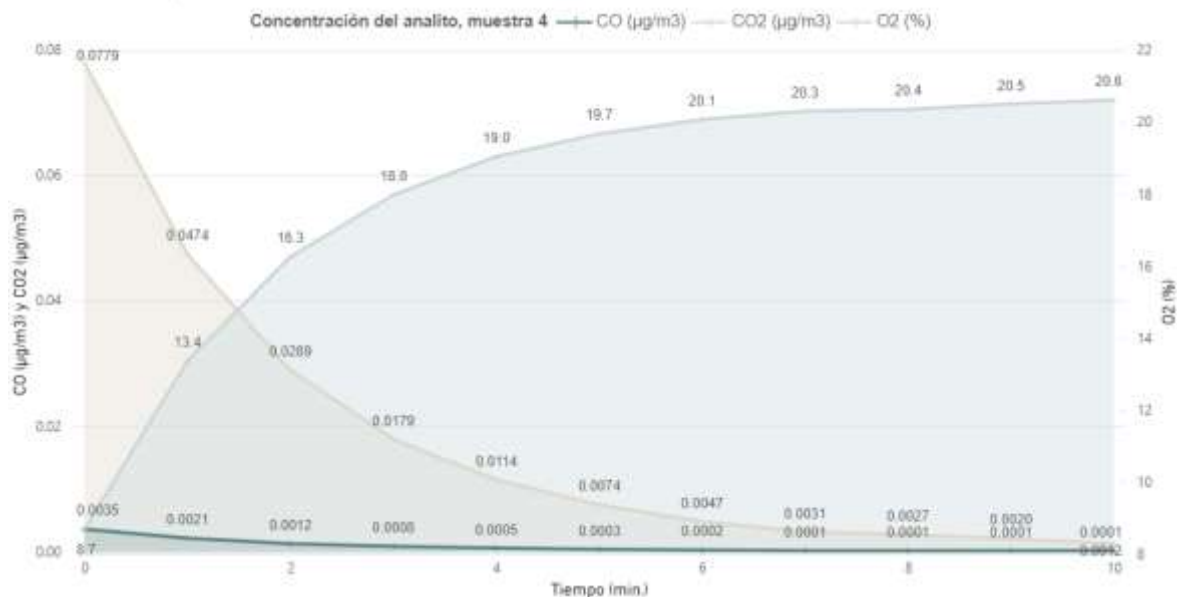


Figura 17. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 4

Según la Figura 17, antes del tratamiento aplicando micronanoburbujas aéreas, la concentración de CO fue 0.0035 µg/m³ y 0.0779 µg/m³ de CO₂. Luego del tratamiento aplicando micronanoburbujas aéreas, las concentraciones de los gases en la cámara de tratamiento fueron de 0.0001 µg/m³ en cuanto al CO y 0.0012 µg/m³ de CO₂. El O₂ aumentó en 11.91%, siendo índice del suministro de MNB.

Tabla 9. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 4

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0035	0.0779	8.7
1	0.0021	0.0474	13.37
2	0.0012	0.0289	16.26
3	0.0008	0.0179	17.98
4	0.0005	0.0114	19.04
5	0.0003	0.0074	19.67
6	0.0002	0.0047	20.07
7	0.0001	0.0031	20.3
8	0.0001	0.0027	20.35
9	0.0001	0.002	20.5
10	0.0001	0.0012	20.61

Muestra 5

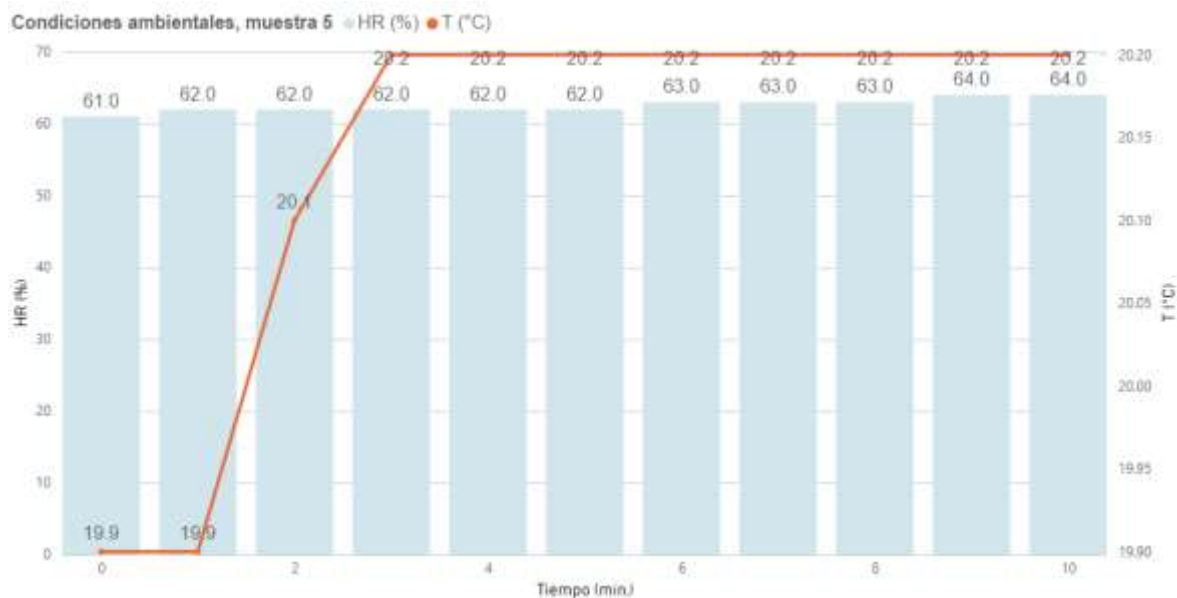


Figura 18. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 5

Según se muestra en la Figura 18, los valores iniciales de la humedad relativa y temperatura fueron 61% y 19.9°C, respectivamente. Tras diez minutos de la aplicación de micronanoburbujas, estos valores incrementaron en 3% y 0.3°C, resultando 64% de humedad relativa a 20.2°C de temperatura.

Tabla 10. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 5

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	61	19.9
1	62	19.9
2	62	20.1
3	62	20.2
4	62	20.2
5	62	20.2
6	63	20.2
7	63	20.2
8	63	20.2
9	64	20.2
10	64	20.2

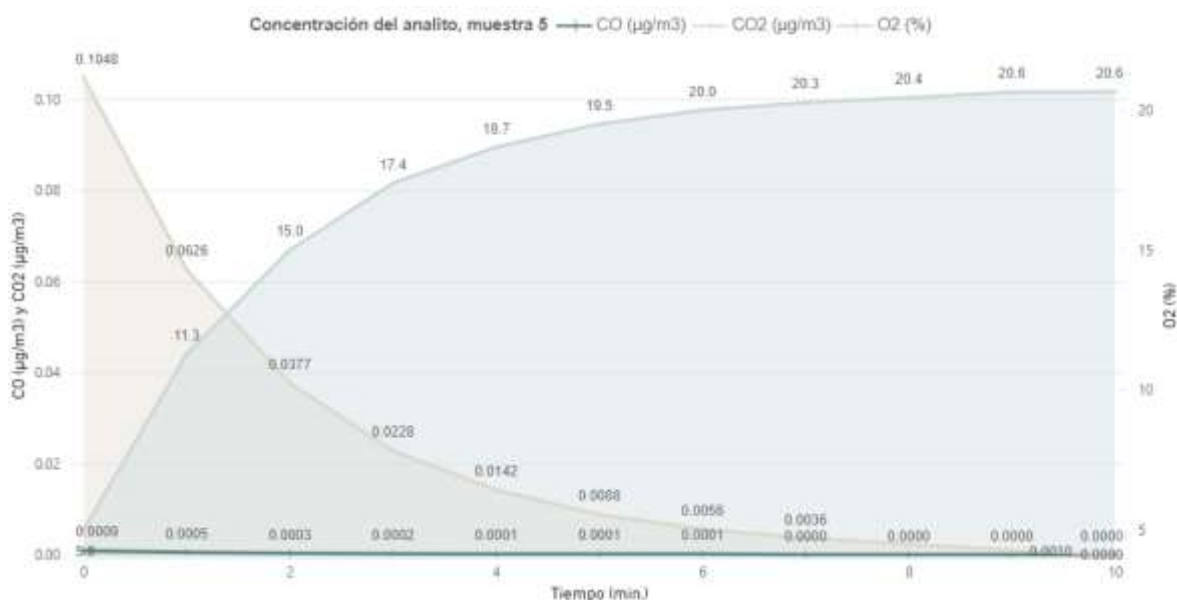


Figura 19. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 5

Según la Figura 19, la concentración inicial de CO y CO₂ fue de 0.0009 µg/m³ y 10.48 µg/m³, respectivamente. Transcurridos los diez minutos del tratamiento aplicando micronanoburbujas aéreas, las concentraciones de ambos gases se redujeron al 100%. Asimismo, el porcentaje de O₂ en la cámara aumentó de 5% a 20.64%.

Tabla 11. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 5

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0009	0.1048	5
1	0.0005	0.0626	11.28
2	0.0003	0.0377	14.99
3	0.0002	0.0228	17.38
4	0.0001	0.0142	18.66
5	0.0001	0.0088	19.49
6	0.0001	0.0056	19.98
7	0	0.0036	20.25
8	0	0.0023	20.43
9	0	0.001	20.62
10	0	0	20.64

Muestra 6

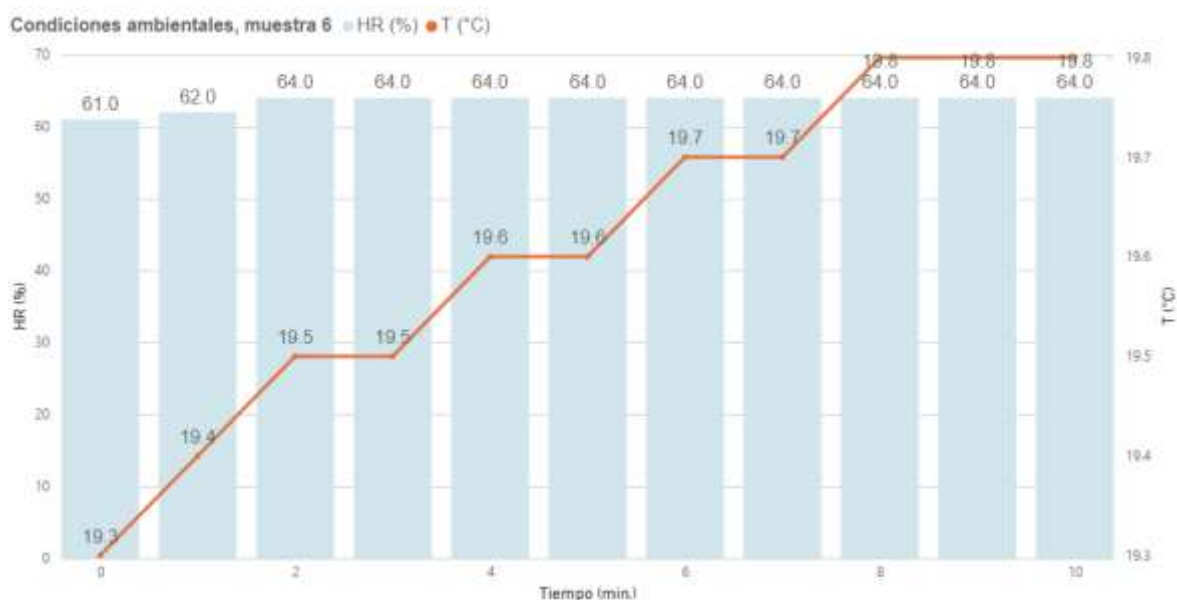


Figura 20. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 6

Según los datos de la *Figura 20*, la humedad relativa antes del tratamiento con micronanoburbujas aéreas fue de 61% a una temperatura de 19.3°C. Transcurridos los diez minutos del tratamiento, la humedad relativa aumentó a 64% y la temperatura a 19.8°C.

Tabla 12. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 6

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	61	19.3
1	62	19.4
2	64	19.5
3	64	19.5
4	64	19.6
5	64	19.6
6	64	19.7
7	64	19.7
8	64	19.8
9	64	19.8
10	64	19.8

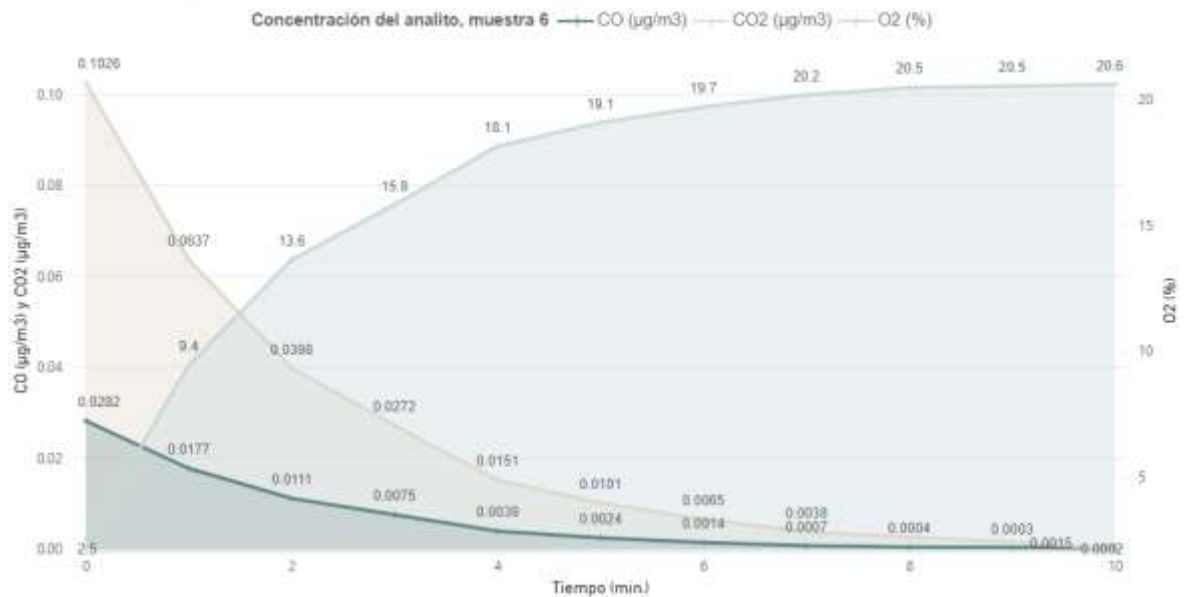


Figura 21. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 6

Como se detalla en la Figura 21, inicialmente las concentraciones de CO y CO₂ fueron de 0.0282 µg/m³ y 0.1026 µg/m³, respectivamente. Luego de la aplicación de micronanoburbujas aéreas durante diez minutos, la concentración de CO se redujo en 0.0280 µg/m³, restando 0.0002 µg/m³ de este gas en la cámara de tratamiento; en cuanto al CO₂, luego del tratamiento se redujo al 100%. Asimismo, el porcentaje de O₂ inicial fue de 2.53% y, luego del tratamiento, fue de 20.59%.

Tabla 13. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 6

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0282	0.1026	2.53
1	0.0177	0.0637	9.43
2	0.0111	0.0398	13.62
3	0.0075	0.0272	15.81
4	0.0039	0.0151	18.13
5	0.0024	0.0101	19.07
6	0.0014	0.0065	19.69
7	0.0007	0.0038	20.17
8	0.0004	0.0026	20.46
9	0.0003	0.0015	20.52
10	0.0002	0	20.59

Muestra 7

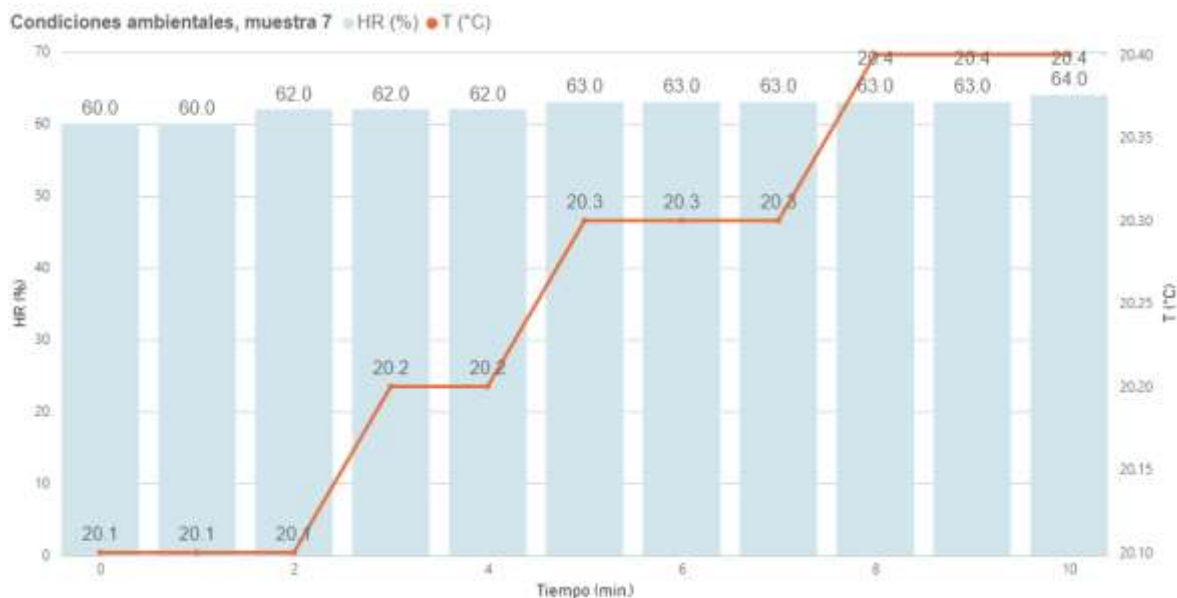


Figura 22. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 7

Como se aprecia en la *Figura 22*, los valores iniciales de humedad relativa y temperatura fueron de 60% y 20.1°C, respectivamente. Asimismo, luego del tratamiento aplicando micronanoburbujas aéreas, los valores aumentaron en 4% y 0.3°C, resultando 64% de humedad relativa a una temperatura de 20.4°C.

Tabla 14. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 7

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	60	20.1
1	60	20.1
2	62	20.1
3	62	20.2
4	62	20.2
5	63	20.3
6	63	20.3
7	63	20.3
8	63	20.4
9	63	20.4
10	64	20.4

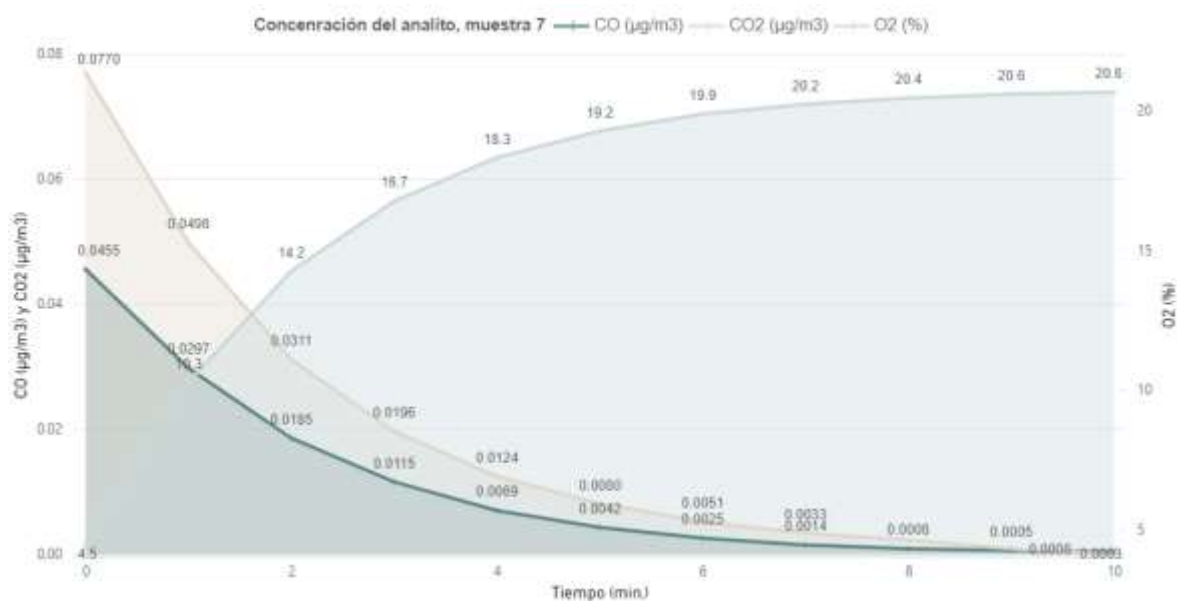


Figura 23. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 7

Según de muestra en la *Figura 23*, la concentración inicial del CO fue de 0.0455 µg/m³ y, tras los diez minutos de tratamiento, restó 0.0003 µg/m³ en la cámara; en cuanto al CO₂, la concentración inicialmente fue de 0.0770 µg/m³ y, transcurridos los diez minutos del tratamiento, la concentración final de este gas en la cámara fue de 0.0000 µg/m³. Asimismo, el porcentaje de O₂ aumentó de 4.48% a 20.62%.

Tabla 15. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 7

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0455	0.077	4.48
1	0.0297	0.0498	10.25
2	0.0185	0.0311	14.23
3	0.0115	0.0196	16.73
4	0.0069	0.0124	18.29
5	0.0042	0.008	19.24
6	0.0025	0.0051	19.85
7	0.0014	0.0033	20.2
8	0.0008	0.0022	20.42
9	0.0005	0.0008	20.56
10	0.0003	0	20.62

Muestra 8

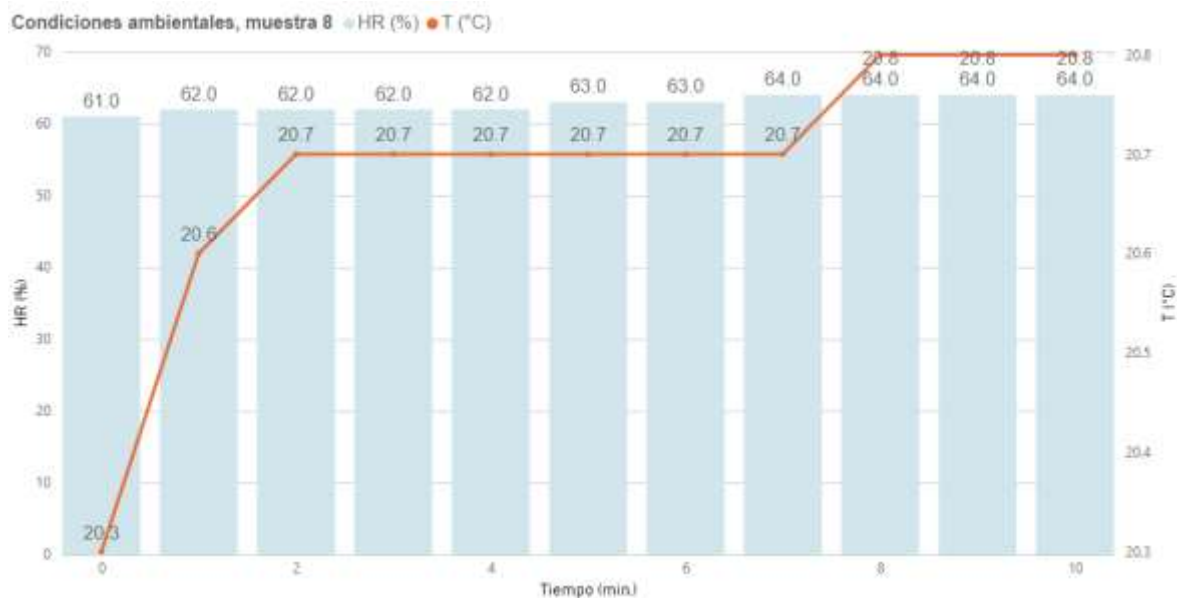


Figura 24. Humedad relativa y temperatura por tiempo de tratamiento, muestra 8

Según se muestra en la Figura 24, el porcentaje de humedad relativa inicial fue de 61% a 20.3°C, luego de diez minutos de aplicación de micronanoburbujas aéreas, la humedad relativa aumentó en 3% y la temperatura en 0.5°C.

Tabla 16. Condiciones ambientales durante la aplicación de MNB, muestra 8

Tiempo (min.)	HR (%)	T (°C)
0	60	20.1
1	60	20.1
2	62	20.1
3	62	20.2
4	62	20.2
5	63	20.3
6	63	20.3
7	63	20.3
8	63	20.4
9	63	20.4
10	64	20.4

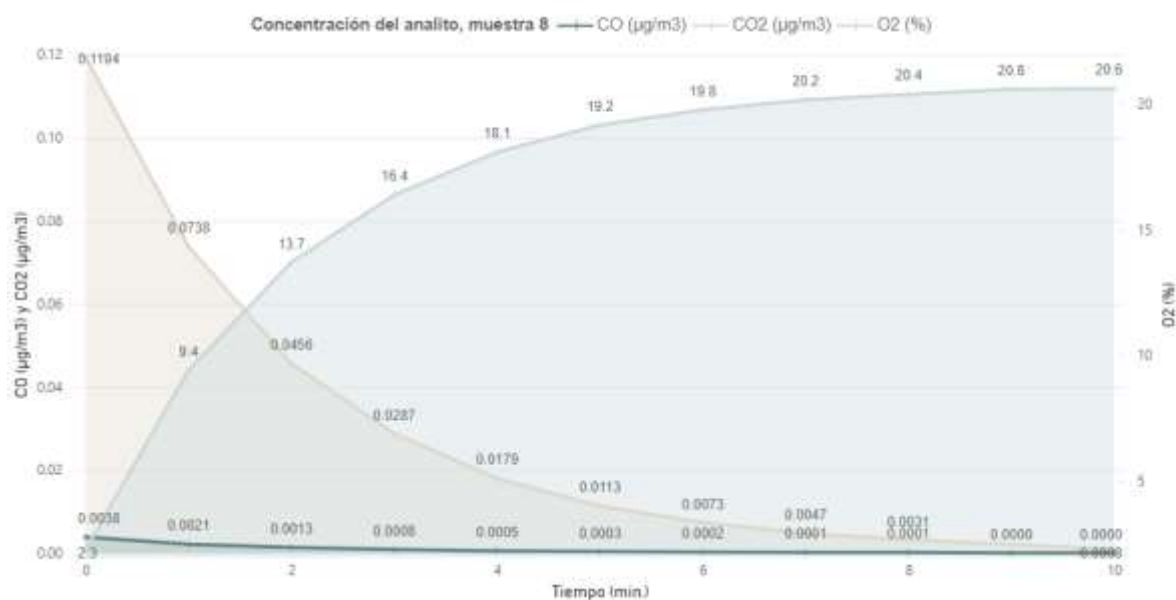


Figura 25. Concentración de CO, CO₂ y O₂ por tiempo de tratamiento, muestra 8

Como se observa en la *Figura 25*, la concentración inicial de CO fue de 0.0038 µg/m³ y, tras la aplicación de micronanoburbujas aéreas, se redujo al 100%; en cuanto al CO₂, la concentración inicial de este gas fue de 0.1194 µg/m³ y, tras la aplicación de MNB durante diez minutos, se redujo en 0.1186 µg/m³. Asimismo, el porcentaje de O₂ inicial fue de 2.3% y, culminado el tratamiento, resultó 20.6%.

Tabla 17. Concentración del analito durante la aplicación de MNB, muestra 8

Tiempo (min.)	CO (µg/m ³)	CO ₂ (µg/m ³)	O ₂ (%)
0	0.0038	0.1194	2.30
1	0.0021	0.0738	9.40
2	0.0013	0.0456	13.70
3	0.0008	0.0287	16.37
4	0.0005	0.0179	18.08
5	0.0003	0.0113	19.15
6	0.0002	0.0073	19.76
7	0.0001	0.0047	20.15
8	0.0001	0.0031	20.37
9	0	0.0021	20.58
10	0	0.0008	20.60

A continuación, se detalla en el *Formato N.º 5* el porcentaje en el que se redujeron las concentraciones de CO y CO₂, así como el porcentaje de eficiencia promedio del tratamiento aplicando micronanoburbujas aéreas.

Tabla 18. Comparación de resultados y porcentaje de eficiencia

N.º muestra	Concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Concentración de CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Concentración de O ₂ (%)		
	Inicial	Final	Reducción	Inicial	Final	Reducción	Inicial	Final	Incremento
1	0.0072	0	0.0072	0.147	0.0031	0.1439	1.85	20.42	18.57
2	0.0065	0	0.0065	0.1245	0	0.1245	1.26	20.58	19.32
3	0.0013	0	0.0013	0.1212	0	0.1212	2.24	20.65	18.41
4	0.0035	0.0001	0.0034	0.0779	0.0012	0.0767	8.7	20.61	11.91
5	0.0009	0	0.0009	0.1048	0	0.1048	5	20.64	15.64
6	0.0282	0.0002	0.0280	0.1026	0	0.1026	2.53	20.59	18.06
7	0.0455	0.0003	0.0452	0.077	0	0.077	4.48	20.62	16.14
8	0.0038	0	0.0038	0.1194	0.0008	0.1186	2.3	20.6	18.3
Promedio	0.0121	0.0001	0.0120	0.1093	0.0006	0.1087	3.55	20.59	17.04

↑O₂ (%)

82.78%

Eficiencia prom. ↓CO
(%)

99.38%

Eficiencia prom. ↓CO₂
(%)

99.42%

Para caracterizar las micronanoburbujas, se emplearon las fórmulas correspondientes al cálculo de la velocidad de ascenso (m/s) y la presión interna (atm).

Velocidad de ascenso

(b)

$$v = \frac{\rho \cdot g \cdot (d)^2}{18 \cdot \eta}$$

$$(1) v_{m1} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (2.4 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 3.1147 \times 10^{-6} m/s$$

$$(2) v_{m2} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (0.24 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 3.1147 \times 10^{-8} m/s$$

$$(3) v_{m3} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (0.1 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 5.4 \times 10^{-9} m/s$$

$$(4) v_{m4} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (2 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 2.16 \times 10^{-6} m/s$$

$$(5) v_{m5} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (0.1 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 5.4 \times 10^{-9} m/s$$

$$(6) v_{m6} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (0.1 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 5.4 \times 10^{-9} m/s$$

$$(7) v_{m7} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (0.24 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 3.1147 \times 10^{-8} m/s$$

$$(8) v_{m8} = \frac{998.2 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times (0.28 \times 10^3 \times 10^{-9} m)^2}{18 \times 1.005 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}} \rightarrow 4.239 \times 10^{-8} m/s$$

∴ Velocidad de ascenso promedio: $4.0734 \times 10^{-7} m/s$

Presión interna

(c)

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{d}$$

$$(1) \Delta P = \frac{4(0.0728 N/m)}{2.4 \times 10^{-6} m} \rightarrow 121\,333.3 N/m^2 \approx 1.197 atm$$

$$(2) \Delta P = \frac{4(0.0728 N/m)}{0.24 \times 10^{-6} m} \rightarrow 1\,213\,333.3 N/m^2 \approx 11.97 atm$$

$$(3) \Delta P = \frac{4(0.0728 N/m)}{0.1 \times 10^{-6} m} \rightarrow 2\,912\,000 N/m^2 \approx 28.739 atm$$

$$(4) \Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{2 \times 10^{-6} \text{ m}} \rightarrow 145\,600 \text{ N/m}^2 \approx 1.437 \text{ atm}$$

$$(5) \Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{0.1 \times 10^{-6} \text{ m}} \rightarrow 2\,912\,000 \text{ N/m}^2 \approx 28.739 \text{ atm}$$

$$(6) \Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{0.1 \times 10^{-6} \text{ m}} \rightarrow 2\,912\,000 \text{ N/m}^2 \approx 28.739 \text{ atm}$$

$$(7) \Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{0.24 \times 10^{-6} \text{ m}} \rightarrow 1\,213\,333.3 \text{ N/m}^2 \approx 11.97 \text{ atm}$$

$$(8) \Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{0.28 \times 10^{-6} \text{ m}} \rightarrow 1\,040\,000 \text{ N/m}^2 \approx 10.264 \text{ atm}$$

∴ Presión interna promedio: 15.382 atm

En base a ello, se llenó el instrumento de recolección de datos (*Formato N.º 3*), resultando de la siguiente manera:

Tabla 19. Características físicas de las micronanoburbujas aéreas

N.º Muestra	Características físicas de las MNB		
	Diámetro (µm)	Velocidad de ascenso (m/s)	Presión interna (atm)
1	2.4	3.114781×10^{-6}	1.197
2	0.24	3.1147×10^{-8}	11.97
3	0.1	5.4×10^{-9}	28.739
4	2	2.16×10^{-6}	1.437
5	0.1	5.4×10^{-9}	28.739
6	0.1	5.4×10^{-9}	28.739
7	0.24	3.1147×10^{-8}	11.97
8	0.28	4.239×10^{-8}	10.264
Promedio	0.6825	4.0734×10^{-7}	15.381875

De igual manera, se registró información concerniente a las condiciones del entorno operacional de las micronanoburbujas

Tabla 20. Condiciones operacionales de las micronanoburbujas aéreas

N.º Muestra	Condiciones del entorno operacional de las MNB			
	Cantidad por gota (ud.)	Flujo de ingreso (L/s)	Presión de aire suministrado (atm)	Flujo del agua destilada (L/s)
1	88	0.00196	38.71	0.06
2	102	0.00392	48.39	0.1
3	107	0.00392	53.23	0.108
4	92	0.00218	40.64	0.088
5	110	0.00392	53.3	0.11
6	110	0.00392	53.3	0.108
7	100	0.00392	48.39	0.1
8	93	0.0028	40.64	0.09
Promedio	100.25	0.0033175	47.075	0.0955

V. DISCUSIÓN

El principal hallazgo de la experimentación fue el grado de eficiencia, tanto en la reducción de gases contaminantes, en este caso monóxido y dióxido de carbono, como en tiempo que tardó en reducir los mismos aplicando el tratamiento de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio.

En cuanto a recursos utilizados para efectuar el tratamiento, la cantidad fue reducida, puesto que lo que más se necesitó fue el agua destilada para generar las micronanoburbujas y, al no requerir de reactivos o compuestos nocivos, no genera algún tipo de contaminante secundario que pueda perjudicar el medio ambiente. Además, respecto al consumo energético, fue utilizado racionalmente dado que el tiempo de tratamiento no fue mayor a 10 minutos por muestra.

En el siguiente apartado, se expresa la discusión en base a los resultados obtenidos durante la experimentación, contrastándolos con los siguientes autores.

En la presente investigación se obtuvo como promedio de las ocho muestras una velocidad de ascenso de 4.0734×10^{-7} m/s y 15.382 atm de presión interna, resultando una relación inversamente proporcional entre ambas características físicas de las micronanoburbujas; a su vez, el diámetro de la burbuja es proporcional a la velocidad de ascenso e inversamente proporcional a su presión interna.

En concordancia con García (2019), en su tesis doctoral “Reducción electrocatalítica de CO₂ en fase gas mediante catalizadores sintetizados en medio supercrítico” concluyó que el proceso de electrorreducción de CO₂ en fase gas es viable a escala laboratorio; sin embargo, el autor indicó que no es suficiente para la aplicación a escala industrial. En la presente investigación, se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a la reducción de monóxido y dióxido de carbono, lográndose una eficiencia de 99.38% y 99.42%, respectivamente, tras la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio. A diferencia del autor en referencia, en la presente se denota la posibilidad que el tratamiento utilizado sea escalado para aplicaciones industriales, de tal manera minimizar las emisiones generadas en los distintos sectores productivos.

Odar (2019), según los análisis establecidos en su trabajo de investigación, sobre el diseño de un lavador de gases para determinar la disminución del material particulado y CO₂, destacó que el porcentaje de reducción fue de 90%, utilizando aproximadamente 0.036 m³/s de agua a fin de condensar los gases con material particulado. Ante ello, en la presente investigación, se determinó que el porcentaje de eficiencia tras la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio respecto a la reducción de dióxido de carbono fue de 99.42% y el caudal promedio empleado fue de 0.0955 L/s, teniendo mayor porcentaje de eficiencia en comparación al método del lavador de gases.

De acuerdo con Valdivia (2019), quien desarrolló un análisis documental comparativo, en el cual detalló que las nanoburbujas, al cargar un alto nivel de iones, limpian la parte interna del material pétreo por un sistema de absorción, retirando los agentes contaminantes expuestos. En la presente, se evidenció que la aplicación de micronanoburbujas aéreas es eficiente para descontaminar aire, puesto que redujo la concentración de CO y CO₂ en las muestras de aire contenidas en la cámara de tratamiento.

Gil y Gaicedo (2016) utilizaron un filtro de aluminio para reducir las emisiones de CO y CO₂, donde obtuvieron una reducción promedio de 65% y 57% para cada gas, respectivamente; en contraste, con la aplicación de micronanoburbujas aéreas a escala laboratorio, el porcentaje de reducción equivale al 99.38% y 99.35% para CO y CO₂, respectivamente. En este sentido, se observa que el método de micronanoburbujeo obtuvo mejores resultados y, más allá de ello, es favorable en cuanto a los recursos utilizados, ya que solo se adquirió el agua destilada para la generación de micronanoburbujas, resultando un gasto inferior en comparación al aluminio y demás insumos como fuente para la reducción de CO y CO₂.

Méndez y Valverde (2017), aplicaron un diseño preexperimental, tomando inicialmente tres muestras, cada una con distintas concentraciones de amoxicilina por un periodo de tiempo de 15, 30 y 45 minutos, respectivamente; obteniendo como resultados que, en la primera muestra se redujo la DQO y materia orgánica en 76.9% y 65.8%; en la segunda, 56% y 55.7%; en la tercera, 68.66% y 40.9%, concluyendo que sí se redujo ambos parámetros tras la aplicación del tratamiento. En este sentido, según resultados de la presente, se llevaron a cabo ocho

repeticiones del proceso, obteniendo un promedio de reducción de 1.2% y 10.9% para CO y CO₂, respectivamente, tal como figura en el *Formato N.º 5* y considerándose que la escala empleada fue a laboratorio, contando con una cámara de tratamiento de aire de 4.3 litros de capacidad.

Xiangzhang (2021) hace mención que las micronanoburbujas de aire son eficientes para reducir el gas residual trifenilo y que este método es recomendable por su bajo consumo energético y dado que no contiene algún tipo de contaminación secundario por la aplicación del mismo. En concordancia, en la presente investigación se destaca el alto rendimiento de las micronanoburbujas aéreas para la reducción de monóxido y dióxido de carbono a escala laboratorio. Asimismo, se comprobó que el método en referencia no genera contaminación adicional de índole alguna luego del tratamiento, recomendando su aplicación para futuros estudios.

Kimeidou (2016) en su estudio planteó un sistema de procesamiento de gas residual orgánico empleando burbujas nanométricas, el cual cuenta con un ducto de entrada para el gas residual, una torre de absorción del gas, un generador de burbujas, un ventilador de tiro inducido A, ventilador de tiro inducido B y una pila de desechos. Los investigadores de la presente también consideraron necesario el ducto de ingreso del aire contaminado y uno para la salida del gas tratado en el diseño del sistema de tratamiento de aire contaminado (*Figura 4*), así como la abertura para el suministro de las micronanoburbujas, las cuales fueron conectadas mediante mangueras desde el generador hasta la cámara de tratamiento. Adicionalmente, con el fin de registrar la calidad del aire y condiciones a tiempo real durante el tratamiento, se acondicionó el analizador de gases Gasboard-5020 y un termohigrómetro para determinar la temperatura y humedad relativa en la cámara de tratamiento de aire contaminado.

Villón y Valverde (2019), tras la evaluación de contaminantes en los efluentes de la industria de conserva de pescado haciendo uso de nanoburbujas aéreas, concluyeron que la aplicación de nanoburbujas tiene efectividad para reducir SST, DBO₅ y aceites y grasas. Si bien el medio en el cual se aplicaron las nanoburbujas fue distinto al de la presente investigación, coincide en la obtención de resultados significativos tras su aplicación para la reducción de contaminantes en el medio.

Díaz (2019) determinó la eficacia en la remoción de contaminantes en efluentes de tratamiento de aguas residuales Covicorti mediante nanoburbujas de aire, para lo cual aplicó el tratamiento por 20 minutos y obtuvo un porcentaje de reducción de 66.68% para oxígeno disuelto, 28.08% para la demanda bioquímica de oxígeno y 63.10% para coliformes termotolerantes. Para la presente, el tiempo de tratamiento considerado fue de 10 minutos, tiempo en el cual se vio el porcentaje de reducción de hasta el 100% en algunas muestras, esto sujeto al porcentaje de contaminantes ingresados a la cámara. La concentración reducida promedio para el monóxido de carbono fue de 1.20% (99%) y de 10.87% (99%) para el dióxido de carbono, notándose cómo las micronanoburbujas tuvieron un desenvolvimiento ventajoso para la descontaminación de aire.

Cueva (2021) tuvo como objetivo remover coliformes totales en agua almacenada en tanques elevados de viviendas, para lo cual tomó una muestra inicial de 60 L de agua, aplicó el tratamiento en tres tiempos, siendo 5, 10 y 15 minutos. Obtuvo como eficiencia promedio 66.67% a los 5 minutos, 73.33% a los 10 minutos y 93.33% a los 15 minutos. En la aplicación de micronanoburbujas aéreas para reducir monóxido y dióxido de carbono, a los 10 minutos, en el 62.5% de las muestras se obtuvo un porcentaje de reducción del 100%, por lo que la aplicación de este método es recomendable para descontaminar diversos medios y no ser tan abrasivos con el medio ambiente.

Por otra parte, en cuanto a las debilidades del desarrollo de la presente investigación, cabe resaltar la coyuntura ocasionada por el SARS-Cov-2 que, de alguna u otra forma, limitó ciertos aspectos para que esta pueda llevarse a cabo con normalidad. No obstante, aceleró la transición hacia la virtualidad, por lo que se contó con alta gama de recursos en línea, ya sea nacionales e internacionales, los cuales aportaron a la obtención y síntesis de información.

En cuanto a la experimentación, se contó con equipos de monitoreo que determinan a tiempo real la variación de los parámetros, lo que permitió dar seguimiento sobre lo que sucedía dentro de la cámara de tratamiento.

VI. CONCLUSIONES

La presente investigación concluyó en lo siguiente:

1. La aplicación de micronanoburbujas aéreas redujo la concentración de CO y CO₂ en el aire, en un promedio de 99.38% en cuanto al CO y del 99.42% para el CO₂, siendo porcentajes de reducción significativos a escala laboratorio – Lima, 2022.
2. Las condiciones ambientales fueron la humedad relativa y la temperatura, el porcentaje de humedad relativa óptimo fue del 65% a una temperatura de 21.4°C, en promedio, durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022.
3. La concentración inicial y final promedio del CO fue de 1.21% y 0.01%, respectivamente, siendo el porcentaje de reducción promedio de 1.20% (99%); en razón al CO₂, la concentración inicial promedio fue de 10.93% y la final de 0.06%, correspondiendo un porcentaje de reducción de 10.87% (99%) a escala laboratorio – Lima, 2022.
4. Las características físicas de las micronanoburbujas aéreas fueron el diámetro, la presión interna y la velocidad de ascenso, las cuales resultaron en promedio 0.68 µm, 0.10 atm y 4.07×10^{-7} m/s, respectivamente, siendo favorables para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022.
5. Las condiciones del entorno operacional de las micronanoburbujas fueron la cantidad de burbujas por gota que, en promedio, se contabilizaron alrededor de 100 por gota, el flujo de ingreso con un valor promedio de 0.00332 L/s, la presión del aire suministrado con 47.075 atm y el flujo del agua destilada para la generación de las mismas que, en promedio, fue 0.10 L/s, siendo las condiciones favorables para reducir CO y CO₂ en el aire a escala laboratorio – Lima, 2022.

VII. RECOMENDACIONES

- De la obtención de resultados satisfactorios tras la aplicación de micronanoburbujas aéreas para reducir CO y CO₂ a escala laboratorio, se expresa la posibilidad que en futuras investigaciones pueda redimensionarse el diseño de la cámara para ampliar la escala de estudio y, de tal manera, obtener resultados que respalden la eficiencia del tratamiento.
- El tratamiento en referencia está sujeto a variación durante la aplicación de micronanoburbujas aéreas durante diez minutos por cada muestra. Con el fin de reducir los impactos negativos por el consumo energético, se sugiere implementar otras fuentes para el abastecimiento energético al generador de micronanoburbujas, así lograr la transición total hacia la ecoeficiencia en el tratamiento.
- Tomar como referencia la presente e implementar sistemas de tratamiento de aire contaminado, idealmente, como alternativas de producción más limpia o, de ser el caso, como tecnología al final del tubo.
- Considerar otros analitos perjudiciales a la atmósfera, así como tratamientos análogos para la descontaminación de aire.

REFERENCIAS

ACOSTA, Antonio. La nanotecnología: El mundo de las máquinas a escala nanométrica. Barcelona: RBA, 2019, 176 pp.

AGENCIA de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Disponible en: <https://espanol.epa.gov/cai/impacto-del-monoxido-de-carbono-en-la-calidad-del-aire-de-los-interiores>

AGENCIA para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.

Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.html

AIR quality in Lima. Air quality index (AQI) and OM 2.5 air pollution in Lima.

Disponible en: <https://www.iqair.com/peru/lima>

ARIAS, José. Proyecto de tesis: Guía para la elaboración. Arequipa, 2020. 75 pp.

BANCO mundial. 31 de julio de 2021.

Disponible en: https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL?most_recent_value_desc=false

BERMEJO, Begoña. Estudios experimentales. *Matronas prof* [en línea]. 9 (1) Enero – marzo 2008. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2022]. Disponible en <https://studylib.es/doc/5370212/estudios-experimentales>

BOLDO, Elena. La contaminación del aire. Madrid: Catarata/Instituto de Salud Carlos III, 2016. 129 pp. ISBN: 9788490972281

CIRERA, Marina. Nanoburbujas. *Moleq̃la: Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide* [en línea]. Marzo 2022, n.º 44. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2022]. Disponible en <https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleq̃la/documentos/Numero44/N4-4-Moleq̃la.pdf>

CRIOLLO, Kerly y OCHOA, Karen. Las nanoburbujas, tecnología que cambia el mundo. *Revista Juventud y Ciencia Solidaria* [en línea]. Abril 2022, n.º 10. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2022]. Disponible en

CUEVA, Alexandra. Remoción de coliformes totales en agua almacenada en tanques elevados domésticos mediante nanoburbujas de aire. Tesis (Licenciada en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Privada del Norte. 62 pp.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28062/Cueva%20D%c3%adaz%2c%20Alexandra-Parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DÍAZ, Luz. Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes en efluentes de tratamiento de aguas residuales Covicorti mediante nanoburbujas de aire – oxígeno. Tesis (Licenciado en Ingeniería Química). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2019. 66 pp.

Disponible en https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14536/DiazIglesias_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESCOBEDO, Salvador y DE LASA, Hugo. Fotocatálisis para procesos de tratamiento del aire: Tecnologías actuales y aplicaciones futuras para la eliminación de contaminantes orgánicos y virus [en línea]. *Catalizadores*. 10(9): 966, 2020.

Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4344/10/9/966>

GARCÍA, Jesús. Reducción electrocatalítica de CO₂ en fase gas mediante catalizadores sintetizados en medio supercrítico, 2019. Tesis (Doctor en Ingeniería y tecnologías químicas). España: Universidad de Castilla – La Mancha, 2019.

GIL, Camilo y CAICEDO, Oscar. Evaluación de la eficiencia en la reducción de emisiones de CO y CO₂ por medio del diseño experimental de un filtro de aluminio, 2016. Tesis (Licenciado en Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2016. 72 pp.

GONZALES, Evelyn. Microburbujas de aire para el tratamiento de agua residual

industrial de la refinería “La Pampilla”, 2018. Tesis (Licenciado en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. 145 pp.

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40219>

HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: Editorial Mc Graw Hill Education, 2018, 714 pp. ISBN: 9781456260965

HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México D.F.: Interamericana editores, S.A. de C.V., 2014, 632 pp. ISBN: 9781456223960

KIMEIDOU. En español: Sistema de tratamiento de gases residuales orgánicos con nanoburbujas. CN2054727U. China, 2016. Disponible en <https://patentimages.storage.googleapis.com/0e/a4/a9/e6268073f740b9/CN205472748U.pdf>

LIMA es la séptima ciudad con más polución de aire en Latinoamérica [Titular de noticia]. Lima: Radio Programas del Perú (21 de enero de 2020). [Fecha de consulta: 5 de setiembre de 2021].

Recuperado de <https://rpp.pe/lima/actualidad/lima-es-la-septima-ciudad-con-mas-polucion-de-aire-en-latinoamerica-noticia-1240870?ref=rpp>

MÉNDEZ, Rossana y VALVERDE, Jhonny. Reducción de la demanda química de oxígeno y material orgánico del agua contaminada con amoxicilina a través de aplicación de micro-nanoburbujas de aire. *Revista de nanotecnología*, 1(2): 36-45, 2017. ISSN: 25226908

MENDOZA, Sandra. Nanociencia y nanotecnología en carreras de ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería* [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2022]. Disponible en <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/89244>

METODOLOGÍA de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis por Humberto Ñaupas [et al.]. Bogotá: Ediciones de la U, 2014. 538 pp. ISBN: 9789587621884

METODOLOGÍA de la investigación por Ñaupas [et al.]. Perú: Ediciones de la U,

2013. 525 pp. ISBN: 9789587621884

NACIONES unidas.

Disponible en: <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>

NACIONES unidas.

Disponible en: <https://www.un.org/es/global-issues/population>

ODAR Pacherez, David. Diseño de un lavador de gases para determinar la disminución del material particulado de la caldera acuotubular N.º 06 en Agroindustrial Pomalca. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánico Electricista). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36536/Pacherres_OD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PERÚ emite 380 toneladas diarias de CO2 que contaminan medio ambiente [Titular de noticia]. Lima: Farje,O., (25 de noviembre de 2014). [Fecha de consulta: 5 de setiembre de 2021].

Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-emite-380-mil-toneladas-diarias-co2-contaminan-medio-ambiente-532985.aspx>

REAL Academia Española. *Diccionario de la lengua española*, 23ª ed., [en línea]. [Fecha de consulta: 13 de setiembre de 2021].

Recuperado de: <https://dle.rae.es/reducir>

REYES, Rómulo y VALVERDE, Jhonny. Eficiencia de micro-nanoburbujas para el tratamiento de aguas residuales en Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco. *Revista de nanotecnología*. 1(1): 18-24, 2017. ISSN: 25226908

S&P Global Platts. *BP Statistical Review of World Energy* [en línea], 68:57, 2019. [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2021].

Disponible en <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>

S&P Global Platts. *BP Statistical Review of World Energy* [en línea], 70:15, julio

2021. [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2021].

Disponible en <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

SERIDOU, Petroula y KALOGERAKIS, Nicolás. Disinfection applications of ozone micro and nanobubbles. *Journal of Environmental Science: Nano*, 2021.

SHAREEFDEEN, Zarook. Biofiltros de alto rendimiento para aplicaciones de tratamiento de aire. *De la biofiltración a las opciones prometedoras en el biotratamiento de flujos gaseosos*. Elsevier: 111-127, 2020.

Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819064-7.00006-6>

TESTUD, François. Dioxyde de carbone. *EMC – Pathologie professionnelle et de l'environnement* [en línea], 5(2):1-5, enero 2010. [Fecha de consulta: 13 de setiembre de 2021].

Disponible en https://www.researchgate.net/publication/273861020_Dioxyde_de_carbone

UNIVERSIDAD César Vallejo (Perú). Resolución de Consejo Universitario N.º 0340, 2021. 18 pp.

VALDIVIA, Diego y VARGAS, Carlos. Tecnología de nanoburbujas para la limpieza del material pétreo de la arquitectura religiosa de Cusco, Perú. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño* [en línea]. 2019, n.º 26. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2021].

Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477961406012> ISSN: 20073615

VICENTE, Celeny. Remoción de plomo y zinc de efluentes mineros provenientes de la Unidad Mallay aplicando micro-nanoburbujas de aire, 2017. Tesis (Licenciado en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 48 pp.

VILLÓN, José y VALVERDE, Jhonny. Reducción de la concentración de contaminantes en los efluentes de la industria conservera de pescado utilizando

nanoburbujas de aire, Callao. *Revista de nanotecnología*. 3 (2): 18-24, 2020.
ISSN: 25226908

XIANGZHANG. En español: Tecnología de pulverización de burbujas micro-nano para tratar gas residual de revestimiento. *Red de protección ambiental de China* [en línea]. 03 de septiembre de 2021. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2022]. Disponible en <http://www.zhbw.com/huanbaokeji/202109/090339736.html>

ANEXOS

Anexo A. Matrix de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición		
Dependiente	Reducción de CO y CO ₂	Según RAE, reducir es volver al grado en el que se encontraba o aminorarlo.	La variable será medida a través de formatos, en los cuales se registrará, tras previo análisis, la concentración de CO y CO ₂ pre y postratamiento, así como la variación de las mismas.	Condiciones ambientales	Temperatura (°C)	De razón	
				Concentración del analito	Humedad relativa (%)		Concentración de CO y CO ₂ pretratamiento (µg/m ³)
Independiente	Aplicación de micro-nanoburbujas aéreas	Las micro-nanoburbujas (MNB) son cuerpos gaseosos microscópicos que oscilan entre la micro (<100 µm) y nanoescala (<1 µm). (Seridou, 2021)	La variable será medida a través de un formato, en el cual se registrará el comportamiento de las MNB a lo largo del tratamiento y estas serán caracterizadas en laboratorio mediante el software <i>DigitalCam</i> y del microscopio.		Características físicas de las MNB		Diámetro (µm)
				Condiciones del entorno operacional	Velocidad de ascenso (µm/s)		Presión interna (atm)
						Cantidad de burbujas por gota (ud.)	
					Flujo de ingreso a la cámara (L/s)	Presión de aire suministrado (atm)	

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Etapa	Fuente	Técnica	Instrumento	Resultado
Preanalítica				
Instalación de equipos	Laboratorio	Observación	Formato de toma de muestras de aire con CO y CO ₂	Registro de la muestra de aire con CO y CO ₂
Análítica				
Análisis de muestras pretratamiento	Laboratorio	Observación	Formato del análisis de concentración de CO y CO ₂ antes del tratamiento de MNB	Registro de concentración inicial de CO y CO ₂
Aplicación de MNB	Laboratorio	Observación	Formato del análisis de acción de las MNB para reducir CO y CO ₂ en el aire	Registro de características y condiciones del entorno operacional de las MNB
Análisis de muestras postratamiento	Laboratorio	Observación	Formato del análisis de concentración de CO y CO ₂ luego de la aplicación de MNB	Registro de concentración final de CO y CO ₂
Posanalítica				
Comparación de resultados	Laboratorio	Observación	Formato de comparación de concentraciones de CO y CO ₂ antes y después del tratamiento	Registro de resultados

Anexo C. Instrumentos validados

C.1. Formato de toma de muestras de aire contaminado

Formato N.º 1: Toma de muestras

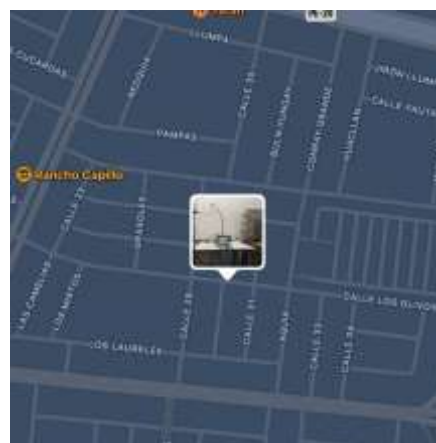
Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Datos de la muestra

Coordenadas UTM (WGS 84)	E:	N:
--------------------------	----	----

N.º muestra	Fecha (dd/mm/aa)	Hora (hh:mm)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		



C.2. Formato del análisis de concentración de CO y CO₂ antes del tratamiento de MNB

Formato N.º 2: Análisis inicial de la muestra

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Datos iniciales de la muestra

N.º muestra	Volumen de la cámara (L)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HR (%)	T (°C)	Observación
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

C.3. Formato de caracterización y entorno operacional de las MNB para reducir CO y CO₂ en el aire

Formato N.º 3: Aplicación de micronanoburbujas

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Del tratamiento

Tiempo (min.)	Características físicas de las MNB			Condiciones del entorno operacional de las MNB			
	Diámetro (µn-nm)	Velocidad de ascenso (Presión interna (atm)	Cantidad por gota (ud.)	Flujo de ingreso (L/s)	Presión de aire suministrado (atm)	Flujo del agua destilada (L/s)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
Promedio							

C.4. Formato del análisis de concentración de CO y CO₂ luego de la aplicación de MNB

Formato N.º 4: Análisis final de la muestra

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Datos de la muestra final

N.º muestra	Tiempo (min.)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HR (%)	T (°C)	Observación
	0						
	1						
	2						
	3						
	4						
M-1	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						

C.5. Formato de concentraciones inicial y final de CO y CO₂ y porcentaje de eficiencia del tratamiento

Formato N.º 5: Comparación de resultados y eficiencia del tratamiento

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Del tratamiento

N.º muestra	Concentración de CO (%)			Concentración de CO ₂ (%)			Concentración de O ₂ (%)		
	Inicial	Final	Reducción	Inicial	Final	Reducción	Inicial	Final	Incremento
1									
...									
8									
Promedio									

↑O ₂ (%)	<input type="text"/>	Eficiencia prom. ↓CO (%)	<input type="text"/>	Eficiencia prom. ↓CO ₂ (%)	<input type="text"/>
---------------------	----------------------	--------------------------	----------------------	---------------------------------------	----------------------

Anexo D. Validación de instrumentos

D.1. Validación de instrumentos por Ing. Ahuber Omar Vasquez Aranda

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Vasquez Aranda, Ahuber Omar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UNFV/UICV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: GESTIÓN AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO
- 1.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

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	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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

SÍ

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Lima 29 de junio del 2022



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP 92507
DNI No 07748967 Telf: 990077269

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y nombres: Vasquez Aranda, Aluber Omar
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 5.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato del análisis de concentración CO y CO₂ antes de la aplicación de MNB
 5.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Sí
No

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Lima 29 de junio del 2022



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 92507
 DNI No 07748967 Telf: 990077269

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y nombres: Vasquez Aranda, Aluber Omar
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de caracterización y entorno operacional de las MNB para reducir CO y CO₂ en el aire
 9.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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		

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SÍ

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Lima 29 de junio del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 92507
 DNI No 07748967 Telf.: 990077269

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y nombres: Vasquez Aranda, Aluber Omar
 13.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 13.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato del análisis de concentración CO y CO₂ luego de la aplicación de MNB
 13.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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		

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SÍ

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Lima 29 de junio del 2022



 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 92507
 DNI No 07748967 Telf: 990077269

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVII. DATOS GENERALES

- 17.1. Apellidos y nombres: Vasquez Aranda, Aluber Omar
 17.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 17.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 17.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de concentraciones inicial y final de CO y CO₂ y porcentaje de eficiencia del tratamiento
 17.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X			
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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			

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Lima 29 de junio del 2022

[Firma manuscrita]

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 92507
 DNI No 07748967 Telf.: 990077269

D.2. Validación de instrumentos por Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de toma de muestras de aire con CO y CO₂
- 1.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

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	Está formulado con lenguaje comprensible.												X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X			
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %


 Dr. Jhonny W. Valverde Flores
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2528-0228>
 Scopus ID Author: 3729661290
 CP: 7962

Lima, ____ de ____ del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP:.....
 DNI N. ° Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y nombres: Valverde Flores, Johnny Wilfredo
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato del análisis de concentración CO y CO₂ antes de la aplicación de MNB
- 5.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

90 %

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN




Dr. Johnny W. Valverde Flores
 ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2528-1124
 Scopus ID Author: 3759412865
 CIP: 7982

Lima, ____ de ____ del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI N. ° Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y nombres: Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de caracterización y entorno operacional de las MNB para reducir CO y CO₂ en el aire
 9.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	ENACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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		

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %


Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: https://orcid.org/0000-0001-2028-1120
 Scopus ID Author: 572941290
 CIP: 79602

Lima, ____ de ____ del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI N.º..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y nombres: Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
 13.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 13.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato del análisis de concentración CO y CO₂ luego de la aplicación de MNB
 13.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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		

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %


Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 DNI: 70901234567890123456
 Dpto. de Ingeniería de Alimentos
 CIP: 123456789

Lima, ____ de ____ del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI N. ° Telf:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVII. DATOS GENERALES

- 17.1. Apellidos y nombres: Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
 17.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 17.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 17.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de concentraciones inicial y final de CO y CO2 y porcentaje de eficiencia del tratamiento
 17.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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		

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %


 Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9308-1038
 Instituto de Estudios Científicos
 CIP-1982

Lima, ____ de ____ del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI N.º Telf:

D.3. Validación de instrumentos por Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Benites Alfaro, Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de toma de muestras de aire con CO y CO₂
- 1.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLAREDAZ	Está formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Está 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. DIFERENCIABILIDAD	Está seleccionado 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 la 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

85%

Lima, 15 de 6 de 2022


 FIRMA DEL EXPERTO RESPONSABLE
 CIP
 DNI N.º Telf.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y nombres: Benito Alfaro, Elmar
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 5.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato del análisis de concentración CO y CO₂ antes de la aplicación de MNB
 5.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X			
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para validar 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			

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima 15 de Mayo del 2022


 FIRMA DEL EXPERTO EVALUADOR
 CIP
 DNI N.º

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y nombres: Benítez Alfaro, Elmer
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de caracterización y entorno operacional de las MNB para reducir CO y CO₂ en el aire
 9.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabrillas Taborda, Crystal

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje conciso y comprensible.											X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X			
5. SELECCIÓN	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X			
6. DISCRIMINACIÓN	Está 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 la hipótesis.											X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X			

X

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 15 de _____ del 2022


 FIRMA DEL ASESOR INSTRUMENTANTE
 DNI N.º _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y nombre: Benites Alfaro, Elmar
 13.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 13.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato del análisis de concentración CO y CO₂ luego de la aplicación de MNB
 13.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SECUENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTEGRALIDAD	Está 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 diseños 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			

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 15 de _____ del 2022


 FIRMA DEL DOCENTE RESPONSABLE
 CIB: _____
 DNI N.º _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVII. DATOS GENERALES

- 17.1. Apellidos y nombres: Benítez Alfaro, Elmer
 17.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
 17.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 17.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de concentraciones inicial y final de CO y CO₂ y porcentaje de eficiencia del tratamiento
 17.5. Autores de instrumento: Angeles Espinoza, José y Cabanillas Taboada, Crystal

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 dicho 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		

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 11 de Mayo del 2022


 FIRMA DEL EXPEDIENTE INFORMANTE
 CP
 DNI N.º Tel:

ANEXOS E. REGISTRO DE DATOS

E.1. De la toma de muestra

Formato N.º 1: Toma de muestras

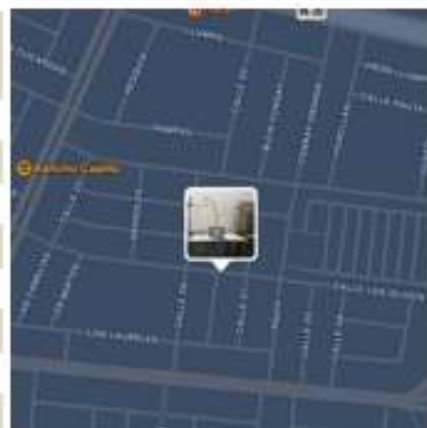
Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Datos de la muestra

Coordenadas UTM (WGS 84)	E: 0273332	N: 8674669
--------------------------	------------	------------

N.º muestra	Fecha (dd/mm/aa)	Hora (hh:mm)
1	14-06-2022	20:40
2	14-06-2022	21:14
3	19-06-2022	12:00
4	18-06-2022	12:38
5	18-06-2022	13:17
6	22-06-2022	19:57
7	22-06-2022	20:29
8	22-06-2022	20:59



E.2. ANÁLISIS INICIAL DE LA MUESTRA

Formato N.º 2: Análisis inicial de la muestra

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Datos iniciales de la muestra

N.º muestra	Volumen de la cámara (L)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HR (%)	T (°C)	Observación
1	4.33	0.72	14.7	1.18	61	21	Se empaña de a poco
2	4.33	0.65	12.45	1.26	62	21.3	Empaño y condensación
3	4.33	0.13	12.12	2.24	62	21.1	Se empaña
4	4.33	0.35	7.79	8.7	61	20.3	
5	4.33	0.09	10.48	5	61	19.9	No hay tanto viento
6	4.33	2.82	10.26	2.53	61	19.3	Se empañó rápido
7	4.33	4.55	7.7	4.8	60	20.1	
8	4.33	0.38	11.94	2.3	61	20.3	

E.3. APLICACIÓN DE MICRONANOBURBUJAS AÉREAS

Formato N.º 3: Aplicación de micronanoburbujas

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO2 en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Del tratamiento

Tiempo (min.)	Características físicas de las MNB			Condiciones del entorno operacional de las MNB			
	Diámetro (µm)	Velocidad de ascenso (m/s)	Presión interna (atm)	Cantidad por gota (ud.)	Flujo de ingreso (L/s)	Presión de aire suministrado (atm)	Flujo del agua destilada (L/s)
1	2.4	3.114781 x 10e-6	1.197	88	0.00196	38.71	0.06
2	0.24	3.1147 x 10e-8	11.97	102	0.00392	48.39	0.1
3	0.1	5.4 x 10e-9	28.739	107	0.00392	53.23	0.108
4	2	2.16 x 10e-6	1.437	92	0.00218	40.64	0.088
5	0.1	5.4 x 10e-9	28.739	110	0.00392	53.3	0.11
	0.1	5.4 x 10e-9	28.739	110	0.00392	53.3	0.108
7	0.24	3.1147 x 10e-8	11.97	100	0.00392	48.39	0.1
8	0.28	4.239 x 10 e-8	10.264	93	0.0028	40.64	0.09
Promedio	0.6825	4.0734 x 10e-7	15.381875	100.25	0.00	47.08	0.10

E.4. ANÁLISIS FINAL DE LA MUESTRA

Formato N.º 4: Análisis final de la muestra

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO ₂ en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Datos de la muestra final

N.º muestra	Tiempo (min.)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HR (%)	T (°C)	Observación
M-1	0	0.72	14.7	1.18	61	21	
	1	0.18	14.46	2	64	21.3	
	2	0.17	11.9	5.63	64	21.3	
	3	0.12	9.76	9.31	64	21.4	
	4	0.05	5.08	12.99	64	21.5	
	5	0.03	4.49	14.21	66	21.6	
	6	0.02	2.45	17.22	66	21.6	
	7	0.01	1.45	18.74	66	21.6	
	8	0.01	0.86	19.61	66	21.7	
	9	0.01	0.52	20.1	66	21.9	
	10	0	0.31	20.42	66	21.9	
M-2	0	0.65	12.45	1.26	62	21.3	
	1	0.42	8.32	7.83	64	21.6	
	2	0.25	5.05	12.83	64	21.6	
	3	0.14	3.05	16.03	64	21.6	
	4	0.09	1.91	17.86	65	21.7	
	5	0.05	1.18	19.01	66	21.8	
	6	0.03	0.75	19.7	66	21.8	
	7	0.02	0.47	20.12	66	21.8	
	8	0.01	0.31	20.39	66	21.9	
	9	0.01	0.12	20.51	66	21.9	
	10	0	0	20.58		21.9	

M-3	0	0.13	12.12	2.24	62	21.1
	1	0.11	7.9	8.85	62	21.1
	2	0.06	4.8	13.47	63	21.5
	3	0.04	2.93	16.34	63	21.5
	4	0.02	1.83	18.07	63	21.6
	5	0.02	1.14	19.15	64	21.6
	6	0.01	0.72	19.81	64	21.7
	7	0.01	0.46	20.19	64	21.7
	8	0	0.29	20.47	64	21.7
	9	0	0.18	20.56	64	21.7
10	0	0	20.65	64	21.7	

M-4	0	0.35	7.79	8.7	61	20.3
	1	0.21	4.74	13.37	61	20.4
	2	0.12	2.89	16.26	61	20.4
	3	0.08	1.79	17.98	62	20.4
	4	0.05	1.14	19.04	62	20.5
	5	0.03	0.74	19.67	63	20.5
	6	0.02	0.47	20.07	63	20.5
	7	0.01	0.31	20.3	65	20.5
	8	0.01	0.27	20.35	65	20.5
	9	0.01	0.2	20.5	65	20.5
10	0.01	0.12	20.61	65	20.5	

M-5	0	0.09	10.48	5	61	19.9
	1	0.05	6.26	11.28	62	19.9
	2	0.03	3.77	14.99	62	20.1
	3	0.02	2.28	17.38	62	20.2
	4	0.01	1.42	18.66	62	20.2
	5	0.01	0.88	19.49	62	20.2
	6	0.01	0.56	19.98	63	20.2
	7	0	0.36	20.25	63	20.2
	8	0	0.23	20.43	63	20.2
	9	0	0.1	20.62	64	20.2
10	0	0	20.64	64	20.2	

M-6	0	2.82	10.26	2.53	61	19.3
	1	1.77	6.37	9.43	62	19.4
	2	1.11	3.98	13.62	64	19.5
	3	0.75	2.72	15.81	64	19.5
	4	0.39	1.51	18.13	64	19.6
	5	0.24	1.01	19.07	64	19.6
	6	0.14	0.65	19.69	64	19.7
	7	0.07	0.38	20.17	64	19.7
	8	0.04	0.26	20.46	64	19.8
	9	0.03	0.15	20.52	64	19.8
10	0.02	0	20.59	64	19.8	

	0	4.55	7.7	4.48	60	20.1
	1	2.97	4.98	10.25	60	20.1
	2	1.85	3.11	14.23	62	20.1
	3	1.15	1.96	16.73	62	20.2
	4	0.69	1.24	18.29	62	20.2
M-7	5	0.42	0.8	19.24	63	20.3
	6	0.25	0.51	19.85	63	20.3
	7	0.14	0.33	20.2	63	20.3
	8	0.08	0.22	20.42	63	20.4
	9	0.05	0.08	20.56	63	20.4
	10	0.03	0	20.62	64	20.4
	0	0.38	11.94	2.3	61	20.3
	1	0.21	7.38	9.4	62	20.6
	2	0.13	4.56	13.7	62	20.7
	3	0.08	2.87	16.37	62	20.7
	4	0.05	1.79	18.08	62	20.7
M-8	5	0.03	1.13	19.15	63	20.7
	6	0.02	0.73	19.76	63	20.7
	7	0.01	0.47	20.15	64	20.7
	8	0.01	0.31	20.37	64	20.8
	9	0	0.21	20.58	64	20.8
	10	0	0.08	20.6	64	20.8

E.5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS Y EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO

Formato N.º 5: Comparación de resultados y eficiencia del tratamiento

Datos de la investigación

Título de tesis	Reducción de CO y CO2 en el aire aplicando micronanoburbujas de aéreas a escala laboratorio – Lima, 2022
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales
Línea de R.S.U.	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático
Autores	Angeles Espinoza, José (orcid.org/0000-0002-6053-5264) Cabanillas Taboada, Crystal Angélica (orcid.org/0000-0002-7615-0799)
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

Del tratamiento

N.º muestra	Concentración de CO (%)			Concentración de CO ₂ (%)			Concentración de O ₂ (%)		
	Inicial	Final	Reducción	Inicial	Final	Reducción	Inicial	Final	Incremento
1	0.72	0	0.72	14.7	0.31	14.39	1.85	20.42	18.57
2	0.65	0	0.65	12.45	0	12.45	1.26	20.58	19.32
3	0.13	0	0.13	12.12	0	12.12	2.24	20.65	18.41
4	0.35	0.01	0.34	7.79	0.12	7.67	8.7	20.61	11.91
5	0.09	0	0.09	10.48	0	10.48	5	20.64	15.64
6	2.82	0.02	2.8	10.26	0	10.26	2.53	20.59	18.06
7	4.55	0.03	4.52	7.7	0	7.7	4.48	20.62	16.14
8	0.38	0	0.38	11.94	0.08	11.86	2.3	20.6	18.3
Promedio	1.21125	0.0075	1.20375	10.93	0.06375	10.86625	3.545	20.58875	17.04375

↑O₂ (%)
 Eficiencia prom. ↓CO (%)
 Eficiencia prom. ↓CO₂ (%)

ANEXOS F. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



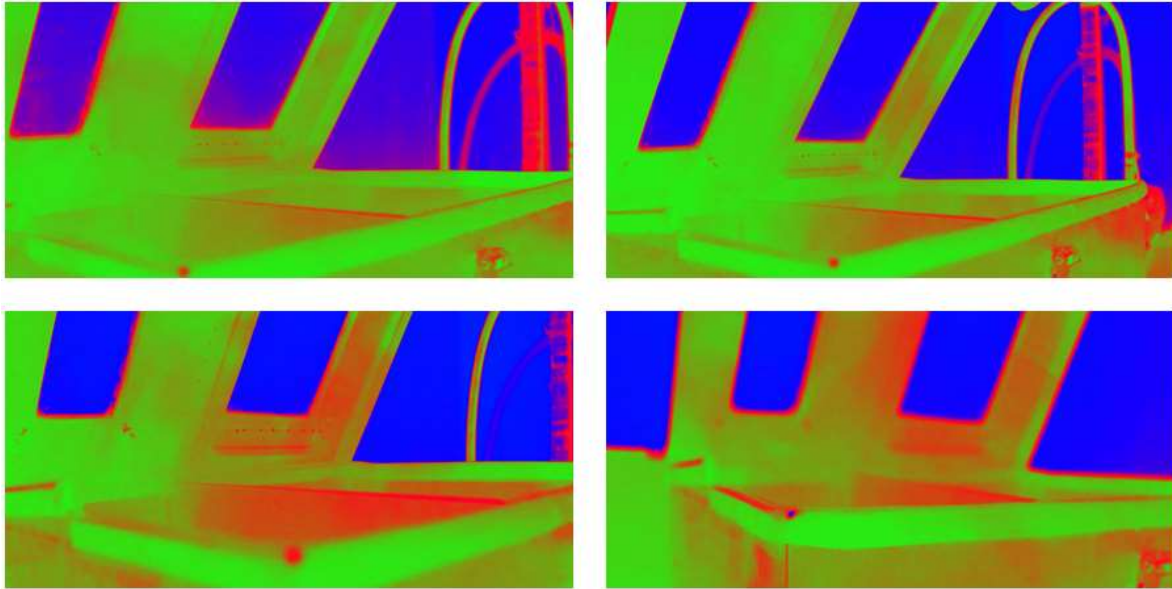
Análisis de las muestras



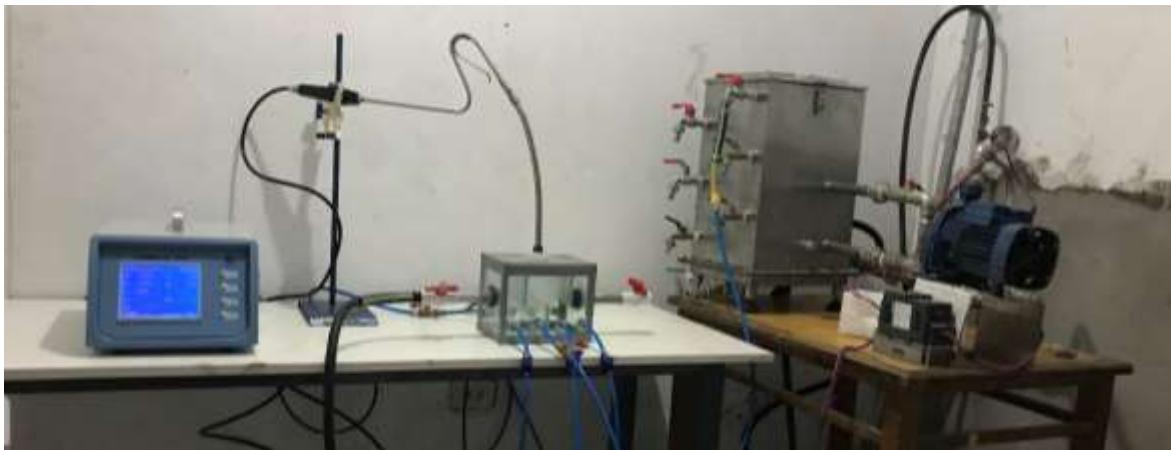


Sistema de tratamiento de aire contaminado





Generación de micronanoburbujas aéreas





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "REDUCCIÓN DE CO Y CO₂ EN EL AIRE APLICANDO MICRONANOBURBUJAS AÉREAS A ESCALA LABORATORIO – LIMA, 2022", cuyos autores son ANGELES ESPINOZA JOSE, CABANILLAS TABOADA CRYSTAL ANGÉLICA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 23 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO DNI: 18120253 ORCID: 0000-0003-2526-112X	Firmado electrónicamente por: VALVERDE el 23-07- 2022 23:06:50

Código documento Trilce: TRI - 0364281