



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017”

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

AUTORA:

Luzmila, Valenzuela Ferrel

ASESOR

Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA-PERÚ

2017-I

PÁGINA DEL JURADO

PRESIDENTE
Dr. Benites Alfaro Elmer

SECRETARIO
Dr. Jiménez Calderón Cesar

VOCAL
Dr. Valverde Flores Jhonny

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios por permitirme alcanzar este logro, a mis padres y mis hermanas, esposo y mi hija quienes son el pilar más importante en mi vida quienes me han brindado su apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Tengo que agradecer a Dios por permitirme realizar este sueño de poder culminar mi carrera profesional, también quiero agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional para la realización de esta investigación, a mi asesor Ing. Jhonny Valverde F., a la universidad Cesar Vallejo.

Declaración de autenticidad

Yo **Luzmila Valenzuela Ferrel** con mi **DNI N° 45506463**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo, facultad de **Ingeniería**, Escuela de **Ingeniería Ambiental**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

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

Lima, 17 de Julio del 2017.

.....
Luzmila Valenzuela Ferrel
DNI: 45506463

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“Reducción de plomo y silicio en agua de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017.”** La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniería Ambiental.

La autora

Luzmila Valenzuela Ferrel

Índice

Página de Jurado

Dedicatoria

Agradecimiento

Presentación

Índice

Resumen

Abstract

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.2 Trabajos previos

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.4 Formulación del problema

1.5 Justificación del estudio

1.6 Hipótesis

1.7 Objetivos.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

2.2 Variables, operacionalización

2.3 Población y muestra

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.5 Métodos de análisis de datos

2.6 Aspectos éticos

III. RESULTADOS

IV. DISCUSIÓN

V. CONCLUSIÓN

VI. RECOMENDACIONES

VII. REFERENCIAS

ANEXOS

Instrumentos

Validación de los instrumentos

Matriz de consistencia

ANEXOS

ANEXO 1: Normalidad de las variables.

ANEXO 2: Validacion de instrumentos

ANEXO 3: Resultado inicial de la muestra

ANEXO 4: Resultado final de la muestra

ANEXO 5: Matriz de consistencia

Indice de Figuras:

Figura 1: Toma de muestra del agua residual

Figura 2: Calibracion de sensor de pH del multiparametro

Figura 3: Medicion de los parametros fisicos en la UCV.

Figura 4: Titulacion de los pH

Figura 5: Generador de micronanoburbujas

Figura 6: Tratamiento de agua residual con generador de micronanoburbujas.

Figura 7: Recoleccion de la muestra tratada

Figura 8: Agua tratada con diferentes de pH=6=8=10

Figura 9: Secado de la sedimentacion de los residuos

Figura 10: Diametro de la micronanoburbuja

Figura 11: Evolucion de las concentraciones de silicio y plomo a diferentes pHs

Figura 12: Evolucion de las concentraciones de plomo a diferentes pHs

Figura 13: Evolucion de la conductividad electrica a diferentes pHs

Figura 14: Evolucion de la turbidez a diferentes pHs

Figura 15: Evolucion de la temperatura a diferentes pHs

Figura 16: Evolucion del oxigeno disuelto a diferentes pHs

Indice de Tablas:

Tabla 1: Operacionalizacion de variables

Tabla 2: Tecnicas e instrumentos de recoleccion de datos

Tabla 3: Ficha de registro de la muestra

Tabla 4: Resultados iniciales de los parametros quimicos y parametros fisicos .

Tabla 5: Materiales y reactivos

Tabla 6: Resultados de los parametros fisicos del agua residual.

Tabla 7: Resultados de las concentraciones de silicio y plomo en los diferentes tiempos tratados.

Tabla 8: Resultados de la caracterizacion de las micronanoburbujas

Tabla 9: Resultados de la muestra inicial y final de plomo y silicio

Tabla 10: Lectura directas de los parametros durante los experimentos

Tabla 11: Estadisticos de los parametros.

Tabla 12: Prueba t- Student comparacion de los valores inicial y final de plomo y silicio.

Tabla 13: Prueba de t- Student compracion de los parametros fisicos iniciales y finales despues del tratamiento.

Tabla 14: Prueba de Levene de homogeneidad de varianzas

Tabla 15: Prueba de ANOVA comparacion de los parametros fisicos y quimicos durante los tiempos de 8=16=24 minutos.

RESUMEN

En la presente tesis titulada: “ Reduccion de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017” como objetivo general fue reducir la concentracion de plomo y silicio mediante la aplicación de micronanoburbujas de aire-ozono, en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio. El estudio es de tipo explicativo pre experimental de enfoque cuantitativo se trabajo con dos variables concentracion de metales en el agua y eficiencia de las micronanoburbujas. Se utilizo el generador de micronanoburbujas para reducir los metales pesados, la muestra fue tomada de una valbula de pugar del lavador de gases, se realizo un analisis preliminar del agua de lavado de gases para confirmar la contaminacion por plomo y silicio, con una concentracion de 32.26mg/L y para el silicio 70.49mg/L, luego se realizo el tratamiento con el generador de micronanobrbugas por tres tiempos de 8-16-24 minutos, con pH de 6=8=10 hasta lograr una reduccion de de plomo de 0.088mg/L y de silicio de 12.97 mg/L del agua residual.

Palabras claves: Micronanoburbujas, plomo, silicio, agua residual.

SUMMARY

In this thesis entitled: "Reduction of lead and silicon in the waters of gas washing of a service company using air-ozone micronanobubbles, Lima 2017" as general objective was to reduce the concentration of lead and silicon by the application of micronanobubbles of Air-ozone, in the flushing waters of a service company. The study is of pre-experimental explanatory type of quantitative approach was worked with two variables metal concentration in the water and efficiency of micronanobubbles. Se used the generator of micronanobubbles to reduce heavy metals, the sample was taken from a valve of pugara of Gas washer, a preliminary analysis of the gas washing water was carried out to confirm the contamination by lead and silicon, with a concentration of 32.26mg / L and for the silicon 70.49mg / L, then the treatment was carried out with the generator of Micronanobubbles for three times of 8-16-24 minutes, with a pH of 6 = 8 = 10 until a lead reduction of 0.088 mg / L and silicon of 12.97 mg / L of the residual water were achieved.

Keywords: Micronanobubbles, lead, silicon, wastewater.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

La contaminación de las aguas es uno de los problemas más alarmantes que se presenta en la actualidad a nivel mundial. El crecimiento de la población viene generando escases del recurso hídrico ya que el consumo se duplica cada vez más, y esto viene generando la preocupación e interés por los gobiernos, científicos y técnicos y en general por todos los habitantes. Las aguas residuales que son generados por las industrias y domesticas también aumenta, de los cuales solo un 5% son tratadas para ser purificadas y reciclarlas. Las Naciones Unidas muestran que cada cinco personas en el mundo no tiene acceso al agua dulce, mientras que 2400 millones carecen de agua potable (ONU 2012).

En el Perú, la contaminación del agua por metales pesados es uno de los problemas socio ambientales, en la mayoría son las industrias e mineras que vierten sus efluentes a los ríos. Los principales afectados son los pobladores rurales ya que utilizan para el consumo y la agricultura y animales, debido a que los metales pesados como plomo, cadmio, arsénico, mercurio etc., son altamente tóxicos y afectos a la salud de la población en especial los adultos y niños.

La contaminación del agua de esta empresa se encuentra en el lavado de gases o scrubbers son colectores de gases que se ha empleado en esta empresa para atrapar gases contaminantes con material particulado o vapores ácidos, para evitar la contaminación atmosférica, en lo que emanan los diferentes procesos de producción. El lavador de gases está diseñado para la máquina de empaste instalado en la empresa, es un scrubber del tipo torre rociadora y empleara un sistema de boquillas pulverizadoras producidas por la máquina. Por lo tanto el agua contaminada es recirculada durante su proceso de producción, la empresa realiza un mantenimiento del lavador de gases o scrubbers cada 15 días y estas aguas son removido sin un previo tratamiento el agua. El lavador de gases contiene humos metalicos de lo que he muestreado.

1.2. Trabajos previos (Antecedentes)

Según GUERRA A., HIYAGON G. (2012) en su tesis “tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología” nos propone ante la problemática de las empresas mineras e industrias que contaminadas las aguas por metales pesados, por lo tanto tiene como objetivo “remoción de plomo con una alta eficiencia en aguas contaminadas”, donde se empleó filtros adsorbentes hechos de arcilla (bentonita y caonita), ya que estas arcillas tienen toda la superficie de la partícula que tienen una carga eléctrica negativa por otro lado las moléculas de agua forman un dipolo debido a sus átomos de H, se pegan sobre la cara de la partícula de la arcilla que tiene la viscosidad mayor a la del agua libre o de humedad. En la fabricación de filtros se hicieron pruebas de compactación de polvo de arcilla y la calcinación de la mezcla arcilla- aserrín de color marrón, y otra secuencia de compactación y calcinación de dolomita y arcillas por la aglomeración de la caolinita da un color blanco. Los filtrados es uno por bombeo y dos por gravedad determinar la eficiencia de la adsorción y filtrado de plomo. Y como resultado los filtros de discos de bentonita y aserrín pueden retener plomo con un coeficiente de adsorción de 1 mg de Pb/g de adsorbente, y la prueba de los filtros cilíndricos hechos de caolinita, bentonita, y dolomita pueden retener plomo con un coeficiente de adsorción de 2 mg de Pb /g de adsorbente. Por lo tanto nos propone la aplicación de estos filtros adsorbentes realizados de arcilla en la purificación de aguas en zonas rurales

URQUIZO D., LUQUE C., MALDONADO A. (2011), en la revista Latinoamericana de Materiales y Metalurgia, en su artículo de “Biosorción de plomo de aguas contaminadas utilizando pennisetum clandestinum hochst (kikuyo)”, En su investigación nos menciona ante la problemática del aumento de contaminantes en aguas industriales e residuales urbanas por iones de metales pesados, por lo tanto tiene como objetivo “investigar la capacidad del kikuyo para remover Pb(II) de soluciones de aguas contaminadas”, en su metodología se empleó el Kikuyo como un biosorbente natural en el agua contaminada. La remoción de metales pesados se da por los biosorbentes vegetales (kikuyo) se asigna a sus carbohidratos y proteínas que contienen sus compuestos fenólicos que contienen

grupos hidroxil, carboxil, fosfatos, sulfatos y amino que pueden atrapar los iones metálicos que se encuentran en el agua. La prueba de adsorción se realizó mediante el equipo de pruebas de jarras donde se logró mayor adsorción del kikuyo con una dosis de biosorbente de 0.06g a una velocidad de agitación 100rpm con un pH de 6. Logrando una capacidad de adsorción de 139.35mg/g. Las conclusiones demostraron que el kikuyo es efectivo en la remoción de Pb, en aguas contaminadas simuladas. Esta investigación se puede aplicar en la remoción de Pb en los efluentes de industria. y el tratamiento es de bajo costo.

Según, MAOMING D., HONAKER R., LUO Z. (2010)“Generación de Nanoburbujas y sus aplicaciones en flotación de espuma (parte III): especialmente diseñado a escala de laboratorio columna de flotación de fosfato” en su investigación realizó un estudio sobre las burbujas finas tienen efectos significativos para la retención de gas, que es muy esencial en la celda de flotación de espuma de minerales industrias de procesos basadas. En un gas dado, el uso de burbujas finas puede reducir con-vaporizador consumo. Sin el aumento de la recuperación de flotación de gruesos y finas partículas se atribuyó a los nanoburbujas selectivamente generada unido al carbón y fosfato partículas que aumentaron la hidrofobicidad de la superficie, elevado las probabilidades de carbón y fosfato de partículas de burbujas colisión y el apego, y la reducción de la probabilidad de desapego. La probabilidad y alto desapego probabilidad fueron las primeras razones de la baja recuperación de flotación, por supuesto el carbón y fosfato en partículas. En el estudios anteriores los espectáculos de minúscula burbujas a generado por hidrodinámica de cavitación fueron encontrados para cambiar los caracteres de la superficie de minerales, aumentar el ángulo de contacto de sólidos y por lo tanto el puente de partículas para formar agregados, minimizar limo revestimiento, retirar oxidación capas en superficies de las partículas, y en consecuencia reducir reactivos consumo.

Según ANA (2016) las últimas investigaciones del agua, nos indica que más de 100 ríos están contaminados por metales y coliformes, en 129 de las 159 cuencas hídricas del país están contaminados en diferentes lugares con coliformes termo

tolerantes (fecales) y metales pesados, la alteración del agua dulce afecta la salud del ser humano y las actividades agrícolas e industriales. En las muestras extraídas en las cuencas hídricas de Rímac y Chillón, en la cual arrojaran la presencia de cobre, plomo, arsénico, níquel, zinc, aluminio, hierro, manganeso y cadmio.

VERMA R., ASTHANA A., KUMAR A.(2016) Nuevas nanopartículas magnéticas funcionalizadas con glicina atrapaban calcio Perlas de alginato para la eliminación efectiva de plomo, en su artículo nos menciona sobre la eliminación de los iones Pb, se utilizó nitrato de plomo, glicina(C,H,NO), alginato de sodio, cloruro férrico, los productos químicos se utilizaron eran de calidad analítica y se utilizaron sin purificación adicional. El equipo que se utilizó es el espectrómetro infrarrojo de transformada de Fourier para registrar los espectros infrarrojos de glicina nanopartículas magnéticas funcionalizadas en el rango de 400-4000. La concentración de iones de Pb fue medida por espectrofotómetro de adsorción atómica. Como en la nanopartículas magnéticas se utilizó la coprecipitación, donde Fe (II). Los iones Fe (III) se precipitaron mediante solución de amoníaco en condiciones de hidrotermal. Por lo tanto el cloruro férrico y el cloruro ferroso se disolvieron en agua y una solución 1,5 M NH₄ OH se añade gota a gota a 25 ° C bajo agitación continua mientras se mantiene pH 10. El precipitado negro formado se calentó a 80 ° C durante 30 min. Por campo magnético externo, lavado varias veces con agua destilada luego se seca en el horno a 250 ° C durante 2h modificación por glicina en cuanto a la superficie de Fe₃O₄ PN se modificó con glicina, donde magnética NPs (1 g) se trató con 0,5 mol / L de solución de glicina el pH se mantuvo en 6 y los NPs fueron separados por magnéticamente se lavaron con agua destilada triple y se secó al vacío a temperatura ambiente. En conclusión el imán glicina funcionalizado atrapados perlas de alginato de calcio eran bastante eficaz para Pb (II) iones de eliminación de la solución acuosa es rentable y respetuoso del medio ambiente para la eliminación de Pb (II) iones a partir de muestras de agua. sólo el Pb (II) la captación alcanzado el equilibrio en 100 minutos y Pb eliminado de manera eficiente (II) iones hasta el 99,8%.

Según TOSHINORI, MASAKI Y HIROSHI, (2012), en su investigación titulada "Fabricación de nanopartícula metálica por oscilación de micronanoburbujas en metal fundido" nos muestra que para la fabricación de nanopartícula utilizaron el método de aleación bajo punto de fusión por simple burbujeo en la cual utilizaron los siguientes equipos: suministro de gas, un generador de ultrasonido y un regulador de temperatura; donde generaron gotitas de metal fundido en la fase de metal acuosa, mediante el cual generaron burbujas usando ultra sonido de fuerte irradiación. Concluye el autor que este método solo es aplicable a la fabricación de nanopartícula bajo un punto de fusión de metal debido a la oscilación de ultrasonido y amortiguación bajo condiciones de alta temperatura (95 °C), además afirma si un generador de ultrasonido de alta potencia funciona a alta temperatura, también podría fabricarse otro tipo de nano partícula fácilmente.

Según LUCAS AGUILAR R., en su tesis "Diseño y Modelado Virtual de un Colector de Partículas Tipo "Scrubber" para la Industria de Acero" , en su investigación nos menciona ante la problemática del aumento de los diferentes procesos industriales, por lo tanto tiene como objetivo el diseño de un sistema colector de partículas y limpiador de aire que cumpla con el requerimiento de reducir las concentraciones de material particulado y contaminantes tales como SO₂, NO_x y CO, que se produce por la combustión en un horno de calentamiento de acero., en su metodología se empleó sistema diseñado de un lavador de gases o colector de partículas de tipo venturi conformado por dos contactores de gases y líquido que tiene un filtro auto limpiante y tiene la capacidad de manejar grandes volúmenes de agua y ha altas temperaturas en la cual permite la reducción de las emisiones de partículas o contaminantes existentes. En conclusión el diseño del sistema de colector de partículas y gases logro una eficiencia de colección de partículas de 0.1 um a 100 um con un 98,28% y la eficiencia para reducir los niveles de contaminantes del 80% para el so₂, 90% de NO y 90% de CO.

Según BELTRAN C., JACINTO N. en su investigación de titulado " aplicación de microburbujas en la flotación de lodos de tratamiento de aguas acidas de mina

parte i: neutralización y flotación” en su investigación nos propone ante la problemática de las aguas contaminadas por las mineras. Como objetivo “Reducir el volumen del lodo que va a ser manipulado en procesos “en su metodología nos menciona que se realizaron 4 pruebas experimentales como: tratamiento químico del agua acida de la mina Huanuni, floculación de los lodos de neutralización, generación de microburbujas, aplicación de las microburbujas en la remoción de lodos de neutralización. Con un pH2.80 y con una conductividad eléctrica de 2.740 us/cm, solidos disueltos 3.326mg/l, para el tratamiento el agua se ha neutralizado de la acidez con la adición de lechada de cal, para el proceso de oxidación de iones ferrosos y férricos por la oxigenación de inyección de aire. En la cual se empleó en diferentes pH= 8.5=9.0.=9.5, una es concluida las pruebas de neutralización los lodos precipitados se filtraron para determinar un floculante óptimo para la flotación con microburbujas se utilizó magnafloc, superfloc A-10 y APAM en diferentes tiempos para ver la eficiencia de remoción de los contaminantes. En conclusión nos menciona aplicando la técnica con cal a pH 9.5 y una dosis de 2.32 Kg/cm³, y con una eficiencia de remoción de los metales existentes en el agua mayor al 99%.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Plomo

El plomo es altamente toxico y también se considera como un probable carcinógeno. la intoxicación por plomo ha sido reconocida durante muchos años , en muchos casos los más afectados son los niños cuando se alcanza niveles de concentraciones de plomo en sanguínea de los niños produce efectos adversos en la salud. Ya se ha reconocido al plomo como causa de lesión renal y cerebral. En los jóvenes, puede causar retardo mental e incluso convulsiones cuando llegan a una edad más avanzada, además afecta el sistema nervioso central y sistema digestivo.(Sawyer et at 2000).

Silicio

El silicio tiene carga positivamente tiene compuestos intermetálicos que se emplean como integrantes de aleaciones, el silicio se utiliza como materia prima en las industrias. El silicio cristalino es muy peligroso para la salud ya que afecta los pulmones, irrita los ojos, cáncer de pulmón. El silicio cristalina es el material base de la industria microelectrónica y fotovoltaica, es un material que esta dado en forma de polvo grisáceo, Se une con el fluor a temperaturas altas y ordinarias con cloro, oxígeno, azufre bromo, carbono, nitrógeno y boro. (Martinez, 2011)

Agua residual

Las aguas residuales provienen de un sistema de abastecimiento de agua de una población, sin embargo esta combinación de líquidos está compuesto de material suspendido y componentes disueltos de manera inorgánico y orgánico, después de haber sido usado el agua por diversas actividades domésticas, instituciones públicas e industriales una alteración perjudicial de su calidad con relación a los usos posteriores o con su función ecológica (Silva et al. 2008)

Tratamiento del agua residual

Existen diferentes técnicas u operaciones de tratamiento de aguas residuales con un propósito de reducir la contaminación del agua y con ello modificar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas.

Contaminación del agua por metales pesados

Los contaminantes más tóxicos en el agua son los metales son naturales como industriales. Tiene alta toxicidad es elevada debido principalmente al largo tiempo de residencia, en la cual en las aguas superficiales no existen las condiciones adecuadas para su conversión en sustancias insolubles. Entre los metales más peligrosos destacan el cadmio, plomo, mercurio, y arsénico, las actividades industriales y mineras arrojan al ambiente dichos metales altamente tóxicos, muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida.

Los principales perjudicados son los pobladores rurales ya que el agua lo utiliza para la agricultura y consumo e industrial.(Guerra e Hiyagon, 2012).

Efectos sobre la salud

Los efectos adversos del cromo para la salud dependen, especialmente del grado de valencia de este elemento en el momento de la exposición y de la solubilidad del compuesto. Las únicas formas de importancia en toxicología son el cromo VI y el cromo III. Una exposición de corta duración al cromo III puede causar irritación mecánica en los ojos y en el tracto respiratorio. Si se presenta inhalación se presenta tos.

El cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos, sobre todo para la gente que trabaja en la industria del acero y textil. La gente que fuma tabaco también puede tener un alto grado de exposición a este elemento, causa irritación de la nariz y sangrado de la nariz. (Aguilar et. Al 2010).

Turbiedad

La turbiedad en el agua es por la presencia de partículas disueltas y suspendidas de gases y sólidos y líquidos como materia orgánica e inorgánica, se encuentra en un tamaño de coloidal o partículas coloidales como minerales, arcillas, algas microorganismos y plancton y materia orgánica e inorgánica, por lo tanto la suspensión de la turbiedad está relacionado con el número de masa, forma, tamaño de la concentración de las partículas cuyo grado de la turbiedad depende de la turbulencia del agua. El límite máximo permisible en el agua potable es de 10 o NTU (unidades de turbidez nefelométricas). (Martinez et al. 2012)

Coloidal

Los coloides son partículas discretas separadas por el medio disperso, las partículas poseen la misma carga eléctrica neta como positiva o negativa es por el cual existe un a repulsión electroestática entre ellas que los mantiene separados. Ya tiene un tamaño entre 1nm a 100 nm.

Las dispersiones coloidales se pueden considerar como dispersiones ultra finas en las que el tamaño de las partículas se puede ubicar en moléculas y fina. Ya que muchos consideran que los coloides en agua son partículas de menos de 10 μm .

Forma de un coloide

Los coloides tienen relación directa con sus mismas propiedades en la cual hay una clasificación adecuada de las formas coloidales de manera isométrica y anisométricas. (Martinez, et al 2012 pag. 35)

Oxígeno Disuelto

Del oxígeno disuelto muchos organismos dependen de una forma u otra, para mantener su metabolismo que producen la energía para el crecimiento y la reproducción.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se mide en micromhos/cm o siemens/cm. (Sierra, 2011)

Temperatura.

La temperatura es uno de los parámetros físicos más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua. En nuestro entorno, el agua se entrega a los consumidores con la temperatura que se encuentra en la fuente, sin embargo en algunos procesos industriales es necesario entregar el agua a una determinada temperatura. En algunos casos requiere a una temperatura mayor se calienta en las calderas y se quiere reducir se utiliza torres de enfriamiento. (Sierra, 2011)

pH

Se determina la intensidad de las condiciones acidas o básicas del agua.

Nanotecnología

Es el estudio, síntesis, creación, manipulación diseño y en la aplicación de materiales y aparatos a través del control de la materia a nano escala.

Según Martin Bonfil (2013).La nanotecnología es el campo de las ciencias aplicadas que estudia la manipulación de la materia en la escala nanoescala.

Unidades de medida

Nanómetro

El nanómetro ($1nm = 10^{-9} m$) es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro, se utilizada comúnmente para medir la longitud de onda de la radiación ultravioleta, radiación infrarroja y la luz. (COTO, Delia).

Micrómetro

Es el instrumento de medición cuyo funcionamiento está basado en el tornillo micrométrico que sirve para medir las dimensiones de un objeto con alta precisión, del orden de centésimas de milímetros (0,01 mm). (Rodríguez Oscar, 2007).

Burbujas

Las burbujas son cavidades llenas de gas con presiones de equilibrio internas al menos mayor que la del ambiente externo. Cada burbuja está rodeada por una interfaz con propiedades diferentes a la solución. Solo las nanoburbujas son estables durante periodos significativos en suspensión, con burbujas grandes o más pequeñas que desaparecen rápidamente de suspensiones acuosas.

Microburbujas

Los microburbuja aumentan el intercambio de oxígeno en las aguas residuales y son mucho más eficientes que la aireación regular o convencional. Esto es porque todos los microburbuja se combinan para tener una mayor área superficial que permite una mayor transferencia de oxígeno al agua residual.

Características

- Excelente eficiencia del funcionamiento del aparato, que funciona sólo para la bomba de inyección.
- Al ajustar la cantidad de volumen de gas, la inyección de las burbujas cambia su diámetro desde nanómetros a escala milimétrica dimensión de escala.
- No sólo la combinación de líquido-gas, sino también el líquido-líquido combinación también está disponible. De modo que el aparato puede ser utilizado para generar la emulsión fina, dispersión fina niebla y fina burbujas.
- Gas o líquido como medio de inhalación se toma de forma automática en el aparato a través de la entrada de gas provocada por la presión deje caer debido a la circulación a alta velocidad del flujo de agua. (HidekiTsuge, 2014).

Las Micro-Nanoburbujas son cavidades sub micrónicas conteniendo gas en solución acuosa. Las Microburbujas (MBs) tienen diámetro más de 100 μm , las micro-nanoburbujas (MNBS) tienen diámetro entre 1 a 100 μm y las Nanoburbujas (NBS) tienen diámetro menor a 1 μm dentro de fluido (Valverde, 2017).

Nanoburbujas

Las nanoburbujas (NBS) son pequeñas burbujas con un diámetro respectivo de 10 a 50 μm , y se han explorado para diversas aplicaciones. La existencia de NBS ha sido debatido durante mucho tiempo debido a algunas consideraciones termodinámicas. Por ejemplo, la energía libre total del sistema se ha supuesto

para aumentar junto con la formación de NBS a menos que la superficie era extremadamente difícil. Sin embargo, la presión del cordón de alta vuelta dentro de NBS probablemente causaría que se disuelvan en la solución rápidamente (USHIDA, T., 2013).

Ruckenstein, E., (2016) nos menciona que las soluciones que contienen un gran número de burbujas se realizan por mezcla vigorosa de gas y agua, y se producen generalmente con una amplia gama de diámetros de burbuja. Generado pequeñas burbujas se pueden crear en concentraciones más altas que las burbujas más grandes. El área de superficie de un volumen de burbujas esta en proporción inversa al diámetro de la burbuja, por lo tanto, las burbujas pequeñas (<25 micras de diámetro) tienen superficies inflexibles tensas (como globos de alta presión) que limitan la distorsión mientras que las burbujas grandes (~ mm) tiene superficies flexibles (como globos de baja presión) y se puede dividir (romper) con gran facilidad.

Ozono (O₃)

El ozono es un desinfectante potente que se está usando como una alternativa del cloro. La ventaja del ozono es que es muy efectivo a bajas concentraciones. Las desventajas influyen su costo relativamente alto.

Tratamiento de agua con ozono

El ozono es un potente oxidante, ya que se esta utilizando en diferentes campos, como en agua como en aire sus propiedades como desinfectantes lo hacen ideal para el uso de los tratamientos de potabilizacion de agua, asi como en la recuperacion de todo tipo de aguas residuales, al ser capaz de descomponer numerosos compuestos quimicos nocivos.(Perez M., 2010).

1.4. Formulación del problema

1.4.1 Problema General

- ¿En qué medida se reducirá el nivel de concentración de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas de aire- ozono?

1.4.2 Problema Específico

- ¿Cuál es la variación de las características químicas (plomo, silicio) después de la aplicación de micronanoburbujas de aire-ozono?

- ¿Cuál es la variación de las características físicas (conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, turbidez) después de la aplicación de micronanoburbujas de aire-ozono?.

1.5 Justificación del estudio

En el presente trabajo de investigación, se propone el uso de micronanoburbujas como remoción en el tratamiento de agua contaminada por metales pesados puesto que se considera como una alternativa innovadora para la remoción o extracción de contaminantes con metales pesados de medios acuosos, Para estos tratamientos se necesita el desarrollo de nuevas tecnologías para la reducción o extracción de estos metales de los efluentes contaminados.

Por lo que se propone este tratamiento para aliviar la escasez de agua potable, así como minimizar como la contaminación de ríos, lagunas y mares entre otros.

La realización de este trabajo de investigación contribuye aporte en la ingeniería ambiental y como también sanitaria; ya que reduciría el nivel de contaminación de metales pesados en el agua de lavado de gases de una empresa de esta manera mejorara la calidad de estas aguas y evitar la corrosión de los alcantarillados por lo tanto disminuya su capacidad de corrosión de tuberías.

Los resultados de esta investigación son de gran importancia optimizando el proceso de tratamiento en aguas residuales generando nueva alternativa de

método en la remoción de metales pesados en los cuerpos de agua. Apoyará en futuras investigaciones y estudios de los interesados en esta investigación.

1.6 Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

La Aplicación de Micronanoburbujas de aire-ozono reducirá la concentración de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas de aire-ozono.

Hipótesis Específicas

- Se reduce la concentración inicial de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio, después de la aplicación de micronanoburbujas de aire-ozono.
- Las características físicas (conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, turbidez) mejoran después de la aplicación de las micronanoburbujas de aire-ozono.

1.7 Objetivos

Los objetivos que se deben alcanzar al final del desarrollo de este estudio son los siguientes:

1.7.1 Objetivos generales

Reducir la concentración de plomo y silicio mediante la aplicación de micronanoburbujas de aire-ozono, en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio

1.7.2 Objetivos específicos

- Determinar la variación de las características químicas (plomo y silicio) después de la aplicación de las micronanoburbujas de aire-ozono.
- Determinar la variación de las características físicas (conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, turbidez) después de la aplicación de las micronanoburbujas de aire-ozono

I. Método

2.1 Diseño de la investigación

La siguiente investigación viene a ser un diseño experimental en su nivel pre experimental, por lo cual primero se realiza un análisis previo, a los parámetros de plomo, silicio de las aguas residuales de la empresa de baterías. (pre test)

Esquema:

G: O₁- X - O₂

Dónde:

G: La muestra a tratar

O₁: pre-test, medición previa al tratamiento agua de lavado de gases antes del tratamiento.

X: Tratamiento con Micronanoburbujas.

O₂: agua del lavador de gases después del tratamiento

2.1.1. Tipo de Estudio

Es explicativo, porque es un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación en la cual el investigador manipula una o más variables y mide cualquier cambio en otras variables. Se trata de un experimento en donde el investigador manipula una variable y controla el resto de las variables (Fernández *et al.*, 2006).

Es cuantitativo, porque analiza las variables de estudio ya que es medible y pretende dar un aporte científico.

Es aplicada, por que usa el conocimiento de las ciencias básicas para la solución de un problema práctico.

Identificación de variables

Variable 1:

- Eficiencia de Micronanoburbujas

Variable 2:

- Concentración de plomo y silicio en agua residual

2.1 Variables, Operacionalización

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Independiente Eficiencia de Micronanoburbujas con aire	Micronanoburbujas tienen un tamaño de 1 a 100 μm , formados de agua y aire, tienen una carga negativa de esta manera los iones negativos son atraídos hacia la burbuja.(TSUGE, H. 2014)	-Generación de Micronanoburbujas.	Condiciones físicas de (MNB)	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro de MNB • Velocidad • Tiempo tratamiento(min) 	De Intervalo De cuantitativa De intervalo
Dependiente Concentración de metales pesados en agua.	La reducción de la concentración de metales pesados se realiza mediante la generación de Micronanoburbujas en agua de lavado de gases de una empresa de servicio	-Ingreso de efluente caudal de agua con metales pesados al recipiente. -Disminuir los metales pesados después del	Características químicas Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Pb(mg/L) • Si(mg/L) • pH • Turbidez(NTU) • Temperatura($^{\circ}\text{C}$) • Conductividad eléctrica.(ms/cm) • Oxígeno disuelto(OD) 	De razón De razón De intervalo De razón De razón De nominal De intervalo

		tratamiento			
--	--	-------------	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Es el agua residual industrial que genera en su proceso la industria de baterías, en la cual el plomo es una materia prima que se utiliza para baterías de automóviles.

Muestra

La muestra se tomó del lavador de gases, que tiene una llave (válvula de purga) en el punto de salida del agua residual. Para la realización de esta investigación se tomó el 22 de junio 2017. una muestra de un volumen de 1 L de para ser analizado por el laboratorio acreditados, así mismo se tomó una muestra de 40 L de agua para la parte experimental, ya que se harán las pruebas de laboratorio en el tratamiento.

Muestreo:

La técnica de muestreo es probabilístico, y el tipo de muestreo es por aleatorio ya que las muestras son seleccionadas de acuerdo a la accesibilidad del investigador.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se emplearon las siguientes técnicas y herramientas de recolección de datos.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTES	TECNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Recolección de muestra	Empresa de servicios	Observación	Ficha de registro de datos de campo(Anexo 1)	Se obtiene la muestra de agua de la empresa de servicios, y sus condiciones iniciales como pH y temperatura, etc.
Análisis inicial de la muestra	Aguas del lavado de gases de una empresa de servicios analizados en laboratorio acreditados	experimentales	Análisis de laboratorio antes del tratamiento(Anexo 2)	Reporte de análisis físico y químico del agua
Tratamiento de agua mediante el uso de MNBs	Procedimientos experimentales realizados en el laboratorio de la Universidad Cesar	experimentales	Análisis del laboratorio(anexo 3)	Determino la eficiencia de la investigación piloto en el tratamiento de agua
Análisis final del tratamiento	Aguas contaminadas por metales en una empresa de servicios	experimentales	Análisis de laboratorio después del tratamiento	Análisis final obtenidos de laboratorio
Comparación de resultados obtenidos.	Resultados de laboratorio	Análisis descriptivo	Programa de análisis estadísticos	Resultados del análisis estadísticos.

Fuente: Elaboración propia

a) Recoleccion de la muestra

En la primera etapa, se recolecto una muestra de 40L de agua residual industrial de un lavado de gases de una empresa de servicios, Lima. Se recolecto la muestra a las 17:00 pm del 22/06/17, en donde hay menor actividad en esta empresa.

b) Analisis inicial de la muestra

Luego de obtener la muestra, el agua residual se encuentra con un pH 6 a una temperatura de 20 °c, luego se procede a preservar la muestra añadiendo 5ml de ácido nítrico (HNO₃) al agua residual para llevarlo a un pH menor a 2.

La muestra inicial es analizada su concentración de plomo y silicio en el laboratorio certificado, Servicios Analíticos SAC.

Los parámetros físicos como turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, temperatura, se analizaron en el laboratorio de la universidad cesar vallejo Lima Norte

C) Tratamiento de agua mediante el uso de MNBs de aire-ozono

En esta etapa se desarrollo en un ambiente acondicionado para el tratamiento, para lo cual se realizo el armado del equipo o generador de MNBs en un sistema continuo de micronanoburbujas de aire-ozono. Para realizar el tratamiento se utilizaron en un total de 13L para el pH=6 de igual manera para el pH=8, y para el pH= 10, con un total de 39L de agua residual, se sometio a tratamiento por un periodo de 8,16 y 24 minutos para determinar la variación de los resultados.

d) Analisis final del tratamiento

Luego de emplear las micronanoburbujas de aire-ozono en la muestra, se envio al laboratorio certificado EQUAS para el análisis químico, y los análisis físicos se analizaron en laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte

e) Comparación de resultados obtenidos

después de emplear las micronanoburbujas de aire-ozono, en un sistema continuo y por diferentes tiempos de 8,16 y 24 minutos efectivamente se ha comprobado que las concentraciones de plomo y silicio han reducido en cada tiempo y por los diferentes pHs(6=8=10).

2.4.1 Validación:

La técnica para la recolección de datos será directa, ya que provienen de fuentes originales y se recopilarán directamente del campo a través de la observación, formato de monitoreo y comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 003-2010- MINAN.

Los instrumentos a utilizar son

- Ficha de registro de datos de campo (Anexo 1).
- Ficha de parámetros fisicoquímicos de muestra de agua en la zona de estudio antes de aplicar el instrumento de Micronanoburbujas.(Anexo 2)
- Ficha de parámetros fisicoquímicos obtenidos después del uso del método de Micronanoburbujas.

Estas fichas han sido validadas por ingenieros colegiados expertos en el tema de investigación.

Ing. Valdivieso Lorgio

Ing. Munive Cerron, Rubén

2.4.2 Confiabilidad

Teniendo en cuenta las características particulares de la investigación:

- Comprende evaluar la eficiencia del método de Micronanoburbujas para mejorar la calidad del agua extraída de la fuente.
- Que, se tomará una muestra para ser evaluado en laboratorio y determinar la calidad fisicoquímica.

- Se tomaran muestras de agua ya tratadas con Micronanoburbujas primero a los 8 min luego a los 16 min, 24 minutos, lo que permita al investigador determinar la eficiencia de la técnica.

2.5 Métodos de Análisis de Datos

Estadísticos:

Es la herramienta que estudia el uso y los análisis provenientes de una muestra representativa de datos, explica las correlaciones de un fenómeno físico o natural, en forma aleatoria que permite llevar a cabo relacionado con la investigación científica.

Los datos que se va analizar es utilizando la estadística cuantitativa estadística inferencial para el contracte de hipótesis con la ayuda del software estadístico SPSS, T de student y la prueba de ANOVA.

2.6 Aspectos éticos

El trabajo de investigación preservara la confidencialidad de la información brindada por la empresa y las personas involucradas con el apoyo por la seguridad e integridad de este trabajo de investigación.

2.7 Materiales y equipos a utilizar en la investigación

Equipo de protección personal

- Mascarilla para protección de gases
- Guates
- Mandil

Materiales para la toma de muestras

- Cooler
- Botella de plástico de 500ml de polietileno
- Gel
- Ácido nítrico(NHO_3)

Equipo y materiales de laboratorio

- Turbidímetro
- pH-metro
- Multímetro
- Bureta
- Vaso precipitado de 100ml
- Soporte universal

Equipo para el tratamiento

- Generador de micronanoburbujas
- Microscopio
- Compresora de aire
- Bomba de agua
- Generador de ozono

II. RESULTADOS

3.1 Procedimiento para la obtención de resultados

3.1.1 Recolección de la muestra

Para la investigación se procede a obtener la muestra que proviene del lavado de gases de una empresa de servicio. En este caso se recolecto 1L de agua en un frasco de plástico esterilizado del lavado de gases por la válvula de purga.

Tabla 3: Ficha de registro de la muestra

Fecha	Análisis	Tipo de Muestra	Tipo de envase	Cantidad mínima de muestra	Preservación de la muestra	Tiempo Máximo para transporte al laboratorio
22-06-17	Plomo	Agua residual	Frasco de plástico	500ml	Ácido nítrico hasta un pH menor a 2	6 meses
22-06-17	Silicio	Agua residual	Frasco de plástico	500ml	Ácido nítrico hasta un pH menor a 2	6 meses

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 1: En esta imagen se puede apreciar la toma de muestras del lavado de gases de la empresa de servicio.

3.1.2 Análisis inicial de la muestra:

Para los parámetros de campo se uso el multiparametro HQ40d y el turbidimetro OAKTON T-100, en la Universidad Cesar Vallejo de Lima Norte.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura N° 2: Calibracion del sensor de pH del multiparametro.

Tabla 4. Resultados de las concentraciones de Silicio y Plomo (en mg/L) y los parámetros físicos(conductividad eléctrica, oxigeno disuelto, pH, turbidez, temperatura) antes del tratamiento con micronanoburbuja.

Determinación	Unidades	Resultados
Plomo	mg/L	32.26
Silicio	mg/L	70.49
pH	-	8
Oxigeno disuelto	OD	6.13
Conductividad electrica	ms/cm	4.28

Turbidez	NTU	50
Temperatura	°C	20

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 3: Medicion de los parametros fisicos en la UCV.

3.1.3 Tratamiento de agua con Micronanoburbujas

Para el tratamiento del agua residual se tomó una muestra de 39 L, en la cual se procedió con el tratamiento continuo por diferentes tiempos 8; 16; 24 minutos.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 4: En la imagen se observa la titulación de los pH= 8= 10.

Titulación de pH= 6 y pH= 10

a) Determinar pH= 6.

- Primero se tomó 100 ml de agua residual en un vaso precipitado de 250ml, luego el ácido clorhídrico se agregó en la bureta.
- se colocó la bureta en el soporte universal en el sujetador de pinza de la bureta
- luego se añadió gota por gota el ácido clorhídrico al agua residual y de acuerdo a las gotas añadidas se estuvo midiendo el pH del agua, en donde se consumió 0.056g de ácido clorhídrico

1.4ml HCL(1M) para pH=8

$$Wg = \frac{N \times PM \times V}{\sigma}$$

$$Wg = \frac{1 \times 40 \times 0.0014}{1}$$

Wg= 0.056gr de HCL

- 100ml .-----0.056gr HCL
- 13000ml-----X
- X= 7.28 gr. Para adicionar a 13 Lt de muestra

B) Determinar pH= 10

- Se tomó 100ml de agua residual en un vaso precipitado de 250ml.
- Luego se agregó el hidróxido de sodio en la bureta, en la cual se colocó en el soporte universal en una pinza de bureta
- Se añadió gota a gota el hidróxido de sodio hasta llegar a un pH 10 en donde se consumió 0.138 gr.

$$Wg = \frac{N \times PM \times V}{\sigma}$$

$$Wg = \frac{1 \times 40 \times 0.00345}{1} = 0.138 \text{ gr}$$

100ml-----0.138gr

13000ml-----X

X= 17.94 gr para adicionar a 13Lt de muestra.

Tabla 5.

Materiales y reactivos utilizados

Materiales	Reactivos
Vasos precipitados de 250ml	Agua destilada
Agua destilada	Hidróxido de sodio
Bureta	
Soporte universal	

Fuente: elaboración propia

Para el tratamiento con micronanoburbujas de aire ozono, se utilizo una boma de agua de 1/5 Hp, una compresora de aire de 30 PSI, y un generador de O₃ con una capacidad de 8 L/min de una concentración de 1000mg/h.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 5:Generador de micronanoburbujas.

En el tratamiento de agua residual de la muestra de pH=6 se utilizo 13 L de agua en donde 6.5 L, se deposito en el primer contendor y lo siguiente se deposito en el segundo contendor. Ya que los contendores están llenados se procedio con el encendido de la boma de agua luego con la compresora de aire y luego con el generador de ozono, en donde el agua iba recirculando por un tubo durante un tiempo de 8, 16, 24 minutos de cada tiempo se tomo una muestra para ser analizados.

Para los siguientes tratamientos con diferentes pHs se hizo un lavado previo del equipo para evitar la contaminación cruzada, el procedimiento fue el mismo para los siguientes tratamientos de pH =8=10.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 6: Generacion de micronanoburbujas.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 7: Recoleccion de la muestra tratada.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 8: En la imagen se aprecia los diferentes pH=6=8=10, y la variación de los colores.

Después del tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono el agua residual se tomaron 9 muestras por diferentes tiempos de tratamiento para ser enviados a un laboratorio para el análisis de plomo y silicio y los parámetros físicos (conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez, pH, temperatura) se analizaron en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo.

Tabla N° 6 Resultados de los parámetros físicos del agua residual

Tiempo(min)	Oxígeno disuelto(mg/L)	conductividad eléctrica(ms/cm)	turbidez(NTU)	Temperatura
pH= 6				
8	8,17	3,08	12,47	21,7
16	8,06	3,01	11,94	21,7
24	8,05	3,01	11,28	21,7
pH= 8				
8	8,31	3,07	22	20,6

16	8,29	2,88	22,4	20,6
24	8,28	2,85	22,1	20,6
pH=10				
8	8,25	3,05	19	21,3
16	8,26	2,5	18,89	21,3
24	8,28	2,01	18,22	21,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultados de las concentraciones de Silicio y Plomo (en mg/L) y la reducción luego del tratamiento con microburbujas para pHs de 6, 8 y 10.

Tiempo(min)	Plomo(mg/L)	Silicio(mg/L)
pH=6		
8	2.311	30.20
16	1.909	30.10
24	1.519	29.70
pH=8		
8	0.121	13.69
16	0.113	13.47
24	0.088	13.42
pH=10		
8	0.798	13.11
16	0.778	13.09
24	0.563	12.97

Fuente: Elaboracion propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: secado de la sedimentación de los residuos .

Después del tratamiento se dejó actuar a las micrananoburbujas durante 24h, luego se observó una sedimentación en cada muestra.

Después se utilizó papel filtro para filtrar el residuo de la muestra, se procedió a secar en el secador, enseguida el residuo secado se pesó en la balanza.

3. 2. Resultados de las características de las micrananoburbujas

a) Diametro de las micrananoburbujas

Para medir el tamaño de las micrananoburbujas se utilizó un microscopio binocular MOD BM-120T- luz LED con una cámara de 5 megapíxeles, obteniendo la imagen con un aumento de 40x. La medición se hizo con un software de la cámara, obteniendo como resultado una micrananoburbuja de diámetro 2.2 μm .



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 10: Diámetro de la micromicroburbuja

b) Presion interna:

En su ecuacion de Young–Laplace

Formula:
$$P = P_l + \frac{4\sigma}{db}$$

P: presión de la burbuja

Pl: presión de líquido:

= $\rho \cdot g \cdot h$

= $(998.2\text{kg/m}^3) (9.8\text{m/s}^2) (0.10\text{m})$

= 978.23 kg/ms^2

= 978.23Pa

= 0.96 atm

σ : Tensión superficial= 0.0728N/m

d_b :Diámetro de la burbuja= 2.2×10^{-6} m

$$P = 0.96 \text{ atm} + \frac{4(0.0728 \frac{N}{m})}{2.2 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$P = 0.96 \text{ atm} + 132363.63 \text{ Nm}^2$$

$$P = 0.96 \text{ atm} + 1.32 \text{ atm} = 2.28 \text{ atm}$$

c). Velocidad de ascenso

$$\text{Formula: } U = \frac{\rho g d^2}{18 \mu}$$

U : Velocidad lenta de ascenso

ρ : Densidad del líquido= 998.2 kg/m^3

g : Aceleración de la gravedad = 9.8 m/s^2

d : Diámetro de la burbuja= 2.2×10^{-6} m

μ : viscosidad del líquido = $1.003 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$$U = \frac{998.2 \text{ kg/m}^3 (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (2.2 \times 10^{-6})^2}{18 (\frac{1.003 \times 10^{-3} \text{ kg}}{\text{ms}})}$$

$$U = 2.62 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

Tabla N° 8

Resultados de la caracterización de las micronanoburbujas

Características	Resultados
Tiempo de contacto (min)	8,16,24
Diámetro de la MNB(μ m- nm)	2.2
Presión interna(atm)	2.28atm
Velocidad de ascenso(cm/h)	2.62

Fuente: Elaboración propia.

Etapa V: Comparación de Resultados

Tabla N°: 9 Resultados de la muestra inicial y final

Determinación	Unidades	Determinación inicial	Determinación final(promedio)
Plomo	mg/L	32.26	6.774
Silicio	mg/L	70.49	18.85

Fuente: Elaboración propio.

3.3. Estadística descriptiva

3.1.1. Descripción de los parámetros

Tabla N°: 10
Lecturas directas de los parámetros durante los experimentos

pH	Tiempo (min)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (us/cm)	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Silicio (mg/L)	Plomo (mg/L)
6	0	6,13	4,1	50	20	70,49	32,26
	8	8,17	3,08	12,47	20,4	30,2	2,311
	16	8,06	3,01	11,94	20,5	30,1	1,909
	24	8,05	3,01	11,28	21,7	29,7	1,519
8	0	6,13	4,1	50	20	70,49	32,26
	8	8,31	3,07	22	21,4	13,69	0,121
	16	8,29	2,88	22,4	20,6	13,47	0,113
	24	8,28	2,85	22,1	21,2	13,42	0,088
10	0	6,13	4,1	50	20	70,49	32,26
	8	8,25	3,05	19	21,3	13,11	0,798
	16	8,26	2,5	18,89	21,2	13,09	0,778
	24	8,28	2,01	18,22	21,1	12,97	0,563

Al principio del experimento algunos de los parámetros descendieron drásticamente en los primeros 8 minutos del experimento en los tres casos de pH(6,8,10). Pero luego del minuto de 8 el decremento fue mínimo hacia el minuto 16 y lo mismo hacia el minuto 24, en los gráficos adjuntos se advierte el comportamiento descrito en los siguientes casos: silicio, plomo, conductividad eléctrica y turbidez. Se observa en los siguientes gráficos.

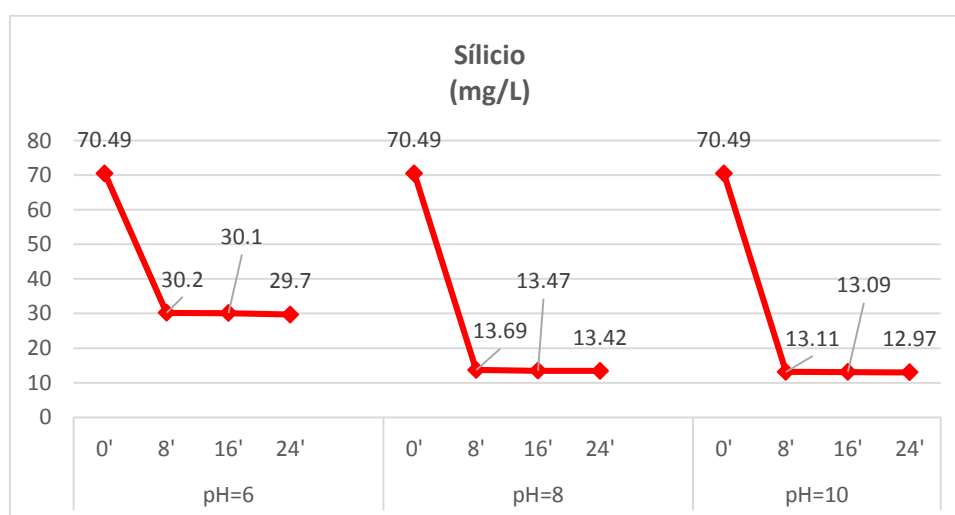


Figura 11. Evolución de las concentraciones de silicio a diferentes pH's

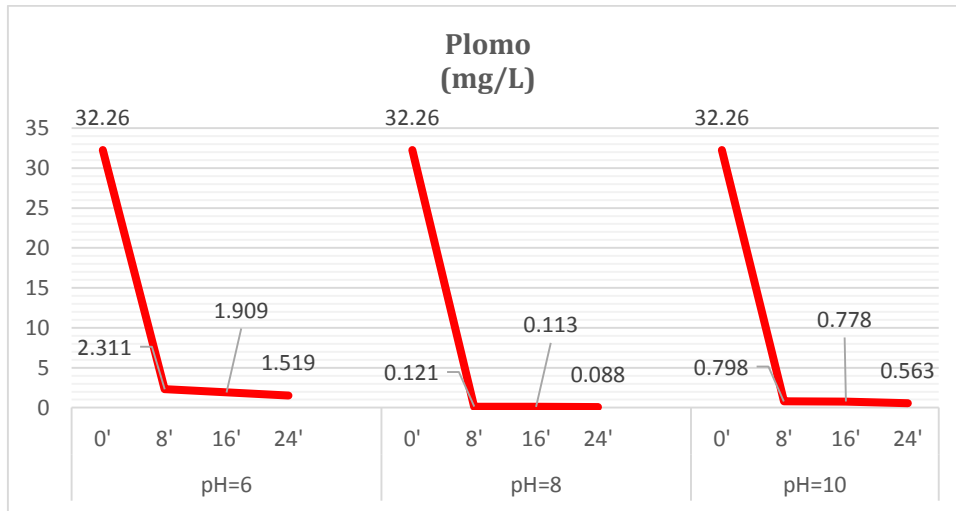


Figura 12. Evolución de las concentraciones de Plomo a diferentes pH's

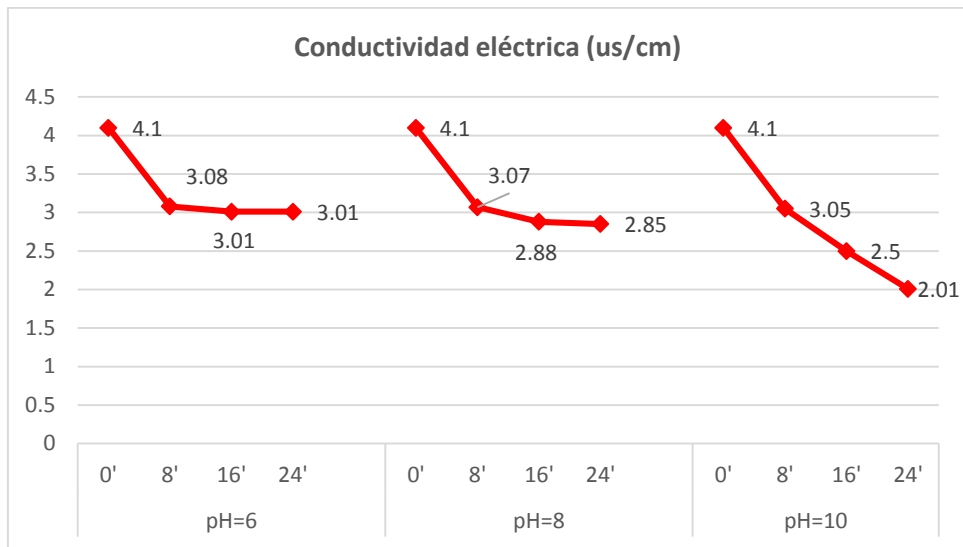


Figura 13. Evolución de la Conductividad eléctrica a diferentes pH's

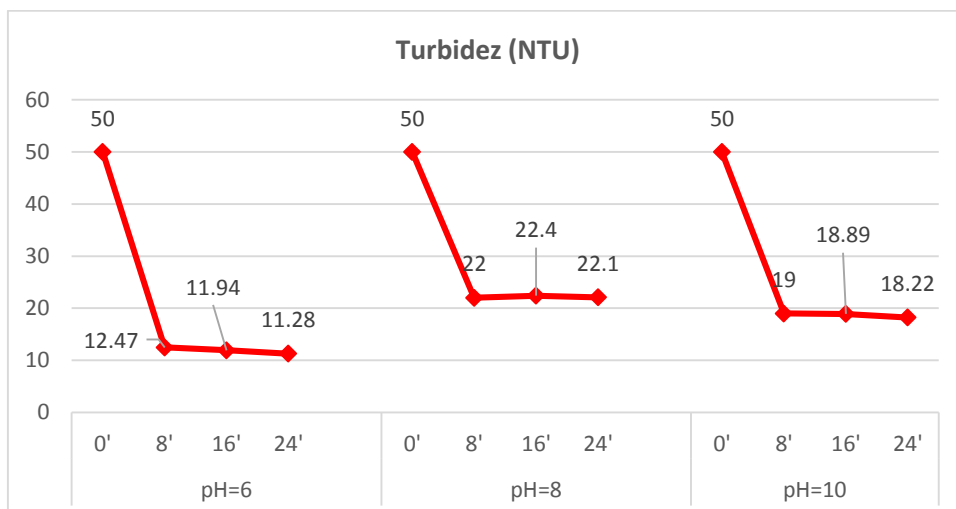


Figura 14. Evolución de la Turbidez a diferentes pH's

Por el contrario el oxígeno disuelto y la temperatura tuvieron un comportamiento creciente al principio, entre los minutos 0 a 8 minutos, las lecturas fueron ligeramente oscilantes hasta el minuto 24.

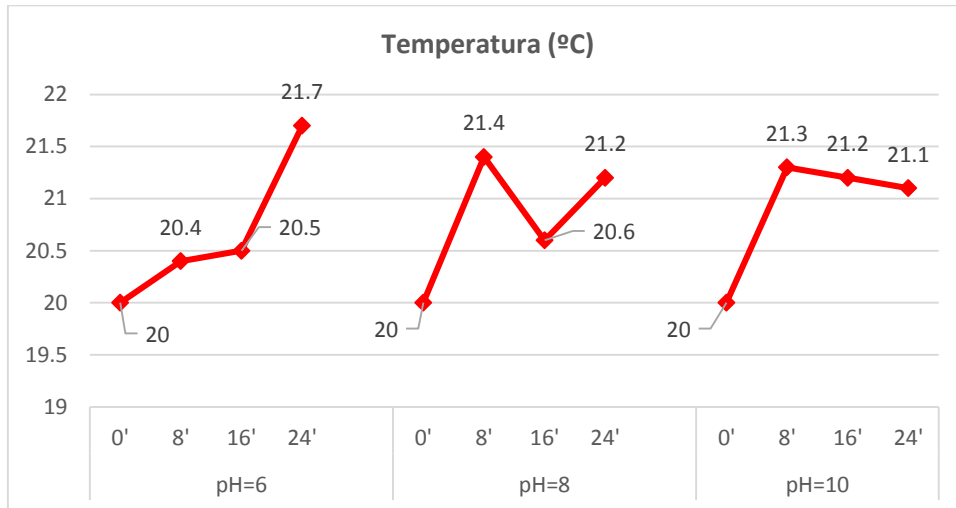


Figura 15. Evolución de la temperatura a diferentes pH's

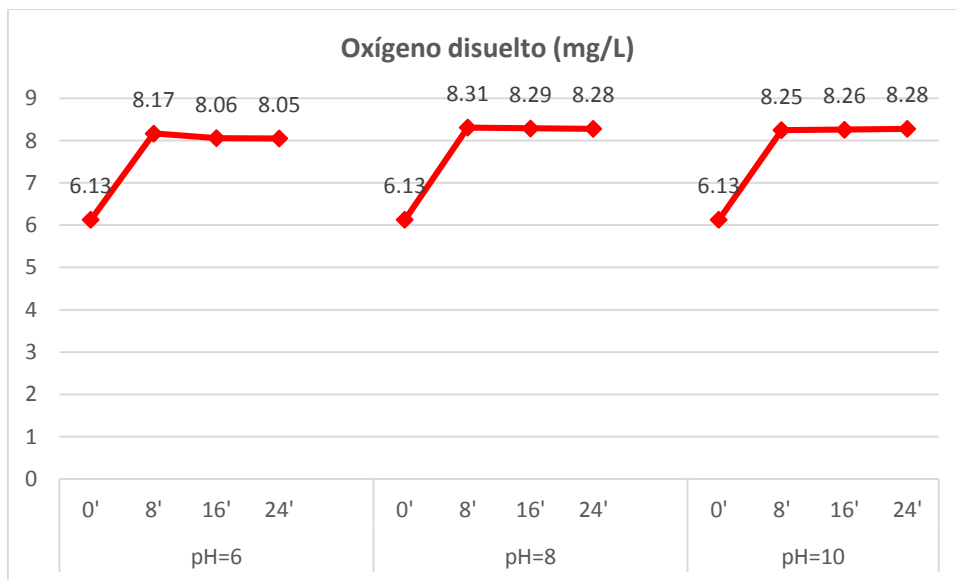


Figura 16. Evolución de concentraciones de Oxígeno a diferentes pH's

Estadísticos de los parámetros

Tabla 11

Estadísticos de los parámetros

Estadístico	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (us/cm)	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Silicio (mg/L)	Plomo (mg/L)
Media	8,22	2,83	17,59	21,04	18,86	0,91
Mediana	8,26	3,01	18,89	21,20	13,47	0,78
Varianza	0,01	0,13	20,62	0,20	69,86	0,68
Desv. típ.	0,10	0,36	4,54	0,44	8,36	0,82
Mínimo	8,05	2,01	11,28	20,40	12,97	0,09
Máximo	8,31	3,08	22,40	21,70	30,20	2,31
Rango	0,26	1,07	11,12	1,30	17,23	2,22
Coefficiente de variación	0,01	0,13	0,26	0,02	0,44	0,90

Se representa las medidas de tendencia central(media, mediana) y las medidas de dispersion(varianza, desviacion tipica o estandar, valor minimo, valor maximo y rango) de las lecturas realizadas a partir del minuto 8, durante los experimentos.

El coeficiente de variacion fue bajo en los casos del oxigeno y la temperatura, es decir que los valores del oxigeno y la temperatura fueron los menos dispersos en relacion a los valores de plomo y silicio, estos ultimos con coeficientes de variacion mas altos, mientras que la turbidez y la conductividad electrica tuvieron coeficientes de variacion intermedios lo que equivale a decir que tuvieron dispersiones intermedias en relacion a los otros valores.

Hipótesis general

Ha: El tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono disminuye las concentraciones de silicio y plomo en las aguas de lavado de gases de una empresa de servicios.

Ho: El tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono no disminuye las concentraciones de silicio y plomo en las aguas de lavado de gases de una empresa de servicios.

Se realizaron dos pruebas de estadísticos t-Student, comparandose el promedio de los valores finales del experimento con los valores iniciales tanto para el silicio y plomo.

Tabla 12

Prueba t-Student para una muestra: comparación del valor inicial con los valores finales de Silicio y Plomo , luego del tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono

Parámetro	N	Media	σ	Prueba t-Student para una muestra						
				Valor de prueba	t	gl	p	Diferencia de medias	95% IC para la diferencia	
									Inferior	Superior
Silicio (mg/L)	3	18,70	9,53	70,49	-9,411	2	0,01	-51,79	-75,47	-28,11
Plomo (mg/L)	3	0,72	0,73	32,26	-74,944	2	0,00	-31,54	-33,35	-29,73

Se presenta dos comparaciones: primero se comparan los valores iniciales del silicio con los valores finales del mismo y e segundo lugar se comparan los valores iniciales del plomo con los valores finales de dicho metal. En caso del silicio, el valor inicial igual, a 70.49 mg/L valor que fue significativamente diferente a los valores finales de silicio($p=0.1$). de la misma forma en el plomo, la prueba t-Student indica que la lectura inicial de dicho metal fue significativamente diferente($p<0.05$) en relacion a los valores finales de dicho metal.

En conclusion, se rechaza la hipotesis nula y se acepta la hipotesis alterna, el tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono mejora las características del agua en cuanto al contenido de los metales mencionados.

Hipótesis específica 01

Ha: El tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono mejora las características físicas del agua

Ho: El tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono NO mejora las características físicas del agua

Nivel de confianza: 95%

Alfa: 5% (=0.05)

Tabla 13

Pruebas t-Student para una muestra: comparación de los valores iniciales de los parámetros físicos con los valores finales de dichos parámetros, luego del tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono

Parámetro	N	Media	σ	Prueba t-Student para una muestra						
				Valor de prueba	t	gl	p	Diferencia de medias	95% IC para la diferencia	
									Inferior	Superior
Oxígeno disuelto (mg/L)	3	8,20	0,13	6,13	27,043	2	0,00	2,07	1,74	2,40
Conductividad eléctrica (us/cm)	3	2,62	0,54	4,10	-4,762	2	0,04	-1,48	-2,81	-0,14
Turbidez (NTU)	3	17,20	5,48	50,00	-10,364	2	0,01	-32,80	-46,42	-19,18
Temperatura (°C)	3	21,33	0,32	20,00	7,184	2	0,02	1,33	0,53	2,13

En todo los casos se tuvieron resultados diferentes a las lecturas iniciales así, el oxígeno disuelto tuvo valores significativamente diferente al valor inicial ($p < 0.05$), de la misma forma los valores de conductividad eléctrica fueron diferentes al final respecto del valor inicial ($p = 0.04 < 0.05$) e igual ocurrió con el parámetro de turbidez que también tuvo valores estadísticamente distintos al final de los experimentos en relación al valor inicial ($p = 0.01 < 0.05$) y lo mismo en el caso de la temperatura en donde también los valores finales fueron significativamente diferentes al valor inicial ($p = 0.02 < 0.05$).

En conclusión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: el tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono mejora las características físicas del agua.

Hipótesis específica 2

Ha: La eficacia de las micronanoburbujas de aire-ozono NO es similar a partir del minuto 8, durante los experimentos

Ho: La eficacia de las micronanoburbujas de aire-ozono es similar a partir del minuto 8, durante los experimentos.

Se hizo una comparación entre las lecturas tomadas a los 8 minutos con las lecturas tomadas a los 16 minutos y las lecturas tomadas a los 24 minutos, para verificar si había eficacia diferente. Las comparaciones se realizaron utilizando la prueba de ANOVA o análisis de varianzas.

Tabla 14
Prueba de Levene de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	P
Oxígeno disuelto (mg/L)	1,449	2	6	0,307
Conductividad eléctrica (us/cm)	3,012	2	6	0,124
Turbidez (NTU)	0,021	2	6	0,979
Temperatura (°C)	1,137	2	6	0,381
Silicio (mg/L)	0,002	2	6	0,998
Plomo (mg/L)	0,360	2	6	0,712

El test de Levene en cada uno de los parámetros arrojó resultados que indican que las varianzas fueron homogéneas: Oxígeno ($p=0.307>0.05$), conductividad eléctrica ($p=0.307>0.05$), Turbidez ($p=0.979>0.05$), Temperatura ($p=0.381>0.05$), Silicio ($p=0.998>0.05$) y finalmente Plomo ($p=0.712>0.05$)

Tabla 15
Pruebas de ANOVA de comparación entre las tres lecturas de los parámetros realizadas durante el tratamiento: 8 minutos vs 16 minutos vs 24 minutos.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Oxígeno disuelto (mg/L)	Inter-grupos	0,003	2	0,002	0,126	0,884
	Intra-grupos	0,076	6	0,013		
	Total	0,080	8			
Conductividad eléctrica (us/cm)	Inter-grupos	0,299	2	0,150	1,251	0,351
	Intra-grupos	0,718	6	0,120		
	Total	1,017	8			
Turbidez (NTU)	Inter-grupos	0,690	2	0,345	0,013	0,988
	Intra-grupos	164,262	6	27,377		
	Total	164,952	8			
Temperatura (°C)	Inter-grupos	0,482	2	0,241	1,315	0,336
	Intra-grupos	1,100	6	0,183		
	Total	1,582	8			
Silicio (mg/L)	Inter-grupos	0,141	2	0,070	0,001	0,999
	Intra-grupos	558,720	6	93,120		
	Total	558,861	8			
Plomo (mg/L)	Inter-grupos	0,189	2	0,095	0,109	0,899
	Intra-grupos	5,226	6	0,871		
	Total	5,415	8			

En caso del oxígeno disuelto, las lecturas a los 8 minutos, 16 minutos y 24 minutos no fueron significativamente diferentes entre sí ($p=0.884 > 0.05$); igual ocurrió en la conductividad eléctrica, los valores tomados a los 8, 16, 24 minutos no tuvieron diferencias estadísticamente apreciables ($p=0.351 > 0.05$); análogo fue en el caso de la turbidez en la que tampoco se demostró que análogo fue el caso de la turbidez en la que tampoco se demostró que hubiesen diferencias significativas entre las lecturas a los 8, 16 y 24 minutos ($p=0.988 > 0.05$); lo mismo ocurrió en el caso de la temperatura ($p=0.336 > 0.05$) y de la misma forma en el Silicio ($p=0.999 > 0.05$) y en el Plomo ($p=0.899 > 0.05$)

En conclusión, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula: La eficacia de las micronanoburbujas de aire-ozono es similar a partir del minuto 8, durante los experimentos.

III. DISCUSSION

En el presente estudio se ha podido evidenciar la reducción de las concentraciones de plomo de 32.26 a un 0.563 mg/L. mientras Guerra et, al., (2012) en su investigación titulada tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología obtuvieron una reducción de 2 mg/g de plomo

En el presente estudio se ha podido evidenciar la reducción de las concentraciones de plomo de 32.26 a un 0.563 mg/L. mientras Urzquiza et. Al., (2011) en su investigación titulada Biosorción de plomo de aguas contaminadas utilizando *pennisetum clandestinum* (kikuyo) obtuvieron una reducción de 139.35 mg/g de plomo.

iv. Conclusiones

- En la presente investigación se determinó que la concentración inicial de plomo y silicio sobrepasan el ECA; en las aguas de lavado de gases de una empresa de servicios.
- En conclusión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: el tratamiento con micronanoburbujas de aire-ozono mejora las características del agua en cuanto al contenido de los metales mencionados.
- Se concluye que el procedimiento es efectivo con el tratamiento de micronanoburbujas ya que se observa la reducción de plomo y silicio.
- En la presente investigación se determinó que las características físicas mejoran después del tratamiento con las micronanoburbujas.
- En la presente investigación se determinó que el procedimiento tiene resultados similares a los diferentes pH.

v. Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones en las aguas residuales industriales para la reducción de metales pesados, ya que como se ve observa en esta investigación son eficientes las micronanoburbujas en el reducción de metales pesados en aguas.
- Se recomienda realizar más investigaciones en las aguas residuales industriales con más métodos de tratamiento para comparar lo diferentes tratamiento, para la mejora en la reducción de diferentes contaminantes.
- Se recomienda más muestras y con más volumen de agua para el tratamiento con diferentes pH y tiempos hasta llegar a los estándares de calidad ambiental del agua.

VI. Referencias Bibliográficas

ANA- Autoridad Nacional del Agua. Más de cien ríos están contaminados con coliformes o metales. Lima, Perú: Julio Talledo Vilela. 15 de enero 2016.

AROSZTEGUI Walter, OCAMPO Jesús. Micro tecnología. Universidad de Argentin. 2010.

AUGE, Miguel. 2007. Fuente de agua vida, Argentina. E-Book: 3-14.

A. Ushida, T. Hasegawa, and T. Nakajima, Flow properties of nanobubble mixtures passing through micro-orifices, Fluid Flow 40, 2013, p 106-115.

BELTRAN Cinda, JACINTO Napoleon. Aplicación [en línea] de microburbujas en la flotación de lodos de tratamiento de aguas acidas de mina. Revista Metalurgica UTO. Julio 2012. ISSN 2078-5593.

EPA- Agencia de Protección Ambiental. Información básica sobre el plomo en el agua potable. Estados Unidos: 2016.

Hugo A., Mauricio M. y William A., Diseño y construcción de un generador para la evaluación de la erosión y corrosión por cavitación en recubrimientos duros. 2012

FAN Maoming, TAO Daniel, HONAKER Rick, LUO Zhenfu, Nanobubble generation and its applications in froth flotation (part III): specially designed laboratory scale 3 column flotation of phosphate. Universidad de EE.UU, 2010, P 319.

Fernández Carlos, Hernández Roberto y Baptista Pilar. Metodología de la investigación. Editorial Mc Graw- Hill interamericana 4^{ta} edición. México D.F. ISBN 970-10-5753-8 pp. 689,2006

Guerra Alfredo, HiyagonGenevie, tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología [en línea]. Universidad Nacional de ingenieros, Perú, 2012. [consultado el 20 de octubre 2016].

Disponible en:

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3362/1/guerra_aa.pdf

MALDONADO A, LUQUE C y URQUIZO D. Biosorción de plomo de aguas contaminadas utilizando pennisetum clandestinum hochst (kikuyo), Peru, Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, Cusco, 2012, ISSN 0255-6952.

MMA- Ministerio del Medio Ambiente. El plomo, [En línea], Lima-Peru:2006. 03p. Disponible en:

http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/cap1_1_tcm7-20809.pdf

MARTINEZ GARCÍA, Jasser; GONZÁLEZ SILGADO, Luís Enrique; VILLABONA ORTÍZ, Ángel Director. Evaluación del poder coagulante del a tuna (opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas residuales. 2012. Tesis Doctoral. Universidad de Cartagena.

Martinez Bogado Monica, Materiales y materias primas, [En línea] 2012. Argentina. Disponible en: <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/silicio.pdf>

ONU- Organización de las Naciones Unidas. Información básica sobre agua para el mundo. Estados Unidos.:2012.

Sawyer Clair N., McCarty Perry L., Parkin Gene. Química para la Ingeniería Ambiental. 4ta edición. Colombia:MacGraw-Hill, 2000, 688 p. ISBN:9584101641

S. Liu, Y. Kawagoe, Effects of nanobubbles on the physicochemical properties of wáter: The basis for peculiar properties of wáter containing nanobubbles, Chem. Eng. Sci. Sci. 93, 2013, pág. 250-257.

SILVA, Jorge; TORRES, Patricia; MADERA, Carlos. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Agronomía Colombiana, 2008, vol. 26, nº 2, pág. 351.

Sierra Carlos, Calidad del agua Evaluacion y diagnostico, ediciones de la U. Colombia. ISBN: 978-958-8692-06-7 pp. 60, 58, 2011.

Valverde, J. 2017. Avances de las Micro-NanoBurbujas (MNBs) en el tratamiento de aguas: ponencia en el Primer Congreso Regional de Estudiantes de Ingeniería Ambiental, UNMSM, del 5 al 10 de junio 2016. Lima.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Normalidad de las variables

Normalidad según el test de Shapiro-Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,883	3	0,332
Conductividad eléctrica (ms/cm)(us/cm)	0,902	3	0,391
Turbidez (NTU)	0,964	3	0,635
Temperatura	0,976	3	0,702
Sílicio	0,845	9	0,065
Plomo	0,965	3	0,641

Todas la variables en estudio resultaron normlaes ($p > 0.05$) por lo tanto se pueden utilizar pruebas estadísticas paramétricas, como por ejemplo el test Anova o la t-Student.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	JUSTIFICACION	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><u>GENERALES:</u></p> <p>-¿En qué medida se reducirá el nivel de contaminante de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas de aire, a nivel de laboratorio, 2017?</p> <p><u>ESPECIFICOS:</u></p> <p>-¿Cuánto es la concentración de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas con aire, a nivel de laboratorio, 2017?</p> <p>-¿Cuál es la eficiencia de reducción de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas con aire, a nivel de laboratorio, 2017?</p>	<p><u>GENERALES:</u></p> <p>Reducir la concentración de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas con aire, a nivel de laboratorio, 2017</p> <p><u>ESPECIFICOS:</u></p> <p>Determinar la concentración de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas con aire, a nivel de laboratorio, 2017</p> <p>Determinar la eficiencia de reducción de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas de aire, a nivel de laboratorio, 2017</p>	<p><u>GENERALES:</u></p> <p>La Aplicación de Micronanoburbujas con aire reducirá el nivel de contaminación por metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas con aire, a nivel de laboratorio, 2017</p> <p><u>ESPECIFICOS</u></p> <p>La concentración de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas con aire, a nivel de laboratorio, 2017, sobrepasan los estándares de Calidad Ambiental de la Normativa Legal peruana.</p> <p>Es eficiente la reducción de metales pesados en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio usando micronanoburbujas con aire, a nivel de laboratorio, 2017</p>	<p>En el presente trabajo se propone el uso de micro/nanoburbujas como remoción en el tratamiento de agua contaminada por metales pesados. Con ello a tratar los altos niveles de plomo y cromo en aguas contaminadas de rio. Para estos tratamientos se necesita el desarrollo de nuevas tecnologías para la reducción o extracción de estos metales de los efluentes contaminados.</p> <p>Por lo que se propone este tratamiento para aliviar la escasez de agua potable, así como minimizar como la contaminación de ríos, lagunas y mares entre otros.</p> <p>La realización de este trabajo de investigación contribuye aporte en la ingeniería ambiental y como también sanitaria; ya que reduciría el nivel de contaminación de metales pesados en el agua de lavado de gases de una empresa.</p> <p>Los resultados de esta investigación son de gran importancia optimizando el proceso de tratamiento en aguas residuales generando nueva alternativa de método en la remoción de metales pesados en los cuerpos de agua. Apoyará en futuras investigaciones y estudios de los interesados en esta investigación.</p>	<p><u>INDEPENDIENTES:</u></p> <p>Eficiencia de Micronanoburbujas.</p> <p><u>DEPENDIENTES:</u></p> <p>Concentración de metales pesados en el agua</p>	<p>Enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental.</p> <p>Población La población de esta investigación está constituida por los metales pesados que se encuentran en el agua de lavado de gases de una empresa de servicio.</p> <p>Muestra La muestra se obtuvo conformada de metales pesados presentes en el agua de lavado de gases tomada el 22 de junio 2017. Para la realización de esta investigación se tomó 40 litros de agua del lavado de gases.</p> <p>Muestreo: La técnica de muestreo es no probabilístico y el tipo de muestreo es por conveniencia, ya que las muestras son seleccionadas de acuerdo a la accesibilidad del investigador</p>

