



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Reducción de la concentración de colorante Negro Reactivo 5 en agua mediante el uso de las Micro nanoburbujas de Ozono–Aire escala laboratorio”

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Elizabeth Maldonado Cueva

**ASESOR:**

Dr. ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

**LIMA–PERÚ**

**2017-II**

**PÁGINA DEL JURADO**

**APROBADO POR:**

-----  
Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio

**Presidente**

-----  
Dr. Alcántara Boza Alejandro Francisco

**Secretario**

-----  
Dr. Valverde Flores Jhonny Wilfredo

**Vocal**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi padre Luis Ernesto.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que todo, por su amor.

### **A mi madre Elizabeth.**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo, por haber sido mi centro de formación profesional, donde aprendí a fijar mis metas de manera exigente, a mis padres Luis Ernesto Maldonado Ardiles y Elizabeth cueva Egusquiza por darme el aliento necesario para seguir adelante.

También quiero agradecer en forma especial a mi asesor de tesis, al Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores, por haberme guiado durante el desarrollo de mi investigación

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Elizabeth Maldonado Cueva, identificado con DNI N° 47796208, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de **Ingeniería**, de la Escuela Académico profesional de **Ingeniería Ambiental**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompañó es veraz y auténtica.

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

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

Lima, 01 Diciembre del 2017

---

**Maldonado Cueva, Elizabeth**  
**DNI N° 47796208**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COLORANTE NEGRO REACTIVO 5 EN AGUA MEDIANTE EL USO DE LAS MICRO NANOBURBUJAS DE OZONO-AIRE ESCALA LABORATORIO”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título de Profesional de Ingeniería Ambiental.

Elizabeth Maldonado Cueva

## ÍNDICE

Páginas Preliminares

<b>PÁGINA DEL JURADO</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b>	<b>iv</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>v</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Realidad Problemática</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Trabajos previos</b>	<b>4</b>
1.2.1 Internacionales	4
1.2.2 Nacionales	6
<b>1.3 Teoría relacionada al tema</b>	<b>7</b>
1.3.1 Colorantes	7
1.3.2 Colorantes tipo Azo	9
1.3.3 Colorante Reactivo Negro 5	11
1.3.4 Tratamientos de aguas contaminadas con colorantes textiles	11
1.3.5 Cavitación Hidrodinámica	12
1.3.6 Micro Nanoburbujas	13
<b>1.4 Formulación de problema</b>	<b>16</b>
1.4.1 Problema General	16
1.4.2 Problemas Específicos	17
<b>1.5 Justificación del estudio</b>	<b>17</b>
<b>1.6 Hipótesis</b>	<b>18</b>
1.6.1 Hipótesis General	19
1.6.2 Hipótesis Específicos	19
<b>1.7 Objetivo</b>	<b>19</b>
1.7.1 Objetivo general	20
1.7.2 Objetivos específicos	20
<b>II.MÉTODO</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Diseño de investigación</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Variables y Operacionalización de variables</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Población y muestra de investigación</b>	<b>23</b>
2.3.1 Población	23
2.3.2 Muestra	23

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	24
2.4.1 Metodología	24
2.4.2 Validez	37
2.4.3 Confiabilidad del instrumento	37
2.5 Métodos de análisis de datos	38
2.6 Aspectos éticos	39
III.RESULTADOS	39
IV. DISCUSIÓN	75
V. CONCLUSIÓN	77
VI. RECOMENDACIONES	78
VII.REFERENCIAS	79
VIII. ANEXOS	84



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grado de fijación del colorante .....	10
Tabla 2. Concentración Vs. Absorbancia .....	32
Tabla 3. Etapas de la investigación .....	36
Tabla 4. Cadena de custodia inicial de agua contaminada con el Colorante Negro Reactivo 5.....	38
Tabla 5.. Registro de caracterización de nano burbujas de Ozono- aire .....	38
Tabla 6. Cadena de custodia final de las aguas contaminadas con colorante Negro Reactivo 5.....	38
Tabla 7. Resultados del análisis inicial para C: 100mg/L .....	39
Tabla 8. Resultados del análisis inicial para C: 230mg/L .....	39
Tabla 9. Resultados del análisis inicial para C: 530mg/L .....	40
Tabla 10. Eficiencia de reducción de concentración de colorante NR5 .....	42
Tabla 11. Eficiencia de reducción de la concentración del colorante NR5 .....	43
Tabla 12. Eficiencia de reducción de reducción de concentración de colorante NR5 .....	44
Tabla 13. Concentración 1: Resultado de Potencial de hidrógeno y DQO .....	45
Tabla 14. Concentración 2 : Resultado Potencial de hidrógeno y DQO.....	46
Tabla 15. Concentración 3: Resultado Potencial de hidrogeno y DQO .....	47
Tabla 16. C1T1: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	48
Tabla 17. C1T2: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	49
Tabla 18. C1T3: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	49
Tabla 19. C2T1: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	49
Tabla 20. C2T2: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	50
Tabla 21. C2T3: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	51
Tabla 22. C3T1: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	51
Tabla 23. C3T2: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	52
Tabla 24. C3T3: Resultado de la concentración final de colorante NR5 .....	52
Tabla 25. Resultado de los parámetros finales en cada tiempo .....	53
Tabla 26. Resultado de los parámetros finales en cada tiempo .....	54
Tabla 27. Resultado de los parámetros químicos después del tratamiento .....	55
Tabla 28. Tamaño promedio de las micro nanoburbujas en las 3 concentraciones. 61	
Tabla 29. Datos de los parámetros químicos .....	65
Tabla 30. Resumen de procesamiento de casos .....	66
Tabla 31. Descriptivos.....	66
Tabla 32. Pruebas de normalidad .....	68
Tabla 33. Significancia de los parámetros pH y DQO.....	69
Tabla 34. concentración del NR5 .....	70
Tabla 35. Resumen de procesamiento de casos .....	71
Tabla 36. Descriptivos.....	71
Tabla 37. Pruebas de normalidad .....	72
Tabla 38. Resumen para el DBO5 .....	72
Tabla 39. Estadísticas de muestras emparejadas .....	73
Tabla 40. Correlaciones de muestras emparejadas.....	73
Tabla 41. Prueba de muestras emparejadas.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de colorante Negro Reactivo 5 .....	11
Figura 2.Principio del Generador tipo Venturi.....	13
Figura 3. Reacción Química del Ozono con el colorante NR5 .....	16
Figura 4.Equipos y materiales .....	25
Figura 5.Se pesó el colorante para cada concentración .....	26
Figura 6.Preparación de la muestra sintética .....	26
Figura 7.Medición del Ph y T .....	27
Figura 8.Preparacion del Reactivo Dicromato.....	29
Figura 9. Mezcla de la muestra contaminada con los Reactivos .....	30
Figura 10. Tubos de ensayo a la digestora .....	30
Figura 11. Lecturas de la absorbancia en el espectrofotómetro para hallar la DQO.....	31
Figura 12. Preparado de la Solucion madre.....	33
Figura 13. Preparado de las diluciones.....	34
Figura 14. Lecturas de las absorbancias en el espectrofotómetro .....	34
Figura 15. Muestras tratadas.....	35
Figura 16. Equipo generador de micro nanoburbujas .....	35
Figura 17. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 1 : 100 mg/L en 60 minutos .....	56
Figura 18.Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 1 : 100 mg/L en 90 minutos .....	56
Figura 19. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 1 : 100 mg/L en 140 minutos .....	57
Figura 20.Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 2 : 230 mg/L en 60 minutos .....	58
Figura 21. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 2 : 230 mg/L en 90 minutos .....	58
Figura 22. . Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 2 : 230 mg/L en 140 minutos .....	59
Figura 23. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 3 : 530 mg/L en 60 minutos .....	59
Figura 24. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 3 : 530 mg/L en 90 minutos .....	60
Figura 25. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 3 : 530 mg/L en 140 minutos .....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1. Informe de Laboratorio .....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 2. Cadena de custodia inicial .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 3. Registro de caracterización de micro nanoburbujas.....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 4. Cadena de custodia final .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 5. Validación de Instrumentos .....</b>	<b>96</b>

## Resumen

Las industrias textiles vierten efluentes de naturaleza tóxica y difícil de procesar por métodos convencionales, siendo los colorantes textiles compuestos orgánicos xenobióticos que intervienen en los procesos fotosintéticos que realizan los organismos en los cuerpos de agua como ríos, lagos y mares. Por ello el objetivo de esta investigación fue reducir el color en aguas contaminadas por el colorante Negro Reactivo 5, colorante de gran demanda por las industrias textiles por su afinidad con las fibras celulósicas, mediante la aplicación del método de las Nanoburbujas de Ozono- aire. Para lo cual se prepararon a nivel de laboratorio 3 concentraciones diferentes de 100mg/L, 230mg/L, 530 mg/L de colorante Negro Reactivo 5, se trabajó a esas concentraciones puesto que es el rango de concentración en el que se encuentran los colorantes en los efluentes industriales .(Chu, *et al*, 2008) . Estas aguas fueron dispuestas en el sistema generador de nanoburbujas, compuesta por una bomba de 0.5 Hp, un generador de aire y ozono .Las variables de respuesta son el porcentaje de reducción de color y la demanda química de oxígeno. Como resultado de las experimentaciones se obtuvieron porcentajes de eficiencia de reducción de color de las concentraciones de 100 mg/L en 90.95%, de 230 mg/L en 95.17% y 530 mg/L en 97.28% en un tiempo de 140 minutos y una disminución en la Demanda Química de Oxígeno, con DQO inicial de 674mg/L a 241,27 mg/L para la concentración 1 (100mg/L) ; DQO inicial de 821mg/L a 747.10mg/L para la concentración 2 ; DQO inicial 1100 mg/L a 356.37 mg/L para la concentración 3 (530 mg/L) en un tiempo de 140 minutos.

Palabras claves : xenobiotico, colorante negro reactivo 5 , nanoburbujas , aire

## **Abstract**

The textile industries discharge effluents of toxic nature and difficult to process by conventional methods, being the textile dyes xenobiotic organic compounds that take part in the photosynthetic processes that the organisms realize in the bodies of water like rivers, lakes and seas. Therefore, the objective of this research was to reduce the color in water contaminated by the Reactive Black dye 5, a dye in great demand by the textile industries due to its affinity with the cellulose fibers, through the application of the Ozone-air Nanobubbles method. For which 3 different concentrations of 100mg / L, 230mg / L, 530 mg / L of Reactive Black dye 5 were prepared at the laboratory level, these concentrations were worked since it is the concentration range in which the dyes are found in industrial effluents. (Chu, et al, 2008). These waters were arranged in the nanobubble generating system, consisting of a ½ horse pump, an air and ozone generator. The response variables are the percentage of color reduction and chemical oxygen demand. As a result of the experiments, a percentage of color reduction of 90.95%, 95.17% and 97.28% was obtained for concentrations of 100mg / L, 230 mg / L and 530 mg / L respectively in a time of 140 minutes and in chemical demand of oxygen was obtained a reduction in the concentrations of 100mg / L, 230mg / L and 530mg / L of 241.27 mg / L, 292.23mg / L, 356.37mg / L respectively in a time of 140 minutes.

Keywords: xenobiotic, reactive black dye 5, nanobubbles, air



## I. INTRODUCCIÓN

El agua es considerado uno de los recursos naturales indispensables para la vida. Sin embargo esta se ha evidenciado que a través del tiempo con el desarrollo industrial y progreso tecnológico se ha visto afectada. Las empresas de manufactura entre ellas la del rubro textil genera en sus procesos aguas residuales con parámetros fluctuantes extremos. Esto debido a los colorantes y aditivos químicos que se adicionan en sus etapas. Hasta a mediados del siglo XIX se usaron los tintes naturales para la tinción, sin embargo las características poco adecuadas de estos tintes llevo a la necesidad de crear los colorantes sintéticos los cuales se caracterizaban no solo por impartir mayor intensidad de color a la fibra sino también por poseer propiedades como resistencia al lavado, la luz solar y mayor estabilidad. Por ello en la actualidad la industria textil ha producido más de 10.000 tipos de colorantes que son utilizados en los diferentes procesos de teñido (Cortazar,2013). Diferentes colorantes presentan en su estructura química los grupos funcionales azoicos quienes representan más de la mitad de la producción mundial de colorantes, que asciende a unos 800.000 toneladas anuales. Es así que los colorantes reactivos representan el 25 % del mercado mundial, porcentaje únicamente superado por los colorantes dispersos.

La mayoría de los colorantes tienen un grado de agotamiento limitado es decir gran parte del colorante añadido no queda fijado a la fibra y va a parar a las aguas residuales aportando cierta coloración a las mismas. El porcentaje de fijación depende del tipo de colorante, siendo los colorantes reactivos los que tienen un agotamiento más bajo es decir gran parte de estos colorantes se fija parcialmente en la fibra textil y termina en el baño residual de tintura por lo que se les debe aplicar ciertas sales que ayuden a su fijación a la fibra. El colorante negro reactivo 5 posee afinidad con el algodón y es usado en gran medida en las industrias textiles sin embargo es considerado por su estructura química y por la presencia de grupos cromóforos como los azoicos un potencial contaminante en cuerpos de agua si no es tratado eficientemente por lo que puede ocasionar un impacto significativo negativo a los cuerpos de agua a los cuales son vertidos

tales como; una contaminación visual en los ríos ya que estos colorantes en pequeñas concentraciones pueden colorear grandes volúmenes de aguas, aunado a eso generan daños significativos a los ecosistemas acuáticos, como toxicidad en la flora y fauna; limitada penetración de la luz por lo que suprimen los procesos fotosintéticos y disminución del oxígeno disuelto; por lo que esta investigación aplica la nanotecnología mediante las Nanoburbujas de aire para remover de manera eficiente estos contaminantes que hará posible una eficiente remoción de los colorantes mejorando las características del agua.



## 1.1 Realidad Problemática

Los procesos productivos de empresas textiles en Lima consumen una importante cantidad de agua en sus procesos, principalmente en las etapas del teñido y estampado, donde se generan grandes volúmenes de agua residual con alto contenido de colorantes. Estos colorantes son compuestos orgánicos xenobióticos de estructura compleja, siendo los colorantes Reactivos de tipo Azoicos los más frecuentemente utilizados por las industrias textiles ya que representan más del 95 % de las estructuras existentes en las tonalidades de color más utilizadas además por su propiedad de solidez al lavado y afinidad con el algodón son las más requeridas por este sector. Sin embargo este tipo de colorantes presentan un bajo grado de agotamiento por lo que no se fija completamente el colorante a la fibra y terminan en el baño residual de tintura en un 70-90%. Los tratamientos convencionales de aguas residuales resultan ineficientes puesto que no son capaces de procesar este tipo de aguas ya que estos compuestos orgánicos persisten después de estos tratamientos en más del 90%, por lo que entre los principales efectos adversos de su liberación o vertimiento a cuerpos de agua causar toxicidad en la flora y fauna, la alteración de la actividad biológica de los cuerpos de agua, la limitada penetración de la luz por lo que se suprimen los procesos fotosintéticos, reduciendo el oxígeno disuelto en agua. Así mismo se han demostrado que ciertos colorantes Azo ocasionan un daño a la salud de las personas ya que estos pueden resultar carcinogénicos y mutagénicos, además de producir diferentes afecciones a la piel cuando se entra en contacto. Es por ello que esta investigación se propone el uso de las Micro Nanoburbujas de Ozono-Aire como un método eficiente para hacer frente a esta problemática generada por los colorantes textiles en cuerpos de agua, reduciendo el color y la demanda química de oxígeno entre otros parámetros que mejoren las características físico químicas del agua. Para ello se preparó a escala laboratorio el colorante Negro reactivo 5, un colorante que presenta como grupo cromóforo enlaces diazo, dobles enlaces de nitrógeno-nitrógeno preparado a concentraciones dentro del rango encontrado dentro de un baño residual de tintura.

## **1.2 Trabajos previos**

### **1.2.1 Internacionales**

**Li-Bing Chu et al., (2008)** menciona en el artículo **“Tratamiento Mejorado de Efluentes Textiles mediante la ozonización de Micro burbujas”** el objetivo principal es mejorar el proceso de oxidación por ozono en efluentes residuales textiles. Para ello se comparó un proceso de ozonización convencional con ozonización de microburbujas, para lo cual se contó con un generador constituido por una bomba, cuchillas giratorias e inyector. A sí mismo la concentración de ozono introducido fue de 500 mg/L, y un flujo de gas de 0,5-1,5 L / min. Los resultados en cuanto a reducción de color y dco fueron de un 80 % bajo el sistema de micro burbujas el que se efectuó en un tiempo de 140 minutos en comparación con 280 minutos que necesito el contactor de burbuja .La eficiencia en la eliminación DQO mediante el generador de micro burbuja alcanzo el 70 % (200 minutos) y para el contactor de burbuja solo alcanzó una eliminación de un 50 % a (360 minutos). Se concluye el sistema de micro burbujas es un proceso prometedor para mejorar tanto la transferencia de masa como la oxidación del ozono.

**Sumikura et al., (2007)** menciona en el artículo **“Método de desinfección de micro burbujas de Ozono para el sistema de reutilización de aguas residuales”**. Se empleó un generador de micro burbujas y un analizador utilizando dispersión de luz dinámica para medir la distribución del diámetro de la micro burbuja. Para la determinación de la velocidad de dilución de ozono inyectado tanto por el difusor poroso como por el generador de micro burbujas, se consideró una concentración de ozono de 4mg/L y un flujo de gas ozono de 0.75mL/min en 30 litros de fluido de ensayo (agua de caño y agua pura). Los resultados en la distribución de diámetro de micro burbujas fueron de 30-60 um y tuvo tendencia a disminuir a medida que la presión aumenta. En la velocidad de inactivación de microorganismos, cuando las micro burbujas de aire se irradiaron con ondas ultrasónicas, aprox. El 44% de E .Coli fue inactivado mostrando mayor

eficiencia. En cuanto a la velocidad de dilución de ozono inyectado por el sistema de micro burbujas fue mayor que la del difusor; además el tiempo de vida del ozono bajo el sistema de micro burbujas fue de 1.6 veces más largo que el de burbujas de orden milimétrico generados por el difusor poroso. Las conclusiones fueron que todo proceso de ozonización que utilice micro burbujas reduce el consumo de ozono debido a su alta eficiencia de dilución y al largo tiempo de vida de las nano burbujas.

**Shu Liu et al., (2009)** Menciona en el artículo “**Efecto de micro burbujas en el proceso de flotación de coagulación de aguas residuales de teñido**” el objetivo fue comparar el método de flotación coagulación de burbujas de aire convencionales y con el método flotación coagulación de microburbujas con el fin de mejorar el tratamiento de las aguas residuales y determinar de las técnicas resulta más eficiente. Los resultados determinaron que la técnica flotación de micro burbujas de coagulación redujo de forma significativamente la dosis de coagulante,. Además, los micros burbujas podrían alcanzar una tasa de transferencia de oxígeno más alta. A si mismo , las eficiencias de eliminación de DQO, color y aceite para la flotación de micro burbujas aumentaron 30%, 110% y 40% respectivamente, en comparación con la flotación de burbujas de aire convencional. Se concluye en que la aplicación De la tecnología de las microburbujas en los procesos de coagulación puede proporcionar una solución eficiente y rentable.

**Balderon,(2006)** manifiesta en el artículo “**Remoción de Colorantes de aguas provenientes de Industrias Textiles usando Electrocoagulación**” el objetivo es la remoción del colorante mediante la técnica de electrocoagulación. Para ello se toma Como coagulante in situ al aluminio producto de la corrosión del ánodo. Se efectuó la electrocoagulación usando electrodos de aluminio a una corriente fue de 1.0 A con variantes de PH, siendo la concentración de colorante de 0.5g/L y 4g/L. En los resultados se obtuvo mayor eficiencia trabajando con un pH de 4 y t=1 minuto, y usando corriente a 1A donde se logra una reducción del color de un 99.75%.

**Arango & Garcés, (2009)** manifiesta en su artículo “**Remoción del colorante azoico Amaranto mediante electrocoagulación**” tiene por objetivo demostrar la

eficiencia del método de electrocoagulación en colorantes azoicos, para lo cual empleo aguas residuales sintéticas para el tratamiento el cual consistió en experimentar a diferentes pH, densidad de corriente y tiempo de tratamiento. Los resultados determinaron remociones de DQO del 98,3% y las del color del 99,3% a 15 minutos de tratamiento. Se concluye que la electrocoagulación es una técnica que puede usarse para la remoción del colorante Amaranto bajo condiciones ácidas.

### **1.2.2 Nacionales**

**García & Valverde, (2016)** menciona en el artículo “Reducción de los metales en efluentes de plantas de producción mediante la aplicación de Micro Nanoburbujas de aire en una fábrica de baterías de plomo-ácido del distrito de Puente Piedra, Lima. El objetivo fue reducir la presencia de metales como el aluminio y plomo en aguas residuales fuertemente ácidas. La metodología se basó en la generación de Micro Nanoburbujas a partir de un dispositivo generador que se empleó bajo el sistema de dosificación. Se alteró el pH (0.55) agregando NaOH (1M) a dos muestras hasta obtener pH ácido (6.01) y básico (8.92) para realizar el tratamiento. La presión de aire fue de 90 PSI, el tamaño de la MNB fue de 7µm y el flujo de agua fue de 4,67 L/min y el tiempo de tratamiento fue de 8 minutos. Tres muestras se dosificaron en 1L cada una (agua residual + agua con MNBs); T1 (300mL +700mL), T2 (400mL+600). Los resultados demuestran que las mejores de Aluminio en M1 fue 92,14% y la mejor eficiencia del plomo f en el T2 fue 98,46%. Se concluye que el tratamiento de MNb redujo significativamente el aluminio y plomo presente en el agua residual.

**Cruz & Valverde, (2016)** menciona en el artículo “Reducción de Coliformes presentes en aguas residuales domésticas mediante el uso de Micro Nanoburbujas de ozono-aire en la ciudad de Carhuaz, Perú”. La metodología se basó en el sistema por dosificación de MNb para lo cual se realizó 3 tratamientos (efluente + (MNBs +agua), T1 (750mL + 250 mL), T2 (500 mL + 500mL ) y T3 (250mL +750mL) . La presión de aire fue de 90 PSI (aire: 80% y ozono 20 %) , el tamaño de la MNB fue de 7um y el flujo de agua fue de 4,67 L/min y el tiempo de tratamiento fue de 8 minutos. Los resultados de coliformes fecales y totales en cuanto a mejor eficiencia de reducción fueron en el T3 mediante la aplicación de microburbujas de ozono-aire; donde se obtuvo 99,58% y 99,01% respectivamente. Se concluye que el tratamiento de microburbujas de ozono- aire demostró reducir significativamente ambos contaminantes.

### **1.3 Teoría relacionada al tema**

#### **1.3.1 Colorantes**

Los colorantes son compuestos orgánicos que presentan sistemas dobles de enlaces conjugados que tienen la propiedad de impartir color a los sustratos o fibras. Los colorantes son retenidos en el sustrato por absorción o por un enlace covalente. (Kirk & Scott, 1962)

##### **1.3.1.1 Composición química de los colorantes**

El compuesto está constituido por dos grupos funcionales, el cromóforo responsable del color que absorbe luz en longitudes de onda de 380 a 780 de la región visible del espectro electromagnético y el auxóchromo es quien le da afinidad a la fibra e intensifica su color (PEREZ , 2015).

- ❖ **Cromóforo:** Estos grupos funcionales que se encuentran en la molécula son responsables del color, absorben la luz en un determinado rango en longitud de onda.

- ❖ **Auxócromos:** Estos grupos funcionales aumentan la intensidad del color ya que se encuentran ligados a los cromóforos, por lo que modifican la habilidad de los cromóforos en absorber la luz, aumentando la intensidad del color. (PEREZ , 2015).

### 1.3.1.2 Clasificación de los colorantes

Según (Moeller, 2010) Los colorantes se clasifican de acuerdo a su origen, a la constitución química de los sistemas cromofóricos, y en base a los métodos de aplicación.

- ❖ Origen

Naturales o artificiales

#### **-Colorantes Naturales:**

Estos colorantes existen en la naturaleza, no hay que realizar ninguna síntesis ni procesos químicos para su obtención.

- Orgánicos de origen animal
- Orgánicos de origen vegetal
- Inorgánicos de origen mineral

#### **Colorantes Artificiales**

Basada en el método de aplicación supeditada por la fibra que va ser teñida.

- ❖ Según su Método de aplicación

Según su método de aplicación

**-Básicos:** Son solubles en agua .Se les denomina básicos porque la parte coloreada del colorante posee carácter básico, debido a la presencia de grupos aminos en su molécula. Poseen afinidad por la seda, lana.

**-Ácidos:** Son solubles en agua. Se caracterizan por tener colores brillantes, y son aplicados desde un baño ácido por lo que se les conoce como colorantes ácido. Poseen afinidad directa por la lana, seda, nylon.

**-Dispersos:** Son insolubles en agua .Se caracterizan por tener excelente solidez a la luz y al lavado .Poseen afinidad por poliéster, y fibras acrílicas.

**-Directos:** Solubles en agua. Se les llama directos porque no necesitan de un mordiente para teñir la fibra, por lo que se les tiñe directamente en medio neutral o debidamente alcalino. Tienen afinidad con las fibras celulósicas.

**-Reactivos:** Solubles en agua. Buena solides al lavado .se adaptan bien a los requerimientos de teñido continuo. Generalmente se utilizan para el algodón y otros materiales celulósicos.

**-Sulfurosos:** Muchos tintes contienen sulfuro en su molécula pero solo los colorantes que son solubles en agua y solubles al sulfuro de sodio en un ambiente alcalino pertenecen a esta clase. Tienen afinidad por el algodón, rayón.

**-Mordientes:** Solubles en agua. Las moléculas de este colorante no contienen cromo sin embargo el cromo se encuentra presente en la sal usada para fijar el colorante sobre las fibras. Se caracterizan por tener colores opacos y presentan propiedades como buena resistencia a la luz y al lavado. Tienen afinidad por la lana y seda. (Lockuán, 2012)

❖ De acuerdo a la estructura química o grupo cromóforo

Los grupos cromóforos más importantes, son:

-Azoico

-Antraquinonas

-Indólicos

### 1.3.2 Colorantes tipo Azo

Son los más empleados y comercializados en la industria textil. Aproximadamente corresponden al 70 % de los colorantes empleados actualmente para teñir materiales textiles. Poseen su grupo funcional cromóforo que está representado por  $-N=N-$  . (Kirk & Scott, 1962).

Se consideran compuestos recalcitrantes a los procesos biodegradativos debido a su alta estabilidad a la luz y a los procesos microbianos (Qayyum, 2006).

Son resistentes a la biodegradación aerobia en procesos convencionales y bajo condiciones anaerobias se lleva a cabo la reducción del colorante originando subproductos aún más tóxicos como las aminas aromáticas, algunas altamente carcinogénicas generando graves problemas de toxicidad ocasionando contaminación en cuerpos de agua. (Moeller, 2000).

### **Colorante Reactivo**

Son colorantes solubles en agua debido a la presencia de grupos sulfónicos en su estructura. Estos colorantes se adhieren a la fibra de celulosa formando un enlace covalente. Se distinguen dos partes principales

-Parte cromógena : formado por un cromóforo y uno o más grupos solubilizantes en el agua generalmente grupos sulfónicos..

- Grupo reactivo. Se caracterizan por tener uno o más grupos reactivos complejos (mono o diclorotriazina o vinisulfónicos) que pueden ser sensibles a la hidrólisis lo que provoca que este colorante pierda la capacidad de formar enlaces covalentes con la fibra, de manera que esta reacción provoca que este tipo de colorantes tengan baja fijación en la fibra durante el teñido (50-90 grado de fijación) por lo que los baños residuales de tintura tienen una fuerte coloración.(Lockuán,2012)

El principal uso de estos colorantes es para teñir fibras naturales como el algodón

**Tabla 1. Grado de fijación del colorante**

<b>Colorante aplicado</b>	<b>Fibra</b>	<b>Grado de fijación</b>	<b>% de residual en efluente textil</b>
Ácido	Poliamida	89-95	5-20
Básico	Acrílico	95-100	0-5
Directo	Celulosa	70-95	5-30
Disperso	Poliéster	90-100	0-10
Complejo metálico (mordente)	Lana	90-98	2-10
Reactivo	Celulosa	50-90	10-50
De azufre	Celulosa	60-90	10-40
De tina	Celulosa	80-95	5-20

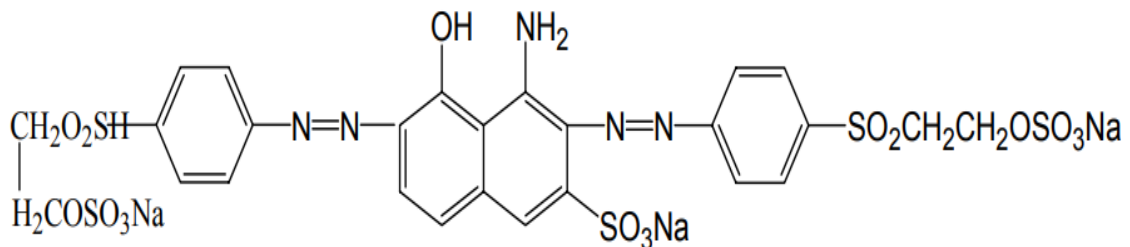


Fuente: Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Application; (Wiley, 2003)

### 1.3.3 Colorante Reactivo Negro 5

Este tipo de colorante se caracteriza por su afinidad a fibras celulósicas como el algodón.

Presenta en su estructura grupos sulfónicos y amínicos aromáticos.



Fuente: OTHMER , 1993

Figura 1. Estructura química de colorante Negro Reactivo 5

### 1.3.4 Tratamientos de aguas contaminadas con colorantes textiles

#### 1.3.4.1 Reacciones Fenton o Procesos de oxidación Avanzada

Este método se basa principalmente en la generación de radicales hidroxilo por la adición de peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) y sal metálica de hierro (II) como catalizador en disolución con variaciones de pH. Para ello es imprescindible las variantes del pH puesto que la generación de estos radicales se lleva a cabo en

un medio ácido generalmente a pH 3; así mismo el efecto de la concentración de peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$  y la concentración de sal de hierro (II) favorecen la extensión de la reacción, debido a una mayor producción de radicales hidroxilo HO. La ventaja de este método es que no se necesitan de fuente de energía externa para descomponer al peróxido de hidrógeno en radicales hidroxilo, haciéndolo un método efectivo y sencillo. (Salas, 2010).

### 1.3.5 Cavitación Hidrodinámica

Es el proceso de generación, crecimiento y colapso de burbujas en un líquido que fluye debido a la disminución y posterior aumento de la presión.

Esto ocurre cuando un líquido pasa a un área de sección transversal más angosta lo que provoca que la velocidad del flujo aumente y la presión disminuya en relación al volumen y presión de entrada. Si esta presión llega a estar por debajo de la presión de vapor de saturación, el líquido empezará a evaporarse y se formarán las burbujas; el colapso se genera por un nuevo aumento de presión debido al paso del líquido a una zona de mayor área de sección transversal, este colapso genera la liberación de una alta energía a través de la emisión de ondas de choque y elevadas temperaturas y presiones que descomponen al agua en átomos de hidrógeno y radicales hidroxilo altamente reactivos siendo estos los oxidantes más potentes capaces de poder eliminar contaminantes orgánicos en medio fluido, especialmente de tipo aromático. (Terasaka K., 2011)

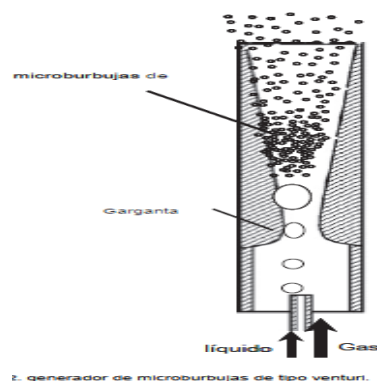
**Ecuación de Bernoulli**

$$P_g = P_o + \frac{1}{2}\rho(V_o^2 - V_g^2)$$

$P_o$  y  $V_o$  = presión y velocidad del líquido antes en el punto antes de la garganta

$P_g$  y  $v_g$  = presión y velocidad en la garganta

$P$  = densidad del líquido



## Figura 2.Principio del Generador tipo Venturi

Fuente: (Terasaka , *et al*, 2011)

### 1.3.6 Micro Nanoburbujas

Las nanoburbujas o burbujas ultrafinas tienen un tamaño menor a 1  $\mu\text{m}$  estas son generadas por el mecanismo de cavitación a partir de un equipo generador de nanoburbujas.

Las características y propiedades que presenta una nanoburbuja serán descritas a continuación.

#### Características de las Micro Nanoburbujas

- ❖ Velocidad de ascenso lenta

#### Velocidad de ascenso lenta

La velocidad de ascenso depende de las propiedades físicas del líquido.

La velocidad de ascenso es lenta cuanto más pequeño es el diámetro de la nanoburbuja; por lo que tiene mayor tiempo de residencia en el medio líquido antes de salir a la superficie.

Se cumple la ecuación de Stokes

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

V: Velocidad de ascenso      g: aceleración de la gravedad       $\eta$ : viscosidad del líquido

$\rho$ : densidad del líquido      d: Diámetro de la burbuja

## **Presión en el interior de la micro-nano burbuja (Efecto de auto-compresión)**

Se utiliza la ecuación de Laplace. (Tsuge, 2014).

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

Dónde:

$\Delta P$ : presión de la burbuja

$\sigma$ : tensión superficial

d: diámetro

## **Área interfacial**

Contribuye en la disolución del gas, ya que al disminuir el diámetro de la burbuja aumenta el área interfacial. (Tsuge, 2014).

$$A / V = 6/d$$

Dónde:

A: área interfacial

V: volumen

d: diámetro

## **Beneficios del uso de micro burbujas**

- Bajo costo: se logra un bajo costo de funcionamiento utilizando agua como líquido de limpieza.
- Seguro: una pequeña cantidad de aditivos es el único compuesto químico y sin veneno. (Tsuge , 2014).

## **Gas Ozono**

Es un compuesto que posee 3 átomos de Oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno.

El ozono utilizado en el tratamiento de aguas residuales actúa como un poderoso oxidante y desinfectante cuando este se descompone en agua, los radicales libres de hidroxilo actúan frente al contaminante con una gran capacidad de oxidación, sin embargo estos presentan un corto tiempo de vida.

#### ❖ Oxidación de compuestos químicos

Los radicales libres tienen electrones desapareados en sus orbitales esto los hace altamente reactivos ya que para poder compensar su desequilibrio electrónico tiene la tendencia de captar o ceder electrones con otras moléculas, lo que hace que reaccione rápidamente especialmente con aquellas moléculas que poseen enlaces dobles o anillos aromáticos, aminas, etc (Osorio, *et al*, 2014).

### **Reacción Química**

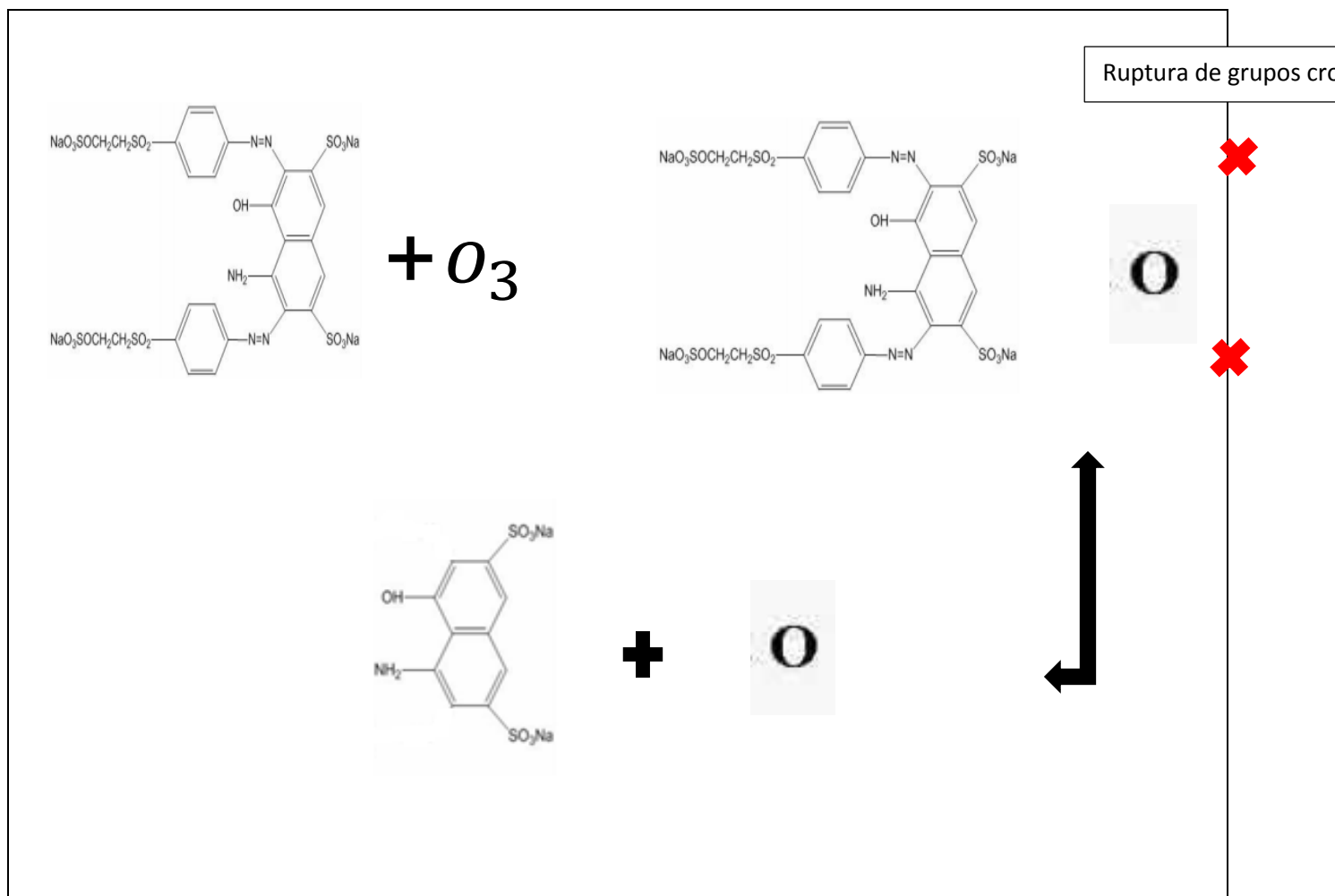


Figura 3. Reacción Química del Ozono con el colorante NR5

Fuente : Arango A. & Garces L.(2009)

**Interpretación:**El ozono reacciona rápidamente frente a moléculas que poseen enlaces dobles como los grupos cromóforos, en el colorante Negro Reactivo 5 actúa frente al grupo azoico y rompe sus enlaces, obteniéndose un nuevo subproducto después de la reacción.

#### 1.4 Formulación de problema

##### 1.4.1 Problema General

- ¿Cuánta es la eficiencia de la reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua mediante el uso de las Micro Nanoburbujas de Ozono-Aire.

#### **1.4.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son los valores de los parámetros químicos en aguas con colorante negro reactivo 5 después del uso de Micro Nanoburbujas de Ozono-aire.
- ¿Cuánta es la concentración del colorante Negro Reactivo 5 en agua mediante del uso de Micro nanoburbujas de Ozono-Aire.
- ¿Cuál es el mejor tiempo para una reducción significativa de concentración de colorante de las aguas con colorante negro reactivo 5 mediante el uso de la Micro nanoburbujas de Ozono –aire.

#### **1.5 Justificación del estudio**

Lima está ubicada en una zona árida, donde la escasez de agua prima, por lo que es necesario fijar nuestra atención en empresas que a través de sus procesos productivos atienden con la calidad de agua de los cuerpos receptores que abastecen a ciudades enteras. La industria textil específicamente en la etapa del teñido representa una de las actividades que demanda grandes volúmenes de agua para cada una de las etapas que comprenden sus procesos productivos y por ende genera grandes volúmenes de aguas residuales con contaminantes de diferente naturaleza y entre los más recalcitrantes se encuentran los colorantes, que requieren de tratamientos altamente específicos para su remoción, antes de ser vertidos a la red de alcantarillado o cuerpo receptor.

Esta investigación se realiza con el propósito de poder hacer frente a la contaminación y daños que generan los efluentes residuales con colorantes del proceso de teñido, tanto a los cuerpos receptores como a la red de alcantarillado, mediante el tratamiento de las Nanoburbujas de Ozono-aire a fin de proponer esta tecnología como tentativa opción de tratamiento en industrias textiles, que le permita obtener aguas residuales con un alto % de remoción en colorantes y con adecuadas características físicas y químicas del agua, amigable con el medio ambiente por la mínima adición de químicos, de bajo costo y seguro (Tsuge,2014) por lo que podrán ser vertidas sin problema a la red de alcantarillado sin ocasionar daños y deterioros a la infraestructura de las instalaciones sanitarias lo que beneficiara tanto a la EPS en este caso Sedapal y a la industria textil; ya que esta última no se vería afectada en cuanto al incremento de la tarifa por el servicio de alcantarillado ni la suspensión definitiva de este servicio. En cuanto al recurso agua permitirá la conservación de los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad del recurso para su consumo en beneficio de las personas y el medio ambiente. Además el método de nano burbujas de aire se presenta como una contribución a la literatura a las diferentes líneas de investigación interesadas en el tratamiento de aguas residuales del proceso de teñido.

## **1.6 Hipótesis**



### **1.6.1 Hipótesis General**

- El tratamiento de Micro nanoburbujas de Ozono- Aire, permitirá una eficiencia significativa en la reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua.

### **1.6.2 Hipótesis Específicos**

- Los parámetros químicos del agua con colorante negro reactivo 5 reducen significativamente después del uso de las Micro nanoburbujas de ozono – aire
- La concentración de colorante negro reactivo 5 en aguas se reduce después del tratamiento con micro nanoburbujas de ozono-aire .
- El mejor tiempo para el tratamiento de las aguas con colorante negro reactivo 5 mediante el uso de las Micro nanoburbujas de ozono –aire es en 140 minutos

## **1.7 Objetivo**

### **1.7.1 Objetivo general**

- Determinar la eficiencia de la reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua mediante el uso de las Micro Nanoburbujas de Ozono-Aire.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Determinar los valores de los parámetros químicos de las agua con colorante negro reactivo 5 después del uso de Micro Nanoburbujas de Ozono-aire.
- Determinar la concentración del colorante Negro Reactivo 5 en agua después del uso de Micro nanoburbujas de Ozono-Aire.
- Determinar el mejor tiempo para una reducción significativa de concentración de colorante negro reactivo 5 en agua mediante el uso de la Micro nanoburbujas de Ozono –aire.

## **II.MÉTODO**

### **2.1 Diseño de investigación**

Es un estudio cuantitativo porque se midieron las variables antes y después del tratamiento.

❖ **Diseño: Experimental**

Porque se manipula la variable independiente y determina el efecto en la variable dependiente.

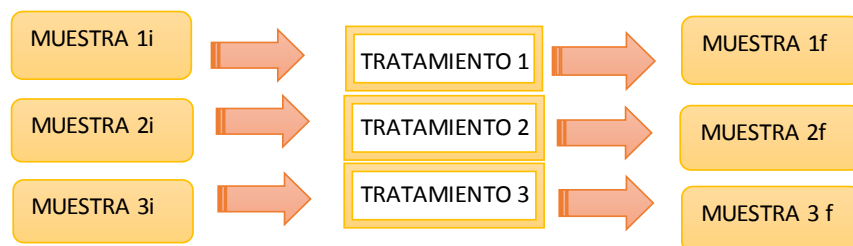
❖ **Tipo: Aplicada**

Porque mediante la nueva teoría se pueden absolver los problemas que aquejan a la sociedad mediante sus posibles aplicaciones.

❖ **Nivel: Explicativa**

Son las que determinan las causas de los fenómenos y determinan su funcionamiento.

**Diagrama 1.** Diagrama del diseño de investigación



Fuente: Elaboración propia, 2017

## 2.2 Variables y Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
REDUCCION DE LA CONCENTRACION DE COLORANTE NEGRO REACTIVO 5 EN AGUA MEDIANTE EL USO DE LAS MICRO NANOBURBUJAS DE OZONO- AIRE						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICION
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>						
<b>V. Independiente</b>	Es una técnica de tratamiento de aguas residuales mediante el mecanismo de cavitacion hidrodinamica para la formacion de nanoburbujas y radicales libres (BENITO & ARROJO , 2006)	El uso de nanoburbujas de aire será medido mediante las características de las nanoburbujas .	<b>Características de las Micro nanoburbujas</b>	.Diámetro de las nano burbujas	um	De razón
<b>Uso de las Micro Nanoburbujas de Ozono-aire</b>				Presión Interna de las nano burbujas	Atm.	De razón
				.Velocidad de ascenso	m/seg	
				.Cantidad de Micro nano burbujas en una gota	numero de burbujas	De razón
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>						
<b>Reducción de la concentracion de colorante negro reactivo 5 en agua</b>	Eliminacion de colorantes textiles en efluentes sinteticas elaboradas a nivel de laboratorio e (Cortazar,2010).	Las aguas contaminadas con el colorante Negro Reactivo 5 sera medido mediante los parámetros físicos , quimicos ,concentracion del colorante y el tiempo	<b>Parámetro Quimico</b>	Potencial de hidrógeno(pH)	Unidad de ph	De razón
				Demanda quimica de Oxigeno (Dqo)	mg/L	De razón
			<b>Concentración de colorante Negro Reactivo 5</b>	Concentracion inicial	mg/L	De razón
				Concentracion final	mg/L	De razón
			<b>Tiempo</b>	60	minutos	De razón
				90	minutos	
140	minutos					

## **2.3 Población y muestra de investigación**

### **2.3.1 Población**

Se consideró una población muestral puesto que estas aguas contaminadas serán preparadas en el laboratorio.

### **2.3.2 Muestra**

Se preparó una muestra representativa de 60 L en el laboratorio por cada concentración 100mg/L, 230 mg/L y 530 mg/L los cuales se dispusieron para el tratamiento con Nanoburbujas de aire y los análisis posteriores.

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

### 2.4.1 Metodología

Los equipos utilizados fueron los siguientes :



#### EQUIPO MULTIPARÁMETRO

Marca: HATCH  
Modelo : HQ40d  
Rango para pH: 0-14



#### BALANZA ANALÍTICA

Marca: OHAUS  
Rango :0.0001g-210g



#### ESPECTROFOTÓMETRO UV-VISIBLE

Marca : PG  
INSTRUMENTS  
Modelo:T80+  
Rango de longitud de onda : 190-1100nm



### MICROSCOPIO TRINOCULAR

Marca : BOECO  
Modelo: BM -120 T-  
LUZ LED



### DIGESTOR

Marca : HANNA  
Modelo : HI839800

Figura 4. Equipos y materiales

### Reactivos

- ❖ Ácido Sulfúrico  $H_2SO_4$
- ❖ Sulfato de plata  $Ag_2SO_4$
- ❖ Sulfato de mercurio  $HgSO_4$
- ❖ Dicromato de potasio  $K_2Cr_2O_7$
- ❖ Negro Reactivo 5
- ❖ Agua desionizada

### Materiales

- ❖ Pizeta
- ❖ Probeta
- ❖ Vaso precipitado 250 mL
- ❖ Fiola de 100mL
- ❖ Bagueta

**Las etapas fueron las siguientes:**

### **Etapa 1**

#### **Preparación de muestra sintética**

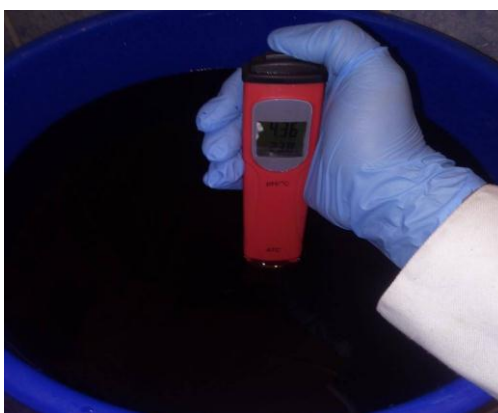
Se prepararon soluciones de colorante Negro Reactivo 5, a tres concentraciones diferentes 100mg/L, 230mg/L y 530 mg/L, esto debido a que es el rango de concentración en el que se encuentran los colorantes en los efluentes industriales (Chu, *et al*, 2008). Estos fueron pesados en una balanza analítica para un volumen de 20 litros de agua desionizada para cada concentración. El colorante al ser soluble en agua se disolvió rápidamente con ayuda de una bagueta y se dispuso en recipientes de capacidad de 20 litros.

Se pesaron 2gr, 4.60 gr y 10.60 gr. Del colorante Negro reactivo 5 para 20 litros de agua desionizada a esas tres diferentes concentración, sumando un total de 60 litros para todo el tratamiento.



**Figura 5. Se pesó el colorante para cada concentración**

Se dispuso en tres baldes de 20 litros de capacidad las respectivas concentraciones elaboradas.



**Figura 6. Preparación de la muestra sintética**

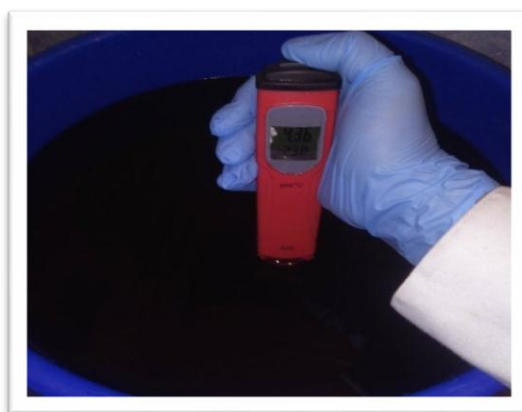


## **Etapa 2: Análisis inicial de las muestras**

Se midieron los parámetros de campo mediante el equipo Multiparámetro marca Hatch modelo HQ40d debidamente calibrado y un pH metro marca HANNA.

### **Potencial de hidrógeno (pH) y Temperatura (°C)**

Se midieron los parámetros de campo mediante un pHmetro marca HANNA debidamente calibrado, arrojando valores de potencial de hidrogeno y temperatura



**Figura 7. Medición del Ph y T**

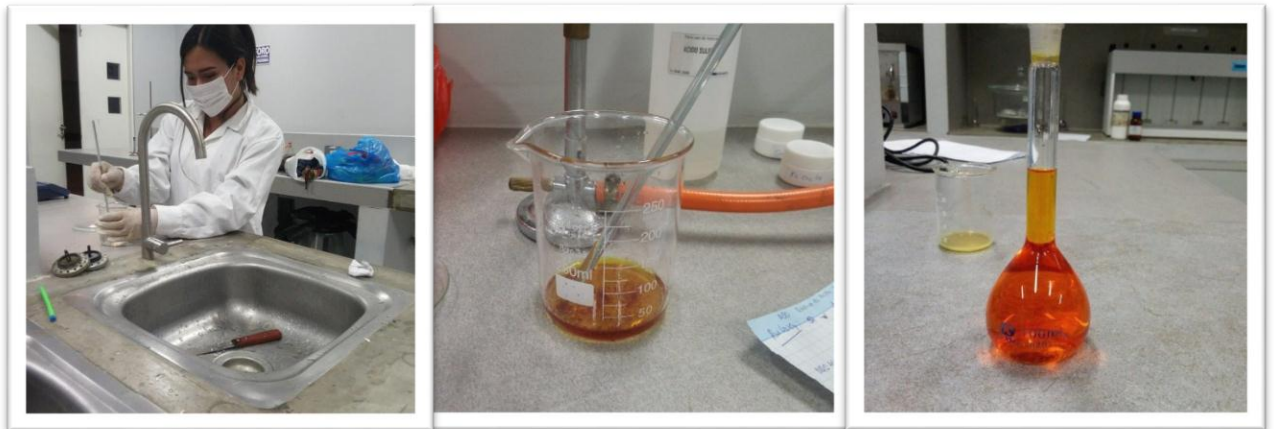
### **Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/L)**

Se utiliza el método del dicromato. A partir de dos reactivos; el Rvo dicromato y el Rvo ácido sulfúrico Se oxida la muestra químicamente a través de la acción del dicromato de potasio a una temperatura de 150 °C en un digestor durante 2 horas. Se utiliza el sulfato de plata como catalizador y el sulfato de mercurio para evitar posibles interferencias de cloruro. Posteriormente se lleva a cabo la determinación de las absorbancias por espectrofotometría a una longitud de onda de 600 nm.

#### **Procedimiento**

Se preparó el reactivo dicromato en un vaso precipitado de 100mL a partir de ácido sulfúrico, sulfato de mercurio y dicromato de potasio el cual se disolvió

completamente .El reactivo ácido sulfúrico se preparó a partir de la mezcla de sulfato de plata y ácido sulfúrico en 150mL . Posteriormente en un tubo de ensayo se dispuso con una pipeta de 2.5 mL de la muestra agua contaminada con el colorante Negro reactivo 5, 1.5 mL de reactivo de dicromato de potasio y 3.5 mL de reactivo de ácido sulfúrico. Este tubo de ensayo fue puesto a un digestor a una temperatura 150°C por un tiempo de dos horas aproximadamente, terminada de digestar las soluciones de los tubos reposaron por un lapso de 30 minutos hasta su enfriamiento para posteriormente ser dispuestos a una centrifuga a 3500 RPM por un tiempo de 10 minutos, finalizado este procedimiento se procedió a leer las muestras de los tubos de ensayo en un espectrofotómetro marca PG Instruments Ltd. T80+ UV/VIS Spectrometer Ltd. a una longitud de onda de 600nm el cual nos arroja mediante la absorbancia el rango de DQO en el que se encuentra la muestra contaminada.

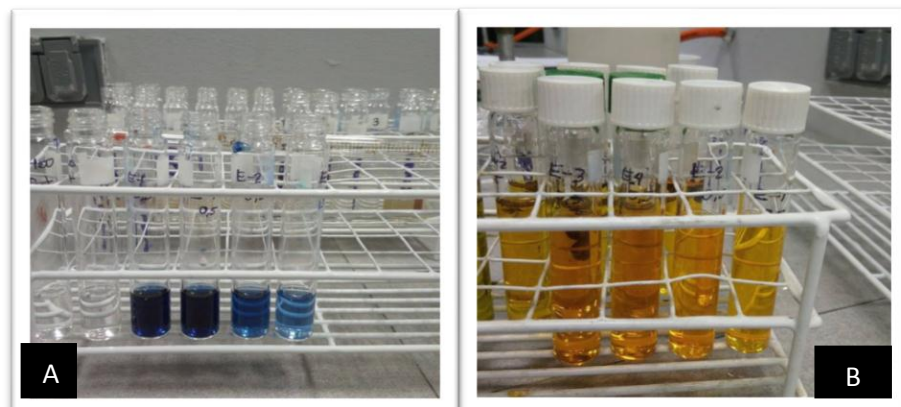


**Figura 8. Preparación del Reactivo Dicromato**

**A** : Preparación del reactivo ácido sulfúrico a partir de la mezcla de sulfato de plata y 150 mL de ácido sulfúrico el cual se disolvió completamente con ayuda de una varilla.

**B**: Preparación del reactivo dicromato en un vaso precipitado de 100mL a partir de ácido sulfúrico, sulfato de mercurio y dicromato de potasio el cual se disolvió completamente.

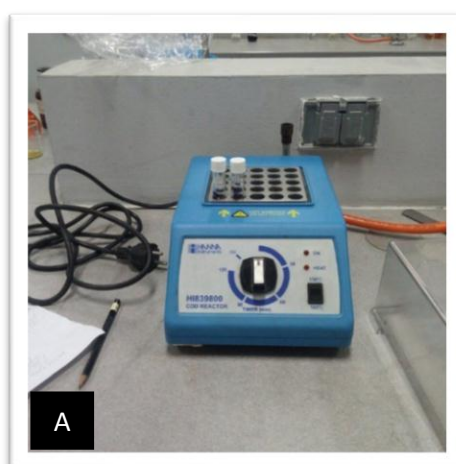
**C**: Reactivo dicromato dispuesto en una fiola de 100 mL mas agua destilada .



**Figura 9. Mezcla de la muestra contaminada con los Reactivos**

**A:** Se dispuso 2.5 ml de la muestra contaminada con colorante NR5 en los tubos de ensayo

**B:** Se dispuso el reactivo dicromato 1.5 ml y el reactivo ácido sulfúrico 3.5ml en el tubo de ensayo de la muestra contaminada con colorante NR5.



**Figura 10. Tubos de ensayo a la digestora**

**A:** Los tubos de ensayo fueron dispuestos al digestor a una temperatura de 150°C por un espacio de tiempo de dos horas.



**Figura 11. Lecturas de la absorbancia en el espectrofotómetro para hallar la DQO**

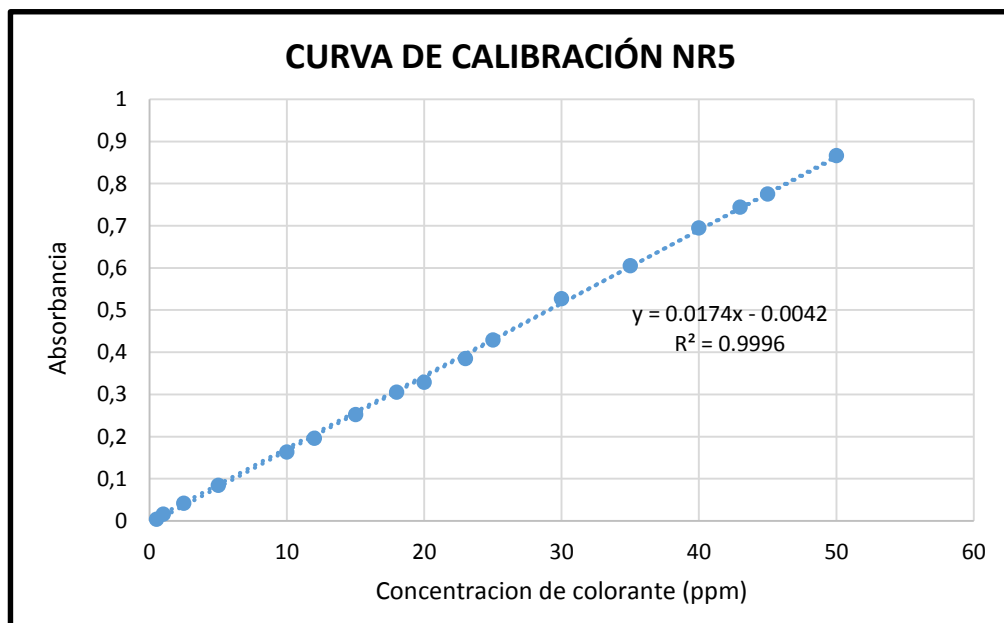
**A:** Se procedió a leer las muestras de los tubos de ensayo en un espectrofotómetro uv-visible a una longitud de onda de 600nm el cual nos determino mediante la absorbancia el rango de DQO en el que se encuentra nuestra contaminada.

### **Medición del color**

Para la medición del color fue necesario elaborar una curva de calibración con el colorante Negro Reactivo 5 a una longitud de onda de  $\lambda = 311$  nm que corresponde al colorante Negro Reactivo 5 al 66% de pureza (Pérez, 2009).

### **Curva de calibración**

Se elaboró una solución madre de 1000 ppm de colorante Negro Reactivo 5. A partir de esta solución patrón se elaboraron 20 diferentes diluciones a concentración y volumen conocido. Estas diluciones se leyeron en el espectrofotómetro a una longitud de onda de  $\lambda = 311$  nm para determinar su absorbancia.



Fuente: Elaboración propia, 2017

**Diagrama.** Curva de colorante Negro  
Concentración de

$\lambda = 311 \text{ nm}$		
Ítem	Cc NR5 (ppm)	Absorbancia
1	0	0

calibración del Reactivo 5  
colorante (mg/L)

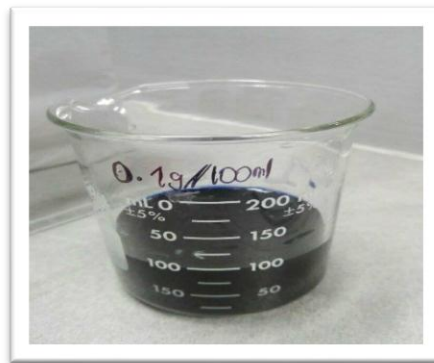
$$CC = ((Absorbancia + 0.0042) / 0.0174) * 1$$

**Interpretación :**

La curva de calibración se elaboró apartir de un conjunto de 20 diluciones (concentraciones), estos describen el intervalo en el que se debera cuantificar el compuesto por analizar. Siendo  $R^2 = 0.9996$  menor a la unidad nos muestra el criterio de aceptacion de la linealidad a una  $\lambda = 311 \text{ nm}$ .

**Tabla 2. Concentración Vs. Absorbancia**

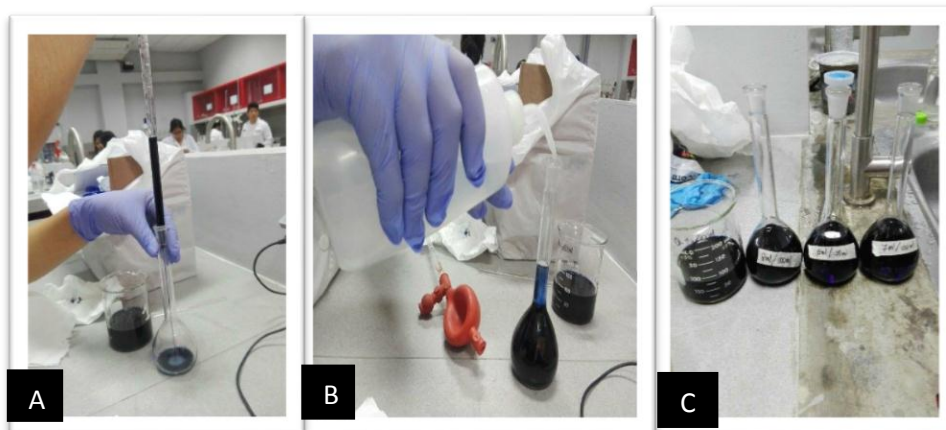
2	0.5	0.004
3	1	0.016
4	2.5	0.042
5	5	0.084
6	10	0.163
7	12	0.196
8	15	0.252
9	18	0.305
10	20	0.329
11	23	0.385
12	25	0.429
13	30	0.527
14	35	0.605
15	40	0.695
16	43	0.744
17	45	0.775
18	50	0.866
19	60	1.06
20	70	1.217



**Figura 12. Preparado de la Solucion madre**

### **Interpretación**

Para elaboración de una curva de calibración se prepararon 20 diluciones a partir de una solución madre de 0.1g /100mL ; tomándose de esta muestras diluciones de 0, 0.5,1,2.5,5,10,12,15,18,20,23,25,30,35,40,43,45,50,60,70 ppm.



**Figura 13. Preparado de las diluciones**

**A:** A partir de la solución madre 0.1g /100mL se extrajo 0.5 ppm del colorante NR5 y de la misma forma para los 20 puntos .

**B:** Se aforó agregando agua destilada en la dilución en fioles de 100 ml.

**C:** Se tapó cada fiola y se agito cada una para una mezcla homogénea.



**Figura 14. Lecturas de las absorbancias en el espectrofotómetro**

**A:** Las 20 diluciones fueron leídas en el espectrofotómetro uv-visible a una longitud de onda de  $\lambda=311$  nm, las cuales arrojaron diferentes absorbancias para cada dilución .

### **Tratamiento con Nanoburbujas de Ozono –Aire**

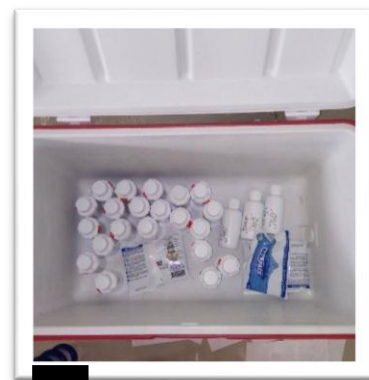


Para el tratamiento mediante el uso de las Nanoburbujas de ozono se prepararon 60 litros del colorante Negro Reactivo 5 a concentraciones de 100mg/L, 230 mg/L, 530 mg/L.

Se dispuso el agua contaminada en los recipientes de entrada y de salida, posteriormente se procedió a prender la bomba de capacidad de 0.5 Hp dejando que esta funcione sola por unos minutos. Seguidamente se encendió la compresora de aire llegando a una presión máxima de 90 PSI y a un flujo máximo de agua de 4L/min dentro del equipo generador de nanoburbujas patentado por el Dr. Jhonny Valverde Flores. Así mismo la concentración de ozono que se empleó fue de 250 mg/L. En los tiempos de 60, 90 y 140 minutos se procedió a tomar las muestras.



Figura 16. Equipo generador de micro nanoburbujas



A

B

C

Figura 15. Muestras tratadas



**A:** Preparación y etiquetado de los envases para muestras de DQO .

**B:** Muestras tratadas para el posterior análisis de DQO y color .

**C:** Disposición de los

envases de las muestras tratadas, listas para ser transportadas al laboratorio.

### **Análisis final de las aguas**

Después del tratamiento de aguas residuales usando Nanoburbujas de aire se realizara un análisis final de las aguas.

**Tabla 3. Etapas de la investigación**

ETAPA	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Preparación de aguas artificialmente contaminadas con colorante textil	Se elaboraron 3 muestras sintéticas del colorante Negro Reactivo 5 a diferentes concentraciones	Observación	Registro de datos de la muestra inicial de agua contaminada con el colorante Negro Reactivo 5. (Anexo 2)	Muestras elaboradas  Muestra inicial analizada
Tratamiento con Nano burbujas de aire	Laboratorio	Observación	Registro de caracterización de nano burbujas (Anexo 3 )	Proceso realizado de manera adecuada
Análisis final de	Laboratorio	Observación	Registro de	Muestra final

las aguas			datos de la muestra final tratada (Anexo 4)	analizada
Evaluación de resultados	Gabinete	Análisis de documento	Hojas de cálculo SPSS y Excel	

Fuente: Elaboración propia, 2017

#### 2.4.2 Validéz

Para cumplir con los requisitos de validación del instrumento se trabajó con expertos de investigación, quienes evaluaron por separado los ítems de la presente investigación.

Los instrumentos validados se muestran en los anexos y están descritos a continuación.

- ❖ Anexo 1: Cadena de custodia inicial de agua contaminada con el colorante Negro Reactivo 5, obtuvo un porcentaje promedio de evaluación por 3 expertos de 95%.
- ❖ Anexo 2: Registro de caracterización de nano burbujas, obtuvo un porcentaje promedio de evaluación por 3 expertos de 96.3%
- ❖ Anexo 3: Cadena de custodia final, obtuvo un porcentaje promedio de evaluación por 3 expertos de 96.3%.

#### 2.4.3 Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad del instrumento se determinará mediante el coeficiente alfa de Cronbach que permite estimar la fiabilidad de un instrumento. Se detalla a continuación.

**Tabla 4. Cadena de custodia inicial de agua contaminada con el Colorante Negro Reactivo 5**

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
1,000	10

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla 5.. Registro de caracterización de nano burbujas de Ozono- aire**

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,995	10

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla 6. Cadena de custodia final de las aguas contaminadas con colorante Negro Reactivo 5**

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,995	10

Fuente: Elaboración propia, 2017

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

Se utilizaron las herramientas informáticas Microsoft Office Excel y el software estadístico SSPS V.24 para el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

## 2.6 Aspectos éticos

La presente investigación guarda bajo suma confidencialidad la información proporcionada por la empresa textil de cada una de las etapas que comprenden sus procesos, resultado de análisis de muestras de aguas residuales, y todo lo que respecta al desarrollo de sus actividades en el interior de sus instalaciones; por lo que únicamente la información proporcionada será utilizada con fines académicos destinadas a la investigación científica para la culminación de la presente tesis.

Así mismo todo aporte de investigación mencionada en la presente tesis está debidamente citado respetando la propiedad intelectual de la autora.

## III.RESULTADOS

### Resultado de Análisis Inicial

Tabla 7. Resultados del análisis inicial para C: 100mg/L

<b>Resultado de análisis inicial</b>			
<b>Muestra inicial</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Análisis inicial</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Concentración 1 100mg/L</b>	Concentración de colorante	100	mg/L
	Demanda Química de Oxígeno	674	mg/L
	PH	4.01	Unidad de pH

Fuente: Elaboración propia, 2017

### Interpretación:

La tabla N<sup>o</sup> muestra el resultado de los análisis iniciales para la concentración de 100 mg/L de colorante NR5, con una DQO de 674 mg/L y un pH de 4.01

Tabla 8. Resultados del análisis inicial para C: 230mg/L

<b>Resultado de análisis inicial</b>
--------------------------------------

<b>Muestra inicial</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Análisis inicial</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Concentración 2 230mg/L</b>	Concentración de colorante	230	mg/L
	Demanda Química de Oxígeno	821	mg/L
	PH	4.33	Unidad de pH

Fuente: Elaboración propia, 2017

#### **Interpretación:**

La tabla N° muestra el resultado de los análisis iniciales para la concentración de 230 mg/L de colorante NR5, con una DQO de 821 mg/L y un pH de 4.33.

**Tabla 9. Resultados del análisis inicial para C: 530mg/L**

<b>Resultado de análisis inicial</b>			
<b>Muestra inicial</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Análisis inicial</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Concentración 1 530mg/L</b>	Concentración de colorante	530	mg/L
	Demanda química de Oxígeno	1100	mg/L
	PH	4.43	Unidad de pH

Fuente: Elaboración propia, 2017

#### **Interpretación:**

La tabla N° muestra el resultado de los análisis iniciales para la concentración de 530 mg/L de colorante NR5, con una DQO de 1100 mg/L y un pH de 4.43.

### **Resultados después del tratamiento mediante el uso de las micro nanoburbujas de ozono-aire**

## **EFICIENCIA DE LA REDUCCION DE LA CONCENTRACIÓN DE COLORANTE NR5**

$$E = \left( 1 - \frac{\textit{muestra tratada}}{\textit{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

**Cálculo de la eficiencia de la Reducción de Colorante Negro reactivo 5 para la concentración de 100 mg/L en los tiempos 60 , 90 y 140 minutos**

Concentración 1 : 100mg/L en tiempo de 60 minutos a una concentración final de 13.96 mg/L

$$E = \left( 1 - \frac{\textit{muestra tratada}}{\textit{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

$$E = \left( 1 - \frac{13.96}{100} \right) \times 100$$

$$E = 86.04\%$$

Concentración 1 : 100mg/L en tiempo de 90 minutos a una concentración final de 10.30 mg/L

$$E = \left( 1 - \frac{\textit{muestra tratada}}{\textit{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

$$E = \left( 1 - \frac{10.30}{100} \right) \times 100$$

$$E = 89.70\%$$

Concentración 1 : 100mg/L en tiempo de 140 minutos a una concentración final de 9.05 mg/L

$$E = \left( 1 - \frac{\textit{muestra tratada}}{\textit{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

$$E = \left( 1 - \frac{9.05}{100} \right) \times 100$$

$$E = 90.95\%$$

**Tabla 10. Eficiencia de reducción de concentración de colorante NR5**

<b>Código</b>	<b>%Eficiencia</b>
<b>C1T1</b>	86.04%
<b>C1T2</b>	89.70%
<b>C1T3</b>	90.95%

Fuente: Elaboración propia, 2017

### **Interpretación**

La tabla N° 37 muestra la eficiencia de la reducción de colorante negro reactivo 5 a concentración de 100 mg/L en agua para el tiempo T1 de 60 minutos tuvo un porcentaje de eficiencia de 86.04% , para el tiempo T2 de 90 minutos con un porcentaje de eficiencia de 89.70% y para el tiempo T3 de 140 minutos con un porcentaje de eficiencia de 90.95 % .

### **Cálculo de la eficiencia de la Reducción de Colorante Negro reactivo 5 para la concentración de 230 mg/L en los tiempos 60 , 90 y 140 minutos**

Concentración 2 : 230mg/L en tiempo de 60 minutos a una concentración final de 18.96 mg/L

$$E = \left( 1 - \frac{\text{muestra tratada}}{\text{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

$$E = \left( 1 - \frac{18.96}{230} \right) \times 100$$

$$E = 91.75\%$$

Concentración 2 : 230mg/L en tiempo de 90 minutos a una concentración final de 11.36 mg/L

$$E = \left( 1 - \frac{\text{muestra tratada}}{\text{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

$$E = \left( 1 - \frac{11.36}{230} \right) \times 100$$

$$E = 95.06\%$$



Concentración 2 : 230mg/L en tiempo de 140 minutos a una concentración final de 11.30 mg/L

$$E = \left( 1 - \frac{\text{muestra tratada}}{\text{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

$$E = \left( 1 - \frac{11.10}{230} \right) \times 100$$

$$E = 95.17\%$$

Tabla 11. Eficiencia de reducción de la concentración del colorante NR5

Código	%Reducción de color
C2T1	91.75%
C2T2	95.06%
C2T3	95.17%

Fuente: Elaboración propia, 2017

### Interpretación

La tabla N° 37 muestra la eficiencia de la reducción de colorante negro reactivo 5 a concentración de 100 mg/L en agua para el tiempo T1 de 60 minutos con un porcentaje de eficiencia de 91.75 % , para el tiempo T2 de 140 minutos con un porcentaje de eficiencia de 95.06 % y para el tiempo T3 de 140 minutos con un porcentaje de eficiencia de 95.17 % .

Concentración 3 : 530mg/L en tiempo de 60 minutos a una concentración final de 44.63 mg/L

$$E = \left( 1 - \frac{\text{muestra tratada}}{\text{muestra sin tratar}} \right) \times 100$$

$$E = \left( 1 - \frac{44.63}{530} \right) \times 100$$

$$E = 91.57\%$$

Concentración 3 : 530mg/L en tiempo de 90 minutos a una concentración final de 20.20 mg/L

$$E = \left(1 - \frac{\text{muestra tratada}}{\text{muestra sin tratar}}\right) \times 100$$

$$E = \left(1 - \frac{20.20}{530}\right) \times 100$$

$$E = 96.18\%$$

Concentración 3 : 530mg/L en tiempo de 140 minutos a una concentración final de 14.38 mg/L

$$E = \left(1 - \frac{\text{muestra tratada}}{\text{muestra sin tratar}}\right) \times 100$$

$$E = \left(1 - \frac{14.38}{530}\right) \times 100$$

$$E = 97.28\%$$

**Tabla 12. Eficiencia de reducción de reducción de concentración de colorante NR5**

<b>Código</b>	<b>%Reducción de color</b>
<b>C3T1</b>	91.57%
<b>C3T2</b>	96.18%
<b>C3T3</b>	97.28%

Fuente: Elaboración propia, 2017

### **Interpretación**

La tabla N° 37 muestra la eficiencia de la reducción de colorante negro reactivo 5 a concentración de 100 mg/L en agua para el tiempo T1 de 60 minutos con un porcentaje de eficiencia de 91.57% , para el tiempo T2 de 140 minutos con un porcentaje de eficiencia de 96.18% y para el tiempo T3 de 140 minutos con un porcentaje de eficiencia de 97.28 % .

## Resultado de los análisis de los parámetros Químicos PH y DQO

Tabla 13. Concentración 1: Resultado de Potencial de hidrógeno y DQO

Parámetros químicos PH y DQO Concentración 1 : 100 mg/L				
Código	Muestra inicial	Muestra final	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)
<b>Tiempo 1: 60 minutos</b>	<b>PH inicial</b>	<b>PH final</b>	<b>Dqo inicial</b>	<b>Dqo final</b>
C1T1R1	4.01	4.00	674	558.7
C1T1R2	4.01	4.00	674	549.7
C1T1R3	4.01	4.89	674	526.4
<b>Promedio</b>	<b>4.01</b>	<b>4.30</b>	<b>674</b>	<b>544.93</b>
<b>Tiempo 2: 90 minutos</b>				
C1T2R1	4.01	3.25	674	426.4
C1T2R2	4.01	4.00	674	446.7
C1T2R3	4.01	3.22	674	508.5
<b>Promedio</b>	<b>4.01</b>	<b>3.49</b>	<b>674</b>	<b>460.53</b>
<b>Tiempo 3 :140 minutos</b>				
C1T3R1	4.01	4.00	674	244.2
C1T3R2	4.01	3.42	674	251.3
C1T3R3	4.01	4.00	674	228.3
<b>Promedio</b>	<b>4.01</b>	<b>3.81</b>	<b>674</b>	<b>241.27</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

### Interpretación

En la tabla N° 13 los parámetros químicos de la concentración de 100mg/l (C1) de colorante negro reactivo 5 tuvo un pH inicial de 4.01 y DQO inicial de 674

mg/L , despues del tratamiento mediante el uso de las nanoburbujas de ozono-  
 aire en el tiempo de 60 minutos elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se  
 obtuvo un promedio de PH de 4.30 y DQO de 544.93 mg/L ; en el tiempo de 90  
 minutos despues del tratamiento mediante el uso de las nanoburbujas de ozono  
 aire elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de PH de  
 3.49 y DQO de 460.53 mg/L , en el tiempo de 140 minutos despues del  
 tratamiento mediante el uso de las nanoburbujas de ozono-aire elaboradas en tres  
 repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de PH de 3.81 y DQO de 241.27  
 mg/L.

**Tabla 14. Concentración 2 : Resultado Potencial de hidrógeno y DQO**

<b>Concentración 2 : 230 mg/L</b>				
<b>Código</b>	<b>Potencial de hidrógeno (PH)</b>		<b>DQO (mg/L)</b>	
<b>Tiempo 1: 60 minutos</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
C2T1R1	4.33	3.47	821	478.5
C2T1R2	4.33	4.00	821	545.4
C2T1R3	4.33	3.40	821	522.4
<b>Promedio</b>	<b>4.33</b>	<b>3.62</b>	<b>821</b>	<b>515.43</b>
<b>Tiempo 2: 90 minutos</b>				
C2T2R1	4.33	4.00	821	315.6
C2T2R2	4.33	3.24	821	355.3
C2T2R3	4.33	4.00	821	340.2
<b>Promedio</b>	<b>4.33</b>	<b>3.75</b>	<b>821</b>	<b>337.03</b>
<b>Tiempo 3 :140 minutos</b>				
C2T3R1	4.33	3.42	821	237.5
C2T3R2	4.33	4.00	821	212.6
C2T3R3	4.33	3.48	821	426.6
<b>Promedio</b>	<b>4.33</b>	<b>3.63</b>	<b>821</b>	<b>292.23</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la tabla N°14 los parámetros químicos de la concentración de 230 mg/L (C2) de colorante negro reactivo 5 tuvo un pH inicial de 4.33 y DQO inicial de 230

mg/L , despues del tratamiento mediante el uso de las nanoburbujas de ozono aire en el tiempo de 60 minutos elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de pH de 3.62 y DQO de 515.43 mg/L ; en el tiempo de 90 minutos despues del tratamiento mediante el uso de las nanoburbujas de ozono aire elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de pH de 3.75 y DQO de 337.03 , en el tiempo de 140 minutos despues del tratamiento mediante el uso de las nanoburbujas de ozono aire elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de pH de 3.63 y DQO de 292.23 mg/L

**Tabla 15. Concentración 3: Resultado Potencial de hidrogeno y DQO**

Código	Concentración 3 : 300 mg/L			
	Potencial de hidrógeno (pH)		DQO (mg/L)	
<b>Tiempo 1: 60 minutos</b>	Inicial	Final	Inicial	Final
C3T1R1	4.43	4.12	1100	773.9
C3T1R2	4.43	4.10	1100	717.5
C3T1R3	4.43	4.08	1100	749.9
	4.43	4.10	1100	747.10
<b>Tiempo 2: 90 minutos</b>				
C3T2R1	4.43	3.70	1100	485.5
C3T2R2	4.43	3.51	1100	485.3
C3T2R3	4.43	3.63	1100	498.8
	4.43	3.61	1100	489.87
<b>Tiempo 3 :140 minutos</b>				
C3T3R1	4.43	3.91	1100	364
C3T3R2	4.43	3.92	1100	350
C3T3R3	4.43	3.94	1100	355.1
	4.43	3.92	1100	356.37

Fuente: Elaboración propia, 2017

## Interpretación

En la tabla N° 15 los parámetros químicos de la concentración de 530 mg/l (C3) de colorante negro reactivo 5 tuvo un pH inicial de 4.43 y DQO inicial de 1100 mg/L , despues del tratamiento mediante el uso de las Micro nanoburbujas de ozono aire en el tiempo de 60 minutos elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de PH de 4.10 y DQO de 747.10 mg/L ; en el tiempo de 90 minutos despues del tratamiento mediante el uso de las Micro nanoburbujas de ozono aire elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de PH de 3.61 y DQO de 489.87 , en el tiempo de 140 minutos despues del tratamiento mediante el uso de las Micro nanoburbujas de ozono aire elaboradas en tres repeticiones R1, R2,R3 se obtuvo un promedio de PH de 3.92 y DQO de 356.37 mg/L

## Resultado de la Concentración de colorante negro reactivo 5 después del tratamiento con Micro nanoburbujas de ozono-aire

Tabla 16. C1T1: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C1 : 100 mg/L T1= 60 minutos</b>		
<b>Repeticiones</b>	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C1T1R1</b>	100	13.40
<b>C1T1R2</b>	100	13.52
<b>C1T1R3</b>	100	14.95
<b>C1T1 Promedio</b>	100	13.96

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 100mg/L en el tiempo de 60 minutos elaboradas a 3 repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 13.96 mg/L

Tabla 17. C1T2: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C1 : 100 mg/L T2= 90 minutos</b>		
<b>Repeticiones</b>	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C1T2R1</b>	100	10.24
<b>C1T2R2</b>	100	9.9
<b>C1T2R3</b>	100	10.76
<b>C1T2 promedio</b>	100	10.30

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 100mg/L en el tiempo de 90 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 10.30 mg/L.

Tabla 18. C1T3: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C1 : 100 mg/L T3= 140 minutos</b>		
	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C1T3R1</b>	100	8.75
<b>C1T3R2</b>	100	9.26
<b>C1T3R3</b>	100	9.15
<b>C1T3 promedio</b>	100	9.05

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 100 mg/L en el tiempo de 140 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 9.05.

Tabla 19. C2T1: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C2 : 230 mg/L T1= 60 minutos</b>
-------------------------------------

	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C2T1R1</b>	230	19.26
<b>C2T1R2</b>	230	19.67
<b>C2T1R3</b>	230	17.94
<b>C2T1 promedio</b>	230	18.96

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 230 mg/L en el tiempo de 60 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 18.96 mg /L.

Tabla 20. C2T2: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C2 : 230 mg/L T2= 90 minutos</b>		
	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C2T2R1</b>	230	11.51
<b>C2T2R2</b>	230	11.28
<b>C2T2R3</b>	230	11.28
<b>C2T2 promedio</b>	230	11.36

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 230 mg/L en el tiempo de 60 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 11.36mg/L



Tabla 21.C2T3: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C2 : 230 mg/L T3= 140 minutos</b>		
	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C2T3R1</b>	230	9.61
<b>C2T3R2</b>	230	12.02
<b>C2T3R3</b>	230	11.68
<b>C2T3promedio</b>	230	11.10

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 230 mg/L en el tiempo de 140 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 11.10mg/L

Tabla 22. C3T1: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C3 : 530 mg/L T1=60 minutos</b>		
	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C3T1R1</b>	530	35.82
<b>C3T1R2</b>	530	57.54
<b>C3T1R3</b>	530	40.53
<b>C2T1promedio</b>	530	44.63

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 530mg/L en el tiempo de 60 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 44.63

Tabla 23. C3T2: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C3 : 530 mg/L T2= 90minutos</b>		
	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C3T2R1</b>	530	21.22
<b>C3T2R2</b>	530	20.93
<b>C3T2R3</b>	530	18.46
<b>C2T2promedio</b>	530	20.20

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 530mg/L en el tiempo de 90 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 20.20 mg/l.

Tabla 24. C3T3: Resultado de la concentración final de colorante NR5

<b>C3 : 530 mg/L T3= 140 minutos</b>		
	<b>Concentración inicial (mg/L)</b>	<b>Concentración NR5 final (mg/L)</b>
<b>C3T1R1</b>	530	13.57
<b>C3T1R2</b>	530	14.90
<b>C3T1R3</b>	530	14.67
<b>C2T1promedio</b>	530	14.38

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:** El tratamiento de micro nanoburbujas de ozono- aire para la concentración inicial de 530mg/L en el tiempo de 140 minutos en sus tres repeticiones se obtuvo un promedio de concentración de colorante negro reactivo 5 final de 14.38mg/L.

Tabla 25. Resultado de los parámetros finales en cada tiempo

Muestra	Tipo de gas	tiempo	Parámetros	Resultados	Unidad
Concentracion 1 100mg/L	Ozono-Aire	60 minutos	Concentracion de colorante final	13,96	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	544,93	mg/L
			pH	4,3	Unidad de pH
		90 minutos	Concentracion de colorante final	10,3	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	460,53	mg/L
			pH	3,49	Unidad de pH
		140 minutos	Concentracion de colorante final	9,05	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	241,27	mg/L
			pH	3,81	Unidad de pH
			Temperatura	24,27	°C

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:**

En la tabla N° se observa que para la concentración de 100 mg/L en el tiempo de 60 minutos se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 13,96 mg/L ; una DQO de 544,93 mg/L y un Ph de 4.3; en el tiempo de 90 minutos se obtuvo se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 10.3 mg/L ; una DQO de

460,53 mg/L y un ph de 3.49; y en tiempo de 140 minutos se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 9.05 mg/L ; una DQO de 241,27 mg/L y un ph de 3.81.

**Tabla 26.Resultado de los parámetros finales en cada tiempo**

Muestra	Tipo de gas	tiempo	Parámetros	Resultados	Unidad
Concentracion 2 230 mg/L	Ozono-Aire	60 minutos	Concentracion de colorante final	18,96	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	515,43	mg/L
			pH	3,75	Unidad de pH
		90 minutos	Concentracion de colorante final	11,36	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	337,03	mg/L
			pH	3,75	Unidad de pH
		140 minutos	Concentracion de colorante final	11,1	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	292,23	mg/L
			pH	3,63	Unidad de pH

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Interpretación:**

En la tabla N° se observa que para la concentración de 230 mg/L en el tiempo de 60 minutos se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 18.96 mg/L ; una DQO de 515,43 mg/L y un Ph de 3.75; en el tiempo de 90 minutos se obtuvo se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 11.36 mg/L ; una DQO de

337.03 mg/L y un ph de 3.75; y en tiempo de 140 minutos se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 11.1 mg/L ; una DQO de 292.23 mg/L y un ph de 3.63.

### Resultado de la concentración 3

Tabla 27. Resultado de los parámetros químicos después del tratamiento

Muestra	Tipo de gas	tiempo	Parámetros	Resultados	Unidad
Concentracion 530 mg/L	Ozono-Aire	60 minutos	Concentracion de colorante final	44,63	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	747,1	mg/L
			pH	4,1	Unidad de pH
		90 minutos	Concentracion de colorante final	20,2	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	489,87	mg/L
			pH	3,61	Unidad de pH
		140 minutos	Concentracion de colorante final	14,38	mg/L
			Demanda quimica de Oxigeno	356,37	mg/L
			pH	3,92	Unidad de pH

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la tabla N° se observa que para la concentración de 530 mg/L en el tiempo de 60 minutos se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 44.63 mg/L ; una DQO de 747.1 mg/L y un ph de 4.1; en el tiempo de 90 minutos se obtuvo se obtuvo una concentración final de colorante NR5 de 20.02 mg/L; una DQO de 489.87 mg/L y un ph de 3.61; y en tiempo de 140 minutos se obtuvo una

concentración final de colorante NR5 de 14.38 mg/L ; una DQO de 356.37 mg/L y un ph de 3.92.

## Resultados de la caracterización de Nanoburbujas

Nanoburbujas en una gota en la concentración de 100mg/L en el tiempo de

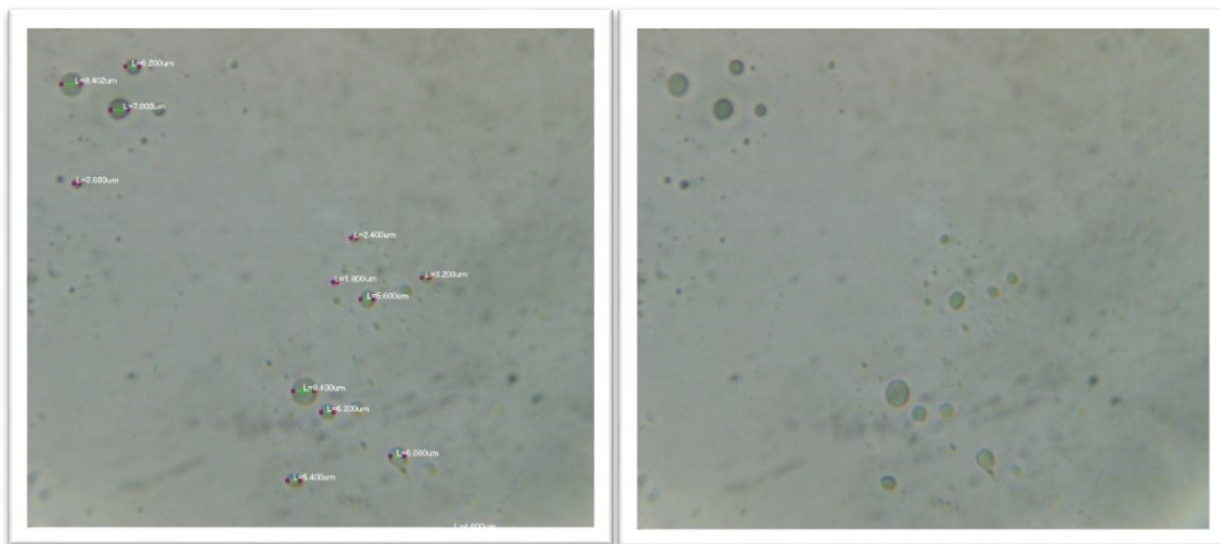


Figura 17. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 1 : 100 mg/L en 60 minutos

### Interpretación

En el tiempo de 60 minutos y a concentración de 100mg/L de colorante NR5 se observó 13 micro nanoburbujas en una gota de un diámetro promedio de 5.26 um.

### Concentración 100mg/L Tiempo 90 minutos

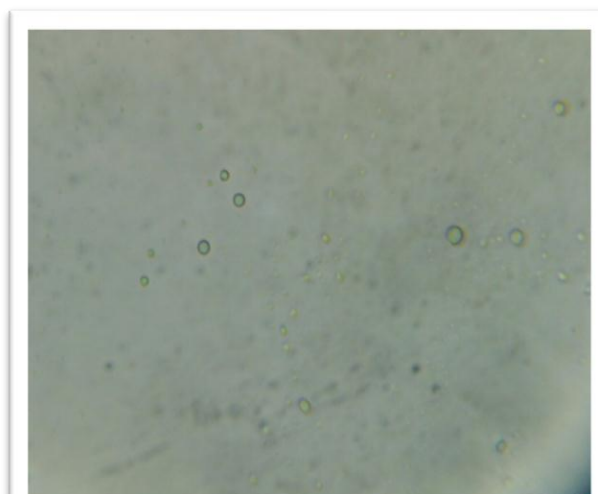
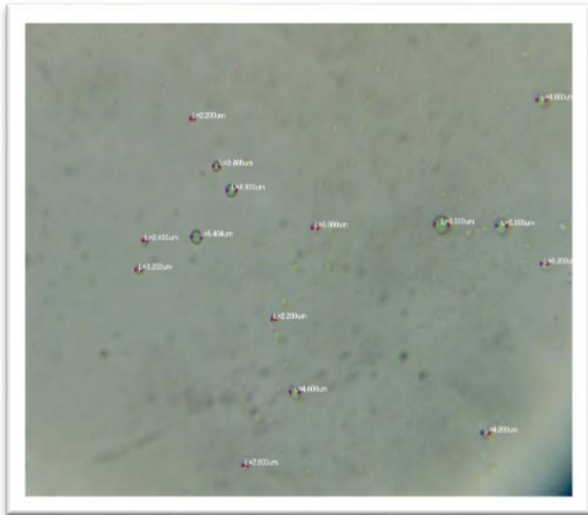


Figura 18. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 1 : 100 mg/L en 90 minutos



### Interpretación

En el tiempo de 90 minutos y a concentración de 100mg/L de colorante NR5 se observa 15 micro nanoburbujas en una gota de un diámetro promedio de 3.97 um

**Concentración 100mg/L Tiempo 140**

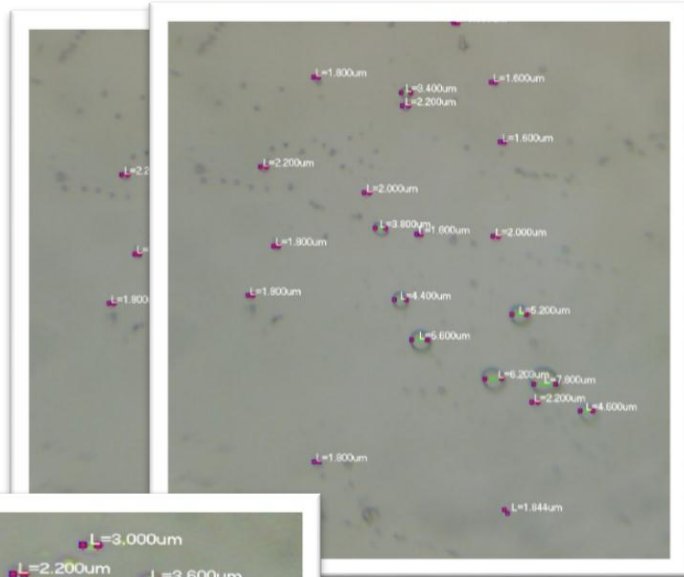
**minutos**

### Interpretación

En el tiempo de 140 minutos y a concentración de 100mg/L de colorante NR5 se observa 22 micro nanoburbujas en una gota de un diámetro promedio de 3.05 um.

### Concentración

**:230 mg/L en un tiempo de 60 minutos**



**Figura 19. Micro nanoburbujas en una gota en la concentración 1 : 100 mg/L en 140 minutos**

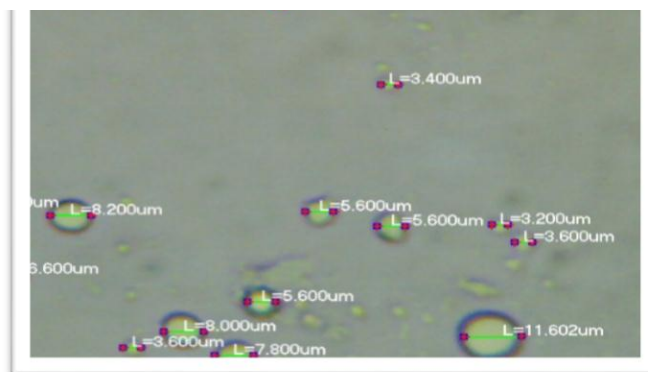


Figura 20. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 2 : 230 mg/L en 60 minutos

### Interpretación

En el tiempo de 60 minutos y a concentración de 230mg/L de colorante NR5 se observa 18 micro nanoburbujas en una gota de un diámetro promedio de 5.20  $\mu\text{m}$

Concentración  
en un tiempo de

:230 mg/L  
90 minutos

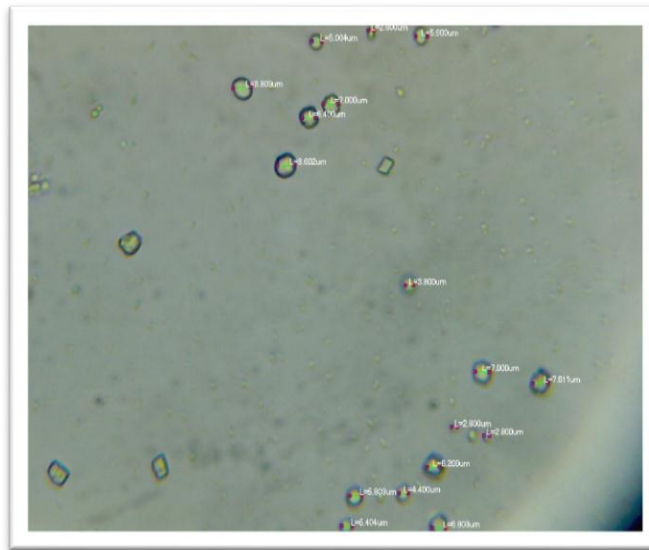


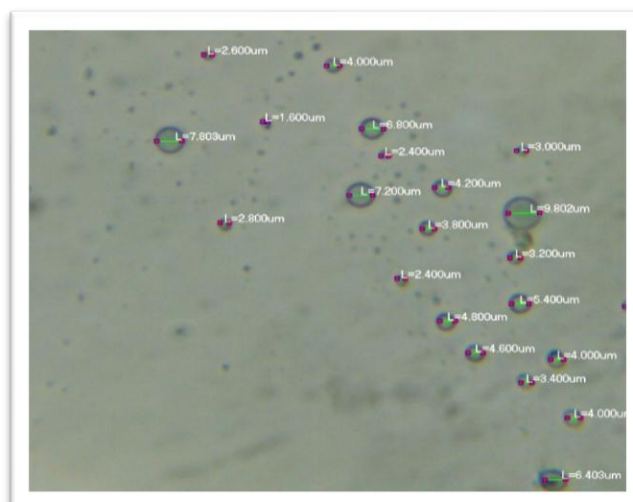
Figura 21. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 2 : 230 mg/L en 90 minutos

### Interpretación

En el tiempo de 90 minutos y a concentración de 230mg/L de colorante NR5 se observa 15 micro nanoburbujas en una gota de un diámetro promedio de 3.00  $\mu\text{m}$

Concentración  
en un tiempo de  
minutos

:230 mg/L  
140



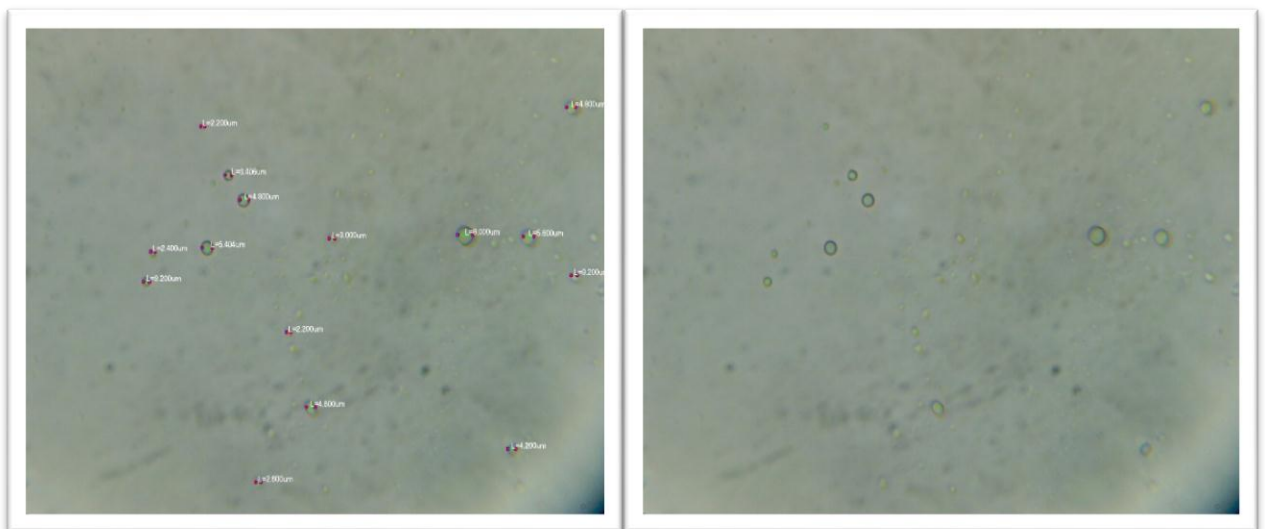


**Figura 22. . Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 2 : 230 mg/L en 140 minutos**

### **Intepretación**

En el tiempo de 140 minutos y a concentración de 230 mg/L de colorante NR5

Se observó 20 Micro nanoburbujas en una gota y un 3.87 de tamaño promedio de micro nanoburbujas



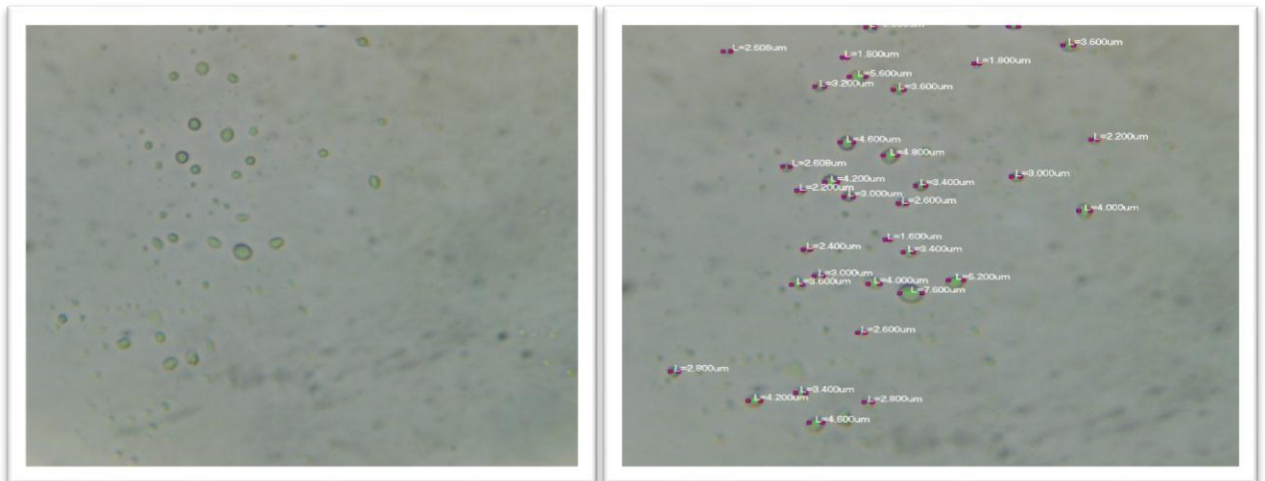
**Figura 23. Micro nanoburbujas en una gota en la concetracion 3 : 530 mg/L en 60 minutos**

**Concentración: 530 mg/L en un tiempo 60 minutos**

### **Intepretación**

En el tiempo de 60 minutos y a concentración de 530 mg/L de colorante NR5

Se observó 15 Micro nanoburbujas en una gota y un 3.97 de tamaño promedio de micro nanoburbujas.

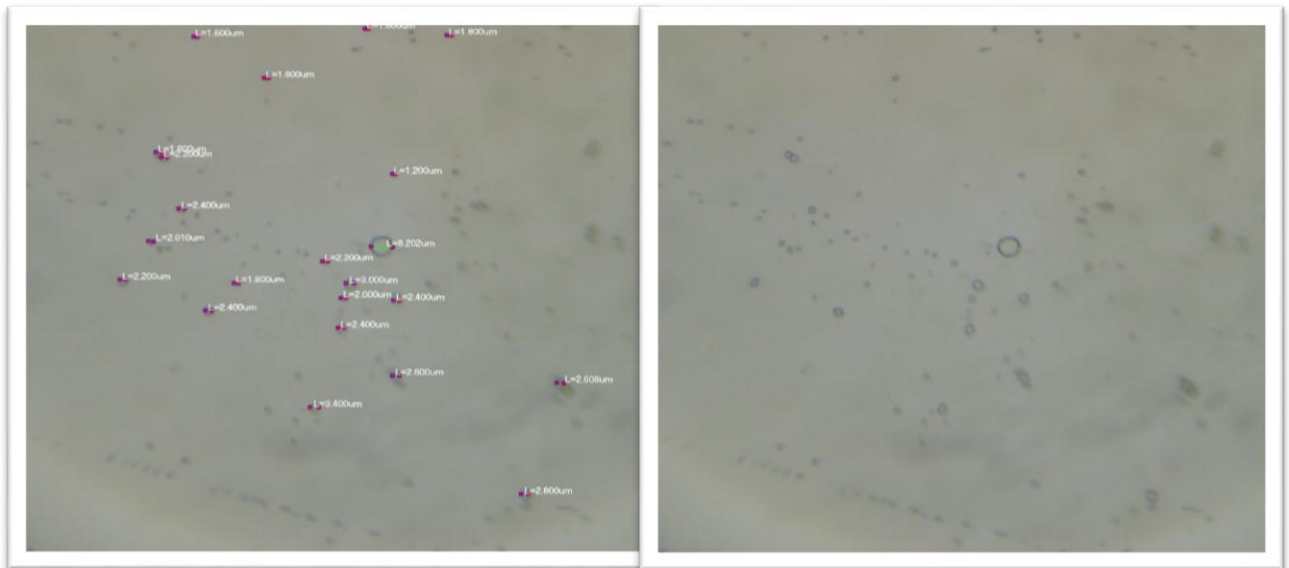


**Figura 24. Micro nanoburbujas en una gota en la concentración 3 : 530 mg/L en 90 minutos**  
**Concentración: 530 mg/L en un tiempo 90 minutos**

### **Interpretación**

En el tiempo de 90 minutos y a concentración de 530 mg/L de colorante NR5

Se observó 35 Micro nanoburbujas en una gota y un 3.43 de tamaño promedio de micro nanoburbujas.



**Figura 25. Micro nanoburbujas en una gota en la concentración 3 : 530 mg/L en 140 minutos**

**Concentración: 530 mg/L en un tiempo 140 minutos**

### **Interpretación**

En el tiempo de 140 minutos y a concentración de 530 mg/L de colorante NR5

Se observó 22 Micro nanoburbujas en una gota y un 2.47 um de tamaño promedio de micro nanoburbujas.

**Tabla 28. Tamaño promedio de las micro nanoburbujas en las 3 concentraciones**

<b>Concentración de colorante NR5</b>	<b>Promedio de Micro nanoburbujas en una gota</b>	<b>Tamaño promedio de micro nanoburbujas (um)</b>
100 mg/L	14 micro nanoburbujas	4.09 um
230 mg/L	18 micro nanoburbujas	4.02 um
530 mg/L	24 micro nanoburbujas	3.29 um
<b>Promedio</b>	18 micro nanoburbujas	3.08 um

### **Velocidad de ascenso de la micro- nanoburbujas**

Para hallar la velocidad se toma en cuenta la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\rho d g^2}{18 \eta}$$

Dónde:

V: velocidad de ascenso = (x),                      p: densidad del líquido = 998.2kg/m<sup>3</sup>,

g: aceleración de la gravedad = 9.8 m/s<sup>2</sup>    d: diámetro de la burbuja ,

n: viscosidad del líquido= 1.005x 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s.

**La velocidad de las micro nanoburbujas para la concentración de 100mg/L.**

$$V_1: \frac{998.2\text{kg/m}^3 (9.8 \text{ m/s}^2) (4.09 \times 10^{-6})^2}{18(1.005 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2)}$$

$$V_1: 9.04 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

**Interpretación**

La velocidad de ascenso de las micro nanoburbujas se calculo mediante la densidad de liquido, aceleración de la gravedad , la viscosidad del liquido y el diámetro de la micro nanobruja, obteniéndose como resultado de la velocidad de ascenso 9.04 x 10<sup>-6</sup>m/s para un diámetro de micro nanoburbuja de 4.09 um en la concentración de colorante NR5 de 100mg/L.

**La velocidad de las micro nanoburbujas para la concentración de 230 mg/L.**

$$V_2: \frac{998.2\text{kg/m}^3 (9.8 \text{ m/s}^2) (4.02 \times 10^{-6})^2}{18(1.005 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2)}$$

$$V_2: 8.73 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

**Interpretación**

La velocidad de ascenso de las micro nanoburbujas se calculo mediante la densidad de liquido, aceleración de la gravedad , la viscosidad del liquido y el diámetro de la micro nanobruja, obteniéndose como resultado de la velocidad de ascenso 8.73 x 10<sup>-6</sup> m/s para un diámetro de micro nanoburbuja de 4.02 um en la concentración de colorante NR5 de 230 mg/L.

**La velocidad de las micro nanoburbujas para la concentración de 530 mg/L.**

$$V_3: \frac{998.2 \text{ kg/m}^3 (9.8 \text{ m/s}^2) (3.29 \times 10^{-6})^2}{18(1.005 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2)}$$

$$V_3: 3.29 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

### Interpretación

La velocidad de ascenso de las micro nanoburbujas se calculo mediante la densidad de liquido, aceleración de la gravedad , la viscosidad del liquido y el diámetro de la micro nanobruja, obteniéndose como resultado de la velocidad de ascenso  $3.29 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  para un diámetro de micro nanoburbuja de  $3.29 \text{ um}$  en la concentración de colorante NR5 de  $530 \text{ mg/L}$ .

### Presión interna de la micro nanoburbuja

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

Dónde:

$\Delta P$ : presión de la burbuja

$\sigma$ : tensión superficial =  $0.0728 \text{ N/m}$

$d$ : diámetro de la burbuja =  $1.505 \times 10^{-6} \text{ m}$

### La presión interna de las micro nanoburbujas para la concentración de $100 \text{ mg/L}$ .

$$\Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{4.09 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\Delta P = 71198 \text{ N/m}^2 = 0.70 \text{ atm}$$

$$P = 0.96 \text{ atm} + 0.7 \text{ atm} = 1.66 \text{ atm}$$

Por lo tanto, se concluye que la presión interna de las micro-nano burbujas es de  $1.66 \text{ atm}$ .

**La presión interna de las micro nanoburbujas para la concentración de 230 mg/L.**

$$\Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{4.02 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\Delta P = 72427.81 \text{ N/m}^2 = 0.71 \text{ atm}$$

$$P = 0.96 \text{ atm} + 0.71 \text{ atm} = 1.67 \text{ atm}$$

Por lo tanto, se concluye que la presión interna de las micro-nano burbujas es de 1,67 atm.

**La presión interna de las micro-nanoburbujas para la concentración de 530 mg/L.**

$$\Delta P = \frac{4(0.0728 \text{ N/m})}{3.29 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\Delta P = 88510.6383 \text{ N/m}^2 = 0.87 \text{ atm}$$

$$P = 0.96 \text{ atm} + 0.87 \text{ atm} = 1.83 \text{ atm}$$

Por lo tanto, se concluye que la presión interna de las micro-nano burbujas es de 1.83 atm.

## Contrastación de la Hipótesis

### Prueba de Normalidad

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

### Hipótesis específica 1

H1. Los parámetros químicos del agua con colorante negro reactivo 5 después del uso de las Micro nanoburbujas de ozono –aire no se ajusta a una distribución normal.

Ho. Los parámetros químicos del agua con colorante negro reactivo 5 después del uso de las Micro nanoburbujas de ozono –aire se ajusta a una distribución normal.

## PARÁMETROS QUÍMICOS

### Datos

Tabla 29. Datos de los parámetros químicos

MUESTRA	tiempo (min)	Repetición	pH	DQO (mg/L)
MUESTRA 1 (100 mg/L)	0	R1-M1-0	4,01	674,00
		R2-M1-0	4,01	674,00
		R3-M1-0	4,01	674,00
	60	R1-M1-60	4,00	558,70
		R2-M1-60	4,00	549,70
		R3-M1-60	4,89	526,40
	90	R1-M1-90	3,25	426,40
		R2-M1-90	4,00	446,70
		R3-M1-90	3,22	508,50
	140	R1-M1-140	4,00	244,20
		R2-M1-140	3,42	251,30
		R3-M1-140	4,00	228,30
MUESTRA 2 (230 mg/L)	0	R1-M2-0	4,33	821,00
		R2-M2-0	4,33	821,00
		R3-M2-0	4,33	821,00
	60	R1-M2-60	3,47	478,50
		R2-M2-60	4,00	545,40
		R3-M2-60	3,40	522,40
	90	R1-M2-90	4,00	315,60
		R2-M2-90	3,24	355,30

		R3-M2-90	4,00	340,20
	140	R1-M2-140	3,42	237,50
		R2-M2-140	4,00	212,60
		R3-M2-140	3,48	426,60
MUESTRA 3 (530 mg/L)	0	R1-M3-0	4,43	1100,00
		R2-M3-0	4,43	1100,00
		R3-M3-0	4,43	1100,00
	60	R1-M3-60	4,12	773,90
		R2-M3-60	4,10	717,50
		R3-M3-60	4,08	749,90
	90	R1-M3-90	3,70	485,50
		R2-M3-90	3,51	485,30
		R3-M3-90	3,63	498,80
	140	R1-M3-140	3,91	364,00
		R2-M3-140	3,92	350,00
		R3-M3-140	3,94	355,10

Para el pH y DQO

**Tabla 30. Resumen de procesamiento de casos**

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
pHInicial	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
pHfinal	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
DQOIni	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
DQOfinal	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

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

**Tabla 31. Descriptivos**

		Estadístico	Error estándar	
pHInicial	Media	4,2567	,06333	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,1106	
		Límite superior	4,4027	
	Media recortada al 5%	4,2607		
	Mediana	4,3300		
	Varianza	,036		
	Desviación estándar	,19000		
	Mínimo	4,01		



	Máximo		4,43	
	Rango		,42	
	Rango intercuartil		,42	
	Asimetría		-,661	,717
	Curtosis		-1,714	1,400
pHfinal	Media		3,7878	,08787
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,5851	
		Límite superior	3,9904	
	Media recortada al 5%		3,7964	
	Mediana		3,9200	
	Varianza		,069	
	Desviación estándar		,26362	
	Mínimo		3,42	
	Máximo		4,00	
	Rango		,58	
	Rango intercuartil		,55	
	Asimetría		-,810	,717
	Curtosis		-1,648	1,400
DQOIni	Media		865,0000	62,46399
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	720,9578	
		Límite superior	1009,0422	
	Media recortada al 5%		862,5556	
	Mediana		821,0000	
	Varianza		35115,750	
	Desviación estándar		187,39197	
	Mínimo		674,00	
	Máximo		1100,00	
	Rango		426,00	
	Rango intercuartil		426,00	
	Asimetría		,434	,717
	Curtosis		-1,714	1,400
DQOfinal	Media		296,6222	25,74666
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	237,2503	
		Límite superior	355,9941	
	Media recortada al 5%		294,0691	
	Mediana		251,3000	
	Varianza		5966,014	
	Desviación estándar		77,23998	
	Mínimo		212,60	
	Máximo		426,60	

Rango	214,00	
Rango intercuartil	126,65	
Asimetría	,522	,717
Curtosis	-1,400	1,400

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

**Tabla 32. Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pHInicial	,317	9	,010	,754	9	,006
pHfinal	,345	9	,003	,726	9	,003
DQOIni	,259	9	,082	,798	9	,019
DQOfinal	,277	9	,045	,866	9	,112

a. Corrección de significación de Lilliefors

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

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si  $Pvalue > \alpha=0.05$  no se rechaza  $H_0$

Si  $Pvalue < \alpha=0.05$  Se rechaza  $H_0$

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

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

## En resumen para el pH y DQO

De los resultados de significancia de los parámetros para pH y DQO se obtiene lo siguiente:

**Tabla 33. Significancia de los parámetros pH y DQO**

Parámetro	Sig.	Normalidad	Prueba
pHInicial	,006	Normal	T-student
pHfinal	,003	No normal	Wilcoxon
DQOIni	,019	Normal	T-student
DQOfinal	,112	Normal	T-student

Como el p-value tiene tanto para el pH como para el DQO distribución normal y no normal, entonces se puede concluir que algunos datos son **paramétricos (con distribución normal)** y otro **no paramétricos (con distribución no normal)**.

### Hipótesis específica 2

H1. La concentración de colorante negro reactivo 5 en aguas después del tratamiento con micro nanoburbujas de ozono-aire no se ajusta a una distribución normal.

Ho. La concentración de colorante negro reactivo 5 en aguas después del tratamiento con micro nanoburbujas de ozono-aire se ajusta a una distribución normal.

**Tabla 34. concentración del NR5**

<b>MUESTRA</b>	<b>tiempo (min)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Concentración</b>
MUESTRA 1 (100 mg/L)	0	R1-M1-0	100,00
		R2-M1-0	100,00
		R3-M1-0	100,00
	60	R1-M1-60	13,40
		R2-M1-60	13,52
		R3-M1-60	14,95
	90	R1-M1-90	10,24
		R2-M1-90	9,90
		R3-M1-90	10,76
	140	R1-M1-140	8,75
		R2-M1-140	9,26
		R3-M1-140	9,15
MUESTRA 2 (230 mg/L)	0	R1-M2-0	230,00
		R2-M2-0	230,00
		R3-M2-0	230,00
	60	R1-M2-60	19,26
		R2-M2-60	19,67
		R3-M2-60	17,94
	90	R1-M2-90	11,51
		R2-M2-90	11,28
		R3-M2-90	11,28
	140	R1-M2-140	9,61
		R2-M2-140	12,02
		R3-M2-140	11,68
MUESTRA 3 (530 mg/L)	0	R1-M3-0	530,00
		R2-M3-0	530,00
		R3-M3-0	530,00
	60	R1-M3-60	35,82
		R2-M3-60	57,54
		R3-M3-60	40,53
	90	R1-M3-90	21,22
		R2-M3-90	20,93
		R3-M3-90	18,46
	140	R1-M3-140	13,57
		R2-M3-140	14,90
		R3-M3-140	14,67

**PARA LA CONCENTRACIÓN DE NR5**

**Tabla 35. Resumen de procesamiento de casos**

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
NR5Inicial	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
NR5final	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

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

**Tabla 36. Descriptivos**

		Estadístico	Error estándar	
NR5Inicial	Media	286,6667	63,66143	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	139,8631	
		Límite superior	433,4702	
	Media recortada al 5%	283,5185		
	Mediana	230,0000		
	Varianza	36475,000		
	Desviación estándar	190,98429		
	Mínimo	100,00		
	Máximo	530,00		
	Rango	430,00		
	Rango intercuartil	430,00		
	Asimetría	,534	,717	
	Curtosis	-1,714	1,400	
NR5final	Media	11,5122	,81539	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,6319	
		Límite superior	13,3925	
	Media recortada al 5%	11,4775		
	Mediana	11,6800		
	Varianza	5,984		
	Desviación estándar	2,44617		
	Mínimo	8,75		

Máximo	14,90	
Rango	6,15	
Rango intercuartil	4,92	
Asimetría	,293	,717
Curtosis	-1,749	1,400

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

**Tabla 37. Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NR5Inicial	,283	9	,036	,782	9	,013
NR5final	,226	9	,200*	,881	9	,160

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

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

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si  $P\text{value} > \alpha=0.05$  no se rechaza  $H_0$

Si  $P\text{value} < \alpha=0.05$  Se rechaza  $H_0$

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

**Tabla 38. Resumen para el DBO5**

Parámetro	Sig.	Normalidad	Prueba
NR5Inicial	,013	Normal	T-student
NR5final	,160	Normal	T-student

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

## Prueba de hipótesis

### Hipótesis general

H1: El tratamiento de Micro nanoburbujas de Ozono-Aire reducirá significativamente la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua.

Ho: El tratamiento de Micro nanoburbujas de Ozono-Aire NO reducirá significativamente la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua.

Para el contraste paramétrico de dos muestras independientes (porque se utilizaron dos tipos de electrodos para la obtención de nanoburbujas) se utiliza la prueba t de Student.

**Tabla 39. Estadísticas de muestras emparejadas**

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	NR5Inicial	286,6667	9	190,98429	63,66143
	NR5final	11,5122	9	2,44617	,81539

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

**Tabla 40. Correlaciones de muestras emparejadas**

		N	Correlación	Sig.
Par 1	NR5Inicial & NR5final	9	,947	,000

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

**Tabla 41. Prueba de muestras emparejadas**

		Media	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)
			Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	NR5Inicial - NR5final	275,15444	188,66900	62,88967	130,13061	420,17828	4,375	8	,002

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

Tomando el criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si significacion bilateral  $> \alpha=0.05$  se acepta la  $H_0$

Si significacion bilateral  $< \alpha=0.05$  Se rechaza  $H_0$

Entonces se rechaza la Hipotesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir:

H1: El tratamiento de Micro nanoburbujas de Ozono-Aire reducirá significativamente la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua.



#### IV. DISCUSIÓN

-Según los resultados de Chu, *et al.*, (2008) en su tesis titulada “Tratamiento mejorado de efluentes textiles mediante Ozonización de Micro burbujas” se obtuvo una decoloración del 80% en un tiempo de 140 minutos y una reducción de DQO del 70% para un tiempo de 200 minutos. Estos resultados fueron superados por la presente investigación con una decoloración de 97.28% y una reducción de DQO del 67.60% en un tiempo de 140 minutos.

-Según los resultados de Sumikura *et al.*, (2007) en su tesis titulada “Método de Desinfección de Micro burbujas de Ozono para el sistema de Reutilización de Aguas Residuales” se obtuvo una distribución de diámetro de micro burbujas de 30-60  $\mu\text{m}$  con una velocidad de inactivación del microorganismo E.Coly en un 44%. En la presente tesis estos resultados fueron superiores al obtener un diámetro de micro nanoburbuja de 3.08  $\mu\text{m}$  en aguas contaminadas con colorante Negro Reactivo 5, con una eficiencia en la reducción de la concentración de color de un 97.28 % para esta misma concentración.

-Según los resultados de Shu Liu *et al.*, (2009) en su artículo titulado “Efecto de Microburbujas en el proceso de Flotación de Coagulación de aguas residuales de teñido” el cual obtuvo como resultado eficiencias de eliminación de DQO, color y aceite para la técnica de flotación coagulación de microburbujas las que aumentaron en 30%, 110% y 40 % respectivamente en comparación con la técnica de flotación coagulación convencional. En la presente tesis se demostró una eficiencia de reducción de la concentración de colorante de 97.28 % para aguas contaminadas artificialmente con colorante Negro Reactivo 5 de 530 mg/L y una disminución de DQO de 1100 mg/L a 356.37 mg/L a 140 minutos de tratamiento.

-Según los resultados de Baldera, (2006) en su tesis titulada “Remoción de colorantes de efluentes textiles mediante el método de electrocoagulación” se obtuvo una remoción de 97.57% de demanda química de oxígeno y 99.11% de color en un tiempo de 8 minutos. Este método mostro una mayor eficiencia en

cuanto a remoción del colorante y reducción de DQO en comparación de la presente tesis.

-Según los resultados de Arango & Garcés, (2009) en su artículo titulado “Remoción del colorante azoico Amaranto mediante electrocoagulación” obtuvo como resultado remociones de DQO del 98,3% y las de color del 99.3% en 15 minutos de tratamiento. En la presente tesis se aplicó la técnica de Micro nanoburbujas de ozono-aire para reducir la concentración de color y el DQO del colorante Negro Reactivo 5, obteniéndose como resultado remociones de DQO de 1100 mg/L a 356.37 mg/L y una eficiencia de reducción de color de 97.28 % en 140 minutos de tratamiento .

-Según los resultados de García & Valverde, (2017) en su artículo titulado “Reducción de los metales en efluentes de plantas de producción mediante la aplicación de Micro Nanoburbujas de aire en una fábrica de baterías de plomo-ácido del distrito de Puente Piedra, Lima” obtuvo como resultados un tamaño de micro burbujas de 7  $\mu\text{m}$  y eficiencias en la reducción del aluminio y plomo en 92.14% y 98.46% respectivamente en un tiempo de tratamiento de 8 minutos . En la presente tesis estos resultados fueron superiores al obtener en el diámetro de micro nanoburbuja 3.08  $\mu\text{m}$  para aguas contaminadas con colorante colorante Negro Reactivo 5, con una eficiencia en la reducción de la concentración de color de un 97.28 % y remoción de DQO de 1100 mg/L a 356.37 mg/L .

-Según los resultados de Cruz & Valverde, (2017) en su artículo titulado “Reducción de Coliformes presentes en aguas residuales domésticas mediante el uso de Micro nanoburbujas de Ozono- aire en la ciudad de Carhuaz, Perú” obtuvo en el T3 (250mL+750mL) una mayor eficiencia en cuanto a tamaño de micro burbujas que fue de 7  $\mu\text{m}$  y eficiencias de reducción de coliformes fecales y totales de 99,58% y 99,01% respectivamente en el tiempo de tratamiento de 8 minutos. En la presente tesis estos resultados fueron superiores al obtener un diámetro de micro nanoburbuja de 3.08, además de una eficiencia de reducción de la concentración de colorante de 97.28 % para aguas contaminadas

artificialmente con colorante Negro Reactivo 5 de 530 mg/L y una disminución de DQO de 1100 mg/L a 356.37 mg/L.

## V. CONCLUSIÓN

- Los valores de los parámetros químicos de las aguas con colorante Negro Reactivo 5 después del uso de las micro nanoburbujas de ozono-aire con pH inicial de 4.01 y DQO 674 para la concentración 1 (100 mg/L) fue de pH final de 3.81 y DQO final de 241.27 mg/L ; para la concentración 2 (230mg/L) con pH inicial de 4.33 y DQO 821 mg/L fue de pH final 3.63 y DQO final de 747.10 mg/L ; para la concentración 3 (530 mg/L) fue de pH inicial 4.43 y DQO 1100 mg/L fue de pH final 3.92 y DQO final de 356.37.
- La concentración de colorante Negro reactivo 5 en agua después del tratamiento de Micro nanoburbujas de ozono–aire con una concentración inicial de 100mg/L , 230 mg/L y 530 mg/L fue de concentraciones finales de 9.05 mg/L , 11.01 mg/L y 14.08 mg/L respectivamente al finalizar el tratamiento.
- El mejor tiempo empleado en la reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en el agua mediante el uso de la Micro nanoburbujas de Ozono-aire a tiempo de 60 , 90 y 140 minutos para la concentración inicial de 100mg/L, 230mg/L y 530 mg/L fue 13.96 mg/L , 10.3mg/L y 9.05 mg/L ; 18.96 mg/L 11.36mg/L y 11.31mg/L ; 44.63 mg/L , 20.2 mg/L , 14.38 mg/L respectivamente . Siendo el tiempo 3 de 140 minutos en las 3 concentraciones de colorante el mejor tiempo empleado .
- La eficiencia de reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua mediante el uso de las Micro nanoburbujas de ozono-aire para concentraciones iniciales de 100mg/L , 230 mg/L y 530 mg/L

fue de 90.95%, 95.17%, y 97.28% respectivamente al finalizar el tratamiento .

## **VI. RECOMENDACIONES**

-Realizar el tratamiento de Micro nanoburbujas de ozono-aire a tres diferentes tipos de colorantes azoicos y comparar cuál de estos compuestos orgánicos se muestra más susceptible a ser degradado presentando mejoras significativas en sus parámetros físico químicos

-Realizar un modelo matemático de absorbancia mas preciso que permita conocer la reducción de la concentración del colorante NR5 en un 100% mediante la técnica de Micro nanoburbujas de Ozono-aire.

-Incrementar el tiempo de tratamiento a 200 minutos para obtener mejores resultados en cuanto a una reducción significativa de colorante Negro Reactivo 5 en agua mediante el uso de las Micro nanoburbujas.

-Realizar análisis de cromatografía líquida HPLC en las concentraciones finales de colorante NR5 para identificar los subproductos formados a partir del tratamiento de Micro nanoburbujas de ozono-aire en las aguas contaminadas .

-Aumentar el número de placas en el equipo generador de nanoburbujas a fin de aumentar su eficiencia en la reducción de la concentración de colorante y en la generación de la mayor cantidad posible de Micro nanoburbujas.

## VII.REFERENCIAS

### Referencias bibliográficas

- ❖ Andía, Yolanda. Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, Tratamiento de Agua: Coagulación –Floculación, Lima, 2010, p. 18.
- ❖ Arango A. & Garces L. “Remoción del colorante Azoico Amaranto de soluciones acuosas mediante Electrocoagulación”. Revista Lasallista de Investigacion.Vol 6 N° 2 ,2009.
- ❖ Anup Gurung, Ollil Dahl & Kaj Jansson. Important Functions of Micro and Nanobubbles .Japón: 2016. ISBN: 12269328
- ❖ Cortazar, A., Coronel, C., Escalante, A., & Gonzales C. Contaminación generada por colorantes de la industria textil. *Vida Científica Boletín científico de la Escuela Preparatoria* ,2(3).doi:2007-4905.(2013)
- ❖ Cruz R. & Valverde J.“Reducción de Coliformes presentes en Aguas Residuales Domésticas mediante el uso de Micro Nanoburbujas de Ozono- aire en la ciudad de Carhuaz, Perú”. Journal Nanotechnology Vol.1 N°1. Lima,2017.
- ❖ D.S. N° 021-2009-VIVIENDA Valores Máximos Admisibles de las Descargas de Aguas No Domesticas. Lima: El Peruano, 10 enero 2015.

- ❖ European IPPC Bureau, European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla.(2003)
  
- ❖ FAIR, Gordon M; GEYES, John C. y OKUM, Daniel A. Purificación de aguas y tratamientos y remoción de aguas residuales, Editorial Limusa, México, 1973.
  
- ❖ FONTAL, Bernardo. El espectro Electromagnético y sus aplicaciones. Venezuela, 2005 .
  
- ❖ García P. & Valverde J.“Reducción de los metales en efluentes de plantas de producción mediante la aplicación de Micro Nanoburbujas de aire en una fábrica de baterías de plomo-ácido del distrito de Puente Piedra”Journal Nanotechnology Vol.1 N°1. Lima,2017.
  
- ❖ Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de textiles, Corporación Financiera Internacional IFC.
  
- ❖ Kirk, E., Othmer, F., & Scott. Enciclopedia de Tecnología Química (Vol.Tomo 5). (U.T. Hispano- América, Ed.) México: Unión Tipográfica Editorial Hispano –Americana. (1962).

- ❖ Chu, L., Xing X., Yu A., Sun X. & Jurcik B." Tratamiento Mejorado de Aguas Residuales Textiles mediante la Ozonización de Micro burbujas". El Sevier , 389-393, febrero 2008
- ❖ Lockuán, F. La Industria textil y su control de Calidad. Tintorería. Obtenido de : <https://es.slideshare.net/fidel1977/iii-la-industria-textil-y-su-control-de-calidad> (2012).
- ❖ Balderas P., Barrera C., Lujano A., Ramirez T. & Roa G."Remoción de Colorantes de aguas provenientes de Industrias Textiles usando Electrocoagulación". Tecnología y Biotecnología Ambiental. México
- ❖ Mezule, L., Reimanis M., Malers J., Ozolins J. & Juhna T. Una técnica simple para la desinfección del agua con cavitación hidrodinámica: Efecto sobre la supervivencia de Escherichia Coli. Desalinización, 152-159, mayo 2008.
- ❖ Moeller Chávez, Evaluación de diferentes procesos de tratamiento para la remoción de colorante sintético utilizados en la industria textil. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2000).. Obtenido de <http://repositorio.imta.mx:8080/cencarepositorio/bitstream/12345678/1406/1/TC-1223.1.pdf>
- ❖ Perez, Gabriela. Tesis: Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Textil mediante Procesos Electroquímico: Quito, 2015.
- ❖ Qayyum, H.. Potencial Applications of the oxidoreductive enzymes in the decoloration and detoxification of textile and other synthetic dyes from polluted wáter. Critical reviews in Biotechnology, 26,201-221. (2006)

- ❖ Resolución Jefatural N°010-2016-ANA .Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales .San Isidro, Lima: Grafica industrial Alarcon S.R.L, 29 abril 2016.
- ❖ SALAS, G. Tratamiento Físicoquímico de Aguas Residuales de la Industria Textil: Rev. Per. Quim. Ing. Quim: pág. 73-80, 2003.
- ❖ Shore, J. Colorants and Auxiliaries, Volume 1 - Colorants; (Society of Dyers and Colourists , England). (2002)
- ❖ Sumikura M., Hidaka M., Murakami H., Nobutomo Y. & Murakami T. “Método de Desinfección de Micro-burbuja de Ozono para el Sistema de Reutilización de Aguas Residuales”. Ciencia y Tecnología del agua ,53-61, 2007.
- ❖ Shu L., Wang Q. Ma H., Huang P., Li J. & Kikuchi T. Efecto de micro-burbujas sobre la coagulación de flotación proceso de aguas residuales teñido. Separación y Purificación Tecnología, 337-346, diciembre 2009.
- ❖ Terasaka K., Hirabayashi A.,Nishino T.,Fujioka S. & Kobayashi D. “Desarrollo de Micro burbujas Aireador para el Tratamiento de Aguas Residuales mediante Lodos Activados Aeróbico”. Chemical Engineering Science, 3172-3179, febrero 2011.
- ❖ Tsuge H. Micro Nano Bubble.1ª.ed.Japon: Pan Stanford, 2014.



- ❖ Willey Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications (Vols. 3527304266, 9783527304264). ( K. Hunger, Ed.) Michigan: Universidad de Michigan. (2003).
  
- ❖ Zollinger, H. *Colour Chemistry-Syntheses, Properties and of Organic Dyes and Pigment*. New York: VCH, Publishers. (1987).

## VIII. ANEXOS

## Anexo 1. Informe de Laboratorio



### Anexo 1

#### LABORATORIO UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

**NOMBRE:** Elizabeth Maldonado Cueva

**PARAMETROS A MEDIR:** DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, CURVA DE CALIBRACIÓN, ABSORBANCIA, CONCENTRACION DE COLORANTE.

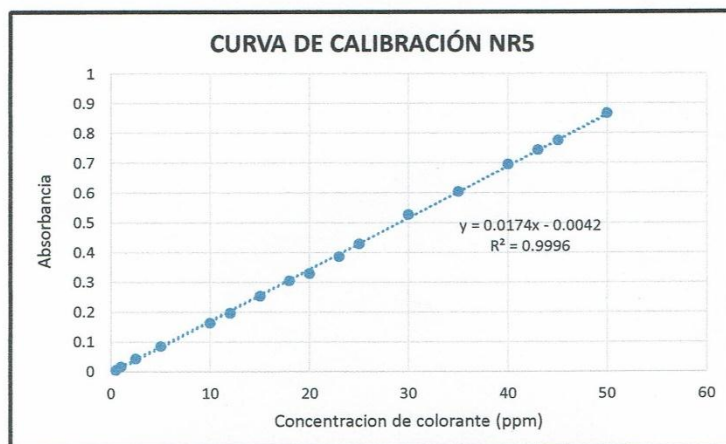
**TECNICO AMBIENTAL ENCARGADO:**

**TIPO DE AGUA:** Agua sintética contaminada con el colorante Negro Reactivo 5.

Los análisis físicos y químicos de las muestras iniciales y con tratamiento fueron realizados en el laboratorio de la universidad César Vallejo, los mismos que fueron trabajados por la Srta. Elizabeth Maldonado cueva bajo la supervisión del técnico: Sr Hitler Román Pérez.

#### RESULTADOS DEL LABORATORIO

##### ELABORACION DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN



  
-----  
**Sr. Hitler Román Pérez**  
**Técnico Ambiental**  
**Universidad Cesar Vallejo**

$\lambda = 311 \text{ nm}$		
Item	Cc NR5 (ppm)	Absorbancia
1	0	0
2	0.5	0.004
3	1	0.016
4	2.5	0.042
5	5	0.084
6	10	0.163
7	12	0.196
8	15	0.252
9	18	0.305
10	20	0.329
11	23	0.385
12	25	0.429
13	30	0.527
14	35	0.605
15	40	0.695
16	43	0.744
17	45	0.775
18	50	0.866
19	60	1.06
20	70	1.217



---

**Sr. Hitler Román Pérez**  
**Técnico Ambiental**  
**Universidad Cesar Vallejo**

**ANÁLISIS DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO ANTES DEL  
TRATAMIENTO**

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (Mg/L)	
C1: 100 mg/L	674
C2: 230 mg/L	821
C3: 530 mg/L	1100

**RESULTADOS DE LA ABSORBANCIA Y CONCENTRACIÓN DEL COLORANTE  
DESPÚES DEL TRATAMIENTO (3 REPETICIONES)**

**ABSORBANCIA Y CONCENTRACIÓN DE COLORANTE**

C1 : 100Mg/L T1= 60 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( Cf)
C1T1R1	0.23	13.40
C1T1R2	0.23	13.52
C1T1R3	0.26	14.95
C1T1	0.24	13.96

C1 : 100Mg/L T2= 90 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( Cf)
C1T2R1	0.17	10.24
C1T2R2	0.17	9.9
C1T2R3	0.18	10.76
C1T2	0.17	10.30

  
 -----  
**Sr. Hitler Román Pérez**  
**Técnico Ambiental**  
**Universidad Cesar Vallejo**

C1 : 100Mg/L T3= 140 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( Cf)
C1T3R1	0.15	8.75
C1T3R2	0.16	9.26
C1T3R3	0.16	9.15
C1T3	0.16	9.05

C2 : 230Mg/L T1= 60 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( MG/l)
C2T1R1	0.33	19.26
C2T1R2	0.34	19.67
C2T1R3	0.31	17.94
C1T1	0.33	18.96

C2 : 230Mg/L T2= 90 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( MG/l)
C2T2R1	0.20	11.51
C2T2R2	0.19	11.28
C2T2R3	0.19	11.28
C2T2	0.19	11.36



Sr. Hitler Román Pérez  
 Técnico Ambiental  
 Universidad Cesar Vallejo

C2 : 230Mg/L T3= 140 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( MG/l)
C1T3R1	0.16	9.61
C1T3R2	0.21	12.02
C1T3R3	0.20	11.68
C2T3	0.19	11.10

C3 : 530 Mg/L T1= 60 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( Cf)
C1T1R1	0.62	35.82
C1T1R2	1.00	57.54
C1T1R3	0.70	40.53
C1T1	0.77	44.63

C3 : 530 Mg/L T2= 90 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( Cf)
C1T1R1	0.37	21.22
C1T1R2	0.36	20.93
C1T1R3	0.32	18.46
C1T1	0.35	20.20

C3 : 530 Mg/L T3= 140 minutos		
	Absorbancia $\lambda=311$ nm	Concentración NR5 ( Cf)
C1T1R1	0.23	13.57
C1T1R2	0.26	14.90
C1T1R3	0.25	14.67
C1T1	0.25	14.38



Sr. Hitler Román Pérez  
 Técnico Ambiental  
 Universidad Cesar Vallejo

**RESULTADOS DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO (Mg/L) DESPUES DEL TRATAMIENTO**

C1 : 100 Mg/L T1= 60 minutos	
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (Mg/L)	
C1T1R1	558.7
C1T1R2	549.7
C1T1R3	526.4
C1T1	544.93

C1: 100 Mg/L T2= 90 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO (Mg/L)	
C1T2R1	426.4
C1T2R2	446.7
C1T2R3	508.5
C1T2	460.53

C1: 100 Mg/L T3= 140 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (Mg/L)	
C1T3R1	244.2
C1T3R2	251.3
C1T3R3	228.3
C1T3	241.27

C2: 230Mg/L T1= 60 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (Mg/L)	
C2T1R1	478.5
C2T1R2	545.4
C2T1R3	522.4
C2T1	515.43



-----  
**Sr. Hitler Román Pérez**  
**Técnico Ambiental**  
**Universidad Cesar Vallejo**



C2: 230 Mg/L T2= 90 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (Mg/L)	
C2T2R1	315.6
C2T2R2	355.3
C2T2R3	340.2
C2T2	337.03

C2: 230 Mg/L T3= 140 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (Mg/L)	
C2T3R1	237.5
C2T3R2	212.6
C2T3R3	426.6
C2T3	292.23

C3: 530 Mg/L T1= 60 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (Mg/L)	
C3T1R1	773.9
C3T1R2	717.5
C3T1R3	749.9
C3T1	747.10

C3: 530 Mg/L T2= 90 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (Mg/L)	
C3T2R1	485.5
C3T2R2	485.3
C3T2R3	498.8
C3T2	489.87

C3: 530 Mg/L T3= 140 minutos	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (Mg/L)	
C3T3R1	364
C3T3R2	350
C3T3R3	355.1
C3T3	356.37



-----  
 Sr. Hitler Román Pérez  
 Técnico Ambiental  
 Universidad Cesar Vallejo



**Anexo 2. Cadena de custodia inicial**

<b>REGISTRO DE DATOS</b>					
<b>Punto de muestreo:</b>				<b>Fecha :</b>	
				<b>Hora :</b>	
<b>Cantidad de muestra:</b>					
<b>Parámetros</b>	<b>Concentración inicial de colorante (mg/L)</b>		<b>Parámetros</b>	<b>pH :</b>	
	<b>Demanda química de Oxígeno (mg/L)</b>			<b>Temperatura °C :</b>	
				<b>Conductividad Eléctrica uS/cm:</b>	
<b>Observaciones :</b>					

Fuente: Elaboración propia, 2017

### Anexo 3. Registro de caracterizacion de micro nanoburbujas

REGISTRO DE CARACTERIZACION DE LAS NANO BURBUJAS					
CARACTERISTICAS	N° DE MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
DIAMETRO DE LAS NANO BURBUJAS(um)					
PRESION INTERNA DE LA NANO BURBUJA(atm)					
VELOCIDAD DE ASCENSO (m/seg)					
TIEMPO DE TRATAMIENTO (min)					
CANTIDAD DE NANO BURBUJA EN UNA GOTA ( numero de burbujas )					
TIPO DE GAS : OZONO (mg/L)					

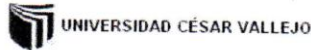
Fuente: Elaboración propia ,2017

**Anexo 4. Cadena de custodia final**

<b>REGISTRO DE DATOS</b>						
<b>Punto de muestreo:</b>					<b>Fecha :</b>	
<b>Cantidad de muestra:</b>					<b>Hora :</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Concentración inicial de colorante (mg/L)</b>		<b>% de remocion de colorante:</b>		<b>Parámetros</b>	<b>pH :</b>
	<b>Demanda quimica de Oxigeno (mg/L)</b>		<b>% de remocion de DQO</b>			<b>Temperatura °C :</b>
						<b>Conductividad Electrica uS/cm:</b>
<b>Observaciones :</b>						

Fuente: Elaboración propia , 2017

## Anexo 5. Validación de Instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Genito Alfaro, Elmer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UV - Docente Investigador - Melodolgo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Codema de Custodia Inicial  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elisabeth Maidamola Quevedo

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

99 %

Lima, 15/06 del 2017

**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 INGENIERO QUÍMICO  
 Reg. CIP N° 71998

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Johnny Valverde Flores  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Estrategia Inicial  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elisabetta Maldonado Cueva

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 19 de Junio del 2017

*Johnny Valverde Flores*

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 18120253 Telf: 94 9585952

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Juan Poralla Medina  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia inicial  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elisaveth Maldonado Quera

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
-

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

100 %

Lima, 19/06 del 2017

*Juan Poralla Medina*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 09127989 Telf.: 981521062

CIP 56071





### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro, Elmer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV - Docente Investigador - Metodología  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de Caracterización de los Nodos Curriculares - Anexo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Eligreth Maldonado Quevedo

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

Si
-

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

**99,5 %**

Lima, 19/06 del 2017

Elmer Gonzalez Benites Alfaro  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**

DNI No. ELMER GONZÁLEZ BENITES ALFARO  
 INGENIERO QUÍMICO  
 Reg. CIP N° 71998

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: J. hong Valverde Flores  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de Cancelización de Nano biología  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elizabeth Maldonado Quevedo

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 17 de Junio del 2017

*Elizabeth Maldonado Quevedo*

**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**

1812025 9488392  
 DNI No. .... Telf. ....

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Juan Aracata Medina  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de Caracterización de los Nohos huayanos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elizabeth Maldonado Quevedo

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

3
1

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

100 %

Lima, ..... del 2017

*Juan Aracata*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 09123909 Telf. 981521062  
 CIP 56071

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Baniley Alfaro, Elmer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV - Docente Investigador - Metodólogo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia Final - Anexos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elisabetta Maldonado Quevedo

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
-

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 19/06 del 2017

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. \_\_\_\_\_ Telf. \_\_\_\_\_

ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
INGENIERO QUIMICO  
Reg. CIP N° 71998

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Johnny Valverde Flores  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia final  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elisabeth Maldonado Queva

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 19 de Junio del 2017

Johnny Valverde Flores  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

1812023      94958592  
 DNI No. .... Telf: .....

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Juan Penalta Medina  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia Final - Anexo 5  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Elizabeth Maldonado Areva

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

100 %
-------

Lima, ..... del 2017

*Juan Penalta*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

 DNI No. 09127989 Telf: 981521062

CIP 56071



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 07  
Fecha : 31-03-2017  
Página : 1 de 1

Yo, Jhonny Wilfredo Valverde Flores, docente de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional ingeniería ambiental de la Universidad César Vallejo Lima norte, revisor (a) de la tesis titulada

"Reducción de la concentración de colorante negro reactivo 5 en agua mediante el uso de las Micro nanoburbujas de ozono-aire", de la estudiante Elizabeth Maldonado Cueva, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de diciembre del 2017

.....  
Firma

Nombres y apellidos del docente

DNI: 18120253

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





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Maldonado Cueva Eligabeth  
D.N.I. : 47796208  
Domicilio : La Cueva 08. Mz. A. Lt. 9. Urb. Shangri-La. Punt. Piedra  
Teléfono : Fijo : Móvil : 963493698  
E-mail : elixabethmaldonado@gmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería  
Escuela : Ingeniería Ambiental  
Carrera : Ingeniería Ambiental  
Título : Ingeniería Ambiental

Tesis de Post Grado

Maestría

Grado :  
Mención :

Doctorado

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Maldonado Cueva Eligabeth

Título de la tesis:

Reducción de la Concentración de Colorante Negro Reactivo 5 en agua  
mediante el uso de las Mimos Nanoburbujas de Ozono - Aire en escala laboratorio

Año de publicación : 2017-II

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha : 06 de Junio del 2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACION DE COLORANTE NEGRO REACTIVO 5 EN AGUA MEDIANTE EL USO DE LAS MICRO NANOBUJAS DE OZONO -AIRE ESCALA LABORATORIO

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

ELIZABETH MALDONADO CUEVA

ASESOR:

DR. ING. JOHNNY WILFREDO VALVERDE FLORES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

LIMA-PERÚ

Resumen de coincidencias

12%

- 1 repositorio.ucv.edu.pe 1% >  
Fuente de Internet
- 2 Entregado a Carlos Tes... 1% >  
Trabajo del estudiante
- 3 docplayer.es 1% >  
Fuente de Internet
- 4 cybertesis.unmsm.edu... 1% >  
Fuente de Internet
- 5 www.tdx.cat 1% >  
Fuente de Internet
- 6 repositorio.ug.edu.ec 1% >  
Fuente de Internet
- 7 www.redalyc.org <1% >  
Fuente de Internet



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Digitalización de Tesis

ESTACIONES DEL AÑO		TOTAL (horas)	
ESTACIONES	Valor	ESTACIONES	Valor
ESTACIONES	1.2	ESTACIONES	1.2
ESTACIONES	1.8	ESTACIONES	1.8
ESTACIONES	2.4	ESTACIONES	2.4
ESTACIONES	3.0	ESTACIONES	3.0
ESTACIONES	3.6	ESTACIONES	3.6
ESTACIONES	4.2	ESTACIONES	4.2
ESTACIONES	4.8	ESTACIONES	4.8
ESTACIONES	5.4	ESTACIONES	5.4
ESTACIONES	6.0	ESTACIONES	6.0
ESTACIONES	6.6	ESTACIONES	6.6
ESTACIONES	7.2	ESTACIONES	7.2
ESTACIONES	7.8	ESTACIONES	7.8
ESTACIONES	8.4	ESTACIONES	8.4
ESTACIONES	9.0	ESTACIONES	9.0
ESTACIONES	9.6	ESTACIONES	9.6
ESTACIONES	10.2	ESTACIONES	10.2
ESTACIONES	10.8	ESTACIONES	10.8
ESTACIONES	11.4	ESTACIONES	11.4
ESTACIONES	12.0	ESTACIONES	12.0

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Elizbeth Maldonado Queva con DNI N° 4996208 domiciliado (a) en La Cereza 128 Mz+ A " 49 Shangnila, Pucallpa

ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2017-II del programa ...INGENIERÍA AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 6700030502 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Solicito digitalización de Tesis

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima, 06 de Junio de 2018

*Handwritten signature and notes in blue ink:*  
De: *[Signature]*  
Coor. *[Signature]*

*Handwritten signature in black ink:*  
[Signature]