



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa farmacéutica por oxidación avanzada-Lima 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental

AUTORA

Aura Sara Farfán Acosta

ASESOR

Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tratamiento y gestión de los residuos

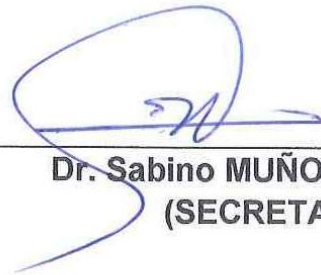
LIMA - PERÚ

Año 2017- I

**PÁGINA DEL JURADO**



**Dr. Antonio DELGADO ARENAS**  
**(PRESIDENTE)**



**Dr. Sabino MUÑOZ LEDESMA**  
**(SECRETARIO)**



**Dr. Lorgio VALDIVIEZO GONZALES**  
**(VOCAL)**

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este presente trabajo a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre 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 nada, por su amor. A mi esposo por haber estado conmigo en todo momento, por su amor incondicional y sus ganas de superación, impulsándome a culminar esta etapa académica. A mi hija por ser la razón de superación constante para la culminación de mis estudios profesionales. A mi hermana por ser el ejemplo de una hermana mayor, de la cual aprendí aciertos sobre todo en los momentos difíciles y a todos aquellos que ayudaron directa o indirectamente a realizar este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que me apoyaron en la culminación de esta etapa de mi Profesión. Por esto agradezco a:

Nuestro Profesor Dr. Delgado Arenas Leonardo y Dr. Lorgio Valdiviezo quienes siempre estuvieron apoyándonos, guiándonos y brindando consejos para mejorar cada parte de nuestra etapa académica.

Dr. Wilber Quijano Pacheco mi profesor que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial

Mi familia; mi esposo Javier Luis Guzmán Villegas, mi madre Nancy Edith Acosta García, mi hermana Mariana Farfán Acosta quienes a lo largo de toda mi vida he recibido mucho apoyo, amor, comprensión y no dudaron de mis habilidades.

Y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió y abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **AURA SARA FARAN ACOSTA** con DNI N° 72215206, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

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

Lima, 14 de Julio de 2017



---

**FARFAN ACOSTA Aura Sara**  
**DNI N° 72215206**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada **“Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de una Empresa Farmacéutica por Oxidación Avanzada- Lima 2017”** con la finalidad de reducir los contaminantes vertidos al alcantarillado de aguas domésticas del Efluente Industrial Farmacéutico debido a la producción de medicamentos, jabón, detergente y otros agentes químicos en Lima 2017, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La Autora

# ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	¡Error! Marcador no definido.
PRESENTACIÓN.....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE CUADROS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	X
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	XI
RESUMEN .....	XII
ABSTRAC.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	14
1.2. TRABAJOS PREVIOS .....	16
1.3. TEORÍAS RELACIONADOS AL TEMA .....	19
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	35
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	35
1.6. HIPÓTESIS .....	36
1.7. OBJETIVOS.....	37
II. MÉTODO .....	38
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	38
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN .....	38
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	40
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD .....	41
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS: .....	53
2.6. ASPECTOS ÉTICOS:.....	54
III. RESULTADOS .....	55
3.1. Métodos de análisis de datos.....	57
IV. DISCUSIÓN .....	72
V. CONCLUSIONES .....	74
VI. RECOMENDACIONES .....	75
VII. REFERENCIAS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencial de Oxidación de Compuestos Químicos.....	20
Tabla 2: Proceso de Oxidación Avanzada .....	25
Tabla 3: Componentes y Variables Físicas, Químicas y Biológicas que tienen las aguas residuales .....	28



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	39
CUADRO 2: Muestreo Puntual .....	41
CUADRO 3: VALORACIÓN DE EXPERTOS.....	42
CUADRO 4: Caracterización de Muestras .....	55
CUADRO 5: Resultados de Tratamiento de Aguas Residuales con Peróxido de Hidrógeno.....	56
CUADRO 6: Resultados de Tratamiento de Aguas Residuales con Ozono y Peróxido de Hidrógeno .....	56
CUADRO 7: Tratamiento de Aguas Residuales con Peróxido de Hidrógeno .....	57
CUADRO 8: Tratamiento de Agua Residual con Ozono .....	58
CUADRO 9: Pruebas de Normalidad del Tratamiento de Aguas Residuales con Peróxido de Hidrógeno .....	60
CUADRO 10: Prueba de Normalidad usando Shapiro – Wilk .....	66
CUADRO 11: CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN .....	84
CUADRO 12. Normas Generales .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Procesos de Oxidación Avanzada (POAs).....	24
Figura 2: Reacción de Oxidación Avanzada .....	26
Figura 3: Mecanismos de Descomposición del Ozono .....	31
Figura 4: Reacción de Ozono con Sustancias Orgánicas en Agua .....	32
Figura 5: Resumen de la Metodología de la presente Investigación .....	44

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1: Línea de Tendencia del DQO y DBO <sub>5</sub> Con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	57
GRAFICO 2: Tratamiento De Aguas Residuales Con Ozono .....	58
GRAFICO 3: Normalidad de la Demanda Química de Oxígeno.....	61
GRAFICO 4: Normalidad de la Demanda Química de Oxígeno.....	62
GRAFICO 5: Normalidad de Aceites y Grasas .....	63
GRAFICO 6: Normalidad de Sólidos Suspendidos Totales.....	64
GRAFICO 7: Normalidad de Temperatura .....	65
GRAFICO 8: NORMALIDAD Demanda Química de Oxígeno .....	67
GRAFICO 9: Normalidad de Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	68
GRAFICO 10: Normalidad de Aceites y Grasas .....	69
GRAFICO 11: Normalidad de Sólidos Suspendidos Totales.....	70
GRAFICO 12: Prueba de Normalidad de Temperatura.....	71

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Vista Satelital, Lima -Perú.....	40
Imagen 2: Vista Satelital, Lima -Perú.....	41
Imagen 3: Caracterización de Muestras .....	88
Imagen 4: Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	88
Imagen 5: Caracterización de AyG en muestras.....	89
Imagen 6: Tratamiento de Agua Residual de las muestras usando Peróxido de Hidrógeno.....	89
Imagen 7: Reactor Digital midiendo la Demanda Bioquímica de Oxígeno ..	90
Imagen 8: Peróxido de Hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	90
Imagen 9: Tratamiento de Aguas en el Floculador .....	91
Imagen 10: Floculador en Tratamiento de Aguas Residuales.....	91

## RESUMEN

Esta tesis fue realizada con el fin de demostrar que el efluente de las aguas residuales de una empresa farmacéutica pueden ser tratadas por el método de oxidación avanzada, usando el Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y Ozono ( $O_3$ ) aplicado de forma consecutiva (en serie). Para obtener los resultados y corroborar si éste método es eficiente, se midió los Parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química del Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas (AyG), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Potencial de Hidrógeno (pH) y Temperatura en 5 muestras diferentes con una dosis de 10 ml de  $H_2O_2$  primero; con una concentración del 50%, luego se añadió  $O_3$  con una dosis de 0,2 g/min, después del Peróxido de Hidrógeno en las 5 muestras, dejando actuar cada reactivo por 5, 10, 15, 20 y 25 minutos respectivamente para luego ser comparados con los Valores Máximos Admisibles.

Se obtuvo los resultados de los siguientes Parámetros:  $DBO_5=450$  mg/L, DQO=980 mg/L, AyG = 80 mg/L y SST=65 mg/L después del tratamiento con Peróxido de Hidrógeno y Ozono siendo la muestra 4 la que se acerca a tener un buen resultado en un tiempo de 20 minutos óptimo para la remoción de contaminantes de la industria farmacéutica acercándose a los valores máximos admisibles para desechar al alcantarillado de aguas domésticas. Sin embargo si hacemos uso de un solo compuesto químico ya sea con Peróxido de Hidrogeno u Ozono no sería posible llegar a obtener los Valores Máximos admisibles.

**Palabras claves:** Efluente industrial farmacéutica, Oxidación avanzada, Peróxido de Hidrógeno y Ozono.

## ABSTRAC

This research was carried out in order to demonstrate that the effluent from the wastewater of a pharmaceutical company can be treated by the advanced oxidation method, using hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) and ozone (O<sub>3</sub>) applied consecutively (in series ). To obtain the results and corroborate if this method is efficient, the Parameters of Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>), Chemical Oxygen Demand (COD), Oils and Fats (OF), Total Suspended Solids (TSS), Hydrogen Potential were measured. (pH) and Temperature in 5 different samples with a dose of 10 ml of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> first; with a concentration of 50%, then O<sub>3</sub> was added with a dose of 0.2 g / min, after the Hydrogen Peroxide in the 5 samples, leaving each reagent to act for 5, 10, 15, 20 and 25 minutes respectively. be compared with the Admissible Maximum Values..

The results of the following parameters were obtained: BOD<sub>5</sub> = 450 mg / L, COD = 980 mg / L, AyG = 80 mg / L and SST = 65 mg / L after treatment with Hydrogen Peroxide and Ozone, sample 4 being which is close to having a good result in a time of 20 minutes, optimal for the removal of contaminants from the pharmaceutical industry, approaching the maximum admissible values for discharging into domestic sewage. However, if we use a single chemical compound with either Hydrogen Peroxide or Ozone it would not be possible to obtain the Maximum Allowable Values.

**Keywords:** Pharmaceutical industrial effluent, Advanced oxidation, Hydrogen peroxide and Ozone

## **I. INTRODUCCIÓN**

La suscitación de contaminantes farmacéuticos varía en función a las propiedades físicas y químicas asociados a los procesos productivos, calidad de la materia prima o productos intermedios, y el consumo de la población, además de los posibles tratamientos que se den para cada elemento o compuesto. John Stumper, biólogo de la Universidad británica de Brunel, fue uno de los primeros en estudiar el pez macho con características femeninas a causa de las plantas de tratamiento cercanas a los puntos acuáticos. Lo que sucede, dijo el autor, es que "a nivel molecular, los peces son similares a las personas". Por lo tanto casi todas las drogas para los seres humanos, tienen un efecto en los peces.

Así como sucede en la Empresa Industrial farmacéutica que se dedica a la fabricación de sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso Farmacéutico vertiendo sus efluentes al alcantarillado de aguas residuales domesticas sin antes un tratamiento adecuado, motivo por el cual este presente Trabajo de Investigación, tratamos las aguas residuales industriales usando los agentes químicos como es el peróxido de hidrógeno y el Ozono.

Luego del Primer Análisis de caracterización del Efluente Industrial los cuales fueron tomados durante una semana indican que los parámetros de DQO; DBO<sub>5</sub> y AyG los Valores Máximos Admisibles se excedieron de acuerdo a la norma, los cuales fueron los parámetros que tuvieron más eficiencia en cuanto a la reducción de contaminantes después de culminar el proceso de tratamiento usando el Peróxido de hidrógeno y el ozono.

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En la actualidad la busca de la cura de diversas enfermedades, la fabricación de componentes esenciales para el uso farmacéutico, ya sea píldoras, pastillas, compuestos químicos, ha traído como consecuencia la creación de los contaminantes suscitados en la fabricación de

principios activos que ocasionan un impacto ambiental sobre el medio acuoso.

Los antibióticos constituyen también uno de los componentes farmacéuticos que se ha llegado encontrar en lagos y corrientes de agua a través del orbe. La presencia de estos componentes en el ambiente ha elevado la toxicidad de todos los seres acuáticos y el origen de bacterias que tienen una alta resistencia a los antibióticos (Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 37, No. 1, 2006. Pág. 4).

Por tal motivo la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) estableció normas legales acerca de los máximos valores permisibles de aguas residuales que se podría descargar en el alcantarillado sanitario en enero de 2013 (Diario el Peruano, jueves 10 de enero. 2013).

Una empresa de la industria farmacéutica ubicada en la Provincia de Lima, Perú; ha venido vertiendo sus efluentes industriales por el alcantarillado de aguas residuales domésticas sin un tratamiento previo, excediendo el rango de los parámetros con concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Aceites y Grasas (AyG) específicos en el ANEXO 05, siendo la empresa sujeta a multas por parte de Sedapal. Siendo esta la encargada de hacer cumplir la norma y sancionar por medio de multas económicas aprobadas por la SUNASS a todas las empresas que desechen al drenaje público aguas residuales no domésticas con los parámetros por arriba de los Valores Máximos Admisibles e incluso puede suspender el servicio de descargas al sistema de alcantarillado conforme a la regulación prevista en el reglamento y que deriven al incumplimiento de los Anexos 02 y 03. (Resolución de Consejo Directivo N° 009-2015-SUNASS-CD).



## 1.2. TRABAJOS PREVIOS

### 1.2.1. A nivel Internacional

CONDORCHEM, E; (2011); en el título : “Las aguas residuales de las industrias farmacéuticas” cuya finalidad es informar que se tiene como prioridad el uso adecuado y el proceso por el cual debe pasar las aguas que son resultados de la industria farmacéutica”, el diseño es descriptivo, Cuasi Experimental; donde nos resume que generalmente estos efluentes contienen detergentes, jabones, materia orgánica fáciles de degradar y material orgánico lentamente degradable, compuestos tóxicos e inhibidores generados durante el proceso en menor volumen y en el momento de lavar; para tratar estas aguas residuales dependerá básicamente en cada caso, para esto existen una variedad de tratamientos, detallamos las más competitivas: Proceso biológico de fangos activos, muy eficiente; Evaporadores al vacío por compresión mecánica del vapor, es un método sencillo, eficiente y con bajo coste; Proceso de Digestión anaerobia; Proceso de Oxidación avanzada, cuando hay altos contaminantes tóxicos, este método se basa en el proceso de creación de radicales hidroxilo o en la contribución de energía necesaria para eliminar los contaminantes.p.122-150

MERAYO, N; (2014); con el título de su tesis doctoral: “Desarrollo y evaluación de procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas residuales papeleras”, cuyo objetivo es desarrollar nuevos procesos de reducción de contaminantes de aguas residuales industriales. La metodología es Experimental, con un nivel de investigación correlacional; donde nos detallan que de los dos efluentes papeleros estudiados, el efluente procedente de la fabricación de pasta kraft obtuvo mejores resultados que el efluente de la fábrica de papel reciclado cuando estos fueron tratados mediante oxidación avanzada. El tratamiento usando el ozono eliminó un 57% de la demanda química de oxígeno (DQO) en el caso del efluente procedente de la fábrica de pasta kraft y un 35% en el

caso del efluente de la fábrica de papel reciclado. La eliminación de DQO aplicando el tratamiento de fotocátalisis con  $TiO_2$  fue menor en ambos casos: 28% para el efluente de la fábrica de pasta kraft y 24% para el efluente de la fábrica de papel reciclado. p.15.

RODRIGUEZ, T; (2008); en el título: “Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta”, cuyo objetivo es usar los Procesos de Oxidación Avanzada (POA) para efluentes industriales de naturaleza recalcitrante. Su metodología es cuasi experimental. Para obtener buenos resultados en el tratamiento, el ozono se debe producir en forma continua. La aplicación de ozono favorece la remoción del color con eficiencias de remoción entre 95% y 97% tratando efluentes de la industria de pulpa y papel cuando se trata del color, el 40% - 50% de remoción del DQO (p.28).

SZÉP, A; (2012); Tratamiento de las aguas residuales de industria farmacéutica”; El controlar de manera eficiente y minimizar los contaminantes que son vertidos en el agua; Experimental; Existen diversos métodos de tratamiento: la nanofiltración y la ozonificación, antes de aplicar la nanofiltración los tratamiento se hacían con ozono antiguamente, luego se aplicó la nanofiltración junto con la ozonificación y la eliminación de los contaminantes tuvo mayor eficiencia de un 80% anteponiendo la ozonificación como primer proceso.p.2

La investigación realizada en América Latina por International Development Research Centre (IDRC), CEPIS Y OPS entre los años 2000 y 2002, dio como resultado que alrededor del 80% de las aguas residuales son dispuestas sin tratamiento en el ambiente o usadas para fines agrícolas, lo que constituye un problema sanitario de envergadura en muchas localidades. Una oportunidad porque estas aguas representan un recurso valioso desde el punto de vista

económico y ecológico (Citado por MENDEZ, Fortunato, 2010. P. 41).

SALAS, G; (2010); en su tesis titulada: "Tratamiento por oxidación avanzada (reacción fenton) de aguas residuales en la industria textil"; La metodología es experimental, en este trabajo se muestra que mediante un agente oxidante y un catalizador, son capaces de oxidar muchos más compuestos orgánicos de forma no selectiva y con altas velocidades de reacción, se pretende conseguir una completa mineralización de manera que los componentes pueden ser fácilmente biodegradables para su posterior eliminación, bajo estos procedimientos al cabo de 40 minutos el 97% de la demanda química de oxígeno . Pag.30-38.

### **1.2.2. A nivel nacional**

QUICAÑO, A; (2014); en su tesis titulado: "Reducción de compuestos fenólicos en aguas residuales de baños portátiles con proceso de oxidación química avanzada ozono-peróxido de hidrogeno", cuyo objetivo es usar el proceso de oxidación química avanzada ozono-peróxido de hidrogeno para dar un tratamiento y reducir los compuestos fenólicos. La metodología es experimental, en este trabajo se muestra que el contaminante principal de las aguas residuales de estos baños en mención. Inyectando ozono desde un equipo ozonizador de 0.223 gr/min, con un caudal de aire ozonizado de 15 litros/minuto de manera constante y peróxido de hidrogeno con diferentes concentraciones, de 0.25, 0.50, 1.00 y 2.00 molar. Se dio en 3 horas de reacción, tiempo corto en comparación con la reacción con 0.25 molar, donde la reducción del compuesto fenólico a valor de 0.01 mg/l se dio en 28 horas. Para un tiempo de reacción de 3 horas, tenemos que la reducción del fenol en la muestra con 0.223mg/l O<sub>3</sub>/2M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, la eficiencia de remoción es casi cerca del 100%, mientras que en la muestra con 0.223mg/l O<sub>3</sub>/0.25M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, la eficiencia de remoción de fenol disminuye a un 30%. Pag.19-34.

Según LOZANO, H; (1998); Con el título: “Centros encargados del transporte, tratamiento y confinamiento de residuos nocivos”; cuyo objetivo es Controlar el manejo adecuado de los residuos nocivos para el ambiente; con un diseño Cuasi Experimental; detallándonos que este medio tiene un papel importante para su control dentro de las áreas relacionadas. Se elabora una serie de procedimientos internos para cada industria para el manejo y confinamiento de sus residuos tóxicos. P.18

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADOS AL TEMA**

#### **1.3.1. MARCO TEÓRICO**

En la revista Water and Wastewater International, se publicó el artículo Advance Oxidation Process, reduce 1,4-dioxane donde se utilizó el Ozono/peróxido en el proceso de oxidación avanzada para reducir los contaminantes de los valores de 1,4-dioxano en aguas subterráneas. Esta Actividad fue desarrollado por Applied Process Technology, Inc. of Pleasant Hill, California, USA. Estos trabajos indicaron que los procesos de oxidación avanzada son muy efectivos donde el proceso de tratamiento biológico falla. (Citado por QUICAÑO, 2014, p. 23).

En diciembre del 2006, URSZULA KEPKA, EWA STANCZYK-MAZANEK y LONGINA STEPNIAK, utilizaron los procesos de oxidación avanzada con el sistema ozono/peróxido de hidrogeno para la remoción del cianuro del agua, donde indicaron que en el proceso fue muy efectivo. (Technical University of Czestochowa, Institute of Environmental Engineering, Brzeznicka 60a, 42-200 Czestochowa, Poland) (Citado por QUICAÑO, 2014, p. 23).

En diversos lugares del mundo existen investigaciones utilizando los procesos de oxidación avanzada para oxidar el MTBE, metil terbutil éter, C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O, es un líquido inflamable de olor desagradable que se

usa como aditivo en las gasolinas (Advanced Oxidation Processes, Sunil Kommineni, Ph.D., Jeffrey Zoeckler, page 303-390, 1997) (Citado por QUICAÑO, 2014, p. 26).

La siguiente tabla muestra el poder oxidante que tiene el radical hidroxilo en comparación con otros oxidantes.

Tabla 1: Potencial de Oxidación de Compuestos Químicos

<b>Agente Oxidante</b>	<b>EOP (mV)</b>	<b>EOP vs. Cl<sub>2</sub></b>
Radical hidroxilo	2.80	2.05
Oxígeno atómico	2.42	1.78
Ozono	2.08	1.52
Peróxido de Hidrogeno	1.78	1.30
Hipoclorito	1.49	1.10
Cloro	1.36	1.00
Dióxido de Cloro	1.27	0.93
Oxígeno (molecular)	1.23	0.90

FUENTE: Citado por QUICAÑO (2014), p. 26.

De acuerdo con Lenntech, (2003) Los procesos de oxidación avanzada usan oxidantes químicos para reducir los niveles DQO/DBO<sub>5</sub>, además de liberar los compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables. Cabe resaltar que este proceso puede oxidar totalmente los materiales orgánicos como carbón, dióxido de carbono y agua; a pesar que no es muy necesario llegar a este nivel de tratamiento.

Además Urkiaga Guinea, A., Gómez Resa, L. y Gutiérrez Ruiz, M. indican que el tratamiento mediante Procesos de Oxidación Avanzada (POA) de aguas contaminadas con sustancias orgánicos tóxico y/o recalcitrantes, podría convertirse en un método muy efectivo y con altos resultados a corto plazo. Cabe indicar que en este tipo de procesos implican la formación de radicales hidroxilo (OH<sup>•</sup>), que son altamente reactivos y con un elevado potencial de

oxidación, actuando de esta manera como originadores del proceso de oxidación. Las principales ventajas que presentan son las siguientes: Capacidad potencial para llevar a cabo una profunda remoción de los contaminantes orgánicos y oxidación de compuestos inorgánicos incluso hasta de dióxido de carbono e iones (cloruros, nitratos); Reacciona con casi la mayoría de elementos orgánicos, es interesante aclarar que el tratamiento biológico secundario y los tratamientos químicos convencionales no alcanzan a degradar algunos contaminantes (pág. 21).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) La calidad del agua potable es una problemática que preocupa en países de todo el mundo, ya sean países en vías de desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los contaminantes químicos tóxicos y la contaminación radiológica son factores de riesgo para toda la humanidad.

Para reafirmar la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el Plan Nacional de Recurso Hídricos; nos indica que es abundante en el Perú el agua superficial, en algunas regiones la calidad de este elemento es crítica, sobre todo en lugares donde hay demasiada contaminación en cuerpos de agua. Esta problemática de la calidad del agua es uno de los más graves que sufre el país, pues constituye un impedimento para lograr un uso eficiente del recurso, lo que compromete el abastecimiento tanto en la calidad como en cantidad, sobre todo en las generaciones futuras y por ende la salud de las personas, las actividades pecuarias, agrícolas y la conservación del medio acuífero, de modo que es de vital importancia remediar y minimizar esta contaminación.

Es por eso que el uso del agua potable es una necesidad básica y por lo tanto un derecho humano fundamental de gozar de este recurso natural fuera o libre de contaminantes, por lo tanto es muy

necesario actualizar el reglamento de los requisitos físicos, químicos y biológicos para ser consideradas potables; es por eso que en el año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental asume esta tarea de elaborar el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano”. Tarea que el 26 de setiembre del 2010, a través del D.S. N° 031-2010-SA, se culminó (DIGESA, pág. 9)

Hoy en día resulta bastante claro que el agua es un recurso naturalpreciado que cada vez escasea más, cuya conservación depende de todo el mundo, además de ser una importante preocupación social. Como efecto, las normativas legales aplican criterios cada vez más estrictos para conseguir una mayor y mejor refinación de las aguas, como se indica en la reciente aprobación de una Directiva Marco sobre el agua a nivel Europeo (WFD, 2000/60/ec). Esto conlleva a su vez aparejada la necesidad de su uso sostenible y sustentable ya sea reciclando el agua después de eliminar los contaminantes del efluente o intercambiando residuos. Se trata de desarrollar una base de datos de los residuos producidos por diferentes industrias entre sí, de modo que el residuo de una producción pueda servir como materia prima en el proceso de otra producción. (Comisión Europea, 1998<sup>a</sup>).

Para instruirse sobre los posibles tratamientos que se debieran aplicar a un determinado efluente, lo primero que se debe efectuar es la caracterización del mismo, así como en los contaminantes que pueda contener, como en los componentes mayoritarios que, aunque no sean tóxicos, así como la materia orgánica pueden tener mucha influencia a la hora de decidir el tratamiento adecuado o convertirlo en contaminantes recalcitrantes. También será necesario conocer el caudal del cuerpo de agua, así como las posibles fluctuaciones tanto en caudal así como en composición, que puedan producirse. (Eckenfelder, 1989).

Según CLAUDIA CORONEL OLIVAR (2006) en su Tesis Doctoral Territorio y Medio Ambiente titulado “Justificación del empleo de

nuevos indicadores biológicos en relación con la calidad de aguas”, expresa que el uso de este recurso en diversas actividades humanas lo convierte después del proceso en un transporte de contaminantes, denominándose aguas residuales urbanas (ARU). A nivel Mundial se crea una reglamentación de cumplimiento imprescindible para garantizar que las Aguas residuales urbanas sean tratadas eficientemente y de esta manera poder disminuir el impacto sobre los conductos en recepción. Siendo, el principal objetivo de las empresas dedicadas a depurar las aguas de distintos efluentes industriales; mantener una armonía en la calidad del agua de salida, antes de verter su efluente a los alcantarillados públicos. Siendo de este modo el agua, reutilizada después de dicho tratamiento o depuración.

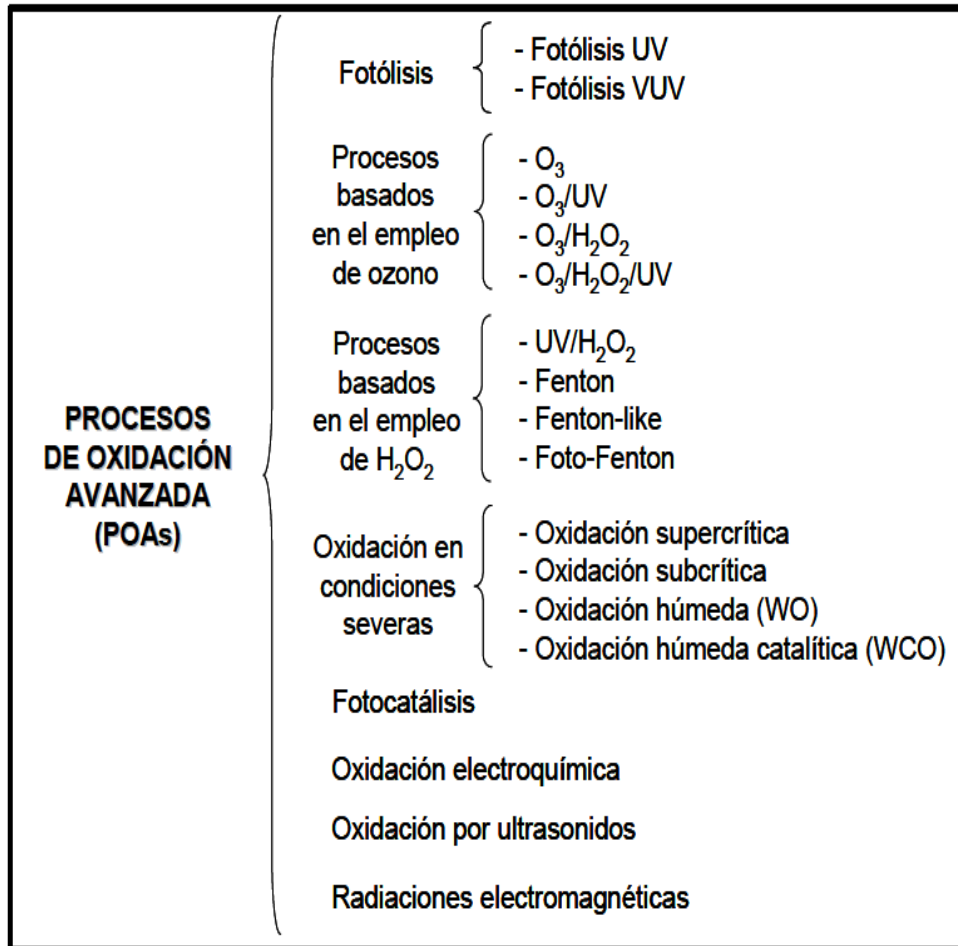
La reutilización del agua residual en los últimos años se torna cada vez más importante sobre todo si se habla de la calidad del agua como lo expresa el Ing. AURELIO HERNÁNDEZ MUÑOZ (1973); en su trabajo titulado “Aspectos Técnico económicos de los vertidos de aguas residuales y su depuración”: “En España, como en casi todos los países de Europa, la problemática de la calidad del agua queda estrechamente ligado al problema cuantitativo. Las grandes sumas de elementos contaminantes desechados en las aguas residuales domésticas e industriales, crean posteriormente problemas desmesurados en los lechos Superficiales receptores y también en los cuerpos de agua subterráneos, problemas sanitarios, sociales y económicos también, provocando directamente sobre la inutilización de muchos de los recursos hídricos” además “que el empleo de un cuerpo de agua con un cierto grado de contaminación requiere un control estricto y un tratamiento óptimo, de acuerdo al estado en se encuentran estas aguas, adhiriendo un costo importante que puede traer consecuencias sobre la economía del consumidor” (Tesis Doctoral en la Universidad Politécnica de Madrid, 1973 ).

Ahora bien, PRIMO MARTINEZ (2008), en su tesis doctoral denominado, “Mejoras en el tratamiento de Lixiviados de Vertedero de RSU mediante procesos de Oxidación Avanzada”, nos detallan



una relación de los métodos o Procesos de Oxidación Avanzadas (POAs) que existen para el tratamiento de las aguas residuales y que en nuestro medio existen algunos son un tanto desconocidos, como:

Figura 1: Procesos de Oxidación Avanzada (POAs)



FUENTE: PRIMO MARTINEZ, OSCAR (2008)

### 1.3.2. MARCO CONCEPTUAL:

#### Procesos De Oxidación Avanzada (POAs)

Un conjunto de métodos de tratamiento de estos efluentes conveniente para excluir contaminantes orgánicos de las aguas, en específico los no biodegradables, son los Procesos de Oxidación Avanzada (POAs). Estos procesos, tienen como principio la generación en el medio de especies químicas con un alto poder de oxidación como los radicales hidroxilo (OH·), oxidante químico de carácter no selectivo y con un alto potencial de oxidación capaz de

reaccionar velozmente con muchos compuestos orgánicos. J. NAUMCZYK (2005)

Tabla 2: Proceso de Oxidación Avanzada

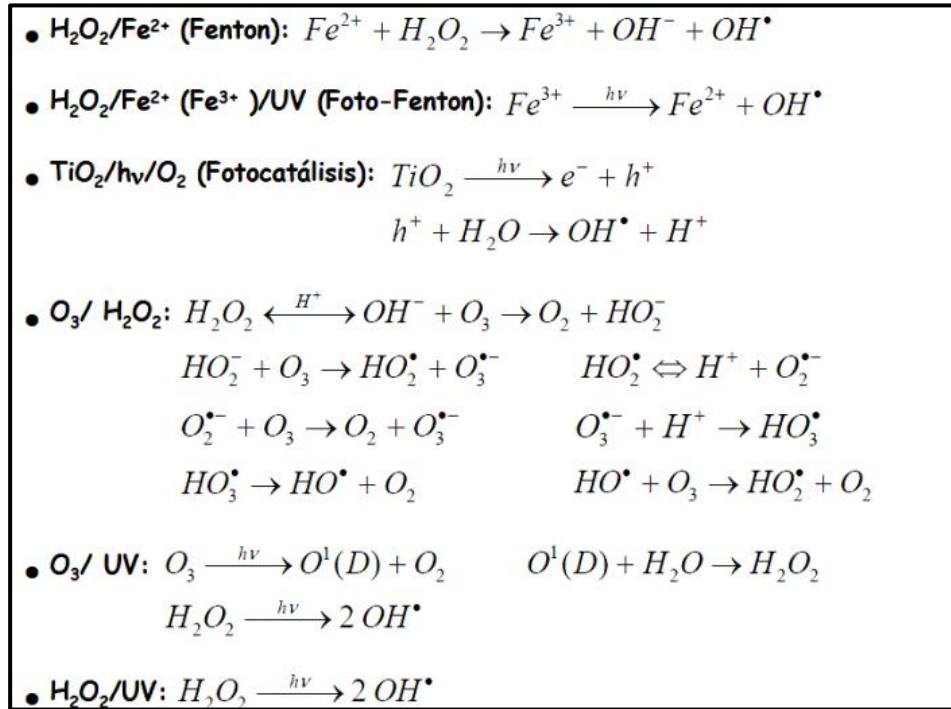
AOP PROCESS	MAJOR REACTIONS AND BY-PRODUCTS
$H_2O_2/O_3$	$H_2O_2 + H_2O \rightarrow HO_2^- + H_3O^+$ $O_3 + HO_2^- \rightarrow \bullet OH + O_2^- + O_2$ $\bullet OH + MTBE \rightarrow$ Oxidation By-products (TBA, TBF, acetone, aldehydes)
$O_3/UV$	$O_3 + H_2O \xrightarrow{h\nu} O_2 + H_2O_2$ ( $\lambda < 300$ nm) $2 O_3 + H_2O_2 \rightarrow 2 \bullet OH + 3 O_2$ $\bullet OH + MTBE \rightarrow$ Oxidation By-products (TBA, TBF, acetone, aldehydes)
$H_2O_2/UV$	$H_2O_2 \xrightarrow{h\nu} 2 \bullet OH$ ( $\lambda < 300$ nm) $\bullet OH + MTBE \rightarrow$ Oxidation By-products (TBA, TBF, acetone, aldehydes)
<i>E-beam</i>	$H_2O + \gamma \rightarrow 2.7 \bullet OH + 0.6 \bullet H + 2.6 e_{aq}^- + 0.45 H_2 + 0.7 H_2O_2 + 2.6 H_3O^+$ $\bullet OH + MTBE \rightarrow$ Oxidation By-products (TBA, TBF, acetone, aldehydes) $MTBE + e_{aq}^- \rightarrow (CH_3)_3C\bullet + ^-OCH_3$ $^-OCH_3 + H_2O \rightarrow HOCH_3 + OH^-$ $MTBE + H\bullet \rightarrow$ Reduction By-products

FUENTE: QUICAÑO TAFUR, Alejandro. Perú (2014)

### Reacciones de Oxidación Química Avanzada

El POA, se usa con mucho éxito para descomponer diversos compuestos químicos peligrosos o recalcitrantes a límites permisibles, que a su vez no generen otros subproductos nocivos que necesitan una mayor tratamiento

Figura 2: Reacción de Oxidación Avanzada



FUENTE: Extraído del Advanced Oxidation Processes, Literature Review, Sunil Kommineni, Ph.D. (Citado de QUICAHÑO TAFUR, Alejandro. Perú (2014).

### Calidad Del Agua

Según CHAPMAN A. (1996), La calidad de agua es la unión de características microbiológicas, fisicoquímicas, respetando la norma decretada por el SUNASS de los valores máximos admisibles, basándose principalmente en su determinación de sustancias físicas, químicas y biológicas. Su importancia se da por el proceso de valoración del medio ambiente físico químico y biológico de este elemento natural (agua), en relación a calidad natural a las actividades humanas y a su uso racional, de manera que no afecten a la salud humana y la variación de la vida acuática en general. (pag.43)

### Aguas Residuales

ESPIGARES GARCÍA y PEREZ LOPEZ (1985) Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.

Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes:

- Aguas residuales domésticas o aguas negras: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
- Aguas residuales industriales: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal.
- Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
- Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

La Quinta Disposición Complementaria de la Resolución N° 0291-2009-ANA de fecha 01 de Junio del 2009, distingue las definiciones de aguas residuales domésticas y residuales municipales: Según el artículo 35 Señala que: el agua residual de efluente doméstico, es el agua de todos los desechos vertidos que han sido utilizados durante las diversas actividades humanas.

El agua residual municipal, viene a ser el agua residual doméstico que puede incluir la combinación con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que estas cumplan con los

normas para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. Habría que señalar que en realidad todo residuo es producido por la actividad humana, ya sea de manera directa o indirecta, y de otro lado, ninguna municipalidad tiene normas que exijan requisitos de los efluentes descargados en las alcantarillas, por lo que se debe detallar a que requisitos se refiere para que de esta manera exigir que exista la normatividad correspondiente. Los componentes y variables físicas, químicas y biológicas que tienen las aguas residuales, según lo definido por METCALF & EDDY INC (2010), se indican a continuación:

Tabla 3: Componentes y Variables Físicas, Químicas y Biológicas que tienen las aguas residuales

Característica	Variables	Procedencia
Propiedades Físicas	Color	Aguas residuales (AR) domesticas e industriales. Desintegración natural de materiales orgánicos.
	Olor	AR en descomposición, vertimientos industriales.
	Solidos	Aguas de suministro AR domesticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
	Temperatura	Ar domesticas e industriales
Orgánicos	Carbohidratos	AR comerciales e industriales
	Grasa animal y aceite	AR domesticas comerciales e industriales
	Pesticidas	Residuos agrícolas
	Fenoles	Vertidos industriales
	Proteínas	AR domésticas y comerciales
	Agentes termo-activos	AR domesticas e industriales
	Otros	Desintegración natural de materiales orgánicos
Inorgánicos	Alcalinidad	AR domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterráneas.
	Cloruros	Agua de suministro, AR domésticas, infiltración de aguas subterráneas.
	Metales pesados	Vertimientos industriales, AR domésticas y residuos agrícolas
	Nitrógeno	AR domésticas y residuos agrícolas
	PH	Vertimientos industriales.
	Fosforo	AR domésticas, industriales, escorrentía residual.
	Azufre	Aguas de suministro, aguas residuales, domesticas e industriales.
	Compuestos tóxicos	Vertidos industriales

FUENTE: METCALF & EDDY INC (2010)

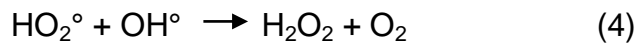
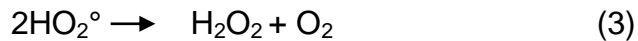
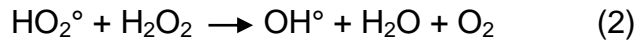
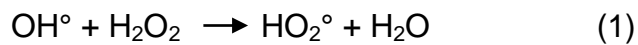
## PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

La Dirección General de Salud Pública define al peróxido de hidrógeno (conocido también como agua oxigenada) es un líquido incoloro a temperatura ambiente posee un sabor amargo. En forma natural en el aire se encuentran pero en pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno gaseoso. Es inestable y se descompone velozmente a oxígeno y agua con liberación de calor. No es inflamable, es un agente oxidante de gran poder que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica

No es de extrañar que un oxidante potente que se parece al agua, en su apariencia, fórmula química y productos de reacción, se utilice con tanta frecuencia. Este es el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), un oxidante poderoso pero versátil que es tanto seguro como efectivo (USP TECHNOLOGIES. 2017).

El  $H_2O_2$  es un oxidante cambiante, es muy superior al cloro, dióxido de cloro y permanganato de potasio. Tiene la capacidad de generar radicales hidroxilo vía catálisis, bien sea en presencia o ausencia de radiación. Los radicales hidroxilos son especies con mayor energía para degradar compuestos recalcitrantes. La característica del peróxido de hidrógeno favorece su uso en diferentes aplicaciones. Ajustando factores como el pH, temperatura, dosis, tiempo de reacción, adición de catalizadores, el  $H_2O_2$  puede oxidar diversos compuestos orgánicos complejos en menores compuestos, que son menos tóxicos y más biodegradables, esta aplicación en un resultado atractivo para tratamiento de efluentes industriales. Es imprescindible mencionar que un exceso en la aplicación del peróxido de hidrogeno y altas concentraciones de radicales  $OH\bullet$  origina reacciones competitivas que producen efectos inhibitorios en la degradación de los compuestos. MATTOS, K. ANTONELLI, A. BRAZ, J. FERNANDEZ. Citado por: RODRIGUEZ T., BOTELHO D., CLETO E. 2008

Las siguientes ecuaciones presentan la posibilidad de recombinación de los radicales.



Se verifica que en las ecuaciones 1 y 4 hay consumo del radical hidroxilo, lo que conlleva a una disminución del poder de oxidación del proceso. El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> toma los radicales reactivos hidroxilo formando un radical menos reactivo, el HO<sub>2</sub>•. Se debe mencionar que la importancia de poder determinar la dosis ideal aplicadas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para que no se produzcan efectos contraproducentes en la eficiencia de degradación de estos contaminantes. LORENZI (2010).

## OZONO

El Programa de las naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (1992) es un elemento similar al oxígeno cuya molécula posee tres átomos, en vez de dos del oxígeno común. El átomo de más convierte a este gas en venenoso, mortal si se aspira esta sustancia. Se genera en la estratósfera por la acción de radiación solar sobre las moléculas de oxígeno a este proceso se le denomina fotólisis

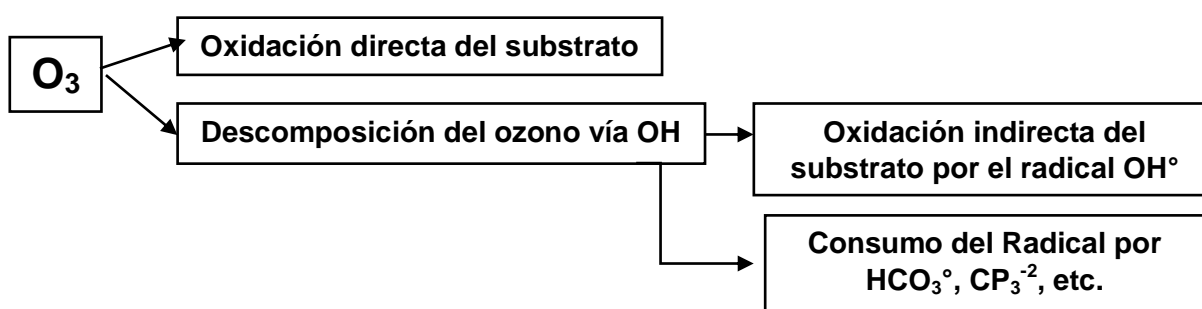
Es un gas incoloro, de un fuerte olor, tiene elevado poder de oxidación (E<sub>o</sub>=2,08V), es la forma de tres átomos del oxígeno y en fase acuosa se descompone velozmente a oxígeno y especies radicales. TEIXEIRA (2004).

Uno de los primeros trabajos, su aplicación fue como antiséptico, hecho por De Mertens en 1886; pero su aplicación principal no se dio sino hasta 1973, durante el primer Simposio Internacional en Ozono

se realizó en Washington, se usó la terminología “Tecnologías de Oxidación Avanzadas”. En este trabajo se utilizó la mezcla de ozono y radiación ultravioleta para oxidar complejos de cianeto TEIXEIRA (2002).

También el ozono ha sido estudiado en tratamiento de agua para suministro; sin embargo, dado su reconocida capacidad de oxidar compuestos que son muy difíciles de tratar. AZBAR (2008) Citado por: RODRIGUEZ T., BOTELHO D., CLETO. (2008) degradaron algunos compuestos que se encontraban presentes en efluentes de la industria textil. También se ha usado para eliminación de unos pesticidas y compuestos fenólicos presentes en trazas. ESPUGLAS (2003). Los mecanismos que influyen durante la oxidación con ozono dependen de los casos del pH de la solución, así, para condiciones ácidas la oxidación directamente se presenta con ozono molecular, mientras que, para condiciones básicas o combinación con UV y/o peróxido de hidrógeno prepondera la oxidación debida al radical hidroxilo  $\text{OH}\cdot$  (mecanismo fundamental cuando el propósito de la utilización del ozono es la oxidación o la conversión de compuestos recalcitrantes).

Figura 3: Mecanismos de Descomposición del Ozono



FUENTE: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1999)

## PROCESO DE OZONACIÓN

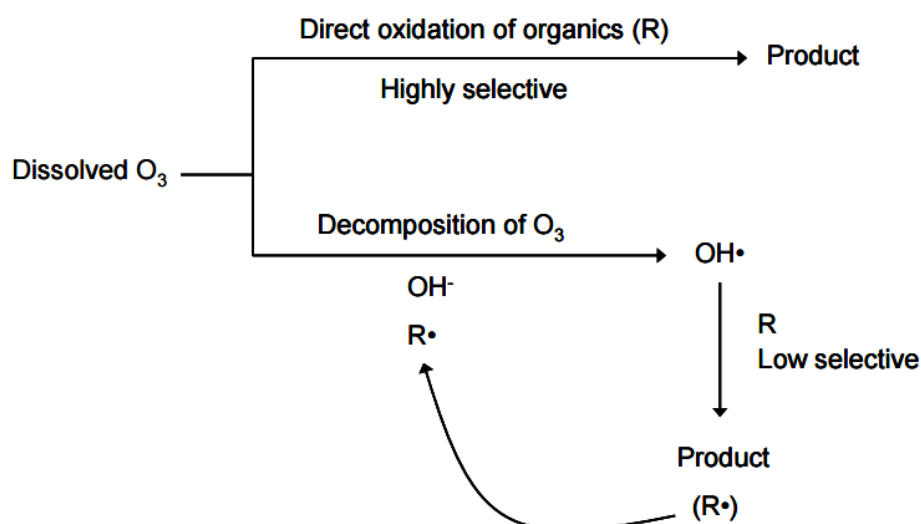
El ozono puede oxidar otros compuestos mediante reacción directa con compuestos, en los que se implantan gradualmente átomos de oxígeno, formando moléculas cada vez más pequeñas con mayor



porcentaje de oxígeno. Este proceso de reacción, la ozonólisis, es predominante a pH bajo y consiste en ataque electrofílico por ozono molecular. Es una reacción selectiva que conduce a la formación de ácidos carboxílicos (Alvares et al., 2000) (citado por MERAYO, España, 2014 p. 29).

A pH alto, el ozono se descompone para formar radicales libres, tales como  $\text{OH}^\bullet$ , que logran degradar los compuestos orgánicos por no selectivas reacciones en cadena. Sin embargo, los valores de pH superiores a 11 pueden favorecer la disociación de  $\text{OH}^\bullet$  en  $\text{O}^-$  (HOIGNÉ y BADER, 1976. Citado por MERAYO, Noemí. 2014). Las reacciones primarias del ozono con compuestos orgánicos en agua se muestran en la Figura 4 basados en la reacción directa del ozono y reacción indirecta a través de  $\text{OH}^\bullet$  formada por descomposición de ozono. La vida media de ozono es corto y, como resultado, la generación continua de ozono durante el proceso es necesario. Este es un inconveniente de este tratamiento debido a los altos costos asociado a la generación de ozono (CATALKAYA Y KARGI, 2007, Kreetachat et al., 2007).

Figura 4: Reacción de Ozono con Sustancias Orgánicas en Agua



FUENTE: Alvares et al., 2000; HOIGNE and BADER (1976)

## **PARÁMETROS FISICO-QUÍMICOS**

Según ZHEN B. (2009), señala que los parámetros fisicoquímicos del agua ayudan a poder determinar y a evidenciar la alteración del estado de la calidad de agua en la presencia de contaminantes orgánicos, industriales, entre otros.

## **SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Es la cantidad de sólidos posteriormente de haber pasado la fase acuosa. Siendo en el agua su principal origen la materia orgánica. ZHEN B. (2009, p.10)

## **POTENCIAL DE HIDRÓGENO**

Es la cantidad de ion de hidrógeno en un medio acuoso. Las aguas que poseen pH superior a siete son alcalinas y si es inferior es ácida. ZHEN B. (2009, p.10)

### **1.3.2. MARCO LEGAL**

Ley De Recursos Hídricos N°29338

Según la Ley de Recursos hídricos, en el artículo N° 79:

“La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.”

En su Artículo N° 132: La Autoridad Nacional del Agua ANA podrá facultar el descarga de aguas residuales solamente cuando:

- Las aguas residuales deben ser tratadas previamente, de manera que se cumpla los Límites Máximos Permisibles – LMP
- No se infrinjan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ECA - Agua en el cuerpo receptor, según se hace mención en las disposiciones dictadas por el Ministerio del Ambiente para su implementación.
- Que estas aguas se purifiquen de manera natural durante el vertimiento.
- No se cause daño al resto de personas en calidad o cantidad del agua.
- No se atente la preservación del ambiente acuático.
- Se debe poseer instrumentos de medición ambientales el cual garantiza que el agua vertida no sea toxica, aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente.
- Su vertido subacuático, con tratamiento previo, no ocasione daño al ecosistema y diversas actividades acuáticas.

Ningún vertimiento de aguas residuales deberá ser realizado en las aguas marítimas o continentales del Perú, sin la autorización del ANA.

#### Ley General del Ambiente, Ley 28611

Publicada el 13 de octubre del año 2005, deja sin efecto el Código del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales D.S No 613 (1990).

En esta norma se menciona los derechos que posee toda persona a gozar de un ambiente saludable y poder participar de manera responsable en los métodos sobre la toma de decisiones, así mismo en la aplicación de las políticas y medidas preventivas al ambiente y sus dispositivos, que se acojan en cada uno de los niveles de gobierno.

Art. 31. Del Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

31.2. El ECA es el diseño de normas técnicas de manera obligatoria, así mismo como en su aplicación de los instrumentos de gestión ambiental.

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Para poder Tratar las aguas residuales industriales y recuperar su estado normal usando el método de oxidación avanzada y así los valores máximos admisibles estén dentro de los parámetros, es por ello que nuestra pregunta es:

##### **1.4.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida la oxidación avanzada mejora la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa farmacéutica – Lima 2017?

##### **1.4.2. FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECIFICOS**

- ¿Cuál es el tiempo óptimo aplicando una dosis de 10 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 50% para un litro de muestra en el tratamiento de aguas Residuales industriales de una Empresa farmacéutica - Lima 2017?
- ¿Cuál es el tiempo más eficiente aplicando una dosis de 200 mg de O<sub>3</sub> para un litro de muestra en el tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa farmacéutica - Lima 2017?

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Toda agua residual debería ser tratada, ya sea para proteger nuestra salud así como también nuestro medio acuifero y más aún si se desea reutilizar Antes de procesar las aguas residuales con cualquier método de tratamiento se debe conocer la composición del efluente, es decir una caracterización del agua a tratar.

Una de las tantas consecuencias ambientales es el vertimiento de aguas residuales industriales farmacéuticas de dicha Empresa hacia el alcantarillado de aguas residuales domésticas sin antes ser tratadas, razón por la cual en este trabajo de Investigación se realiza el tratamiento de aguas residuales por métodos avanzados. En este caso el tratamiento convencional de aguas residuales no es un método efectivo para tratar los efluentes de las industrias farmacéuticas debido a que sus componentes son tóxicos que no se biodegradan fácilmente, sin embargo uno de los tratamientos más efectivos es la oxidación de estos compuestos mediante la ozonificación y el peróxido de hidrógeno.

A través de la experimentación de las muestras se pretende medir el grado de eficiencia de la remoción de contaminantes de los efluentes industriales farmacéuticos de una empresa farmacéutica por el método de oxidación avanzada, con el uso de componentes Químicos como por ejemplo el peróxido de Hidrógeno y el Ozono que tiene como finalidad alcanzar los niveles permisibles permitidos.

## **1.6. HIPÓTESIS**

### **1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL**

La oxidación avanzada mejora significativamente la eficiencia en el proceso de tratamiento de aguas residuales industriales de la Empresa farmacéutica, Lima 2017

### **1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El tiempo más óptimo aplicando 10ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 50% para un litro de muestra se encuentra en un rango de 10 a 15 minutos y en el tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa Farmacéutica, Lima 2017
- El tiempo más eficiente aplicando 200 mg de O<sub>3</sub> para un litro de muestra se encuentra en un rango de 15 a 30 minutos en el tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa farmacéutica, Lima 2017

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia de la oxidación avanzada en el tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa farmacéutica, Lima 2017.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar el tiempo óptimo aplicando una dosis de 10 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 50% para un litro de muestra en el tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa farmacéutica, Lima 2017

Determinar el tiempo más eficiente aplicando una dosis de 200 mg de O<sub>3</sub> para un litro de muestra en el tratamiento de aguas residuales industriales de de una empresa farmacéutica, Lima 2017

## II. MÉTODO

### 2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

**Experimental Descriptivo** el cual va a permitir indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables o ubicar un fenómeno o situación. Consiste en medir o ubicar a un grupo de personas, objetos, fenómenos, en una variable o concepto y proporcionar su descripción. (HERNÁNDEZ, 2010, p. 147)

Así mismo esta Investigación es de **corte Transversal**- (HERNANDEZ, 2010, p.151). “El diseño transversal es apropiado cuando se centra en analizar cuál es el nivel de una o diversas variables en un momento dado”.

### 2.1. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

#### 2.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

Oxidación Avanzada.

#### 2.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

Tratamiento de Aguas Residuales industriales

CUADRO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
OXIDACIÓN AVANZADA (V.I)	Según LENNTECH (2003). Los procesos químicos de oxidación avanzada usan oxidantes para reducir los niveles DQO/DBO <sub>5</sub> , y para separar ambos los componentes orgánicos y los componentes inorgánicos oxidables.	Para tratar el efluente de aguas residuales se tomará 5L de agua, se agregará H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> en cada litro para evaluar los indicadores de tiempo, volumen y dosis; para verificar los niveles de reducción de contaminantes durante el proceso de oxidación avanzada	Tiempo óptimo de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5	min
				10	min
				15	min
				20	min
				25	min
			Tiempo óptimo de O <sub>3</sub>	5	min
				10	min
				15	min
				20	min
				25	min
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (V.D.)	Según (STRUCPLAN, 2016) Los efluentes líquidos son residuos líquidos o residuos líquidos combinados con sólidos. Resultan de la mezcla de los líquidos o desechos arrastrados por este elemento, originados de las viviendas, instituciones y empresas comerciales e industriales, además debe agregarse las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación.	Para la caracterización de los parámetros químicos del efluente se utilizó 3L de muestras de agua para medir los indicadores de DBO <sub>5</sub> , DQO y Aceites y Grasas; mientras que para la caracterización de parámetros físicos se utilizó 1 litro de agua para medir el indicador de SST; ya que el pH y la temperatura fueron tomados mientras se hacía la toma de muestras en el mismo flujo. Luego las muestras tomadas para hacer el tratamiento serán utilizadas para medir los parámetros físicos y químicos después del tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa farmacéutica.	PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	pH	0 -14
				DBO <sub>5</sub>	mg/L
				DQO	mg/L
				AyG	mg/L
				SST	mg/L
				TEMPERATURA	°C

FUENTE: ELABORACION PROPIA



## **2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **2.2.1. POBLACIÓN**

La población de este estudio es el conjunto de las aguas residuales industriales de una empresa farmacéutica en Lima

- UNIDAD DE ANALISIS: de Muestra de Agua

Imagen 1: Vista Satelital, Lima -Perú



Fuente. Google Earth

### **2.2.2. MUESTRA**

La muestra para este estudio es 20 litros de efluente de aguas residuales industriales farmacéuticas, en la Provincia de Lima, Perú donde se utilizará 15 litros que se destinó para los análisis de los parámetros físicos; y 5 litros para los parámetros químicos.

### 2.2.3. TIPO DE MUESTREO: Muestreo Puntual

CUADRO 2: Muestreo Puntual

ESTACIÓN DE MONITOREO	ESTACIÓN DE MONITOREO	NORTE	ESTE	EFLUENTE
<b>EF-03</b>	Efluente final de producción de sólidos, líquidos y oftálmicos	8666318	276828	<b>AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Imagen 2: Vista Satelital, Lima -Perú



Fuente: Google Earth

## 2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

### 2.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

#### **Técnica: Observación Experimental**

La técnica utilizada para éste trabajo de Investigación es de Observación. Según SABINO (1992), la observación es un método antiquísimo, en los cuales sus primeros aportes sería improbable rastrear. El hombre a través de sus sentidos, absorbe la realidad de su entorno, que posteriormente organiza de manera intelectual y agrega: La observación también se define, como el uso sistemático de todos nuestros sentidos en la investigación de los

datos que requerimos para solucionar un determinado problema de investigación

### **Instrumento: Ficha de observación**

El Instrumento de este trabajo de Investigación es una Ficha de Observación, donde se recopilaban datos necesarios para desarrollar este trabajo. (VER ANEXO N° 01)

#### **2.3.2. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO:**

Para cumplir con los requisitos de validación del instrumento del presente proyecto de investigación, se trabajará con 6 expertos de investigación, a quienes se les pedirán que evalúen por separado los ítems de la presente investigación.

CUADRO 3: VALORACIÓN DE EXPERTOS

EXPERTOS	PROMEDIO DE VALORACIÓN
<b>DELGADO ARENAS, Antonio Leonardo</b>	95%
<b>GAMARRA CHAVARRY, Luis Felipe</b>	85%
<b>SANCHEZ ALVARADO , Marco Antonio</b>	85%
<b>VALDIVIA ORIHUELA, Braulio</b>	80%
<b>VASQUEZ ARANDA, Ahuber Omar</b>	80%
<b>ZEVALLOS LEÓN, Máximo</b>	80%

FUENTE: Elaboración Propia

Rojas Soriano (2006:) menciona que para conseguir la información necesaria sobre un tema específico, el investigador debe recurrir a los instrumentos como son fichas de trabajo, en las que resume toda la información contenida en las fuentes documentales, y de las cuales se puede obtener un trabajo preliminar de campo o de reconocimiento de la zona cuerpo de estudio, mediante la aplicación de guías de observación y de entrevistas de personas que poseen un conocimiento del tema, esta recopilación servirá de base para la

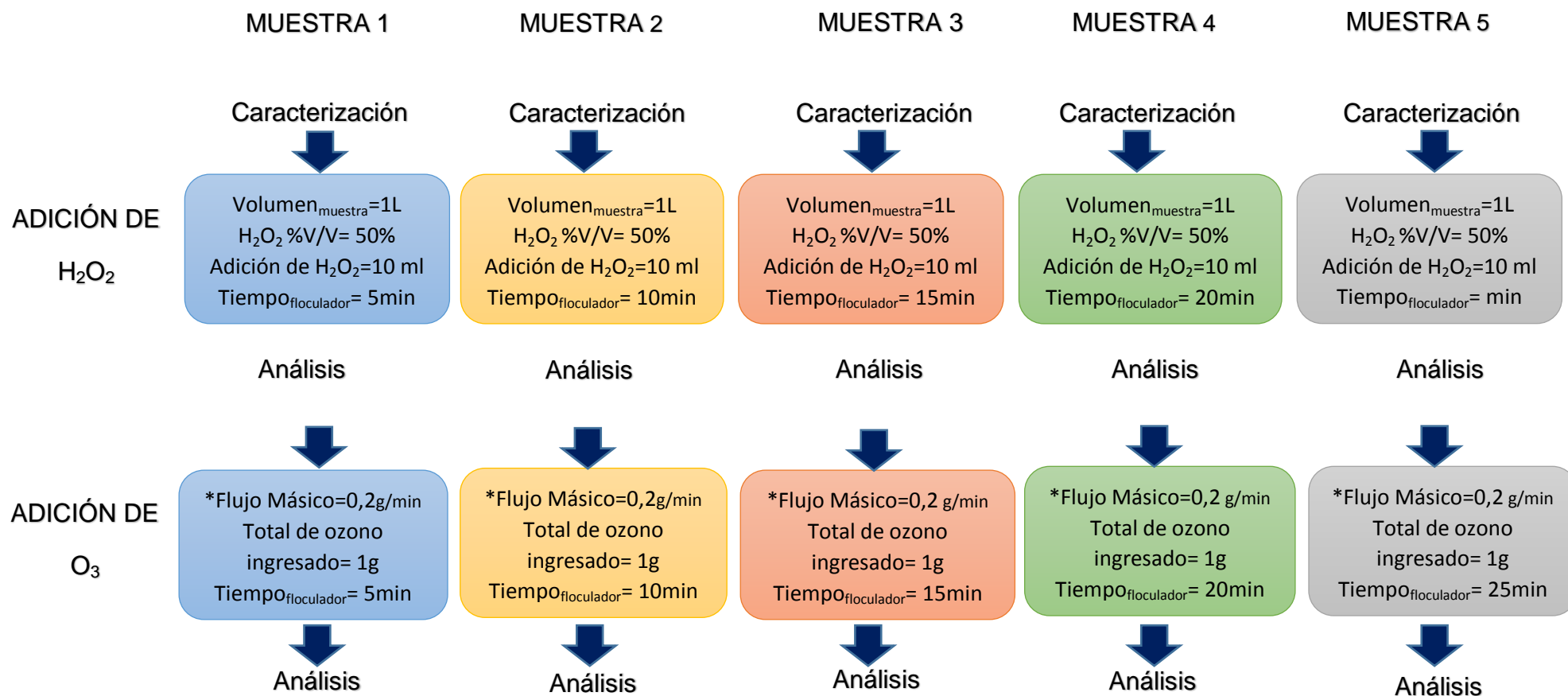
construcción del problema y para poder realizar el marco teórico y conceptual.

### **2.3.3. METODOLOGÍA DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN**

El Presente Trabajo de Investigación es desarrollado de la siguiente manera:

- Se realiza una caracterización del agua residual de la Industria Farmacéutica, midiendo 6 parámetros, DBO<sub>5</sub>, DQO, AyG, SST, pH, Temperatura; para verificar si el agua residual ha vertido a los efluentes de aguas residuales domésticas.
- Una vez obtenido resultados con los parámetros elevados, pasamos a la primera etapa de tratamiento: 5 muestras en paralelo, agregamos una dosis de 10 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con una concentración del 50% y medimos en intervalos de 5 min es decir que para la primera muestra el tratamiento con Peróxido de hidrógeno fue de 5 min, para la segunda muestra 10 min y así sucesivamente; para luego medir los parámetros que están elevados y verificar si los Valores obtenidos en la caracterización se han reducido.
- Luego a las mismas muestras que han sido tratadas en la primera etapa, agregamos una dosis de 0,2 g/min de Ozono, con los mismos tiempos de cada muestra y finalmente analizaremos los parámetros para verificar si alcanzamos los VMA.

Figura 5: Resumen de la Metodología de la presente Investigación



\*El flujo másico esta dado por el Generador de ozono OZOTECH

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### **2.3.3.1. METODOLOGÍA DE CAMPO**

La Metodología de este trabajo de Investigación es desarrollado en base a un protocolo establecido para monitoreo de Calidad de Agua-DIGESA/ANA

CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:

- REPRESENTATIVIDAD.- El punto de toma de las muestras debe ser lo más representativo posible de las características totales del efluente, significa que el efluente se debe encontrar de manera uniforme relacionado específicamente con su Caudal y apariencia física, logrando que la toma de muestra sea lo más uniforme posible.
- SEGURIDAD.- El sitio de muestreo dentro de la Planta y las situaciones en general, debe brindar todas las medidas de seguridad, para garantiza el bienestar de las personas responsables del muestreo, minimizando de esta manera los posibles accidentes y de lesiones, es por eso que se recomienda tomar siempre todas las precauciones y utilizando en todo momento los equipos de seguridad y de protección personal.

PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS:

Para la captación de las muestras del agua se siguieron los siguientes pasos:

- Acondicionamiento del equipo de muestreo (fotográfica, guantes, GPS, cámara coolers, etc)
- Acondicionamiento de 10 envases de polietileno para tomar las muestras.
- Acondicionamiento de las hojas de cadena de custodia (código, fecha, hora, lugar, tipo de muestra, punto de toma, parámetro medido in situ, responsable, dirección) FICHA DE OBSERVACIÓN.
- Registro de localización (georeferenciación) Coordenadas UTM del punto de muestreo real con GPS (esperando que la precisión sea la mayor posible).
- Toma de fotografías

- Llenar el recipiente de muestreo con una porción de agua del efluente a muestrear. La toma de muestras se realiza llenando directamente de la salida del efluente o flujo, evitar en todo momento la inclusión de aire por flujo turbulento.
- Identificación de la muestra (rotulado)
- En el llenado de recipientes, preservamos las muestras en coolers a 4° C con hielo seco o gel
- Tapar herméticamente los recipientes y rotularlo con su debida identificación, fecha de muestreo, persona encargada, parámetros que se debe analizar, laboratorio encargado. Cerrado de recipientes, después de que las muestras han sido envasadas y preservadas (si lo requieren) se sellan las botellas, secando la parte superior de la botella con papel absorbente o un trapo limpio y se ponen varias vueltas de cinta de enmascarar (masking tape) alrededor de la tapa y la boca del recipiente, para asegurar que la tapa no se afloje.
- Transporte de las muestras

#### ANÁLISIS DE CAMPO

Tomadas las muestras en el cuerpo de agua, se miden algunos parámetros, siguiendo los siguientes pasos:

- Se calibración y prepara los equipos de campo el correspondiente análisis “Ex situ”.
- Se introduce la sonda limpia del equipo de campo en el recipiente donde se encuentra muestra y se mide los parámetros de temperatura, pH, conductividad y salinidad
- Todas las mediciones se deben hacer según los procedimientos e instructivos establecidos en la operación del equipo y los resultados de los análisis de campo se registran en los formatos de muestreo.
- Llenar los recipientes y preservación de todas las muestras.
- Los recipientes de las muestras microbiológicas se deben llenan hasta  $\frac{3}{4}$  (tres cuartas partes) de su capacidad máxima para que de esta manera permitir la aireación,

asegurando la supervivencia de los microorganismos a ser cuantificados.

#### SUGERENCIAS PARA EL ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

- Se evitar el uso de hielo seco o aditivos al hielo para que de esta manera evitar que las muestras se congelen, lo que ocasionaría que los recipientes se abran o se rompan y en algunos casos se puede alterar las características de la muestra.
- En el Transporte de muestras se debe verificar que todos los recipientes de almacenamiento de las muestras contenga suficiente hielo, asegurando que la conservación se mantendrá hasta el lugar del destino (laboratorio).
- Asegurar todas las tapas de los contenedores estén bien cerradas, de manera que durante el trayecto no se abran ni aflojen.

#### ANALISIS DE LABORATORIO

Para medir y determinar los parámetros fisicoquímicos se solicitó el préstamo del laboratorio de la Universidad Federico Villareal, de tal manera que se utilizaron los equipos e instrumentos de trabajo, los parámetros a medir fueron los siguientes:

##### **Determinación de Parámetros Físico Químicos**

Para la determinación de los diversos parámetros físico-químicos de las aguas residuales industriales se utilizaron métodos fundamentados en principios y leyes; que brevemente se mencionan a continuación:

- **Métodos de Laboratorio y de Campo 2550-B. (APHA-AWWA-WPCF 1992) Determinación de la Temperatura.**

La medición de la temperatura se realizó con el termómetro Digital Metálico, previamente calibrado. Termómetro comprobado habitualmente con un termómetro de precisión certificado por el NIST, que se usa con su certificado y cedula de corrección.



- **Método Electrométrico-4500-H<sup>+</sup> B. (APHA-AWWA-WPCF 1992) Determinación de Potencial de Hidrógenos.**

La determinación electrométrica de pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por medición potenciométrica usando un electrodo patrón de hidrogeno y uno de referencia. El electrodo de hidrogeno trata de un electrodo de platino por el que se le hace pasar burbujas de hidrogeno gaseoso con una presión de 101 hPa. Debido esta dificultad de utilizarlo y al potencial de intoxicación del electrodo de hidrogeno, se utiliza generalmente un electrodo de vidrio. La fuerza electromotriz (fem) generada en el sistema de electrodo de vidrio varía linealmente con el pH y esta relación se describe comparando la fem medida con el pH de diferentes tampones. Previamente calibrado el Multiparámetro, se tomó la muestra en un recipiente, se esperó que el agua este sin movimiento y se tomó el valor que nos arrojó el multiparámetro.

- **Método Reflujo Cerrado Colorimétrico-5220-D. (APHA-AWWA-WPCF 1992) Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

Ensayo donde una gran parte de la materia orgánica resulta oxidada por una combinación al lograr que ebullición en los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a un reflujo una muestra en una solución acida fuerte con un exceso conocido de bicromato de potasio. Posteriormente de la digestión el bicromato no reducido que quedó se determinó con sulfato de amonio ferroso para poder determinar la cantidad de bicromato consumida y hacer el cálculo de la materia orgánica oxidable en términos de semejante de oxígeno.

1. Preparación de Viales

- **CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA – MUESTRA 1-2-3-4-5**

a) muestra de agua residual 2.5 ml

b)	Solución de Digestión	1.5 ml
c)	Reactivo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.5 ml
-	MUESTRA EN BLANCO	
d)	Agua destilada	2.5 ml
e)	Solución de Digestión	1.5 ml
f)	Reactivo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.5 ml
-	MUESTRA STANDAR	
g)	Ptalato ácido de Potasio-500mg/l	2.5 ml
h)	Solución de Digestión	1.5 ml
i)	Reactivo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.5 ml

- Llevar los viales al Reactor Digital a una temperatura de 150° C durante 120 minutos
- Retirar, enfriar y medir en el Colorímetro la concentración.

- **Método de la Dilución (Mcgowan, Frye y Kersman 1913) Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

Es un ensayo de simulación en el cual se usa un procedimiento estandarizado para determinar los requerimientos de oxígeno para una población microbiana heterogénea y en donde se establece la materia orgánica biodegradable presente en un agua residual, efluentes y aguas poluidas.

Los métodos de dilución tienen por principio establecer una dilución de aguas ricas en materia orgánica con un agua que aporte el oxígeno disuelto en que se mida la cantidad residual, en condiciones operatorias bien determinadas.

- Preparación del agua de Dilución
  - Adición de reactivos 1 ml/cada litro de Solución de Cloruro Férrico
  - Adición de reactivos 1 ml/cada litro de Solución de Cloruro de Calcio
  - Adición de reactivos 1 ml/cada litro de Solución de Sulfato de Magnesio
- Aireación del agua de Dilución

Llevar el agua de dilución en un envase vidrio de 2L al agitador magnético y agitar por un tiempo de 30-60 minutos hasta conseguir una completa saturación de oxígeno.

3. Alícuota de la muestra

- a. Se toma 1 ml, 2 ml y 4 ml de la muestra del efluente de aguas residuales farmacéutica, se lleva a 3 fioles de 1L de Volumen cada uno y se completa con agua de dilución

$$Dm_1 = 1/1000$$

$$Dm_2 = 1/500$$

$$Dm_3 = 1/250$$

- b. Agitar las fioles con las muestras y agua de dilución por un tiempo de 10 minutos.

4. Incubación de muestras

- a. Tomar 300 ml de las muestras preparadas en las fioles y llenar en los frascos de oxígeno disuelto, hasta enrase.
- b. Tomar 2 frascos de Oxígeno disuelto por cada fiola (1L de Volumen), teniendo así un total de 6 muestras:

1ml     → 2 muestras de 300ml OD

2ml     → 2 muestras de 300ml OD

4ml     → 2 muestras de 300ml OD

- c. Medir el OD de las 3 primeras muestras (1ml, 2ml, 4ml) correspondiente al día cero.
- d. Llevar las otras 3 muestras de OD a la Incubadora y proceder a dejarlo por un tiempo de 5 días. (periodo de Incubación)
- e. Medir el OD de las 3 muestras que estuvieron en periodo de incubación (1ml, 2ml, 4ml).

## 5. Determinación de la Concentración DBO<sub>5</sub>

Para el cálculo de la concentración de DBO<sub>5</sub> se considera la aplicación de la siguiente fórmula:

$$DBO_5 \text{ mg/l} = (OD_0 - OD_5) / D_m$$

DBO<sub>5</sub> = Demanda bioquímica de oxígeno

OD<sub>0</sub> = Oxígeno Disuelto del día cero

OD<sub>5</sub> = Oxígeno Disuelto del día 5

D<sub>m</sub> = Fracción de dilución de la muestra

### - **Método Gravimétrico de Evaporación (J. Bouquiaux, a. Mertens, Tribune Du C.B.E.D.E 1960) Determinación de Aceites y Grasas.**

Para la extracción de aceites y grasas se emplean varias fracciones de tricloroetileno las que se agitan sucesivamente con la muestra de agua a pH 5. En embudos de separación, las fracciones del solvente se unen en una cápsula previamente tarada, se secan en baño maría a 80 °C y se enfrían en un desecador, luego se llevan a peso constante para obtener la concentración por diferencia.

1. Rotular los vasos de precipitados de 50 ml y llevarlos a secar a la estufa Por un tiempo de 30 minutos a 105°C.
2. Retirar los vasos de precipitados de la estufa, enfriar en el desecador por un tiempo de 30 minutos aproximadamente.
3. Pesar los vasos de precipitado en la balanza analítica (hasta 4 decimales de exactitud o precisión) y llevar los vasos al desecador hasta su uso.
4. Medir un volumen de muestra de aguas residuales de 100 ml y añadir 5 ml de ácido Clorhídrico
5. Llevar la muestra a una pera de decantación y añadir 15 ml de hexano ( solvente de extracción)

6. Agitar manualmente y vigorosamente la pera de decantación conteniendo la muestra y el solvente por un tiempo de 10 minutos
7. Dejar decantar la muestra por un tiempo de 30 minutos, hasta la separación de dos fases.
8. Desechar la fase acuosa y verter la fase con el solvente en el vaso de precipitado, pesado en la balanza analítica anteriormente.
9. Llevar la muestra a la estufa de secado por un tiempo de 20 min a una temperatura de 75- 80 °C
10. Retirar la muestra de la estufa de secado y enfriar en el desecador por un tiempo de 30 minutos.
11. Pesar en la Balanza Analítica el peso final de la muestra.
12. Determinación de la Concentración de AyG

Para el cálculo de la concentración de AyG se considera la aplicación de la siguiente fórmula:

$$AyG(mg/L) = \frac{W_f - W_i}{V}$$

AyG= Aceites y grasas

$W_f$ = Peso final ( $W_i$ + Muestra)

$W_i$ = Peso inicial (de Vaso de precipitado)

V= Volumen de la muestra

- **Método Gravimétrico de Filtración (Norme Afnor 190-105/lun 1978) Determinación de Sólidos Totales en Suspensión (S.S.T).**

Una muestra de agua homogenizada se evapora y seca en una cápsula de porcelana hasta que su peso sea constante, en una estufa a 150°C. El incremento del peso sobre la cápsula vacía, representa el residuo total, que es una cantidad arbitrariamente definida por el procedimiento seguido.

Se tomó 200 ml de muestra, se pasó por un filtro de 1.2 micras, se pesó al inicio y final después del secado en la estufa a 150°C y se aplicó la Formula:

$$SST(mg/L) = \frac{Wf - Wi}{vol}$$

- **Tratamiento de Aguas Residuales con Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

Se usó el Proceso de Oxidación Avanzada: en el Floculador, con una muestra de 1 L del efluente, se adicionará el Peróxido de Hidrógeno al 50% la cantidad de 10 ml en un intervalo de 5 min se verificará cuanto fue el % de remoción, luego se adicionará el O<sub>3</sub> 0.2mg/min de, manteniendo siempre en movimiento durante intervalos de tiempo de cada 5 min en cada muestra, se verificará el % de remoción. Se ajustará la cantidad necesaria de Ozono y Peróxido de acuerdo al avance de remoción que se tenga en diversas pruebas. Se medirá, volumen, dosis y tiempo durante el proceso experimental.

#### **2.4. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:**

El análisis de datos cuantitativos se realizó tomando en cuenta los niveles de medición de la variables y mediante la estadística que permitirá describir y poner de manifiesto las principales características de las variables, tomadas individualmente. Para describir y analizar cada una de las variables se utilizó el programa Ms. Excel 2013; además con el programa Ms. Excel 2013. Se usará para la estadística descriptiva; presentación de datos en tablas y gráficas para presentar la distribución de los datos mediante graficas lineales para mostrar los niveles de eficiencia de la oxidación avanzada; además servirá para mostrar los datos porcentuales; asimismo para estimar parámetros y probar hipótesis, se determinó mediante el programa IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 21.

## **2.5. ASPECTOS ÉTICOS:**

En el presente trabajo de Investigación se tuvo en cuenta los siguientes aspectos éticos:

- Toda la información Confiable y Objetiva que responde a las expectativas de la comunidad estudiantil de nuestra universidad, así como a los usuarios interesados en los resultados de la presente investigación.
- El uso de los datos será únicamente con fines universitarios para sustentación de tesis.
- Derechos de Propiedad intelectual.

### III. RESULTADOS

En los primeros análisis de muestra obtenemos los siguientes resultados de los diferentes parámetros:

CUADRO 4: Caracterización de Muestras

ESTACION	T (°C)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/l)	AyG (mg/l)
MUESTRA						
1	21.2	8.5	<b>805</b>	<b>2713</b>	83	<b>160</b>
MUESTRA						
2	20.4	6.3	<b>980</b>	<b>3270</b>	60	143
MUESTRA						
3	21.1	7	836	1880	86	<b>150</b>
MUESTRA						
4	22.8	7.9	714	1736	95	<b>168</b>
MUESTRA						
5	21.8	<b>9.8</b>	<b>685</b>	<b>1560</b>	58	148
<b>VMA</b>	<b>&lt;35°C</b>	<b>6-9</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>500</b>	<b>100</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio, los cuales fueron tomados durante una semana indican que para las muestras 1, 2 y 5 los parámetros de DBO<sub>5</sub> indicaron concentraciones de 805, 980 y 836 mg/l respectivamente y DQO fueron 2713, 3270 y 1880 mg/l respectivamente, excediendo los Valores Máximos Admisibles de acuerdo a la norma. Dichos valores es posible por el uso de compuestos orgánicos en la preparación de medicamentos, siendo necesaria una oxidación fuerte para bajar dichas concentraciones.

El nivel de pH excede únicamente para la muestra 5 alcanzado un valor de 9.8, los demás días los niveles se encuentran dentro de los valores máximos admisibles (VMA), sin embargo debido a la aplicación del Peróxido de Hidrogeno estos pueden tender a bajar ente 1 y 1.5 unidades, por lo que pueden llegar a menos de 6 unidades saliéndose de los VMA, es por ello necesario inyectar Hidróxido de Sodio en cantidades controladas.



**CUADRO 5: Resultados de Tratamiento de Aguas Residuales con Peróxido de Hidrógeno**

MUESTRAS	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50%)			PARÁMETROS					
	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	DOSIS (ml)	DQO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	AyG (mg/l)	SST (mg/l)	PH	TEMPERATURA (°C)
M1	5	1	10	2100	750	148	110	7.1	19.8
M2	10	1	10	1850	740	136	90	6.8	20
M3	15	1	10	1780	705	130	85	6.5	21.6
M4	20	1	10	1650	680	140	80	6.6	20.5
M5	25	1	10	1500	630	138	78	6.8	21.3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el siguiente cuadro podemos observar la reducción de los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub> y AyG, aun por encima de los valores máximos admisibles

**CUADRO 6: Resultados de Tratamiento de Aguas Residuales con Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

MUESTRAS	O <sub>3</sub>			PARÁMETROS					
	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	DOSIS (g)	DQO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	AyG (mg/l)	SST (mg/l)	PH	TEMPERATURA (°C)
M1	5	1	0.2	1700	680	110	100	7.2	20.1
M2	10	1	0.2	1580	658	98	85	6.9	19.8
M3	15	1	0.2	1260	580	90	78	7.1	20
M4	20	1	0.2	980	450	80	65	6.8	21.1
M5	25	1	0.2	550	308	75	60	7.2	20.3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En los resultados del siguiente cuadro podemos decir que se tuvo una reducción considerada de acuerdo a la Norma, donde en el menos tiempo posible se alcanzó en la muestra cuatro reducir los valores máximos admisibles

### 3.1. Métodos de análisis de datos

#### 3.1.1. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

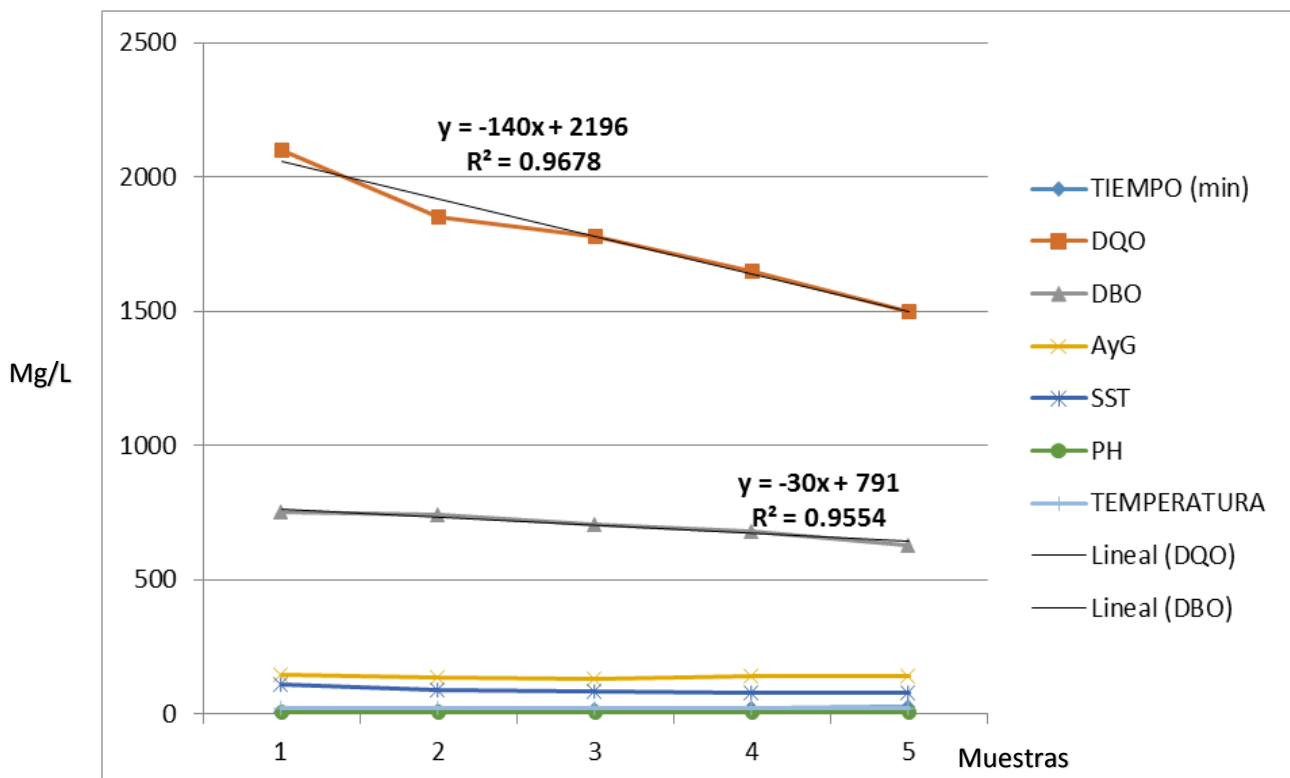
Para el análisis de datos se utilizaron la Estadística descriptiva donde los datos se presentarán en gráficos y tablas, usando el software Excel 2010 para el análisis y procesamiento de las siguientes informaciones:

CUADRO 7: Tratamiento de Aguas Residuales con Peróxido de Hidrógeno

MUESTRAS	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50%)			PARÁMETROS					
	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	DOSIS (ml)	DQO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	AyG (mg/l)	SST (mg/l)	PH	TEMPERATURA (°C)
M1	5	1	10	2100	750	148	110	7.1	19.8
M2	10	1	10	1850	740	136	90	6.8	20
M3	15	1	10	1780	705	130	85	6.5	21.6
M4	20	1	10	1650	680	140	80	6.6	20.5
M5	25	1	10	1500	630	138	78	6.8	21.3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

GRAFICO 1: Línea de Tendencia del DQO y DBO<sub>5</sub> Con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el gráfico 1, se observan que los parámetros DQO y DBO<sub>5</sub> son los que tienden a decaer con mayor rapidez, debido al valor negativo de sus pendientes, de -140 y -30 respectivamente; además ambos parámetros fueron predictivos con una certeza del 97% y 95% respectivamente, de acuerdo al valor de su “R cuadrado”, es decir bajaron pero aun no llegaron a estar dentro de los Valores Máximos Admisibles.

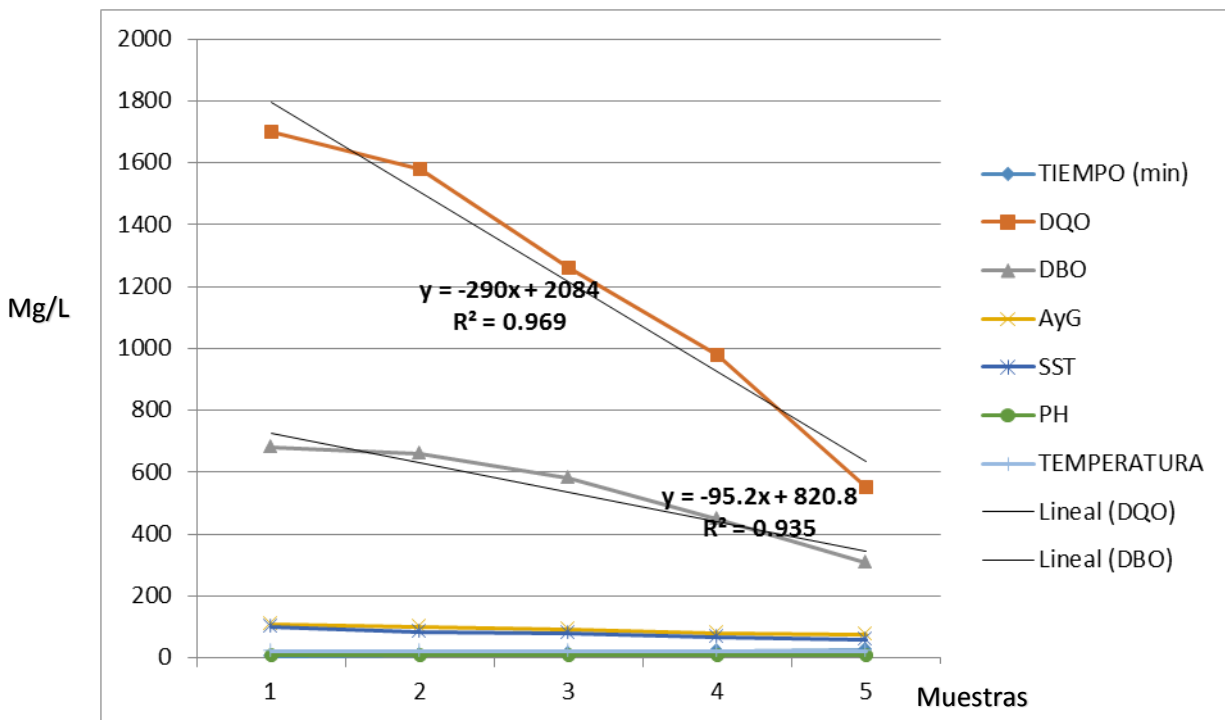
### 3.1.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON OZONO

CUADRO 8: Tratamiento de Agua Residual con Ozono

MUESTRAS	O <sub>3</sub>			PARÁMETROS					
	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	DOSIS (g)	DQO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	A_G (mg/l)	SST (mg/l)	PH	TEMPERATURA (°C)
M1	5	1	0.2	1700	680	110	100	7.2	20.1
M2	10	1	0.2	1580	658	98	85	6.9	19.8
M3	15	1	0.2	1260	580	90	78	7.1	20
M4	20	1	0.2	980	450	80	65	6.8	21.1
M5	25	1	0.2	550	308	75	60	7.2	20.3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

GRAFICO 2: Tratamiento De Aguas Residuales Con Ozono



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la Figura 1, se observan que los parámetros DQO y  $\text{DBO}_5$  son los que tienden a decaer con mayor rapidez, debido al valor negativo de sus pendientes, de -290 y -95.2 respectivamente; además ambos parámetros fueron predictivas con una certeza del 96% y 93% respectivamente, de acuerdo al valor de su “R cuadrado”. Además que con dichos Valores ya estamos dentro de los Valores Máximos Admisibles.

### 3.2. Prueba de Normalidad

Para el análisis de datos con respecto a su distribución normal y análisis inferencial se ha usado el software SPSS Versión 20.; para el análisis de las siguientes informaciones:

#### a) Hipótesis de Normalidad

- *Hipótesis Nula  $H_0$* : Los datos corresponden a una distribución normal.
- *Hipótesis Alterna  $H_1$* : Los datos no corresponden a una distribución normal.

#### b) Prueba de Shapiro – Wilk

Se aplicó la prueba de Shapiro – Wilk ya que se observa que en cada tratamiento el tamaño de la muestra es menor que 50 datos.

### 3.2.1. Normalidades Para Los Parámetros Del Tratamiento De Aguas Residuales Con Peróxido De Hidrógeno

CUADRO 9: Pruebas de Normalidad del Tratamiento de Aguas Residuales con Peróxido de Hidrógeno

#### Pruebas de normalidad<sup>c</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	,171	5	,200*	,987	5	,968
DBO <sub>5</sub>	,189	5	,200*	,943	5	,686
A_G	,203	5	,200*	,976	5	,914
SST	,257	5	,200*	,851	5	,197
TEMPER AT	,231	5	,200*	,881	5	,314

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

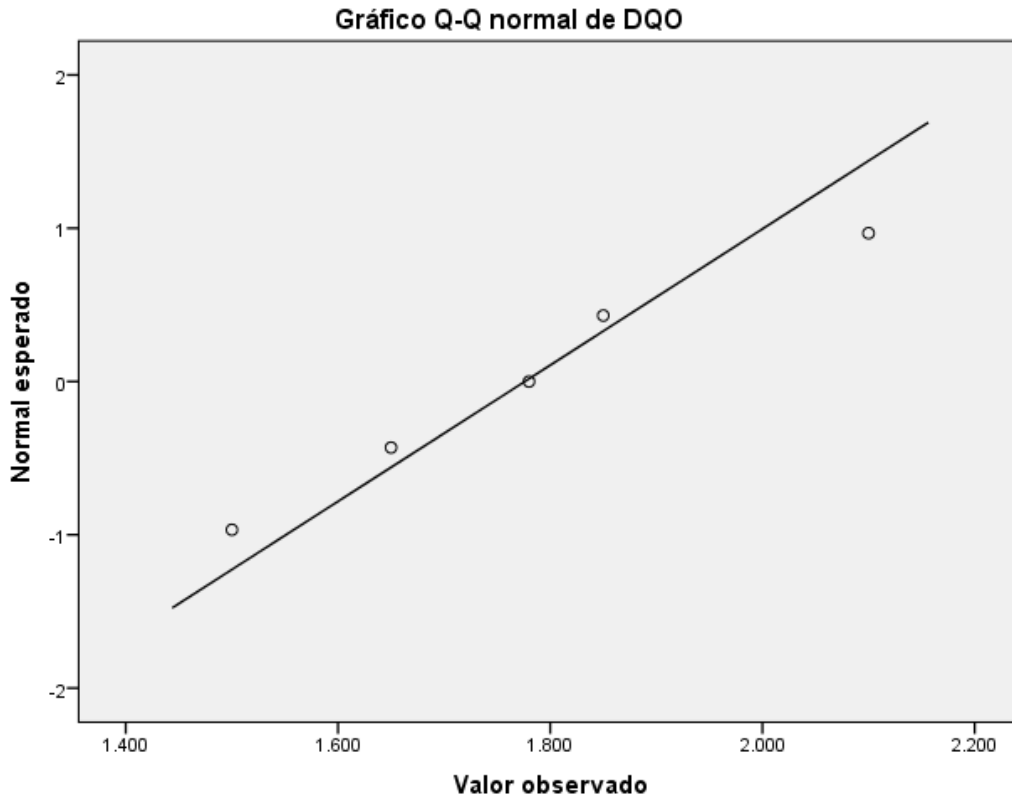
a. Corrección de la significación de Lilliefors

c. PH es una constante y se ha desestimados

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el cuadro 9 se observa que nivel de significancia para todos los parámetros es mayor a 0,05, con una confiabilidad de 95%; entonces se acepta la Ho, la cual indica que los datos corresponden a una distribución normal.

GRAFICO 3: Normalidad de la Demanda Química de Oxígeno

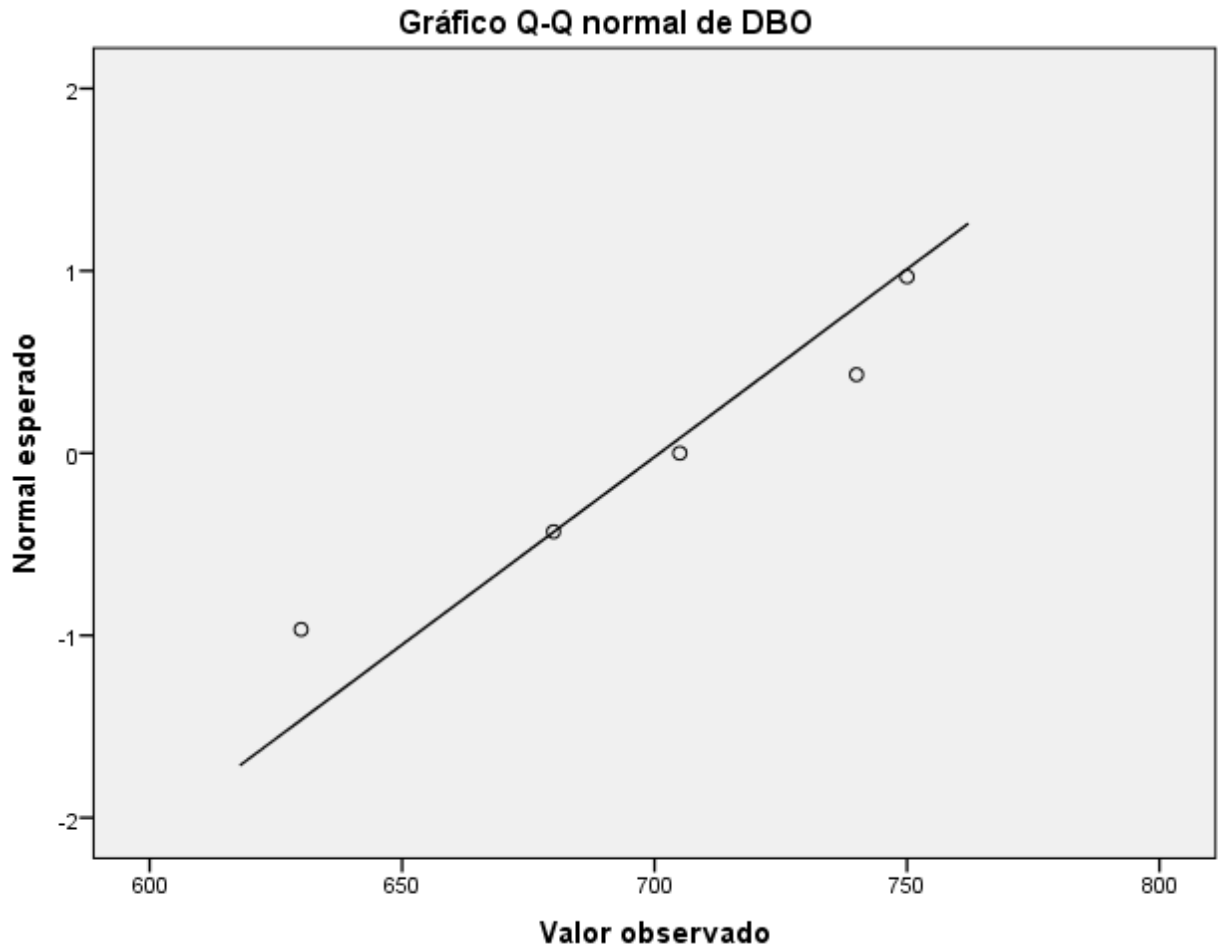


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Interpretación del gráfico 3:**

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetro DQO se obtuvo el gráfico 3, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal

GRAFICO 4: Normalidad de la Demanda Química de Oxígeno

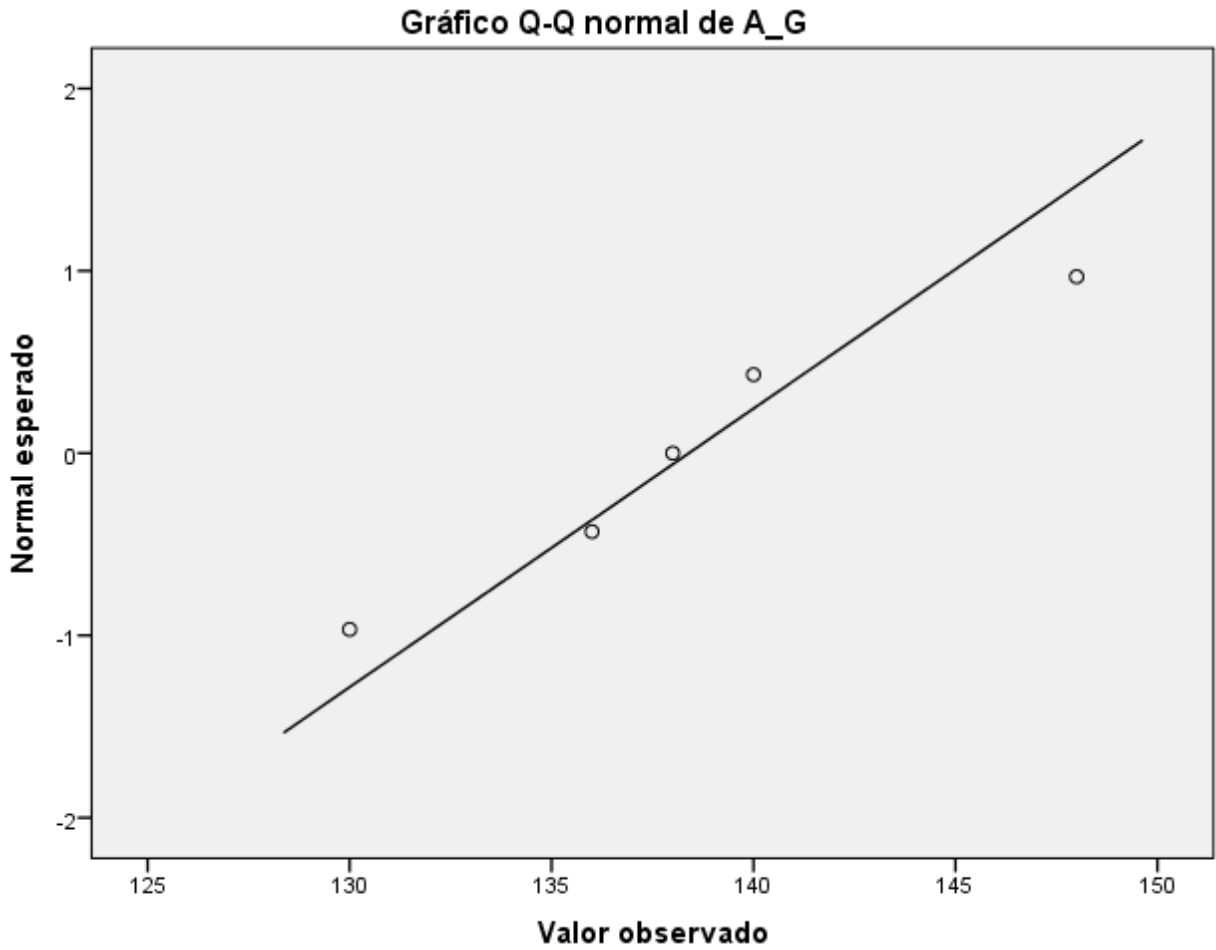


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### **Interpretación del gráfico 4**

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetro  $DBO_5$  se obtuvo el gráfico 4, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal.

GRAFICO 5: Normalidad de Aceites y Grasas



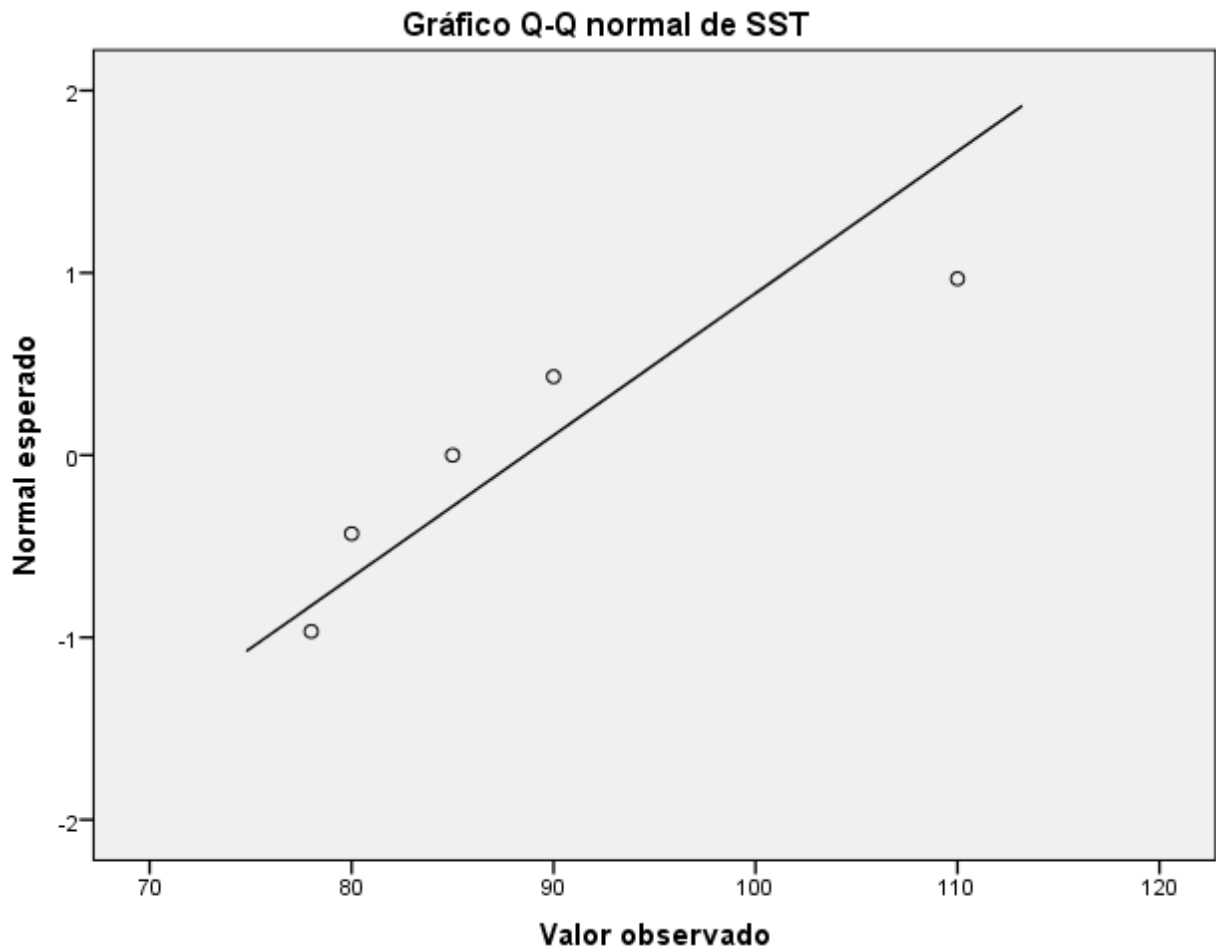
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### **Interpretación del gráfico 5**

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetro A\_G se obtuvo el gráfico 5, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal.



GRAFICO 6: Normalidad de Sólidos Suspendedos Totales

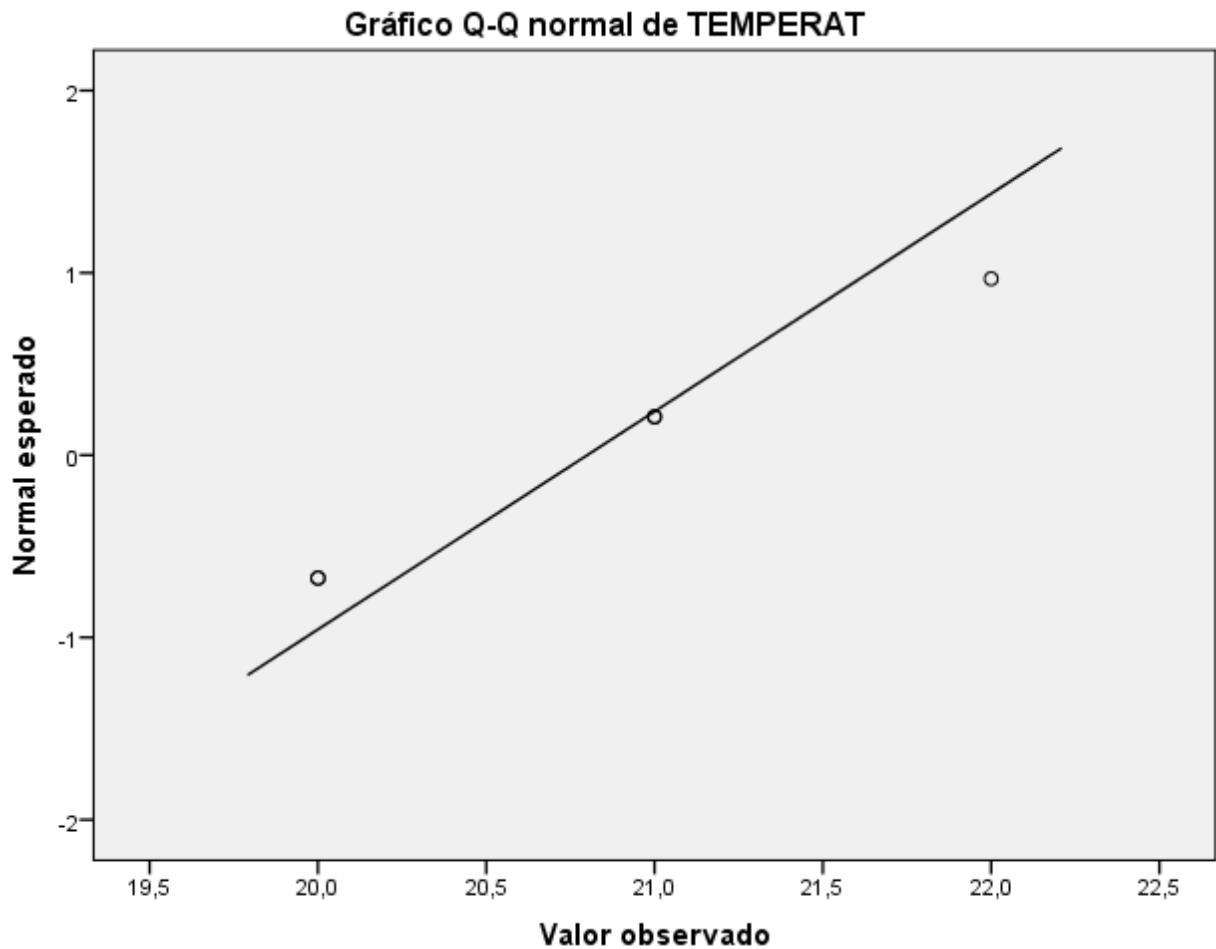


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### **Interpretación del gráfico 6**

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetro SST se obtuvo el gráfico 6, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal

GRAFICO 7: Normalidad de Temperatura



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### Interpretación del gráfico 7

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetro TEMPERATURA se obtuvo el gráfico 7, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal

### 3.2.2. Prueba De Normalidad Para El Tratamiento De Aguas Residuales Con Ozono

CUADRO 10: Prueba de Normalidad usando Shapiro – Wilk

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	,184	5	,200 <sup>*</sup>	,952	5	,754
DBO <sub>5</sub>	,213	5	,200 <sup>*</sup>	,913	5	,484
A_G	,175	5	,200 <sup>*</sup>	,968	5	,863
SST	,184	5	,200 <sup>*</sup>	,963	5	,825
TEMPERAT	,473	5	,001	,552	5	,000

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

c. PH es una constante y se ha desestimado.

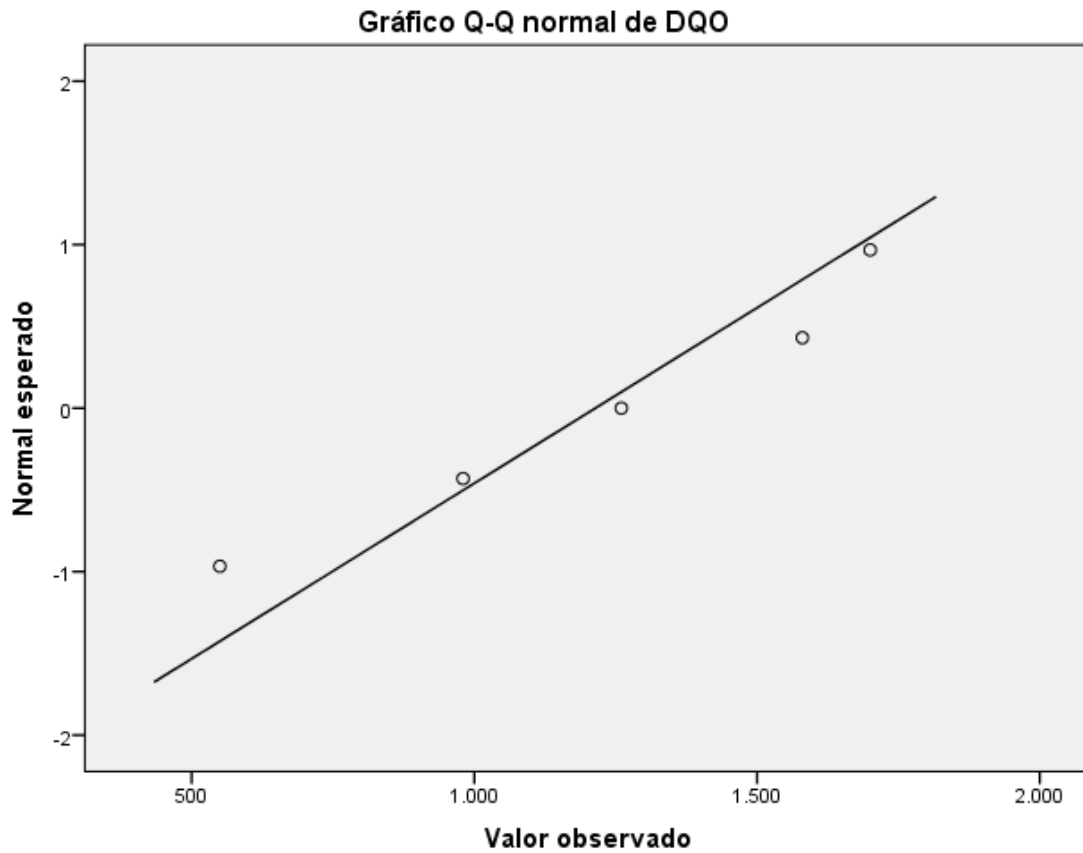
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### Interpretación de la normalidad para cada indicador del CUADRO 7

En el CUADRO 10 se observa que nivel de significancia para todos los parámetros es mayor a 0,05, con una confiabilidad de 95%; entonces se acepta la Ho, la cual indica que los datos corresponden a una distribución normal. A excepción de la Temperatura que es menor que 0,05 por lo que esta distribución no es normal.

## Graficas de normalidad para cada Parámetro:

GRAFICO 8: NORMALIDAD Demanda Química de Oxígeno

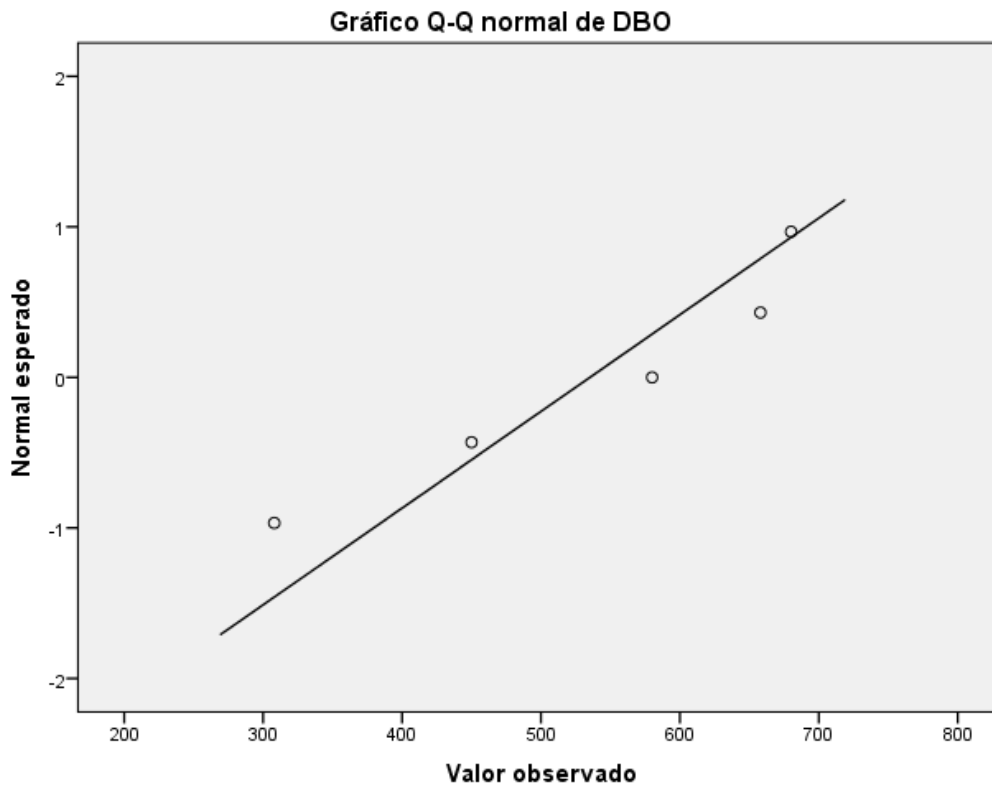


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### *Interpretación del Grafico 8*

Al insertar en el SPSS los datos del cuadro correspondientes al parámetros DQO se obtuvo el Grafico 8, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal

GRAFICO 9: Normalidad de Demanda Bioquímica de Oxígeno

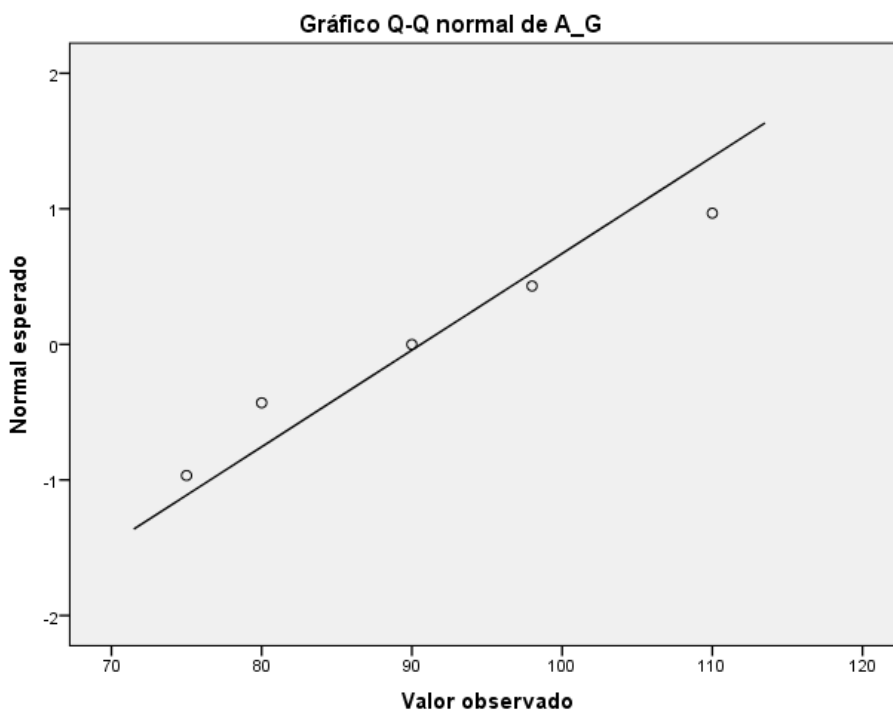


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### *Interpretación del Gráfico 9*

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetros  $DBO_5$  se obtuvo el gráfico 9, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal.

## GRAFICO 10: Normalidad de Aceites y Grasas

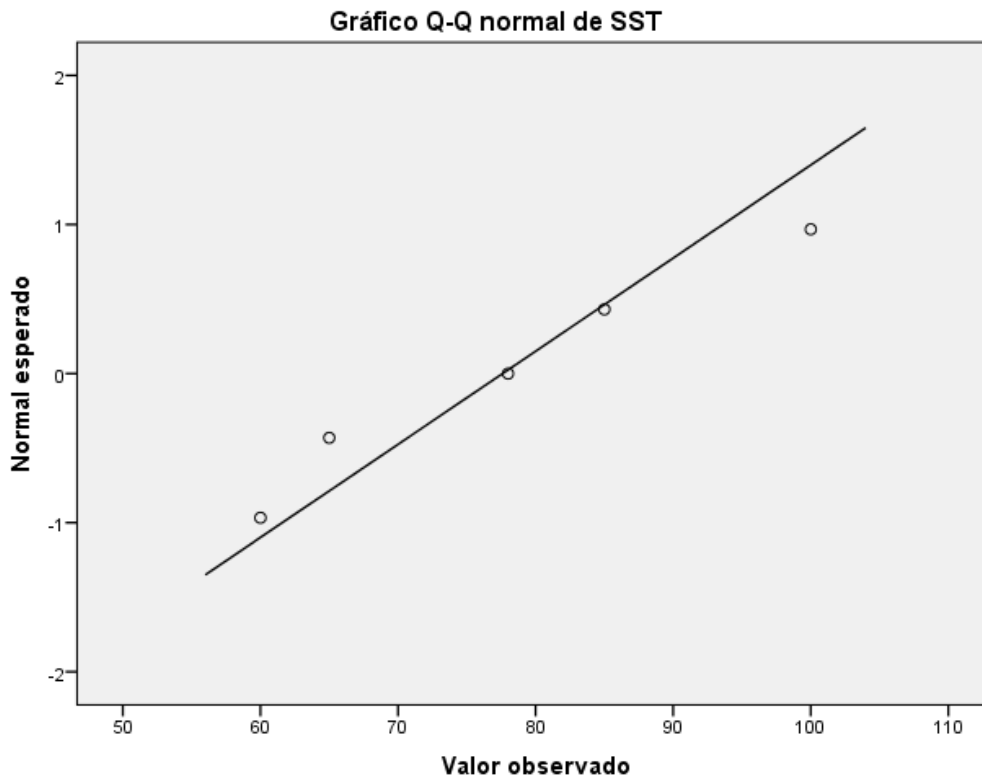


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### *Interpretación del gráfico 10:*

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetros A\_G se obtuvo el gráfico 10, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal

GRAFICO 11: Normalidad de Sólidos Suspendidos Totales

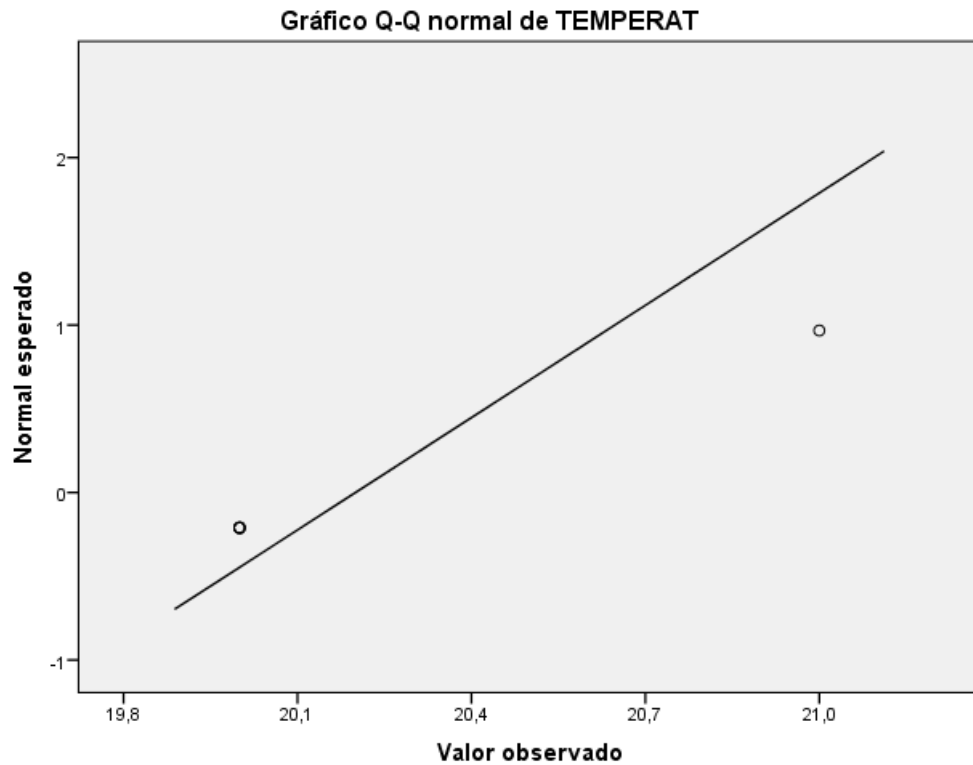


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

*Interpretación del gráfico 11*

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetros SST se obtuvo el gráfico 11, que todos los puntos se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores corresponden a una distribución normal.

## GRAFICO 12: Prueba de Normalidad de Temperatura



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### *Interpretación del gráfico 12*

Al insertar en el SPSS los datos de la Tabla correspondientes al parámetro de TEMPERATURA se obtuvo el gráfico 12, que todos los puntos no se hallan cercanos a la línea recta que se ha insertado dentro de ellas, siendo dicha línea recta la gráfica que en promedio “las contiene a todas ellas”, pero debido a que dichos puntos están próximos a la línea recta, entonces se está corroborando que la distribución de dichos valores no corresponden a una distribución normal.



#### IV. DISCUSIÓN

- Partiendo de datos reales del tratamiento de aguas residuales Industriales el método de oxidación avanzada, es muy eficiente usando el peróxido de hidrógeno y el ozono; pudiendo alcanzar a tener el 100% de eficiencia, tal como lo señala QUICANO A. (2014), en su tesis “Reducción de compuestos fenólicos en aguas residuales de baños portátiles con proceso de oxidación química avanzada ozono-peróxido de hidrogeno” .Sin embargo consideramos que para llegar a tener dicha eficiencia se necesita más reactivos y aún más tiempo, pero la empresa farmacéutica solo requiere tratar el agua con fines de respetar los VMA, mas no para potabilizar el agua. Concluyendo que éste método de oxidación avanzada con peróxido de hidrógeno y ozono es eficiente para tratar las aguas residuales de la Industria farmacéutica
- RODRIGUEZ, T; (2008); en su tesis titulado “Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta” y CONDORCHEM, E; (2011); en su trabajo de investigación titulado “Las aguas residuales de las industrias farmacéuticas”; nos resaltan la importancia del Proceso de Oxidación avanzada, sobre todo en materiales recalcitrantes o tóxicos, la cual coincidimos puesto a que hemos tratado las aguas residuales de la Empresa por el método de oxidación avanzada, el cual obtuvimos muy buenos resultados demostrando que en 20 minutos pudimos estar dentro de los valores máximos admisibles.
- MERAYO, N; (2014); en su tesis doctoral “Desarrollo y Evaluación de procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas residuales papeleras” nos indica que el tratamiento con ozono tuvo una eficiencia del 57% en la demanda química del oxígeno sin embargo nosotros tenemos una eficiencia del 60% de remoción en el tratamiento con  $H_2O_2$  y  $O_3$  si nos fijamos solamente en ozono tendríamos solo el 41% de remoción, entonces podemos decir que la unión de dos procesos puede ser aún más eficiente que solo uno; así como lo indica SZÉP, A; (2012) “Tratamiento de aguas residuales de industria farmacéutica” donde realiza la nanofiltración junto con la ozonización anteponiendo la ozonización, el cual tuvo una eficiencia

del 80% sin embargo nosotros realizamos el tratamiento al contrario y también resulta muy eficaz.

- MENDEZ, Fortunato (2010) en la investigación realizada por Internacional DEVELOPMENT RESEARCH CENTRE, nos resalta algo muy importante: que en América latina entre los años 2000-2002 el 80% de muchas empresas farmacéuticas, están vertiendo sus aguas residuales sin tratamientos previos, lo que constituye un problema sanitario para nosotros mismos; razón por la cual buscamos una Empresa que estamos tratando sus aguas con fines de contribuir a la no contaminación.
- Según SALAS, G; (2010); en su tesis titulada " Tratamiento por Oxidación Avanzada de aguas residuales de industria Textil", consiguió un 97% de reducción en cuanto al parámetro de DQO en un tiempo óptimo de 40 minutos, en cambio nosotros encontramos la reducción de DQO en un tiempo aproximado de 40 minutos reduciendo un 60% contando con el tratamiento con  $H_2O_2$  y  $O_3$  de forma consecutiva, pero debemos rescatar que nosotros estamos tratando aguas residuales con materiales recalcitrantes de farmacia, no de industria textil, entonces podemos ver la diferencia entre efluentes industriales. Además utilizando este método sólo tenemos como objetivo alcanzar los Valores Máximos Admisibles mas no potabilizar el agua.

## V. CONCLUSIONES

- El método de Oxidación avanzada en el tratamiento de aguas residuales industriales haciendo uso de Peróxido de Hidrógeno y Ozono tiene una eficiencia óptima sobre todo en materiales recalcitrantes, debido a la actuación de los componentes por separado han llegado a estar dentro de los Valores máximo admisibles. La eficiencia del sistema de tratamiento por oxidación avanzada puede mejorar hasta alcanzar mayores porcentajes de remoción, sin embargo esto implicaría el uso de mayores cantidades de reactivos.
- En una primera etapa, el Peróxido de Hidrógeno al 50% con una dosis de 10 ml para un litro de efluente alcanzó un tiempo eficiente parcial de 20 minutos, en la remoción de contaminantes para los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y Aceites y Grasa.
- En la segunda etapa, con una aplicación 200 mg de Ozono por minuto, después del tratamiento con Peróxido de Hidrógeno, alcanzó un tiempo óptimo de 20 minutos en la muestra N° 4, es decir los niveles de los distintos parámetros alcanzaron los Valores Máximos Admisibles.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar comparaciones con diferentes Dosis de Peróxido de Hidrógeno, y Ozono además de tiempos diferentes, para mejorar la eficiencia del método por oxidación avanzada. A más dosis de reactivos, mayor será la remoción de contaminantes.
- Utilizar el método realizado en la tesis para tratar las aguas residuales industriales de las diversas empresas industriales farmacéuticas y de esta manera reducir los contaminantes recalcitrantes.
- Crear una conciencia ambiental a todas las empresas industriales sobre las consecuencias que se tienen al no tratar las aguas residuales y mandarlos al alcantarillado de aguas domésticas.
- Hacer múltiples repeticiones cuando se hagan los análisis de los diferentes parámetros para cada tratamiento con Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y Ozono ( $O_3$ ).
- Realizar un análisis de los subproductos que podríamos encontrar en el tratamiento con Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y Ozono ( $O_3$ ).

## VII. REFERENCIAS

1. ALVAREZ, L. Chungará. Arica, 2004. Citado por. MERAYO, Noemí. Desarrollo y Evaluación de procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas residuales papeleras. Tesis (Memoria para optar al grado de Doctor). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Construcción, 2014. 15 p. 29.
2. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012.
3. BORG, C. (2004). Advanced oxidation process reduces 1,4-dioxane to <3ppb in groundwater, Groundwater remediation. Edition WWI.USA. Water & Wastewater Internacional. P.212.
4. BOUQUIAUX, J, MERTENS, A, TRIBUNE Du C.B.E.D.E. Gravimetric Determination of Amylase-treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in beakers or Crucibles: Collaborative Study (1960).
5. CHAPMAN, A. Water Quality Assessments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring-second edition. London 1996. p. 43
6. COMISION EUROPEA- Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (2000/60/CE).
7. CONDORCHEM, E; (2011).Las aguas residuales de las industrias farmacéuticas. España:Barcelona 2011. Disponible en: <http://www.aguasresiduales.info/revista/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-en-la-industria-farmaceutica>
8. CORONEL OLIVAR, Claudia. Justificación del empleo de nuevos indicadores biológicos en relación con la calidad de aguas. Madrid, 2006. p. 5.
9. DIGESA- D.S. N°031-2010-SA - SANIPES (26 de setiembre 2010). 9p.
10. ECKENFELDER, Monsen, BOWERS, Gaddipati, . Treatment of Toxic or Refractory Wastewaters with Hydrogen Peroxide. Water Science and Technology. Vol. 21. (1989). pp. 477-486. Citado por: RODRIGUEZ Tatiana, BOTELHO Diego...[y otros] Sao Paulo, 2008.
11. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Alternative Disinfectants and oxidations Guidance Manual*. 1999. P. 346.

12. ESPIGARES, García y PEREZ, Lopez. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada. 1985. P.13-89
13. ESPUGLAS, Santiago. *Combination of photo-oxidation processes with biological treatment*. Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química/Metalúrgica. (2003).p.36
14. HERNÁNDEZ R., Fernández, C. y Baptista, P. Metodología de la investigación. 5a. ed. México: McGraw Hill, 2010. 656 p.
15. HERNANDEZ, Aurelio. Aspectos Técnico económicos de los vertidos de aguas residuales y su depuración. Tesis (Doctoral). España: Universidad Politécnica de Madrid, 1973. p 38.
16. HERNANDEZ, Ricardo. Diseño no experimental transversal 252. (9 de agosto de 2010).  
[http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
17. KATALKAYA Y KARGI, 2007. Citado por. MERAYO, Noemí. Desarrollo y Evaluación de procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas residuales papeleras. Tesis (Memoria para optar al grado de Doctor). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Construcción, 2014. 15 p. 29.
18. KEPA, U., SATNCZYK-MAZANEK, E., & STEPNIAK, L. (2006). The use of the advanced oxidation process in the ozono-hydrogen peroxide system for the removal of cyanide from water. Polonia. Technical University of Czeztchowa, Institutes of Environmental Engineering., 2006, p. 42-200.
19. LENNTECH, BV. *Oxidación Avanzada*. Inglaterra, Rotterdamseweg, 2003. Disponible en: <http://www.lenntech.es/oxidacion-avanzada.htm>
20. LEY N° 28611, LEY GENERAL DEL AMBIENTE. (Diario el Peruano, 15 de octubre. 2005).
21. LORENZI R. Efeito do Glicolaldeído sobre parámetros de estresse oxidativo no rim, fígado e coração de ratos Wistar. (Tesis de maestría) Porto Alegre (Brasil). Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pos graduación en Ciencias Biológicas. 2010.p. 74.

22. LOZANO, Hipólito. Los Residuos peligrosos en la Industria Farmacéutica. *Ecología Farmacéutica*. México: Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza, Posgrado de Farmacia Industrial", 1998. P.18.
23. MATTOS, K. ANTONELLI, A. BRAZ, J. FERNANDEZ, R. Bogotá, 2008. Citado por: RODRIGUEZ T., BOTELHO D., CLETO E. Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. (2008).p.6.
24. MCGOWAN, FRYE y KERSMAN. *Current concepts and approaches to antimicrobial agent susceptibility testing*. Coordinating ed., J.E. McGowan, Jr. American Society for Microbiology, Washington, D.C. (1913)
25. MENDEZ, Fortunato. International Development Research Centre (IDRC), CEPIS Y OPS. América Latina, 2000-2002. Lima, 2010. P. 41.
26. MERAYO, Noemí. Desarrollo y Evaluación de procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas residuales papeleras. Tesis (Memoria para optar al grado de Doctor). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Construcción, 2014. 15 p. 29.
27. MERAYO, Noemí. Desarrollo y Evaluación de procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas residuales papeleras. Tesis (Memoria para optar al grado de Doctor). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Construcción, 2014. 29 p.
28. METCALF & EDDY INC. "Propuesta De Un Modelo Socio Económico De Decisión De Uso De Aguas Residuales Tratadas En Sustitución De Agua Limpia Para Areas Verdes. Tesis (para obtener el grado de maestro). 2010. P. 46
29. NAUMCZYK, J y RUSINIAK, M. Physicochemical and Chemical Purification of tannery Wastewaters. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 14, N° 6 (2005), 787-797. Disponible en: <http://6csnfn.pjoes.com/pdf/14.6/789-797.pdf>.
30. NORME AFNOR 190-105/lun. Norma NF 04-403. Francia Determinación de sólidos totales en suspensión (1978).

31. PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 1992.
32. PRIMO, Oscar. Mejoras en el tratamiento de Lixiviados de Vertedero de RSU mediante procesos de Oxidación Avanzada. Tesis (Doctoral). Universidad de Cantabria, 2008. p. 138-200 p.
33. QUICAHÑO, Alejandro. Reducción de Compuesto fenólicos en Aguas Residuales de Baños Portátiles con Proceso de Oxidación Química Avanzada Ozono-Peróxido de Hidrógeno. Tesis (Maestro en Ciencias con Mención en: Tratamiento de Aguas y Reúso de Desechos). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2014. p. 26
34. RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 044-2012-SUNASS-CD – SEDAPAL (*Diario El Peruano*, jueves 10 de enero. 2013).
35. REVISTA CENIC. RAMOS, Alvario, Caridad. *Los residuos en la industria farmacéutica*. Ciencias Biológicas [en línea] 2006, 37 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 21 de agosto de 2016] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220542005>
36. RODRIGUEZ T., BOTELHO D., CLETO E. Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. (2008).p.6.
37. RODRIGUEZ T., BOTELHO D., CLETO E. Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. (2008).p.28.
38. ROJAS, Soriano. Guía Para Realizar Investigaciones Sociales. México, 2006. p. 127
39. SABINO. Técnicas e instrumentos de investigación. 1992.111-113 p.
40. SALAS, G. Tratamiento por Oxidación Avanzada (Reacción Fenton) de aguas residuales de la Industria Textil. Vol. 13(1), Enero 2010.p. 30-38.
41. STRUCPLAN. Efluentes líquidos. Contaminantes del Agua. (2016). Citado en: [www.estrucplan.com.ar/contenidos-efluentes-liquidos-test.asp](http://www.estrucplan.com.ar/contenidos-efluentes-liquidos-test.asp)
42. SZÉP, A. Tratamiento de las Aguas Residuales de Industria Farmacéutica. Análisis preliminar de Caracterización de Aguas Residuales de Farmacia. Universidad de Fudan, Shanghai. (2012).p.2.








43. TEIXEIRA, C. Estudio comparativo de Tipos Diferentes procesos Oxidativos Avanzados. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, Campinas, (2002).p. 7-33.
44. TEIXEIRA, C. Processos Oxidativos Avanzados Conceitos Teóricos. Caderno Temático. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. (2004). p.1-83.
45. URKIAGA, Guinea, GÓMEZ, Resa GUTIÉRREZ, Ruiz. y de las Fuentes INTXAUSTI. Aplicación de procesos de oxidación avanzada al tratamiento de efluentes de diferentes sectores industriales: 2001. p. 23.
46. USP TECHNOLOGIES, Solutions for a clean environment. Hydrogen Peroxide and Other Technology Offerings. Consultada el. 18 de Julio de 2017. Disponible en: <http://www.h2o2.com/products-and-services/us-peroxide-technologies.aspx?pid=111&>.
47. ZHEN, B. Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada victoria Curubande, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en manejo de recursos naturales. Costo Rica. (2009).p.10.
48. ZOECKLER, Jeffrer y KOMMINENI, Soeckler. Advanced Oxidation Processes. *Literature review*. 1997.

**ANEXOS**

**ANEXO N° 1: INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

EQUIPO	MARCA
<p><b>GENERADOR DE OZONO</b>                      Marca: Ozotech                      Procedencia: USA                      Modelo: POSEIDON                      Serie: BK249 Tensión:                      220VAC</p>	
<p><b>GENERADOR DE OXIGENO CON MANOMETRO</b>                      PRECISION INC.                      Procedencia: USA                      Modelo: He743772 FLUJO:                      0.4L/min</p>	
<p><b>COLORIMETRO</b>                      Marca HACH                      Procedencia USA                      Modelo: DR/890 Colorimeter</p>	
<p><b>MULTIPARÁMETRO</b>                      Marca: HACH                      Procedencia: USA                      Serie: PAT. 095375</p>	

<p><b>REACTOR DIGITAL</b>          Marca: HACH          Procedencia: USA          Modelo: LTV082.53.4001          Serie: 12080C0236          115/230 V          50/60 HZ          300/450 VA</p>	
<p><b>INCUBADORA DE LABORATORIO</b>          Marca: SHEL LAB          Procedencia: USA-SHELDON          MANUFACTURING INC.          Modelo: LI5-2          Serie: 01023210          3.5A          220V          50/60 HZ</p>	
<p><b>ESTUFA DE SECADO</b>          Marca: STEEL PRODUCTS          Rango: 0-250°C</p>	
<p><b>BALANZA ANALÍTICA</b>          Marca: Bamersac          Modelo: AS220/C/2          Serie: 233868/08</p>	
<p><b>FLOCULADOR</b>          Marca: PHIPPS&amp;BIRD          Modelo: 7790-902B          Serie: 210031133G</p>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**ANEXO N° 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA: "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA FARMACEUTICA POR OXIDACIÓN AVANZADA- LIMA 2017**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	V.I.	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	DIMENSIÓN	IND.	UNIDAD DE MEDIDA
¿En qué medida la oxidación avanzada mejora la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa farmacéutica, Lima 2017?	Evaluar la eficiencia de la oxidación avanzada en el tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa farmacéutica, Lima 2017	La oxidación avanzada mejora significativamente la eficiencia en el proceso de tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa farmacéutica, Lima 2017	OXIDACIÓN AVANZADA	Según LENNTECH (2003). Los procesos químicos de oxidación avanzada usan oxidantes para reducir los niveles DQO/DBO <sub>5</sub> , y para separar ambos los componentes orgánicos y los componentes inorgánicos oxidables.	Para tratar el efluente de aguas residuales se tomará 5L de agua, se agregará H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> en cada litro para evaluar los indicadores de tiempo, volumen y dosis; para verificar los niveles de reducción de contaminantes durante el proceso de oxidación avanzada	Tiempo óptimo de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5	min
							10	min
							15	min
							20	min
							25	min
						Tiempo óptimo de O <sub>3</sub>	5	min
							10	min
							15	min
							20	min
							25	min
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS	V.D.	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
-¿Cuál es el tiempo óptimo aplicando una dosis de 10 ml de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> al 50% para un litro de muestra en el tratamiento de aguas Residuales industriales de de una Empresa farmacéutica, Lima 2017?  -¿Cuál es el tiempo más eficiente aplicando una dosis de 200 mg de O <sub>3</sub> para un litro de muestra en el tratamiento de aguas residuales industriales de de una Empresa farmacéutica, Lima 2017?	-Determinar el tiempo óptimo aplicando una dosis de 10 ml de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> al 50% para un litro de muestra en el tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa farmacéutica, Lima 2017	-El tiempo óptimo aplicando uan dosis de 10 ml de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> al 50% para un litro de muestra se encuentra en un rango de 10 a 15 minutos y de 10 a 50 ml en el tratamiento de aguas residuales industriales de una Empresa farmacéutica, Lima 2017	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	Según (STRUCPLAN, 2016) Los efluentes líquidos son residuos líquidos o residuos líquidos mezclados con sólidos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, más las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pudieran agregarse.	Para la caracterización de los parámetros químicos del efluente se utilizó 3L de muestras de agua para medir los indicadores de DBO <sub>5</sub> , DQO y Aceites y Grasas; mientras que para la caracterización de parámetros físicos se utilizó 1 litro de agua para medir el indicador de SST; ya que el pH y la temperatura fueron tomados mientras se hacía la toma de muestras en el mismo flujo. Luego las muestras tomadas para hacer el tratamiento serán utilizadas para medir los parámetros físicos y químicos después del tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa farmacéutica	PARAMETROS QUÍMICOS	pH	0 -14
							DBO <sub>5</sub>	mg/L
							DQO	mg/L
							AyG	mg/L
	PARAMETROS FÍSICOS	SST				mg/L		
		T				°C		

FUENTE: ELABORACION PROPIA

CUADRO 11: CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>SEMANA 0</b>	<b>SEMANA 1</b>	<b>SEMANA 2</b>		<b>SEMANA 3</b>		<b>SEMANA 4</b>	<b>SEMANA 5</b>	<b>SEMANA 6</b>	<b>SEMANA 7</b>	<b>SEMANA 8</b>
Obtención de los materiales y equipos	X										
Solicitud para recoger la muestra en la empresa	X										
Toma de muestra de agua		X									
Análisis de muestras de agua			X		X						
Aplicación de los agentes químicos							X				
Análisis de muestras de agua							X				
Recopilación de datos de los Análisis								X			
Elaboración de Cálculos para obtención de resultados									X		
Elaboración de resultados y discusión										X	
Conclusión y recomendación											X

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ANEXO N° 3: FICHA DE OBSERVACIÓN

- I. **NOMBRE DE LA EMPRESA:** ANONIMA
  
- II. **RESPONSABLE DE MUESTREO:** Aura Sara Farfán Acosta
  
- III. **NÚMERO DE MUESTRAS:** 4 muestras de 5 litros c/u
  
- IV. **CANTIDAD DE MUESTRA:**

VARIABLE	OXIDACION AVANZADA					
	PROPIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )			PROPIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS (O <sub>3</sub> )		
N° DE MUESTRA	TIEMPO	VOLUMEN	DOSIS	TIEMPO	VOLUMEN	DOSIS
1						
2						
3						
4						

VARIABLE	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES					
	PROPIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS					
N° DE MUESTRA	DBO <sub>5</sub>	DQO	ACEITES Y GRASAS	PH	SST	TEMPERATURA
1						
2						
3						
4						

#### ANEXO N° 4: DEFINICIÓN DE RANGO DE PARÁMETROS

RANGO	DBO	DQO	SST	AYG
VMA (mg/L)	500	1000	500	100
Rango 1	500,1 -550	1000,1-1100	500,1-550	100,1-150
Rango 2	550,1-600	1100,1-1200	550,1 - 600	150,1 - 200
Rango 3	600,1-1000	1200,1-2500	600,1 - 1000	200,1 - 450
Rango 4	1000,1-10 <sup>4</sup>	2500,1 - 10 <sup>4</sup>	1000,1 - 10 <sup>4</sup>	450,1 - 10 <sup>3</sup>
Rango 5	Mayor a 10 <sup>4</sup>	Mayor a 10 <sup>4</sup>	Mayor a 10 <sup>4</sup>	Mayor a 10 <sup>3</sup>

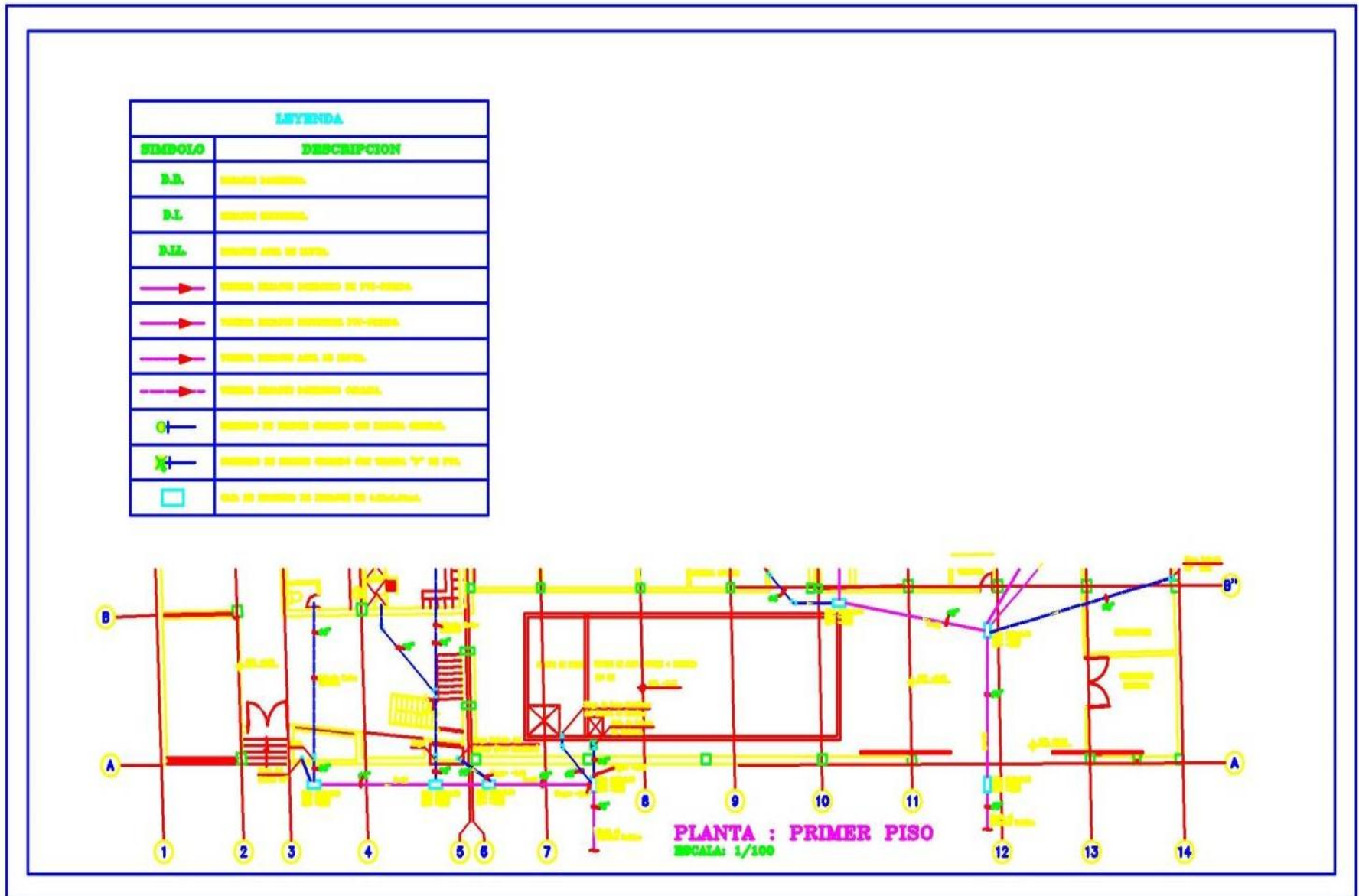
FUENTE: SUNASS

#### ANEXO N° 5: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES

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

FUENTE: SUNASS-2015

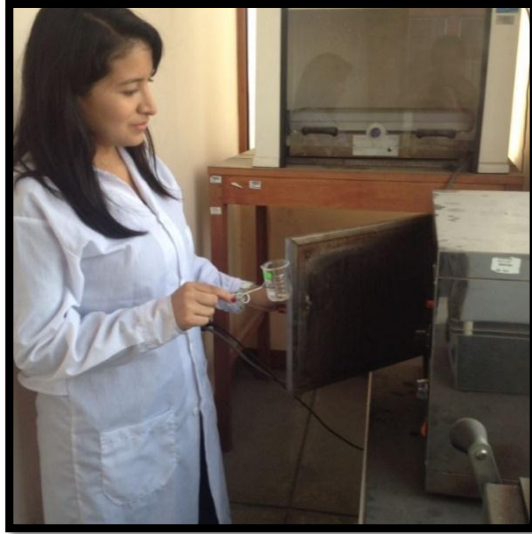
ANEXO N° 6: PLANO DE LA EMPRESA - 2017





**FOTOGRAFIAS:**

Imagen 3: Caracterización de Muestras



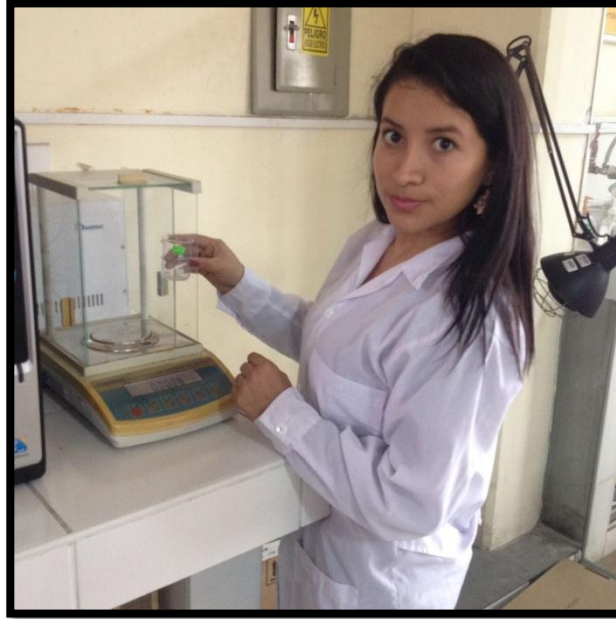
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Imagen 4: Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Imagen 5: Caracterización de AyG en muestras



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Imagen 6: Tratamiento de Agua Residual de las muestras usando Peróxido de Hidrógeno



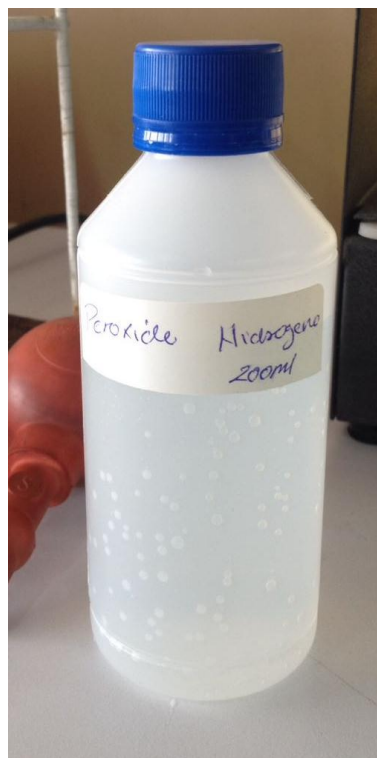
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Imagen 7: Reactor Digital midiendo la Demanda Bioquímica de Oxígeno



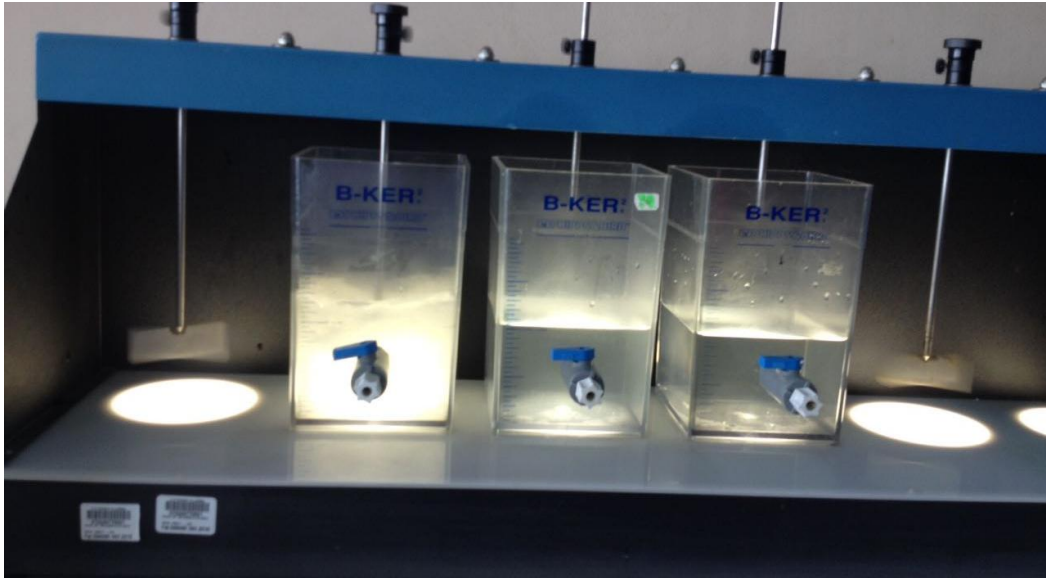
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Imagen 8: Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)



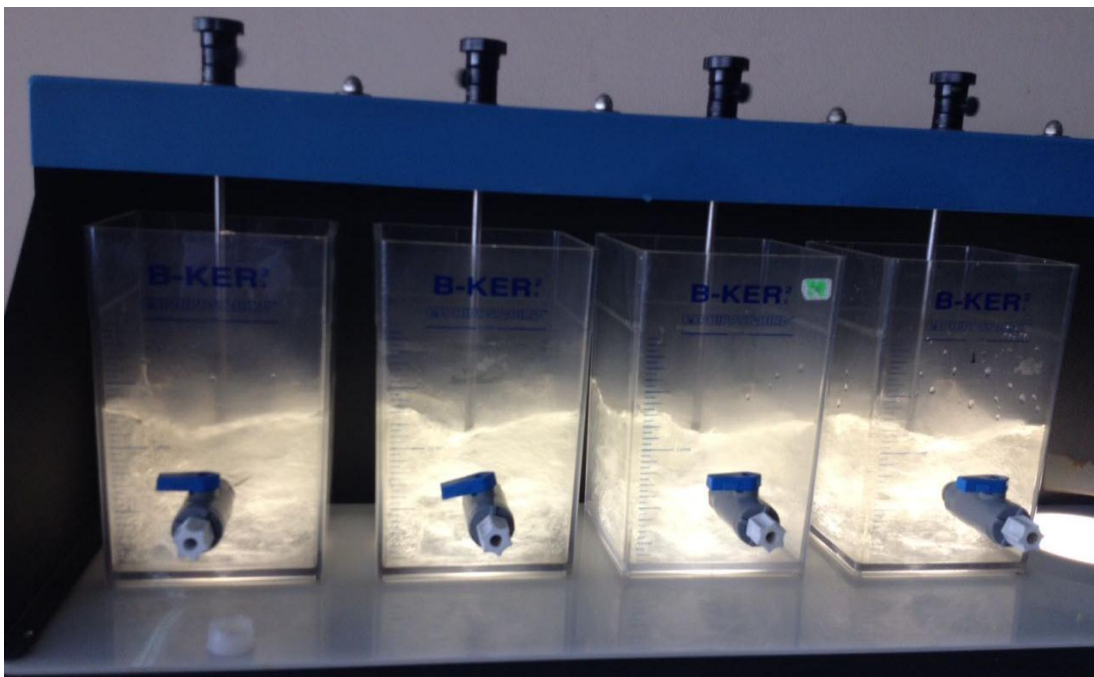
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Imagen 9: Tratamiento de Aguas en el Floculador



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Imagen 10: Floculador en Tratamiento de Aguas Residuales



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (2017)

CUADRO 12. Normas Generales

<b>NORMAS GENERALES</b>		
Constitución Política del Perú	1993	Carta Magna
Ley N° 26821	25/06/1997	Ley de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales
Ley N° 26842	20/07/1997	Ley General de Salud
Ley N° 28611	23/06/2005	Ley General del Ambiente
Decreto legislativo N° 1033	14/05/2008	Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente
<b>NORMAS ESPECÍFICAS</b>		
Ley N° 26338	24/07/1994	Ley General de Servicio de Saneamiento
Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA	01/12/2005	Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicio de Saneamiento Ley N° 26338
Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM	31/07/2008	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua
Ley N° 29338	30/03/2009	Ley de Recursos Hídricos que deroga el Decreto Legislativo N° 17752 (Ley General de Aguas)
Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA	22/03/2010	Clasificación de los Cuerpos de Agua Superficiales
Ley N° 30045	18/06/2013	Ley de Modernización de los Servicios de Saneamiento

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: ZEVALLLOS LEÓN, MÁXIMO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: COORDINADOR DE PPP. I y II
- 1.3. Especialidad del validador: ING. QUÍMICO y CONSULTOR AMBIENTAL.
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Observación
- 1.5. Título de la investigación: Tratamiento de Aguas Res. Ind. de la Emp. Farmacéutica Eurofarma
- 1.6. Autor del instrumento: Farfán Acosta Aura Sara por Metodos Avanzados - Breña 2017

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80%	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80%	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80%	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80%	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80%	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80%	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80%	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80%	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80%	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80%	
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>					<b>80%</b>	

#### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Oxidación Avanzada

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros Físico	- Cronómetro	/		
	- caudalímetro ultrasónico	//		
	- Probeta	//		
Químicos		//		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Segunda variable: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros	- Potenciómetro	✓		
	- Espectrofotómetro	✓		
Físico Químicos	- Floculador	✓		
	- Balanza analítica	✓		
		✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80% %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: 08 de Mayo del 2017



Firma del experto informante.

DNI. N° 08431731 Teléfono N° 996354867.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**
**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: VÁSQUEZ RODRÍGUEZ, AMBER OMAR
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV / UNFU
- 1.3. Especialidad del validador: GESTIÓN AMBIENTAL / CALIDAD DEL AGUA
- 1.4. Nombre del instrumento: FICHA DE OBSERVACIÓN
- 1.5. Título de la investigación: TRATAMIENTO DE AGUAS RES. IND. DE LA F.A.P. FARMACÉUTICA BOST
- 1.6. Autor del instrumento: Farfán Acosta Aura Sara

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>					<b>80</b>	

**III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO**

Primera Variable: Oxidación Avanzada

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	- Cronómetro	✓		
	- Caudalímetro ultrasónico	✓		
	- Probeta	✓		
		✓		
		✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017



Segunda variable: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	Potenciometro	✓		
	Espectrofotometro	✓		
	Floculador	✓		
	Balanza analitica	✓		
		✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- ( ✓ ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: 04/05/2014



Firma del experto informante.

DNI. N° 01748964 Teléfono N° 990077265

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Valdivia Oquendo Branciforte A.  
 1.2. Cargo e institución donde labora: OTC - UCV.  
 1.3. Especialidad del validador: Especialista en CC. Ambientales  
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Observación  
 1.5. Título de la investigación: Tratamiento de Aguas Res. Ind. de la Empresa Eurofarma - Breña 2017  
 1.6. Autor del instrumento: Farfán Acosta Aura Sara

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN: C**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80%	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80%	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80%	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80%	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80%	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80%	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80%	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80%	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>					80	

**III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO**

Primera Variable: Oxidación Avanzada

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	- Cronómetro	✓		
	- Caudalímetro	✓		
	- Ultrasonico	✓		
	- Probeta	✓		
		✓		
		✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Segunda variable: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	Potenciometro	/		
	Espectofotometro	/		
	Floculador	/		
	Balanza analitica	/		
		/		


La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

( ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

(X) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: 07-05-2017



Firma del experto informante.

DNI. N° 10972053 Teléfono N° 996540855

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**
**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dc/Mg: Marco A. Sánchez Alvarado
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
- 1.3. Especialidad del validador: Ing.
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Observación
- 1.5. Título de la investigación: Tratamiento de Aguas Res. Ind. de la Emp. Farmacéutica Euroforma Breña 2017
- 1.6. Autor del instrumento: Farfán Acosta Aura Sara

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					85%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					85%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					85%
4. Organización	Existe una organización lógica.					85%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					85%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					85%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					85%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					85%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85%
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						<b>85%</b>

**III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO**

Primera Variable: Oxidación Avanzada

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros Físico	Cronómetro	✓		
	Caudalímetro	✓		
	Ultrasonico	✓		
Químicos	Propeta	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Segunda variable: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros	Potenciometro	✓		
	Espectofotometria	✓		
Físico Químicos	Floculador	✓		
	Balanza analítica	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: 09 de Mayo del 2017

Firma del experto informante.

DNI. N° 08188280 Teléfono N° 998 460 963

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Luis GAMARRA CHAUARRY
- 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV - SENAMHI
- 1.3. Especialidad del validador: INGENIERO GEOGRAFO - ECONOMISTA
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Observación
- 1.5. Título de la investigación: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de la Empresa Farmacéutica Eurofarma por Oxidación Avanzada - Breña 2017
- 1.6. Autor del instrumento: Farfán Acosta Aura Sara

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					85%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					85%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					85%
4. Organización	Existe una organización lógica.					85%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					85%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					85%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					85%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					85%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85%
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						<b>85%</b>

#### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Oxidación Avanzada

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros	- Cronómetro	✓		
	- Caudalímetro	✓		
	- ultrasónicos	✓		
Físico Químicos	- Probeta	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Segunda variable: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	Potenciometro	/		
	Espectofotometro	/		
	Floculador	/		
	Balanza analitica	/		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

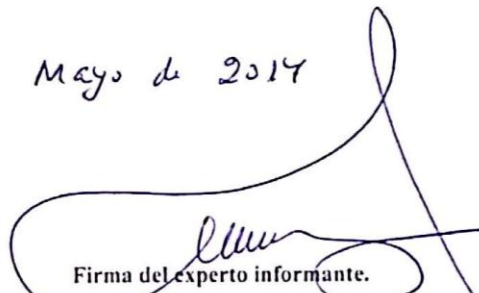
IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

( ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha:

09 de Mayo de 2014



Firma del experto informante.

DNI. N° 10228440 Teléfono N° 952872387

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Delgado Arenas, Antonio Leonardo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coord. de Investigaciones de la EPFA  
 1.3. Especialidad del validador: \_\_\_\_\_  
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Observación  
 1.5. Título de la investigación: Tratamiento de Aguas Res. Ind. de la Empresa Farmacéutica Eurofarma por Oxidación Avanzada - Breña 2017  
 1.6. Autor del instrumento: Farfán Acosta Aura Sara

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95%
4. Organización	Existe una organización lógica.					95%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95%
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						95%

#### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Oxidación Avanzada

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros	Cronómetro	✓		
	Caudalímetro	✓		
	Ultrasónico.	✓		
Físico-químicos	Probeta	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017



020

Segunda variable: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros	Potenciómetro	✓		
	Espectrofotómetro	✓		
Físico-químicos	Floculador	✓		
	Palanza analítica	✓		
		✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: 09 de Mayo del 2017


  
Firma del experto informante.

DNI. N° 29671642 Teléfono N° 999106180

**ENSAYO N° 001-2017**  
**LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE-UNFV**  
**INFORME DE RESULTADOS**  
**AGUAS**

Empresa: Aura Sara Farfán Acosta  
 Dirección: Mz. J3 Lt. 39 –Asoc. Villa Mangomarca  
 Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
 Tipo de muestra: Aguas residuales  
 Identificación de la muestra: Breña  
 Descripción de la muestra: Caracterización de aguas residuales  
 Muestra tomada por: Tesista  
 Fecha de ingreso de muestra: 03/05/2017  
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Medio Ambiente-UNFV  
 Fecha de realización de ensayos: 03/05/2017


PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS				
			M1	M2	M3	M4	M5
TEMPERATURA	°C	LABORATORIO Y DE CAMPO 2550-B	21.2	20.4	21.1	22.8	21.8
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)	Numérico	ELECTROMETRICO-4500-H <sup>+</sup> B	8.5	6.3	4	7.9	9.8
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	DILUCIÓN	805	980	836	714	685
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	REFLUJO CERRADO COLORIMÉTRICO-5220-D.	2713	3270	1880	1736	1560
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	GRAVIMÉTRICO DE FILTRACIÓN	83	60	86	95	58
ACEITES Y GRASAS	mg/L	GRAVIMÉTRICO DE EVAPORACIÓN	160	143	150	168	148

  
 V° B° Ing. Omar Vásquez Aranda  
 DOCENTE

**ENSAYO N° 002-2017**  
**LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE-UNFV**  
**INFORME DE RESULTADOS**  
**AGUAS**

Empresa: Aura Sara Farfán Acosta  
 Dirección: Mz. J3 Lt. 39 –Asoc. Villa Mangomarca  
 Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
 Tipo de muestra: Aguas residuales  
 Identificación de la muestra: Breña  
 Descripción de la muestra: Tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-50%  
 Muestra tomada por: Tesista  
 Fecha de ingreso de muestra: 01/06/2017  
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Medio Ambiente -UNFV  
 Fecha de realización de ensayos: 01/06/2017

MUESTRAS	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50%)			PARÁMETROS					
	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	DOSIS (ml)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	AyG (mg/l)	SST (mg/l)	PH	TEMPERATURA (°C)
M1	5	1	10	2100	750	148	110	7.1	19.8
M2	10	1	10	1850	740	136	90	6.8	20
M3	15	1	10	1780	705	130	85	6.5	21.6
M4	20	1	10	1650	680	140	80	6.6	20.5
M5	25	1	10	1500	630	138	78	6.8	21.3


  
 V° B° Ing. Omar Vásquez Aranda  
 DOCENTE

**ENSAYO N° 003-2017**  
**LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE-UNFV**  
**INFORME DE RESULTADOS**  
**AGUAS**

---

Empresa: Aura Sara Farfán Acosta  
 Dirección: Mz. J3 Lt. 39 –Asoc. Villa Mangomarca  
 Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
 Tipo de muestra: Aguas residuales  
 Identificación de la muestra: Breña  
 Descripción de la muestra: Tratamiento con O<sub>3</sub>  
 Muestra tomada por: Tesista  
 Fecha de ingreso de muestra: 10/06/2017  
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Medio Ambiente -UNFV  
 Fecha de realización de ensayos: 10/06/2017

MUESTRAS	O <sub>3</sub>			PARÁMETROS					
	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	DOSIS (g)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	AyG (mg/l)	SST (mg/l)	PH	TEMPERATURA (°C)
M1	5	1	0.2	1700	680	110	100	7.2	20.1
M2	10	1	0.2	1580	658	98	85	6.9	19.8
M3	15	1	0.2	1260	580	90	78	7.1	20
M4	20	1	0.2	980	450	80	65	6.8	21.1
M5	25	1	0.2	550	308	75	60	7.2	20.3

  
 V° B° Ing. Omar Vásquez Aranda  
 DOCENTE