



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“FITORREMEDIACIÓN ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ICA, 2018”

Presentado por:

Bach. AVENDAÑO CCOYLLO, EMILY

Bach. BEDRIÑANA SOLÍS, NORMA

ROL DE AUTORES del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 19% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 11 de octubre de 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL "San Luis Gonzaga de Ica"
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA - UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Jaime Martínez Hernández
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA DE ICA"
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA - UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Jaime Martínez Hernández
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



**TESIS: FITORREMEDIACIÓN ALTERNATIVA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE
ICA, 2018**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE: INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

Línea de investigación:

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

Presentado Por:

Bach. AVENDAÑO CCOYLLO, EMILY

Bach. BEDRIÑANA SOLÍS, NORMA

ICA- PERÚ

2019



DEDICATORIA

Dedicamos el presente, a nuestros padres por el apoyo en toda nuestra trayectoria, desde nuestra concepción hasta la actualidad, por estar presente en cada una de nuestras etapas de desarrollo y por inculcarnos los valores y principios para nuestro desarrollo en la sociedad.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios y a nuestros padres por guiarnos y permitirnos lograr cada uno de nuestros objetivos trazados; asimismo, agradecemos a nuestra casa de estudios, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica y a la facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria por darnos las bases para nuestro desarrollo profesional.

Agradecemos a nuestro asesor, por el tiempo brindado para guiarnos en cada proceso de desarrollo de la presente investigación, a los docentes de nuestra amada facultad por impartirnos sus conocimientos, a nuestros compañeros y amigos de las aulas y a todos los que hicieron posible el logro de nuestra investigación.



ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada	1
Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Índice de contenidos	4
Índice de tablas.....	5
Índice de figuras.....	6
Resumen.....	7
Abstrac	8
I. INTRODUCCION	9
1.1. Situacion problemática	9
1.2. Antecedentes de investigación	9
1.3. Bases Teóricas	10
1.4. Formulación del problema	11
1.5. Objetivo de investigacion	12
1.6. Hipotesis de investigacion	12
1.7. Variable de investigacion	12
1.8. Justificacion e importancia	13
1.9. Marco conceptual	14
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	16
III. RESULTADOS	21
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
V. CONCLUSIONES	33
VI. RECOMENDACIÓN	34
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	35
ANEXOS	39

CIENCIA Y TECNOLOGÍA
PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Operacionalización de variables	12
Tabla N°2: Métodos estandarizados para análisis en laboratorio	17
Tabla N°3: pH.....	20
Tabla N°4: Oxígeno disuelto	21
Tabla N°5: DBO5	22
Tabla N°6: DQO	23
Tabla N°7: Sólidos suspendidos	24
Tabla N°8: Resultados de la medición de temperatura.....	25
Tabla N°9: Resultados de la medición de pH	26
Tabla N°10: Resultados de la medición de turbidez.....	27
Tabla N°11: Resultados de la medición de DQO	28
Tabla N°12: Resultados de la medición de DBO5	29
Tabla N°13: Resultados de COT	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Departamento de Ica.....	16
Figura N°02: Distritos de Ica.....	16
Figura N°03: Fitorremediación; una alternativa para el saneamiento y conservación de recursos hídricos.....	17
Figura N°04: Distribución del sistema de tratamiento.....	20
Figura N°05: pH.....	21
Figura N°06: Oxígeno disuelto.....	22
Figura N°07: DBO5.....	23
Figura N°08: DQO.....	24
Figura N°09: Sólidos suspendidos.....	25
Figura N°10: Resultados de la medición de Temperatura.....	26
Figura N°11: Resultados de la medición del pH.....	27
Figura N°12: Resultado de la medición de la turbidez.....	28
Figura N°13: Resultados de medición de DQO.....	29
Figura N°14: Resultado de la medición del DBO5.....	30
Figura N°15: Resultado de la medición del COT.....	31

RESUMEN

El estudio de investigación plantea el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la capacidad de remoción de aguas residuales con el tratamiento fitorremediación del distrito de Ica, 2018? y tiene como objetivo: Determinar la capacidad de remoción de aguas residuales con el tratamiento fitorremediación del distrito de Ica, 2018. Se partió de la hipótesis general: Al aplicar fitorremediación la capacidad de remoción del agua tratada de la planta de tratamiento cumple con las normas legales. La investigación es de tipo aplicada, de nivel descriptivo-transversal y de diseño experimental descriptivo. La muestra es las aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Ica. Se utilizó la planta *Chrysopogon Zizanioides*, para la remoción de sustancias en el agua residual. Se concluye que los parámetros de T°, pH, Turbidez, DBO, DQO5 y COT analizados están dentro de los límites permisibles y se puede utilizar esta agua tratada para el riego de cultivos.

Palabras Claves: *Fitorremediación, tratamiento, agua residual, plantas acuáticas, parámetros fisicoquímicos.*



SUMMARY

The research study raises the following research problem: What is the wastewater removal capacity with the phytoremediation treatment of the Ica district, 2018? and its objective is to: Determine the wastewater removal capacity with the phytoremediation treatment of the district of Ica, 2018. It was based on the general hypothesis: By applying phytoremediation, the removal capacity of the treated water from the treatment plant complies with the standards legal. The research is of an applied type, of a descriptive-transversal level and of a descriptive experimental design. The sample is the wastewater from the oxidation lagoon of the Ica district. The *Chrysopogon Zizanioides* plant was used for the removal of substances in the wastewater. It is concluded that the parameters of T°, pH, Turbidity, BOD, COD5 and TOC analyzed are within the permissible limits and this treated water can be used for irrigation of crops.

Key Words: Phytoremediation, treatment, waste water, aquatic plants, physicochemical parameters.



I. INTRODUCCIÓN

“La contaminación de la calidad de las aguas genera que este recurso natural renovable sea cada vez más escaso a nivel mundial, su limitación para el reúso de los volúmenes de agua residual tratada condicionando su estado irreversible” [1].

[2] “Dentro de las grandes incertidumbres para muchas sociedades está en conocer, cuál sería el costo ambiental de la contaminación en los recursos hídricos”, pues “la problemática no es tan simple como pudiera parecer ya que la calidad, además, de ser referida a la variabilidad de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, presencia de químicos naturales que superan sus concentraciones o xenobióticos disponibles” [3], “se ha incluido de forma conjunta, las preocupaciones sobre cuánto resultaría la recuperación y accesibilidad de los recursos hídricos una vez que se encuentren impactados” [4] y [5].

1.1. Situación problemática

“El exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, genera un deterioro del recurso hídrico y en general de los ecosistemas acuáticos debido a la afectación de la calidad fisicoquímica del agua” [6].

[7] “La desmedida ambición que ciertos grupos económicos tienen por aumentar la explotación, control y administración de recursos como el petróleo, el gas natural y la propia agua dulce”, hacen que este último “recurso sea estratégico para el siglo XXI, ya que es un elemento esencial, único e insustituible para la supervivencia de la humanidad” [8].

[1] “El tratamiento de las aguas residuales es prioritario a nivel mundial, para disponer de agua de calidad y en volumen suficiente”. “Entre esta biotecnología como tratamiento se encuentran los Microorganismos Eficaces, que cuentan con las ventajas de ser sistemas de bajo costo de instalación y mantenimiento, comparado con sistemas físicos, químicos y biológicos convencionales” [9].

1.2. Antecedentes de la investigación

Antecedentes a nivel internacional

[10] “Caracterizaron y evaluaron las aguas de dos pozos en La Calera, Santiago de Cuba, dos estaciones de muestreo (Pozos I y II), se realizaron doce muestreos, analizaron con parámetros físico-químicos, bacterias coliformes totales y fecales, los resultados aguas no son aptas”

“Las macrófitas, tienen una gran eficiencia en la remoción de metales pesados. Por ejemplo, la *Salvinia rotundifolia* demostró una alta eficiencia en el tratamiento de plomo” [11]. Posteriormente en la Universidad del Valle (Cali, Colombia) en el año 2012, a modo de escala de laboratorio se evaluó la eficiencia de la *Lemna minor*. “En la remoción del Hierro, los experimentos se realizaron en diferentes concentraciones, obteniendo como resultado que a altas concentraciones la remoción disminuye, esto debido a procesos de saturación” [12]. “Estas publicaciones muestran el inicio de las investigaciones en relación al tratamiento de aguas residuales con macrófitas en el mundo, siendo Colombia uno de los primeros países de Latinoamérica que ha desarrollado este tipo de tecnología” [11].

[13] “Una de las primera investigaciones con la macrófita *Chrysopogon zizanioides*, se desarrolló en el año 1994”, en la cual “Jayashree alude que la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* logro captar Zn, Fe, Cu y Mn en suelos contaminados con aguas residuales de industrias textiles, mediante la Fito extracción, siendo la especie *Chrysopogon zizanioides* altamente tolerantes a suelos contaminados con metales pesados” [13].

Antecedentes a nivel nacional

“Con la disminución de las precipitaciones, el uso de recursos hídricos alternativos, como aguas no convencionales, es más importante que nunca” [14]. “Las aguas residuales tratadas son uno de estos recursos hídricos no convencionales, cuyo uso está aumentando, especialmente en el sector agrícola” [15]. “La utilización deseable de las aguas residuales tratadas requiere la consideración de los problemas ambientales y de salud desde el punto de vista del suelo, las plantas, las aguas superficiales y subterráneas, los agricultores y los consumidores de alimento” [15].

Antecedentes a nivel local

En nuestra región Ica, no existe investigación sobre el tema de investigación.

1.3. Bases teóricas

Fitorremediación

“La idea de utilizar la fitorremediación en aguas residuales fue introducida en el año 1983” y ganó aceptación en 1990 al tratarse de una alternativa verde” [16]. “Se ha estudiado la fitorremediación, uso de microorganismos mediante la adición de fertilizantes para mejorar su población, o la adición directa de microorganismos, para remediar los efectos nocivos de los contaminantes y toxinas del suelo, el agua, y otros entornos” [15]. “Esta tecnología se hace más efectiva a través de la manipulación genética, lo que mejora la capacidad de remediación de las plantas” [17]. “Se han diseñado especies vegetales con una mayor

capacidad de degradación de contaminantes orgánicos o de acumulación de metales pesados” [17].

Tratamiento de Aguas Residuales, Domesticas o Municipales (Ptar)

“El tratamiento de aguas residuales data del año 1800. Esto se desarrolló como consecuencia de la relación entra contaminación de las fuentes de agua y las enfermedades de origen hídrico” [18]. “El tratamiento de aguas residuales es la conversión del agua residual en un efluente final aceptable y la disposición adecuada de los lodos obtenidos en la purificación”[19]. “El principal objetivo que tiene el tratamiento de aguas residuales es eliminar o reducir los contaminantes a niveles que no causen efectos nocivos en humanos o en los ambientes receptores” [20]. “Aunque a principios el tratamiento estuvo dirigido a evitar problemas con la industria y agricultores más que a los problemas de salud” [18]. Esto nos dará la capacidad y eficiencia del sistema de tratamiento mediante su diseño [13].

1.4. Formulación del problema

“El agua es un recurso natural que forma parte del desarrollo de cualquier país; el más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida, es menor debido a su contaminación, incluyendo a los mantos acuíferos [21].

Las aguas residuales vertidas al suelo sin ningún tipo de tratamiento previo, contienen partículas finas y micro organismos, así sólidos disueltos que se infiltran por la matriz del suelo e ingresan en las aguas subterráneas. El agua superficial es contaminada al recibir el agua subterránea contaminada de allí la necesidad de realizar estudios para: demostrar la alternativa de tratamiento de aguas residuales como es la fitorremediación en el distrito de Ica.

1.4.1. Problema principal

¿De qué manera la fitorremediación influye eficientemente en el tratamiento de aguas residuales del distrito de Ica, 2018?

1.4.2. Problemas específicos

P.E.1: ¿Cuál es la situación actual de los de afluente, efluente de la planta de tratamiento del distrito de Ica, 2018?

P.E.2. ¿Cuál es el análisis de los resultados Agua tratada de acuerdo a la normativa vigente en la planta de tratamiento del distrito de Ica 2018?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo principal

Determinar que la fitorremediación influye eficientemente en el tratamiento de aguas residuales del distrito de Ica, 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

O.E.1. Determinar la situación actual de afluente, efluente de la planta de tratamiento de distrito de Ica, 2019.

O.E.2. Analizar los resultados del agua tratada acuerdo a los LMP D.S N° 003 – 2010 – MINAM, ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA D.S N° 015 – 2015 - MINAM.

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1. Hipótesis principal

La fitorremediación influye eficientemente en el tratamiento de aguas residuales del distrito de Ica, 2018.

1.6.2. Hipótesis específicas

H.E.1. La situación actual de afluente, **cumple con LMP** de la planta de tratamiento de distrito de Ica, 2018.

H.E.2. Los resultados del agua tratada **cumplen** los límites máximos permisibles de las aguas residuales para su reúso.

1.7. Variables de investigación

1.7.1. Variable independiente

Fitorremediación

1.7.2. Variable dependiente

Tratamiento de aguas residuales

CIENCIA Y TECNOLOGÍA
PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

1.7.3. Operacionalización de variables

Cuadro N°1: Operacionalización de variables

VARIABLES		INDICADORES	ÍNDICES
INDEPENDIENTE	Fitoremediación	<u>Evaluación y Análisis de los parámetros Físicos, Químicos y biológicos de aguas residuales</u> Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) Sólidos Sedimentables Totales (SST) Nitratos (NO ₃ ⁻) Fosfatos (PO ₄ ³⁻) Fierro (Fe) Existencia de Coliformes Fecales	LMP LMP LMP LMP LMP
DEPENDIENTE	Calidad de agua	<u>Concentración de componentes físicos químicos</u> Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) Sólidos Sedimentables Totales (SST) Nitratos (NO ₃ ⁻) Fosfatos (PO ₄ ³⁻) Fierro (Fe) Existencia de Coliformes Fecales	LMP7 LMP LMP LMP LMP

1.8. Justificación e importancia

1.8.1. Importancia del Estudio

[22] “En la tierra se estima que existe 1 351 millones de km³ ; el 0,003% es agua dulce, agua apta para beber, higiene, agricultura e industria, la mayor parte del agua dulce se encuentra lejos de la civilización para su uso”, “la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que sólo de 9 000 a 14 000 km³ se encuentran económicamente disponibles para el uso humano cada año” [22].

En la actualidad existen muchos métodos para tratar aguas residuales, según Fernández [23] denomina “Sistemas blandos o extensivos, a los sistemas de tratamientos de agua residuales empleados en los centros poblados alejados de la ciudad”, “debido a que consumen menos energía, y suelen ser menos costosos que los sofisticados sistemas de tratamiento convencionales o intensivos, sin comprometer la eficacia en la depuración del agua residual” [23].

“Estos sistemas surgen como un intento de aprovechar las capacidades de autodepuración de los hidrosistemas naturales que cuentan con plantas acuáticas,

particularmente han sido implementados a través de sistemas de humedales para el tratamiento de aguas residuales” [13].

[17] “En esta investigación se evaluará el comportamiento de la *Chrysopogon Zizanioides*, que se constituye en una excelente especie fitorremediadora de aguas residuales y suelos contaminados con metales pesados”. “Por lo que, es importante conocer la capacidad que pueda tener en el tratamiento de aguas residuales y de esta manera realizar un aporte científico que beneficie en la depuración de las aguas residuales” [17].

1.9. Marco conceptual

Calidad del agua

Se define por una o más características físicas, químicas o biológicas. “La evaluación de la calidad de este recurso consiste en un análisis de estas características en relación a la calidad natural, efectos humanos y usos potenciales, particularmente aquellos que podrían afectar la salud humana e impactar sobre el ecosistema acuático” [24].

Contaminación del agua

“Contaminación del agua es cualquier alteración perjudicial en las características físicas, químicas y/o bacteriológicas del agua” [25] (Ley General de Aguas- Decreto Ley N° 17752.1969) modificatoria por la [26] (Ley 29338 Ley de Recursos Hídricos Contaminación del agua) “se refiere al deterioro específico de la calidad del agua, cuando se altera su composición o condición, resulta menos apta para las funciones y propósitos para los que sería apropiada en su estado natural”. [27] “Incluye alteraciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, la descarga de sustancia química, gaseosas, o conviertan estas aguas en un peligro para la salud pública, la seguridad, el bienestar, usos domésticos, comerciales, industriales, agrícolas, recreativos, y otros”. “Se consideren legítimos, o bien para el ganado, los animales salvajes, los peces y la fauna acuática. Incluye también los cambios de temperatura debido a la descarga de agua caliente, (Organización Mundial de la Salud- OMS.2006)” [27].

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

[28] “La DQO es el contenido de materia orgánica en las aguas naturales como de las residuales, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse”.

Efluentes líquidos

Las plantas de extracción de aceite producen grandes volúmenes de aguas residuales de los procesos de esterilización y de clarificación. La clarificación contribuye con la mayor

cantidad de descarga de efluentes. Las aguas residuales con menor carga orgánica provienen de la clarificación realizada con hidrociclones en comparación a los efluentes de la clarificación realizada con centrífugas. El mantenimiento y lavado de los equipos también generan aguas residuales. Las aguas residuales resultantes de la esterilización y la clarificación son manejadas y tratadas antes de ser descargadas, para evitar daños por contaminación a la flora y fauna acuática y a usuarios del agua.



II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Área de estudio

[29] “El departamento de Ica es uno de los veinticuatro departamentos que forman la República del Perú, ubicado en el centro oeste del país, limitando al norte con Lima, al este Huancavelica y Ayacucho, al sur Arequipa y al oeste el Océano Pacífico”.



Figura N°1: Departamento de Ica



Figura N°2: Distritos de Ica

2.2. Puntos de Monitoreo en el Proceso de la Calidad de Agua Residual

Se establecieron puntos de monitoreo en la laguna de oxidación de Cachiche. (Figura 3).



Figura N°3: Fitorremediación; una alternativa para el saneamiento y conservación de recursos hídricos

2.3. La Investigación

2.3.1. Tipo y nivel de la investigación

Tipo de investigación aplicada

Nivel de investigación descriptiva - transversal

Diseño de investigación es experimental- descriptivo

2.3.2. Población y muestra

Población: Estuvo conformada por las aguas residuales del distrito de Ica.

Muestra: Tomada de las lagunas facultativas secundarias y laguna facultativa terciaria del distrito de Ica.

2.3.3. Técnica de recolección de datos

La Técnica que aplicamos para cada momento de la investigación seguiremos la siguiente secuencia:



Se utilizó información muy diversa, tanto de trabajos realizados por entidades privadas como de alguna consultora para la evaluación de alternativas.

2.3.4. Instrumentos de recolección de datos

El procedimiento es:

1. Evaluar la caracterización de los afluentes y efluentes de la laguna de oxidación del distrito de Ica.
2. Análisis Físico, Químico y Biológico del Agua Residual, después de tratamiento con fitorremediación

Cuadro N°2: Métodos estandarizados para análisis en laboratorio

PARÁMETROS	MÉTODOS ESTANDARIZADOS
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	5210 B ROB 5 días
Demanda Química de Oxígenos	5220 D Fotométrico
Coliformes totales NMP/100 mL	ICMSF;2000 TUBOS MULTIPLES
E Coli NMP/100 mL	ICMSF;2000 TUBOS MULTIPLES
Sólidos Suspendidos Totales	2540 D Filtración
Oxígeno Disuelto	4500-OG Oxímetro

Fuente: APHA "American public Health Association"

2.3.5. Técnica de procesamiento de recolección de datos

Tiempo de retención hidráulico (TR) y determinación del flujo continuo

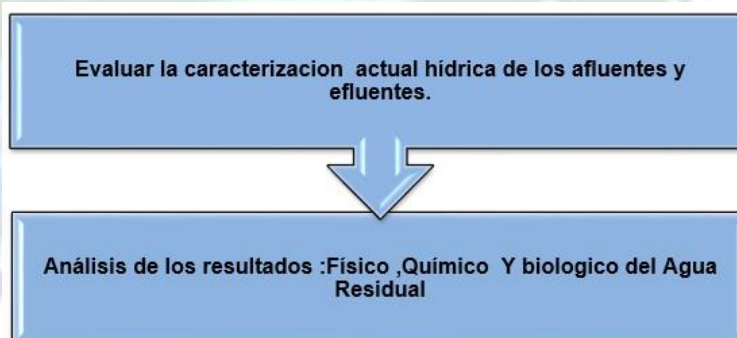
El recipiente contiene 140 ml y después de 2 días se tomó el TR en los recipientes.

Frecuencia de medición de parámetros y puntos de medición

El pH, la T° y turbiedad se tomaron 3 veces al día (9:00 a.m.; 12:00 pm y 3:00 p.m) y el DQO se midió semanalmente (martes, jueves y sábado).

Los puntos de medición son:

- Afluente RAFA
- Efluente control 1
- Efluente control 2
- Vetiver 1
- Vetiver 2



2.3.6. Análisis e interpretación de datos

Seguidamente se realizaron pruebas a nivel de laboratorio e interpretaron los resultados obtenidos, para determinar la calidad de agua.

1. En campo:

Se mide el caudal: se usa una probeta y un cronometro, siendo el caudal establecido de 50 ml/min.

2. En laboratorio:

- ✓ **pH y la T°:** Se midió 3 veces al día, se realizó con el Multiparámetro.
- ✓ **Turbidez:** Se midió 3 veces al día con el Turbidímetro.
- ✓ **DQO:** Se realizó 3 veces a la semana, se utilizó un colorímetro para obtener la medición de DQO en mg/L de cada muestra.
- ✓ **Carbono Orgánico Total.**

2.4. Normatividad

Se realizó el monitoreo in situ, siguiendo los criterios establecidos en el protocolo de aguas residuales como:

- ✓ La Constitución Política de 1993 en el Capítulo II, artículo 66, [30].
- ✓ Ley General de Aguas (D.S. N° 17752), D.S. 261-69-AP, [25].
- ✓ Ley General del Ambiente - Ley N° 28611, en su artículo 32 numeral 32.1, [31].
- ✓ Decreto N.° 003 – 2010 – MINAM (Ministerio del Ambiente), [32].

RAFA

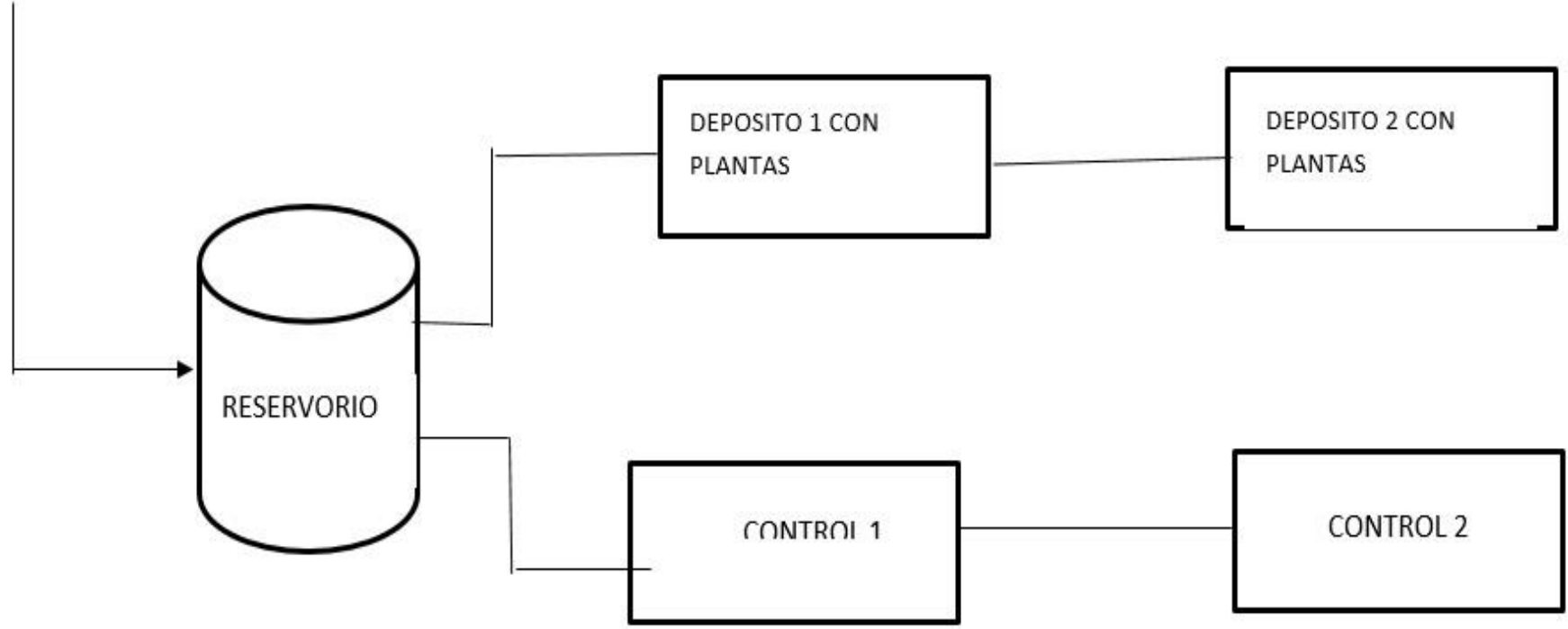
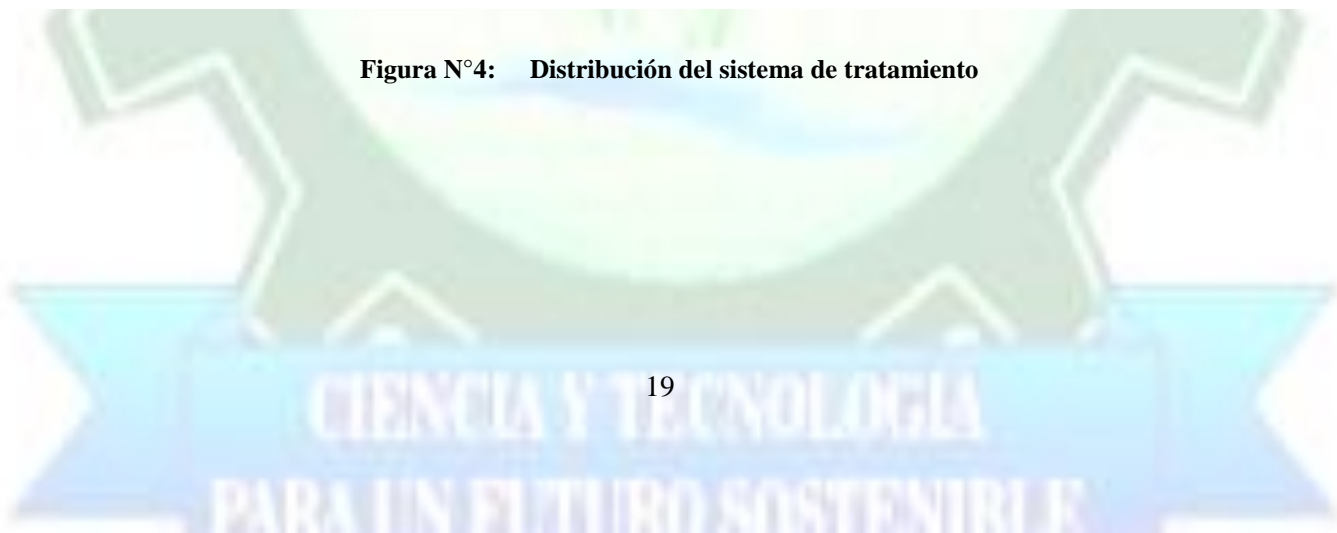


Figura N°4: Distribución del sistema de tratamiento



III. RESULTADOS

3.1. Resultados de los análisis de parámetros de medición de campo

Cuadro N°3: pH

	pH	
	AFLUENTE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM 001)	EFLUENTE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM02)
MUESTRA 1	7,61	7,30
MUESTRA 2	7,49	7,41
MUESTRA 3	7,31	7,32

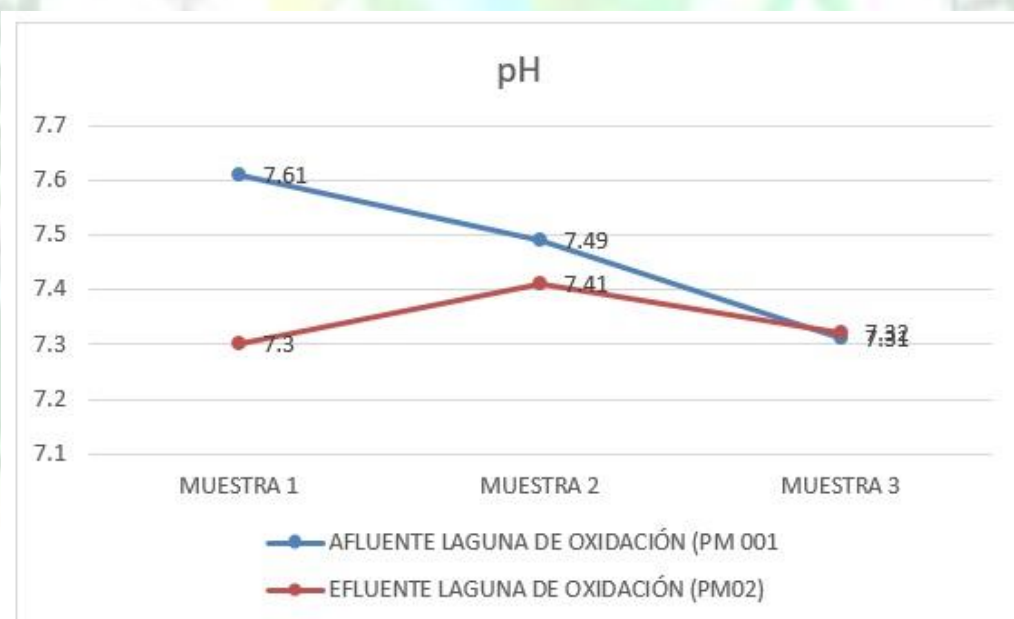


Figura N°5: pH

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica se muestra que el pH de la muestra 1 del afluente de la laguna de oxidación es más alto (7,61) en relación al efluente (7,30).

Cuadro N°4: Oxígeno disuelto

	AFLUENTE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM 001)	EFLUENTE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM02)
MUESTRA 1	0.01	0.00
MUESTRA 2	0.00	0.01
MUESTRA 3	0.06	0.11

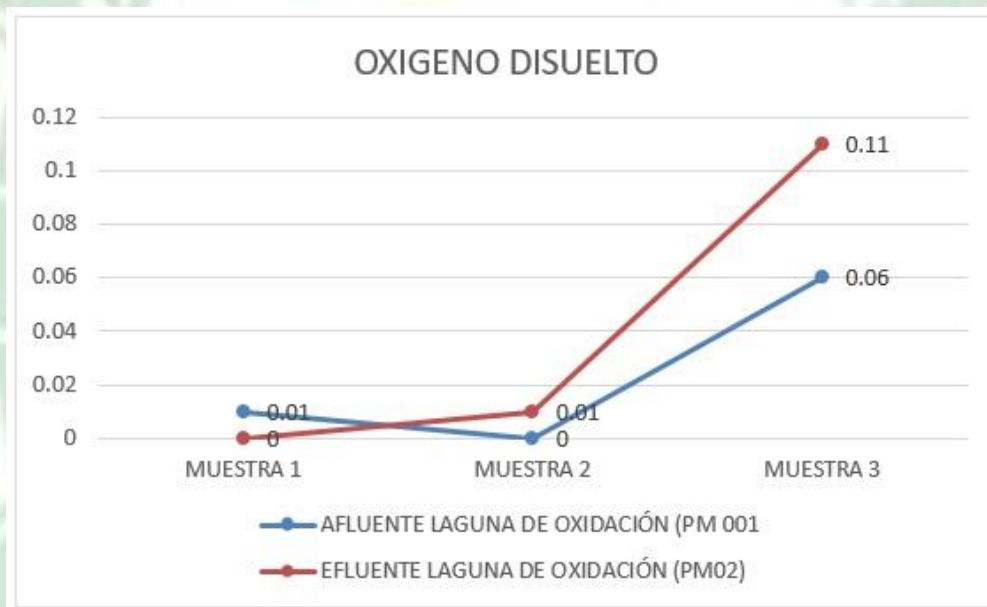


Figura N°6: Oxígeno disuelto

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica se muestra que el oxígeno disuelto de la muestra 1 del afluyente de la laguna de oxidación es más alto (0,01) en relación al efluente (0,00).

CIENCIA Y TECNOLOGÍA
PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

Cuadro N°5: DBO5

DBO5

	AFLUENTE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM 001	EFLUENTE DE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM02)
MUESTRA 1	790.78	418.49
MUESTRA 2	726.40	502.60
MUESTRA 3	401.59	371.39

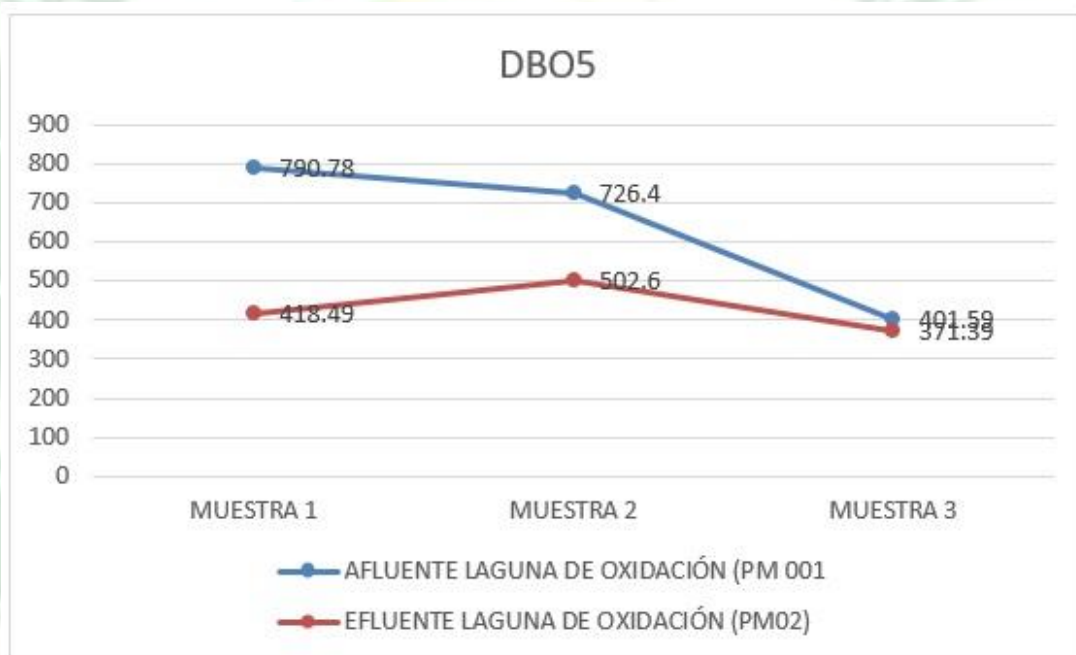


Figura N°7: DBO5

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica se muestra que el DBO5 de la muestra 1 del afluente de la laguna de oxidación es más alto (790,78) en relación al efluente (418,49).

Cuadro N°6: DQO

DQO

	AFLUENTE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM 001)	EFLUENTE DE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM02)
MUESTRA 1	992.3	614.30
MUESTRA 2	894.10	614.40
MUESTRA 3	516.00	404.70

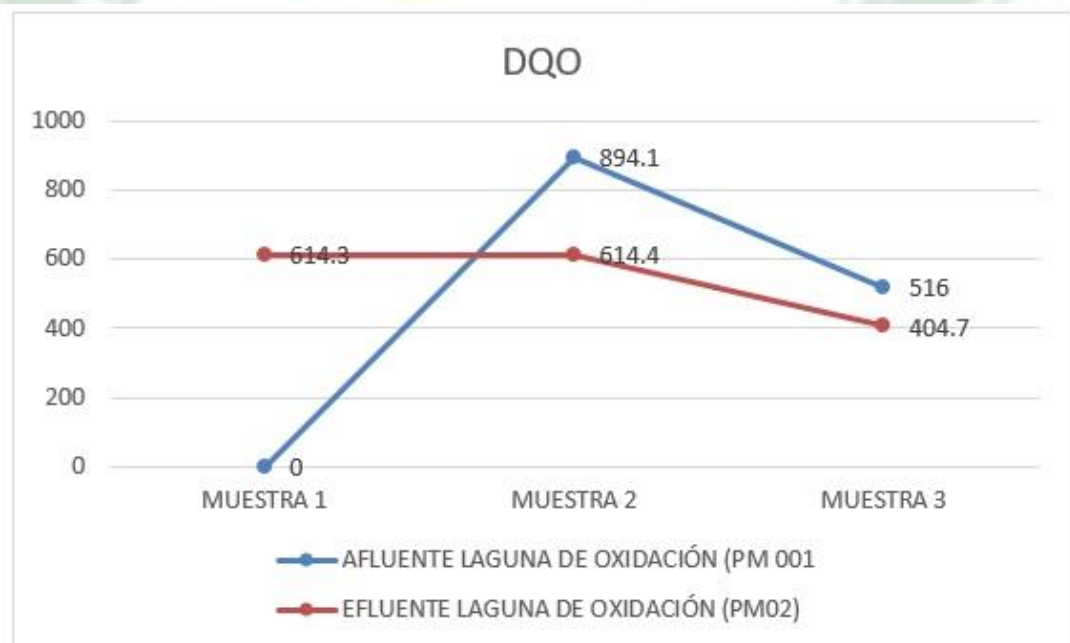


Figura N°8: DQO

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica se muestra que el DQO de la muestra 1 del afluyente de la laguna de oxidación es más alto (992,3) en relación al efluente (614,30).

Cuadro N°7: Sólidos suspendidos

SOLIDOS SUSPENDIDOS

	AFLUENTE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM 001)	EFLUENTE DE LAGUNA DE OXIDACIÓN (PM02)
MUESTRA 1	399.0	216.01
MUESTRA 2	199.01	191.00
MUESTRA 3	214.00	193.00



Figura N°9: Sólidos suspendidos

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica se muestra que los sólidos suspendidos de la muestra 1 del afluente de la laguna de oxidación es más alto (399,0) en relación al efluente (216,01).

3.2. Resultados de medición de parámetros de calidad de agua tratada

Cuadro N°8: Resultados de la medición de temperatura

Resultados de la medición de Temperatura

MESES	AFLUENTE	CONTROL 1	CONTROL 2	DEPOSITO 1	DEPOSITO 2
JULIO	22,38	22,47	22,3	22,08	22,11
AGOSTO	24,02	24,09	25,2	23,32	23,52
SETIEMBRE	25,81	26,34	26,0	25,96	25,85

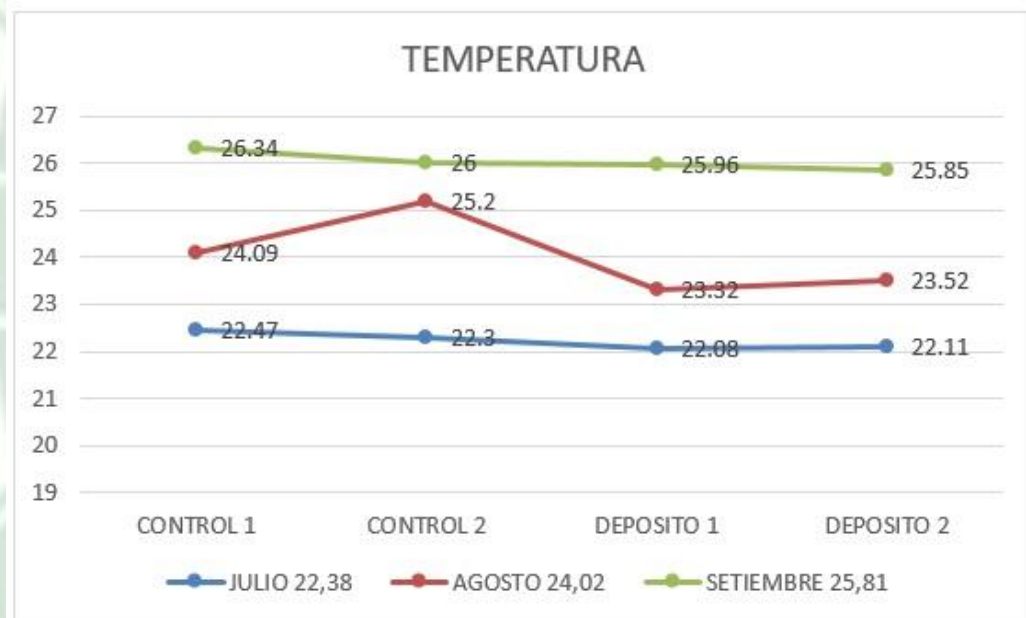


Figura N°10: Resultados de la medición de Temperatura

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica, muestra un aumento de la T°, debido a la radiación solar.

Cuadro N°9: Resultados de la medición de pH

Resultados de medición del pH

MESES	AFLUENTE	CONTROL	CONTROL	DEPOSITO	DEPOSITO
		1	2	1	2
JULIO	7.50	7.80	8.07	7.82	8.11
AGOSTO	7.56	8.46	8.45	8.31	8.51
SETIEMBRE	7.62	8.55	8.69	8.09	8.18

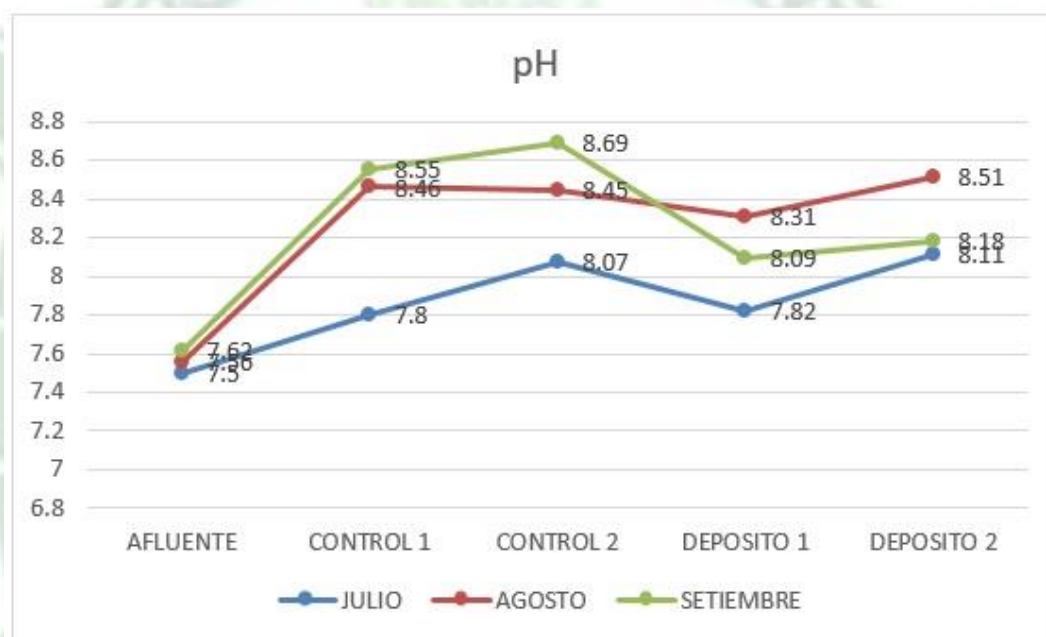


Figura N°11: Resultados de la medición del pH

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica, se observa que el pH tiende a alcalinizarse, con un promedio de 8,1.

Cuadro N°10: Resultados de la medición de turbidez

Resultados de medición de la turbidez

MESES	AFLUENTE	CONTROL 1	CONTROL 2	DEPOSITO 1	DEPOSITO 2
JULIO	44.69	52.57	20.30	40.2	10.2
AGOSTO	53.24	48.06	54.0	30.1	25.58
SETIEMBRE	77.88	114.31	61.70	27.3	24.5

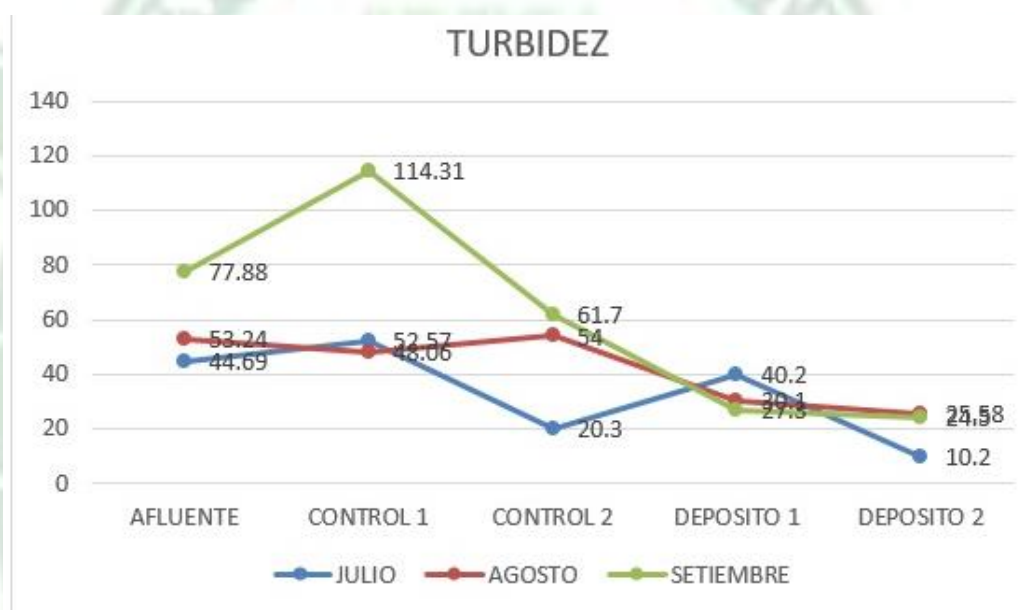


Figura N°12: Resultado de la medición de la turbidez

Interpretación:

La gráfica representa un comportamiento variable, en las unidades con la macrófita hubo una disminución del 82% de turbidez.

Cuadro N°11: Resultados de la medición de DQO

Resultados de medición de DQO

MESES	AFLUENTE	CONTROL		DEPOSITO	
		1	2	1	2
JULIO	180	217	137	121	95
AGOSTO	173	96	121	94	90
SETIEMBRE	136	167	184	111	93

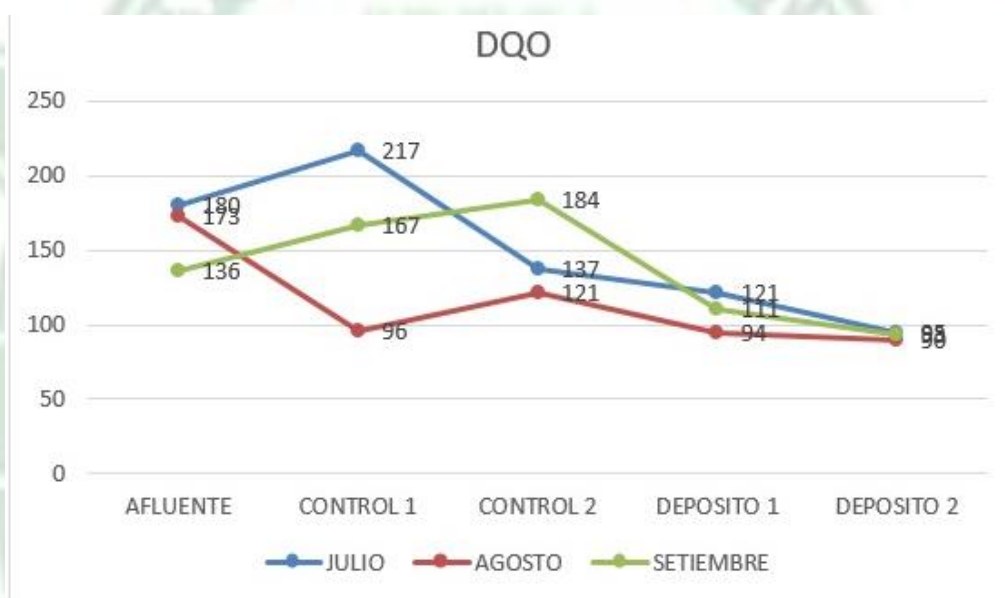


Figura N°13: Resultados de medición de DQO

Interpretación:

De acuerdo a la gráfica, se determina un comportamiento variable en las unidades 1 y 2. En las unidades con macrófita, el comportamiento es de reducción, obteniéndose una alta eficiencia.

CIENCIA Y TECNOLOGIA
PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

Cuadro N°12: Resultados de la medición de DBO5

Resultado de DBO5

MESES	AFLUENTE	CONTROL		DEPOSITO	
		1	2	1	2
JULIO	108	130.2	82.2	72.6	57
AGOSTO	103.8	57.6	72.6	56.4	54
SETIEMBRE	81.6	102.2	110.4	66.6	55.8

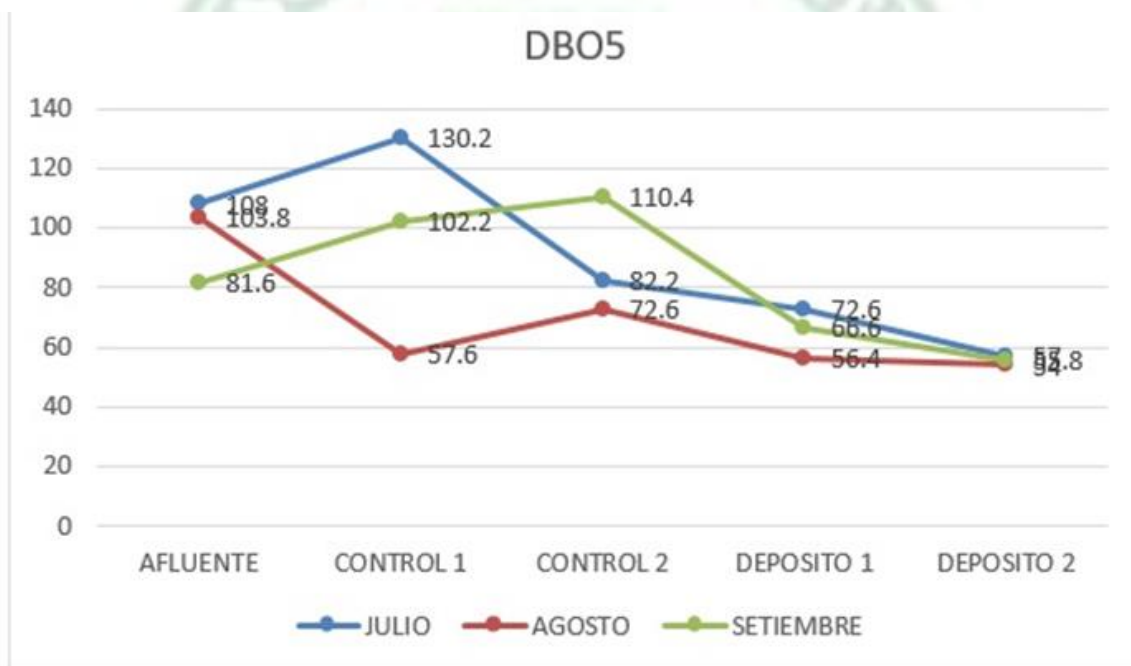


Figura N°14: Resultado de la medición del DBO5

Interpretación:

De la gráfica se observa un comportamiento variable de las unidades 1 y 2, se evidencia una reducción del 24%, en las macrófitas se muestra una reducción del 63%.

Cuadro N°13: Resultados de COT

Resultado de COT

MESES	AFLUENTE	CONTROL	CONTROL	DEPOSITO	DEPOSITO
		1	2	1	2
JULIO	83.8	100.15	63.23	94.38	43.82
AGOSTO	79.85	44.31	55.85	73.32	41.50
SETIEMBRE	62.77	77.08	84.92	86.55	42.82

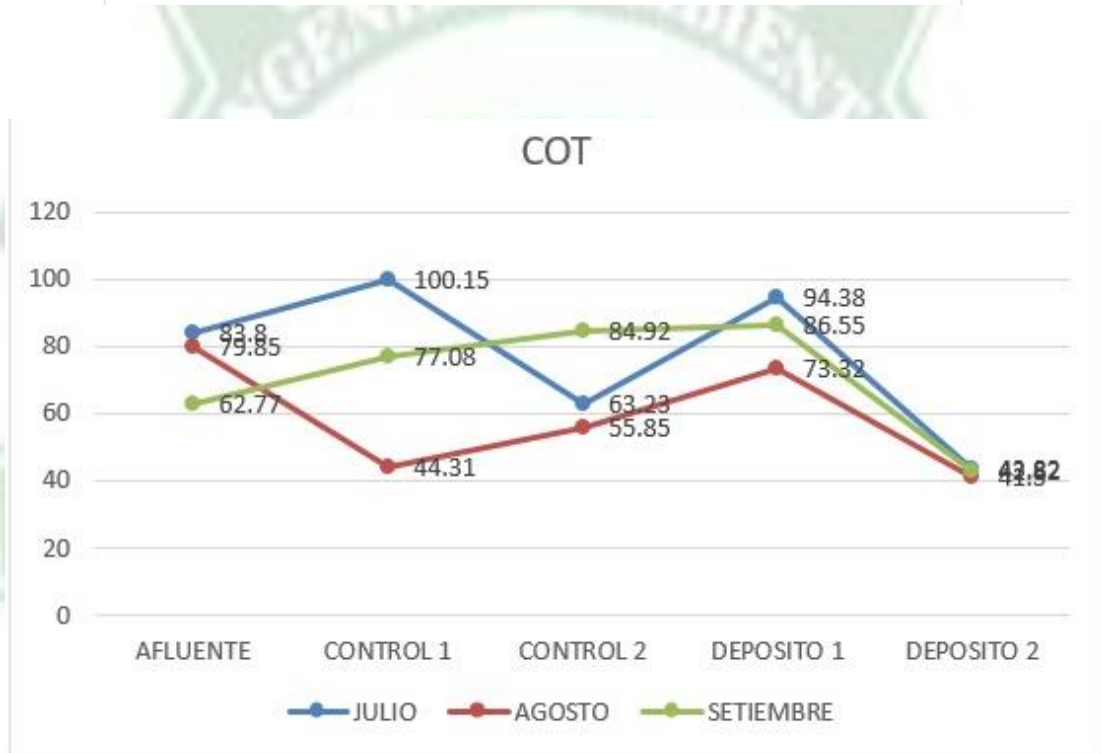


Figura N°15: Resultado de la medición del COT

Interpretación:

En la gráfica se muestra que la remoción de COT, ha disminuido determinándose que hay disminución de la carga orgánica.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

“En la literatura científica existen diversos estudios que refieren el tratamiento de las aguas residuales desde diferentes perspectivas” [33] y [34], “sin embargo, pocos señalan la eficiencia de las plantas de tratamientos incluyendo lagunas de oxidación con relación a la utilización de minerales”. “Comúnmente, las aguas residuales son tratadas mediante procesos biológicos y en el caso de las aguas residuales se utilizan diferentes procesos físico-químicos” [35] y [36], en este estudio, se utilizó naturaleza biológica macrófita *Chrysopogon Zizanioides*

Temperatura

“La temperatura es considerada uno de los parámetros de gran importancia ya que interviene en los todos los procesos biológicos y fisiológicos que se desempeñan en los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas” (García, 2012). La T° promedio de la investigación fue de 23,82°C. “Considerándose la temperatura como uno de los factores más importantes que influye en la demasía, asignación y crecimiento de los organismos acuáticos y en los procesos químicos y físicos de un cuerpo de agua” [37].

pH

“Es necesario mencionar que la descomposición de materia orgánica o de ácidos orgánicos puede también incrementar el nivel de pH en aguas residuales domésticas” [38]. El pH de la investigación fue de 8,26.

DQO

El DQO de la investigación fue de 92,6. “La presente remoción de DQO se debe a que los sistemas tratados con plantas acuáticas, tienen raíces densas las cuales proporcionan más sitios de adhesión para las colonias bacterianas degradadoras de materia orgánica y actúan como filtros de material particulado” [38].

COT

Junto con o en combinación con la DQO y la DBO5, es un parámetro “suma” importante para evaluar la carga orgánica del agua. El COT de la investigación fue de 42,71

V. CONCLUSIONES

1. La remoción de la sustancia biológica en las aguas residuales de las lagunas del distrito de Ica, con la macrófita *Chrysopogon zizanioides*, una eficacia del 63 % en el parámetro de carbono orgánico total (COT).
2. Los parámetros de analizados de T° (23,82°C), pH (8,26), Turbidez (20,09), DQO (92,6) DBO5 (55,6) y el COT (42,71); en las unidades con tratamientos con la macrófita y el control, evidenció una variación significativa, se determinó que estos valores están dentro de los límites permisibles y se pueden utilizar para gúa de riego para cultivos.
3. El proceso del fluido residuales domésticas empleando la macrófita *Chrysopogon zizanioides*, se constituye como una opción a los procedimientos comunes de filtración de sustancia orgánica, porque en su implementación se usó componentes de bajo coste, resultando ser un método de tratamiento efectivo y económico.



VI. RECOMENDACIONES

1. Promover el uso de la fitorremediación, y además se constituye como una estrategia para valorizar la biodiversidad de nuestro país. Asimismo, estas plantas macrófitas, son una opción de proceso de diluir sobrantes de bajo coste y eficiencia.
2. Realizar más repeticiones simultáneas a condiciones controladas de las unidades de tratamiento, para obtener resultados más precisos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. He, H. Zhang, X. Guo, M. Song, J. Zhang, y X. Li, «Ecological risk and economic loss estimation of heavy metals pollution in the Beijiang River», *Ecol. Chem. Eng. S*, vol. 21, n.º 2, pp. 189-199, 2014, doi: 10.2478/eces-2014-0015.
- [2] M. H. Guimarães, A. Mascarenhas, C. Sousa, T. Boski, y D. . Ponce, «The Impact of Water Quality Changes on the Socioeconomic System of the Guadian Estuary: An Assessment of Management Options», *Ecol. Soc.*, vol. 17, 2012.
- [3] X. Wang y S. Zang, «Distribution Characteristics and Ecological Risk Assessment of Toxic Heavy Metals and Metalloid in Surface Water of Lakes in Daqing Heilongjiang Province, China», *Ecotoxicology*, vol. 23, n.º 4, pp. pages609–617, 2014, doi: 10.1007/s10646-014-1177.
- [4] J. Shortle, «Economics and environmental markets: Lessons from water-quality trading», *Agric. Resour. Econ. Rev.*, vol. 42, n.º 1, pp. 57-74, 2013, doi: 10.1017/S1068280500007619.
- [5] R. Dixit *et al.*, «Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: An overview of principles and criteria of fundamental processes», *Sustain.*, vol. 7, n.º 2, pp. 2189-2212, 2015, doi: 10.3390/su7022189.
- [6] J. Sandoval y M. Peña, «Análisis del Desempeño de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial en zonas Tropicales Basado en Modelos Hidráulicos y una Cinética de Primer Orden», 2007.
- [7] R. M. Agudelo C., «El Agua, Recurso Estratégico del Siglo XXI», *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, pp. 91-102, 2005, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/120/12023109.pdf>.
- [8] MINAM, «Objetivos de Desarrollo Sostenible del Milenio e Indicadores. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Investigación e Información.» Lima - Perú, p. 56, 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/ODS-FINAL210716.pdf>.
- [9] M. Romero, A. Colín, E. Sánchez, y L. Ortíz, «Tratamiento de Aguas Residuales por un Sistema Piloto de Humedales Artificiales: Evaluación de la Remoción de la Carga Orgánica.», *Contam. Ambient.*, vol. 25, n.º 3, pp. 157-167, 2009, [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n3/v25n3a4.pdf>.

- [10] C. Chibinda, M. Arada, y N. Pérez, «Characterization for physicochemical methods and evaluation of the quantitative impact of the waters of the Well the Limestone Quarryn», *Rev. Cuba. Quím.*, vol. 29, n.º 2, pp. 303-321, 2017, [En línea]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v29n2/ind10217.pdf>.
- [11] J. Martelo y J. Lara, «Floating macrophytes on the wastewater treatment: a state of the art review.», *Ing. y Cienc.*, vol. 8, n.º 15, pp. 221-243, 2012.
- [12] V. Fierro y P. Ramirez, «Evaluacion del Proceso de Remocion de Hierro por Medio de la Zeolita Clinoptilolita en el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales», FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, 2016.
- [13] M. Campoverde, «Remoción de materia orgánica mediante Chrysopogon Zizanioides en el tratamiento secundario de aguas residuales domesticas de Citrar», UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR, 2017.
- [14] E. Kalbali, S. Ziaee, M. M. Najafabadi, y M. Zakerinia, «Approaches to adapting to impacts of climate change in northern Iran: The application of a Hydrogy-Economics model», *J. Clean. Prod.*, vol. 280, p. 124067, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124067.
- [15] M. M. Mirzaee, M. ZakeriNia, y M. Farasati, «The effects of phytoremediation of treated urban wastewater on the discharge of surface and subsurface drippers (Case study: Gorgan wastewater treatment plant in northern Iran)», *Clean. Eng. Technol.*, vol. 4, n.º July, p. 100210, 2021, doi: 10.1016/j.clet.2021.100210.
- [16] K. Perales, «“Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas Por Fitorremediación Con Eichornia Crassipes En La Zona Rural Del Caserío Santa Catalina Moyobamba 2017.», 2018.
- [17] A. E. Delgadillo-López, C. A. González-Ramírez, F. Prieto-García, J. R. Villagómez-Ibarra, y O. Acevedo-Sandova, «Phytoremediation: An alternative to eliminate pollution», *Trop. Subtrop. Agroecosystems*, vol. 14, n.º 2, pp. 597-612, 2011.
- [18] J. Romero Rojas, *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño*, "da Edició. Bogota: Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.
- [19] J. Romero Rojas, *Tratamiento de Aguas Residuales - Teoria y Principios de Diseño*. Colombia: Editorial Escuela Colombiana De Ingenieria, 2004.
- [20] E. Diaz, A. Alvarado, y K. Camacho, «El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento

- de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México», *Quivera*, vol. 14, n.º Enero-junio, pp. 79-97, 2012, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>.
- [21] A. Castañeda y H. Flores, «Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México», *Paakat Rev. Tecnol. y Soc.*, vol. 3, n.º 5, p. 13, 2013.
- [22] J. Winpenny *et al.*, *Reutilización del Agua en la Agricultura : ¿ Beneficios para todos ?* 2013.
- [23] Y. Fernandez-Moreno, «¿Por qué estudiar percepciones ambientales?. Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas.», *Darwiniana*, vol. 3XV, n.º 43, p. pp 179-202, 2008, doi: 10.14522/darwiniana.2014.383-4.171.
- [24] FAO, «The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress. 2015», 2015. .
- [25] D. L. N°17752, «Ley General de Aguas. Decreto Ley N° 17752», *El Presidente de la República*. Lima, p. 34, 1969, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [26] R. de la ley de R. H. N°29338, «Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N°29338». p. 81 pp., 2010.
- [27] OMS, «Estrategia OMS de cooperación en los países», Ginebra, Suiza, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/253119/WHO-CCU-16.04-spa.pdf;jsessionid=F8E8B9B025A6B5CCA620415A21A2E17C?sequence=1>.
- [28] Metcalf y Eddy, *Ingeniería de Aguas Residuales. Volumen 1: Tratamiento, Vertido y Reutilización*, Tercera Ed. España, 2016.
- [29] INEI, *Instituto Nacional de estadística e Informática. Sistema ESTADÍSTICO nacional*. Oficina Departamental de Estadística e Informática de ICA, 2017.
- [30] C. P. del Perú, «Constitución Política del Perú. Promulgada el 29.dic.1993 y Ratificada en el Referéndum del 31.dic.1993». Congreso de la República, Lima - Perú, p. 136 pag., 1993.
- [31] Ley_General-del-Ambiente_N°28611, «Ley General del Ambiente N° 28611». Lima - Perú, p. 35 pag., 2005.
- [32] Decreto Supremo N°003-MINAM (Ministerio del Ambiente), «Decreto Supremo N°

- 003-2010-MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales», *Normas Legales El Peruano*. Normas Legales. El Peruano Lima, miércoles 17 de marzo de 2010, Lima-Perú, pp. 1-2, 2010, [En línea]. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf.
- [33] Y. Lorenzo-Toja, I. Vázquez-Rowe, S. Chenel, D. Marín-Navarro, M. T. Moreira, y G. Feijoo, «Eco-Efficiency Analysis of Spanish WWTPs Using the LCA+DEA Method», *Water Res.*, vol. 68, pp. 651-666, 2015, doi: 10.1016/j.watres.2014.10.040.
- [34] M. M. Senante, F. H. Sancho, y R. S. Garrido, «Estado actual y evolución del saneamiento y la depuración de aguas residuales en el contexto nacional e internacional», *An. Geogr. la Univ. Complut.*, vol. 32, n.º 1, pp. 69-89, 2012, doi: 10.5209/rev-AGUC.2012.v32.n1.39309.
- [35] P. Aragonés-Beltrán, J. A. Mendoza-Roca, A. Bes-Piá, M. García-Melón, y E. Parra-Ruiz, «Application of Multicriteria Decision Analysis to Jar-Test Results for Chemicals Selection in the Physical-Chemical Treatment of Textile Wastewater», *J. Hazard. Mater.*, vol. 164, n.º 1, pp. 288-295, 2009, doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.08.046.
- [36] S. Li, «Medición del Potencial de Generación de Agua Ácida para un Relave en la Zona Central del Perú y sus Necesidades de Neutralización», PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2013.
- [37] M. & Eddy, *Ingeniería de aguas residuales*, McGraw-Hil. España, 1995.
- [38] C. Valdivia, «Eficiencia de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms Laub- Pontederiaceae y *Nasturtium officinale* W.T. Aiton - Brassicaceae en el remoción de DBO5 y DQO del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín», UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, 2019.



ANEXO

ANEXO N° 01: FORMATO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Nro.	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS							LMP DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM	ECA	
			AFLUENTE	EFLUENTE	Pto. 1	Pto. 2	Pto. 3	Pto.. 4	PORCENTAJE DE REMOCION			
1	FISICO-QUIMICOS Y BIOLOGICOS											
1.1.	pH	Unid. pH									6.5 - 8.5	6.5 - 9.0
1.2	Temperatura	C°									<35	<30
1.3.	Color	uc									NO APLICA	100
1.4.	DBOs	mg/L									100	< 5
1.5	DQO	mg/L									200	200
1.6.	Nitratos	mg/L									NO APLICA	100
1.7	Sólidos Totales Suspendidos	mg/L									150	<50
1.8	Aceites y grasas	mg/L									20	5
1.9	Olor	Up									NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Elaboración Propia

