

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**

### **UNIDAD DE POSGRADO – FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**



### **MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

#### **TESIS**

**“JACINTO DE AGUA Y TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL  
PROCESO DE FITORREMEDIACION DE LAS LAGUNAS PTAR-  
EL INDIÓ”**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

**EJECUTOR:       Ing. FERNANDO NUÑEZ ALBERCA**

**ASESOR:         Ing. JONATHAN WILSON SANCARRANCO ESTELA MSc.**

#### **Línea de Investigación:**

**Aprovechamiento y gestión sostenible del Ambiente y los Recursos  
Naturales.**

**Piura  
2021**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

## ESCUELA DE POSGRADO

### UNIDAD DE POSGRADO – FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS



## MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

### TESIS

**“JACINTO DE AGUA Y TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL  
PROCESO DE FITORREMEDIACION DE LAS LAGUNAS PTAR-  
EL INDIO”**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "fernando", is positioned above a horizontal line.

Ing. FERNANDO NUÑEZ ALBERCA  
**EJECUTOR**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jonathan", is positioned above a horizontal line.

Ing. JONATHAN WILSON SANCARRANCO ESTELA MSc  
**ASESOR**

Piura – 2021

# ESCUELA DE POSGRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

## ACTA DE SUSTENTACIÓN MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

Los Miembros del Jurado Calificador que suscriben, reunidos para la sustentación de la Tesis, para optar el Grado Académico de Maestro en **INGENIERÍA AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**. Presentado por:

### NUÑEZ ALBERCA - FERNANDO

Con el asesoramiento del **MAG. JONATHAN WILSON SANCARRANCO ESTELA**, denominada:

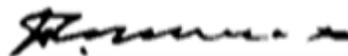
### “JACINTO DE AGUA Y TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN DE LAS LAGUNAS PTAR “EL INDIO”

Oídas las respuestas y absueltas las observaciones formuladas, se declara:

APROBADO				DESAPROBADO
<i>Excelente</i>	<i>Sobresaliente</i>	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>	
_____	<b>X</b> _____	_____	_____	_____

En consecuencia, previa aprobación del Art.º 83, del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, queda en condiciones de ser calificado **APTO** para obtener el Grado Académico de Maestro en **INGENIERÍA AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**. De conformidad con lo estipulado en la ley.

Piura, Sábado 24 de Abril del 2021.



DR. HIPOLITO TUME CHAPA  
PRESIDENTE



DR. ARMANDO REYES PEÑA  
SECRETARIO



MAG. ELMER ARENAS RIOS  
VOCAL

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

## ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO – FACULTAD DE INGENIERÍA  
DE MINAS



### MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

TESIS

“JACINTO DE AGUA Y TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL  
PROCESO DE FITORREMEDIACION DE LAS LAGUNAS PTAR-  
EL INDIÓ”

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Hipolito Tume Chapa".

DR. HIPOLITO TUME CHAPA  
PRESIDENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Armando Reyes Peña".

DR. ARMANDO REYES PEÑA  
SECRETARIO

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Elmer Arenas Rios".

MAG. ELMER ARENAS RIOS  
VOCAL

PIURA-2021

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Yo, **Fernando Nuñez Alberca**, identificado con DNI N° 44547363, Ingeniero de Petróleo de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Piura, domiciliado en Residencial Piura, calle Jr. La Arena 1003 Mz H Lote 22 distrito de Piura, Provincia de Piura, Departamento de Piura, celular: 969605973, con email: [fernando\\_nalberca@hotmail.com](mailto:fernando_nalberca@hotmail.com).

DECLARO BAJO JURAMENTO: Que la tesis para optar el grado académico de Maestro/Magister en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de un trabajo de una tesis desarrollada, y /o realizado en el Perú o en el extranjero, en caso de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley n° 27444, y Ley de Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, Marzo del 2021



---

Fernando Nuñez Alberca

DNI N°44547363

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fuerza y sabiduría en aquellos momentos de debilidad, y brindarme día a día la salud y las ganas para poder vencer todo obstáculo de la vida y lograr llegar hasta este punto importante de mi vida.

A mis Hermanos, Victoria, Victor y Anali, por su apoyo mutuo e incondicional y por las buenas vibras para que día a día continúe con mis objetivos trazados durante esta etapa de mi vida.

A mis Padres, Victor Raúl y Hermelinda, quienes siempre supieron guiarme por el camino del bien, inculcando valores para ser mejor ser humano, y el sacrificio que siguen realizando para poder ser lo que soy ahora.

A mi Esposa Violeta, por estar en todo momento, desde el inicio de mi vida universitaria aconsejando y brindando el apoyo, fuerza y amor para salir adelante como persona y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios, por ser la luz que ilumina cada día y dar la bendición de continuar con los proyectos de mi vida.

A mis padres, hermanos y esposa por su apoyo, confianza y fuerza que me brindaron, para seguir adelante y alcanzar mi objetivo a pesar de las dificultades que se presentaban.

A mi asesor de tesis, MSc Jhonathan W. Sancarranco Estela, por su orientación, presencia, sugerencias y apoyo durante el desarrollo de la tesis.

A La Empresa Icoserge por su colaboración, realización de los muestreos y análisis de la tesis, y por sus aportes significativos, sugerencias y críticas que fueron de suma importancia para la culminación de la tesis.

A mi Alma Mater, Universidad Nacional de Piura, que me permitió estudiar mi carrera universitaria, Posgrado en Ingeniería Ambiental y seguridad industrial; y en adelante continuar por un nuevo escalón de mi vida profesional.

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros de Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Piura presento ante ustedes la Tesis titulada “Jacinto de Agua y tiempo de permanencia en el proceso de fitorremediación de las lagunas PTAR-El Indio”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para optar el Grado Académico de Magister en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial.

El Autor

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>I. CONSIDERACIONES GENERALES</b> .....	2
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	2
1.1.1. Ubicación Geográfica en PTAR “EL INDIO” .....	3
1.1.2. Descripción del Sistema de Tratamiento en PTAR “EL INDIO” .....	4
1.1.3. Situación Actual del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales .....	7
1.1.4. Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos .....	9
1.1.5. Inspección de Estado Situacional .....	10
1.1.6. Monitoreo de PTAR “El Indio” .....	13
1.1.7. Proyectos en Ejecución .....	14
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	14
1.2.1. Problema general .....	14
1.2.2. Problema específico .....	14
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	15
<b>1.4. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	15
<b>1.5. OBJETIVOS</b> .....	15
1.5.1. Objetivo general .....	15
1.5.2. Objetivos específicos .....	15
<b>1.6. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	16
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	16
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	16
<b>2.2. BASES TEÓRICAS</b> .....	19
2.2.1. Aguas Residuales .....	19
2.2.2. Clasificación de Aguas Residuales .....	25
2.2.3. Sistema de tratamiento de aguas residuales .....	27
2.2.4. Sistema de plantas macrofitas flotantes .....	28
2.2.5. Descripción de las especies vegetales .....	29

2.3.	<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	31
2.4.	<b>MARCO REFERENCIAL</b> .....	32
2.5.	<b>HIPÓTESIS</b> .....	36
2.5.1.	Hipótesis general .....	36
2.5.2.	Hipótesis nula .....	36
2.6.	<b>DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	36
<b>III.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>37</b>
3.1.	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	37
3.1.1.	Tratamiento con macrófitas Jacinto de Agua .....	38
3.1.2.	Determinación de Parámetros Físico-Químicos, Inorgánicos y Microbiológicos en las aguas residuales PTAR “El Indio” .....	40
3.2.	<b>VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN</b> .....	43
3.3.	<b>POBLACION Y MUESTRA</b> .....	47
3.3.1.	Población .....	47
3.3.2.	Muestra .....	47
3.3.3.	Mediciones.....	47
3.4.	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	47
3.4.1.	Técnicas .....	47
3.4.2.	Instrumentos .....	47
3.4.3.	Descripción de las Etapas: .....	49
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>59</b>
4.1.	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE AFLUENTE Y EFLUENTE</b> .....	63
4.2.	<b>FASE DEL TRATAMIENTO CON MACRÓFITAS (JACINTO DE AGUA)</b> .....	67
4.3.	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE TRATAMIENTOS CON MACRÓFITAS (JACINTO DE AGUA): TRATAMIENTO N°01- M1 Y TRATAMIENTO N°02- M2</b> .....	75
4.4.	<b>COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES</b> .....	84
4.5.	<b>DATOS DE CAMPO - COMPORTAMIENTO DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS (pH, Conductividad y T°)</b> .....	90
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>102</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>104</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>105</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>107</b>

## LISTADO DE TABLAS

	Página	
Tabla N° 01	Análisis de Afluente – El Indio (EPS GRAU)	09
Tabla N° 02	Análisis de Efluente. El Indio (EPS GRAU)	10
Tabla N° 03	Actividades realizadas en PTAR “El Indio” y “Cuevin”	12
Tabla N° 04	Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y agua residual	22
Tabla N° 05	Composición típica de un agua residual doméstica	25
Tabla N° 06	Taxonomía del Jacinto de Agua	30
Tabla N° 07	Diagrama de flujo de proceso de investigación	38
Tabla N° 08	Matriz de Operacionalización de variables	46
Tabla N° 09	Instrumentos de recolección de datos	48
Tabla N° 10	Descripción de la Estación de Muestreo	59
Tabla N° 11	Resultado Monitoreo de Afluente PTAR “El Indio”	60
Tabla N° 12	Resultado Monitoreo de Efluente PTAR “El Indio”	61
Tabla N <sup>a</sup> 13	Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)	62
Tabla N° 14	Resultados Monitoreo de Tratamiento N° 01-M1	68
Tabla N° 15	Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)	69
	Tratamiento N°01-M1	
Tabla N° 16	Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)	70
	Tratamiento N°01-M1 para Parámetros Inorgánicos (Metales)	
Tabla N° 17	Resultado Monitoreo de Otros Parámetros Inorgánicos	71
	(Metales)	
Tabla N° 18	Resultado Monitoreo de Tratamiento N° 02 –M2	72
Tabla N° 19	Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)	73
	Tratamiento N°02 – M2	
Tabla N° 20	Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)	74
	Tratamiento N°02-M2 para Parámetros Inorgánicos (Metales)	
Tabla N° 21	Resultados Monitoreo de Otros Parámetros Inorgánicos	75
	(Metales)	

## LISTADO DE FIGURAS

### Página

<b>Figura N° 01</b>	<b>Ubicación geográfica de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR “El Indio”</b>	<b>03</b>
<b>Figura N° 02</b>	<b>Diagrama de flujo del sistema de recolección y tratamiento de las aguas residuales en la PTAR “El Indio”</b>	<b>05</b>
<b>Figura N° 03</b>	<b>Esquema del sistema de tratamiento PTAR “El Indio”</b>	<b>06</b>
<b>Figura N° 04</b>	<b>Vista del sistema de tratamiento rehabilitado “El Indio”</b>	<b>06</b>
<b>Figura N° 05</b>	<b>Canaleta de Captación PTAR “El Indio”</b>	<b>07</b>
<b>Figura N° 06</b>	<b>Laguna Primaria N° 01 PTAR “El Indio”</b>	<b>08</b>
<b>Figura N° 07</b>	<b>Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un Agua residual, según su diámetro</b>	<b>21</b>
<b>Figura N° 08</b>	<b>Morfología de la Eichornia Crassipes</b>	<b>30</b>
<b>Figura N° 09</b>	<b>Diseño de los dos tratamientos</b>	<b>41</b>
<b>Figura N° 10</b>	<b>Monitoreo Inicial en PTAR “El Indio”</b>	<b>49</b>
<b>Figura N° 11</b>	<b>Identificación y Extracción de macrófitas “Jacinto de Agua” de Rio Chira para empleo de investigación.</b>	<b>52</b>
<b>Figura N° 12</b>	<b>Diseño de peceras utilizadas en proyecto de investigación</b>	<b>53</b>
<b>Figura N° 13</b>	<b>Toma de muestra de agua residual de Laguna PTAR “El Indio”</b>	<b>54</b>
<b>Figura N° 14</b>	<b>Medición in situ de agua residual PTAR “El Indio”</b>	<b>55</b>
<b>Figura N° 15</b>	<b>Control de Macrófitas (Jacinto de agua)</b>	<b>55</b>
<b>Figura N° 16</b>	<b>Monitoreo diario de Parámetros: pH, Conductividad y T°</b>	<b>57</b>

## GRÁFICOS

	Página	
Gráfico N° 01	Comportamiento de las concentraciones de Aceites y Grasas	63
Gráfico N° 02	Comportamiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes	64
Gráfico N° 03	Comportamiento de las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno	64
Gráfico N° 04	Comportamiento de las concentraciones de Demanda Química de Oxígeno	65
Gráfico N° 05	Comportamiento de las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales	66
Gráfico N° 06	Comportamiento de Ph en Afluente y Efluente de Aguas residuales PTAR “El Indio”	66
Gráfico N° 07	Comportamiento de T° en Afluente y Efluente de Aguas residuales PTAR “El Indio”	67
Gráfico N° 08	Comportamiento de las concentraciones de Aceites y Grasas –Tratamiento M1 y M2	76
Gráfico N° 09	Comportamiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes –Tratamiento M1 y M2	77
Gráfico N° 10	Comportamiento de las concentraciones de DBO Tratamiento M1 y M2	78
Gráfico N° 11	Comportamiento de las concentraciones de DQO Tratamiento M1 y M2	79
Gráfico N° 12	Comportamiento de las concentraciones de Sólidos Suspendidos Torales - Tratamiento M1 y M2	80
Gráfico N° 13	Comportamiento de las concentraciones de Detergentes Tratamiento M1 y M2	81
Gráfico N° 14	Comportamiento de las concentraciones de Oxígeno Disuelto -Tratamiento M1 y M2	82
Gráfico N° 15	Comportamiento de pH – Tratamiento M1 y M2	83

<b>Gráfico N° 16</b>	<b>Comportamiento de T° – Tratamiento M1 y M2</b>	<b>83</b>
<b>Gráfico N° 17</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°01-M1: Aluminio, Arsénico y Bario</b>	<b>84</b>
<b>Gráfico N° 18</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°01-M1: Berilio, Boro y Cadmio</b>	<b>84</b>
<b>Gráfico N° 19</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°01-M1: Cobre, Cobalto y Cromo</b>	<b>85</b>
<b>Gráfico N° 20</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°01-M1: Hierro, Litio y Magnesio</b>	<b>85</b>
<b>Gráfico N° 21</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°01-M1: Manganeso, Mercurio, Niquel y Zinc</b>	<b>86</b>
<b>Gráfico N° 22</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°02-M2: Aluminio, Arsénico y Bario</b>	<b>87</b>
<b>Gráfico N° 23</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°02-M2: Berilio, Boro y Cadmio</b>	<b>87</b>
<b>Gráfico N° 24</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°02-M2: Cobre, Cobalto y Cromo</b>	<b>88</b>
<b>Gráfico N° 25</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°02-M2: Hierro, Litio y Magnesio</b>	<b>88</b>
<b>Gráfico N° 26</b>	<b>Comportamiento de las concentraciones de Metales Tratamiento N°02-M2: Manganeso, Mercurio, Niquel y Zinc</b>	<b>89</b>
<b>Gráfico N° 27</b>	<b>Comportamiento de pH – Muestra N° 01 Semana N° 01</b>	<b>90</b>
<b>Gráfico N° 28</b>	<b>Comportamiento de pH – Muestra N° 01 Semana N° 02</b>	<b>90</b>
<b>Gráfico N° 29</b>	<b>Comportamiento de pH – Muestra N° 01 Semana N° 03</b>	<b>91</b>
<b>Gráfico N° 30</b>	<b>Comportamiento de pH – Muestra N° 02 Semana N° 01 y N° 02</b>	<b>92</b>
<b>Gráfico N° 31</b>	<b>Comportamiento de pH – Muestra N° 02 Semana N° 03 y N° 04</b>	<b>92</b>
<b>Gráfico N° 32</b>	<b>Comportamiento de pH – Muestra N° 02 Semana N° 05 y N° 06</b>	<b>93</b>
<b>Gráfico N° 33</b>	<b>Comportamiento de T° – Muestra N° 01 Semana N° 01</b>	<b>94</b>
<b>Gráfico N° 34</b>	<b>Comportamiento de T° – Muestra N° 01 Semana N° 02</b>	<b>94</b>
<b>Gráfico N° 35</b>	<b>Comportamiento de T° – Muestra N° 01 Semana N° 03</b>	<b>95</b>

<b>Gráfico N° 36</b>	<b>Comportamiento de T° – Muestra N° 02</b>	<b>96</b>
	<b>Semana N° 01 y N° 02</b>	
<b>Gráfico N° 37</b>	<b>Comportamiento de T° – Muestra N° 02</b>	<b>96</b>
	<b>Semana N° 03 y N° 04</b>	
<b>Gráfico N° 38</b>	<b>Comportamiento de T° – Muestra N° 02</b>	<b>97</b>
	<b>Semana N° 05 y N° 06</b>	
<b>Gráfico N° 39</b>	<b>Comportamiento de Conductividad – Muestra N° 01</b>	<b>98</b>
	<b>Semana N° 01</b>	
<b>Gráfico N° 40</b>	<b>Comportamiento de Conductividad – Muestra N° 01</b>	<b>98</b>
	<b>Semana N° 02</b>	
<b>Gráfico N° 41</b>	<b>Comportamiento de Conductividad – Muestra N° 01</b>	<b>99</b>
	<b>Semana N° 03</b>	
<b>Gráfico N° 42</b>	<b>Comportamiento de Conductividad – Muestra N° 02</b>	<b>100</b>
	<b>Semana N° 01 y N° 02</b>	
<b>Gráfico N° 43</b>	<b>Comportamiento de Conductividad – Muestra N° 02</b>	<b>100</b>
	<b>Semana N° 03 y N° 04</b>	
<b>Gráfico N° 44</b>	<b>Comportamiento de Conductividad – Muestra N° 02</b>	<b>101</b>
	<b>Semana N° 05 y N° 06</b>	

## **RESUMEN**

### **JACINTO DE AGUA Y TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL PROCESO DE FITORREMEDIACION DE LAS LAGUNAS PTAR – EL INDIO.**

El Objetivo de la presente tesis, es determinar la eficacia de macrófitas Jacinto de agua para el tratamiento de aguas residuales de una manera económica y amigable con el Ambiente, mediante el tratamiento en peceras, y así poder llegar a cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental, para el riego de vegetales y bebida de animales ubicados en la Categoría:3.

Para el desarrollo de la investigación, se construyó 02 peceras con las siguientes dimensiones: largo 70 cm, ancho 40 cm y altura 40 cm, se extrajo una muestra de 80 litros de agua residual de la laguna PTAR “El Indio”. En el tratamiento 01, se introdujo 12 Jacintos de agua y 40 litros de agua residual; en el tratamiento 02, se introdujo 06 Jacintos de agua y 40 litros de agua residual, teniendo una duración de 22 días y 40 días para el tratamiento 1 y 2 respectivamente.

Finalmente, se logró minimizar los contaminantes de las aguas residuales PTAR “El Indio” y llevarlo a una calidad de agua de categoría: 3.

**Palabras Claves:** Jacinto de agua, aguas residuales, parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos.

## ABSTRACT

### **WATER HYACINTH AND TIME OF PERMANENCE IN THE PHYTORMEDIATION PROCESS OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT EL INDIO.**

The objective of this thesis, is to determine the efficacy of the Water Hyacinth macrophytes for wastewater treatment in an economical and environmentally friendly way, through the treatment of the aquariums, and thus be able to comply with the Environmental Quality Standards, for the irrigation of vegetables and animal beverages located in the category:3.

For the research development, 2 fish bowls were constructed with the following dimensions: length 70cm, width 40cm and height 40cm, a sample of 80 liters of the wastewater treatment plant El Indio. In treatment 1, was introduced 12 water Hyacinth and 40 liters of wastewater; in treatment 2, was introduced 6 water Hyacinth and 40 liters of wastewater, over a period of 22 days and 40 days for treatment 1 and 2 respectively.

Finally, it was achieved to reduce the pollutants of the wastewater at the Wastewater treatment plant El Indio and bring it to a water quality in the category: 3.

**Keywords:** Water Hyacinth; wastewater; physico-chemical, inorganic and microbiological Parameters.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento EPS Grau S.A., viene afrontando problemas en la gestión para el tratamiento y disposición final de las aguas residuales, que se evidencian en las inadecuadas condiciones técnicas para realizar el tratamiento; pues las plantas de tratamiento se encuentran sub dimensionadas y soportan una sobre carga de aguas residuales; así mismo la empresa viene afrontando conflictos sociales, problemas de contaminación ambiental y de salud pública; situación que amerita tomar soluciones inmediatas con una política de desarrollo sostenible en el saneamiento de las ciudades con gestión ambiental y energía limpias.

Sin ir muy lejos, Castilla en la PTAR “El Indio”, se vive la crisis ambiental, entre ellas; la contaminación de las aguas que se ha incrementado los últimos años, siendo una problemática por resolver por diferentes motivos, como lo es la falta de conciencia, y el cuidado el recurso natural para la vida, que es el agua.

Tratamos este tema, ya que es importante por los problemas que actualmente se viven por la falta de agua de riego y por el mal uso de esta misma. Es un tema muy amplio y para esto necesitamos mucha información para poder realzar el proyecto en relación al tema para conocer lo que no sabíamos acerca del uso de las plantas tratadoras (Plantas Macrófitas).

PTAR “El Indio”, se localiza en la zona sur-este de la ciudad de Piura, cercano al asentamiento humano “El Indio”, distrito de castilla. así mismo, la presente investigación se llevó a cabo, con el fin de buscar un método de tratamiento de estas aguas residuales, lo cual se trabajará con el uso de planta macrófita (Jacinto de Agua) para minimizar los contaminantes de las aguas residuales y llevarlo a una calidad de agua de categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, estipulado en la normatividad peruana Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Verificado la concentración de los contaminantes presentes en el PTAR “El Indio” se realizó ensayos para disminuir la concentración de estos contaminantes presentes en las aguas residuales, mediante el uso de Jacinto de agua, para ser comparado con los ECAS establecidos por el MINAM, y poder evaluar la disminución de este contaminante mediante el tratamiento de uso de macrófitas (Jacinto de Agua).

## **I. CONSIDERACIONES GENERALES**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En Perú, como en la mayoría de países, tenemos dos panoramas frente al tratamiento de agua residual. Las aguas residuales domésticas o industriales que van al alcantarillado, y, las aguas residuales que debe tratar cada empresa privada o pública, bajo su responsabilidad y cumpliendo los estándares indicados por la ley nacional.

En momentos en que el fenómeno del niño está golpeando todo el país y nos demuestra lo vulnerable que estamos frente a estas situaciones por la falta de medidas de prevención, momentos en que nos encontramos en la búsqueda de soluciones frente a la escasez de agua potable, no debemos olvidar la problemática que enfrenta el país en el tema del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Esta problemática es mundial y según información oficial de la ONU, el 80% de las aguas residuales mundiales no se descontaminan antes de su vertimiento o reúso, lo que ocasiona, no sólo la contaminación de la flora y fauna, sino, enfermedades y muertes prematuras que cuestan anualmente varios cientos de miles de millones al PBI del planeta, pero, por un momento, veamos cómo va el tema en Perú.

Las entidades reguladoras en Perú, encargadas de supervisar el cumplimiento de los decretos supremos relacionados al tratamiento de agua residual, por ejemplo, en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, los cuales se dictaminaron para evitar que las descargas generen un impacto negativo en el ambiente de la zona. Además de, el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles y de los valores de ECA a los que se compromete cada empresa privada o pública, cuando solicita un permiso para según el ECA que desea alcanzar, realizar vertimiento, riego o reúso del agua efluente; cumplen con su trabajo de forma exhaustiva, pero, la obligación de cumplir con estas normativas no debería sólo responder al hecho de evitar una multa, sino, a una concientización y respeto por el medio ambiente.

### 1.1.1. Ubicación Geográfica en PTAR “EL INDIO”

La PTAR El Indio Rehabilitada, dentro del subproyecto para mejoramiento y ampliación de la capacidad de tratamiento de aguas residuales de Piura y Castilla estaba incluido la Rehabilitación de las Lagunas El Indio por parte del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento a través del PAT, N° 005-2007/VIVIENDA/VMCS/PAPT, en el mes de agosto del año 2008, culminadas en el 2009 y recepcionadas provisionalmente por EPS GRAU S.A., para su custodia y operación. Esta obra fue ejecutada debido a que no contábamos con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Localidad de Castilla y Piura, por ello mediante los fondos del Préstamo PE-P25 del JBIC del Japón, conjuntamente con una contrapartida del Gobierno Peruano, se ejecutó el Sub proyecto “Sistema de Tratamiento de Desagües para Piura y Castilla”, dicho proyecto pertenece a la segunda etapa del Proyecto de Aguas superficiales (PAS) de Piura y Castilla, Lote 3B. Este subproyecto para mejoramiento y ampliación de la capacidad de tratamiento de aguas residuales de Piura y Castilla comprendía: Rehabilitación de las Lagunas El Indio, 4 lagunas ( $Q$  diseño =20l/s).

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) El Indio Rehabilitado se localiza en la zona sur-este de la ciudad de Piura, cercano al asentamiento humano El Indio, distrito de Castilla.

**Figura N°01:** Ubicación Geográfica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Indio



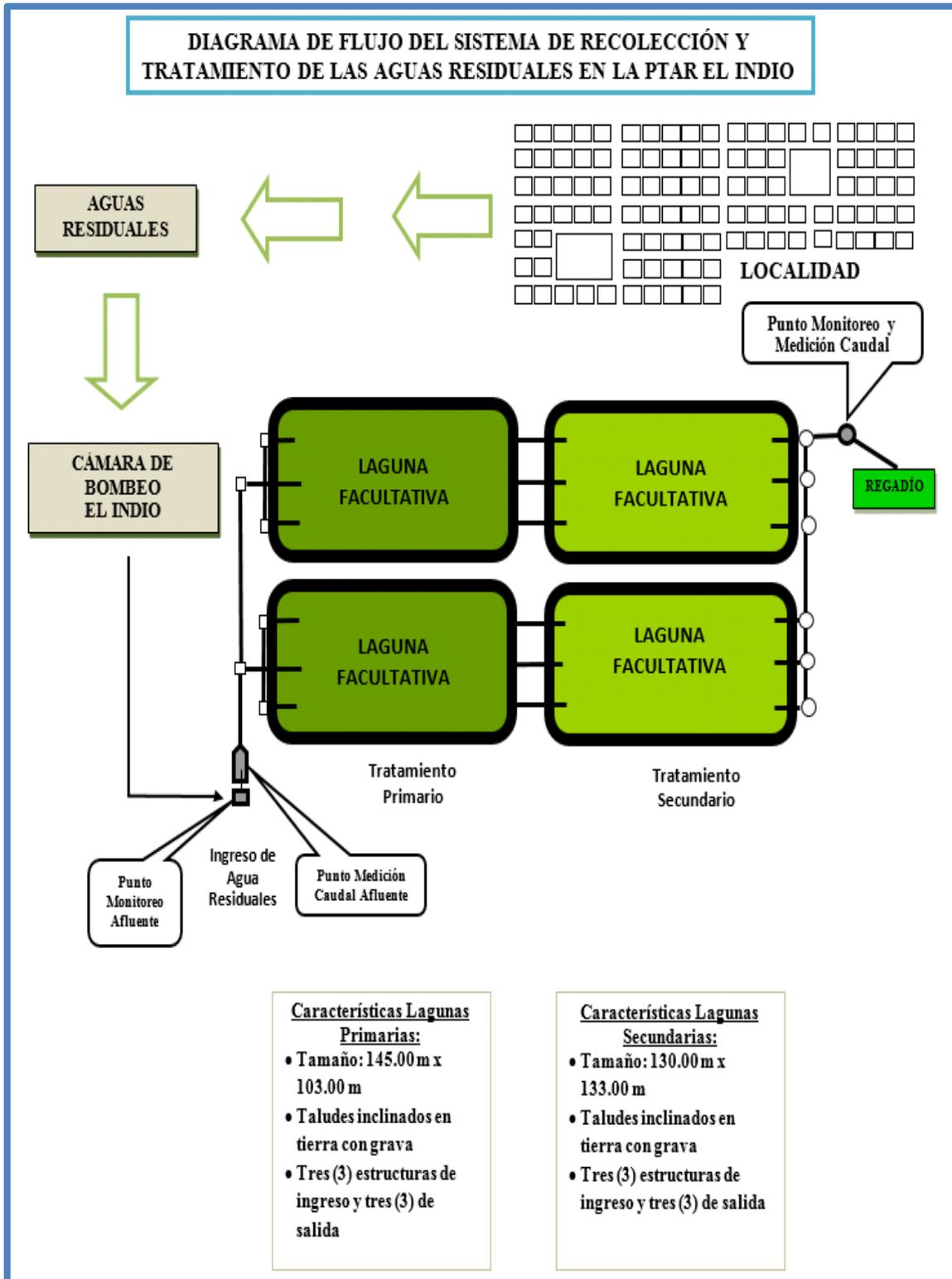
Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

### 1.1.2. Descripción del Sistema de Tratamiento en PTAR “EL INDIO”

La PTAR El Indio Rehabilitado cuenta con las siguientes unidades:

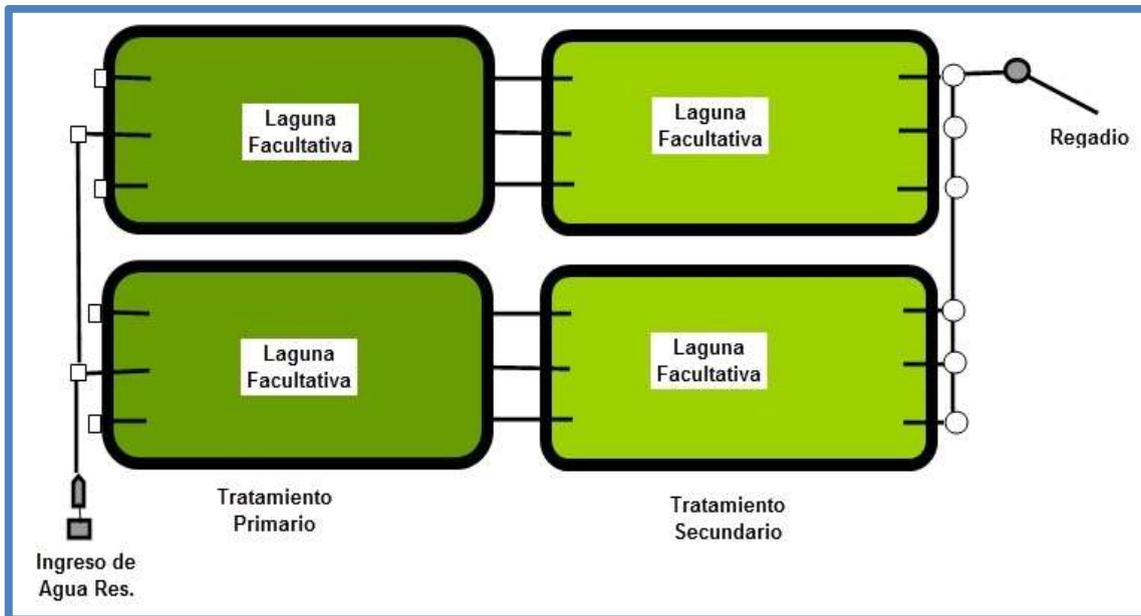
- a) **Captación:** Esta unidad recibe las aguas residuales domesticas provenientes de la cámara de bombeo El Indio. Ha sido diseñado para realizar el tratamiento de un caudal de 20 l/s de aguas residuales, pero actualmente se está trabajando con un caudal mucho mayor a su diseño, es decir aproximadamente 84 l/s. Las estructuras hidráulicas de ingreso y reparto de caudales del sistema rehabilitado se diseñaron para un caudal máximo de 64 l/s que corresponde al caudal de la cámara de bombeo. El flujo llega a una caja de concreto antes de ingresar al sistema lagunar, continuando su trayectoria por un canal abierto de corta longitud el cual cuenta con un medidor parshall. El desagüe llega a 02 cajas centrales y de ahí se distribuye a los ingresos laterales de las lagunas primarias.
- b) **Lagunas Facultativas Primarias:** Está conformado por 02 lagunas de 145 metros de largo por 133 metros de ancho cada una, con una profundidad de 2.5 metros y taludes de 2 metros inclinados (la medida se toma en la corona de la laguna y es un valor aproximado). Cada laguna tiene 03 estructuras de ingreso en concreto en buenas condiciones de conservación. Los taludes de la laguna son en tierra con grava. No se observa si los taludes se encuentran revestidos de arcilla, pero no se observa filtraciones.
- c) **Lagunas Facultativas Secundarias:** Conformado por 02 lagunas de 130 metros de largo por 133 metros de ancho, una profundidad de 2 metros y un talud de 2 metros. Cada laguna tiene 03 estructuras de ingreso y 03 estructuras de salida, las estructuras de salida de las lagunas primarias se interconectan con los ingresos de las lagunas facultativas de tratamiento secundario. Los taludes de la laguna son en tierra con grava. No se observa si los taludes se encuentran revestidos de arcilla, pero no se observa filtraciones.
- d) **Descarga:** Los efluentes de las lagunas secundarias son enviados a un buzón que posteriormente reparte las descargas hacia dos canaletas para ser reusados por los agricultores sin autorización de la Empresa, con un caudal de salida aproximado de ambos de 61 l/s.

**Figura N°02:** Diagrama de Flujo del Sistema de Recolección y Tratamiento de las Aguas Residuales en la PTAR El Indio.



Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

**Figura N° 03:** Esquema del Sistema de Tratamiento PTAR-El Indio



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Figura N° 04:** Vista del Sistema de Tratamiento Rehabilitado El Indio



Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

### 1.1.3. Situación Actual del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Según los datos obtenidos en las inspecciones al sistema de tratamiento rehabilitado El Indio se puede constatar lo siguiente:

#### a) Captación

De acuerdo a las visitas de campo realizados por Empresa Prestadora EPS Grau a la zona se estima que el caudal de operación promedio de la planta de tratamiento es de 81 l/s.

**Figura N° 05:** Canaleta de Captación



Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

### b) **Lagunas Facultativas Primarias**

La laguna primaria N° 01, en el mes de abril del 2019, fue paralizada con la finalidad de que seque para poder extraer los lodos profundos de dicha laguna, se ha colocado una compuerta para evita el ingreso de aguas residuales crudas a la laguna.

**Figura N° 06:** Laguna Primaria N° 01



Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

Se ha extraído en el mes de mayo del 2018 lodos profundos de la laguna primaria N° 01.



Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

### c) **Lagunas Facultativas Secundarias**

En el mes de enero 2020, se ha realizado la extracción de lodos profundos de la laguna secundaria N° 01.

#### 1.1.4. Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos

Los análisis de los afluentes y las descargas son ejecutados por un laboratorio acreditado (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria - UDEP).

En el caso del sistema de tratamiento El Indio Rehabilitada las muestras de afluente son tomadas en el canal de ingreso antes del vertedero suto (Coordenadas UTM: N 9421778.65 / E 17M 0544604.68), inicialmente se realiza la medición de la velocidad de flujo mediante el uso de un correntómetro y el área por donde circula este flujo para obtener el caudal de ingreso utilizando la siguiente formula:

$$\text{Caudal} = \text{Velocidad de Corriente} \times \text{Área de Flujo}$$

Además, también se realizan in-situ las mediciones del Potencial de Hidrógeno (pH) y la Temperatura (°C) mediante la utilización de un potenciómetro y un termómetro respectivamente.

Finalmente se toman las muestras de aguas residuales que se analizarán según los parámetros establecidos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA), los cuales son Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales Suspendidos.

**Tabla N°01:** Análisis de Afluente - El Indio

		Microbiológico	Químico					
Año	Caudal (L/s)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Aceites y Grasas (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Sólidos Totales en Suspensión (mg/L)	Temperatura (°C)	pH
2019	68.50	700 000.0	24.7	136.8	346	101	26.8	7.8

Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

Los análisis de los efluentes se realizan en el buzón de salida del sistema de tratamiento El Indio Rehabilitado, lugar desde el cual se distribuyen las descargas hacia dos canaletas de 200 metros de longitud cada uno aproximadamente (Coordenadas UTM: N 9420600.00 / E 17M 0544449.00), en este punto se realiza la medición de caudal y al igual que en el monitoreo de los afluentes se realizan mediciones in-situ del Potencial Hidrógeno (pH) y la Temperatura (°C) así como también se toman las muestras para su posterior análisis de los parámetros mencionados anteriormente. Estos resultados son comparados con los Límites Máximos Permisibles para Efluentes de PTAR's establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, los cuales se dictaminaron para evitar que estas descargas generen un impacto negativo en el ambiente de la zona.

**Tabla N° 02: Análisis de Efluente - El Indio**

Año	Caudal (L/S)	Microbiológico	Químico					
		Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Aceites y Grasas (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Sólidos Totales en Suspensión (mg/L)	Temperatura (°C)	pH
2019	56.55	540 000.0	11.40	86.1	149	61	23.3	8.4
LMP	-	1E+04	20	100	200	150	< 35	6 – 9

Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

Según los resultados de los análisis realizados a los efluentes, parámetros Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno presentes en estas descargas tienen una concentración mayor a los establecido en los Límites Máximos Permisibles para PTAR's.

### 1.1.5. Inspección de Estado Situacional

El departamento de aguas residuales realiza inspecciones de ámbito operacional, infraestructural, ambiental y de seguridad, con la finalidad de supervisar el estado situacional de la planta de tratamiento de aguas residuales por medio de las cuales se han encontrado diversas observaciones, siendo las siguientes:

### **Observaciones de ámbito operacional:**

- La planta de tratamiento El Indio Rehabilitado, no cuenta con un tratamiento terciario para mejorar la calidad del efluente.
- En el año 2018 (marzo-noviembre), se ha realizado la limpieza y mantenimiento de la PTAR El Indio Rehabilitado con las siguientes actividades: Limpieza y desbroce de maleza de las lagunas primarias y secundarias de la PTAR, retiro de lodos superficiales de la laguna primaria N° 01, actualmente se está secando dicha laguna, retiro de lodos superficiales de la laguna secundaria N° 01, actualmente se está secando dicha laguna, retiro de lodos profundos de la laguna primaria N° 02 y limpieza de los caminos e interconexiones de la PTAR.
- En el Año 2019 (enero-julio), se ha realizado la limpieza y mantenimiento de la PTAR El Indio Rehabilitado con las siguientes actividades:
  - Limpieza y desbroce de maleza de las lagunas primarias y secundarias de la PTAR con apoyo de personal operador de la PTAR y maquinaria pesada.
  - Limpieza de los caminos e interconexiones de la PTAR.
  - Relleno y reforzamiento de los caminos entre las lagunas primarias y secundarias con apoyo de cargador frontal y volquete.
  - Acondicionamiento de terreno para disposición de lodos extraídos de PTAR Cuevín y PTAR El Indio Rehabilitado.
  - Acondicionamiento de terreno para disposición de maleza extraída de PTAR Cuevín y PTAR El Indio Rehabilitada.
  - Trabajos de mejoramiento y reforzamiento del canal Parshall de la PTAR EL Indio Rehabilitado.
  - Relleno y nivelación de los alrededores de la PTAR El Indio y limpieza de los alrededores del canal Parshall.
  - Limpieza, extracción de maleza y reforzamiento del canal de derivación de efluentes N° 01 y N° 02 con apoyo del personal operador de la PTAR.
  - Limpieza y desbroce de maleza de las lagunas de la PTAR, retiro de lodos superficiales de la laguna primaria N° 01, actualmente se está secando dicha laguna.

- Retiro de lodos superficiales de la laguna secundaria N° 01, actualmente se está secando dicha laguna.
- Retiro de lodos profundos de la laguna primaria N° 02 y limpieza de los caminos e interconexiones de la PTAR.
- En el año 2020, se realizó mantenimiento de ambas PTAR con apoyo de maquinaria pesada de nuestra representada, los cuales se detalla a continuación, respecto a la PTAR Cuevín y El Indio Rehabilitada:

**Tabla N°03:** Actividades realizadas en PTAR “El Indio” y “Cuevin”

PTAR	AÑO	MAQUINARIA	ACTIVIDADES
CUEVIN	2020	<u>Retroexcavadora</u> Marzo, abril <u>Cargador frontal y</u> <u>Volquete</u> Mayo	Limpieza y desbroce de maleza de 02 lagunas primarias de la PTAR con apoyo de maquinaria pesada. Limpieza de los caminos e interconexiones de la PTAR. Limpieza, extracción de maleza del canal de derivación de efluentes “Canal de Tajo abierto” y del canal secundario. Recolección de maleza extraída del canal.
EL INDIO REHABILITADO	2020	<u>Cargador frontal y</u> <u>Volquete</u> Enero, Febrero y Mayo	Limpieza, extracción de maleza y reforzamiento del canal de derivación de efluentes N° 02 con apoyo de maquinaria pesada. Limpieza del canal de unión de efluentes de PTAR Cuevín y El Indio Rehabilitado Retiro de lodos profundos secos de la laguna secundaria N° 01

Fuente: Elaboración EPS GRAU, 2020

- Así mismo en el año 2020 (15 al 29 de junio del 2020), se realizó mantenimiento con personal de la contratista MARVIA, mediante servicios por terceros, los cuales se detalle lo siguiente:
  - Limpieza de las estructuras de captación, distribución, canaletas Parshall, desarenador, estructuras de repartición e ingreso de aguas a las lagunas, interconexión y descarga de la PTAR Cuevín y PTAR El Indio Rehabilitada.
  - Desbroce de maleza y vegetación formado en los taludes, alrededores y zonas internas accesibles de las 06 lagunas de la PTAR Cuevín.
  - Desbroce de maleza y vegetación de los taludes, alrededores y zonas internas accesibles de las 04 lagunas de la PTAR El Indio Rehabilitado.

- Eliminación de natas flotantes en las lagunas primarias de la PTAR Cuevín y PTAR El Indio Rehabilitada, por debajo de medio metro del espejo de agua, y almacenar dichos residuos en bolsas de polietileno para su disposición final en relleno sanitario autorizado por DIGESA.
- Retiro y extracción de lodos superficiales en el interior de las lagunas primarias de la PTAR Cuevín y PTAR El Indio Rehabilitada, usando maquinaria o equipos adecuados para dicha labor, así como su disposición final en relleno sanitario autorizado por DIGESA.
- Desbroce de maleza de los canales de derivación de efluentes de la PTAR Cuevín y PTAR El Indio Rehabilitada.
- Limpieza de caminos y alrededores de las lagunas de la PTAR Cuevín y PTAR El Indio Rehabilitada.
- Limpieza, retiro y disposición final de residuos sólidos en relleno sanitarios autorizados por DIGESA.

#### **1.1.6. Monitoreo de PTAR “El Indio”**

Los resultados de monitoreo de las plantas de tratamiento de la Ciudad de Piura y Castilla, nos muestran que no se está cumpliendo con los Limite Máximos Permitidos – LMP de las aguas residuales para su uso agrícola y ganadero en cultivos de tallo corto y pastizales para la ganadería; poniendo en riesgo su salud y de los consumidores finales de estos productos.

Así mismo, los Planes de Manejo Ambiental de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, solo consideran inversiones para mejorar la operación y mantenimiento; sin embargo, no garantizan la calidad del efluente exigido por la normatividad ambiental.

Es así como en el diagnóstico realizado por la EPS Grau S.A. sobre las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR El Indio (Castilla), con respecto a su calidad informan lo siguiente:

Las bajas concentraciones de O.D., se presentan en razón de las altas concentraciones de demanda biológica de oxígeno- DBO5 a la salida de la planta de tratamiento; debido a la presencia de algas.

La concentración de coliformes totales y fecales es demasiado alta, eso define que su uso directo como agua para el riego de los cultivos de consumo directo es inaceptable.

El PH, se encuentra dentro de lo normal lo cual favorece el proceso de tratamiento biológico.

Los metales se encuentran en una concentración razonable y si bien el níquel no cumple con el límite máximo permisible correspondiente, es posible que el exceso se fije en el terreno.

#### **1.1.7. Proyectos en Ejecución**

La PTAR El Indio Rehabilitada en cumplimiento al Decreto Legislativo N°12835 y el D.S N° 010- 2017-VIVIENDA, se inscribió al Registro Único de Proceso de Adecuación Progresiva (RUPAP), obteniendo los Registros N°172202-2017, teniendo un plazo de 7 años para la obtención de la autorización de reúso y/o vertimiento, siempre y cuando se cumpla con el cronograma remitido, informando semestralmente los avances de dicho cronograma ante la Dirección General de Asuntos Ambientales, en caso de incumplir dicha remisión, la DGAA, dejaría sin efecto dicha inscripción y por consiguiente el ANA procedería a iniciar procesos sancionadores por el vertimiento y/o reúso de aguas residuales sin autorización.

Se requiere contar con el siguiente proyecto “Ampliación y/o mejora de la PTAR El Indio Rehabilitada”, con la finalidad de mejorar la operación y cumplir con la normativa ambiental vigente, por ello la Gerencia de Ingeniería ha elaborado un Expediente Técnico para mejorar la infraestructura de la PTAR El Indio Rehabilitado.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.2.1. Problema general**

Problemas en la gestión para el tratamiento y disposición final de las aguas residuales; pues las plantas de tratamiento se encuentran subdimensionadas y soportan una sobre carga de aguas residuales; así mismos problemas de conflictos sociales, contaminación ambiental y de salud pública.

#### **1.2.2. Problema específico**

¿Es posible utilizar el Jacinto de agua para minimizar los contaminantes de las aguas residuales de PTAR el indio y llevarlo a una calidad de agua de Categoría 3?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Se eligió el tema de “Tratamiento de aguas residuales” ya que se nos hizo importante por los problemas que actualmente se viven por la falta de agua de riego y por el mal uso de esta misma.

Es un tema muy extenso y para esto necesitamos mucha información para poder realzar el proyecto en relación al tema para conocer lo que no sabíamos acerca del uso de las plantas tratadoras.

El tratamiento de aguas residuales es un recurso favorable para los agricultores en su cultivo y para la población ya que así no se desperdicia tanta agua y se busca un uso adecuado.

### **1.4. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La implementación de un diseño de fitorremediación utilizando Jacinto de agua como alternativa de tratamiento de aguas residuales es importante ya que es primordial para defender la salud de las personas y conservar el medio en el que vivimos. Por ejemplo, estas aguas son fuentes transmisoras de enfermedades, ya que contienen microorganismos patógenos que atacan el aparato intestinal humano. La depuración permite la reutilización de las aguas para ciertos usos que no requieren de agua potable como riego de zonas verdes, limpieza, entre otras actividades.

### **1.5. OBJETIVOS**

#### **1.5.1. Objetivo general**

Implementar un diseño de fitorremediación utilizando Jacinto de agua para el tratamiento de aguas residuales de una manera económica y amigable con el ambiente.

#### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diseño de fitorremediación para el tratamiento de aguas residuales mediante el empleo de *Eichhornia Crassipes* como agente depurador.
- Analizar la capacidad de depuración de *Eichhornia Crassipes* para el tratamiento de aguas residuales.

## **1.6. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se desarrolla en su etapa inicial, la cual se extrajo 02 muestras, una del Afluente (Ingreso de aguas residuales) y del Efluente (Sálida de aguas residuales hacia riego sin uso autorizado), es decir, se realizaron estos dos ensayos enviados a laboratorio, con el fin de verificar el estado actual que se encuentran estas aguas residuales. Asimismo, se realizó el monitoreo in situ de parámetros (PH, Conductividad y T°) con Equipo Multiparámetro.

El siguiente proceso consistió en el tratamiento de fitorremediación del agua residual (agua residual de PTAR “El Indio”) con el Jacinto de agua (extraído de Rio Chira). Es por ello, que el tratamiento se realizó en dos Peceras (Muestra N° 01 y Muestra N° 02), y luego se analizará y se comprobará su efecto depurador para minimizar los sólidos suspendidos y llevarlo de acuerdo a DS-004-2017-MINAM a Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de animales.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

I.- Título: “Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna Minor (lenteja de agua), Eichhornia Crassipes (Jacinto de agua) y Pistia Stratoides (lechuga de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas”, Autor: Cupe Flores Edgar David, Portocarrero Contreras Carlos Jesus; Institución: Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. Año: 2009; Se llega a la conclusión que las tres plantas acuáticas macrofitas son eficientes en la remoción de materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, coliformes fecales. Siendo el Jacinto de agua la planta acuática que ha presentado mayor eficiencia en la remoción de contaminantes de las aguas residuales. Creemos que esto se debe a que el Jacinto de agua posee una mayor superficie de contacto en sus raíces con el agua residual, en donde los microorganismos (comunidades bacterianas degradadoras de la materia orgánica) adheridos a las raíces y las raíces mismas actúan como filtros realizando una gran actividad depuradora.

**II.- Según Jaramillo & Flores,** en su tesis “Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (Lenteja de agua), y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera” se pudo observar en el caso del Jacinto de agua, presentó necrosis en sus hojas y en la lenteja de agua un proceso de clorosis. Se consumió un litro de agua, al principio tenía una concentración de 1,2 ppm de Hg y al finalizar el experimento tenía 0,366 ppm, se logró que el Jacinto de agua tiene mayor eficiencia logrando absorber un mayor porcentaje de 28%, y con la Lenteja de agua 26 y 27 % y con el tratamiento de ambos entre un 24 y 26% (2012).

**III.- Según Velarde K., Zavaleta m. & Aguilar c ,** en su investigación ambiental “Estudio de la absorción del ion Cromo VI con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)”, el ión cromo VI ( $Cr^{6+}$ ) presente en los efluentes de curtiembre es considerado un serio contaminante medioambiental para los cuerpos de agua. Se estudió la absorción de ( $Cr^{6+}$ ) utilizando el Jacinto de agua. Las plantas acuáticas procedieron de La Laguna de Conache – Laredo, Trujillo, las cuales fueron expuestas a la simulación de un efluente de curtido con  $K_2Cr_2O_7$  a concentraciones de 10 ppm, 25 ppm y 50 ppm por un periodo de 9 semanas en un sistema hidropónico libre al medioambiente en el exterior del laboratorio de Catálisis de la Universidad Nacional de Trujillo. Se realizaron análisis del ( $Cr^{6+}$ ) residual presente en el agua cada semana.

Los resultados mostraron que la concentración de ( $Cr^{6+}$ ) en el agua disminuye proporcionalmente en el tiempo, alcanzando después de 9 semanas 3.6 ppm, 8.6 ppm y 21.4 ppm respectivamente. Durante el periodo de exposición del Jacinto de agua, se observó que las expuestas a altas concentraciones ( $Cr^{6+}$ ), las plantas cambian a un color amarillo oscuro “sin vida”, sin embargo, en su parte central continua la planta renaciendo de color verde. (Shanker et al; 2005 ; Barbosa et al ; 2007 ; Vernay et al ; 2007 ; Mangabeira et al ; 2004 ; Lu et al ; 2004) han encontrado que la planta acumula ( $Cr^{6+}$ ) en sus raíces, hojas y tallo, y esa sería la razón por la cual esta planta cambia de color. Los análisis se realizaron empleando el método colorimétrico en un espectrofotómetro de luz visible (2013).

**IV.- Según Coronel E,** en su tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental “Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas- Chachapoyas”, en el presente estudio se determinó la eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. El agua residual, el cual fue previamente tratada en un filtro de grava para atrapar los residuos sólidos existentes se depositaron en tres estanques de vidrio con *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y un control de agua residual sin planta acuática. El tiempo que permaneció el agua residual en los estanques fue de diez días, y se cambió de efluente por cuatro veces.

Para determinar la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas flotantes se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos y después de los diez días de estancado. Obteniendo como resultado que la planta *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales, con un porcentaje promedio de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%, mientras que *Lemna minor* obtuvo un promedio de remoción del 81,24% (2015).

**V.- Según García,** en su tesis “Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas” se expone que: Es un estudio comparativo con respecto a la capacidad de depuración de nutrientes que se encuentran en las aguas residuales, utilizaron las siguientes plantas acuáticas flotantes entre ellas *Lemna minor*, *Azolla filiculoides* y *Eichhornia crassipes*. Mediante el sistema de reactores en el tratamiento de aguas residuales en Perú se logró remover un 90%, teniendo como conclusión de que la *Eichhornia crassipes* es más eficaz en la extracción de lodos (2012).

**VI.- Según Ingrid Garay,** en su tesis “Eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro, en las aguas minerotermales de la “Laguna La Milagrosa” – Chilca, 2017” , Durante el desarrollo de la investigación, se logró constatar la eficiencia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, en las aguas de la laguna “La Milagrosa”, las cuales redujeron la concentración del Boro, teniendo como referencia inicial la concentración de 62.83 mg/L según (ATACHAGUA, 2013).

Los resultados que se obtuvieron de las aguas de la laguna “La Milagrosa” para poder llevar a cabo la investigación, se obtuvo que la concentración del Boro fue  $>25.00$  mg/L, el cual no cumple con el (ECA) para la Subcategoría B, aguas superficiales destinadas para recreación, a la tercera semana de la investigación con el tratamiento de Jacinto de agua hubo una disminución del Boro al 6.88 mg/L, con la Lenteja de agua llego hasta un 26.93 mg/L y con el tratamiento mixto disminuyó hasta el 27.41 mg/L.

**VII.-** Título: “Optimización de la Fitorremediación de Mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia Crassipes” Jacinto de Agua”, Autor: José Luis Paredes Salazar, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria –Perú. Año: 2015. Se concluye: - La Eichhornia crassipes presenta gran capacidad de amortiguamiento del Ph. En los medios ácido y básico. - A mayor concentración de mercurio, menor es la capacidad de amortiguamiento de Ph en los tres medios de Ph.

– En medio básico, el peso de las raíces aumenta en forma directamente proporcional a las concentraciones crecientes de mercurio. La remoción de mercurio con Eichhornia crassipes en sistema continuo es mayor que un sistema tipo batch.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Aguas Residuales**

Son una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones combinada con cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente (Miranda 2006 citado por García, 2012).

Se entiende por aguas residuales aquellas que han sido utilizadas con un fin consuntivo, incorporando a ellas sustancias que deterioran su calidad original (contaminación), disminuyendo su potencialidad de uso.

#### **2.2.1.1. Principales características de las aguas residuales**

Estas características de las aguas residuales son parámetros importantes para el tipo de tratamiento, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental.

## **Características físicas**

### **a. Temperatura**

La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura.

### **b. Turbidez**

La turbidez, medida de la propiedad de transmisión de la luz del agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales con respecto a la materia suspendida.

### **c. Color**

El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales.

El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica.

### **d. Olor**

El olor es debido a los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico y otras sustancias volátiles. El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica.

### **e. Sólidos totales**

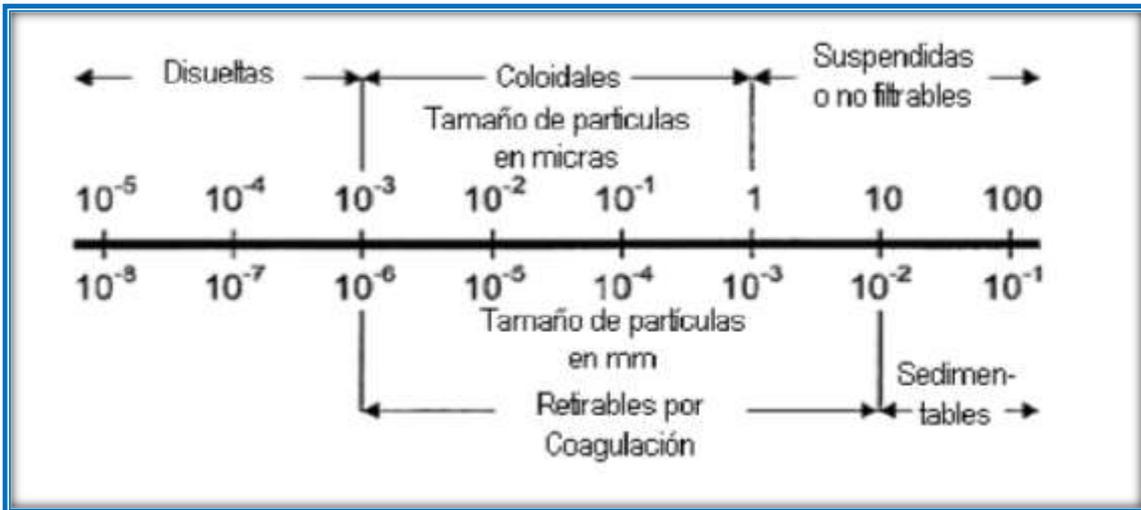
Los sólidos totales presentes en el agua residual se clasifican según su tamaño o presentación en sólidos suspendidos y sólidos filtrables.

**Sólidos suspendidos:** son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos. Dentro de los sólidos suspendidos se pueden distinguir los sólidos sedimentables, que se depositarán por gravedad en el fondo de los receptores. Estos sólidos sedimentables, son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante sedimentación.

**Sólidos filtrables:** esta fracción se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10<sup>-3</sup> y 1 micra (**figura 7**). Esta fracción no puede eliminarse por sedimentación.

Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, moléculas inorgánicas e iones que se encuentran disueltos en el agua. Por lo general, se requiere una coagulación seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.

**Figura 7:** Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un agua residual, según su diámetro.



Fuente: Elaboración propia, 2020

### Características químicas

Las características químicas estarán dadas, principalmente, en función de los desechos que ingresan al agua servida.

#### a. Materia orgánica

La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes.

Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales domésticas. La urea, principal constituyente de la orina, es otro importante compuesto orgánico del agua residual. En razón de la rapidez con que se descompone, la urea es raramente hallada en un agua residual que no sea muy reciente.

El agua residual contiene también pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas como agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas usados en la agricultura.

## b. Materia inorgánica

Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables. En la **Tabla 4** se presenta la relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.

Elemento	Relación con el agua residual
Hidrógeno (pH)	El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos. Por lo general, el pH óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentra entre 6.5 y 7.5.
Cloruros	Proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua, intrusión del agua salada (zonas costeras), agua residual doméstica, agrícola e industrial. Suministra información sobre el grado de concentración del agua residual.
Nitrógeno	Nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Básico para síntesis de proteínas.
Fósforo	Incrementa la tendencia de proliferación de algas en el receptor. Íntimamente ligado, igual que el nitrógeno, al problema de la eutrofización. <sup>(4)</sup>
Azufre	Requerido en la síntesis de las proteínas y liberado en su degradación.

**Tabla N°04:** Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual

### Gases

Las aguas residuales contienen diversos gases con diferente concentración.

#### Oxígeno disuelto

Es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual evita la formación de olores desagradables. La cantidad de oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, movimientos del curso receptor, actividad biológica, actividad química, etc.

#### Ácido sulfhídrico

Se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su presencia, que se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, es un indicativo de la evolución y estado de un agua residual.

### **Anhídrido carbónico**

Se produce en la fermentación de los compuestos orgánicos de las aguas residuales negras.

### **Metano**

Se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica por la reducción bacteriana del CO<sub>2</sub>.

### **Otros gases**

Se producen además gases malolientes, como ácidos grasos volátiles y otros derivados del nitrógeno.

### **Características biológicas**

Estas características están definidas por la clase de microorganismos presentes en el agua, entre los cuales tenemos:

#### **a. Bacterias**

Juegan un papel fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Pueden clasificarse, en base a su metabolismo, en heterótrofas y autótrofas. Las bacterias autótrofas son aquellas que se nutren de compuestos inorgánicos, tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas: familia Thiorethales, Chlorobiaceae) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas: Nitrobacter, Nitrosomonas, Hydrogenomonas, Thiobacillus).

En el tratamiento biológico de las aguas residuales, las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, por su necesidad de compuestos orgánicos para el carbono celular. Las bacterias autótrofas y heterótrofas pueden dividirse, a su vez, en anaerobias, aerobias, o facultativas, según su necesidad de oxígeno.

#### **Bacterias anaerobias**

Son las que consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios, caracterizados por la presencia de malos olores.

#### **Bacterias aerobias**

Son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica son procesos aerobios, caracterizados por la ausencia de malos olores.

### **Bacterias facultativas**

Algunas bacterias aerobias y anaerobias pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio sin oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.

### **Bacterias coliformes**

Bacterias que sirven como indicadores de contaminantes y patógenos. Son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Las bacterias coliformes incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*.

### **b. Algas**

En los estanques de estabilización, son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis.

Las algas, al igual que sucede con otros microorganismos, requieren compuestos inorgánicos para reproducirse. A parte del anhídrido carbónico, los principales nutrientes necesarios son el nitrógeno y el fósforo. También son muy importantes vestigios de otros elementos (oligoelementos) como hierro, cobre, etc. Las algas pueden presentar el inconveniente de reproducirse rápidamente, debido al enriquecimiento del agua (eutrofización) y crear grandes colonias flotantes originando problemas a las instalaciones y al equilibrio del sistema.

Los tipos más importantes de algas de agua dulce son: verdes (*Chlorophyta*), verdes móviles (*Volvocales euglenophyta*), verdiamarillas o marrón dorado (*Chrysophyta*) y verdiazules (*Cyanophyta*).

#### **2.2.1.2.Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente los materiales orgánicos presentes en una muestra de agua. Esta oxidación degrada el material orgánico biodegradable y no biodegradable.

#### **2.2.1.3.Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días (DBO5). Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica biodegradable.

La medida de la DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad de agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica. En la **Tabla 5**, se presentan datos típicos de los constituyentes encontrados en un agua residual doméstica.

Componente	Intervalo de concentraciones		
	Alta	Media	Baja
Materia sólida, mg/l	1200	720	350
disuelta total	850	500	250
inorgánica	525	300	145
orgánica	325	200	105
en suspensión	350	220	100
inorgánica	75	55	20
orgánica	275	165	80
Sólidos decantables, ml/ l	20	10	5
DBO <sub>5</sub> a 20°C, mg/ l	400	220	110
Carbono orgánico total, mg/ l	290	160	80
DQO, mg/ l	1000	500	250
Nitrógeno, mg/ l N, total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo, mg/ l P, total	15	8	4
orgánico	5	3	1
inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad, mg/ l CaCO <sub>3</sub>	200	100	50
Grasa, mg/l	150	100	50

**Tabla N° 05:** Composición típica de un agua residual doméstica

### 2.2.2. Clasificación de Aguas Residuales

#### a) Aguas blancas o de lluvia

Son aguas procedentes de los drenajes o de escorrentía superficial, caracterizándose por grandes aportaciones intermitentes y escasa contaminación (León y Lucero 2009).

La escorrentía generada por aguas de lluvias es menos contaminada que las aguas residuales domésticas e industriales, y su caudal mayor. La contaminación mayor se produce en las primeras aguas que lavan las áreas por donde escurre.

**b) Aguas residuales domésticas (aguas servidas)**

Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (OEFA, 2014).

Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Estas aguas tienen un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos.

**c) Aguas residuales industriales (residuos industriales líquidos)**

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (OEFA, 2014).

Son aguas provenientes de los procesos industriales y la cantidad y composición de ellas es bastante variable, dependiente de la actividad productiva y de muchos otros factores (tecnología empleada, calidad de la materia prima, etc.). Así estas aguas pueden variar desde aquellas con alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos, industria de alimentos), otras con materia orgánica y compuestos químicos (curtiembre, industria de celulosa) y finalmente industrias cuyas aguas residuales contienen sustancias inorgánicas u orgánicas no degradables (metalúrgicas, textiles, químicas, mineras).

**d) Aguas residuales agrícolas**

Son aquellas aguas residuales que contienen sustancias de actividades agrícolas y ganaderas (agroquímicos, pesticidas, herbicidas, estiércol, etc.) (León y Lucero 2009).

**e) Aguas residuales municipales**

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (OEFA, 2014).

### **2.2.3. Sistema de tratamiento de aguas residuales**

De acuerdo a la EPA (Environmental Protection Agency, 2000), los procesos que comprenden en el tratamiento de las aguas residuales encierran las siguientes fases.

#### **2.2.3.1. Recolección de las aguas residuales**

En zonas donde el incremento poblacional es constante y donde las condiciones topográficas lo permiten, este proceso se permite a través de sistemas de alcantarillado (EPA, 2000).

#### **2.2.3.2. Pre tratamiento de las aguas residuales**

Consiste en retirar los sólidos de grandes tamaños, y en la mayoría de casos se realiza en estanques desarenadores. La finalidad es hacer más favorable el proceso de tratamiento biológico de aguas residuales (EPA, 2000).

#### **2.2.3.3. Tratamiento de las aguas residuales**

El objetivo de las aguas residuales es remover sólidos, grasas, aceites y otros materiales flotantes o sedimentables para que el agua residual pueda ser tratada eficientemente y reutilizada o vertida sin ningún riesgo (EPA, 2000).

##### **a) Tratamiento Primario**

En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica. Suele llevarse a cabo mediante sedimentación y tamizado. El efluente del tratamiento primario suele contener una considerable de materia orgánica y una DBO alta.

##### **b) Tratamiento secundario convencional**

El tratamiento secundario esta principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento. Se llama tratamiento secundario convencional a la combinación de diferentes procesos para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con lodos activados, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación (EPA, 2000).

### c) **Tratamiento biológico**

Según León y Lucero (2009), el tratamiento biológico se basa en la creación de un flujo controlado de agua residual, en el que la actividad microbiológica y plantas acuáticas actúan asociadas, en el proceso de depuración de las aguas disminuyendo los contaminantes. El tratamiento biológico incluye tres tipos: Lagunajes, humedales y cultivos acuáticos (Sistema de plantas acuáticas flotantes).

#### **2.2.4. Sistema de plantas macrofitas flotantes**

Los cultivos acuáticos o sistemas de plantas macrofitas flotantes son una variación de los humedales artificiales en el que el agua está en contacto con la atmosfera y constituye la fuente principal de oxígeno para aireación; en la que se introduce un cultivo de plantas macrofitas flotantes como *Eichhornia Crassipes*, cuya finalidad es la eliminación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces que constituyen un buen sustrato responsable del tratamiento. Aunque una de las desventajas que presenta este tipo de sistemas es la proliferación de larvas e insectos (León y Lucero, 2009).

Para mejorar el tratamiento y asegurar el mantenimiento de las condiciones aerobias necesarias para el control biológico de los mosquitos, en los sistemas de plantas acuáticas flotantes se han empleado sistemas complementarios de aireación (León y Lucero, 2009). Según Celis et al. (2005) los sistemas emplean plantas acuáticas como *Eichhornia Crassipes* de agua están diseñados para proporcionar niveles de tratamientos secundarios. Estos sistemas han sido utilizados como medios de producción de proteínas para las grandes cantidades de biomasa que se generan. En los últimos años el tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas. Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos, sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos (García, 2012).

Las plantas macrofitas, son las que pueden vivir en áreas inundados de una manera permanente o durante periodos largos de tiempo en condiciones de encharcamiento.

Las plantas acuáticas fueron calificadas como malezas, ya que impiden o dificultan las actividades humanas, por ejemplo, llegan a cubrir extensiones grandes de embalses, obstaculizan la irrigación, fomentan problemas a la acuicultura e imposibilitan el transporte fluvial. Muchas de las macrofitas acuáticas presentan altas tasas de crecimiento y de reproducción, esto favorece a la capacidad de absorber aquellas sustancias disueltas en los cuerpos de aguas y las transforman en biomasa, logrando depurar el agua donde crecen (Valero, 2006, pp.10).

Según a la forma y la fisiología se tiene una clasificación de las macrófitas acuáticas:

**Plantas flotantes**, se caracterizan por tener la capacidad para derivar el dióxido de carbono y necesidades de oxígeno al espacio de manera directa. Estas plantas reciben sus nutrientes y minerales de la fuente de agua. La macrófita Jacinto de agua es la especie más usada para la purificación de las aguas contaminadas.

**Plantas sumergidas**, se caracterizan por la facilidad de absorber el oxígeno, dióxido de carbono y los minerales del agua. Las plantas al sumergirse se inhiben de manera fácil si existe turbiedad con alta concentración en las fuentes de aguas, porque sus partes fotosintéticas se encuentran debajo del agua.

**Plantas emergentes**, estas plantas viven en aguas con poca profundidad, arraigadas al suelo, sus raíces y hojas están fuera del agua, tienen un mayor acceso a la luz, y no sufren limitaciones de agua (Jaramillo & Flores, 2012, pp.37).

#### **2.2.5. Descripción de las especies vegetales**

Las especies vegetales que se utilizó en el tratamiento de aguas residuales del PTAR “El Indio”, fue el Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), el cual se detalla a continuación para mayor información:

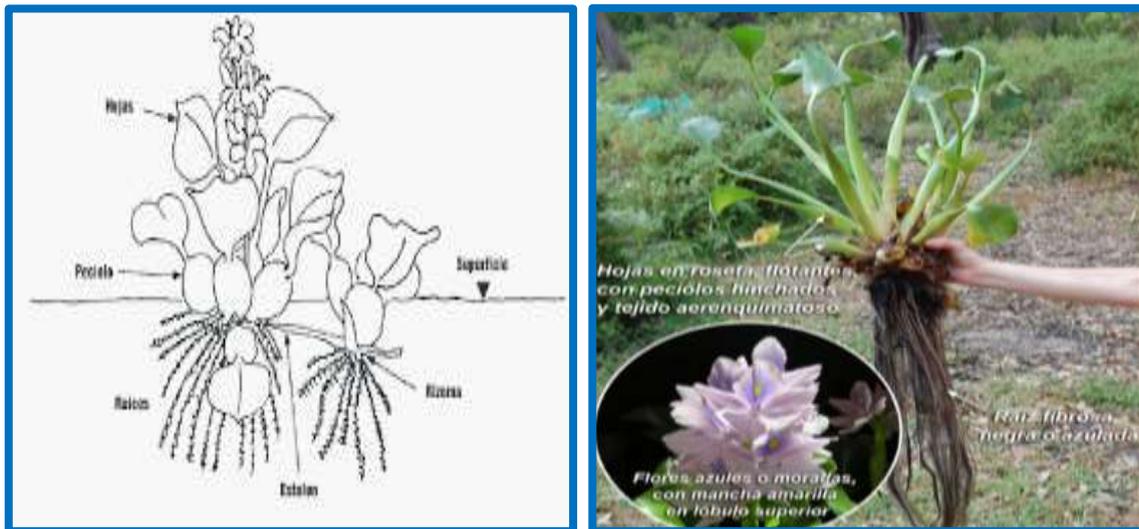
##### **Jacinto de Agua (*Eichornia crassipes*)**

##### **Descripción**

También conocido como lirio de agua, lechugin o camalote, es una planta perenne, vascular de flotación libre y sus raíces son fáciles de sumergir, pertenecientes a climas cálidos y fríos, sus flores son de color azulado y lila.

Se encuentra en el octavo puesto con un crecimiento más rápido a nivel mundial, logrando extenderse y sobrevivir en muchos sitios. Su tamaño puede llegar a duplicarse en 10 días, y durante 8 meses de un normal crecimiento, pueden llegar a medir entre 0.5 a 1.5 metros desde la parte superior hasta la raíz (Jaramillo & Flores, 2012, pp.40).

**Figura N° 08:** Morfología de la Eichornia Crassipes



Fuente: Elaboración propia, 2020

### Taxonomía

La macrófita acuática Eichornia Crassipes está dentro de la siguiente clasificación:

**Tabla N° 06:** Taxonomía del Jacinto de Agua

	<b>JACINTO DE AGUA</b>
	<b>Nombre Científico:</b> Eichornia crassipes (Mart.) Solms
	<b>Reino:</b> Plantae
	<b>División:</b> Magnoliophyta
	<b>Clase:</b> Liliopsida
	<b>Orden:</b> Commelinales
	<b>Familia:</b> Pontederiaceae
	<b>Género:</b> Eichornia
	<b>Especie:</b> Eichornia Crassipes
<b>Hábitat:</b> Zonas tropicales	

Fuente: Elaboración propia, 2020

## **Distribución**

Podemos encontrarlas en casi todo el mundo, ya que se logró exportar por tener un aspecto ornamental, usados en estanques y láminas acuáticas de jardines con climas templados y cálidos (Lozano, 2010, pp.7).

## **Parámetros de crecimiento**

- Necesitan estar en semisombra o requieren iluminación intensa.
- Para que pueda crecer en óptimas condiciones la temperatura de las aguas deben estar entre 25 a 30 °C, cesando a los 10 °C conllevándolas a la muerte.
- Necesita de un Ph alrededor de 6.5 – 8.5.
- El crecimiento del Jacinto de agua es favorecido por el agua rica en nutrientes, como el nitrógeno, fósforo y potasio, como también, calcio, hierro, boro, cobre, zinc, aluminio (Jaramillo & Flores, 2012, pp.43).

## **2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS**

**Oxígeno Disuelto (OD).** Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal.

**Sólidos suspendidos totales (SST).** Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.

**Demanda química de oxígeno (DQO).** Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O<sub>2</sub>/l).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).** Es un parámetro que mide la cantidad de dióxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida. Es la materia susceptible de ser consumida u oxidadada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión.

**Coliformes totales (CT).** Son las Enterobacteriaceae lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Los coliformes fecales comprenden principalmente *Escherichia coli* y algunas cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella*.

**Coliformes fecales (CF):** Bacterias aerobias gram-negativas, no formadoras de esporas, de forma bacilar y que, incubadas a 44.5° C, fermentan la lactosa en un término de 48 horas, con producción de gas, pudiendo ser residentes del tracto digestivo humano y de animales de sangre caliente.

**Límite máximo permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

**Efluente (E):** Cualquier líquido de desecho o subproducto que entra en el ambiente desde algún punto de origen.

**Caudal:** Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.

**Temperatura:** Es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro.

**PH:** Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El PH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.

**Remoción de contaminantes:** Es un proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (cultivo aeróbico de microorganismo) son mezclados y aireados.

**Plantas macrofitas:** Son aquellas que pueden vivir en terrenos inundados durante toda su vida o encharcadas durante largos periodos de tiempo.

## 2.4. MARCO REFERENCIAL

Nuestro trabajo, se fundamenta en el siguiente marco normativo, utilizado como instrumento, mecanismo y motor, los cuales promueven la atención de los problemas del tratamiento y disposición final de las aguas residuales, promulgados en el año 2010 y son los siguientes:

**Decreto Supremo N° 007-2010 –AG.** Aprobado el 16 de Julio del año 2010. Artículo 1: Declara de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados, con el objeto de prevenir el peligro de daño grave o irreversible que amenacen a dichas fuentes, así como promover y controlar el aprovechamiento y uso sostenible de los recursos hídricos garantizando un entorno saludable para las actuales y futuras generaciones.

Así mismo en sus artículos N° 2 y 4 establece la obligatoriedad de la aplicación multisectorial del Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual – PAVER y priorizar la formulación y ejecución de proyectos de plantas de tratamiento para las aguas residuales poblacionales, por parte de los gobiernos locales, regionales y las empresas prestadoras de los servicios, los cuales a letra dicen:

**Artículo 2: Alcance multisectorial**

Establecer la obligatoriedad de la aplicación multisectorial del Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual – PAVER, a cargo de la Autoridad Nacional del Agua. Constituye responsabilidad de las personas naturales o jurídicas que, como consecuencia de sus actividades económicas, generen vertimientos de aguas residuales en los cuerpos naturales de agua acogerse e inscribirse en dicho programa.

**Artículo 4: Proyectos de plantas de tratamiento**

Los gobiernos regionales, gobiernos locales y las empresas prestadoras de servicios (EPS), deberán priorizar la formulación y ejecución de proyectos de Plantas de Tratamiento para las Aguas Residuales Poblacionales que se generen en sus respectivas jurisdicciones.

- **Resolución Jefatural N° 274 – 2010 – ANA,** aprobada el 30 de abril de 2010. Dicta medidas para la implementación del Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual – PAVER.

A continuación, se hace una referencia de los artículos y procedimientos a seguir por la EPS GRAU, ya que está inscrita en el PAVER.

## **Artículo 1.- Finalidad del Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual – PAVER**

El PAVER tiene como finalidad la adecuación a las disposiciones de la Ley de Recursos Hídricos de los vertimientos y reúsos de aguas residuales en curso, que a la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de la citada ley no cuenten con las autorizaciones correspondientes.

El proceso de adecuación concluye con el otorgamiento de la autorización a los vertimientos o reúsos de aguas residuales tratadas que cumplan con las disposiciones del Título V de la Ley de Recursos Hídricos.

La inscripción en el PAVER faculta provisionalmente para continuar con el vertimiento de agua residual en curso hasta la presentación, ante la Autoridad Nacional del Agua, del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, o instrumento de gestión ambiental que determine el sector correspondiente, aprobado por la autoridad ambiental competente, que deberá producirse en un plazo no mayor de cuatro años, computados a partir de la fecha de inscripción, para el caso de vertimientos de aguas residuales municipales.

La inscripción en el PAVER faculta provisionalmente para continuar con el vertimiento de agua residual en curso hasta la presentación, ante la Autoridad Nacional del Agua, del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, o instrumento de gestión ambiental que determine el sector correspondiente, aprobado por la autoridad ambiental competente, que deberá producirse en un plazo no mayor de cuatro años, computados a partir de la fecha de inscripción, para el caso de vertimientos de aguas residuales municipales.

- **Artículo 3.- Presentación del instrumento ambiental aprobado**

Una vez inscritas las empresas en el PAVER quedan obligadas a presentar ante la Autoridad Nacional del Agua, dentro de los plazos señalados en el artículo precedente, el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, o instrumento de gestión ambiental que determine el sector correspondiente, aprobado por la autoridad ambiental competente.

El Programa de Adecuación y Manejo Ambiental o instrumento de gestión ambiental que determine el sector correspondiente, deberá contener los plazos de remediación, mitigación y control ambiental, así como la implementación de los correspondientes sistemas de tratamiento para el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA - Agua) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes líquidos según la normatividad ambiental vigente.

Verificado el cumplimiento de lo señalado en los numerales precedentes, la Autoridad Nacional del Agua, a través del órgano de línea correspondiente, otorgará la autorización de vertimiento con el carácter de provisional por un plazo no mayor de dos años renovables y condicionados al cumplimiento estricto de las obligaciones del instrumento ambiental.

- **Artículo 4.- Cumplimiento del Instrumento Ambiental**

Una vez cumplidas las obligaciones del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental o instrumento de gestión ambiental que determine el sector correspondiente, a solicitud de parte, se otorgará la autorización definitiva de vertimiento o reúso de agua residual tratada conforme a las disposiciones del Capítulo VI del Título V del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-ANA.

**El Decreto Supremo N° 003 – 2010 - MINAM, aprobado el 16 de Marzo del 2010, aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales (art. 1).** Asimismo, en su art. 3, inciso 3.3: Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente decreto supremo y que no cuenten con la certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de 02 años, contados a la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Otra exigencia sobre la materia se establece en el Art. 4 Programa de monitoreo: los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

**El Decreto Supremo N° 004 – 2017 - MINAM, aprobado el 07 de junio del 2017,** El presente Decreto supremo establece los niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos y químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

## **2.5. HIPÓTESIS**

### **2.5.1. Hipótesis general**

Con la implementación de un diseño de fitorremediación utilizando Jacinto de agua en PTAR-El Indio, se logrará reducir la contaminación de aguas residuales PTAR EL INDIO y llevarlo a Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

### **2.5.2. Hipótesis nula**

Con la elaboración de un diseño de fitorremediación utilizando Jacinto de agua para el tratamiento de aguas residuales en PTAR-El Indio, no se logrará reducir la contaminación de aguas residuales y llevarlo a Categoría 3: Riego de vegetales y Bebidas de animales.

## **2.6. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

- **Variable Independiente:** Tiempo de permanencia (días), Cantidad de Jacinto de agua (und).
- **Variable Dependiente:** Parámetros Físico-químicos, Inorgánicos y Microbiológicos.

### **III. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación es experimental, se basa en medir las concentraciones de los contaminantes de las aguas residuales del PTAR “El Indio” (Parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos), ubicado en el Asentamiento Humano El Indio y sector de castilla, mediante macrofitas Jacinto de Agua que actúan como agente depurador, proceso que fue observado y analizado con la finalidad de poder comprobar las hipótesis que se plantearon en dicho proyecto. Así mismo, se podrá proporcionar la interpretación significativa y minuciosa a los resultados que se obtendrán de los análisis y ensayos a evaluar.

El estudio, se basa en definir la eficacia de las macrofitas Jacinto de agua. Se recolectaron muestras in situ ( Jacintos de agua, recolectada del Rio Chira-Sullana) la cual fueron colocadas en dos peceras (dimensiones: 70 largo x 40 ancho x 40 altura) con el agua residual de las lagunas PTAR “El Indio” ( Efluente ), para posteriormente luego de 22 días para la Muestra N° 01 y 40 días para la Muestra N° 02 ser llevado a un laboratorio y poder realizar el cotejo con los estándares de calidad ambiental (ECA) y verificar que cumplan con lo establecido de acuerdo a los estándares y normas para aguas de Riego de vegetales y bebida de animales (Categoria 3 – DS 004-2017-MINAM). Así como también, será comparado con los límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Para la investigación se procedió de la siguiente manera:

**Tabla N° 07:** Diagrama de flujo de Proceso de Investigación



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 3.1.1. Tratamiento con macrófitas Jacinto de Agua

En esta investigación se realizó 02 muestras con Jacinto de Agua y agua residual de PTAR "El Indio", realizando el monitoreo diario de parámetros como: PH, Conductividad y T° con equipo Multiparámetro. El tiempo de duración fue de 22 días (Muestra N° 01) y 40 días (Muestra N°02) la cual empezó el día 07/08/2020.

El tratamiento consistió en colocar 12 Jacintos de agua sobre una pecera (70cm x 40cm x 40cm) con 40 litros de agua residual para la Muestra N° 01 y colocando 06 Jacintos de agua sobre una pecera (70cm x 40cm x 40cm) con 40 litros de agua residual para la Muestra N°02.

## **FASE I: Selección y Toma de muestra**

En la primera etapa, se realizó la toma de muestra en 02 puntos importantes de las aguas residuales de la laguna PTAR “El Indio” , siguiendo el protocolo de monitoreo de aguas residuales, luego de la ubicación de los puntos de monitoreo que fueron: Afluente (ingreso de aguas residuales) y Efluente (sálida de aguas residuales hacia la población sin uso autorizado), se extrajo las muestras de dichos puntos, se etiqueto las muestras y se llenó la ficha de cadena de custodia con datos correctos por la Empresa Icoserge, para luego ser enviados a Laboratorio y reportar los resultados del monitoreo por el lapso aproximado de 14 días hábiles, esto con el fin de verificar el estado actual de las aguas residuales del PTAR “El Indio” y realizar las comparaciones con lo establecido en los estándares de calidad del agua.

En la segunda etapa, se extrajo el volumen de 80 litros del Efluente de agua residual de PTAR “El Indio”, la cual fue llevado para el respectivo tratamiento con el Jacinto de agua puesto en 02 Peceras (dimensiones: 70cm x 40cm x 40cm). Con respecto al tratamiento de la Muestra N° 01, fue de 12 Jacinto de Agua y 40 Lts por un periodo de 22 días; y Muestra N° 02, fue de 06 Jacinto de Agua y 40 Lts por un periodo de 40 días. Cabe indicar que también en esta etapa se realizó la recolección de macrófitas Jacinto de agua empleadas para el trabajo de investigación, los cuales se recolectaron del Rio Chira – Sullana.

El muestreo es representativo de la investigación, los equipos necesarios para dicha investigación fueron los siguientes:

- 01 Cámara Fotográfica
- 01 Anemómetro
- 01 Multiparametro Digital
- Frascos para toma de muestras de agua residual
- Caja térmica
- 01 Jarra (01 lt)
- 01 Balde de Plástico (10 lts)
- 04 Baldes de plásticos (cada balde con capacidad de 20 lts)
- Guantes quirúrgicos
- Unidad móvil – camioneta
- 01 Pizarra acrílica
- 01 Plumón para pizarra.

### **3.1.2. Determinación de Parámetros Físico-Químicos, Inorgánicos y Microbiológicos en las aguas residuales PTAR “El Indio”**

Para determinar la concentración de los parámetros del agua residual y verificar el estado actual que se encuentran, las muestras que fueron analizadas fue el afluente y efluente, realizado el día 04 de agosto del presente, lo cual se extrajo y posteriormente enviado a laboratorio para ser analizado y posteriormente ser comparado con los estándares de calidad de agua residual.

Así mismo, se realizaron 02 tratamientos con el agua residual del efluente de PTAR “El Indio” (M1 y M2), con respecto al tratamiento de la muestra M1, tuvo una duración de 22 días empezando el día 07.08.2020 y finalizando el 28.08.2020. Con respecto al tratamiento de la muestra M2, tuvo una duración de 40 días empezando el día 07.08.2020 y finalizando el 15.09.2020. cabe indicar que, al finalizar cada tratamiento, cada muestra fue enviado a Laboratorio de ensayo ALAB, acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL, para luego ser comparado con los estándares de calidad de agua residual.

Para la toma de muestra, se llevó acabo los siguientes pasos:

- Se visitó el Lugar: PTAR “El Indio”, ubicado en el Distrito de Castilla y se extrajo 02 muestras (Afluente y Efluente) de las aguas residuales de la laguna PTAR “El Indio”, se envió a Laboratorio dichas muestras para los ensayos respectivos.
- Una vez que se recolecto el Jacinto de Agua del Rio Chira y puesto sobre las peceras con ciertos volúmenes de agua residual (40 lts en ambas peceras) por un tratamiento de 22 días (M1) y 40 días (M2), se procedió a enviar dichas muestras a Laboratorio para los análisis, ensayos y comparación con respecto a estándares de calidad de agua residual.
- Ambas muestras: 02 Muestras previo al tratamiento (Afluente y Efluente) y 02 Muestras con el tratamiento de Jacinto de agua y Agua residual, fueron analizadas por el Laboratorio ALAB acreditada por INACAL.

## **FASE II: Diseño de las Peceras para la Investigación**

Las dimensiones de las peceras (02) fueron las siguientes: largo 70cm, ancho 40cm y altura 40 cm.

## **FASE III: Tratamiento de Jacinto de Agua con agua residual de PTAR “El Indio”**

- Tratamiento 1; con Jacinto de Agua, se colocó 12 especies con un volumen de agua de 40 lts.
- Tratamiento 2; con Jacinto de Agua, se colocó 06 especies con un volumen de agua de 40 lts.

**Diseño del tratamiento:**

**Figura N° 09: Diseño de los dos tratamientos**

**MUESTRA N° 01**



## MUESTRA N° 02



### **FASE IV: Monitoreo**

Durante el transcurso de la investigación se tuvo como finalidad monitorear 03 parámetros como lo son: PH, Conductividad, T° y verificar a diario el comportamiento de ambos parámetros. Se tuvo en cuenta el monitoreo del PH diario por el periodo de 22 días para Muestra N° 01 y 40 días para Muestra N° 02; ambas muestras consideradas con el Jacinto de Agua; para determinar si se encuentra en un medio saludable para el tratamiento de las macrófitas. Por el tiempo de 22 días y 40 días, se tomó una muestra de cada pecera la cual fueron enviados a laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L –ALAB, para posteriores ensayos; y verificar y/o analizar si el grado de concentración de los parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos lograron disminuir durante los días transcurridos de tratamientos de ambas muestras.

### **3.2. VARIABLES DE OPERACIONALIZACION**

En la investigación se tomaron dos variables, la variable independiente que será la variable experimental, está relacionada al tiempo de permanencia y cantidad de Jacinto de agua, mientras que la variable dependiente está representada por los parámetros físicos-químicos, inorgánicos y microbiológicos que se realizarán al agua residual del PTAR “El Indio” antes y durante el tratamiento.

**TABLA N°8: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
<b>Variable Independiente:</b>					
Tiempo de permanencia (días).	Se realizarán análisis, muestras en PTAR los cuales posteriormente serán llevados a laboratorio. Es por ello que es vital el Tiempo de permanencia (días) que tomará el Jacinto de agua en dicha pecera.	Variable que está en función al tiempo que permanecerá el Jacinto de agua sobre las aguas residuales de la laguna de PTAR El Indio ( estas aguas se encontraran en un Pecera ) y realizar su acción de depuración de contaminantes.	Días	Tiempo de retención.	Nominal
Cantidad de Jacinto de agua (Und)	Es importante contar con la cantidad necesaria y adecuada de Jacinto de agua (Und) en la pecera, para que cumplan con una adecuada eficiencia de remoción de contaminantes.	Variable que expresa la adecuada cantidad de volumen de dicha planta macrofita (Jacinto de agua) al momento de realizar su actividad depuradora.	Und	Cantidad de Jacinto de agua.	Nominal
<b>Variable Dependiente:</b> Parámetros Físico-químicos, Inorgánicos y Microbiológicos.	Parámetros que se obtendrán en el inicio y final con las muestras de las lagunas PTAR El Indio: Muestra de afluente, efluente y luego del tratamiento de Jacinto de agua sobre las aguas de PTAR El Indio, el cual se encontrará en una pecera.	Variable de suma importancia en la cual dichos parámetros: DBO, DQO, PH, T°, OD, Aceites y grasas, STS, Coliformes, Metales, otros; serán comparados en un inicio y luego del tratamiento, y así demostrar la eficiencia del Jacinto de agua en la remoción de contaminantes.	°C, mg/L, ml/L, NMP/1000 ml.	PH, DBO, DQO, OD, Aceites y grasas, STS, Coliformes, parámetros Físico-Químicos, Inorgánicos, microbiológico.	Nominal

Fuente: Elaboración propia, 2020

### **3.3. POBLACION Y MUESTRA**

#### **3.3.1. Población**

La población para este estudio, es el volumen total del cuerpo de agua de las aguas residuales de la laguna PTAR “El Indio”, está ubicada en las siguientes coordenadas geográficas E: 0544284 N: 9421112, contando con 04 Lagunas: 02 Lagunas Primarias: Tamaño 145 m x 103 m y 02 Lagunas Secundarias: Tamaño 130 m x 133 m.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra analizada en esta investigación fue en las lagunas PTAR “El Indio” perteneciente al distrito de castilla. Las cuales se tomaron 80 litros de agua para su respectivo tratamiento en la presente investigación.

#### **3.3.3. Mediciones**

Parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1. Técnicas**

La técnica que se aplicó fue la recolección de datos, mediante observaciones experimentales teniendo como resultado análisis de los parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos tanto al inicio de la investigación como fue en el PTAR “El Indio” (02 muestras: Afluente y Efluente) y al finalizar el tratamiento con el Jacinto de Agua (02 muestras). Así mismo, se verificó el comportamiento de los parámetros iniciales de las aguas de las lagunas y después del tratamiento con el Jacinto de Agua, y hacer cumplir con lo descrito en las normas y estándares de calidad del agua (DS-003-2010-MINAM y DS-004-2017-MINAM).

#### **3.4.2. Instrumentos**

Se detalla a continuación en Tabla N° 09: Instrumentos de recolección de datos.

**Tabla N° 09: Instrumentos de recolección de datos.**

<b>ETAPA</b>	<b>FUENTE</b>	<b>TECNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>RESULTADOS</b>
Monitoreo Inicial	Toma de 02 muestras ( Afluente y Efluente) de aguas residuales de la laguna PTAR “El Indio”	Observación	Cadena de Custodia , Equipo Multiparametro y Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L.	Ensayos de Parámetros Físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos.
Proceso de experimentación	Toma de muestra de 80 lts de agua residual de la laguna PTAR “El Indio”	Observación	Cadena de Custodia y Equipo Multiparametro.	Ensayos de Parámetros Físico-Químicos (pH, T°, Conductividad).
Control de especie	Macrófita empleada en el tratamiento (Jacinto de Agua)	Observación	Equipo Multiparametro	Ensayos de Parámetros Físico-Químicos como: pH, T°, Conductividad. Asi como, color de la especie empleada para el tratamiento.
Monitoreo Final	Toma de 02 muestras después de culminado el tratamiento.	Observación	Cadena de Custodia, Equipo Multiparametro y Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L.	Ensayos de Parámetros Físico-Químicos, inorgánicos y microbiológicos.

Fuente: Elaboración propia, 2020

### 3.4.3. Descripción de las Etapas:

1) **Monitoreo Inicial:** En esta etapa se llevó a cabo la ubicación y visita al lugar donde se realizará la investigación y la técnica a trabajar, previo a ello se coordinó con personal de la EPS GRAU para el permiso correspondiente hacia el lugar de visita. Se tuvo comunicación vía telefónica con personal de EPS GRAU para indicaciones con respecto a los puntos de monitoreo (Afluente y Efluente) de la laguna PTAR “El Indio”.

Una vez ubicados los puntos de monitoreos, se tomó las muestras en 02 puntos como fueron: Al ingreso de las aguas residuales a la PTAR (Afluente) y A la salida (Efluente) para ser enviadas y analizadas a laboratorio.

El PTAR “El Indio” está situado en la zona sur-este de la ciudad de Piura, cercano al asentamiento humano El Indio, distrito de Castilla. Cuenta con 04 lagunas, 02 Lagunas Primarias: dimensiones de 145m x103m y 02 Lagunas Secundarias: dimensiones de 130m x133m.

**Figura N° 10: Monitoreo inicial en PTAR “El Indio”**

**Visita a PTAR “El Indio” para respectivo muestreo y Monitoreo**



**Monitoreo de Afluente (Ingreso de agua residual) de PTAR “El Indio”**



# Monitoreo de Efluente (Sálida de agua residual) de PTAR “El Indio”



**Figura N° 11: Identificación y Extracción de macrófitas “Jacinto de agua” de Rio Chira para empleo de investigación**



**2) Proceso de Experimentación:** En esta etapa luego de tener los resultados de los análisis del Afluente (ingreso de agua residual) y Efluente (sálida de agua residual) de las aguas residuales de PTAR “El Indio”, encontrando que los límites máximos permisibles son muy altos lo cual no cumplen con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM, y también sobrepasando con los estándares de calidad ambiental ECA, establecido en el DS-004-2017-MINAM, categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

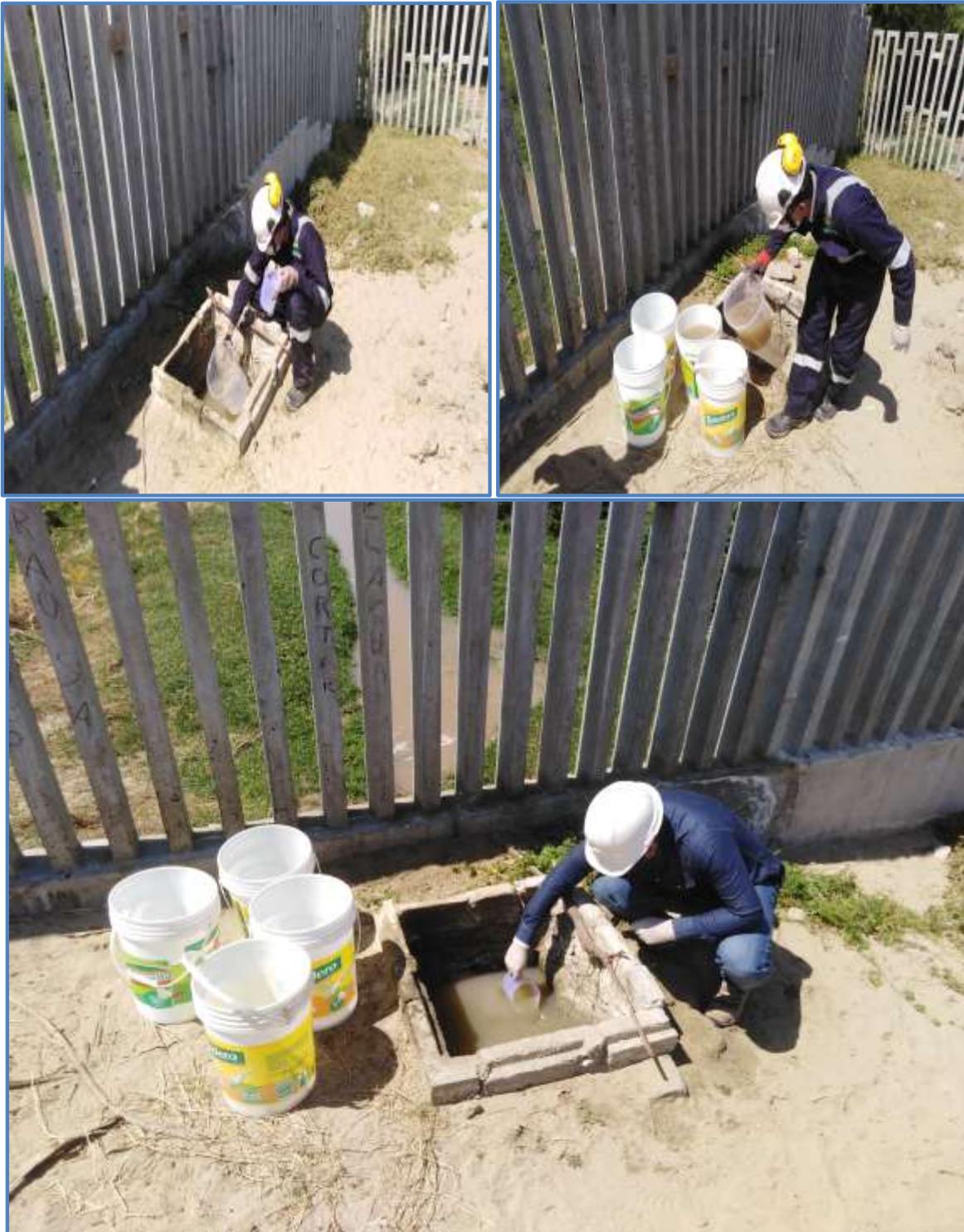
Se construyó el diseño de 02 peceras, cuyas dimensiones de las peceras fueron las siguientes: largo 70 cm, ancho 40 cm y altura 40 cm, colocando en cada una de ellas el agua residual tomada de PTAR para ser tratadas, se realizó la identificación de las macrófitas (Jacinto de agua) que se necesitaron para poner en ejecución el proyecto de investigación. Así mismo, se colocó en un lugar ambientado según las características que necesita el Jacinto de agua para que pueda cumplir con lo planteado en el proyecto de investigación.

**Figura N° 12: Diseño de peceras utilizadas en proyecto de investigación**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Figura N° 13: Toma de muestra de agua residual de laguna PTAR “El Indio”**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Figura N° 14: Medición insitu de agua residual PTAR “El Indio”**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**3) Control de Especie:** Durante el proyecto de investigación se realizó el monitoreo diario de las macrófitas (Jacinto de agua), lo cual se observaba que a medida aumentaba las semanas para ambos tratamientos (M-1 y M-2), se verifico que al final de la etapa de tratamiento, de presentar un color verdoso en la etapa inicial del tratamiento, paso a un color marrón (seco o marchito) de las macrófitas.

**Figura N° 15: Control de Macrófitas “Jacinto de Agua”**



Fuente: Elaboración propia, 2020

## Control de Macrófitas “Jacinto de Agua”



Fuente: Elaboración propia, 2020

**4) Monitoreo Final:** De cada diseño de las peceras, se realizó 02 tomas de muestras durante la investigación para que sean analizadas en Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L. acreditado por Inacal. Durante el tratamiento de las macrofitas, a diario se realizó el monitoreo con Equipo Multiparámetro, realizando el monitoreo de parámetros: pH, Conductividad y T°; como también se estuvo evaluando la eficacia de las macrofitas para ver si existe disminución de concentración de contaminantes con el pasar del tiempo de ambos tratamientos (M-1 y M-2).

**Figura N° 16: Monitoreo diario de Parámetros: pH, Conductividad y T°**



Fuente: Elaboración propia, 2020

## Monitoreo diario de Parámetros: pH, Conductividad y T°



Fuente: Elaboración propia, 2020

#### IV. RESULTADOS

Cabe indicar que previo al tratamiento de aguas residuales con macrófitas (Jacinto de agua), se realizó la visita a PTAR “El Indio” el día 04.08.2020 en la cual se extrajo 02 muestras: Afluente (ingreso de aguas residuales) y Efluente (sálida de aguas residuales hacia la población sin uso autorizado) para luego ser enviado a laboratorio para sus respectivos ensayos y posterior a comparar con los límites máximos permisibles indicados en el DS-003-2010-MINAM.

Tomaremos para la evaluación el DS-003-2010-MINAM, ya que las muestras de agua residual se tomaron al ingreso a las lagunas primarias y a la sálida de las lagunas secundarias de PTAR “El Indio”.

Los análisis de las muestras colectadas en campo fueron ejecutados en Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L.- ALAB, los resultados del laboratorio se adjuntan en el Anexo N° 03. A continuación, en la Tabla N° 11 y Tabla N° 12 se presentan el resumen de los resultados del monitoreo de la calidad de agua residual para cada parámetro evaluado en su respectiva estación de control. En la Tabla N° 13 se evaluará teniendo en cuenta los LMP, según DS-003-2010-MINAM (Anexo N°02).

**Tabla N° 10: Descripción de la estación de muestreo**

Estación de muestreo	Fecha y Hora del muestreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS-84	Altitud
Afluente	4/08/2020	Al ingreso a las lagunas primarias	E 544 284	41
	10:20		N 9 421 112	
Efluente	4/08/2020	A la sálida de las lagunas secundarias	E 544 296	40
	10:40		N 9 420 761	

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L, elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 11: Resultado Monitoreo de Afluente PTAR “El Indio”**

<b>AFLUENTE ( Ingreso de aguas residuales a PTAR "El Indio")</b>			
<b>FECHA: 04-08-2020</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultados</b>	<b>Comentarios</b>
Aceites y Grasas	mg/L	31.20	Resultados de Monitoreo de aguas residuales, por Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100mL	5 400 000	
Coliformes Totales	NMP/100mL	11 000 000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	251.6	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	428	
Detergentes	mg/L	7.332	
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.2	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	160	
pH	Unidad de pH	6.45	
Conductividad	uS/cm	1595	
T°	°C	26.6	

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L. y Equipo Multiparámetro, elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 12: Resultado Monitoreo de Efluente PTAR “El Indio”**

<b>EFLUENTE ( Salida de aguas residuales a PTAR "El Indio")</b>				
<b>FECHA: 04-08-2020</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultados</b>	<b>Comentarios</b>	
Aceites y Grasas	mg/L	15.20	Resultados de Monitoreo de aguas residuales, por Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L	
Coliformes Fecales (termotolerantes)	NMP/100mL	47 000		
Coliformes Totales	NMP/100mL	220 000		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	112.1		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	184		
Detergentes	mg/L	9.131		
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.9		
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	64		
pH	Unidad de pH	6.50		Resultados de Monitoreo de aguas residuales in situ (PTAR "El Indio"), por Equipo Multiparámetro.
Conductividad	uS/cm	1538		
T°	°C	26.4		

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L. y Equipo Multiparámetro, elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 13: Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)**

PARÁMETRO	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES PTAR "EL INDIO"		D.S N° 003-2010- MINAM
		AFLUENTE	EFLUENTE	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
		Al ingreso a la lagunas primarias	A la salida de las lagunas secundarias	
Aceites y grasas	mg/L	31.20	15.20	20
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100mL	5 400 000	47 000	10 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	11 000 000	220 000	.....
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg /L	251.6	112.1	100
Demanda Química de Oxígeno	mg /L	428	184	200
Detergentes	mg /L	7.332	9.131	.....
Oxígeno Disuelto	mg /L	4.2	4.9	.....
Sólidos Suspendidos Totales	mg /L	160	64	150
pH	Unidad de pH	6.45	6.50	6.5 - 8.5
Conductividad	uS/cm	1595	1538	.....
T°	°C	26.6	26.4	< 35

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L. y Equipo Multiparámetro, elaboración propia, 2020.

- Como se observa en la Tabla N° 13, el resultado de los Parámetros Físico-Químicos realizados al afluente y Efluente, fueron realizados por Analytical Laboratory E.I.R.L, laboratorio acreditado por INACAL. Como se observa los resultados muestran parámetros físicos-químicos con alto grado de contaminación de estas aguas residuales proveniente de la población El Indio. Así mismo, cabe indicar que estos resultados de Afluente y Efluente no cumplen con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM, por sobrepasar el Límite Máximo Permisible (LMP).

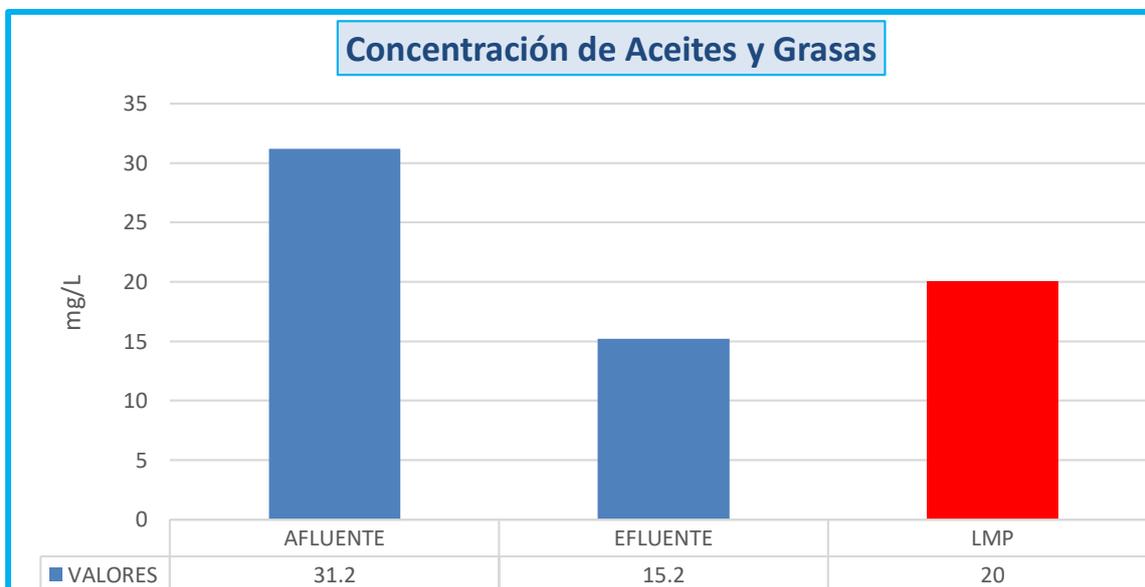
#### 4.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE AFLUENTE Y EFLUENTE

##### ➤ Aceites y Grasas

Los valores de aceites y grasas en el Afluente (ingreso de aguas residuales PTAR “El Indio”) fue: 31.20 mg/L, lo cual supera el límite máximo permisible LMP (20 mg/L).

Mientras el Efluente (sálida de aguas residuales PTAR “El Indio”) fue de 15.20 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP. Según DS-003-2010-MINAM.

Gráfico N° 01: Comportamiento de las concentraciones de Aceites y Grasas

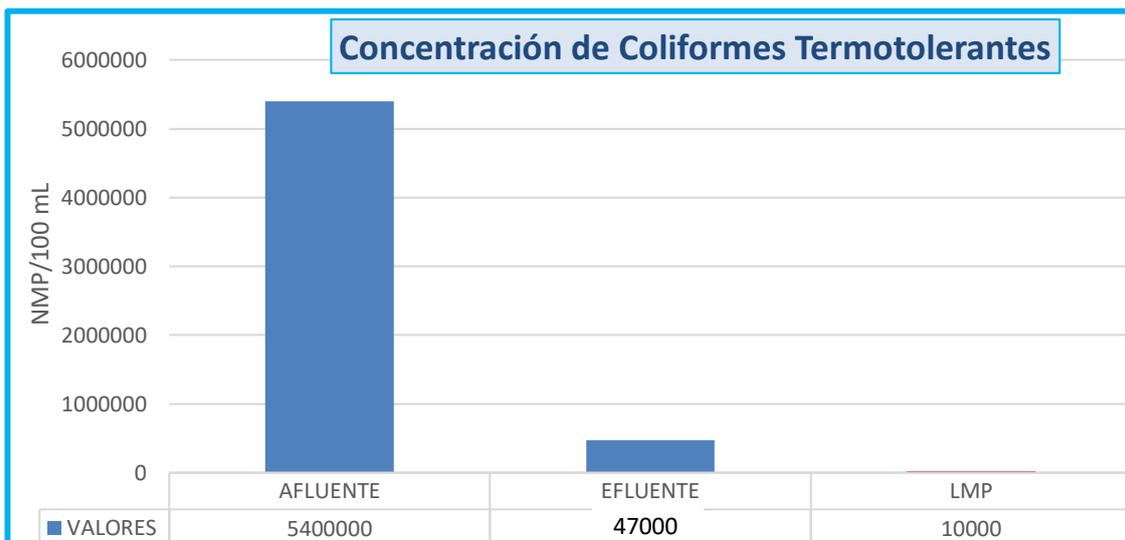


Fuente: Elaboración propia, 2020

##### ➤ Coliformes Termotolerantes

Los valores de Coliformes Termotolerantes en los dos puntos de control Afluente (5 400 000) y Efluente (47 000), supera los límites máximos permisibles (10 000), según D.S N° 003-2010-MINAM.

**Gráfico N° 02: Comportamiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes**

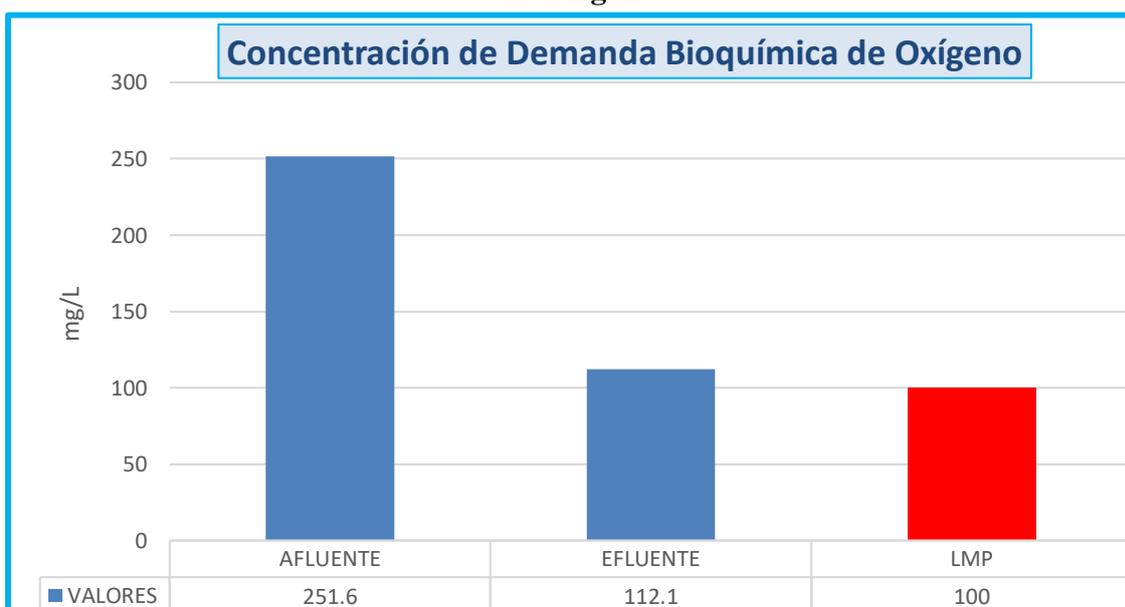


Fuente: Elaboración propia, 2020

➤ **Demanda Bioquímica de oxígeno**

Los valores de DBO en los dos puntos de control Afluente (251.6) y Efluente (112.1), supera los límites máximos permisibles (100), según D.S N° 003-2010-MINAM.

**Gráfico N° 03: Comportamiento de las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno**



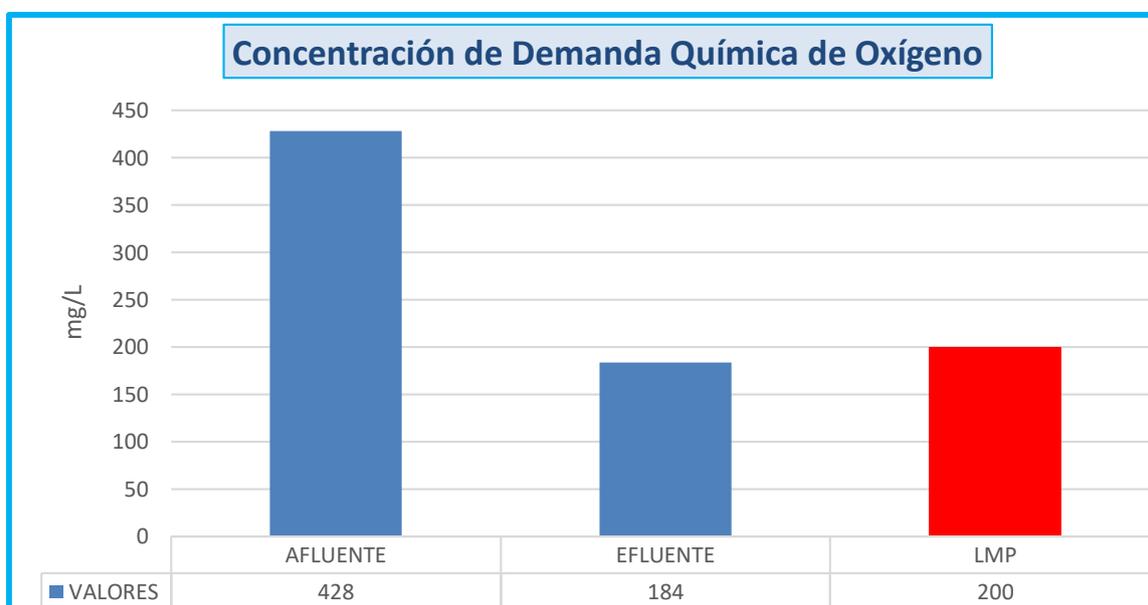
Fuente: Elaboración propia, 2020

- DBO, que significa Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno usada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica durante 5 días a 20°C (68°F). Si un residuo con alto DBO es arrojado a cursos de agua, se disminuye su cantidad de oxígeno disuelto y por lo tanto disminuye su capacidad de albergar vida.

➤ **Demanda Química de Oxígeno**

Los valores de DQO en el punto Afluente (428), supera el límite máximo permisible (200). Mientras el punto Efluente (184), se encuentra dentro del límite máximo permisible (200), según D.S N° 003-2010-MINAM.

**Gráfico N° 04: Comportamiento de las concentraciones de Demanda Química de Oxígeno**



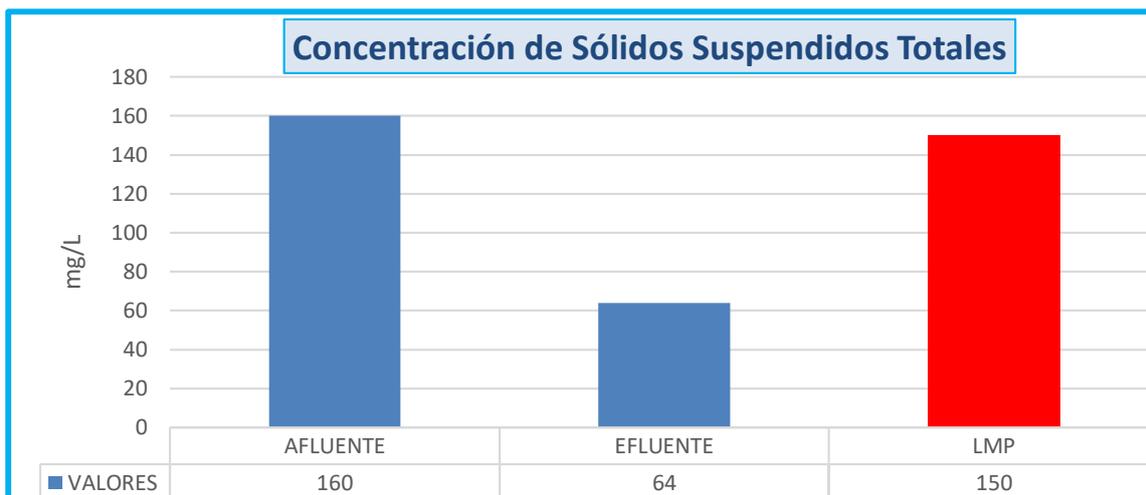
Fuente: Elaboración propia, 2020

➤ **Sólidos Suspendidos Totales**

Los valores de Sólidos Suspendidos Totales en el punto Afluente (160), se encuentra por encima del límite máximo permisible (150). Mientras el punto Efluente (64), se encuentra dentro del límite máximo permisible (150), según D.S N° 003-2010-MINAM.

**Gráfico N° 05: Comportamiento de las concentraciones de Sólidos Suspendedos**

**Totales**



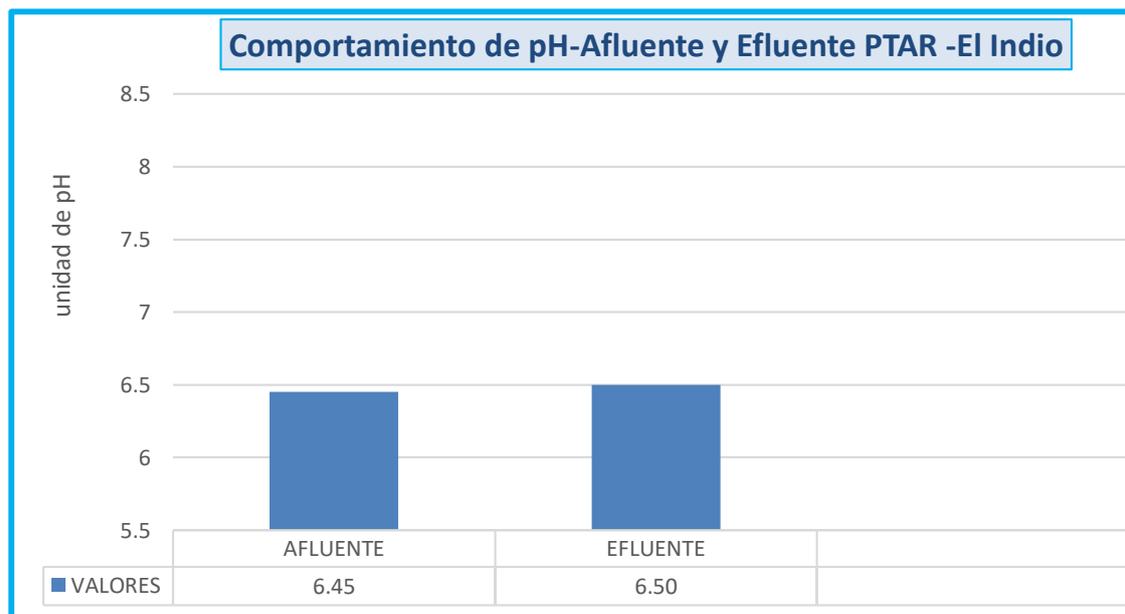
Fuente: Elaboración propia, 2020

➤ **PH y T°**

Los valores de pH y T° como se indica en el punto Afluente (6.45 y 26.6°C respectivamente), el pH no se encuentra dentro del límite máximo permisible (rango 6.5 – 8.5) y con respecto a T° se encuentra dentro del límite máximo permisible (< 35°). Mientras en el punto Efluente (6.50 y 26.4°C respectivamente), el pH se encuentra dentro del límite máximo permisible (rango 6.5 – 8.5) y con respecto a T° se encuentra dentro del límite máximo permisible (< 35°), según D.S N° 003-2010-MINAM.

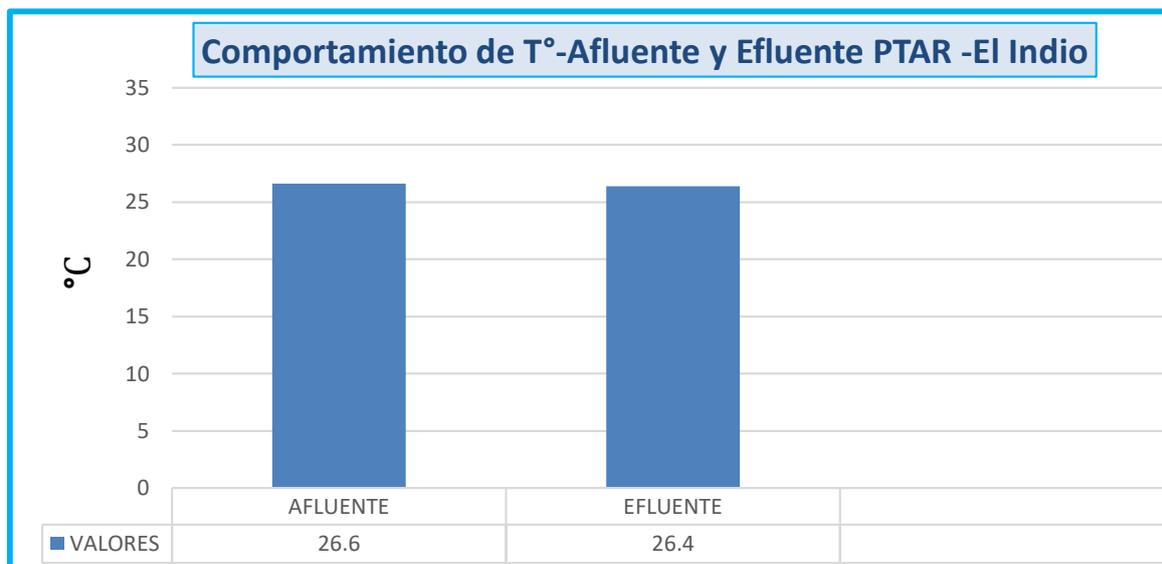
**Gráfico N° 06: Comportamiento de pH en Afluente y Efluente de aguas residuales**

**PTAR “El Indio”**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 07: Comportamiento de T° en Afluente y Efluente de aguas residuales PTAR “El Indio”**



Fuente: Elaboración propia, 2020

#### **4.2. FASE DEL TRATAMIENTO CON MACRÓFITAS (JACINTO DE AGUA)**

Para la fase del tratamiento de las aguas residuales con Macrófitas (Jacinto de agua), empezando el día 06.08.2020, con la extracción de Jacinto de agua del Rio Chira, para luego ser colocado sobre dos peceras y estas conteniendo el agua residual de PTAR "El Indio" para los respectivos tratamientos (02 tratamientos: M1 y M2), finalmente las comparaciones con los Parámetros Físico-químicos, Orgánicos y Microbiológicos.

##### **➤ TRATAMIENTO N° 01 – M1**

Para el Primer tratamiento M1, se realizó en un tiempo de 22 días para luego ser llevado a laboratorio (Analytical Laboratory E.I.R.L, laboratorio acreditado por INACAL) para los respectivos ensayos. Este tratamiento consistió en colocar sobre una pecera de dimensiones: 70cm largo x 40cm ancho x 40cm altura, la cantidad de 12 Jacintos de agua y 40 lts de agua residual de PTAR “El Indio”. Así mismo, cabe indicar que durante los 22 días de tratamiento se realizó a diario el monitoreo de parámetros: pH, Conductividad y T°, estos parámetros fueron realizados con Equipo Multiparámetro, el cual está certificado y calibrado.

Una vez culminado el tiempo de duración de 22 días para el Tratamiento N°01 –M1 para luego ser enviado a laboratorio para el respectivo ensayo y comparación con los límites máximos permisibles indicados en el DS-003-2010-MINAM, así como también en el DS-004-2017-MINAM (Anexo 1).

A continuación, se detalla los resultados del ensayo de laboratorio, así mismo, los cuales serán comparados con los límites máximos permisibles LMP para los efluentes de PTAR “El Indio”, DS-003-2010-MINAM (Anexo 2), y comparando con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en la Categoría 3: Riego de vegetales y Bebidas de animales, DS-004-2017-MINAM (Anexo 1).

**Tabla N° 14: Resultados Monitoreo de Tratamiento N°01-M1**

<b>RESULTADOS MONITOREO DE TRATAMIENTO N°01-M1</b>			
<b>FECHA: 07-08-2020 al 28-08-2020</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultados</b>	Resultados de Tratamiento N° 01 - M1, por Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L.
Aceites y Grasas	mg/L	3.30	
Coliformes Fecales (termotolerantes)	NMP/100mL	9 200	
Coliformes Totales	NMP/100mL	92 000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	38.7	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	62	
Detergentes	mg/L	< 0.025	
Oxígeno Disuelto	mg/L	5	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	88	
pH	Unidad de pH	6.72	
Conductividad	uS/cm	2790	Resultados de último día del Tratamiento N° 01-M1 (28-08-20), por equipo Multiparámetro.
T°	°C	25.1	

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L. y Equipo Multiparámetro, elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 15: Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)**

**Tratamiento N°01-M1**

PARÁMETRO	UNIDADES	MONITOREO TRATAMIENTO N° 01- M1	D.S N° 003- 2010-MINAM	D.S N° 004-2017-MINAM	
		FECHA DE MUESTREO: 28.08.21	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS	Categoria 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	
				Riego de vegetales	Bebida de animales
Aceites y grasas	mg/L	3.30	20	5	10
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100mL	9 200	10 000	1 000	2 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	92 000	.....	.....	.....
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg /L	38.7	100	15	15
Demanda Química de Oxígeno	mg /L	62	200	40	40
Detergentes	mg /L	< 0.025	.....	0.2	0.5
Oxígeno Disuelto	mg /L	5	.....	≥ 4	≥ 5
Sólidos Suspendidos Totales	mg /L	88	150	.....	.....
pH	Unidad de pH	6.72	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Conductividad	uS/cm	2790	.....	2 500	5 000
T°	°C	25.1	< 35	Δ 3	Δ 3

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L. y Equipo Multiparámetro, elaboración propia, 2020.

- Como se observa en la Tabla N° 15, el resultado de los Parámetros Físico-Químicos realizados a la Muestra N°01-M1, fueron realizados por Analytical Laboratory E.I.R.L, laboratorio acreditado por INACAL. Como se observa, si comparamos los límites máximos permisibles con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM, encontramos que los parámetros físicos-químicos cumplen con lo establecido en el decreto.

Por otro lado, si comparamos con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales establecido en el DS-004-2017-MINAM, encontramos que en la mayoría de parámetros físicos-químicos no cumplen con los límites máximos permisibles.

**Tabla N° 16: Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)  
Tratamiento N°01-M1 para Parámetros Inorgánicos (Metales)**

PARÁMETRO	UNIDADES	MONITOREO TRATAMIENTO N° 01-M1	D.S N° 004-2017-MINAM	
			Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	
INORGÁNICOS		FECHA DE MUESTREO: 28.08.21	Riego de vegetales	Bebida de animales
Aluminio	mg/L	0.356	5	5
Arsénico	mg/L	0.008	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.0361	0.7	**
Berilio	mg /L	< 0.0003	0.1	0.1
Boro	mg /L	0.234	1	5
Cadmio	mg /L	< 0.0001	0.01	0.05
Cobre	mg /L	0.0178	0.2	0.5
Cobalto	mg /L	< 0.002	0.05	1
Cromo	mg/L	< 0.0002	0.1	1
Hierro	mg/L	0.421	5	**
Litio	mg/L	0.0237	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	14.077	**	250
Manganeso	mg/L	0.1355	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	< 0.0001	0.001	0.01
Niquel	mg/L	< 0.0003	0.2	1
Zinc	mg/L	0.0179	2	24

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L., elaboración propia, 2020.

- Como se observa en la Tabla N° 16, el resultado de los Parámetros Inorgánicos (Metales), realizados a la Muestra N°01-M1, comparando con los límites máximos permisibles en lo establecido en el DS-004-2017-MINAM, encontramos como resultado que todos los parámetros cumplen con los LMP indicados con lo establecido en el decreto.

**Tabla N° 17: Resultados Monitoreo de Otros Parámetros Inorgánicos (Metales)**

PARÁMETRO	UNIDADES	MONITOREO TRATAMIENTO N° 01-M1
INORGÁNICOS		FECHA DE MUESTREO: 28.08.20
Plata	mg/L	< 0.002
Sílice	mg/L	2.595
Sodio	mg/L	1055.072
Potasio	mg /L	46.99
Talio	mg /L	< 0.0003
Titanio	mg /L	0.0024
Uranio	mg /L	< 0.005
Vanadio	mg /L	0.012
Antimonio	mg/L	< 0.002
Bismuto	mg/L	< 0.009
Calcio	mg/L	20.040
Cerio	mg/L	< 0.02
Estaño	mg/L	< 0.001
Estroncio	mg/L	0.28311
Fosforo	mg/L	1.15
Molibdeno	mg/L	< 0.0006

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L., elaboración propia, 2020.

#### ➤ **TRATAMIENTO N° 02 – M2**

Para el Segundo tratamiento M2, se realizó en un tiempo de 40 días para luego ser llevado a laboratorio para los respectivos ensayos. Este tratamiento consistió en colocar sobre una pecera de dimensiones: 70cm largo x 40cm ancho x 40cm altura, la cantidad de 06 Jacintos de agua y 40 lts de agua residual de PTAR “El Indio”. Cabe indicar que durante los 40 días de tratamiento se realizaron a diario el monitoreo de parámetros: pH, Conductividad y T°, estos parámetros fueron realizados con Equipo Multiparámetro, el cual está certificado y calibrado.

Una vez culminado el tiempo de duración de 40 días para el Tratamiento N°02 –M2 para luego ser enviado a laboratorio para el respectivo ensayo y comparación con los límites máximos permisibles indicados en el DS-003-2010-MINAM, así como también en el DS-004-2017-MINAM.

A continuación, se detalla los resultados del ensayo del Tratamiento N°02, los cuales serán comparados con los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR, DS-003-2010-MINAM (Anexo 2), y comparando con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en la Categoría 3: Riego de vegetales y Bebidas de animales (Anexo 1).

**Tabla N° 18: Resultados Monitoreo de Tratamiento N°02-M2**

RESULTADOS MONITOREO DE TRATAMIENTO N°02-M2			
FECHA: 07-08-2020 al 15-09-2020			
Parámetros	Unidad de medida	Resultados	Resultados de Tratamiento N° 02 -M2, por Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L.
Aceites y Grasas	mg/L	< 1.20	
Coliformes Fecales (termotolerantes)	NMP/100mL	350.0	
Coliformes Totales	NMP/100mL	16 000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	< 2.0	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	< 5	
Detergentes	mg/L	< 0.025	
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.8	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	29	
pH	Unidad de pH	6.73	
Conductividad	uS/cm	1449	
T°	°C	23.8	

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L. y Equipo Multiparámetro, elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 19: Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)**

**Tratamiento N°02-M2**

PARÁMETRO	UNIDADES	MONITOREO TRATAMIENTO N° 02-M2	D.S N° 003-2010-MINAM	D.S N° 004-2017-MINAM	
		FECHA DE MUESTREO: 15.09.20	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS	Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	
				Riego de vegetales	Bebida de animales
Aceites y grasas	mg/L	< 1.20	20	5	10
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100mL	350	10 000	1 000	2 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	16 000	.....	.....	.....
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg /L	< 2.0	100	15	15
Demanda Química de Oxígeno	mg /L	< 5	200	40	40
Detergentes	mg /L	< 0.025	.....	0.2	0.5
Oxígeno Disuelto	mg /L	4.8	.....	≥ 4	≥ 5
Sólidos Suspendidos Totales	mg /L	29	150	.....	.....
pH	Unidad de pH	6.73	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Conductividad	uS/cm	1449	.....	2 500	5 000
T°	°C	23.8	< 35	Δ 3	Δ 3

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L. y Equipo Multiparámetro, elaboración propia, 2020.

- Como se observa en la Tabla N° 19, el resultado de los Parámetros Físico-Químicos realizados a la Muestra N°02-M2, fueron realizados por Analytical Laboratory E.I.R.L, laboratorio acreditado por INACAL. Como se observa, si comparamos los límites máximos permisibles con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM, encontramos que los parámetros físicos-químicos cumplen con lo establecido en el decreto.

Por otro lado, si comparamos con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales establecido en el DS-004-2017-MINAM, encontramos que cumplen con todos los parámetros físicos-químicos con respecto a los límites máximos permisibles.

**Tabla N° 20: Comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP)  
Tratamiento N°02-M2 para Parámetros Inorgánicos (Metales)**

PARÁMETRO	UNIDADES	MONITOREO TRATAMIENTO N° 02-M2	D.S N° 004-2017-MINAM	
			Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales	
INORGÁNICOS		FECHA DE MUESTREO: 15.09.20	Riego de vegetales	Bebida de animales
Aluminio	mg/L	< 0.005	5	5
Arsénico	mg/L	< 0.002	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.2566	0.7	**
Berilio	mg /L	< 0.0003	0.1	0.1
Boro	mg /L	0.172	1	5
Cadmio	mg /L	< 0.0001	0.01	0.05
Cobre	mg /L	0.0068	0.2	0.5
Cobalto	mg /L	< 0.002	0.05	1
Cromo	mg/L	< 0.0002	0.1	1
Hierro	mg/L	0.184	5	**
Litio	mg/L	0.0069	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	20.303	**	250
Manganeso	mg/L	0.0341	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	< 0.0001	0.001	0.01
Niquel	mg/L	< 0.0003	0.2	1
Zinc	mg/L	0.0061	2	24

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L., elaboración propia, 2020.

- Como se observa en la Tabla N° 20, el resultado de Parámetros Inorgánicos (Metales), realizados a la Muestra N°02-M2, comparando con los límites máximos permisibles en lo establecido en el DS-004-2017-MINAM, encontramos como resultado que todos los parámetros cumplen con los LMP indicados con lo establecido en el decreto.

**Tabla N° 21: Resultados Monitoreo de Otros Parámetros Inorgánicos (Metales)**

PARÁMETRO	UNIDADES	MONITOREO TRATAMIENTO N° 02-M2
INORGÁNICOS		FECHA DE MUESTREO: 15.09.20
Plata	mg/L	< 0.002
Sílice	mg/L	0.293
Sodio	mg/L	286.699
Potasio	mg /L	27.29
Talio	mg /L	< 0.0003
Titanio	mg /L	< 0.0007
Uranio	mg /L	< 0.01
Vanadio	mg /L	< 0.0002
Antimonio	mg/L	< 0.002
Bismuto	mg/L	< 0.009
Calcio	mg/L	60.440
Cerio	mg/L	< 0.02
Estaño	mg/L	< 0.001
Estroncio	mg/L	0.93767
Fosforo	mg/L	0.06
Molibdeno	mg/L	0.0028

Fuente: Laboratorio de ensayo Analytical Laboratory E.I.R.L., elaboración propia, 2020.

#### **4.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE TRATAMIENTOS CON MACRÓFITAS (JACINTO DE AGUA): TRATAMIENTO N°01- M1 Y TRATAMIENTO N°02- M2**

##### **➤ Aceites y Grasas**

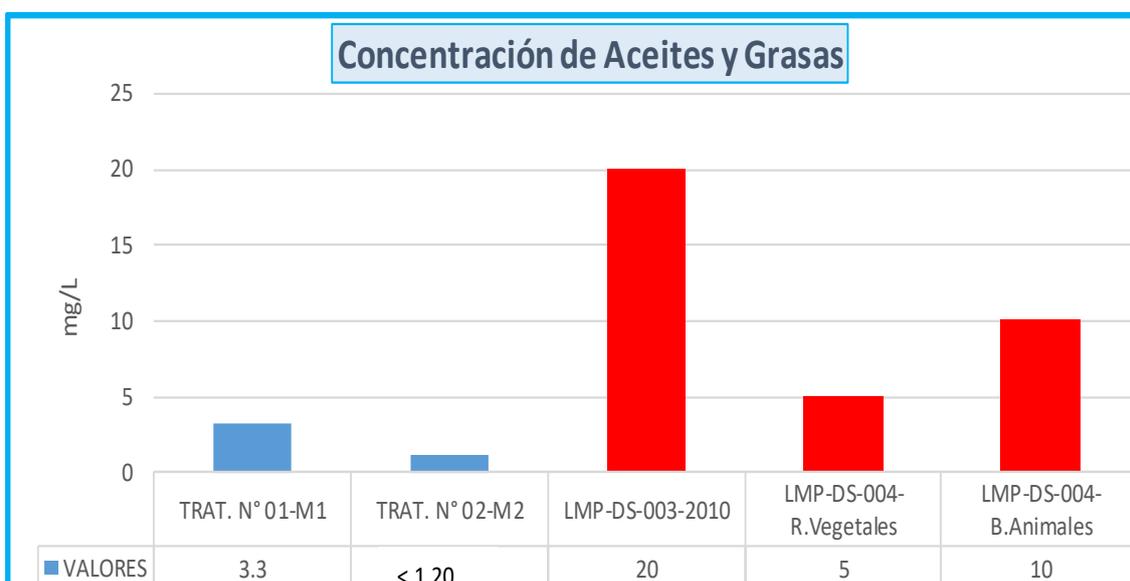
El valor de aceites y grasas en el Tratamiento N°01- M1, fue: 3.30 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (20 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de aceites y grasas, si cumple, dado que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 5 mg/L y Bebida de animales: 10 mg/L).

Mientras el valor de aceites y grasas en el Tratamiento N°02- M2, fue de < 1.20 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (20 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoria 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de aceites y grasas, si cumple, dado que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 5 mg/L y Bebida de animales: 10 mg/L).

**Gráfico N° 08: Comportamiento de las concentraciones de Aceites y Grasas  
Tratamiento M1 y M2**



Fuente: Elaboración propia, 2020

➤ **Coliformes Termotolerantes**

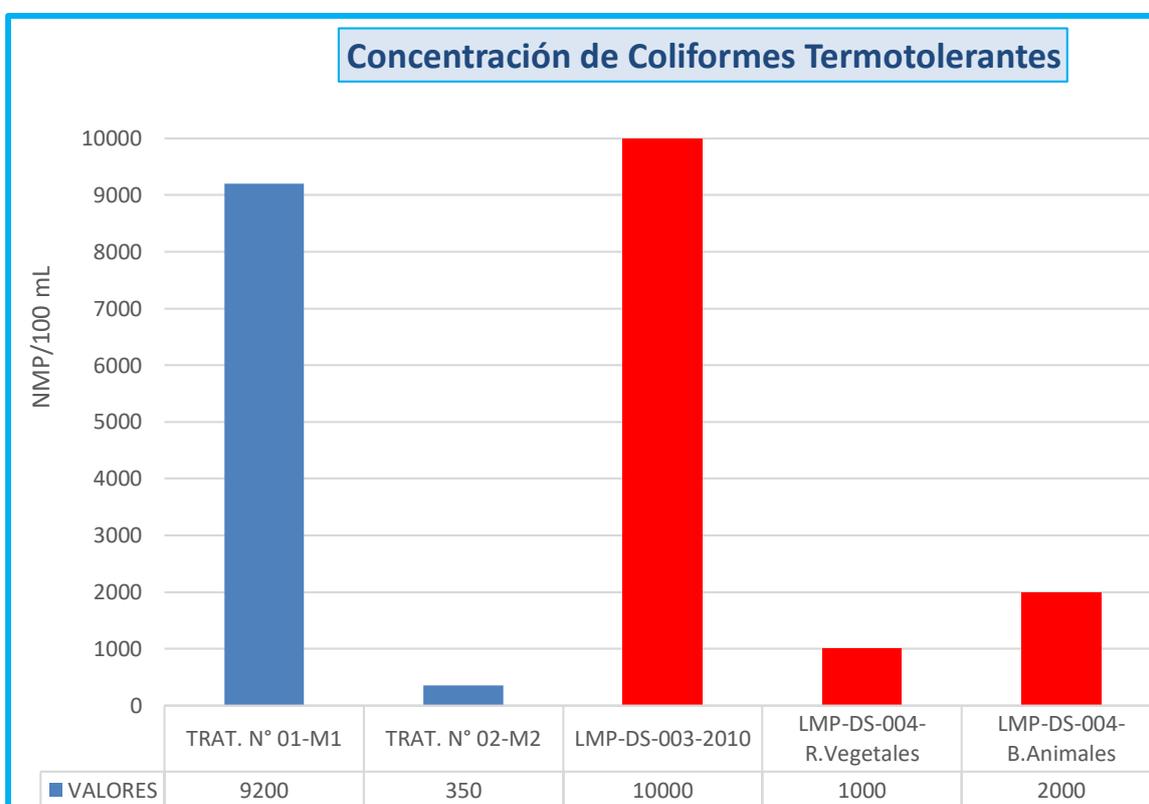
El valor de Coliformes Termotolerantes en el Tratamiento N°01- M1, fue: 9 200 NMP/100 mL, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (10 000 NMP/100 mL) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoria 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de coliformes termotolerantes, no cumple, dado que se encuentra por encima del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 1 000 mg/L y Bebida de animales: 2 000 mg/L), es decir, no cumple para riego de vegetales ni para bebida de animales.

Mientras el valor de Coliformes Termotolerantes en el Tratamiento N°02-M2, fue de 350 NMP/100 mL, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (10 000 NMP/100 mL) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de coliformes termotolerantes, si cumple, dado que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 1 000 NMP/100 mL y Bebida de animales: 2 000 NMP/100 mL).

**Gráfico N° 09: Comportamiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes – Tratamiento M1 y M2**



Fuente: Elaboración propia, 2020

### ➤ Demanda Bioquímica de oxígeno

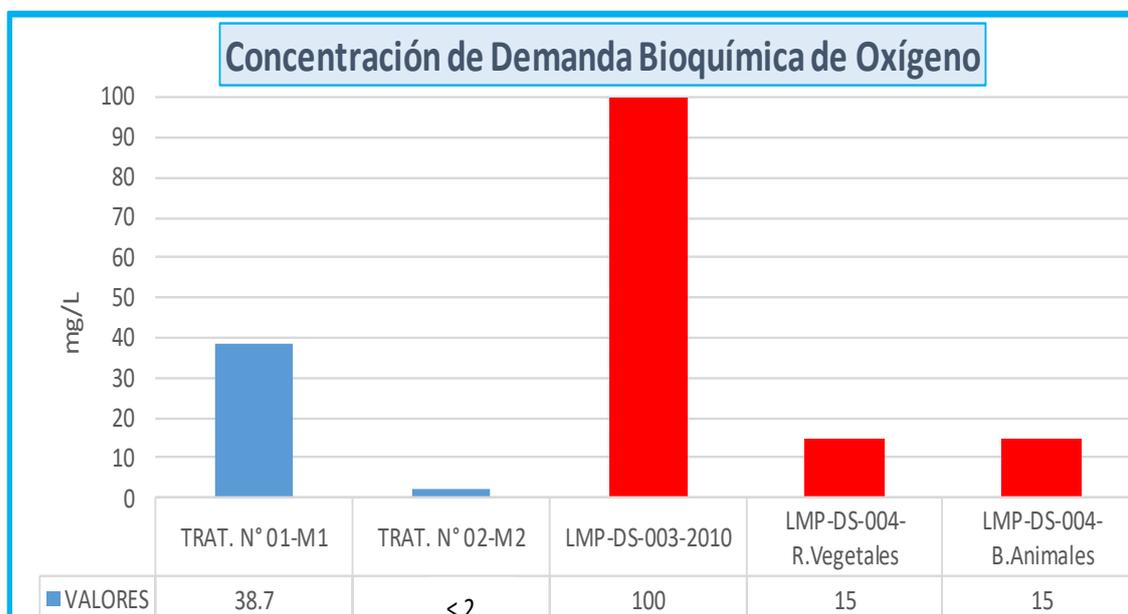
El valor de DBO en el Tratamiento N°01- M1, fue: 38.7 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (100 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de DBO, no cumple, dado que se encuentra por encima del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 15 mg/L y Bebida de animales: 15 mg/L), es decir, no cumple para riego de vegetales ni para bebida de animales.

Mientras el valor de DBO en el Tratamiento N°02- M2, fue de < 2.0 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (100 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de DBO, si cumple, dado que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 15 mg/L y Bebida de animales: 15 mg/L).

**Gráfico N° 10: Comportamiento de las concentraciones de DBO**  
**Tratamiento M1 y M2**



Fuente: Elaboración propia, 2020

## ➤ Demanda Química de Oxígeno

El valor de DQO en el Tratamiento N°01- M1, fue: 62 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (100 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

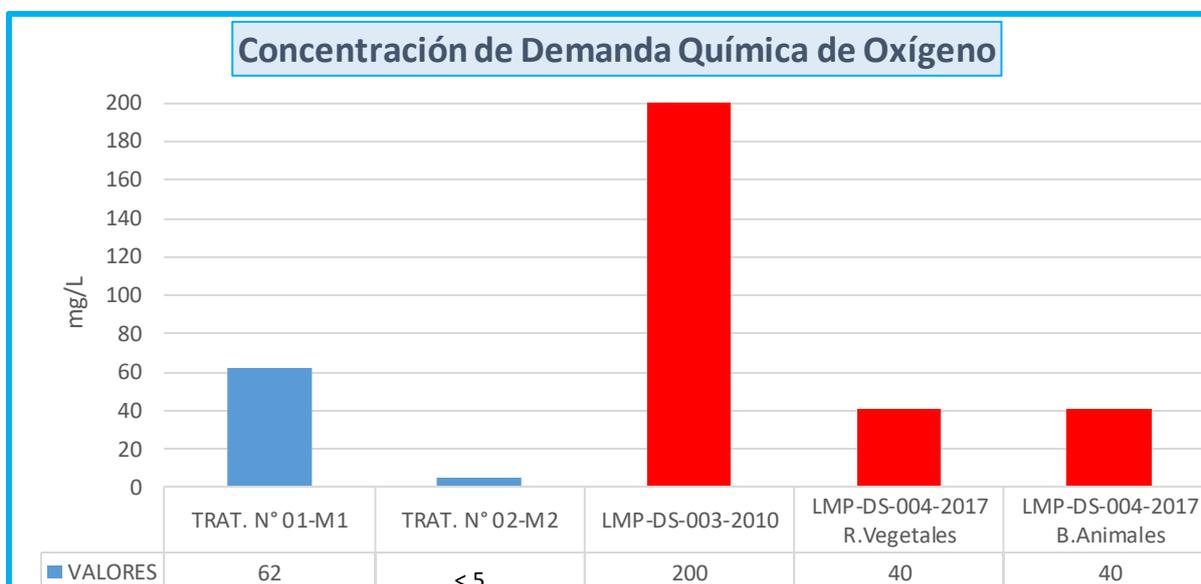
Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de DBO, no cumple, dado que se encuentra por encima del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 15 mg/L y Bebida de animales: 15 mg/L), es decir, no cumple para riego de vegetales ni para bebida de animales.

Mientras el valor de DBO en el Tratamiento N°02- M2, fue de < 5.0 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (100 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de DBO, si cumple, dado que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 15 mg/L y Bebida de animales: 15 mg/L).

### Gráfico N° 11: Comportamiento de las concentraciones de DQO

#### Tratamiento M1 y M2



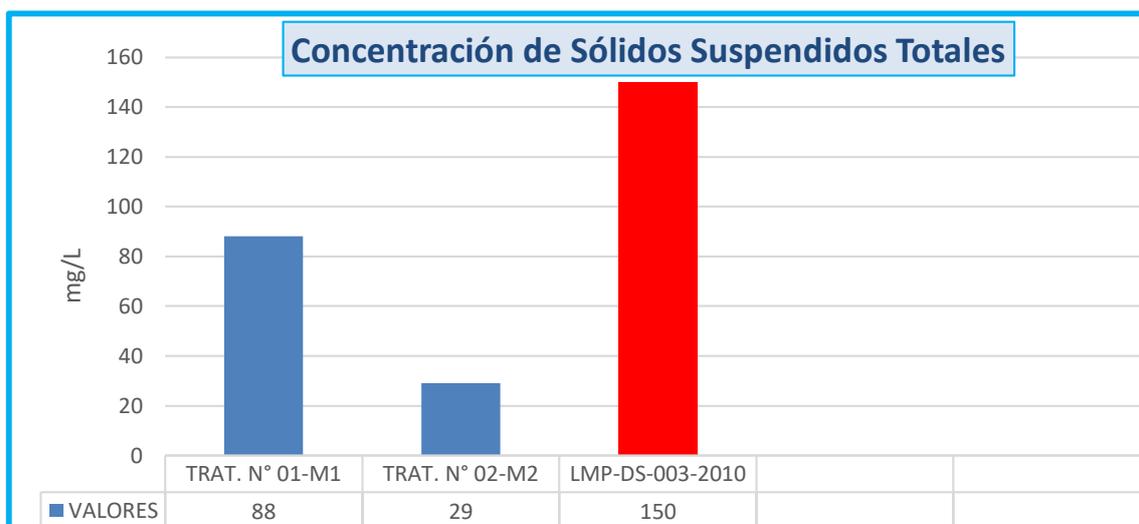
Fuente: Elaboración propia, 2020

### ➤ **Sólidos Suspendidos Totales**

El valor de sólidos suspendidos totales en el Tratamiento N°01- M1, fue: 88 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (150 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

Mientras el valor de sólidos suspendidos totales en el Tratamiento N°02- M2, fue de 29 mg/L, lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible LMP (150 mg/L) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM.

**Gráfico N° 12: Comportamiento de las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales – Tratamiento M1 y M2**



Fuente: Elaboración propia, 2020

### ➤ **Detergentes**

El valor de Detergentes en el Tratamiento N°01- M1, fue: < 0.025 mg/L, lo cual con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de Detergentes, si cumple, dado que se encuentra por debajo del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 0.2 mg/L y Bebida de animales: 0.5 mg/L), es decir, si cumple para riego de vegetales y para bebida de animales.

Con respecto al valor de Detergentes en el Tratamiento N°02- M2, fue de < 0.025 mg/L, lo cual con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de Detergentes, si cumple, dado que se encuentra por debajo del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales: 0.2 mg/L y Bebida de animales: 0.5 mg/L).

## Gráfico N° 13: Comportamiento de las concentraciones de Detergentes

### Tratamiento M1 y M2



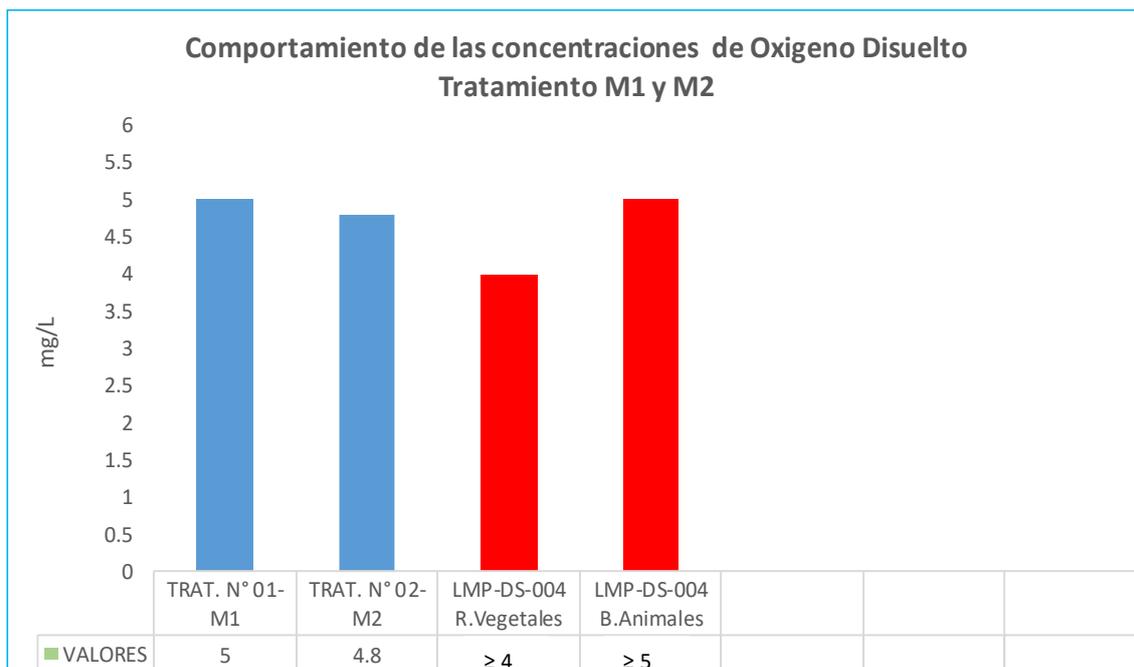
Fuente: Elaboración propia, 2020

#### ➤ Oxígeno Disuelto

El valor de Oxígeno Disuelto en el Tratamiento N°01- M1, fue: 5 mg/L, lo cual con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de Oxígeno Disuelto, si cumple, dado que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales:  $\geq 4$  mg/L y Bebida de animales:  $\geq 5$  mg/L), es decir, si cumple para riego de vegetales y para bebida de animales.

Con respecto al valor de Oxígeno Disuelto en el Tratamiento N°02- M2, fue de 4.8 mg/L, lo cual con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental(ECA) para agua en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, encontramos que el valor de Oxígeno Disuelto, si cumple, dado que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el decreto (Riego de Vegetales:  $\geq 4$  mg/L y Bebida de animales:  $\geq 5$  mg/L).

**Gráfico N° 14: Comportamiento de las concentraciones de Oxígeno Disuelto Tratamiento M1 y M2**



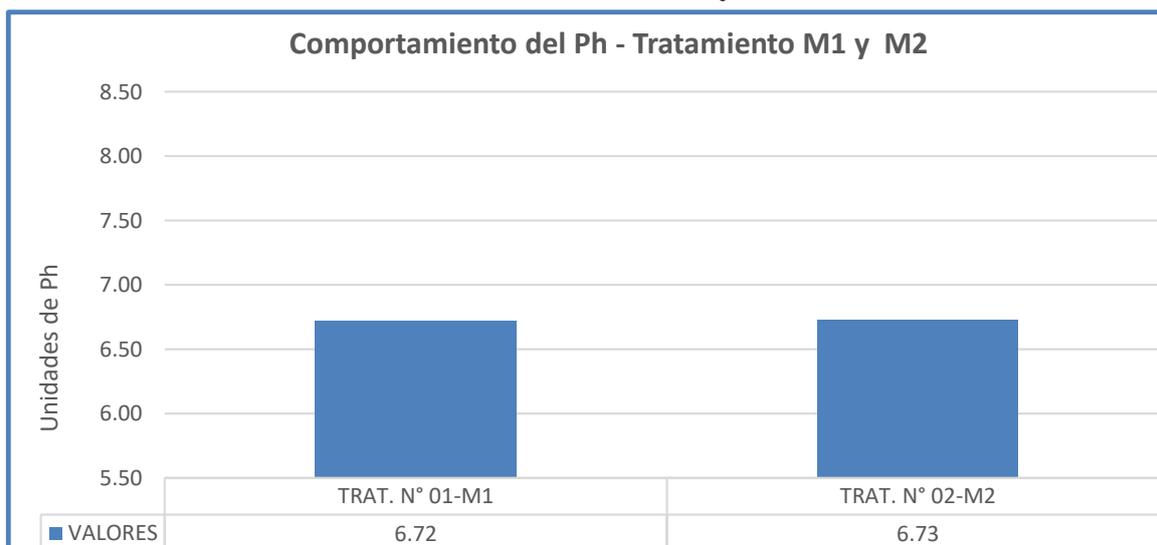
Fuente: Elaboración propia, 2020

➤ **PH y T°**

Para el Tratamiento N° 01-M1, el valor de pH fue: 6.72, lo cual se encuentra dentro del rango de límite máximo permisible LMP (6.5 – 8.5) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM. Con respecto al Valor de T° fue de 25.1 °C, cumpliendo con lo establecido en el decreto (< 35 °C). Cabe indicar que con respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental (ECA) cumple con los límites máximos permisibles de acuerdo a lo establecido por el decreto, (Riego de Vegetales- pH: 6.5 – 8.5 y Bebida de animales- pH: 6.5 – 8.4).

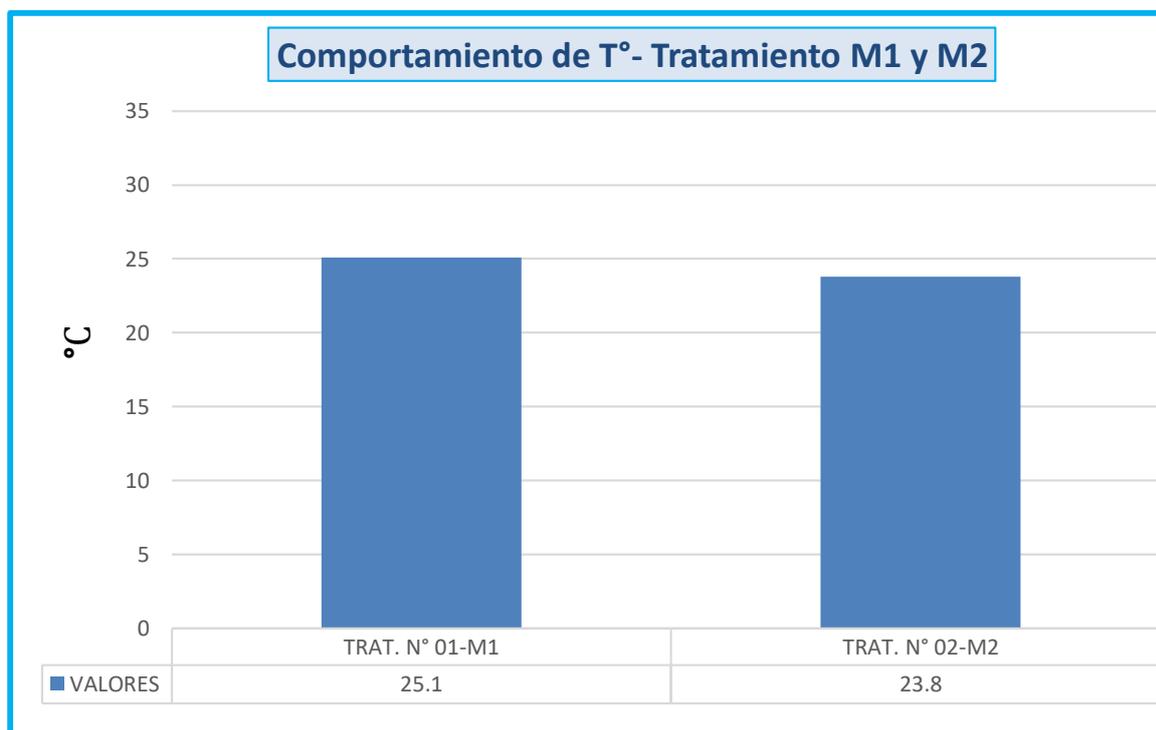
Para el Tratamiento N°02- M2, el valor de pH fue: 6.73, lo cual se encuentra dentro del rango de límite máximo permisible LMP (6.5 – 8.5) con lo establecido en el DS-003-2010-MINAM. Con respecto al Valor de T° fue de 23.8 °C, cumpliendo con lo establecido en el decreto (< 35 °C). Respecto al DS-004-2017-MINAM, que establece los estándares de calidad ambiental (ECA) cumple con los límites máximos permisibles de acuerdo a lo establecido por el decreto, (Riego de Vegetales- pH: 6.5 – 8.5 y Bebida de animales- pH: 6.5 – 8.4).

**Gráfico N° 15: Comportamiento de Potencial de Hidrógeno pH Tratamiento M1 y M2**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 16: Comportamiento de Temperatura T° Tratamiento M1 y M2**

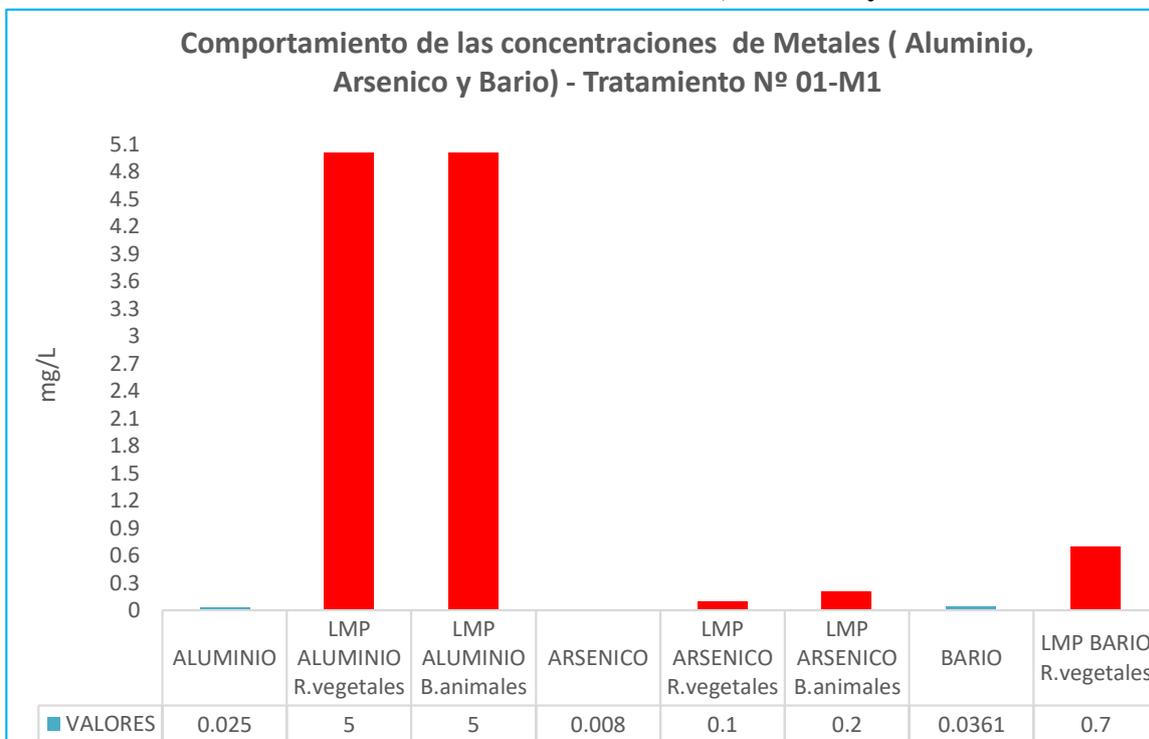


Fuente: Elaboración propia, 2020

#### 4.4.COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES

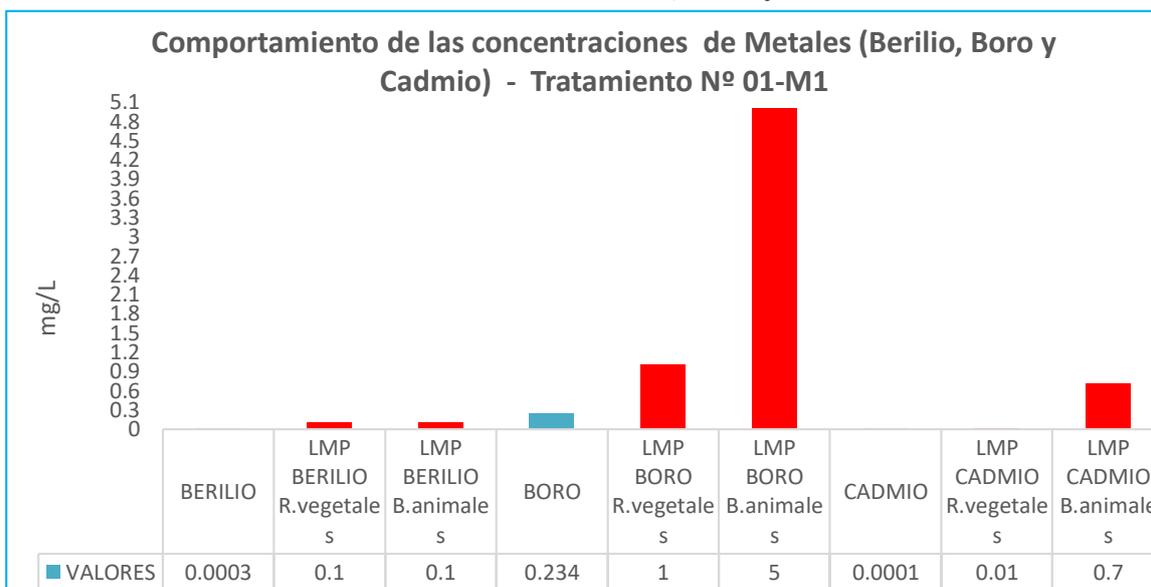
➤ **Tratamiento N° 01 –M1**

**Gráfico N° 17: Comportamiento de las Concentraciones de Metales  
Tratamiento N° 01- M1: Aluminio, Arsénico y Bario**



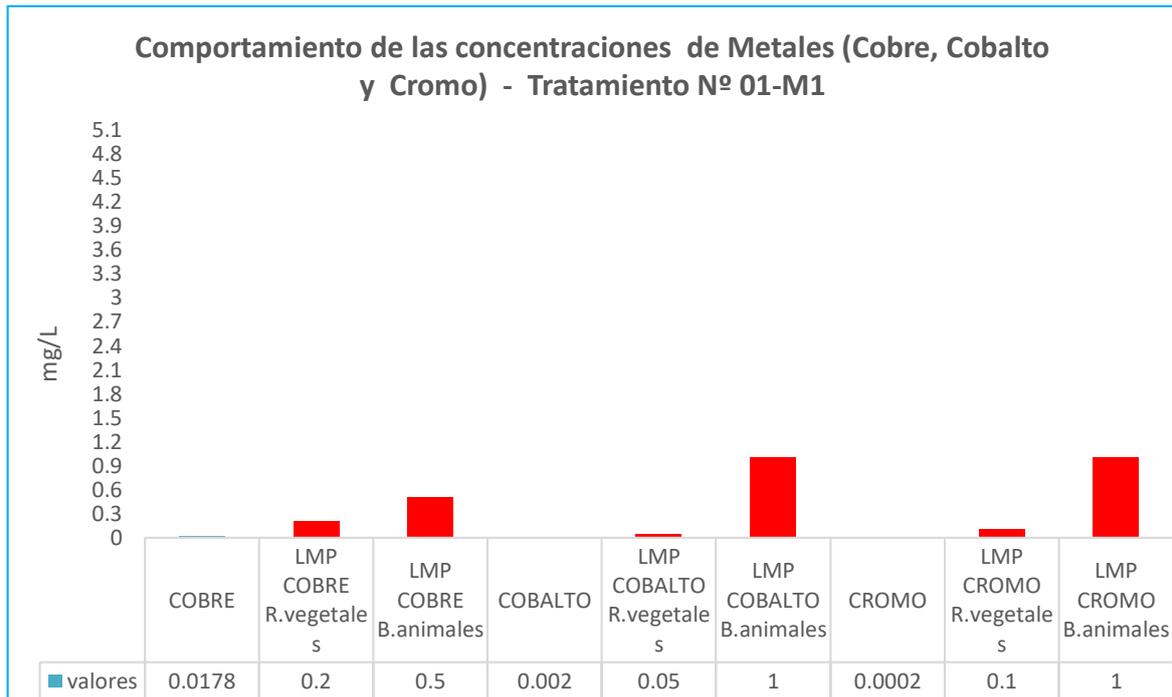
Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 18: Comportamiento de las Concentraciones de Metales  
Tratamiento N° 01- M1: Berilio, Boro y Cadmio**



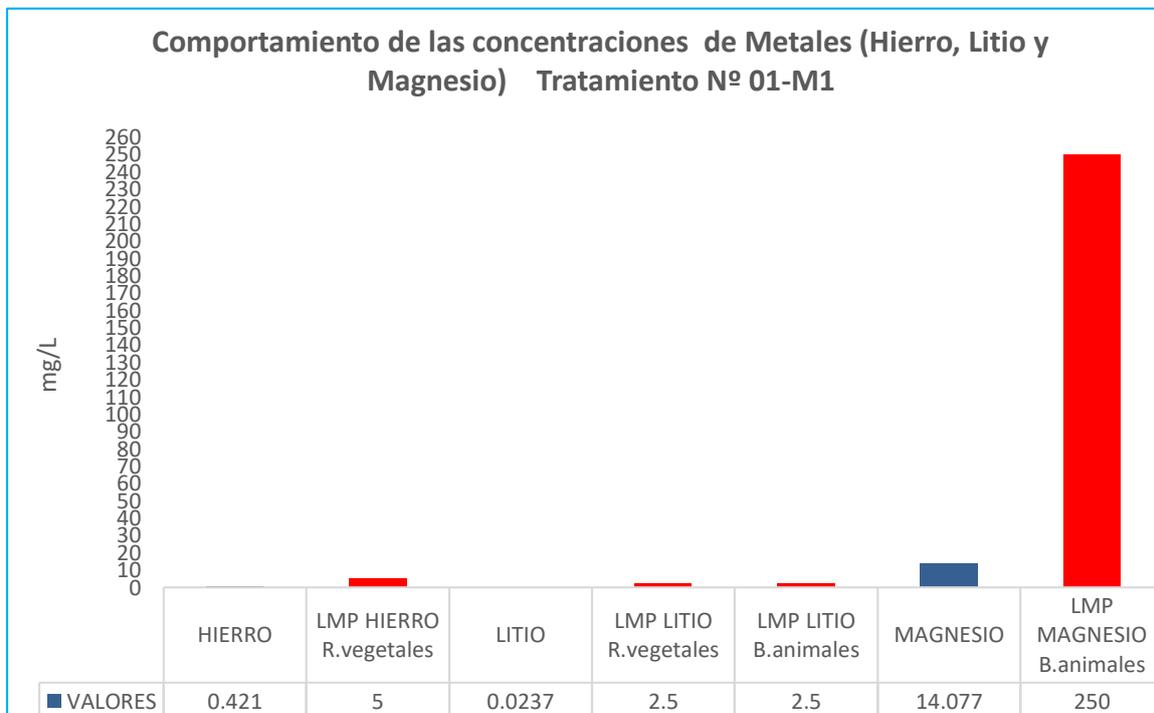
Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 19: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 01- M1: Cobre, Cobalto y Cromo**



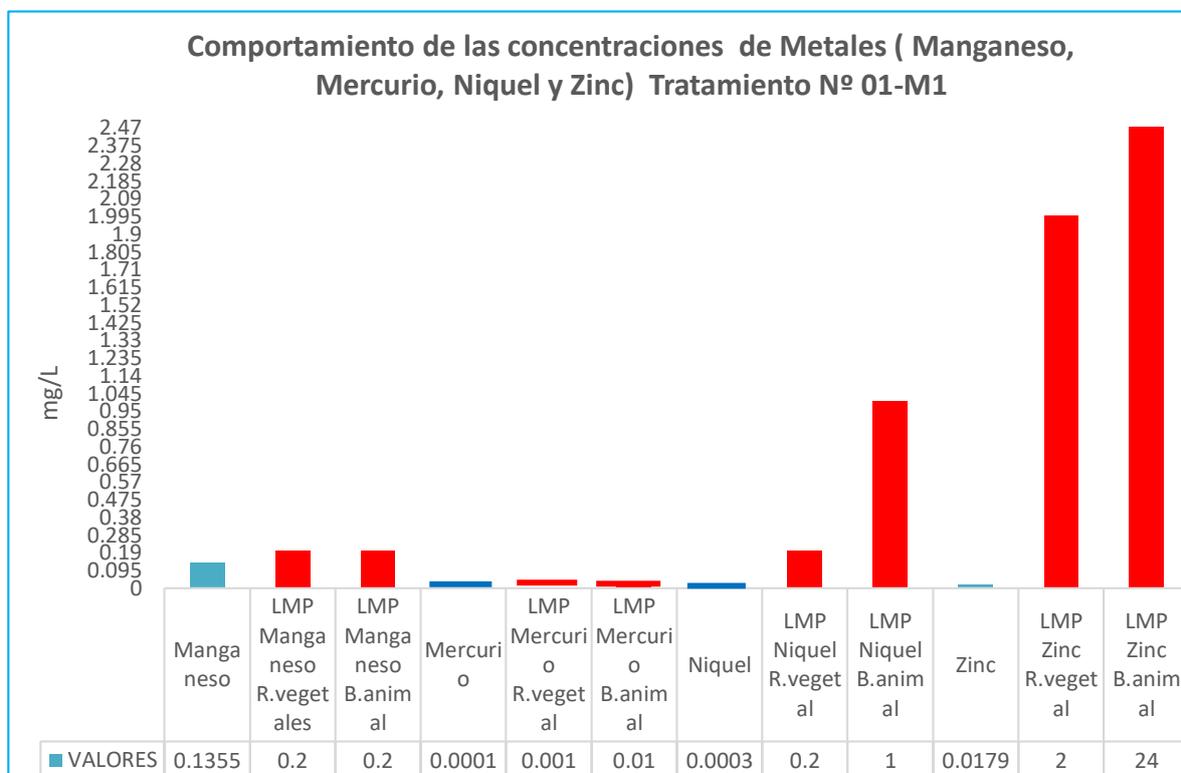
Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 20: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 01- M1: Hierro, Litio y Magnesio**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 21: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 01- M1: Manganeso, Mercurio, Niquel y Zinc**

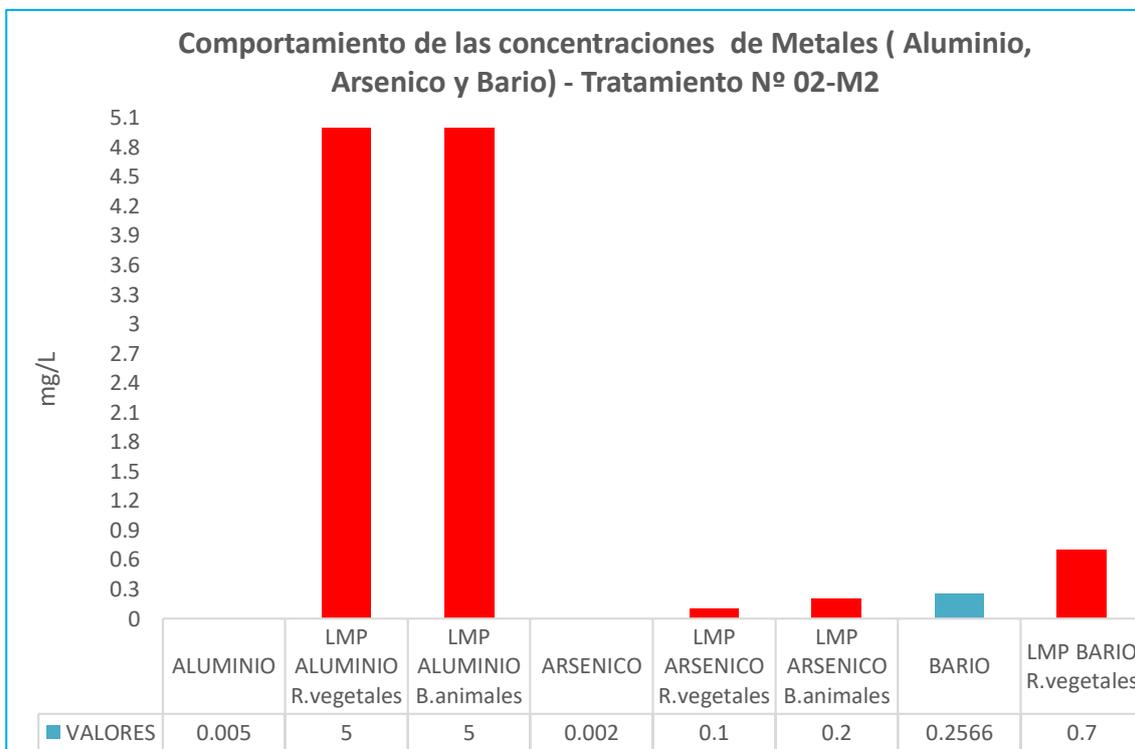


Fuente: Elaboración propia, 2020

- Como se observa en los Gráficos: 17, 18, 19, 20 y 21; del Tratamiento N° 01-M1, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de Metales, verificamos que todos los Parámetros Inorgánicos (Metales) indicados en los gráficos, cumplen con los estándares de calidad ambiental ECA del agua, límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-004-2017-MINAM.

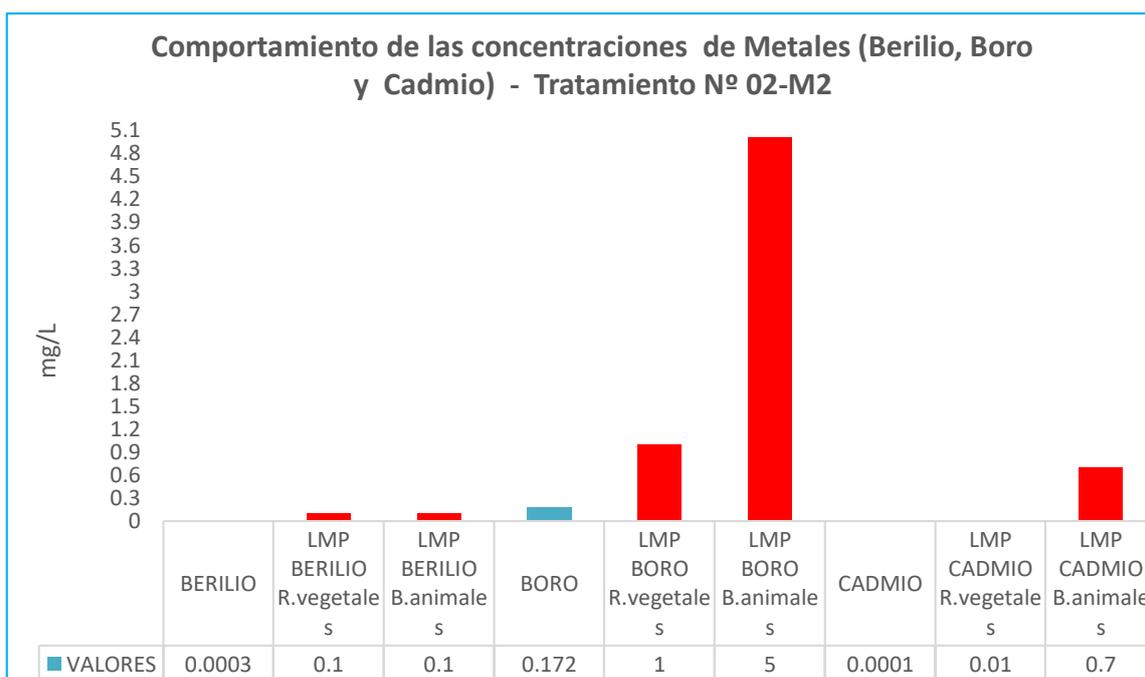
➤ **Tratamiento N° 02 –M2**

**Gráfico N° 22: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 02- M2: Aluminio, Arsénico y Bario**



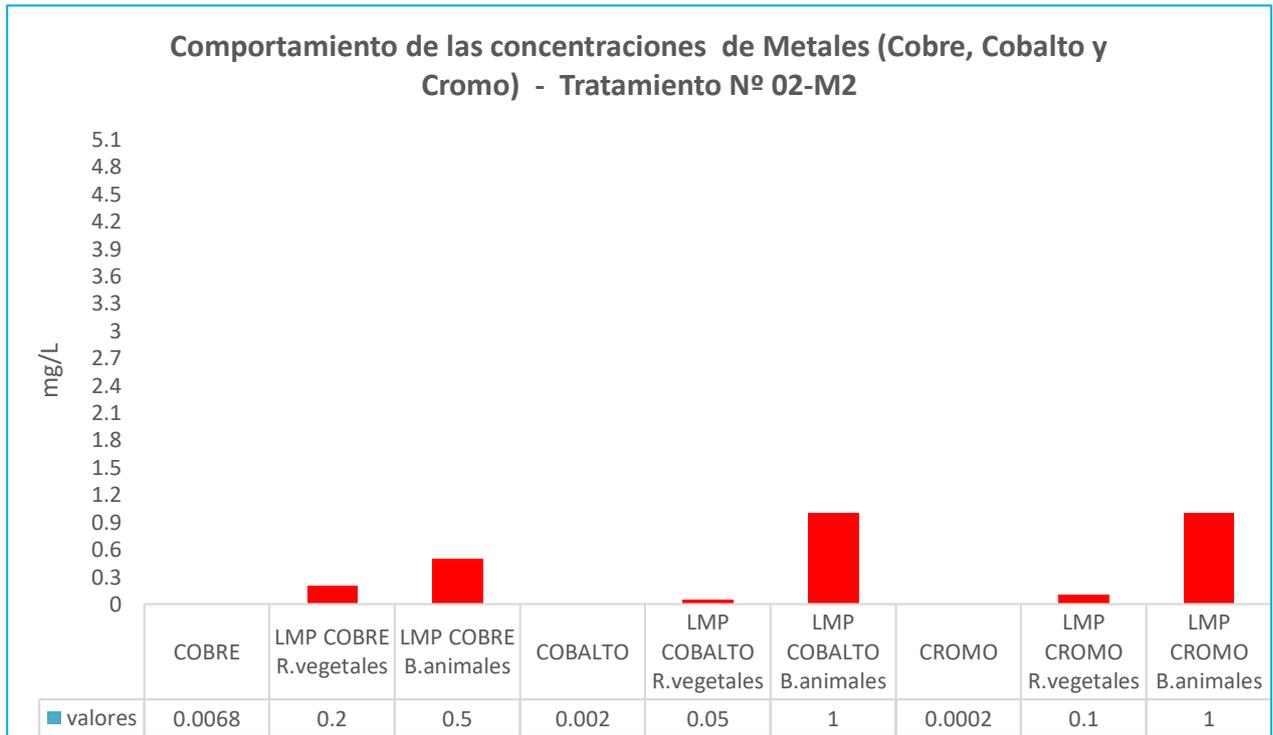
Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 23: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 02- M2: Berilio, Boro y Cadmio**



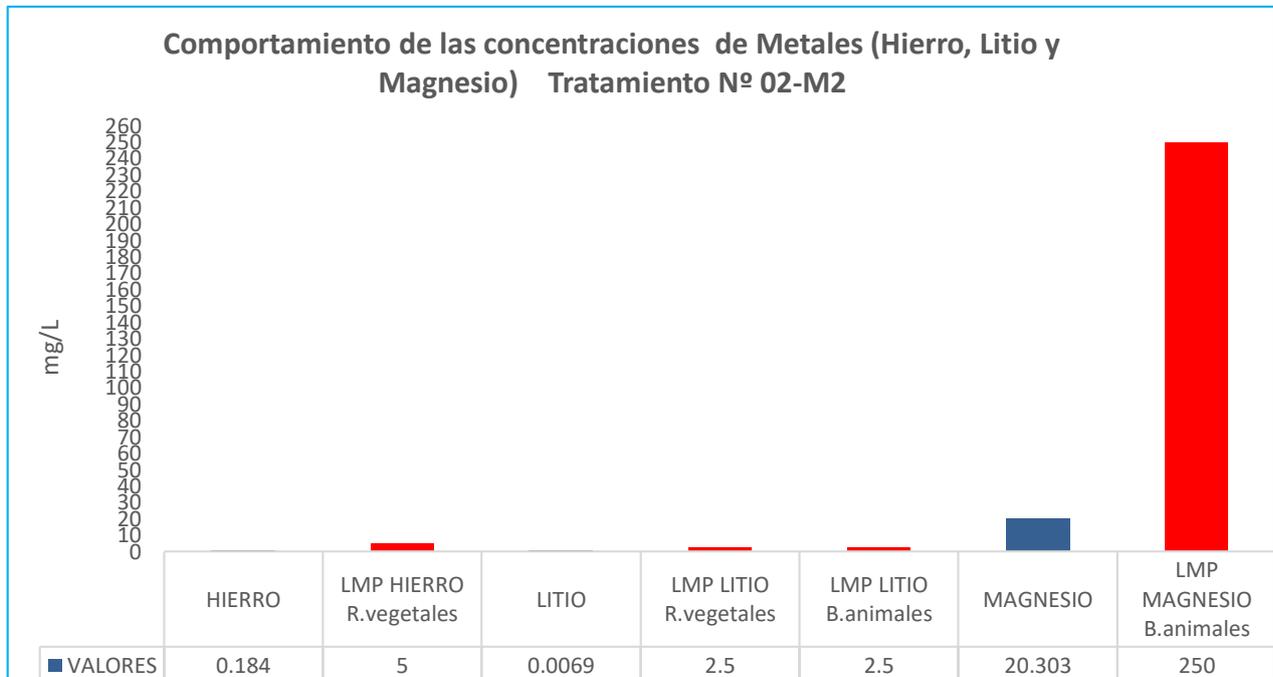
Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 24: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 02- M2: Cobre, Cobalto y Cromo**



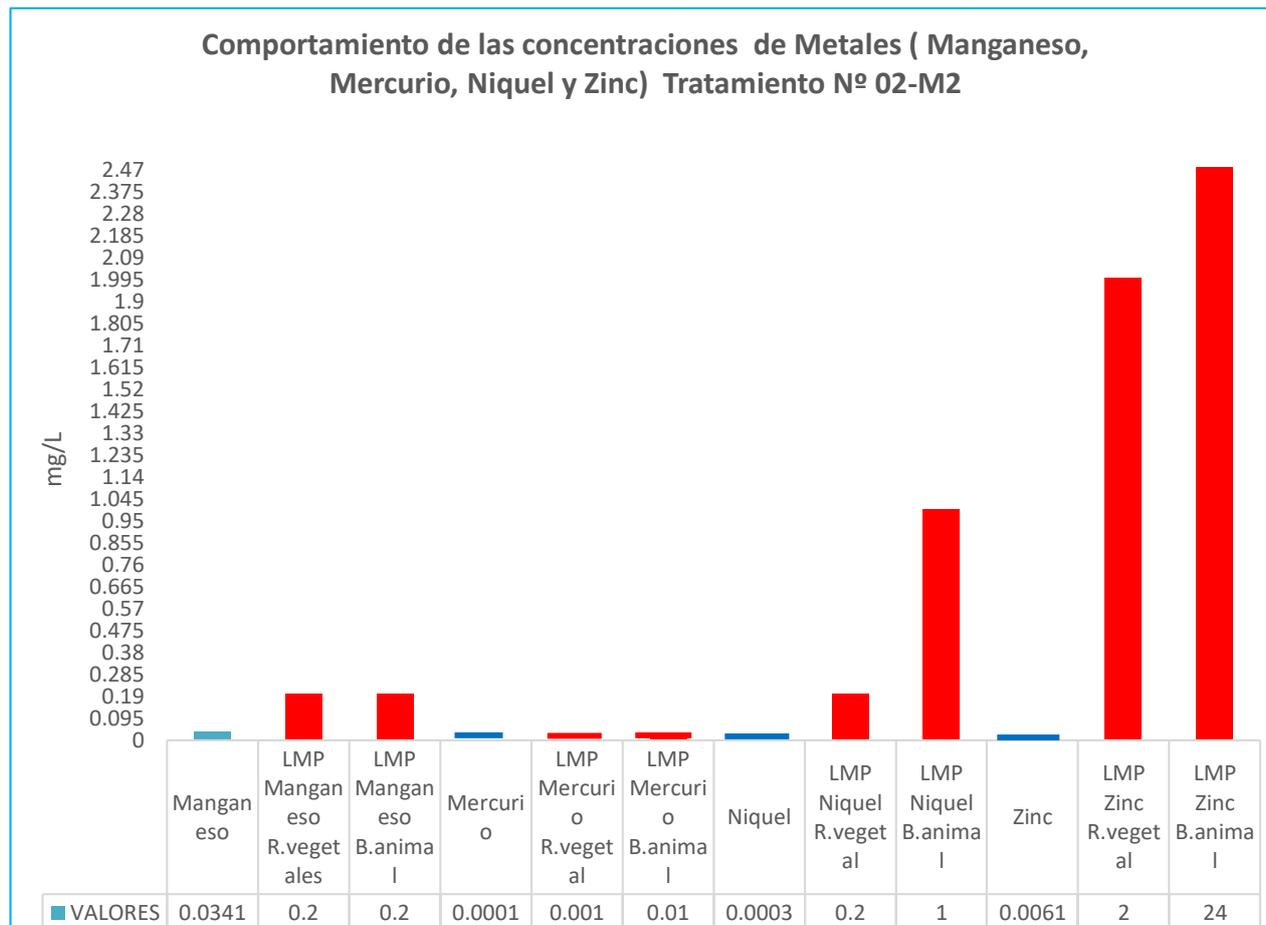
Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 25: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 02- M2: Hierro, Litio y Magnesio**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 26: Comportamiento de las Concentraciones de Metales Tratamiento N° 02- M2: Manganeso, Mercurio, Niquel y Zinc**



Fuente: Elaboración propia,2020

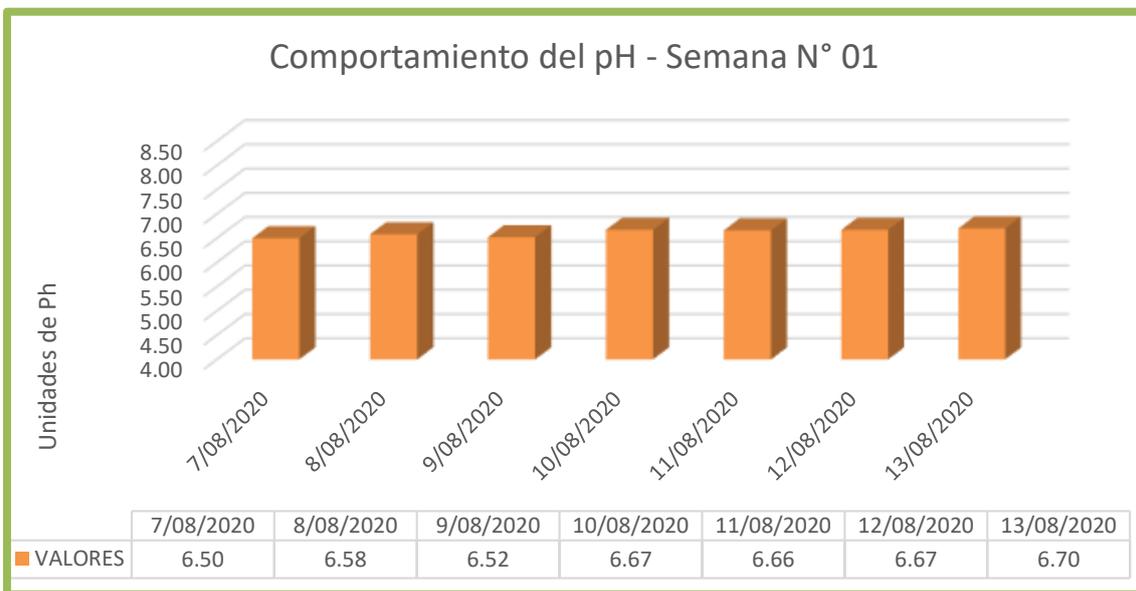
- Como se observa en los Gráficos: 22, 23, 24, 25 y 26; del Tratamiento N° 02-M2, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de Metales, verificamos que todos los Parámetros Inorgánicos (Metales) indicados en los gráficos, cumplen con los estándares de calidad ambiental ECA del agua, límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-004-2017-MINAM.

#### 4.5.DATOS DE CAMPO - COMPORTAMIENTO DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS (pH, Conductividad y T°)

A continuación, se muestran Gráficos con datos de campo de Parámetros Físico-Químicos (pH, Conductividad y T°) tomados a diario (monitoreados al mediodía) y monitoreados con Equipo Multiparámetro. Cabe indicar que para la Muestra N° 01 se realizó el monitoreo por la duración de 22 días (07.08.20 al 22.08.20) y para la Muestra N° 02 se realizó en un tiempo de 40 días (07.08.20 al 15.09.20).

##### ➤ Potencial de Hidrogeno -pH

**Gráfico N° 27: Comportamiento de pH – Muestra N°01 - Semana N° 01**



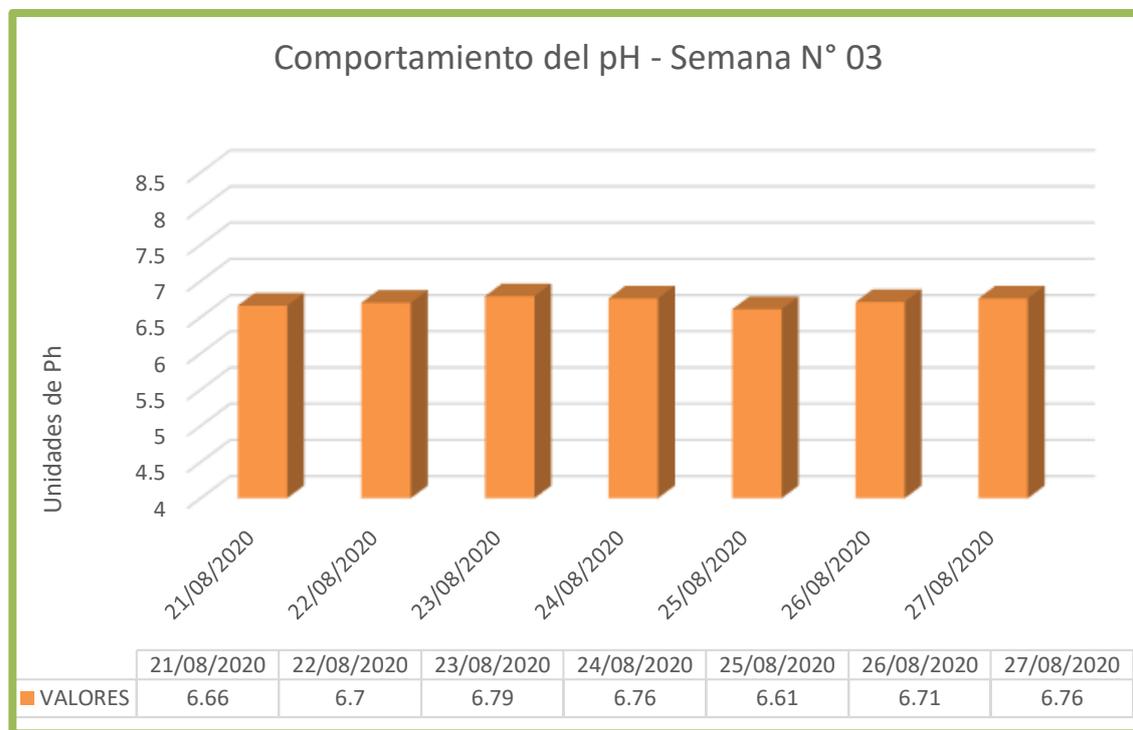
Fuente: Elaboración propia, 2020

**Gráfico N° 28: Comportamiento de pH – Muestra N°01 - Semana N° 02**



Fuente: Elaboración propia,2020

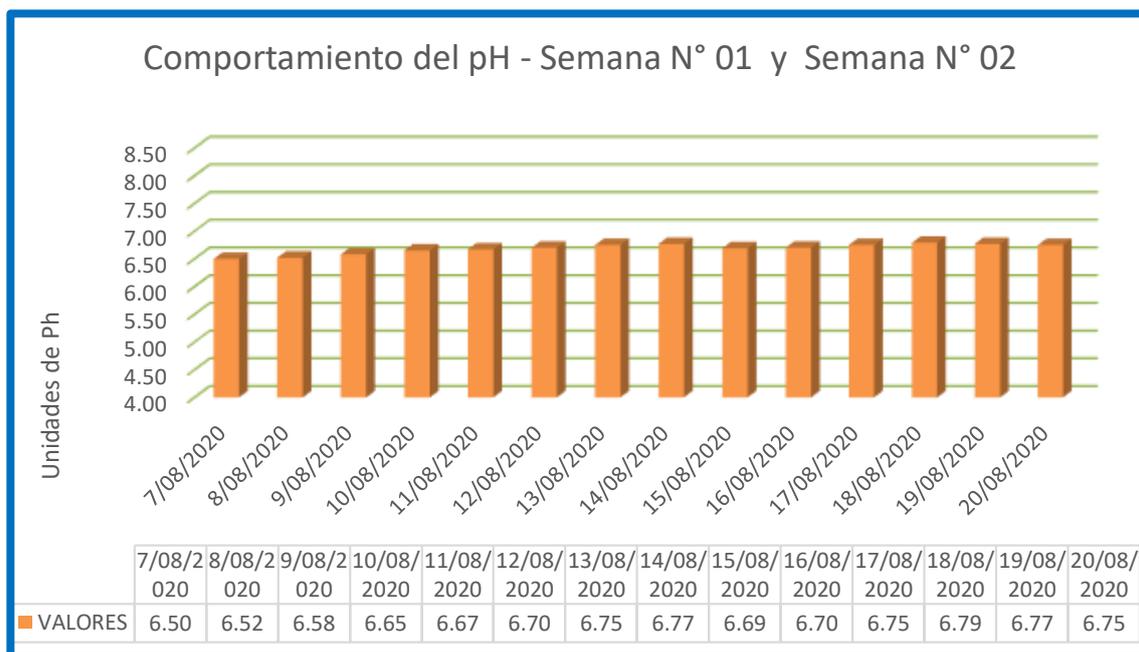
**Gráfico N° 29: Comportamiento de pH – Muestra N°01 - Semana N° 03**



Fuente: Elaboración propia,2020

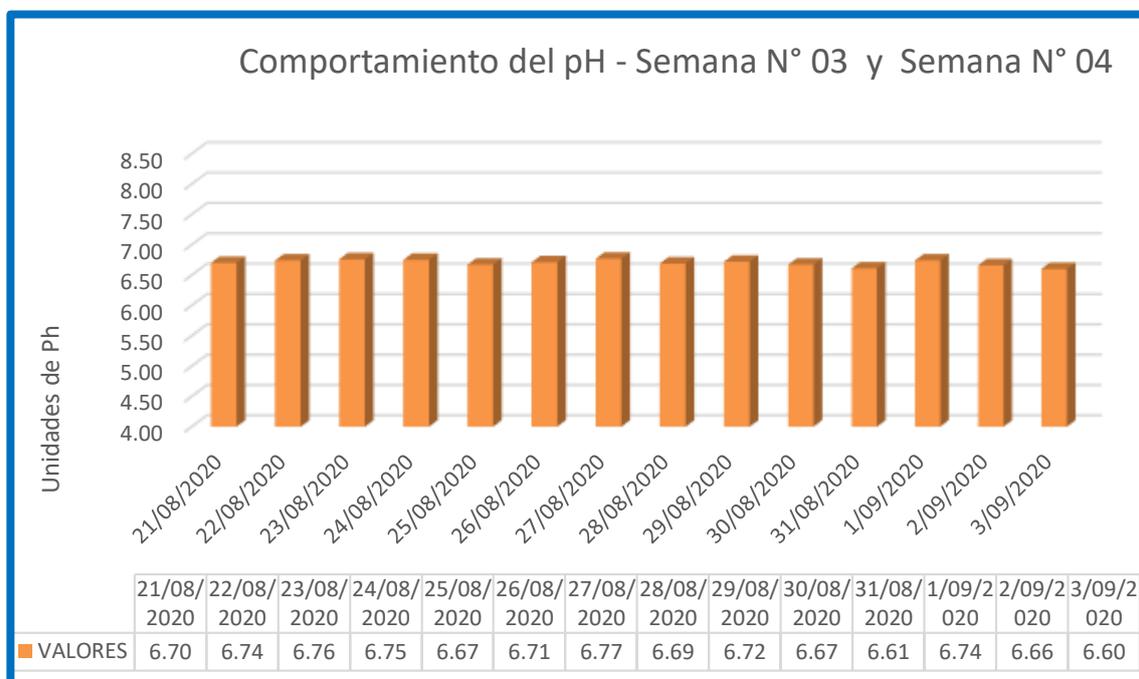
- Como se observa en los Gráficos: 27, 28 y 29; del Tratamiento N° 01-M1, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de pH, verificamos que todos los datos de Ph monitoreados durante los 22 días, indicados en los gráficos, cumplen con los límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-003-2010-MINAM y con los estándares de calidad ambiental ECA del agua, límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-004-2017-MINAM.

**Gráfico N° 30: Comportamiento de pH – Muestra N°02 - Semana N° 1 y N° 02**



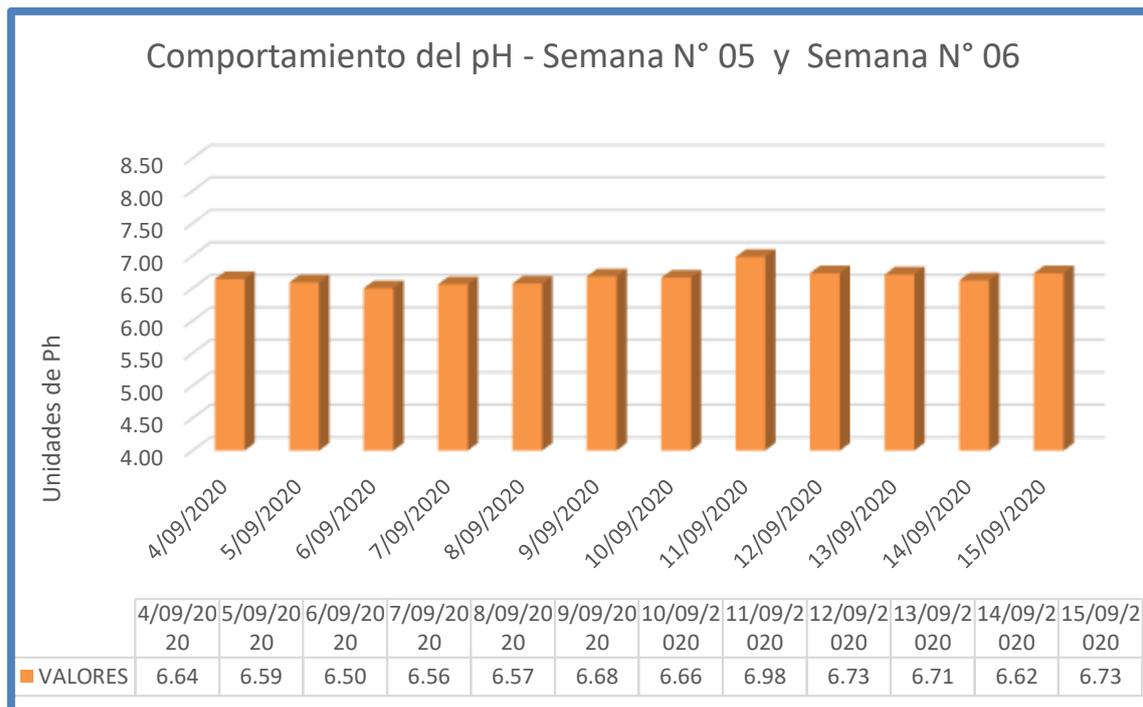
Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 31: Comportamiento de pH – Muestra N°02 - Semana N° 3 y N° 04**



Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 32: Comportamiento de pH – Muestra N°02 - Semana N° 5 y N° 06**

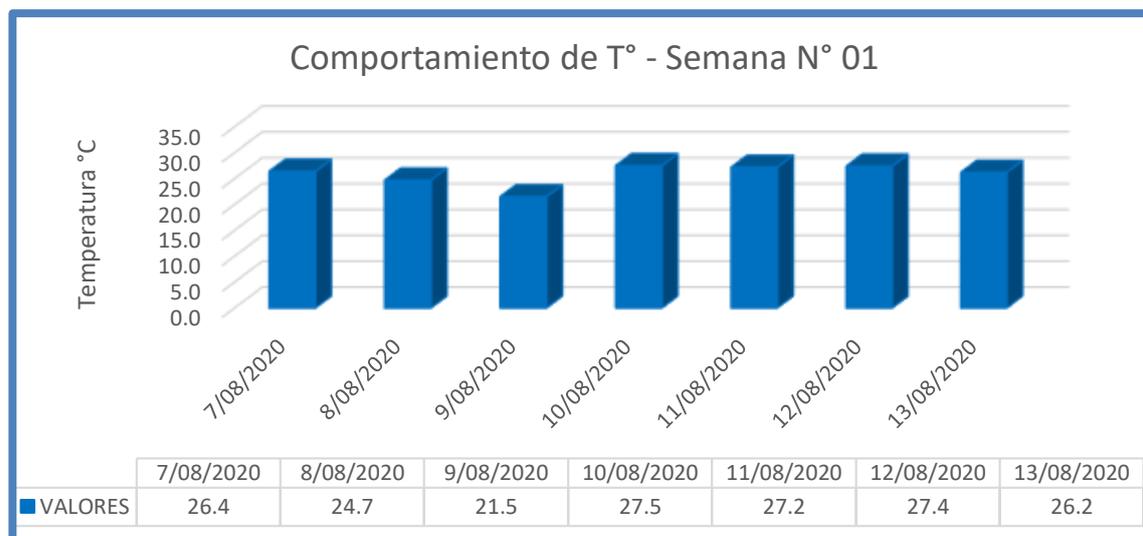


Fuente: Elaboración propia,2020

- Como se observa en los Gráficos: 30, 31 y 32; del Tratamiento N° 02-M2, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de pH, verificamos que todos los datos de Ph monitoreados durante los 40 días, indicados en los gráficos, cumplen con los límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-003-2010-MINAM y con los estándares de calidad ambiental ECA del agua, límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-004-2017-MINAM.

➤ **Temperatura – T°**

**Gráfico N° 33: Comportamiento de T° – Muestra N°01 - Semana N° 01**



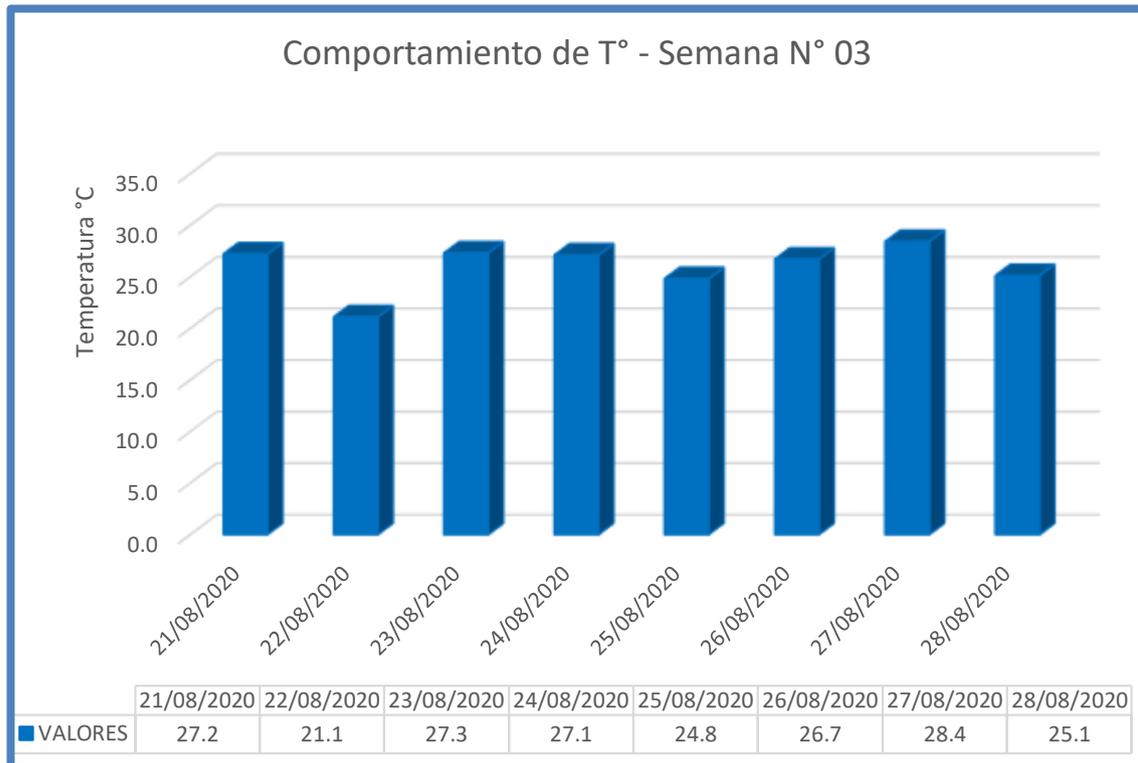
Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 34: Comportamiento de T° – Muestra N°01 - Semana N° 02**



Fuente: Elaboración propia,2020

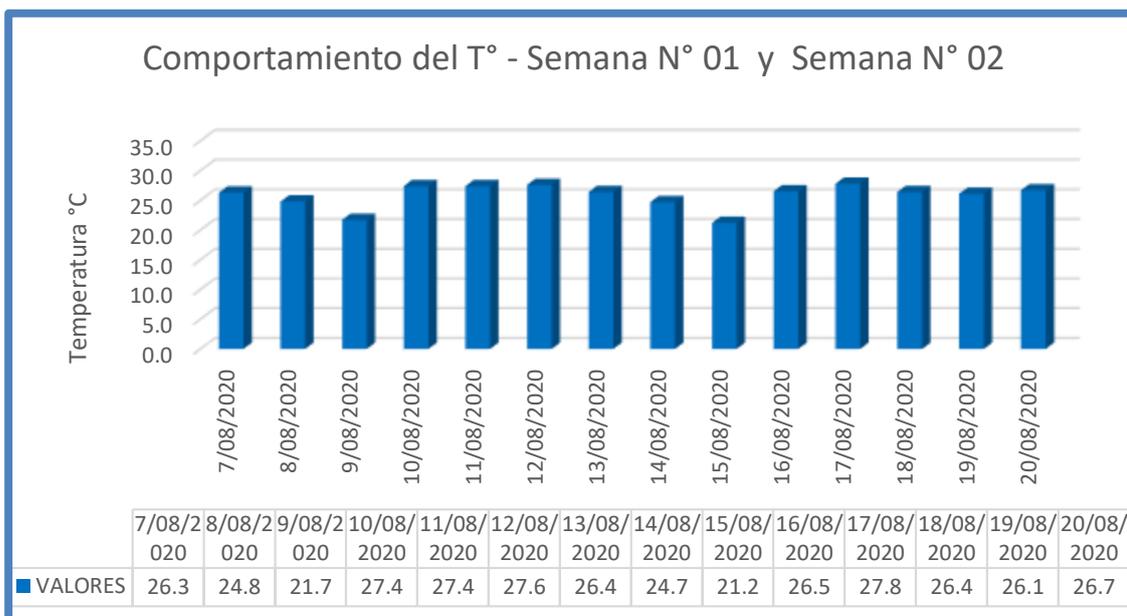
**Gráfico N° 35: Comportamiento de T° – Muestra N°01 - Semana N° 03**



Fuente: Elaboración propia,2020

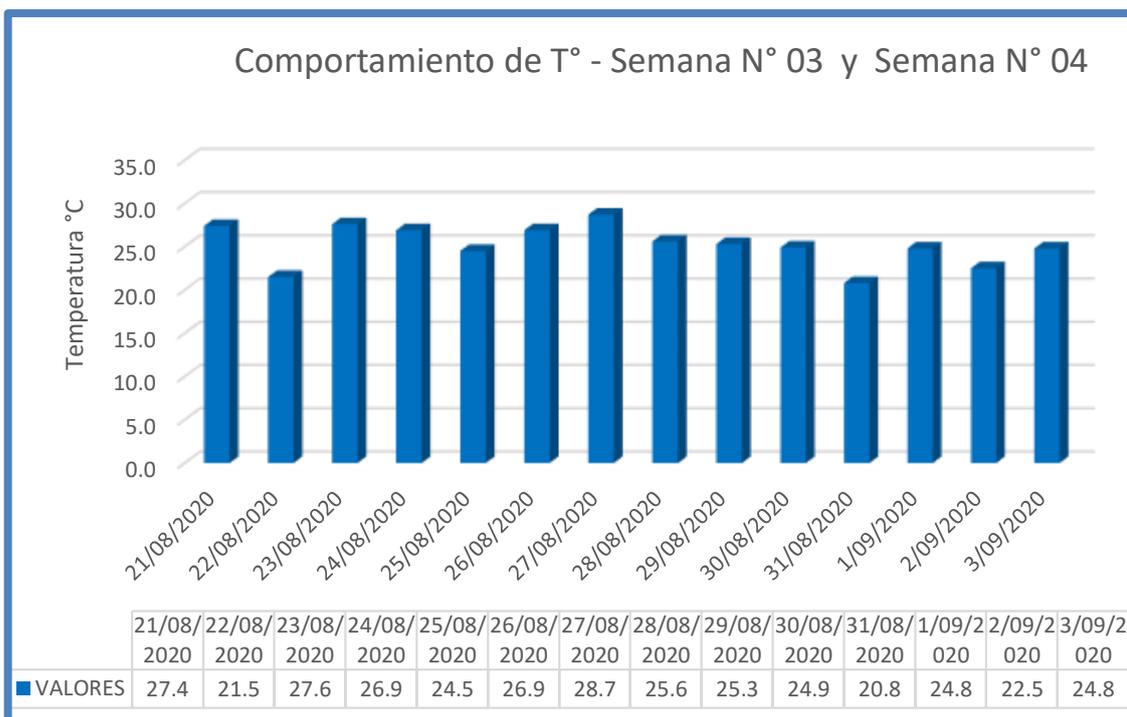
- Como se observa en los Gráficos: 33, 34 y 35; del Tratamiento N° 01-M1, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de T°, verificamos que los datos de T° monitoreados durante los 22 días, indicados en los gráficos, cumplen con los límites máximos permisibles LMP establecido en los decretos mencionados.

**Gráfico N° 36: Comportamiento de T°– Muestra N°02-Semana N° 01 y N° 02**



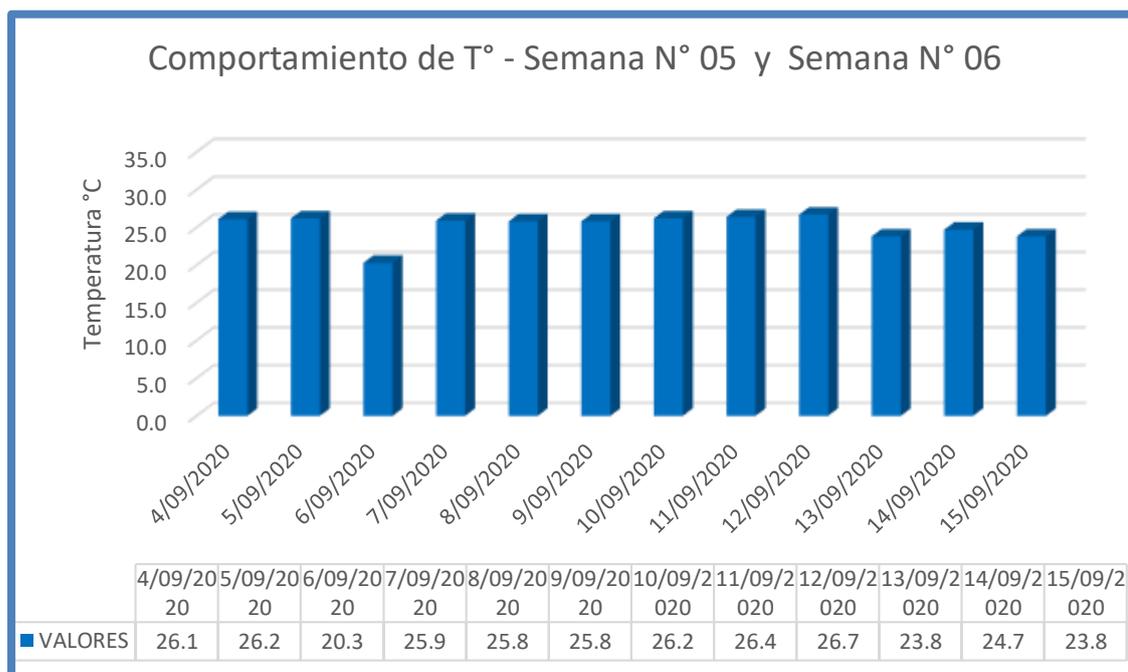
Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 37: Comportamiento de T°– Muestra N°02 -Semana N° 03 y N° 04**



Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 38: Comportamiento de T°– Muestra N°02 -Semana N° 05 y N° 06**



Fuente: Elaboración propia,2020

- Como se observa en los Gráficos: 36, 37 y 38; del Tratamiento N° 02-M2, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de T°, verificamos que los datos de T° monitoreados durante los 40 días, indicados en los gráficos, cumplen con los límites máximos permisibles LMP establecido en los decretos mencionados.

➤ **Conductividad**

**Gráfico N° 39: Comportamiento de Conductividad  
Muestra N°01 - Semana N° 01**



Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 40: Comportamiento de Conductividad  
Muestra N°01 - Semana N° 02**



Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 41: Comportamiento de Conductividad  
Muestra N°01 - Semana N° 03**



Fuente: Elaboración propia,2020

- Como se observa en los Gráficos: 39, 40 y 41; del Tratamiento N° 01-M1, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de Conductividad, verificamos que todos los datos de conductividad monitoreados durante los 22 días, indicados en los gráficos, cumplen con los límites máximos permisibles LMP establecido en los estándares de calidad ambiental ECA del agua, límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-004-2017-MINAM : Categoría 3: Riego de vegetales (2500 uS/cm) y Bebida de animales (5000 uS/cm).

**Gráfico N° 42: Comportamiento de Conductividad - Muestra N°02  
Semana N° 01 y N° 02**



Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 43: Comportamiento de Conductividad - Muestra N°02  
Semana N° 03 y N° 04**



Fuente: Elaboración propia,2020

**Gráfico N° 44: Comportamiento de Conductividad - Muestra N°02  
Semana N° 05 y N° 06**



Fuente: Elaboración propia, 2020

- Como se observa en los Gráficos: 42, 43 y 44; del Tratamiento N° 02-M2, Gráficos que indican el comportamiento de las concentraciones de Conductividad, verificamos que todos los datos de conductividad monitoreados durante los 40 días, indicados en los gráficos, cumplen con los límites máximos permisibles LMP establecido en los estándares de calidad ambiental ECA del agua, límites máximos permisibles LMP establecido en el DS-004-2017-MINAM : Categoría 3: Riego de vegetales (2500 uS/cm) y Bebida de animales (5000 uS/cm).

## V. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proyecto de investigación, se verificó la eficiencia de las Macrofitas Jacinto de agua, en las aguas residuales del PTAR “El Indio”, lo cual logró minimizar los contaminantes de las aguas residuales y llevarlo a una calidad de agua de categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

Los resultados que se obtuvieron de las aguas residuales de PTAR “El Indio” en un inicio, antes de los 02 tratamientos M1 y M2, para llevar a cabo la investigación, teniendo como resultado de los ensayos que el Afluente (ingreso de las aguas residuales a PTAR) y Efluente (salida de aguas residuales a PTAR) no cumplían con los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR, establecido en DS-003-2010-MINAM, así mismo tampoco con los estándares de calidad ambiental (ECA) para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, establecido en el DS-004-2017-MINAM.

Para el Tratamiento N° 01-M1, cuya duración fue 22 días, se verifica que los datos tomados en campo diarios, como son: Ph, T° y Conductividad cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para los efluentes de PTAR, así como también cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para la Categoría 3.

Respecto a los parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos tomados en Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L, se verifica que si cumple con respecto a los límites máximos permisibles para efluentes de PTAR (DS-003-2010-MINAM). y con respecto a los estándares de calidad ambiental (ECA) para la Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales (DS-004-2017-MINAM) si cumple con los parámetros a excepción: Coliformes termotolerantes (9200 NMP/100mL), siendo de acuerdo a lo establecido en el decreto: Riego de vegetales: 1000 NMP/100mL y Bebida de animales: 2000NMP/100mL; DBO (38.7 mg/L), siendo de acuerdo a lo establecido en el decreto: Riego de vegetales: 15 mg/L y Bebida de animales:15 mg/L.y finalmente DQO (62 mg/L), siendo de acuerdo a lo establecido en el decreto: Riego de vegetales: 40 mg/L y Bebida de animales:40 mg/L. verificamos que estos 03 parámetros mencionados, no cumplen con los límites máximos permisibles, es decir, sobrepasan LMP de acuerdo a lo establecido en el decreto.

Para el Tratamiento N° 02-M2, cuya duración de tratamiento fue de 40 días, se verifica que los datos tomados en campo, los cuales son monitoreados a diario, como son: Ph, T° y Conductividad cumplen con los límites máximos permisibles LMP para efluentes de PTAR, así como también cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para la Categoría 3.

Respecto a los parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos tomados en Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L, se verifica que todos los parámetros están cumpliendo con respecto a los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de PTAR (DS-003-2010-MINAM). Así mismo, se verifica respecto a los estándares de calidad ambiental (ECA) para la Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales (DS-004-2017-MINAM), si cumple con lo establecido en el decreto.

Cabe indicar que el Tratamiento N° 02-M2, logro con lo establecido y planteado en la hipótesis del proyecto de investigación, lo cual fue de reducir la contaminación de las aguas residuales PTAR “El Indio” y llevarlo a categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

En el desarrollo del proyecto de investigación, se logró visualizar a la especie Jacinto de agua, y a medida de transcurrir los días, semanas, se observó que el color de las macrófitas de presentar un color verde en sus hojas, paso a tomar un color marrón, lo cual tenía apariencia de estar marchita, seca (sin vida). también se observó el crecimiento de la especie, como de sus raíces durante la etapa del proyecto de investigación.

En conclusión, final, podemos afirmar que esta técnica se puede aplicar, ya que es una alternativa económica y puede ser implementado en diferentes plantas de aguas residuales de la región, siendo hoy en día una problemática por resolver.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Para trabajar con esta macrófita (Jacinto de agua), es importante que se realicen sus tratamientos en tiempos prolongados a los desarrollos en el presente proyecto de investigación y bajo otras condiciones ambientales.
  
- Invertir en un proceso de fitorremediación utilizando Jacinto de agua en las lagunas PTAR El Indio (04 lagunas), debido a la problemática que presentan actualmente, como es exceso del caudal de diseño (ingreso sobre dimensionado de las aguas residuales al PTAR) y enfermedades a la población del A.H El Indio.
  
- Es de suma importancia, si se realizará un proceso de fitorremediación en alguna planta de tratamiento de aguas residuales, es necesario, encapsular el entorno de dichas lagunas como, por ejemplo, con malla raschel, esto con el fin de evitar que la especie sea devorada por aves.
  
- Es importante que, a estas especies por poseer la capacidad de reproducción y crecimiento rápido, presente un manejo adecuado y supervisión debido que se pueden volver plagas en el ambiente acuático.
  
- Una de las condiciones para que estas especies, trabajen en un ambiente optimo y realicen su acción depuradora de contaminantes y disminuirlos, es la iluminación intensa (pleno sol o sombra parcial).

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2002 Moscoso C., Julio; Egocheaga, Luis Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial” Resumen ejecutivo, Convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS/2000 – 2002.
- Romero, J. (2002). Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- 2004 Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina, Julio Moscoso Cavallini y Luis Egocheaga Young, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) ISSN:1018-5119, HDT-Nº 92-marzo 2004.
- Xiaomei Lu, Maleeya Kruatrachue, Prayad Pokethitiyookb en su artículo:” Removal of Cadmium and Zinc by Water Hyacinth, Eichhornia crassipes, China” (2004).
- Nuñez, R. (2004). fitorremediación: Fundamentos y Aplicaciones [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf)
- 2005 Congreso de la República Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Valero, M. Presento en su tesis: “Aplicación tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales con la ayuda de microorganismos”, Bucaramanga, (2006).
- 2008 IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible Panorama de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao MOSCOSOS, Julio y ALFARO, Tomás. Primera Edición. Lima Perú. Abril 2008.
- SUNASS. Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la EPS del Perú y propuestas de solución. Lima, agosto, 2008.
- Autor: Cupe Flores Edgar David, Portocarrero Contreras Carlos Jesus; Institución: Universidad Nacional de ingeniería, Lima-Perú: Año 2009. Título: Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna Minor (lenteja de agua), Eichhornia Crassipes (Jacinto de agua) y Pistia Stratoides (lechuga de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas”.
- Tapia, C. (2009). Ensayos de Descontaminación de Aguas Residuales, mediante la utilización de Plantas Acuáticas, en Sistemas de Pantano. Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Lozano, C. Presento en su tesis: “Determinación espacial de la distribución de la Eichhornia Crassipes “Jacinto de agua” en las fuentes de aguas lóxicas ubicadas en la margen derecha del Rio Mayo, Moyobamba (2010).

- Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. (2010). Expediente Técnico del Proyecto: Mejoramiento del Sistema de Evacuación de Aguas Servidas Tratadas de la Planta de Tratamiento El Indio – Castilla.
- Gobierno Regional de Piura. (2011). Análisis de la Situación de Salud de Piura.
- Jaramillo & Flores, Presentaron en su Tesis: “fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera”. Cuenca (2012) (Jaramillo & Flores, 2012, pp.37).
- García, Z. Presento en su tesis: “Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficacia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Lima” (2012).
- Ravelo, B. en su Tesis: “Adsorción de Boro del agua”, Catalunya (2012).
- Velarde K., Zavaleta m. & Aguilar c, en su investigación ambiental “Estudio de la absorción del ion Cromo VI con Jacinto de agua (eichhornia crassipes)”, Arequipa (2013).
- Poveda, R, Presento en su Tesis: “Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”, Ecuador (2014).
- José Luis Paredes Salazar, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria –Perú. Año 2015, “Optimización de la Fitorremediación de Mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia Crassipes Jacinto de Agua”.
- Coronel E. en su tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. “Eficiencia del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y Lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Chachapoyas” Lima, (2015).
- Ingrid Garay, en su tesis “Eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro, en las aguas minerotermales de la “Laguna La Milagrosa”- Chilca, 2017”
- Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. Análisis de Afluyente y Efluente de PTAR “El Indio”, Año 2019.
- Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. Análisis de Afluyente y Efluente de PTAR “El Indio”, Año 2020.

## VIII. ANEXOS

- **Matriz General de Consistencia.**
- **Anexo N° 01:** Decreto Supremo 004-2017-Minam, donde establece el ECA para los parámetros del agua residual.
- **Anexo N° 02:** Decreto Supremo 003-2010-Minam, donde establece límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.
- **Anexo N° 03:** Informe de Ensayo N°01 (Afluente y Efluente) de PTAR-El Indio.
- **Anexo N° 04:** Informe de Ensayo N°02 (Tratamiento N° 01 – M1).
- **Anexo N° 05:** Informe de Ensayo N°03 (Tratamiento N° 02 – M2).
- **Anexo N° 06:** Cadena de Custodia de Ensayo N°01 (Afluente y Efluente PTAR – El Indio).
- **Anexo N° 07:** Cadena de Custodia de Ensayo N°02 (Tratamiento N° 01, M1)
- **Anexo N° 08:** Cadena de Custodia de Ensayo N°03 (Tratamiento N°02, M2)
- **Anexo N° 09:** Ficha de Registro de Monitoreo de Agua Residual (muestra afluente y muestra efluente) de PTAR-El indio.
- **Anexo N° 10:** Ficha de Resultados de Monitoreo de Agua Residual (muestra afluente y muestra efluente) de PTAR-El indio.
- **Anexo N° 11:** Certificado de Medidor Multiparametro Digital.
- **Anexo N° 12:** Certificado de Acreditación por Inacal a Laboratorio: Analytical Laboratory E.I.R.L.

### Matriz general de consistencia

Título: “JACINTO DE AGUA Y TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN DE LAS LAGUNAS PTAR-EL INDIÓ”.

Nombre del Tesista : Nuñez Alberca Fernando.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/indicadores	Metodología
<p style="text-align: center;"><b>General</b></p> <p>Problemas en la gestión para el tratamiento y disposición final de las aguas residuales; pues las plantas de tratamiento se encuentran subdimensionadas y soportan una sobre carga de aguas residuales; así mismo problemas de conflictos sociales, contaminación ambiental y de salud pública.</p> <p style="text-align: center;"><b>Específicos</b></p> <p>1. Tratamiento inadecuado del agua residual, lo que implica un alto riesgo de diseminación de enfermedades entéricas.</p>	<p style="text-align: center;"><b>General</b></p> <p>Implementar un proceso de fitorremediación utilizando Jacinto de agua para el tratamiento de aguas residuales de una manera económica y amigable con el ambiente.</p> <p style="text-align: center;"><b>Específicos</b></p> <p>1. Realizar un proceso de fitorremediación para el tratamiento de aguas residuales mediante el empleo de Eichhornia Crassipes como agente depurador.</p> <p>2. Analizar la capacidad de depuración de eichhornia Crassipes para el tratamiento de aguas residuales.</p>	<p style="text-align: center;"><b>General</b></p> <p>Con la implementación de un proceso de fitorremediación utilizando Jacinto de agua en PTAR-El Indio, se logrará reducir la contaminación de aguas residuales PTAR El Indio y llevarlo a categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.</p> <p style="text-align: center;"><b>Específicos</b></p> <p>1. Con el proceso de Fitorremediación utilizando Jacinto de agua se podrá minimizar los contaminantes de aguas residuales y llevarlo a una calidad de agua categoría 3.</p> <p style="text-align: center;"><b>Justificación</b></p> <p>Se eligió el tema de “Tratamiento de aguas residuales” ya que se nos hizo importante por los problemas que actualmente se viven por la falta de agua de riego y por el mal uso de esta misma. Es un tema muy extenso y para esto necesitamos mucha información para poder</p>	<p style="text-align: center;"><b>Unidad de Análisis</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Variable Independiente</b></p> <p>Aplicación de proceso de fitorremediación utilizando Jacinto de agua.</p> <p style="text-align: center;"><b>Dimensiones</b></p> <p>- Días.</p> <p style="text-align: center;"><b>Indicadores</b></p> <p>- Tiempo de retención.</p> <p style="text-align: center;"><b>Variable dependiente</b></p> <p>- Parámetros físicos-químicos, Inorgánicos y Microbiológicos de calidad de agua residual.</p> <p>- Parámetros químicos de calidad de agua residual.</p> <p style="text-align: center;"><b>Indicadores</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Nivel:</b></p> <p>Se realizará mediante un nivel experimental. El nivel experimental de esta investigación se realizará luego de conocer las características de las aguas residuales que se investigan, para ser trabajadas en laboratorio.</p> <p style="text-align: center;"><b>Tipo:</b></p> <p>Se basará en una investigación tecnológica, en el que se dará a conocer un proceso de fitorremediación utilizando Jacinto de agua para el tratamiento de aguas residuales en PTAR El Indio.</p> <p style="text-align: center;"><b>Métodos:</b></p> <p>-Método Analítico</p>

		<p>realzar el proyecto en relación al tema para conocer lo que no sabíamos acerca del uso de las plantas tratadoras. El tratamiento de aguas residuales es un recurso favorable para los agricultores en su cultivo y para la población ya que así no se desperdicia tanta agua y se busca un uso adecuado.</p> <p style="text-align: center;"><b>Importancia</b></p> <p>La implementación de un proceso de fitorremediación utilizando Jacinto de agua como alternativa de tratamiento de aguas residuales es importante ya que es primordial para defender la salud de las personas y conservar el medio en el que vivimos. Por ejemplo, estas aguas son fuentes transmisoras de enfermedades, ya que contienen microorganismos patógenos que atacan el aparato intestinal humano. La depuración permite la reutilización de las aguas para ciertos usos que no requieren de agua potable como riego de zonas verdes, limpieza, entre otras actividades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PH, DQO, DBO</li> <li>- OD, Metales, Aceites y grasas.</li> <li>- Coliformes.</li> <li>- Parámetros. Microbiológicos.</li> <li>- Sólidos totales en suspensión.</li> </ul> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- °C</li> <li>- mg/L, ml/L</li> <li>- NMP/1000 mL.</li> </ul>	<p><b>Técnicas e instrumentos:</b></p> <p><b>Recopilación de información:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Acopio de literatura</li> <li>- Elaboración de información primaria.</li> <li>- Uso de información secundaria (Tesis, informes, otros).</li> </ul> <p><b>Trabajo de Campo:</b> Observación (visitas para conocer la realidad del problema, entrevistas).</p> <p><b>Trabajo de Gabinete:</b> Procesamiento de los datos obtenidos en las inspecciones de campo realizadas en PTAR El Indio y resultados obtenidos de muestra en laboratorio.</p> <p><b>Sujetos de la investigación:</b></p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Se harán diferentes muestreos.</p>
--	--	--	--	--

➤ Anexo N° 01: DECRETO SUPREMO 004-2017-MINAM, DONDE ESTABLECE EL ECA PARA LOS PARAMETROS DEL AGUA

RESIDUAL

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

ORGANICOS

<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

**Anexo N° 02: DECRETO SUPREMO 003-2010-MINAM, DONDE ESTABLECE  
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

<b>LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

**Anexo N° 03: INFORME DE ENSAYO N° 01 (Afluente y Efluente) de PTAR-EL  
INDIO**

			LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON EL REGISTRO N° LE - 096	
<b>INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3269</b>				
<b>I.- DATOS DEL SERVICIO</b>				
1.-RAZON SOCIAL	:	FERNANDO NUÑEZ ALBERCA		
2.-DIRECCIÓN	:	CASTILLA - PIURA		
3.-PROYECTO	:	TESIS		
4.-PROCEDENCIA	:	LAGUNAS DE OXIDACIÓN EL INDIO - CASTILLA PIURA		
5.-SOLICITANTE	:	ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L. - ICOSERGE E.I.R.L.		
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	:	OS-20-1080		
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	NO APLICA		
8.-MUESTREADO POR	:	EL CLIENTE		
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	:	2020-08-12		
<b>II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO</b>				
1.-PRODUCTO	:	AGUA		
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	:	2		
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:	2020-08-05		
4.-PERÍODO DE ENSAYO	:	2020-08-05 al 2020-08-12		
				
Yaní Aurelia Morales Huamani Ing. Químico Jefe de Laboratorio CIP: 135922				



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON EL REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3269

### III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Acidos y Grasas <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) <sup>(2)</sup>	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) <sup>(2)</sup>	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Oxígeno Disuelto <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 O G, 23rd Ed. 2017	Oxygen (Dissolved). Membrane Electrode Method
Sólidos Suspendidos Totales <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

\*SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(1)</sup> Ensayo acreditado por el IAS

<sup>(2)</sup> Ensayo realizado en campo (medido in situ)

<sup>(1)</sup> El ensayo indicado no ha sido acreditado por el IAS e INACAL-DA



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON EL REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3269

### IV. RESULTADOS

ITEM	1	2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-20-10659	M-20-10660		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AR-01	AR-02		
COORDENADAS:	E: 0544284	E: 0544296		
UTM WGS 84:	N: 9421112	N: 9920761		
PRODUCTO:	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL		
SUB PRODUCTO:	RESIDUAL MUNICIPAL	RESIDUAL MUNICIPAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
MUESTREO	FECHA:	2020-08-04		
	HORA:	10:20		
		2020-08-04		
		10:40		
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS	
Aceites y Grasas <sup>(1)</sup>	mg/L	1.20	31.20	15.20
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100mL	1.8	5 400 000.0	47 000.0
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100mL	1.8	11 000 000.0	220 000.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	mg BOD5/L	2.0	251.6	112.1
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	COD as mg C2/L	5	428	184
Detergentes <sup>(1)</sup>	mg MBAS/L	0.025	7.332	9.131
Oxígeno Disuelto <sup>(1)</sup>	mg DO/L	0.1	4.2	4.9
Sólidos Suspendedos Totales <sup>(1)</sup>	mg Total Suspended Solids/L	5	160	64

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \* <= Menor que el L.C.M.

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

## Anexo N° 04: INFORME DE ENSAYO N° 02 (Tratamiento N°01- M1)

			LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON EL REGISTRO N° LE - 096	
Registro N° LE - 096				
<h3>INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3948</h3>				
<b>I.- DATOS DEL SERVICIO</b>				
1.-RAZON SOCIAL	:	FERNANDO NUÑEZ ALBERCA		
2.-DIRECCIÓN	:	CASTILLA - PIURA		
3.-PROYECTO	:	MUESTREO AGUA RESIDUAL PTAR EL INDO		
4.-PROCEDENCIA	:	PTAR EL INDO - CASTILLA - PIURA		
5.-SOLICITANTE	:	ICO SERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L. - ICO SERGE E.I.R.L.		
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	:	OS-20-1380		
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	NO APLICA		
8.-MUESTREADO POR	:	EL CLIENTE		
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	:	2020-09-05		
<b>II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO</b>				
1.-PRODUCTO	:	AGUA		
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	:	1		
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:	2020-08-29		
4.-PERÍODO DE ENSAYO	:	2020-08-29 al 2020-09-05		
				
Yaní Aurelia Morales Huamani				
Ing. Químico				
Jefe de Laboratorio				
CIP: 135922				

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3948

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TITULO
Aceites y Grasas <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) <sup>(2)</sup>	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) <sup>(2)</sup>	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Mercurio <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B, 23 rd Ed. 2017	Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method
Oxígeno Disuelto <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G, 23rd Ed. 2017	Oxygen (Dissolved), Membrane Electrode Method
Sólidos Suspendidos Totales <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Metales Totales <sup>(2)</sup>	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

<sup>(1)</sup>EPA: U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

<sup>(2)</sup>SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3948

IV. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-20-12783
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AF-03
COORDENADAS:			E: 0540'148
UTM WGS 84:			N: 9427'129
PRODUCTO:			AGUA RESIDUAL
SUB PRODUCTO:			RESIDUAL MUNICIPAL
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
FECHA:			2020-08-08
HORA:			10:00
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS
Acidos y Gases <sup>†</sup>	mg/L	1.20	3.30
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100mL	1.8	9.200.0
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100mL	1.8	97.000.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>†</sup>	mg BOD5/L	2.0	38.7
Demanda Química de Oxígeno <sup>†</sup>	ODQ en mg O2/L	5	62
Detorgentes <sup>†</sup>	mg MBAD/L	0.025	<0.025
Oxígeno Clorato	mg DCL/L	0.1	5
Sólidos Suspendedos Totales <sup>†</sup>	mg Total Suspended Solids/L	5	88
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS
Mercurio <sup>†</sup>	mg/L	0.0001	<0.0001
Metales Totales			
Aluminio	mg/L	0.005	0.306
Antimonio	mg/L	0.002	<0.002
Arsénico	mg/L	0.002	0.008
Bario	mg/L	0.0002	0.0081
Berilio	mg/L	0.0003	<0.0003
Bismuto	mg/L	0.009	<0.009
Boro	mg/L	0.002	0.024
Cadmio	mg/L	0.0001	<0.0001
Cobalto	mg/L	0.002	20.040

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<sup>†</sup>" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<sup>†</sup>" Menor que el L.D.M.

<sup>†</sup> Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON EL REGISTRO N° LE - 096



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3948

N. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO			M-20-12783
CÓDIGO DEL CUENTE			AR-03
COORDENADAS			E: 2940148
UTM WGS 84			N: 9427129
PRODUCTO			AGUA RESIDUAL
SUB PRODUCTO			RESIDUAL MUNICIPAL
INSTRUCTIVO DE MUESTREO			NO APLICA
MUESTREO			
FECHA			2020-03-20
HORA			15:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS
Calcio	mg/L	0.02	<0.02
Cobalto	mg/L	0.002	<0.002
Cobre	mg/L	0.0003	0.0178
Cromo	mg/L	0.0002	<0.0002
Estadío	mg/L	0.001	<0.001
Estándio	mg/L	0.0004	0.0011
Fosforo	mg/L	0.01	1.15
Hierro	mg/L	0.001	0.421
Litio	mg/L	0.0003	0.0007
Magnesio	mg/L	0.006	14.077
Manganeso	mg/L	0.0001	0.1255
Molibdeno	mg/L	0.0008	<0.0008
Níquel	mg/L	0.0003	<0.0003
Plata	mg/L	0.002	<0.002
Plomo	mg/L	0.002	<0.002
Potasio	mg/L	0.04	48.99
Selenio	mg/L	0.001	<0.001
Silica	mg/L	0.001	2.095
Sodio	mg/L	0.004	1.928.872

L.D.M.: Límite de detección del método, <= Menor que el L.D.M.



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON EL REGISTRO N° LE - 096



## INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-3948

### IV. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-20-12789
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AR-03
COORDENADAS:			E: 0540148
UTM WGS 84:			N: 9427129
PRODUCTO:			AGUA RESIDUAL
SUB PRODUCTO:			RESIDUAL MUNICIPAL
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
MUESTREO	FECHA:		2020-08-28
	HORA:		15:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS
Talio	mg/L	0.0003	<0.0003
Titanio	mg/L	0.0007	0.0024
Uranio	mg/L	0.005	<0.005
Vanadio	mg/L	0.0002	0.0128
Zinc	mg/L	0.0001	0.0179

L.D.M.: Límite de detección del método, "<" Menor que el L.D.M.

### V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

"FIN DE DOCUMENTO"

## Anexo N° 05: INFORME DE ENSAYO N° 03 (Tratamiento N°02- M2)

			LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ACREDITACION INACAL-DA CON EL REGISTRO N° LE - 098	
			Registro N° LE - 096	
<b>INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-4589</b>				
<b>I. DATOS DEL SERVICIO</b>				
1.-RAZON SOCIAL	:	FERNANDO NUÑEZ ALBERCA		
2.-DIRECCIÓN	:	CASTILLA - PIURA		
3.-PROYECTO	:	TESIS		
4.-PROCEDENCIA	:	LAGUNA DE OXIDACIÓN EL INDIO- CASTILLA PIURA		
5.-SOLICITANTE	:	ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L. - ICOSERGE E.I.R.L.		
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	:	OS-20-1569		
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	NO APLICA		
8.-MUESTREADO POR	:	EL CLIENTE		
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	:	2020-10-12		
<b>II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO</b>				
1.-PRODUCTO	:	Agua		
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	:	1		
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	:	2020-09-16		
4.-PERÍODO DE ENSAYO	:	2020-09-16 al 2020-10-12		
				
Marco Valencia Huerta Ingeniero Químico N° CIP 152207				
				

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-4589

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aceites y Grasas <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) <sup>2</sup>	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Mercurio <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B, 23 rd Ed. 2017	Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method
Metales Totales <sup>2</sup>	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Oxígeno Disuelto <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G. 23rd Ed. 2017	Oxygen (Dissolved). Membrana Electrode Method
Sólidos Suspensos Totales <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

<sup>(1)</sup>EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>(2)</sup>SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

<sup>(1)</sup> El Ensayo Indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-4589

IV. RESULTADOS

ITEM				I
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-20-14637
CÓDIGO DEL CUENITE:				AR-04
COORDENADAS:				8.540748
UTM WGS 84:				19427128
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residuo Municipal
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				15-09-2020 12:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Acidez y Grasa (*)	mg/L	0,40	1,20	<1,20
Coliformes Faciles (Termotolerantes) (FMP)	NMP/100mL	1,8	1,8	350,0
Coliformes Totales (FMP)	NMP/100mL	1,8	1,8	16 000,0
Demanda Biológica de Oxígeno (*)	mg DOCS/L	0,4	2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	OOD en mg O <sub>2</sub> /L	2	5	<5
Detergentes (*)	mg MBAS/L	0,010	0,025	<0,025
Mercurio (*)	ng/L	0,0001	0,0002	<0,0001
Origenes Disueltos	mg DO <sub>2</sub> /L	NA	0,1	4,8
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspendid Sólido/L	2	5	29
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio	ng/L	0,005	0,020	<0,005
Antimonio	ng/L	0,002	0,008	<0,002
Arsénico	ng/L	0,002	0,008	<0,002
Bario	ng/L	0,0002	0,0010	0,0086
Berilio	ng/L	0,0002	0,0010	<0,0002
Bismuto	ng/L	0,009	0,030	<0,009
Boro	ng/L	0,002	0,008	0,172
Cadmio	ng/L	0,0001	0,0004	<0,0001
Calcio	ng/L	0,002	0,008	80,440
Cerio	ng/L	0,02	0,07	<0,02
Cobalto	ng/L	0,002	0,007	<0,002
Cobre	ng/L	0,0002	0,0010	0,0068
Cromo	ng/L	0,0002	0,0008	<0,0002
Estadío	ng/L	0,001	0,003	<0,001
Estroncio	ng/L	0,00004	0,00012	0,02767
Fosforo	ng/L	0,01	0,04	0,06

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-4589

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-20-14537
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AR-04
COORDENADAS:				E:540148
UTM WGS 84:				N:9427129
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Municipal
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				15-09-2020 12:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Hierro	mg/L	0,001	0,004	0,184
Litio	mg/L	0,0003	0,0009	0,0069
Magnesio	mg/L	0,005	0,020	20,303
Manganeso	mg/L	0,0001	0,0002	0,0341
Molibdeno	mg/L	0,0006	0,0020	0,0028
Niquel	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0003
Plata	mg/L	0,002	0,007	<0,002
Plomo	mg/L	0,002	0,006	<0,002
Potasio	mg/L	0,04	0,10	27,29
Selenio	mg/L	0,001	0,005	<0,001
Silice	mg/L	0,001	0,004	0,293
Sodio	mg/L	0,004	0,010	286,699
Talio	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0003
Titanio	mg/L	0,0007	0,0020	<0,0007
Uranio	mg/L	0,01	0,02	<0,01
Vanadio	mg/L	0,0002	0,0007	<0,0002
Zinc	mg/L	0,0001	0,0004	0,0061

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo N° 06: CADENA DE CUSTODIA DE ENSAYO N° 01(Afluente y efluente PTAR-El indio)

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										F: 01-14-2020 E: 01-14-2020 L.V.: 2020-Feb-13													
<b>Datos del cliente</b> Razón Social: <b>FERNANDO NUÑEZ ALBERCA</b> Persona de contacto: <b>LUIS REYES</b> Correo / Teléfono: <b>lreyes@icoserge.com</b> Nombre del proyecto: <b>MUESTRO DE AGUAS RESIDUALES PTAR- EL INDO</b>										Orden de servicio: <b>20-1080</b> Pág. de: _____ Plan de Monitoreo: <b>Proyecto tesis</b> Informe de ensayo: <b>1E-20-3269</b> Procedencia o lugar de muestreo: <b>PTAR EL INDO - CASTILLA - PIURA</b>															
Conservante: <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>										<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>															
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO										PARAMETRO IN SITU			OBSERVACIONES				
			Grupo	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V	P	00	AYG	Ortopentones	Calcifento total	Ca <sup>++</sup> libre	Ca <sup>++</sup> total	ODO	ODD	STS	T° Mtra (°C)	pH (nivel de pH)	CE (micro)		OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	
1	AR-01	M-20 10659	F: 01-08-20 H: 10:20	AR	Municipal	N: 942112 E: 544284	1	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								Ingreso a las lagunas Primarias
2	AR-02	10660	F: 04-08-20 H: 10:40	AR	Municipal	N: 942061 E: 544296	1	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								A la salida de las lagunas Secundarias
3			F: H:			N: E:																			
4			F: H:			N: E:																			
5			F: H:			N: E:																			
6			F: H:			N: E:																			
7			F: H:			N: E:																			
8			F: H:			N: E:																			

<b>Descripción de equipos utilizados:</b> Item   Código interno del equipo   Nombre de equipo			<b>Legenda</b> F: Fecha N: Norte V: Vidrio T° Mtra: Temperatura de Muestra CE: Conductividad Eléctrica H: Hora E: Este P: Plástico T° Amb: Temperatura ambiente OD: Oxígeno Disuelto			<b>Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042</b> GRUPO   SUB GRUPO AR: Agua Residual   SUBGRUPO Residual - Orgánico AR: Agua Residual   DOMESTICA INDUSTRIAL MUNICIPAL AR: Aguas Residuales   PESCA Y LAGUNA AEROBICA AR: Aguas Residuales   RESIDA (Fiebre, Mela, Zoonosis) AR: Agua Salada   SAL, SAL TORTE, SAL MERA, AGUA REFRIGERACION Y REFRIGERACION AR: Agua de Proceso   CIRCULACION O ENFRIAMIENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LOMACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INTENCION Y REINTENCION		
<b>Muestreado por:</b> Luis Reyes			<b>Cliente:</b> ICOSERGE			<b>Recepción de muestra:</b>		
Fecha: 04/08/20			Fecha: 04/08/20			Recepción de muestra:		
Firma:			Firma:			Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente		

<b>Observaciones / Comentarios</b> (Empty space for notes)	<b>ANALITICAL LABORATORY S.A.</b> RECEPCION DE MUESTRAS 05 AGO 2020 09:30 CALLAO
---	--

<b>ANALITICAL LABORATORY S.A.</b> RECEPCION DE MUESTRAS 04 AGO 2020 PIURA	Cooler: ALAB-M-07 T° 6.2 E: 103-08
--	---------------------------------------

Sede principal: Píscagua; Zona Ma. 02, D. 3, Bellavista, Callao / Sede Guardia Chacabac: Av. Guardia Chacabac N° 1817, Bellavista, Callao / Sede Arequipa: Urbanización San Juan, Ma. C. 11, 21, distrito de Tacarcuna, Arequipa / Sede Piura: Av. 28 de Julio N° 20 (Espalda de Urquiza) L.P.O.C. distrito de Piura, Piura

### Anexo N° 07: CADENA DE CUSTODIA DE ENSAYO N° 02 (Tratamiento N°01-M1)

<b>ALAB</b>		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: F-CPD-1-42 E: 81 IV: 2023-048-10															
<b>Datos del cliente</b> Razón Social: <b>FERNANDO MUÑOZ ALBERCA</b> Persona de contacto: <b>Luis Reyes H.</b> Correo / Teléfono: <b>lreyes@icoserge.com</b> Nombre del proyecto: <b>Muestreo Agua Residual PTAR - El Suro</b>											Orden de servicio: <b>20-1380</b> Pág. <b>de</b> _____ Plan de Monitoreo: <b>Proyecto Jesús</b> Informe de ensayo: <b>KE-20-3948</b> Procedencia o lugar de muestreo: <b>PTAR El Suro - Castilla - Piura</b>																
Núm	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO										PARAMETRO IN SITU			OBSERVACIONES					
				Grupo	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V	P	OP	DY6	Dete. egales coliformes Totales	Coliformes fecales	DBO	DB5	S15	Act. bacteriol.	Ag.	T° Mts (°C)	pH (unidad de pH)	CE (µscm)		OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)		
1	AR-03	N-20 12787	F: 28/08/20 H: 15:00	01	Municipal	N: 9427129 E: 540148	1	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Muestra después del tratamiento.
2			F:			N:																					
3			H:			E:																					
4			F:			N:																					
5			H:			E:																					
6			F:			N:																					
7			H:			E:																					
8			F:			N:																					
			H:			E:																					

Descripción de equipos utilizados:		Leyenda		Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042						
Btem	Código interno del equipo	Nombre de equipo	F: Frasco H: Hora	N: Norte E: Este	V: Vidrio P: Plástico	T° Mts: Temperatura de Muestra T° Amb: Temperatura ambiente	CE: Conductividad Eléctrica OD: Oxígeno Disuelto (mg/L)	GRUPO	ESB-GRUPO	
1								AR	Agua Residual	SUBTERRANEA (Residual - Terrestre)
2								AR	Agua Residual	SUPERFICIA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
3								AH	Agua para Usos y Consumo Humano	PIURA / LAGUNA ARTIFICIAL (ESDA - Piura, Nuevo Proyecto)
4								AB	Agua Dulce	MAN. ELABOR. SALINERA AGUA INTENCION Y PROVISIÓN
								AP	Agua de Proceso	CIRCULACIÓN Y EMPAQUE - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACIÓN DE CALDERAS - AGUA DE LUBRICACIÓN AGUA PURIFICADA - AGUA DE RECCIÓN Y REINYECCIÓN

Muestreado por: <b>Luis Reyes</b>		
Fecha: <b>28/08/20</b>		
Firma:		

Observaciones / Comentarios:		
		Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente T° y C: <b>10-16-06</b>

Sede principal: Poligonón Zarate 88, DC 11 2, Dársena, Callao / Sede Gestión Chayta: Av. Guerra Civil N° 917, Bellavista, Callao / Sede Arequipa: Urbanización Sanayay N° 1, E.L.L.27, distrito de Sanayay, Arequipa / Sede Piura: Urbanización Los corales M.L.L.23 (Español de Universidad) (UPAC) distrito de Piura, Piura  
 Web site: www.alab.com.pe E-mail: grupo.comercial@alab.com.pe FIC: 2009057991 - T: 051431154 - 011713930 - Cel: 94979939 - 02046429

Anexo N° 08: CADENA DE CUSTODIA DE ENSAYO N° 03 (Tratamiento N°02-M2)

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										I: FOPRIAZ R: 31 V: 2024-Pa-13													
<b>Datos del cliente</b> Razón Social: <b>FERNANDO NUÑEZ ALBERCA</b> Persona de contacto: <b>LUIS REYES H.</b> Correo / Teléfono: <b>lreyes@icoserge.com   995 504 580</b> Nombre del proyecto: <b>MUESTRO AGUA RESIDUAL PTAR - EL INDIU</b>												Orden de servicio: <b>20-1569</b> Pág. <b>1</b> de <b>1</b> Plan de Monitoreo: <b>Proyecto Tesu</b> Informe de ensayo: <b>IE-20-4589 CC-20-4570</b> Procedencia o lugar de muestreo: <b>PTAR EL INDIU - CARILLA - PIURA</b>													
Preservante: <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> <b>HNO<sub>3</sub></b> <b>HNO<sub>2</sub></b>																									
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO										PARAMETRO IN SITU			OBSERVACIONES			
				Grupo	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V	P	OD	A45	Detergentes	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	DBO	DBO	SST	Metales totales	Hg	T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)		CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)
1	AR-04	21-20 14937	F: 15/09/20 H: 12:45	AR	Municipal	N: 9427529 E: 540148	1	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								Muestra después del tratamiento 2
2			F: H:																						
3			F: H:																						
4			F: H:																						
5			F: H:																						
6			F: H:																						
7			F: H:																						
8			F: H:																						

Descripción de equipos utilizados:		
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Legenda		
F: Fecha	N: Norte	V: Vidrio
H: Hora	E: Este	P: Plástico
Muestreado por: <b>Luis Reyes H.</b> Fecha: <b>15/09/20</b> Firma: <i>[Firma]</i>		

Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042	
GRUPO	SUB GRUPO
AA: Agua Potable	SUBTERRANEA (Superficie - Tercera)
AB: Agua Potable	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
AC: Agua para Uso y Consumo Médico	INDUSTRIAL Y RESIDUAL ARTIFICIAL
AD: Agua Caliente	INDUSTRIAL - RESIDUAL - DOMESTICA
AE: Agua de Proceso	MAR - SALINIDAD - SALINIDAD
	AGUA DE RESERVA - AGUA DE RESERVA
	AGUA DE RESERVA - AGUA DE RESERVA
	AGUA DE RESERVA - AGUA DE RESERVA
	AGUA DE RESERVA - AGUA DE RESERVA

RECEPCIÓN DE MUESTRAS <b>15 SEP 2020</b> 13:03 PIURA	RECEPCIÓN DE MUESTRAS ALAB 12:00
---	--

**Anexo N° 09: FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE AGUA RESIDUAL  
(MUESTRA AFLUENTE Y MUESTRA EFLUENTE) DE PTAR –EL INDIO**

## **MONITOREO AMBIENTAL: CALIDAD DE AGUA RESIDUAL**

**"MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA PTAR EL INDIO –  
CASTILLA - PIURA"**



**ELABORADO POR:**



**ICOSERGE**  
Ingenieros Consultores & Servicios Generales

  
LUIS MIGUEL REYES HUARCAS  
ESPECIALISTA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 182526



**AGOSTO 2020**



INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL: AGUA RESIDUAL

MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA  
PTAR EL INDIO - CASTILLA - PIURA

TESIS FERNANDO NUÑEZ  
ALBERCA

### FICHA DE REGISTRO DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO

Cliente: FERNANDO NUÑEZ ALBERCA				
Procedencia: CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA PTAR EL INDIO - CASTILLA - PIURA				
Distrito: Castilla		Provincia: Piura		Departamento: Piura
Componente Ambiental:	Agua Residual	Aire	Ruido	Suelo
Matriz de Muestra:	X			
Tipo de la Muestra:	Residual			
Código de la Estación de Muestreo:	AR-01			
Descripción de la Estación de Muestreo:	Al ingreso a las lagunas primarias			
Coordenadas UTM (WGS 84):	Norte: 9 421 112	Este: 544 284		
	Altitud: 41 m.s.n.m.	Zona: 17M		
Fecha del Muestreo:	04/08/2020			
Hora del Muestreo:	10:20			



Responsable del Muestreo: Ing. Luis Miguel Reyes Huancas



INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL: AGUA RESIDUAL

MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA  
PTAR EL INDIO - CASTILLA - PIURA

TESIS FERNANDO NUÑEZ  
ALBERCA

### FICHA DE REGISTRO DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO

Cliente: FERNANDO NUÑEZ ALBERCA				
Procedencia: CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA PTAR EL INDIO - CASTILLA - PIURA				
Distrito: Castilla		Provincia: Piura		Departamento: Piura
Componente Ambiental:	Agua Residual	Aire	Ruido	Suelo
Matriz de Muestra:	X			
Tipo de la Muestra:	Residual			
Código de la Estación de Muestreo:	AR-02			
Descripción de la Estación de Muestreo:	A la salida a las lagunas secundarias			
Coordenadas UTM (WGS 84):	Norte: 9 420 761	Este: 544 296		
	Altitud: 40 m.s.n.m.	Zona: 17M		
Fecha del Muestreo:	04/08/2020			
Hora del Muestreo:	10:40			



Responsable del Muestreo: Ing. Luis Miguel Reyes Huancas

**Anexo N° 10: FICHA DE RESULTADOS DE MONITOREO DE AGUA RESIDUAL (MUESTRA AFLUENTE Y MUESTRA EFLUENTE) DE PTAR –EL INDIO**

	<b>INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL: AGUA RESIDUAL</b>		
	MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA PTAR EL INDIO - CASTILLA - PIURA	<b>TESIS FERNANDO NUÑEZ ALBERCA</b>	

**RESULTADO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA RESIDUAL**

**EMPRESA SOLICITANTE:** FERNANDO NUÑEZ ALBERCA  
**PROCEDENCIA:** CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA PTAR EL INDIO – CASTILLA – PIURA  
**FECHA DEL MONITOREO:** 04 DE AGOSTO DEL 2020.  
**RESPONSABLE DEL MONITOREO:** ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS

PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO Y DESCRIPCION DE LA ESTACION DE MONITOREO DE AGUA		D.S N° 003-2010-MINAM
		AR-01	AR-02	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
		Al ingreso a las lagunas primarias	A la salida de las lagunas secundarias	
Ácidos y grasas	mg/L	31.20	15.20	20
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100mL	5 400 000	47 000	10 000
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100mL	11 000 000	220 000	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg BOD5/L	251.6	112.1	100
Demanda Química de Oxígeno	COD as mg O2/L	428	184	200
Detergentes	mg MBAS/L	7.332	9.131	---
Oxígeno Disuelto	mg DO/L	4.2	4.9	---
Sólidos Suspendedos Totales	mg Total Suspended Solids/L	160	64	150

FUENTE: INFORME DE ENSAYO N° IE-20-3269 ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. - ALAB





**LUIS MIGUEL REYES HUANCAS**  
**ESPECIALISTA AMBIENTAL**  
**Reg. CIP N° 182528**

---

ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS  
 CIP N°: 182528  
 ICOSERGE EIRL

PIURA, 28 DE AGOSTO DEL 2020

Anexo N° 11: CERTIFICADO DE MEDIDOR MULTIPARAMETRO DIGITAL

	
<h1>CERTIFICATE</h1>	
<h2>ATTESTATION</h2>	
<h3>CERTIFICATE OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY DIRECTIVE</h3>	
<p>Technical file of the company mentioned below has been inspected and audit has been completed successfully, 2014/30/EU Electromagnetic Compatibility Regulations has been taken as referances for these processes.</p>	
Company Name	: <b>Jinan Huiquan Electronic Co., Ltd.</b>
Company Address	: C3 ,Area A ,Xingquan Industrial Park, North of Kaiyuan Road, Lengshuigou Village,Wangsheren Town,Licheng District,Jinan city, Shandong province, China
Related Directives and Annex	: <b>2014/30/EU Electromagnetic Compatibility Directive</b>
Related Standards	: <b>EN55022:2010; EN61000-3-2:2014; EN61000-3-3:2013; EN55024:2010; EN61000-4-2:2009; EN61000-4-3:2006+A1:2008+A2:2010; EN61000-4-4:2012; EN61000-4-5:2014; EN61000-4-6:2014; EN61000-4-8:2010; EN61000-4-11:2004</b>
Product Name	: <b>PH Meter</b>
Report No and Date	: <b>BCTC-150606915-EMC</b>
Product Brand/Model/Type	: <b>PH-01 , PH-02, PH-03,PH-04 , PH-05 , PH-06</b>
Certificate Number	: <b>M.2015.103.4757</b>
Initial Assessment Date	: <b>22.06.2015</b>
Registration Date	: <b>23.06.2015</b>
Reissue Date/No	: <b>-</b>
<p>The currency of the certificate can be checked through <a href="http://www.udemiltd.com.tr">www.udemiltd.com.tr</a>. The CE mark shown on the right can only be used under the responsibility of the manufacturer with the completion of EC Declaration of Conformity for all the relevant Directives. This certificate remains the property of UDEM International Certification Auditing Training Centre Industry and Trade Co. Ltd. to whom it must be returned upon request. The above named firm must keep a copy of this certificate for 15 years from the registration of certificate. The above named firm must notify all changes related with the approved type to UDEM. If UDEM will not renew expiry date of this certificate in question.</p>	
<p><b>Address:</b> Mutlukent Mahallesi 2073 Sokak (Eski 93 Sokak) No:10 Çankaya - Ankara - TURKEY <b>Phone:</b> +90 0312 443 03 90 <b>Fax:</b> +90 0312 443 03 76 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:info@udemiltd.com.tr">info@udemiltd.com.tr</a> <a href="http://www.udemiltd.com.tr">www.udemiltd.com.tr</a></p>	
<p> UDEM International Certification Auditing Training Centre Industry and Trade Co. Ltd.</p> <p> </p>	

Shenzhen BCTC Technology Co., Ltd.  
A, Floor 3, 44 Building, Tanglang Industrial Park B,  
Taoyuan Street, Nanshan District, Shenzhen, China



# Certificate of Compliance

**Certificate Number: BCTC-150606736**

**Applicant** : **Jinan Huiquan Electronic Co., Ltd.**  
C3, Area A, Xingquan Industrial Park, North of Kaiyuan Road,  
Lengshuigou Village, Wangsheren Town, Licheng District, Jinan city,  
Shandong province, China

**Manufacturer** : **Jinan Huiquan Electronic Co., Ltd.**  
C3, Area A, Xingquan Industrial Park, North of Kaiyuan Road,  
Lengshuigou Village, Wangsheren Town, Licheng District, Jinan city,  
Shandong province, China

**Product** : **ph meter**

**M/N** : **PH-01**  
**PH-02, PH-03, PH-04, PH-05, PH-06.**

**Test Standard** : **IEC62321-1:2013**

The EUT described above has been consolidated by us and found in compliance with the council RoHS directive—2011/65/EU. It is possible to use CE marking to demonstrate the compliance with this RoHS Directive.

**CE**



This certificate of conformity is based on a single evaluation of the submitted sample(s) of the above mentioned product. It does not imply an assessment of the whole product and relevant Directives have to be observed.

Tel: 400-788-9558 0755-33019988 [Http://www.bcto-lab.com](http://www.bcto-lab.com) [Http://www.btc-lab.com](http://www.btc-lab.com)

**Anexo N° 12: CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN POR INACAL A  
EMPRESA: “ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.**

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

**ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.**

**Laboratorio de Ensayo**

Prolongación Zaramilla, Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019  
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023



ESTELA CONTRERAS FIGO  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Código N° : 0147-2019/INACAL/DA  
Caratula N° : Adenda al Contrato de Acreditación  
N°015-18/INACAL/DA  
Registro N° : 1E-098

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

El presente certificado tiene validez con el correspondiente Acuerdo de Acreditación y válida de conformidad desde que el cliente puede estar sujeto a modificaciones, actualizaciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe verificarse en la página web: [www.inacal.gob.pe/da/acreditacion/registros/acreditacion](http://www.inacal.gob.pe/da/acreditacion/registros/acreditacion) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es miembro del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e Internacional Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-06P-21F-01 05-148-06  
DAG-Fuero de Responsabilidad