

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC, LA  
ENCAÑADA-CAJAMARCA-2023”**

Para Optar Título Profesional de:

**INGENIERO HIDRÁULICO**

Presentado por el Bachiller:

**MORENO ALCÁNTARA, ORLANDO.**

Asesorado por:

**DR. ING. GASPAR MÉNDEZ CRUZ**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2023**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** ORLANDO MORENO ALCÁNTARA  
**DNI:** 47210043  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Hidráulica
- Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz  
**Facultad:** Facultad de Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC, LA ENCAÑADA-CAJAMARCA-2023**
- Fecha de evaluación:** 31/03/2024
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19%
- Código Documento:** oid: 3117:343473113
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 29/05/2024



**FIRMA DEL ASESOR**

**Nombres y Apellidos:** Gaspar Virilo Méndez Cruz

**DNI:** 26631950



Firmado digitalmente por:  
FERNANDEZ LEON Yvonne  
Katherine FAU 20148258801 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 29/05/2024 10:35:45-0500

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI**

## **DEDICATORIA**

**Este trabajo lo dedico a mis padres; por su protección y apoyo incondicional, por apoyarme en los momentos buenos y malos, enseñarme a afrontar la adversidad sin perder la cabeza ni morir en el intento.**

**A mis hermanos y hermana por estar siempre ayudándome y apoyándome en mi día a día durante todos los años de mi vida universitaria.**

## **AGRADECIMIENTO**

**Gracias a Dios por la vida, por permitirme disfrutar de mi familia y por darme la bendición de poder estudiar.**

**A mis padres y hermanos, por estar siempre fortaleciéndome para seguir adelante e impulsarme para conseguir mis metas y no morir en el intento, por darme siempre lo mejor a pesar de las carencias que hemos pasado.**

**A mi asesor Dr. Ing. GASPAR MÉNDEZ CRUZ, por su apoyo en el desarrollo de este proyecto de tesis, por sus enseñanzas académicas y consejos como profesional que inculcó a desarrollarme como profesional.**

## INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1.1 CONTEXTUALIZACIÓN .....	2
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.3 ALCANCE O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 LIMITACIONES .....	4
1.5 OBJETIVOS .....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	6
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	6
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	6
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES .....	7
2.2 REFERENCIAS TEÓRICAS .....	8
2.2.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	8
2.2.2. DEFINICIÓN DE AGUA RESIDUAL .....	8
2.2.3. TIPOS DE AGUA RESIDUAL.....	8
2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	9
2.2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	10
1. SOLIDOS TOTALES .....	10
2. TEMPERATURA .....	10
3. OLORES .....	11
2.2.6. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS .....	11
1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) .....	11
2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	11
2.2.7. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS .....	12
2.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	12
2.3.1 NIVELES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ....	13
1. PRE TRATAMIENTO O TRATAMIENTO PRELIMINAR.....	13
LAS CRIBAS. ....	14
DESARENADOR .....	14

DESACEITADO Y DESENGRASADO .....	15
2. TRATAMIENTO PRIMARIO.....	15
SEDIMENTACIÓN. ....	15
TANQUES IMHOFF. ....	16
LECHO DE SECADOS DE LODOS.....	17
3. TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	18
4. TRATAMIENTO Terciario.....	20
2.4 MEDICIÓN DE CAUDAL.....	21
2.5 EFICIENCIA DE LOS PARAMETROS.....	21
2.6 EFICIENCIA HIDRÁULICA .....	22
2.7 NORMATIVA AMBIENTAL EN EL PERU: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. ....	22
2.7.1 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA). ....	22
2.7.2 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES. ....	23
2.8 COMPONENTES DE PTAR DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC. ....	24
2.8.1 TRATAMIENTO MECÁNICO (PRETRATAMIENTO): .....	24
2.8.2 TRATAMIENTO PRIMARIO: .....	24
2.8.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO: .....	25
2.8.4 TRATAMIENTO Terciario .....	25
2.9 PARÁMETROS A EVALUAR.....	25
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	97
CAPÍTULO VII. ANEXOS .....	100
CAPÍTULO VIII. PLANO.....	108

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de agua residual. ....	9
Tabla 2.	Finalidad del Pretratamiento o Tratamiento Preliminar. ....	15
Tabla 3.	Tiempo de digestión. ....	17
Tabla 4.	ECA, Riego de vegetales y bebida de animales ....	23
Tabla 5.	Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	24
Tabla 6.	Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	25
Tabla 7.	Valores de sólidos suspendidos totales en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales C.P. El Rosario de Polloc. ....	55
Tabla 8.	Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a los Sólidos Suspendidos Totales. ....	56
Tabla 9.	Valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	57
Tabla 10.	Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a la demanda bioquímica de oxígeno. ....	59
Tabla 11.	Valores de la demanda química de oxígeno (DQO) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	60
Tabla 12.	Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a la demanda química de oxígeno (DQO). ....	61
Tabla 13.	Valores de los coliformes termotolerantes (CT) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	62
Tabla 14.	Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a la coliformes termotolerantes (CT).....	64
Tabla 15.	Valores de aceites y grasas (AG) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	65
Tabla 16.	Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a aceites y grasas (AG). ....	66
Tabla 17.	Parámetros evaluados del efluente final de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc comparados con los límites máximos permisibles. ....	67
Tabla 18.	Parámetros evaluados del efluente final de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA). ....	68
Tabla 19.	Parámetros evaluados del río La Quispa a 100 metros aguas debajo del vertimiento, comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA).....	69

Tabla 20.	Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	69
Tabla 21.	Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas, día 24 de Julio del 2023 ....	71
Tabla 22.	Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas, día 26 de Julio del 2023. ....	71
Tabla 23.	Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas día 28 de Julio del 2023. ....	72
Tabla 24.	Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas día 17 de febrero del 2024. ....	72
Tabla 25.	Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas día 09 de marzo del 2024. ....	73
Tabla 26.	Resumen de caudales.....	76
Tabla 27.	Caudal aforado del efluente de la PTAR en 12 horas día 24 de Julio del 2023. ....	77
Tabla 28.	Caudal aforado del efluente de la PTAR en 12 horas día 17 de Julio del 2024. ....	78
Tabla 29.	Tiempo por el método del flotador, julio del 2023.....	80
Tabla 30.	Tiempo por el método del flotador, febrero del 2024.....	80
Tabla 31.	Volumen horario de caudales julio del 2023. ....	83
Tabla 32.	Volumen horario de caudales febrero del 2024.....	84
Tabla 33.	Variables de calibración para el software según el estudio realizado. ....	87

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Línea de agua de una PTAR.....	13
Figura 2.	Tanque Imhoff.....	16
Figura 3.	Lecho de Secado de Lodos.....	18
Figura 4.	Filtro Percolador o Biológico Circular.....	20
Figura 5.	Departamento de Cajamarca en el mapa del Perú.....	27
Figura 6.	Provincia de Cajamarca en el Mapa de Cajamarca.....	28
Figura 7.	Distrito de La Encañada en el Mapa de Cajamarca.....	28
Figura 8.	Ubicación de la PTAR del Centro Poblado El Rosario de Polloc.....	29
Figura 9.	Plano en planta de la PTAR del Centro Poblado El Rosario de Polloc.....	29
Figura 10.	Puntos de monitoreo en la PTAR.....	34
Figura 11.	Ingresos de aguas residuales a la PTAR por una tubería de PVC de 160 mm. ...	38
Figura 12.	Aliviadero o By Pass.....	39
Figura 13.	Sistema de cribas.....	40
Figura 14.	Grieta en la pared media del by pass.....	40
Figura 15.	Desarenador.....	41
Figura 16.	Línea de conducción hacia el tanque Imhoff.....	42
Figura 17.	Realizando el levantamiento topográfico del tanque Imhoff.....	43
Figura 18.	Deterioro de la pintura en las partes laterales del tanque Imhoff.....	43
Figura 19.	Fuga de agua residual a la salida del tanque Imhoff.....	44
Figura 20.	Forma rectangular del filtro percolador.....	45
Figura 21.	Agua residual no filtrada en el filtro percolador.....	45
Figura 22.	Presencia de fisuras en el filtro percolador.....	46
Figura 23.	Caseta de desinfección.....	47
Figura 24.	Tubería para la dosificación.....	47
Figura 25.	Tubería para la dosificación.....	48
Figura 26.	Lecho de secados.....	49
Figura 27.	Limpieza de las rejas.....	50
Figura 28.	Limpieza del desarenador.....	51
Figura 29.	Limpieza del Tanque Imhoff.....	52
Figura 30.	Filtro percolador en pésimas condiciones.....	53

Figura 31.	Rotura de tubería de distribución del agua residual.....	53
Figura 32.	Secado de lodo durante 2 meses y medio. ....	54
Figura 33.	Desarenador. ....	79
Figura 34.	Inicio del recorrido del tinte.....	81
Figura 35.	Fin del recorrido del tinte.....	81
Figura 36.	Inicio del recorrido del objeto en el Tanque Imhoff.....	84
Figura 37.	Fin recorrido del objeto en el Tanque Imhoff.....	85
Figura 38.	Planta del Tanque Imhoff.....	85
Figura 39.	Planta del Filtro Percolador. ....	87
Figura 40.	Modelación de la PTAR con el software GPS X.....	87
Figura 41.	Variables de calibración para el software según el estudio realizado.....	89
Figura 42.	Simulación de la PTAR (en el Efluente).....	90
Figura 43.	Simulación de la PTAR (en el Desarenador).....	90
Figura 44.	Simulación de la PTAR (en el Tanque Imhoff).....	91
Figura 45.	Simulación de la PTAR (en el Filtro Percolador).....	92
Figura 46.	Simulación de la PTAR (en la Cámara de Contacto y Cloración).....	93

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales C.P. El Rosario de Polloc.....	55
Gráfico 2.	Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura (SST) .....	56
Gráfico 3.	Variación en concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en la planta de tratamiento de aguas residuales.....	58
Gráfico 4.	Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura (DBO).....	59
Gráfico 5.	Variación de la demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	60
Gráfico 6.	Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura (DQO) .....	61
Gráfico 7.	Variación de los coliformes termotolerantes en la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	63
Gráfico 8.	Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura en coliformes termotolerantes. ....	64
Gráfico 9.	Variación de los coliformes termotolerantes en la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	65
Gráfico 10.	Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura en aceites y grasas.....	66
Gráfico 11.	Variación de caudal del afluente, día 24 de julio del 2023.....	73
Gráfico 12.	Variación de caudal del afluente, día 26 de julio del 2023 .....	74
Gráfico 13.	Variación de caudal del afluente, día 28 de julio del 2023.....	74
Gráfico 14.	Variación de caudal del afluente, día 17 de febrero del 2024.....	75
Gráfico 15.	Variación de caudal del afluente, día 09 de marzo del 2024. ....	75

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Poblado El Rosario de Polloc, el cual tuvo como finalidad realizar la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales, determinando así la eficiencia hidráulica y la eficiencia de descontaminación en cada estructura que conforma la PTAR para 5 parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas.

La metodología aplicada para la evaluación es identificar los puntos de muestreo al inicio y al final de cada estructura, tomándose seis (6) puntos en total, además se determinó el caudal de ingreso y salida de la PTAR, concluyendo que dicho caudal de ingreso es mucho menor al caudal de diseño, sin embargo, dichas estructuras no están funcionando correctamente.

Se determinó que la PTAR tienen un DBO de 284.9 mg O<sub>2</sub>/L y los LMP es de 100 mg O<sub>2</sub>/L, DQO tiene 596.40 mg O<sub>2</sub>/L y los LMP es de 200 mg O<sub>2</sub>/L, los SST tiene 132 mg/L y los LMP es de 150 mg/L, para aceites y grasas tiene 35.7 mg/L y los LMP es de 20 mg/L y para los coliformes termotolerantes es de 5400000 NMP/100 mL y los LMP es de 10000 NMP/100 mL, los cuales solo en los SST cumple con la normativa y los otros 4 parámetros superan los límites máximos permisibles, por lo tanto, no cumple con dicho decreto supremo, teniendo una cifra alarmante y preocupante en relación a; aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO y Coliformes Termotolerantes los cuales no cumplen con la calidad de agua para su vertimiento según los LMP provocando focos de contaminación al río La Quispa.

Para evaluación hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales en el desarenador tiene un TRH de 38.55 segundos cumpliendo con lo indicado, el cual debe de estar entre 20 segundos a 3 minutos, en el tanque Imhoff el TRH es de 2.39 horas mediante un objeto, 1.59 horas mediante volumen/ caudal y 1.43 horas mediante modelamiento con el software GPS –

X los cuales se encuentra dentro de los parámetros señalados según la norma de 1.5 a 2.5 horas, para el filtro percolador no he podido encontrar como realizar la evaluación hidráulica, sin embargo, si realice el modelamiento, el cual para la carga Hidráulica es de  $9.75 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  estando dentro de los parámetros establecidos por la norma ya que varía de 8.00 a  $40.00 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  de carga Hidráulica, cumpliendo con dicha normativa.

La eficiencia hidráulica de la PTAR es de 88.18% y la eficiencia de remoción de materia orgánica en dicha planta, según los parámetros de  $\text{DBO}_5$ , DQO son: 47.05% y 42.37% por lo que, dicha planta estaría funcionando deficientemente en el proceso de descontaminación.

**Palabras Clave:** aguas residuales, evaluación, eficiencia, Límites Máximos Permisibles, contaminación, tiempo de retención hidráulica.

## ABSTRACT

The following research work has taken place in the settlement “El Rosario de Polloc”, which was intended to carry out the evaluation of the processing treatment of wastewater, determining of this way the efficiency hydraulic and the efficiency of decontamination in each structure that makes up the WWTP for 5 parameters: BOD5, COD, total suspended solids, thermotolerant coliforms, oils and greases.

The applied methodology for the evaluation is identify the points of sampling at the beginning and the end of each structure, taking six (6) points in total, besides was determinate the inflow and outflow flow of the WWTP concluding that this inflow flow is lower than the flow of design, however these structures are not working correctly.

It was determined that the WWTP have a BOD of 284.9 mg O<sub>2</sub>/L and the MPL of 100 mg O<sub>2</sub>/L, COD have 596.40 mg O<sub>2</sub>/L and the MPL of 200 mg O<sub>2</sub>/L, the SHW have 132 mg/L and the MPL of 150 mg/L, for oils and greases have 35.7 mg/L and the MPL of 20 mg/L and for the thermotolerant coliforms is of 5400000 MPN/100 ml and the MPL is of 10000 MPN/100 ml, which only in the SST carry out with the regulations and the others 4 parameters exceed the Maximum Permissible Limit, therefore do not comply with the Supreme Decree, having an alarming and disturbing cipher with regard to; oils and greases, BOD5, COD and thermotolerant coliforms which do not comply with the quality of water for its discharge according to the MPL causing pocus of pollution to the river “La Quispa”.

For the hydraulic evaluation of the wastewater treatment plant in the sand trap has a HRT of 38.55 seconds complying with the indicated, which must be between 20 seconds to 3 minutes, in the Imhoff tank the HRT is of 2.39 hours through an object, 1.59 hours through volume/ flow and 1.43 hours through modeling with the software GPS – X which are found inside of the

parameters indicated according to the norm of 1.5 to 2.5 hours, for the trickling filter I have not been able to realize the hydraulic evaluation, however I realized the modeling, which for the hydraulic charge is of 9.75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d being inside of the parameters established by the norm since it varies from 8.00 to 40.00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d of hydraulic charge, complying with the normative.

The hydraulic efficiency of the WWTP is of 88.18% and the efficiency of removal of organic matter in this plant, according to the parameters of BOD<sub>5</sub>, COD are: 47.05% and 42.37% for what, this plant would be working poorly in the process of decontamination

**Keywords:** Wastewater, Evaluation, Efficiency, Maximum Permissible Limit, Pollution, Hydraulic Retention Time.

## **DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

**Afluente:** Agua residual que ingresa a una planta de tratamiento para su purificación.

**Agua residual domestica:** son aguas provenientes de la actividad humana provenientes de viviendas o de edificaciones comerciales o institucionales.

**By-pass:** estructura utilizada para desviar el agua residual en caso de emergencia, de mantenimiento o de otra operación.

**Cámara de contacto.** estructura en que el agua residual tratada entra en contacto con el desinfectante.

**Cuerpo receptor:** es aquel donde el agua residual hace su descarga ya sea agua tratada o no y esta puede ser en un flujo natural o suelo que se infiltra dichas aguas.

**Digestión aerobia:** Biodegradación de materia orgánica de lodos en presencia de oxígeno.

**Digestión anaerobia:** Ausencia de oxígeno para la descomposición de la materia orgánica.

**Eficiencia del tratamiento:** La cantidad de eliminación de contaminación en las plantas de tratamiento se puede definir como una reducción porcentual de los parámetros de control especificados en las normas vigentes. Para determinar la cantidad que se eliminará de un parámetro de control particular, se debe considerar la relación de la carga de la corriente de entrada o unidades en la misma con la carga de la corriente de salida correspondiente. (DE LA VEGA. M. 2012)

**Efluente:** Agua residual tratada que sale de una planta de tratamiento a un cuerpo receptor.

**Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS):** son entidades públicas, privadas o mixtas que proveen agua potable, y dan tratamiento de aguas residuales ya sea domésticas o industrial, para su posible reutilización según sea conveniente.

**Grado de tratamiento:** es la eficiencia de descontaminación de las aguas residuales de una planta de tratamiento para cumplir con los requisitos de calidad ambiental de un cuerpo receptor.

**Límite Máximo Permisible (LMP):** Es una medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos característicos de las aguas residuales, cuyo exceso puede causar daños a la salud y al medio ambiente.

**NMP/100 ml:** Determinar unidades de medida o números de probabilidad cuando ciertos coliformes están estadísticamente presentes en el agua contaminada, que puede ser contenido total o fecal.

**Tiempo de retención hidráulica (T):** El tiempo promedio teórico que pasan las partículas de agua en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Generalmente se expresa como la relación entre el volumen y el flujo útil.

## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (2017), un 80% en el mundo se vierte estas aguas directamente al medio ambiente ocasionando grandes focos de contaminación, por tal motivo, La superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), en “El Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de la Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento (2022), señala que, es crucial el tratamiento de las aguas residuales, siendo esta, un problema que asecha a la mayor parte de la población peruana, ya que, las descargas directas a los cauces naturales y la falta de operabilidad de dichas PTAR, amenaza la sostenibilidad del recurso hídrico y pone en riesgo la salud de la población.

Las aguas residuales han venido siendo un gran problema a medida que pasa el tiempo, aumento de la población y actividades humanas, siendo vertidas directamente a las fuentes de agua, los cuales exceden más las capacidades de autopurificación, con el deterioro paulatino de este recurso, siendo el mismo cada vez más necesitado para la humanidad. La manera de evitar y prevenir el deterioro del recurso hídrico es tratar el agua residual, el cual, debe estar dirigido a reducir la concentración del elemento contaminante que afecte los parámetros de calidad para el uso definido del agua (Orozco, A. 2005).

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la acción humana, siendo dominante la contaminación de cuerpos naturales de agua, tanto superficial como subterránea, prevaleciendo en la actualidad el tratamiento inadecuado e ineficiente de las aguas residuales, llevando a un deterioro de calidad de las aguas superficiales, el cual puede conducir a la perdida de los recursos hídricos subterráneos. Es alarmante y preocupante la contaminación que actualmente se está ocasionando por la falta de conocimiento y la indiferencia de las empresas prestadoras de servicios (EPS), ocasionando un caos sin control de dichas descargas; siendo así;

preocupante la escasez de las pocas fuentes de agua en nuestro país (Morales. E. 2007)

En el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2016, indica que: en los países desarrollados las enfermedades hídricas son raras, lo que se debe esencialmente a la presencia de sistemas eficientes de abastecimiento de agua y de tratamiento del agua residual. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo cerca de 2000 millones de personas, no cuentan con abastecimiento de agua segura y saneamiento adecuado. Como resultado, las enfermedades hídricas en éstos alcanzan cifras alarmantes.

Frente a lo indicado se presenta la tesis titulada “EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC - LA ENCAÑADA - CAJAMARCA” de tal forma que permita describirlo con la mejor aproximación posible.

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

Según la SUNASS la mayor parte de la población nacional en el ámbito rural utilizan tanque Imhoff y filtros percoladores para el tratamiento de sus aguas residuales, ya que, son más económicos. Siendo así que la planta de tratamiento de aguas residuales ubicado en el Centro Poblado el Rosario de Polloc, lleva operando 6 años hasta la actualidad y cuenta con una infraestructura diseñada para 973 habitantes que consta de: cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secados, filtro biológico y cámara de contacto y cloración; estructuras que permitirán eliminar todo tipo de contaminantes que amenacen a la salud humana y al medio ambiente, reutilizando y preservando este valioso recurso por muchos años.

Si dicha planta de tratamiento de aguas residuales, no cumple su función de tratamiento y purificación, las aguas que se desechan al cuerpo receptor, acabarán con el ecosistema natural

y los daños causados serán irreversibles. Esto afectará no solo a la salud humana sino también al medio ambiente contaminando al agua superficial y subterránea y a todos aquellos que se benefician de él.

### **1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La eficiencia hidráulica de una planta de tratamiento de aguas residuales consiste en determinar las pérdidas del fluido en todo el sistema y esta se determina haciendo una relación entre el caudal del efluente con el caudal del afluente, por lo que esta investigación busca responder a la siguiente pregunta:

¿Cuál es la eficiencia del comportamiento hidráulico y remoción de la planta de tratamiento de las aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc?

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La evaluación hidráulica y la eficiencia fisicoquímica de la PTAR es esencial y vital, permitiéndonos conocer la pureza del agua que reutilizaremos en las diferentes actividades.

Siendo necesario saber si hay un buen funcionamiento de purificación de aguas residuales para los vertimientos a los cuerpos receptores conociendo los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental de gran importancia, ya que, estas aguas son utilizadas para la agricultura y bebida de animales, por tal motivo deben de cumplir con los parámetros máximos para su uso, más aun no existiendo la intervención de la Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS).

## **1.3 ALCANCE O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

El alcance de esta investigación está orientada a la evaluación de las diferentes estructuras que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc, reduciendo así la contaminación del cuerpo receptor, por aguas residuales mal tratadas, que

dicha población reutiliza para diferentes fines.

Se ha planteado que la evaluación hidráulica solo dependa de un factor que en distintas bibliografías toman en consideración para el diseño y buen funcionamiento de la PTAR como es: Tiempo de retención hidráulico.

#### **1.4 LIMITACIONES**

La investigación se limitará a evaluar la eficiencia hidráulica, así como también la evaluación a nivel de descontaminación de la PTAR como, por ejemplo, el DBO, DQO, Sólidos Totales y coliformes termotolerantes de cada estructura. Se consideró realizar la evaluación estructural (análisis de esclerometría), sin embargo, la institución encargada de la PTAR (Municipalidad Distrital de la Encañada), denegó realizar ningún tipo de estudio estructural que afecten a la infraestructura de la PTAR.

No se puede realizar un análisis del número de Reynolds debido a que este constituye otra investigación basada en la viscosidad y densidad de las aguas residuales.

Debido a que las estructuras de la PTAR se encuentran una a continuación de otra y a la inexistencia de canales o tuberías abiertas se dificulta hacer un estudio del número de Froude.

#### **1.5 OBJETIVOS**

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

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Centro Poblado El Rosario de Polloc – La Encañada - Cajamarca 2023.

##### **1.5.2 Objetivos específicos**

- ✓ Describir el sistema de las diferentes estructuras que conforman la planta de tratamiento de las aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc.

- ✓ Determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas residuales en cada uno de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc.
- ✓ Evaluar hidráulicamente a la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc.
- ✓ Comparar con los resultados fisicoquímicos y biológicos con los Límites Máximos Permisibles (LMP), tanto del afluente y del efluente con las normas vigentes destinadas a las aguas residuales, aprobadas según D. S. N° 003 – 2010 - MINAM.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS**

#### **2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Portero M y Amat V (2017), en su tesis titulada “Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Babahoyo -Guayaquil, Ecuador” Concluyen que la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la ciudad de Babahoyo cuenta con una adecuada eficiencia, tanto como, en DBO, DQO, Solidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas y coliformes fecales, ya que, las aguas descargadas al cuerpo receptor (rio Babahoyo), están por debajo de los límites permisibles establecidos por las normas técnicas ecuatorianas.

Correa G (2008) en su tesis titulada “Evaluación y Monitoreo del Sistema de Lagunas de Estabilización del Municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia”, Concluye que las lagunas de estabilización presentan remociones de DQO superiores a 92% y remoción de DBO5 superiores a 71%, además de esto, el PH es variable en horas de la noche ocasionando altas concentraciones de H<sub>2</sub>S a la atmosfera, generando contaminación y malos olores al medio ambiente.

Guerra (2011), en su tesis titulada “Evaluación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De Bassussarry Utilizando Bioreactores De Membrana”. Durante la etapa en condiciones próximas al estado estacionario, el proceso mostró una respuesta alta en la degradación de materia orgánica con eficiencia de remoción de DQO superiores a 95 % y remoción de DBO5 superiores a 98%. De la misma forma, la concentración de solidos suspendidos totales en el efluente siempre fue menor a 2mg/L.

#### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Callata (2013), en su tesis titulada “Evaluación y Propuesta de la Planta de Tratamiento de

Aguas Residuales del Distrito de Ajoyani – Carabaya – Puno – 2013”, concluye que: el sistema no funciona de manera eficiente, ya que su capacidad de descontaminación es baja. La eficacia del tratamiento del sistema se evaluó a través de diferentes parámetros. En el caso del DBO5, la eficacia es del 80,59%. El agua de entrada contiene 850,28 mg/L de DBO5, mientras que el efluente tiene 165,01 mg/L. Según las regulaciones, es necesario reducir al menos hasta 100 mg/L. En el caso de la DQO, la eficacia es del 80,59%. El agua de entrada contiene 1700,48 mg/L de DQO, mientras que el efluente contiene 330,03 mg/L. De acuerdo con las regulaciones, es necesario reducir al menos hasta 200 mg/L.

Mamani (2018), en su tesis titulada “Evaluación de Carga Contaminante Generado por el Vertimiento de Aguas Residuales de la Municipalidad Provincial de Yunguyo” Concluye que: Los parámetros evaluados anualmente se encuentran dentro de los límites máximos permisibles pero el DBO5 que reporta el año 2018 es un valor de 78 mg/ L en el afluente y DQO de 130 mg/ L esto nos indica que no cumplen con los estándares de calidad ambiental del agua según la norma peruana.

### **2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES**

Amambal (2023), en su tesis titulada “Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Contumazá, 2021” Concluye que: se ha determinado las características físicas, químicas y microbiológicas del afluente donde se obtuvo que los resultados no cumplen con los LMP indicados en la norma de tratamiento de aguas residuales (E090), además de que; los tiempos de retención en casi todas las estructuras no están cumpliendo, a consecuencia de esta dicha planta de tratamiento no está funcionando adecuadamente.

Villar (2023), en su tesis titulada “Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

N.º 02 de la Ciudad de Cajabamba - Cajamarca” Concluye que: el tanque Imhoff es eficiente en la remoción de DQO, sin embargo, los filtros percoladores no es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales ni tampoco en la remoción de materia orgánica que se mide a través del *DBO5* y DQO, así como tampoco es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes.

## **2.2 REFERENCIAS TEÓRICAS**

### **2.2.1.PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales producen productos de agua purificada y una variedad de subproductos, como lodos y gases. (Valdez, E. y Vázquez, A. 2003).

Es una infraestructura que permiten el tratamiento de aguas residuales por diferentes procesos. (NORMA OS.090).

### **2.2.2.DEFINICIÓN DE AGUA RESIDUAL**

Las aguas residuales son las que surgen de la utilización de agua natural por diversas actividades. como: domésticas e industriales. (Valdez, E. y Vázquez, A. 2003). Además. (Fair. G. Geyer, J. y Okun. D, 1992) agrega que, las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de una población, después de haber sido utilizadas en diversos usos.

### **2.2.3. TIPOS DE AGUA RESIDUAL.**

Existen diferentes formas de las aguas residuales, las cuales se detalla en la siguiente tabla: (Romero, J. 2002).

Tabla 1. Tipos de agua residual.

TIPO DE AGUA	DEFINICIÓN	CARACTERÍSTICA
Agua residual doméstica	Producida en las diferentes actividades al interior de las viviendas, colegios, etc.	Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones
Agua residual municipal	Son las transportadas por el alcantarillado de una ciudad o población	Contiene materia orgánica, nutrientes, patógenos, etc.
Agua residual industrial	Las resultantes de las descargas de industrias	Su contenido depende del tipo de industria y/o procesos industriales
Agua negra	Contiene orina y heces	Alto contenidos de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos
Agua amarilla	Es la orina transportada con o sin agua	Alto contenido de nutrientes, productos farmacéuticos, hormonas y alta concentración de sales
Agua café	Agua con pequeña cantidad de heces y de orina	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos
Agua gris	Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras	Tiene pocos nutrientes y agentes patógenos y por el contrario presentan máxima de carga de productos para el cuidado personal y detergentes

Fuente: (Romero, J. 2002). Tratamiento de Aguas Residuales.

#### **2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

La caracterización de las aguas residuales refleja el propósito previsto e incluye procedimientos de muestreo apropiados para garantizar que las muestras sean representativas y que los análisis de laboratorio cumplan con los estándares nacionales para garantizar la exactitud y precisión de

los resultados, dando el cuidado y control de calidad en las muestras. (Romero, J. 2005).

Las aguas residuales se caracterizan principalmente por su composición física, química y biológica. (Metcalf & Eddy, 2003).

## **2.2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

### **1. SÓLIDOS TOTALES**

Los sólidos totales son los desechos que surgen de la evaporación del agua residual a una temperatura de 103-105 °C. Se dividen en sólidos filtrables y sólidos en suspensión, que pasan a través de un filtro una cantidad conocida de líquido. El filtro de fibra de vidrio típico para este proceso tiene un tamaño de poro de 1,2 micrómetros. (Metcalf & Eddy, 2003).

(Hillbeboe, 2005). Agrega que, Los sólidos de las aguas residuales se separan en dos tipos: los que se pueden filtrar y los que no, según su tamaño o su apariencia. La materia en suspensión se refiere a partículas como fragmentos de plantas y animales, escombros y otras sustancias visibles que pueden separarse de los líquidos mediante técnicas físicas básicas.

Los sólidos que se pueden eliminar por gravedad se llaman sólidos sedimentables y se encuentran en el fondo del recipiente. Este sedimento es una estimación aproximada de la cantidad de limo que se ha eliminado mediante la sedimentación. (Romero, J. 2005).

### **2. TEMPERATURA**

De acuerdo a (Romero, J, 2000). Las aguas residuales tienen una temperatura más alta que el agua no contaminada porque se libera más energía cuando la materia orgánica se descompone mediante reacciones bioquímicas. Además, (Orozco A, 2005), indica que la temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias nitrificantes es de 30-35 °C, a esta temperatura las bacterias se adaptan rápidamente para el tratamiento de aguas residuales.

### **3. OLORES**

Estos olores son causados por los gases liberados durante la descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales frescas tienen un olor característico, no muy agradable, más fácil de soportar que el olor de las aguas residuales de las fosas sépticas. El olor del agua de las fosas sépticas suele ser causado por el sulfuro de hidrógeno, que es un gas que se forma cuando las bacterias descomponen la materia orgánica sin oxígeno. El principal problema con esta función se considera la causa principal para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que la convierte en una característica crucial para los proyectos en plantas de tratamiento y redes de alcantarillado. (Metcalf & Eddy, 2003).

#### **2.2.6. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

##### **1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)**

(Norma OS.090, 2019) acota que, refiere a la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para biodegradar la materia orgánica en determinadas condiciones de tiempo y temperatura, generalmente 20°C, durante 5 días.

La DBO es la forma más común de verificar la calidad del agua residual, verificando que tan bien funciona el tratamiento. Cuando se habla de la cantidad de bacterias necesarias para descomponer los desechos orgánicos en un laboratorio, esta cantidad generalmente se mide a 20°C y después de 5 días de crecimiento, realizando una prueba común, conocida como DBO, y el resultado generalmente se da en miligramos por litro. (Romero. J, 2000).

##### **2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno necesario para que la materia orgánica en las aguas se descomponga químicamente. Para este ensayo se utiliza un químico fuertemente oxidante, que generalmente es el dicromato de potasio. (Metcalf & Eddy, 2003).

La demanda química de oxígeno es la medida del suministro equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse químicamente utilizando sustancia química oxidante fuerte, usualmente dicromato de potasio y en ambientes ácidos y a altas temperaturas, se requiere un catalizador como el sulfato de plata para oxidar algunos compuestos orgánicos persistentes.

La DQO es un parámetro de gran importancia en el contenido orgánico de aguas residuales industriales o domésticas que son dañinas para la vida, este parámetro se puede obtener en solo unas 3 horas. (Romero. J, 2000)

### **2.2.7. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS**

#### **A. Coliformes fecales**

Los coliformes fecales se consideran un indicador de la presencia de organismos que causan enfermedades, siendo esto dificultoso por lo que, estos organismos pueden vivir en el suelo como la *Escherichia*. Por tal motivo, la presencia de coliformes no necesariamente significa contaminación humana. (Metcalf & Eddy, 2003).

Además (Romero. J, 2005) agrega que, *E. coli* es sencillo de encontrar por lo que, se utiliza como estándar de salud. El género *Escherichia*, especie *E. coli*, es considerado la población más representativa de coliformes encontrados en la contaminación fecal.

### **2.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

(Rolim. M. S, 2000), acota que, para el tratamiento de aguas residuales se pueden utilizar diferentes procedimientos, que conducen a muchas funciones y procesos. Estos tratamientos se realizan en dos o tres etapas: tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, este último tratamiento es poco frecuente en el tratamiento doméstico de aguas residuales, para las cuales se utilizan con mayor frecuencia la primera y segunda etapa.

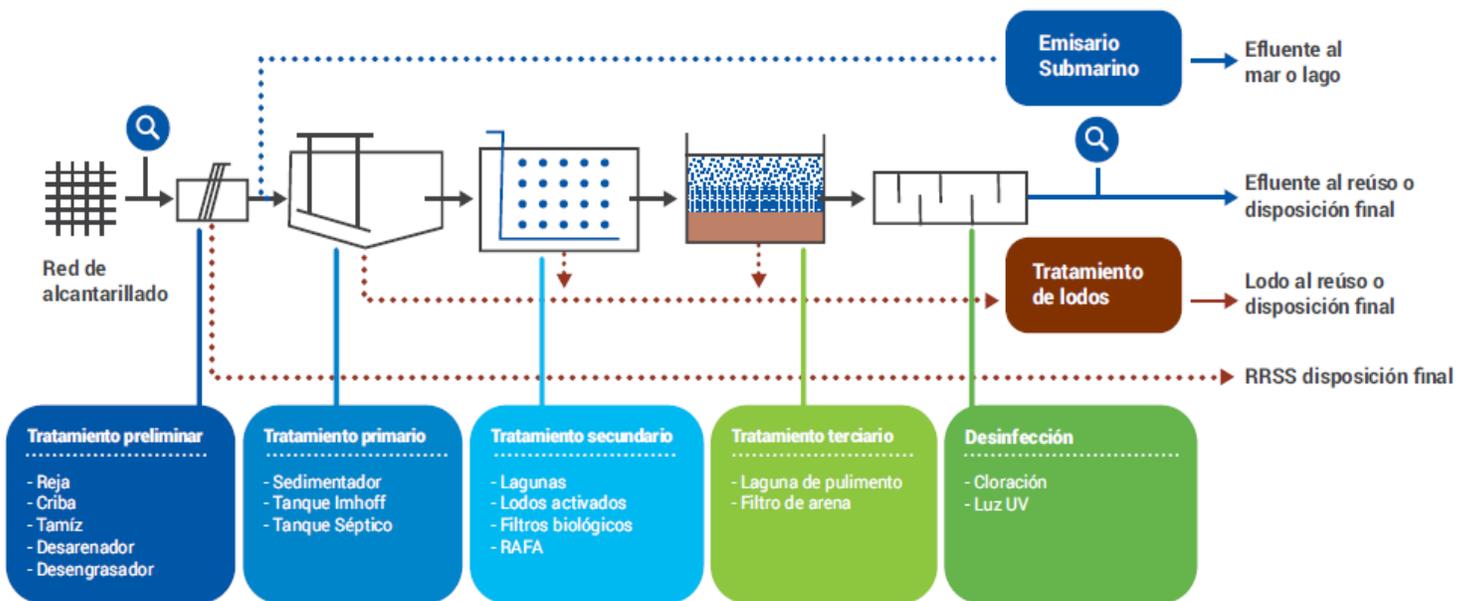
El tratamiento de las aguas residuales es una mezcla de reacciones físicas, químicas y de procesos biológicos, que remueven el material suspendido, coloidal o disuelto de dichas aguas.

(Romero. J, 2005)

### 2.3.1 NIVELES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Según la (Norma OS.90, 2019), establece que las plantas de tratamiento de aguas residuales constan de varias etapas, independientemente de la tecnología utilizada, y deben ser limpiadas o tratadas para evitar el desgaste de los equipos y minimizar obstrucciones y posibles daños.

Figura 1. Línea de agua de una PTAR



Fuente: La superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), mediante “El Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de la Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento (2022)

### 1. PRE TRATAMIENTO O TRATAMIENTO PRELIMINAR.

El pretratamiento de aguas residuales tiene como objetivo separar material grueso y medio e incluso finos mediante acciones físicas o mecánicas, ya que, esta acción puede evitar problemas

en tratamientos siguientes. (Ramalho.R. 2009).

En el pre tratamiento son frecuentemente utilizados las cribas y los desarenadores. (Norma OS.90, 2019)

### **LAS CRIBAS.**

(Ramalho.R. 2009), agrega que, su objetivo es reducir una gran cantidad de sólidos en suspensión y con ello proteger daños en los distintos equipos de la planta.

En todas las plantas de tratamiento, incluso en las más pequeñas, se deben utilizar cribas diseñadas para una limpieza manual, a menos que, la cantidad de material a retener sea suficiente para justificar una limpieza mecanizada. (Norma OS.90, 2019)

Las dimensiones de las cribas se clasifican según la separación entre barras y estas son cribas finas y cribas gruesas.

- **Criba fina:** con separación libre entre barrotes de 10 – 25 mm.
- **Criba gruesa:** con separación libre entre barrotes de 50 – 100 mm. (Ramalho.R. 2009)

### **DESARENADOR**

Su función principal es separar la arena del resto de materiales presentes en el agua, especialmente orgánicos, para que la arena restante no arrastre consigo otros materiales que muchas veces resulta difícil separarlos. La arena resultante siempre contiene una cierta de materia orgánica depositada simultáneamente. (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento). Además, la. (Norma OS.90, 2019). Los desarenadores son importantes en todas las plantas de tratamiento de aguas residuales donde el tratamiento se realiza manualmente, con la excepción de plantas de tratamiento grandes donde puede ocurrir flujo horizontal o en espiral debido a la gravedad.

## DESACEITADO Y DESENGRASADO

Su función es eliminar grasas, aceites, espumas y otros materiales flotantes más ligeros que el agua. El desaceitado es una separación líquido-líquido y el desengrasado es una separación sólido-líquido. Si se realizan juntos desengrasado y desaceitado en la misma estructura se debe crear una zona tranquila, la grasa flota y se acumula en la superficie, se elimina barriendo la superficie. (Hernández, A. 2001).

Tabla 2. Finalidad del Pretratamiento o Tratamiento Preliminar.

PROCESO	FINALIDAD
Rejas o Tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas

Fuente: (Romero, J. 2000). Tratamiento de Aguas Residuales.

## 2. TRATAMIENTO PRIMARIO

El tratamiento primario es una operación unitaria diseñada para reunir y eliminar sólidos orgánicos suspendidos de las aguas residuales. (Valdez, E. y Vázquez, A. 2003). De acuerdo con (Metcalf & Edy. 2003), en el tratamiento primario solo podemos eliminar una parte de sólidos mediante la sedimentación.

La (Norma OS.90. 2019) agrega que, el objetivo de este tratamiento es remover reducir la carga orgánica que se puede sedimentar, para este proceso de tratamiento se puede utilizar; Tanque Imhoff, tanque de sedimentación o tanque de flotación según sea necesaria.

### PROCESO DEL TRATAMIENTO PRIMARIO.

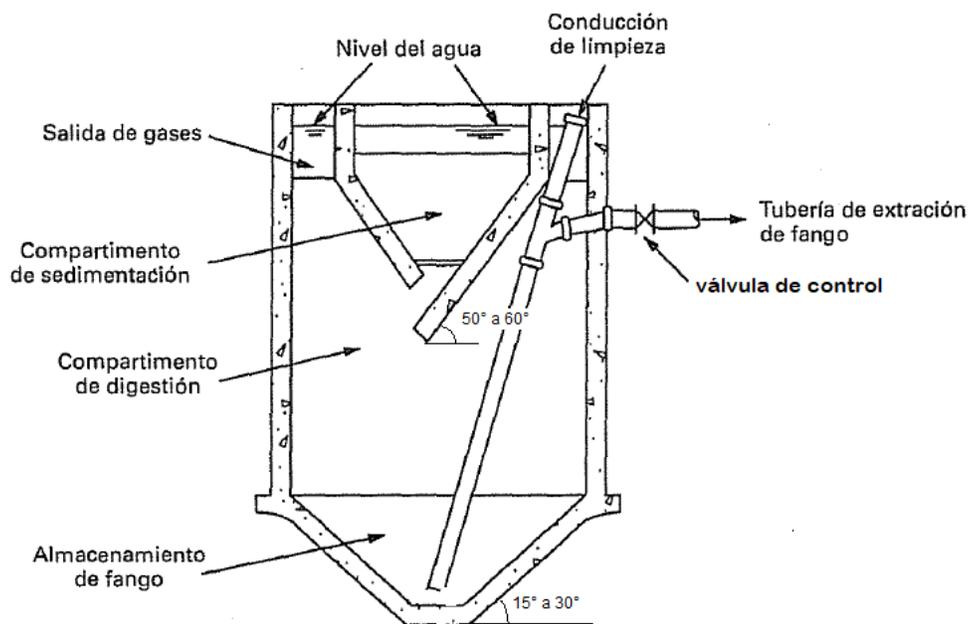
#### SEDIMENTACIÓN.

Es adecuada para separar sólidos en suspensión, basándose en la diferencia de pesos específicos entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentra. (Ramalho, R. 2009). La sedimentación disminuye la carga orgánica en el tratamiento del agua al eliminar los sólidos suspendidos y los materiales líquidos del flujo de aguas residuales. (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento)

### TANQUES IMHOFF.

Su principal objetivo es separar la mayor parte de sustancias orgánicas biodegradables suspendidas en las aguas residuales, esto incluye dos compartimentos: Una cámara de sedimentación, por donde circula el agua a muy baja velocidad permitiendo la sedimentación y una cámara de digestión, donde se produce la descomposición anaeróbica de los materiales sedimentados. (López, P. 2001)

Figura 2. Tanque Imhoff



Fuente: Metcalf & Eddy (2003). Ingeniería DE Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización.

Los sólidos pasan a través de un orificio al fondo de la cámara y se depositan en el compartimento inferior para su descomposición anaerobia. El gas producido durante las reacciones químicas de la digestión sale a través del sistema de ventilación. La estructura especial de la abertura que conecta las dos cámaras en el fondo de la cámara de sedimentación puede evitar el paso de los gases producidos durante el proceso de descomposición y que la capa de lodo se detenga en el tanque debido a la flotabilidad de las partículas, estas se dimensionan para que el tiempo de retención hidráulica a caudal máximo sea de 90 minutos.

- ✓ Zona de digestión: para un tiempo de digestión del fango de 6 meses, el valor típico para el dimensionamiento de la zona de digestión es de 0,07 m<sup>3</sup>/h.
- ✓ El Tanques Imhoff también se construyen circulares, la geometría más usual es la rectangular, siendo su longitud de 3 a 5 veces la medida de su anchura. (Salas. J. et al, 2006).

El tiempo requerido para la digestión de lodos varia con la temperatura, para esto se empleará.

Tabla 3. Tiempo de digestión.

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días.
5	110
10	76
15	55
20	40
25	30

Fuente: Norma Técnica Peruana OS.90, (2019)

### **LECHO DE SECADOS DE LODOS.**

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y menos costoso para la

deshidratación de lodos, son ideales y a bajo costo para comunidades pequeñas.

Pueden construirse con ladrillo, hormigón o tierra hasta una profundidad efectiva de 50 a 60 cm. Los lechos de secado suelen tener entre 3 y 6 m de ancho, pero para instalaciones más grandes pueden superar los 10 m. El medio de drenaje es generalmente de 0,30 m de espesor y debe tener la siguiente composición:

- ✓ El medio de soporte recomendado consiste en ladrillos de 0,15 m de espesor colocados sobre el medio filtrante, rellenos de arena a intervalos de 0,02 a 0,03 m.
- ✓ La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm.
- ✓ Debajo de la arena, se debe colocar una capa de grava hasta un espesor de 0,20 m.

Figura 3. Lecho de Secado de Lodos.



Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades.

### **3. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

En este tratamiento se incluye todos los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales tanto aerobios como anaerobios. (Ramalho, R. 2009). En concordancia con (Metcalf

y Edy. 2003), el tratamiento secundario esta principalmente encargado para completar el proceso de eliminación de la materia orgánica biodegradable, ya sea por el sistema aerobio, sistema anaerobio.

### **Sistema aerobio.**

En este proceso, el oxígeno es muy importante para la descomposición orgánica convirtiéndolas en gas y material orgánico celular, fáciles de sedimentar, siendo las bacterias los organismos más importantes en este proceso. (Romero, J. 2005)

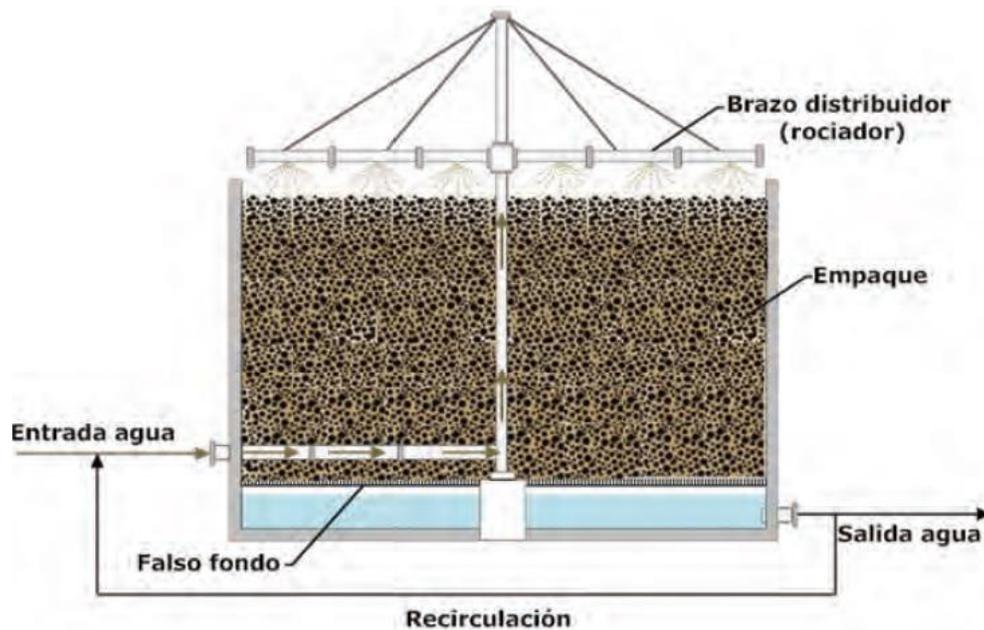
### **Sistema anaerobio.**

Este proceso, también conocido como fermentación anóxica viva, provoca la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos en ausencia de oxígeno libre y es menos eficiente para producir energía que los procesos de fermentación aeróbica. Durante la digestión anaeróbica se produce la desnitrificación, la respiración de sulfatos, la hidrólisis y la fermentación. (Romero, J. 2005)

### **Filtro Percolador o Biológico.**

Los filtros percoladores constan de una capa de material permeable a la que se adhieren los microorganismos y se filtra el agua residual. Los medios filtrantes pueden estar hechos de piedra o de diversos materiales plásticos. El filtro de piedra es muy utilizado, tiene forma redonda y el agua residual se distribuye mediante un distribuidor giratorio. El filtro incluye un desagüe inferior para recoger el agua tratada. El agua tratada se envía a un tanque decantador donde se separa parte de los sólidos restantes. (Metcalf & Edy. 2003)

Figura 4. Filtro Percolador o Biológico Circular.



Fuente: Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.

#### 4. TRATAMIENTO TERCIARIO

También conocido como tratamiento avanzado, con este método de tratamiento el nivel de calidad del agua residual es más pura, este es un método de tratamiento adecuado para todo tipo de aguas residuales, además, en este tratamiento las aguas tratadas son más puras y tienen menores cargas contaminantes para ser utilizadas en diferentes actividades. (Ramalho, R. 2009).

##### **Cámara de contacto y cloración.**

La finalidad de la cámara de contacto es facilitar el tiempo de contacto necesario para conseguir la máxima mezcla del agua residual y el desinfectante. Al igual que el floculador, la cámara de contacto debe diseñarse minuciosamente en términos hidráulicos, donde se debe colocar un difusor de cloro en la parte superior de la cámara, seguido de un salto hidráulico para promover la mezcla interna entre cloro y agua. (Metcalf & Edy. 2003)

## 2.4 MEDICIÓN DE CAUDAL

Para determinar el caudal en el tratamiento de aguas residuales se pueden utilizar técnicas de medición del nivel de líquido que miden simultáneamente la sección transversal y la velocidad. Sólo en pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales con caudales inferiores a 100 l/s y en situaciones razonables se pueden utilizar métodos de medición indirectos, para determinar el caudal operativo. Sin embargo, el método volumétrico se puede aplicar si las condiciones de descarga de aguas residuales son libres y sólo con un caudal inferior a 5 l/s. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). 2013)

$$Q = \frac{V}{T} \text{ l/s} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = \text{Caudal} \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

*V = Volumen en litros*

*T = Tiempo en segundos*

## 2.5 EFICIENCIA DE LOS PARAMETROS

Eficiencia de remoción en cuanto a DBO, DQO Y SST. El grado de descontaminación de una PTAR se puede definir como el porcentaje de reducción de los parámetros de control especificados en la normativa vigente. Para determinar la eficiencia se tiene en cuenta la relación entre la carga que ingresa a la planta y la carga correspondiente en el flujo de salida.

La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por:

$$E = \left( \frac{S_o - S_f}{S_o} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]
- So: entrada de concentración en mg/l (DQO, DBO o SST)
- Sf: salida de concentración en mg/l (DQO, DBO o SST)

## 2.6 EFICIENCIA HIDRÁULICA

La eficiencia hidráulica de una planta de tratamiento de aguas residuales es la pérdida de fluido a lo largo de su recorrido en toda la PTAR y esta se determina haciendo una relación en porcentaje entre el caudal de salida y el caudal de entrada. (Metcalf y Edy. 2003)

$$EH = \frac{Q_S}{Q_E} * 100$$

Dónde:

EH: Eficiencia hidráulica.

QS = Caudal de salida (l/s).

QE = Caudal de entrada (l/s).

## 2.7 NORMATIVA AMBIENTAL EN EL PERU: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Las normativas que se tendrán en cuenta para evitar la contaminación hídrica de las descargas de aguas residuales son los estándares ambientales de calidad (ECA) y los límites máximos permisibles (LMP), sido las descargas autorizadas por la autoridad estatal competente a cuerpos de agua naturales, cumpliendo con la protección ambiental, caso contrario sería ilegal verter aguas residuales directas a cuerpos naturales.

### 2.7.1 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA).

Aprobado por decreto supremo. N° 004-2017-MINAM. ECA – agua, determina el valor de los

contaminantes ambientales, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua, como receptor que no representa riesgo para la salud humana, animales y medio ambiente, debe ajustarse a los valores establecidos por la ECA del país, según las categorías establecidas por el decreto supremo, controlando así las emisiones contaminantes de todos los organismos vivos.

Tabla 4. ECA, Riego de vegetales y bebida de animales

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	( $\mu$ S/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

Fuente: ECA – AGUA Decreto Supremo. N° 004-2017-MINAM.

## 2.7.2 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.

Aprobado por decreto supremo. N° 003-2010-MINAM, que establece los valores máximos permisibles de aguas residuales provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, para

evitar la contaminación de las fuentes receptoras como lagos, ríos, mares o espacios verdes. Es la medida de la concentración o nivel de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a las emisiones de niveles excesivos que pueden causar o hacer daños a la salud y al medio ambiente. Su cumplimiento es indispensable por el MINAM y los organismos que integran el Sistema de Gestión Ambiental.

Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
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

Fuente: LMP. Decreto Supremo. N° 003-2010-MINAM

## 2.8 COMPONENTES DE PTAR DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC.

La tecnología de tratamiento de la planta de aguas residuales contempla las siguientes fases:

### 2.8.1 TRATAMIENTO MECÁNICO (PRETRATAMIENTO):

Cámara de rejas

Desarenador

### 2.8.2 TRATAMIENTO PRIMARIO:

Tanque imhoff.

Lecho de Secados.

### 2.8.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO:

Filtro biológico.

### 2.8.4 TRATAMIENTO Terciario

Desinfección (Cámara de contacto y cloración.)

## 2.9 PARÁMETROS A EVALUAR.

Según la Ley General del Ambiente en el Artículo 32 del Numeral 32.1; agrega que, es necesario evaluar los valores del Límite Máximo Permisible (LMP), siendo esta una medida muy importante en la concentración o grado de un elemento, sustancia o parámetro físico, químico y biológico que caracteriza a un efluente, y que, al ser excedido, causa daños a la salud humana, animal como también al medio ambiente.

Tabla 6. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes <u>Termotolerantes</u>	NMP/100 ml	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Sólidos Totales en Suspensión	ml/L	150

Fuente: Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM

## **CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 DATOS DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO.**

El centro poblado el Rosario de Polloc, se caracteriza por ser una zona rural, la mayoría de la población se dedican principalmente a la agricultura y la ganadería, y el principal material de construcción de sus casas es el adobe, señal del nivel de pobreza de la zona, aproximadamente un 70% de la población tiene acceso al agua y saneamiento, el 30% utiliza pozos ciegos o letrinas como alternativas a los excrementos.

Según El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se tiene que la población actual es de 1390 habitantes, lo que corresponde según el expediente técnico, la población que hace sus descargas de aguas residuales a la PTAR es el 70% de la población total lo que corresponde a una población de 973 habitantes.

### **3.2 GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

El Centro Poblado El Rosario de Polloc cuenta con una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), diseñada por CONSORCIO POLLOC en el año 2012 y construida en el periodo 2016 - 2017, puesta en funcionamiento en el año 2018, esta PTAR es operada por la Municipalidad Distrital de la Encañada. Dicha planta de tratamiento cuenta con una red de alcantarillado separado de alcantarillado pluvial y sanitario, de modo que las aguas lluvias son vertidas directamente a acequias y conducidas al río La Quispa, las aguas residuales son conducidas a la PTAR para recibir un tratamiento previo a su vertimiento a la fuente receptora.

### **3.3 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La investigación se realizó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cajamarca, distrito de la Encañada en el Centro Poblado El Rosario de Polloc, ubicada al

margen derecho del Rio La Quispa, en las coordenadas UTM WGS 84, Zona 17S, E: 795684, N:9212074; a una altitud de 2980 msnm.

## DATOS GENERALES

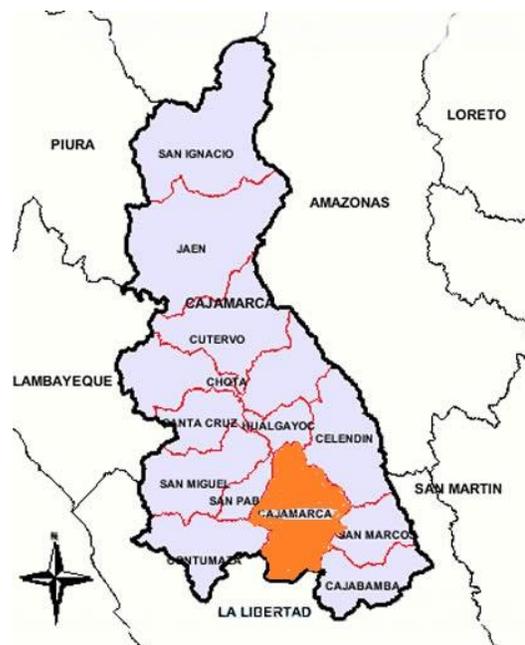
**Ubicación geográfica.** El presente estudio se realizó en el departamento de Cajamarca.

Figura 5. Departamento de Cajamarca en el mapa del Perú



Fuente: Expediente Técnico de la Municipalidad Distrital de la Encañada.

Figura 6. Provincia de Cajamarca en el Mapa de Cajamarca



Fuente: Expediente Técnico de la Municipalidad Distrital de la Encañada.

Figura 7. Distrito de La Encañada en el Mapa de Cajamarca



Fuente: Expediente Técnico de la Municipalidad Distrital de la Encañada.

Figura 8. Ubicación de la PTAR del Centro Poblado El Rosario de Polloc.



Fuente: Google Earth 2021.

Figura 9. Plano en planta de la PTAR del Centro Poblado El Rosario de Polloc.



Fuente: Expediente Técnico de la Municipalidad Distrital de la Encañada.

### 3.4 EQUIPOS Y MATERIALES:

<b>Cámara fotográfica</b>	<b>Flexómetro de 25 o 50m</b>
 A black Sony compact digital camera with a lens and flash.	 An orange and black Truper brand tape measure, 3 meters long.

<b>Útiles de escritorio</b>	<b>Frascos rotulados</b>
 A spiral notebook with a pen and a highlighter on top.	 A clear plastic bottle with a blue cap and a scale, labeled '1000 ml'.
<b>Caja térmica</b>	<b>Hielo u otro refrigerante</b>
 A white thermal cooler box with a wooden top and a handle.	 A pile of clear ice cubes.

<p align="center"><b>Preservantes químicos</b></p>	<p align="center"><b>Guantes quirúrgicos</b></p>
	
<p align="center"><b>Mascarilla</b></p>	<p align="center"><b>gps</b></p>
	
<p align="center"><b>Ph metro</b></p>	<p align="center"><b>Tablero</b></p>
	

### **3.5 METODOLOGÍA.**

#### **3.5.1 Identificación de la zona de estudio.**

La ubicación la zona de estudio se ha realizado sacando las coordenadas con GPS navegador luego ubicamos las coordenadas en google earth pro y también se ha realizado el levantamiento topográfico con estación total para realizar el plano de ubicación de la PTAR del Centro Poblado El Rosario del Polloc.

#### **3.5.2 Obtención de datos generales e identificación de los componentes de la PTAR.**

Se realizó una visita el día 4 de noviembre del 2022 para conocer los componentes con los cuales cuenta dicha PTAR, en cada uno de sus fases de tratamientos (pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario). Asimismo, se consultó con el responsable del mantenimiento de la PTAR el Sr. Jorge Lucano, el cual nos indicó algunos aspectos generales como la fecha en que el proyecto entro en operación y en qué año se construyó, el caudal aproximado que recibe dicha planta de tratamiento y que problemáticas está dando hasta el momento en dicha PTAR.

#### **3.5.3 Investigación sobre la PTAR**

En esta fase se recopiló información acerca de la PTAR, tanto de la municipalidad distrital de La Encañada como de diversos libros e investigaciones relacionados a plantas de tratamiento de aguas residuales, de tal manera que, me permita realizar fundamento teórico de la investigación, así mismo se investigó sobre las normas que deben cumplir las aguas residuales para ser vertidas a un cuerpo receptor, en este caso en el rio La Quispa.

#### **3.5.4 Descripción de las estructuras de la PTAR**

Para este item se visitó a la PTAR elaborando así un panel fotográfico de cada estructura,

mediciones in situ de cada componente, observando que estructura se encuentra en condiciones desfavorables y cuales no, además corroborando si todas las estructuras se han construido de acuerdo al plano que nos facilitó La Municipalidad Distrital de La Encañada, todo esto con el objeto de describir el estado en la que se encuentra los componentes de dicha planta.

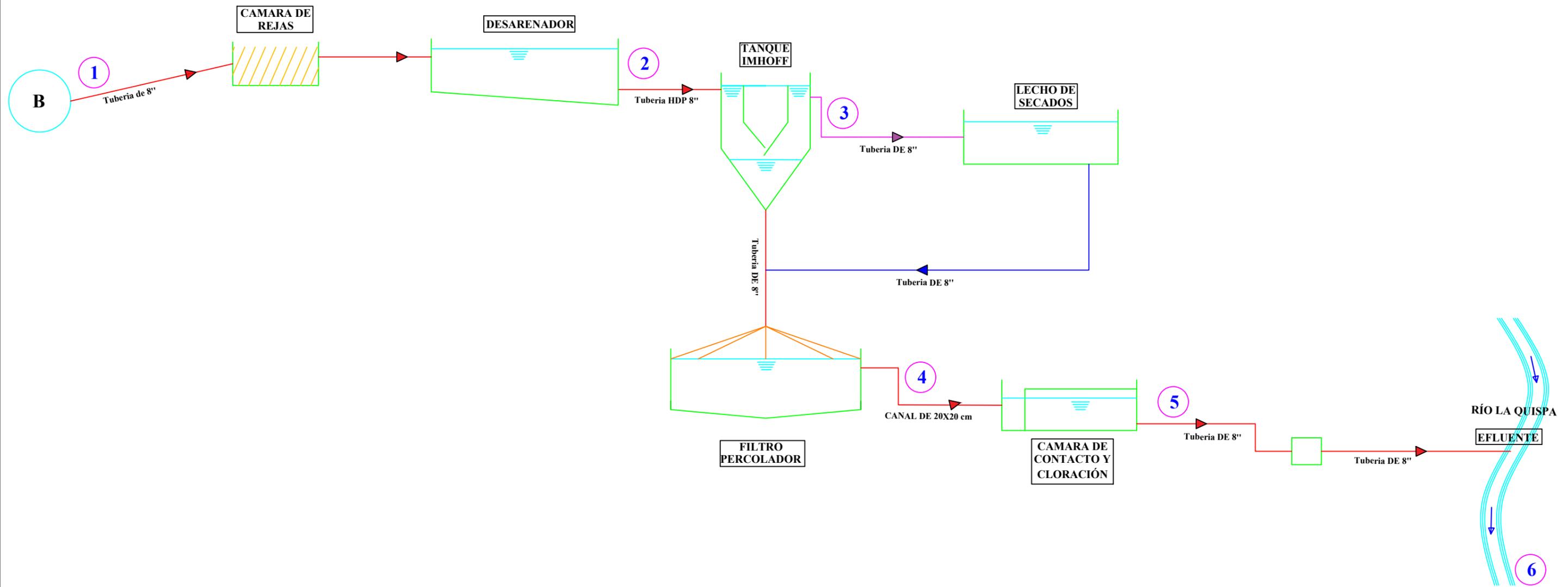
### **3.6 FASE DE CAMPO**

#### **3.6.1 Identificación del punto de monitoreo.**

Esta fase incluye la determinación de puntos de muestreo, frecuencia y recolección de datos, muestras de características generales, parámetros de desempeño y parámetros de seguimiento, los cuales se logran a través de fichas de control. Así también se realizó en traslado y preservación de muestras a fin de llevarlas a laboratorio.

- 1) Punto de entrada a la PTAR N°01.
- 2) Punto de salida del Desarenador N°02
- 3) Punto de salida del Tanque Imhoff N°03.
- 4) Punto de salida del Filtro Percolador N°04.
- 5) Punto de salida de la Cámara de Contacto y Cloración N°05.
- 6) Punto del efluente 100 metros aguas abajo del Rio La Quispa N°06.

Figura 10. Puntos de monitoreo en la PTAR



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL</b> <b>DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
TESIS PROFESIONAL <b>EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE</b> <b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL</b> <b>CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC LA</b> <b>ENCAÑADA - CAJAMARCA 2023</b>		
	ESCALA: 1:75	TESISISTA: MORENO ALCÁNTARA ORLANDO
FECHA: SEPTIEMBRE 2023	PLANO: PLANO DE PUNTOS DE MONITOREO DE LA PTAR DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC	

### **3.6.2 Toma, preservación y traslado de muestras:**

Para la recolección, traslado y almacenamiento de muestras se tuvieron en cuenta los programas de monitoreo de la calidad de las aguas residuales o plantas de tratamiento municipales y las recomendaciones de los directores del laboratorio regional del agua. Teniendo en cuenta estas recomendaciones se realizará de la siguiente manera.

- ✓ Se realizó el rotulado de cada frasco identificándolos para cada parámetro y punto de muestreo que se analizará.
- ✓ Al tomar cada muestra se enjuagó el recipiente dos veces con el agua residual para posteriormente llenar el recipiente hasta la marca señalada.
- ✓ Para las muestras de DQO y aceites y grasas se les añadió 25 gotas de ácido sulfúrico como preservante.
- ✓ Cada muestra tomada es guardada en un cooler con su respectivo refrigerante hasta completar todas las muestras señaladas en los 6 puntos, para preservarlas a una temperatura adecuada.
- ✓ La toma de muestras demoró un estimado de 3.5 horas (10:00 am – 1:30 pm) luego nos dirigimos al laboratorio regional del agua, entregando dichas muestras a las 4:30 pm.
- ✓ El intervalo de tiempo es menor a 24 horas de acuerdo a las normas que establecen para el análisis físico, químico y bacteriológico, en las que se consideran como parámetros representativos para la determinación de la calidad de los efluentes.

### **3.7 FASE DE LABORATORIO**

Los análisis se realizaron en el laboratorio Regional del agua, los cuales entregaron los resultados de dichas muestras en un periodo de 7 días hábiles, desde que llega la muestra al laboratorio, los resultados contaban con todos los parámetros solicitados para la evaluación y caracterización de la PTAR.

### **3.8 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR**

Durante este período se realizan diversas visitas a la instalación de tratamiento para observar cómo se opera y mantiene la estructura, y luego se llevan a cabo los pasos mencionados anteriormente en el apartado teórico para luego llegar a los objetivos señalados, realizando comparaciones y evaluar su operación hidráulica, fisicoquímica, biológica y su mantenimiento.

### **3.9 COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO**

Se evaluó la eficiencia de purificación de agua en todas las estructuras que conforman la PTAR que son: Desarenador, Tanque Imhoff, Filtro Percolador y cámara de contacto, sabiendo así la concentración de ingreso de cada parámetro (DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas), para luego compararlas con la concentración de salida, obteniendo el rendimiento de eficiencia en cada estructura a la que opera.

Por último, comparamos el grado de descontaminación del agua que pasaron por todos los procesos de tratamiento y que fue descargada al cuerpo receptor con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA – AGUA), propuesto por el Decreto Supremo. N° 004-2017-MINAM) y cerciorarnos que esta agua cumple con los estándares de calidad ambiental, reduciendo un impacto negativo en el río La Quispa y en las diferentes actividades en el cual se utiliza dicha agua.

### **3.10 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL QUE INGRESA A LA PTAR**

Para determinar el caudal de ingreso de la planta de tratamiento de aguas residuales se utilizó el método volumétrico, ya que, según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) recomienda para caudales menores a 5 L/S, tomado un punto estratégico. Siendo este punto en el pretratamiento justamente después del cribado, tomado así un volumen y tiempo para su cálculo, siendo el número de pruebas tomadas 10 repeticiones por cada hora.

### **3.11 MODELAMIENTO DE LA PTAR A TRAVÉS DEL SOFTWARE GPS – X8.**

El modelado se realiza con el software GPS – X8, de todas las estructuras que conforman dicha planta de tratamiento, el cual nos permite realizar el modelamiento y simulación de cada una de las estructuras de la PTAR, obteniendo no solo datos hidráulicos, si no, también datos fisicoquímicos y bacteriológicos, verificando así, si la PTAR funciona bien hidráulicamente, además permitiéndonos saber su nivel de descontaminación.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se ubica al Este del Centro Poblado el Rosario de Polloc. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales fue diseñada para una vida útil de 20 años, empezando en el año 2013 hasta el año 2033. Sin embargo, la PTAR empieza a operar en el año 2018, siendo administrada hasta la actualidad por la Municipalidad Distrital de La Encañada. Esta planta de tratamiento cuenta con las estructuras de: cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secados, filtro biológico y cámara de contacto y coloración.

### 4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR.

#### 4.2.1 Ingreso de las aguas residuales a la PTAR.

Las aguas residuales son conducidas del Centro Poblado El Rosario de Polloc a través del sistema de alcantarillado con una tubería de PVC para desagüe de 160 mm (6') de diámetro.

Figura 11. Ingresos de aguas residuales a la PTAR por una tubería de PVC de 160 mm.



#### 4.2.2 Cámara de rejas.

La cámara de rejas ha sido diseñada para retener los sólidos flotantes que ingresan desde la red de desagüe con un caudal de 2.44 L/s conformada por dos unidades, funcionando una de ellas como aliviadero o “by pass”, el mismo que será necesario utilizarlo cuando se haya colmatación en las rejas o mantenimiento. No contando con un canal de alimentación, sin embargo, en los planos del expediente técnico especifica un canal de alimentación de 2.76 m de largo, una altura de 0.50 m y un ancho de 0.20 m, donde el agua residual llega directamente a un medidor parssal, el cual no especifica dicha estructura en el plano. El aliviadero o “by pass” según los planos del expediente técnico tiene una longitud de 2.90 m., una altura de 0.50 m. y un ancho de 0.50 m. Con respecto a sus medidas en campo tenemos que tiene una longitud de 3.18 m., una altura de 0.50m. y un ancho de 0.60 m.

Figura 12. Aliviadero o By Pass.



La criba está compuesta por barras de acero inoxidable de sección transversal de 6.4 mm de espesor, espaciados 25.4 mm e inclinadas 60° con respecto a la horizontal la cual está anclada a la estructura de cemento. Sin embargo, esta estructura in situ tiene de acero liso de 12.7 mm

de espesor, espaciados a 30 mm e inclinado a 60°

Figura 13. Sistema de cribas.



Al observar la estructura concerniente a la cámara de rejas presenta un buen estado, correctamente tarrajado, presentando un agrietamiento visible en la parte media del by pass, el cual no ocasiona ninguna interferencia en el funcionamiento de la misma.

Figura 14. Grieta en la pared media del by pass.



### 4.2.3 Desarenador

El desarenador según el expediente técnico tiene unas medidas de: largo 2.51 m, ancho 0.30 m cada sedimentador y profundidad de 0.65 m. Las medidas que tiene esta estructura en campo son de: largo 4.66 m, ancho 0.98 m cada sedimentador y de profundidad 0.60 m.

Figura 15. Desarenador.



Esta estructura se encuentra en perfectas condiciones, sin embargo, ambas compuertas están abiertas por lo que la colmatación de arenas en ambas dificulta el paso del agua, ocasionando dificultades para su mantenimiento, además que el caudal es de 1 L/s, por lo que debería de estar abierta solo una, permitiéndonos abrir la otra compuerta al momento de su mantenimiento.

### 4.2.4 Línea de conducción hacia el tanque Imhoff

Esta línea de conducción es directamente después de la cámara de recolección, conduciendo el

agua residual por una tubería HDP de 200 mm con una longitud de 3 metros. Encontrándose en perfectas condiciones, ya que no son afectadas por la oxidación o corrosión.

Figura 16. Línea de conducción hacia el tanque Imhoff.



#### 4.2.5 Tanque Imhoff

Las aguas residuales procedente de la estructura de reunión de caudal alimenta al tanque Imhoff en la parte media lateral. Esta estructura está compuesta por un sedimentador, zona neutral, cámara de digestión y zona de lodos; los cuales permite que el agua residual se vaya purificando, siendo el periodo de retorno según el expediente técnico de 2 horas.

Esta estructura tiene las siguientes medidas de acuerdo al expediente técnico. Del sedimentador largo de 6.40 metros, ancho de 1.20 metros y profundidad de 2.72 metros. La zona neutra tiene de largo 6.40 m, ancho de 3.60 m y de profundidad de 0.50m, el digester se ubica en la parte baja del sedimentador después de la zona neutra el cual tiene de largo 6.40 metros, ancho 3.60 m y una profundidad de 0.90 metros y la zona de lodos tiene: largo 6.40 metros, ancho 3.60 m y una profundidad de 0.48 metros.

Las medidas en campo del tanque obtenidas son, una longitud de 5.81 m, un ancho de 4.64 m y de alto 4.50 m.

Figura 17. Realizando el levantamiento topográfico del tanque Imhoff.



Figura 18. Deterioro de la pintura en las partes laterales del tanque Imhoff.



Figura 19. Fuga de agua residual a la salida del tanque Imhoff.



Observamos en la figura N° 18 el deterioro total de la pintura por acción de la humedad en todo su perímetro y en la figura N° 19 se observa una fuga de agua residual en la parte de la salida que alimenta al filtro percolador, ocasionando malestar a los ganaderos que alimentan a su ganado de heno regado por esta agua, ya que va directamente a estos pastizales, más aún, provocando malos olores y proliferación de enfermedades.

#### **4.2.6 Filtro percolador**

Esta estructura está formada por dos unidades rectangulares con tuberías de 3 pul., perforadas y enterradas teniendo unas medidas de: 1.80 m de profundidad, 12.90 metros de largo y de ancho 5.05 m cada una, estas medidas son de acuerdo a los planos proporcionados por la municipalidad distrital de La Encañada. Sin embargo, las medidas halladas en campo son: 1.85 m de profundidad, 13.26 metros de largo y de ancho 5.05 m cada una.

Figura 20. Forma rectangular del filtro percolador.



Figura 21. Agua residual no filtrada en el filtro percolador.



Se observa en la figura N° 20 la forma de como se ha diseñado el filtro percolador y como la tubería está distribuida a lo largo y ancho del filtro, además de que, la tubería filtrante perforada está enterrada, lo que ocasiona alta carga hidráulica en todo el perímetro del filtro percolador como se observa en la figura N° 21

Figura 22. Presencia de fisuras en el filtro percolador.



En esta estructura hay presencia de fisuras muy visible en todo su perímetro y deterioro total de la pintura en todos los frentes.

#### **4.2.7 Desinfección**

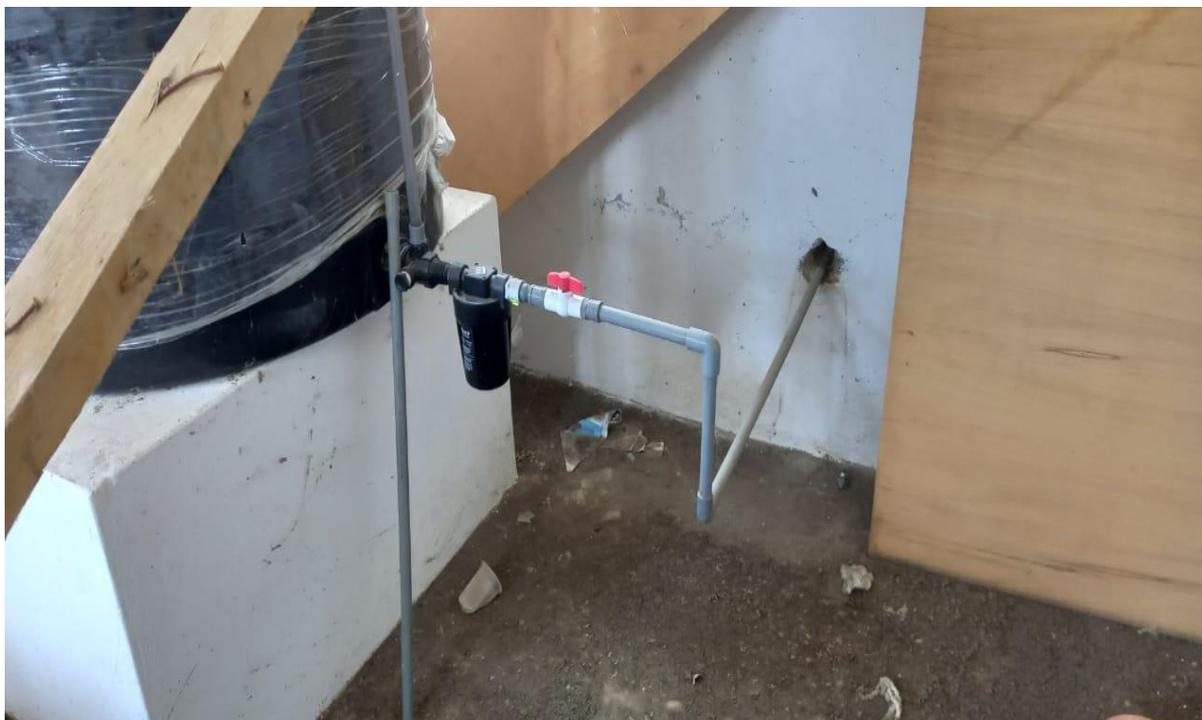
Inmediatamente después del filtro percolador esta agua residual es recogida y conducida a pasar por un proceso de desinfección que es la cámara de contacto, sin embargo, en remplazo de esta se construyó una estructura rectangular de las siguientes medidas; 0.65 m de profundidad, 0.66 metros de largo y 0.40 metros de ancho, dicha estructura no cumple con la velocidad y tiempo adecuado para la mezcla del agua residual y el compuesto químico (hipoclorito). Actualmente no se le está tratando al agua residual con desinfección, sin embargo, su dosificación es de 2 gotas por lito cada 10 minutos según el expediente técnico.

La estructura donde se ubica todo el sistema de desinfección se encuentra en buen estado, correctamente pintada. Sin embargo, por los escasos económica de los usuarios y la falta de apoyo por parte de sus autoridades no pueden adquirir el desinfectante (hipoclorito).

Figura 23. Caseta de desinfección.



Figura 24. Tubería para la dosificación.



#### 4.2.8 Disposición final

El agua residual tratada es descargada en el río La Quispa por medio de una tubería de 200 mm.

Figura 25. Tubería para la dosificación.



#### 4.2.9 Lechos de secado

Los lechos de secados cuentan con un área de 12.16 m<sup>2</sup> y de dimensiones útiles de 7.60 m x 1.60 metros, siendo 4 lechos de secado, los lodos son vertidos al lecho de secados cada 6 meses según la información del personal encargado de su mantenimiento y para su tratamiento y disminución del mal olor se le agrega cal.

Figura 26. Lecho de secados.



Los lechos de secado se encuentran con la pintura en mal estado y como también el techo en la parte del fondo ya deteriorada, sin embargo, no se visualizan grietas en el concreto.

### **4.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR**

#### **4.3.1 Cámara de rejas**

El funcionamiento de la cámara de rejas está operando con normalidad, la limpieza del cribado se da mediante un rastrillo y una palana, realizando este procedimiento cada 3 días, las cuales muchas veces no se utiliza por el momento el by pass para desviar parte del caudal, ya que el

caudal es menor al caudal para qué ha sido diseñado. En este sistema de rejas se halla diferentes materiales como botellas plásticas, bolsas incluso hasta pequeños troncos, estos materiales gruesos son depositados a una estructura de drenaje, de tal manera que, el agua residual drene a la estructura de reunión de caudal y posteriormente se evacue al tanque Imhoff y seguir su tratamiento. Finalmente, este material ya seco es colocado en bolsas plásticas para luego ser llevado al relleno sanitario.

Figura 27. Limpieza de las rejas.



### 4.3.2 Desarenador

Esta estructura está funcionando adecuadamente, cabe señalar que este cuenta con dos naves desarenadoras por lo que, permite cerrar una nave, haciendo que toda el agua residual vaya solamente por una nave desarenadora, permitiendo realizar su limpieza de esta manera, la cual se da, mediante una palana, evacuando la arena sedimentada a la losa de drenaje, para posteriormente ser tratada y utilizada como abono.

Figura 28. Limpieza del desarenador.



### 4.3.3 Tanque Imhoff

El mantenimiento del tanque Imhoff se da cada semana según manifiesta el personal encargado de dicha PTAR, sacando todo el material que flota en el agua mediante una criba, para posteriormente llevarla a la zona de drenaje y luego trasladarla al relleno sanitario. Dicha estructura está funcionando adecuadamente sin ninguna interferencia. Finalmente, cada 2.5 meses se abre la llave para la salida de lodos ubicados en el fondo del tanque hacia los lechos de secado, para su deshidratación, que posteriormente serán utilizados como fuente de abono.

Figura 29. Limpieza del Tanque Imhoff.



#### 4.3.4 Filtro percolador

Su funcionamiento y operación es recibir el agua residual proveniente del tanque Imhoff el cual es distribuida por 6 tuberías perforadas y estas a la vez dejando caer al filtro conformada por un lecho filtrante de grava la cual tiene dimensiones de 1/8'' a 1/2''. Finalmente, toda el agua residual filtrable es recogida por un canal de recolección y conducida a la cámara de contacto y cloración.

El filtro percolador tiene el sistema de distribución mal empleada, ya que, las tuberías del sistema están enterradas provocando obstrucción de los orificios, provocando esto a que el agua residual sea detenida, dificultando la salida del agua del tanque Imhoff. Esto llevo a que el operario rompa las tuberías perforadas para su desembocadura y finalmente caer al lecho filtrante, provocando una mala distribución del agua residual para su purificación.

Figura 30. Filtro percolador en pésimas condiciones.



Figura 31. Rotura de tubería de distribución del agua residual.



Una de las maneras de dar mantenimiento a los filtros percoladores para su autolimpieza es el aumento de la carga de agua residual, sin embargo, como se observa en la figura 56 se nota un encharcamiento del agua residual, pero esto es debido a que el filtro ha sufrido obstrucciones o porque no se está distribuyendo de manera equitativa el agua residual y no por exceso de agua que ya está entrando en la PTAR, ya que esta se encuentra por debajo del caudal de diseño, por tal fin se le cataloga como un fallo en esta estructura.

#### 4.3.5 Lechos de secado

Esta estructura contiene los lodos provenientes del tanque Imhoff los cuales son distribuidos en 4 lechos de secado con los que cuenta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, su funcionamiento consiste en la deshidratación al aire libre, el cual en unos 15 días el lodo es removido para poder darle la vuelta a que siga su proceso de deshidratación, tanto por evaporización como por filtración.

Figura 32. Secado de lodo durante 2 meses y medio.



Llegando a la deshidratación total de los lodos son aprovechados como abono para plantaciones de tallo largo, también para abonar los pastos. Según el operario de dicha PTAR, la mayoría de

estos lodos son votados a los bosques, ya que manifiesta dicho abono empobrece a la tierra según y da un mal olor a los pastos por lo que el ganado no lo come.

#### 4.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO.

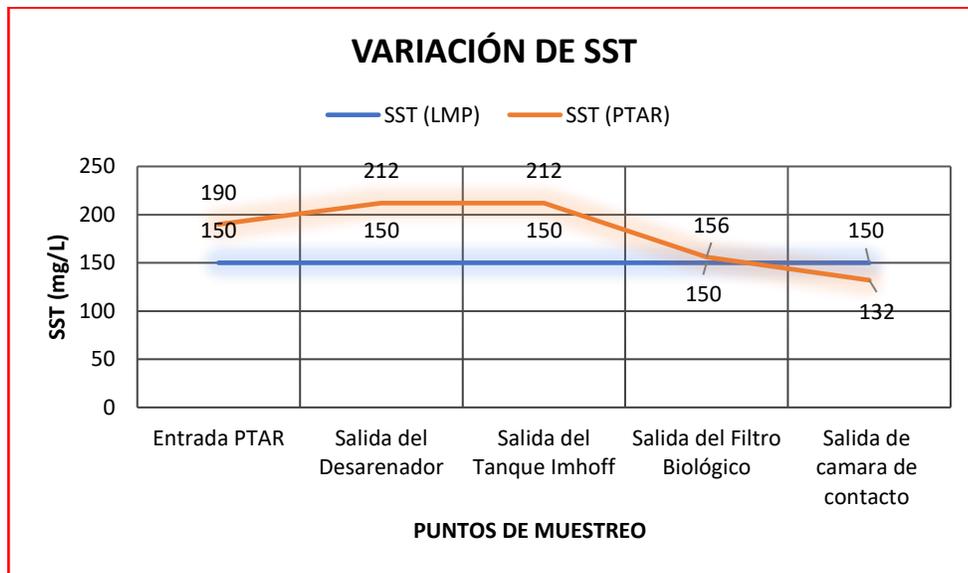
##### 4.4.1 PARA SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Tabla 7. Valores de sólidos suspendidos totales en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales C.P. El Rosario de Polloc.

PUNTO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)	LMP (SST) mg/L
Entrada PTAR	190	150
Salida del Desarenador	212	150
Salida del Tanque Imhoff	212	150
Salida del Filtro Biológico	156	150
Salida de cámara de contacto	132	150

\*Límites Máximos Permisibles para sólidos suspendidos totales.

Gráfico 1. Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales C.P. El Rosario de Polloc.



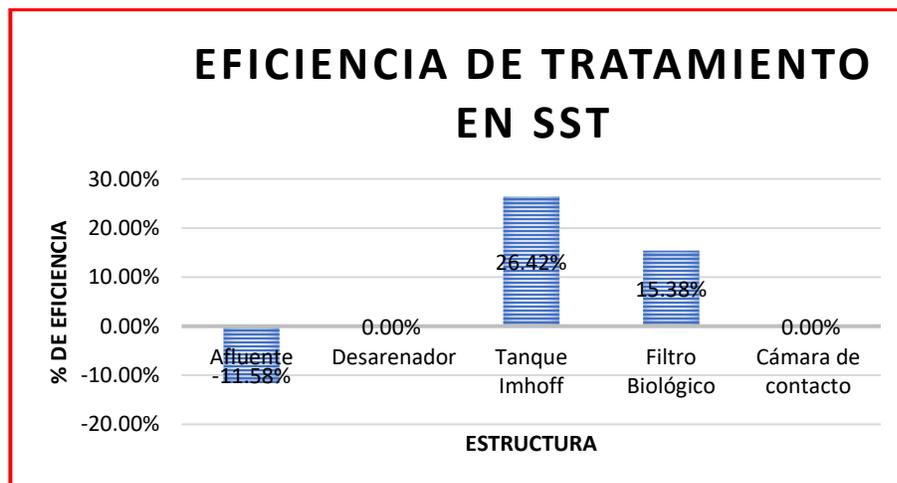
La tabla 7 y el gráfico 1 nos muestra la variación del proceso de descontaminación en la PTAR

con respecto a la concentración de sólidos suspendidos totales. El agua residual ingresa a la planta con un valor de 190 mg/L, saliendo por el sedimentador con un valor de 212 mg/L, pasando por el tanque Imhoff con un valor de salida de 156 mg/L, luego pasa por el filtro percolador y sale con un valor de 132 mg/L, para finalmente pasar por la cámara de contacto y cloración saliendo con un valor de 132 mg/L y ser descargado al río La Quispa donde el valor de Sólidos Suspendidos Totales a 100 metros aguas abajo es menor a 2.5 mg/L, que es el Límite de Cuantificación del Método, lo que significa que la concentración del analito es mínima.

Tabla 8. Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a los Sólidos Suspendidos Totales.

PUNTO	VALORES "SST" (mg/L)		Eficiencia de Tratamiento en SST (%)
	ENTRADA	SALIDA	
<b>Afluente</b>	<b>190</b>	<b>212</b>	<b>-11.58%</b>
<b>Desarenador</b>	<b>212</b>	<b>212</b>	<b>0.00%</b>
<b>Tanque Imhoff</b>	<b>212</b>	<b>156</b>	<b>26.42%</b>
<b>Filtro Biológico</b>	<b>156</b>	<b>132</b>	<b>15.38%</b>
<b>Cámara de contacto</b>	<b>132</b>	<b>132</b>	<b>0.00%</b>

Gráfico 2. Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura (SST)



Según se observa en la tabla 8 y grafico 2, el tanque Imhoff presenta la eficiencia más alta, en comparación de las demás estructuras, respecto a la depuración de sólidos suspendidos totales. Siendo su rendimiento de depuración muy bajo, de un 26.42% de eficiencia, sin embargo, según; el manual “Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades” agrega que, el porcentaje de depuración debe de ser del 40 al 50% de eficiencia en solidos suspendidos totales. Además, observamos en el grafico 2 el rendimiento de eficiencia en solidos totales suspendidos en el filtro percolador que es de 15.38%, sin embargo, según la norma técnica OS090 señala que el filtro percolador debe tener una eficiencia de remoción entre 70 – 90% de eficiencia, por lo que, dicha estructura no estaría funcionando correctamente.

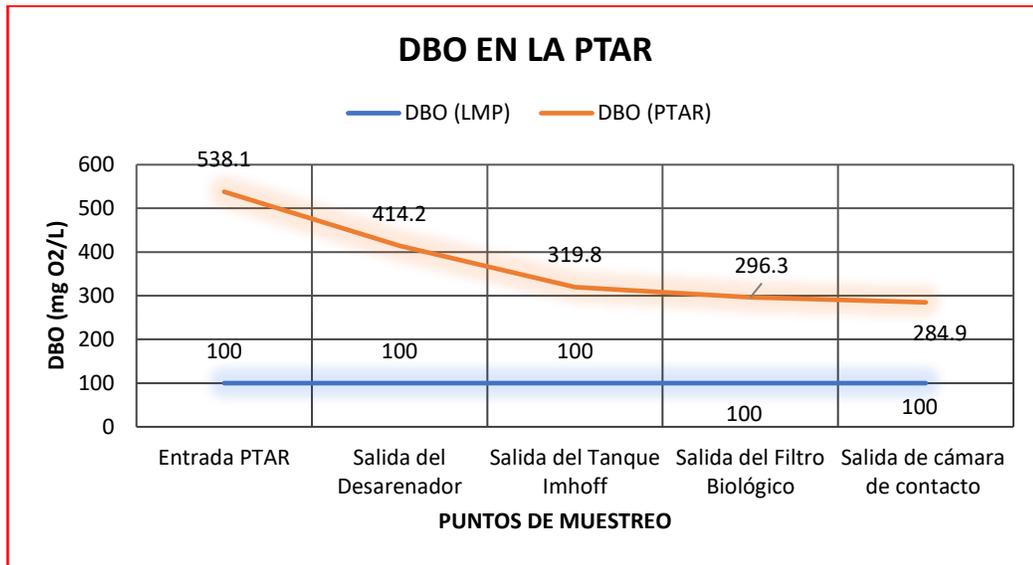
#### 4.4.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Tabla 9. Valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales.

PUNTO	Demanda Bioquímica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	LMP (DBO) mg O <sub>2</sub> /L
Entrada PTAR	538.1	100
Salida del Desarenador	414.2	100
Salida del Tanque Imhoff	319.8	100
Salida del Filtro Biológico	296.3	100
Salida de cámara de contacto	284.9	100

\*Límites Máximos Permisibles (LMP) para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Gráfico 3. Variación en concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en la planta de tratamiento de aguas residuales.

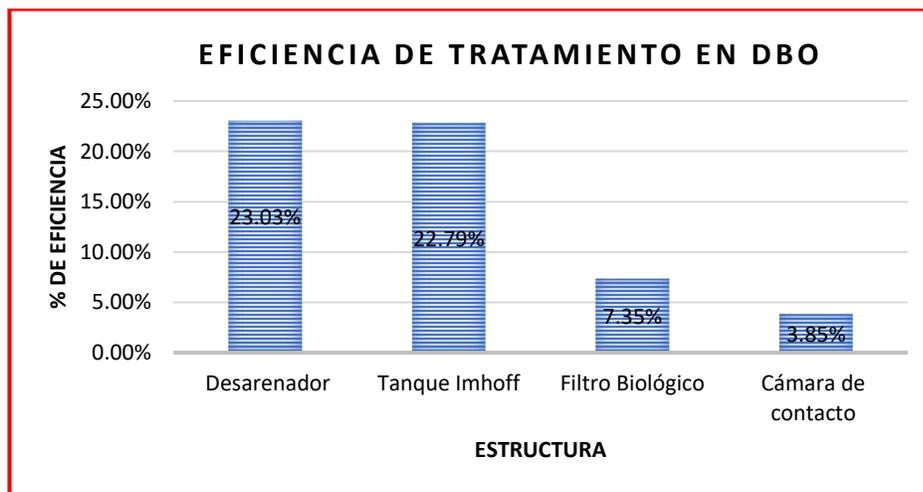


La tabla 9 y el gráfico 3 nos muestra la variación del proceso de descontaminación en la PTAR con respecto a la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). El agua residual ingresa a la planta con un valor de 538.1 mg O<sub>2</sub>/L, saliendo por el sedimentador con un valor de 414.2 mg O<sub>2</sub>/L, pasando por el tanque Imhoff con un valor de salida de 319.8 mg O<sub>2</sub>/L, luego pasa por el filtro percolador y sale con un valor de 296.3 mg O<sub>2</sub>/L, para finalmente pasar por la cámara de contacto y cloración saliendo con un valor de 284.9 mg O<sub>2</sub>/L y ser descargado al río La Quispa donde el valor de la demanda bioquímica de oxígeno a 100 metros aguas abajo es menor a 2.6 mg O<sub>2</sub>/L, que es el Límite de Cuantificación del Método, lo que significa que la concentración del analito es mínima.

Tabla 10. Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a la demanda bioquímica de oxígeno.

PUNTO	VALORES "DBO" (mg O <sub>2</sub> /L)		Eficiencia de Tratamiento en DBO (%)
	ENTRADA	SALIDA	
Desarenador	538.1	414.2	23.03%
Tanque Imhoff	414.2	319.8	22.79%
Filtro Biológico	319.8	296.3	7.35%
Cámara de contacto	296.3	284.9	3.85%

Gráfico 4. Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura (DBO)



Según se observa en la tabla 10 y gráfico 4, el desarenador presenta la eficiencia más alta, en comparación de las demás estructuras, respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, en tanque Imhoff tiene un rendimiento de depuración por bajo de lo señalado, de un valor de 22.79% de eficiencia y según; el manual “Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades” agrega que, el porcentaje de depuración debe de ser del 25 al 35% de eficiencia en DBO, el cual dicha estructura está operando deficientemente. Además, observamos en el gráfico 4 el rendimiento de eficiencia de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el filtro percolador que es de 7.35% y según la norma técnica peruana OS090 señala que el filtro percolador debe

tener una eficiencia de remoción entre 50 – 90% de eficiencia, por lo que, dicha estructura no estaría funcionando correctamente.

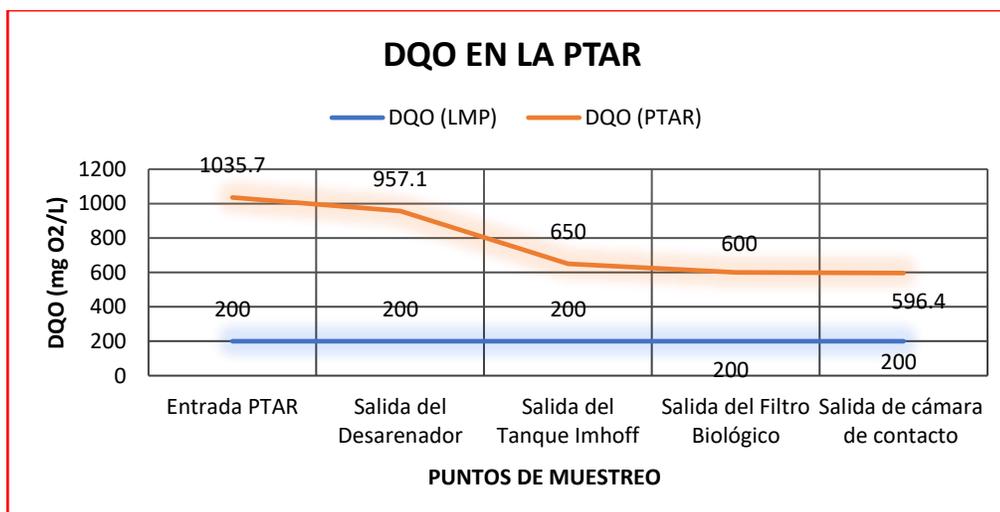
#### 4.4.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Tabla 11. Valores de la demanda química de oxígeno (DQO) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales.

PUNTO	Demanda química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	LMP (DQO) mg O <sub>2</sub> /L
Entrada PTAR	1035.7	200
Salida del Desarenador	957.1	200
Salida del Tanque Imhoff	650	200
Salida del Filtro Biológico	600	200
Salida de cámara de contacto	596.4	200

\*Límites Máximos Permisibles (LMP) para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Gráfico 5. Variación de la demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales.



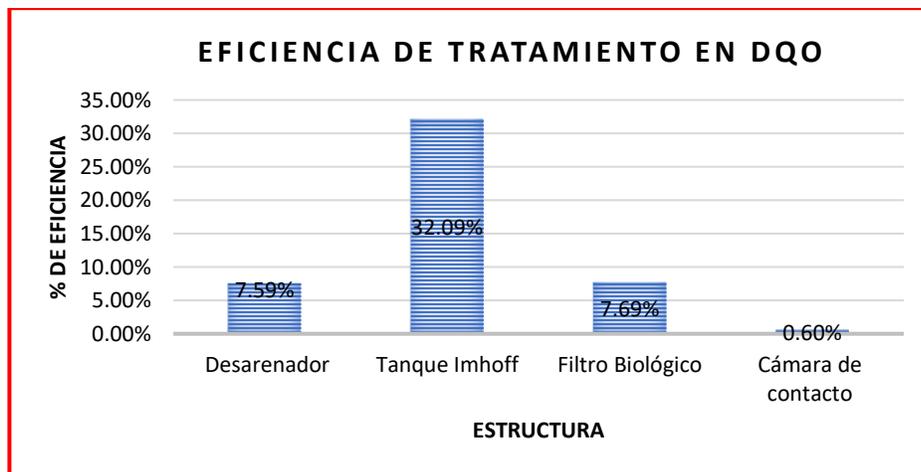
La tabla 11 y el gráfico 5 nos muestra la variación del proceso de descontaminación en la PTAR con respecto a la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO). El agua residual

ingresa a la planta con un valor de 1035.7 mg O<sub>2</sub>/L, saliendo por el sedimentador con un valor de 957.1 mg O<sub>2</sub>/L, pasando por el tanque Imhoff con un valor de salida de 650.00 mg O<sub>2</sub>/L, luego pasa por el filtro percolador y sale con un valor de 600.00 mg O<sub>2</sub>/L, para finalmente pasar por la cámara de contacto y cloración saliendo con un valor de 596.4 mg O<sub>2</sub>/L y ser descargado al río La Quispa donde el valor de la demanda química de oxígeno a 100 metros aguas abajo es de 10.1 mg O<sub>2</sub>/L.

Tabla 12. Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a la demanda química de oxígeno (DQO).

PUNTO	VALORES "DQO" (mg O <sub>2</sub> /L)		Eficiencia de Tratamiento en DQO (%)
	ENTRADA	SALIDA	
Desarenador	1035.7	957.1	7.59%
Tanque Imhoff	957.1	650	32.09%
Filtro Biológico	650	600	7.69%
Cámara de contacto	600	596.4	0.60%

Gráfico 6. Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura (DQO)



Según se observa en la tabla 11 y gráfico 6, en el tanque Imhoff tiene un rendimiento de depuración de un valor de 32.09% de eficiencia con respecto a la demanda química de oxígeno,

siendo la eficiencia de remoción de DQO en el tanques Imhoff, según R.S. Ramalho, están entre 30 – 40% de eficiencia, por lo que dicha estructura estaría funcionando bien, además, observamos en el grafico 6 el rendimiento de eficiencia de la demanda química de oxígeno (DQO) en el filtro percolador es de 7.69% de eficiencia, teniendo una remoción muy baja, por lo que, dicha estructura no estaría funcionando correctamente ya que la eficiencia de remoción de los filtro percoladores, según R.S. Ramalho, están entre 75 – 85% de eficiencia.

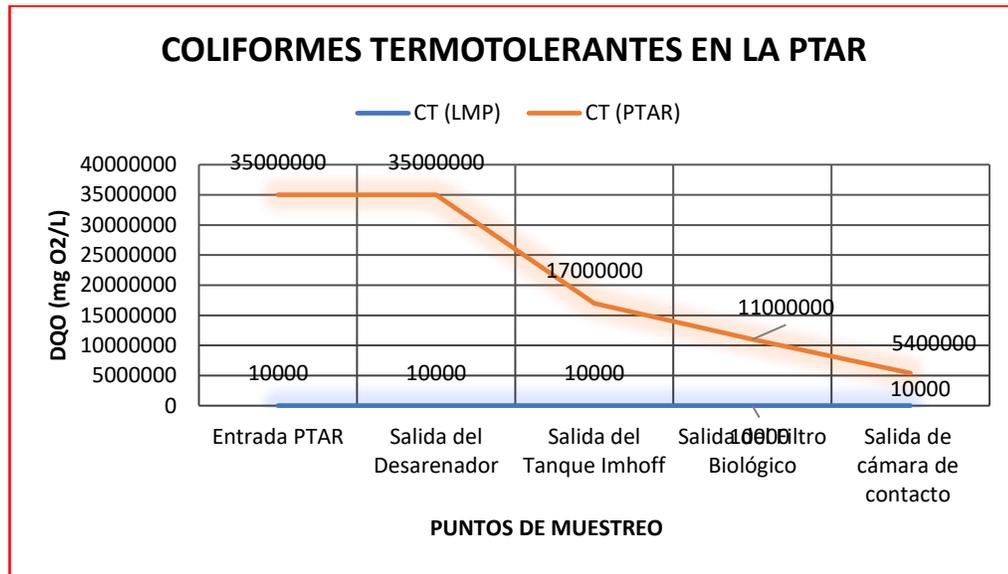
#### 4.4.4 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Tabla 13. Valores de los coliformes termotolerantes (CT) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales.

PUNTO	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100 mL)	LMP CT*
Entrada PTAR	35000000	10000
Salida del Desarenador	35000000	10000
Salida del Tanque Imhoff	17000000	10000
Salida del Filtro Biológico	11000000	10000
Salida de cámara de contacto	5400000	10000

\*Límites Máximos Permisibles (LMP) para los valores termotolerantes (CT).

Gráfico 7. Variación de los coliformes termotolerantes en la planta de tratamiento de aguas residuales.

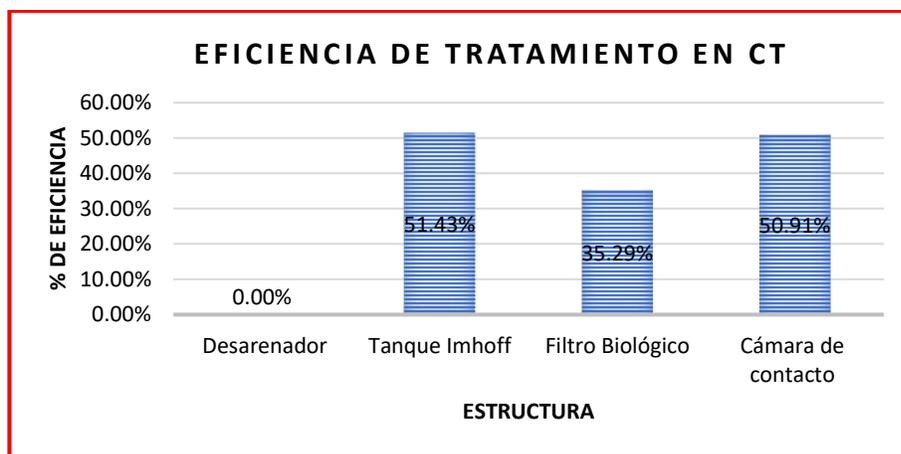


La tabla 13 y el gráfico 7 nos muestra la variación del proceso de descontaminación en la PTAR con respecto a la concentración de los coliformes termotolerantes (CT). El agua residual ingresa a la planta con un valor de 35000000 NMP/100mL, saliendo por el sedimentador con un valor de 35000000 NMP/100mL, pasando por el tanque Imhoff con un valor de salida de 17000000 NMP/100mL, luego pasa por el filtro percolador y sale con un valor de 11000000 NMP/100mL, para finalmente pasar por la cámara de contacto y cloración saliendo con un valor de 5400000 NMP/100mL y ser descargado al río La Quispa donde el valor de la demanda química de oxígeno a 100 metros aguas abajo es de 22000 NMP/100mL.

Tabla 14. Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a la coliformes termotolerantes (CT).

PUNTO	VALORES "CT" (MNP/100mL)		Eficiencia de Tratamiento en CT (%)
	ENTRADA	SALIDA	
Desarenador	35000000	35000000	0.00%
Tanque Imhoff	35000000	17000000	51.43%
Filtro Biológico	17000000	11000000	35.29%
Cámara de contacto	11000000	5400000	50.91%

Gráfico 8. Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura en coliformes termotolerantes.



Según se observa en la tabla 14 y gráfico 8, en el tanque Imhoff tiene un rendimiento de depuración de un valor de 51.43% de eficiencia con respecto a los coliformes termotolerantes, siendo la eficiencia de remoción de los coliformes termotolerantes en tanques Imhoff, según R.S. Ramalho, están entre 50 – 75% de eficiencia por lo que se afirma que el Tanque Imhoff estaría funcionando bien, además, observamos en el gráfico 8 el rendimiento de eficiencia respecto a los coliformes termotolerantes en el filtro percolador que es de 35.29% de eficiencia, siendo la eficiencia de remoción de los coliformes termotolerantes en el filtro percolador, según

R.S. Ramalho, están entre 80 – 90% de eficiencia, por lo que, se afirma que; dicha estructura no estaría funcionando correctamente y en la cámara de contacto y cloración tiene una eficiencia de 50.91%.

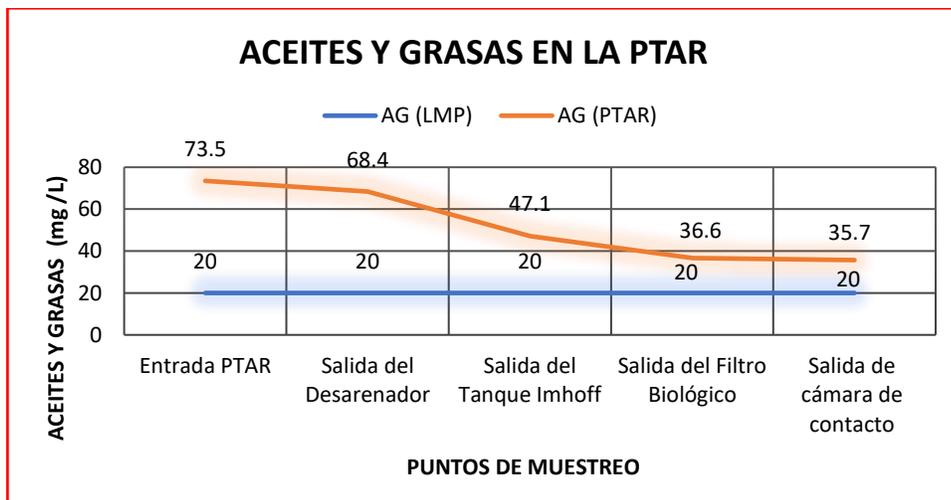
#### 4.4.5 ACEITES Y GRASAS

Tabla 15. Valores de aceites y grasas (AG) en los puntos muestreados de la planta de tratamiento de aguas residuales.

PUNTO	Aceites y Grasas (AG) (mg/L)	LMP AG*
Entrada PTAR	73.5	20
Salida del Desarenador	68.4	20
Salida del Tanque Imhoff	47.1	20
Salida del Filtro Biológico	36.6	20
Salida de cámara de contacto	35.7	20

\*Límites Máximos Permisibles (LMP) para los valores termotolerantes (CT)

Gráfico 9. Variación de los coliformes termotolerantes en la planta de tratamiento de aguas residuales.



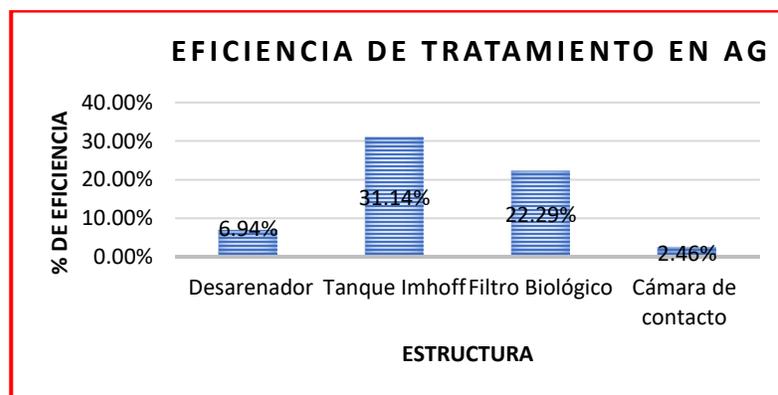
La tabla 15 y el gráfico 9 nos muestra la variación del proceso de descontaminación en la PTAR con respecto a la concentración de aceites y grasas (AG) disminuye con fome pasa por cada

estructura. El agua residual ingresa a la planta con un valor de 73.5 mg/L, saliendo por el sedimentador con un valor de 68.4 mg/L, pasando por el tanque Imhoff con un valor de salida de 47.1 mg/L, luego pasa por el filtro percolador y sale con un valor de 36.6 mg/L, para finalmente pasar por la cámara de contacto y cloración saliendo con un valor de 35.7 mg/L y ser descargado al río La Quispa donde el valor de aceites y grasas a 100 metros aguas abajo es menor a 1.7 mg/L, que es el Límite de Cuantificación del Método, lo que significa que la concentración del analito es mínima.

Tabla 16. Eficiencia de tratamiento de cada componente de la PTAR con relación a aceites y grasas (AG).

PUNTO	VALORES "AG" (mg /L)		Eficiencia de Tratamiento en AG (%)
	ENTRADA	SALIDA	
Desarenador	73.5	68.4	6.94%
Tanque Imhoff	68.4	47.1	31.14%
Filtro Biológico	47.1	36.6	22.29%
Cámara de contacto	36.6	35.7	2.46%

Gráfico 10. Comparación de eficiencia en descontaminación de cada estructura en aceites y grasas.



Según se observa en la tabla 16 y gráfico 10, en el tanque Imhoff tiene un rendimiento de

depuración de un valor de 31.14% de eficiencia con respecto a aceites y grasas, además, observamos en el grafico 10 el rendimiento de eficiencia respecto a aceites y grasas en el filtro percolador que es de 22.29% de eficiencia, siendo que en la cámara de contacto y cloración tiene una eficiencia es muy baja teniendo un valor de 2.46%.

Se debe tener en cuenta que los aceites y grasas al tener una menor densidad que el agua, flota formando una capa superficial que podría impedir el ingreso de oxígeno al agua, razón por la cual es importante retirarlas sobre todo en el tanque Imhoff donde se observa más su presencia.

#### 4.5 PARÁMETROS EVALUADOS DEL EFLUENTE FINAL VS LMP y ECA

Tabla 17. Parámetros evaluados del efluente final de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc comparados con los límites máximos permisibles.

PARÁMETROS	VALOR EN EL EFLUENTE FINAL	LMP (D.S. N°003-2010-MINAM)	CONDICIÓN
Aceites y Grasas (mg/L)	35.7	< 20	NO CUMPLE
solidos suspendidos totales (mg/L)	132	<150	CUMPLE
DBO (mg O2/L)	284.9	<100	NO CUMPLE
DQO (mg O2/L)	596.4	<200	NO CUMPLE
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	5400000	<10000	NO CUMPLE

Observando la tabla 17 Los sólidos suspendidos totales, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM para los vertimientos a cuerpos de agua cumpliendo con la normativa vigente; sin embargo, los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (284.9 mg O2/L), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (596.4 mg O2/L), Coliformes Termotolerantes (5400000 NMP/100 mL) y aceites y grasas 35.7 mg/L, los cuales superan los límites máximos permisibles, por lo tanto, no se cumple con la normativa

vigente en estos 4 parámetros.

De estos datos obtenidos se infiere que, el agua residual que sale de la planta de tratamiento aún está contaminada, ya que, en 1 de 5 parámetros evaluados tiene una mejor calidad de tratamiento, el cual es sólidos suspendidos totales, teniendo una cifra alarmante y preocupante en relación a; aceites y grasas, DBO, DQO y Coliformes Termotolerantes los cuales no cumplen con la calidad de agua para su vertimiento, en tal caso se espera que la capacidad de dilución del río sea buena, ya que, se hace de suma importancia para minimizar el impacto negativo provocado por estas aguas de mala calidad.

Tabla 18. Parámetros evaluados del efluente final de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA).

PARÁMETROS	VALOR EN EL EFLUENTE FINAL	ECA (D.S. N°004-2017-MINAM)	CONDICIÓN
Aceites y Grasas (mg/L)	35.7	< 5	<b>NO CUMPLE</b>
sólidos suspendidos totales (mg/L)	132	---	<b>NO DEFINE</b>
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	284.9	<15	<b>NO CUMPLE</b>
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	596.4	<40	<b>NO CUMPLE</b>
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	5400000	<1000	<b>NO CUMPLE</b>

Según el D.S. N°004 – 2017 – MINAM establece los valores de los estándares de calidad ambiental (ECA) para riego de vegetales y bebida de animales en la categoría 3, dando como resultado que ningún parámetro evaluado cumple con dicho decreto supremo, en concerniente a los sólidos suspendidos totales dicho decreto supremo no especifica el valor para agua de riego. Finalmente, todos los parámetros incumplen con dichos estándares de calidad ambiental.

Tabla 19. Parámetros evaluados del río La Quispa a 100 metros aguas debajo del vertimiento, comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA).

PARÁMETROS	VALOR DEL RÍO A 100 m AGUAS ABAJO	ECA (D.S. N°004-2017-MINAM)	CONDICIÓN
Aceites y Grasas (mg/L)	1.6	< 5	CUMPLE
solidos suspendidos totales (mg/L)	2.4	---	NO DEFINE
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	2.5	<15	CUMPLE
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	10.1	<40	CUMPLE
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	22000	<1000	NO CUMPLE

Según el D.S. N°004 – 2017 – MINAM establece los valores de los estándares de calidad ambiental (ECA) para riego de vegetales y bebida de animales en la categoría 3, dando como resultado que el parámetro de coliformes termotolerantes no cumple con dicho decreto supremo, en concierne a los sólidos suspendidos totales dicho decreto supremo no especifica el valor para agua de riego. Finalmente, los parámetros de DBO, DQO Y Aceite y Grasas cumplen con dichos estándares de calidad ambiental. Por lo que se puede inferir que el Río La Quispa tiene una buena dilución de purificación en DBO, DQO Y Aceites y Grasas.

Tabla 20. Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales.

PROYECTO	AFLUENTE	EFLUENTE (DBO mgO <sub>2</sub> /L)	EFICIENCIA DE TRATAMIENTO
PTAR (DBO mgO <sub>2</sub> /L)	538.1	284.9	47.05%
PTAR (DQO mgO <sub>2</sub> /L)	1035.7	596.9	42.37%

Como se observa en la tabla 20 la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc para el DBO<sub>5</sub> y DQO es de 47.05% y 42.37%, por lo que dicha planta estaría funcionando deficientemente.

## 4.6 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

### 4.6.1 CAUDAL

Para determinar el caudal, se realizó por el método volumétrico, las mediciones se realizaron en tres días desde las 6.00 a.m. hasta las 6.00 p.m. el día lunes 24, miércoles 26 y el día sábado 28 de julio del año 2023. Se tomo las muestras en este mes por ser época de estiaje, ya que la carga orgánica es alta a comparación de épocas de lluvia, donde la carga orgánica se va diluyendo a medida que el caudal aumente por el ingreso de agua de lluvia a las alcantarillas. Sin embargo, también se realizó el estudio el día 17 de febrero y el día 9 de marzo.

Para calcular el caudal de las 6:00 a.m. del lunes 24 de julio se realizó el siguiente procedimiento.

Con el volumen de un recipiente graduado de 8 litros se recogió el agua residual hasta la marca correspondiente, controlando el tiempo de llenado del mismo y repitiendo esta operación 10 veces, obteniendo un tiempo promedio necesario para calcular el caudal a través de la siguiente la formula (1).

$$Q = \frac{V}{T} L/S \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = \text{Caudal} \frac{L}{S}$$

*V = Volumen en litros*

*T = Tiempo en segundos*

Desarrollo.

Reemplazando datos en la ecuación (1) se tiene:

$$Q = \frac{8}{12.2} L/S$$

$$Q = 0.656 \frac{L}{S}$$

De esta manera obtenemos que a las 6:00 de la mañana del 24 de julio transcurre un caudal de 0.656 L/s, y así sucesivamente se calcularon los demás caudales, siendo los caudales promedios presentados en la tabla siguiente.

Tabla 21. Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas, día 24 de Julio del 2023

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (m3/s)
06:00:00	12.217	8	0.655	0.00065
07:00:00	13.337	8	0.600	0.00060
08:00:00	8.029	8	0.996	0.00100
09:00:00	6.125	8	1.306	0.00131
10:00:00	5.790	8	1.382	0.00138
11:00:00	7.342	8	1.090	0.00109
12:00:00	5.574	8	1.435	0.00144
13:00:00	7.850	8	1.019	0.00102
14:00:00	6.531	8	1.225	0.00122
15:00:00	7.531	8	1.062	0.00106
16:00:00	8.622	8	0.928	0.00093
17:00:00	8.735	8	0.916	0.00092
18:00:00	7.854	8	1.019	0.00102
<b>CAUDAL PROMEDIO</b>			<b>1.049</b>	<b>0.00105</b>

Tabla 22. Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas, día 26 de Julio del 2023.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (m3/s)
06:00:00	12.854	8	0.622	0.00062
07:00:00	12.922	8	0.619	0.00062
08:00:00	9.107	8	0.878	0.00088
09:00:00	7.028	8	1.138	0.00114
10:00:00	6.147	8	1.301	0.00130
11:00:00	7.490	8	1.068	0.00107
12:00:00	5.906	8	1.355	0.00135
13:00:00	8.109	8	0.987	0.00099
14:00:00	6.798	8	1.177	0.00118
15:00:00	7.717	8	1.037	0.00104
16:00:00	8.655	8	0.924	0.00092
17:00:00	8.640	8	0.926	0.00093
18:00:00	8.485	8	0.943	0.00094
<b>CAUDAL PROMEDIO</b>			<b>0.998</b>	<b>0.00100</b>

Tabla 23. Caudal aforado del afluyente de la PTAR en 12 horas día 28 de Julio del 2023.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (m3/s)
06:00:00	12.295	8	0.651	0.00065
07:00:00	12.556	8	0.637	0.00064
08:00:00	7.993	8	1.001	0.00100
09:00:00	6.919	8	1.156	0.00116
10:00:00	6.555	8	1.220	0.00122
11:00:00	7.010	8	1.141	0.00114
12:00:00	5.765	8	1.388	0.00139
13:00:00	7.922	8	1.010	0.00101
14:00:00	7.902	8	1.012	0.00101
15:00:00	8.034	8	0.996	0.00100
16:00:00	8.585	8	0.932	0.00093
17:00:00	9.001	8	0.889	0.00089
18:00:00	8.035	8	0.996	0.00100
<b>CAUDAL PROMEDIO</b>			<b>1.002</b>	<b>0.00100</b>

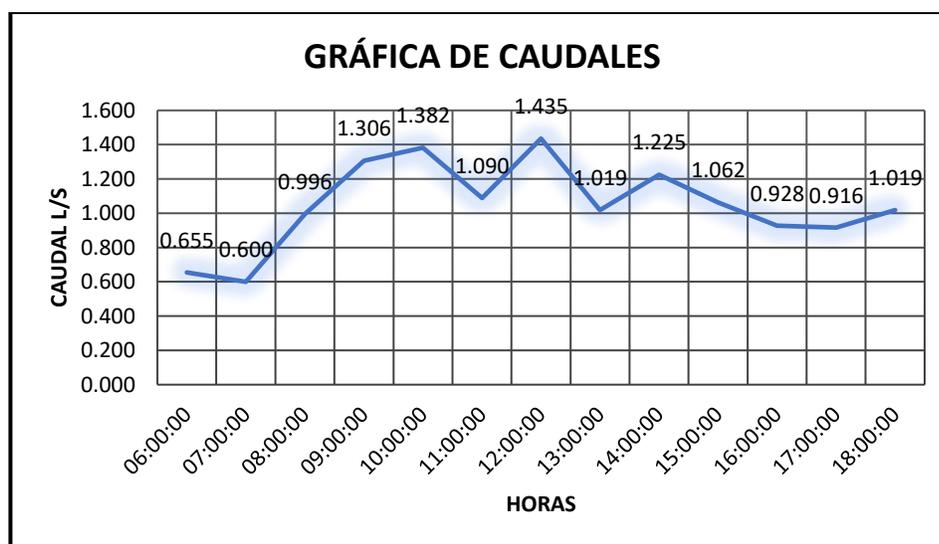
Tabla 24. Caudal aforado del afluyente de la PTAR en 12 horas día 17 de febrero del 2024.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (m3/s)
06:00:00	8.994	8	0.889	0.00089
07:00:00	8.767	8	0.913	0.00091
08:00:00	8.095	8	0.988	0.00099
09:00:00	6.940	8	1.153	0.00115
10:00:00	8.098	8	0.988	0.00099
11:00:00	7.500	8	1.067	0.00107
12:00:00	5.630	8	1.421	0.00142
13:00:00	6.989	8	1.145	0.00114
14:00:00	7.034	8	1.137	0.00114
15:00:00	8.098	8	0.988	0.00099
16:00:00	8.308	8	0.963	0.00096
17:00:00	7.894	8	1.013	0.00101
18:00:00	7.818	8	1.023	0.00102
<b>CAUDAL PROMEDIO HORARIO</b>			<b>1.053</b>	<b>0.00105</b>

Tabla 25. Caudal aforado del afluente de la PTAR en 12 horas día 09 de marzo del 2024.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (m3/s)
06:00:00	8.886	8	0.900	0.00090
07:00:00	8.827	8	0.906	0.00091
08:00:00	8.747	8	0.915	0.00091
09:00:00	7.800	8	1.026	0.00103
10:00:00	8.828	8	0.906	0.00091
11:00:00	7.858	8	1.018	0.00102
12:00:00	6.016	8	1.330	0.00133
13:00:00	6.437	8	1.243	0.00124
14:00:00	7.991	8	1.001	0.00100
15:00:00	8.123	8	0.985	0.00098
16:00:00	8.736	8	0.916	0.00092
17:00:00	8.784	8	0.911	0.00091
18:00:00	8.454	8	0.946	0.00095
<b>CAUDAL PROMEDIO HORARIO</b>			<b>1.000</b>	<b>0.00100</b>

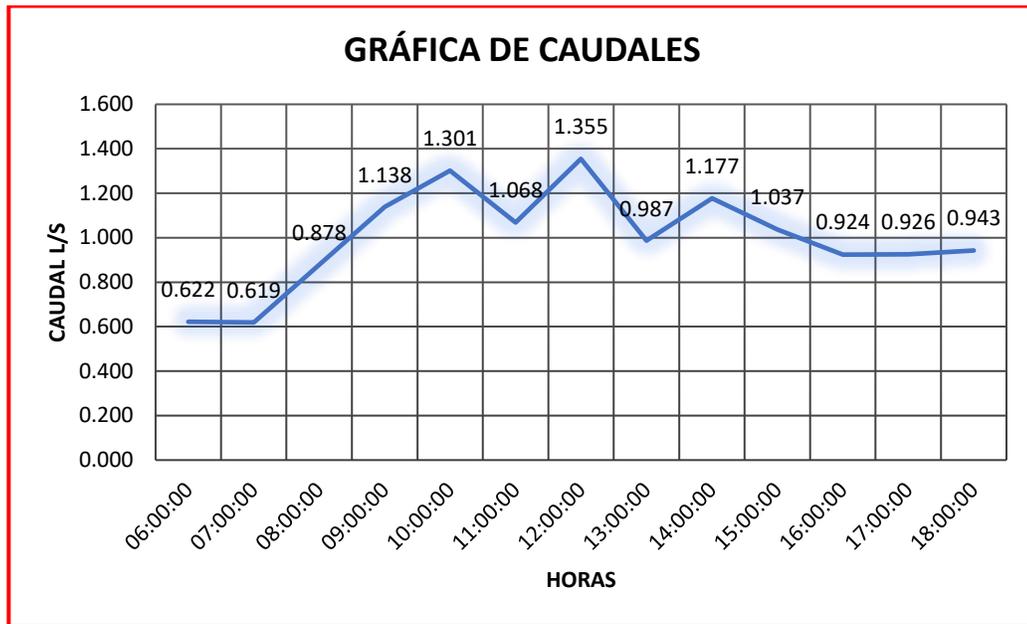
Gráfico 11. Variación de caudal del afluente, día 24 de julio del 2023.



En el gráfico 11 observamos que el caudal máximo horario se encuentra entre las 12 a 1 pm,

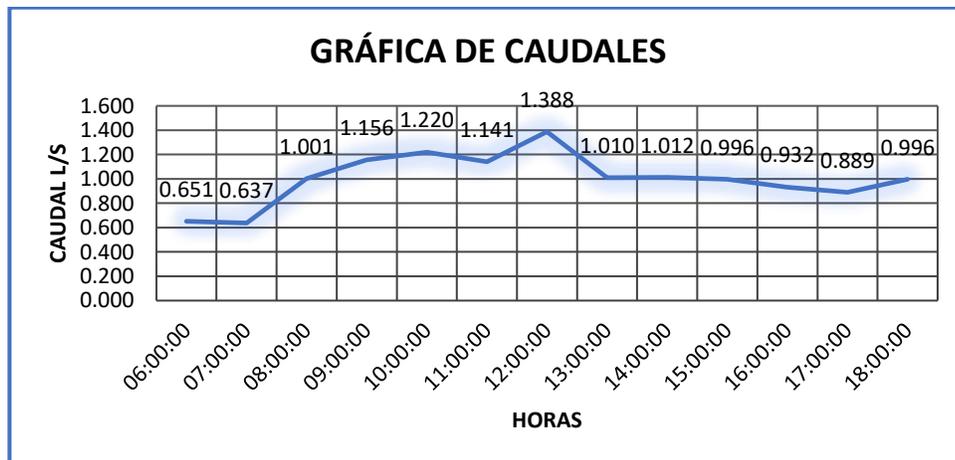
con un caudal de 1.44 L/s, sin embargo, en las horas de 9 a 10 am y de 10 a 11 am hay caudales similares de 1.31 L/s y 1.38 L/s, estos caudales se da por las horas donde la población tiene mayor actividad.

Gráfico 12. Variación de caudal del afluente, día 26 de julio del 2023



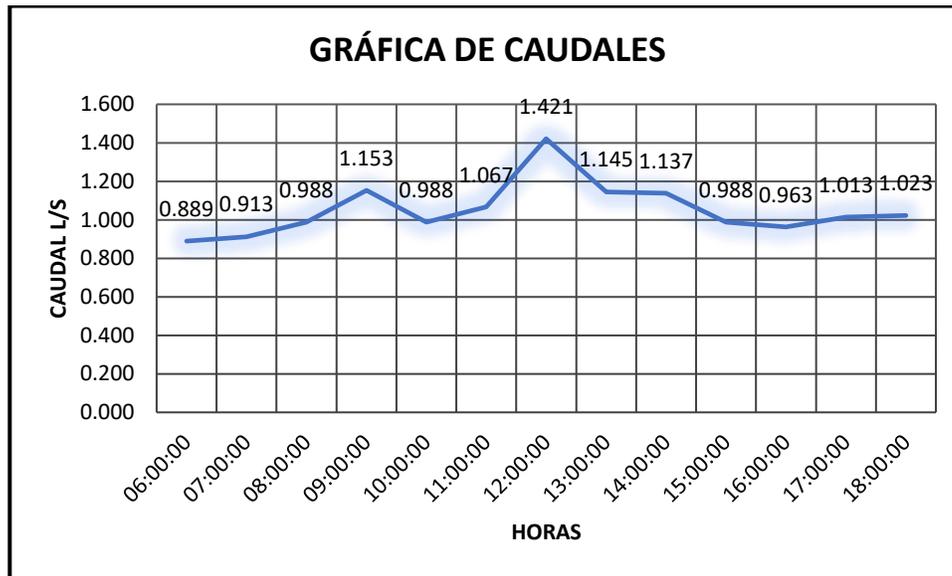
En el grafico 12 observamos que el caudal máximo horario se encuentra entre las 12 a 1 pm, con un caudal de 1.36 L/s, sin embargo, en las horas de 10 a 11 am hay un caudal similar de 1.30 L/s, estos caudales se da por las horas donde la población tiene mayor actividad.

Gráfico 13. Variación de caudal del afluente, día 28 de julio del 2023.



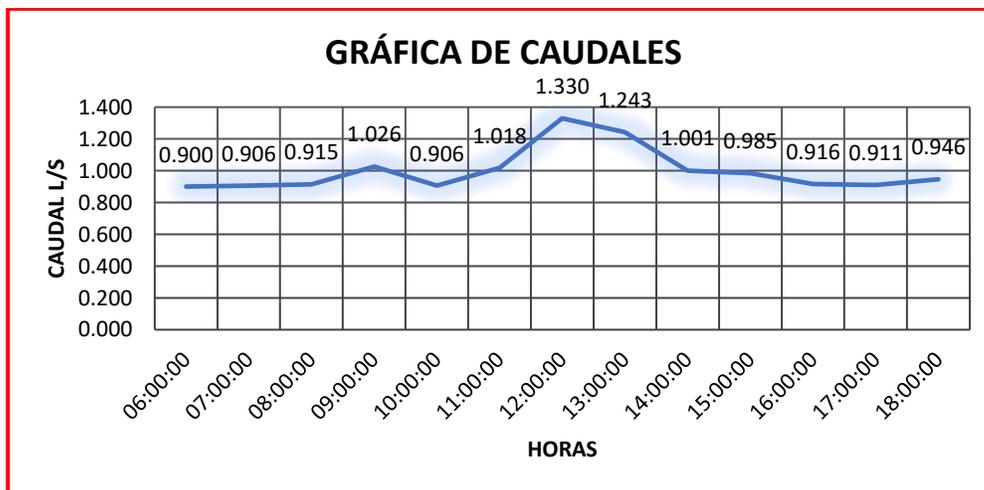
En el grafico 13 observamos que el caudal máximo horario se encuentra entre las 12 a 1 pm, con un caudal de 1.39 L/s, este caudal se da por las horas donde la población tiene mayor actividad.

Gráfico 14. Variación de caudal del afluente, día 17 de febrero del 2024.



En el grafico 14 observamos que el caudal máximo horario se encuentra entre las 12 a 1 pm, con un caudal de 1.421 L/s, este caudal se da por las horas donde la población tiene mayor actividad.

Gráfico 15. Variación de caudal del afluente, día 09 de marzo del 2024.



En el grafico 15 observamos que el caudal máximo horario se encuentra entre las 12 a 1 pm, con un caudal de 1.330 L/s, este caudal se da por las horas donde la población tiene mayor actividad.

Tabla 26. Resumen de caudales.

Q max.	1.38 l/s
Qmed.	0.98 l/s
Qmin.	0.71 l/s

En la tabla 26 se observa el caudal máximo, caudal medio y mínimo los cuales son de mucha importancia para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

#### 4.6.2 Cálculo de velocidades.

- Para el caudal máximo diario de  $0.00138 \text{ m}^3/\text{s}$  y área de  $0.032 \text{ m}^2$  (tubería de 8 pul.)

$$Q = A * V$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V = \text{Velocidad} \frac{\text{m}}{\text{s}} ; A = \text{Área} \text{ m}^2$$

$$0.00138 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.032 \text{ m}^2 * V$$

$$V = 0.043 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Para el caudal medio de  $0.00098 \text{ m}^3/\text{s}$  y área de  $0.032 \text{ m}^2$  (tubería de 8 pul.)

$$Q = A * V$$

Donde:

$$0.00098 \frac{m^3}{s} = 0.032 m^2 * V$$

$$V = 0.030 \frac{m}{s}$$

- Para el caudal mínimo de 0.00071 m<sup>3</sup>/s y área de 0.032 m<sup>2</sup> (tubería de 8 pul.)

$$Q = A * V$$

Donde:

$$0.00071 \frac{m^3}{s} = 0.032 m^2 * V$$

$$V = 0.022 \frac{m}{s}$$

Se evaluó las velocidades para el caudal máximo, medio y mínimo, el cual según la Norma OS090 señala que debería de estar alrededor de 0.30 m/s, según los cálculos realizados para dichos caudales son de 0.043 m/s, 0.030 m/s y 0.022 m/s, los cuales están por debajo de lo señalado, por lo tanto, no genera erosión en las estructuras.

Tabla 27. Caudal aforado del efluente de la PTAR en 12 horas día 24 de Julio del 2023.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (m3/s)
06:00:00	12.786	8	0.626	0.00063
07:00:00	13.518	8	0.592	0.00059
08:00:00	8.973	8	0.892	0.00089
09:00:00	7.559	8	1.058	0.00106
10:00:00	8.249	8	0.970	0.00097
11:00:00	7.970	8	1.004	0.00100
12:00:00	6.331	8	1.264	0.00126
13:00:00	8.571	8	0.933	0.00093
14:00:00	8.489	8	0.942	0.00094
15:00:00	8.120	8	0.985	0.00099
16:00:00	9.008	8	0.888	0.00089

17:00:00	8.912	8	0.898	0.00090
18:00:00	8.195	8	0.976	0.00098
<b>CAUDAL PROMEDIO HORARIO</b>			<b>0.925</b>	<b>0.00093</b>

Tabla 28. Caudal aforado del efluente de la PTAR en 12 horas día 17 de Julio del 2024.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (m3/s)
06:00:00	9.080	8	0.881	0.00088
07:00:00	8.800	8	0.909	0.00091
08:00:00	8.157	8	0.981	0.00098
09:00:00	7.157	8	1.118	0.00112
10:00:00	8.238	8	0.971	0.00097
11:00:00	8.217	8	0.974	0.00097
12:00:00	6.252	8	1.280	0.00128
13:00:00	7.066	8	1.132	0.00113
14:00:00	7.349	8	1.089	0.00109
15:00:00	8.245	8	0.970	0.00097
16:00:00	8.655	8	0.924	0.00092
17:00:00	8.015	8	0.998	0.00100
18:00:00	8.095	8	0.988	0.00099
<b>CAUDAL PROMEDIO HORARIO</b>			<b>1.017</b>	<b>0.00102</b>

#### 4.6.3 Cálculo de la eficiencia hidráulica de PTAR.

$$EH = \frac{Q_S}{Q_E} * 100$$

Dónde:

EH: Eficiencia hidráulica.

QS = Caudal de salida (l/s).

QE = Caudal de entrada (l/s).

Desarrollo:

$$EH = \frac{0.925}{1.049} * 100$$

$$EH = 88.18\%$$

La eficiencia hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales tiene un 88.18% de eficiencia, como pérdida de fluido un 11.82%.

#### 4.6.4 Desarenador

Para la evaluación hidráulica de esta estructura el parámetro más importante es el tiempo de retención que según (Freire Castelo 2014), el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) varía entre 20 segundos a 3 minutos, al realizar la evaluación in situ por el método del flotador nos dio un resultado de 38.55 segundos y que, si cumplimos con dicho rango establecido, las medidas de esta estructura realizando el levantamiento topográfico son: 4.66 m de largo, ancho de canal es 0.98 m de cada sedimentador, el cual no está cumpliendo con las medidas del diseño que debe ser: 2.51 metros de largo y el ancho de canal es de 0.30 m cada sedimentador.

Figura 33. Desarenador.

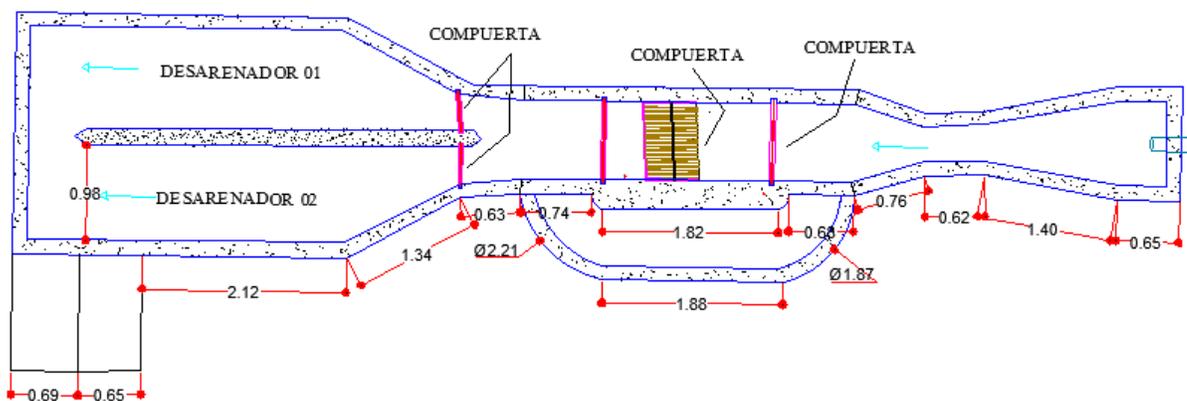


Tabla 29. Tiempo por el método del flotador, julio del 2023.

N° PRUEBAS	TIMEPO (S)	LONGITUD (m)	VELOCIDAD (m/s)
1	37.00	3.63	0.098
2	38.00	3.63	0.096
3	37.50	3.63	0.097
4	40.00	3.63	0.091
5	37.78	3.63	0.096
6	39.04	3.63	0.093
7	40.46	3.63	0.090
8	37.04	3.63	0.098
9	37.71	3.63	0.096
10	40.46	3.63	0.090
11	38.51	3.63	0.094
12	39.04	3.63	0.093
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.55</b>		<b>0.094</b>

Se puede observar en la tabla que el tiempo calculado promedio mediante el método del flotador es de 38.55 segundos, el cual está dentro de los valores determinados según normativa de 20 seg., a 3 minutos.

Tabla 30. Tiempo por el método del flotador, febrero del 2024.

N° PRUEBAS	TIEMPO (S)	LONGITUD (m)	VELOCIDAD (m/s)
1	31.92	3.63	0.114
2	34.01	3.63	0.107
3	33.00	3.63	0.110
4	32.71	3.63	0.111
5	34.22	3.63	0.106
6	31.89	3.63	0.114
7	32.60	3.63	0.111
8	33.08	3.63	0.110
9	32.54	3.63	0.112
10	32.65	3.63	0.111
11	33.26	3.63	0.109
12	32.71	3.63	0.111
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.88</b>		<b>0.110</b>

Se puede observar en la tabla que el tiempo calculado promedio mediante el método del flotador es de 32.88 segundos, el cual está dentro de los valores determinados según normativa de 20 seg., a 3 minutos.

Figura 34. Inicio del recorrido del tinte.



Figura 35. Fin del recorrido del tinte.



✓ Cálculo del número de froude.

$$✓ F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$$

$$D = \frac{A}{T}$$

Donde:

V= velocidad (m/s)

D= Profundidad hidráulica del canal (m)

A = Área (m<sup>2</sup>)

T = Ancho hidráulico de 0.98 m.

Cálculo del área (caudal máximo diario de 0.00138 m<sup>3</sup>/s)

$$Q = V * A$$

$$0.00138 \frac{m^3}{s} = 0.094 \frac{m}{s} * A$$

$$A = 0.015 m^2$$

Cálculo del D.

$$D = \frac{0.015 m^2}{0.098 m}$$

$$D = 0.0153 m$$

Calculamos el número de Froude.

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$$

$$F = \frac{0.094 \frac{m}{s}}{\sqrt{9.81 \frac{m}{s^2} * 0.0153 m}}$$

$$F = 0.243$$

Como el valor adimensional calculado del número de Froude es menor que 1 se considera un flujo Subcrítico, lo que permite que las partículas sólidas se sedimenten.

#### 4.6.5 Tanque Imhoff

En esta estructura de la PTAR, el parámetro hidráulico más importante a evaluar es el tiempo de retención hidráulico (TRH) y que la norma de diseño OS 090 nos recomienda 1.5 a 2.5 horas, según el expediente técnico brindado por la municipalidad distrital de La Encañada el tiempo de retención hidráulico debería de ser 2 horas, sin embargo, según las dimensiones de replanteo de dicha estructura se obtiene un volumen de 77.87 m<sup>3</sup> y según el caudal horario se obtuvo un volumen horario de 49.08 m<sup>3</sup>/hora y realizando la relación del volumen real /caudal de las medidas se obtuvo un tiempo de retención de 1.59 horas.

Tabla 31. Volumen horario de caudales julio del 2023.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL PARCIAL (m3/h)	CAUDAL ACUMULADO (m3/h)
06:00:00	12.217	8	0.655	2.357	2.357
07:00:00	13.337	8	0.600	2.159	4.517
08:00:00	8.029	8	0.996	3.587	8.104
09:00:00	6.125	8	1.306	4.702	12.806
10:00:00	5.790	8	1.382	4.974	17.780
11:00:00	7.342	8	1.090	3.923	21.703
12:00:00	5.574	8	1.435	5.167	26.869
13:00:00	7.850	8	1.019	3.669	30.538
14:00:00	6.531	8	1.225	4.410	34.948
15:00:00	7.531	8	1.062	3.824	38.772
16:00:00	8.622	8	0.928	3.340	42.112
17:00:00	8.735	8	0.916	3.297	45.409
18:00:00	7.854	8	1.019	3.667	49.076

En la presente tabla se observa que el volumen total acumulado en 12 horas es 49.08 m<sup>3</sup>/h.

Tabla 32. Volumen horario de caudales febrero del 2024.

HORA	TIMEPO (s)	VOLÚMEN (L)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL PARCIAL (m3/h)	CAUDAL ACUMULADO (m3/h)
06:00:00	8.994	8	0.889	3.202	3.202
07:00:00	8.767	8	0.913	3.285	6.487
08:00:00	8.095	8	0.988	3.558	10.045
09:00:00	6.940	8	1.153	4.150	14.195
10:00:00	8.098	8	0.988	3.556	17.751
11:00:00	7.500	8	1.067	3.840	21.591
12:00:00	5.630	8	1.421	5.115	26.707
13:00:00	6.989	8	1.145	4.121	30.827
14:00:00	7.034	8	1.137	4.094	34.922
15:00:00	8.098	8	0.988	3.556	38.478
16:00:00	8.308	8	0.963	3.467	41.945
17:00:00	7.894	8	1.013	3.648	45.593
18:00:00	7.818	8	1.023	3.684	49.277

En la presente tabla se observa que el volumen total acumulado en 12 horas es 49.28 m3/h y el tiempo de retención hidráulico es de 1.58 h.

Figura 36. Inicio del recorrido del objeto en el Tanque Imhoff.

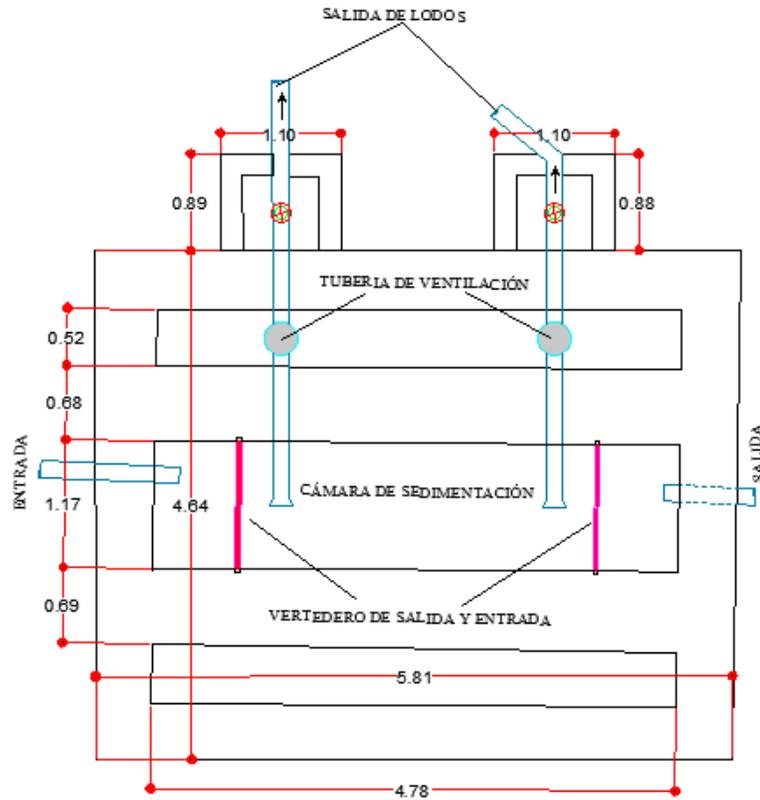


Figura 37. Fin recorrido del objeto en el Tanque Imhoff.



Final del tiempo transcurrido del objeto (pelotas de pimpón) fue de 2.39 horas.

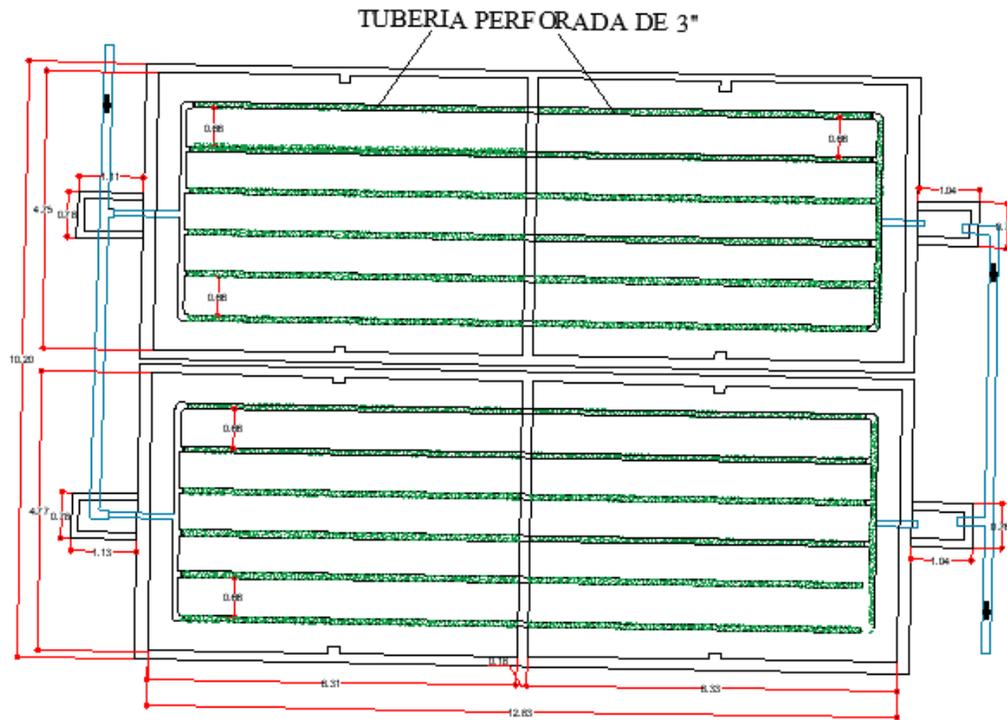
Figura 38. Planta del Tanque Imhoff.



#### 4.6.6 Filtro percolador

El filtro percolador al ser un relleno, el agua residual percola a través de este. según R.S. Ramalho, normalmente el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme mediante un distribuidor rotativo del flujo, y según la norma OS 090 la carga hidráulica alta varia de 8.00 a 40.00  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ , y la carga orgánica varia de 0.4 a 4.8  $\text{Kg DBQ}/\text{m}^3/\text{d}$  y medio plástico varia de 1.00 a 2.00 metros, por tal razón la forma recomendada de dicha estructura es circular, donde el agua residual percola en forma descendente y uniforme a través del filtro y el efluente se recoge en el fondo, sin embargo, esta estructura esta es de forma rectangular y la distribución del agua residual es mediante tubería de 4 pul., perforadas y enterradas provocando que la circulación no sea uniforme y además que los orificios de las tuberías de distribución sean obstruidas, lo que ha ocasionado que se excave y se rompa las tuberías para su desemboque, no tratando correctamente el agua residual.

Figura 39. Planta del Filtro Percolador.



#### 4.7 MODELAMIENTO DE LA PTAR A TRAVÉS DEL SOFTWARE GPS – X8.

El simulador GPS – X, es un software ampliamente utilizado para el modelamiento y simulación de grandes, medianas y pequeñas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), tanto para evaluar el proyecto recién propuesto como también plantas de tratamiento ya construidas, teniendo la capacidad de evaluar el correcto funcionamiento hidráulico como también fisicoquímico y bacteriológico de cada estructura que conforma la PTAR (Delgado E., 2015).

Tabla 33. Variables de calibración para el software según el estudio realizado.

PARÁMETRO	AFLUENTE	OBSERVACIÓN
DBO (Mg/L)	538.10	LABORATORIO
DQO (Mg/L)	1035.70	LABORATORIO
PH	7.76	MUNICIPALIDAD
CAUDAL (m3/d) acumulado	1177.83	MEDIDO CAMPO
TEMPERATURA °C	15.00	MUNICIPALIDAD

Figura 40. Modelación de la PTAR con el software GPS X.

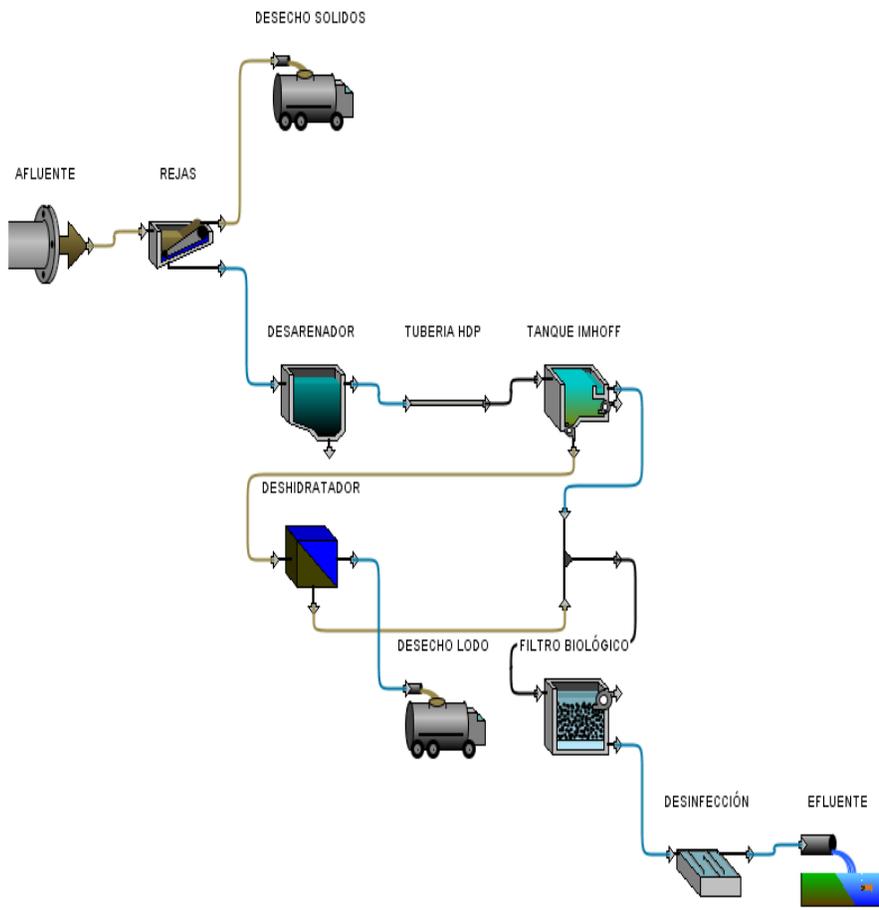


Figura 41. Variables de calibración para el software según el estudio realizado.

The screenshot displays the software interface for wastewater treatment simulation. The 'Input: 1' section shows three variables with their current values and sliders for adjustment:

- [1] total COD: 1035.7 mgCOD/L (range 0.0 to 2150.0)
- [1] pH: 7.76 (range 0.0 to 35.0)
- [1] influent flow: 1177.83 m3/d (range 0.0 to 10000.0)

The central diagram illustrates the treatment process flow: AFLENTE (Influent) → REJAS (Screens) → DESARENADOR (Sand Settling Tank) → TUBERIA HDP (High-Density Polyethylene Pipe) → TANQUE IMHOFF (Imhoff Tank) → DESHIDRATADOR (Dewatering Tank) → DESECHO LODO (Sludge Disposal) → FILTRO BIOLÓGICO (Biological Filter) → DESINFECCIÓN (Disinfection) → EFLUENTE (Effluent).

The 'Outputs' panel shows the 'AFLENTE' (Influent) stream with a flow rate of 1 m3/d. Below this, the 'Simulation Results' table shows zero values for TSS, VSS, and cBOD5. The 'Mass Flows' table shows zero values for TSS, COD, TN, and TP.

Parameter	Value
Flow	1 m3/d
TSS	0 mg/L
VSS	0 mg/L
cBOD5	0 mg/L

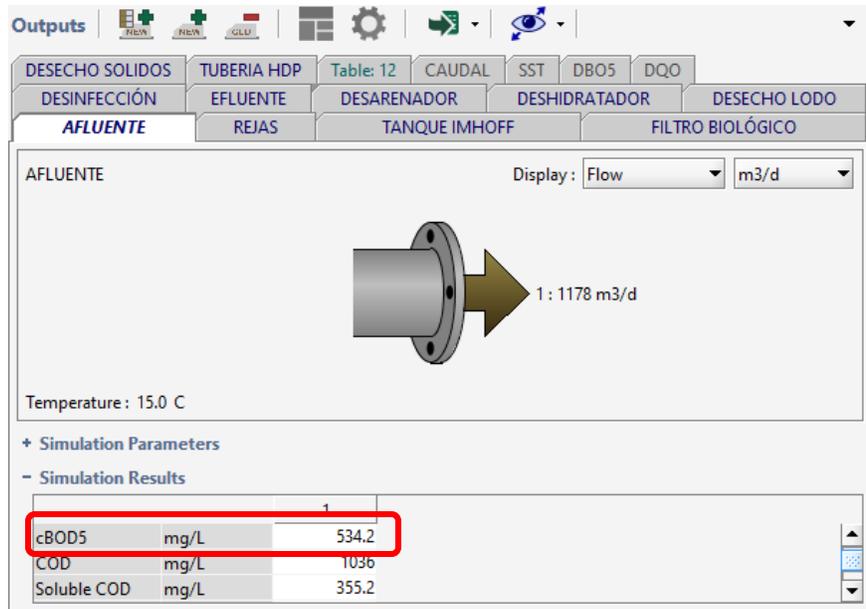
Parameter	Unit	1	Total In	Total Out
TSS	kg/d	-	-	-
COD	kg/d	-	-	-
TN	kg/d	-	-	-
TP	kg/d	-	-	-

Datos de entrada para la calibración del software, en este caso se ajustó más con el DQO

obteniendo valores no tan distantes. Como es el caso del DBO los valores de los parámetros

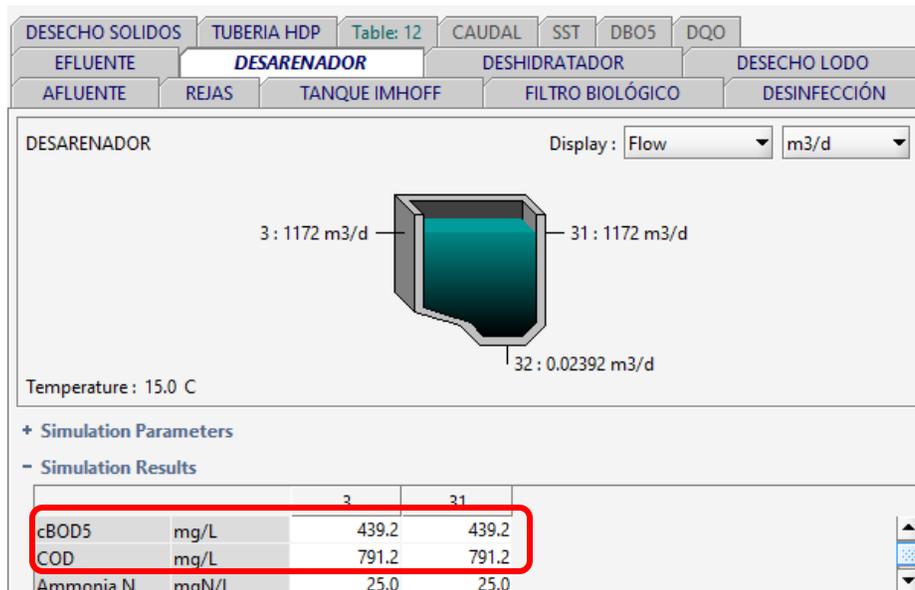
arrojaron muy distantes a los valores del laboratorio en cada proceso.

Figura 42. Simulación de la PTAR (en el Efluente)



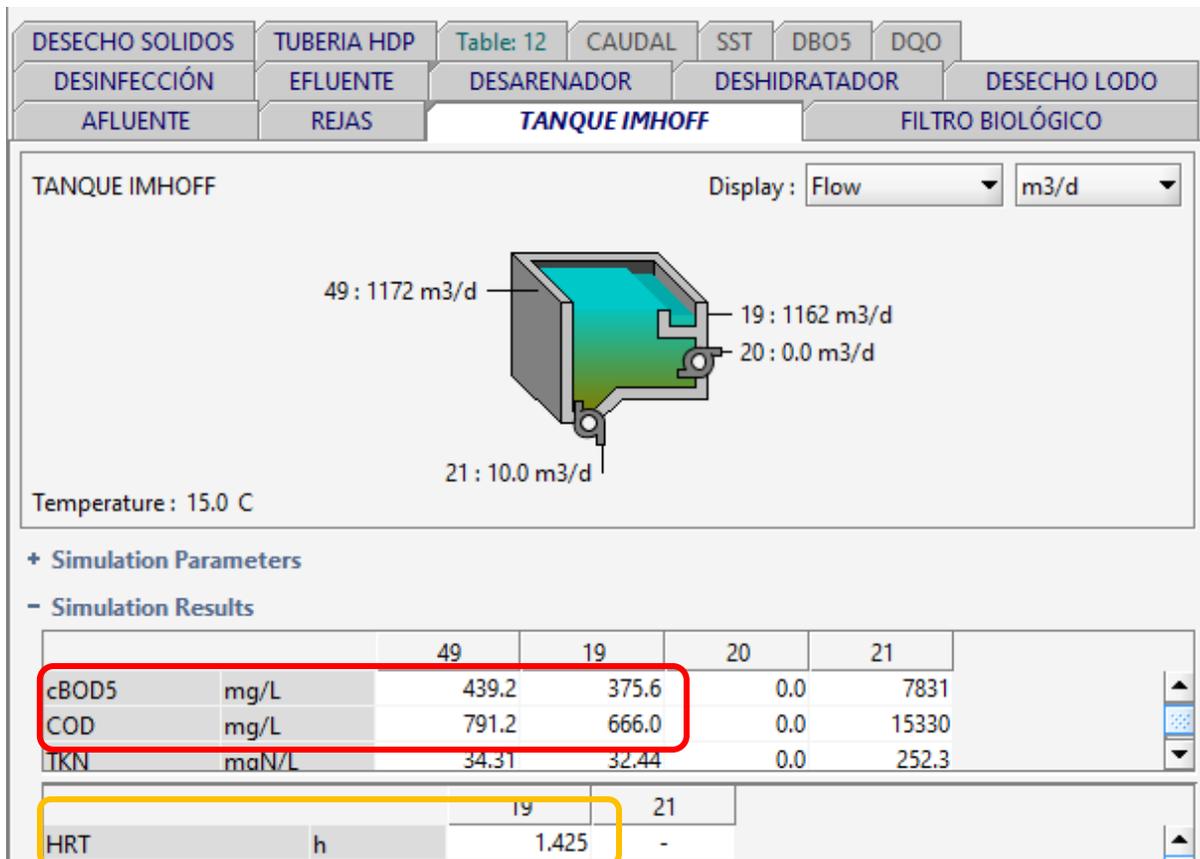
Realizando la simulación, el valor obtenido en el programa con respecto al DBO es de 534.2 mg/L y según el análisis del laboratorio regional del agua es de 538.1 mg/L, el cual la diferencia es muy reducida.

Figura 43. Simulación de la PTAR (en el Desarenador)



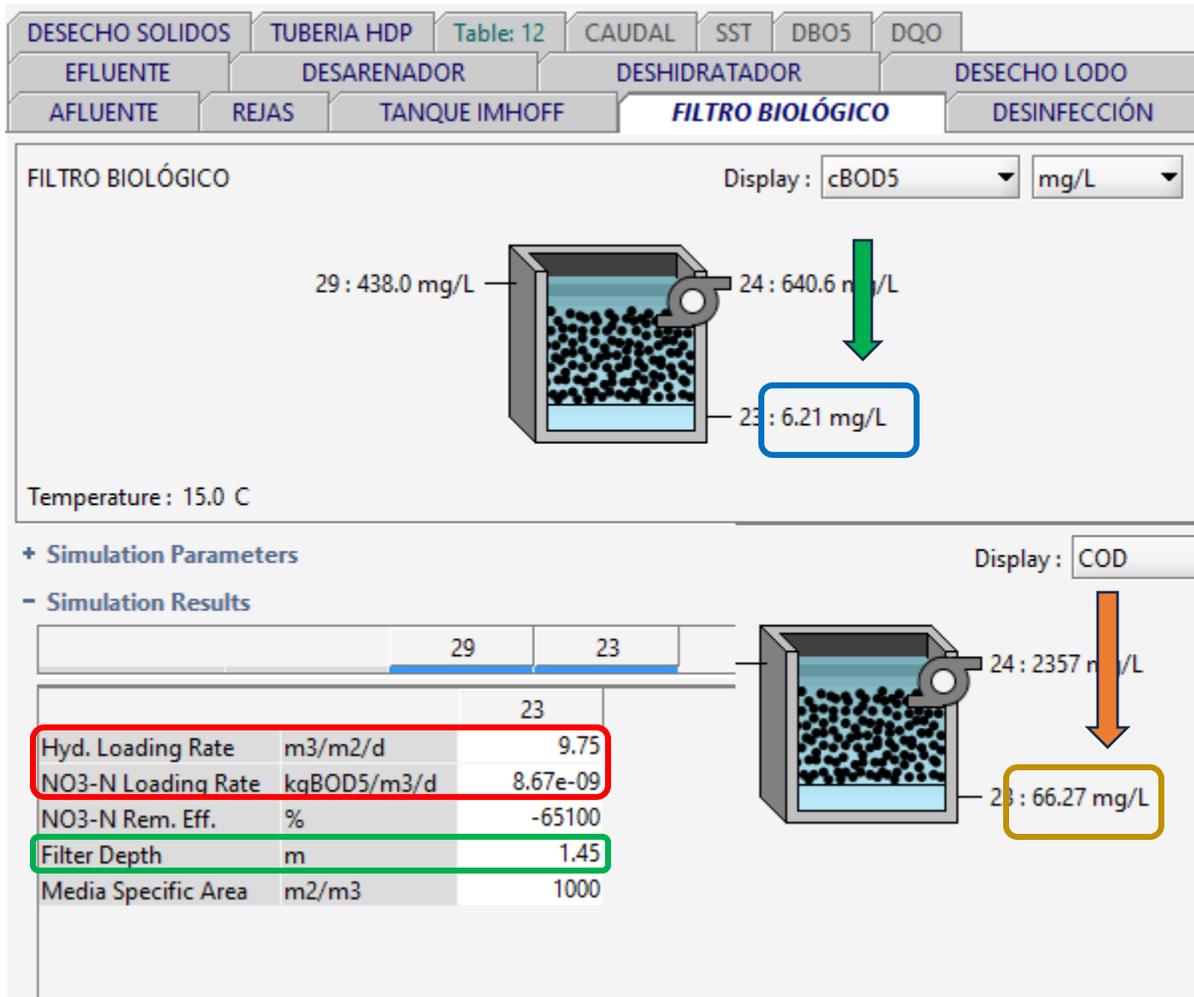
Realizando la simulación, el valor obtenido en el programa con respecto al DBO y DQO en la salida del desarenador es de 439.20 mg/L y 791.2 mg/L, según el análisis del laboratorio regional del agua para DBO es de 414.20 mg/L y para el DQO es de 957.1 mg/L, el cual la diferencia es reducida.

Figura 44. Simulación de la PTAR (en el Tanque Imhoff)



Realizando la simulación, el valor obtenido en el programa con respecto al DBO y DQO en la salida del tanque Imhoff es de 375.6 mg/L y 666.00 mg/L, según el análisis del laboratorio regional del agua para DBO es de 319.8 mg/L y para el DQO es de 650.00 mg/L, el cual la diferencia es reducida. Además, el Tiempo de Retención Hidráulico es de 1.43 horas, teniendo como cálculos realizados en campo mediante volumen/caudal; un TRH de 1.59 horas y mediante un objeto tiene un TRH de 2.39 horas cumpliendo con la norma establecida.

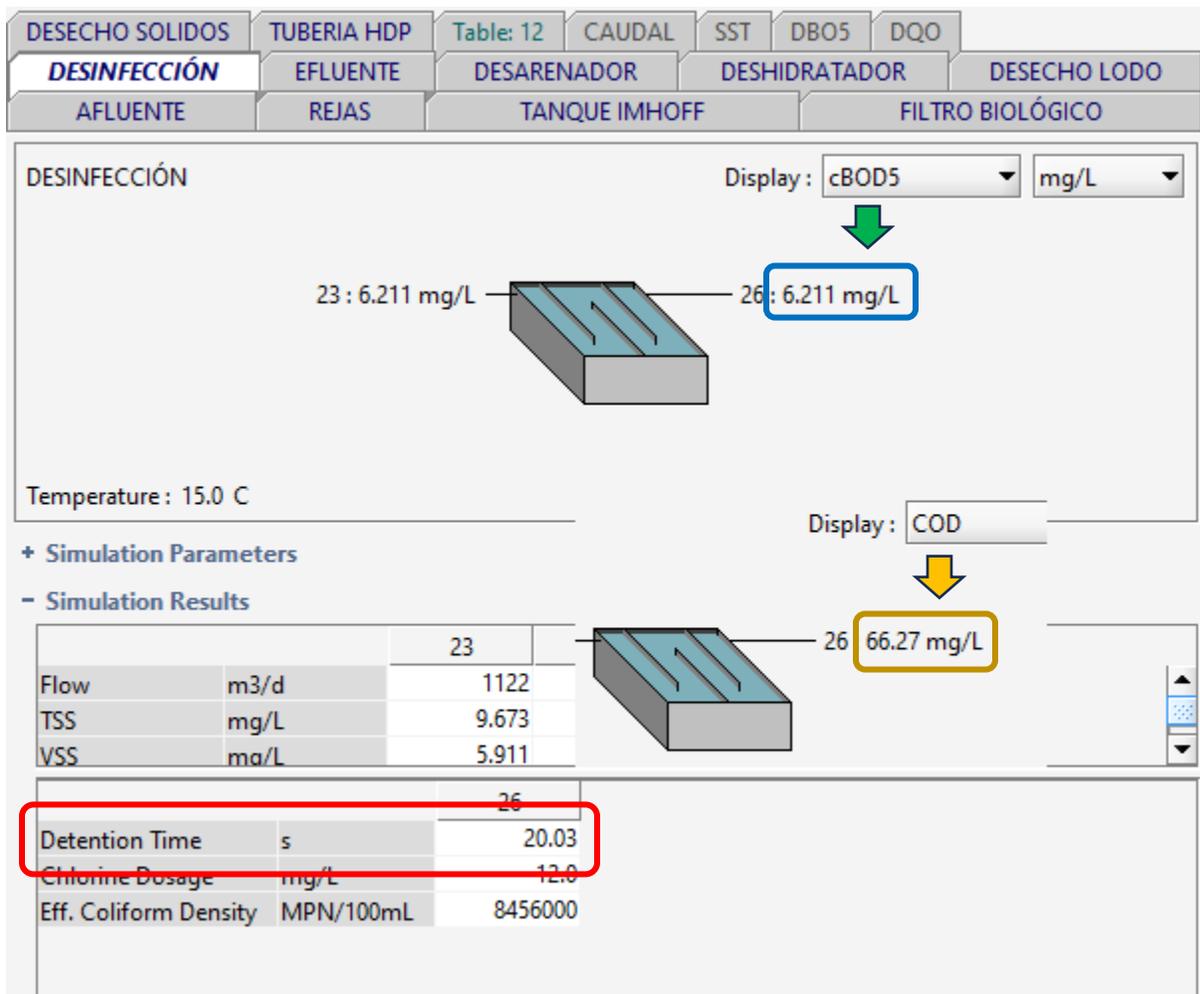
Figura 45. Simulación de la PTAR (en el Filtro Percolador)



Realizando la simulación, el valor obtenido en el programa con respecto al DBO y DQO en la salida del filtro percolador es de 6.21 mg/L y 66.27 mg/L, según el análisis del laboratorio regional del agua para DBO es de 296.30 mg/L y para el DQO es de 600 mg/L, el cual la diferencia es muy alta, esto se debe a que el filtro en software el funcionamiento es óptimo, muy por el contrario, en la realidad ya que dicha estructura está en pésimas condiciones. Además, la carga Hidráulica es de 9.75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d y el medio plástico de 1.45 m modelados en el software y los estándares establecidos por la norma OS 090, varia de 8.00 a 40.00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, en la carga hidráulica y en medio plástico varia de 1.00 a 2.00 metros cumpliendo con la normativa,

y la carga orgánica varia de 0.4 a 4.8 Kg DBQ/m<sup>3</sup>/d, sin embargo, en la simulación la carga orgánica de 0.0011 Kg DBQ/m<sup>3</sup>/d, no cumpliendo con la norma establecida.

Figura 46. Simulación de la PTAR (en la Cámara de Contacto y Cloración)



Realizando la simulación, el valor obtenido en el programa con respecto al DBO y DQO en la salida de la cámara de contacto y cloración es de 6.21 mg/L y 66.27 mg/L, según el análisis del laboratorio regional del agua para DBO es de 284.90 mg/L y para el DQO es de 596.40 mg/L, el cual la diferencia es muy alta, esto se debe a que la cámara de contacto y cloración en software el funcionamiento es óptimo, muy por el contrario, en la realidad. El tiempo de retención es de 20.03 segundos.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se logró describir todas las estructuras que conforman la planta de tratamiento de las aguas residuales del Centro Poblado El Rosario de Polloc, el cual se concluye que, en el desarenador hay presencia de fisuras, en el tanque Imhoff la pintura está completamente deteriorada y en el filtro percolador hay presencia de fisuras y crecimiento de hierbas, las fisuras, el deterioro de pintura y el crecimiento de hierbas dentro del lecho filtrante no afectan en su funcionamiento de estas.
- La eficiencia tanto física, químicas y bacteriológicas de cada uno de los componentes de la planta de tratamiento; en el desarenador los **SST** tiene una eficiencia de **0.00%**, el cual indica que dicha estructura no funciona correctamente, en el Tanque Imhoff la eficiencia en **SST** es de **26.42%**, estando muy por debajo del rango, el cual debe encontrarse entre 40 al 50% de eficiencia y en el filtro percolador la eficiencia en **SST** es de **15.38%** encontrándose muy deficiente, ya que debe de estar entre 70 a 90% de eficiencia. Para el **DBO**, en el Tanque Imhoff la eficiencia es de **22.79%** estando por debajo del rango, el cual debe encontrarse entre 25 al 35% de eficiencia y en el filtro percolador la eficiencia del **DBO**, es de **7.35%** encontrándose muy deficiente, ya que debe de estar entre 50 a 90% de eficiencia. Para el **DQO**, en el Tanque Imhoff la eficiencia es de **32.09%** estando por debajo del rango, el cual debe encontrarse entre 30 a 40% de eficiencia y en el filtro percolador la eficiencia del **DQO**, es de **7.69%** encontrándose muy deficiente, ya que debe de estar entre 75 a 85% de eficiencia. Por lo tanto, dichas estructuras no estarían funcionando adecuadamente. La eficiencia La eficiencia hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales tiene un 88.18% de eficiencia, como perdida de fluido un 11.82%.

- Se realizó la evaluación hidráulicamente en cada estructura de la PTAR, el desarenador tiene un **TRH** de **38.55 segundos** cumpliendo con lo indicado, el cual debe de estar entre 20 segundos a 3 minutos, en el tanque Imhoff el **TRH** es de **2.39** horas mediante un objeto, **1.59** horas mediante volumen/ caudal y **1.43** horas mediante modelamiento con el software GPS – X los cuales se encuentra dentro de los parámetros señalados según la norma de 1.5 a 2.5 horas, para el filtro percolador no he podido encontrar como realizar la evaluación hidráulica, sin embargo, si realice el modelamiento, el cual para la carga Hidráulica es de **9.75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d** estando dentro de los parámetros establecidos por la norma ya que varía de 8.00 a 40.00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d de carga Hidráulica, la carga orgánica según el modelamiento está en **0.0011 Kg DBQ/m<sup>3</sup>/d**, no cumpliendo con la normativa que esta entre 0.4 a 4.8 Kg DBQ/m<sup>3</sup>/d de carga orgánica y por último el medio filtrante es de **1.45** metros medidos en campo y modelado en el software, el cual la norma indica que debe estar entre 1.00 a 2.00 metros, cumpliendo con dicha normativa.
- Las aguas residuales del efluente tienen un DBO de 284.9 mg O<sub>2</sub>/L y los LMP es de 100 mg O<sub>2</sub>/L, para el DQO tiene 596.40 mg O<sub>2</sub>/L en el efluente y los LMP es de 200 mg O<sub>2</sub>/L, para los SST tiene 132 mg/L en el efluente y los LMP es de 150 mg/L, para aceites y grasas tiene 35.7 mg/L en el efluente y los LMP es de 20 mg/L y para los coliformes termotolerantes es de 5400000 NMP/100 mL en el efluente y los LMP es de 10000 NMP/100 mL, los cuales solo en los SST cumple con la normativa y los otros 4 parámetros superan los límites máximos permisibles, por lo tanto, no cumple con dicho decreto supremo, infiriendo así que el agua residual que sale de la planta de tratamiento aún está contaminada, ya que, en 1 de 5 parámetros evaluados tiene una mejor calidad de tratamiento, el cual es solidos suspendidos totales, teniendo una cifra alarmante y preocupante en relación a; aceites y grasas, DBO, DQO y Coliformes Termotolerantes

los cuales no cumplen con la calidad de agua para su vertimiento.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda capacitar al personal encargado del mantenimiento de la PTAR, para su correcta operación y funcionamiento.
- Reactivar la cloración para disminuir la contaminación del cuerpo receptor río La Quispa.
- Se recomienda que para la construcción de filtros percoladores, las tuberías que alimentan al filtro no sean enterradas sino más bien, no se encuentren en contacto con el material filtrante, esto con el motivo de evitar obstrucciones y mal funcionamiento del filtro percolador.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CALLATA J., (2013) “Evaluación y Propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Ajoyani – Carabaya – Puno – 2013”. Tesis para optar el título de ingeniero agrícola. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- CÁRDENAS, C; JAEGER, C; VILLASMIL, H; PERRUOLOM T; YABROUDI, S. & CASTEJÓN, O., (2002). Evaluación de las Unidades que conforman la PTAR Maracaibo Sur. En: Revista Técnica facultad de Ingeniería (Venezuela). Universidad de Zulia. Vol. 28, No 2; pp. 97-109.
- CORREA, RG., (2008) “Evaluación y Monitoreo del Sistema de Lagunas de Estabilización del Municipio de Santa Fe de Antioquia, Colombia”. Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar al título de Magíster en Ingeniería Sanitaria. Universidad De Antioquia. 2008 Medellín – Colombia.
- Delgado, E. (2015). Simulación de planta de tratamiento anaerobio utilizando GPS -X. México.
- DE LA VEGA. M. (2012). Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Primera edición. México, 2012.
- FAIR, G., GEYER, J. Y OKUN. D., (1992). Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales. México. Editorial Limusa S.A. 1° Edición. 200 p.
- GUERRA L., (2011) “Evaluación De La PTAR De Bassussarry Utilizando Bioreactores De Membrana”. Proyecto de grado para optar el título de ingeniero químico. Universidad Simón Bolívar Decanato de Estudios Profesionales Coordinación de Ingeniería Química. 2011 Bassussarry – Francia.
- Hernández, A. (2001). Depuración y desinfección de aguas residuales. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p.

- Hillbeboe, H. E. (2005). Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Mexico
- Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. “Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado”. París - Francia.
- MAMANI C., (2018) “Evaluación de Carga Contaminante Generado por el Vertimiento de Aguas Residuales de la Municipalidad Provincial de Yunguyo”. Tesis para optar el título de ingeniero químico. Universidad Nacional del Altiplano. 2018 Puno – Perú.
- MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO (2016). Diseño de PTARs Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos. Coyoacán, México.
- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (MVCS)., (2013). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales
- MORALES, R. E. (2007). Evaluación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales.
- OROZCO, A., (2005). Bioingeniería de Aguas Residuales.
- PORTERO Y AMAT., (2017) “Evaluación de la PTAR de la Ciudad de Babahoyo”. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad católica de Santiago de Guayaquil. 2017 Guayaquil – Ecuador.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma OS.090. 2019 Lima – Perú.
- ROMERO, J., (2005). “Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales”. Bogota - Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Primera Edición.
- ROMERO, J., (2000). Tratamiento de Aguas residuales. Bogota - Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Tercera Edición.
- ROLIM, MS., (2000). Sistemas de Lagunas de Estabilización. Editorial Mc Graw Hill, Santa Fe de Bogotá, pp.31.

- SUNASS., (2005). El Diagnostico de las PTARs en el Ámbito de Operación de la Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento. 1° Edición. Lima - Perú.
- Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades. Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/Tratamiento de Aguas residuales en Peque.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Tratamiento_de_Aguas_residuales_en_Peque.pdf)

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### ANEXO N°01. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS – MICROBIOLÓGICOS DE CINCO (5) PARÁMETROS ANALIZADOS



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA**  
CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

#### INFORME DE ENSAYO N° IE 08230845

DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	ORLANDO MORENO ALCANTARA		
Dirección	HUACARIZ CHICO		
Persona de contacto	ORLANDO MORENO ALCANTARA	Correo electrónico	<a href="mailto:omoreno14@unc.edu.pe">omoreno14@unc.edu.pe</a>
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	09.08.23	Hora de Muestreo	10:35 a 13:42
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	06		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Encañada- Cajamarca		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-1063	Cadena de Custodia	CC - 0845 - 23
Fecha y Hora de Recepción	09.08.23	15:10	Inicio de Ensayo 09.08.23 15:20
Reporte Resultado	18.08.23	16:30	

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digital mente por NEYRA JAICO  
Edder Miguel FAU 2045374416 actB  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 18/08/23 05:18 p.m.

Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Cajamarca, 18 de Agosto de 2023

**INFORME DE ENSAYO N° IE 08230845**

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisisicoquímicos					
Código de la Muestra	Río La Quipta 100 m aguas abajo del Efuyente		Salida del filtro biológico	Salida del tanque Imhoff	Salida del desarenador	Afuente PTAR	Salida cámara de contacto y cloración	
Código Laboratorio	08230845-01		08230845-02	08230845-03	08230845-04	08230845-05	08230845-06	
Matriz	Residual		Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	
Descripción	Doméstica		Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	
Localización de la Muestra	C.P. El Rosario de Polloc		C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisisicoquímicos					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	<LCM	156.0	212.0	212.0	190.0	132.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	<LCM	296.3	319.8	414.2	538.1	284.9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	10.1	600.0	650.0	957.1	1035.7	596.4
Aceites y Grasas	mg/L	1.7	<LCM	36.6	47.1	68.4	73.5	35.7

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por  
LOPEZ LEON Freddy Humberto  
FAU 20483144198 cod  
Motivo: Voto en señal de  
conformidad  
Fecha: 18/08/2023 09:11 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

Cajamarca, 18 de Agosto de 2023

**INFORME DE ENSAYO N° IE 08230845**

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	Río La Queipa 100 mt aguas abajo del Efluente		Salida del filtro biológico	Salida del tanque Imhoff	Salida del desarenador	Afluente PTAR	Salida cámara de contacto y cloración	
Código Laboratorio	08230845-01		08230845-02	08230845-03	08230845-04	08230845-05	08230845-06	
Matriz	Residual		Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	
Descripción	Doméstica		Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	
Localización de la Muestra	C.P. El Rosario de Polloc		C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	C.P. El Rosario de Polloc	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	22 x 10 <sup>8</sup>	11 x 10 <sup>8</sup>	17 x 10 <sup>8</sup>	35x 10 <sup>8</sup>	35 x 10 <sup>8</sup>	54 x 10 <sup>8</sup>

*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado*



Firmado digitalmente por  
NEYRA JAICO Eder Miguel  
FAU 20483744168 soft  
Motivo: Visto en señal de conformidad  
Fecha: 18/08/2023 05:18 p.m.

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

Cajamarca, 18 de Agosto de 2023

**INFORME DE ENSAYO N°**

**IE 08230845**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 24 th Ed. 2023: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105 °C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.  
 (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.  
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.  
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.  
 ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.  
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.  
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 18 de Agosto de 2023

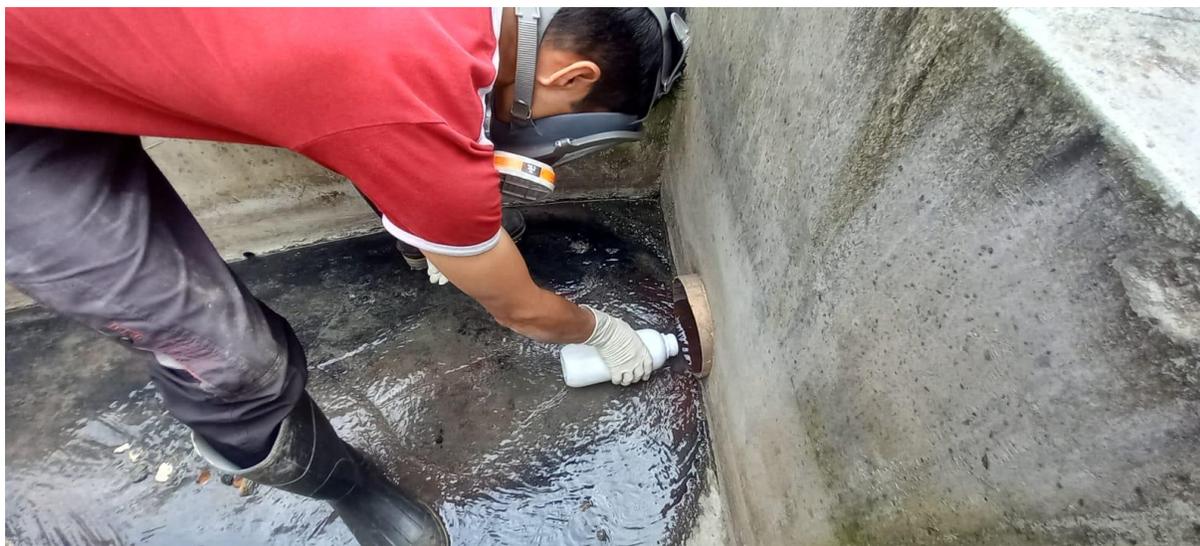


Firmado digitalmente por  
NEYRA JAICO Eder Miguel  
FAU 20483744168 soft  
Motivo: Vao en señal de  
conformidad  
Fecha: 18/08/2023 05:18 p.m.

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA N°01: Toma de muestra al inicio de la PTAR



FOTOGRAFÍA N°02: Toma de muestra a la salida del Desarenador.



FOTOGRAFÍA N°03: Toma de muestra a la salida del Tanque Imhoff.



FOTOGRAFÍA N°04: Toma de muestra a la salida del Filtro Percolador.



FOTOGRAFÍA N°05: Toma de muestra a la salida de la Cámara de Contacto y Cloración.



FOTOGRAFÍA N°06: Toma de muestra a 100 metros aguas abajo del efluente.



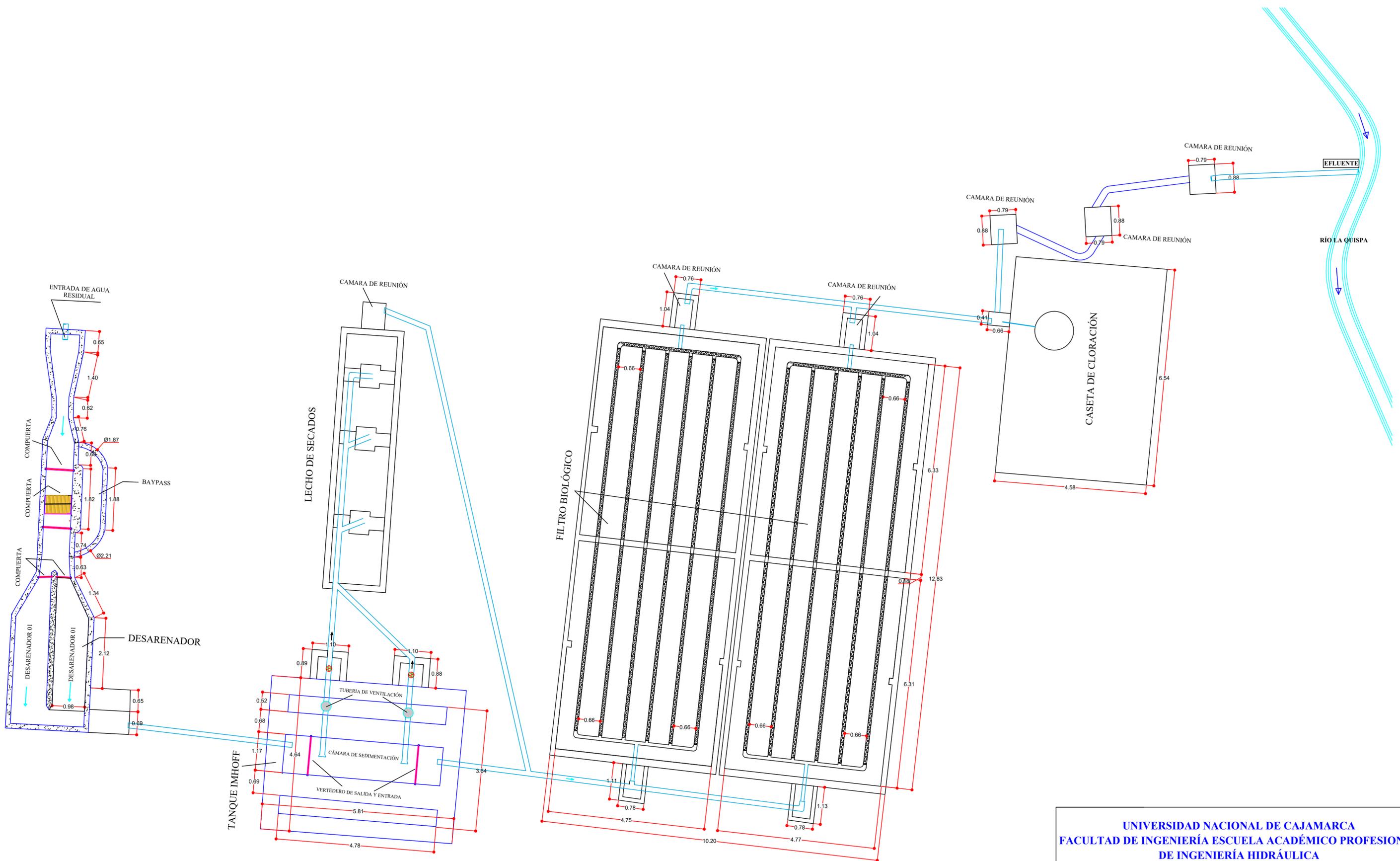
FOTOGRAFÍA N°07: Materiales utilizados.



FOTOGRAFÍA N°08: Aforo del agua residual.



## **CAPÍTULO VIII. PLANO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL**  
**DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**



TESIS PROFECIONAL  
**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE**  
**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL**  
**CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC LA**  
**ENCAÑADA - CAJAMARCA 2023**

FECHA: SEPTIEMBRE 2023	ESCALA: 1:75	PLANO: PLANO EN PLANTA DE LA PTAR DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC	TESISTA: <b>MORENO ALCÁNTARA ORLANDO</b>
---------------------------	-----------------	--	---