



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES GENERADAS EN LA INDUSTRIA “LÁCTEOS  
DEL VALLE”, EN EL CANTÓN CHACO – PROVINCIA DE  
NAPO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:** EDWIN VINICIO VALDIVIESO HIDALGO

**DIRECTOR:** Ing. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA, Mgs.

Riobamba - Ecuador

2023

© 2023, Edwin Viniio Valdivieso Hidalgo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Edwin Vinicio Valdivieso Hidalgo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi auditoria y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras Fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de junio de 2023



---

**Edwin Vinicio Valdivieso Hidalgo**

**C.I. 150093176-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERIA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico , **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA INDUSTRIA “LÁCTEOS DEL VALLE”, EN EL CANTÓN CHACO – PROVINCIA DE NAPO**, realizado por el señor **EDWIN VINICIO VALDIVIESO HIDALGO** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Mabel Mariela Parada Riviera, Mgs <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>		2023-05-25
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa, Mgs <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-05-25
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy, Mgs <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-05-25

## **DEDICATORIA**

Yo dedico la tesis a mis padres y hermanos quienes siempre me dieron el apoyo necesario para no decaer en este camino. brindándome su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí, una mejor persona

Edwin

## AGRADECIMIENTO

A mis padres, Ernesto Valdivieso y Norma Hidalgo por ser mi gran apoyo incondicional durante toda mi vida, cada una de sus palabras se convirtieron en mi centro de motivación que me ayudó a no rendirme y a luchar por lo que siempre he anhelado, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de la lucha constante, el esfuerzo y la valentía. A mi hermanos, Diego y Damaris por estar presente en cada escalón de mi vida dándome ánimos para seguir adelante y no decaer en este camino. A mis abuelitos que me apoyaron en esta etapa universitaria y a mis tíos, especial a mi tío Agustín que me acogió como su hijo desde el primer día que empecé mi carrera universitaria. A mi directora de tesis, Ing. Mayra Zambrano y a mi asesor, Ing. Ramiro Cepeda por transmitirme sus conocimientos y guiarme teórica y metodológicamente por medio de sus asesorías y sugerencias en el desarrollo de este proyecto técnico. A la Dra. Gina Álvarez por brindarme la asesoría necesaria para el desarrollo experimental de este proyecto. A mis amigos, que me brindaron su apoyo quienes hicieron de esta experiencia universitaria, la mejor etapa de mi vida, desde el inicio nos hemos apoyado en los momentos más difíciles hasta alcanzar este gran logro.

Edwin

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1.	Antecedentes .....	2
1.2.	Planteamiento del problema .....	2
1.3.	Justificación .....	3
1.4.	Objetivos .....	4
1.4.1.	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	5
2.1.	Antecedentes de investigación .....	5
2.2.	Referencias teóricas .....	6
2.2.1.	<i>Planta procesadora de productos lácteos</i> .....	6
2.2.2.	<i>La leche</i> .....	6
2.2.3.	<i>Composición de la leche</i> .....	6
2.2.4.	<i>Diagrama de la empresa del valle</i> .....	7
2.2.5.	<i>Fuente de generación de agua residual en la industria láctea</i> .....	7
2.2.6.	<i>Agua Residual</i> .....	8
2.2.7.	<i>Clasificación del agua residual según su descarga</i> .....	8
2.2.8.	<i>Características físicas de las aguas residuales</i> .....	9
2.2.9.	<i>Características químicas de las aguas residuales</i> .....	10

2.2.10.	<i>Características biológicas de las aguas residuales</i> .....	10
2.2.11.	<i>Sistema de tratamiento</i> .....	11
2.2.12.	<i>Tratamiento de aguas residuales</i> .....	11
2.2.12.1.	<i>Tratamiento primario</i> .....	11
2.2.12.2.	<i>Tratamiento secundario</i> .....	11
2.2.12.3.	<i>Tratamiento terciario</i> .....	12
2.3.	<b>Marco legal conservación del ambiente</b> .....	13
2.3.1.	<i>Constitución política de la República del Ecuador</i> .....	13
2.3.2.	<i>Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce</i> .....	13

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	14
3.1.	<b>Ingeniería del proyecto</b> .....	14
3.2.	<b>Localización del proyecto</b> .....	14
3.3.	<b>Métodos y técnicas</b> .....	15
3.3.1.	<i>Métodos</i> .....	15
3.3.2.	<i>Técnicas</i> .....	15
3.3.2.1.	<i>Análisis de laboratorio</i> .....	16
3.3.2.2.	<i>Técnicas de análisis físico-químico</i> .....	16
3.3.2.3.	<i>Técnicas de análisis microbiológicos</i> .....	24
3.3.2.4.	<i>Ensayos de tratabilidad a nivel de laboratorio</i> .....	26
3.4.	<b>Muestreo</b> .....	29
3.5.	<b>Medición del caudal de agua residual producido en la planta</b> .....	29
3.6.	<b>Caracterización del agua residual de la planta</b> .....	31
3.7.	<b>Índice de biodegradabilidad</b> .....	32
3.7.1.	<b>Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua residual inicial</b> .....	33
3.8.	<b>Parte experimental</b> .....	33
3.8.1.	<i>Tratamiento físico</i> .....	34
3.8.1.1.	<i>Sistema de rejilla</i> .....	34
3.8.1.2.	<i>Trampa de grasa</i> .....	34
3.8.1.3.	<i>Aireación</i> .....	35
3.8.2.	<i>Tratamiento químico</i> .....	37
3.8.2.1.	<i>Tratamiento con sulfato de aluminio</i> .....	37



3.8.2.2.	<i>Tratamiento con Cloruro férrico</i> .....	38
3.8.2.3.	<i>Tratamiento con policloruro de aluminio</i> .....	38
3.8.2.4.	<i>Adición de floculante</i> .....	39
3.9.	<b>Prueba de sedimentación</b> .....	40
3.10.	<b>Filtración</b> .....	40
3.11.	<b>Cálculos ingenieriles para el tratamiento del agua residual</b> .....	43
3.11.1.	<i>Cálculo del caudal</i> .....	43
3.11.2.	<i>Canal de entrada</i> .....	44
3.11.3.	<i>Rejillas de barras</i> .....	47
3.11.4.	<i>Trampa de grasa</i> .....	52
4.1.1.5.	<i>Tanque de aireación</i> .....	54
3.11.6.	<i>Tanque de coagulación-floculación</i> .....	58
3.11.7.	<i>Tanque de sedimentación</i> .....	63
3.11.8.	<i>Diseño del filtro lento</i> .....	66
3.11.9.	<i>Dosificación del coagulante al 3% coagulante y el floculante aniónico</i> .....	70

#### CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	73
4.1.	<b>Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento</b> .....	73
4.1.1.	<i>Caudal del efluente</i> .....	73
4.1.2.	<i>Canal de entrada</i> .....	73
4.1.3.	<i>Sistema de rejillas</i> .....	74
4.1.4.	<i>Trampa de grasa</i> .....	74
4.1.5.	<i>Tanque de aireación</i> .....	75
4.1.6.	<i>Tanque de coagulación-floculación</i> .....	76
4.1.7.	<i>Tanque de sedimentación</i> .....	76
4.1.8.	<i>Filtro lento</i> .....	77
4.2.	<b>Resultados de la dosificación de los insumos químicos</b> .....	77
4.3.	<b>Resultados de la caracterización residual después del tratamiento.</b> .....	78
4.4.	<b>Comparación de la caracterización inicial y final del agua residual</b> .....	79
4.5.	<b>Porcentaje de remoción de los procesos</b> .....	80
4.5.1.	<i>Remoción de DQO y DBO<sub>5</sub></i> .....	81
4.5.2.	<i>Remoción de sólidos totales y sólidos suspendidos</i> .....	82

4.5.3.	<i>Remoción turbiedad, aceites y grasas, nitrógeno total</i> .....	82
4.5.4.	<i>Remoción de coliformes fecales</i> .....	83
4.6.	<b>Propuesta del sistema de tratamiento residual</b> .....	83
4.7.	<b>Requerimiento de costos</b> .....	85
4.7.1.	<i>Costo del sistema de tratamiento propuesto</i> .....	85
4.7.2.	<i>Costo por dosificación de los insumos químicos</i> .....	88
4.8.	<b>Análisis y discusión de resultados</b> .....	89

## **CAPÍTULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	91
5.1.	<b>Conclusiones</b> .....	91
5.2.	<b>Recomendaciones</b> .....	93

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Composición porcentual de la leche .....	7
<b>Tabla 2-2:</b>	Parámetros físicos del agua residual .....	9
<b>Tabla 2-3:</b>	Parámetros químicos del agua residual .....	10
<b>Tabla 2-4:</b>	Parámetros biológicos del agua residual .....	10
<b>Tabla 3-1:</b>	Técnicas de laboratorio .....	16
<b>Tabla 3-2:</b>	Determinación del pH .....	16
<b>Tabla 3-3:</b>	Determinación de la Temperatura .....	17
<b>Tabla 3-4:</b>	Determinación de la Conductividad .....	17
<b>Tabla 3-5:</b>	Determinación de Aceites y Grasas .....	18
<b>Tabla 3-6:</b>	Determinación de Fósforo total .....	19
<b>Tabla 3-7:</b>	Determinación de nitrógeno total, Kjeldahl .....	20
<b>Tabla 3-8:</b>	Determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	21
<b>Tabla 3-9:</b>	Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	21
<b>Tabla 3-10:</b>	Determinación de Sólidos sedimentables .....	22
<b>Tabla 3-11:</b>	Determinación de Sólidos en suspensión .....	23
<b>Tabla 3-12:</b>	Determinación de sólidos totales .....	23
<b>Tabla 3-13:</b>	Determinación de Coliformes fecales .....	24
<b>Tabla 3-14:</b>	Determinación de Coliformes totales .....	25
<b>Tabla 3-15:</b>	Trampa de grasa .....	26
<b>Tabla 3-16:</b>	Aireación .....	27
<b>Tabla 3-17:</b>	Test de jarras .....	27
<b>Tabla 3-18:</b>	Requerimiento de equipos y materiales para el monitoreo y toma de muestras .....	29
<b>Tabla 3-19:</b>	Medición del caudal .....	30
<b>Tabla 3-20:</b>	Caracterización primaria del agua residual .....	31
<b>Tabla 3-21:</b>	Análisis del índice de biodegradabilidad .....	32
<b>Tabla 3-22:</b>	Concentración de DBO <sub>5</sub> y DQO en el agua residual inicial .....	33
<b>Tabla 3-23:</b>	Caracterización del agua residual después del tratamiento físico .....	36
<b>Tabla 3-24:</b>	Ensayo de tratamiento con Sulfato de aluminio al 3% .....	37
<b>Tabla 3-25:</b>	Ensayo de tratamiento con Cloruro férrico al 3% .....	38
<b>Tabla 3-26:</b>	Ensayo de tratamiento con Policloruro de aluminio al 3% .....	38
<b>Tabla 3-27:</b>	Dosificación del floculante aniónico .....	39

<b>Tabla 3-28:</b>	Prueba de sedimentación .....	40
<b>Tabla 3-29:</b>	Caracterización del agua residual tratada .....	41
<b>Tabla 3-30:</b>	Criterios de la capacidad de canales revestidos .....	44
<b>Tabla 3-31:</b>	Coefficiente de Manning para cálculo de canales .....	46
<b>Tabla 3-32:</b>	Condiciones del diseño de rejillas de limpieza manual .....	48
<b>Tabla 3-33:</b>	Factor de pérdida para rejillas manual .....	50
<b>Tabla 3-34:</b>	Criterios de diseño para trampa de aceite y grasas .....	52
<b>Tabla 3-35:</b>	Consideraciones para el diseño de tanque de aireación .....	54
<b>Tabla 3-36:</b>	Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas .....	58
<b>Tabla 3-37:</b>	Propiedades físicas del agua a distintas temperaturas .....	62
<b>Tabla 3-38:</b>	Criterios de diseño de los floculadores mecánicos .....	62
<b>Tabla 3-39:</b>	Valores de Coeficiente de arrastre .....	63
<b>Tabla 3-40:</b>	Criterios de diseño para el tanque de sedimentación primaria y secundaria .....	63
<b>Tabla 3-41:</b>	Criterios de diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente .....	66
<b>Tabla 4-1:</b>	Resultados del caudal del agua residual .....	73
<b>Tabla 4-2:</b>	Resultados del canal de entrada .....	73
<b>Tabla 4-3:</b>	Resultados del sistema de rejillas .....	74
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados de la trampa de grasa .....	75
<b>Tabla 4-5:</b>	Resultados del tanque de aireación .....	75
<b>Tabla 4-6:</b>	Resultados del tanque coagulación-floculación .....	76
<b>Tabla 4-7:</b>	Resultados del tanque de sedimentación .....	76
<b>Tabla 4-8:</b>	Resultados filtro lento .....	77
<b>Tabla 4-9:</b>	Resultados del tanque de sedimentación .....	77
<b>Tabla 4-10:</b>	Caracterización del agua residual tratada y los límites establecidos en la Norma .....	78
<b>Tabla 4-11:</b>	Caracterización inicial y final del agua residual tratada .....	80
<b>Tabla 4-12:</b>	Porcentaje de remoción de la carga contaminante en la muestra .....	80
<b>Tabla 4-13:</b>	Costo de los equipos del sistema de tratamiento .....	86

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Diagrama de la empresa .....	7
<b>Ilustración 3-1:</b>	Georreferenciación de “lácteos del valle” .....	14
<b>Ilustración 3-2:</b>	Rejillas manuales .....	34
<b>Ilustración 3-3:</b>	Prototipo de la trampa de grasa .....	35
<b>Ilustración 3-4:</b>	Proceso de aireación .....	35
<b>Ilustración 3-5:</b>	Test de jarras .....	40
<b>Ilustración 3-6:</b>	Test de jarras .....	41
<b>Ilustración 3-7:</b>	Simulación de un canal rectangular .....	45
<b>Ilustración 3-8:</b>	Forma de varillas para rejilla .....	50
<b>Ilustración 3-9:</b>	Dimensiones de rejillas .....	51
<b>Ilustración 3-10:</b>	Dimensiones de trampa de grasa .....	54
<b>Ilustración 3-11:</b>	Dimisión Tanque de aireación .....	58
<b>Ilustración 3-12:</b>	Dimisión coagulación-floculación .....	61
<b>Ilustración 4-13:</b>	Tanque de sedimentación .....	66
<b>Ilustración 4-14:</b>	Dimensiones de filtro lento .....	69
<b>Ilustración 4-1:</b>	Remoción de DQO y DBO <sub>5</sub> .....	81
<b>Ilustración 4-2:</b>	Remoción de sólidos suspendidos y sólidos totales .....	82
<b>Ilustración 4-3:</b>	Remoción de turbiedad, aceites y grasas, nitrógeno total .....	82
<b>Ilustración 4-4:</b>	Remoción de turbiedad, aceites y grasas, nitrógeno total .....	83
<b>Ilustración 4-5:</b>	Diagrama del sistema de tratamiento de aguas residuales .....	84
<b>Ilustración 4-6:</b>	Planta de tratamiento .....	85

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ec. 3-1</b> .....	18
<b>Ec. 3-2</b> .....	23
<b>Ec. 3-3</b> .....	24
<b>Ec. 3-4</b> .....	30
<b>Ec. 3-5</b> .....	43
<b>Ec. 3-6</b> .....	43
<b>Ec. 3-7</b> .....	44
<b>Ec. 3-8</b> .....	45
<b>Ec. 3-9</b> .....	46
<b>Ec. 3-10</b> .....	47
<b>Ec. 3-11</b> .....	47
<b>Ec. 3-12</b> .....	48
<b>Ec. 3-13</b> .....	48
<b>Ec. 3-14</b> .....	49
<b>Ec. 3-15</b> .....	49
<b>Ec. 3-16</b> .....	50
<b>Ec. 3-17</b> .....	51
<b>Ec. 3-18</b> .....	52
<b>Ec. 3-19</b> .....	53
<b>Ec. 3-20</b> .....	53
<b>Ec. 3-21</b> .....	53
<b>Ec. 3-22</b> .....	55
<b>Ec. 3-23</b> .....	55
<b>Ec. 3-24</b> .....	56
<b>Ec. 3-25</b> .....	56
<b>Ec. 3-26</b> .....	56
<b>Ec. 3-27</b> .....	57
<b>Ec. 3-28</b> .....	57
<b>Ec. 3-29</b> .....	58
<b>Ec. 3-30</b> .....	59
<b>Ec. 3-31</b> .....	59

<b>Ec. 3-32</b> .....	60
<b>Ec. 3-33</b> .....	60
<b>Ec. 3-34</b> .....	60
<b>Ec. 3-35</b> .....	61
<b>Ec. 3-36</b> .....	62
<b>Ec. 3-37</b> .....	63
<b>Ec. 3-38</b> .....	64
<b>Ec. 3-39</b> .....	64
<b>Ec. 3-40</b> .....	65
<b>Ec. 3-41</b> .....	65
<b>Ec. 3-42</b> .....	65
<b>Ec. 3-43</b> .....	66
<b>Ec. 3-44</b> .....	70
<b>Ec. 3-45</b> .....	70
<b>Ec. 3-46</b> .....	71
<b>Ec. 3-47</b> .....	71

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- ANEXO B:** UBICACIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR)
- ANEXO C:** REJILLAS DEL DISEÑO DEL STAR
- ANEXO D:** CANAL DE ENTRADA DEL DISEÑO STAR
- ANEXO E:** AIREACIÓN DEL DISEÑO STAR
- ANEXO F:** TRAMPA DE GRASAS Y ACEITES DEL STAR
- ANEXO G:** FLOCULADO Y CUAGULADOR DEL STAR



## RESUMEN

El presente proyecto técnico consistió en diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Industria Lácteos del Valle debido a que estos efluentes son vertidos directamente a un cuerpo de agua dulce en este caso al río Quijos. Para el desarrollo de este estudio, se procedió con la recolección de muestras compuestas para la caracterización fisicoquímica y microbiológica, en el que se identificó los parámetros como: aceites y grasas, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total y coliformes fecales que se encuentran fuera de los límites permisibles de la Norma de Calidad Ambiental, por ende, se propuso un sistema de tratamiento en base al índice de biodegradabilidad el cual es 0,59, optando por un tratamiento fisicoquímico, por lo que se realizó una aireación en intervalos de 1 hora durante 2 días, una coagulación con PAC a 150 ppm y floculante aniónico a 6 ppm y una sedimentación por 1 hora. Una vez identificadas las variables de diseño, se determinó que el dimensionamiento del sistema acorde los tratamientos realizados, constará de los siguientes procesos; un sistema de rejilla manual, una trampa de grasa, un tanque de aireación, un coagulador-floculador, un sedimentador seguido de un filtro. Este diseño propuesto se validó mediante la caracterización final del agua tratada basada en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. En este estudio se recomienda implementar el sistema de tratamiento propuesto para la Planta con el fin de minimizar el impacto ambiental de los recursos hídricos de la comunidad.

**Palabras clave:** <AGUA RESIDUAL>, <BIODEGRADABILIDAD>, <CARGA CONTAMINANTE>, <TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO>, <NORMATIVA AMBIENTAL>, <RECUSO HÍDRICO>, <DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS>.



1339-DBRA-UPT-2023

## SUMMARY

This technical project consisted of designing a wastewater treatment system for the Dairy Industry of the Valley, since these effluents are discharged directly into a freshwater body, in this case the Quijos River. For the development of this study, we proceeded with the collection of composite samples for physicochemical and microbiological characterization, in which we identified parameters such as: Oils and fats, COD, BOD, suspended solids, total solids, total nitrogen and fecal coliforms that are outside the permissible limits of the Environmental Quality Standard ; therefore, a treatment system was proposed based on the biodegradability index which is 0.59, opting for a physicochemical treatment, for which aeration at 1-hour intervals for 2 days, as well as coagulation with PAC at 150 ppm and anionic flocculant at 6 ppm and sedimentation for 1 hour were carried out. Once the design variables were identified, it was determined that the sizing of the system according to the treatments carried out would consist of the following processes: a manual grid system, a grease trap, an aeration tank, a coagulator-flocculator, a settling tank followed by a filter. This proposed design was validated through the final characterization of the treated water based on the Environmental Quality Standard and Effluent Discharge to Water Resources. In this study, it is recommended to implement the proposed treatment system for the Plant in order to minimize the environmental impact of the community's water resources.

Key words: <WASTEWATER>, <BIODEGRADABILITY>, <CONTAMINANT LOAD>, <PHYSICOCHEMICAL TREATMENT>, <ENVIRONMENTAL STANDARD>, <WATER WASTE>, <CHEMICAL DOSAGE>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

## **INTRODUCCIÓN**

La industria láctea en el Ecuador constituye una de las principales actividades económicas con gran aporte a la fuente de empleos ya que busca el desarrollo constante en la elaboración de sus productos de primera calidad. Sin embargo, es una de las industrias que genera mayor contaminación a los distintos recursos hídricos debido al consumo excesivo de agua para sus diferentes líneas de procesos ya sea por la elaboración de sus productos, por la limpieza de sus equipos o el saneamiento de la planta lo que genera grandes volúmenes de aguas residuales con alto contenido de cargas contaminantes como la presencia de aceites y grasas, DQO, DBO5, nitrógeno, sólidos en suspensión y totales (Bermeo, 2016, p.67).

Las alternativas de mejoramiento son variadas, pero en ciertas ocasiones no se garantiza una buena relación amigable con el medio ambiente y las actividades que realizan varias industrias, como es el caso de la Planta lácteos del valle la cual ofrece una gran variedad de productos, pero incumple con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al Recurso agua, por lo que la Planta se ha interesado en contribuir con la depuración de sus aguas residuales generadas en sus actividades. Actualmente se ha puesto en marcha diferentes sistemas de tratamiento aplicados al agua residual que consiste en una serie de procesos físicos, químicos o biológicos que dependen de las características que presenta el efluente y el nivel de depuración requerido de acuerdo con el límite establecido por la normativa.

Como contribución a la solución de la problemática, se desarrolló el presente Proyecto técnico que propone realizar un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en base a la caracterización del efluente, pruebas de tratabilidad de parámetros que se encuentran fuera de la norma, validación del diseño, determinación de variables y cálculos de ingeniería con el propósito de reducir la carga contaminante del efluente, mismo que deberá cumplir con los parámetros establecidos en la Normativa vigente y puedan ser reutilizada para procesos dentro de la Planta o vertidas a un cuerpo hídrico generando en la Planta una producción más limpia.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

La industria “lácteos del valle” es una empresa familiar ubicada en el cantón Chaco provincia de Napo, es una empresa que cuenta en su línea de comercialización productos lácteos como queso fresco, mozzarella, queso andino de orégano, ají y natural, queso campo, manjar de leche, crema de leche, helados 100% natural, teniendo una gran acogida entre la comunidad, por lo que se procesa una gran cantidad de leche cruda. Destinada a la elaboración de quesos. El lactosuero generado por la empresa es apartado en tanques de almacenamiento posteriormente este es utilizado en la alimentación de animales de granja.

La alta demanda de producción de la planta provoca un foco de contaminación en la zona ya que, esta genera una gran cantidad de aguas residuales provenientes del proceso y limpieza de la planta, la misma que es derramada a una quebrada que desemboca en el Rio Quijos contaminándolo y causando daños a los pobladores asentados a las orillas del rio de igual forma afectando a la zona agrícola y ganadera. Es por esto por lo que el gerente de “lácteos del valle” viendo la problemática ocasionada se siente en la obligación de desarrollar el proyecto diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales generadas por esta empresa.

### 1.2. Planteamiento del problema

En el Ecuador la industria láctea crece y se fortalece junto a la población por tal razón es importante la determinación del tratamiento de aguas residuales acorde a cada empresa o industria. El agua residual derivado de la industria láctea es uno de los mayores problemas que presenta el medio ambiente, debido al constante uso del agua potable en la línea de proceso sea esta por la limpieza de quipos, materiales, eliminación del suero como producto incluso la limpieza de pisos y el área de trabajo. Por lo cual la industria láctea “del Valle” ubicada en la provincia del Napo, cantón Chaco la empresa no cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual obtenidas de la limpieza y elaboración de sus productos , la totalidad de agua residual generada por la empresa es transportada por tuberías PVC, las cuales son evacuadas directamente sin previo tratamiento a una quebrada aledaña a la industria, estas aguas desemboca en el afluente de agua dulce, generando un grave

problema de contaminación ambiental ya que en el paso de estas aguas por la quebrada va quedándose residuos orgánicos que con transcurso del tiempo se degrada y desprende malos olores produciendo la aparición de animales ya sean moscas, roedores etc. De igual forma estos flujos de aguas son un agente nocivo para la fauna que habita en el Rio Quijos y posterior a la población que habita en las orillas del Rio ya que uno de sus alimentos son la variedad de pescados que habitan en esta zona. Lo que se busca es tratar estas aguas residuales y reutilizar en actividades agrícolas en el riego de cultivos, de igual forma en las actividades ganaderas.

### **1.3. Justificación**

El agua es un elemento de suma importancia en la vida cotidiana, tiene un papel fundamental en el desarrollo de distintas formas de vida. Es indispensable para el ser humano, para distintas clases de industria, una de ellas es la industria láctea donde se utiliza grandes cantidades de agua para la elaboración de los productos derivados de la leche, de la misma manera es necesaria para la limpieza e inocuidad de equipos e instalaciones, esto hace que el agua residual generada contenga sales minerales, grasas, aceites y ácido láctico. Por lo que causa un efecto dañino a la salud e higiene humana.

Los organismos que regulan el cuidado estos afluentes requieren de un tratamiento físico, químico, y microbiológico. En vista a la importancia del cuidado del agua, los organismos de control como el Ministerio del medio ambiente, el Ministerio de Agrocalidad exigen un riguroso cuidado y tratamiento del agua utilizado en las empresas. La planta se encuentra ubicada en la provincia del Napo, cantón el Chaco la cual no cuenta con un adecuado tratamiento de agua generada en la industria, son vertidas a una quebrada que desemboca en el rio Quijos por lo que afecta directamente al medio ambiente y a los habitantes residentes a las orillas del rio , perjudicando la calidad de vida de los mismos, puesto que la mayoría de los habitantes se dedican a la agricultura, ganadería, y turismo ya que el rio Quijos es considerado uno de los mejores ríos para practicar deportes extremos como el kayak y rafting.

Es por esto que la empresa de lácteos “ Del Valle” pretende implementar un sistema de tratamiento de agua teniendo como principal objetivo el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes aledaños al rio, y mitigar el impacto ambiental en esta zona generado por la industria ,por este motivo el gerente y dueño de la empresa ha emitido el aval correspondiente para realizar un “diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales generadas en la industria ‘lácteos del valle’,

ubicada en el cantón Chaco – provincia de Napo” para cumplir con las expectativas que tiene la empresa y estar acorde con los organismos de regulación y cumpliendo de las exigencias establecidas por los organismos de regulación, adaptando los parámetros exigidos por la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del, Libro VI Anexo 1 de igual forma De acuerdo al artículo 5.2.4.9 “Las Página 5 de 7 aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.”

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales generadas en la industria “Lácteos del Valle”, en el Cantón Chaco – Provincia de Napo

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Realizar la caracterización físico- química y microbiológica de las aguas residuales generadas por la industria láctea “del Valle” en base a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10-Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.
- Identificar las variables de proceso para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del sistema de tratamientos de agua residual propuesto.
- Realizar el diseño y validar la propuesta de una planta de tratamiento de agua basados en los límites y parámetros del Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

En la Industria Láctea se genera una gran cantidad de aguas residuales, concentrando en esta abundante contaminación originados en sus procesos. Las aguas residuales de la industria láctea se caracterizan por adquirir una gran cantidad de materia orgánica, generalmente grasas y aceites, sólidos suspendidos, detergentes y valores de pH que exceden los rangos permitidos para ser vertimientos al medio ambiente. La electrocoagulación es un proceso que ha tenido un gran impacto en los últimos años como alternativa de tratamiento para las aguas residuales de esta industria, ofreciendo múltiples ventajas comparativas con las tecnologías tradicionales (Arango y Garcés, 2007, p.3).

La abundante demanda de productos lácteos hace que la industria represente una de las principales fuentes de contaminación de los recursos hídricos, especialmente en los procesos de producción se utiliza aproximadamente entre 1,3-3,2 L de agua/kg de leche recibida. Entre las operaciones que implican el consumo excesivo de agua es: el lavado y esterilización de los depósitos, tanques, equipos de enfriamiento y suelos. Prácticamente el agua que se emplea en la elaboración de estos productos es para la limpieza de los utensilios y el área de trabajo (López et al. 2016, p.1).

El tratamiento anaerobio de efluentes industriales está siendo estudiado intensivamente, mientras que efluentes ricos en carbohidratos (como los de la agroindustria láctea) aún necesitan ser investigados, debido a que poseen una alta tasa de materia orgánica fácilmente hidrolizable, lo que dificulta la estabilidad del sistema debido a que la fase de acidificación ocurre de forma excesivamente rápida, principalmente cuando son aplicadas altas tasas de velocidad de carga orgánica en los reactores (Arango y Sanches, 2009, p.1).

Las aguas residuales de las industrias lácteas son generalmente neutras o poco alcalinas, pero tienen tendencia a volverse ácidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche produciendo ácido láctico, sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, descendiendo el pH a 4,5 - 5,0. La composición de estas aguas incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína,

albúminas y globulinas) con una DQO entre 2000 - 4000 mg/ly una DBO entre 2000 - 3000 mg/l. El consumo de agua en las industrias lácteas oscila entre 8,0 - 35 l/kg de leche (Arango y Sanches, 2009, p.5).

## **2.2. Referencias teóricas**

### ***2.2.1. Planta procesadora de productos lácteos***

Tipo de industria alimentaria que tiene como principal materia prima la leche proveniente de los animales bovinos siendo un complemento alimentario para el ser humano. El desarrollo de industria ha mejorado a la alimentación cotidiana ya que posee una gran variedad de productos derivados de la leche como: queso, yogurt, mantequilla entre otros, por lo que representa una importante fuente de ingreso económico para el país. Este tipo de planta procesadora suelen estar ubicados en los alrededores de las zonas urbanas para generar una venta directa al consumidor (Pineda, 2013, p.12).

### ***2.2.2. La leche***

Es un alimento que con el paso del tiempo se ha convertido en un producto de primera necesidad. de gran demanda por su alto valor nutricional considerado un alimento básico en la dieta de niños, adolescentes, ancianos, enfermos, y en general de toda la población. Se obtiene principalmente del ordeño completo de las hembras mamíferas de distintas especies, el hombre a industrializado la leche empleándola directamente y transformándola para la obtención de productos derivados como el queso, yogurt y mantequilla, entre otros (Gómez y Bedoya, 2005, p.38).

### ***2.2.3. Composición de la leche***

La leche es un producto nutritivo con una gran demanda de sustancias que se encuentran en suspensión solución, o emulsión en agua. La Composición de la leche está definido por tres variables las cuales son microbiológicos, químicos y organolépticos de igual forma por su valor nutritivo (Barragán, 2015, p.4).



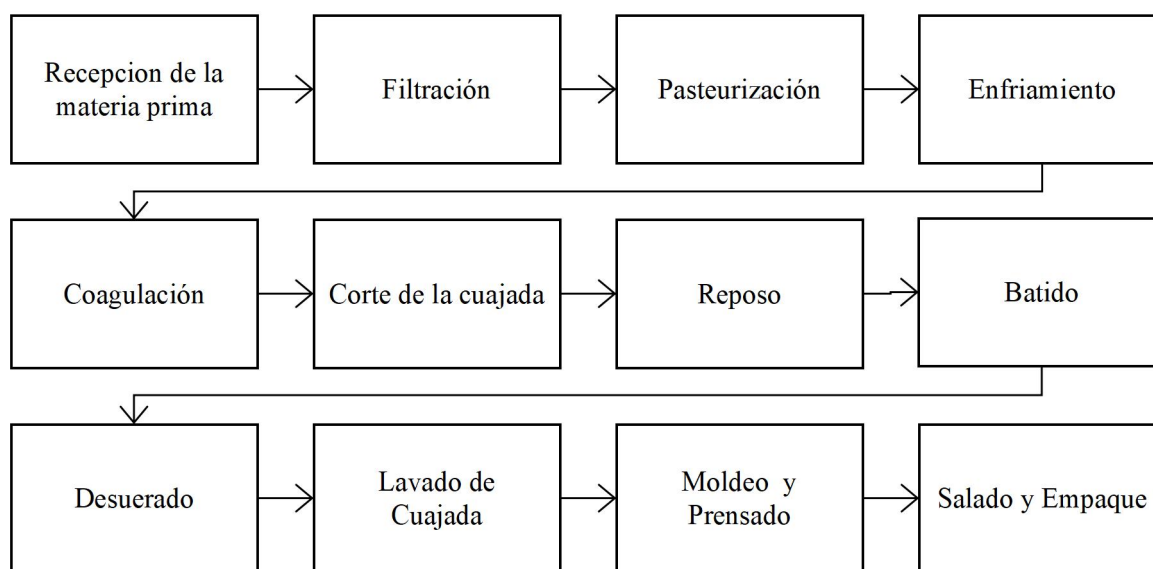
**Tabla 2-1:** Composición porcentual de la leche

Componentes	Variación %	Promedio %
Agua	70,00-90,50	88,00
Grasa	2,20-8,00	4,00
Proteínas	2,70-4,80	3,40
Lactosa	3,60-6,00	3,90
Minerales	0,65-0,90	0,80

Fuente: (Barragán, 2015, p.65).

#### 2.2.4. Diagrama de la empresa del valle

La empresa del valle tiene como principal producto de elaboración el queso, el cual se caracteriza por tener una variedad de quesos para la venta



**Ilustración 2-1:** Diagrama de la empresa

Fuente: (Barragán, 2019).

#### 2.2.5. Fuente de generación de agua residual en la industria láctea

- **Recepción de la leche:** Debido a la limpieza de silos para almacenamiento al momento de recepción de la leche, además de la limpieza de las cisternas, limpieza de lienzos o filtros siendo estos últimos generadores de residuos sólidos con un gran contenido de grasa.

- **Tratamientos térmicos:** Al realizar este tipo de tratamiento suele producirse depósitos de proteínas las cuales se adhieren a las superficies de los equipos (marmitas, pasteurizadoras) que en una limpieza posterior serán arrastrados con el agua de limpieza.
- **Producción de queso:** Cuando la industria quesera no cuenta con un tratamiento individual para el lactosuero se vuelve uno de los principales contaminantes del agua. En la industria láctea este suele ser el proceso con mayor generación de contaminantes, ya que se caracteriza por poseer en su composición gran cantidad de material orgánico, en el proceso de salado del queso también se genera efluentes líquidos contaminantes, así como en el proceso de prensado dependiendo que tipo de queso se produzca.
- **Transporte de los productos lácteos líquidos:** Por la limpieza posterior a la producción final del queso, en las tuberías transportadoras de leche a la pasteurizadora, generando una mezcla de agua potable con la leche generada por el empuje manual o automático para la eliminación de residuos.
- **Limpieza del espacio de la industria y equipos:** Limpieza equipos con sosa diluida y a una temperatura de 80°C, eliminando las grasas mediante saponificación por arrastre.

#### ***2.2.6. Agua Residual***

Toda población presente, siempre genera residuos, los mismos que pueden ser sólidos o líquidos, hablando de residuos líquidos, es lo que conocemos como aguas residuales o aguas negras, producto del agua descargada de una población, una vez que esta ha sido utilizada para diferentes usos específicos, para las cuales fue empleada. Por lo tanto, podemos establecer que las aguas residuales son; “la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y fluviales”.

#### ***2.2.7. Clasificación del agua residual según su descarga***

A continuación, se ha clasificado de la siguiente manera los tipos de aguas contaminadas más comunes atendiendo a las causas o actividades que las originan.

**Aguas pecuarias:** Son aguas generadas por la actividad ganadera puede ser bovino, equino, porcino etc. es el principal consumidor de agua dulce ya que se emplea en los sistemas de riego para cultivar pastizales, en la limpieza y alimentación contaminando así los afluentes de agua (Metcalf y Eddy, 1995, p 46).

**Aguas industriales:** Son vertidos generados prácticamente por cualquier industria independiente de su sector debido a que ocupan abundantes cantidades de agua en todos sus procesos. Las características de dichas aguas dependen de los procesos específicos utilizados en cada industria que varían de poco a un gran impacto en la contaminación del medio ambiente.

(Apolo, 2018, p25).

**Aguas residuales domésticas:**

Son aquellas que se genera en los hogares, viviendas, oficinas, centros comerciales etc. producto de los sanitarios, duchas, cocina, aguas de lavado y limpieza, etc. Los principales agentes contaminantes que poseen son gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno, fósforo, microorganismos, grasas, Coliformes, Estreptococos Fecales y Clostridium sulfiti-reductores. y otros en menor proporción (Apolo, 2018, p25).

**Aguas residuales de origen agrícola:**

Son las descargas generadas en los campos agrícolas agua de riego y con ayuda de aguas fluviales como consecuencia arrastran compuestos herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, abonos, heces y orinas de los animales etc. Estos contaminantes generan contaminación ambiental (Apolo, 2018, p. 26).

**2.2.8. Características físicas de las aguas residuales**

**Tabla 2-2:** Parámetros físicos del agua residual

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
PH	Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución
Turbiedad	Medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión
Conductividad	Medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica.

Temperatura	Es una propiedad intensiva de las sustancias. Indica el grado de movimiento de las partículas de un cuerpo
Aceites y grasas	Compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal
Sólidos Suspendidos	Principales responsables de la turbiedad en el agua son de composición altamente heterogénea
Sólidos Totales	Incluyen toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos.

Fuente: (Chariguamán, 2018, p.28).

### 2.2.9. Características químicas de las aguas residuales

**Tabla 2-3:** Parámetros químicos del agua residual

Parámetros	Descripción
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua.
DQO	Demanda química de oxígeno que tiene un agua.
Nitrógeno Total	Es la suma del nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato.
Cloruros	Concentraciones de cloruro presentes en aguas residuales,
Fósforo	Elemento esencial para el crecimiento biológico

Fuente: (Chariguamán, 2018, p.30).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 2.2.10. Características biológicas de las aguas residuales

**Tabla 2-4:** Parámetros biológicos del agua residual

Parámetros	Descripción
Coliformes Fecales	Se aprecian bacterias gran negativas aeróbicas y anaeróbicas, facultativas, entre otras
Coliformes Totales	Formadas en gran parte por Escherichia coli y otras especies de Klesbiella

Fuente:(Chariguamán, 2018, p.31).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### ***2.2.11. Sistema de tratamiento***

Conjunto de operaciones y sistemas que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo o sustancia para menorar, eliminar o neutralizar las sustancias peligrosas que estas contiene, recuperar materias o sustancias valorizables

### ***2.2.12. Tratamiento de aguas residuales***

#### ***2.2.12.1. Tratamiento primario***

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos. Entre los tipos de tratamiento primario se citan:

- Sedimentación primaria.
- Flotación.
- Precipitación química.
- Filtros gruesos.
- Oxidación química.
- Coagulación, floculación, sedimentación y filtración (Rojas, 2002, p.4).

#### ***2.2.12.2. Tratamiento secundario***

Son procesos que adicionan tratamientos biológicos para radicar la materia orgánica, Este proceso convierte la materia orgánica básicamente el  $DBO_5$  en partículas más pequeñas utilizando microorganismos que los degrada, en sólidos sedimentables floculentos, estos pueden ser separados por sedimentación en tanques de decantación. Los procesos biológicos más utilizados son los filtros percoladores y lodos activados. De igual forma dentro de este grupo se incluyen a las lagunas de estabilización y airadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95%, y están compuestos por:

a) Filtración biológica:

- Baja capacidad (filtros clásicos).
- Alta capacidad:
- Filtros comunes.
- Biofiltros.
- Aero-filtros.
- Accelo-filtros.

b) Lodos activados:

- Convencional.
- Alta capacidad.
- Contacto estabilización.
- Aeración prolongada.(Rojas 2002)

*2.2.12.3. Tratamiento terciario*

Conocido también como tratamiento global o avanzado tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc. las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- a) Fosfatos y nitratos.
- b) Huevos y quistes de parásitos.
- c) Sustancias tenso activas.
- d) Algas.
- e) Bacterias y virus (desinfección).
- f) Radionuclidos.
- g) Sólidos totales y disueltos.
- h) Temperatura.(Rojas 2002)

## **2.3. Marco legal conservación del ambiente**

### ***2.3.1. Constitución política de la República del Ecuador***

Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre del 2008 Título II: DERECHOS, Capítulo segundo: Derechos del buen vivir, Sección segunda: Ambiente sano.

“Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” («CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial»)

### ***2.3.2. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce***

- La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y disposiciones, es de aplicación obligatoria y rige en el territorio nacional. ACUERDO MINISTERIAL 097A
- Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas, en condiciones de caudal ambiental y cargas contaminantes futuras. ACUERDO MINISTERIAL 097A
- Para el caso en el cual el criterio de calidad es la concentración de bacterias, la correspondiente modelación bacteriana es de carácter obligatorio, como parte de un Plan Maestro de Control de la Contaminación del Agua o como parte de un Plan de Cumplimiento. ACUERDO MINISTERIAL 097A
- En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, falta de definición de usos del agua (como es el caso de pequeñas municipalidades que no pueden afrontar el costo de los estudios), se utilizarán los valores de la TABLA 10 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, en forma temporal, con el aval de la Autoridad Nacional de Control Ambiental. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios. ACUERDO MINISTERIAL 097A

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ingeniería del proyecto

El presente proyecto se dividirá en cuatro etapas: inicialmente, en la primera etapa se realizará la toma y almacenamiento de muestras, posteriormente en la segunda etapa se realizará la caracterización físico - química de las muestras de agua residual de la industria láctea “Del Valle” en el Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH, luego en la tercera etapa se procederá con las pruebas de tratabilidad para obtener el tratamiento adecuado y finalmente, en la cuarta etapa se realizará los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento y validación del sistema de tratamiento de agua residual.

#### 3.2. Localización del proyecto

El presente proyecto se llevará a cabo Parroquia Santa Rosa perteneciente al Cantón Chaco de la Provincia del Napo; En la Industria “Lácteos del Valle” perteneciente al señor Eduardo Patricio Balseca Paredes ubicada en el troncal amazónico lugar donde se llevará a cabo el muestreo, estudio e implementación del proyecto.



**Ilustración 3-1:** Georreferenciación de “lácteos del valle”

Fuente: (Google Maps, 2023)



### **3.3. Métodos y técnicas**

#### **3.3.1. Métodos**

**A) Inductivo:** Puesto que, en base a los respectivos análisis ejecutados en el laboratorio, tantos físicos, químicos como microbiológicos, se conoce los valores y porcentajes los contaminantes presentes en las aguas sin depurar, los mismos que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles que establece la norma de ambiental vigente con el propósito de realizar un dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual.

**B) Deductivo:** Para este método será preciso recoger información en el punto de descarga del agua residual que genera el daño al medio ambiente y provoca malos olores que estos generan, donde ejecutamos un aforo de las descargas con el fin de obtener el valor del caudal y las muestras para la caracterización primaria.

**C) Experimental:** Mediante la utilización de equipos e instrumentos se llevará a cabo diferentes pruebas de tratabilidad a las aguas residuales, para llegar y dar cumplimiento a la normativa ambiental establecida, se planteará el sistema más adecuado, validando así el diseño de la planta.

#### **3.3.2. Técnicas**

Las técnicas utilizadas para el presente proyecto son fundamentales para la ejecución del estudio propuesto para lo cual se considera los siguientes:

- NTE INEN 2176:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO
- NTE INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.
- Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales; APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICIÓN

### 3.3.2.1. Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio se llevarán a cabo en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante métodos normalizados basados en el manual “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” y métodos HACH. A continuación, se muestra los métodos estándar para la caracterización físico-química del agua residual

**Tabla 3-1:** Técnicas de laboratorio.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
pH	Und.	4500-B
Turbiedad	UNT	2130-B
Conductividad	mSiems/cm	2510-B
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	5220-C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	5210-B
Sulfuros	mg/l	4500-E
Sulfatos	mg/l	HACH-8051
Sólidos Suspendedos totales	mg/l	2540-C
Sólidos Sedimentables	mL/l	2540-F
Sólidos Totales	mg/l	2540-B
Alcalinidad	mg/l	2320-B
Aceites y Grasas	mg/l	EPA418,1

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.3.2.2. Técnicas de análisis físico-químico

**Tabla 3-2:** Determinación del pH

<b>Fundamento</b>	Determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrón patrón de hidrógeno y otro de referencia.
-------------------	---

<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS 4500-H <sup>+</sup> B
<b>Equipo</b>	pH-metro
<b>Materiales</b>	Vasos de precipitación de 50 ml
<b>Reactivos</b>	Solución Buffer Agua destilada Muestra de agua residual
<b>Procedimiento</b>	Colocar la muestra del agua residual en un vaso de precipitación Calibrar el equipo utilizando la sustancia buffer Introducir el electrodo en la muestra Registrar la lectura del valor una vez que se estabilice

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-3:** Determinación de la Temperatura

<b>Fundamento</b>	Se fundamenta en la dilatación térmica del metal, en el termómetro de Celsius consta una escala, marcado cada 0,1 °C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica que permite un equilibrio rápido
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS 4500-H <sup>+</sup> B
<b>Equipo</b>	Termómetro
<b>Materiales</b>	Vasos de precipitación de 50 ml
<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sumergir el bulbo del termómetro en la muestra</li> <li>○ Esperar la estabilización</li> <li>○ Leer directo el valor que se muestra en el termómetro</li> </ul>

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-4:** Determinación de la Conductividad

<b>Fundamento</b>	Se basa en medir la capacidad que tiene una sustancia acuosa para transportar corriente eléctrica, debido a la presencia de iones, su valencia y la temperatura de medición.
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS 2510-B
<b>Equipo</b>	Conductímetro
<b>Materiales</b>	Vaso de precipitación

<b>Reactivos</b>	Agua destilada Muestra de agua residual
<b>Procedimiento</b>	Colocar la muestra en un vaso de precipitación de 100 ml Introducir las celdas de medición en la muestra Realizar la lectura del valor una vez que se haya estabilizado

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-5:** Determinación de Aceites y Grasas

<b>Fundamento</b>	Se realiza mediante una extracción líquido-líquido, para lo cual se aplica disolventes capaces de extraer aceites y grasas emulsionados o disueltos en la muestra.	
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS 5520-B	
<b>Equipo</b>	Balanza analítica	Baño termostático
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Embudo de separación</li> <li>○ Caja Petri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Matraz de destilación</li> <li>○ Trípode</li> </ul>
<b>Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hexano</li> <li>○ Muestra de agua residual</li> </ul>	
<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Colocar 250 ml de la muestra en el embudo de separación</li> <li>○ Añadir 30 ml de disolvente (hexano)</li> <li>○ Agitar hasta lograr una mezcla homogénea</li> <li>○ Dejar reposar el embudo sostenido a un trípode, hasta que las capas se separen.</li> <li>○ Destilar el disolvente</li> <li>○ Colocar el residuo en una caja Petri y evaporar</li> <li>○ Pesar el residuo secado</li> </ul>	
<b>Ecuación de cálculo</b>		
$mg \text{ aceites y grasas}/L = \frac{W_r}{W_s} \quad \text{Ec. 3-1}$		
Donde:		
$W_r$ = Peso total de la caja Petri y el residuo (no la tara de la caja)		
$W_s$ = Volumen inicial de la muestra		

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-6:** Determinación de Fósforo total

<b>Fundamento</b>	El fósforo en el agua puede encontrarse en combinación con la materia orgánica, por lo que su determinación implica la oxidación de toda la materia orgánica presente y se encuentre bajo forma de ortofosfato.
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS 4500-P-E mod
<b>Equipo</b>	Reactor DRB200
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Tubos Test 'N tube</li><li>○ Pipeta TenSette 1-10 ml</li><li>○ Cuentagotas de polietileno</li><li>○ Gradilla de tubo</li></ul>
<b>Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Agua destilada</li><li>○ Muestra de agua residual</li><li>○ Reactivo de persulfato de potasio</li><li>○ Hidróxido de sodio 1.54 N</li><li>○ Reactivo de molibdovanadato</li></ul>
<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Encender el reactor DRB200 con la opción de 542 P total RA TNT</li><li>○ Preparar del blanco: Añadir 5.0 ml de agua destilada en un tubo Test 'N Tube de fósforo total</li><li>○ Añadir el contenido de reactivo de persulfato de potasio a cada tubo</li><li>○ Colocar los tubos en el reactor y esperar 30 minutos</li><li>○ Dejar enfriar a temperatura ambiente (18-25 °C)</li><li>○ Añadir 2.0 ml de hidróxido de sodio 1.54 N a cada tubo</li><li>○ Con un cuentagotas de polietileno, añadir 0.5 ml de reactivo de molibdovanadato a los dos tubos</li><li>○ Colocar en el reactor los dos tubos en un período de 7 minutos</li><li>○ Medir la muestra en los siete a nueve minutos, minuto que finaliza la reacción.</li></ul>

Fuente: (HACH COMPANY, 2000).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-7:** Determinación de nitrógeno total, Kjeldahl

<b>Fundamento</b>	Se encuentra en forma de nitrógeno orgánico y amoniacal, estos compuestos se convierten en sales de amoníaco por la acción del ácido sulfúrico y el peróxido de hidrógeno.
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS 4500-N-B mod
<b>Equipo</b>	Equipo de digestión digesdahl Equipo HACH
<b>Materiales</b>	Probetas de 25 ml Vasos de precipitación Cuentagotas de polietileno
<b>Reactivos</b>	Muestra de agua residual Agua destilada Indicador TKN Hidróxido de sodio 1,0 N Estabilizador de mineral Reactivo Nessler
<b>Procedimiento</b>	Digerir una muestra de agua residual en el equipo de digestión Digesdahl y digerir una cantidad igual de agua destilada Colocar con la pipeta 10 ml de la muestra digerida y el blanco en dos probetas diferentes Agregar una gota de indicador TKN a cada probeta Añadir de gota a gota hidróxido de sodio 1,0 N a cada probeta hasta que sea visible el primer color (azul) Llenar agua destilada hasta completar 20 ml de ambas probetas. Agregar 3 gotas de estabilizador mineral a cada probeta y agitar varias veces. Añadir 3 gotas de agente dispersor de alcohol polivinílico a cada probeta y agitar. Llenar ambas probetas con agua destilada hasta marcar los 25 ml de la probeta Colocar 1 ml de reactivo Nessler a cada probeta, tapar y agitar varias veces para evitar una solución brumosa. Ubicar el blanco en el equipo, del cual arrojará un valor de cero

	Colocar la muestra preparada en el soporte de celdas Anotar el resultado que se mostrará en la pantalla en mg/l de nitrógeno Kjeldahl total como N.
--	--

Fuente: (HACH COMPANY, 2000).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-8:** Determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

<b>Fundamento</b>	Determina la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica de la muestra de agua usando una población microbiana heterogénea en un período de 5 días.
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS *5210 B
<b>Equipo</b>	Equipo de DBO
<b>Materiales</b>	Frascos winkler de 300 ml Cápsula magnética Probeta
<b>Reactivos</b>	Sobre buffer de nutrientes Cápsula de NaOH Agua destilada
<b>Procedimiento</b>	En una probeta diluir 10 ml de muestra con 100 ml de agua destilada Realizar el mismo procedimiento hasta obtener 200 ml de muestra diluida. Colocar 150 ml de la dilución en el frasco winkler Añadir el sobre buffer de nutrientes e introducir la cápsula magnética En el tapón colocar la cápsula de NaOH y sellar el frasco Enroscar el cabezal de medición y ajustar las condiciones de incubación en el equipo Colocar la botella en el equipo y encender Tomar la lectura de los datos obtenidos en el cabezal de medición en un período de 5 días.

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-9:** Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

<b>Fundamento</b>	Determina la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la
-------------------	--

	muestra bajo condiciones controladas.
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS 5220 - D
<b>Equipo</b>	Termorreactor Espectrofotómetro
<b>Materiales</b>	Vaso de precipitación Pipeta Viales de vidrio de 16 mm
<b>Reactivos</b>	Solución patrón de absorbancia Solución patrón ftalato acido de potasio Muestra de agua residual
<b>Procedimiento</b>	Agitar el vial de la solución blanca y colocar en la gradilla Tomar 2 ml de muestra de agua para añadir en el vial de vidrio Tapar y homogenizar el contenido del vial Encender el termorreactor a la temperatura de $148 \pm 2$ °C Colocar el vial en el equipo por 2 horas Al terminar la reacción, dejar enfriar Limpiar las paredes externas del vial con agua destilada Seleccionar el método en el espectrofotómetro y calibrar con la solución blanca. Medir y anotar el resultado mostrado en la pantalla del equipo

Fuente: (APHA, AWWA, WPCF, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-10:** Determinación de Sólidos sedimentables

<b>Fundamento</b>	Determina la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse en el fondo de un recipiente a partir de un volumen dado de una muestra en un tiempo determinado.
<b>Técnica</b>	STANDARD APHA 2540 B
<b>Materiales</b>	Cono Imhoff Vaso de precipitación
<b>Reactivos</b>	Muestra de agua residual
<b>Procedimiento</b>	Homogenizar la muestra de agua destilada Colocar en el cono Imhoff hasta la línea de aforo (1 L) Dejar sedimentar durante 45 minutos



	Después del tiempo trascurrido, remover suavemente las paredes del cono con una varilla y dejar reposar 15 minutos Registrar el volumen de sólidos sedimentables en el cono.
<b>Ecuación de cálculo</b>	
$SS (mg/L) = mg/L \text{ de materia suspendida} - mg/L \text{ de materia no sedimentable}$	
Ec. 3-2	

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-11:** Determinación de Sólidos en suspensión

<b>Fundamento</b>	Método que se aplica la espectrofotometría para determinar la presencia de sólidos que se encuentran en suspensión en la muestra.
<b>Técnica</b>	HACH 8006
<b>Equipos</b>	Espectrofotómetro HACH Celdas de medición
<b>Materiales</b>	Cono Imhoff Vaso de precipitación
<b>Reactivos</b>	Muestra de agua residual Agua destilada
<b>Procedimiento</b>	Seleccionar en el espectrofotómetro HACH la opción de sólidos suspendidos. Añadir 10 ml de agua destilada (blanco) en la celda y colocar en el equipo Seleccionar la opción cero para encerrar el equipo. En otra celda, añadir 10 ml de muestra de agua residual en la celda, colocar en el equipo y seleccionar la opción medición. Registrar el valor de la medición mostrada en la pantalla.

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-12:** Determinación de sólidos totales

<b>Fundamento</b>	Determina la materia que permanece como residuo después de la
-------------------	---

	evaporación y del secado a 103-105 °C
<b>Técnica</b>	STANDARD METHODS *2540 B
<b>Equipos</b>	Balanza analítica Equipo Baño María Estufa
<b>Materiales</b>	Caja Petri Vaso de precipitación Desecador
<b>Reactivos</b>	Muestra de agua residual
<b>Procedimiento</b>	Colocar la caja Petri en la estufa durante 1 hora. Después del tiempo transcurrido, enfriar en el desecador en un largo tiempo. Pesar y registra el peso 1 Homogenizar la muestra y añadir 25 ml en la caja Petri Situara la caja con la muestra de agua a baño maría para su sequedad Colocar la caja en la estufa a una temperatura de 103-105 °C por 1 hora y después, dejar enfriar en el desecador Al finalizar el tiempo, pesar y registrar el peso 2 Registrar el procedimiento hasta obtener un peso constante
<b>Ecuación de cálculo</b>	$mg \frac{ST}{L} = \frac{(A \times B)1000}{V} \quad \text{Ec. 3-3}$ <p>Donde:</p> <p>A = Peso de la muestra seca + peso de la caja Petri (mg)</p> <p>B = Peso de la cápsula inicial (mg)</p> <p>V = Volumen de la muestra (ml)</p>

Fuente: (APHA, AWWA, WPFC, 2017).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.3.2.3. Técnicas de análisis microbiológicos

**Tabla 3-13:** Determinación de Coliformes fecales

<b>Fundamento</b>	Bacterias del grupo de los coliformes totales, su género predominante es <i>Escherichia</i> y están presentes en concentraciones muy grandes en
-------------------	---

	las heces humanas y animales, así como también en ausencia de contaminación fecal.
<b>Técnica</b>	HACH DR 2800
<b>Equipos</b>	Cámara incubadora
<b>Materiales</b>	Placas compact dry
<b>Reactivos</b>	Medio de cultivo Ampollas m-ColiBlue24®Broth
<b>Procedimiento</b>	<p>Desinfectar el área de trabajo con alcohol y agua destilada</p> <p>Añadir 10 ml de la muestra de agua residual</p> <p>Dispersar la muestra en el medio de cultivo m-ColiBlue24®Broth para realizar la primera dilución.</p> <p>Realizar una dilución de <math>10^{-4}</math>, es decir, 1 ml de muestra en 9 ml del medio cultivo.</p> <p>Deja reposar por 15 minutos</p> <p>Tomar una placa compact dry para coliformes totales y colocar 1 ml de la muestra preparada con la ayuda de una micropipeta</p> <p>Incubar a 37 °C por 24 horas</p> <p>Interpretar los resultados: colonias de coliformes fecales crecen como colonias de color azul o verde.</p> <p>Reportar los resultados.</p>

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias, 2022).

**Realizado por:** Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-14:** Determinación de Coliformes totales

<b>Fundamento</b>	Este grupo incluye especies fecales y ambientales, la presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una reproblicación o bien la contaminación de materias extrañas.
<b>Técnica</b>	HACH DR 2800
<b>Equipos</b>	Cámara incubadora
<b>Materiales</b>	Placas compact dry Micropipeta
<b>Reactivos</b>	Medio de cultivo Ampollas m-Endo®Broth Muestra de agua residual
<b>Procedimiento</b>	Desinfectar el área de trabajo con alcohol y agua destilada

	<p>Añadir 10 ml de la muestra en el medio de cultivo Ampollas m-Endo®Broth</p> <p>Realizar una dilución de <math>10^{-4}</math></p> <p>Deja reposar por 15 minutos</p> <p>Tomar una placa compact dry para coliformes totales y colocar 1 ml de la muestra preparada con la ayuda de una micropipeta</p> <p>Incubar a 37 °C por 24 horas</p> <p>Interpretar los resultados: colonias de coliformes totales crecen como colonias de color lila.</p> <p>Reportar los resultados.</p>
--	--

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias, 2022).

**Realizado por:** Valdivieso, E., 2023.

### 3.3.2.4. Ensayos de tratabilidad a nivel de laboratorio

**Tabla 3-15:** Trampa de grasa

<b>Fundamento</b>	Permite la separación de las grasas y aceites del efluente por flotación, mientras que los sólidos en suspensión se depositan en el fondo de la trampa, por lo que el resto del efluente sale con poca materia grasa.
<b>Equipos</b>	Cronómetro
<b>Materiales</b>	<p>Botellas plásticas</p> <p>Tubos PVC de 16 cm, 8cm y 4 cm</p> <p>6 codos</p> <p>4 tubos T</p> <p>Pegamento para tubo</p>
<b>Sustancia</b>	Agua residual
<b>Procedimiento</b>	<p>Elaboración del prototipo de la trampa de grasa</p> <p>Se recorta 7 tubos PVC de 16 cm, 4 tubos de 8cm y 2 tubos de 4 cm</p> <p>Se recorta los picos de las 4 botellas de plástico y a los dos lados se realiza un pequeño corte circular, un pico se utilizará como embudo</p> <p>Para su ensamblaje, en el embudo se aplica una tapa con un pequeño orificio donde se coloca un adaptador en el cual se une el codo, el tubo de 4 cm que pasa por el orificio de la primera botella, y dentro de la botella se coloca el otro codo con el tubo de 16 cm.</p>

	<p>En la segunda celda, se coloca un tubo de 16 cm, se ensambla con un tubo T y se une un tubo de 8 cm ensamblado con el tubo T, que pasa por el orificio de la segunda botella y dentro de la botella se coloca el codo.</p> <p>Se realiza el mismo procedimiento para la tercera celda.</p> <p>En la cuarta celda, se coloca un tubo de 16 cm que se ensambla con el tubo T unida a un tubo de 8 cm, en el que el efluente saldrá libre de materias grasas.</p> <p>Se coloca pegamento en todas las conexiones de tubos</p> <p>Finalmente, se añade el agua residual en la primera cámara y se determina el tiempo de retención de la trampa de grasa.</p>
--	--

**Fuente:** (Sánchez, 2011, p.78).

**Realizado por:** Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-16:** Aireación

<b>Fundamento</b>	Proceso que consiste en agregar aire para permitir la biodegradación aeróbica de los componentes contaminantes.
<b>Equipos</b>	Bomba al vacío
<b>Materiales</b>	Manguera Recipiente plástico Tiras medidoras de pH
<b>Sustancia</b>	Agua residual
<b>Procedimiento</b>	Colocar el agua residual final tratada de la trampa de grasa en un valde de 10 L. Inyectar aire mediante una bomba al vacío en intervalos de 1 hora durante 1 día. Medir el pH cada 5 horas Transcurrido el tiempo, dejar sedimentar por 12 horas para mejorar su turbiedad

**Fuente:** (Jiménez, 2019, p.5).

**Realizado por:** Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-17:** Test de jarras

<b>Fundamento</b>	Tratamiento que determina las dosificaciones óptimas de coagulante y floculante a suministrar en las aguas residuales, específicamente cuando
-------------------	---

	la calidad del agua fluctúa rápidamente.
<b>Equipos</b>	Prueba de jarras pH-metro Turbidímetro
<b>Materiales</b>	Vaso de precipitación de 1000 ml Probeta graduada Jeringuillas de 10 ml Varilla de agitación
<b>Reactivos</b>	Agua destilada Agua residual Coagulante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloruro férrico al 3%</li> <li>• Policloruro de aluminio al 3%</li> <li>• Sulfato de aluminio al 3%</li> </ul> Floculante: Polielectrolito al 1% Hidróxido de sodio 1N
<b>Procedimiento</b>	Medir el pH y la turbiedad de la muestra de agua residual aireada. Añadir 1L de la muestra de agua en las 4 jarras Colocar las paletas de agitación en cada jarra Encender el equipo Colocar 5 ml de los diferentes coagulantes en las jeringuillas y 1 ml de floculante Añadir las dosis determinadas de coagulante y floculante en cada jarra Realizar la agitación a 200 rpm en 3 minutos Disminuir la agitación a 30 rpm por 10 minutos Suspender la agitación y retirar las paletas de agitación Dejar reposar las muestras por 30 minutos para su sedimentación Tomar la muestra de cada jarra, determinar su turbidez y pH Repetir el procedimiento descrito, pero con 3 ml de los diferentes coagulante y 1 ml de floculante. Comparar los valores del pH y la turbidez de cada muestra para seleccionar las sustancias adecuadas para el tratamiento.

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias, 2022).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.4. Muestreo

Para la recolección de las muestras de agua del punto de descarga se realizará un tipo de muestro simple tomadas en un mismo punto y en diferentes intervalos de tiempo en las etapas de elaboración y limpieza. Este se llevará a cabo bajo las normas NTE INEN 2176:2013 y NTE INEN 2169:2013 para el correcto manejo, traslado, etiquetado y buena conservación para realizar la caracterización. Las muestras se transportarán hacia el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde se realizará el respectivo análisis.

**Tabla 3-18:** Requerimiento de equipos y materiales para el monitoreo y toma de muestras

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Envases de polietileno</li><li>• Tapa de envases</li><li>• Fundas Plásticas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Equipo de protección personal</li></ul>
<b>Procedimiento</b>	
Tomar las muestras en el centro del canal o colector de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado. Si se va a evaluar contenido de grasas y aceites se deben tomar porciones, a diferentes profundidades, cuando no haya mucha turbulencia para asegurar una mayor representatividad. El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo. Si la muestra se transfiere de recipiente, se debe cuidar que ésta siga siendo representativa. Cierre de los recipientes de muestreo	

Fuente: (NTE INEN 2176, 2013)

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.5. Medición del caudal de agua residual producido en la planta

En la medición del caudal volumétrico los materiales utilizados fueron un balde graduado de 20 lt y un cronómetro, esta medición se llevó a cabo durante los días que labora la empresa que son de lunes a sábado en la jordana de 9:00am a 16:00pm, llenando en el balde 5 litros de agua residual, para así establecer la relación litros por segundo. Las aforaciones se realizaron los días que labora la planta que es de lunes a sábado desde las 9:00 hasta las 16:00 en intervalos de 1 hora entre cada uno.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ec. 3-4

Enumerar ecuaciones

Donde

**Q** = Caudal ( $\frac{m^3}{s}$ )

**V**= Volumen ( $m^3$ )

**T**= tiempo (s)

Los valores obtenidos del caudal mediante el método volumétrico se pueden observar en la tabla

**Tabla 3-19:** Medición del caudal

hora	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
09:00	0,42l/s	0,40 l/s	0,56 l/s	0,56 l/s	0,57 l/s	0,52 l/s
10:00	0,56 l/s	0,58 l/s	0,50 l/s	0,53 l/s	0,56 l/s	0,53 l/s
11:00	0,53 l/s	0,52 l/s	0,53 l/s	0,53 l/s	0,55 l/s	0,52 l/s
12:00	0,48 l/s	0,53 l/s	0,58 l/s	0,54 l/s	0,58 l/s	0,54 l/s
13:00	0,53 l/s	0,55 l/s	0,53 l/s	0,52 l/s	0,59 l/s	0,54 l/s
14:00	0,51 l/s	0,52 l/s	0,50 l/s	0,52 l/s	0,57 l/s	0,51 l/s
15:00	0,52 l/s	0,51 l/s	0,52 l/s	0,51 l/s	0,59 l/s	0,49 l/s
16:00	0,50 l/s	0,48 l/s	0,52 l/s	0,52 l/s	0,56 l/s	0,48 l/s
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,50 l/s</b>	<b>0,51 l/s</b>	<b>0,53 l/s</b>	<b>0,52 l/s</b>	<b>0,57 l/s</b>	<b>0,51 l/s</b>

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

El caudal que se utilizará para el diseño de la planta será el del viernes, siendo el caudal más alto de la planta, con un valor de 0,57 L/s.; 2,052 m<sup>3</sup> /h



### 3.6. Caracterización del agua residual de la planta

La caracterización primaria del agua a tratar se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde se comparó los parámetros analizados con la tabla 10- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del TULSMA tomando en cuenta los parámetros más significativos, dando los siguientes resultados.

**Tabla 3-20:** Caracterización primaria del agua residual

Determinaciones	Unidades	Método	Resultado	Límite máximo permisible
<b>Color</b>	Und. Pt/Co	2120-C	11830	* Inapreciable en dilución: 1/20
<b>Potencial de hidrógeno</b>	.....	STANDARD METHODS 4500-B	4,80	6-9
<b>Turbiedad</b>	NTU	STANDARD METHODS 2130-B	2325	.....
<b>Conductividad eléctrica</b>	uS/cm	PE-LSA-02	5282	.....
<b>*Aceites y grasas</b>	mg/L	EPA 418.1	330.8	30,00
<b>Cloruros</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-CI-E	14,7	1.000
<b>Sólidos sedimentables</b>	ml/L	STANDARD METHODS 2540-F	12,76	20
<b>*Sólidos suspendidos</b>	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	3300	130
<b>*Sólidos totales</b>	mg/L	STANDARD METHODS	41504	1.600

		2540-B		
<b>*Nitrógeno total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	400	50,00
<b>Fósforo total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-P-E	85.5	10,00
<b>*Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D- mod	3835	200
<b>*Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	2300	100
<b>*Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Membranas filtrantes	1.323,3	Remoción > 99,9%

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

Como se puede observar después de los análisis del laboratorio los parámetros que se encuentran fuera del rango de norma son: Aceites y grasas =330.8 mg/l, sólidos suspendidos= 3300 mg/L, sólidos totales= 41504 mg/L, DQO= 3835 mg/l, DBO<sub>5</sub>=2300 mg/l, fosforo total=85,5 mg/l, nitrógeno total= 400 mg/L y coliformes fecales= 1.323,3 UFC/100 ml.

### 3.7. Índice de biodegradabilidad

La relación que existe entre la DQO y DB<sub>5</sub> es de gran importancia debido a que nos indica la biodegradabilidad de la materia orgánica presente en el efluente y el tipo de tratamiento que se aplica al agua residual. Este índice fue calculado aplicando la Ecuación 4-3 y analizado en base a los criterios de la Tabla 22-3.

**Tabla 3-21:** Análisis del índice de biodegradabilidad

$\frac{DBO_5}{DQO}$	Tipo de biodegradabilidad	Tipo de tratamiento
> 0,8	Muy biodegradable	Tratamiento biológico

0,5 – 0,8	Biodegradable	Tratamiento Físico-químico o Tratamiento biológico
< 0,5	Poco biodegradable	Tratamiento Físico-químico

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-22:** Concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO en el agua residual inicial

Parámetro	Valor promedio	Límite máximo permisible	Unidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	2.300	100	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	3.835	200	mg/L

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.7.1. Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua residual inicial

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{\text{DBO}_5}{\text{DQO}}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{2.300}{3.835}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = 0,59$$

El índice de biodegradabilidad del agua residual es de 0,59, según la Tabla 23-3 nos indica que el efluente es de naturaleza biodegradable, siendo adecuado aplicar un tratamiento físico-químico.

### 3.8. Parte experimental

Al evaluar el índice de biodegradabilidad y realizar los respectivos análisis tanto físicos, químicos y microbiológicos se observó que algunos parámetros no están en el rango permitido por la norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al recurso de agua dulce, es por esto que se recomienda aplicar un tratamiento físicoquímico para el afluente, Este sistema consta de pruebas de dosificación en el que se utilizara test de jarras además tratamiento primarios, tratamientos secundarios, y tratamientos terciarios.

### **3.8.1. Tratamiento físico**

#### **3.8.1.1. Sistema de rejilla**

Este sistema se implementó en el canal de salida del agua residual de la empresa ya que por este se sale residuos de quesos, pelo, etc. Se simuló un sistema de rejillas mediante una malla en que se retuvo desechos sólidos de gran tamaño y se eliminó la materia flotante mayores a 8mm.



**Ilustración 3-2:** Rejillas manuales

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### **3.8.1.2. Trampa de grasa**

Después de eliminar los desechos de mayor tamaño comienza con la operación o eliminación de grasas y aceites se construyó de forma manual un prototipo de trampa de 3 cámaras, para lo cual se utilizó unas tarinas plásticas con una tubería de entrada en la parte superior y una tubería de salida en la parte inferior, el agua fluye lentamente por cada una de las cámaras y va reteniendo los aceites y grasas en cada cámara. El tiempo de retención de 30 lt de agua fue de 25-35 minutos.



**Ilustración 3-3:** Prototipo de la trampa de grasa

**Realizado por:** Valdivieso, E., 2023.

### *3.8.1.3. Aireación*

Es el proceso mediante el cual el agua se pone en contacto con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles en ellas. La función principal es eliminar el porcentaje de grasa y el olor que posee el agua, consiste en facilitar oxígeno y mezcla en los procesos de tratamiento biológico aerobios, el aire fue suministrado mediante una bomba de vacío en intervalos de 1 hora durante 2 días.



**Ilustración 3-4:** Proceso de aireación

**Realizado por:** Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-23:** Caracterización del agua residual después del tratamiento físico

<b>Determinaciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	EPA 418.1	24	30,00
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	983	130
<b>Sólidos totales</b>	mg/L	STANDARD METHODS 2540-B	1200	1.600
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	140	50,00
<b>Fósforo total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-P-E	65	10,00
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D- mod	2835	200
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	1300	100
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Membranas filtrantes	1.212,3	Remoción > 99,9%

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

Se puede observar en la tabla # que después del tratamiento físico aplicado a las aguas residuales, disminuyo considerablemente los parámetros: Aceites y grasas con un valor de 24 mg/ l y solidos totales con un valor de 1200 mg/l logrando así estar dentro de los parámetros que exige la normativa.

### 3.8.2. Tratamiento químico

Para la realización de esta prueba se obtuvo 5 muestras de agua residual a diferentes dosificaciones, se mantuvo una agitación constante a 200 RPM por 3 minutos, después se deja reposar por 30 minutos con el fin que sedimenten, para establecer dosis óptima de coagulante, la cual representa un menor consumo del compuesto químico y una menor turbidez.

#### 3.8.2.1. Tratamiento con sulfato de aluminio

**Tabla 3-24:** Ensayo de tratamiento con Sulfato de aluminio al 3%

N° de Jarra con capacidad de 1000 ml	Dosificación		NaOH (ml)	pH del agua residual	Turbiedad Inicial (NTU)	pH del agua tratada	Turbiedad Final (NTU)
	PPM	MI					
1	90	3	2	4,80	463	5,21	109
2	150	5	2	4,80	463	6,09	51
3	240	8	2	4,80	463	7,85	42
4	300	10	2	4,80	463	8,00	48
5	360	12	2	4,80	463	8,23	48

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

Se mantuvo constante la velocidad de agitación 200 RPM por 3 minutos, variando las dosificaciones de sulfato de aluminio al 3%, en el que se ajustó el pH con 2 ml de NaOH. Tal y como se observa en la Tabla 25-3, al dosificar 240 PPM de coagulante, la turbiedad disminuye de 463 NTU hasta 42 NTU obteniendo un pH óptimo de 7,85, por lo que se considera que su carga contaminante es menor.

### 3.8.2.2. Tratamiento con Cloruro férrico

**Tabla 3-25:** Ensayo de tratamiento con Cloruro férrico al 3%

N° de Jarra con capacidad de 1000 ml	Dosificación		NaOH (ml)	pH del agua residual	Turbiedad Inicial (NTU)	pH del agua tratada	Turbiedad Final (NTU)
	PPM	ml					
1	90	3	2	4,80	463	5,05	312
2	150	5	2	4,80	463	5,89	247
3	240	8	2	4,80	463	6,33	114
4	300	10	2	4,80	463	6,75	95
5	360	12	2	4,80	463	7,04	86

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

Como se observa en la Tabla 26-3, se preparó 5 muestras de agua residual con diferentes dosis de Cloruro férrico al 3% a una agitación de 200 RPM, en que se ajustó el pH con 2 ml de NaOH a una concentración de 1N. Se obtuvo que al aplicar 360 PPM de coagulante, la turbiedad disminuye desde 463 NTU hasta 86 NTU, en el que también se determinó un pH óptimo de 7,04.

### 3.8.2.3. Tratamiento con policloruro de aluminio

**Tabla 3-26:** Ensayo de tratamiento con Policloruro de aluminio al 3%

N° de Jarra con capacidad de 1000 ml	Dosificación		NaOH (ml)	pH del agua residual	Turbiedad Inicial (NTU)	pH del agua tratada	Turbiedad Final (NTU)
	PPM	ml					
1	90	3	2	4,80	463	6,21	58
2	150	5	2	4,80	463	7,42	36
3	240	8	2	4,80	463	7,72	45
4	300	10	2	4,80	463	7,96	43
5	360	12	2	4,80	463	8,01	40

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.



Se mantuvo constante la velocidad de agitación de 200 RPM, variando las dosificaciones de Policloruro de aluminio al 3% con un ajuste de pH de 2 ml de NaOH. Según los datos obtenidos en la tabla 27-3, se determinó que la muestra 2 con una concentración de 150 PPM, presenta un valor más bajo de turbidez disminuyendo de 463 NTU a 36 NTU, con un pH óptimo de 7,42, por lo que se considera que tiene una mejor eficiencia en la remoción de la carga contaminante.

Con base al test de jarras realizado con los 3 diferentes coagulantes, se determinó que el PAC con una concentración de 150PPM es el coagulante más eficiente para la clarificación del agua residual y la remoción de la mayor cantidad de sólidos en suspensión.

#### 3.8.2.4. Adición de floculante

Una vez realizada la prueba de coagulantes, se selecciona al coagulante más efectivo, se adicionó un floculante aniónico (polielectrolito) a diferentes dosificaciones para una precipitación total y así eliminar toda la materia suspendida presente en el agua residual industrial.

**Tabla 3-27:** Dosificación del floculante aniónico

N° de muestras	Concentración del floculante aniónico		Concentración del coagulante PAC	Turbidez (1 hora)
	ml	ppm	ppm	NTU
1	1	2	150	38
2	2	4	150	26
3	3	6	150	24
4	4	8	150	36

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

Según los datos obtenidos en la Tabla 28-3, se determinó que en la muestra 3, el floculante aniónico a una concentración de 6 ppm es el más eficiente, debido a que se obtienen una turbiedad final de 24 NTU. Además, se eligió una dosis mínima de floculante con el fin de reducir costos y su alta eficiencia en la reducción de la carga contaminante del efluente.



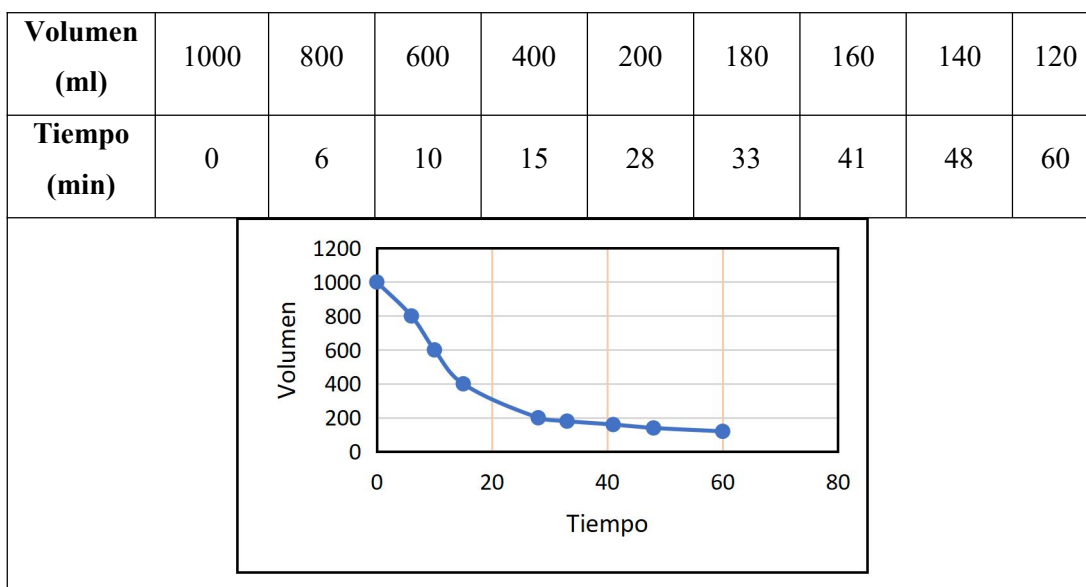
**Ilustración 3-5:** Test de jarras

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.9. Prueba de sedimentación

Una vez realizado el proceso de coagulación-floculación, se dejó sedimentar, proceso en el que los sólidos por la aplicación de los productos químicos se decantaron y se ubicaron en la base del vaso de precipitación, logrando conseguir una buena remoción de turbiedad y color. Los datos de la prueba de sedimentación se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 3-28:** Prueba de sedimentación



Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.10. Filtración

Se puede definir como el proceso por el cual se separa la materia suspendida mediante el paso del agua a través de una capa porosa, el filtro que se construyó fue de arena, grava delgada y grava

gruesa, carbón con este proceso agua residual disminuye tanto la turbiedad al mismo tiempo mejorando algunos parámetros.



**Ilustración 3-6:** Test de jarras

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-29:** Caracterización del agua residual tratada

Determinaciones	Unidades	Método	Resultado	Límite máximo permisible
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	29	130
<b>Sólidos totales</b>	mg/L	STANDARD METHODS 2540-B	1200	1.600
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	19	50,00
<b>Fósforo total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-P-E	6,3	10,00

<b>Turbiedad</b>	NTU	STANDARD METHODS 2130-B	14	.....
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D- mod	135	200
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	55	100
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Membranas filtrantes	< 100	Remoción > 99,9%

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.11. Cálculos ingenieriles para el tratamiento del agua residual

Al determinar las pruebas de tratabilidad del agua residual, es importante dimensionar los equipos que se aplicaran en el sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que es fundamental determinar el caudal del agua residual que se produce en la Planta láctea y dependiendo de este parámetro dimensionar los equipos y la cantidad del coagulante a utilizar.

#### 3.11.1. Cálculo del caudal

- Caudal experimental

Este tipo de caudal se determinó mediante el método volumétrico

$$Q_{\text{exp}} = \frac{V}{t}$$

Ec. 3-5

Donde:

$Q_{\text{exp}}$  = Caudal experimental (L/s).

$V$  = Volumen, (20 L). Valor considerado en la Tabla 20-3.

$t$  = Tiempo, (35 s). Valor considerado en la Tabla 20-3.

$$Q_{\text{exp}} = \frac{20\text{L}}{35\text{ s}}$$
$$Q_{\text{exp}} = 0,57\text{ L/s}$$

- Caudal Mayorado

$$Q_{\text{Ma}} = Q_{\text{Exp}} * F_M$$

Ec. 3-6

Donde:

$Q_{\text{MA}}$  = Caudal mayorado (L/s).

$Q_{\text{Exp}}$  = Caudal experimental, (0,57 L/s).

$F_M$  = Factor de mayorización, (0,3, valor adimensional)

Según Alvarado (2017, p.23), para calcular el caudal mayorado se requiere un factor de mayorización o de seguridad del 30% en base a los proyectos realizados.

$$Q_{Ma} = (0,57 \text{ L/s})(0,30)$$

$$Q_{Ma} = 0,171 \text{ L/s}$$

- Caudal de diseño

$$Q_D = Q_{EXP} + Q_{Ma}$$

Ec. 3-7

Donde:

$Q_D$  = Caudal de diseño (L/s).

$Q_{EXP}$  = Caudal experimental, (0,57 L/s).

$Q_{Ma}$  = Caudal mayorado del agua residual, (0,171 L/s).

$$Q_D = (0,57 + 0,171)L/s$$

$$Q_D = 0,741L/s$$

$$Q_D = 0,000741 \text{ m}^3/s$$

$$Q_D = 2,66 \text{ m}^3/h$$

### 3.11.2. Canal de entrada

- Radio Hidráulico

**Tabla 3-30:** Criterios de la capacidad de canales revestidos

Características	Valor	Unidad
Material	Hormigón	-
Base del canal	0,20-0,80	m
Altura del canal	0,30-0,60	m
Rugosidad	0,015-0,030	-
Pendiente del canal	0,5	%

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

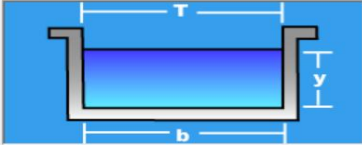
En base a los criterios obtenidos de canales revestidos que se muestra en la Tabla 31-3 se llevó a cabo una simulación en el software Hcanales de un canal de sección rectangular, con una base de canal de 0,20 m de ancho de fondo, valor de diseño recomendado por Jiménez (2013, p.21).

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	Lacteos del valle	Proyecto:	canal de entrada
Tramo:		Revestimiento:	cemento

**Datos:**

Caudal (Q):	0.000741	m3/s
Ancho de solera (b):	0.20	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.005	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.0145	m	Perímetro (p):	0.2290	m
Area hidráulica (A):	0.0029	m2	Radio hidráulico (R):	0.0126	m
Espejo de agua (T):	0.2000	m	Velocidad (v):	0.2559	m/s
Número de Froude (F):	0.6790		Energía específica (E):	0.0178	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Calculador    Limpiar Pantalla    Imprimir    Menú Principal    Calculadora

**Ilustración 3-7:** Simulación de un canal rectangular

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

$$RH = \frac{b * y}{b + 2y}$$

Ec. 3-8

Donde:

$RH$  = Radio hidráulico (m).

$b$  = Base del canal, (0,20 m). Valor considerado de la Tabla 31-3.

$y$  = Altura del agua en el canal, (0,0145 m). Valor considerado del Ilustración 7-3.

$$RH = \frac{(0,20 \text{ m})(0,0145 \text{ m})}{(0,20 \text{ m}) + 2(0,0145 \text{ m})}$$

$$RH = 0,0126 \text{ m}$$

- Velocidad de flujo en el canal

Para el cálculo de la velocidad de flujo del agua residual que debe circular por el canal de entrada es necesario conocer el coeficiente de Manning obtenido en la tabla 32-3 el cual tiene un valor de 0,013 para el canal revestido de hormigón

**Tabla 3-31:** Coeficiente de Manning para cálculo de canales

Canales revestidos	N	1/n
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995, p.32).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

$$v = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

Ec. 3-9

Donde:

$v$  = Velocidad de flujo en el canal (m/s).

$RH$  = Radio hidráulico (0,0082m).

$S$  = Pendiente canal rectangular, (0,005m/m). Valor considerado en la Tabla 31-3.

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning,  $\left(\frac{1}{0,013}\right)$ . Valor considerado en la Tabla 30-3.

$$v = \frac{1}{0,013} (0,0126)^{2/3} (0,005)^{1/2}$$

$$v = 0,30 \text{ m/s}$$



- Área libre de paso de agua

$$A_p = \frac{Q_D}{v}$$

Ec. 3-10

Donde:

$A_{SC}$  = Área de la sección transversal del canal ( $m^2$ ).

$Q_D$  = Caudal de diseño, ( $0,000741 m^3/s$ ).

$v$  = Velocidad de flujo en el canal, ( $0,30 m/s$ ).

$$A_p = \frac{0,000741 m^3/s}{0,30 m/s}$$

$$A_p = 0,00247 m^2$$

- Altura total del canal

$$H_c = h_y + h_s$$

Ec. 3-11

Donde:

$H$  = Altura total del canal (m).

$h_y$  = Altura del agua en el canal ( $0,0145m$ ), Valor obtenido en el Ilustración 7-3.

$h_s$  = Altura de seguridad ( $0,30 m$ ), Valor considerado en la Tabla 31-3.

$$H_c = 0,0145 m + 0,30 m$$

$$H_c = 0,315 m$$

### 3.11.3. Rejillas de barras

Para el implemento de rejillas se debe tomar en cuenta la limpieza de las mismas, se propone un sistema de rejillas de barras rectangulares de tipo manual, de tal forma que el operario pueda limpiarlo fácilmente y así evitar la colmatación de cada una de las rejillas. Es importante que las rejillas estén inclinadas en relación con la horizontal con un ángulo.

**Tabla 3-32:** Condiciones del diseño de rejillas de limpieza manual

Características	Valor recomendado	Unidad
Ancho de las barras	5,08-15,24	mm
Pendiente en relación con la vertical	30-45	Grados
Velocidad de aproximación	0,20 – 0,60	m/s
Espacio entre barras	10-20	mm
Pérdida de carga admisible	0,15	M

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995, p.57).

- Número de barras

$$N_b = \frac{b}{e_b + s_b}$$

Ec. 3-12

Donde:

$N_b$  = Número de barras.

$b$  = Base del canal, (0,20 m).

$e_b$  = Espesor de las barras, (0,006 m). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$s_b$  = Separación entre barrotes, (0,0215m). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$$N_b = \frac{0,20 \text{ m}}{0,006 \text{ m} + 0,0215 \text{ m}}$$

$$N_b = 8 \text{ barras}$$

- Separación total entre las barras

$$s_{TB} = \left( \frac{b - s_b}{e_b + s_b} + 1 \right) (s)$$

Ec. 3-13

Donde:

$s_{TB}$  = Separación total de las barras en las rejillas (m).

$b$  = Base del canal (0,20 m).

$s_b$  = Separación entre barrotes, (0,0215m). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$e_b$  = Espesor de las barras, (0,006 m). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$$s_{TB} = \left( \frac{0,20m - 0,0215m}{0,006m + 0,0215m} + 1 \right) (0,0215m)$$

$$s_{TB} = 0,16 m$$

- Longitud de las barras

$$L_b = \frac{H_c}{\text{Sen}\theta}$$

Ec. 3-14

Donde:

$L_b$  = Longitud de las barras (m).

$H_c$  = Altura del tirante de construcción (0,3089m).

$\theta$  = Ángulo de inclinación, (45°). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$$L_b = \frac{0,315 m}{\text{Sen } 45}$$

$$L_b = 0,44 m$$

- Área de espacio entre barras

$$A_b = L_b * s_{TB}$$

Ec. 3-15

Donde:

$A_b$  = Área de espacio entre barras (m<sup>2</sup>).

$L_b$  = Longitud de las barras (0,44 m).

$s_{TB}$  = Separación total de las barras en las rejillas (0,16m).

$$A_b = (0,44 m)(0,16m)$$

$$A_b = 0,0704 m^2$$

- Nivel máximo de agua en la rejilla

$$N_{max} = \frac{Q_D}{v * b}$$

Donde:

$N_{max}$  = Nivel máximo del agua en la rejilla (m).

$v$  = Velocidad de aproximación del flujo, (0,25 m/s). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$Q_D$  = Caudal diseño (0,000741 m<sup>3</sup>/s).

$b$  = Base del canal, (0,20m).

$$N_{max} = \frac{0,000741 \text{ m}^3/\text{s}}{\left(0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (0,20 \text{ m})}$$

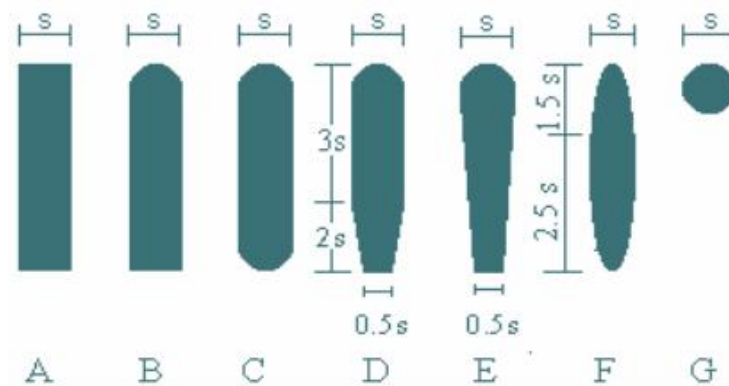
$$N_{max} = 0,01482 \text{ m}^2$$

- Pérdida de carga en las rejillas

**Tabla 3-33:** Factor de pérdida para rejillas manual

FORMA	A	B	C	D	R	F	G
Factor según la forma de la barra ( $\beta$ )	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (NORMA RAS, 2000, p. 51)



**Ilustración 3-8:** Forma de varillas para rejilla

Fuente: (NORMA RAS, 2000, p. 53).

En el diseño del sistema de rejilla mediante la Norma RAS 2000 para el tratamiento de aguas residuales es recomendable trabajar con la varilla tipo G ya que es muy fácil adquirirla. La pérdida de energía se calcula mediante la ecuación de Krischnner.

$$H = \beta \left( \frac{s_b}{e_b} \right)^{4/3} \left( \frac{v^2}{2g} \right) \text{Sen}\theta$$

Ec. 3-17

Donde:

$H$  = Pérdida de carga (m).

$\beta$  = Factor según forma de barras (1,79, adimensional). Valor considerado en la Tabla 34-3.

$e_b$  = Espesor de las barras, (0,006 m). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$s_b$  = Separación entre barrotes, (0,0215m). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$v$  = Velocidad de flujo (0,25m/s). Valor considerado en la Tabla 33-3.

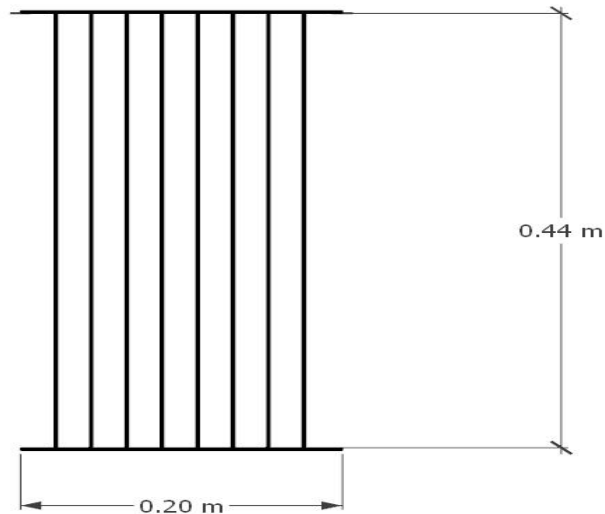
$g$  = Gravedad, (9,8 m/s<sup>2</sup>).

$\theta$  = Ángulo de inclinación de las barras, (45°). Valor considerado en la Tabla 33-3.

$$H = 1,79 \left( \frac{0,0215 \text{ m}}{0,006 \text{ m}} \right)^{4/3} \left( \frac{(0,25 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \right) \text{Sen}45^\circ$$

$$H = 0,125 \text{ m}$$

El valor de la pérdida de carga es de 0,125 m, valor que es menor a 0,15 lo que significa que este valor es admisible, de acuerdo con el criterio de diseño RAS 2000.



**Ilustración 3-9:** Dimensiones de rejillas

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.11.4. Trampa de grasa

**Tabla 3-34:** Criterios de diseño para trampa de aceite y grasas

Características	Valor recomendado	Unidad
Relación ancha/longitud	2:1 – 3:2	m
Área por cada litro por segundo	0,25	m <sup>2</sup>
Carga hidráulica	4	L/m <sup>2</sup> s
Profundidad	0,80-2,5	m
Tiempo de retención	30-50	min
Diámetros de tuberías de entrada y salida	> 0,05	m
Carga hidráulica	4	L/m <sup>2</sup> s
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s

Fuente: (OPS/CEPIS/03.81, 2003).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

Para realizar el diseño de la trampa de grasa se ha considerado y aplicar los criterios de diseño que se muestran en la Tabla 35-3, de acuerdo con la Norma RAS 2000 y OPS/CEPIS 2003.

- Volumen del tanque

$$V_{TG} = Q_D * t_r$$

Ec. 3-18

Donde:

$V_{TG}$  = Volumen de la trampa de grasa y aceite (m<sup>3</sup>).

$Q_D$  = Caudal de diseño (0,0446 m<sup>3</sup>/min).

$t_r$  = Tiempo de retención hidráulica, (35 min). Valor considerado de la Tabla 35-3.

$$V_{TG} = 0,0446 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (35 min)}$$

$$V_{TG} = 1.561 \text{ m}^3$$

- Área del Tanque

$$A_{TG} = \frac{V_{TG}}{P}$$

Ec. 3-19

Donde:

$A_{TG}$  = Área de la trampa de grasa ( $m^2$ ).

$V_{TG}$  = Volumen de la trampa de grasa y aceite, ( $1,561 m^3$ ).

$P$  = Profundidad, ( $0,85 m$ ). Valor considerado de la Tabla 35-3.

$$A_{TG} = \frac{1,561 m^3}{0,85 m}$$

$$A_{TG} = 1.84 m^2$$

- Ancho del tanque

$$b_{TG} = \sqrt{\frac{A_{TG}}{1,5}}$$

Ec. 3-20

Donde:

$b_{TG}$  = Ancho del tanque ( $m$ ).

$A_{TG}$  = Área del tanque, ( $1.84 m^2$ )

$$b_{TG} = \sqrt{\frac{1.84 m^2}{1,5}}$$

$$b_{TG} = 1.10 m$$

- Longitud del tanque

$$L_{TG} = b_{TG} * 1,5$$

Ec. 3-21

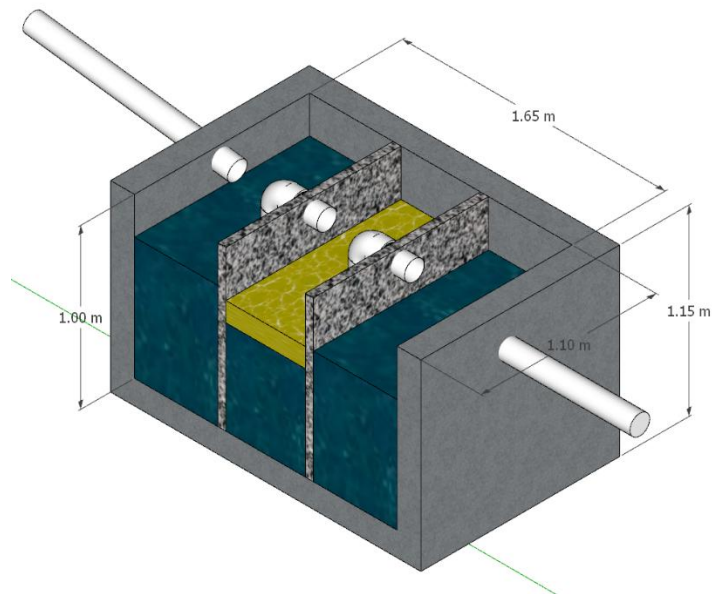
Donde:

$L_{TG}$  = Largo del tanque (m).

$b_{TG}$  = Ancho del tanque, (1,10 m).

$$L_{TG} = 1,10 \text{ m (1,5)}$$

$$L_{TG} = 1,65 \text{ m}$$



**Ilustración 3-10:** Dimensiones de trampa de grasa

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.11.5. Tanque de aireación

**Tabla 3-35:** Consideraciones para el diseño de tanque de aireación

Características	Valor recomendado	Unidad
Altura del tanque de aireación	1	m
Relación largo/ancho (L/b)	1	(m/m)

Fuente: (Metcalfy y Eddy, 1995 p.34).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

- Volumen del tanque



$$V_{TA} = b_{TA} * h_{TA} * L_{TA}$$

Ec. 3-22

Donde:

$V_{TA}$  = Volumen del tanque de aireación (m).

$b_{TA}$  = Ancho del tanque de aireación, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 36-3.

$h_{TA}$  = Altura del tanque de aireación, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 36-3.

$L_{TA}$  = Longitud del tanque de aireación, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 36-3.

$$V_{TA} = (1,00 \text{ m})(1,00 \text{ m})(1,00 \text{ m})$$

$$V_{TA} = 1,00 \text{ m}^3$$

- Sistema de aireación

La selección del sistema de aireación debe ser realizado cuidadosamente con el objetivo de disminuir el uso de químicos, facilidad y tiempo de operación.

- Caudal del aire en función de DBO5

$$Q_{aire} = DBO_5 * Q_D$$

Ec. 3-23

Donde:

$Q_{aire}$  = Caudal del aire para degradar DBO5 ( $m^3/min$ ).

$mg \text{ DBO}_5/L$  = Demanda bioquímica de oxígeno (2.300 mg/L).

$Q_D$  = Caudal de diseño (2,66  $m^3/h$ ).

$$Q_{aire} = 2.300 \frac{mg \text{ DBO}_5}{L} * \frac{1kg \text{ DBO}_5}{10^6 mg \text{ DBO}_5} * \frac{1000 L}{1m^3} * \frac{2,66 m^3}{h} * \frac{154 m^3 \text{ aire}}{1 kg \text{ DBO}_5} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$Q_{aire} = 15,70 m^3 \text{ aire}/min$$

Por lo tanto, si se requiere degradar 2.300 mg DBO<sub>5</sub>/L se debe aplicar 15,70 m<sup>3</sup> aire/min.

- Presión hidrostática

$$P_{H_2O} = \rho * g * h_{TA}$$

Ec. 3-24

Donde:

$P_{H_2O}$  = Presión hidrostática del agua (psi).

$\rho$  = Densidad del agua a 20 °C, (9,8 Kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Gravedad, (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$h_{TA}$  = Altura del tanque, (1,00 m). Valor considerado de la Tabla 36-3.

$$P_{H_2O} = (998 \text{ Kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(1,00 \text{ m})$$

$$P_{H_2O} = 9780,4 \text{ Pa}$$

$$P_{H_2O} = 1,42 \text{ psi}$$

- Presión absoluta

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{H_2O}$$

Ec. 3-25

Donde:

$P_{abs}$  = Presión absoluta (psi).

$P_{H_2O}$  = Presión hidrostática del agua, (1,42 psi).

$P_{atm}$  = Presión atmosférica del cantón Chaco, (14,89 psi).

$$P_{abs} = 14,89 \text{ psi} + 1,42 \text{ psi}$$

$$P_{abs} = 16,31 \text{ psi}$$

- Potencia del compresor

$$P_{Com} = \frac{Q_{aire} * R * T_{amb}}{0,75 * n * \varepsilon} \left[ \left( \frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^n - 1 \right]$$

Ec. 3-26

Donde:

$P_{Com}$  = Potencia del compresor.

$Q_{aire}$  = Caudal de aire de compresión, (15,70 m<sup>3</sup>/min; 0,32 Kg/s).

$R$  = Constante de gases ideales para aire seco, (287,00 J/Kg. K).

$T_{amb}$  = Temperatura ambiente, (298 K).

$n$  = Constante para el aire, (0,283 valor adimensional).

$\varepsilon$  = Eficiencia asumida del compresor, (75% porcentaje adimensional).

$$P_{Com} = \frac{(0,32 \text{ Kg/s})(287 \text{ J/K} \cdot \text{Kg})(298 \text{ K})}{0,75(0,283)(0,75)} \left[ \left( \frac{16,23 \text{ psi}}{14,81 \text{ psi}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_{Com} = 4,51 \text{ KW}$$

$$P_{Com} = 6,05 \text{ HP}$$

- Variación térmica del aire de compresión

$$\Delta T_{Comp} = \frac{T_{amb}}{\varepsilon} \left[ \left( \frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Ec. 3-27

Donde:

$\Delta T_{Comp}$  = Variación térmica del aire (°C).

$T_{Amb}$  = Temperatura ambiente, (20 °C).

$\varepsilon$  = Eficiencia asumida del compresor (75%, porcentaje adimensional).

$P_{abs}$  = Presión absoluta, (16,31psi).

$P_{atm}$  = Presión atmosférica, (14,89 psi).

$$\Delta T_{Comp} = \frac{20 \text{ }^\circ\text{C}}{0,75} \left[ \left( \frac{16,31 \text{ psi}}{14,89 \text{ psi}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$\Delta T_{Comp} = 9,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Temperatura de salida del aire

$$T_{aire} = T_{amb} + \Delta T_{compresión}$$

Ec. 3-28

Donde:

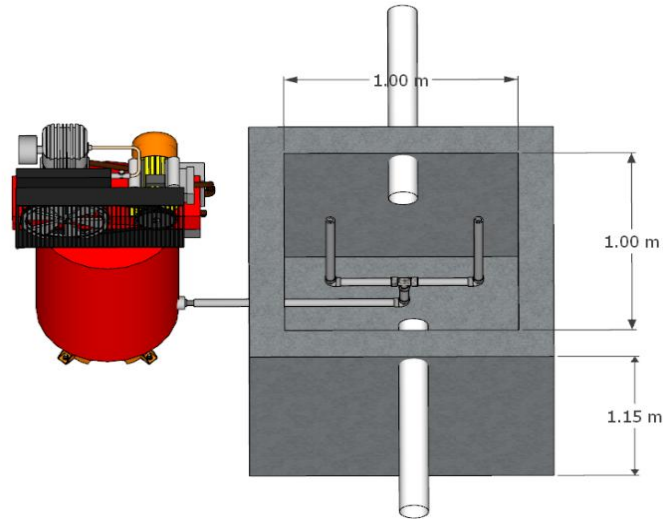
$T_{aire}$  = Temperatura de salida de aire (°C).

$\Delta T_{compresión}$  = Variación térmica del aire, (9,55 °C)

$T_{amb}$  = Temperatura ambiente, (20 °C)

$$T_{aire} = 20\text{ °C} + 9,55\text{ °C}$$

$$T_{aire} = 29,55\text{ °C}$$



**Ilustración 3-11:** Dimisión Tanque de aireación

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.11.6. Tanque de coagulación-floculación

**Tabla 3-36:** Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas

Suspensión	Intervalo	Carga de superficie (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)
Floculo de cal	30-60	60
Floculo de hierro	25-50	30
Floculo de alúmina	25-50	40
Agua residual cruda	25-50	50

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995, p.34).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

- Área del tanque

$$A_{TCF} = \frac{Q_D}{C_S}$$

Ec. 3-29

Donde:

$A_{TCF}$  = Área del tanque ( $m^2$ ).

$Q_D$  = Caudal de diseño, ( $2,66 m^3/h$ ).

$Cs$  = Carga superficial, ( $40 m^3/m^2$ día). Valor considerado de la Tabla 37-3.

$$A_{TCF} = \frac{63,84 m^3/día}{40 m^3/m^2 día}$$
$$A_{TCF} = 1,59 m^2$$

- Ancho del tanque

$$b_{TCF} = \sqrt{\frac{A_{TCF}}{2}}$$

Ec. 3-30

Donde:

$b_{TCF}$  = Ancho del tanque (m).

$A_{TCF}$  = Área del tanque, ( $1,59 m^2$ ).

$$b_{TCF} = \sqrt{\frac{1,59 m^2}{2}}$$
$$b_{TCF} = 0,89 m$$

- Longitud del tanque

$$L_{TCF} = 2b_{TCF}$$

Ec. 3-31

Donde:

$L_{TCF}$  = Largo del tanque (m).

$b_{TCF}$  = Ancho del tanque, ( $0,89 m$ )

$$L_{TCF} = 2(0,89 m)$$
$$L_{TCF} = 1,78 m$$

- Volumen del tanque

$$V_{TCF} = H_{TCF} * b_{TCF} * L_{TCF}$$

Ec. 3-32

Donde:

$V_{TCF}$  = Volumen del tanque ( $m^3$ ).

$H_{TCF}$  = Altura del tanque, (valor de 1 m de altura referente a otras PTAR funcionales)

$b_{TCF}$  = Ancho del tanque, (0,89 m).

$L_{TCF}$  = Largo del tanque, (1,78 m).

$$V_{TCF} = (1,00 \text{ m})(0,89\text{m})(1,78\text{m})$$

$$V_{TCF} = 1,58\text{m}^3$$

- Diámetro del tanque

$$\phi_{TFC} = \sqrt{4 * \frac{A_{TFC}}{\pi}}$$

Ec. 3-33

Donde:

$\phi_{TFC}$  = Diámetro del tanque (m).

$A_{TFC}$  = Área del tanque, (1,59  $m^2$ ).

$$\phi_{TFC} = \sqrt{4 * \frac{(1,59\text{m}^2)}{\pi}}$$

$$\phi_{TFC} = 1,42\text{m}$$

- Tiempo de retención hidráulico

$$T_r = \frac{V_{TCF}}{Q_D}$$

Ec. 3-34

Donde:

$T_r$  = Tiempo de retención hidráulico (h).

$Q_D$  = Caudal de diseño, (2,66  $m^3/h$ ).

$V_{TFC}$  = Volumen del tanque, (1,58m<sup>3</sup>).

$$T_r = \frac{1,58 \text{ m}^3}{2,66 \text{ m}^3/h}$$

$$T_r = 0,59 \text{ h}$$

- Longitud de las paletas de agitación

$$L_{PA} = \frac{b_{TFC}}{4}$$

Ec. 3-35

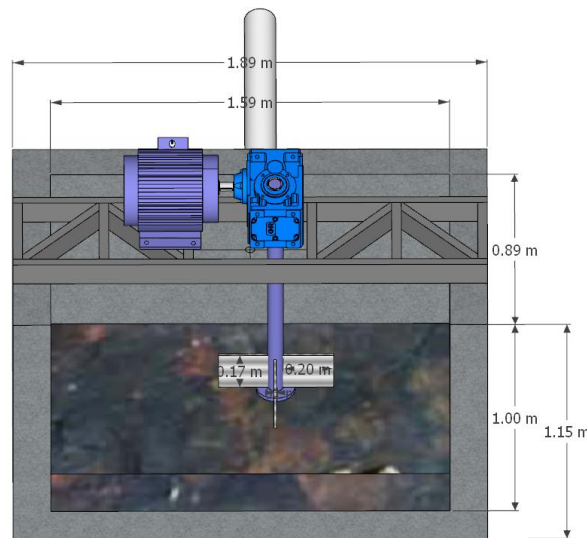
Donde:

$L_{PA}$  = Longitud de la paleta (m).

$b_{TFC}$  = Ancho del tanque, (0,89 m).

$$L_{PA} = \frac{0,89 \text{ m}}{4}$$

$$L_{PA} = 0,222 \text{ m}$$



**Ilustración 3-12:** Dimensión coagulación-floculación

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

- Potencia disipada

**Tabla 3-37:** Propiedades físicas del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad Cinemática (m <sup>2</sup> /s)	Viscosidad Dinámica (N s/m <sup>2</sup> )
0	999,80	1,785x10 <sup>-6</sup>	1,781x10 <sup>-3</sup>
10	999,70	1,306x10 <sup>-6</sup>	1,307x10 <sup>-3</sup>
20	998,20	1,003x10 <sup>-6</sup>	1,102x10 <sup>-3</sup>
30	995,70	0,800x10 <sup>-6</sup>	0,708x10 <sup>-3</sup>

Fuente: (Zacarías et al., 2017, p.18).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

**Tabla 3-38:** Criterios de diseño de los floculadores mecánicos

Tiempo de detención (horas)	Gradiente medio de velocidad (s-1)	Velocidad (m/s)
1-7	150-750	0,3-0,75

Fuente: (Jiménez, 2013, p.4).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

$$P = G^2 * \mu * V_{TCF}$$

Ec. 3-36

Donde:

$P$  = Potencia disipada (W).

$G$  = Gradiente medio de velocidad, (750 s<sup>-1</sup>). Valor considerado de la Tabla 39-3.

$\mu$  = Viscosidad dinámica, (0,001102 Kg/m.s). Valor considerado de la Tabla 38-3.

$V_{TCF}$  = Volumen del tanque, (1,58 m<sup>3</sup>).

$$P = (750 \text{ s}^{-1})^2 \left( 0,001102 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right) (1,58 \text{ m}^3)$$

$$P = 979,40 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3$$

$$P = 979,40 \text{ W}$$



- Área de las paletas

**Tabla 3-39:** Valores de Coeficiente de arrastre

Cantidad	CD
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: (Romero, 2010, p.8).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

$$A_{PA} = \frac{2P}{C_D * \rho * v^3}$$

Ec. 3-37

Donde:

$A_{PA}$  = Área de las paletas de agitación (m<sup>2</sup>).

$P$  = Potencia disipada (979,40 W).

$C_D$  = Coeficiente de resistencia de las paletas, (1,20). Valor considerado de la Tabla 40-3.

$\rho$  = Densidad del agua (998,2Kg/m<sup>3</sup>) a 20 °C. Valor considerado de la Tabla 38-3.

$v$  = Velocidad de las paletas respecto al fluido, (0,75 m/s). Valor obtenido de la Tabla 39-3.

$$A_{PA} = \frac{2 ( 979,40 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3)}{(1,20)(998,2 \text{ kg} / \text{m}^3)(0,75 \text{ m} / \text{s})^3}$$

$$A_{PA} = 2,18 \text{ m}^2$$

### 3.11.7. Tanque de sedimentación

**Tabla 3-40:** Criterios de diseño para el tanque de sedimentación primaria y secundaria

Parámetros	Intervalo	Unidad
Carga de superficie	20-40	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> día
Tiempo de retención	0,5-3,0	h
Profundidad	1,5-3,0	m

Pendiente de la solera	6,25-16	m/m
------------------------	---------	-----

Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, 2005).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

- Área superficial del tanque sedimentador

$$A_{TS} = \frac{Q_D}{C_S}$$

Ec. 3-38

Donde:

$A_F$  = Área superficial del filtro ( $m^2$ ).

$Q_D$  = Caudal de diseño, ( $2,66m^3/h$ ).

$C_S$  = Carga superficial ( $m^3/m^2$  día). Valor considerado de la Tabla 41-3.

$$A_{TS} = \frac{63,84 \text{ m}^3/\text{día}}{40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}}$$

$$A_{TS} = 1,59 \text{ m}^2$$

- Diámetro del tanque sedimentador

$$\phi_{TS} = \sqrt{\frac{4A_{TS}}{\pi}}$$

Ec. 3-39

Donde:

$\phi_{TS}$  = Diámetro del tanque sedimentador (m).

$A_{TS}$  = Área superficial del tanque sedimentador, ( $1,59 \text{ m}^2$ ).

$$\phi_{TS} = \sqrt{\frac{4(1,59m^2)}{\pi}}$$

$$\phi_{TS} = 1,42 \text{ m}$$

- Radio del tanque

$$r_{TS} = \frac{\phi_{TS}}{2}$$

Donde:

$r_{TS}$  = Radio del tanque sedimentador (m).

$\emptyset_{TS}$  = Diámetro del tanque sedimentador, (1,42 m).

$$r_{TS} = \frac{1,42 \text{ m}}{2}$$

$$r_{TS} = 0,71 \text{ m}$$

- Volumen del tanque sedimentador

$$V_{TS} = \pi * r^2 * H_{TS}$$

Ec. 3-41

Donde:

$V_{TS}$  = Volumen del tanque sedimentador (m<sup>3</sup>).

$r$  = Radio del tanque, (0,71 m).

$H_{TS}$  = Altura del tanque, (1,5 m). Valor considerado de la Tabla 41-3.

$$V_{TS} = (\pi)(0,71 \text{ m})^2(1,5 \text{ m})$$

$$V_{TS} = 3,34 \text{ m}^3$$

- Carga sobre el vertedero de salida

$$C = \frac{Q_D}{\pi * A_{TS}}$$

Ec. 3-42

Donde:

$C$  = Carga sobre el vertedero (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día).

$Q_D$  = Caudal de diseño, (2,66 m<sup>3</sup>/h).

$A_{TS}$  = Área superficial del tanque sedimentador, (1,59 m<sup>2</sup>).

$$C = \frac{2,66 \text{ m}^3/h}{\pi(1,59 \text{ m}^2)}$$

$$C = 0,53 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

- Tiempo de retención hidráulica

$$t_{RH} = \frac{V_{TS}}{Q_D}$$

Ec. 3-43

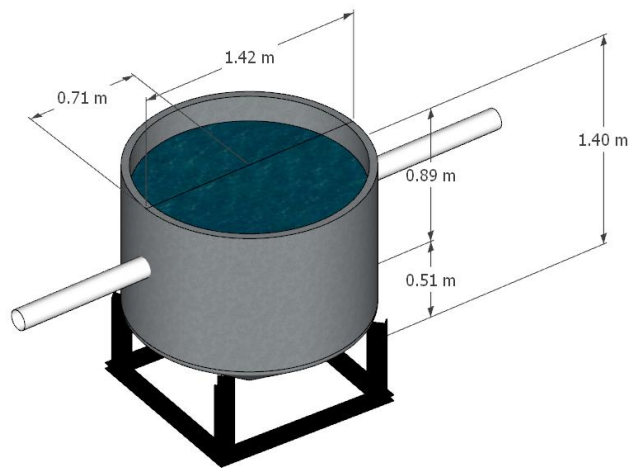
Donde:

$t_{RH}$  = Tiempo de retención hidráulica (h).

$V_{TS}$  = Volumen del tanque sedimentador, (3,34 m<sup>3</sup>).

$$t_{RH} = \frac{3,34 \text{ m}^3}{2,66 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$t_{RH} = 1,25 \text{ h}$$



**Ilustración 4-13:** Tanque de sedimentación

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.11.8. Diseño del filtro lento

**Tabla 3-41:** Criterios de diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente

Parámetro	Rango	Unidad
*Profundidad útil	No menor a 1.80	m
*Ancho	0.85-5.40	m

<b>*Volumen útil mínimo</b>	No menor de 1.25	$m^3$
<b>*H medio soporte</b>	No menor a 1.2	$m$
<b>*Salida del efluente</b>	No menor a 30 sobre el lecho	$cm$
<b>Tiempo de retención</b>	24-48	$horas$
<b>Carga orgánica</b>	1-30	Kg DQO/ $m^3$ *día
<b>Velocidad del flujo</b>	<10	$m/días$
<b>Edad de lodos</b>	0.5-5	Días
<b>Distancia entre orificios deentrada</b>	1-2	$m$

Fuentes: (Norma brasilera ABNT y Norma RAS 2000).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

- Cálculo del volumen del filtro, l:

Considerando los valores de la tabla 42 -3, se toma el valor de 1 día que está dentro de los valores sugeridos.

$$Vf = Q * Tr$$

Donde:

**Vf:** Volumen del filtro ( $m^3$ )

**Q:** Caudal de diseño ( $63,84 m^3/día$ )

**Tr:** Tiempo de retención hidráulica (día); 1 día (*Valor considerado en los criterios de diseño NORMA RAS 2000 en la tabla 42 -3*).

$$Vf = 63,84 \times 1 \text{ dia}$$

$$Vf = 63.84m^3$$

- Cálculo del área horizontal del filtro, Af:

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

Donde

**A<sub>f</sub>**: Área horizontal del filtro ( $m^2$ )

**V<sub>f</sub>**: Volumen del filtro ( $m^3$ );  $63,84m^3$

**H<sub>u</sub>**: Profundidad útil del filtro (m); 1,8 m (*Valor considerado en los criterios de diseño NORMA RAS 2000 en la tabla 42-3*)

$$A_f = \frac{63,84 m^3}{1,8 m}$$

$$A_f = 35,46$$

- Cálculo de la longitud del filtro

$$L = \frac{A_f}{b}$$

Donde

**L**: Longitud del filtro (m)

**A<sub>f</sub>**: Área horizontal del filtro ( $m^2$ );  $35,46 m^2$

**b**: Ancho del filtro (m); 3.0 m (*Valor considerado en los criterios de diseño NORMA RAS 2000 en la tabla 42-3*).

$$L = \frac{35,46 m^2}{3.0m}$$

$$L = 11.82 m$$

- Cálculo de la altura total de la cámara H<sub>Tf</sub>

$$H_{tf} = H_u + 0.30$$

Donde

**$H_{Tf}$** : Altura total de la cámara (m)

**$H_u$** : Altura útil (m); 1.8m

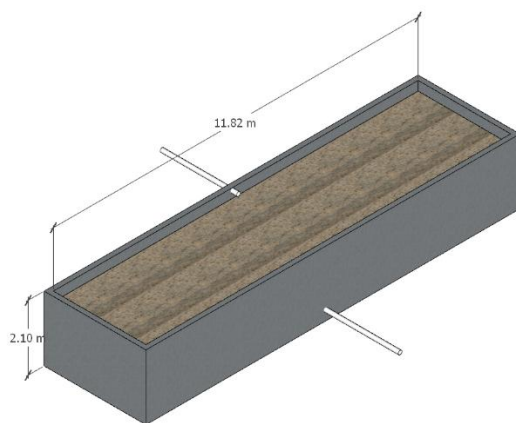
$$H_{Tf} = 1,8 + 0,30$$

$$H_{Tf} = 2,10$$

- Profundidad útil del filtro

Se consideró útil mediante ensayo de laboratorio el uso de carbón activado en el filtro para la eliminación del color del agua residual, ayudando a una mejor percepción organoléptica del agua en el aspecto visual, ya que existe una coloración blanquecina propia de la leche en el agua residual.

- Arena: 0,80 metros
- Carbón activado: 0,50 metros
- Grava fina: 0,30 metros
- Grava gruesa 0,20 metros
- Falso fondo: 0,30 metros



**Ilustración 4-14:** Dimensiones de filtro lento

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

### 3.11.9. Dosificación del coagulante al 3% coagulante y el floculante aniónico

Para realizar el tratamiento de coagulación-floculación se requiere tener una dosificación adecuada de las sustancias químicas, esto se determinó a nivel de laboratorio mediante la prueba de jarras, los resultados obtenidos serán utilizados como base para obtener las dosificaciones a nivel industrial.

- Dosificación del coagulante a nivel laboratorio

Antes de iniciar con el tratamiento químico, se ajustó el pH a 7 con 2 ml de Hidróxido de sodio 1N a la muestra del agua residual, con el fin de obtener mejores resultados en su turbidez. En el test de jarras se trabajó con Policloruro de aluminio 3% m/v, por lo que la dosificación óptima para la muestra fue de 5 ml de PAC al 3%.

$$C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2}$$

Ec. 3-44

Donde:

$C_1$  = Concentración inicial del PAC (0,03 g/ml)

$V_1$  = Volumen de la dosis óptima del PAC (5 ml)

$C_2$  = Concentración de PAC en la dosis óptima (L/s)

$V_2$  = Volumen de la dosis óptima de la muestra del efluente (1000 ml)

$$C_2 = \frac{(0,03 \text{ g/ml})(5 \text{ ml})}{1000 \text{ ml}}$$

$$C_2 = 1,5 \times 10^{-4} \text{ g/ml}$$

$$C_2 = 0,15 \text{ g/L}$$

- Dosificación del coagulante a nivel industrial

$$D_{PAC} = Q_D * C_2$$

Ec. 3-45

Donde:



$D_{PAC}$  = Cantidad de PAC requerida por día (kg/día).

$Q_D$  = Caudal de diseño, (0,741 L/s).

$C_2$  = Concentración de PAC en la dosis óptima, (0,15 g/L).

$$D_{PAC} = (0,741L/s)(0,15 g/L)$$

$$D_{PAC} = 0,111g/s$$

$$D_{PAC} = 9.59 kg/día$$

- Dosificación del floculante aniónico a nivel laboratorio

Después de obtener la dosis óptima del coagulante, mediante el test de jarras se añade el polielectrolito al 1% m/v.

$$C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2}$$

Ec. 3-46

Donde:

$C_1$  = Concentración inicial del floculante, (0,01 g/ml).

$V_1$  = Volumen de la dosis óptima del floculante, (3 ml).

$C_2$  = Concentración del floculante en la dosis óptima, (L/s).

$V_2$  = Volumen de la dosis óptima de la muestra del efluente, (1000 ml).

$$C_2 = \frac{(0,01 g/ml)(3 ml)}{1000 ml}$$

$$C_2 = 3 \times 10^{-5} g/ml$$

$$C_2 = 0,03 g/L$$

- Dosificación del floculante a nivel industrial

$$D_{POL} = Q_D * C_2$$

Ec. 3-47

Donde:

$D_{POL}$  = Cantidad del floculante por día (kg/día).

$Q_D$  = Caudal de diseño (0,741 L/s).

$C_2$  = Concentración del floculante en la dosis óptima (0,03 g/L).

$$D_{PAC} = (0,741 \text{ L/s})(0,03 \text{ g/L})$$

$$D_{PAC} = 0,022 \text{ g/s}$$

$$D_{PAC} = 1.90 \text{ kg/día}$$

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se detalla los resultados obtenidos, de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual industrial y los parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos de la Norma Ambiental, de igual forma la medición de caudal, mismos que son necesarios para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales en base a los criterios y normas.

#### 4.1. Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento

##### 4.1.1. Caudal del efluente

El caudal de diseño cumple un papel fundamental para el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de la Planta láctea por lo que se determinó mediante el caudal experimental y el caudal mayorado. De tal forma que se obtuvo los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4-1:** Resultados del caudal del agua residual

Parámetros	Valor	Unidad
Caudal Experimental	0,57	L/s
Caudal Mayorado	0,171	L/s
Caudal de diseño	0,741	L/s

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

##### 4.1.2. Canal de entrada

Para un caudal de diseño de 0,74 L/s se aplicó una simulación en el software Hcanales en el que se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 4-2:** Resultados del canal de entrada

Parámetros	Valor	Unidad
Ancho del canal	0,20	m
Altura del agua en el canal	0,0145	m

Radio hidráulico	0,0126	m
Velocidad de flujo	0,30	m/s
Pendiente del canal	0,005	m/m
Área de la sección transversal	0,00247	m <sup>2</sup>
Altura del canal	0,315	m

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.1.3. Sistema de rejillas

Al considerar los criterios de diseño establecidos en la Norma RAS 200, se dimensionó unas rejillas de limpieza manual debido a que el caudal no es constante por lo que este sistema consta de las siguientes características:

**Tabla 4-3:** Resultados del sistema de rejillas

Parámetros	Valor	Unidad
Velocidad de aproximación del agua	0,20	m/s
Área de espacio entre barras	0,0704	m <sup>2</sup>
Número de barras	8	barras
Longitud de barras	0,44	m
Separación entre barras	0,0215	m
Espesor de las barras	0,005	m
Nivel máximo de agua en la rejilla	0,01482	m <sup>2</sup>
Pérdida de carga en las rejillas	0,0125	m
Ángulo de inclinación	45	°

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.1.4. Trampa de grasa

El equipo para la remoción de aceites y grasas del efluente fue diseñado bajo los criterios de la Norma RAS 2000 y OPS/CEPIS 2003, cuyas especificaciones y parámetros calculados se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 4-4:** Resultados de la trampa de grasa

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Área	1,84	m <sup>2</sup>
Ancho	1,10	m
Longitud	1,65	m
Volumen	1,561	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	30	min
Profundidad	0,80	m
Carga Hidráulica	4	L/m <sup>2</sup> s

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.1.5. Tanque de aireación

Se propone un tanque de aireación, el cual aumentará la biodegradabilidad de los contaminantes presentes en el efluente, mismo que inyectará aire comprimido por un compresor y que este tanque cuente con una capacidad de 1,0 m<sup>3</sup> y de las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4-5:** Resultados del tanque de aireación

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Volumen	1,0	m <sup>3</sup>
Altura	1,0	m
Ancho	1,0	m
Largo	1,0	m
<b>Sistema de aireación</b>		
Flujo de aire	15,70	m <sup>3</sup> /min
Presión hidrostática	1,42	psi
Presión absoluta	16,31	psi
Potencia del compresor	6,41	Hp
Variación térmica del aire de compresión	9,55	°C
Temperatura de salida del aire	29,55	°C

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.1.6. Tanque de coagulación-floculación

Mediante el dimensionamiento de este tanque se realizará el tratamiento químico que consiste en un proceso de coagulación-floculación con la adición de PAC y el floculante aniónico, mismo que se ha establecido un tiempo de retención de 0,59 h y sus especificaciones se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4-6:** Resultados del tanque coagulación-floculación

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Área	1,59	m <sup>2</sup>
Ancho	0,89	m
Longitud	1,78	m
Volumen	1,58	m <sup>3</sup>
Diámetro	1,42	m
<b>Sistema de coagulación-floculación</b>		
Tiempo de retención hidráulico	0,59	h
Longitud de las paletas de agitación	0,222	m
Potencia disipada	979,40	W
Área de las paletas	2,18	m <sup>2</sup>

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.1.7. Tanque de sedimentación

Se ha diseñado un tanque de sedimentación con el objetivo de que los sólidos contaminantes sedimenten por acción de la gravedad y las características de este tanque se muestran a continuación:

**Tabla 4-7:** Resultados del tanque de sedimentación

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Área	1,59	m <sup>2</sup>
Diámetro	1,42	m
Radio	0,71	m
Volumen	3,34	m <sup>3</sup>
Carga sobre el vertedero	12,73	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> día

Tiempo de retención hidráulica	1,25	h
--------------------------------	------	---

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.1.8. Filtro lento

Es uno de los filtros más fáciles de mantener debido a que su biomasa suele permanecer como una película microbiana para la remoción de materia orgánica en condiciones anaerobias, los procesos de biopelícula fija abren un campo de oportunidad con respecto a optimizar el consumo de energía.

**Tabla 4-8:** Resultados filtro lento

Parámetros	Valor	Unidad
Tiempo de retención	1	día
Volumen del filtro	63,84	m <sup>3</sup>
Área horizontal del filtro	35,46	m <sup>2</sup>
Longitud del filtro	11,82	m
Ancho del filtro	3	m
Altura total de la cámara	2,10	m
Profundidad útil	1,8	m
Altura de falso fondo	0,30	m
Arena	0,80	m
Espesor de capa de carbón activado	0,50	m
Espesor de la capa de grava fina	0,20	m
Espesor de la capa de grava gruesa	0,30	m

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.2. Resultados de la dosificación de los insumos químicos

A continuación, se describe la dosificación necesaria de los insumos químicos que se van a utilizar para el proceso de tratabilidad del agua residual, los cuales se añadirán en el tanque de coagulación y floculación con una dosificación diaria.

**Tabla 4-9:** Resultados del tanque de sedimentación

Descripción	Cantidad	Concentración
Policloruro de aluminio	9.59 kg/día	150 ppm
Floculante aniónico (Poliectrolito)	1,90 kg/día	6 ppm

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.3. Resultados de la caracterización residual después del tratamiento.

Al finalizar con los procesos para la tratabilidad del agua residual, se realizó la caracterización de los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles y no cumplían con la norma ambiental. En el cual se obtuvo los siguientes resultados.

**Tabla 4-10:** Caracterización del agua residual tratada y los límites establecidos en la Norma

Determinaciones	Unidades	Método	Resultado	Límite máximo permisible
<b>Color</b>	Und. Pt/Co	2120-C	1200	* Inapreciable en dilución: 1/20
<b>Potencial de hidrógeno</b>	.....	STANDARD METHODS 4500-B	4,80	6-9
<b>Turbiedad</b>	NTU	STANDARD METHODS 2130-B	14	.....
<b>Conductividad eléctrica</b>	uS/cm	PE-LSA-02	567,9	.....
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	EPA 418.1	24,00	30,00
<b>Cloruros</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-Cl-E	14,7	1.000
<b>Sólidos sedimentables</b>	ml/L	STANDARD METHODS 2540-F	10,67	20
<b>Sólidos</b>	mg/L	STANDARD	29	130



<b>suspendidos</b>		METHODS 2540-D		
<b>Sólidos totales</b>	mg/L	STANDARD METHODS 2540-B	1.200	1.600
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	19	50,00
<b>Fósforo total</b>	mg/L	STANDARD METHODS 4500-P-E	6,3	10,00
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D- mod	135	200
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B	55	100
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Membranas filtrantes	< 100	Remoción > 99,9%

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

De acuerdo a la tabla 10-4, se puede observar cómo los parámetros de la muestra del agua residual tratada se encuentran dentro de los rangos de la Norma de calidad ambiental vigente.

#### 4.4. Comparación de la caracterización inicial y final del agua residual

Al aplicar el tratamiento fisicoquímico se logró disminuir considerablemente la carga contaminante de la muestra de agua residual, por lo que se puede concluir que las pruebas de tratabilidad aplicadas son eficientes para el dimensionamiento del sistema de tratamiento. En la siguiente Tabla se presenta una comparación de los resultados obtenidos en la caracterización inicial y final del agua residual con los parámetros establecidos por la Normativa Ambiental para la descargada al cuerpo de agua dulce.

**Tabla 4-11:** Caracterización inicial y final del agua residual tratada

<b>Determinaciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agua residual inicial</b>	<b>Agua residual final</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>pH</b>	.....	4,80	4,80	6-9
<b>Turbiedad</b>	NTU	2.325	14	.....
<b>Conductividad eléctrica</b>	uS/cm	5.282	567,9	.....
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	330,8	24	30.00
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/L	3.300	29	130
<b>Sólidos totales</b>	mg/L	41.504	1.200	1.600
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L	400	19	50.00
<b>DQO</b>	mg/L	3.835	135	200
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	2.300	55	100
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100 ml	1.323,3	< 100	Remoción > 99,9%

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.5. Porcentaje de remoción de los procesos

Al concluir la caracterización fisico-química del agua tratada, se calculó el porcentaje de remoción de los parámetros que no cumplían con el límite de la norma establecida con el fin de evaluar y analizar la eficiencia del sistema de tratamiento a escala laboratorio. En la siguiente tabla se puede observar los resultados de remoción de la carga contaminante de la muestra:

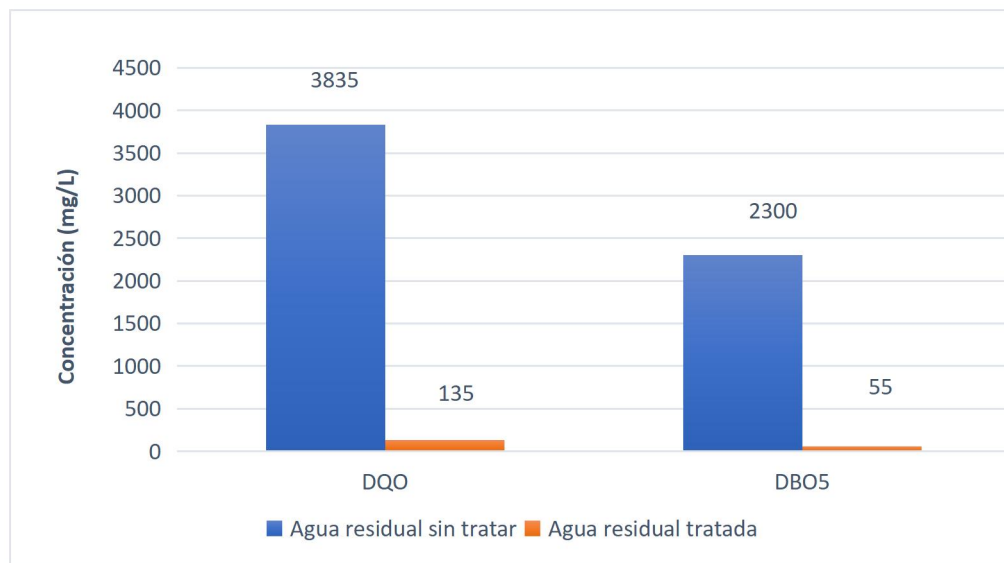
**Tabla 4-12:** Porcentaje de remoción de la carga contaminante en la muestra

<b>Determinaciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agua residual inicial</b>	<b>Agua residual final</b>	<b>% Remoción</b>
<b>Turbiedad</b>	NTU	42.325	14	99,96%
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	330,8	24	92.74%
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/L	3300	29	99.12%
<b>Sólidos totales</b>	mg/L	41.504	1.200	97.10%
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L	400	19	95,25%

<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	3.835	135	96,47%
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	2.300	55	97,60%
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	1.323,3	Ausencia	Remoción al 99,9%

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

#### 4.5.1. Remoción de DQO y DBO<sub>5</sub>



**Ilustración 4-1:** Remoción de DQO y DBO<sub>5</sub>

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

En la ilustración 4-1, Se puede observar que las pruebas de tratabilidad implementadas en la muestra se consiguió una remoción del 96,47 % en DQO y 97,60% en DBO<sub>5</sub> logrando reducir significativamente la concentración de esta carga de contaminante arrojada en el cuerpo de agua dulce.

#### 4.5.2. Remoción de sólidos totales y sólidos suspendidos



**Ilustración 4-2:** Remoción de sólidos suspendidos y sólidos totales

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

En el Ilustración 4-2 se presenta los resultados del agua residual antes y después de su tratamiento, en el que se redujo los parámetros, indicando un porcentaje de remoción de 99,12 % de sólidos suspendidos y un 97,10 % de sólidos totales. Esto se debe gracias a la implementación del filtro.

#### 4.5.3. Remoción turbiedad, aceites y grasas, nitrógeno total

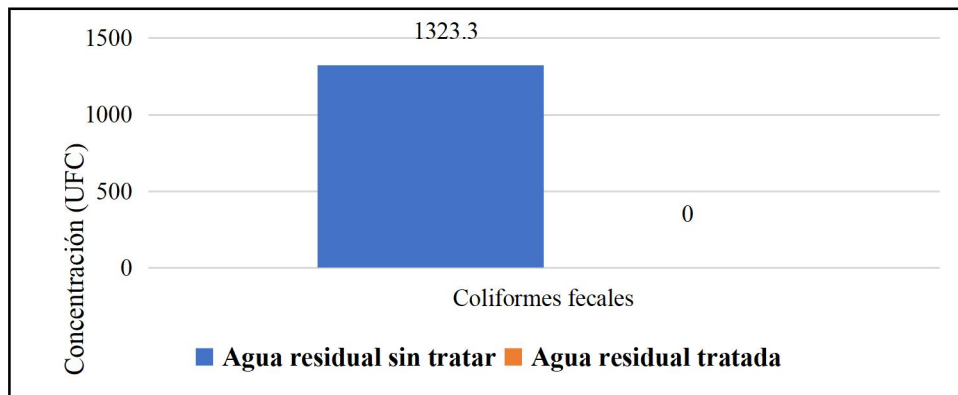


**Ilustración 4-3:** Remoción de turbiedad, aceites y grasas, nitrógeno total.

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

En el Ilustración 3-4, se observa que la remoción de la turbiedad es del 99,96%, aceites y grasas es del 92,74% mientras que del nitrógeno total es del 95,25 %. Por lo tan, se obtuvo la concentración permisible con respecto a la Norma de Calidad Ambiental.

#### 4.5.4. Remoción de coliformes fecales



**Ilustración 4-4:** Remoción de turbiedad, aceites y grasas, nitrógeno total.

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

En la Ilustración 4-4 se presenta la concentración inicial y final del parámetro microbiológico en que se demuestra un porcentaje de remoción del 99,9% de coliformes fecales, lo que significa que el agua residual tratada puede ser reutilizada para diferentes procesos.

#### 4.6. Propuesta del sistema de tratamiento residual

Actualmente, la Planta de productos lácteos del Valle genera una gran cantidad de aguas residuales, estas poseen una composición de carga contaminante elevada debido a las diferentes procesos que se realiza dentro de la Planta y son descargadas directamente al cuerpo hídrico (Río Quijos) sin ningún tratamiento previo, motivo por el cual se plantea diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales que contribuya a la mitigación del impacto ambiental en especial a los recursos hídricos de la comunidad

En el desarrollo de este proyecto, se evidenció que el efluente no cumple con los parámetros establecidos en la normativa ambiental y de descarga a un cuerpo de agua dulce. Por lo tanto, se presenta la siguiente propuesta de sistema de tratamiento en base a los procesos físico-químicos con el fin de favorecer a la protección ambiental de la comunidad:

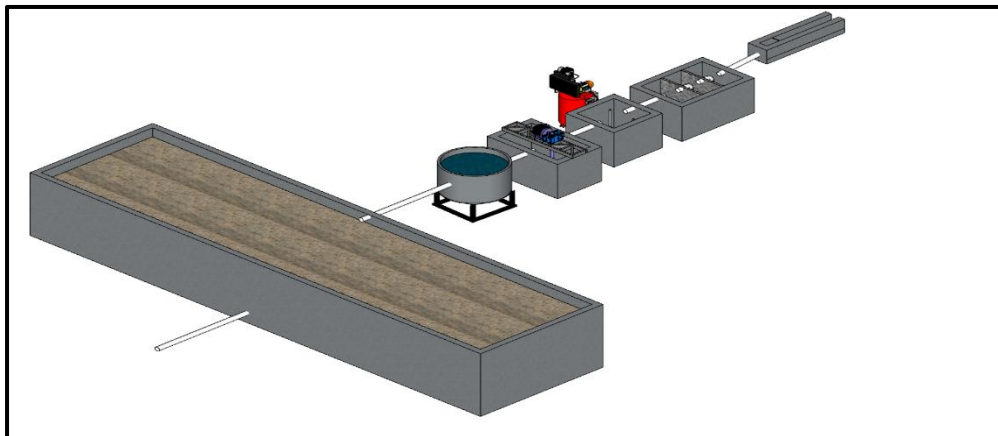


**Ilustración 4-5:** Diagrama del sistema de tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

- El agua residual generada de las líneas de producción de la Planta pasa por un sistema de rejillas de limpieza manual de 8 barras con una separación de 0,0215 m con el fin de retener los sólidos de mayor tamaño, estos estarán ubicados en un canal rectangular de 0,20 m de ancho, 0,80 m de largo con una profundidad de 0,3089 m.
- Este canal rectangular conducirá al efluente hacia una trampa de grasa con unas dimensiones de 0,71 m de ancho y 1,065 m de longitud, el cual se diseñó para disminuir las concentraciones de grasas y aceites que se apartarán por flotación mientras que los sólidos se depositarán en el fondo del tanque.
- La carga de agua proveniente de la trampa de grasa pasará un tanque de aireación, cuyas dimensiones son de 1 m de largo y 1 de altura, en el que por medio de un compresor de 6,41 HP se suministrará oxígeno con un tiempo de retención de 3 horas, esto ayudará a reducir la carga contaminante y eliminar malos olores producidas por el agua residual.
- Después de este proceso, el agua entrará a un tanque de coagulación-floculación, el cual tiene unas dimensiones de 0,73 m de ancho y 1,20 m de largo, en el que se incorporara un agitador de paletas con una potencia de 446,31 W. En este tanque se añadirá 2ml de NaOH a 1N para ajustar el pH y se adicionará PAC a una concentración de 150 PPM y floculante aniónico a una concentración de 6 PPM, este proceso se realizará a 200 RPM con un tiempo de retención de 35,4 minutos.

- El agua pasará a un sedimentador con un diámetro de 0,96 m, un radio de 0,48m y un tiempo de retención de 0,89 h, en el que por acción de la gravedad se sedimentarán los flóculos en el fondo del tanque para que cumpla con parámetros establecidos en la Norma ambiental.
- Finalmente, el agua es dirigida a un tanque de filtro lento que posee una altura de 2.10 m, una longitud de 11,82 m, un ancho de 3 m, en el que se tratará el agua clarificada mediante diferentes capas (arena, carbón activado, grava fina, grava gruesa) con el fin eliminar las bacterias contaminantes y desinfectar el agua tratada para que pueda ser reutilizada para diversos procesos que se generan dentro de la Planta.
- Cabe mencionar que los equipos se dimensionaron en base a los cálculos de ingeniería y criterios de diseño del sistema de tratabilidad como la Norma RAS 2000, OPC/CEPIS 2003 y Norma brasilera ABNT



**Ilustración 4-6:** Planta de tratamiento

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

## 4.7. Requerimiento de costos

### 4.7.1. Costo del sistema de tratamiento propuesto

El presupuesto estimado sé que necesitara para la implantación y construcción de los diferentes equipos que hacen parte del sistema de tratamiento de agua residuales provenientes de la empresa, se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 4-13:** Costo de los equipos del sistema de tratamiento

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Valor total</b>
<b>Canal de entrada</b>	Limpieza y desbroce del material	m <sup>2</sup>	2,00	1,80	3,60
	Excavación manual	m <sup>3</sup>	1,65	5,93	9,78
	Hormigón simple fc=210 kg/cm <sup>2</sup> inc. enlucido	m <sup>3</sup>	0,8	180,70	90,35
	Tubería PVC y accesorios (codos a 90°, válvula)	ml	20,00	2,97	59,40
<b>Sistema de rejillas</b>	Rejilla manual con barras de acero inoxidable	u	8	6,50	54,40
<b>Trampa de grasa y aceite</b>	Limpieza y desbroce del material	m <sup>2</sup>	1,90	1,80	3,42
	Excavación manual	m <sup>3</sup>	1,95	5,83	11,37
	Hormigón simple f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> y encofrado	m <sup>3</sup>	2,30	260,59	262,89
	Enlucido interior con impermeabilizante	m <sup>2</sup>	15,54	7,91	122,92
	Malla electrosoldada de 5 mm de 20x20 cm	m <sup>2</sup>	9,08	1,60	14,53
	Tubería PVC y accesorios (codos a 90°, válvula)	ml	17,20	2,97	51,08
<b>Tanque de aireación</b>	Limpieza y desbroce del material	m <sup>2</sup>	1,70	0,86	1,46
	Excavación manual	m <sup>3</sup>	2,40	5,83	13,99
	Hormigón simple fc=210 kg/cm <sup>2</sup> inc. enlucido	m <sup>3</sup>	1,30	180,70	234,91



	Malla metálica electrosoldada 15x15	kg	6,20	1,60	9,92
	Compresor de 7HP y accesorios	u	1,00	320,47	320,47
	Provisión de tuberías PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	25,20	2,48	62,50
	Limpieza y desbroce del material	m <sup>2</sup>	1,40	0,86	1,20
<b>Tanque de Coagulación-floculación</b>	Excavación manual	m <sup>3</sup>	2,52	5,83	14,69
	Hormigón simple fc=210 kg/cm <sup>2</sup> inc. enlucido	m <sup>3</sup>	1,24	180,70	224,07
	Malla metálica electrosoldada 15x15	kg	7,40	1,60	11,48
	Motor y accesorios	u	1,00	395,00	395,00
	Paletas mecánicas tipo hélice	u	1,00	190,78	190,78
	Provisión de tubería PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	19,45	2,48	48,24
	Limpieza y desbroce del material	m <sup>2</sup>	1,70	0,86	1,46
<b>Sedimentador</b>	Excavación manual	m <sup>3</sup>	2,56	5,83	14,92
	Hormigón simple fc=210 kg/cm <sup>2</sup> inc. enlucido	m <sup>3</sup>	1,50	180,70	271,05
	Malla metálica electrosoldada 15x15	kg	8,65	1,60	13,84
	Provisión de tubería PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	23,50	2,48	58,28

	Limpieza y desbroce del material	m <sup>2</sup>	1,70	0,86	1,46
<b>Filtro lento</b>	Excavación manual	m <sup>3</sup>	2,56	5,83	14,92
	Hormigón simple fc=210 kg/cm <sup>2</sup> inc. enlucido	m <sup>3</sup>	1,50	180,70	271,05
	Relleno (grava fina, gruesa, carbón activado, arena)	m	6,80	100	680
	Provisión de tubería PVC uz 63 mm x 0.80 Mpa	ml	19,45	3,00	58,35
<b>Subtotal</b>					3595,9
<b>Total</b>					4027,4

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

En la Tabla 13-4 se estima la cotización de la construcción de cada uno de los equipos para el sistema de tratamiento de la Planta de lácteo del Valle. La construcción total de este sistema con el valor agregado de IVA es de \$ 4027,40 (CUATRO MIL VEINTE SIETE CON CUARENTA DOLARES AMERICANOS), en el que está considerado desde preparación del terreno hasta la adquisición de los motores y accesorios para el funcionamiento del sistema en base a los resultados del dimensionamiento de cada equipo y los precios actuales de los materiales y así obtener un análisis preciso de los costos de construcción.

#### **4.7.2. Costo por dosificación de los insumos químicos**

El costo diario de la dosificación de los insumos químicos para tratar el agua residual se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4-14:** Costo de los equipos del sistema de tratamiento

<b>Insumos químicos</b>	<b>Dosificación diaria (Kg/día)</b>	<b>Costo por Kg (\$)</b>	<b>Costo diario (\$)</b>	<b>Costo mensual (\$)</b>
Policloruro de aluminio (PCA)	9.59	0,70	6,71	201,3
Floculante aniónico (polielectrolito)	1.90	2,00	3,80	114
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 10.51</b>	<b>\$ 315,30</b>

Fuente: (Prolabor, 2023).

Realizado por: Valdivieso, E., 2023.

En la Tabla 14-4, se determina la cotización mensual de los insumos químicos que se va a utilizar en tratamiento, el cual es de 315,30 dólares. Cabe recalcar que al utilizar bajas concentraciones del Policloruro de aluminio (PCA) y el Floculante aniónico (polielectrolito), los costos de tratabilidad resultan ser favorables para la Planta.

#### **4.8. Análisis y discusión de resultados**

En el presente proyecto técnico se propone un diseño de una planta de tratamiento de agua residual para la industria láctea del Valle debido a la gran cantidad de agua generadas por la empresa. al obtener los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos como: DQO, DBO, grasas y aceites, turbiedad, solidos totales, solidos suspendidos, nitrógeno total, fósforo total, del agua residual se logró evidenciar que estas se encuentran fuera del rango permisible establecido por la norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso de agua dulce. Como se muestra en la tabla 21-3 y 24-3.

Con los valores obtenidos de DBO<sub>5</sub> y DQO, se calculó el índice de biodegradabilidad dando como resultado 0,59 siendo biodegradable por lo que se decidió aplicar un tratamiento fisicoquímico. El agua residual fue sometida a varias pruebas de tratabilidad tanto físicas como la trampa de grasas y aceites, aireación y pruebas químicas como el test de jarras con procesos de coagulación y floculación en el cual se llevó a cabo varios ensayos con diferentes concentraciones y tipos de floculantes y coagulantes como se puede observar en la tabla 25-5 , tabla 26-3 , tabla 27-3, tabla 28-3 respectivamente, obteniendo los mejores resultados con el floculante de aniónico, logrando

reducir el valor de la turbiedad a 24, para obtener una mejor eficacia en el proceso de tratabilidad se propuso la implementación de un filtro lento de grava con el cual se pudo clarificar aún más la muestra y bajar la turbiedad a 14 logrando así reducir todos los parámetros que se encontraban fuera de la norma.

Una vez finalizada los ensayos y pruebas de tratabilidad se efectuó la validación del diseño mediante la caracterización del agua tratada comparando con los términos permisibles dentro de la Norma de Calidad Ambiental donde se obtuvo los siguientes resultados: 7,19 de pH, 135 mg/L de DQO, 55 mg/L de DBO, 24 mg/L de aceites y grasas, 29 mg/L de sólidos suspendidos, 1200 mg/L de sólidos totales, 19 mg/L de nitrógeno total y la ausencia de coliformes fecales, como se puede observar en la tabla 30-3. Según Chariguamán (2018, p.40), en su estudio denominado “Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas en la Planta procesadora Lácteos Oriente del Ecuador” establece los siguientes valores de la caracterización final: 7,92 de pH, 167 mg/L de DQO, 84 mg/L de DBO5, 15 mg/L de aceites y grasas, 18 mg/L de sólidos suspendidos, 648 mg/L de sólidos totales y 39 mg/L de nitrógeno total. Analizando y comparando los datos obtenidos anteriormente, se puede evidenciar una diferencia mínima en los parámetros establecidos de la carga contaminante, esto se debe por lo que se utilizó diferentes dosificaciones de coagulante y floculante el cual modifica la caracterización del agua tratada. Sin embargo, los resultados obtenidos en ambos análisis se encuentran dentro del rango establecidos por la Norma.

Los costos para la implementación de la planta han sido analizados en base a la dosificación mensual del afluente, en cual tendrá un aproximado de 315,30 \$ en insumos químicos, para el costo de construcción e implementación del sistema de tratamiento que va desde la adecuación del terreno hasta la compra de equipos necesarios tiene un valor de 4027,40 \$ por lo tanto este proyecto técnico es totalmente factible y accesible para la construcción da como resultado un mejoramiento notable en la calidad del agua residual, misma que será reutilizada para varios procesos dentro de Planta y evitará la contaminación de los recursos hídricos de la comunidad.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se diseño una planta de tratamiento de agua residuales generadas en la industria lácteos del Valle debido a que el efluente requiere de tratamientos previos para reducir la carga contaminante que estas aguas contienen y ajustar a los parámetros de la norma Ambiental para ser reutilizadas en la empresa.
- Se determino las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual generada por la empresa en diferentes días, obteniendo los siguientes resultados: 3835 mg/L de DQO, 2300 de DBO5 mg/L, pH de 4,80 , 2325 NTU de turbiedad, 330,80 mg/L de aceites y grasas, 3300 mg/L de sólidos suspendidos, 41504 mg/L de sólidos totales, 400 mg/L de nitrógeno total, 85.5 mg/L fósforo total y 1.323,3 UFC de coliformes fecales, parámetros que se encuentran fuera del límite permisible de la Norma de Calidad Ambiental.
- Se identifico las variables del proceso para el diseño de la planta donde se obtuvo un índice de biodegradabilidad de 0,59 mg/l valor que nos orienta a un tratamiento fisicoquímico, consiste en una trampa de grasas, un proceso de aireación donde se suministrará oxígeno con un tiempo de retención de 3 horas y posteriormente una coagulación-floculación en este tanque se añadirá 2ml de NaOH a 1N para ajustar el pH y se adicionará PAC a una concentración de 150 PPM y floculante aniónico a una concentración de 6 PPM, este proceso se realizará a 200 RPM, un proceso de sedimentación tiempo de retención de 0,89 h , y finalizando con un filtro lento de grava fina , gruesa, carbón activado.
- Se realizo los cálculos de ingeniería para el diseño del sistema de tratamiento de agua residual a partir del caudal 0,741 l/s y los criterios de diseño de cada equipo por medio de las pruebas de tratabilidad a escala de laboratorio las operaciones realizadas permiten conocer que es necesario para que tenga una mejor efectividad la planta, el sistema consta un canal de entrada, sistema de rejillas, una trampa de grasa, un tanque de aireación, tanque de coagulación-floculación y un tanque de sedimentación, procesos eliminarán la carga contaminante aún presente en el efluente.

- Se realizó la validación del diseño de tratamiento propuesto mediante la caracterización físicoquímica y microbiológica final del agua tratada mediante la Normativa ambiental vigente y puede ser reutilizada para diversos procesos en la Planta. Además, el costo total para su implementación y construcción es de \$ 4017,40 dólares que implica la adecuación del terreno mano de obra y equipos necesarios.

## 5.2. Recomendaciones

- Es necesario implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto, ya que evitará la contaminación del recurso hídrico de la comunidad y sanciones económicas realizadas por instituciones u organizaciones ambientales.
- Realizar una capacitación semestral para el correcto uso de los reactivos y el mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual.
- Es recomendable ejecutar una limpieza periódicamente a las rejillas y trampa de grasas para evitar taponamientos.
- Una vez tratada el agua residual es recomendable instalar un tanque de desinfección para la reutilización del agua para diversos procesos que se generan dentro y fuera de la Planta Láctea con el fin de obtener ganancias económicas en insumos y la reducción de la contaminación ambiental.
- Realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua tratada semestralmente para comprobar si el proceso de tratamiento es óptimo y funciona correctamente, caso contrario se deberá replantear las dosificaciones de los insumos químicos e incluso el dimensionamiento de la planta.

## GLOSARIO

**Absorción:** Cuando un sólido toma las moléculas en su estructura (Pineda, 2021, p.6).

**Alcalinidad:** Medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, esto se conoce como la capacidad del agua para resistir un cambio en el pH cuando se añade ácido (Rodríguez, 2019, p.6).

**Antropogénico:** Contaminante o material que resulta de la actividad humana, Los contaminantes antropogénicos son el resultado de vertidos o derrames, más que de sucesos naturales tales como el fuego en los bosques (Vallejo, 2013, p.45).

**Cuerpo de agua:** Acumulación de agua corriente, que en su conjunto forma la hidrósfera; son los charcos temporales, manantiales, lagunas, lagos, océanos, ríos y cualquier otra acumulación de agua (Bermeo, 2016, p.64).

**Descarga:** Vertido de agua residual o de líquidos contaminantes al ambiente durante un período determinante o permanente (Romero, 2010, p.10).

**Efluente:** Que fluye al exterior, descargado como desecho con o sin tratamiento previo, por lo general se refiere a descargas líquidas hacia cuerpos de aguas superficiales (Jiménez, 2019, p. 18).

**Emisión:** Descarga de contaminantes hacia la atmósfera (Casillas, 2018, párr.8).

**Floculación:** Proceso químico en el que se añade floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado (Cueva, 2019, p.6).

**Limite permisible:** Valor máximo de concentración de elementos o sustancias en los diferentes componentes del ambiente, determinado a través de métodos estandarizados y reglamentado a través de instrumentos legales (Sánchez, 2011, p.59).

**Lodos:** Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas (Rivadeneira, 2015, p.14).



**Lodo activado:** Proceso biológico dependiente del oxígeno que sirve para convertir la materia orgánica soluble en biomasa sólida, que es eliminada por gravedad o filtración (Núñez, 2019, p.51).

**Neutralización:** La adición de sustancias para neutralizar el agua, tal que no sea ácida ni tampoco básica, es decir, obtener el punto de equivalencia de una reacción ácido-base (Carpio, 2015, p.22).

**Prueba de jarras:** Ensayo de laboratorio que permite simular las etapas de coagulación-floculación para realizar la selección de los químicos adecuados y obtener una determinada calidad de agua final (Peralta, 2020, p.67).

**Sedimentos:** Suelo, arena, y minerales lavados desde el suelo hacia la tierra generalmente después de la lluvia (Bonilla, 2018, p.5).

**Sólidos disueltos:** Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración (Sánchez, 2021, p.12).

**Sólidos sedimentables:** Producto sedimentables y son eliminados en ese camino. Aquellos sólidos suspendidos en las aguas residuales que se depositan después de un cierto periodo de tiempo (Rivadeneira, 2015, p.34).

**Sustrato:** Compuesto que puede ser empleado como fuente de carbono, energía o nutrientes para el metabolismo microbiano (López, 2018, p.5).

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AGUDELO GÓMEZ, DIVIER ANTONIO & BEDOYA MEJÍA, OSWALDO.** “Composición nutricional de la leche de ganado vacuno”. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea]. 2005, 2(1), pp. 38-42. [Consulta: 23 junio 2023]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520107>

**APOLO, LADY.** *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa de lácteos san salvador* Quito-Ecuador: Libro Nuevo Amanecer, 2018, p.3.

**ARANGO & GARCÉS, L.** “Watewater treatment from milk industries.” *Artículo Original*. vol. 2, no. 2 (2007), p.2.

**ARANGO BEDOYA, O. y SANCHES E SOUSA, L.** *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistemas anaerobios* [en línea] Books Mc-Green, 2009. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: [www.wastewaterengineering.com](http://www.wastewaterengineering.com).

**BARRAGÁN, GABRIELA.** *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de las líneas del proceso en la Planta de lácteos Paraíso del cantón Salcedo (Trabajo de titulación).* (Titulación) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador. 2015. pp. 20-23.

**CHARIGUAMÁN LESLY.** *Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas en la planta procesadora lácteos oriente del ecuador, ubicada en la provincia Pastaza.* (Trabajo de titulación). (Titulación) Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador. 2018. pp. 1-9

**CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR.** *Decreto Legislativo 0 Registro Oficial.*

**JIMÉNEZ IDROVO, Víctor Alfonso.** *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteos Santa Cruz-Santiago de Píllaro* [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Chimborazo, Ecuador. 2019. pp. 51-62. [Consulta: 22 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/10792/1/96T00530.pdf>.

**JIMÉNEZ TERÁN, José Manuel; et al.** *Manual de apuntes de la experiencia educativa de tuberías y tuberías* [En línea]. México: Creative Commons, 2013. pp. 34-46. [Consulta: 01 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www>

**LÓPEZ, P., Et al.** “Electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea”. *Enfoque UTE* [en línea] 2016, vol. 7, no. 1, p.7. [Consulta: 25 abril 2022]. ISSN 1390-6542. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gov.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422016000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.senescyt.gov.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**METCALF & EDDY.** *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*, Volumen 2, 3ra Edición. S.l.: McGraw-Hill. 1995.

**PINEIDA, José,** Industria Láctea qué es, Tipos de procesamiento de productos lácteos. *Encolombia* [en línea]. 2021. [consulta: 6 diciembre 2022]. Disponible en: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/industria-lactea/>

**ROJAS, R.** *Curso Internacional «GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES»*. S.l.: CEPIS/OPS-OMS. 2002, pp. 2-19.

**ROMERO, J.** *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* [en línea]. Colombia-Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010. [Consulta: 12 de marzo 2022]. Disponible en: <https://www.worldcat.org/es/title/tratamiento-de-aguas-residuales-teoria-y-principios-de-diseno/oclc/991649715>

**TULSMA.** *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*

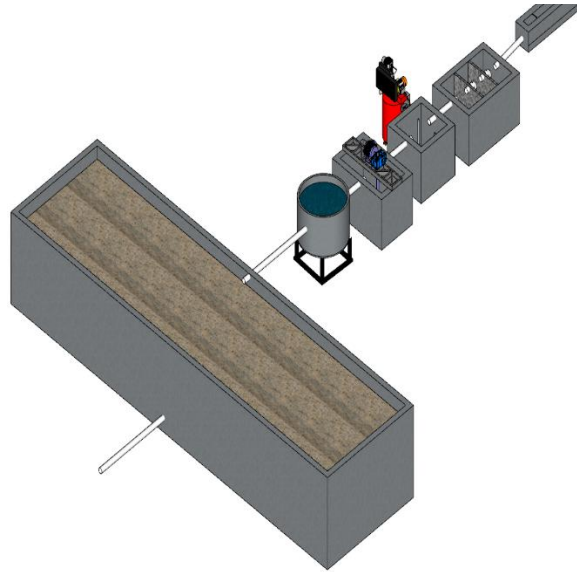
**ZACARÍAS, Alejandro; et al.** *Mecánica de fluidos. Teoría con aplicaciones y modelado*. México: Grupo Editorial Patria, 2017, ISBN 978-607-744-674-3. pp.67-72.



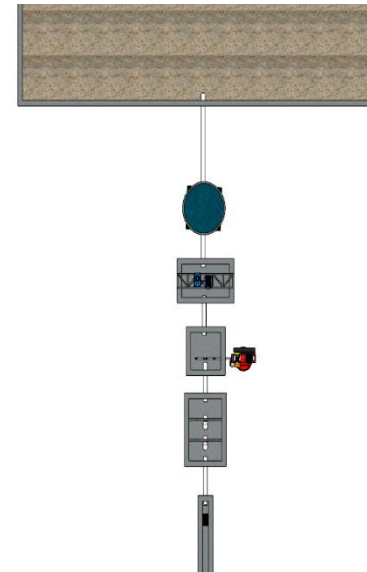
# ANEXOS

## ANEXO A: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

a)



b)



### NOTAS:

- a) Vista lateral del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.
- b) Vista superior del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.

### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

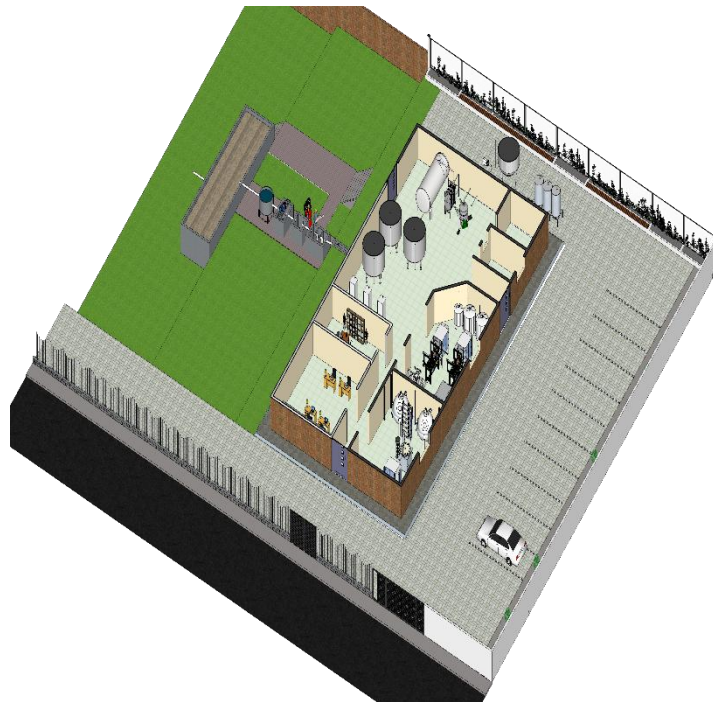
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ELABORADO POR:  
Edwin Valdivieso  
...

### SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/02/26

**ANEXO B: UBICACIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR)**

a)

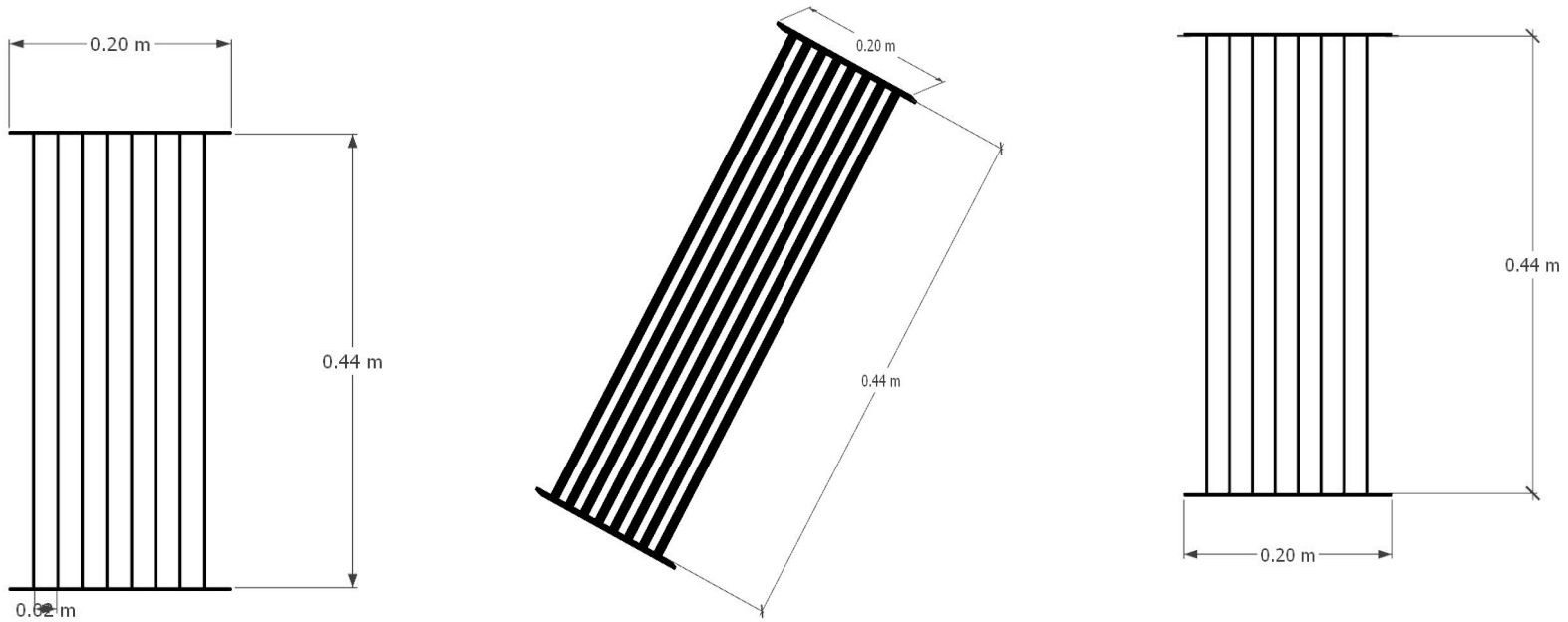


b)



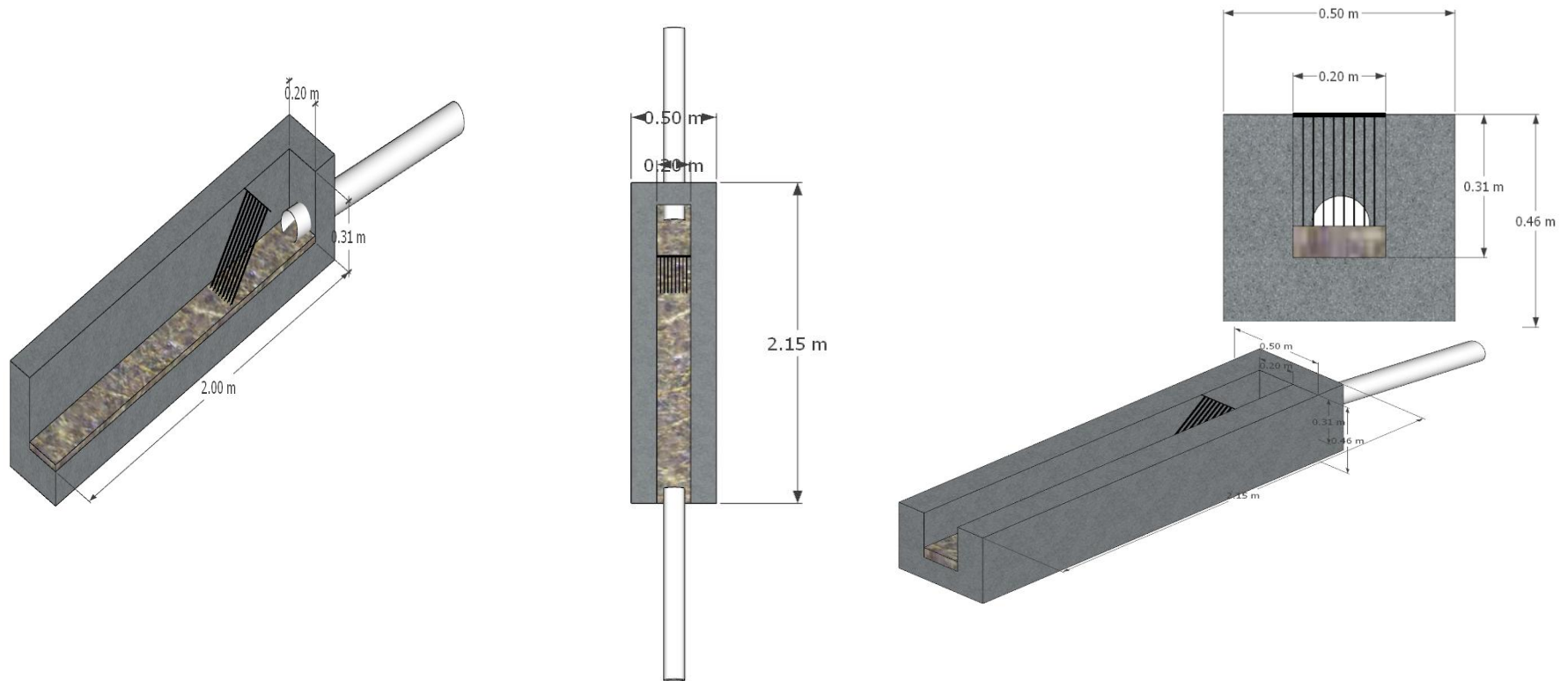
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA                  ELABORADO POR:                  EDWIN VALDIVIESO</p>	<p>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES</p>		
<p>a) Vista lateral del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.                  b) Vista superior del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado  <input type="checkbox"/> Certificado  <input checked="" type="checkbox"/> Información  <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>19-12-2022</p>

**ANEXO C: REJILLAS DEL DISEÑO DEL STAR**



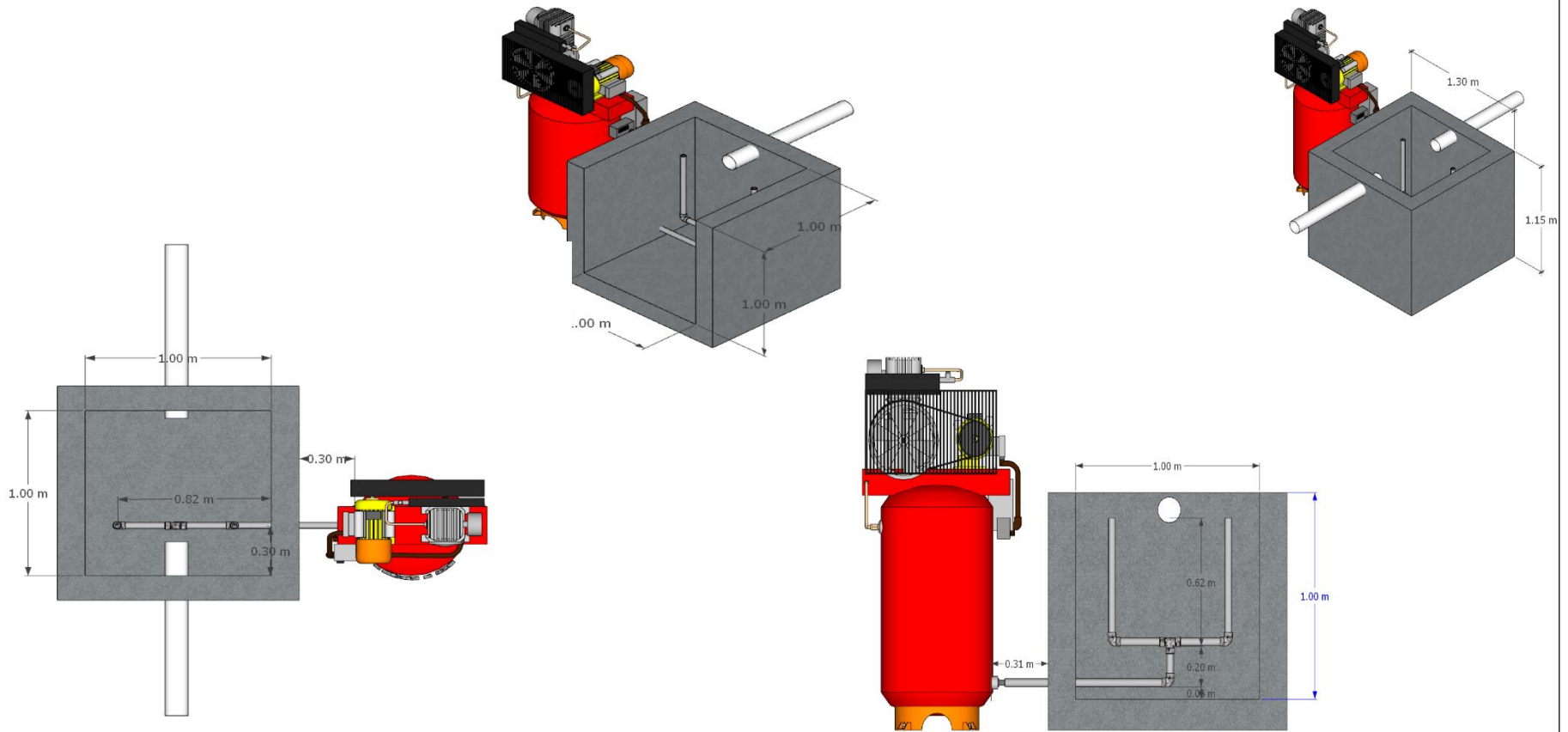
<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA                  ELABORADO POR:                  EDWIN VALDIVIESO</p>	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES								
<p><b>Dimensión de las rejillas metálicas.</b></p>	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por aprobar</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Información</td> <td><input type="checkbox"/> Por calificar</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar							
		<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar								
<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar										
1	1:1	19-12-2022									

**ANEXO D: CANAL DE ENTRADA DEL DISEÑO STAR**



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA                  ELABORADO POR:                  EDWIN VALDIVIESO</p>	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES		
Dimensión del canal de entrada	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	19-12-2022

## ANEXO E: AIREACIÓN DEL DISEÑO STAR



### NOTAS:

Dimensión Tanque de Aireación

### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado               | <input type="checkbox"/> Preliminar    |
| <input type="checkbox"/> Certificado            | <input type="checkbox"/> Por aprobar   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

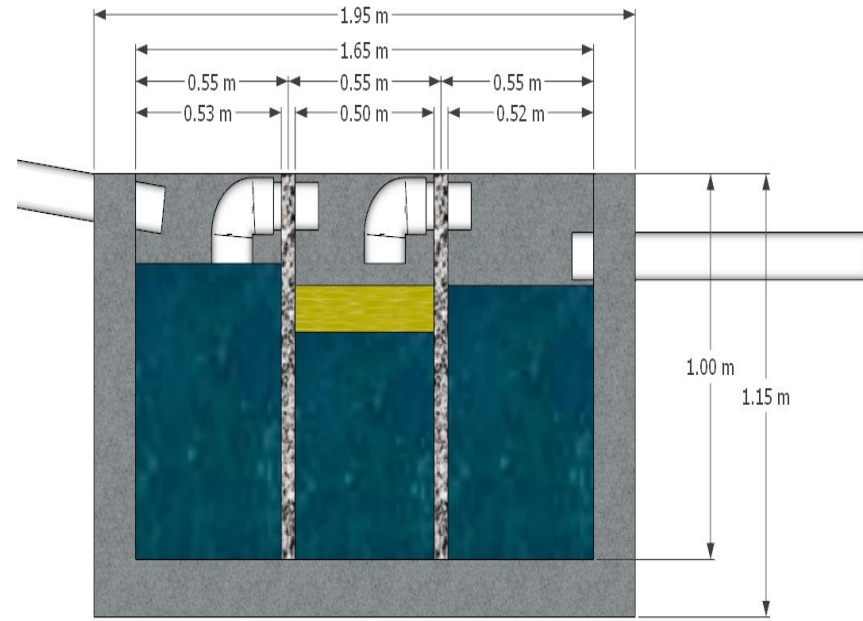
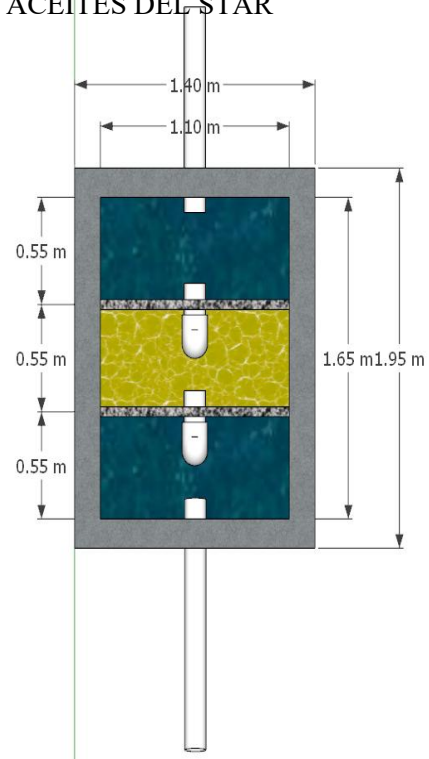
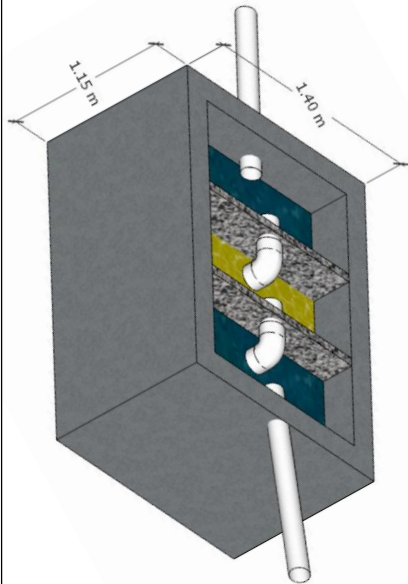
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ELABORADO POR:  
EDWIN VALDIVIESO

### SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	19-12-2022

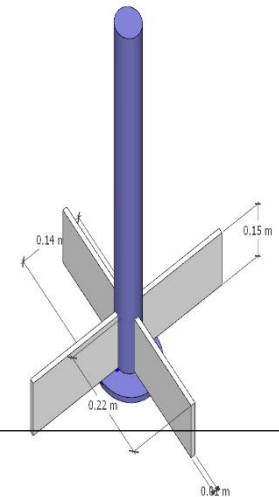
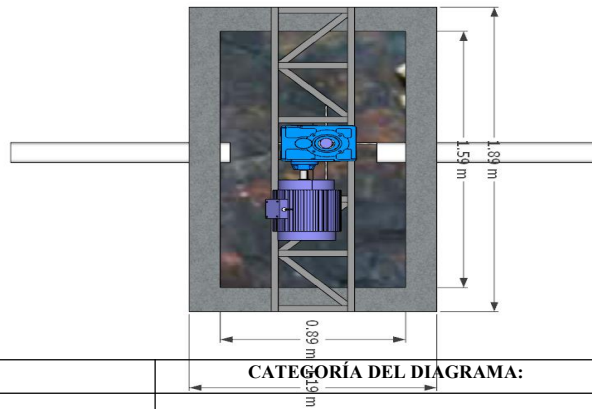
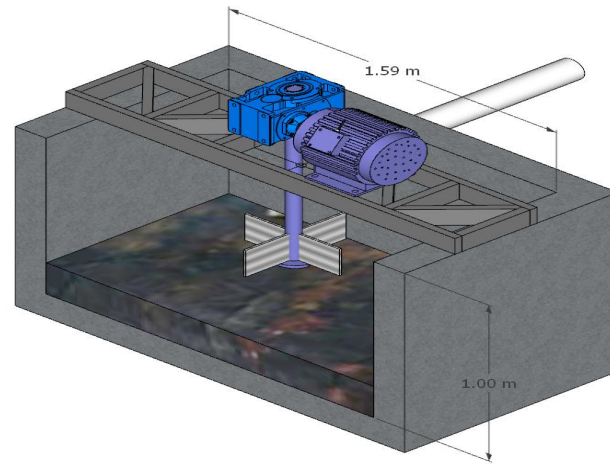
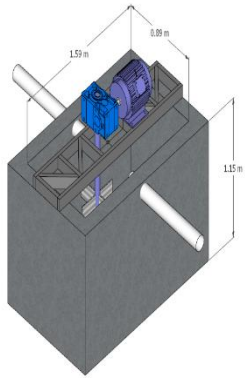


## ANEXO F: TRAMPA DE GRASAS Y ACEITES DEL STAR



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: EDWIN VALDIVIESO	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES		
Dimensión del tanque de trampa de grasas y aceites	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	19-12-2022

# ANEXO G: FLOCULADO Y CUAGULADOR DEL STAR



NOTAS:		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: EDWIN VALDIVIESO	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES		
Dimensión	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar			LÁMINA	ESCALA	FECHA
					1	1:1	19-12-2022



**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 02 / 08 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Edwin Vinicio Valdivieso Hidalgo
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Químico
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1339-DBRA-UPT-2023