



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN LA PLANTA DE LACTEOS “SAN JACINTO”,  
UBICADA EN EL CANTON PENIPE, PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Técnico

**Presentado para optar por el grado académico de:**

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** KATERIN LILIANA SORIA SÁNCHEZ

**DIRECTORA:** ING. DANIELITA FERNANDA BORJA MAYORGA

Riobamba – Ecuador

2019

**2019, Katerin Liliana Soria Sánchez**

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, Katerin Liliana Soria Sánchez declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora 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, 17 de diciembre del 2019

Katerin Liliana Soria Sánchez  
060397872-7

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

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: El proyecto técnico: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE LACTEOS “SAN JACINTO”, UBICADA EN EL CANTON PENIPE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO” de responsabilidad de la señorita Katerin Liliana Soria Sánchez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Bolívar Edmundo Flores Humanante <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2019-12-17
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2019-12-17
Ing. Mayra P. Zambrano Vinueza <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2019-12-17

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se encuentra dedicado a mis padres, quienes me han apoyado en el transcurso de mi vida, me han brindado su amor, dedicación, constancia y esfuerzo para lograr culminar esta etapa.

A mis hermanos quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su apoyo y cariño.

De manera especial quiero dedicar este trabajo a mi hijo Juan Sebastian, probablemente en este momento no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta lo que significas en mi vida. Eres la razón por la que me levanto día a día por el presente y el mañana, mi motivo principal, como en todos mis logros en este has estado presente te amo hijo mío y a ti amor porque me has enseñado que a pesar que la vida te golpee se puede ser feliz les amo.

**Katerin**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, hermanos a mi hijo y a usted Jairo por ser mi inspiración y apoyo incondicional durante toda mi vida son el complemento perfecto.

Al señor Jacinto Goyes por brindarme la apertura para la realización del presente trabajo de titulación.

Al Ing. Danielita Borja y la Ing. Mayra Zambrano por su enriquecedora contribución para la culminación del presente trabajo de titulación.

A mis amigos quienes me han apoyado con palabras de aliento para culminar con esta meta.

**Katerin**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1 Identificación del Problema .....	1
1.2 Justificación del proyecto/propuesta .....	2
1.3 Línea de base del Proyecto .....	2
1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación .....	2
1.3.2 Antecedentes de la empresa .....	2
1.3.3 Marco conceptual.....	3
1.3.1.1 Aguas residuales.....	3
1.3.1.2 Clasificación de las aguas residuales .....	3
1.3.3.3 Aguas residuales lácteas .....	4
1.3.3.4 Clasificación del agua residual láctea.....	5
1.3.3.5 Fuentes de generación de agua residual en la industria láctea .....	5
1.3.3.6 Caracterización de aguas residuales de industrias lácteas.....	6
1.3.3.7 Indicadores de contaminación orgánica .....	7
1.3.3.8 Relación entre la Demanda Bioquímica y Química de Oxígeno.....	8
1.3.3.9 Tratamientos primarios.....	8
1.3.3.10 Tratamientos secundarios .....	9
1.3.3.11 Límites de descarga al alcantarillado público.....	11
1.4 Beneficiarios directos e indirectos .....	13
1.4.1 Directos.....	13
1.4.2 Indirectos.....	13
CAPÍTULO II .....	14
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	14
2.1. Objetivo General.....	14
2.2. Objetivos Específicos .....	14
CAPÍTULO III.....	15
3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR.....	15
3.1 Localización del proyecto .....	15
3.1.1 Localización Geográfica .....	15
3.2 Ingeniería del proyecto .....	16
3.2.1 Métodos y Técnicas .....	16
3.2.1.1 Métodos.....	16

3.2.1.2 <i>Técnicas</i> .....	17
3.2.2 <i>Determinación del caudal por el método volumétrico</i> .....	17
3.2.3 <i>Método de Muestreo</i> .....	18
3.2.3.1 <i>Parámetros analizados</i> .....	19
3.2.4 <i>Índice de Biodegradabilidad</i> .....	20
3.2.4.1 <i>Parámetros fuera del límite permisible en el análisis inicial del agua y propuesta a implementar</i> .....	21
3.2.5 <i>Tratamiento de aguas residuales en laboratorio</i> .....	22
3.2.6 <i>Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales</i> .....	24
3.2.6.1 <i>Caudal de diseño</i> .....	24
3.2.6.2 <i>Sistema de rejillas</i> .....	25
3.2.6.3 <i>Trampa de grasa y aceite</i> .....	30
3.2.6.4 <i>Tanque IMHOFF</i> .....	33
3.2.6.5 <i>Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)</i> .....	40
3.2.6.6 <i>Eras de secado</i> .....	42
3.2.7 <i>Resultados</i> .....	46
3.2.7.1 <i>Resultados de dimensionamiento</i> .....	46
3.2.7.2 <i>Resultados de caracterización del agua residual tratada</i> .....	49
3.2.7.3 <i>Comparación de parámetros del agua residual inicial y agua residual tratada</i> .....	50
3.2.7.4 <i>Porcentaje de remoción después del proceso de depuración</i> .....	51
3.3 <i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i> .....	56
3.3.1 <i>Materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales</i> .....	56
3.3.2 <i>Equipos y métodos para caracterización físico- químico del agua residual</i> .....	57
3.4 <i>Análisis de Costo/beneficio del proyecto</i> .....	58
3.5 <i>Análisis</i> .....	60
<b>CONCLUSIONES</b> .....	61
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	62
3.8 <i>Cronograma del proyecto</i> .....	121
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Relación entre parámetros DBO <sub>5</sub> y DQO.....	8
<b>Tabla 2-1</b> Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	12
<b>Tabla 1-3</b> Ubicación geográfica de la industria láctea “San Jacinto”.....	15
<b>Tabla 2-3</b> Técnicas utilizadas en Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).....	17
<b>Tabla 3-3</b> Caudal promedio por día.....	18
<b>Tabla 4-3</b> Toma y recolección de muestras en el punto de descarga.....	19
<b>Tabla 5-3</b> Caracterización físico-químico inicial, valor promedio de las muestras compuestas.....	19
<b>Tabla 6-3</b> Parámetros de DBO <sub>5</sub> y DQO promedio, muestras compuestas.....	20
<b>Tabla 7-3</b> Índice de biodegradabilidad.....	21
<b>Tabla 8-3</b> Caudal de diseño.....	24
<b>Tabla 9-3</b> Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica.....	25
<b>Tabla 10-3</b> Coeficiente de pérdida para rejillas manual.....	29
<b>Tabla 11-3</b> Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.....	31
<b>Tabla 12-3</b> Condiciones de diseño recomendadas para tanques IMHOFF.....	34
<b>Tabla 13-3</b> Valores del factor de capacidad relativa.....	38
<b>Tabla 14-3</b> Criterios de diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	40
<b>Tabla 15-3</b> Criterios de diseño para eras de secado.....	42
<b>Tabla 16-3</b> Determinación caudal punta.....	46
<b>Tabla 17-3</b> Dimensionamiento del sistema de rejillas.....	47
<b>Tabla 18-3</b> Dimensionamiento de trampa de aceite y grasa.....	47
<b>Tabla 19-3</b> Dimensionamiento de un Imhoff.....	48
<b>Tabla 20-3</b> Dimensionamiento filtro anaerobio de flujo ascendente.....	48
<b>Tabla 21-3</b> Dimensionamiento de la era de secado.....	49
<b>Tabla 22-3</b> Resultado del agua residual tratada.....	49
<b>Tabla 23-3</b> Comparación de parámetros analizados del agua residual inicial y tratada.....	50
<b>Tabla 24-3</b> Remoción de carga contaminante.....	56
<b>Tabla 25-3</b> Materiales de muestreo y recolección de información.....	56
<b>Tabla 26-3</b> Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual.....	57
<b>Tabla 27-3</b> Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual.....	57
<b>Tabla 28-3</b> Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3</b> Sistema de Tratamiento de aguas residuales .....	22
<b>Figura 2-3.</b> Diferentes formas de rejillas.....	29

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

<b>Fotografía 1-1</b> Suero lácteo.....	4
<b>Fotografía 2-3:</b> Embudo de separación.....	23
<b>Fotografía 3-3:</b> Cono de imhoff.....	23
<b>Fotografía 4-3:</b> Filtro .....	24
<b>Fotografía 5-3:</b> Agua antes y después del tratamiento.....	24

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**Anexo A.** Contaminación del agua en la producción de quesos

**Anexo B.** Simulación en laboratorio del proceso

**Anexo C.** Caracterización inicial del agua tratada de la Planta de Lácteos “San Jacinto”

**Anexo D.** Caracterización final del agua tratada de la Planta de Lácteos “San Jacinto”

**Anexo E.** Rejillas

**Anexo F.** Trampa de grasa

**Anexo G.** Tanque IMHOFF

**Anexo H.** FAFA

**Anexo I.** Era de secado

**Anexo I.** Planta de tratamiento propuesto

## RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta Láctea “San Jacinto”, que se encuentra ubicado en la Provincia de Chimborazo en el Cantón Penipe, la misma que requiere se cumpla con la norma ambiental vigente establecida en la Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el registro oficial N°387. El agua residual no cumple con los parámetros establecidos dentro de la norma, se realizó la medición del caudal, posteriormente se la analizó permitiendo identificar los siguientes parámetros fuera de los límites permisibles según la normativa antes mencionada dando como resultado Aceites y Grasas, Fosforo Total, Solidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno con los valores de 289 mg/L, 54,48 mg/L, 11217 mg/L, 3581 mg/L, 6881 mg/L respectivamente. Una vez obtenido las variables operacionales se procedió a dimensionar los equipos para disminuir los contaminantes medidos, se definió el diseño el cual consta de lo siguiente un sistema de rejillas con un número de barras igual a 8 dispuestas en un canal que conducirá el agua a la trampa de grasa y aceite que va a tener un largo de 1.8 m, para luego llegar a un tanque imhoff de 2,59 m de profundidad para luego pasar a un filtro anaerobio de flujo ascendente de 4 m de ancho y eras de secado de 1,4 m de largo. El mismo se validó mediante resultados finales de caracterización del efluente tratado obteniendo porcentajes de remoción en los parámetros fuera de norma de: Aceites y grasas 85,72%, Fósforo Total 78.56%, Sólidos Totales 93.84%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 95,18% y Demanda Química de Oxígeno 96,06%. Con esto recomendamos a la planta la implementación del sistema de tratamiento de agua residual.

**Palabras claves:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <INDUSTRIA LÁCTEA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <LÁCTEOS>, <DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO>, <PENIPE (CANTÓN)>.

## **ABSTRACT**

A wastewater treatment system was designed for the "San Jacinto" Dairy Plant, which is located in the Province of Chimborazo in Penipe municipality, which requires compliance with the current environmental standard established in Table 8 "Limits of discharge to the public sewerage system ", Book VI Annex 1, TULSMA Water Resource Environmental Quality Regulations, published in official register N°387. Wastewater does not meet the parameters established within the standard, the flow measurement was performed, subsequently analyzed allowing the identification of the following parameters out of the permissible limits according to the aforementioned regulations resulting in Oils and Fats, Total Phosphorus, Total Solids, Biochemical Demand of Oxygen and Chemical Demand of Oxygen with the values of 289 mg/L, 54.48 mg/L, 11217 mg/L, 3581 mg/L, 6881 mg/L respectively. Once the operational variables were obtained, the equipments were sized to reduce the contaminants measured, the design was defined which consists of the following a grid system with a number of bars equal to 8 arranged in a channel that will lead the water to the grease and oil trap that will be 1.8 m long, for then to reach an imhoff tank of 2.59 m deep and then go to an anaerobic upstream filter 4 m wide and dry 1,4 m long. The same was validated by final results of characterization of the treated effluent obtaining percentages of removal in the parameters out of the norm of: Oils and fats 85.72%, Total Phosphorus 78.56%, Total Solids 93.84%, Biochemical Oxygen Demand 95,18% and Chemical Oxygen Demand 96.06%. With this we recommend to the plant the implementation of the wastewater treatment system.

**Keywords:** < ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <DAIRY INDUSTRY>, <WASTEWATER TREATMENT>, <DAIRY>, <TREATMENT PLANT DESIGN>, <PENIPE (MUNICIPALITY)>.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1 Identificación del Problema

La mágica provincia de Chimborazo se encuentra situada en el Centro del Ecuador, región andina, la cual en los últimos años se ha convertido en un modelo de producción lechera contando con un sin número de plantas de lácteos que se han ubicado estratégicamente en las comunidades aledañas a las ciudades más importantes de la provincia, debido a su la facilidad de recolección de la materia prima y transportación del producto final a sus diferentes puntos de ventas.

La planta de lácteos “San Jacinto” perteneciente al señor Luis Jacinto Goyes Callacando, se encuentra en funcionamiento desde el año 2013, ubicándose específicamente en el cantón Penipe. La planta láctea genera recursos, con la elaboración y comercialización de queso fresco cuya materia prima es proveniente de localidades aledañas a la misma, el producto es comercializado en las ciudades de Riobamba y Guayaquil.

La problemática que presenta la planta láctea es que al producir sus productos genera aguas contaminadas provenientes de la línea de proceso, sea por la limpieza de equipos, eliminación del suero como producto secundario de la obtención del queso, entre otras. Ya que, en la actualidad no cuenta con un sistema de tratamiento adecuado para la depuración de este efluente ocasionando la contaminación al ambiente incumpliendo las obligaciones ambientales pertinentes.

El tratamiento de estos efluentes representa uno de los eslabones significativos para la prevención y control de la contaminación ambiental de un recurso tan indispensable para la vida como es el agua. La descarga de agua residual de origen industrial hacia el sistema de alcantarillado y/o hacia cuerpos naturales de agua se encuentra regulada por el Ministerio del Ambiente apoyada en la normativa de calidad ambiental, Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el registro oficial N°387 perteneciente al acuerdo ministerial publicado el 04 de noviembre de 2015. Ya que el efluente contaminado proveniente de la planta de lácteos se descarga hacia la red de alcantarillado municipal del cantón Penipe, por lo que debe cumplir con los requisitos indicados en la normativa antes mencionada para desembocar en los mismos.

## **1.2 Justificación del proyecto/propuesta**

En el transcurso del tiempo, el hombre ha utilizado el agua en todas sus actividades cotidianas, incluyendo también las actividades realizadas en la industria. Por lo que la industria láctea esta llamada a contribuir con la eliminación o depuración de sus aguas contaminadas generadas en sus diversas líneas de producción.

Diariamente se procesa un promedio de 1500 litros de leche destinada al 100% a la producción de queso, generando un consumo de agua alrededor de 5173.71 litros por día aproximadamente. Las aguas residuales provenientes del dicho proceso generalmente contienen suero lácteo como subproducto ocasionando la alteración de los parámetros normales que debe poseer el agua al ser descargada al sistema de alcantarillado.

Debido que la planta de lácteos no cuenta con tratamiento de aguas residuales y éstas se descargan directamente al alcantarillado, se ha visto la necesidad de encontrar una solución para disminuir la contaminación generada. Justificando proponer un “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la Planta de Lácteos “San Jacinto”, ubicada en el Cantón Penipe, Provincia Chimborazo”, cumpliendo con las exigencias de los organismos de regulación ambiental.

## **1.3 Línea de base del Proyecto**

### ***1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación***

Para la elaboración del presente proyecto técnico y la identificación del problema para la elaboración del mismo, se realizó un reconocimiento del lugar donde se está produciendo la afectación en forma directa, es decir, la zona de descarga del agua residual donde se observó en forma puntual el problema ambiental que se está produciendo por dichas aguas sin depurar provenientes de la empresa láctea “San Jacinto”.

### ***1.3.2 Antecedentes de la empresa***

En la región sierra del Ecuador, al centro-sur del país se localiza la provincia de Chimborazo, la cual está conformada políticamente por diez cantones. Uno de ellos es el cantón Penipe, en donde se sitúa la planta de lácteos San Jacinto.

La planta de lácteos San Jacinto empieza sus actividades en el año 2013, desde este año ha crecido en comercialización de su producto, principalmente en los alrededores de Penipe.



En la actualidad su gerente y dueño el Sr. Luis Jacinto Goyes Callacando da a conocer que diariamente se procesa un promedio de 1500 litros de leche destinada al 100% a la producción de quesos.

### ***1.3.3 Marco conceptual***

#### ***1.3.1.1 Aguas residuales***

La generación de aguas residuales se producen por el uso de agua, sea esta de origen natural o a su vez de redes provenientes de la red pública de agua potable al darle una aplicación de diferentes industrias, a más de uso doméstico, que posteriormente tienden a ser transportadas por el sistema de alcantarillado o zonas de aguas dulce como ríos, lagos, entre otros.(Ortega Trejo, 2015, p. 22).

Los afluentes al trasportar elementos contaminantes para el ambiente en su composición se las considera aguas residuales, producidos de manera general por actividades realizadas por el ser humano como en la industria agropecuaria, industria química, entre otras.

#### ***1.3.1.2 Clasificación de las aguas residuales***

Pueden considerarse de origen artificial o natural según los contaminantes que forman parte del fluido, el agua contaminada de origen artificial se puede dar de manera indirecta o directa según la actividad que realice el hombre. A continuación, se menciona los tipos de aguas contaminadas más comunes atendiendo a las causas o actividades que las originan.

- ✓ **Aguas pecuarias:** Aguas contaminadas generadas principalmente en la actividad ganadera, es decir, el ganado al no contar con zonas puntuales de alojamiento su tratamiento es difícil al realizar las muestras puntuales y su tratamiento. A más de ello en la zona agrícola es común la utilización del estiércol como abono natural y mediante las aguas lluvia son arrastradas hacia las aguas dulces. (Seguro, 1998, p. 18).
  
- ✓ **Aguas industriales:** A lo largo de los años las industrias han ido creciendo y con ello la contaminación, es decir, mientras nuevos productos son generados el agua residual generada en su proceso también conlleva nuevas composiciones por lo que se vuelve inevitable la generación de estas aguas, ya que se encuentran inmerso en cada industria al realizar simplemente la limpieza. A diferencia de aguas domesticas las aguas industriales en su composición cuentan con productos químicos inorgánicos como metales pesados (Hg, Cd,

Cr, Ni, Cu, Pb), también es normal la aparición de elevadas concentraciones de sales generadas en el sistema de refrigeración y caldera.

- ✓ **Aguas residuales domésticas:** Son aguas generadas en zonas de trabajo como en oficinas, centros comerciales. Pero principalmente se genera en los hogares por lo cual su composición se destaca la carga de aguas fecales, aguas con detergentes, grasas, entre otras. Cuentan con un alto contenido de microorganismos patógenos, para medir este contenido se lo realiza mediante tres tipos de indicadores, tales como: *Coliformes*, *Streptococos Fecales* y *Clostridium sulfiti-reductores*.
- ✓ **Aguas residuales de origen agrícola:** Se generan con aguas de riego y con ayuda de aguas fluviales al arrastrar los contaminantes agrícolas usados en la agricultura. Las principales fuentes de descarga de estas aguas son depurar, afectando a la fauna y flora registrada en esa zona. Estas aguas están formadas por dos fuentes principales de contaminantes, tales como orgánicos como las heces y orinas de los animales, e inorgánicos por el uso de pesticidas, abonos artificiales, fungicidas, entre otras.

#### 1.3.3.3 Aguas residuales lácteas

En la industria láctea uno de los principales generadores de contaminación al ambiente es la descarga de aguas residuales que se generan en la elaboración de diferentes productos, siendo uno de los principales la producción de quesos, debido a fugas y derrames de materias primas, aguas de refrigeración, de condensados, en la limpieza de suelos y equipos usados para la elaboración de dicho producto. Las aguas residuales de la industria láctea presentan una carga orgánica alta en su concentración, sólidos en suspensión, a más de contener aceites y grasas es importante que el suero de quesería no se mezcle con las aguas residuales, siendo que ser tratadas en forma aislada. (Condorchem envitech, 2016)



**Fotografía 1-1** Suero lácteo

**Fuente:** (Planta de lácteos “San Jacinto”)

#### *1.3.3.4 Clasificación del agua residual láctea*

Debido que en la industria láctea existes varias etapas para la obtención de los productos y con ello distintos procesos los cuales se lo puede clasificar según el efluente generado:

- **Agua de proceso:** Resultando el agua que entra en contacto directo con el producto a obtener.
- **Agua de limpieza de equipos e instalaciones:** Limpieza, ya que se debe garantizar la calidad del producto final, siendo indispensable en la industria más al ser de alimentos.
- **Agua de servicio para los equipos:** Esencialmente para la condensación del agua al igual en la formación de vapor.
- **Agua sanitaria:** Utilización de servicios sanitarios por el personal que trabaja en la planta láctea.

#### *1.3.3.5 Fuentes 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 trasportadoras 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.

#### *1.3.3.6 Caracterización de aguas residuales de industrias lácteas*

Cada agua residual de cada industria no tiende a ser igual en sus composiciones, pero a continuación se dará a conocer en forma general los componentes del agua residual láctea:

- **Características organolépticas**

- Color: Dependiendo de la composición de material disuelto que se encuentre en el efluente, se clasifica en color aparente que es otorgado por el material en suspensión y el color verdadero se puede notar después de la remoción de turbiedad existente.
- Olor y sabor: Debido a la existencia del material orgánico e inorgánico en el efluente y la descomposición de la misma provocando los olores y sabores.

- **Características físicas**

- Sólidos totales: Al llevar el agua a evaporación a 103-105 °C los sólidos resultantes son los sólidos totales. Estos a su vez se dividen en sólidos disueltos y suspendidos.
- Sólidos disueltos: Estos sólidos se obtienen mediante una filtración del agua, usualmente se encuentran en el agua formando sales y gases. (Organol y Fisiol, 2016)
- Sólidos disueltos fijos y volátiles: Se lo realiza mediante la ayuda de una mufla a 600 °C, el residuo que queda representa los sólidos disueltos fijos.
- Sólidos suspendidos: Resultantes por la diferencia entre los sólidos totales y disueltos, son los más importantes al momento diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Turbiedad: Por la presencia de impurezas en el efluente que suelen estar suspendidos en el mismo evitando el paso de la luz.

- Viscosidad: Tiene un efecto directamente proporcional en la actividad metabólica de microorganismos.
  - Conductividad: Debido a la presencia en el efluente de P, Ca, Na, Mg, entre otros, que provocan en el agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica.
  - Temperatura: Influye en la viscosidad. Tiene un efecto directamente proporcional en la actividad metabólica de microorganismos.
  - Potencial de hidrógeno: Determina las condiciones básicas y ácidas del agua.
- Características químicas
    - Componentes orgánicos: Procedentes de origen animal y/o vegetal. Causantes del mal olor y el mal sabor del efluente.
    - Carbohidratos: Sustancias biodegradables presentes en el efluente contaminado en forma de azúcares, almidones, entre otras.
    - Aceites y grasas: Causantes de impedir el desarrollo de la flora, debido que su presencia no se cumple libremente el proceso de la fotosíntesis.
    - Detergentes: Producen espuma y disminuyen la tensión superficial del agua. En la industria láctea es usada para limpieza de utensilios e incluso equipos pertenecientes a la línea principal de proceso. (Cisterna & Peña, 2015)

#### *1.3.3.7 Indicadores de contaminación orgánica*

Parámetros que facilitan determinar el contenido de materia orgánica en el efluente. Mediante un análisis de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y carbono orgánico total.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>): Es la cantidad de oxígeno disponible o empleado por los microorganismos que se necesita para la descomposición biológica

aerobia de desechos orgánicos presente en el agua residual, es utilizado en el dimensionamiento de plantas residuales. (Espigares G, M.; Pérez López, 1985)

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Usada para evaluar la cantidad de material orgánico existente en las aguas sin depuración por medio de bicromato en solución ácida y convertirla en dióxido de carbono. El valor de DQO a comparación del  $DBO_5$  será mayor debido a que muchas de las sustancias orgánicas suelen oxidarse químicamente y no biológicamente. (Espigares G, M.; Pérez López, 1985)

### 1.3.3.8 Relación entre la Demanda Bioquímica y Química de Oxígeno

La biodegradabilidad y las aguas residuales tienen un vínculo, ya que el agua sin depuración transporta materia orgánica la cual es importante en la fracción de la biodegradabilidad, la cual es la propiedad que indica el tratamiento que se debe seguir para generar la depuración del efluente contaminado por medio de microorganismos que utilizan dichas aguas como fuente de alimento y energía para su metabolismo. La biodegradabilidad es relativamente fácil, aunque hay elementos excepcionales como las grasas y aceites.

A continuación, se puede observar la relación entre  $DBO_5$  y DQO, lo que nos indica si el efluente puede ser tratado de manera biológica o necesita un tratamiento físico-químico las que generalmente son de costo alto y que a la vez dan origen a un residuo que es de difícil disposición final.

**Tabla 1-1** Relación entre parámetros  $DBO_5$  y DQO

$\frac{DQO}{DBO_5}$	TIPO DE BIODEGRADABILIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO
$<1.5$	Muy biodegradable	Materia orgánica muy degradable y requiere de un tratamiento biológico.
$1.5 < x < 10$	Biodegradable	Materia orgánica moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico o físico-químico.
$10 <$	Poco biodegradable	Materia orgánica poco degradable, es un hecho que será viable un tratamiento físico-químico.

Fuente: (Cisterna & Peña, 2015)

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

### 1.3.3.9 Tratamientos primarios

- ✓ **Trampa de grasas:** Las grasas y aceites pueden ser causantes de daños posteriores en la planta de tratamiento de aguas, más si se trata de aguas contaminadas con material orgánico como son las provenientes de la industria láctea. Su objetivo es separar la grasa del afluente

donde por diferencia de densidad se da la separación dejando en la parte superior los aceites y grasas mientras que el agua clarificada sale por una descarga inferior. El diseño de esta estructura debe ser hidráulica capaz de tener un tiempo de retención suficiente para poder cumplir su objetivo.

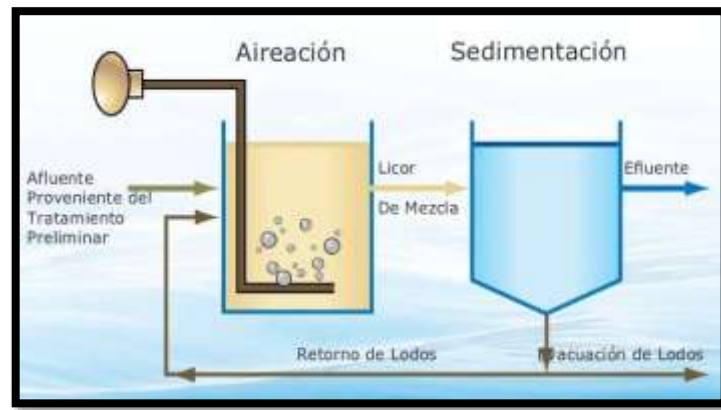
- ✓ **Sedimentación primaria:** Se da la separación de sólidos presentes en el afluente por acción de la gravedad. Su funcionamiento depende de la morfología y peso de las partículas, son capaces de eliminar un 30% de material orgánico, 60% de sólidos en suspensión y protegen a los procesos posteriores de la oxidación biológica (Colorado Vargas and Herrera barrera, 2017).
- ✓ **Coagulación:** Para lograr la desestabilización química de las partículas coloidales en este proceso se añaden coagulantes químicos, siendo necesario para que se dé la mezcla una energía o un resalto hidráulico. Es un método muy empleado para la remoción de diversas sustancias y pesos.
- ✓ **Floculación:** Es el proceso posterior a la coagulación, cuyo objetivo es la formación de aglomerados, es decir, el crecimiento de los flóculos generados recién formados aumentando su peso y logren sedimentar.

#### *1.3.3.10 Tratamientos secundarios*

El tratamiento secundario es importante, ya que, constituye un proceso de naturaleza biológica que usa microorganismos en presencia de oxígeno permitiendo acelerar el proceso de eliminación de residuos donde las bacterias aeróbicas transforman el material orgánico biodegradable en formas más estables.

Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Mientras que los procesos anaerobios transforman la sustancia orgánica en biogás, mezcla de metano y  $\text{CO}_2$ .

- ✓ **Lodos activados:** En este tratamiento se airea la mezcla del agua residual y el lodo biológico en un tanque llamado reactor. La formación de lodos se da gracias a la acción de los microorganismos al convertir la materia orgánica en biomasa, la cual se lleva a un sedimentador y es re direccionada al reactor nuevamente. Para que se dé la mezcla completa en el reactor se realiza por medios mecánicos superficiales o sopladores sumergidos (difusores).



**Figura 1-1:** Lodos activados

Fuente: (Cropaia, 2017)

Este proceso consta de los siguientes elementos:

- **Tanque de aireación:** Estructura donde el agua y los microorganismos son mezclados (incluyendo retorno de los lodos activados).
- **Tanque de sedimentación:** La mezcla proveniente de la aireación llega al tanque sedimentador es separado los sólidos suspendidos.
- **Equipo de inyección de oxígeno:** Oxígeno necesario para activar los microorganismos (bacterias).
- **Sistema de retorno de lodos:** Su función principal es mantener en el tanque de aireación una alta concentración de bacterias.
- **Exceso de lodos y su disposición:** Se elimina el exceso de lodos generado en el tanque de aireación para posterior ser tratados y dispuestos (Colorado Vargas and Herrera barrera, 2017).

Los equipos que generalmente son utilizados para la aireación suelen ser de tres tipos:

- **Sistema de agitación de paletas:** Se realiza mediante el uso de turbinas generando aireación.
- **Sistema de aireación artificial:** La aireación es generada mediante el uso de equipos motores, los mismos que producen una turbulencia superficial.



- **Equipos de aireación difusa:** Es provocado por la acción de soplantes y el uso de difusores ubicados en el fondo del tanque de aireación formando burbujas en el agua residual. Mientras el tamaño del orificio sea menor diámetro, mayor será la eficiencia del sistema de aireación. En caso de ser la presión baja se usan sopladores directos o de presión positiva (Romero, 2002. Pp. 389).

Los difusores generan burbujas mediante orificios o poros. Los orificios que generalmente son usados son los de poro fino de 2 a 5mm, seguidos por lo de poro semifino de 6 a 10mm y poro grueso >10mm. Los poros que cuentan con mayor eficiencia son los de burbuja fina. (Zofranca *et al.*, 2012)

- ✓ **Lechos bacterianos:** También se los conoce como filtros biológicos aerobios. Consistiendo en poner en contacto el material inerte con el agua residual formando en la zona sólida una superficie donde crece una capa fina de biomasa.
- ✓ **Digestión Anaerobia:** Proceso de biomasa suspendida generalmente estos procesos son utilizados cuando la carga contaminante del efluente es alta. Este proceso consiste en descomponer la materia orgánica. Esto se realiza en tanques completamente sellados en los que intervienen diferentes tipos de microorganismos. Por ejemplo en se tiene los tanques sépticos.
- ✓ **Otros:** Electrooxidación, electrocoagulación, reactor biológico de membrana, biodiscos, biocilindros, entre otras. (Bósquez Sánchez, 2011)

#### *1.3.3.11 Límites de descarga al alcantarillado público*

El Ministerio del Ambiente mediante la Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el registro oficial N°387.

La planta de lácteos “San Jacinto” en la actualidad no cumple con los parámetros exigidos por sistemas de regulación de contaminación ambiental, con este proyecto desea cumplir con los valores establecidos en la norma que se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 2-1** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisibles</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70.0
<b>Explosivas o inflamables</b>	Sustancias	mg/l	Cero
<b>Alkil mercurio</b>		mg/l	No detectable
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	5.0
<b>Arsénico total</b>	As	mg/l	0.1
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/l	0.02
<b>Cianuro total</b>	CN	mg/l	1.0
<b>Cinc</b>	Zn	mg/l	10.0
<b>Cloro Activo</b>	Cl	mg/l	0.5
<b>Cloroformo</b>	Ect. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	1.0
<b>Cobalto</b>	Co	mg/l	0.5
<b>Compuestos fenólicos</b>	Fenol	mg/l	0.2
<b>Compuestos organoclorados</b>	Organoclorados totales	mg/l	0.05
<b>Cromo hexavalente</b>	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0.5
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	DBO	mg/l	250.0
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/l	500.0
<b>Diclorometileno</b>	Diclorometileno	mg/l	1.0
<b>Fósforo total</b>	P	mg/l	15.0
<b>Hierro Total</b>	Fe	mg/l	25.0
<b>Hidrocarburos Totales de Petróleo</b>	TPH	mg/l	20.0
<b>Manganeso total</b>	Mn	mg/l	10.0
<b>Mercurio total</b>	Hg	mg/l	0.01
<b>Níquel</b>	Ni	mg/l	2.0
<b>Nitrógeno total kjedahl</b>	N	mg/l	60.0
<b>Compuestos Organofosforados</b>	Especies totales	mg/l	0.1
<b>Plata</b>	Ag	mg/l	0.5
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	0.5
<b>Potencial de Hidrógeno</b>	pH		6-9
<b>Selenio</b>	Se	mg/l	0.5
<b>Sólidos Sedimentables</b>	SD	mg/l	20.0
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	SST	mg/l	220.0
<b>Sólidos Totales</b>	ST	mg/l	1600.0
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub>	mg/l	400
<b>Sulfuros</b>	S <sup>2</sup>	mg/l	1
<b>Temperatura</b>	°C		< 40.0
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2
<b>Tetracloruro de carbono</b>	Teclaroruro de carbono	mg/l	1.0
<b>Triclorometileno</b>	Triclorometileno	mg/l	1.0

**Fuente:** (TULSMA, Libro VI, Anexo1, Tabla 8)  
**Realizado por:** SORIA Katerin,2018

## **1.4 Beneficiarios directos e indirectos**

Con la implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la planta láctea “San Jacinto”, sus beneficiarios serán:

### ***1.4.1 Directos***

- El beneficiario directo es el Sr. Jacinto Goyes propietario de Planta de Lácteos “San Jacinto” ya que con la implementación del sistema de tratamiento se evitará multas por parte del organismo de control es decir del Ministerio del Ambiente.

### ***1.4.2 Indirectos***

- La Unidad Educativa del Milenio y la población cercana al área de influencia debido a que con la implementación del Sistema de Tratamiento se evitara malos olores.

## CAPÍTULO II

### 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 2.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta de Lácteos “San Jacinto”, ubicada en el Cantón Penipe, Provincia Chimborazo”.

#### 2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización física, química y microbiológica del agua residual y evaluar los parámetros fuera de los límites permisibles basadas en la Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el registro oficial N°387.
- Identificar las variables de diseño a través de los parámetros fuera de norma para el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del sistema de tratamientos de aguas residuales para la planta de lácteos “San Jacinto”, ubicada en el cantón Penipe, provincia de Chimborazo.
- Validación final del agua residual previa a su disposición final en comparación con los límites permisibles basadas en la Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el registro oficial N°387.

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

#### 3.1 Localización del proyecto

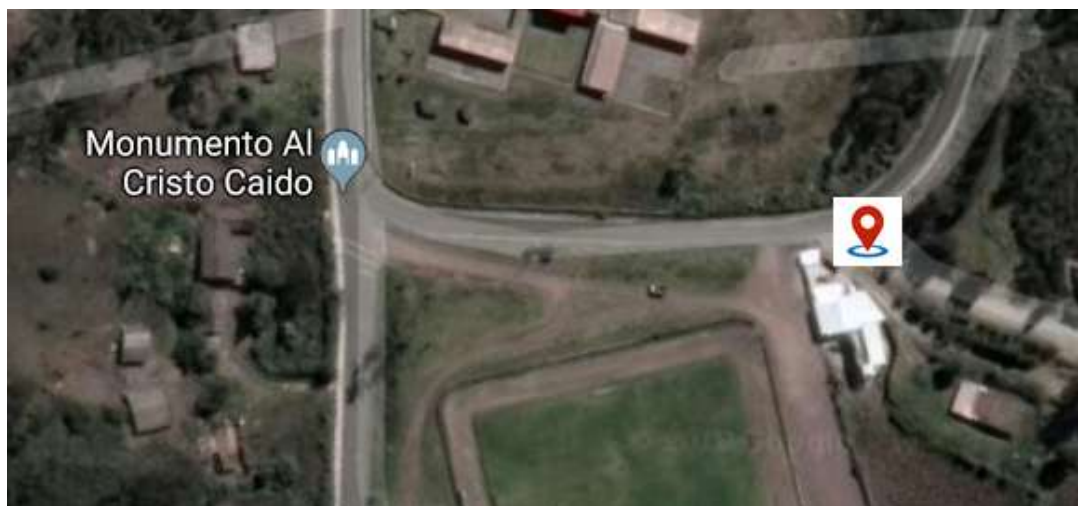
##### 3.1.1 Localización Geográfica

**Tabla 1-3** Ubicación geográfica de la industria láctea “San Jacinto”.

<b>Limites Cantón Penipe</b>	Al Norte, Provincia de Tungurahua Al sur, Cantón Riobamba Al este, Provincia de Morona Santiago Al oeste, Cantón Guano
<b>Rango altitudinal</b>	Oscila desde 2.500 m.s.n.m a 5.424 m.s.n.m
<b>Longitud</b>	1°34` SUR
<b>Latitud</b>	78°31`61” OESTE
<b>Clima</b>	Variado
<b>Temperatura</b>	13 °C min- 15 °C max

**Fuente:** (Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Penipe, 2012)

**Realizado por:** SORIA Katerin, 2018.



**Figura 2-3** Ubicación geográfica del Cantón Penipe

**Fuente:** (Desarrollo Territorial del Cantón Penipe)

## **3.2 Ingeniería del proyecto**

### **3.2.1 Métodos y Técnicas**

#### **3.2.1.1 Métodos**

##### **a) Método inductivo**

Este método se refiere al movimiento del pensamiento que parte de hechos particulares a afirmaciones de carácter general. (Ruiz, 2011)

Al aplicar este método y con los valores del análisis del agua residual de la planta de lácteos “San Jacinto” que se encuentran fuera de los límites permisibles según la Norma especificada en los objetivos para el presente proyecto se puede tener una ideología del proceso a plantear, especificando las conclusiones del dimensionamiento planteado para una planta de tratamiento para el efluente sin depuración. Lo cual se lo llevara a cabo gracias a los análisis físicos y químicos realizados en el laboratorio.

##### **b) Método deductivo**

Este método permite pasar afirmaciones de carácter general a hechos particulares. (Ruiz, 2011)

Parte de una idea general que será localizar donde se está produciendo el punto de descarga del agua residual generando la contaminación, malos olores y con ello el incumplimiento por parte de la planta láctea de las regulaciones ambientales exigidas por las entidades reguladoras, llegando a lo particular que sería la solución de dicho problema mediante un sistema de depuración del efluente.

##### **c) Método experimental**

En el experimento de laboratorio el investigador crea una situación con las condiciones exactas que se desea y en la que controla algunas variables y manipula otras.(Gómez-Peresmitré and Reidl, 2010)

Se llevará a cabo el uso de equipos e instrumentos de laboratorio mediante una simulación del diseño de ingeniería del proceso a diseñar, obteniendo las variables y con ello llegar a la consecución y autenticidad de datos en el dimensionamiento de la planta residual de tratamiento diseñada.

### 3.2.1.2 Técnicas

Las técnicas usadas para el tratamiento del agua residual de la planta láctea “San Jacinto” están basadas en las normas y técnicas para caracterización físico-químico y microbiológica descritas en la norma Normativa de Calidad Ambiental Tabla 8 “Límites descarga al sistema de alcantarillado, público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el Registro Oficial N°387, fundamentadas en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICION.

**Tabla 2-3** Técnicas utilizados en Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Parámetros	Método/Norma
Ph	PE-LSA-01
Color aparente	STANDARD METHODS 2120 – B
Conductividad	PE-LSA-02
Turbiedad	STANDARD METHODS 2130 – B
Alcalinidad	STANDARD METHODS 2320 – B
Cloruros	STANDARD METHODS 3500 – CI E
Aceites y Grasas	EPA 418,5
Detergentes	STANDARD METHODS 5540 – C
Fosforo Total	STANDARD METHODS 4500 – P – E mod
Sólidos Totales	PE-LSA-04
Sólidos Suspendidos	STANDARD METHODS 2540 – D
Sólidos Sedimentables	STANDARD METHODS 2540 – F
Sólidos Disueltos Totales	STANDARD METHODS 2540 – C
DQO	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO <sub>5</sub>	STANDARD METHODS 5210 – B
Nitrógeno Total	STANDARD METHODS 4500 – N – B

Fuente: (Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH))

### 3.2.2 Determinación del caudal por el método volumétrico

Al tratarse de un método sencillo y eficaz es aplicable para el proyecto. Debido a que las aguas producidas en los diferentes procesos en su producción y de servicios sanitarios generados en la planta láctea tienden a unirse en la tubería de descarga que lo hace en forma directa al alcantarillado. El caudal es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V/t$$

Dónde:

**Q**= Caudal ( $\frac{L}{s}$ )

**V**= Volumen de agua captada (L)

**t**= Tiempo de llenado del balde (s)

El método se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Las aforaciones se realizaron en forma directa sobre el punto de descarga, la misma se la llevo a cabo de forma manual.
- Los materiales usados para la aplicación del método volumétrico fueron un balde graduado de 10 litros y un cronómetro. Consistiendo en medir el tiempo transcurrido en recolectar un volumen de muestra.
- Las aforaciones se realizaron los días que labora la planta que es de lunes a domingo durante un mes en sus horas de trabajo, dentro de las cuales se tuvo en cuenta las siguientes horas al ser donde existe mayor uso de agua.

**Tabla 3-3** Caudal promedio por día

<b>Hora</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
<b>08:00</b>	0,21	0,24	0,22	0,23	0,24	0,25	0,23
<b>09:00</b>	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,19	0,13
<b>11:00</b>	0,13	0,15	0,17	0,16	0,15	0,14	0,16
<b>12:00</b>	0,16	0,24	0,16	0,2	0,14	0,20	0,15
<b>14:00</b>	0,23	0,20	0,20	0,22	0,22	0,25	0,22
<b>15:00</b>	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13
<b>16:00</b>	0,20	0,18	0,16	0,14	0,14	0,16	0,15
<b>17:00</b>	0,20	0,22	0,21	0,21	0,20	0,23	0,22
<b>Caudal del agua residual (<math>\frac{L}{s}</math>)</b>	<b>0,18</b>	<b>0,191</b>	<b>0,174</b>	<b>0,178</b>	<b>0,166</b>	<b>0,195</b>	<b>0,174</b>

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

### 3.2.3 Método de Muestreo



El muestreo se realizó de forma pertinente usando guantes, frascos estilizados como describe en la norma de muestro NTE INEN 2169. Considerando los horarios de trabajo de la planta láctea que son 8 horas de jornada diaria y a su vez se lo realizo los días martes y sábado al existir mayor producción de queso y por ende mayor consumo de agua potable en relación de leche receptada. Se tomaron alícuotas cada hora, la industria láctea trabaja de 8:00 a 12:00 y de 14:00 a 17:00. Es decir, se tomó 8 muestras simples que posteriormente al homogenizarlas se obtendrán muestras compuestas que tendrán un volumen aproximado de 4 litros que se enviarán al laboratorio para su debido análisis de caracterización.

Además de garantizar un muestreo de calidad se llevó a refrigeración los recipientes contenedores del agua residual, evitando la degradación de la muestra hasta su análisis correspondiente.

El cronograma de muestreo se puede observar en la tabla 4-3, como se puede apreciar a continuación:

**Tabla 4-3** Toma y recolección de muestras en el punto de descarga

DÍAS	Hora	Lugar	Numero de Muestra compuestas
Martes	8:00 a 12:00 y 14:00 a 17:00	Descarga directa a la alcantarilla	1
Sábado	8:00 a 12:00 y 14:00 a 17:00	Descarga directa a la alcantarilla	1
<b>Total de muestras</b>			<b>2</b>

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

### 3.2.3.1 Parámetros analizados

Mediante la generación de muestras compuestas y llevados a laboratorio, se realizó la caracterización inicial físico- químico y microbiológico del agua residual resultante de los procesos realizados en la planta de lácteos “San Jacinto”, obteniendo los siguientes datos que se pueden observar en la tabla 5-3:

**Tabla 5-3** Caracterización físico-químico inicial, valor promedio de las muestras compuestas.

PARÁMETROS	UNIDAD	Resultado			Norma TULSMA
		Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Lim.Max.Per*
<b>Ph</b>	.....	5.69	4.98	<b>5.34</b>	<b>6-9</b>
<b>Color aparente</b>	Upt-Co	9480	9645	<b>9562.5</b>	.....
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</b>	uS/cm	2650	2716	<b>2683</b>	.....
<b>TURBIEDAD</b>	NTU	813	937	<b>875</b>	.....
<b>ALCALINIDAD</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	68.20	73.14	<b>70.67</b>	.....
<b>CLORUROS</b>	mg/L	127.6	135.8	<b>131.7</b>	.....

<b>ACEITES Y GRASAS</b>	mg/L	272.40	305.6	<b>289</b>	<b>70.0</b>
<b>DETERGENTES</b>	mg/L	0.79	1.02	<b>0.79</b>	-----
<b>FOSFORO TOTAL</b>	mg/L	53.50	54.48	<b>54.48</b>	<b>15.0</b>
<b>SOLIDOS TOTALES</b>	mg/L	10984	11450	<b>11217</b>	<b>1600</b>
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	mg/L	169	174	<b>171.5</b>	<b>220</b>
<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES</b>	mg/L	1.3	1.45	<b>1.38</b>	<b>20</b>
<b>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</b>	mg/L	1933	1996	<b>1964.5</b>	-----
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO<sub>5</sub>)</b>	mg/L	3514	3648	<b>3581</b>	<b>250</b>
<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)</b>	mg/L	6850	6912	<b>6881</b>	<b>500</b>
<b>NITROGENO TOTAL</b>	mg/L	56.30	57.05	<b>56.68</b>	<b>60.0</b>
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	NMP/100mL	340	415	<b>377.5</b>	-----
<b>COLIFORMES FECALES</b>	NMP/100mL	13	17	<b>15</b>	-----

Fuente: (Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH))

\* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 8, Límites de descarga a un cuerpo al sistema de alcantarillado.

Al ser descargada directamente al agua residual al sistema de alcantarillado no es necesario realizar los análisis microbiológicos, ya que dentro de la norma no constan los mismos.

### 3.2.4 Índice de Biodegradabilidad

Una vez realizada la caracterización del agua residual, se podrá obtener el índice de biodegradabilidad que es el resultado de la relación que existe entre DBO<sub>5</sub> y el DQO del efluente proveniente de la planta de lácteos “San Jacinto”

**Tabla 6-3** Parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO promedio, muestras compuestas

MUESTRAS COMPUESTAS				
	Parámetro	Unidad	Resultado	Límites permisibles*
Muestra 1	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	3514	250.0
	DQO	mg/L	6850	500.0
Muestra 2	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	3648	250.0
	DQO	mg/L	6912	500.0

Fuente: (Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH))

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

\*Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 8, Límites descarga sistema de alcantarillado.

La misma que se obtiene del promedio de DBO<sub>5</sub> y el DQO de las muestras compuestas, obteniendo el índice de biodegradabilidad “I<sub>BIOD</sub>” que nos proporciona una idea puntual sobre el tipo de tratamiento físico-químico o biológico a seguir según el valor de la relación de DBO<sub>5</sub> y el DQO. Tal como se establece en la tabla 8-3.

$$I_{BIOD} = \frac{DQO}{DBO_5}$$

**Tabla 7-3 Índice de biodegradabilidad**

Nº. de muestra compuesta	I <sub>BIOD</sub>
1	1.95
2	1.89
<b>Promedio</b>	<b>1.92</b>

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

El promedio del índice de biodegradabilidad de las muestras compuestas nos da un valor de 1.92, la cual nos indica el tipo de tratamiento que se debe optar para la depuración del efluente del presente proyecto a una temperatura aproximada de 20°C, siendo esta de naturaleza moderadamente biodegradable, permitiendo seleccionar entre un tratamiento biológico o físico-químico.

La relación se aproxima a ser muy biodegradable según la tabla 1-1, se seleccionará un tratamiento biológico.

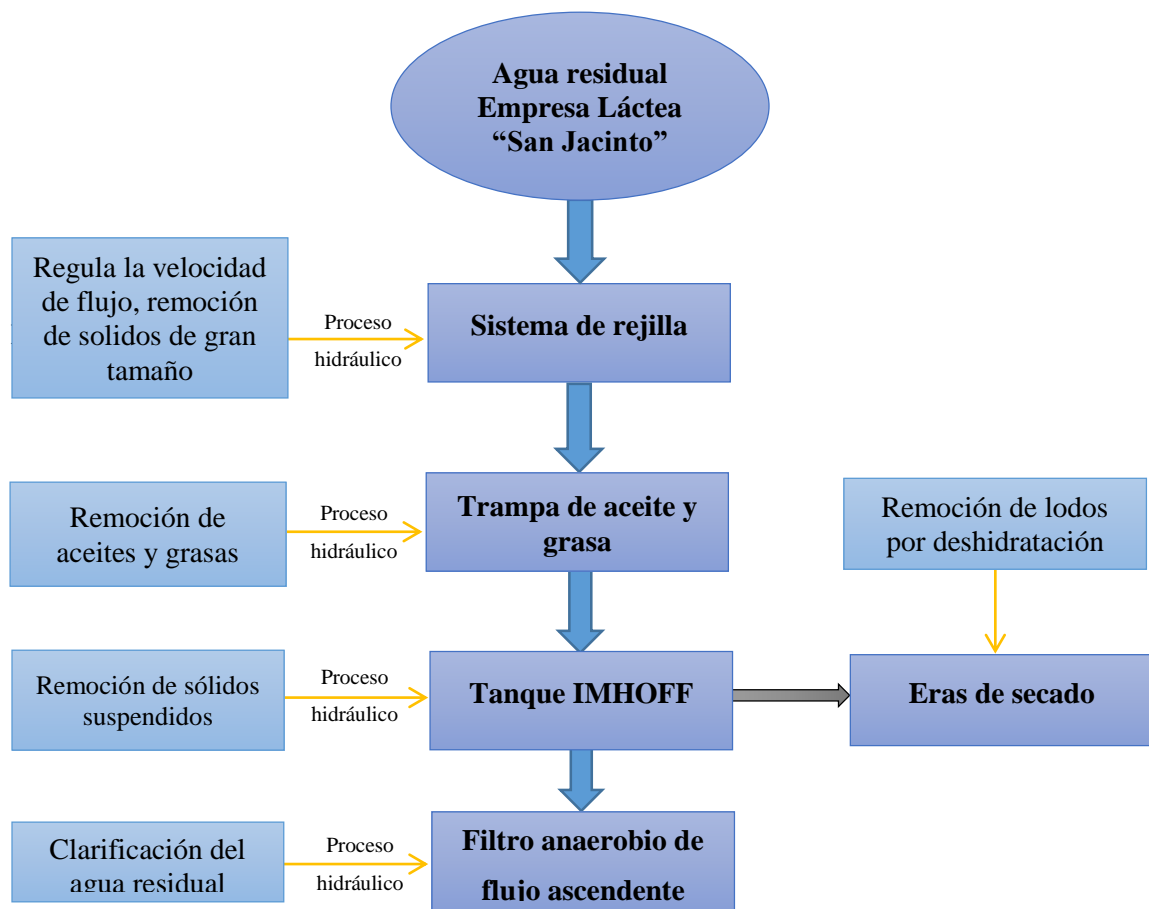
#### 3.2.4.1 Parámetros fuera del límite permisible en el análisis inicial del agua y propuesta a implementar.

Basados en la Tabla 8 “Límites descarga al sistema de alcantarillado, público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el Registro Oficial N°387 y con el análisis inicial se encontró que los parámetros fuera de los límites son permisibles son: Aceites y grasas, fósforo total, sólidos totales y DQO y DBO<sub>5</sub>.

Según el tipo de efluente generada y las cargas en los diferentes parámetros fuera de los límites permisibles, se eligió el sistema de tratamientos de aguas residuales y con ello llegar a obtener un efluente dentro de normativa exigida por el TULSMA para que desemboque en el sistema de alcantarillado, cumpliendo con las exigencias de los organismos de control.

Dicha planta de tratamiento de aguas residuales se diseñará mediante criterios de diseño de múltiples autores como: OPS/CEPIS 2003, OPS/CEPIS 2005, Norma RAS 2000 y Rodríguez Araya.

Como esquema general del sistema de depuración constara de: Sistema de rejillas, trampa de grasa y aceite, tanque IMHOFF y filtro anaerobio de flujo ascendente, como se puede observar en la figura 1-3:



**Figura 1-3** Sistema de Tratamiento de aguas residuales  
Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

### 3.2.5 Tratamiento de aguas residuales en laboratorio

**Teniendo el tratamiento en laboratorio a continuación:**

- ✓ Se retiró los sólidos de mayor tamaño (más de 5mm), simulando el sistema de rejillas.
- ✓ Con finalidad de retener las grasas y aceites provenientes del agua residual de la planta se procedió a realizar la simulación de este proceso mediante el uso de un embudo de

separación con finalidad de separar por diferencia de densidades la grasa del agua. Como se puede ver a continuación:



**Fotografía 2-3:** Embudo de separación

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

- ✓ Una vez retirado los aceites y grasa que contiene el efluente, se lleva a simulación la etapa secundaria del proceso de depuración, donde al tratarse de agua proveniente del contacto de leche animal su carga orgánica alta, optando por el tratamiento biológico anaerobio donde se tiene el tanque imhoff, simulando este mediante un cono imhoff con finalidad de separar los sólidos sedimentables contenidos en el agua residual.



**Fotografía 3-3:** Cono de imhoff

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

- ✓ Con finalidad de retirar los sólidos suspendidos aun existentes se lleva a cabo el tratamiento con la simulación de un filtro anaerobio mediante ayuda de vasos de precipitación dejando reposar el afluente por 8 horas, debido que no existe un equipo en laboratorio que se pueda realizar este proceso.



**Fotografía 4-3:** Filtro

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

- ✓ Después de ver pasado por las diversas etapas de simulación del proceso el agua contaminada tiende a bajar sus niveles de los mismos, haciendo que el proceso sea óptimo para el objetivo propuesto. Esto demostrando mediante la realización de un análisis físico-químico.



**Fotografía 5-3:** Agua antes y después del tratamiento

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

### 3.2.6 Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales

#### 3.2.6.1 Caudal de diseño.

Relacionando el caudal obtenido de agua residual en el punto de descarga con el volumen de leche receptada ese día se obtendrá el caudal de diseño, gracias a la colaboración del gerente de la planta se pudo obtener los datos de leche receptada como se observa a continuación en la Tabla 8-3.

**Tabla 8-3** Caudal de diseño

Días	Volumen de agua residual (L/día)	Volumen de leche receptada (L/día)
Lunes	5184	1460
Martes	5508	1400

Miércoles	5004	1350
Jueves	5112	1200
Viernes	4788	1210
Sábado	5616	1510
Domingo	5004	1350
<b>PROMEDIO</b>	<b>5173,71</b>	<b>1354,29</b>

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

Por cuestiones de dimensionamiento se proyectó el volumen generado de aguas residuales a futuro que será de 10 años, mediante la capacidad máxima que contará la planta de lácteos en transcurso de estos años la cual será de 6000L de leche para la producción de quesos.

$$Q = \frac{\frac{5173,71 \text{ L agua residual}}{\text{día}}}{\frac{1354,29 \text{ L leche receptada}}{\text{día}}} \times \frac{6000 \text{ de leche que se receptara a futuro}}{\text{día}}$$

**Ecuación 3**

$$Q = 22921.52 \text{ L/día}$$

Obteniendo el caudal de diseño para el sistema de tratamiento de agua residual por día que es igual a:

$$Q_D = 22,92 \frac{m^3}{\text{día}}$$

### 3.2.6.2 Sistema de rejillas

El cribado o desbaste es utilizado para la remoción de material grueso, para evitar el daño y taponamiento de bombas, tuberías. (Comisión Nacional del Agua de los Estados Unidos de México, 2007)

Aumentando la eficiencia posterior al cribado de cada unidad que conforma la planta extrayendo la basura. Se puede reducir o eliminar un aproximado de 5% a 20 % de sólidos en suspensión. (Guzmán, 2013)

**Tabla 9-3** Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
<b>Tamaño de la barra:</b>			
<b>Anchura</b>	<i>mm</i>	5-15	5-15

<b>Profundidad</b>	<i>mm</i>	25-37.5	25-37.5
<b>*Separación entre barras</b>	<i>mm</i>	25-50	15-75
<b>Pendiente en relación a la vertical</b>	<i>Grados</i>	60-45	0-60
<b>Velocidad de aproximación</b>	<i>m/s</i>	0.30-0.60	0.6-1.1
<b>Perdida de carga admisible</b>	<i>mm</i>	150	150

\*Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

Fuente: (Norma RAS, 2000)

De acuerdo a la limpieza existen dos tipos:

- Rejillas de limpieza manual
- Rejillas de limpieza mecánica

### Dimensionamiento del sistema de rejillas

Para el dimensionamiento se aplicara criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Metcalf & Eddy, 1995. Esto para rejillas de limpieza manual. Mediante la utilización de los valores de la tabla 11-3.

- Área libre del paso de agua,  $A_L$ :

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

**Ecuación 4**

#### Datos:

$A_L$ : Área libre del paso de agua ( $m^2$ )

$Q_D$ : Caudal de diseño ( $m^3/s$ );  $2,65 \times 10^{-4} m^3/s$

$v$ : Velocidad de flujo ( $m/s$ );  $0.60 m/s$  (Valor considerado en los criterios de diseño RAS 2000 en la tabla 9-3).

$$A_L = \frac{2,65 \times 10^{-4} m^3/s}{0,60 m/s}$$

$$A_L = 0.00044 m^2$$

- Altura del tirante en el canal,  $h_{a'}$ :



$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

**Ecuación 5**

**Datos:**

$h_{a'}$ : Altura del tirante en el canal (m)

$A_L$ : Área libre del paso de agua (m<sup>2</sup>); 0.00044 m<sup>2</sup>

$B$ : Ancho del canal (m); 0.3 m (*Valor considerado en los criterios de diseño RAS 2000 en la tabla 9-3*).

$$h_{a'} = \frac{0,00044 \text{ m}^2}{0,30\text{m}}$$

$$h_{a'} = \mathbf{0.0015 \text{ m}}$$

- **Altura del tirante de construcción,  $h_a$ :**

Por motivo de seguridad se le añade una altura de 0.3 m.

$$h_a = h_{a'} + h_s$$

**Ecuación 6**

**Datos:**

$h_{a'}$ : = Altura del tirante en el canal (m); 0.0015 m

$h_s$ : Altura de seguridad (m); 0.3 m

$$h_a = 0.0015 \text{ m} + 0.3\text{m}$$

$$h_a = \mathbf{0.3015 \text{ m}}$$

- **Longitud de las barras,  $L_b$ :**

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

**Ecuación 7**

**Datos:**

$L_b$ : Longitud de las barra (m)

$h_a$ : Altura del tirante de construcción (m); 0.3015 m

$\theta$  : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (*Valor considerado en los criterios de diseño RAS 2000 en la tabla 9-3*).

$$L_b = \frac{0.3015 \text{ m}}{\text{Sen } 60}$$

$$L_b = \mathbf{0.373\text{m}}$$

- Nivel máximo de agua en la rejilla,  $N_{max}$ :

$$N_{max} = \frac{Q}{v * B}$$

Ecuación 8

**Datos:**

$N_{max}$ : Nivel máximo de agua en la rejilla (m)

$B$ : Ancho del canal (m); 0.3 m

$Q_D$ : Caudal de diseño ( $m^3/s$ );  $2,65 \times 10^{-4} m^3/s$

$v$ : Velocidad de flujo ( $m/s$ ); 0.60  $m/s$  (Valor considerado en los criterios de diseño RAS 2000 en la tabla 9-3).

$$N_{max} = \frac{2,65 \times 10^{-4} m^3/s}{0.60 m/s * 0.3 m}$$

$$N_{max} = 0.0015 m$$

- Longitud sumergida de barras,  $L_{SR}$ :

$$L_{SR} = \frac{N_{max}}{\text{Sen}\theta}$$

Ecuación 9

**Datos:**

$L_{SR}$ : Nivel máximo de agua en la rejilla (m)

$N_{max}$ : Nivel máximo de agua en la rejilla (m); 0.0015 m

$\theta$ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Valor considerado en los criterios de diseño RAS 2000 en la tabla 9-3).

$$L_{SR} = \frac{0.0015 m}{\text{Sen } 60^\circ}$$

$$L_{SR} = 0.0019 m$$

- Número de barras,  $N_b$ :

Considerando los valores dados en criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Metcalf & Eddy 1995, se tomó los valores de 0.025 m para la separación entre las barras y de  $1.00 \times 10^{-2}$  m de espesor de las mismas.

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

**Ecuación 10**

**Datos:**

**B:** Ancho del canal (m); 0.3 m

**S:** Separación entre las barras (m); 0.025 m (*Valor considerado en los criterios de diseño Metcalf & Eddy 1995 en la tabla 9-3*).

**e:** Espesor de las barras(m);  $1.00 \times 10^{-2}$  m (*Valor considerado en los criterios de diseño RAS 2000 en la tabla 9-3*).

$$N_b = \frac{0.3 \text{ m}}{1.00 \times 10^{-2} \text{ m} + 0.025 \text{ m}}$$

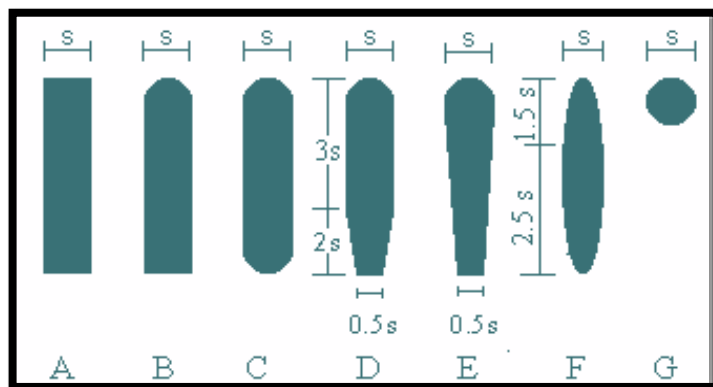
$$N_b = 8.6 \cong 8$$

Para el cálculo de pérdida de carga se usan con los datos expuesto en el siguiente cuadro:

**Tabla 10-3** Coeficiente de perdida para rejillas manual

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
$\beta$	2.48	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: Norma RAS, 2000, Pp 51.



**Figura 2-3.** Diferentes formas de rejillas

Fuente: (RAS, 2000)

Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

- **Pérdida de carga, H:**

Se considera diseñar la rejilla en forma circular, como se puede observar en la figura 2-3, por lo que se considera el uso del coeficiente de pérdida de la forma G de la tabla 10-3, siendo el valor de este 1.79.

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

**Ecuación 11**

**Datos:**

**$\beta$ :** Factor dependiente de la forma de barras(adimencional); 1.79 (*Valor considerado en los criterios de diseño RAS 2000 en la tabla 10-3*).

**$S$ :** Separación entre las barras (m); 0.025 m

**$e$ :** Espesor de las barras (m);  $1.00 \times 10^{-2}$  m

**$v$ :** Velocidad de flujo ( $m/s$ );  $0.60 m/s$

**$g$ :** Gravedad ( $m/s^2$ ) =  $9.8 m/s^2$

**$\theta$ :** Ángulo de inclinación de las barras (grados);  $60^\circ$

$$H = 1.79 \left(\frac{0,025 m}{1.00 \times 10^{-2} m}\right)^{4/3} \times \left(\frac{0,60^2}{2 * 9.8 m/s^2}\right) \text{Sen } 60$$

$$H = 0.097m < 0,15 m \text{ admisibles } *$$

### 3.2.6.3 Trampa de grasa y aceite

La trampa de grasa permite la separación y recolección de grasas y aceites evitando que entre a la red del sistema del alcantarillado público antes de su punto de descarga.(Servidas, 2009)

La presencia de grasas y aceites en las industrias generan problemas de taponamiento de tuberías, bombas e incluso una obstrucción al sistema de tratamiento haciendo un problema ambiental considerable.

Una trampa de aceites y grasas consiste en una cámara pequeña de flotación en la que los aceites y grasas flotan a la superficie libre, mientras que el agua más clara es descargada. Para que el sistema tenga un funcionamiento óptimo se debe evitar cargas hidráulicas súbitas, ya que estas

pueden producir agitación excesiva del contenido impidiendo la reacción y flotación normal de la grasa. (Romero, 2009)

**Tabla 11-3** Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas

PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Relación ancho/longitud	1:4 – 1:18	-
*Tiempo de retención	0.5-3	horas
*Profundidad	< 0.80	m
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s
*Ingreso	Codo de 90° diámetro mínimo de 75	m
*Parte inferior del codo de entrada	0.15 por debajo del nivel de liquido	m
*Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación	No menor de 0.05	m
*El espacio sobre el nivel del liquido	0.03 Mínimo	m
*Salida	Tee con diámetro mínimo de 75	mm
*Pendiente	45 a 60	°
*Diferencia de nivel entre tubería de ingreso y tubería de salida	>0.05	m
Diámetro de tuberías de entrada	>Mínimo 50	mm
*Parte inferior de la tubería de salida	No menos de 0.075 ni más de 0.15 del fondo	m
Diámetro de tuberías de salida	>100 por lo menos	mm

\*Fuente: OPS/CEPIS, 2003.

Fuente: (Norma RAS, 2000)

### Dimensionamiento del sistema de trampa de grasas y aceites

En el proceso de dimensionamiento del sistema de trampa de grasas y aceites es aconsejable utilizar los valores que se indican en la tabla 11-3, aplicando criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y OPS/CEPIS 2003.

- **Área de sedimentación, V:**

$$V = Q * tr$$

**Ecuación 12**

#### Datos:

**V:** Volumen del tanque ( $m^3$ )

**$Q_p$ :** Caudal diseño ( $m^3/min$ ); 0,016

**$tr$ :** Tiempo de retención (min); 60min

$$V = 0,016 \frac{m^3}{min} * 60min$$

$$V = 0,96 m^3$$

- **Área del tanque, A:**

$$A = \frac{V}{P}$$

**Ecuación 13**

**Datos:**

**A:** Área del tanque ( $m^2$ );

**V:** Volumen del tanque ( $m^3$ );  $0,96 m^3$

**P:** Profundidad (m); 1m

$$A = \frac{0,96 m^3}{1m}$$

$$A = 0,96 m^2$$

- **Ancho del tanque, b:**

**b:** Ancho del tanque (m)

**A:** Área del tanque ( $m^2$ );  $0,96 m^2$

$$b = \sqrt{\frac{0,96 m^2}{4}}$$

$$b = 0,45m$$

- **Largo del tanque, b:**

$$L = b * 4$$

**Ecuación 14**

**Datos:**

**L:** Largo ( m)

**b:** Ancho del tanque ( m); 0,45 m

$$L = 0,45m * 4$$

$$L = 1,8m$$

### 3.2.6.4 Tanque IMHOFF

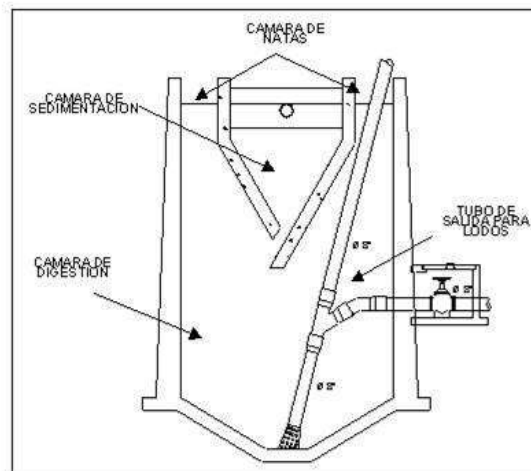
El tanque IMHOFF es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

También son llamados como unidades de tanques de doble cámara, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad.

Su operación es considerada muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque IMHOFF típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- *Cámara de sedimentación.* Donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.
- *Cámara de digestión de lodos.* Donde se almacenan y digieren los lodos
- *Área de ventilación y acumulación de natas.*



**Figura 3-3** Tanque IMHOFF  
Realizado por: SORIA Katerin, 2018.

#### ***Ventajas***

- Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales.
- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos de 90 a 95% de humedad.

- Las aguas servidas que se introducen en los tanques IMHOFF, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

### **Desventajas**

- Son estructuras profundas (>6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto (Guía para el diseño de tanque séptico, 2005. pp 10-14-30).

**Tabla 12-3** Condiciones de diseño recomendadas para tanques IMHOFF

<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Compartimiento de sedimentación</b>		
Relación longitud a ancho	2:1 - 5:1	
Pendiente	1,25:1 a 1,75:1	
Abertura de las ranuras	15 -30	<i>cm</i>
Proyección de las ranuras	15 – 30	<i>cm</i>
Bafle de espumas		
Encima de la superficie	45 - 60	<i>cm</i>
Debajo de la superficie	15	<i>cm</i>
Carga de desbordamiento superficial	25 – 40	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d</i>
Tiempo de retención	1,5 – 4	<i>horas</i>
<b>Área de ventilación del gas</b>		



Área superficial	15 – 30	% <i>del total</i>
Ancho de la abertura	45 – 75	<i>cm</i>
<b>Cámara de digestión de lodos</b>		
Volumen	55 – 100	<i>litros/cápita</i>
Tubería de recolección de lodos	200 – 300	<i>mm</i>
Profundidad debajo de la ranura hasta la superficie superior del lecho de lodos	30 – 90	<i>cm</i>
Profundidad del tanque (desde la superficie del agua hasta el fondo del tanque)	7 – 10	<i>m</i>

Fuente: (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización, Lima, 2005. (OPS-CEPIS))

### Dimensionamiento del tanque IMHOFF

Cámara de sedimentación

- **Área superficial del sedimentador,  $A_{ss}$ :**

$$A_{ss} = \frac{Q_{punta}}{C_s}$$

**Ecuación 1**

**Datos:**

$Q_{punta}$ : Caudal punta ( $m^3/dia$ ); 22,92  $m^3/día$

$C_s$ : Carga superficial ( $m^3/m^2h$ ); 7,5  $m^3/m^2día$  (Valor considerado en los criterios de diseño OPS-CEPIS 2005 en la tabla 12-3).

$$A_{ss} = \frac{22,92 \text{ m}^3/dia}{7,5 \text{ m}^3/m^2dia}$$

$$A_{ss} = 3,06 \text{ m}^2$$

- **Largo del sedimentador,  $L$ :**

$$A_s = L * b$$

**Ecuación 2**

**Datos:**

**As:** Área superficial del sedimentador ( $m^2$ );  $3,06 m^2$

**b:** Base del sedimentador ( $m$ );  $1.5 m$  (Valor considerado en los criterios de diseño OPS-CEPIS 2005 en la tabla 12-3).

$$L = \frac{As}{b}$$
$$L = \frac{3,06 m^2}{1,5 m}$$
$$L = 2,04 m$$

- **Volumen del sedimentador, Vs:**

$$Vs = Q_{punta} * PRH$$

**Ecuación 3**

**Datos:**

**Q<sub>punta</sub>:** Caudal punta ( $m^3/h$ );  $0,96 m^3/h$

**PRH:** Periodo de retención hidráulica ( $h$ );  $2,5 h$  (Valor considerado en los criterios de diseño OPS-CEPIS 2005 en la tabla 12-3).

$$Vs = 0,96 \frac{m^3}{h} * 2,5 h$$
$$Vs = 2,4 m^3$$

- **Área de la sección transversal**

$$A_t = \frac{Vs}{L}$$

**Ecuación 4**

**Datos:**

**Vs:** Volumen del sedimentador ( $m^3$ );  $2,4 m^3$

**L:** Largo del sedimentador ( $m$ );  $2,04 m$

$$A_t = \frac{2,4 m^3}{2,04 m}$$

$$A_t = 1,18 \text{ m}^2$$

- **Profundidad del sedimentador**

La profundidad del sedimentador se calculó a partir de nociones básicas tomadas en cuenta las figuras geométricas de triángulo- rectángulo.

- **Altura cámara de sedimentación, d:**

$$\tan \alpha = \frac{d}{b/2}$$

**Ecuación 5**

**Datos:**

$\alpha$ : Ángulo de inclinación de las barras (*grados*);  $55^\circ$  (*Valor considerado en los criterios de diseño OPS-CEPIS 2005 en la tabla 12-3*).

$b$ : Base del sedimentador (*m*);  $1.5 \text{ m}$

$$d = \frac{b}{2} \tan \alpha$$
$$d = \frac{1,5}{2} \tan 55^\circ$$
$$d = 1,43 \text{ m}$$

- **Altura de la base triangular de la cámara de sedimentación, c:**

$$A_t = A_{rect} + A_{trg}$$
$$A_t = b * c + \frac{b * d}{2}$$
$$c = \frac{A_t - \frac{b * d}{2}}{b}$$

**Ecuación 6**

**Datos:**

$d$ : Altura de la cámara de sedimentación (*m*);  $1,43 \text{ m}$

$b$ : Base del sedimentador (*m*);  $1.5 \text{ m}$

$A_t$ : Área de la sección transversal ( $\text{m}^2$ );  $1,18 \text{ m}^2$

$$c = \frac{1,18 - \frac{1,5 * 1,43m}{2}}{1,5 m}$$

$$c = 0,07 m$$

Cámara de digestión

- **Volumen del digestor**

$$V_d = \frac{70 * P_f * f_{cr}}{1000}$$

**Ecuación 7**

**Datos:**

***P<sub>f</sub>***: Población futura (*hab*); 40 *hab*

***f<sub>cr</sub>***: Factor capacidad relativa; 0,7 (*Valor considerado en los criterios de diseño OPS-CEPIS 2005 en la tabla 13-3*).

**Tabla 13-3** Valores del factor de capacidad relativa

Temperatura ( °C )	Factor de capacidad relativa ( <i>frc</i> )
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
> 25	0,5

**Fuente:** (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización, Lima, 2005. (OPS-CEPIS))

$$V_d = \frac{70 * 60 * 0,7}{1000}$$

$$V_d = 2,94 m^3$$

- **Profundidad de la cámara de digestión**

Para el cálculo de la profundidad de la cámara de digestión se parte del principio de un triángulo y rectángulo.

- Base triangular de la cámara de digestión,  $g$ :

$$\tan \alpha = \frac{g}{b/2}$$

$$g = \frac{b_{cd}}{2} \tan \alpha$$

Ecuación 8

**Datos:**

$b_{cd}$ : Base de la cámara de digestión (m); 1.5 m

$$g = \frac{1.5}{2} \tan 55^\circ$$

$$g = 1,07 \text{ m}$$

- Altura de la cámara de digestión,  $f$ :

$$V_d = A_{rect} * h + A_{trg} * h$$

$$V_d = L * b_{cd} * f + \frac{L * b_{cd}}{2} * g$$

$$f = \frac{V_d - \frac{L * b_{cd} * g}{3}}{L * b_{cd}}$$

Ecuación 9

**Datos:**

$b_{cd}$ : Base de la cámara de digestión (m); 1.5 m

$V_d$ : Volumen del digestor (m<sup>3</sup>); 2,4 m<sup>3</sup>

$L$ : Largo del sedimentador (m); 2,04 m

$g$ : Base triangular de la cámara de digestión (m); 1,07 m

$$f = \frac{2,4 \text{ m}^3 - \frac{2,04 \text{ m} * 1,5 \text{ m} * 1,07 \text{ m}}{3}}{2,96 \text{ m} * 1,5 \text{ m}}$$

$$f = 0,29 \text{ m}$$

- Profundidad total del tanque IMHOFF,  $H_t$ :

$$H_t = h_s + c + d + e + f$$

**Ecuación 10**

**Donde:**

**$h_s$ :** Factor de seguridad(m); 0,30m (*Valor considerado en los criterios de diseño OPS-CEPIS 2005 en la tabla 13-3*).

**$c$ :** Altura de la cámara de sedimentación (m); 0,07 m

**$f$ :** Altura de la cámara de digestión (m); 0,29 m

$$H_t = 0,30 m + 0,07 m + 1,43 m + 0,5 m + 0,29 m$$

$$H_t = 2,59 m$$

#### 5.2.6.5 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

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. (Comisión Nacional del Agua 'CONAGUA', 2015)

**Tabla 14-3** 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
*Volumen útil mínimo	No menor de 1.25	m <sup>3</sup>
*H medio soporte	No menor a 1.2	m
*Salida del efluente	No menor a 30 sobre el lecho	cm
Tiempo de retención	24-48	horas
Carga orgánica	1-30	Kg DQO/m <sup>3</sup> *día
Velocidad del flujo	<10	m/días
Edad de lodos	0.5-5	Días
Distancia entre orificios de entrada	1-2	m

Fuentes: (Norma brasilera ABNT y Norma RAS 2000)

#### Dimensionamiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

- **Calculo del volumen del filtro, l:**

Considerando los valores de la tabla 14-3, se toma el valor de 1 día que está dentro de los valores sugeridos para el dimensionamiento del FAFA.

$$Vf = Q * Tr$$

**Ecuación 31**

**Datos:**

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

**Q:** Caudal de diseño ( $m^3/día$ );  $22,92 m^3/día$

**Tr:** Tiempo de retención hidráulica (día); 1 día (*Valor considerado en los criterios de diseño NORMA RAS 2000 en la tabla 14-3*).

$$Vf = 22,92 m^3/día * 1 día$$

$$Vf = 22,92m^3$$

- **Calculo del área horizontal del filtro, Af:**

$$Af = \frac{Vf}{H_u}$$

**Ecuación 32**

**Datos:**

**Af:** Área horizontal del filtro ( $m^2$ )

**Vf:** Volumen del filtro ( $m^3$ );  $22,92m^3$

**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 14-3*).

$$Af = \frac{22,92m^3}{1,8 m}$$

$$Af = 12,7m^2$$

- **Calculo de la longitud del filtro, L:**

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

**Ecuación 33**

**Datos:**

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

**Af:** Área horizontal del filtro ( $m^2$ );  $12,7m^2$

**b:** Ancho del filtro (m); 3.0 m (*Valor considerado en los criterios de diseño NORMA RAS 2000 en la tabla 14-3*).

$$L = \frac{12,7}{3.0 m}$$

$$L = 4.2m$$

- **Calculo de la altura total de la cámara,  $H_{Tf}$ :**

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

Ecuación 34

**Datos:**

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

$H_u$ : Altura útil (m); 1.8m

$$H_{Tf} = 1.80m + 0.30$$

$$H_{Tf} = 2.1m$$

- **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

### 3.2.6.6 Eras de secado

Para el dimensionamiento de las eras de secado se tomó en consideración los criterios de la Norma OPS/CEPIS 2005 y RAS 2000.

Para la determinación de la carga de sólidos, es necesaria la población a la cual se va a destinar teniendo:

**Tabla 15-3** Criterios de diseño para eras de secado

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Profundidad total útil	50-60	cm
Ancho de eras de secado	3-6	m



*Diámetro de eras de secado	No menor de 100	<i>mm</i>
Medio de drenaje	0.30 de espesor	<i>mm</i>
Profundidad aplicable	0.20-0.40	<i>m</i>
*Pendiente	No menor a 1	%
*Medio de soporte	Capa de 15	<i>cm</i>
*Canales laterales de alimentación de las tuberías principales (espaciamento)	2.5 y 3	<i>m</i>
*Arena	Tamaño de 0.3 a 1.3	<i>mm</i>
*Grava	Entre 51 y 200 de espesor	<i>mm</i>

\*Fuente: Norma RAS, 2000.

Fuente: (OPS/CEPIS, 2005, pp 18)

### Dimensionamiento de eras de secado

En el proceso de dimensionamiento de la era de secado es aconsejable utilizar los valores que se indican en la tabla 15-3, aplicando criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Norma OPS/CEPIS 2005.

- Población equivalente, PE:

$$PE = \frac{Q_D * DBO}{C}$$

**Ecuación 35**

#### Datos:

**PE:** Población equivalente (hab)

**Q<sub>D</sub>:** Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/dia); 22,92 m<sup>3</sup>/dia

**DBO:** DBO<sub>5</sub> del efluente (g/m<sup>3</sup>); 3581 g/m<sup>3</sup>

**C:** Carga organica contaminante tipica percapita( $\frac{g}{hab*dia}$ ); 60  $\frac{g}{hab*dia}$

$$PE = \frac{22,92 \text{ m}^3/\text{dia} * 3581 \text{ g/m}^3}{60 \frac{g}{hab * dia}}$$

$$PE = 1368 \text{ hab}$$

- Calculo de la carga de sólidos, SS:

$$SS = SS * Q_D * \left(\frac{1}{PE}\right)$$

**Datos:**

**SS:** Sólidos suspendidos ( $\text{g}/\text{m}^3$ );  $169 \text{ g}/\text{m}^3$

**$Q_D$ :** Caudal diseño ( $\text{m}^3/\text{dia}$ );  $22,92 \text{ m}^3/\text{dia}$

**P:** Población equivalente (hab); 1368 hab

$$SS = 169 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} * 22,92 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * \left( \frac{1}{1368 \text{ hab}} \right)$$

$$SS = 2.83 \frac{\text{g SS}}{\text{dia} * \text{hab}}$$

- **Calculo de la carga de sólidos, SS:**

$$C_s = \frac{PE * SS}{1000g}$$

**Datos:**

**$C_s$ :** Contribución per cápita ( $\text{Kg SS}/\text{hab} * \text{dia}$ )

**SS:** Sólidos suspendidos ( $\frac{\text{g SS}}{\text{dia} * \text{hab}}$ );  $2.83 \frac{\text{g SS}}{\text{dia} * \text{hab}}$

**PE:** Población equivalente (hab); 1987 hab

$$C_s = \frac{1368 \text{ hab} * 2,83 \frac{\text{g SS}}{\text{dia} * \text{hab}}}{1000g}$$

$$C_s = 3,87 \frac{\text{Kg SS}}{\text{dia} * \text{ha}}$$

- **Calculo de la masa de sólidos que conforman los lodos, SS:**

$$M_s = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C_s) + (0.5 * 0.3 * C_s)$$

**Datos:**

**$M_s$ :** Masa de sólidos ( $\text{Kg SS}/\text{hab} * \text{dia}$ )

**$C_s$ :** Contribución per cápita ( $\text{Kg SS}/\text{hab} * \text{dia}$ );  $3,87 \text{ Kg SS}/\text{hab} * \text{dia}$

$$M_s = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 3,87 \frac{\text{Kg SS}}{\text{hab} * \text{dia}} \right) + \left( 0.5 * 0.3 * 3,87 \frac{\text{Kg SS}}{\text{hab} * \text{dia}} \right)$$

$$M_s = 1,26 \frac{\text{Kg SS}}{\text{hab} * \text{dia}}$$

- **Calculo del volumen de lodos digeridos,  $V_{ld}$ :**

$$V_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} * \left( \frac{\%sol}{100} \right)}$$

### Ecuación 39

**Datos:**

$V_{ld}$ : Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

$M_s$ : Masa de sólidos (Kg SS/hab \* día); 1,26 Kg SS/hab \* día

$\rho_{lodos}$ : Densidad de los lodos (Kg/L); 1.04 Kg/L

$$V_{ld} = \frac{1,26 \text{ Kg SS/hab * día}}{1,04 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = 10,09 \text{ L/día}$$

- **Calculo del volumen de lodos a extraerse,  $V_{le}$ :**

$$V_{le} = \frac{V_{ld} * Tr}{1000}$$

### Ecuación 40

**Datos:**

$V_{le}$ : Volumen de lodos a extraerse ( $m^3$ )

$V_{ld}$ : Volumen de lodos a extraerse ( $m^3$ ); 10,09 L/día

$Tr$ : Tiempo de retención hidráulica (día); 55 día

$$V_{le} = \frac{10,09 \frac{\text{L}}{\text{día}} * 55 \text{ día}}{1000}$$

$$V_{le} = 0,55 \text{ m}^3$$

- **Calculo del área de eras de secado,  $V_{le}$ :**

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

### Ecuación 41

**Datos:**

$A_{ls}$  = Área de eras de secado ( $m^2$ )

$V_{ld}$ : Volumen de lodos a extraerse ( $m^3$ ); 0,55  $m^3$

$H_A$ : Altura (m), 0,40 m

$$A_{ls} = \frac{0,55 \text{ m}^3}{0,40 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 1,4 \text{ m}^2$$

- **Calculo largo de eras de secado,  $V_{le}$ :**

$$L = \frac{A_{ls}}{b}$$

**Ecuación 2**

**Datos:**

$L$  = Longitud de la eras de secado (m)

$A_{ls}$  = Área de eras de secado ( $m^2$ );  $1,4 m^2$

$b$  = Ancho de la eras de secado (m); 1m

$$L = \frac{1,4 m^2}{1 m}$$

$$L = 1,4 m$$

- **Número de eras de secado,  $V_{le}$ :**

$$\text{Número}_{\text{eras}} = 2$$

Por factor de limpieza se llega a la conclusión de construir dos eras de secado, es decir, que una estará en funcionamiento para el depósito de lodos mientras la otra se encontrará disponible cuando esta tienda a llenarse.

### 3.2.7 Resultados

#### 3.2.7.1 Resultados de dimensionamiento

A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos en los diferentes procesos de depuración del efluente obtenidos mediante normas, criterios y guías para su debido diseño.

#### a. Caudal de diseño

Como parte fundamental del diseño de la planta de tratamiento de aguas se tiene como principal variable al caudal que se muestra a continuación:

**Tabla 16-3** Determinación caudal punta

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de diseño	$Q_D$	$\frac{m^3}{\text{día}}$	22,92

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

#### b. Diseño de rejillas

**Tabla 17-3** Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área libre al paso del agua	$A_L$	$m^2$	0,00044
Velocidad de flujo	$V$	$m/s$	0,60
Altura del tirante en el canal	$h_{av}$	$m$	0,0015
Altura del tirante de construcción	$h_a$	$m$	0,3015
Ancho del canal	$B$	$m$	0,3
Ángulo de inclinación	$\theta$	$^\circ$	60
Espesor de las barras	$E$	$m$	$1.00 \times 10^{-2}$
Longitud de barras	$L_b$	$m$	0,373
Número de barras	$N_b$	Unidades	8
Pérdida de carga	$H$	$m$	0,097
Separación entre barras	$S$	$m$	0,025

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

### c. Diseño del dimensionamiento de trampa de aceite y grasa

**Tabla 18-3** Dimensionamiento de trampa de aceite y grasa

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área del tanque	$A$	$m^2$	0,96
Ancho del tanque	$b$	$m$	0,45
Largo del tanque	$L$	$m$	1,8
Volumen útil	$V_u$	$m^3$	0,96
Tiempo de retención hidráulica	$Tr$	$min$	60
Profundidad útil	$P_u$	$m$	0,8
Diámetro de tuberías (entrada)	-	$mm$	110
Diámetro de tuberías (salida)	-	$mm$	110
Pendiente	$\emptyset$	-	45

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

### d. Diseño de un tanque IMHOFF

**Tabla 19-3** Dimensionamiento de un Imhoff

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área superficial del sedimentador	$A_{ts}$	$m^2$	3,06
Largo del sedimentador	$L$	$m$	2,04
Base del sedimentador	$b$	$m$	1,5
Volumen del sedimentador	$V_s$	$m^3$	2,4
Período de retención hidráulica	$PRH$	horas	2,5
Área de la sección transversal	$A_t$	$m^2$	1,18
Altura de la base triangular de la cámara de sedimentación	$d$	$m$	0,07
Altura de la cámara de sedimentación	$c$	$m$	1,43
Volumen del digestor	$V_d$	$m^3$	2,94
Base triangular de la cámara de digestión	$g$	$m$	1,07
Altura de cámara de digestión	$f$	$m$	0,29
Profundidad total del tanque IMHOFF	$H_t$	$m$	2,59
Altura total	$H_T$	$m$	1,5

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

#### e. Diseño del dimensionamiento para filtro anaerobio de flujo ascendente

**Tabla 20-3** Dimensionamiento filtro anaerobio de flujo ascendente

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Tiempo de retención	$Tr$	día	1
Volumen del filtro	$V_f$	$m^3$	22,92
Área horizontal del filtro	$A_f$	$m^2$	12,7
Longitud del filtro	$L$	$m$	4,2
Ancho del filtro	$b$	$m$	4
Altura total de la cámara	$H_{Tf}$	$m$	2,1
Profundidad útil	$H_u$	$m$	1,8
Altura de falso fondo	-	$m$	0,3
Arena	-	$m$	0,8
Espesor de capa de carbón activado	-	$m$	0,5
Espesor de la capa de grava fina	-	$m$	0,2
Espesor de la capa de grava gruesa	-	$m$	0,3

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

**f. Diseño del dimensionamiento de la era de secado**

**Tabla 21-3** Dimensionamiento de la era de secado

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Carga de solidos	$S_s$	$\frac{gSS}{hab * dia}$	2,83
Solidos suspendidos salientes	$CS$	$\frac{KgSS}{hab * dia}$	3,87
Masa de solidos que conforman los lodos	$M_s$	$\frac{KgSS}{hab * dia}$	1,26
Volumen diario de lodos digeridos	$V_{ld}$	$\frac{L}{dia}$	10,09
Volumen de lodos a extraerse	$V_{le}$	$m^3$	0,55
Área de eras de secado	$A_{ls}$	$m^2$	1,4
Largo de eras de secado	$L$	$m$	1,4
Ancho de era de secado	$B$	$m$	1,2
Número de eras de secado		-	2

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

*3.2.7.2 Resultados de caracterización del agua residual tratada*

La propuesta para la implementación de una planta de agua residual en la planta de lácteos “San Jacinto” se enfoca en la reducción de parámetros fuera de normativa los cuales al compararse con límites permisibles establecidos en la Tabla 8 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el registro oficial N°387.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos después de realizar el tratamiento a nivel laboratorio y posteriormente enviado a un laboratorio acreditado para sus respectivos análisis y validación de datos.

**Tabla 22-3** Resultado del agua residual tratada

PARÁMETROS	UNIDAD	Resultado		Valores promedio	Norma TULSMA
		Muestra 1	Muestra 2		Lim.Max.Per*
<b>pH</b>	.....	6,78	6,32	<b>6.55</b>	6-9
<b>COLOR APARENTE</b>	Upt-Co	122,00	118,00	<b>120,00</b>	.....
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</b>	uS/cm	563.00	556,00	<b>559,50</b>	.....
<b>TURBIEDAD</b>	NTU	3,91	5,82	<b>4.87</b>	.....
<b>ALCALINIDAD</b>	mg/L	58,40	54,56	<b>56,48</b>	.....
<b>CLORUROS</b>	mg/L	82,70	92,55	<b>87,63</b>	.....
<b>ACEITES Y GRASAS</b>	mg/L	42,80	39.75	<b>41.28</b>	70.0

<b>DETERGENTES</b>	mg/L	0,36	0,42	<b>0,39</b>	.....
<b>FÓSFORO TOTAL</b>	mg/L	11,20	12,13	<b>11.67</b>	15.0
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	mg/L	644,00	738,00	<b>691,00</b>	1600
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	mg/L	29	31.42	<b>30,21</b>	220
<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES</b>	mg/L	0,9	1.10	<b>1.00</b>	1600
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES</b>	mg/L	298,4	301,34	<b>299,87</b>	20
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO<sub>5</sub>)</b>	mg/L	166.00	179.00	<b>172,50</b>	250
<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)</b>	mg/L	258,00	285.00	<b>271.5</b>	500
<b>NITROGENO TOTAL</b>	mg/L	22.50	23.96	<b>23.23</b>	60.0

Fuente: (Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH))

\* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 8, Límites de descarga al sistema de alcantarillado”.

Como se observa en la tabla se obtiene valores que están dentro de la norma cumpliendo con la normativa ambiental, dando como referencia que el sistema de depuración del efluente fue eficiente en la remoción de parámetros fuera de los valores aceptados en la normativa antes mencionada.

### 3.2.7.3 Comparación de parámetros del agua residual inicial y agua residual tratada.

**Tabla 23-3** Comparación de parámetros analizados del agua residual inicial y tratada

PARÁMETROS	UNIDAD	Muestra sin tratar	Muestra tratada	Norma TULSMA
				Lim.Max.Per*
<b>Ph</b>	.....	5,34	<b>6.55</b>	6-9
<b>COLOR APARENTE</b>	Upt/Co	9562,5	<b>120,00</b>	.....
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</b>	uS/cm	2683.00	<b>559,50</b>	.....
<b>TURBIEDAD</b>	NTU	875	<b>4.87</b>	.....
<b>ALCALINIDAD</b>	mg/L	70,67	<b>56,48</b>	.....
<b>CLORUROS</b>	mg/L	131,70	<b>87,63</b>	.....
<b>ACEITES Y GRASAS</b>	mg/L	289,00	<b>41.28</b>	70.0
<b>DETERGENTES</b>	mg/L	0,79	<b>0,39</b>	.....
<b>FÓSFORO TOTAL</b>	mg/L	54,48	<b>11.67</b>	15.0
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	mg/L	11217,00	<b>691,00</b>	1600
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	mg/L	171,50	<b>30,21</b>	220
<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES</b>	mg/L	1,38	<b>1.00</b>	1600



<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES</b>	mg/L	1964,50	<b>299,87</b>	20
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO<sub>5</sub>)</b>	mg/L	3581,00	<b>172,50</b>	250
<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)</b>	mg/L	6881,00	<b>271,5</b>	500
<b>NITROGENO TOTAL</b>	mg/L	56,68	<b>23,23</b>	60,0

Fuente: (Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH))

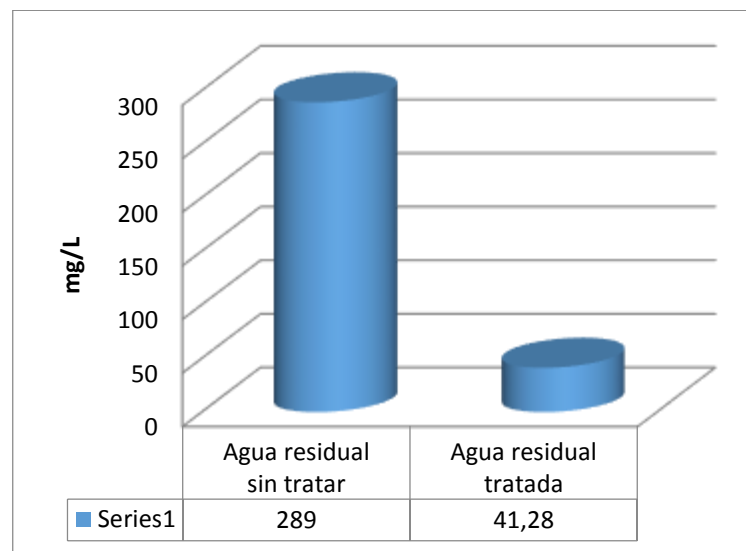
\* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 8, Límites de descarga al sistema de alcantarillado”

### 3.2.7.4 Porcentaje de remoción después del proceso de depuración

Mediante la ejecución de la simulación en el laboratorio para la depuración del agua residual y mediante la comprobación del sistema planteado se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción:

- Aceites y grasas

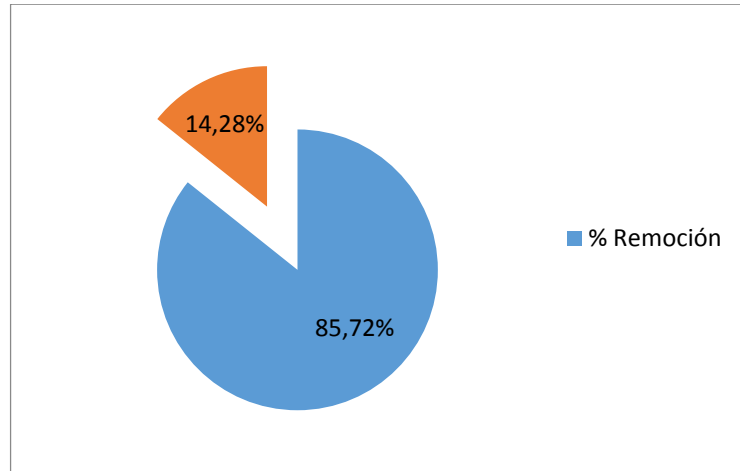
Obteniendo una disminución de carga contaminante de 289 mg/L a 41,28 mg/L como se puede observar a continuación:



**Gráfica 1-3** Disminución de aceites y grasas

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

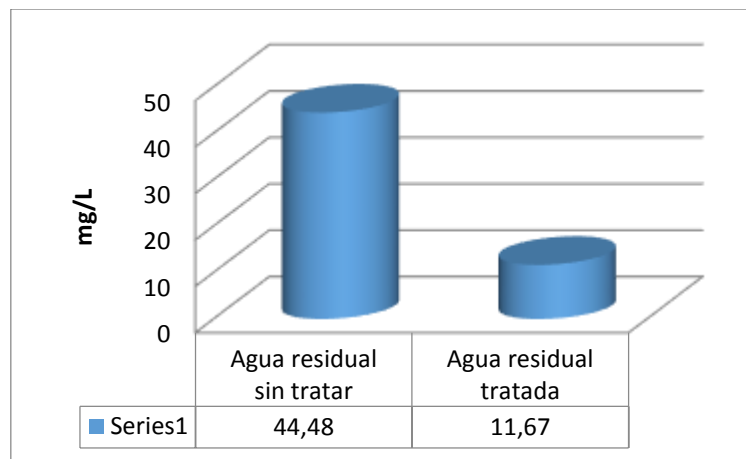
Los aceites y grasas tuvieron una remoción de 85,72% con el sistema de tratabilidad planteado, lo que evita que se produzca taponamientos en tuberías.



**Gráfica 2-3** Porcentaje de remoción aceites y grasas  
 Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

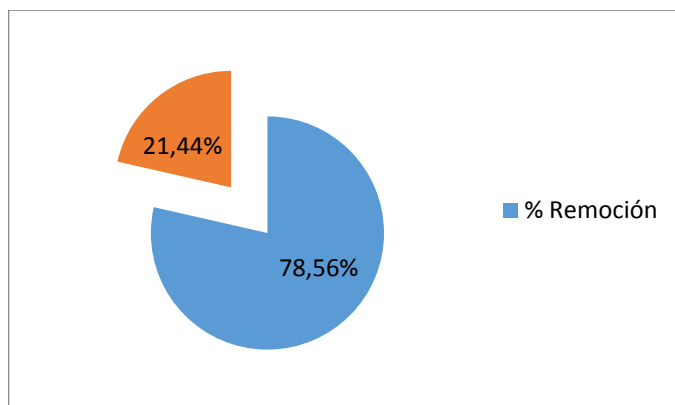
- Fósforo total

Obteniendo una disminución de carga contaminante de 54,48 mg/L a 11,28 mg/L como se puede observar a continuación:



**Gráfica 3-1** Disminución de fósforo total  
 Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

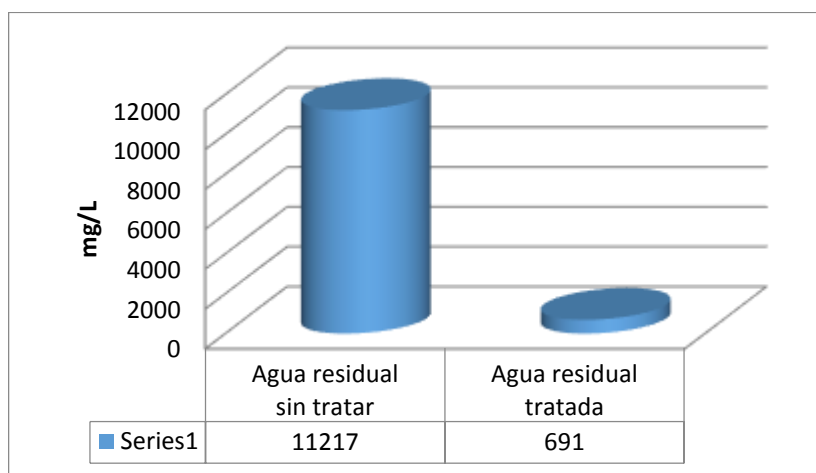
El fósforo total obtuvo una remoción de 78,56% con el sistema de tratabilidad planteado, lo que evitara que se produzca el crecimiento de algas de diferentes tipos como azules y verde.



**Gráfica 4-3** Porcentaje de remoción fósforo total  
 Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

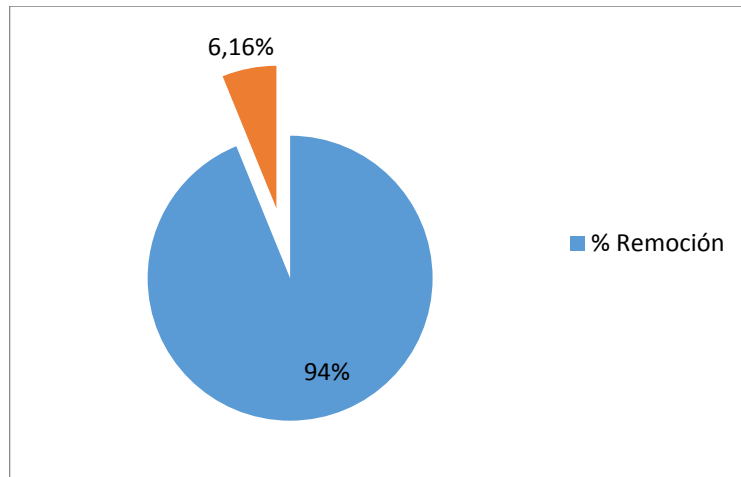
- Sólidos totales

Obteniendo una disminución de carga contaminante de 11217 mg/L a 691 mg/L como se puede observar a continuación:



**Gráfica 5-3** Disminución de sólidos totales  
 Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

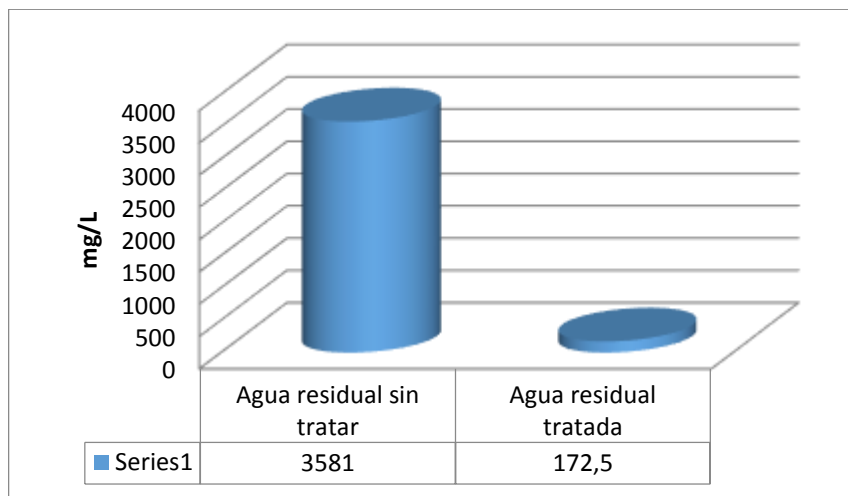
Los sólidos totales se obtuvieron una remoción de 93,84% con el sistema de tratabilidad planteado, lo que evitara que se produzca en el fondo de los tanques el crecimiento de microorganismos contenidos en los lodos generados.



**Gráfica 6-3** Porcentaje de remoción  
Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

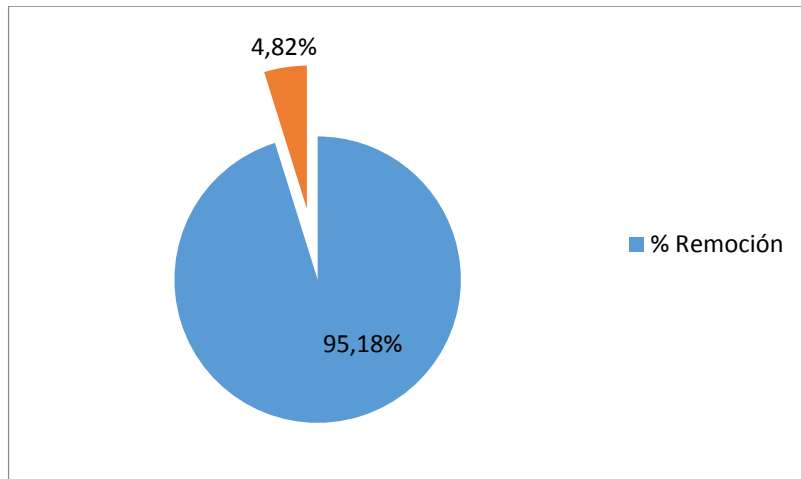
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Obteniendo una disminución de carga contaminante orgánica de 3581 mg/L a 172,5 mg/L como se puede observar a continuación:



**Gráfica 7-3** Disminución de DBO  
Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

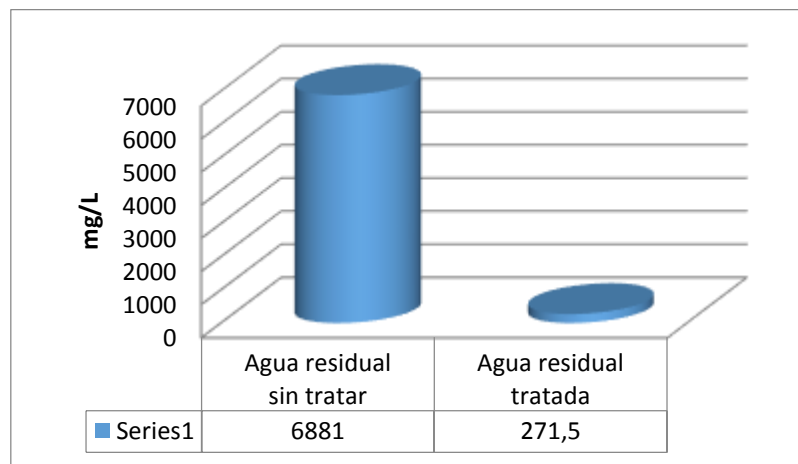
Se obtuvo una remoción de 95,18% con el sistema de tratabilidad planteado, lo que evita que se dé la posibilidad de una proliferación de microorganismos, muchos de los cuales resultan patógenos (contaminación biológica).



**Gráfica 8-3 Remoción de DBO**  
Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

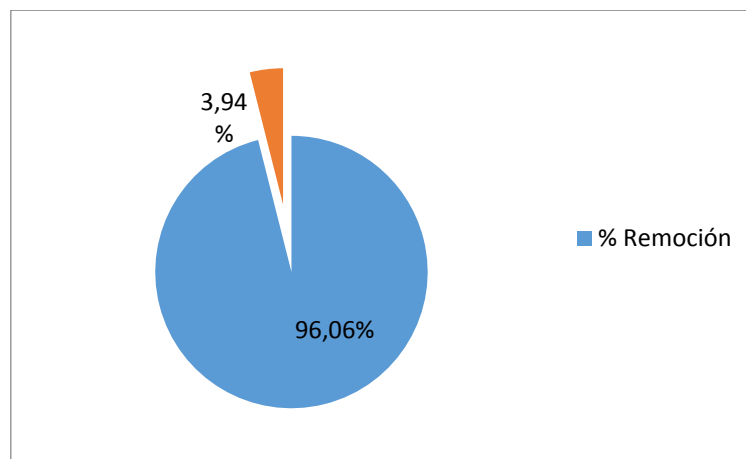
- **Demanda Química de Oxígeno**

Obteniendo una disminución de carga contaminante orgánica de 6881 mg/L a 271,5 mg/L como se puede observar a continuación:



**Gráfica 9-3 Disminución de BQO**  
Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

Se obtuvo una remoción de 96,06% con el sistema de tratabilidad planteado.



**Gráfica 10-3** Porcentaje de remoción  
Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

Como resumen de los porcentajes de remoción de contaminantes que se encontraban fuera de los límites permisibles según la norma TULSMA representados gráficamente anteriormente se obtiene la siguiente tabla que se puede observar a continuación.

**Tabla 24-3** Remoción de carga contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Agua residual sin tratar	Agua residual tratada	% Remoción
ACEITES Y GRASAS	mg/L	289,00	<b>41.28</b>	85.72
FÓSFORO TOTAL	mg/L	54,48	<b>11.67</b>	78.56
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	11217,00	<b>691,00</b>	93.84
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3581.00	<b>172,50</b>	95.18
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	6881,00	<b>271.5</b>	96.06

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)  
Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

### 3.3 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

#### 3.3.1 Materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales

**Tabla 25-3** Materiales de muestreo y recolección de información

Materiales y equipos	Procedimiento
----------------------	---------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recipientes de vidrio.</li> <li>• Borosilicato para caracterizaciones físico – químico.</li> <li>• Mandil</li> <li>• Mascarilla</li> <li>• Guante</li> <li>• Balde</li> <li>• Cronómetro</li> </ul>	<p>La recolección de información sobre el caudal, se da en un intervalo de tiempo de 1 horas durante la jornada de trabajo de la planta de lácteos.</p> <p>La toma de muestras se las realizo los días con mayor generación de aguas residuales, tomando muestras simples que después formaran parte de una compuesta.</p>
--	--

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

### 3.3.2 Equipos y métodos para caracterización físico- químico del agua residual.

**Tabla 26-3** Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual

Análisis Físicos			
Parámetros	Materiales	Equipos	Reactivos/Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductividad</li> <li>• Ph</li> <li>• Sólidos totales disueltos</li> <li>• Sólidos totales</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Turbiedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buchner y Kitasato</li> <li>• Buretas</li> <li>• Cámara fotográfica</li> <li>• Celda</li> <li>• Cronómetro</li> <li>• Escobilla de cerdas</li> <li>• Esferográfico</li> <li>• Guantes</li> <li>• Mandil</li> <li>• Pipeta</li> <li>• Soporte universal</li> <li>• Vasos de precipitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Colorímetro</li> <li>• Conductímetro</li> <li>• Destilador</li> <li>• Estufa</li> <li>• Fotómetro</li> <li>• Turbidímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Buffer pH 4.0</li> <li>• Buffer pH 7.0</li> <li>• Formazin &lt;0.1 FNU</li> <li>• Formazin 100 FNU</li> <li>• Formazin 200 FNU</li> <li>• Formazin 800 FNU</li> <li>• Formazin20 FNU</li> <li>• Formazin4000 FNU</li> <li>• Formazin 1000 FNU</li> </ul>

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

**Tabla 27-3** Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual

Análisis Químicos			
Parámetros	Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DBO<sub>5</sub></li> <li>• DQO</li> <li>• Cloruros</li> <li>• Fósforo Total</li> <li>• Aceites y grasa</li> <li>• Nitrógeno Total</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellones plásticos</li> <li>• Bureta</li> <li>• Cámara fotográfica</li> <li>• Cronómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baño María</li> <li>• Espectrofotómetro</li> <li>• Estufa</li> <li>• Fotómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dicromato potásico 0,1 N</li> <li>• PhosVer 3</li> <li>• Reactivo Nessler</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detergentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embudo de vidrio</li> <li>• Erlenmeyer</li> <li>• Frascos cuenta gotas con sus respectivas tapas</li> <li>• Gradilla</li> <li>• Guantes</li> <li>• Libreta</li> <li>• Mascarillas</li> <li>• Matraz Erlenmeyer</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Parafilm</li> <li>• Pera de succión</li> <li>• Pinza</li> <li>• Pipeta</li> <li>• Pipeta volumétrica</li> <li>• Probeta milimetrada</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Tubos de ensayo</li> <li>• Tubos de incubación</li> <li>• Tubos de digestión con su respectiva tapa</li> <li>• Varilla</li> <li>• Vasos de precipitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hach DQO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negro de Eriocromo T</li> <li>• Solución cloruro férrico</li> <li>• Solución férrica</li> <li>• Solución EDTA</li> <li>• Solución de sulfato magnesio</li> <li>• Solución de tiocianato de mercurio</li> <li>• Solución Tampón</li> </ul>
---	---	--	--

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

### 3.4 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

**Tabla 28-3** Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Precio total(\$)
<b>REJILLAS</b>				
Rejillas metálicas	unidad	1	80,00	80,00
			<b>Subtotal</b>	<b>80,00</b>
<b>TRAMPA DE GRASA Y ACEITE</b>				
Acero de refuerzo f y=4200 Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	60	2,00	120,00
Excavación manual suelo natural H=0-2m	m <sup>3</sup>	3	8,00	24,00
Replanteo de H.S. 140kg/ cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3	140,00	420,00
Hormigón Simple S.f' C= 210 Kg/ cm <sup>2</sup> encofrado	m <sup>3</sup>	2	20,00	400,00
Enlucido vertical con impermeabilización	m <sup>2</sup>	100	10,00	1000,00



Malla electrosoldada 10x10x6mm	m <sup>2</sup>	2	10,00	20,00
Tubería PVC D=100mm 1.00MPa E/C + prueba + válvula	mL	20	82,00	1640,00
			<b>Subtotal</b>	<b>3624,00</b>
<b>TANQUE IMHOFF</b>				
Limpieza y desbroce	m <sup>2</sup>	2	3,00	6,00
Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	4	1.50	6,00
Excavación manual suelo natural H=0-2m	m <sup>3</sup>	3,6	8,00	28,80
Replanteo H.S. 140 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	4	140,00	560,00
Hormigón simple F'C= 210Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3	200,00	600,00
Enlucido vertical con impermeabilización	m <sup>2</sup>	125	10,00	1250,00
Encofrado de madera	m <sup>2</sup>	18	5,00	90,00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m <sup>2</sup>	3	10,00	30,00
Tubería PVC D=110mm desagüe + válvula	mL	10	18,00	180,00
			<b>Subtotal</b>	<b>2750,80</b>
<b>FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE</b>				
Limpieza y desbroce	m <sup>2</sup>	3	3	9,00
Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	5	1.50	7,50
Excavación manual suelo natural H=0-2m	m <sup>3</sup>	3,2	8,00	25,60
Replanteo H.S. 140 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	5,6	140	784,00
Hormigón simple F'C= 210Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.2	200	440,00
Enlucido vertical con impermeabilización	m <sup>2</sup>	90	10,00	900,00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m <sup>2</sup>	3	10,00	30,00
Relleno de grava gruesa	m <sup>3</sup>	2.2	27,00	59,40
Relleno de carbón activado	m <sup>3</sup>	0.6	80,00	48,00
Relleno de grava fina	m <sup>3</sup>	0.6	30,00	18,00
Relleno de arena	m <sup>3</sup>	0.2	25,00	5,00
Tubería PVC D=110mm desagüe + válvula	mL	8	18,00	144,00
			<b>Subtotal</b>	<b>2470,50</b>
<b>ERAS DE SECADO</b>				
Excavación manual	m <sup>3</sup>	3	8,00	24,00
Hormigón Simple f' c= 210 Kg/cm <sup>2</sup> .	m <sup>3</sup>	2.5	200,00	500,00
Arena y grava	m <sup>3</sup>	8.00	25,00	200,00
			<b>Subtotal</b>	<b>724,00</b>
<b>Subtotal del sistema de tratamiento</b>				<b>9649,30</b>
<b>Imprevistos (5%)</b>				<b>482,46</b>
<b>Adecuación de la zona de la planta</b>				<b>3500,00</b>
<b>Costo de Mano de Obra</b>				<b>3000,00</b>
<b>PRECIO TOTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>				<b>16631,76</b>

Realizado por: SORIA Katerin, 2019.

### 3.5 Análisis

Como primer punto se tiene en cuenta que la planta de lácteos “San Jacinto no cuenta con un caudal estable de uso de agua, ya sea por limpieza de equipos, materiales, entre otros usos durante la producción de queso, según el tamaño de lote que tenga que hacer entrega la empresa, además de contar con el consumo excesivo de agua ya que no existe una regulación de la misma en la empresa, todo esto conlleva a determinar el caudal mediante el método volumétrico debido a que el mismo no es constante durante todo los días.

Además de también contar con la relación de litro consumido de agua por litro receptado durante el día. A su vez se realizó un muestreo en horas determinadas y en los dos días de mayor producción de queso para la obtención de dos muestras compuestas a las cuales se les realizó un análisis físico-químico para poder determinar los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles de cada muestra, Tabla 8 “Límites descarga al sistema de alcantarillado, público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el Registro Oficial N°387.

Posterior al análisis de determinación de parámetros fuera de normativa se obtuvo que el Ph, los aceites y grasas, fósforo total, sólidos totales, DBO<sub>5</sub> y DQO se encuentren fuera de norma en las dos muestras compuestas. El promedio de estos parámetros fueron los siguientes: Ph de 5,34 siendo el límite permisible entre 6-9; Aceites y Grasas de 289,00 mg/L siendo su límite máximo permisible 70,0 mg/L; Fósforo Total de 54,48 mg/L siendo su límite máximo permisible 15,0 mg/L; Sólidos Totales de 11217,00 mg/L siendo su límite máximo permisible 1600,0 mg/L; Demanda Bioquímica De Oxígeno de 3581,00 mg/L siendo su límite máximo permisible 250,0 mg/L; y Demanda Química De Oxígeno de 6881,00 mg/L siendo su límite máximo permisible 500 mg/L, como se puede observar en la Tabla 5-3. Posterior al tratamiento en el laboratorio de las muestras se obtuvo una disminución en los parámetros fuera de norma obteniendo los siguientes valores: Ph de 6,55 el; Aceites y Grasas de 41,28 mg/L, Fósforo Total de 11,67 mg/L; Sólidos Totales de 691,00 mg/L; Demanda Bioquímica De Oxígeno de 172,50 mg/L; y Demanda Química De Oxígeno de 271,50 mg/L, como se puede observar en la Tabla 22-3. Los cuales al realizar el tratamiento se obtuvieron un porcentaje de remoción de: 85.72% de aceites y grasas, 78.56% de fósforo total, 93.84% para sólidos totales, 95.18% para DBO y 96.06% BQO, como se puede observar en la tabla 24-3.

Una vez realizado el tratamiento en laboratorio se tiene como proceso más adecuado para el de tratamiento de aguas residuales debe contener un sistema de rejillas, trampa de grasas y aceites, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y eras de secado. La cual ayudará a la planta de lácteos “San Jacinto” cumplir con las normativas exigidas por autoridades encargadas para el cumplimiento de la legislación ambiental ecuatoriana, lo cual le permitirá desembocar sus aguas residuales a la alcantarilla pública.

## CONCLUSIONES

- Se realizó una caracterización inicial del efluente proveniente de la planta de lácteos “San Jacinto”, donde se tomó dos muestras compuestas a las cuales posteriormente se les efectuó un análisis físico-químico, obteniendo parámetros fuera de normativa basadas en la Tabla 8 “Límites descarga al sistema de alcantarillado, público”, Libro VI Anexo 1, Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, publicado en el Registro Oficial N°387. Siendo el promedio de las dos muestras compuestas de: Aceites y grasas 289 mg/L, Fósforo Total 54.48 mg/L, Sólidos Totales 11217 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno 3581 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 6881 mg/L.
- La Variable identificada para poner en marcha el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la disminución de carga orgánica biodegradable contenida en el afluente fue: Caudal de diseño  $22.92 \text{ m}^3/\text{dia}$  y los parámetros fuera de norma: Aceites y grasas, Fósforo Total, Sólidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.
- El dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales tiene inicio con criterios de diseño de equipos y variables anteriormente identificadas. Por lo cual se procede mediante cálculos ingenieriles la constitución de un sistema de depuración del efluente contaminado el mismo que constara de los siguientes procesos: Sistema de Rejillas, Trampa de Grasas y Aceites, Tanque Imhoff, Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente y Eras de Secado. Que permitirá el cumplimiento de un proceso adecuado y eficiente, erradicando los parámetros que están fuera de normativa y por ende cumpliendo con las mismas.
- Conociendo la relación de biodegradabilidad, es decir la relación entre DBO Y DQO, se puede tener una idea clara del tratamiento que se va a realizar para la depuración del efluente que satisfaga la necesidad antes dicha, y mediante comprobación experimental en laboratorio se puede proponer un diseño de una planta de tratamiento que tenga eficiencia en su objetivo, la cual con ayuda de una caracterización físico-químico final del agua tratada se tuvo resultados de remoción de: Aceites y grasas 85,72 %; Fósforo Total 78,56 %; Sólidos Totales 93,84 %; Demanda Bioquímica de Oxígeno 95,18 % y Demanda Química de Oxígeno 96,06%.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe realizar capacitaciones adecuadas y periódicas a los operadores o persona encargada de la planta de tratamiento del agua residual, con el fin de mantener en condiciones óptimas para su funcionamiento, al igual que una limpieza de la planta cada 2 meses para evitar taponamiento en tuberías y mal funcionamiento de los equipos.
- Realizar cada 2 meses la caracterización Físico-Químico del agua contaminada, con el fin de tener una base de datos que pueda dar facilidad a conocer daños del sistema de tratamiento y poder corregirlos.
- Implementación de ideologías a los trabajadores en buenas prácticas ambientales, optimizando el consumo del líquido vital en diferentes puntos del proceso de obtención de los productos realizados en la empresa láctea.
- Realizar una limpieza periódica de lodos generados en los diferentes procesos de depuración del efluente, evitando que cause daños en estos. Los lodos generados pueden ser realizados como abono en plantaciones o como proyecto de compostaje.

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Diagnóstico del estado actual de la parroquia	■	■	■																									
Caracterización de aguas residuales en el laboratorio			■	■	■																							
Análisis de resultados					■	■																						
Proponer el sistema de tratamiento de aguas residuales							■																					
Selección del tema								■																				
Elaboración anteproyecto								■	■																			
Presentación y aprobación anteproyecto										■	■	■																
Muestreo de aguas Y Determinación de tratamiento adecuado													■	■	■	■	■											
Ordenamiento y tabulación información																■	■	■										
Análisis información																		■										
Cálculos y propuestas (Dimensión del sistema de tratamiento)																		■	■									
Elaboración de borradores																			■									
Corrección borradores																				■								
Tipiado del trabajo final																					■	■	■					
Empastado y presentación del trabajo final																						■	■	■				
Auditoría académica																							■	■				
Defensa del trabajo																												■

### 3.8 Cronograma del proyecto

## GLOSARIO

<b><i>h</i></b>	Altura máxima (m)
<b><i>h<sub>s</sub></i></b>	Altura de seguridad (m)
<b><i>B</i></b>	Ancho del canal (m)
<b><math>\alpha</math></b>	Ángulo de inclinación (°)
<b><i>A</i></b>	Área ( $m^2$ )
<b><i>A<sub>f</sub></i></b>	Área horizontal del filtro ( $m^2$ )
<b><i>A<sub>L</sub></i></b>	Área libre ( $m^2$ )
<b><i>Q<sub>D</sub></i></b>	Caudal de diseño ( $m^3$ /día)
<b><i>S<sub>s</sub></i></b>	Carga de sólidos (gSS/hab*día)
<b><i>DBO<sub>5</sub></i></b>	Demanda biológica de oxígeno (mg/L)
<b><i>DQO</i></b>	Demanda química de oxígeno (mg/L)
<b><math>\emptyset</math></b>	Diametro (m)
<b><i>e</i></b>	Espesor (m)
<b><i>e<sub>p</sub></i></b>	Espesor de las placas (m)
<b>FAFA</b>	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
<b><i>g</i></b>	Gravedad ( $m/s^2$ )
<b><i>L</i></b>	Longitud (m)
<b><i>L'</i></b>	Longitud de transición (m)
<b><i>M<sub>s</sub></i></b>	Masa de sólidos
<b><i>N<sub>b</sub></i></b>	Número de barras
<b><i>N<sub>f</sub></i></b>	Número de filtros
<b><i>N<sub>p</sub></i></b>	Número de placas
<b>Re</b>	Número de Reynolds
<b><i>S</i></b>	Pendiente canal rectangular
<b><i>P<sub>s</sub></i></b>	Profundidad de seguridad (m)
<b><i>P<sub>t</sub></i></b>	Profundidad total (m)
<b><i>P<sub>u</sub></i></b>	Profundidad útil (m)
<b><i>RH</i></b>	Radio hidráulico
<b><i>SS</i></b>	Sólidos suspendidos
<b><i>t<sub>r</sub></i></b>	Tiempo de retención hidráulica (h)
<b>TULSMA</b>	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente
<b><i>v</i></b>	Velocidad (m/s)
<b><i>V</i></b>	Volumen ( $m^3$ )
<b><i>V<sub>f</sub></i></b>	Volumen del filtro ( $m^3$ )

$\nu$  Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)  
 $V_u$  Volumen útil (m<sup>3</sup>)

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLENDE, A.** *Manual de tratamiento de aguas residuales*. 2ª ed. La Habana : Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. 1994. pp.200-246
2. **ARBOLERA, Jorge.** *Teoría y Práctica de Purificación de Agua*. Bogotá-Colombia : McGraw-Hill, 2000, pp.03-09
3. **ARTEAGA, Jhoselyn.** Tratamiento de Aguas Residuales. [En línea] 2014. [Citado el: 24 de Mayo de 2016]. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientoresiduales/tratamiento-residual>
4. **BARRAGAN, G.** *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de las líneas del proceso en la Planta de Lácteos Paraíso del cantón Salcedo*. (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2015. [Citado el: 04 de Mayo de 2018].
5. **BORJA, M. 2011.** *Diseño de una Planta de Tratamiento para Aguas Residuales de la Ciudad de Guaranda*.(Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. pp.12-45
6. **BVSDE.** Unidades Hidráulicas. [En línea] [Citado el: 23 de Julio de 2016.] [www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-03b.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-03b.pdf).
7. **CABANILLA, Frank.** *Medición de fluidos en canales abiertos con vertederos*. [En línea] 10 de Septiembre de 2015. [Citado el: 04 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/medicion-de-fluidos-en-canales-abiertos-con-vertederos-corregidodocx.html>
8. **CRITES, R. 2000.** *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá-Colombia : McGraw Hil, 2000,pp.21, 33, 42-44, 46-48.
9. **FONSECA, K.** *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la central ecuatoriana de servicios agrícolas-Riobamba 2013*. (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2014. [Citado el: 04 de Mayo de 2018].



10. **HARO, Y.** *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la fábrica lácteos San José del Cantón Pillaro* [En línea]. (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2014. [Citado el: 04 de Mayo de 2018].
11. **LEMA, Alexis.** *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia San Luis de Pambil del cantón Guaranda* [En línea]. (Tesis).(Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. Pp.12-45. [Citado el: 04 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4860/1/96T00335%20UDCTFC.pdf>.
12. **METCALF Y EDDY.,** Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales.3ª ed., Madrid- España., MacGraw-Hill., 1995., Pp. 41; 60; 95.509-514.
13. **METCALF & EDDY.** *Ingeniería de Aguas residuales.* Madrid-España : San Cristobal, 2005.pp.02-14
14. **OPS/CEPIS/05.158.** *Guia para el diseño de desarenadores y sedimentadores.* [En línea] 2005. [Citado el: 06 de Junio de 2016.] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>.
15. **RAS-2000.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento: Tratamiento de Aguas. [En línea] 2000. [Citado el: 07 de Junio de 2016.] Disponible en: [http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7.\\_Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf)
16. **ROJAS, R. 2002.** *Sistemas de tratamiento de aguas residuales: Gestión integral de tratamiento de aguas residuales .* Lima-Perú : CEPIS/OPS-OMS, 2002.
17. **Rojas, R. & Guevara, S.** *Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena.* Hoja de Divulgación Técnica, Lima-Perú: OPS/CEPIS, UNATSABAR, 2000.p.76
18. **ROMERO, Jairo. 2008.** *Calidad del Agua:Teoría y Principios de Diseño.* Bogotá-Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería , 2008.

19. **VALDEZ & VAZQUEZ. 2003.** *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. Segunda. México D.F : Fundación ICA, 2003.

## ANEXOS

### Anexo A. Contaminación del agua en la producción de quesos

A



B



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA  KATERIN SORIA	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
a) Salmuera b) Marmitas	Por Aprobar	Para informar		10/12/19	01	1:1
	Aprobado	Por calificar				

## Anexo B. Simulación en laboratorio del proceso

A



B




C




NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE ING. QUIMICA  KATERIN SORIA	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
A y b) Filtros C) Cono IMHOFF	Por Aprobar	Para informar		10/12/19	01	1:1
	Aprobado	Por calificar				

## Anexo C. Caracterización inicial del agua tratada de la Planta de Lácteos “San Jacinto”



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 051 – 17

**INFORME DE ANALISIS**

**NOMBRE:** Katerine Soria **INFORME N°:** 051 – 17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 051 – 17  
**DIRECCIÓN:** Joaquín Chiriboga y Luz Elisa Borja  
**TELÉFONO:** 0961141786 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 02 – 04 – 18  
**FECHA DE INFORME:** 11 – 04 – 18


**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1 Agua Residual Industria Láctea San Jacinto, Cantón Penipe, Provincia de Chimborazo  
**IDENTIFICACIÓN:** MA – 095 -18 Agua Residual Industria Láctea

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

**RESULTADO DE ANÁLISIS**  
**MA –095-18**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	5,69	+/- 0,08	02 – 04 – 18
* Color Aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 - C	9480	N/A	02 – 04 – 18
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	2650	+/- 8 %	02 – 04 – 18
* Turbidez	NTU	STANDARD METHODS 2130 B	813	N/A	02 – 04 – 18
* Alcalinidad	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2320 - B	68,20	N/A	02 – 04 – 18
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	127,60	N/A	02 – 04 – 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	272,40	N/A	02 – 04 – 18
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C	0,79	N/A	02 – 04 – 18
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E mod	53,50	N/A	02 – 04 – 18
* Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	10984	N/A	02 – 04 – 18
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	169	N/A	02 – 04 – 18
* Sólidos Sedimentables	ml/l	STANDARD METHODS 2540 - F	1,3	N/A	02 – 04 – 18
* Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	1933		02 – 04 – 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3514	N/A	02 – 04 – 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	6850	N/A	02 – 04 – 18
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	56,30	N/A	02 – 04 – 18
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	340	N/A	02 – 04 – 18
* Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B	13	N/A	02 – 04 – 18

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

  
 FMC2101-01

Página 1 de 2

## Anexo D. Caracterización final del agua tratada de la Planta de Lácteos “San Jacinto”



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 069 - 17

#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Katherine Soria

**INFORME N°:** 069 - 17

**EMPRESA:** Proyecto de Tesis ESPOCH

**N° SE:** 069 - 17

**DIRECCIÓN:** Joaquín Chiriboga y Luz Elisa Borja

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 11 - 06 - 18

**TELÉFONO:** 0961141786

**FECHA DE INFORME:** 18 - 06 - 18

**NÚMERO DE MUESTRA:** 1 Agua Residual Tratada Industria Láctea San Jacinto, Cantón Penipe, Provincia de Chimborazo

**IDENTIFICACIÓN:** MA - 124 - 18 Agua Residual Tratada Industria Láctea

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS

MA - 124-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6,32	+/- 0,08	11 - 06 - 18
*Color Aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 - C	118	N/A	11 - 06 - 18
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	556	+/- 8 %	11 - 06 - 18
*Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130 - B	5,82	N/A	11 - 06 - 18
*Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /l	STANDARD METHODS 2320 - B	54,56	N/A	11 - 06 - 18
*Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	92,55	N/A	11 - 06 - 18
*Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	39,75	N/A	11 - 06 - 18
*Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C	0,42	N/A	11 - 06 - 18
*Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E mod	12,13	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos Totales	mg/l	PE - LSA - 04	738	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	31,42	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos Sedimentables	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - F	1,1	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	301,34		11 - 06 - 18
*DBO <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210 - B	179	N/A	11 - 06 - 18
*DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	285	N/A	11 - 06 - 18
*Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	23,96	N/A	11 - 06 - 18

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 2

L.S.A Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2, vía a Guano Bloque Administrativo.



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Nº SE: 069 – 17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF; STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS

DR. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., PhD

  
Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 069 - 17

### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Katerine Sorla

**INFORME N°:** 069 - 17

**EMPRESA:** Proyecto de Tesis ESPOCH

**N° SE:** 069 - 17

**DIRECCIÓN:** Joaquín Chiriboga y Luz Elisa Borja

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 11 - 06 - 18

**TELÉFONO:** 0961141786

**FECHA DE INFORME:** 18 - 06 - 18

**NÚMERO DE MUESTRA:** 1 Agua Residual Tratada Industria Láctea San Jacinto, Cantón Penipe, Provincia de Chimborazo

**IDENTIFICACIÓN:** MA - 124 - 18 Agua Residual Tratada Industria Láctea

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras

### RESULTADOS DE ANÁLISIS

**MA - 124-18**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6,78	+/- 0,08	11 - 06 - 18
*Color Aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 - C	122	N/A	11 - 06 - 18
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	563	+/- 8 %	11 - 06 - 18
*Turbiedad	NTU	STANDARD METHODS 2130 - B	3,91	N/A	11 - 06 - 18
*Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /l	STANDARD METHODS 2320 - B	58,40	N/A	11 - 06 - 18
*Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	82,70	N/A	11 - 06 - 18
*Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	42,80	N/A	11 - 06 - 18
*Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C	0,36	N/A	11 - 06 - 18
*Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E mod	11,20	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos Totales	mg/l	PE - LSA - 04	644	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	29	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos Sedimentables	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - F	0,9	N/A	11 - 06 - 18
*Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	298,4		11 - 06 - 18
*DBO <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210 - B	166	N/A	11 - 06 - 18
*DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	258	N/A	11 - 06 - 18
*Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	22,50	N/A	11 - 06 - 18

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 2

L.S.A Campus Máster Edson Riera Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.





## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

E: 069 – 17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, CFCF; STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS

Juan Carlos Lara  
Mendoza T., PhD

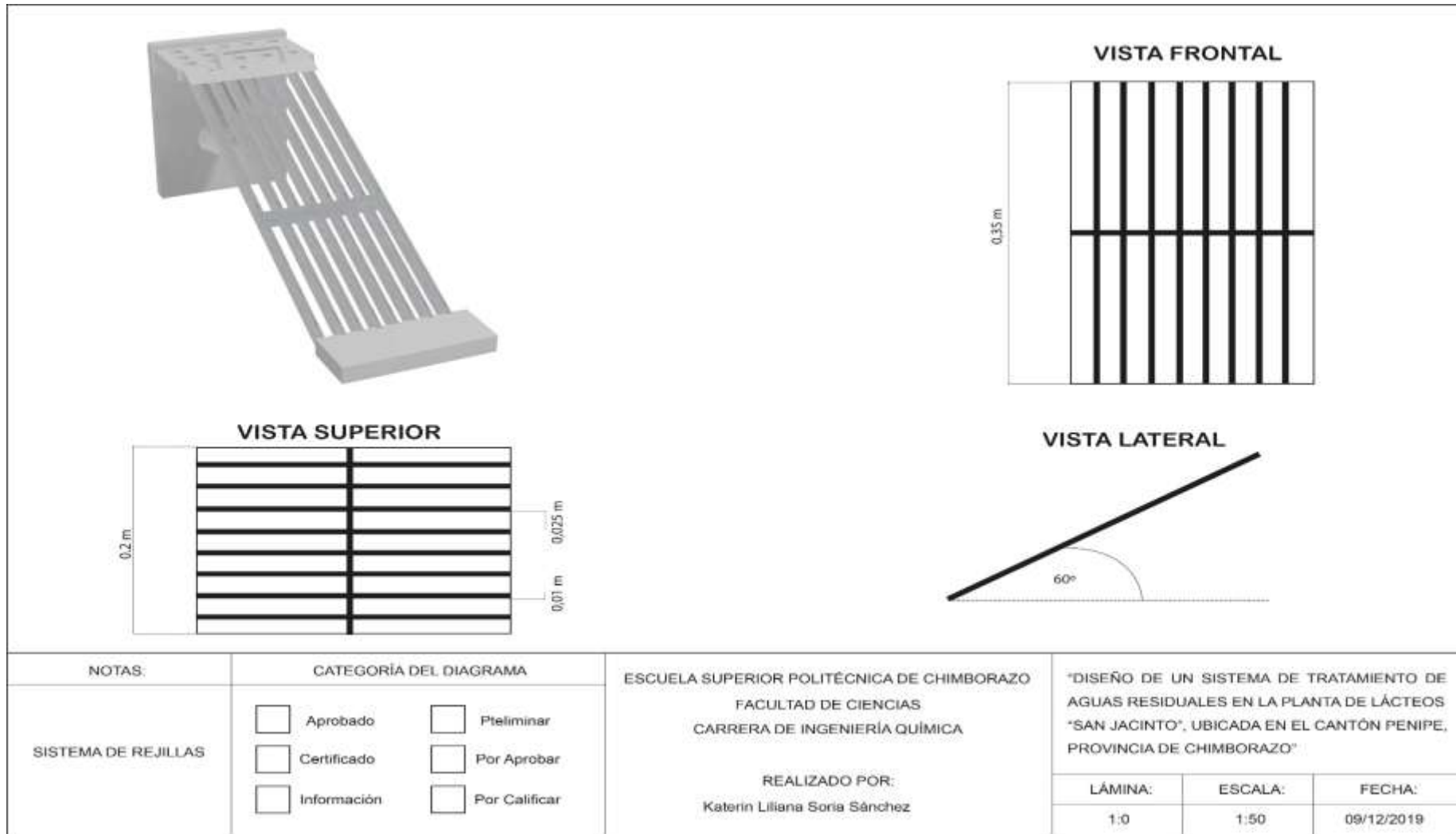


Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

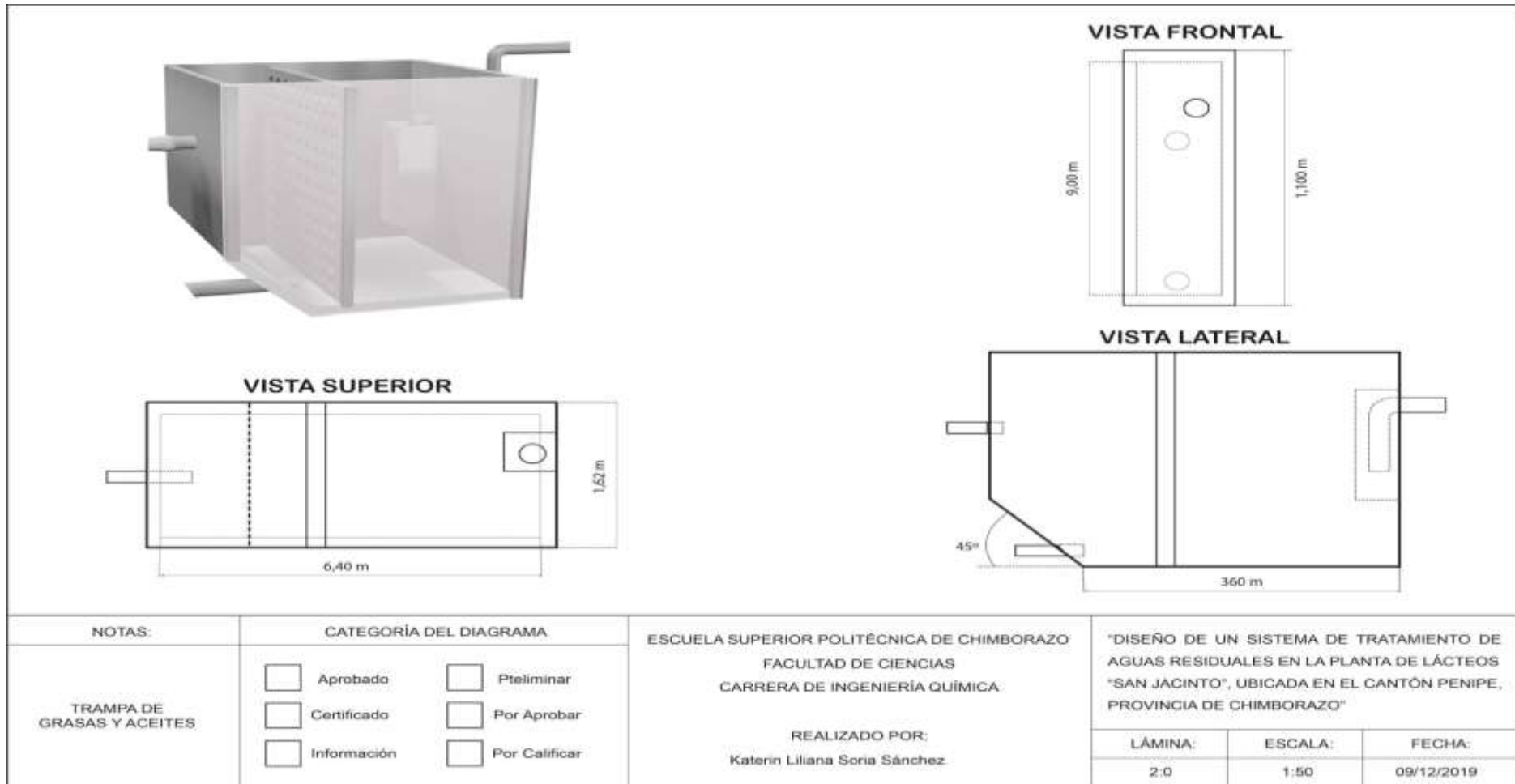
Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

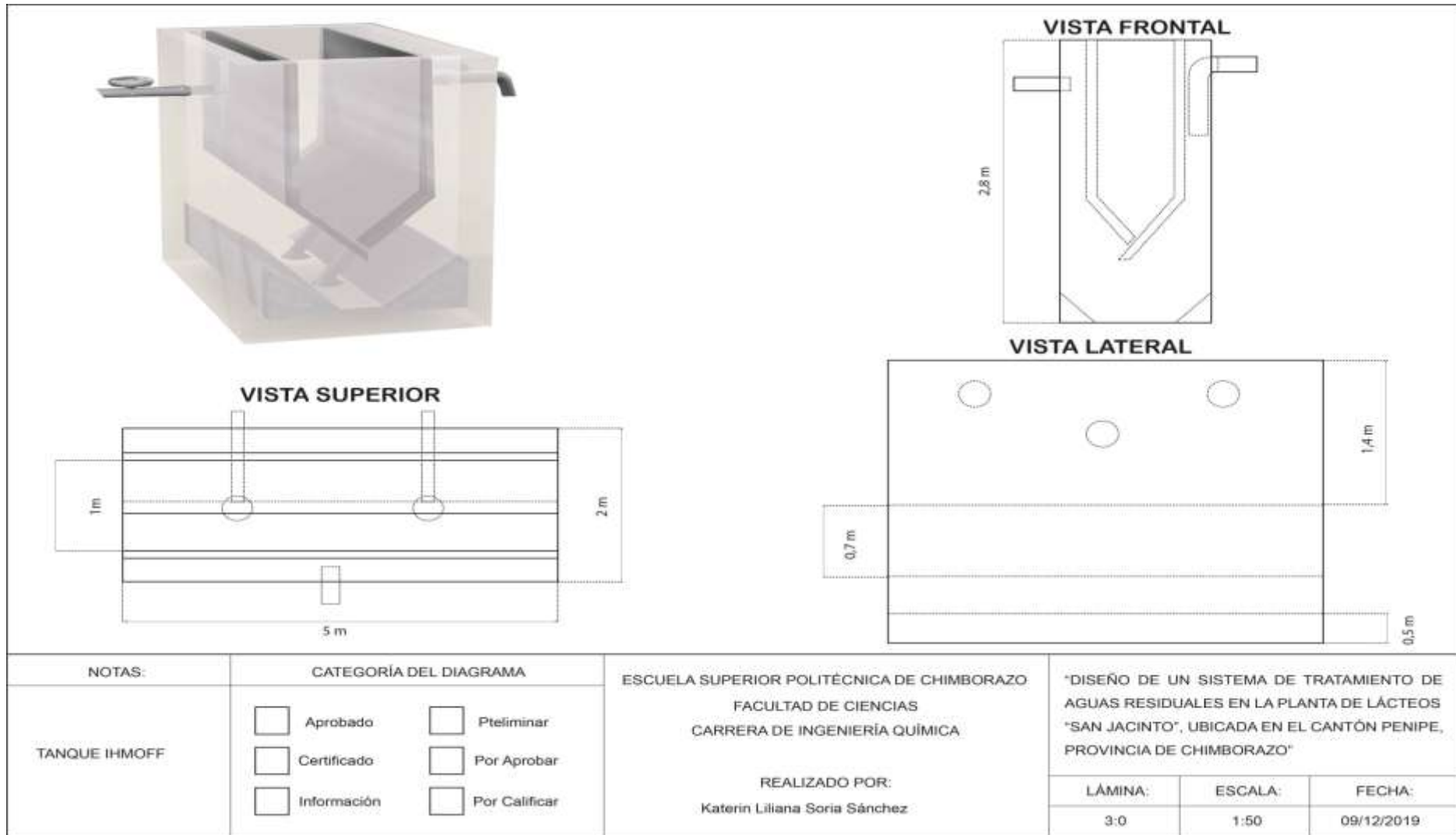
Anexo E. Rejillas



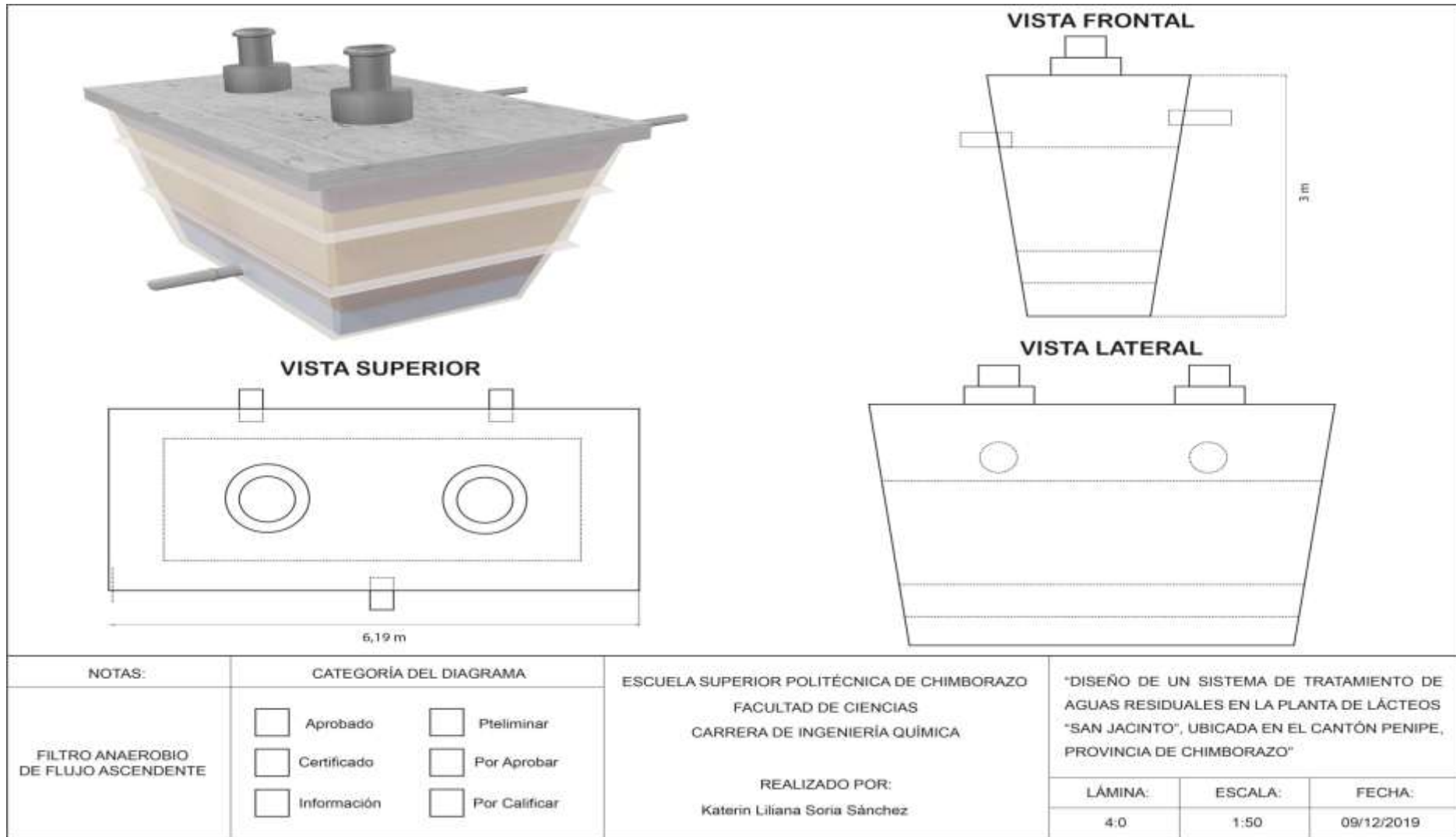
Anexo F. Trampa de grasa



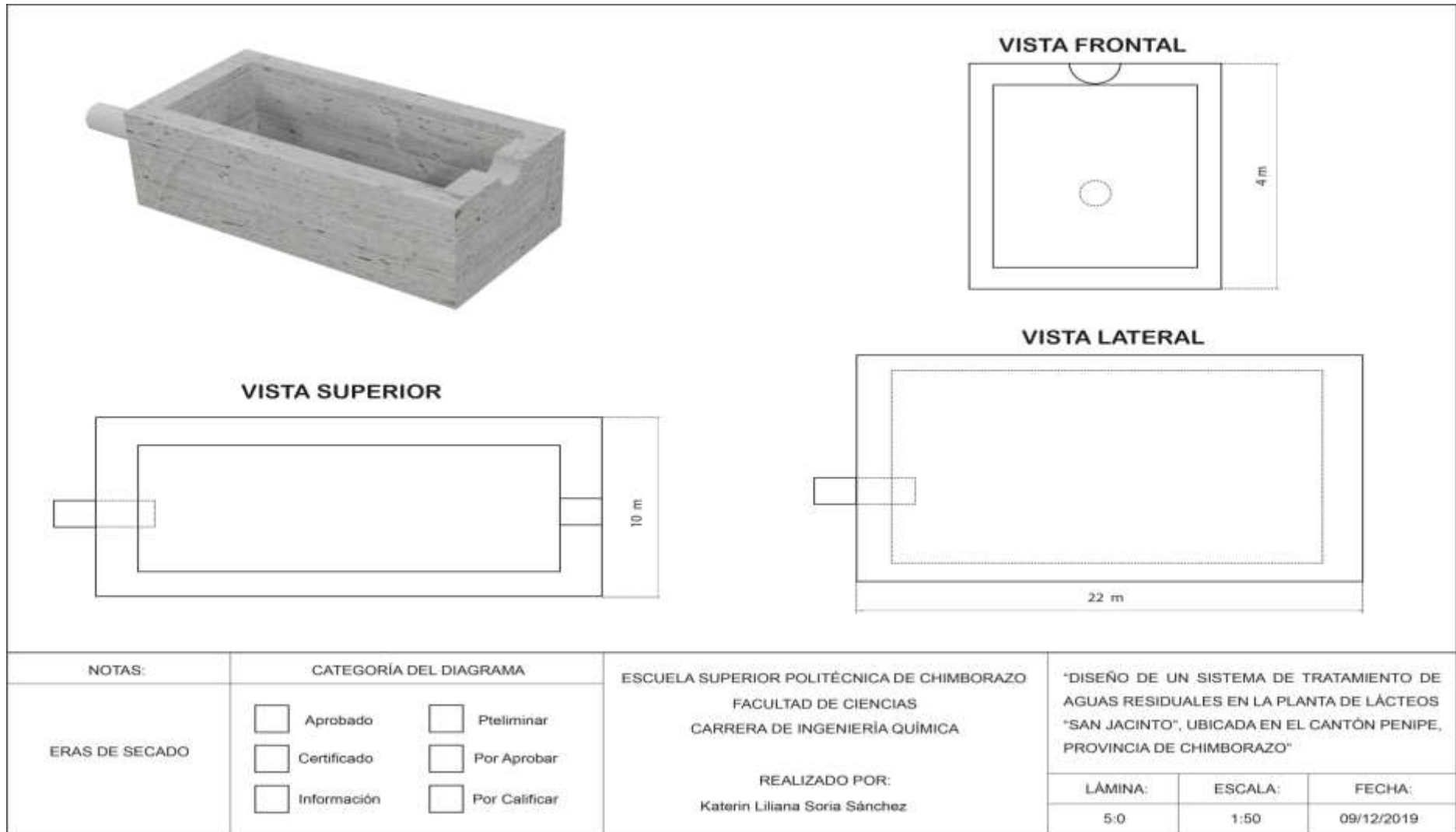
## Anexo G. Tanque IMHOFF



Anexo H. FAFA



**Anexo I. Era de secado**



## Anexo J. Planta de tratamiento propuesto



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE LÁCTEOS "SAN JACINTO", UBICADA EN EL CANTÓN PENIPE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO"		
PLANO GENERAL	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar				
			6:0	1:50	09/12/2019



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

**Fecha de entrega:** 02 / 01 / 2020

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
------------------------------------

<b>Nombres – Apellidos:</b> Katerin Liliana Soria Sánchez
---

<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
----------------------------------

<b>Facultad:</b> Ciencias
---------------------------

<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
------------------------------------

<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
--

<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>
---