



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA EMPRESA DE LÁCTEOS SAN
SALVADOR”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: APOLO CRIOLLO LADY GABRIELA

TUTOR: ING. HANNIBAL BRITO MOÍNA PhD.

RIOBAMBA- ECUADOR

2018

©2018, Lady Gabriela Apolo Criollo

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.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo técnico: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA DE LÁCTEOS SAN SALVADOR”, de responsabilidad de la señorita Lady Gabriela Apolo Criollo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

PhD. Hannibal Brito M.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

2018 /02/ 22

Ing. Rafaela Viteri

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2018 /02/ 22

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Lady Gabriela Apolo Criollo; declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 22 de febrero del 2018

Lady Gabriela Apolo Criollo
C.I. 220005390-4

Yo, Lady Gabriela Apolo Criollo autorizo la reproducción total o parcial del documento, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del mismo, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor del presente trabajo de titulación, todo su contenido es responsabilidad única del autor, siendo considerado como patrimonio intelectual de la institución Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la ciudad de Riobamba de la provincia de Chimborazo.

Lady Gabriela Apolo Criollo

DEDICATORIA

A mis abuelos y padres, Dolores Monge y Alcides Criollo, Norma Criollo y Romel Apolo por su apoyo; inculcando en mí el deseo de superación con el cual emprendí este viaje que ha culminado exitosamente, por su gran esfuerzo y dedicación, por enseñarme que todo en la vida tiene un valor y consecuencia, una decisión puede cambiar la vida, un ejemplo puede ser mejor que un consejo y que una oportunidad es la ocasión para ser mejores personas, con recuerdos, sensaciones y el deseo de vivir al lado de quienes hacen su vida parte de nuestra vida.

A mis hermanos Ibette, Dady, Carlos Apolo por todo lo compartido durante nuestra infancia y unión familiar.

A mi futuro esposo e hijo con quienes con cada acción hemos crecido juntos para ser mejores personas.

Gabriela

*“Queda prohibido no sonreír a los problemas,
no luchar por lo que quieres, abandonarlo todo por miedo,
no convertir en realidad tus sueños.” (Pablo Neruda)*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por iluminarme siempre por el camino correcto, a mi familia por haberme dado la oportunidad de seguir en mis estudios pese a las adversidades y ser el apoyo incondicional en los momentos difíciles, aconsejándome siempre para salir adelante en todo proyecto; a la Sra. Armencia Lombeida y familia quienes fueron un pilar y personas que me apoyaron y aconsejaron; a mi director de Tesis Hannibal Brito y a mi colaborador de Tesis Rafaela Viteri, quienes aportaron sus valiosos conocimientos para la ejecución de mi presente proyecto y especialmente agradezco a mi futuro esposo e hijo por ser quienes me acompañaron y apoyaron siendo mi luz, alegría y perseverancia; sin olvidar a mi maravilloso Padre, esto es por ti, gracias papito descansa en paz.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pp. |
|---|--------|
| RESUMEN | xviii |
| ABSTRACT | xix |
| INTRODUCCIÓN | -1- |
| CAPÍTULO I | |
| 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | -2- |
| 1.1. Identificación del problema | -2- |
| 1.2. Justificación del proyecto | - 2 - |
| 1.3. Linea base del proyecto | - 3 - |
| 1.3.1 <i>Estado actual de la empresa y su Tratamiento de aguas residuales</i> | - 3 - |
| 1.3.2 <i>Criterios metodológicos</i> | - 3 - |
| 1.2.2.1 <i>Métodos</i> | - 3 - |
| 1.2.2.2 <i>Técnica</i> | - 4 - |
| 1.3.3 <i>Método del muestreo</i> | - 4 - |
| 1.2.3.1 <i>Potencial Hidrógeno</i> | - 6 - |
| 1.2.3.2 <i>Turbiedad</i> | - 6 - |
| 1.2.3.3 <i>Aceites y Grasas</i> | - 6 - |
| 1.2.3.4 <i>Demanda Química de Oxígeno</i> | - 7 - |
| 1.2.3.5 <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i> | - 7 - |
| 1.2.3.6 <i>Nitrógeno amoniacal</i> | - 8 - |
| 1.2.3.7 <i>Sulfatos</i> | - 8 - |
| 1.2.3.8 <i>Fosfatos</i> | - 9 - |
| 1.2.3.9 <i>Sólidos en suspensión</i> | - 10 - |
| 1.2.3.10 <i>Sólidos en sedimentables</i> | - 10 - |
| 1.2.3.11 <i>Sólidos en totales</i> | - 10 - |
| 1.3.4 <i>Análisis y caracterización del agua residual</i> | - 11 - |
| 1.3.4.1 <i>Caracterización inicial</i> | - 11 - |
| 1.3.5 <i>Fundamentos para el tratamiento de aguas residuales</i> | - 14 - |

| | Pp. |
|---------------------|--|
| 1.3.6 | Pruebas de Tratabilidad - 14 - |
| 1.3.6.1 | <i>Prueba de jarras</i> - 15 - |
| 1.3.6.2 | <i>Trampa de grasas</i> - 16 - |
| 1.3.6.3 | <i>Filtración con arena, grava fina y grava gruesa</i> - 17 - |
| 1.4. | Beneficiarios directos e indirectos. - 18 - |
| 1.4.1 | <i>Directos</i> - 19 - |
| 1.4.2 | <i>Indirectos</i> - 19 - |
| CAPÍTULO II | |
| 2 | OBJETIVOS DEL PROYECTO - 20 - |
| 2.1 | General - 20 - |
| 2.2 | Específicos - 20 - |
| CAPÍTULO III | |
| 3 | ESTUDIO TÉCNICO - 21 - |
| 3.1 | Localización del proyecto. - 21 - |
| 3.1.1 | <i>Macrolocalización</i> - 21 - |
| 3.1.2 | <i>Microlocalización</i> - 22 - |
| 3.1.2.1 | <i>Clima</i> - 22 - |
| 3.1.2.2 | <i>Suelos</i> - 23 - |
| 3.1.2.3 | <i>Cobertura vegetal y fauna asociada</i> - 23 - |
| 3.2 | Ingeniería del Proyecto - 24 - |
| 3.2.1 | <i>Agua Residual</i> - 24 - |
| 3.2.2 | <i>Calidad del agua</i> - 24 - |
| 3.2.2.1 | <i>Calidad del agua</i> - 24 - |
| 3.2.2.2 | <i>Clasificación de las aguas residuales</i> - 24 - |
| 3.2.2.3 | <i>Tratamiento de las aguas residuales</i> - 24 - |
| 3.2.3 | <i>Relación de Biodegradabilidad</i> - 28 - |
| 3.2.4 | <i>Mezcladores rápidos mecánicos de turbina</i> - 28 - |
| 3.2.5 | <i>Legislación ambiental</i> - 30 - |
| 3.2.5.1 | <i>Normas generales para descargas de efluentes al sistema de alcantarillado.</i> - 30 - |
| 3.2.6 | <i>Determinación de variables diseño</i> - 33 - |
| 3.2.6.1 | <i>Determinación del caudal</i> - 32 - |
| 3.2.6.2 | <i>Canal de captación</i> - 34 - |

| | Pp. |
|---------|---|
| 3.2.6.3 | <i>Rejillas</i>- 38 - |
| 3.2.6.4 | <i>Desengrasador</i>- 41 - |
| 3.2.6.5 | <i>Cálculos de Dosificación</i>- 45 - |
| 3.2.6.6 | <i>Dimensionamiento para mezclador-Sedimentador</i>- 46 - |
| 3.2.6.7 | <i>Filtro circular de flujo ascendente</i>- 55 - |
| 3.2.6.8 | <i>Lechos de Secado</i>- 62 - |
| 3.2.7 | <i>Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento</i>- 66 - |
| 3.2.7.1 | <i>Canal de captación</i>- 66 - |
| 3.2.7.2 | <i>Dimensiones de la zona de desbaste</i>- 67 - |
| 3.2.7.3 | <i>Desengrasador o trampa de Grasas</i>- 67 - |
| 3.2.7.4 | <i>Mezclador- Sedimentador</i>- 68 - |
| 3.2.7.5 | <i>Filtro circular con flujo ascendente</i>- 69 - |
| 3.2.7.6 | <i>lecho de Secado</i>- 69 - |
| 3.3 | Proceso de Producción- 71 - |
| 3.4 | Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria- 72 - |
| 3.5 | Análisis de costo/beneficio del proyecto- 75 - |
| 3.5.1 | <i>Costos operacionales con respecto a las pruebas de tratabilidad</i>- 75 - |
| 3.5.2 | <i>Beneficios del proceso de tratamiento físico-químico</i>- 76 - |
| 3.5.2.1 | <i>Porcentaje de Remoción</i>- 76 - |
| 3.5.3 | <i>Costos/beneficio de implementación de la planta de tratamiento</i>- 80 - |
| 3.5.4 | <i>Análisis del proyecto</i>- 82 - |
| 3.5.5 | <i>Conclusiones</i>- 83 - |
| 3.5.6 | <i>Recomendaciones</i>- 84 - |
| 3.6 | Cronograma de ejecución del proyecto- 87 - |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|--------------------------------|--|
| TULSMA | Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental |
| DBO | Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) |
| DQO | Demanda química de oxígeno (mg/L) |
| AR | Agua residual |
| $Q_{diseño}$ | Caudal de diseño (L/s) |
| RH | Radio hidráulico (m) |
| h | Altura del canal (m) |
| b | Ancho o base del canal (m) |
| h_{max} | Altura máxima (m) |
| S_p | Separación entre barras (mm) |
| θ | Ángulo de inclinación (grados) |
| h_{PR} | Pérdida de carga en la rejilla (<i>adimencional</i>) |
| β | Coefficiente de pérdida |
| v_D | Velocidad de sedimentación (m/s) |
| g | Aceleración de la gravedad (m/s^2) |
| d_p | Diámetro de la partícula (mm) |
| μ_{agua} | Viscosidad del fluido ($N \cdot s/m^2$) |
| ρ | Densidad del fluido (Kg/m^3) |
| t_D | Tiempo de sedimentación (min) |
| Trh | Periodo de retención (seg) |
| S_t | Pendiente transversal (grados) |
| SS | Sólidos suspendidos (mg/L) |
| v_{CD} | Velocidad en el canal de descarga (m/s) |
| C_L | Canal de lavado |
| M_{sd} | Masa del lodo (kg SS/día) |
| s | Pendiente (%) |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pp. |
|-------------------|---|
| Tabla 1-1 | Tabla de Muestreo..... 5 |
| Tabla 2-1 | Cronograma de muestreo..... 5 |
| Tabla 3-1 | STANDARD METHODS *4500 HB (Potencial hidrógeno)... 6 |
| Tabla 4-1 | STANDARD METHODS *2130 B (Turbiedad)..... 6 |
| Tabla 5-1 | EPA*418,1(Aceites y Grasas) 6 |
| Tabla 6-1 | STANDARD METHODS *5220 D (Demanda Química de Oxígeno)..... 7 |
| Tabla 7-1 | STANDARD METHODS *5210 B (Demanda Bioquímica de Oxígeno)... 7 |
| Tabla 8-1 | Método HACH *8155 N-NH ₃ (Nitrógeno Amoniacal)..... 8 |
| Tabla 9-1 | Método HACH *8051 SO ₄ ²⁻ (Sulfatos)..... 9 |
| Tabla 10-1 | Método HACH *8048 PO ₄ ³⁻ (Fosfatos)..... 9 |
| Tabla 11-1 | STANDARD METHODS *2540 D (Sólidos Suspendidos)... 10 |
| Tabla 12-1 | STANDARD METHODS *2540 F (Sólidos Sedimentables)..... 10 |
| Tabla 13-1 | STANDARD METHODS *2540 B (Sólidos Totales)..... 10 |
| Tabla 14-1 | Caracterización físico-químico del agua residual sin tratamiento (labora_ torio de aguas de la facultad de Ciencias ESPOCH)..... 11 |
| Tabla 15-1 | Caracterización físico-químico del agua residual sin tratamiento (labora_ torio UNACH) 12 |
| Tabla 16-1 | Test de Jarras y turbiedad..... 15 |
| Tabla 17-1 | Agua tratada con PAC y arena-grava (Laboratorio de aguas de la facul_ tad de Ciencias ESPOCH)..... 17 |
| Tabla 1-3 | Coordenadas de Lácteos San Salvador..... 22 |
| Tabla 2-3 | Características de las principales etapas de los tratamientos del agua resi_ dual..... 27 |
| Tabla 3-3 | Criterios de biodegradabilidad según la relación DBO ₅ /DQO..... 28 |
| Tabla 4-3 | Criterios de biodegradabilidad según la relación DBO/ DBO ₅ 29 |
| Tabla 5-3 | Limites de descarga al sistema de alcantarillado público..... 32 |
| Tabla 6-3 | Toma de caudales..... 33 |
| Tabla 7-3 | Coeficiente de Rugosidad..... 36 |
| Tabla 8-3 | Parámetros de diseño para rejillas..... 39 |
| Tabla 9-3 | Coeficiente de pérdida de acuerdo a la forma de las rejas..... 39 |
| Tabla 10-3 | Parámetros de diseño para desengrasadores..... 42 |
| Tabla 11-3 | Número de potencia para diferente tipo de impulsores..... 47 |
| Tabla 12-3 | Parámetros de diseño para mezcladores de turbina..... 47 |

| | Pp. |
|-------------------|--|
| Tabla 13-3 | Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas..... 47 |
| Tabla 14-3 | Datos para el dimensionamiento del mezclador parido de turbina..... 48 |
| Tabla 15-3 | Criterios de diseño para un lecho poroso..... 58 |
| Tabla 16-3 | Criterios de diseño para el sistema de drenaje..... 59 |
| Tabla 17-3 | Criterios de diseño para tuberías..... 60 |
| Tabla 18-3 | Criterios de diseño para los lechos de secado..... 63 |
| Tabla 19-3 | Datos para el cálculo de los lechos de secado..... 64 |
| Tabla 20-3 | Dimensiones del canal de captación..... 67 |
| Tabla 21-3 | Dimensiones de la zona de desbaste..... 67 |
| Tabla 22-3 | Dimensiones del desengrasador o trampa de Grasas..... 67 |
| Tabla 23-3 | Dimensiones del de un mezclador – Sedimentador..... 68 |
| Tabla 24-3 | Dimensiones de un filtro circular con flujo ascendente..... 69 |
| Tabla 25-3 | Dimensiones del lecho de secado 69 |
| Tabla 26-3 | Requerimientos tecnológicos para la caracterización Físico-Químico del agua residual de la empresa de Lácteos..... 72 |
| Tabla 27-3 | Requerimiento tecnológico para obtener una muestra compuesta..... 75 |
| Tabla 28-3 | Requerimiento tecnológico para las pruebas de filtración..... 75 |
| Tabla 29-3 | Costos del medio granular..... 75 |
| Tabla 30-3 | Costos del PAC..... 76 |
| Tabla 31-3 | Datos para el cálculo de porcentaje de remoción..... 76 |
| Tabla 32-3 | Presupuesto de la implementación de la planta de tratamiento..... 80 |
| Tabla 33-3 | Presupuesto extra de la implementación de la planta de tratamiento..... 82 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pp. |
|---|-----|
| Figura 1-3: Límites geográficos..... | 21 |
| Figura 2-3: Mapa de ubicación de la Empresa de Lácteos “San Salvador”..... | 22 |
| Figura 3-3: Composición típica del agua residual doméstica..... | 25 |
| Figura 4-3: Mezcladores de turbina para aguas residuales..... | 30 |
| Figura 5-3: Canal de captación hacia el sistema de tratamiento..... | 35 |
| Figura 6-3: Canal de captación hacia el sistema de tratamiento..... | 37 |
| Figura 7-3: Rejillas de limpieza manual y mecánica..... | 38 |
| Figura 8-3: Formas de rejillas..... | 39 |
| Figura 9-3: Rejillas..... | 41 |
| Figura 10-3: Desengrasador simple..... | 45 |
| Figura 11-3: Mezcladores de turbina para aguas residuales..... | 46 |
| Figura 12-3: Mezcladores de turbina para aguas residuales..... | 51 |
| Figura 13-3: Mezclador – Sedimentador..... | 55 |
| Figura 14-3: Esquema de un filtro ascendente..... | 56 |
| Figura 15-3: Filtro circular de arena ascendente..... | 62 |
| Figura 16-3: Lecho de secado..... | 63 |
| Figura 17-3: Lecho de secado para los lodos..... | 66 |
| Figura 18-3: Propuesta del Diseño de un Sistema de tratamiento..... | 71 |
| Figura 19-3: Cronograma de actividades para el proyecto de titulación..... | 87 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pp. |
|---|-----|
| Gráfico 1-1: Caracterización físico - químico del agua residual sin tratamiento (Laboratorio de Análisis de Aguas Técnico de la Facultad de Ciencias , ESPOCH... | 12 |
| Gráfico 2-1: Caracterización físico - químico del agua residual sin tratamiento (Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017)..... | 13 |
| Gráfico 3-1: Test de Jarras y Turbiedad..... | 16 |
| Gráfico 4-1: Caracterización físico - químico del agua residual con tratamiento (Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017)..... | 18 |
| Gráfico 1-3: Porcentajes de Remoción..... | 80 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | Pp. |
|---|-----|
| Fotografía 1-1: Agua tratada en la trampa de grasa | 16 |
| Fotografía 2-1: Agua filtrada con arena y grava | 17 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Rejillas metálicas y canal de recepción
- Anexo B.** Desengrasador o trampa de grasas
- Anexo C.** Mezclador - sedimentador
- Anexo D.** Doble filtro circular de flujo ascendente
- Anexo E.** Lechos de secado
- Anexo F.** Sistema de tratamiento completo de aguas residuales
- Anexo G.** Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales
- Anexo H.** Resultados de los análisis físico y químicos del agua residual
- Anexo I.** Resultados de los análisis físico y químicos del agua residual tratada
- Anexo J.** Equipos y dispositivos para la caracterización del agua residual
- Anexo K.** Ficha Técnica Policloruro de Aluminio (PAC)

RESUMEN

El objetivo es diseñar un sistema de tratamiento para aguas residuales en la Empresa de Lácteos San Salvador ubicada en la parroquia Veloz de la ciudad de Riobamba para el cumplimiento de las normativas existentes. Se examinó el lugar de la descarga de agua residual para proceder a la medición de caudales durante dos veces a la semana debido a que en estos dos días la producción es abundante, desde las 09h00 am hasta 17h00 pm los viernes y desde las 10h00 am hasta 18h00 pm los sábados, obteniendo un caudal máximo de 0,96 L/s. Posteriormente se aplicó un muestreo compuesto, obteniendo una muestra representativa misma que se llevó a un laboratorio para su caracterización física y química. Se consideró la normativa de límites permisibles de la calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8. Para posteriormente proponer un Sistema de Tratamiento de aguas eficaz, que constituye de los siguientes componentes: canal de recepción, rejillas, desengrasador, mezclador-sedimentador y finalmente filtración con un sistema de caídas para la oxigenación del agua en cada componente del sistema. Con este diseño se obtuvo una remoción: DQO 87,86%, DBO_5 92,8%, Aceites y Grasas 85,68%, Nitrógeno Total 98,9%, Sulfatos 60%, Sólidos Totales 94%, Sólidos Suspendido 98,9%, turbiedad 99,87%, con la finalidad de evitar problemas de salubridad pública y ambiental, debido a que ésta no poseía un tratamiento para las aguas residuales de sus instalaciones previa al vertido al alcantarillado cumpliendo así con la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8; y evidenciando de esta manera que el tratamiento es idóneo.

PALABRAS CLAVES: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA> <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <MUESTREO> <INDUSTRIA LÁCTEA> <CONTAMINACIÓN AMBIENTAL>

ABSTRACT

The objective was to design a treatment system for wastewater in the Dairy Company San Salvador situated in the Veloz parish of the Riobamba city for compliance with the existing norms. The place of the discharge of residual water was examined to proceed to the flow measurement twice a week because in these two days the production is abundant, from 09h00 am to 17h00 pm on Fridays and from 10h00 am until 18h00 pm on Saturdays, obtaining a maximum flow rate of 0.96 L / s. Subsequently, a composite sample was applied, obtaining a representative sample that was taken to a laboratory for its physical and chemical characterization. It was considered the normative of permissible limits of environmental quality Water Resource of the ministerial agreement 061 TULSMA reform of book VI Annex I. Table 8. To later propose an effective Water Treatment System, which constitutes the following components: reception channel, gratings, degreaser, mixer-settler and finally filtration with a fall system for the oxygenation of the water in each component of the system. With this design it was obtained a removal: DQO 87.86%, DB05 92.8%, Oils and Greases 85.68%, Total Nitrogen 98.9%, Sulphates 60%, Total Solid 94%, Suspended Solids 98.9% , turbidity 99.87%, in order to avoid problems of public and environmental health, because it did not have a treatment for wastewater of its installations prior to the discharge to the sewer thus complying with the environmental quality standard Water Resource of the ministerial agreement 061 TULSMA reform of book VI Annex I. Table 8; and evidencing in this way that the treatment is suitable.

KEY WORDS: < ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>
<WASTEWATER TREATMENT> < SAMPLING> <DAIRY INDUSTRY>
<ENVIRONMENTAL POLLUTION>

INTRODUCCIÓN

Esta empresa se inicia en el año 1990, luego de 7 años de funcionamiento, la propietaria ya casada, decide dar un nuevo impulso a esta empresa con el apoyo de su esposo; los que desde el 21 de marzo de 1997 son los propietarios. En esas instancias inician el proceso de yogurt como principal producto, manjar de leche, queso fresco y semiduro, crema y mantequilla. En estos más de 4 años SAN SALVADOR se ha posicionado en el mercado local (Riobamba), y tiene una gran aceptación a nivel nacional. (Garces G., 2010)

Debido a la contaminación encontrada se ha propuesto para este inconveniente la adecuada gestión de los efluentes mediante un una planta de tratamiento de aguas residuales, se aplicó un muestreo compuesto en dos horarios los martes y viernes a las 12h00 pm y 16h00 pm y los sábados a las 12h00 pm y 17h00 pm, obteniendo una muestra representativa de la muestra para su caracterización física y química, los resultados obtenidos de los análisis indicaron valores de: Demanda Química de Oxígeno (DQO) 1560,0 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) 984,0 mg/L, Aceites y Grasas 384 mg/L, Nitrógeno Total 368,3 mg/L, Sulfatos 450 mg/L, Sólidos Totales 10484,0 mg/L, Sólidos Suspendidos 638 mg/L, NTU 287 mismos que se encuentran fuera de los límites permisibles de las normas de la calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8; la medición de los caudales que genera la fábrica, se muestreo en los vertidos por medio de toma de volúmenes en función del tiempo se logró encontrar el caudal mínimo de $0,9 \frac{L}{s}$ y el caudal máximo siendo de $0,96 \frac{L}{s}$ y usamos un caudal de diseño con un factor de seguridad del 20% siendo este $1,2 \frac{L}{s}$ sabiendo que este no a variar con el tiempo debido a que la empresa no estima crecer en los próximos 10 años, cabiendo la posibilidad de crecimiento a partir de ese periodo pero en otra localización.

Se propuso un Sistema de Tratamiento de aguas eficaz, que constituye de los siguientes componentes: canal de recepción, rejillas, desengrasador, mezclador-sedimentador y finalmente filtración con un sistema de caídas para la oxigenación del agua en cada componente del sistema. Con este diseño se obtuvo una remoción: DQO 87,86%, DBO_5 92,8%, Aceites y Grasas 85,68%, Nitrógeno Total 98,9%, Sulfatos 60%, Sólidos Totales 94%, Sólidos Suspendido 98,9%, turbiedad 99,87%.

El tipo de depuración usada fue por medios físicos y químicos, con el que se pretende reducir los costos a comparación de otro tratamiento, evitando inconvenientes a futuro.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

La empresa de lácteos San Salvador fue creada en el año 1997, está ubicada en Riobamba en la Primera Constituyente 11-49 entre Cuba y Darquea, en la provincia de Chimborazo.

La empresa de Lácteos no cuenta con un sistema de tratamiento para el desfogue de sus aguas provenientes de la producción, es decir sin tratamiento previo alguno, mediante una tubería es transportado el líquido hasta el sistema de alcantarillado de la ciudad, incumpliendo con la normativa sanitaria, ya que el sistema de tratamiento de aguas de la ciudad solo abastece las aguas provenientes únicamente de servicios higiénicos, duchas. Lavadoras y cocinas; por tanto esto ocasiona peligros a la salud pública, contaminación al suelo y vegetales, daño en el hábitat para la vida acuática por la acumulación de sólidos.

La problemática que tiene San Salvador, es que, al no poseer un Sistema de Tratamiento, no puede desechar sus aguas residuales hacia el alcantarillado de seguir realizando estas descargas directamente podría ser sancionado por los organismos pertinentes como los de Agrocalidad.

1.2 Justificación del Proyecto

El agua es el elemento que directamente tiene que ver con la posibilidad del desarrollo de distintas formas de vida, es esencial para el ser humano, los vegetales y animales. El Ministerio del Ambiente y el ministerio de Agrocalidad exigen el cuidado y tratamiento estricto de aguas utilizadas en empresas, y en hogares por lo que se debe contar con plantas de tratamientos de aguas residuales que ayuden a reducir la contaminación al ecosistema.

La empresa San Salvador no cuenta con este tratamiento, esto disminuye la calidad de vida de la ciudad especialmente de la parroquia Veloz donde se ubica la empresa la cual consta con 19,702 habitantes y pone en riesgo la salud de los mismos, ya que sus aguas son vertidas directamente sin previo tratamiento hacia el alcantarillado de la ciudad lo cual bajo la normativa sanitaria

vigente no se puede realizar. Con el presente proyecto se busca realizar un estudio acorde con las necesidades que presenta la empresa, en donde se realizaran las respectivas pruebas que identifique el tipo de agua que se está generando, proponiendo un sistema de tratamiento adecuado con la mayor factibilidad económica, a su vez la disminución del impacto generado al medio ambiente que es una prioridad, dando alternativas de tratamiento y uso a los lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales de la empresa.

Por los motivos mostrados anteriormente justifica proponer un “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA DE LÁCTEOS SAN SALVADOR”, para cumplir con las expectativas que requiere la empresa, y estar a la altura con las exigencias que hacen los organismos de regulación, ajustando los parámetros a las normas exigidas por la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8. Recurso agua.

1.3 Línea Base del Proyecto.

1.3.1 *Estado actual de la empresa y su Sistema de Tratamiento de aguas residuales*

Las descargas de aguas residuales provenientes de la empresa de lácteos San Salvador, no son destinadas a un Sistema de Tratamiento sino hacia el alcantarillado, realizando estas descargas directamente sin previo tratamiento y sin análisis de verificación de los cumplimientos de las características estipuladas en las normas sanitarias que exige el Estado; por tanto esto ocasiona peligros a la salud pública, contaminación al suelo, vegetales y daño en el hábitat para la vida acuática por la acumulación de sólidos.

1.3.2 *Criterios metodológicos:*

1.3.2.1 *Métodos*

La metodología que se usó para el desarrollo del Sistema de Tratamiento con la finalidad de que las operaciones sucesivas y desarrolladas en orden lógico presten la atención debida a los elementos y valores ambientales permisibles de la norma del norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8. Para el diseño se efectuó varios métodos de tratabilidad en base a métodos de inducción, deducción y

experimental para identificar las variables necesarias para el presente estudio y que permitieron el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas.

En la presente investigación la descarga del líquido es directa hacia el alcantarillado de la ciudad de Riobamba por lo cual se tomó el caudal en el punto de descarga del agua dos veces por semana durante los días donde la planta genera más producción, con el propósito tener una muestra promedio para efectuar los análisis en el laboratorio.

El diseño experimental de este estudio se elaboró con la toma de muestras de las aguas residuales de la empresa de lácteos usando los conocimientos de los métodos la inducción, y deducción, para descubrir los contaminantes presentes e identificar cuales estaban fuera de los límites permisibles de la norma para una idónea elección de su tratamiento. El método experimental ayudó al estudio en la comparación de variables y poder analizar los cambios que se generan, después del tratamiento de las aguas residuales de la empresa San Salvador cumpliendo los parámetros de la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8. Recurso agua.

1.3.2.2 *Técnica*

La caracterización físico – químico, se establecen en las normas y técnicas que se encuentran instituidas en el manual de procedimientos Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, fundamentados en el (*Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater*) declarados en la última edición y el manual de Análisis de Agua.

1.3.3 *Método del muestreo*

El proceso de muestreo se realizó en la empresa de lácteos San Salvador en la descarga hacia el alcantarillado tomando una muestra representativa, válida y confiable para ejecutar el diseño de la planta de Tratamiento de Aguas. El tamaño de la muestra se determinó por muestreo compuesto.

Para selección de la muestra se utilizó la Norma INEN 2176:1998, “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo”. Se optó por el siguiente procedimiento para recolección de muestra.

Se utilizó el siguiente procedimiento para la recolección de muestra:

- ✓ Selección del punto de monitoreo.
- ✓ Esterilizar los frascos toma muestra.
- ✓ Tomar la muestra con cuidado, evitando contaminación por otros agentes que no tienen que ver con el agua residual.
- ✓ Etiquetar con letra legible y con bolígrafo imborrable las etiquetas de los frascos.
- ✓ Si cuenta con equipos para medición de parámetros in situ, calibre el pHmetro, conductímetro siguiendo los procedimientos del equipo fabricante.
- ✓ Medir el caudal del efluente, preferiblemente por método volumétrico manual, empleando cronómetro.
- ✓ Coloque las muestras dentro de la nevera.
- ✓ Realizar los análisis respectivos en el laboratorio

Tabla 1-1 Tabla de muestreo

| Punto de muestreo | Muestra aleatoria | Muestra Simple | Muestra Compuesta |
|----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Descarga al alcantarillado | | 2 | 1 |
| Descarga al alcantarillado | | 2 | 1 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 2-1 Cronograma de muestreo

| DÍAS | MUESTRA SIMPLE | MUESTRA COMPUESTA | HORA | DESCARGA | FECHA MUESTREO |
|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|
| Martes | 4 | | 212:00 pm-16:00 pm | Descarga alcantarillado | al28 de febrero 2017 |
| Viernes | 4 | | 212:00 pm-16:00 pm | Descarga alcantarillado | al03 de marzo 2017 |
| Sábado | 4 | | 212:00 pm-17:00 pm | Descarga alcantarillado | al04 de marzo 2017 |
| Total de Muestra | 12 | 6 | | | |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

El muestreo se efectuó considerando la Norma INEN 2176:1998, “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo”.

1.3.3.1 Potencial hidrógeno

Tabla 3-1: STANDARD METHODS *4500 HB (Potencial hidrógeno)

| | |
|-------------------|--|
| Fundamento | Es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medición potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y otro de referencia. El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua, varía en un rango de 1 a 14. Si el agua presenta: pH <7 ácida; pH >7 básica; pH =7 neutra. |
| Equipo | pH-metro. |
| Materiales | Vasos de precipitación. |
| Reactivos | -Agua destilada. -Muestra de agua residual doméstica. |
| Técnica | -Calibrar el equipo. -Lavar el electrodo del pH-metro con agua destilada. -Introducir el electrodo en un vaso de precipitación que contiene la muestra y presionar READ. -Dejar estabilizar la lectura y anotar el valor que se registra en la pantalla. |

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.2 Turbiedad

Tabla 4-1: STANDARD METHODS *2130 B (Turbiedad)

| | |
|-------------------|---|
| Fundamento | Es la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la dispersada por una suspensión patrón de referencia en las mismas condiciones. |
| Equipo | Turbidímetro. |
| Materiales | -Celda para turbidímetro. -Vaso de precipitación. |
| Reactivos | -Agua destilada. -Muestra de agua residual doméstica. |
| Técnica | -Lavar la celda con agua destilada. -Poner la muestra en la celda y colocar en el equipo. -Observar el valor en la pantalla del equipo y anotar la lectura. |

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992.

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.3 Aceites y Grasas

Tabla 5-1: EPA *418,1 (Aceites y Grasas)

| | | |
|-------------------|--|---|
| Fundamento | Determina las sustancias extraídas con un disolvente orgánico de una muestra acuosa acidificada. | |
| Equipo | -Balanza analítica. | -Espectrofotómetro infrarrojo. |
| Materiales | -Embudo de separación de 250ml. -Jeringa. -Papel filtro. -Probeta de 100 ml. | -Espátula. -Matraz aforado de 100 ml. -Pipeta. -Soporte universal. |
| Reactivos | -Agua destilada. -Fluorocarbono-113 (disolvente de extracción). | -Ácido clorhídrico. -Muestra de agua residual doméstica. |

| | |
|----------------|--|
| | -Sulfato de sodio. |
| Técnica | <ul style="list-style-type: none"> -Acidificar 1L de la muestra a pH=2 con 5 ml de ácido clorhídrico. -Transferir la muestra a un embudo de separación y añadir 30 ml del disolvente de extracción. -Agitar durante 2 minutos. Dejar que las capas se separen y eliminar el disolvente de la parte inferior de la muestra. -Filtrar el extracto en un matraz aforado de 100 ml que contiene papel filtro humedecido en disolvente y 1 g de sulfato de sodio. -Tomar 5 mililitros del extracto con una jeringa y poner en una cubeta de cuarzo incorporada al espectrofotómetro de infrarrojo o analizador. -Seleccionar el programa para grasas y aceites. Presionar READ. -Leer los datos que aparecen en la pantalla y registrar. |

Fuente: HACH COMPANY, 2010

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.4 Demanda Química de Oxígeno

Tabla 6-1: STANDARD METHODS *5220 D (Demanda Química de Oxígeno)

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| Fundamento | Este método define la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas. | |
| Equipo | -Espectrofotómetro. | -Termorreactor. |
| Materiales | -Gradilla. -Vaso de precipitación. -Paños para limpiar los viales. | -Pipeta. -Viales de 16 mm de diámetro. -Tapas rosca. |
| Reactivos y Soluciones | -Agua destilada. -Solución patrón de absorbancia. | -Muestra de agua residual doméstica. -Solución patrón ftalato acido de potasio. |
| Técnica | <ul style="list-style-type: none"> -Agitar el vial de la solución patrón y ubicar en la gradilla. -Tomar 2 ml de muestra para verter en el vial. -Tapar y homogenizar el contenido. -Encender el termorreactor a la temperatura de $148 \pm 2^\circ\text{C}$ y colocar el vial durante 2 horas. -Terminada la reacción en el tiempo indicado, dejar enfriar. -Limpiar las paredes externas del vial con agua destilada y secar con un paño seco y limpio. -Seleccionar el método en el espectrofotómetro y calibrar con la solución patrón. -Colocar el vial con la muestra y medir. Leer los resultados y anotar. | |

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 7-1: STANDARD METHODS *5210 B (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

| | | |
|-------------------|---|---------------------------|
| Fundamento | Determina la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica de una muestra de agua usando una población microbiana heterogénea, en un periodo de 5 días. | |
| Equipo | Incubadora de aire controlada termostáticamente a $20 \pm 1^\circ\text{C}$. | |
| Materiales | -Agitador magnético. | -Balón aforado de 100 ml. |

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| | -Botellas winkler de 300 ml. -Pipeta. -Tapa de sello. | -Cabezales de medición. -Probeta. |
| Reactivos y Soluciones | -Agua destilada. -Muestra de agua residual doméstica. | -Ampolla de nutrientes. -Escamas de hidróxido de potasio. |
| Técnica | -En un balón aforado diluir 10ml de la muestra con 100 ml de agua destilada. -Hacer este procedimiento una vez más hasta obtener 200ml de muestra diluida. -Colocar 150 ml de la dilución en la botella winkler y añadir una ampolla de nutrientes e introducir el agitador magnético. -En el tapón colocar una escama de hidróxido de potasio y sellar la botella con el mismo. -Enroscar el cabezal de medición y encender. -Colocar la botella en la incubadora de aire y esperar un periodo de 5 días. -Transcurrido el tiempo indicado tomar la lectura de los datos obtenidos en el cabezal de medición y anotar. | |

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.6 Nitrógeno amoniacal

Tabla 8-1: Método HACH *8155 N-NH₃ (Nitrógeno Amoniacal)

| | | |
|-------------------|---|---|
| Fundamento | Los compuestos amoniacales reaccionan con el salicilato para formar el aminosalicilato 5. Este compuesto se oxida en presencia de un reactivo para obtener una solución final de color verde. | |
| Equipo | Equipo Hach. | |
| Materiales | -Celdas de 10 ml. -Vaso de precipitación. | -Paños para limpiar las cubetas. -Tijera. |
| Reactivos | -Agua destilada. -Sobre de salicilato de amonio (reactivo 1). | -Muestra de agua residual doméstica. -Sobre de cianuro de amonio (reactivo 2). |
| Técnica | -Seleccionar el programa 385 N en el equipo y pulsar ENTER. -Verter 10 ml de muestra en una celda y 10 ml de agua destilada en otra para preparar el blanco. -Añadir el contenido de un sobre del reactivo 1 en cada celda, y homogenizar durante 30 segundos. -Pulsar SHIF TIMER para programar el temporizador a 3 minutos, como periodo de reacción. -Finalizado el tiempo, agregar el reactivo 2 a cada celda y agitar. Se notará una coloración verde indicativo de la presencia de nitrógeno amoniacal. -Pulsar SHIF TIMER para programar nuevamente el temporizador a 15 minutos, como periodo de reacción. -Terminado el tiempo, colocar el blanco en el equipo y pulsar ZERO para encerrar. -Colocar la celda de la muestra preparada y pulsar READ. Anotar los resultados. | |

Fuente: HACH COMPANY, 2010

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.7 Sulfatos

Tabla 9-1: Método HACH *8051 SO_4^{2-} (Sulfatos)

| | |
|-------------------|---|
| Fundamento | Los iones de sulfato en la muestra reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato SulfaVer 4 y forman una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato. |
| Equipo | Equipo Hach. |
| Materiales | -Celdas de 10 ml. -Paños para limpiar las celdas. -Vaso de precipitación. -Tijera. |
| Reactivos | -Agua destilada. -Muestra de agua residual doméstica. -Sobre de sul-fa ver 4. |
| Técnica | -Seleccionar el programa 680 Sulfato en el equipo y pulsar ENTER. -Verter 10 ml de muestra en una celda, añadir el contenido de un sobre de reactivo sul-fa ver 4 y agitar para mezclar. En la presencia de sulfato se observará una turbidez blanca. -Pulsar SHIF TIMER para empezar un periodo de reacción de cinco minutos. -Llene una segunda celda con 10 ml de agua destilada (blanco). -Terminado el tiempo, insertar la celda en el equipo y pulsar ZERO para encerrar. Comienza un tiempo de reacción de 5 minutos. -Finalizado el tiempo indicado, limpiar la celda de la muestra preparada e insertar en el equipo. -Pulsar READ y anotar el resultado. |

Fuente: HACH COMPANY, 2010

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.8 Fosfatos

Tabla 10-1: Método HACH *8048 PO_4^{3-} (Fosfatos)

| | |
|-------------------|---|
| Fundamento | El fósforo reacciona con molibdato en un medio ácido para producir un complejo de fosfomolibdato. El ácido ascórbico reduce entonces el complejo, dando un color azul intenso de molibdeno. |
| Equipo | Equipo Hach. |
| Materiales | -Cubetas de 10 ml. -Vaso de precipitación. -Tijeras. -Paños para limpiar las cubetas. |
| Reactivos | -Agua destilada. -Muestra de agua residual doméstica. -Reactivo Phos Ver 3. |
| Técnica | -Seleccionar el programa 79 PO_4 en el equipo y pulsar ENTER. -Verter 10 ml de muestra en una cubeta, añadir un sobre del reactivo Phos Ver 3, y agitar aproximadamente unos 30 segundos. -Pulsar SHIF TIMER para programar el temporizador a 2 min, como periodo de reacción de la sustancia. -Verter 10 ml de agua destilada en otra cubeta (blanco). -Limpiar las cubetas con un paño para eliminar cualquier interferencia que pueda afectar la medición o lectura. -Finalizado el tiempo colocar el blanco en el equipo, pulsar ZERO para encerrar. -Después colocar la cubeta con la muestra y pulsar READ. Anotar los resultados. |

Fuente: HACH COMPANY, 2010

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.9 Sólidos en suspensión

Tabla 11-1: STANDARD METHODS *2540 D (Sólidos Suspendidos)

| | |
|-------------------|---|
| Fundamento | Es un método gravimétrico que define la porción de sólidos retenidos en un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se deja secar a 103-105°C. El aumento del peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos. |
| Equipo | -Balanza analítica. -Estufa. -Equipo de filtración al vacío. |
| Materiales | -Desecador. -Vaso de precipitación. -Filtro de fibra de vidrio. -Pinza. |
| Reactivos | Muestra de agua residual doméstica. |
| Técnica | -Pesar el filtro, anotar su peso uno y colocar en el equipo de filtración al vacío. -Encender el equipo, verter 100 ml de la muestra y después colocar dentro de la estufa 1 hora. -Transcurrido el tiempo indicado, llevar el filtro al desecador y dejar 30 minutos. -Pesar el filtro y anotar el peso dos. Realizar los cálculos correspondientes con ambos pesos y obtener el resultado. |

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.10 Sólidos sedimentables

Tabla 12-1: STANDARD METHODS *2540 F (Sólidos Sedimentables)

| | |
|-------------------|---|
| Fundamento | Define el volumen de sólidos que en un tiempo determinado se sedimentan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas. |
| Materiales | -Base para conos Imhoff. -Cronómetro. -Cono Imhoff. |
| Reactivos | Muestra de agua residual doméstica. |
| Técnica | -Colocar el cono Imhoff en la base para que quede estático y agregar un litro de muestra previamente homogenizada, hasta la marca indicativa. -Dejar sedimentar 45 minutos, transcurrido este tiempo girar suavemente el cono y dejar 15 minutos más. Registrar el volumen. |

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.3.11 Sólidos totales

Tabla 13-1: STANDARD METHODS *2540 B (Sólidos Totales)

| | |
|-------------------|--|
| Fundamento | Determina la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103-105°C. El aumento de peso de la cápsula representa los sólidos totales. |
|-------------------|--|

| | | |
|-------------------|--|------------------------|
| Equipo | -Estufa. -Equipo para Baño María. | -Balanza analítica. |
| Materiales | -Caja Petri. -Vaso de precipitación. | -Desecador. -Pinza. |
| Reactivos | -Muestra de agua residual doméstica. | |
| Técnica | <ul style="list-style-type: none"> -Colocar la caja Petri en la estufa durante 1 hora. -Terminado el tiempo, llevar al desecador y dejar 1 hora. -Pesar y registrar el peso 1. -Homogenizar la muestra y añadir 25 ml en la caja. -Situarse la caja en el equipo para secado a baño maría. -Retirar del equipo una vez que se haya secado totalmente. -Llevar nuevamente a la estufa y dejar 1 hora. -Colocar después en el desecador durante otra hora más. -Finalizado el tiempo, pesar y registrar el peso 2. -Realizar los cálculos correspondientes con ambos pesos y obtener el resultado. | |

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

1.3.4 *Análisis y caracterización del agua residual*

1.3.4.1 *Caracterización inicial*

Para el análisis físico-químico se realizó el estudio de los siguientes parámetros necesarios para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales con base en los límites de descarga de la norma de calidad ambiental Recurso Agua de la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8. Tabla 8

Tabla 14-1 Caracterización físico-químico del agua residual sin tratamiento (Laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias ESPOCH)

| Parámetros | Método de Referencia | Límite permisible | Resultado- Lácteos San Salvador | Unidades |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------------------|----------|
| Potencial Hidrogeno | PE-LSA-01 | 6-9 | 7,5 | pH |
| DQO | STANDARD METHODS 5220 – mod | 500,0 | 1559 | mg/L |
| DBO ₅ | STANDARD METHODS 5210 - B | 250,0 | 983 | mg/L |
| Nitrógeno Total | STANDARD METHODS 4500 – N - B mod | 60,0 | 368,3 | mg/L |

| | | | | |
|-----------------------|---|--------|-------|------|
| Sulfatos | STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E | 400,0 | 450 | mg/L |
| Fósforo Total | STANDARD METHODS 4500-P-E mod | 15,0 | 4 | mg/L |
| Sólidos en Suspensión | STANDARD METHODS 2540-D | 220,0 | 638 | mg/L |
| Sólidos Sedimentables | STANDARD METHODS 2540 - F | 20,0 | 0,4 | mL/L |
| Sólidos Totales | PE-LSA-04 | 1600,0 | 10484 | mg/L |
| Turbiedad | STANDARD METHODS *2130 B | - | 287 | NTU |
| Temperatura | | <40 | 21 | °C |

Fuente: Lab. de Análisis de Aguas Técnico y el Lab. de Investigación de la Facultad de Ciencias
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

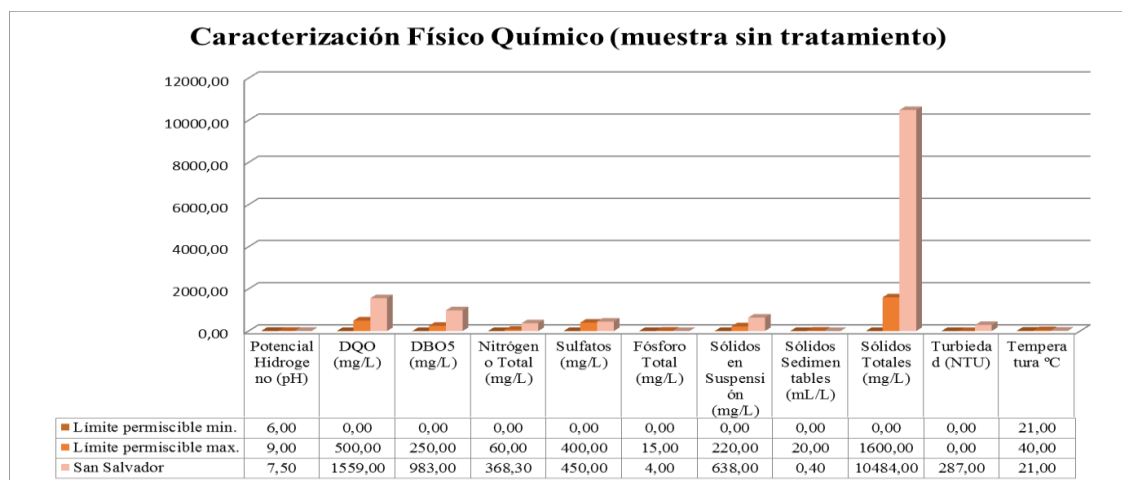


Gráfico 1-1 Caracterización físico - químico del agua residual sin tratamiento (Lab. de Análisis de Aguas Técnico y Lab. de Investigación de la Facultad de Ciencias, ESPOCH)
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Los análisis efectuados en el Laboratorio Técnico de la Facultad de Ciencias dieron resultados que confirmaron que los parámetros estaban fuera de norma, así lo demuestra la Gráfica 1-1 y la Tabla 3-1. Los parámetros como aceite y grasas, DBO5, DQO, Nitrógeno Total, Sulfatos, Sólidos en suspensión, Sólidos totales, sobrepasan el rango de los valores establecidos por el norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8

Tabla 15-1 Caracterización físico-químico del agua residual sin tratamiento (Laboratorio UNACH)

| Parámetros | Método de Referencia | Límite permisible | Resultado- Lácteos San Salvador | Unidades |
|------------|----------------------|-------------------|---------------------------------|----------|
|------------|----------------------|-------------------|---------------------------------|----------|

| | | | | |
|-----------------------|--|--------|---------|------|
| Aceites y grasas | EPA 418,1 | 70,0 | 384,0 | mg/L |
| Potencial Hidrogeno | PE-LSA-01 | 6-9 | 7,5 | pH |
| DQO | STANDARD METHODS 5220 - mod | 500,0 | 1560,0 | mg/L |
| DBO ₅ | STANDARD METHODS 5210 - B | 250,0 | 984,0 | mg/L |
| Nitrógeno Total | STANDARD METHODS 4500 – N - B mod | 60,0 | 368,3 | mg/L |
| Sulfatos | STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E | 400,0 | 450,0 | mg/L |
| Fósforo Total | STANDARD METHODS 4500-P-E mod | 15,0 | 4,0 | mg/L |
| Sólidos en Suspensión | STANDARD METHODS 2540-D | 220,0 | 638,0 | mg/L |
| Sólidos Sedimentables | STANDARD METHODS 2540 - F | 20,0 | 0,3 | mL/L |
| Sólidos Totales | PE-LSA-04 | 1600,0 | 10484,0 | mg/L |
| Turbiedad | STANDARD METHODS *2130 B | - | 287 | NTU |
| Temperatura | | <40 | 21 | °C |

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

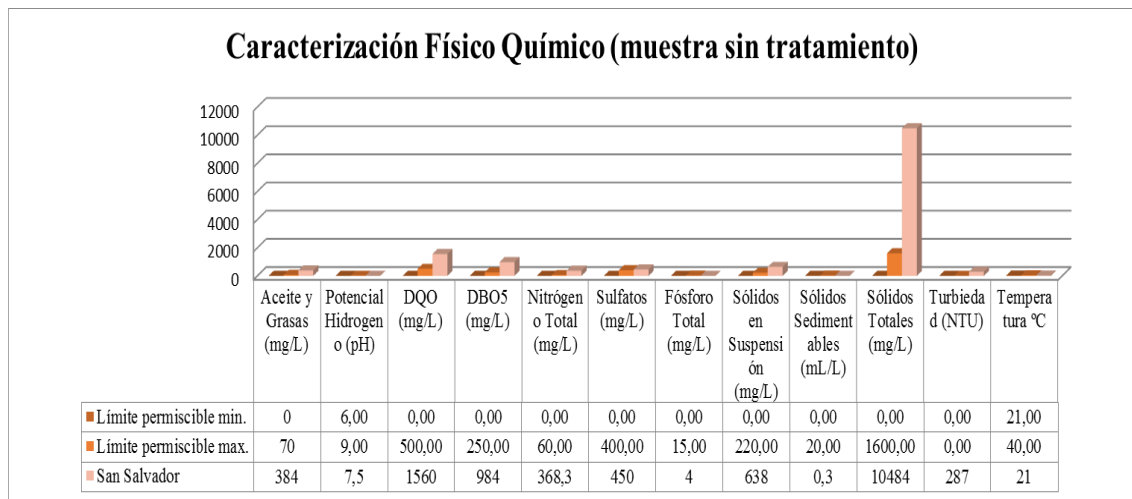


Gráfico 2-1 Caracterización físico - químico del agua residual sin tratamiento (Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017)

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Los análisis que complementan y verifican son los realizados en el Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, de igual forma dieron resultados que confirmaban que los parámetros se encontraban fuera de norma, sobrepasando los valores del rango establecido por la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8. Observar Gráfica 2-1 y Tabla 15-1

1.3.5 *Fundamentos para el tratamiento de aguas residuales*

De acuerdo con la relación de biodegradabilidad estipulada en el capítulo 3 en el punto 3.2.4, podemos decidir el sistema de tratamiento que emplearemos para las aguas residuales de estudio, entonces tenemos:

$$\frac{DQO}{DBO_5} = \frac{1560}{984} = 1,58 \text{ Sistemas biológicos}$$

O:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{984}{1560} = 0,63 \text{ Poco Biodegradable}$$

Los resultados obtenidos en cada una de las relaciones previas, nos permiten deducir que el agua residual industrial producida en la Empresa de Lácteos San Salvador tiende a ser poco biodegradable pudiendo aplicarse en ellas Sistemas Físicos- Químicos para la reducción de sus contaminantes.

1.3.6 *Pruebas de Tratabilidad*

Los parámetros fuera de los límites de la muestra de agua residual se trataron a nivel de laboratorio con pruebas físicas. Con los resultados obtenidos de la caracterización de la muestra se escogió usar para el tratamiento con una malla, trampa de grasas, dosificar a través de un mezclador - sedimentar y finalizar con lechos porosos por el método de filtración.

Empleamos una malla para la retención de los sólidos de gran tamaño.

Una trampa de grasas retiene por sedimentación los sólidos en suspensión y por flotación, el material graso.

Un mezclador – Sedimentador para la dosificación adecuada del PAC y cuando este detenido funciona como sedimentador para la separación del agua de los fangos.

El método de filtración consiste en pasar el agua residual por diferentes capas filtrantes de manera que los residuos contaminantes orgánicos e inorgánicos quedan atrapados en el medio granuloso de distintos diámetros de capas de arena y grava.

Al finalizar el proceso se obtiene agua mucho más clara y menos contaminada cumpliendo con la normativa; se ha verificado con los análisis correspondientes.

1.3.6.1 Prueba de jarras

La prueba de jarras es generalmente la técnica más usada para determinar la dosis de algún químico con el que se esté tratando el agua residual para su potabilización o vertido hacia el alcantarillado. En este ensayo se trata de simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación a nivel de laboratorio de los coloides en suspensión y materia orgánica, que son separados fácilmente por decantación. Se debe utilizar una serie de jarras al mismo tiempo, en las que se aplica diferentes dosis del coagulante con una variación de la velocidad de agitación (rpm), esto permite la formación de flóculos de distinto tamaño dando valores alternados del parámetro de estudio; todo esto con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento.

En este proceso influyen factores químicos e hidráulicos, entre éstos tenemos: pH, temperatura, concentración de coagulante, secuencia de aplicación de las sustancias químicas, grado de agitación y tiempo de sedimentación.

Para la dosificación se procede de la siguiente manera: Se procede haciendo pruebas con dosis del Policloruro de Aluminio la más acertada fue al 5% por lo q se necesitaba confirmar su concentración adecuada.

Tabla 16-1 Test de Jarras y turbiedad

| TEST DE JARRAS – AGUA TRATADA | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Conc. PAC g/ml | Dosis PAC ml al 5% | Turbiedad inicial (NTU) | Turbiedad Final (NTU) |
| 0,05 | 2,00 | 287 | 0,92 |
| 0,05 | 4,00 | 287 | 0,47 |
| 0,05 | 6,00 | 287 | 0,36 |
| 0,05 | 8,00 | 287 | 0,38 |
| 0,05 | 10,00 | 287 | 0,76 |

Fuente: Laboratorio de Análisis de Aguas Técnico de la Facultad de Ciencias
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Se procede gráficamente:

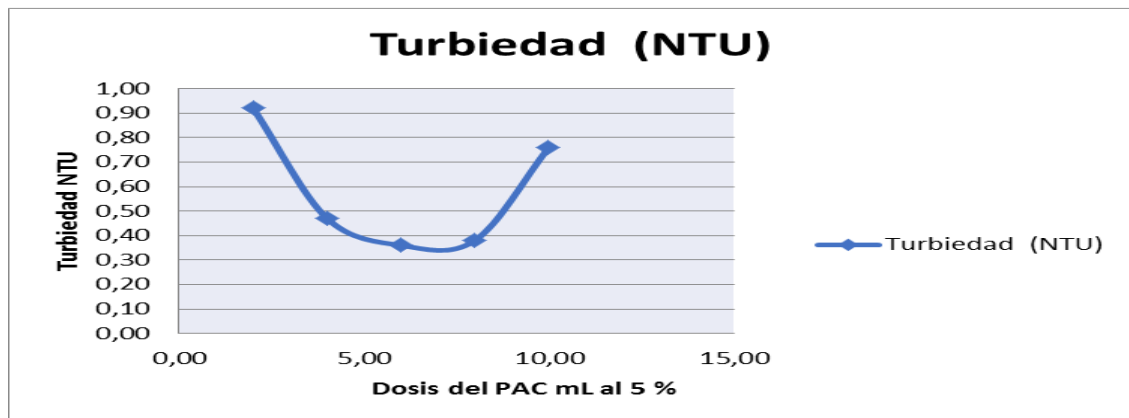
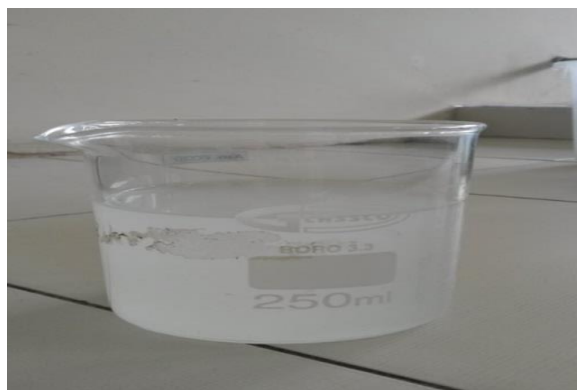


Gráfico 3-1 Test de Jarras y Turbiedad
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

De acuerdo con Romalho (1990, p.557), menciona en su libro de Tratamiento de Aguas Residuales que la dosificación óptima es en el punto más bajo de la curva; por lo tanto se toma la concentración de 0,3 g/L, cuyo volumen necesario es de 6 mL/L

1.3.6.2 Trampa de grasas

La trampa de grasas tiene 2 compartimentos, ambos separados por una rejilla encargada de no dejar pasar sólidos. En el compartimento más grande, por donde llegan los líquidos con sólidos disueltos, la grasa se separa al ser más liviana que el agua. Por el otro compartimento, se colocó 2 litros de agua residual no tratada en la trampa tomándose un tiempo en el proceso de 5 segundos para recorrer la trampa y obtener 1,5 litros de agua limpia. Se demuestra en la figura 1-1 que gran parte de la muestra se ha disminuido las grasas contenidas en la muestra.



Fotografía 1-1 Agua tratada en la trampa de grasa
Realizado por: Apolo Gabriela, 2017

Es muy importante que el desagüe posterior a la trampa tenga un sifón para evitar malos olores dentro del local. La trampa cuenta también con un drenaje y una llave de cierre rápido que va a permitir, luego de evacuar los precipitados, hacer la limpieza, sin necesidad de emplear mangueras y otros accesorios.

1.3.6.3 Filtración con arena, grava fina, grava gruesa

Para el método de filtración del agua residual de la empresa se colocó en un frasco de polietileno una base de grava gruesa, grava fina y arena fina para luego pasar 500 ml de agua no tratada por este medio poroso con un tiempo de filtrado de 6 minutos con 47 segundos y con una muestra filtrada de volumen 482 mL. El volumen perdido de la muestra es de 3,6% a nivel de laboratorio. Según la figura 1-1 la turbiedad y color del agua han sido eliminadas por lo que se estima que se puede generar un segundo filtro para mayor eficiencia del proceso siendo esto último opcional.



Fotografía 2-1 Agua filtrada con arena y grava
Realizado por: Apolo Gabriela 2017

Tabla 17-1 Agua tratada con PAC y arena-grava (Laboratorio de aguas de la facultad de Ciencias ESPOCH)

| Parámetros | Método de Referencia | Límite permisible | Agua residual sin tratamiento | Agua residual tratada | Unidades |
|---------------------|--|-------------------|-------------------------------|-----------------------|----------|
| Aceites y grasas | EPA 418,1 | 70,0 | 384,0 | 55,0 | mg/L |
| Potencial Hidrogeno | PE-LSA-01 | 6-9 | 7,5 | 8,1 | pH |
| DQO | STANDARD METHODS 5220 – mod | 500,0 | 1560,0 | 189,4 | mg/L |
| DBO ₅ | STANDARD METHODS 5210 - B | 250,0 | 984,0 | 70,0 | mg/L |
| Nitrógeno Total | STANDARD METHODS 4500 – N - B mod | 60,0 | 368,3 | 4,0 | mg/L |
| Sulfatos | STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E | 400,0 | 450,0 | 180,0 | mg/L |
| Fósforo Total | STANDARD METHODS 4500-P-E mod | 15,0 | 4,0 | 3,0 | mg/L |

| | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------|---------|-------|------|
| Sólidos en Suspensión | STANDARD METHODS 2540-D | 220,0 | 638,0 | 219,0 | mg/L |
| Sólidos Sedimentables | STANDARD METHODS 2540 - F | 20,0 | 0,3 | 0,1 | mL/L |
| Sólidos Totales | PE-LSA-04 | 1600,0 | 10484,0 | 630,6 | mg/L |
| Turbiedad | STANDARD METHODS *2130 B | - | 287 | 0,36 | NTU |
| Temperatura | | >40 | 21 | 21 | °C |

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Apolo Gabriela, 2017

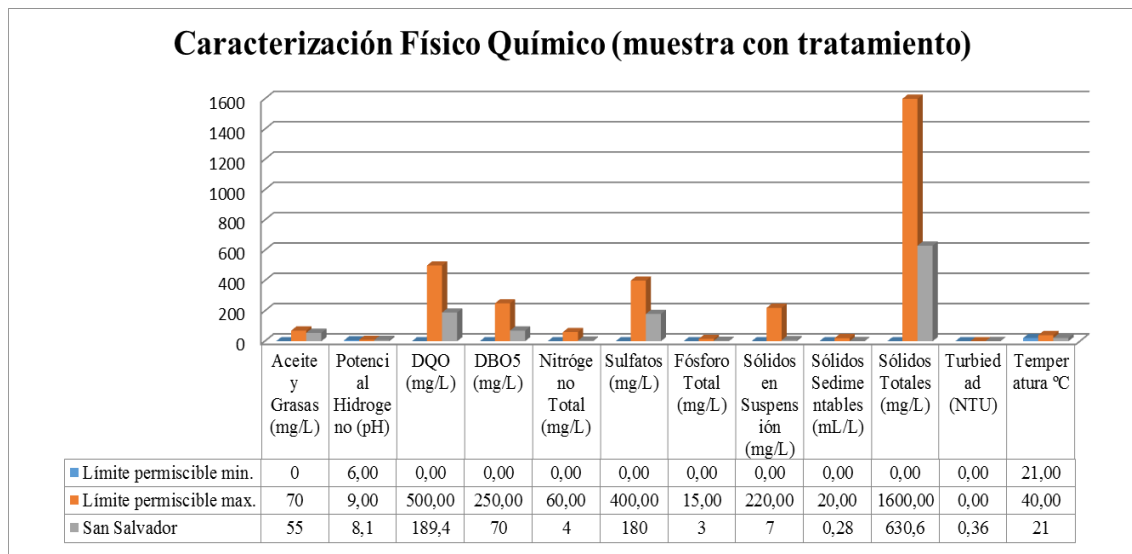


Gráfico 4-1 Caracterización físico - químico del agua residual con tratamiento (Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2017)

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Los parámetros fuera de control como aceites y grasas, DBO5, DQO, Nitrógeno Total, Sulfatos, Sólidos en suspensión, Sólidos totales determinan sus valores, luego del tratamiento, la calidad del agua luego de un proceso de pruebas físicas. En las pruebas de trampa de grasas y de filtración con distintas granulometrías disminuye los parámetros que indican de manera cuantitativa y cualitativa de la clarificación del agua residual de la empresa de Lácteos.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos.

1.4.1 Directos

Los beneficiarios de este proyecto son directamente los propietarios de Lácteos San Salvador, el Ing. Luis Mármol e Ing. Sonia Rodas.

1.4.2 *Indirectos*

Los beneficiarios indirectos son clientes y consumidores de “Lácteos San Salvador” y la ciudadanía de la parroquia Veloz ubicada en la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 General

- ✓ Diseñar un sistema de tratamiento para aguas residuales en la Empresa de Lácteos San Salvador ubicada en la parroquia Veloz de la ciudad de Riobamba para el cumplimiento de las normativas existentes.

2.2 Específicos

- ✓ Realizar la caracterización físico – química de las aguas residuales de Lácteos San Salvador, basadas en los límites de descarga al alcantarillado de la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8
- ✓ Identificar las variables de proceso para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Efectuar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento.
- ✓ Validar el diseño propuesto mediante la caracterización físico – química del agua tratada, en base a los límites de descarga de aguas residuales del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del libro VI Anexo I Tabla 8.
- ✓ Estimar los costos que se solicita para la implementación y ejecución del proyecto del sistema de tratamiento de aguas residuales y los planos correspondientes.

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 *Macrolocalización.*

El presente proyecto se lo realizará en Ecuador en la provincia de Chimborazo de la ciudad de Riobamba en la parroquia Veloz en las calles Primera Constituyente 11-49 entre Cuba y Darquea, sus límites geográficos se muestran en la figura 1-3.

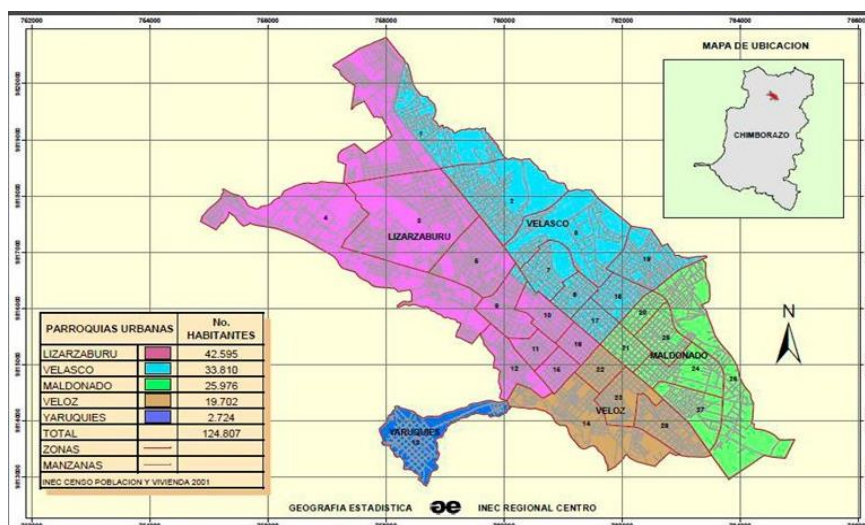


Figura 1-3: Límites geográficos

Fuente: Google Maps, 2016

a) Límites

Riobamba se encuentra limitada de la siguiente manera:

AL NORTE : Con el Cantón Guano y el Cantón Penipe.

AL SUR : Con el Cantón Cañar de la Provincia de Azuay.

AL ESTE : Con la Provincia de Bolívar.

AL OESTE : Con la Provincia de Morona Santiago.

3.1.2 Microlocalización

La ubicación geográfica de Riobamba corresponde a la ubicación geográfica con latitud 1°40'15"S y longitud 78°38'49" O, con una elevación de 2758 m, las coordenadas para Lácteos San Salvador se muestran en la tabla 1-3 y en la figura 2-3.

Tabla 1-3 Coordenadas de Lácteos San Salvador

| COORDENADAS | | |
|-------------|--------|---------|
| | X | Y |
| P1 | 762273 | 9814353 |
| P2 | 762247 | 9814377 |
| P3 | 762226 | 9814352 |
| P4 | 762254 | 9814327 |

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

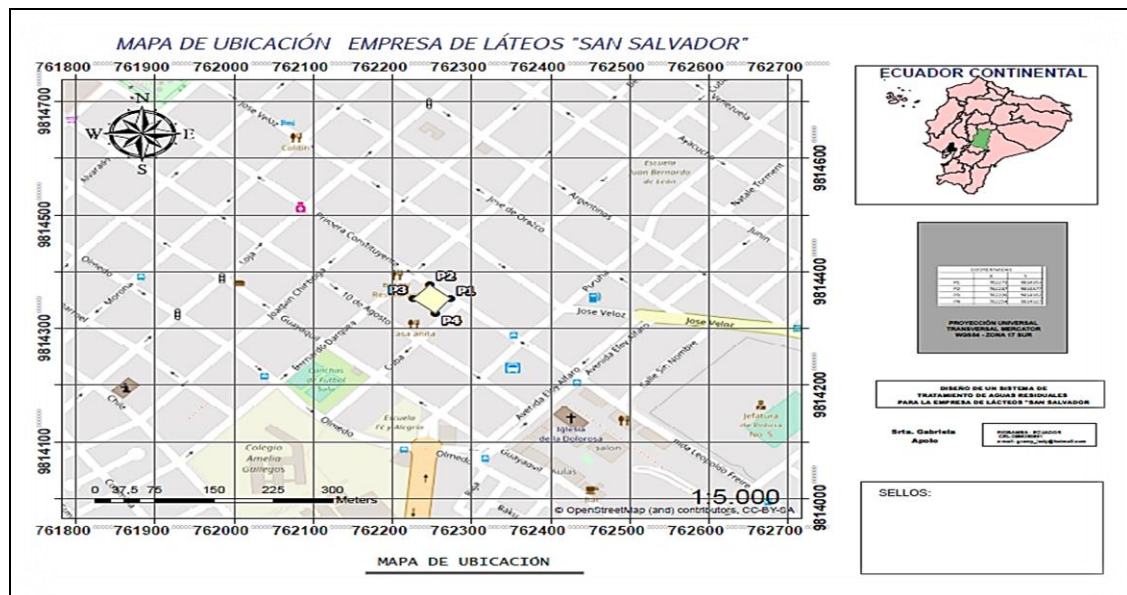


Figura 2-3: Mapa de ubicación de la Empresa de Lácteos “San Salvador”

Fuente: ArcGIS,2016

3.1.2.1 Clima

La ciudad de Riobamba se encuentra en un clima ecuatorial meso térmico semi húmedo, cuya temperatura media es 14 C. Las más altas temperaturas registradas corresponden al mediodía con

23 C, lo que favorece contar con una excelente producción agrícola y frutícola, donde la pluviometría anual promedio es de 500 mm a 1000 mm. (Cañadas L., 1983, p.210)

3.1.2.2 *Suelos*

La altiplanicie de Tapi que va desde los 2500 – 3000 msnm donde se encuentra asentada la ciudad de Riobamba, presenta un pequeño predominio de pequeñas colinas con cimas redondeadas y zonas planas y su morfogénesis está relacionada con las diferentes fases de relleno y depósitos de materiales detríticos en su basamento, los cuales fueron posteriormente cubiertos por potentes depósitos volcánicos provenientes del Chimborazo, de tipo nube ardiente, laharíticos y flujos de lava. (Cañadas L., 1983, p.210)

La geología de la zona está representada por depósitos de origen volcánico y fluvio – lacustre del cuaternario de la formación de Riobamba de la edad pleistocénica, cubierta por estratos, la ceniza y pomes (piroplastos) de diferente espesor y por depósitos aluviales formados por material depositado por el río Chibunga. Formación Riobamba (Pleistoceno) Esta formación constituye la fase laharítica del Chimborazo, como resultado de arrastre de material piroplástico, desde las faldas del volcán, por las corrientes de los deshielos, se trata de un conglomerado volcánico de hasta 100 m de espesor integrado por fragmentos andesíticos angulosos con granulometría que varía entre la fracción arena y los bloques de 1 m de diámetro medio colocados en una matriz y su tamaño más frecuente es el comprendido entre 1 cm y 1 dm, existen bancos inter estratificados de ceniza de grado fino, todo estos materiales volcánicos ayudaron a crear un suelo fértil y propicio para la agricultura. (Cañadas L., 1983, p.210)

3.1.2.3 *Cobertura vegetal y fauna asociada*

Lácteos San Salvador por encontrarse en el perímetro urbano no presenta grandes extensiones de terrenos con muestras vegetativas, es decir, este tipo de ecosistema terrestre presente en esta área exhibe una variedad mínima de especies de flora y fauna características de los centros poblados (ciudades). Estas especies se han adaptado a este hábitat desarrollando características que les permiten vivir en el mismo, por lo tanto, en las villas, casas y/o edificios del área de influencia directa e indirecta se puede observar la presencia de kikuyo, sauces, árboles conocidos como estrella de panamá, durazno, manzana, pino, limón, palmeras, ciprés; plantas de jardín como rosas, dalias, claveles, tilo, cartuchos blancos, plantas ornamentales.

En lo relacionado a la fauna existen animales domésticos (perros, gatos), aves de corral, pájaros (palomas, tórtolas, colibrí, mirlos), estos últimos aparecen dependiendo de la temporada. (Mena, 2005)

3.2 Ingeniería del Proyecto

3.2.1 *Industria Láctea*

Esta industria posee como materia prima la leche producida de las diferentes razas vacunas, el avance de esta industria en la actualidad es considerable gracias a la infinidad de productos que son lanzados al mercado a base de leche y sus derivados, posesionándose del mismo a gran velocidad. La alimentación es mayoritaria en la población infantil y adulta siendo los de mayor consumo: quesos, yogurt, crema, mantequilla, dulce de leche, postres, entre otros. (Cruz J., 2005)

3.2.2 *Agua Residual*

El agua es un recurso fundamental para nuestras vidas y para el conjunto de los ecosistemas existentes en nuestro planeta, de forma que es imprescindible trabajar para disponer de una cantidad de agua suficiente y con adecuada calidad, permitiéndonos conseguir un buen estado de los ríos y acuíferos, gestionando a la vez los riesgos naturales derivados; el agua residual se origina de domicilios, de industrias, y municipalidades y contiene una carga contaminante que la ubica fuera de la normativa debido a sus características físicas, químicas y microbiológicas causando graves peligros a la salud de los seres vivos y al ambiente. (Ramos et al., 2003, p. 24)

3.2.2.1 *Calidad del agua*

Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua, siendo un factor que si sufre algún cambio que afecta directamente a ecosistemas y el bienestar humano. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar. No es simplemente decir que: "esta agua está buena," o "esta agua está mala. (Terry, C., Gutiérrez J., Albó M., 2010, pp. 31-32.)

3.2.2.2 *Clasificación de las aguas residuales*

Se han clasificado de la siguiente manera siendo cada una de ellas una fuente significativa de contaminación:

- **Aguas residuales domésticas**

Son aguas producto de los hogares y viviendas de sus servicios sanitarios, duchas, cocina, aguas de lavado y limpieza, etc. Los principales contaminantes que contienen son gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno, fósforo, microorganismos, grasas y otros en menor proporción. Las mencionadas aguas tienen un 99,9% de agua y tan sólo un 0,1% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Aunque sea escasa la cantidad de sólidos encontrada es suficiente para originar inconvenientes en su tratamiento y disposición final. (Metcalf y Eddy, 1995, p. 45)

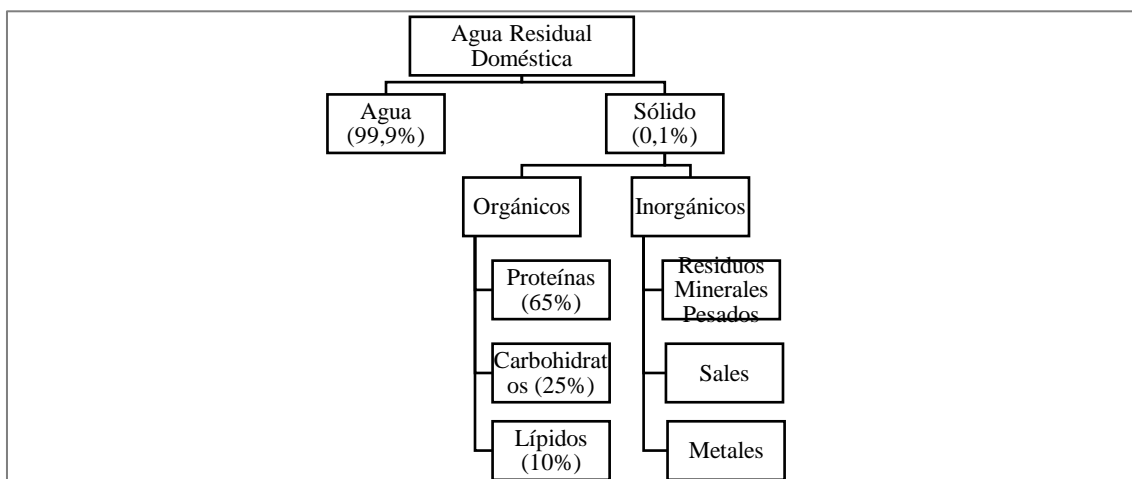


Figura 3-3: Composición típica del agua residual doméstica.

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995

- **Aguas residuales urbanas**

Son las descargas de origen doméstico es decir público. Su depósito en su mayor parte es a través del sistema de alcantarillado. La composición y carga contaminante de las aguas residuales urbanas generalmente presenta cierta similitud, pero esta puede variar de acuerdo a la población en donde se origine. (Metcalf y Eddy, 1995, p. 45)

- **Aguas residuales industriales**

Son los vertidos generados por el desarrollo de actividades de extracción y transformación de los recursos naturales en bienes de consumo que sean necesarios para la población, y que debido a este uso se ha degradado la calidad del agua utilizada en dichos procesos. Además, las características de las descargas dependen de los procesos específicos usados en cada industria que varían de poco a gran impacto ambiental. (Ramos, 2003, pp. 42-43)

- **Aguas residuales agropecuarias**

Son las descargas provenientes de las labores en los campos agrícolas, y como consecuencia arrastran contaminantes de compuestos herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, excrementos de animales, etc., estos contaminantes provocan alteraciones en el equilibrio de la naturaleza. (Metcalf y Eddy, 1995, p. 46)

- **Aguas blancas o pluviales**

Como su nombre lo indica se refiere a las aguas de lluvia que se desliza de los techos, pavimentos, y otras superficies de terreno; acarreando en ella arena, hojas, basura, etc. Se caracterizan por grandes aportaciones intermitentes y escasa contaminación. (Trapote, 2013, p. 15)

3.2.2.3 *Tratamiento de las aguas residuales*

El tratamiento de las aguas residuales tiene elimina la mayor cantidad posible de contaminantes en el agua residual, por medio de procesos y operaciones físicas, químicas y biológicas; de manera que se cumpla con lo estipulado en las normativas existentes y luego puedan ser vertidas o bien ser reutilizadas. Existen algunos tipos de procesos y operaciones unitarias que se complementan entre sí para la depuración de las aguas residuales, considerando comúnmente cuatro niveles de tratamiento que son: pre-tratamiento o tratamiento preliminar (procesos físicos), tratamiento primario (procesos físicos y químicos), tratamiento secundario (procesos biológicos), tratamiento terciario o avanzado (procesos físicos, químicos y biológicos). (Trapote, 2013, p. 16)

- **Pre-tratamiento o tratamiento preliminar**

Abarca una serie de operaciones físicas, cuyo objetivo es separar del agua residual una gran cantidad de material que por su tamaño (ramas, palos, basura, hojas, etc.) o naturaleza (grasas y aceites), puedan causar inconvenientes en las instalaciones (válvulas,

bombas, desgaste de equipos, etc.) y en las etapas consecutivas del tratamiento. (Manahan, 2007, p. 208)

- **Tratamiento primario**

Son procesos físicos o físico-químicos que reducen la materia orgánica y los sólidos que se encuentran en suspensión (sedimentables y/o flotables), presentes en el agua residual. Se considera por lo menos que exista una disminución de un 25%-35% del DBO₅, un 50%-70% del total de sólidos en suspensión y un 30%-40% de las bacterias coliformes. (Manahan, 2007, p. 209)

- **Tratamiento secundario**

Son procesos que incluyen tratamientos biológicos para eliminar la materia orgánica normalmente medida como DBO₅; esto básicamente consiste en el uso de microorganismos que en condiciones aerobias degradan el material orgánico en suspensión o en solución presente en el agua residual hasta niveles aceptables. Son algunos los procesos biológicos que se pueden usar, y su elección depende tanto de lo tecnológico (modo de suministrar el oxígeno que requieren los microorganismos, velocidad a la que éstos metabolizan la materia orgánica) como de lo económico. (Manahan, 2007, p. 210)

- **Tratamiento terciario**

Conocido también como tratamiento global o avanzado, consiste en una serie de procesos físicos, químicos y hasta biológicos, destinados a eliminar los contaminantes aun presentes en mínimas cantidades como: compuestos orgánicos y tóxicos, nutrientes, sólidos suspendidos, etc..., su aplicación representa un costo más elevado que los mencionados anteriormente, es por ello que es usado solo en casos especiales de reutilización para consumo humano, riego de áreas agrícolas, zonas verdes, crianza de peces y demás actividades productivas. (Ramalho, 1990, p.585)

Tabla 2-3: Características de las principales etapas de los tratamientos del agua residual

| | | ÍTEM |
|--|--|------|
|--|--|------|

| Etapas de tratamiento | Mecanismos predominantes | Operaciones o Procesos unitarios | Contaminantes removidos | Eficiencias de reducción |
|-----------------------|--------------------------------|--|--|---|
| Preliminar | Físicos | Rejas o tamices, trituradores, desarenadores, desengrasadores, pre-aireación. | Sólidos gruesos, grasas y aceites | SS: <10% DBO ₅ : <10% Coliformes: ≈ 0% Nutrientes: ≈ 0% |
| Primario | Físicos y químicos | Procesos de separación sólido-líquido: (sedimentación o decantación primaria, flotación, proceso mixto: decantación-flotación) Procesos complementarios: (floculación, coagulación) | Sólidos suspendidos sedimentables y/o flotantes, materia orgánica (parcialmente) | SS: 40-50% DBO ₅ : 25-35% Coliformes: 30-40% Nutrientes: <20% |
| Secundario | Biológicos | Fangos activados o lodos activados, lechos bacterianos, reactores de lecho fijo y sistemas de lagunaje y sedimentación. | Sólidos no sedimentables, materia orgánica suspendida fina /soluble, patógenos | SS: 60-99% DBO ₅ : 60-99% Coliformes: 60-99% Nutrientes: 10-50% |
| Terciario | Físicos, químicos y biológicos | Separación de sólidos en suspensión, adsorción de carbón activado, intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis, oxidación química, métodos de eliminación de nutrientes y sonozone. | Contaminantes específicos, materia orgánica, nutrientes (N y P), patógenos. | SS: >99% DBO ₅ : >99% Coliformes:>99% Nutrientes: >90% |

Fuente: Torres P., 2012

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.3 Relación de Biodegradabilidad

Es de gran importancia el saber sobre la relación entre el DBO₅/DQO y DQO/ DBO₅ del agua residual, para establecer el grado de biodegradabilidad y el posible tratamiento que se le puede proveer; entonces tenemos:

Tabla 3-3: Criterios de biodegradabilidad según la relación DBO₅/DQO

| DBO ₅ /DQO | Carácter |
|-----------------------|--------------------|
| >0,8 | Muy biodegradable |
| 0,7-0,8 | Biodegradable |
| 0,3-0,7 | Poco biodegradable |

| | |
|------|------------------|
| <0,3 | No biodegradable |
|------|------------------|

Fuente: Bedoya J., 2014

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 4-3: Criterios de biodegradabilidad según la relación DQO/ DBO₅

| DQO/ DBO ₅ | Carácter | Tratamiento |
|-----------------------|------------------|---|
| <2,5 | Biodegradable | Sistemas biológicos (Fangos activos, fitorremediadores) |
| 2,5-5 | Biodegradable | Lechos bacterianos |
| <0,3 | No biodegradable | Aplicación de químicos |

Fuente: Vinueza, 2015

Realizado por: Apolo Gabriela, 2017

3.2.4 Mezcladores rápidos mecánicos de turbina

Entre los principales factores que afectan el correcto funcionamiento están: la naturaleza del agua, las variaciones de caudal, la intensidad de agitación, el tiempo de floculación y el número de compartimentos de la unidad. Los floculadores se clasifican en mecánicos o hidráulicos de acuerdo con la clase de energía empleada para movimiento de agitación del agua residual. (Vázquez, Fidel., 2003. p,283)

La mezcla de los coagulantes y floculantes para el proceso de sedimentación de las aguas residuales que se realiza en tanques rectangulares o cilíndricos, el flujo del líquido es detenido en un período determinado y es sacudido por mezcladores hidráulicos o mecánicos produciendo turbulencia, los coagulantes deben ser proporcionados en un solo punto del tanque. El mezclador más frecuente son los mecánicos ya que son de mayor confianza y flexibilidad, los impulsores utilizados son los de paleta, turbina y hélices. El diámetro del impulsor comúnmente es de 30- 50 % del diámetro total del tanque y el rango de velocidades que son recomendados dependiendo el tipo de agua es de 10 a 150 rpm. Se colocan además pequeños deflectores en el interior del tanque a una longitud de 0.10 veces el diámetro del tanque que permiten una mayor potencia a la mezcla y genera gran turbulencia. La una mezcla efectiva se da a través de mezcladores de paleta planos. (Vázquez, Fidel., 2003. p,283)

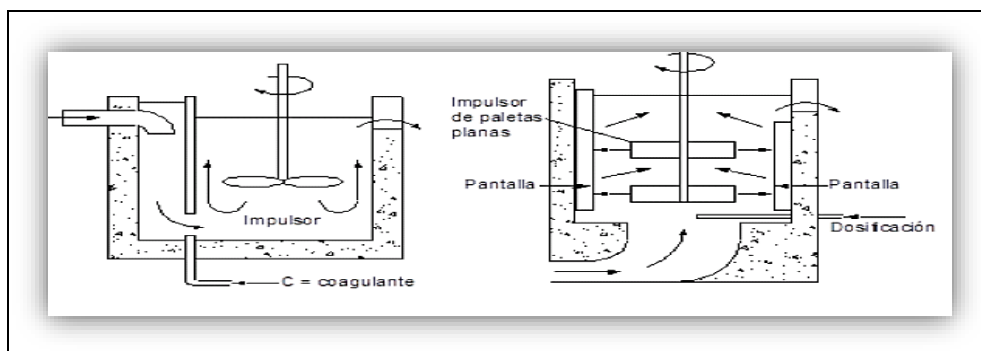


Figura 4-3: Mezcladores de turbina para aguas residuales
Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

3.2.5 Legislación ambiental

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y disposiciones, es de aplicación obligatoria y rige en el territorio nacional. (TULSMA, 2015)

3.2.5.1 Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

- Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado proveniente del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 8. (TULSMA, 2015)
- Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental competente que corresponda. (TULSMA, 2015)
- Cuando los sujetos de control, aun cumpliendo con las normas de descarga, contribuyan con una concentración que afecte a la planta de tratamiento, la Entidad Prestadora de Servicio podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos que deberán realizar para justificar esta decisión. (TULSMA, 2015)

- Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:
 - a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
 - b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
 - c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
 - d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
 - e) Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas.
- ✓ La EPS podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la norma. (TULSMA, 2015).
- ✓ La EPS deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma. (TULSMA, 2015).
- ✓ Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, con los valores establecidos en la **TABLA 8**, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios. (TULSMA, 2015)
- ✓ Cuando los regulados, aun cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que excedan los criterios de calidad, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión. (TULSMA, 2015)

Tabla 5-3 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|--|--|--------|--------------------------|
| Aceites y grasas | Sust. solubles en hexano | mg/l | 70,0 |
| Explosivos o inflamables | Sustancias | mg/l | Cero |
| Alkil mercurio | | mg/l | No detectable |
| Aluminio | Al | mg/l | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 |
| Cianuro total | CN ⁻ | mg/l | 1,0 |
| Cinc | Zn | mg/l | 10,0 |
| Cloro Activo | Cl | mg/l | 0,5 |
| Cloroformo | Extracto carbón cloroformo | mg/l | 0,1 |
| Cobalto total | Co | mg/l | 0,5 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 |
| Compuestos fenólicos | Expresado como fenol | mg/l | 0,2 |
| Compuestos organoclorados | Organoclorados totales | mg/l | 0,05 |
| Cromo Hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/l | 250,0 |
| Demanda Química de Oxígeno | DQO | mg/l | 500,0 |
| Dicloroetileno | Dicloroetileno | mg/l | 1,0 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 15,0 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | TPH | mg/l | 20,0 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 25,0 |
| Manganeso total | Mn | mg/l | 10,0 |
| Mercurio (total) | Hg | mg/l | 0,01 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 |
| Nitrógeno Total Kjeldahl | N | mg/l | 60,0 |
| Organofosforados | Especies Totales | mg/l | 0,1 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,5 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,5 |
| Potencial de hidrógeno | pH | | 6-9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,5 |
| Sólidos Sedimentables | SD | ml/l | 20,0 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | mg/l | 220,0 |
| Sólidos totales | ST | mg/l | 1 600,0 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁻² | mg/l | 400,0 |
| Sulfuros | S | mg/l | 1,0 |
| Temperatura | °C | | <40,0 |
| Tensoactivos | Sustancias Activas al azul de metileno | mg/l | 2,0 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1,0 |
| Tricloroetileno | Tricloroetileno | mg/l | 1,0 |

Fuente: Límites de descarga de aguas residuales de la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8

3.2.6 Determinación de variables diseño

3.2.6.1 Determinación del caudal

- **Caudal**

Es considerado como el volumen de agua residual que avanza por unidad de tiempo, también es denominado caudal volumétrico, gasto volumétrico, índice de flujo, y es expresado en masa o volumen, un elemento para su medición muy empleado es el caudalímetro que se colocan en las líneas de tuberías. (RAMALHO, Rubens., 2003. p.77)

Tabla 6-3 Toma de Caudales

| HORA | TIEMPO (s) | VOLUMEN (L) | CAUDAL (L/s) |
|-------|------------|-------------|--------------|
| 12:00 | 0,27 | 0,243 | 0,90 |
| 16:00 | 0,27 | 0,243 | 0,90 |
| 12:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |
| 16:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |
| 12:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |
| 17:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |
| 12:00 | 0,27 | 0,243 | 0,90 |
| 16:00 | 0,27 | 0,243 | 0,90 |
| 12:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |
| 16:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |
| 12:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |
| 17:00 | 0,26 | 0,25 | 0,96 |

Fuente: Empresa de Lácteos San Salvador

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

El caudal máximo fue 0,96 L/s donde la producción es alta en la empresa de lácteos, este estudio se dio durante un mes pero se tomó como caudal de diseño el valor de 1,2 L/s, este valor cuenta con un factor de seguridad de 20%, factor recomendado por Sotelo, G. (1998).

El caudal se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q= v/t$$

Ecuación 1

Donde:

V = volumen (m^3)

t = tiempo (s)

$$Q = 0.00025 \text{ m}^3 / 0,26 \text{ s}$$

$$Q = 0,00096 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,96 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q = 0,96 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 20\% = 1,2 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q = 1,2 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- ***Método volumétrico***

El método volumétrico es uno de los más simples que consiste en la medición directa de un recipiente de un volumen conocido y graduado, cuyo tiempo de llenado sea controlado mediante un cronómetro. Hay que recalcar que este método solo se emplea para caudales pequeños. El resultado obtenido es empleando la Ecuación 1. (RAMALHO, Rubens., 2003. p.78)

- ***Muestreo simple***

Proporciona características del agua residual en el mismo momento en que la muestra es recolectada. Se utiliza cuando el volumen de agua y su constitución son permanentes, ya que la corriente del líquido residual es discontinuo, cuando el efluente tiene altos niveles de contaminación como pH y temperatura. La cantidad de agua muestreada mínima es de 1 a 2 litros dependiendo de los parámetros que se desea analizar. (RAMALHO, Rubens., 2003. p.78)

3.2.6.2 *Canal de captación*

La captación de aguas residuales hacia un sistema de tratamiento o depuradora se hace mediante un canal rectangular. Se efectúa el diseño para un tratamiento preliminar, es decir, antes de cualquier otro sistema, para su dimensionamiento se considera algunos elementos como: coeficiente de rugosidad, tipo de material, velocidad de flujo, pendiente del canal y una sección geométrica. (Sotelo, G., 1998)



Figura 5-3 Canal de captación hacia el sistema de tratamiento

Fuente: LOZANO, R., 2007

a. Dimensionamiento del canal de captación

- Cálculo del radio hidráulico

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

Ecuación 2

Donde:

RH = Radio hidráulico (m)

h = Altura del canal: 0,40 (m) recomendado en (Sotelo, G. 1998)

b =Ancho del canal: 0,20 (m) recomendado en (Sotelo, G. 1998)

$$RH = \frac{0,20m * 0,40m}{0,2 m + 2 * 0,4 m}$$

$RH = 0,08 m$

- Cálculo de la velocidad del flujo

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

Ecuación 3

Donde:

RH = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente: 0,02 (%) dato recomendado en (Sotelo, G. 1998)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning: 0,013 (*adimensional*), Tabla 6-3

$$v = \frac{1}{0,013} (0,080m)^{2/3} (0,0002)^{1/2}$$

$$v = 0,20 \text{ m/s}$$

Tabla 7-3 Coeficiente de rugosidad

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

Fuente: Sotelo, G. 1998

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

- Cálculo del área del canal de captación

El caudal de diseño es de 1,2 L/s o 0,0012 m³/s es el valor de caudal máximo 0,96 L/s tomado en la empresa con un factor de seguridad de 20%, se afirma este dato debido a que en el tiempo no va a cambiar este valor ya que la empresa no piensa aumentar su producción en los próximos 10 años y si lo hacen contemplan hacerlo en otra localización.

$$A = b * h$$

Ecuación 4

Donde:

b = Ancho del canal: 0,20 (m) dato recomendado en (Sotelo, G. 1998)

h = longitud del canal: 1,00 (m) dato recomendado en (Sotelo, G. 1998)

$$A = 0,20 \text{ m} * 1,00 \text{ m}$$

$$A = 0,20 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la altura máxima de agua

Para la dimensión de un canal abierto tenemos $h=b/2$, en tanto que, $b=2h$, entonces:

$$A = b * h$$

$$A = 2h * h$$

$$A = 2h^2$$

$$h_{max} = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 5

Donde:

A = Área del canal (m^2)

b = Ancho del canal (m),

$$h_{max} = \sqrt{\frac{0,20 \text{ m}^2}{2}}$$

$$h_{max} = 0,32 \text{ m}$$

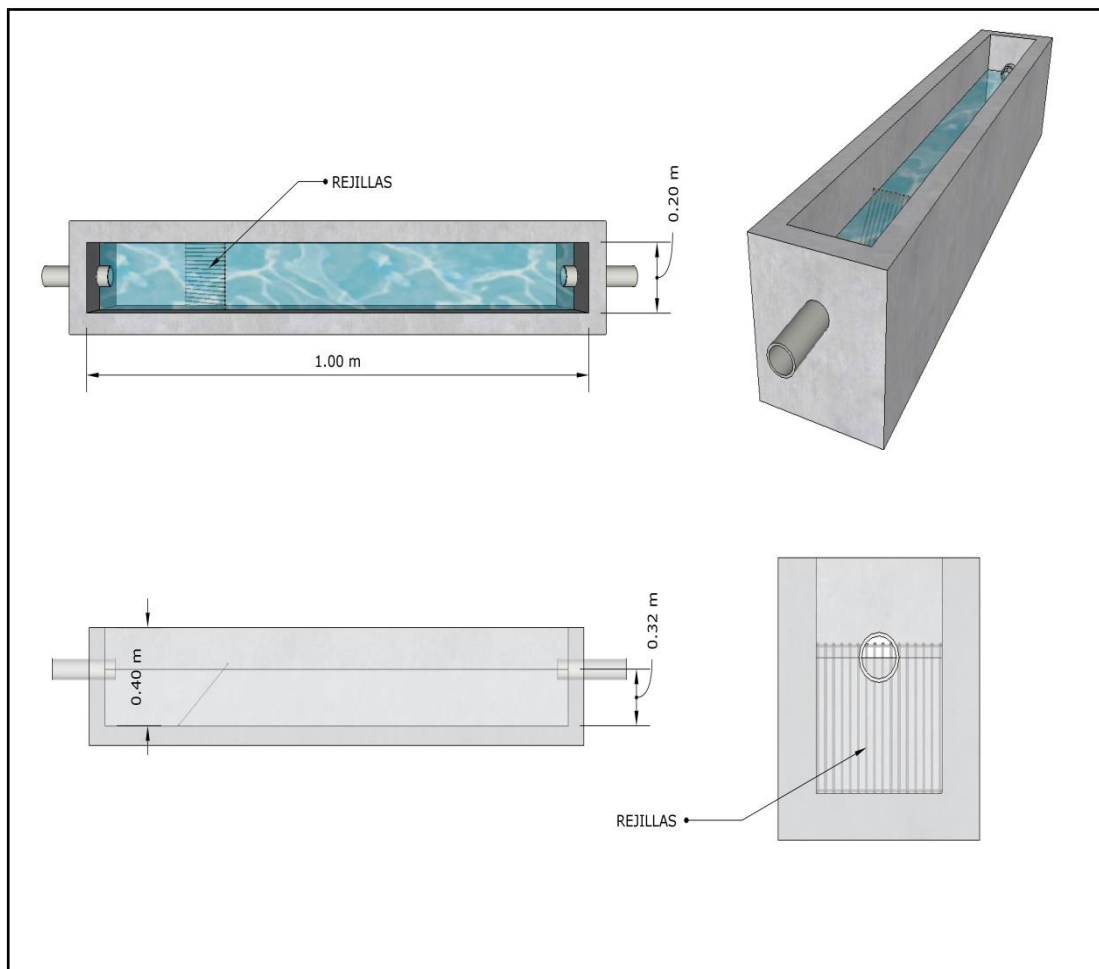


Figura 6-3 Canal de captación hacia el sistema de tratamiento

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.6.3 Rejillas

El sistema de rejillas es imprescindible, debido a que impiden el paso de sólidos flotantes al sistema de tratamiento, removiendo gran parte de estos. La separación entre cada una de estas varía, dependiendo si la barra a emplear es fina, mediana o gruesa como muestra a continuación (Metcalf & Eddy, 1995):

- Finas (< 1,5 cm)
- Medianas (1,5 -5,0 cm)
- Gruesas (> 5,0)

La ubicación de las rejillas debe ser de forma inclinada con respecto al piso del canal donde será instalada para promover una distribución uniforme de los sólidos que serán retenidos en ella. Se selecciona el tipo de rejillas de limpieza manual por ser las más utilizadas. (Metcalf & Eddy, 1995)



Figura 7-3 Rejillas de limpieza manual y mecánica

Fuente: Romero, Jairo. 2008

a) **Número de barras:** Es la cantidad de barras que tendrá la rejilla.

$$Nb = \left(\frac{b}{e + s_b} \right) - 1$$

Donde:

Nb: Número de barras

b: Ancho del canal: 0,20 (m) dato recomendado en (Ras. 2016)

e: Diámetro de barros 0,003 (m) dato recomendado en (Ras. 2016)

s_b: Separación entre barras: 0,005 (m), Tabla 8-3

$$Nb = \left(\frac{0,20}{0,003 + 0,005} \right) - 1$$

$$N_B = 24 \text{ unidades}$$

Ecuación 6

Tabla 8-3: Parámetros de diseño para rejillas.

| Parámetro | Sigla | Unidad | Limpieza manual | Limpieza mecánica |
|----------------------------|----------------|--------|-----------------|-------------------|
| Tamaño de la barra | | | | |
| Espesor | e | cm | 0,6-1,5 | 0,6-1,5 |
| Profundidad o altura | h | cm | 2,5-7,5 | 2,5-7,5 |
| Separación entre barras | s _b | cm | 2,5 – 5,0 | 1,6-7,5 |
| Angulo de inclinación | Ø | ° | 25– 50 | 50-80 |
| Velocidad de aproximación | v _a | m/s | 0,3-0,6 | 0,6-0,9 |
| Perdida de carga admisible | Pc | cm | 15 | 15 |

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 9-3 Coeficiente de pérdida de acuerdo a la forma de las rejillas

| Sección transversal | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|-------|------|------|-------------|
| Forma | A | B | C | D | E | F | G |
| β | 2,48 | 1,83 | 1,67 | 1,035 | 0,92 | 0,76 | <u>1,79</u> |

Fuente: Ras. 2016

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

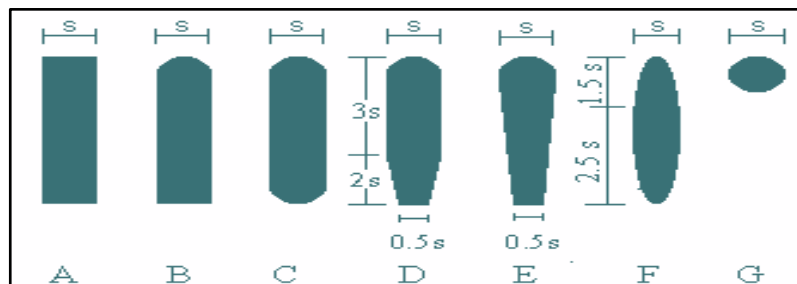


Figura 8-3 Formas de rejillas

Fuente: Ras. 2016

- **Longitud de barras:** Es la extensión que tendrá cada barra y no debe exceder la longitud que permita su limpieza conveniente por el operador.

Ecuación 7

$$L_B = \frac{h_{max}}{\text{Sen}\theta}$$

Donde

h_{max} = Altura máxima de agua (m)

θ = Angulo de inclinación: 45 (*grados*), Tabla 8-3

$$L_B = \frac{0,32 \text{ m}}{\text{Sen } 45}$$

$$L_B = 0,45 \text{ m}$$

- Cálculo del nivel máximo de agua en la rejilla

$$N_{max} = \frac{Q_{diseño}}{v * b}$$

Ecuación 8

Donde:

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

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño (m^3/s)

$$N_{max} = \frac{0,0012 \text{ m}^3/s}{0,20 \text{ m/s} * 0,20 \text{ m}}$$

$$N_{max} = 0,03 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud sumergida

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

Ecuación 9

Donde

N_{max} = Nivel máxima de agua (m)

θ = Angulo de inclinación: 45 (*grados*), Tabla 7-3

$$L_{SR} = \frac{0,03 \text{ m}}{\text{Sen}45}$$

$$L_{SR} = 0,042 \text{ m}$$

- Cálculo de pérdida de carga en la rejilla

$$h_{PR} = \beta \left(\frac{e}{S_b} \right)^{3/2} \frac{v^2}{2g} \text{sen}\theta$$

Ecuación 10

Donde:

g = Gravedad (m/s^2)

β = Coeficiente de pérdida, Tabla 8-3

h_{PR} = Pérdida de carga en la rejilla (*adimensional*)

e = Espesor de barra (m), Tabla 7-3

S_b = Separación entre barras (m), Tabla 7-3

v = Velocidad de aproximación del flujo hacia las rejillas (m/s)

θ = Pendiente en relación a la vertical (*grados*), Tabla 7-3

$$h_{PR} = 1,79 \left(\frac{0,003 \text{ m}}{0,005 \text{ m}} \right)^{3/2} \frac{(0,20 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \text{sen}45$$

$$h_{PR} = 0,0060 \text{ m}$$

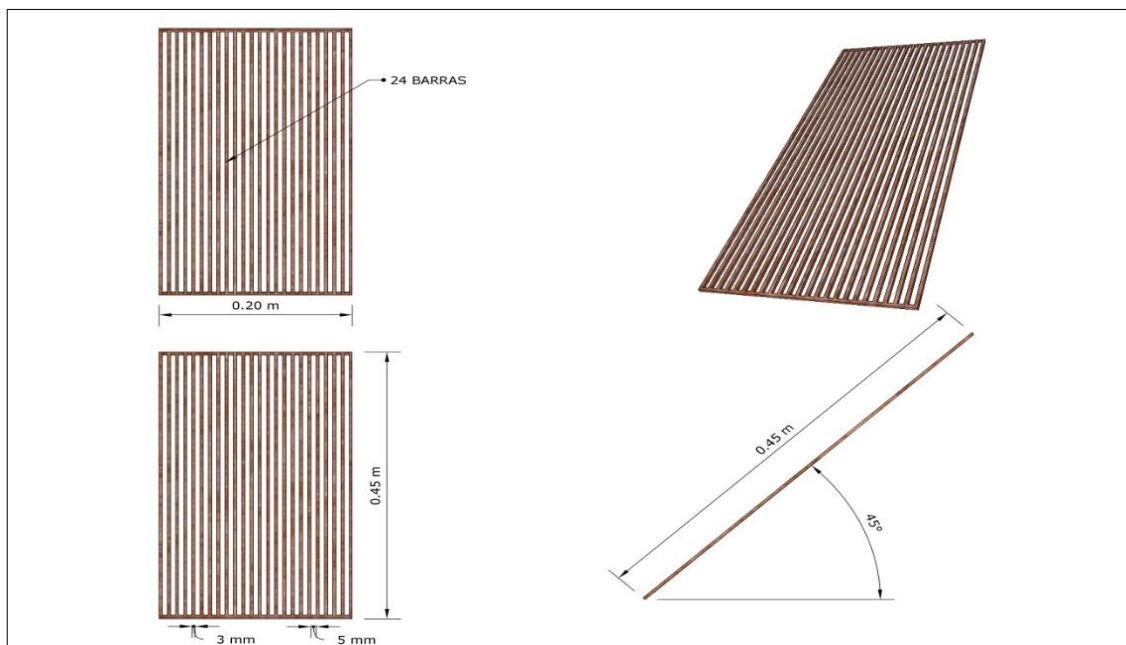


Figura 9-3: Rejillas

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.6.4 Desengrasador

El objetivo de los desengrasadores es remover sustancias que pueden ser de origen natural o sintético conocidas como grasas (sólidos o pastas) y aceites (líquidos), así como espumas y otras materias flotantes más ligeras que el agua, que pueden provocar problemas como el introducir abundante material graso a un sistema de tratamiento. Existen dos tipos de desengrasadores: estáticos y aireados; el más usado en el tratamiento de aguas residuales es el desengrasador estático conocido como trampa de grasas. (UNATSABAR, 2003)

✓ *Consideraciones de diseño del desengrasador*

Esta unidad generalmente es un tanque rectangular empleado cuando el valor de aceites y grasas esta fuera de los límites permisibles, siendo su función posibilitar la flotación del material particulado con menor densidad que la del agua. (UNATSABAR, 2003)

Tabla 10-3: Parámetros de diseño para desengrasadores.

| Parámetro | Rango | Unidad |
|---|------------|-------------------|
| Relación largo/ancho | 2:1-3:2 | - |
| Tiempo de retención | 2,5-45 | Min |
| Profundidad útil | | |
| Mínima | 0,8 | m |
| Máxima | 2,5 | m |
| Velocidad ascendente mínima | 4 | mm/s |
| Diámetro de tuberías de entrada y salida | 3 | Pulg |
| Diferencia dl nivel entre la tubería de entrada y de salida | > 0,05 | M |
| Parte inferior de la tubería de salida | 0,075-0,15 | m |
| Borde libre | ≥ 30 | M |
| Pendiente | 45-60 | ° |
| Carga hidráulica | 4 | L/sm ² |

Fuente: RAS, 2016

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

a) **Área superficial:** Es la extensión que tendrá el desengrasador. Se determina en función del caudal y la carga hidráulica.

$$A = \frac{Q}{C_s} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

A: Área superficial (m²)

Q: Caudal (L/s)

C_s: Carga hidráulica (L/s m²), Tabla 10-3

$$A = \frac{1,2 \frac{L}{s}}{4 \frac{L}{sm^2}}$$

$$A = 0,3m^2$$

b) **Ancho de la trampa de grasas:** Es la extensión o espacio que tendrá el desengrasador.

$$b = \sqrt{\frac{A}{1,5}}$$

Ecuación 12

Donde:

b: Ancho (m)

A: Área superficial (m²)

$$b = \sqrt{\frac{0,3m^2}{1,5}}$$

$$b = 0,44m$$

c) **Longitud de la trampa de grasas:** Es la distancia entre dos puntos.

$$l = 1,5 * b$$

Ecuación 13

Donde:

l: Longitud (m)

b: Ancho (m)

$$l = 1,5 * 0,44 m$$

$$l = 0,66 m$$

d) **Volumen de la trampa de grasas:** Es el espacio que se va a ocupar en un área.

$$V = b * l * h$$

Ecuación 14

Donde:

V: Volumen (m³)

L: Longitud (m)

b: Ancho (m)

h: Altura recomendada (m)

$$V = 0,44m * 0,66m * 0,8 m$$

$$V = 0,23 m^3$$

e) **Tiempo de Permanencia:** Es el periodo de tiempo que permanecerá el caudal a tratar en el desengrasador.

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

Ecuación 15

Donde:

TR: Tiempo de permanencia (h)

Q: Caudal máximo (m³/h), es el tomado cuando la producción en la empresa es máximo. 0,96 L/s
= 3,5 m³/h

V: volumen (m³)

$$TR = \frac{0,23m^3}{3,5m^3/h}$$
$$TR = 0,065 h$$

$$TR = 3,9 min$$

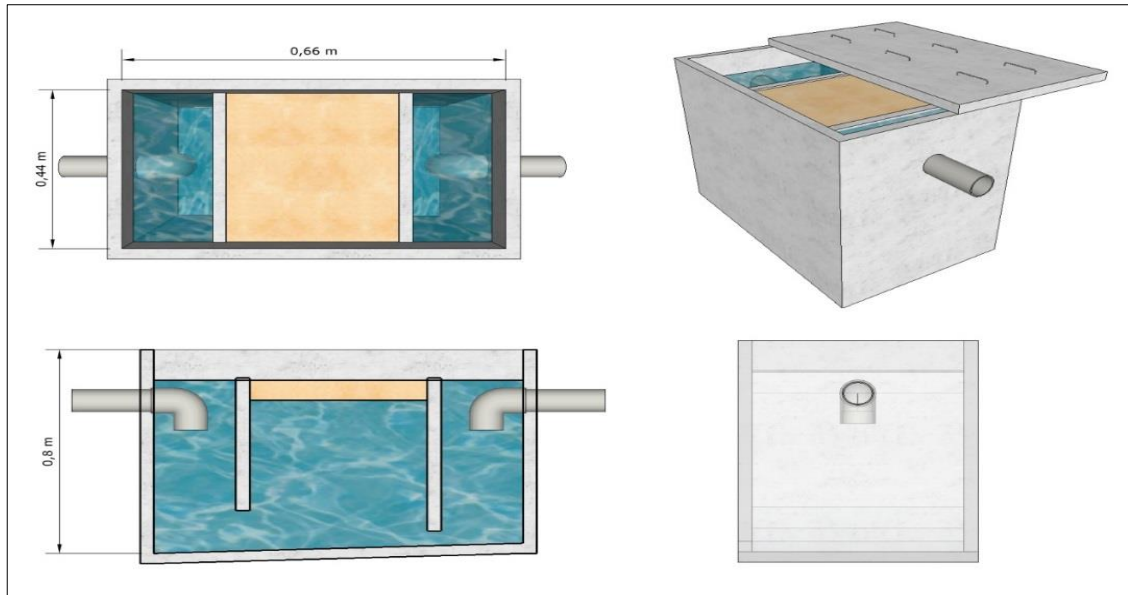


Figura 10-1: Desengrasador simple
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.6.5 Cálculo de la Dosificación

Para dosificar se tomó la concentración de 0,3 g/L, cuyo volumen necesario fue de 6 mL/L después de varias pruebas a diferentes concentraciones recomendadas por (Alvarez, Gina, 2017)

Se procedió de la siguiente manera:

- a. Concentración del PAC del 5% a volumen 2 mL.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 16

$$C_2 = \frac{0,05 \frac{g}{ml} * 2 ml}{1000 ml}$$

$$C_2 = 0,1 \frac{g}{L}$$

- b. Concentración del PAC del 5% a volumen 4 mL.

$$C_2 = \frac{0,05 \frac{g}{ml} * 4 ml}{1000 ml}$$

$$C_2 = 0,2 \frac{g}{L}$$

- c. Concentración del PAC del 5% a volumen 6 mL.

$$C_2 = \frac{0,05 \frac{g}{ml} * 6 ml}{1000 ml}$$

$$C_2 = 0,3 \frac{g}{L}$$

- d. Concentración del PAC del 5% a volumen 8 mL.

$$C_2 = \frac{0,05 \frac{g}{ml} * 8 ml}{1000 ml}$$

$$C_2 = 0,4 \frac{g}{L}$$

- e. Concentración del PAC del 5% a volumen 10 mL.

$$C_2 = \frac{0,05 \frac{g}{ml} * 10 ml}{1000 ml}$$

$$C_2 = 0,5 \frac{g}{L}$$

3.2.6.6 Dimensionamiento para mezclador – sedimentador

El mezclador más frecuente son los mecánicos ya que son de mayor confianza y flexibilidad, los impulsores utilizados son los de paleta, turbina y hélices. El diámetro del impulsor comúnmente es de 30- 50 % del diámetro total del tanque y el rango de velocidades que son recomendados dependiendo el tipo de agua es de 10 a 150 rpm. Se colocan además pequeños deflectores en el interior del tanque a una longitud de 0.10 veces el diámetro del tanque que permiten una mayor potencia a la mezcla y genera gran turbulencia. La una mezcla efectiva se da a través de mezcladores de paleta planos. (Vázquez, Fidel, 2003, p. 283)

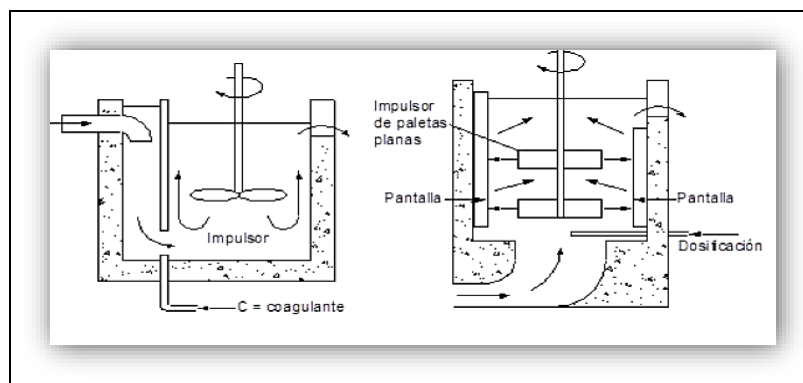


Figura 11-3: Mezcladores de turbina para aguas residuales

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Las especificaciones a tomar en cuenta se detallan a continuación:

Tabla 11-3: Número de potencia para diferente tipo de impulsores

| Impulsor | N° de potencia K |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Hélice pinch cuadrada, 3 aletas | 0,32 |
| Hélice pinch 2, 3 aletas | 1,00 |
| Turbina, 6 aletas planas | 6,30 |
| Turbina, 6 aletas curvas | 4,80 |
| Turbina, 6 aletas punta de flecha | 4,00 |
| Turbina ventilador, 6 aletas | 1,65 |

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 12-3: Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

| Parámetro | Medida |
|------------------------------|---------------|
| Gradiente de velocidad (s-1) | 500 - 1000 |
| Tiempo de retención (s) | 1 - 7 |

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 13-3: Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas

| Temperatura (°C) | Densidad (kg/m³) | Viscosidad Dinámica (N·s/m²) |
|-----------------------------|--|--|
| 15 | 999,19 | 1,139* 10 ⁻³ |
| 16 | 999,03 | - |
| 17 | 999,86 | - |
| 18 | 999,68 | - |
| 20 | 999,49 | 1,102*10 ⁻³ |

Fuente: Mott, Roberth, 2013

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

✓ *Policloruro de aluminio*

Es un polímero que actúa tanto coagulante como floculante es empleado para el tratamiento de clarificación de aguas potables y en algunas ocasiones en aguas residuales de métodos

industriales. Su forma química está compuesto por Policloruro de aluminio en forma de polvo Por su fuerte poder desequilibrador de cargas permite una completa coagulación de los sólidos presentes en el agua residual permitiendo lograr una reducción de los niveles de turbidez, color que es lo que se precisa. Una de las grandes ventajas que presenta es el tratamiento aguas residuales industriales con una elevada cantidad de hierro o en compuesto, aguas duras y que exhiban con color. (Cinética Química, 2016)

✓ *Dimensionamiento de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina*

Se optó por un mezclador rápido mecánico que ayuda a la floculación y como es proceso discontinuo se evitará la creación de un sedimentador puesto que sus flocs serán succionados a través del fondo gracias a una bomba cuando el proceso sea detenido.

Tabla 14-3: Datos para el dimensionamiento del mezclador parido de turbina

| Parámetros | Datos | Unidades | Expresión |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|
| Caudal de diseño | 0.0012 | m ³ /s | Q |
| Tiempo de retención | 7 | Seg | Trh |
| Temperatura promedio del agua | 19 | °C | T° |
| Gradiente de velocidad | 1000 | s ⁻¹ | G |
| Volumen proveniente del sedimentador | 1 | m ³ | V |
| Relación de geometría | $DT/D= 2$ | | a |
| Relación de geometría | $HD= 1$ | | b |
| Viscosidad dinámica | $1,139 \cdot 10^{-3}$ | N·s/m ² | <i>u</i> |
| Número de potencia | 6.3 | | K |
| Densidad del agua | 999.19 | kg/m ³ | ρ |

Fuente: Mott, Roberth, 2013

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

a. Volumen del tanque: Se calcula empleando el caudal para un tiempo determinado, mediante la siguiente ecuación:

$$V = Q \cdot Trh$$

Ecuación 17

Donde:

v= volumen (m³)

Q= caudal (m³ /s)

T= tiempo de retención (s)

$$v=0,0012\frac{m^3}{s}*3600s$$

$$v=4,32 m^3$$

b. **Diámetro de la cámara de mezcla** :El diámetro se determina mediante la siguiente ecuación en la cual se emplean relaciones de geometría:

$$V = \frac{\pi * DT^3}{4} * \frac{a}{b}$$

Ecuación 18

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4*V*a}{\pi*b}}$$

Donde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

V= volumen (m^3)

a= relación de geometría, adimensional (2) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

b= relación de geometría, adimensional (1) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4*4,32*2}{\pi*1}}$$

$$DT = 2,22 m$$

c. **Profundidad de la cámara de mezcla**: Determina el ancho que deberá tener dicho tanque mediante la siguiente ecuación:

$$H = b * \frac{DT}{a}$$

Ecuación 19

Donde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

a= relación de geometría, adimensional ($DT/D= 2$) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

b= relación de geometría, adimensional ($H/D= 1$) (Valor sugerido por el Municipio y EP EMAPAR)

H= Profundidad de la cámara de mezcla (m)

$$H = 1 * \frac{2,22m}{2}$$

$$H = 1,11m$$

d. **Diámetro de la turbina:** El diámetro que posee el disco de la turbina que genera la rotación se determina a través la siguiente ecuación en la cual se emplean relaciones de geometría:

$$D = \frac{DT}{a}$$

Ecuación 20

Donde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

a= relación de geometría, adimensional (2)

D= diámetro de la turbina (m)

$$D = \frac{2,22m}{2}$$

$$D = 1,11 m$$

e. **Anchura de los deflectores:** Los deflectores permiten generar una mayor mezcla por lo que es muy importante el diámetro que posean los mismos.

$$Wd = \frac{D}{10}$$

Ecuación 21

Donde:

Wd= anchura de los deflectores (m)

D= diámetro de la turbina (m)

$$Wd = \frac{1,11 m}{10}$$

$$Wd = 0,11 m$$

f. **Dimensiones de las paletas:** Las dimensiones básicas se determinan mediante el empleo de las siguientes ecuaciones:

$$B = \frac{D}{4}$$

Ecuación 22

$$W = \frac{D}{4}$$

Ecuación 23

Donde:

B= longitud de la paleta (m)

W= alto de la paleta (m)

D= diámetro de la turbina (m)

$$W = \frac{1,11 \text{ m}}{4}$$

$$B = 0,28 \text{ m}$$

$$W = 0,28 \text{ m}$$

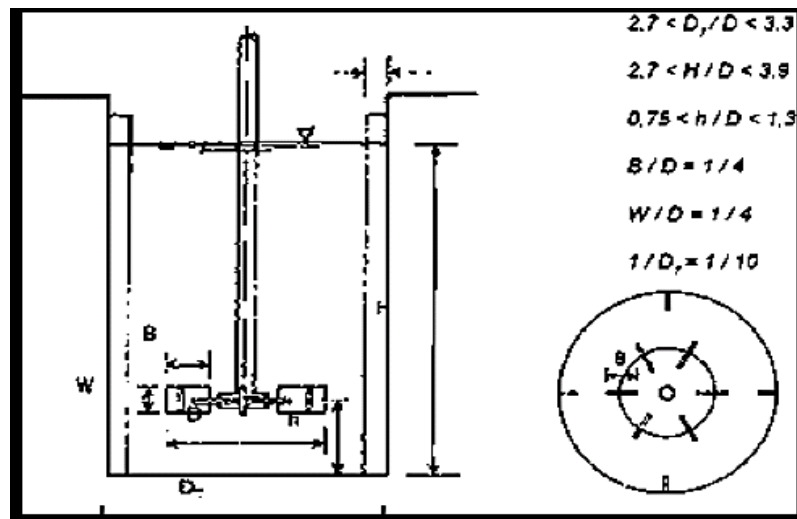


Figura 12-1: Mezcladores de turbina para aguas residuales

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

g. *Potencia aplicada al agua residual:* Es la cantidad de potencia que se requiere para una mezcla adecuada sin romper los flocs generados el proceso de coagulación floculación y se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = u * v * G^2$$

Ecuación 24

Donde:

P= potencia (Watt)

u= viscosidad dinámica ($N \cdot s/m^2$)

v= volumen del mezclador (m^3)

G= gradiente de velocidad (s^{-1}) Tabla 14-3

$$P = 1,102 * 10^{-3} * 4,32m^3 * (1000 \text{ s}^{-1})^2$$

$$P = 4760,64 \text{ Watt}$$

h. Velocidad de rotación: Es el número de revoluciones por minuto generadas en el tanque para que se produzca una mezcla uniforme. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K \cdot \rho \cdot D^5}}$$

Ecuación 25

Donde:

N= velocidad de rotación (rpm)

P= potencia (Watt)

k= número de potencia (adimensional)

ρ = densidad del agua (kg/m^3)

D= diámetro de la turbina (m)

$$N = \sqrt[3]{\frac{4760,64 \text{ Watt}}{6,3 \cdot 999,49 \cdot 1,11^5}}$$

$$N = 0,765 \text{ rps} = 46 \text{ rpm}$$

i. Anchura de las paletas del impulsor: Para calcular el ancho de las paletas se utiliza la siguiente ecuación:

$$q = \frac{D}{5}$$

Ecuación 26

Donde:

q= ancho de las paletas del impulsor (m)

D= diámetro de la turbina (m)

$$q = \frac{1,11}{5}$$

$$q = 0,22 \text{ m}$$

j. Diámetro del disco central: Para calcular el diámetro del disco de la turbina se utiliza la siguiente formula:

$$S = \frac{DT}{4}$$

Ecuación 27

Donde:

S= Diámetro del disco central (m)

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$S = \frac{2,22m}{4}$$

$$S = 0,55 \text{ m}$$

k. Altura del impulsor respecto al fondo del tanque: Para calcular la altura se necesita de la siguiente ecuación:

$$h = \frac{D}{1}$$

Ecuación 28

Donde:

h= altura del impulsor respecto al fondo del tanque (m)

D= diámetro de la turbina (m)

$$h = \frac{1,11m}{1}$$

$$h = 1,11 \text{ m}$$

l. Dosificación de coagulantes-floculantes: Para calcular la cantidad adecuada para la reacción de coagulación-floculación se determina mediante la siguiente formula:

$$D_{PAC} = \frac{V_{TM} * D_{PAC \text{ JARRAS}}}{V_{P. \text{ jarras}}}$$

Ecuación 29

Donde:

V_{TM} = Volumen en el tanque mezclador en litros (L): 8,4 L

$D_{PAC \text{ JARRAS}}$ = Dosis óptima de PAC en la prueba de jarras (mL): 6mL

$V_{P. \text{ jarras}}$ = Volumen vaso de precipitación prueba de jarras (L); 1L

$$D_{PAC} = \frac{4320 \text{ L} * 6\text{mL}}{1\text{L}}$$

$$D_{PAC} = 25.920 \text{ mL} \approx 25,92 \text{ L/día}$$

$$D_{PAC} = 25,92 \text{ L/ día}$$

m. **Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC – P25A):** Datos adquiridos a partir del test de jarras- tabla 16-1

$$C_{PAC} = Conc.PAC * D_{PAC}$$

Ecuación 30

$$C_{PAC} = 0,5 \frac{g}{L} * 25,92 L/día$$

$$C_{PAC} = 12,96 \frac{g}{día}$$

$$C_{PAC} = 0,013 \frac{kg}{día}$$

Las sustancias químicas empleadas serán colocadas en un punto específico del tanque de mezcla rápida, con la finalidad que no se pierda entre los deflectores, disminuyendo la cantidad y su eficacia.

➤ **Zona de recolección de lodos:** Esta zona está constituida por una tolva en donde se recolectan los lodos sedimentados, además de una tubería de diámetro de $\geq 2''$ y una bomba para su traslado periódico. Para una mejor facilidad de deslizamiento de las partículas o material. (Metcalf & Eddy, 1995, p. 55)

➤ **Zona de salida:** Se dará a través de tubos perforados que recolectan el agua tratada evitando perturbar la sedimentación de las partículas depositadas en la tolva. (Metcalf & Eddy, 1995, p. 55)

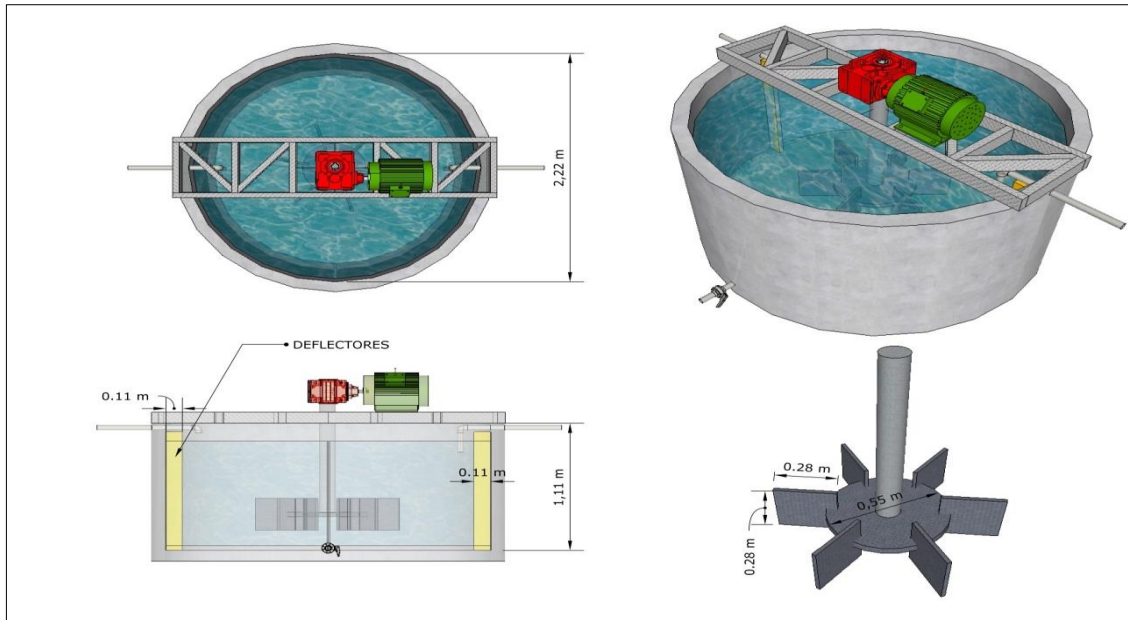


Figura 13-3: Mezclador - Sedimentador

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.6.7 Filtro circular de flujo ascendente

Un filtro retiene partículas contaminantes en el interior del mismo a través de una masa porosa (filtro de arena) o sobre una superficie filtrante (filtro de malla o de anillas). El filtro de arena es eficiente en remover materia orgánica (algas, bacterias, DBO_5 , DQO y restos orgánicos) e inorgánicos contenida en el agua ya sean para potabilización o para tratar aguas residuales que contiene mayor cantidad de contaminantes orgánicos, se llega alcanzar la remoción del 80% de sólidos suspendidos y microorganismos. La eficacia del filtrado depende del tamaño de la arena que, a su vez, determina el tamaño de los poros entre las partículas. (Sotelo, G., 1998)

Los sólidos removidos del agua son retenidos en el lecho del filtro, los mismos deben ser removidos cuando se realiza el lavado en contra corriente, mediante el proceso de drenado por el fondo falso. (Sotelo, G., 1998)

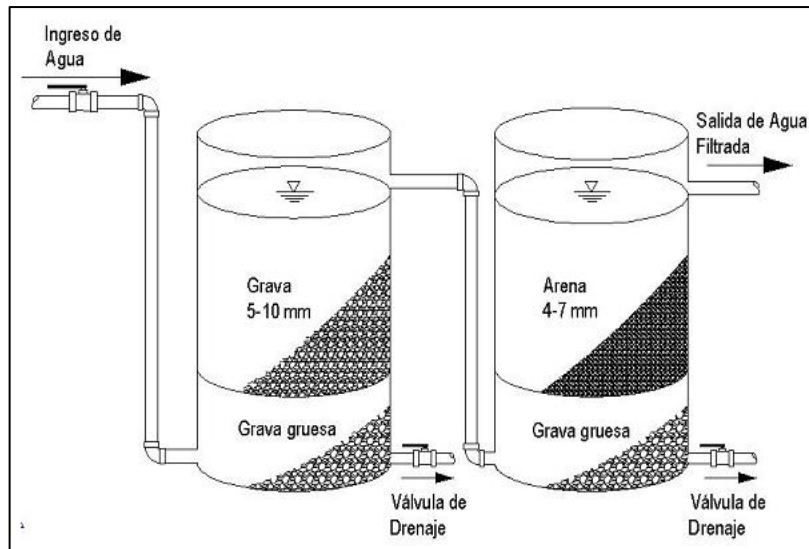


Figura 14-3 Esquema de un filtro ascendente

Fuente: (Sotelo, G., 1998)

Recomendaciones para el funcionamiento apropiado del Filtro Ascendente cuando existe presencia de sólidos o turbiedad en el efluente del filtro, es un indicador de que se debe retrolavar el filtro abriendo la llave de drenaje. Es importante mantener los filtros en trabajo continua para impedir crecimiento de algas en la superficie del relleno. Las llaves de drenaje deben tener diámetros mayores o iguales a 1½ pulgadas para facilitar el drenado (Sotelo, G., 1998)

✓ *Dimensionamiento de un filtro circular de arena ascendente*

a) Cálculo del área del filtro ascendente

Los datos adoptados y fórmulas para los cálculos son de (Marrón, César, 1999.) Para su dimensionamiento se trabajó con el caudal de diseño de 1,2 L/s o 4,32 m³/h, la velocidad de filtración se elige en función de la calidad de agua en un rango de 1-1,5 m/h

$$A_F = \frac{Q_{diseño}}{n_F * v_F}$$

Ecuación 31

Donde:

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño (m^3/h)

n_F = Número de filtros: 2 (*unidades*) dato recomendado por César Marrón, (1999)

v_F = Velocidad de filtración: 1,5 (m/h), Tabla 13-3

$$A_F = \frac{4,32 \text{ m}^3/h}{2 * 1,5 \text{ m/h}}$$

$$A_F = 1,44 \text{ m}^2$$

b) Cálculo del diámetro del filtro ascendente

$$D_F = \sqrt{\frac{4 * A_F}{\pi}}$$

Ecuación 32

Donde:

A_F = Área del filtro (m^2)

$$D_F = \sqrt{\frac{4 * 1,44 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D_F = 1,35 \text{ m}$$

c) Cálculo del radio del filtro ascendente

$$r_F = \sqrt{\frac{A_F}{\pi}}$$

Ecuación 33

Donde:

A_F = Área del filtro (m^2)

$$r_F = \sqrt{\frac{1,44 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r_F = 0,67 \text{ m}$$

d) Cálculo de la altura del filtro

La altura del filtro es conformada por las distintas composiciones del lecho filtrante basados en la fuente bibliografía de César Marrón, (1999, p.14)

$$h_F = F_S(h_{\text{agua}} + h_{\text{borde.agua}} + h_{\text{lecho.f}} + h_{\text{grava}} + h_{\text{grava fina}} + h_{\text{drenaje}})$$

Ecuación 34

Donde:

F_S = Factor de seguridad: 10 (%)

h_{agua} = Altura de la capa de agua sobrenadante: 0,20 (m), Tabla 14-3

$h_{borde.agua}$ = Altura del borde libre: 0,20 (m), Tabla 14-3

$h_{lecho.f}$ = Altura del lecho filtrante: 0,90 (m), Tabla 14-3

h_{grava} = Altura de grava: 0,10 (m), Tabla 14-3

$h_{grava.fina}$ = Altura de soporte de grava: 0,10 (m), Tabla 14-3

$h_{drenaje}$ = Altura del lecho de soporte para el drenaje: 0,15 (m), Tabla 14-3

$$h_F = 1,10 * (0,20 \text{ m} + 0,20 \text{ m} + 0,90 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,15 \text{ m})$$

$$h_F = 1,81 \text{ m}$$

Tabla 15-3 Criterios de diseño para un lecho poroso

| Parámetro | Valor |
|---|-----------|
| Primera capa: Grava | |
| Tamaño (cm) | 1,0-1,5 |
| Espesor de la capa (cm) | 10 |
| Segunda capa: Grava fina | |
| Tamaño (cm) | 0,5-1 |
| Espesor de la capa (cm) | 10 |
| Tercera capa: Arena fina | |
| Tamaño (mm) | 0,3-1,0 |
| Espesor de la capa (cm) | 90 mínimo |
| Altura del borde libre (cm) | 20-40 |
| Altura del agua sobre la superficie de lecho (cm) | ≥ 40 |
| Pendiente del fondo del lecho (%) | ≥ 12,5 |
| Separación de las losas/ladrillos (cm) | 2-3 |
| Ancho de las losas/ladrillos (cm) | 10-15 |
| Velocidad de descarga de lavado (m/s) | 0,02 |
| Velocidad en el canal de lavado (m/s) | 1-1,5 |

Fuente: Marrón Cesar, 1990

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

✓ Sistema de drenaje

e) Cálculo del número de laterales perforadas, (N_L)

La distancia entre laterales, se asume un valor de 0,70 m, sugerido por César Marrón, (1999, p.15)

$$N_L = \frac{2D_F}{S_{EL}}$$

Ecuación 35

Donde:

D_F = Diámetro del filtro: 1,35 (m) dato recomendado por César Marrón, (1999)

S_{EL} = Separación entre laterales: 0,70 (m), Tabla 15-3

$$N_L = \frac{2 * 1,35 \text{ m}}{0,70 \text{ m}}$$

$$N_L = 4,8 \pm 1 \text{ unidades}$$

Tabla 16-3 Criterios de diseño para el sistema de drenaje

| Parámetro | Valor |
|--|----------|
| Separación de los laterales (m) | 0,7-2 |
| Diámetros de los orificios laterales (cm) | 0,1-15,8 |
| Espaciamiento de los orificios de laterales (cm) | 1,3-25 |
| Altura entre tubo y fondo del filtro (cm) | 3,5 |

Fuente: (ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Filtración)

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

f) Cálculo del área de los orificios laterales

El agua atraviesa de la zona de filtración de forma ascendente es recogida por la tubería de salida, que tiene un orificio de 12,7 mm a 50 mm de diámetro de centro a centro, se sugiere que sea de mayor tamaño para facilitar la salida del agua.

$$A_{oL} = \frac{\pi D_{oL}^2}{4}$$

Ecuación 36

Donde:

D_{oL} = Diámetro de orificio: 0,013 (m), Tabla 14-3

$$A_{oL} = \frac{\pi(0,013 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{oL} = 0,000132 \text{ m}^2$$

$$A_{oL} = 1,32 \text{ cm}^2$$

g) Cálculo del caudal en cada orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 37

Donde:

A_o = Área de los orificios laterales (m^2)

v_o = Velocidad de mínimo en los orificios: 0,3 (m/s), Tabla 16-3

$$Q_o = 0,000132 m^2 * 0,9 m/s$$

$$Q_o = 0,000118 m^3/s$$

Tabla 17-3 Criterios de diseño para tuberías

| Parámetro | Valor (m/s) |
|--------------------------------|-------------|
| Velocidad de diseño (afluente) | 0,3-12 |
| Velocidad de diseño (efluente) | 0,9-1,8 |

Fuente: (Romero, J., 2008)

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

✓ *Sistema de lavado de filtro*

h) Cálculo del caudal de lavado

$$Q_{lavado} = A_F * v_{lavado}$$

Ecuación 38

Donde:

A_F = Área del filtro (m^2)

v_{lavado} = Velocidad de lavado: 0,02 (m/s), Tabla 13-3

$$Q_{lavado} = 1,44 m^2 * 0,02 m/s$$

$$Q_{lavado} = 0,0288 \frac{m^3}{s} = 28,8 L/s$$

• Cálculo del área de canal

$$A_{CL} = \frac{Q_{lavado}}{v_{CD}}$$

Ecuación 39

Donde:

Q_{lavado} = Caudal de lavado (m^3/s)

v_{CD} = Velocidad en el canal de descarga: 1,5 (m/s) dato recomendado por Romero, J., (2008)

$$A_{CL} = \frac{0,0288 \text{ m}^3/\text{s}}{1,5 \text{ m/s}}$$

$$A_{CL} = 0,0192 \text{ m}^2 = 1,92 \text{ cm}$$

- Cálculo del ancho del canal de lavado

$$b_{CL} = \sqrt{A_{CL}}$$

Ecuación 40

Donde:

A_{CL} = Área del canal de lavado (m^2)

$$b_{CL} = \sqrt{0,0192 \text{ m}^2}$$

$$b_{CL} = 0,139 \text{ m} = 13,9 \text{ cm}$$

- Cálculo de alto del canal de lavado

$$H_{CL} = \frac{A_{CL}}{b_{CL}}$$

Ecuación 41

Donde:

A_{CL} = Área del canal de lavado (m^2)

b_{CL} = Ancho del canal de lavado (m)

$$H_{CL} = \frac{0,0192 \text{ m}^2}{0,139 \text{ m}}$$

$$H_{CL} = 0,14 \text{ m} = 14 \text{ cm}$$

- Cálculo de la velocidad óptima del lavado de filtro

$$v_{optima} = C_u * D_e$$

Ecuación 42

Donde:

C_u = Coeficiente de uniformidad: 1,8 estipulado en Sotelo, G. (1998)

D_e = Coeficiente de uniformidad: 0,4 (mm) estipulado en Sotelo, G. (1998)

$$v_{\text{optima}} = 1,8 * 0,4$$

$$v_{\text{optima}} = 0,72 \text{ m/min}$$

- Cálculo del volumen de agua requerida para el lavado del filtro

$$V_{LF} = A_F * v_{\text{optima}} * t_{LF}$$

Ecuación 43

Donde:

A_F = Área del filtro (m^2)

v_{optima} = Velocidad óptima del lavado de filtro (m/min)

t_{LF} = Tiempo óptimo de lavado: 15 (min) estipulado en Sotelo, G. (1998)

$$V_{LF} = 1,44 \text{ m}^2 * 0,72 \text{ m/min} * 15 \text{ min}$$

$$V_{LF} = 15,55 \text{ m}^3$$

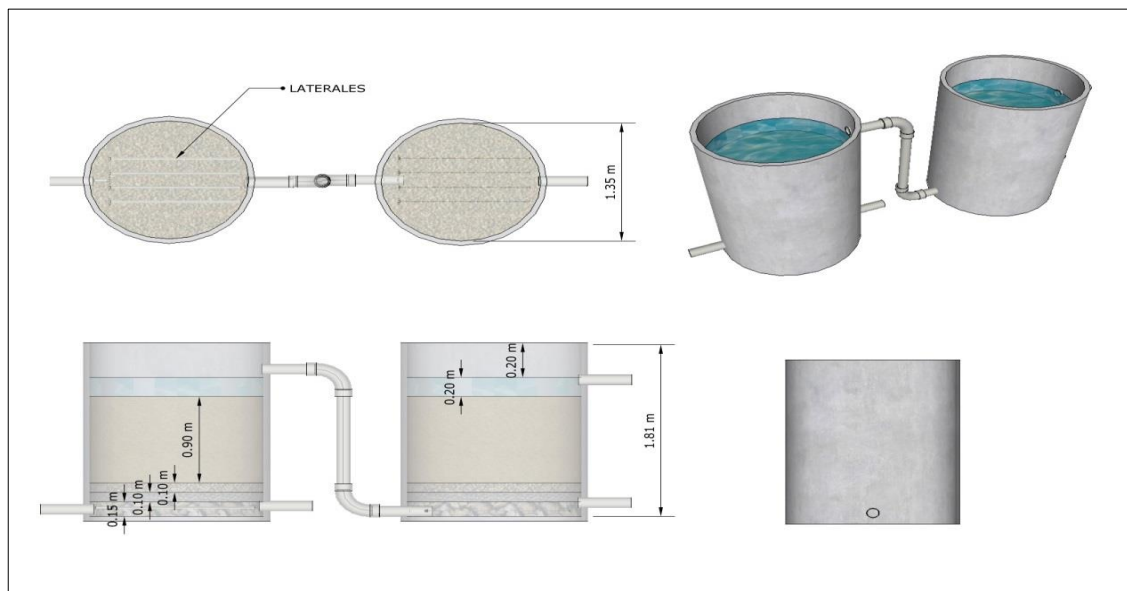


Figura 15-3: Filtro circular de arena ascendente

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.6.8 Lechos de Secado

Son sistemas sencillos de bajo costo que permiten la deshidratación de los lodos digeridos. Estos dispositivos eliminan el agua presente en los lodos a manera de evaporación, obteniendo un material sólido con un contenido de humedad inferior al 70% y puede ser usado como activador

de suelos generando beneficios a un futuro cultivo agrícola, cabe mencionar su bajo costo de construcción. (UNATSABAR, 2005)

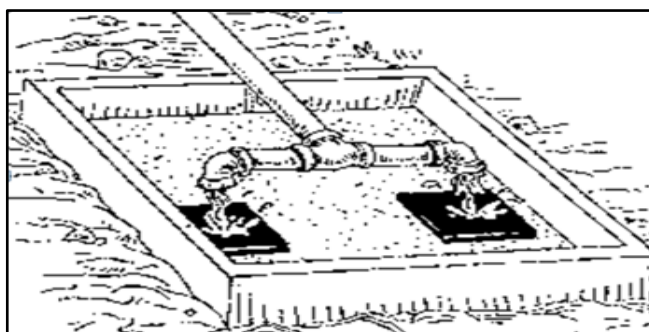


Figura 16-3: Lecho de secado

Fuente: UNATSABAR, 2005

Tabla 18-3: Criterios de diseño para los lechos de secado

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--|-----------|--------|
| Densidad del lodo | 1,01 | kg/L |
| Porcentaje de sólidos | 10 | % |
| Tiempo de digestión de acuerdo a la temperatura | 30 | Días |
| Ancho del lecho de secado | 3-6 | m |
| <i>Área de drenaje</i> | | |
| Distancia de la tubería con respecto al fondo del tanque | 8 | m |
| Diámetro de la tubería | ≤ 200 | mm |
| Carga hidráulica mínima | 1,8 | m |
| Espesor | 0,20-0,46 | m |
| Capa de ladrillos | 10-15 | cm |
| Separación de ladrillos | 2-3 | cm |
| Arena | 0,2-3 | mm |
| Coefficiente de uniformidad | 2-5 | - |
| Grava bajo la arena | 0,30 | m |
| Ancho | 2-6 | m |

Fuente: Normas OPS/CEPIS, 2005

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Para su dimensionamiento se requiere realizar los siguientes cálculos:

Tabla 19-3: Datos para el cálculo de los lechos de secado

| Parámetro | Sigla | Unidad | Valor |
|-------------------------------|-----------|--------|-------|
| Sólidos totales suspendidos** | SS | mg/L | 30,30 |
| Caudal medio de diseño | Q | L/s | 22,93 |
| Densidad del lodo* | Plodo | Kg/L | 1,01 |
| Porcentaje de sólidos* | % sólidos | % | 10,00 |
| Tiempo de digestión* | Td | días | 30,00 |
| Profundidad de aplicación* | Ha | M | 0,50 |

Fuente: **Tabla 12-3; **Tabla 15-1
 Realizado por: Apolo Gabriela, 2017

a. Carga de sólidos que ingresan al mezclador - sedimentador: Para este cálculo es necesario conocer el valor promedio de los sólidos suspendidos obtenidos en la caracterización inicial del agua residual.

$$C = Q * SS * 0,0864 \quad \text{Ecuación 44}$$

Donde:

C: Carga de sólidos que ingresa al mezclador - sedimentador (Kg SS/día)

Q: Caudal medio de diseño de aguas residuales (L/s)

SS: Sólidos en suspensión obtenido en la caracterizada del agua residual (mg/L)

$$C = 1,2 \text{ L/s} * 638,0 \text{ mg/L} * 0,0864$$

$$C = 66,12 \text{ Kg SS/día}$$

b. Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \quad \text{Ecuación 45}$$

Donde:

M_{sd}: Masa de sólidos que conforman los lodos (kg SS/día)

C: Carga de sólidos que ingresa al mezclador - sedimentador (kg SS/día)

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 66,12 \text{ kg SS/día}) + (0,5 * 0,3 * 66,12 \text{ kg SS/día})$$

$$Msd = 21,49 \text{ kg SS/día}$$

c. Volumen diario de lodos a extraerse

$$Vld = \frac{Msd}{plodo(\% \text{ sólido}/100)}$$

Ecuación 46

Donde:

Vld: Volumen diario de lodos digeridos (m³)

M_{sd}: Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg SS/día)

plodo: Densidad de los lodos (Kg/L)

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo.

$$Vld = \frac{21,49 \text{ kg SS/día}}{1,01 \text{ kg/L}(10/100)}$$

$$Vld = 212,77 \text{ L/día}$$

$$Vld = 0,21 \text{ m}^3/\text{día}$$

El porcentaje de lodos se refiere a los sólidos que están presentes en el lodo, y que puede variar entre 8% y 12%

d. Volumen de lodos a extraerse: El lodo que se almacena durante el tratamiento debe ser extraído en un tiempo máximo 30 días pero se propone se retiren cada 15 días debido a que el mezclador - sedimentador se creó para el área que se situó para el tratamiento y al contar con poco espacio se propuso este sistema de tratamiento. (UNATSABAR, 2005)

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Ecuación 47

Donde:

Vel: Volumen de lodos a extraerse del tanque (m³)

Vld: Volumen diario de lodos digeridos (m³)

Td: Tiempo de digestión (días)

$$Vel = \frac{212,77 \frac{\text{L}}{\text{día}} * 30 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{el} = 6,38 \text{ m}^3$$

e. **Área del lecho de secado:** Se la ha diseñado para que su área facilite la recepción de los lodos que generados durante un mes.

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Ecuación 48

Donde:

A_{ls} : Área del lecho de secado (m^2)

V_{el} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3)

H_a : Profundidad de aplicación (m)

$$A_{ls} = \frac{6,38 \text{ m}^3}{0,60 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 10,63 \text{ m}^2$$

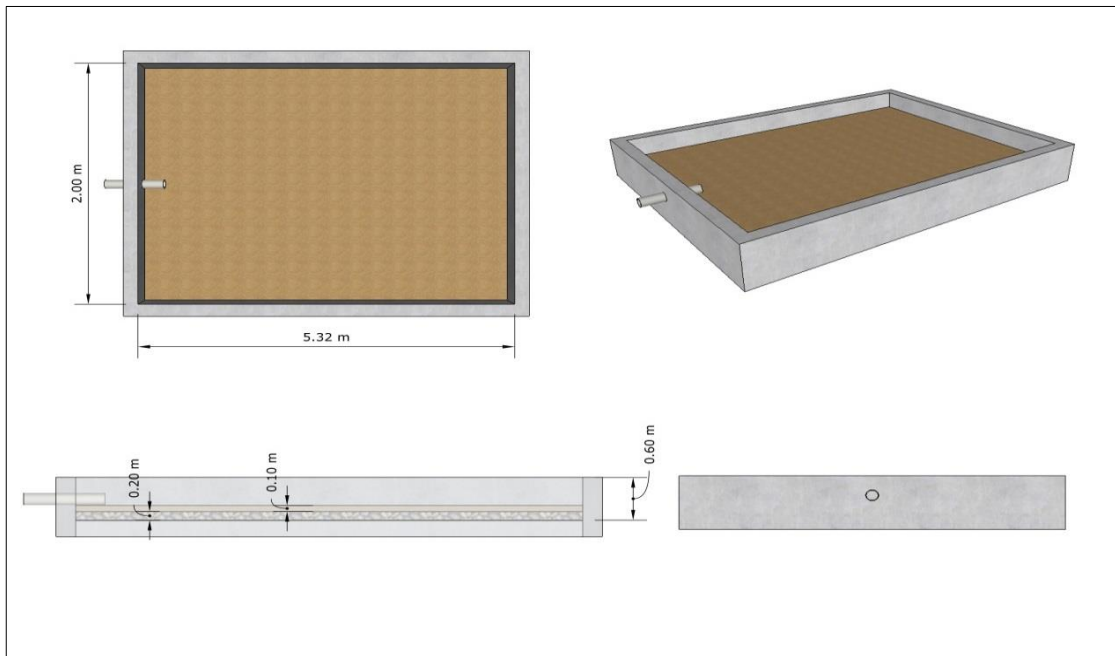


Figura 17-3: Lecho de secado para los lodos

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.7 Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento

3.2.7.1 Canal de captación

Tabla 20-3 Dimensiones del canal de captación

| Parámetros | Simbología | Unidad | Valor |
|------------------------|------------|--------|-------|
| Altura del canal | h | M | 0,40 |
| Ancho del canal | b | M | 0,20 |
| Longitud | L | M | 1,00 |
| Pendiente | S | % | 0,02 |
| Área del canal | A | m^2 | 0,20 |
| Altura máxima del agua | h_{max} | m | 0,32 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.7.2 Rejillas o zona de desbaste

Tabla 21-3 Dimensiones de la zona de desbaste

| Parámetros | Simbología | Unidad | Valor |
|-------------------------|------------|----------|-------|
| Número de barras | N_B | Unidades | 24,00 |
| Ancho del canal | b | m | 0,20 |
| Espesor de barra | e | mm | 3,00 |
| Separación entre barras | S_p | mm | 5,00 |
| Longitud de las barras | L_B | m | 0,45 |
| Ángulo de inclinación | θ | grados | 45,00 |
| Longitud sumergida | L_{SR} | m | 0,04 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.7.3 Desengrasador o trampa de Grasas

Tabla 22-3 Dimensiones del desengrasador o trampa de Grasas

| Detalle | Abreviatura | Unidad | Valor |
|---------------------|-------------|--------|-------|
| Base | B | m | 0,44 |
| Longitud | L | m | 0,66 |
| Altura | H | m | 0,80 |
| Volumen | V | m^3 | 0,23 |
| Tiempo de retención | TR | min | 3,20 |
| Área superficial | A | m^2 | 0,30 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.7.4 Mezclador – Sedimentador

Tabla 23-3 Dimensiones de un mezclador - Sedimentador

| Parámetro | Símbolo | Formula | Unidad | Valor |
|--|--------------|--|----------|---------|
| Alto de paleta | W | $W = \frac{D}{4}$ | m | 0,28 |
| Altura del impulsor respecto al fondo del tanque | H | $h = \frac{D}{1}$ | m | 1,11 |
| Anchura de los deflectores | W_d | $W_d = \frac{D}{10}$ | m | 0,11 |
| Anchura de las paletas del impulsor | q | $q = \frac{D}{5}$ | m | 0,22 |
| Diámetro de la cámara de mezcla | DT | $DT = \sqrt[3]{\frac{4 * V * a}{\pi * b}}$ | m | 2,22 |
| Diámetro del disco central | S | $S = \frac{DT}{4}$ | m | 0,55 |
| Diámetro de la turbina | D | $D = \frac{DT}{a}$ | m | 1,11 |
| Longitud de la paleta | B | $B = \frac{D}{4}$ | m | 0,28 |
| Potencia aplicada al agua residual | P | $P = v * V * G^2$ | $Watt$ | 4760,64 |
| Profundidad de la cámara de mezcla | H | $H = b * \frac{DT}{a}$ | m | 1,11 |
| Velocidad de rotación | N | $N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * D^5}}$ | rpm | 46 |
| Volumen del tanque | V_{tanque} | $V_{tanque} = Q * T * r * h$ | m^3 | 4,32 |
| Dosificación de coagulantes-floculantes | | | | |
| Cantidad de PAC | P_{PAC} | $P_{PAC} = Q * D_{PAC}$ | $kg/día$ | 0,013 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.7.5 Filtro circular con flujo ascendente

Tabla 24-3 Dimensiones de un filtro circular con flujo ascendente

| Parámetros | Simbología | Unidad | Valor |
|---|-------------------|----------|--------|
| Área | A_f | m^2 | 1,44 |
| Diámetro | D_F | m | 1,35 |
| Radio del filtro | r_F | m | 0,67 |
| Altura | h_F | m | 1,81 |
| Medio filtrante | | | |
| Altura de la capa de agua sobrenadante | h_{agua} | m | 0,20 |
| Altura del borde libre | $h_{borde.agua}$ | m | 0,20 |
| Altura del lecho filtrante | $h_{lecho.f}$ | m | 0,90 |
| Altura de grava fina | h_{grava} | m | 0,10 |
| Altura de soporte de grava | $h_{grava\ fina}$ | m | 0,10 |
| Altura del lecho de soporte para el drenaje | $h_{drenaje}$ | m | 0,15 |
| Pendiente del fondo del lecho | | % | 12,7 |
| Sistema de drenaje | | | |
| Distancia entre laterales | S_{EL} | m | 0,70 |
| Número de laterales | N_L | unidades | 4,8±1 |
| Diámetro del orificio | D_{oL} | m | 0,013 |
| Sistema del filtro | | | |
| Área del canal de lavado | A_{CL} | m^2 | 0,0192 |
| Ancho del canal de lavado | b_{CL} | m | 0,139 |
| Alto del canal de lavado | H_{CL} | m | 0,14 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.2.7.6 Lecho de secado

Tabla 25-3 Dimensiones del lecho de secado

| Detalle | Abreviatura | Unidad | Valor |
|---|-------------|-----------|-------|
| Carga de sólidos que ingresan al mezclador – sedimentador | C | kg SS/día | 66,12 |
| Masa de sólidos | Msd | kg SS/día | 21,49 |

| | | | |
|--|-----|----------------|--------|
| Volumen diario de lodos | Vld | L/día | 212,77 |
| Volumen de lodos a extraerse | Vel | m ³ | 6,38 |
| Área del lecho de secado | Als | m ² | 6,38 |
| Ancho del lecho de secado propuesto | B | m | 2,00 |
| Altura o profundidad del lecho de secado | H | m | 0,60 |
| Longitud | L | m | 5,32 |
| Lecho | | | |
| Capa de grava | | m | 0,10 |
| Capa de arena | | m | 0,20 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.3 Proceso de Producción

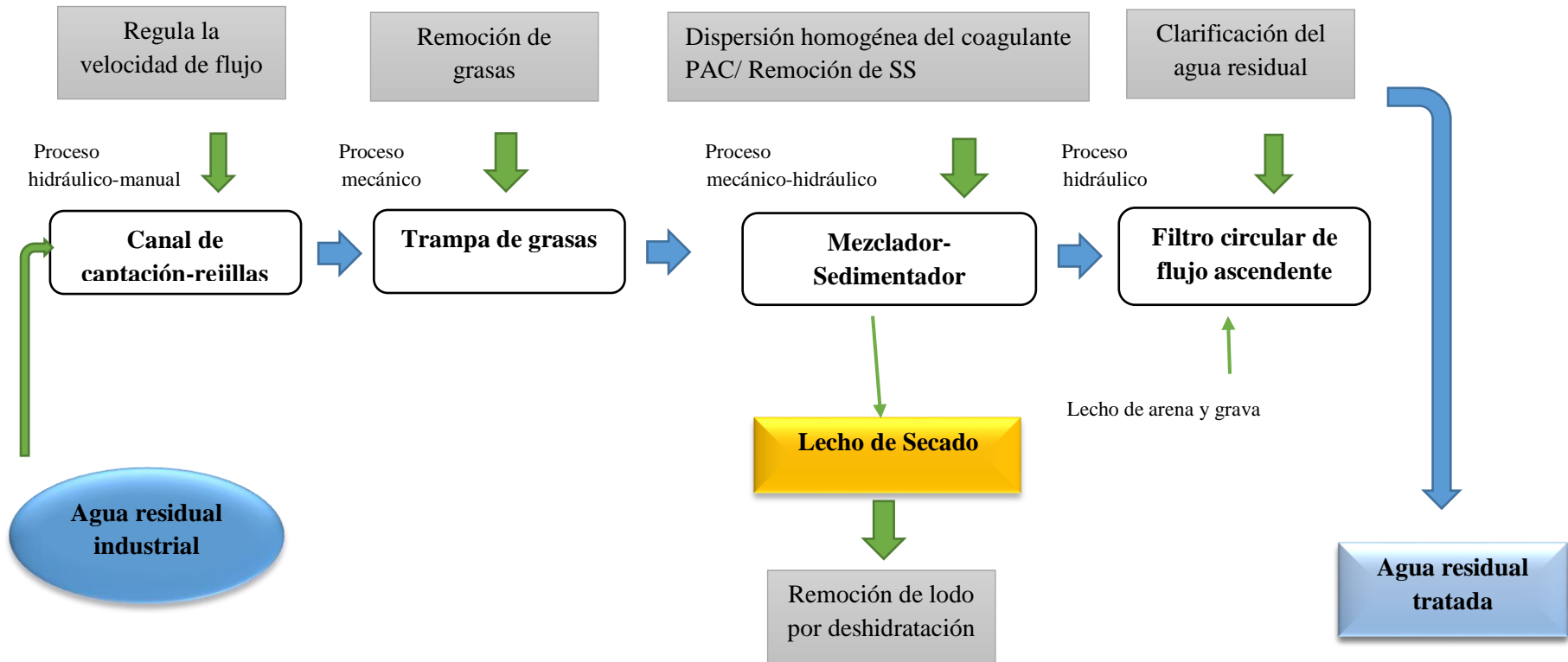


Figura 18-3: Propuesta del Diseño de un Sistema de tratamiento

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

Dentro de los requerimientos para el proyecto se solicitó las instalaciones, los equipos y reactivos con los que cuente el laboratorio de aguas de la ESPOCH de la facultad de Ciencias para los pertinentes estudios que se requirieron para el dimensionamiento y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales y para su comprobación se requirió un análisis adicional en cualquier laboratorio acreditado de aguas.

Tabla 26-3 Requerimientos tecnológicos para la caracterización Físico-Químico del agua residual de la empresa de Lácteos.

| Parámetros | Materiales | Reactivo y equipos | Procedimiento |
|------------------|--|---|---|
| Aceites y grasas | -Embudo de separación de 250ml. -Espátula. -Jeringa. -Matraz aforado de 100 ml. -Papel filtro. -Pipeta. -Probeta de 100 ml. -Soporte universal. | Agua destilada. -Ácido clorhídrico. -Fluorocarbono-113 (disolvente de extracción). -Muestra de agua residual. -Sulfato de sodio. -Balanza Analítica -Espectrofotómetro infrarrojo | Acidificar 1L de la muestra a pH=2 con 5 ml de ácido clorhídrico. -Transferir la muestra a un embudo de separación y añadir 30 ml del disolvente de extracción. -Agitar durante 2 minutos. Dejar que las capas se separen y eliminar el disolvente de la parte inferior de la muestra. -Filtrar el extracto en un matraz aforado de 100 ml que contiene papel filtro humedecido en disolvente y 1 g de sulfato de sodio. -Tomar 5 mililitros del extracto con una jeringa y poner en una cubeta de cuarzo incorporada al espectrofotómetro de infrarrojo o analizador. -Seleccionar el programa para grasas y aceites. Presionar READ. -Leer los datos que aparecen en la pantalla y registrar. |
| DOQ | Tubo de digestión Pipeta volumétrica Viales con reactivos Gradilla | Agua destilada Agua problema Ftalato Ácido de Potasio (KHP). | Homogeneizar 100 ml de muestra durante 30 segundos en una mezcladora. Conectar el reactor de DQO y precalentar a 150°C. Preparar el reactivo para la curva patrón y luego se realizar diluciones del patrón (KHP). Sostener el tubo en un ángulo de 45 grados y adicionar 2 ml de cada dilución a los tubos. Para el punto cero de la curva se utiliza 2 ml de agua destilada. Se tapan los tubos y se los invierte cuidadosamente para mezclarlos completamente. |
| DBO5 | Botella de incubación Tampones de copa Capsula magnética Termómetro y Embudo | Soluciones de tampón de sulfato Solución de sulfato de magnesio Solución de cloruro férrico | Preparar la disolución y la muestra blanca Determinar mediante electrodo selectivo el oxígeno disuelto Incubar durante 5 días en oscuridad a 20°C±1 |

| | | | |
|-----------------------|--|---|--|
| Sólidos sedimentables | Cono Imhoff Vaso 250 ml | Agua destilada Agua problema Hexano | Agitar la muestra y llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra. Dejar sedimentar durante 50 minutos, luego rotar el cono por su eje vertical para que sedimenten también partículas adheridas a la pared, esperar 10 minutos más y realizar la lectura (ml/l). |
| Sólidos totales | Vasos de precipitación Caja Petri Estufa y Desecador Balanza Analítica | Agua problema | Pesar una caja Petri previamente tarada (vacía). Agitar la muestra y colocar 25 mL en la caja. Someter a baño maría hasta sequedad. Introducir a la estufa luego decantar. Dejar por 15 min y pesar. |
| Sólidos Suspendidos | -Desecador. -Filtro de fibra de vidrio. -Vaso de precipitación. -Pinza. | - Muestra de agua residual | -Colocar el cono Imhoff en la base para que quede estático y agregar un litro de muestra previamente homogenizada, hasta la marca indicativa. -Dejar sedimentar 45 minutos, transcurrido este tiempo girar suavemente el cono y dejar 15 minutos más. Registrar el volumen. |
| pH | Vaso de precipitación 250 ml Limpiadores | Agua destilada Agua problema Potenciómetro | Calibrar el potenciómetro. Introducir el electrodo de cristal, esperar que se estabilice el lector. Limpiar el electrodo con agua destilada para un posterior uso. |
| Color | Cubeta de análisis 10 mL Pipeta Limpiadores | HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) Agua destilada Agua problema | Seleccionar el test 125 color 465 nm Muestra preparada Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra. Solución blanca Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra. Limpiar bien en el exterior de la cubeta (el blanco), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha. Seleccionar en pantalla: 0 La pantalla indicara: 0 units PtCo Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha. Seleccionar en pantalla: medición La pantalla indicara: 0 units PtCo |
| Sulfatos | Cubeta de análisis 10 mL Pipeta Limpiadores | Sulfato AV HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) Agua destilada | Seleccionar el test 285 Sulfato AV Muestra preparada Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra. |

| | | | |
|-----------------|--|--|---|
| | | Agua problema | <p>Añadir el contenido de un sobre de reactivo FerroVer en polvo y agitar.</p> <p>Seleccionar en la pantalla del temporizador, pulsar OK y comienza un periodo de reacción.</p> <p>Solución blanca</p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Colocar la solución blanca en espectrofotómetro y su lectura sera de 0</p> <p>Colocar la muestra preparada con las mismas indicaciones y proceder a leer.</p> <p>Cada lectura tiene un tiempo de espera de 5 min.</p> |
| Nitrógeno total | <ul style="list-style-type: none"> -Celdas de 10 ml. -Paños para limpiar las cubetas. -Vaso de precipitación. -Tijera. | <ul style="list-style-type: none"> Agua destilada. Muestra de agua residual doméstica. Sobre de salicilato de amonio (reactivo 1). Sobre de cianuro de amonio (reactivo 2). Equipo Hach | <ul style="list-style-type: none"> -Seleccionar el programa 385 N en el equipo y pulsar ENTER. -Verter 10 ml de muestra en una celda y 10 ml de agua destilada en otra para preparar el blanco. -Añadir el contenido de un sobre del reactivo 1 en cada celda, y homogenizar durante 30 segundos. -Pulsar SHIF TIMER para programar el temporizador a 3 minutos, como periodo de reacción. -Finalizado el tiempo, agregar el reactivo 2 a cada celda y agitar. Se notará una coloración verde indicativo de la presencia de nitrógeno amoniacal. -Pulsar SHIF TIMER para programar nuevamente el temporizador a 15 minutos, como periodo de reacción. -Terminado el tiempo, colocar el blanco en el equipo y pulsar ZERO para encerrar. -Colocar la celda de la muestra preparada y pulsar READ. Anotar los resultados. |
| Fósforo Total | <ul style="list-style-type: none"> -Cubetas de 10 ml. -Vaso de precipitación. -Tijeras. -Paños para limpiar las cubetas. | <ul style="list-style-type: none"> Agua destilada. Muestra de agua residual doméstica. Reactivo Phos Ver 3 Equipo Hach | <ul style="list-style-type: none"> -Seleccionar el programa 79 PO₄ en el equipo y pulsar ENTER. -Verter 10 ml de muestra en una cubeta, añadir un sobre del reactivo PhosVer 3, y agitar aproximadamente unos 30 segundos. -Pulsar SHIF TIMER para programar el temporizador a 2 min, como periodo de reacción de la sustancia. -Verter 10 ml de agua destilada en otra cubeta (blanco). -Limpiar las cubetas con un paño para eliminar cualquier interferencia que pueda afectar la medición o lectura. -Finalizado el tiempo colocar el blanco en el equipo, pulsar ZERO para encerrar. -Después colocar la cubeta con la muestra y pulsar READ. Anotar los resultados. |

Fuente: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 27-3 Requerimiento tecnológico para obtener una muestra compuesta

| Fundamento | Materiales | Procedimiento |
|---|------------------------|--|
| Se establece en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. | Recipientes de vidrio. | Se toma dos muestras durante los días de mayor producción, en los tiempos estimados de limpieza obteniendo 2 muestras compuestas por día y a la semana 12 muestras simples o 6 compuestas. |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 28-3 Requerimiento tecnológico para las pruebas de filtración

| Fundamento | Materiales | Procedimiento |
|---|---|--|
| El proceso de filtración se da de manera natural en las aguas subterráneas y vertientes, el agua transita por medios porosos como rocas, arena, grava y otros materiales granulados, purificándose así misma por ende se pretende imitar este proceso óptimo y de bajo costo. | Envases de polietileno Arena Grava fina y gruesa Zeolita | Se coloca siguiendo este procedimiento: Capa de unos 12 cm de piedras pequeñas. Capa de unos 6 cm de grava Capa de unos 2 cm de grava fina. Capa de unos 6 cm de arena fina. |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.5 Análisis de costo/beneficio del proyecto

3.5.1 Costos operacionales con respecto a las pruebas de tratabilidad

La planta de tratamiento de aguas residuales como lo demuestran las pruebas de caracterización realizadas a la muestra tratada, se eligió trabajar con un tratamiento físico – químico que incluye: una trampa de grasa, un mezclador - sedimentador y un filtro de arena-grava; no se trabajó con zeolita-grava debido a su alto costo en comparación de la arena-grava.

Tabla 29-3 Costos del medio granular

| Medio granular | Cantidad (kg) | Costo \$ |
|-----------------------|----------------------|-----------------|
| Zeolita | 50 | 15,20 |
| Arena | 50 | 8,85 |

| | | |
|--------------|----|------|
| Grava | 50 | 1,25 |
|--------------|----|------|

Fuente: Mercado Libre

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 30-3 Costos del PAC

| Descripción | Unidad | Cantidad (Dosificación kg/día) | Precio Unitario \$ | Precio Total \$ |
|-------------------------|--------|--------------------------------|--------------------|-----------------|
| Policloruro de aluminio | kg/día | 0,013 | 8,40 | 0,10 |
| - | - | TOTAL | | 0,10 |

Fuente: Mercado Libre

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.5.2 Beneficios del proceso de tratamiento físico- químico

3.5.2.1 Porcentaje de remoción

El porcentaje de remoción se adquiere por la diferencia de las cargas contaminantes de entrada (agua cruda) y cargas contaminantes de salida (agua tratada) dividido para cargas contaminantes de entrada y por 100.

Tabla 31-3: Datos para el cálculo de porcentaje de remoción

| Parámetro | Unidad | Valor inicial | Valor final |
|-----------------------|--------|---------------|-------------|
| Aceites y grasas | mg/L | 384 | 55,0 |
| Potencial Hidrogeno | pH | 7,5 | 8,1 |
| DQO | mg/L | 1560,0 | 189,4 |
| DBO ₅ | mg/L | 984,0 | 70,0 |
| Nitrógeno Total | mg/L | 368,3 | 4,0 |
| Sulfatos | mg/L | 450,0 | 180,0 |
| Fósforo Total | mg/L | 4,0 | 3,0 |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 638,0 | 219,0 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 0,3 | 0,1 |
| Sólidos Totales | mg/L | 10484,0 | 630,6 |
| Temperatura | °C | 21 | 21 |
| Turbiedad | NTU | 287 | 0,36 |

Fuente: Laboratorio de análisis técnico - ESPOCH, Laboratorio de servicios ambientales - UNACH

Realizado por: Gabriela Apolo, 2018

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Análisis final} * 100}{\text{Análisis inicial}}$$

Ecuación 51

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - \% \text{ Remoción}$$

a) Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas

$$\% \text{ Remoción} = \frac{55,0 * 100}{384}$$

$$\% \text{ Remoción} = 14,32\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 14,32\%$$

$$\% \text{ Removido} = 85,68\%$$

b) Porcentaje de remoción de DQO

$$\% \text{ Remoción} = \frac{189,4 * 100}{1560}$$

$$\% \text{ Remoción} = 12,14\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 12,14\%$$

$$\% \text{ Removido} = 87,86\%$$

c) Porcentaje de remoción de DBO₅

$$\% \text{ Remoción} = \frac{70,0 * 100}{984,0}$$

$$\% \text{ Remoción} = 7,1\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 7,1\%$$

$$\% \text{ Removido} = 92,8\%$$

d) Porcentaje de remoción de Nitrógeno total

$$\% \text{ Remoción} = \frac{4 * 100}{368}$$

$$\% \text{ Remoción} = 1,1\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 1,1 \%$$

$$\% \text{ Removido} = 98,9\%$$

e) Porcentaje de remoción de Sulfatos

$$\% \text{ Remoción} = \frac{180 * 100}{450}$$

$$\% \text{ Remoción} = 40\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 40\%$$

$$\% \text{ Removido} = 60\%$$

f) Porcentaje de remoción de fósforo total

$$\% \text{ Remoción} = \frac{3,0 * 100}{4,0}$$

$$\% \text{ Remoción} = 75\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 75\%$$

$$\% \text{ Removido} = 25\%$$

g) Porcentaje de remoción de Sólidos en Suspensión

$$\% \text{ Remoción} = \frac{219 * 100}{638,0}$$

$$\% \text{ Remoción} = 34,32\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 34,32\%$$

$$\% \text{ Removido} = 65,7\%$$

h) Porcentaje de remoción de Sólidos Totales

$$\% \text{ Remoción} = \frac{630,6 * 100}{10484,0}$$

$$\% \text{ Remoción} = 6,0\%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 6,0\%$$

$$\% \text{ Removido} = 94,0\%$$

i) Porcentaje de remoción de Sólidos Sedimentables

$$\% \text{ Remoción} = \frac{0,1 * 100}{0,3}$$

$$\% \text{ Remoción} = 33,3 \%$$

$$\% \text{ Removido} = 100 \% - 33,3 \%$$

$$\% \text{ Removido} = 66,7\%$$

j) Porcentaje de remoción de Turbiedad.

$$\% \text{ Remoción} = \frac{0,36 * 100}{287}$$

$\% \text{ Remoción} = 0,13\%$

$\% \text{ Removido} = 100 \% - 0,13 \%$

$\% \text{ Removido} = 99,87$

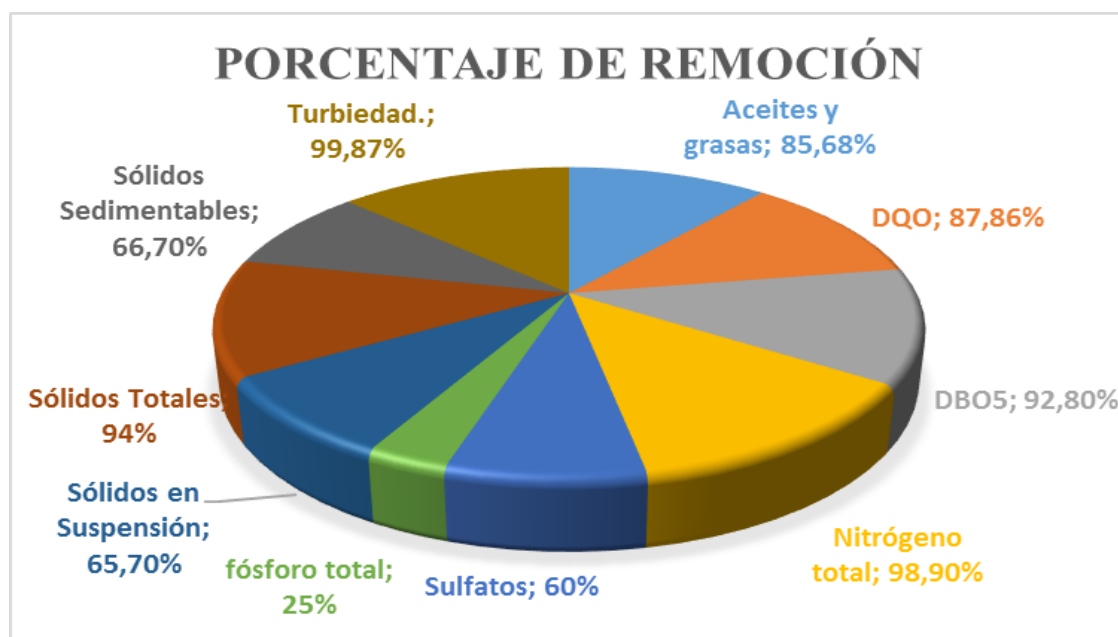


Gráfico 1-3: Porcentajes de Remoción
Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.5.3 Costos/beneficio de implementación de la planta de tratamiento

El tratamiento para las aguas residuales de la empresa de Lácteos San Salvador se dará con un proceso físico - químico, así lo señalan los diferentes análisis realizados de la muestra tratada efectuados en el Laboratorio de Análisis de Aguas Técnico de la Facultad de Ciencias, ESPOCH. El costo está basado en cada una de las unidades de la planta de tratamiento con un valor total de 8557,44 dólares.

Tabla 32-3 Presupuesto de la implementación de la planta de tratamiento

| PRESUPUESTO | | | | | |
|------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|-------------|
| Rubro | Descripción | Unidad | Cantidad total | Costo unitario | Valor total |
| PLANTA DE TRATAMIENTO | | | | | |
| 1 | Replanteo y nivelación (con eq. de precisión) | m ² | 3 | 0,98 | 2,94 |
| 2 | Desbroce para elementos estructurales | m ³ | 8 | 2,5 | 20 |
| 3 | Sum. Trans. E Instalación de Tubería Corrugada unión z d=50mm | m | 1 | 5,5 | 5,5 |

| | | | | | |
|--|--|----------------|-------|--------------|---------|
| 4 | Sum. Trans. E Instalación de Tubería Corrugada unión z d=50mm | m | 1,98 | 6 | 11,88 |
| 5 | Sum. Trans. E Instalación de Tubería PVC 1 mpa. d=50mm | m | 8 | 7 | 56 |
| 6 | Sum. Trans. E Instalación de Tubería PVC 1 mpa. d=50mm | m | 2 | 7 | 14 |
| 7 | válvula de HF tipo Apolo +2 U. Gibauld A d=50mm | U | 2 | 550 | 1100 |
| 8 | válvula de HF tipo Apolo +2 U. Gibauld A d=50mm | U | 2 | 515 | 1030 |
| 9 | Sum. Y coloc. Accesorios. | global | 1 | 250 | 250 |
| 10 | Descarga | U | 1 | 180 | 180 |
| 11 | Bomba | U | 1 | 140 | 140 |
| CANAL DE CAPTACIÓN | | | | | |
| 12 | Excavación en suelo sin clasificar para canal. | m ³ | 0,5 | 2,45 | 1,225 |
| 13 | Replanteo de H.S. f' c=180kg/cm ² | m ³ | 0,7 | 110 | 77 |
| 14 | Hormigón Simple f' c= 210 Kg/cm ² . Incl. Encof y desencof. | m ³ | 0,5 | 160 | 80 |
| 15 | Rejilla de acero lisa e=10mm, Pintura antc.-esmalte | U | 16 | 3 | 48 |
| MEZCLADOR - SEDIMENTADOR | | | | | |
| 16 | Excavación de suelo h=1m | m ² | 3 | 2,75 | 8,25 |
| 17 | Estructura circular de acero inoxidable | m ³ | 4,32 | 412,33 | 1781,26 |
| 18 | Estructura de soporte de acero | u | 1 | 245,5 | 245,5 |
| 19 | Hormigón S. F'c=210 kg/cm ² | m ³ | 4,32 | 105,38 | 455,24 |
| 20 | Turbina de 6 aspas | u | 1 | 125,40 | 125,40 |
| 21 | Pintura de cemento blanco, para exteriores | m ² | 2,44 | 2,08 | 5,08 |
| 22 | Motor de agitación industrial (flow control) | u | 1 | 1270 | 1270 |
| FILTRO CIRCULAR DE FLUJO ASCENDENTE | | | | | |
| 23 | Replanteo y nivelación | m ² | 2,5 | 3,99 | 9,975 |
| 24 | Excavación manual | m ³ | 2 | 8,1 | 16,2 |
| 25 | Replanteo H.S. 140 Kg/cm ² | m ² | 0,4 | 90,11 | 36,044 |
| 26 | Hormigón simple F' C=210 Kg/cm ² | m ³ | 0,8 | 175,13 | 140,104 |
| 27 | Enlucido circular con impermeabilizante | m ² | 2,2 | 9,25 | 20,35 |
| 28 | Encofrado con madera | m ² | 7 | 7,55 | 52,85 |
| 29 | Malla electro soldada 10x10x6mm | m ² | 6 | 5,68 | 34,08 |
| 30 | Grava pedregosa - filtrante | m ³ | 2 | 16 | 32 |
| 31 | Grava Fina – filtrante | m ³ | 2 | 14 | 28 |
| 32 | Tierra – filtrante | m ² | 2 | 12 | 24 |
| LECHO DE SECADO | | | | | |
| 33 | Replanteo de H.S. f' c=180kg/cm ² | m ³ | 0,26 | 110 | 28,6 |
| 34 | Hormigón Simple f' c= 210 Kg/cm ² . Incl. Encof y desencof. | m ³ | 3,02 | 160 | 483,2 |
| 35 | Malla Electrosoldada 6 mm de 15x15 cm | m ² | 16,60 | 1,16 | 19,26 |
| 36 | Suministro y colocación de Ladrillo | m ² | 8,60 | 4,53 | 38,96 |
| 37 | Suministro y colocación de Arena | m ² | 1,72 | 11,26 | 19,37 |
| 38 | Suministro y colocación de Grava | m ³ | 2,58 | 10,00 | 25,80 |
| 39 | Tubería PVC 110 mm y accesorios | mL | 6,50 | 5,46 | 35,49 |
| 40 | Pintura de cemento blanco, para exteriores | m ² | 45,9 | 2,08 | 95,472 |
| | | | | TOTAL | 8047,04 |

SON OCHO MIL CUARENTA Y SIETE 04/100 DÓLARES AMERICANOS

Fuente: Ing. Tenemaza Luis

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

Tabla 33-3 Presupuesto extra de la implementación de la planta de tratamiento

| | Descripción | unidad | Cantidad total | Costo unitario | Valor total |
|----|--|--------|----------------|----------------|---------------|
| 1 | Botellas ambar 1L para el muestreo | U | 8 | 3,80 | 30,40 |
| 3 | Recipientes para medición del caudal | U | 1 | 15,00 | 15,00 |
| 5 | Análisis de laboratorio para caracterización del agua | U | 1 | 110 | 110 |
| 6 | Análisis de laboratorio para caracterización del agua en las pruebas de tratabilidad | U | 1 | 45 | 45 |
| 8 | Movilización | U | | | 80 |
| 9 | Mano de obra para construcción | U | 8 | 18,75 | 150 |
| 10 | Mano de obra para construcción (Instalación de tuberías) | U | 4 | 20 | 80 |
| | TOTAL | | | | 510,40 |

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

3.5.4 *Análisis del proyecto*

Para el diseño de una Planta de Tratamiento de aguas residuales de lácteos requirió un reconocimiento del lugar, el agua residual de la empresa de Lácteos San Salvador se descarga directamente hacia el alcantarillado sin tratamiento, motivo por el cual el objetivo de los gerentes propietarios de la empresa, es tratar las descargas residuales evitando sanciones ambientales.

El muestreo se realizó en un punto vital para una futura unión de las aguas residuales lo que con lleva a una caracterización físico-química.

Las pruebas de tratabilidad fueron netamente físicas y químicas con lechos filtrantes de zeolita, arena, grava y floculante PAC.

También se filtró el agua a través de arena-grava, en la primera etapa de filtración el agua tratada tiene el mismo problema de turbiedad (287 NTU) y Color (221 Und Co/Pt) con estos resultados se optó por una segunda filtración con el mismo medio obteniendo agua clarificada y de mejor calidad la Turbiedad (12,59 NTU), y con ayuda del PAC se logró un (0,36 NTU) y Color (181 Und Co/Pt).

En cualquier proceso se debe considerar los parámetros de control como pH, Turbiedad, además de DQO y DBO₅ que menciona ROMALHO, Rubens. (1990).

La eficiencia del proceso se determina en porcentajes de remoción de los contaminantes del agua residual cruda vs agua residual cruda mediante una caracterización inicial y final, así tenemos: Turbiedad (99,87%), Aceites y Grasas (85,68%), DQO (87,86%), DBO₅ (92,8%), Nitrógeno total (98,9%), Sulfatos (60%), Sólidos en Suspensión (98,9%), Sólidos Totales (94,0%), Sólidos Sedimentables (6,7%), (Ver la Tabla 31-3).

Las diferentes pruebas realizadas en el laboratorio ayudaron a crear el diseño más apropiado para el tratamiento entrando en los límites permisibles.

El proceso requiere de unidades como: Canal de captación con altura (0,30 m), ancho (0,20 m), largo (1,0 m), Rejilla con número de barras (24 u), longitud de barras (0,24), y ángulo de inclinación (45), un Desengrasador con altura (0,80 m), ancho (0,44), longitud (0,66) volumen (0,23 m³), Mezclador-Sedimentador, diámetro de (2,22m), profundidad de (1,11m), Filtro circular de flujo ascendente con diámetro (1,35 m), altura (1,81 m), y radio (0,67 m), Lecho de secado con altura (0,60 m), ancho (2 m), volumen (6,38 m), y longitud (5,32 m)

La caracterización del agua tratada se analizó en un laboratorio certificado presentaron parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO) 189,4,0 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 70,0 mg/L, Aceites y Grasas 55,0 mg/L, pH 8,1, Nitrógeno Total 4,0 mg/L, Sulfatos 180 mg/L, Sólidos Totales 630,6 mg/L, Sólidos Suspendidos 7 mg/L, Turbiedad 0,36 NTU todos ellos están dentro de los límites establecidos por la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8.

3.5.5 Conclusiones

- Se diseñó un Sistema de Tratamiento de aguas residuales de lácteos para la empresa San Salvador, con la finalidad de evitar problemas de salubridad pública, ambiental y su cumplimiento con la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8.
- Se realizó la caracterización físico-química la muestra de aguas residuales de la empresa de lácteos para conocer la concentración de carga contaminante e identificar los parámetros fuera de los límites permisibles, obteniendo los siguientes valores: Demanda Química de Oxígeno

(DQO) 1560,0 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) 984,0 mg/L, Aceites y Grasas 384 mg/L, Nitrógeno Total 368,3 mg/L, Sulfatos 450 mg/L, Sólidos Totales 10484,0 mg/L, Sólidos Suspendidos 638 mg/L, turbiedad 287 NTU.

- Se identificó las variables de diseño con las pruebas de tratabilidad, en las pruebas laboratorio se utilizó medios filtrantes con arena y grava y dosificación con PAC; las variables que se consideran son: caudal de diseño 1,2 L/s, temperatura 21 °C, vida útil de la planta 25 años y los parámetros fuera de norma (DBO_5 , DQO, Aceites y Grasas, Nitrógeno Total, Sulfatos, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Turbiedad).
- Se efectuó los cálculos de ingeniería necesarios para diseñar el Sistema de Tratamiento de aguas residuales; a partir del caudal de diseño máximo, optándose por el proceso compuesto por: un canal de recepción, un desengrasador, un mezclador - sedimentador y dos Filtros circulares de flujo ascendente; disminuyendo la carga contaminante, cumpliendo con la normativa vigente.
- El dimensionamiento del Sistema de Tratamiento propuesto se validó mediante la experimentación y caracterización físico-química del agua residual al final del tratamiento, obteniendo una disminución considerable de los parámetros fuera de norma mencionados con anterioridad, logrando una remoción: DQO 87,86%, DBO_5 92,8%, Aceites y Grasas 85,68%, Nitrógeno Total 98,9%, Sulfatos 60%, Sólidos Totales 94%, Sólidos Suspendidos 65,7%, Turbiedad 99,87%, cumpliendo con los límites permisibles de la norma de calidad ambiental.
- El costo de construcción e implementación de la Planta de tratamiento es de \$ 8557,44 dólares; involucra operaciones desde el replanteo del terreno hasta el funcionamiento del sistema y en los planos de construcción civil constan las dimensiones con un ancho de 2,88m y un largo de 4,4m para ello se ha considerado los resultados del dimensionamiento de cada proceso y valores actuales de los materiales con el fin de obtener un análisis preciso de los costos.

3.5.6 Recomendaciones

- La limpieza manual de las rejillas deberá ser habitual para evitar la acumulación de sólidos, esto debe ser cada 15 días, pero se debe hacer una revisión anual del estado de las rejillas y del fondo del canal en busca de deterioro, corrosión, y obstrucciones. Se debe lijar las barras

de las rejillas con lija de aguas y pintar las rejillas con un material anticorrosivo, para aplacar el deterioro de las mismas y optimizar su funcionamiento.

- Se recomienda un adecuado manejo y retiro de las grasas que se acumulan en el desengrasador con el fin de no provocar olores desagradables por su descomposición, esto debe hacerse cada 15 días.
- Se recomienda que los lodos acumulados en los filtros sean colocados en los lechos de secado para su tratamiento, mientras que la capa extraída de arena durante el raspado sea lavada las veces necesarias para volver a ser usada.
- Los lodos resultantes de la limpieza del mezclador - sedimentador deberán ser tratados mediante una deshidratación por exposición al ambiente para ser enviados a un organismo que trate con dichos residuos.
- Controlar que los parámetros sigan cumpliendo con la norma de calidad ambiental Recurso Agua del acuerdo ministerial 061 TULSMA reforma del Libro VI Anexo I. Tabla 8, mediante análisis físico- químico de manera periódica.

3.6 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

| ACTIVIDADES | TIEMPO (MES) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | | | | | | | | | | |
| | 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 de la Bibliografía | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Realización del borrador del Anteproyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión del borrador del Anteproyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Obtención de Información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corrección de anteproyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación y Aprobación del Anteproyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestreo del agua potable y residual de proceso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caracterización del agua potable y residual de proceso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Identificación de Variables para el diseño | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calculos de ingeniería | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Validación del Diseño | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caracterización final de agua potable y residuales de proceso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión y Corrección | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación final | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 19-3 Cronograma de actividades para el proyecto de titulación

Realizado por: Apolo Gabriela, 2018

BIBLIOGRAFÍA

1. **APHA, AWWA & WEF.** *Standard methods for the examination of water and wastewater.* 22^a ed. Washington, D.C.:Díaz de Santos S.A., 1992, pp. 14,17,19,58-60,120,121
2. **BEDOYA, Juan; et al.** "Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia". *UAEM redalyc.org* [en línea], 2014, (México) 30 (3), p. 280 [Consulta: 22 diciembre 2015.] ISSN 0188-4999. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37031522004>>
3. **CAÑADAS, L.** *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador.* MAG - PRONAREG. Quito, 1983, p. 210.
4. **CENTA.** *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas.* Andalucía-España : Ideasamares, 2008, pp. 22,23,39-43,152.
5. **CINÉTICA QUÍMICA.** *Policloruro de Aluminio.* [En línea]. Ecuador: 2016. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://policlorurodealuminio.com/>
6. **CORONADO Olver, MERCADO Alvaro & CLAROS Leovigildo.** *Menú de alternativas de tratamiento a nivel comunitario y domiciliario.* [En línea]. Cochabamba - Bolivia: 2008. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://casa.fcyc.umss.edu.bo/docs/MENU%20DE%20ALTERNATIVAS%20DE%20TRATAMIENTO%20Texto%20Final.pdf>
7. **CRUZ Julián,** "Industria Láctea". *Virtual Pro.* [En línea]. Colombia: 2005. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <https://www.revistavirtualpro.com/revista/leche--industria-lactea/2>
8. **ECURED,** *Calidad del agua.* [En línea]. Ecuador: 2018. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Calidad_del_Agua.
9. **GARCES, Gloria,** *Microempresa de Lácteos San Salvador.* [En línea]. Ecuador: 2010. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://sansalvador1997.blogspot.com/>

10. **HACH COMPANY**, *Manual de análisis de agua*. [En línea]. USA 2010. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <file:///C:/Users/ciencias/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf>
11. **MENA, Patricio**. *Ecología y Biodiversidad del Ecuador*. [En línea]. Ecuador 2005. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/49905.pdf>
12. **METCALF & EDDY**. *Ingeniería de Aguas Residuales*. 3ª ed. Madrid-España : McGraw Hill, 1995, pp. 41-95.
13. **MANAHAN, Stanley**. *Introducción a la Química Ambiental*. México D.F.- México : Reverté S.A., 2007, pp. 209-210.
14. **MARRÓN, S**. *Planta de Tratamiento por Filtración Lenta: Diseño y Operación y Mantenimiento*". Lima-Perú: ISBN, 1999, pp. 14-16.
15. **NTE INEN 2 176:98**. *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*. [En línea]. Ecuador 1998. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://archive.org/stream/ec.nte.2176.1998#page/n0/mode/2up>
16. **RAMOS, Raudel; el al**. *El agua en el medio ambiente. Muestreo y análisis*. Baja California-EE.UU.: Plaza y Valdés S.A. de C.V., 2002, pp. 13,42,43.
17. **RAS**. *Título D:Sistema de Recolección y Evacuación de aguas Residuales Domésticas y aguas lluvias*. p. 35, 37. [En línea]. Colombia : s.n., 2016. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_D.pdf
18. **RIVERA A., GONZÁLEZ J.S., & MARTÍNEZ J.M., FERRY C.C**. *Generación de residuales líquidos por la industria alimentaria. Manual para la gestión eficiente del agua en la Industria Alimentaria*. ONUDI/IIIA, 2007, pp. 68-77.
19. **ROMALHO, Rubens**. *Tratamiento de Aguas Residuales*, 1990, pp. 557-560

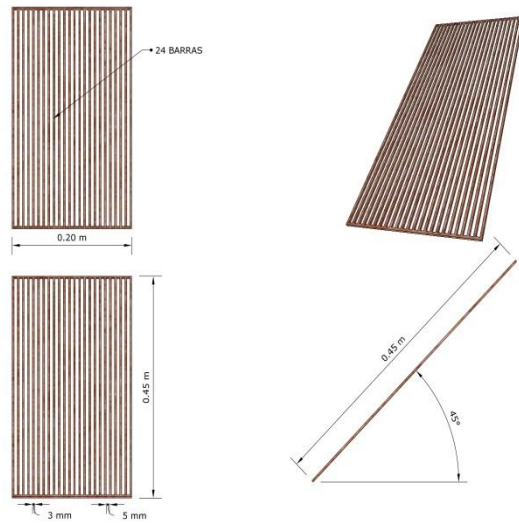
20. **ROMERO, Jairo.** *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño*. 3ra ed. Bogotá-Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, pp. 67,71,74,23,706,707
21. **SAINZ, Juan.** *Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Madrid-España : Fundación EOI, 2007, p. 38.
22. **SOTELO, G.** *Hidráulica General*. [En línea]. Limusa - Mexico. 1998. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: http://www.quieroapuntes.com/hidraulica_3.html
23. **TERRY, C., GUTIÉRREZ J.B., ALBÓ M.** *Impactos ambientales de los constituyentes de las aguas residuales. Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental*. CIGEA. ISBN 978-959-283-023-9, 2010, pp. 31-32.
24. **TORRES, Patricia.** "Perspectivas del Tratamiento anaerobio de Aguas Residuales domésticas en países en desarrollo". *Revista EIA* [en línea], 2012, (Medellín) 1 (18), p. 118 [Consulta: 20 enero 2018]. ISSN 1794-1237. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372012000200010.
25. **TULSMA.** *Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua*. Quito-Ecuador : s.n., 2015, pp. 20-21.
26. **TRAPOTE, Arturo.** *Depuración de aguas residuales urbanas*. Alicante-España : Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2013, pp. 15,21.
27. **UNATSABAR Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural.** *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores* [En línea]. Lima: 2005. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>
28. **UNATSABAR.** *Especificaciones Técnicas para el diseño de Trampa de Grasa*. [En línea]. Lima-Perú: 2003. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/etTrampa_grasa.pdf

29. **UNATSABAR Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural.** *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización.* [En línea]. Lima: 2005. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf
30. **VINUEZA, Jenn.** *Determinación de la Demanda Química de Oxígeno.* [En línea]. Quito, 2015. [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <https://www.clubensayos.com/Ciencia/DETERMINACION-DE-LA-DEMANDA-QUIMICA-DE-OXIGENO/2868232.html>.

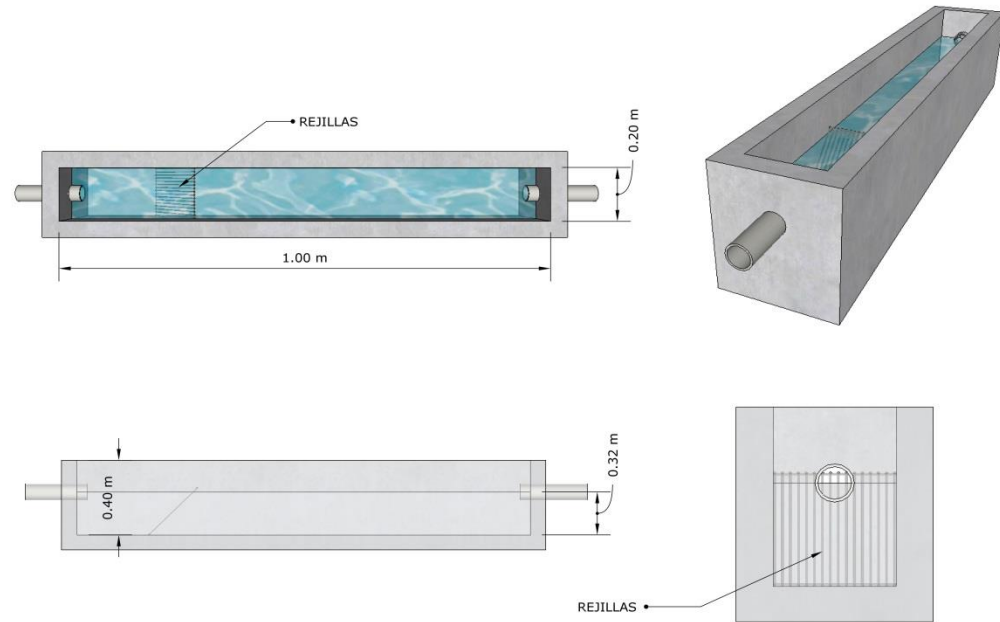
ANEXOS

Anexo A. Rejillas metálicas y canal de recepción

a.

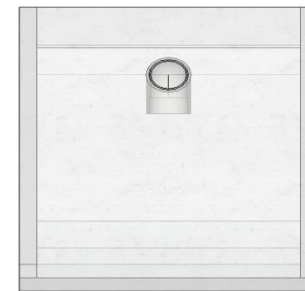
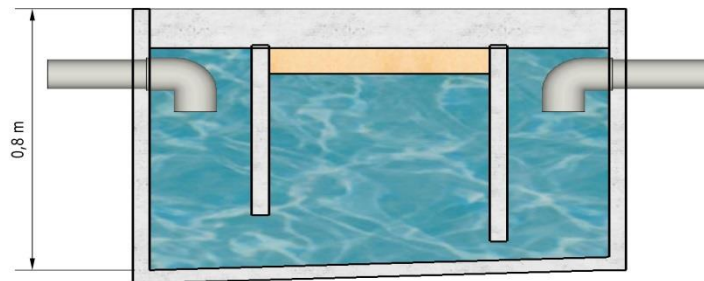
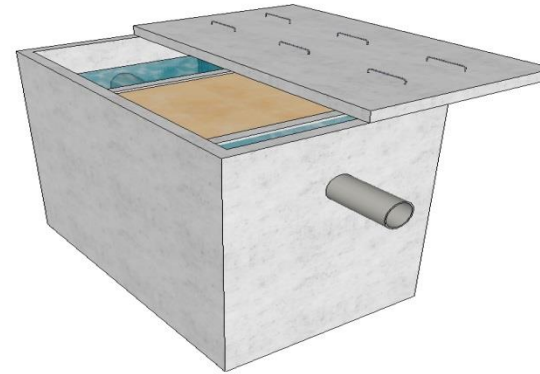
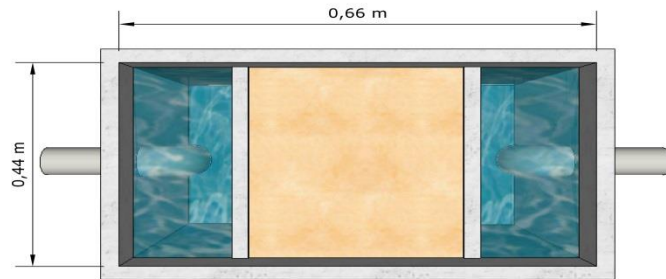


b.



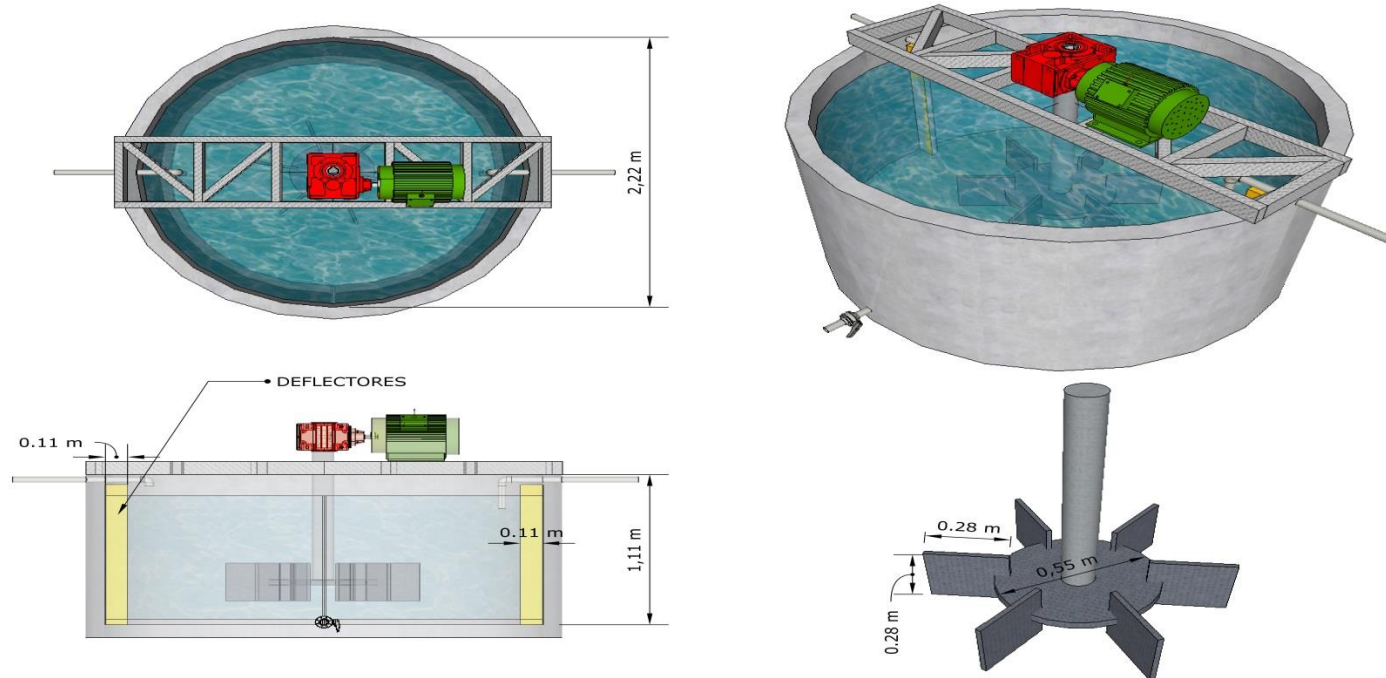
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | REJILLAS METÁLICAS Y CANAL DE RECEPCIÓN | | |
|--|--|--|---|---------------------|----------------------------|
| a. Dimensión de las rejillas metálicas b. Dimensión del Canal de recepción de agua. | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | Lámina 1 | Escala A4 | Fecha 19/02/2018 |

Anexo B. Desengrasador o trampa de grasas



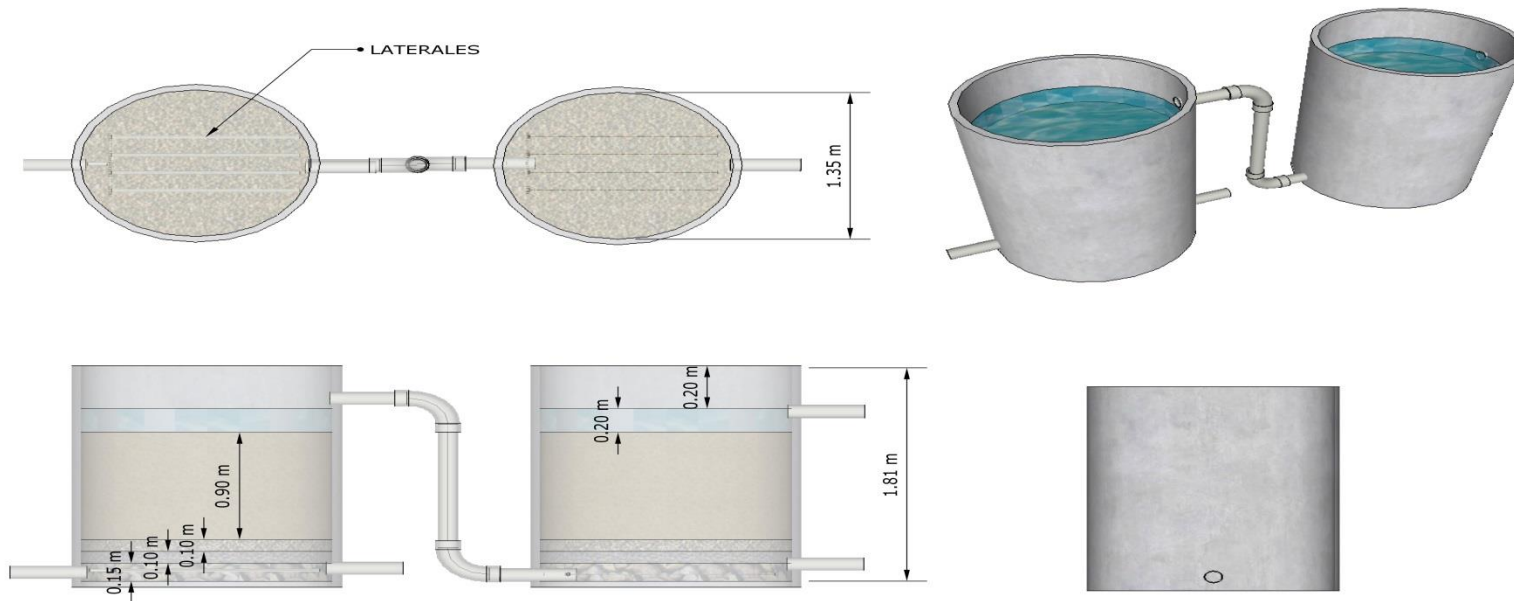
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | DESENGRASADOR O TRAMPA DE GRASAS | | | | | |
|---|--|--|--|-------|------------|--------|--------|-------|
| Dimensiones del desengrasador o trampa de grasas. | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1597 1318 1749 1350">Lámina</th> <th data-bbox="1749 1318 1904 1350">Escala</th> <th data-bbox="1904 1318 2051 1350">Fecha</th> </tr> </thead> </table> | | | Lámina | Escala | Fecha |
| | Lámina | | Escala | Fecha | | | | |
| | <table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="1597 1350 1749 1378">2</td> <td data-bbox="1749 1350 1904 1378">A4</td> <td data-bbox="1904 1350 2051 1378">19/02/2018</td> </tr> </tbody> </table> | | 2 | A4 | 19/02/2018 | | | |
| 2 | A4 | 19/02/2018 | | | | | | |

Anexo C. Mezclador - Sedimentador



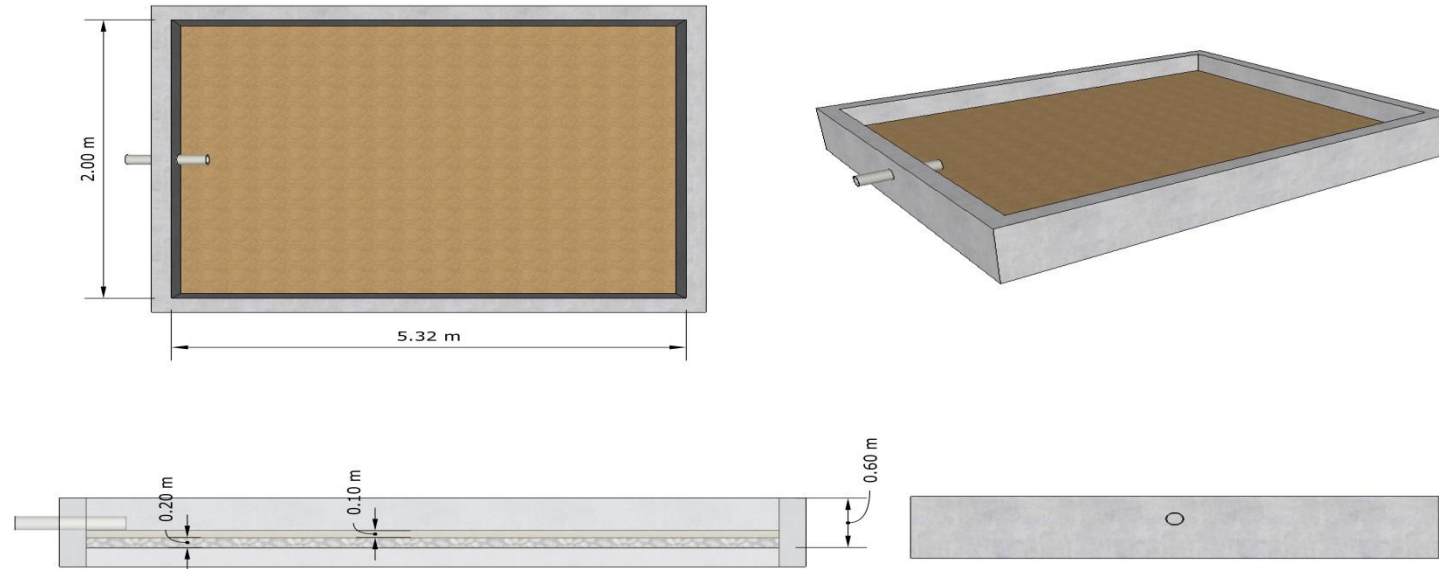
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | MEZCLADOR - SEDIMENTADOR | | | | | | | | |
|--|--|--|---|------------|--|--------|--------|-------|---|----|------------|
| Dimensiones del Sedimentador - Mezclador | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1599 1318 1749 1350">Lámina</th> <th data-bbox="1749 1318 1899 1350">Escala</th> <th data-bbox="1899 1318 2051 1350">Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1599 1350 1749 1383">3</td> <td data-bbox="1749 1350 1899 1383">A4</td> <td data-bbox="1899 1350 2051 1383">19/02/2018</td> </tr> </tbody> </table> | | | Lámina | Escala | Fecha | 3 | A4 | 19/02/2018 |
| | Lámina | | Escala | Fecha | | | | | | | |
| | 3 | | A4 | 19/02/2018 | | | | | | | |

Anexo D. Doble filtro circular de flujo ascendente



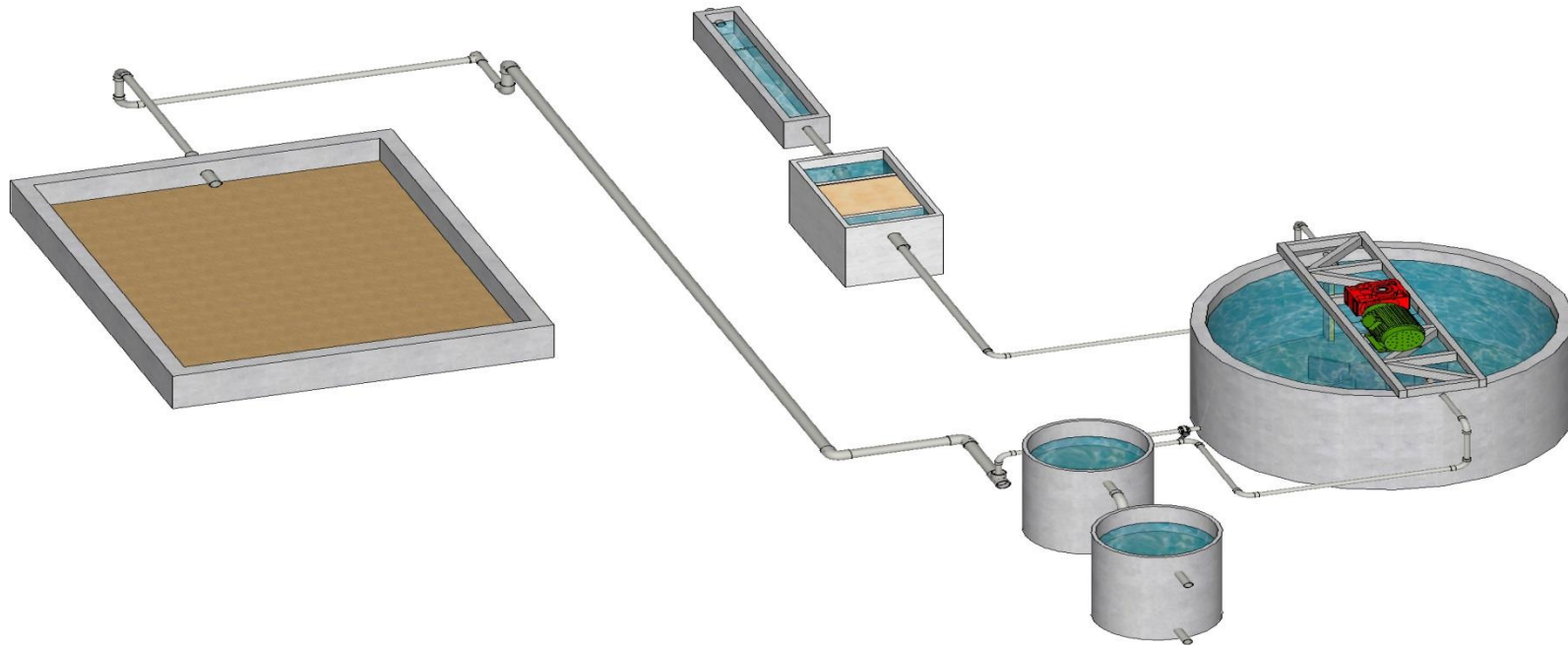
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | DOBLE FILTRO CIRCULAR DE FLUJO ASCENDENTE | | | | | | | | |
|--|--|--|---|------------|--|--------|--------|-------|---|----|------------|
| Dimensiones del filtro circular de flujo ascendente. | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1597 1321 1747 1353">Lámina</th> <th data-bbox="1747 1321 1897 1353">Escala</th> <th data-bbox="1897 1321 2047 1353">Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1597 1353 1747 1385">4</td> <td data-bbox="1747 1353 1897 1385">A4</td> <td data-bbox="1897 1353 2047 1385">19/02/2018</td> </tr> </tbody> </table> | | | Lámina | Escala | Fecha | 4 | A4 | 19/02/2018 |
| | Lámina | | Escala | Fecha | | | | | | | |
| | 4 | | A4 | 19/02/2018 | | | | | | | |

Anexo E. Lechos de secado



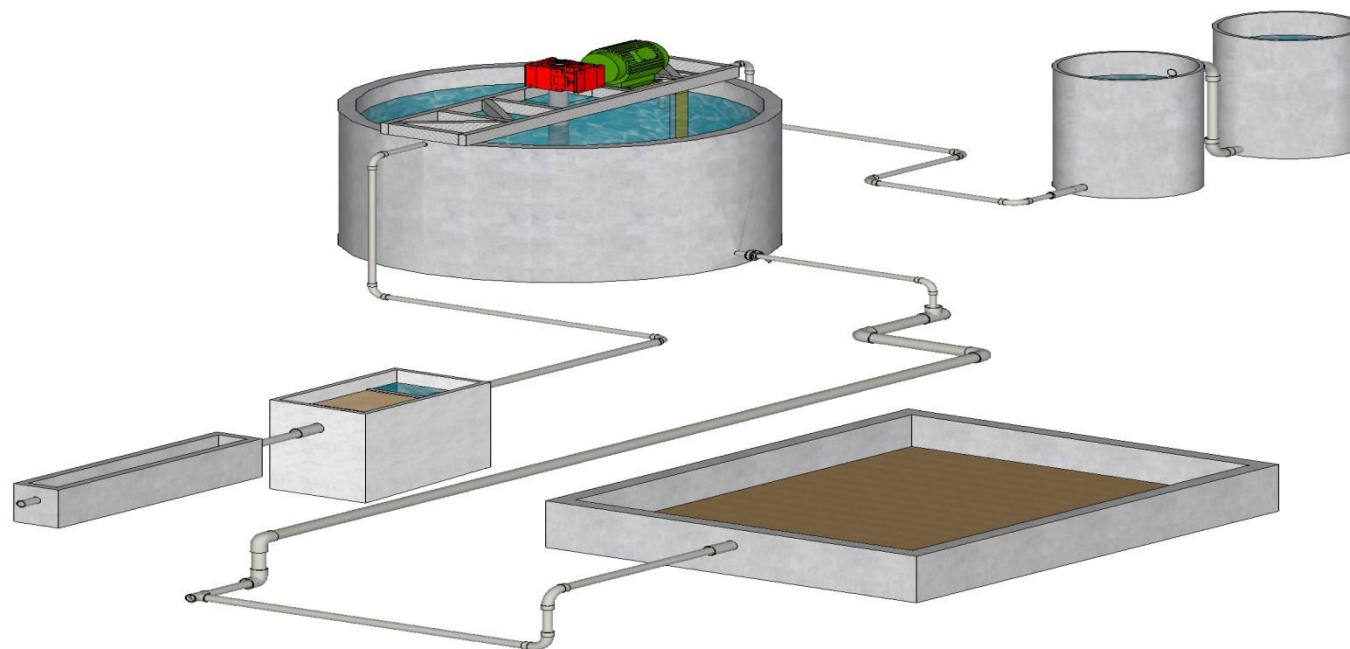
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | LECHOS DE SECADO | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|---|------------|--|--------|--------|-------|---|----|------------|
| Dimensiones del Lecho de Secado | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1599 1318 1749 1347">Lámina</th> <th data-bbox="1749 1318 1899 1347">Escala</th> <th data-bbox="1899 1318 2051 1347">Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1599 1347 1749 1374">5</td> <td data-bbox="1749 1347 1899 1374">A4</td> <td data-bbox="1899 1347 2051 1374">19/02/2018</td> </tr> </tbody> </table> | | | Lámina | Escala | Fecha | 5 | A4 | 19/02/2018 |
| | Lámina | | Escala | Fecha | | | | | | | |
| | 5 | | A4 | 19/02/2018 | | | | | | | |

Anexo F. Sistema de tratamiento completo de aguas residuales





| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | SISTEMA DE TRATAMIENTO COMPLETO DE AGUAS RESIDUALES | | |
|--|--|--|---|---------------|--------------|
| Etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales, vista superior. | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | Lámina | Escala | Fecha |
| | 6 | | A4 | 19/02/2018 | |

Anexo G. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales



| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | |
|---|--|--|--|---------------|--------------|
| Etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales, vista frontal. | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | Lámina | Escala | Fecha |
| | 7 | | A4 | 19/02/2018 | |

Anexo H. Resultados de los análisis físico y químicos del agua residual


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


N° SE: 035 - 17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sita Lady Apolo **INFORME N°:** 035 - 17
EMPRESA: Proyecto de Tejas ESPOCH **N° SE:** 035 - 17
DIRECCIÓN: Tena **FECHA DE RECEPCIÓN:** 08 - 03 - 17
TELÉFONO: **FECHA DE INFORME:** 15 - 03 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Industria Láctea **TIPO DE MUESTRA:** Agua
IDENTIFICACIÓN: MA - 075-17

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


RESULTADO DE ANÁLISIS

MA -075-17

| PARAMETROS | UNIDADES | MÉTODOS/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | UK-2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|---------------------|----------|--|-----------|--------|-------------------|
| pH | | RE-18A-01 | 7.37 | ± 5.08 | 08 - 03 - 17 |
| * Sulfatos | mg/L | STANDARD METHODS 450 SO ₄ -E | 490 | N/A | 08 - 03 - 17 |
| * Acidos y bases | mg/L | ISO 118-1 | 384 | N/A | 08 - 03 - 17 |
| * Fosforo Total | mg/L | STANDARD METHODS 4500 - P - E mod | 4.00 | N/A | 08 - 03 - 17 |
| * Sólidos Totales | mg/L | RE-18A-01 | 1084 | N/A | 08 - 03 - 17 |
| Sólidos Suspendidos | mg/L | STANDARD METHODS 2540 - D | 0.3 | N/A | 08 - 03 - 17 |
| Sólidos Disueltos | mg/L | STANDARD METHODS 2540 - B | 984 | N/A | 08 - 03 - 17 |
| * DQO | mg/L | STANDARD METHODS 5220 - O ₂ mod | 1660 | N/A | 08 - 03 - 17 |
| * Nitrogeno Total | mg/L | STANDARD METHODS 4500 - N - B mod | 368.3 | N/A | 08 - 03 - 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 R.
 Ingeniero Químico - PhD


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 INGENIERO QUÍMICO - PhD

Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
 No se puede la reproducción parcial o total del mismo sin la autorización del laboratorio.

FMC2181-01

Página 1 de 1
 L.S.A. Campus Madero Ibarra Km 11 Vía a Cuenca Riego Administrativo

ESPOCH
 LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
 FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2988 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS


Análisis solicitado por: Apolo Lady Gabriela
Fecha de Análisis: 01/03/2017
Tipo de muestras: Agua no Tratada, Industria Láctea
Localidad: Canton Riobamba - Provincia de Chimborazo.

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | Método | Límite | Resultados |
|-----------------------------|----------|-----------------------------|---------|------------|
| Temperatura | °C | | < 40 | 21 |
| pH | und | RE-18A-01 | 6-9 | 7.02 |
| Turbiedad | NTU | 2130 B | - | 267 |
| Nitrogeno Total | mg/L | | 60.0 | 638.3 |
| Fósforo Total | mg/L | 4500 - N - B mod | 15.0 | 4.0 |
| Sulfatos | mg/L | 4500 SO ₄ -E mod | 400.0 | 490.0 |
| Densidad Química de Oxígeno | mg/L | S220-C | 300.0 | 1.560 |
| Densidad Química de Oxígeno | mg/L | S220-B | 250.0 | 983 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 2540-B | 22.0 | 2.4 |
| Sólidos Disueltos | mg/L | 2540-C | 220.0 | 838 |
| Sólidos Totales | mg/L | 2540-A | 1.800.0 | 10.484 |

*Métodos Normalizados APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TUS SMA TABLA B Límites de descarga al alcantarillado.

Observaciones:
 Alentamente.


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ESPOCH
 LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
 FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2988 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

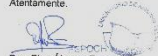
Análisis solicitado por: Apolo Lady Gabriela
Fecha de Análisis: 01/06/2017
Tipo de muestras: Agua no Tratada, Industria Láctea
Localidad: Canton Riobamba - Provincia de Chimborazo.

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | Método | Límite | Resultados |
|-----------------------------|----------|-----------------------------|---------|------------|
| Temperatura | °C | | < 40 | 21 |
| pH | und | RE-18A-01 | 6-9 | 7.02 |
| Turbiedad | NTU | 2130 B | - | 267 |
| Nitrogeno Total | mg/L | | 60.0 | 638.3 |
| Fósforo Total | mg/L | 4500 - N - B mod | 15.0 | 4.0 |
| Sulfatos | mg/L | 4500 SO ₄ -E mod | 400.0 | 490.0 |
| Densidad Química de Oxígeno | mg/L | S220-C | 300.0 | 1.560 |
| Densidad Química de Oxígeno | mg/L | S220-B | 250.0 | 983 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 2540-B | 22.0 | 2.4 |
| Sólidos Disueltos | mg/L | 2540-C | 220.0 | 838 |
| Sólidos Totales | mg/L | 2540-A | 1.800.0 | 10.484 |

*Métodos Normalizados APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TUS SMA TABLA B Límites de descarga al alcantarillado.

Observaciones:
 Alentamente.


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL | | |
|--|--|--|--|---------------|--------------|
| Caracterización físico y química agua residual no tratada; prueba 1,2 y 3. | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | Lámina | Escala | Fecha |
| | | | 8 | A4 | 19/02/2018 |

Anexo I. Resultados de los análisis físico y químicos del agua residual tratada

ESPOCH
LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS


Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS
Análisis solicitado por: Apolo Lady Gabriela
Fecha de Análisis: 14/09/2018
Tipo de muestras: Agua Tratada, Industria Láctea.
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | Método | Límite | Resultados |
|------------------------------|----------|-------------------------|--------|------------|
| Temperatura | °C | - | < 40 | 21 |
| pH | Unid | PE, color | 6-9 | 6,1 |
| Turbiedad | NTU | 2130 B | - | 0,85 |
| Nitrogeno Total | mg/L | - | 50,0 | 4,0 |
| Fósforo Total | mg/L | 4500 - N, B mod | - | 3,0 |
| Sólidos | mg/L | 2500-P-E mod | 15,0 | 192,0 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 4500 SO ₄ -E | 400,0 | 189,4 |
| Demanda Biológica de Oxígeno | mg/L | 5220-C | 500,0 | 70,0 |
| Sólidos Sedimentables | mg/L | 5210-B | 250,0 | 20,0 |
| Sólidos Totales | mg/L | 2540-B | 20,0 | 0,1 |
| Nitrogeno orgánico total | mg/L | 4500-A | 1000,0 | 650,6 |

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
**TULCIMA TABLA 8. Límites de descarga al alcantarillado.

Observaciones:
Atentamente,

Dra. Gina Alvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2,
Teléfono: 593 (03) 3029151
www.espoch.edu.ec
Riobamba, Provincia de Chimborazo - Ecuador
Código Postal: TCM060155

INFORME
Análisis de muestras

Riobamba, 15 de Junio de 2017


Sra. Gabriela Apolo
Dirección: San Salvador - Riobamba

1. Datos Generales
Recogidas por: Gabriela Apolo
Fecha y hora de toma de muestras: 2017/06/05 a las 16:30
Fecha y hora de ingreso a laboratorio: 2017/06/06 a las 09:20
Fecha del análisis: 2017/06/06 a 2017/06/14

2. Resultados/Parámetros y métodos/Referencias:

| Item | Parámetros | Unidad | Valor | Método/ Norma/Referencia | Incidencia/Umbral |
|------|--------------------------|--------|-------|--------------------------------|-------------------|
| 1 | Grua | mg/L | 35,0 | Soxhlet (EPA4418, 1) | |
| 2 | pH | ° | 6,1 | PLISA-01 | |
| 3 | Sólidos Suspendedos | mg/L | 7,0 | STANDARD METHODS 2540-D | |
| 4 | Sólidos Totales | mg/L | 636,6 | SM 2540 B | ± 5% |
| 5 | Nitrogeno organico total | mg/L | 4,0 | STANDARD METHODS 4500-N-B mod. | |

3. Responsable del Laboratorio


Ing. Trobaido
TÉCNICO DOCENTE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN

Nota: El presente informe solo afecta a las muestras sometidas a análisis

LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sra. Lady Apolo INFORME Nº: 106 - 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH Nº SE: 106 - 17
DIRECCIÓN: Cantón Joya de los Sachas FECHA DE RECEPCIÓN: 14-06-2017
TELÉFONO: 0985706816 FECHA DE INFORME: 21-06-2017


NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Industria Láctea TIPO DE MUESTRA: Agua
IDENTIFICACIÓN: MA - 233 - 17

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

| PARAMETROS | UNIDADES | METODOS/PROCEDIMIENTO | UMC(%) | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
|-----------------------|----------|--|---------|-----------|-------------------|
| Alcalinidad y ácidos | mg/L | EPA 418, 1 | 17-0,08 | 55,0 | 14-06-2017 |
| Fósforo total | mg/L | PELCA-01 | N/A | 6,1 | 14-06-2017 |
| Industria Láctea | mg/L | STANDARD METHODS 2230 - MOD | N/A | 189,4 | 14-06-2017 |
| IBDL | mg/L | STANDARD METHODS 5210 - B | N/A | 70,0 | 14-06-2017 |
| Nitrogeno total | mg/L | STANDARD METHODS 4500 - N - B | N/A | 4,0 | 14-06-2017 |
| Nitrogeno orgánico | mg/L | STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E | N/A | 180,0 | 14-06-2017 |
| Nitrogeno total | mg/L | STANDARD METHODS 4500-P-E mod. | N/A | 3,0 | 14-06-2017 |
| Sólidos en suspensión | mg/L | STANDARD METHODS 2540-D | N/A | 7,0 | 14-06-2017 |
| Sólidos totales | mg/L | STANDARD METHODS 2540 - F | N/A | 0,38 | 14-06-2017 |
| Sólidos sedimentables | mg/L | PELCA-04 | N/A | 430,6 | 14-06-2017 |
| Turbiedad | NTU | STANDARD METHODS *2130 B | N/A | 0,34 | 14-06-2017 |
| Temperatura | °C | N/A | N/A | 21 | 14-06-2017 |

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 ANALISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.
Bento Méndez T. PhD

TÉCNICO L.S.A.

INM2101-01

| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA | | |
|--|--|--|--|--------|------------|
| | | | Lámina | Escala | Fecha |
| Caracterización físico y química del agua residual tratada; prueba 1, 2 y 3. | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | 9 | A4 | 19/02/2018 |

Anexo J. Equipos y dispositivos para la caracterización del agua residual

a.



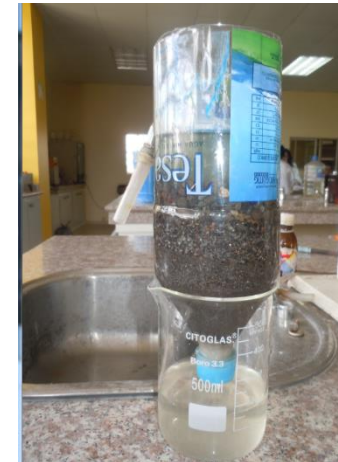
b.



c.





d.



| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESPOCH | EQUIPOS Y DISPOSITIVOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL | | |
|---|--|--|--|--------|------------|
| a y b Digestor de DQO y DBO5 c Turbidímetro d Prueba de arena y grava | <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información | FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Apolo Gabriela | Lámina | Escala | Fecha |
| | | | 10 | A4 | 19/02/2018 |

Anexo K. Ficha Técnica Policloruro de Aluminio (PAC)

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|----------|--|-------------|---------|-------------|---------|----------------------------------|------|--------------|--------|--|
|  | <p align="center">FICHA TÉCNICA</p> <p align="center">POLICLORURO DE ALUMINIO – PAC</p> <p align="center">QUIMPAC</p> | <p align="center">FTP-</p> <p align="center">PAG. 1 DE 1</p> <p align="center">VERSION: 1</p> | | | | | | | | | | | |
| <p>PROPIEDADES</p> <p>FÓRMULA: $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$</p> <p>SINÓNIMOS: PAC, QUIMPAC</p> <p>PESO MOLECULAR: 219 gramos/mol</p> <p>REGULACIONES</p> <p>RIESGO ASOCIADO: Irritante, Corrosivo</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>USOS PRINCIPALES</p> <p>El policloruro de aluminio tiene excelentes resultados en el uso como coagulante y/o floculante en el tratamiento de aguas potables, industriales y residuales. Amplio uso en agua con turbiedades altas y aguas con elevado contenido de materia orgánica. En la industria del papel se utiliza como agente de retención y para encolado en la fabricación del papel. Tiene aplicación en la industria textil, cerámica, extracción de petróleo y cosmética.</p> <p>PROPIEDADES TÍPICAS</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 40%;">Apariencia</td> <td>Sólido</td> </tr> <tr> <td>Amarillo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>pH (1% Sln)</td> <td>3,5 – 5</td> </tr> <tr> <td>Basicidad %</td> <td>75 – 90</td> </tr> <tr> <td>Al₂O₃ %</td> <td>30±1</td> </tr> <tr> <td>Insolubles %</td> <td>Máx. 5</td> </tr> </table> | Apariencia | Sólido | Amarillo | | pH (1% Sln) | 3,5 – 5 | Basicidad % | 75 – 90 | Al ₂ O ₃ % | 30±1 | Insolubles % | Máx. 5 | <p>MANEJO Y ALMACENAMIENTO</p> <p>El PAC no es tóxico pero deben ser manejados como ligeramente corrosivos; se debe utilizar guantes de caucho, gafas de seguridad y overol.</p> <p>El PAC es un producto higroscópico por lo que se debe almacenar en lugares frescos, con mínima humedad y buena ventilación. El producto se comercializa en bolsas de 25 Kg.</p> <p>PRECAUCIÓN</p> <p>Usar los elementos de seguridad: guantes, gafas y protección respiratoria durante la manipulación del producto.</p> <p>En caso de contacto con la piel y ojos lavar con abundante agua.</p> <p>En caso de ingestión lavar la boca inmediatamente y suministrar 500 ml de agua.</p> <p>En caso de inhalación salir del área y buscar un contenido de materia orgánica. En la industria del papel se utiliza como agente de retención y para encolado en la fabricación del papel. En caso de paro respiratorio se debe suministrar oxígeno. Obtener ayuda médica inmediatamente para todos los casos.</p> <p>En caso de derrame, recoja el residuo con precaución y lave la zona contaminada con agua.</p> |
| Apariencia | Sólido | | | | | | | | | | | | |
| Amarillo | | | | | | | | | | | | | |
| pH (1% Sln) | 3,5 – 5 | | | | | | | | | | | | |
| Basicidad % | 75 – 90 | | | | | | | | | | | | |
| Al ₂ O ₃ % | 30±1 | | | | | | | | | | | | |
| Insolubles % | Máx. 5 | | | | | | | | | | | | |