



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE,
PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico:

INGENIERA QUIMICA

AUTORA: NANCY KARINA CABEZAS ROJAS

TUTORA: ING. MABEL PARADA

Riobamba-Ecuador

2017

© 2017, Nancy Karina Cabezas Rojas

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 del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR”** de responsabilidad de la señorita Nancy Karina Cabezas Rojas, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Mabel Parada DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Dr. Bolívar Flores MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, Nancy Karina Cabezas Rojas soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestas y propuestas en el presente Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Nancy Karina Cabezas Rojas

DEDICATORIA

Le dedico este paso a Dios quien me ha dado la oportunidad y la vida para llegar a este momento de éxito, y a mi padre Jaime Cabezas quien ha sido el pilar fundamental para ser quien soy, quien me enseñó a nunca rendirme, a hacer las cosas una manera justa y valorando lo que en verdad importa en la vida, a mi madre quien creyó en mí, me apoyo constantemente y nunca permitió que me rinda para llegar a este momento.

A mi hija y a mi esposo quienes me cambiaron los colores de la vida y me inspiran cada día para ser una mejor persona y cumplir todos los sueños que tenemos juntos. Los amo y esto es por ustedes.

Karina Cabezas

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por abrirme sus puertas donde conocí gente maravillosa y cumplí mi meta más anhelada., a mi hermano quien siempre ha sido un ejemplo de superación y de lucha diaria, gracias hermano. Y a mi hermana Marcela Paucar con quien compartí muchos momentos de mi vida, y quien me demostró una amistad incondicional.

Y a quien permitió que esto fuera posible por brindarme su tiempo, su conocimiento y su guía tan importante Ing. Mabel Parada un especial agradecimiento para usted.

INDICE

RESUMEN	XVI
SUMMARY	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPITULO I.....	1
1. DIAGNOSTICO Y DEFINICION DEL PROBLEMA	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
1.3. LÍNEA BASE DEL PROYECTO	2
1.3.1. Antecedentes de la Industria	2
1.3.1.1. Producción de la empresa	3
1.3.1.2. Diagrama de flujo del proceso de producción de la Industria Quesera El Sinche.....	7
1.3.2. Marco Conceptual.....	7
1.3.2.1. Aguas residuales	7
1.3.2.2. Clasificación	8
1.3.2.3. Tipos de Contaminantes.....	10
1.3.2.4. Características Físicas, Químicas y Microbiológicas del agua residual.....	11
1.3.3. Tratamientos de aguas residuales para la empresa Quesera El Sinche	17
1.3.3.1. Índice de Biodegradabilidad	18
1.3.3.2. Desarenador	18
1.3.3.3. Aireación	19
1.3.3.4. Mezclador rápido de turbinas.....	20
1.3.3.5. Sedimentación Primaria	21
1.3.3.6. Filtración.....	21
1.4. BENEFICIARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS	22
1.4.1. Beneficiarios Directos.....	22
1.4.2. Beneficiarios Indirectos	22
CAPITULO II	23
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	23
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23

CAPITULO III.....	24
3. ESTUDIO TECNICO	24
3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	24
3.2. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	25
3.2.1. Tipo de estudio	25
3.2.2. Métodos y Técnica.....	25
3.2.2.1. Métodos	25
3.2.2.2. Técnicas	26
3.2.2.3. Muestreo	30
3.2.2.4. Equipos Materiales y Reactivos	32
3.2.2.5. Datos de Medición in situ	33
3.2.2.6. Datos de la caracterización Físico-química y microbiológica del agua residual sin tratamiento de la Quesera el Sinche	35
3.2.2.7. Pruebas de Tratabilidad.....	36
3.2.2.8. Caracterización del Agua residual tratada	44
3.2.2.9. Porcentaje de Remoción	45
3.2.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Quesera el Sinche	50
3.2.3.1. Calculo del Caudal de Diseño.....	50
3.2.3.2. Dimensionamiento del Desarenador	51
3.2.3.3. Dimensionamiento del Tanque de Aireación	55
3.2.3.4. Dimensionamiento del Tanque de Mezcla rápida	60
3.2.3.5. Dosificación de los coagulantes-floculantes.....	63
3.2.3.6. Dimensionamiento del sedimentador convencional	63
3.2.3.7. Dimensionamiento del Filtro.....	68
3.2.3.8. Dimensionamiento del Tanque de Lodos	70
3.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	72
3.3.1. Resultados del Dimensionamiento del Sistema.....	72
3.3.1.1. Resultados del cálculo del caudal.....	72
3.3.1.2. Resultados del Dimensionamiento del Desarenador	72

3.3.1.3.	Resultados del dimensionamiento del tanque de aireación.....	73
3.3.1.4.	Resultados del Dimensionamiento del Mezclador Rápido de Turbina	73
3.3.1.5.	Resultados del dimensionamiento del Sedimentador	73
3.3.1.6.	Resultados del filtro de arena, grava y carbón activado	74
3.4.	REQUERIMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	74
3.4.1.	Tipos de Materiales utilizados	75
3.4.2.	Tuberías y accesorios.	75
3.4.3.	Distribución de la Planta.	76
3.5.	ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIOS DEL PROYECTO	78
3.5.1.	Presupuesto General para la implementación de la planta de tratamiento de aguas Residuales de la Industria El Sinche	78
	DISCUSION DE RESULTADOS:.....	80
	CONCLUSIONES:	82
	RECOMENDACIONES:	84
	BIBLIOGRAFIA	85
	ANEXOS.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Etapas de producción del Queso	5
Tabla 2-1: Características Físicas, Químicas y Microbiológicas del agua residual provenientes diferentes tipos de agua	12
Tabla 3-1: Variación del índice de Biodegradabilidad del agua residual	18
Tabla 4-1: Selección de proceso adecuado en función de la Turbiedad.....	19
Tabla 5-3: Coordenadas de la Localización Geográfica de la Hacienda El Sinche	25
Tabla 6-3: Parámetros Físico-químicos y microbiológicos a medir en el agua residual	26
Tabla 7-3: Método Standard Methods No. 4500-H+B	27
Tabla 8-3: Método Standard Methods No. 2510 B.....	27
Tabla 9-3: Método Standard Methods No. 5220 D.....	28
Tabla 10-3: Método Standard Methods No. 5210 B.....	29
Tabla 11-3: Método Standard Methods No. 2540 F	29
Tabla 12-3: Método Standard Methods No. 2540 D.....	30
Tabla 13-3: Método Standard Methods No. 2540 B.....	30
Tabla 14-3: Planificación de Muestreo Diario.....	32
Tabla 15-3: Muestreo y recolección de información	32
Tabla 16-3: Materiales y Equipos para la Medición del caudal	32
Tabla 17-3: Registro de Volumen y tiempo para la determinación del Caudal.....	34
Tabla 18-3: Comparación de la caracterización del agua sin tratar con la norma ambiental....	36
Tabla 19-3: Materiales, equipos y procedimientos para pruebas de aireación	37
Tabla 20-3: Variación del DQO y la Turbiedad luego de la Aireación.....	38
Tabla 21-3: Resultados del test de jarras con Cloruro Férrico al 5%	39
Tabla 22-3: Variación del DQO y la Turbiedad con el FeCl_3 al 5%	39
Tabla 23-3: Resultados de la turbidez con el Sulfato de Aluminio	40
Tabla 24-3: Variación del DQO y la Turbiedad con el Sulfato de Aluminio al 5%	40
Tabla 25-3: Comparación de la remoción de Turbiedad con FeCl_3 al 5% y Sulfato de Aluminio	41
Tabla 26-3: Comparación de la remoción de DQO con FeCl_3 al 5% y Sulfato de Aluminio....	42
Tabla 27-3: Variación del DQO y la Turbiedad luego de la filtración.....	43
Tabla 28-3: Resultados obtenidos en la caracterización del agua tratada	44
Tabla 29-3: Porcentajes de remoción luego de la tratabilidad	45
Tabla 30-3: Variación de la conductividad.....	45
Tabla 31-3: Variación de la Turbidez.....	46

Tabla 32-3: Variación de los Solidos Totales	47
Tabla 33-3: Variación del DQO	47
Tabla 34-3: Variación del DBO	48
Tabla 35-3: Variación de Grasas y Aceites	49
Tabla 36-3: Variación de Coliformes Fecales	49
Tabla 37-3: Diámetro de partículas en función de la altura de caída	52
Tabla 38-3: Constantes en función de los diámetros	52
Tabla 39-3: Parámetros de Diseño para procesos de lodos activos	57
Tabla 40-3: Resultados cálculo del Caudal	72
Tabla 41-3: Resultados del Dimensionamiento del Desarenador	72
Tabla 42-3: Resultados del Dimensionamiento del tanque de aireación	73
Tabla 43-3: Resultados del Dimensionamiento del Mezclado Rápido de Turbina	73
Tabla 44-3: Resultados del dimensionamiento del Sedimentador	73
Tabla 45-3: Resultados del filtro de arena, grava y carbón.....	74
Tabla 46-3: Materiales utilizados	75
Tabla 47-3: Tuberías y Accesorios.....	75
Tabla 48-3: Distribución de la Planta	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1-1: Recepción de leche	3
Gráfica 2-1: Cloruro de calcio.....	4
Gráfica 3-1: Cuajo.....	4
Gráfica 4-1: Diagrama de Elaboración del Queso Fresco.....	7
Gráfica 5-3: Localización Geográfica de la Hacienda El Sinche	24
Gráfica 6-3: Descarga de agua residual	31
Gráfica 7-3: Muestra de agua residual.....	31
Gráfica 8-3: Variación del Caudal día 1	35
Gráfica 9-3: Variación del Caudal día 2	35
Gráfica 10-3: Variación del DQO y Turbiedad luego de la Aireación.....	38
Gráfica 11-3: Comparación de la remoción de Turbiedad con FeCl ₃ al 5% y Sulfato de Aluminio	41
Gráfica 12-3: Comparación de la remoción de DQO con FeCl ₃ al 5% y Sulfato de Aluminio ..	42
Gráfica 13-3: Concentración vs Turbiedad.....	43
Gráfica 14-3: Variación Del DQO Y Turbiedad luego de la Filtración	44
Gráfica 15-3: Variación de la conductividad	46
Gráfica 16-3: Variación de la Turbidez.....	46
Gráfica 17-3: Variación de los Solidos Totales	47
Gráfica 18-3: Variación del DQO	48
Gráfica 19-3: Variación del DBO.....	48
Gráfica 20-3: Variación de Grasas y Aceites.....	49
Gráfica 21-3: Variación de Coliformes Fecales.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Desarenador	54
Figura 2-3: Tanque de Aireación	59
Figura 3-3: Tanque de Mesclado Rápido.....	62
Figura 4-3: Sedimentador	68
Figura 5-3: Filtro.....	70
Figura 6-3: Tanque de Lodos.....	71

ABREVIATURAS

ho	Altura de flujo de agua
ha'	Altura del tirante en el canal
HTf	Altura total de la cámara
bLS	Ancho de Lecho de Secado
θ	Ángulo de inclinación de las barras
ALS	Área del Lecho de Secado
Af	Área horizontal del filtro
AT	Área Total del desarenador
C2	Concentración final del PAC
C1	Concentración inicial PAC
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Po	Densidad de referencia para sólidos y líquidos
DHTH	Dosificación HTH
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
S	Espesor de las barras
°C	Grados centígrados
g	Gramos
Kg	Kilogramos
L	Litro
Lb	Longitud de las barras
m/s	Metros por segundo
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Nb	Número de barras
OD	Oxígeno Disuelto
PAC	Policloruro de aluminio
%	Porcentaje
Hu	Profundidad útil del filtro
RH	Radio hidráulico
s	Segundos
As	Superficie del desarenador

TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
Tr	Tiempo de retención
TDL	Tiempo desalojo de lodos
hv	Tirante sobre el vertedero de salida
v	Velocidad
N	Velocidad de rotación
Vs	Velocidad de sedimentación
V0	Velocidad en la sensación de medición
Vh	Velocidad horizontal
μ	Viscosidad cinemática
V2	Volumen de la prueba de jarras
Vf	Volumen del filtro

RESUMEN

Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria quesera "El Sinche", parroquia Guanujo, cantón Guaranda, mediante la caracterización del agua residual se identificó los parámetros que se encuentran fuera de la normativa Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015) para efectuar la adecuada tratabilidad del agua para poder ser enviada al ambiente, experimentalmente se obtuvo parámetros como el caudal con el que sale el agua y la temperatura in-situ y su caracterización fue realizada en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Se realizó algunas pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para ir determinando cuales son las más óptimas en este caso y según las características encontradas se utilizó una desarenación, la aireación, el test de jarras y finalmente el filtro de arena grava y carbón activado. Los resultados de estos procesos se determinaron mediante pruebas de caracterización donde se observó cómo disminuyó la contaminación a medida que avanzó el tratamiento. En la desarenador se obtuvo una reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 19800 mg/L a 10080 mg/L, luego con las 48 h de aireación esta se redujo a 3280 mg/L y con la ayuda del test de jarras usando el coagulante FeCl_3 al 5% en la dosis más óptima que fue de 6mL y una agitación de 7 segundos seguidos de una sedimentación se obtuvo un DQO = 430 mg/L. Finalmente el filtro de arenas se encargó de eliminar contaminantes que no pudieron ser eliminados en procesos anteriores con un DQO final de 180 mg/L. Con la ayuda de una caracterización final se determinó que los parámetros ya se encuentran dentro de los límites de la Norma cumpliendo con lo requerido por el Ministerio del Ambiente. Se concluye que el diseño fue validado con éxito al llegar a los límites de la norma y que el dimensionamiento de los equipos es el adecuado acorde al volumen que se debe tratar y se recomienda análisis periódicos de caracterización para comprobar que el proceso esté en óptimas condiciones.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <OPERACIONES UNITARIAS>, <AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES>, <INDUSTRIA QUESERA>, <CALIDAD DE AGUA>, <ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO>

ABSTRACT

A wastewater treatment plant was designed for the cheese industry "El Sinche", Guanujo parish, Guaranda town, by characterizing the residual water, the parameters outside the standard were identified. Table N ° 9: Limits of Discharge to a Body of Fresh Water, from Annex 1 of Book VI of TULSMA (Official Register No.387, November 4, 2015) to carry out water Treatability test were performed and according to their characteristics sedimentation, aeration, jar test and finally the sand filter gravel activated carbon were used.. The results of these processes were determined by characterization tests where it was observed how the contamination decreased as the treatment progressed. In the sedimentation stage a reduction of the Chemical Demand of Oxygen (COD) from 19800 mg / L to 10080 mg / L was obtained, then with the 48 h of aeration this was reduced to 3280 mg / L and with the aid of the jar test Using the 5% FeCl₃ in the optimum dose of 6mL and a 7 second shaking followed by sedimentation gave a COD = 430mg / L. Finally the sand filter eliminated contaminants that were not limited in previous processes with a final COD of 10 mg / L. According to the final characterization it was determined that the parameters are in Norma complying with the requirements of the Ministry of the Environment. It is concluded that the design was successfully validated bequeath to the limits of the standard and that the sizing of the equipment is the appropriate chord. The volume to be treated and recommended periodic characterization analyzes to verify that the process is in optimal conditions.

Keywords: <CHEMICAL TECHNOLOGY ENGINEERING>, <UNIT OPERATIONS>, <INDUSTRIAL RESIDUAL WATERS>, <CHEESEDISH INDUSTRY>, <WATER QUALITY>, <PHYSICAL – CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>.

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO Y DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

Las aguas residuales son cualquier tipo de aguas cuya calidad se vio afectadas negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros. Estas aguas son vertidas a diferentes áreas, ocasionando serios impactos al ambiente y sobre todo a la salud de los seres humanos.

Este tipo de efluente denominado aguas residuales, se determina de acuerdo a su origen, las provenientes de descargas de una fábrica son de origen industrial, que vienen con problemas de mal olor, turbiedad, elevada temperatura así como la presencia de diferentes microorganismos patógenos por lo que es necesario un tratamiento antes de su descarga.

La empresa Quesera el Sinche se dedica a la producción de quesos, donde se usa grandes volúmenes de agua para el lavado de instalaciones y maquinaria, por cada litro de leche procesada son usados 7 litros de agua aproximadamente. Este tipo de aguas tiene como resultado presencia de materia orgánica, sales, sólidos suspendidos, así como color blanquecino.

La empresa no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales que permitirá reducir considerablemente la contaminación que provoca este tipo de actividad. Evidenciando este problema es necesario realizar un proyecto de Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para que la empresa posteriormente implemente este diseño con el cual se conseguirá estar acorde a la normativa ambiental de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015), monitoreando que los parámetros de descarga se hallen dentro de los límites permisibles y en lo posible evitar sanciones por parte del MAE que perjudicaría a la empresa.

1.2. Justificación del Proyecto

Las malas prácticas en la disposición final de las aguas residuales, genera un severo impacto ambiental al recurso agua y a la vida que allí se desarrolla. Uno de los principales causantes de la degradación de este recurso es el hombre, puesto que, utiliza este recurso en la mayoría de su vida cotidiana provocando un impacto ambiental negativo además de las diferentes enfermedades que indirectamente o directa pueden provocar en el hombre y los animales.

Actualmente la Quesera “El Sinche”, busca evitar este problema ambiental mitigando la contaminación que provoca la descarga de sus aguas residuales al río causando una alteración al mismo, he ahí la importancia y preocupación por realizar el presente proyecto para contar con un sistema de tratamiento que consiga este propósito.

Reconociendo el problema existente, el presente proyecto técnico se realizara con la colaboración de la quesera “El Sinche”, cuyo único interés es el de contar con una Planta de Tratamientos de Aguas Residuales, que proporcione los instrumentos necesarios para una mejor descarga al ambiente, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015), a fin de mejorar la situación actual de la microindustria y de la parroquia donde se encuentra localizada.

El Sinche es una microindustria de tradición que está encargada específicamente de la producción de quesos, principalmente el Queso

1.3. Línea Base del Proyecto

1.3.1. Antecedentes de la Industria

El Sinche tiene 2 plantas para su producción que se encuentran ubicadas en diferentes lugares del territorio ecuatoriano, la primera está en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, Provincia de Bolívar y tiene el nombre de La Hacienda El Sinche con una capacidad de tratar 2000 litros diarios para producir el queso. La segunda es la Hacienda Salí que se encuentra ubicada a 15 km de la parroquia Quimiag del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo y tiene una capacidad de transformar 800 litros de leche en queso.

El Queso “El Sinche” es el primero que ofreció al mercado la Familia Cordovez, su elaboración data desde 1.894. Generación tras generación siguió la tradición, la Hacienda se dividió muchas veces de acuerdo a las herencias del patrimonio, quedando finalmente la parte de la Quesera Original en manos de la Microagroempresa Artesanal “El Sinche”, cuyos actuales propietarios han retomado la actividad y desean que se enmarque en un plano artesano-empresarial. La administración actual no tiene un plan de largo plazo, la producción se realiza de acuerdo a la demanda del distribuidor, pero no está coordinada y muchas veces no se la satisface por falta de comunicación y de responsables en la producción. (Luis, 2005)

1.3.1.1. Producción de la empresa

La industria el Sinche produce exclusivamente quesos alrededor de 214 quesos frescos por día.

Materiales e insumos: se utilizan materias primas que se adquieren unas de la hacienda mientras que otras son traídas por las personas de los alrededores. Además se utiliza cloruro de calcio y el cuajo.

✓ Leche pura:



Figura 1-1: Recepción de leche

Realizado por: Karina Cabezas

La leche es traída por varias personas del sector es leche pura pero su composición varía según la raza de la vaca, el alimento que se le da, la época y otros factores. Se realizan controles para saber si esta no ha sido alterada.

- ✓ Cloruro de Calcio:



Figura 2-1: Cloruro de calcio

Realizado por: Karina Cabezas

El cloruro de calcio se utiliza con la finalidad de regular el pH reduciéndolo, esto hace que sea más fácil el proceso de coagulación que se produce por la adición del cuajo.

- ✓ Cuajo:



Figura 3-1: Cuajo



Realizado por: Karina Cabezas

El cuajo tiene como función principal separar las fases de la leche es decir la caseína de su parte líquida que es el suero para su posterior formación de quesos.

Etapas de Producción:

En la siguiente tabla se puede observar las etapas de producción para la elaboración de queso fresco en la Quesera “El Sinche”.

Tabla 1-1: Etapas de producción del Queso

RECEPCIÓN:	Esta etapa se realiza las primeras horas de la mañana, con la leche recolectada de la hacienda y la que traen las personas del sector se recoge alrededor de 1700 litros de leche.	
PASTEURIZACIÓN:	La leche es pasteurizada es decir se eleva a una temperatura de 60 grados	
COAGULACIÓN:	Se agrega cloruro de calcio para ayudar a la coagulación y luego el cuajo concentrado kase meister.	
CORTE Y DESUERADO:	se corta los coágulos que se forman y se procede a separar del suero	

<p>MOLDEADO Y PRENSA:</p>	<p>Se coloca en los moldes y con la ayuda de una prensa manual.</p>	
<p>EMPACADO:</p>	<p>Se empaca en fundas plásticas con la marca y las características y se sella al vacío.</p>	
<p>ALMACENAMIENTO:</p>	<p>Se pone en el cuarto frío donde luego será distribuido.</p>	

Realizado por: Karina Cabezas

1.3.1.2. *Diagrama de flujo del proceso de producción de la Industria Quesera El Sinche*

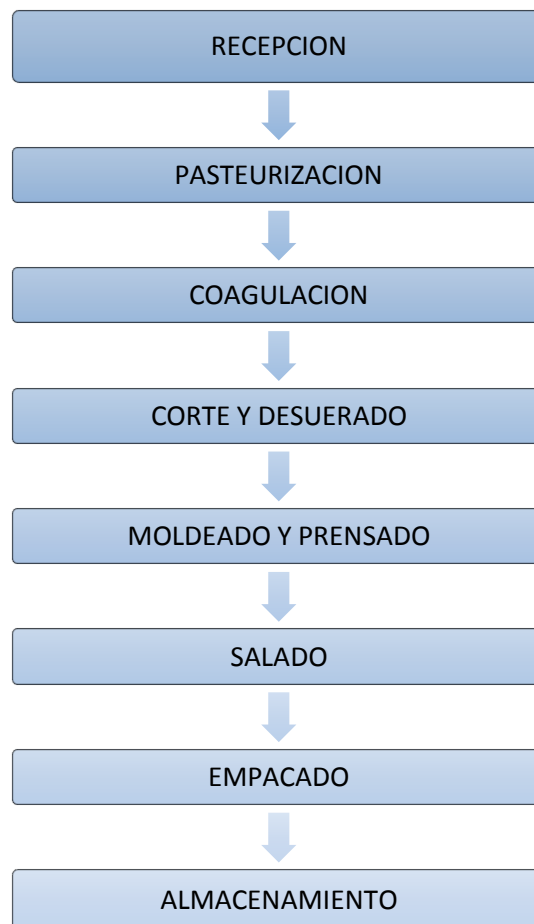


Figura 4-1: Diagrama de Elaboración del Queso Fresco

Realizado por: Karina Cabezas

1.3.2. *Marco Conceptual.*

1.3.2.1. *Aguas residuales*

Se las denominan así a las aguas que salen del proceso de la industria, agricultura, ganadería, así como en nuestras casas y traen diferentes clases de contaminantes como son: grasas, aceites, tenso activos, materia orgánica, herbicidas o en ciertos casos sustancias tóxicas dependiendo de donde se originen.

Estas aguas residuales al ser descargadas directamente y sin tratamiento previo a cuerpos de agua dulce degradan la calidad del ambiente produciendo efectos nocivos sobre los ecosistemas acuáticos. Para evitar este grave problema estas deben ser enviadas a plantas de tratamiento con

el fin de disminuir en su mayor proporción su carga contaminante y posteriormente puedan ser descargadas a los diferentes cuerpos receptores en mejores condiciones de las iniciales.

1.3.2.2. Clasificación

a. Aguas residuales domésticas

Son las provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera.

b. Aguas residuales de lluvias (ALL)

Son las originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno.

Los primeros flujos de ALL son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. La naturaleza de esta agua varía según su procedencia: zonas urbanas, rurales, semirurales y aún dentro de estas zonas se presentan enormes variaciones según el tipo de actividad o uso del suelo que se tenga.

c. Aguas residuales agrícolas (ARA)

Son las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas. Se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. La descarga de esta agua es recibida directamente por los ríos o por los alcantarillados.

d. Aguas residuales industriales (RLI)

Son aguas desechadas de procesos y operaciones de transformación y agua de enfriamiento. Cada actividad industrial aporta una contaminación determinada por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial para valorar su carga contaminante e incidencia en el medio receptor.

Los compuestos que pueden encontrar en los desechos líquidos industriales le imparten características indeseables, a continuación se indican algunos componentes:

- Materia orgánica biodegradable, necesita oxígeno para la oxidación y procede de mataderos, curtiembres, centrales azucareras, fábricas de cerveza, alimentos enlatados, pastas alimenticias, industria láctea, etc.
- Materia en suspensión se deposita en el lecho de ríos, lagos y estuarios; altera el ecosistema y se origina en fábricas de jabones, aceites, grasas vegetales, cerveza, destilados, hilados y tejidos, curtiembre y laboratorios de productos farmacéuticos.
- Compuestos orgánicos que persisten en el ambiente tales como: fenoles, se combinan con el cloro y dan sabor al agua; y órganos sintéticos proceden de la industria química, refinerías, plantas de coque y productos sintéticos.
- Sustancias tóxicas y materiales pesados, en bajas concentraciones afectan a la biota y al hombre, provienen de la industria química y farmacéutica en general.
- Grasas, aceites, combustibles y materia flotante, dan apariencia desagradable al agua, interfieren la transferencia del oxígeno. se originan en fábricas de aceites vegetales y jabones, productos lácteos.
- Nitrógeno y fósforo, son nutrientes esenciales para el crecimiento de seres vivos. Fertilizan las aguas y favorecen el crecimiento masivo de algas. Se originan en las fábricas de fertilizantes, productos alimenticios ricos en proteínas y operaciones pecuarias.
- Color y turbiedad, afecta la apariencia estética del agua y puede llegar a interferir en pruebas de laboratorio, provienen de plantas de pulpa y papel, la industria textil, productos químicos y farmacéuticos.
- Calor, aumenta la temperatura del agua. afecta la biota acuática y se agrega en sistemas de enfriamiento, plantas termoeléctricas, calderas de vapor y reactores nucleares.

1.3.2.3. Tipos de Contaminantes

a. Microorganismos Patógenos.

Aquí se encuentran diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos entre otros que son los transmisores de varias enfermedades causantes de muerte prematura en niños como son el cólera, hepatitis, tifus, etc.

Estos microbios llegan al agua en las heces (bacterias coliformes) es decir en aguas negras por lo que la OMS controla que el agua para beber tenga 0 bacterias coliformes por cada 100mL de agua.

b. Desechos Orgánicos.

Estos residuos son producidos principalmente por los seres humanos así como animales y se refiere a las heces así como materiales que puedan ser descompuestos por bacterias aeróbicas.

Estos desechos contaminan el ambiente principalmente el oxígeno dentro del agua agotándolo y extinguiendo la vida de los peces y otros seres vivos. Se lo puede medir en cantidades de oxígeno disuelto (OD) en el agua o demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

c. Sustancias Químicas Inorgánicas.

En este grupo encontramos sales, ácidos y metales tóxicos producidos por empresas como petroleras que al ser enviadas al ambiente y por su alta toxicidad causan problemas graves en los seres vivos, dañan el suelo disminuyendo su rendimiento agrícola y hasta pueden corroer los equipos que se utilizan en el campo.

d. Nutrientes Vegetales Inorgánicos

Estos nutrientes como son los Nitratos y Fosfatos, son necesarios en el desarrollo de las plantas y solubles en el agua sin embargo al encontrarse en cantidades superiores producen el excesivo crecimiento de algas y al morir estas algas y otros vegetales produce el agotamiento del oxígeno provocando un agua maloliente que imposibilita la vida de otros seres.

e. Compuestos Orgánicos.

Los compuestos orgánicos generalmente provienen de industrias petroleras así como de la agricultura aquí podemos encontrar: gasolina, disolventes, detergentes, plaguicidas que son sumamente complejos y se quedan en el agua por largos periodos de tiempo.

f. Sedimentos y Materiales Suspendedos

Estos provocan la turbidez en el agua y son partículas arrancadas del suelo con otros materiales que son arrastrados al agua por lluvias y representan la mayor fuente de contaminación en ríos obstruyendo canales y puertos.

g. Sustancias Radiactivas

Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

h. Contaminación Térmica

Esta proviene el vertido de aguas calientes producidas en los procesos industriales cambiando la temperatura de los ríos por lo que disminuye su capacidad de oxígeno y destruye el ecosistema de los organismos.

1.3.2.4. Características Físicas, Químicas y Microbiológicas del agua residual.

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental para la elección del tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad medioambiental.

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica, así como por sus principales constituyentes químicos y biológicos, y su procedencia. Es conveniente observar que muchos de los parámetros que aparecen están relacionados entre ellos. Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en el agua residual.

Tabla 2-1: Características Físicas, Químicas y Microbiológicas del agua residual provenientes de diferentes tipos de agua

CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
CONSTITUYENTES FISICAS	
Color	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica • Agua residual en descomposición, residuos industriales • Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas • Aguas residuales domésticas e industriales
Olor	
Sólidos	
Temperatura	
CONSTITUYENTES QUIMICOS	
Orgánicos	
Carbohidratos	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales y grasa • Residuos agrícolas • Vertidos industriales • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Degradación natural de materia orgánica
Grasas animales, aceites	
Pesticidas	
Fenoles	
Proteínas	
Contaminantes prioritarios	
Agentes tenso activos	
Compuestos orgánicos volátiles	
Otros	
Inorgánicos:	
Alcalinidad	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea • Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea • Vertidos industriales • Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales, aguas de Escorrentía • Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales • Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales
Cloruros	
Metales pesados	
Nitrógeno	
PH	
Fósforo	
Contaminantes prioritarios	
Azufre	

Gases	
Sulfuro de hidrógeno Metano	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición de residuos domésticos • Descomposición de residuos domésticos
CONSTITUYENTES BIOLÓGICOS	
Animales Plantas Protistas: Eubacterias Arqueo bacterias Virus	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos de agua y plantas de tratamiento • Cursos de agua y plantas de tratamiento • Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento • Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento • Aguas residuales domésticas

Realizado por: Karina Cabezas

Características Físicas

Sólidos totales

Este valor se lo puede obtener al someter el agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 C y es el residuo que resulta de este proceso. Los sólidos obtenidos son de dos tipos filtrables o no filtrables.

Olores

Los olores presentes en las muestras de aguas residuales se dan generalmente por la presencia de materia orgánica. Estos olores son peculiares y desagradables. El olor se puede producir al contener compuestos olorosos u otros con tendencia a generar olor durante los diferentes procesos.

Temperatura

La temperatura del agua residual casi siempre es mayor que el agua a la entrada del proceso, este es un parámetro muy importante que influye sobre las velocidades de reacciones del agua así como en el desarrollo de la vida provocando cambios en las especies piscícolas.

Densidad

Esta característica del agua residual es importante ya que influye en la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación. Las aguas residuales domésticas tienen

prácticamente la misma densidad que la del agua a la misma temperatura.

Color

Con este parámetro se puede determinar la edad del agua residual en función de su olor y color. El color del agua residual va variando cuando es reciente es grisáceo mientras que con el paso del tiempo y el transporte esta va cambiando a gris oscuro y finalmente negro.

Turbiedad

La turbiedad es una de los parámetros que indica la calidad del agua residual, esta se mide mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

Características Químicas

A diferencia de las aguas naturales, las aguas residuales han recibido sales inorgánicas y materia orgánica de la preparación de alimentos y el metabolismo humano principalmente y toda clase de materiales que se descargan por los desagües e imparten propiedades especiales a las aguas residuales; además, es necesario incluir detergentes y desinfectantes.

Las aguas residuales de las industrias poseen materiales orgánicos o inorgánicos, inclusive tóxicos, cada tipo de industria tiene características químicas diferentes. Entre los sólidos inorgánicos están principalmente nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc.

Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO o Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto

una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido.

La prueba de DQO se obtiene por medio de la oxidación del agua residual en una solución ácida de permanganato o bicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$). Este proceso oxida casi todos los compuestos orgánicos en gas carbónico (CO_2) y en agua. La reacción es completa en más de 95 % de los casos. La ventaja de las mediciones de DQO es que los resultados se obtienen rápidamente, alrededor de tres horas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO o Demanda Biológica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos.

Se puede decir por tanto que la DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable.

La prueba de DBO se determina generalmente a 20 °C después de incubación durante 5 días; se mide el oxígeno consumido por las bacterias durante la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual.

Es necesario controlar estos parámetros para asegurar una buena calidad de vertido a la vez que cumplimos con las normativas legales sin crear alteraciones ambientales poniendo en peligro nuestro ecosistema. Para reducir la DBO de un vertido lo más adecuado son los procesos biológicos dentro de los cuales nos encontramos con distintas alternativas.

Los procesos aerobios se basan en microorganismos que en presencia de oxígeno transforman la materia orgánica en gases y en nueva materia celular que usan para su propio crecimiento y reproducción.

Características Biológicas

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arque bacterias.

El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento, es amplio y de gran importancia. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis, temas que serán objeto de un estudio minucioso en el

Hongos. Los hongos son protistas eucariotas aerobios, multicelulares, no fotosintéticos y quimio heterótrofos. Muchos de los hongos son saprófitos; basan su alimentación en materia orgánica muerta. Juntos con las bacterias, los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biosfera.

Algas

Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Este fenómeno, que se conoce con el nombre de crecimiento explosivo, puede conducir a que ríos, lagos y embalses sean cubiertos por grandes colonias flotantes de algas. Los crecimientos explosivos son característicos de los llamados lagos eutróficos, que son lagos con gran contenido en compuestos necesarios para el crecimiento biológico. Puesto que el efluente de las plantas de tratamiento del agua residual suele ser rico en nutrientes biológicos, la descarga del efluente en los lagos provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización. En los ríos pueden producirse efectos análogos.

Protozoos

Los protozoos son microorganismos eucariotas cuya estructura está formada por una sola célula abierta. La mayoría de los protozoos son

Aerobios o facultativamente quimio heterótrofos anaerobios, aunque se conocen algunos anaerobios. Los protozoos de importancia para el ingeniero sanitario son las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos. Los protozoos se alimentan de bacterias y otros microorganismos microscópicos.

Tienen una importancia capital, tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de cursos de agua ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos. Ciertos protozoos son también patógenos. En el agua de suministro es importante controlar la presencia de la *Giardalamblia* (responsable de la giardiasis o enfermedad de Hikers) y de *Cryptosporidium*, como agente causante de infecciones potencialmente mortales para pacientes con síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

Virus

Los virus son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (RNA) con una capa de recubrimiento proteínico. No tienen capacidad para sintetizar compuestos nuevos. En lugar de ello, invaden las células del cuerpo vivo que los acoge y reconducen la actividad celular hacia la producción de nuevas partículas virales a costa de las células originales. Cuando muere la célula original, se liberan gran cantidad de virus que infectarán células próximas.

Los virus excretados por los seres humanos pueden representar un importante peligro para la salud pública. Por ejemplo, a partir de datos experimentales, se ha podido comprobar que cada gramo de heces de un paciente con hepatitis contiene entre 10.000 y 100.000 dosis de virus hepático. Se sabe con certeza que algunos virus pueden sobrevivir hasta 41 días, tanto en aguas limpias como residuales a la temperatura de 20°C, y hasta 6 días en un río normal. Se ha atribuido al agua de abastecimiento ciertos brotes de hepatitis infecciosa. Para determinar los mecanismos de transporte y eliminación de virus en suelos, aguas superficiales y residuales, es necesario un esfuerzo aún mayor por parte tanto de biólogos como de ingenieros.

1.3.3. Tratamientos de aguas residuales para la empresa Quesera El Sinche

Para el tratamiento de aguas residuales lo que se debe hacer primeramente es la determinación de cuál es el caudal y de esta determinación se obtendrá la muestra que será de tipo compuesta de acuerdo a la (APHA, 1989)

También se debe conocer la caracterización de la misma y al enfocarnos en los indicadores de contaminación como la Demanda Química De Oxígeno y La Demanda Bioquímica De Oxígeno se podrá tener una idea más clara sobre el tratamiento que se debe aplicar al proceso para llegar a los parámetros establecidos en el TULSMA.

1.3.3.1. Índice de Biodegradabilidad

El Índice de Biodegradabilidad nos permite conocer si la materia orgánica que se encuentra en el agua residual es biodegradable, o no biodegradable, hay sustancias que no son o son lentamente biodegradables, lo que constituye un una limitante para los procesos de tratamiento biológico de aguas residuales por lo que es necesario incorporar a las plantas depuradoras basada en mecanismos físicos – químicos.

Seleccionar un método u otro depende de la relación de DBO5/DQO como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 3-1: Variación del índice de Biodegradabilidad del agua residual.

VALOR	ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD	TRATAMIENTO
Menor que 0,2	No biodegradable	En este caso es más viable un tratamiento físico-químico.
entre 0,2 a 0,5	Biodegradable	Materia orgánica moderadamente biodegradable, permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.
Mayor que 0,6	Muy biodegradable	Materia orgánica muy biodegradable y requiere un tratamiento biológico

Fuente: (EDDY, 1995; (pag40)

Tratamiento físico-químico

Para este tratamiento se optó por el físico químico ya que el agua a tratar es de naturaleza Biodegradable es decir fue de 0.52 donde se puede considerar el tratamiento biológico pero este no fue necesario según ensayos de tratamientos físico-químicos, como se ve más adelante en los cálculos de ingeniería y este consta de los siguientes procesos:

1.3.3.2. Desarenador

Tiene por objeto separar del agua la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar que se produzcan depósitos en los posteriores procesos, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm. (DESARENADORES, 2015)

Tabla 4-1: Selección de proceso adecuado en función de la Turbiedad

TURBIEDAD NTU COLIFORMES FECALES UFC	<250	<500	<1000
	<10000/100 mL	Sedimentación	Sedimentación
<100000/100 mL	Sedimentación	Sedimentación	Desarenación + Sedimentación

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (DESARENADORES, 2015, p. 7)

1.3.3.3. Aireación

Este proceso tiene como finalidad suministrar oxígeno que aclimate a los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica que exista en el agua a tratar además que esta les servirá de alimento ayudando a su eliminación y reduciendo olores el DBO así como el DQO.

El proceso de aireación es un proceso biológico y simula lo que es el proceso de lodos activados. Durante este proceso la materia orgánica disuelta y finamente dividida se convertirá en flóculos biológicos sedimentables.

Para el diseño del proceso de lodos activados se debe tomar en cuenta el tipo de reactor a utilizar y las necesidades de transferencia de oxígeno. Existen diferentes tipos de reactores como son los de mezcla completa y tipo pistón, el primero se usa más ya que este suministra una cantidad de oxígeno adecuado a las necesidades.

También se debe considerar el tipo de agua ya que al tratarse de agua potable lo más óptimo es usar aireadores por gravedad o por rocío que ayudan en la remoción de hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno mientras que en el caso de aguas residuales producto de la industria este proceso se lo hace con la ayuda de un sistema de difusores.

➤ Difusores

Los difusores que existen son muy variados así tenemos:

- ✓ Difusores porosos, aquí encontramos los difusores de placa, domo, disco y tubo
- ✓ difusores no porosos dentro de estos encontramos tubería ranurada, orificio con válvulas, spagers.
- ✓ otros sistemas de difusión como los difusores de chorro, aireadores por aspiración y los aireadores de tubo en U.

En este proceso de aireación se eligió el más óptimo que fue el poroso ya que como ya fue mencionado este es mejor para el agua residual industrial al tener una adecuada transferencia de oxígeno, se usaran tubos porosos de PVC que es un material resistente y económico.

La eficiencia de la transferencia de oxígeno depende de muchos factores ,entre los cuales se hallan el tipo, dimensiones y geometría de los difusores ,el caudal del aire , la profundidad de sumergencia, la geometría del tanque ,incluidas la posición de las conducciones y de los difusores y las característica del agua residual.

En cuanto al tamaño de los poros se generan mayores eficiencias cuando más finos son los poros de difusor pero no deben ser muy finos para evitar taponaciones en el sistema.

1.3.3.4. Mezclador rápido de turbinas

El mezclador rápido mecánico se lo utiliza específicamente para tratar aguas residuales tiene la misma función que un Floculador, sin embargo este tiene otros beneficios:

- ✓ Control de la velocidad de agitación.
- ✓ Menos costoso
- ✓ Óptimo para lugares con espacios reducidos.

Los parámetros de diseño son considerados en función del autor (Robert L. Mott, 2006) el Manual de Diseño y Funcionamiento de mezcladores mecánicos.

Hay que distinguir estas dos etapas:

- a) La desestabilización de las partículas suspendidas, es decir la remoción de las fuerzas que las mantienen separadas.

- b) El transporte de ellas dentro del líquido para que hagan contacto, generalmente estableciendo puentes entre sí y formando una malla tridimensional de coágulos porosos.

Al primer aspecto los autores suelen referirse como coagulación y al segundo como floculación.

La coagulación comienza en el mismo instante en que se agregan los coagulantes al agua y solo dura fracciones de segundo. Básicamente consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma.

La floculación en cambio es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas contra otras para formar coágulos mayores. (ARBOLEDA JORGE, 2000).

1.3.3.5. Sedimentación Primaria

La sedimentación es la eliminación de materia particulada, flóculos químicos y precipitados en suspensión del agua residual por acción de la gravedad. Un diseño deficiente de tanques de sedimentación producirá una disminución de la eficiencia del tratamiento, lo cual puede producir trastornos que pueden afectar a otras operaciones posteriores. Por el contrario si los tanques son dimensionados correctamente pueden eliminar entre los 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre el 25% y 40% de la DBO₅.

1.3.3.6. Filtración

Este proceso es el paso de un fluido a través de un medio poroso con el único objetivo de separar las partículas que no fueron retenidas en los procesos anteriores de Sedimentación, Aireación y floculación Coagulación, por lo que la eficiencia de este proceso depende de los procesos anteriores.

La filtración puede ser rápida es decir con una alta carga superficial o lenta es decir con una baja carga superficial, en varios medios porosos o granulares como pueden ser: arenas o pastas arcillosas. También se la diferencia por donde ira el flujo, en flujo ascendente, flujo descendente o mixto.

1.4. Beneficiarios Directos e Indirectos

1.4.1. Beneficiarios Directos

El beneficiario directo es la empresa EL SINCHE ya que con este proyecto permitirá cumplir con la normativa ambiental del Tulsma, una vez que la empresa implemente la planta evitando multas posteriores dadas por el MAE.

1.4.2. Beneficiarios Indirectos

- ✓ Los beneficiarios indirectos serán las personas que residen en los sectores aledaños así como también los que viven en la hacienda.
- ✓ El ambiente también se verá beneficiado ampliamente al evitar la contaminación con olores que se desprenderían del agua si esta no fuese tratada.
- ✓ La flora y la fauna que existe en el sector está en contacto directo con estas aguas contribuyendo a la destrucción de la misma por este motivo también se ve beneficiada al realizar este diseño.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General

- ✓ Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria quesera El Sinche”, parroquia Guanujo, cantón Guaranda.

2.2. Objetivos Específicos

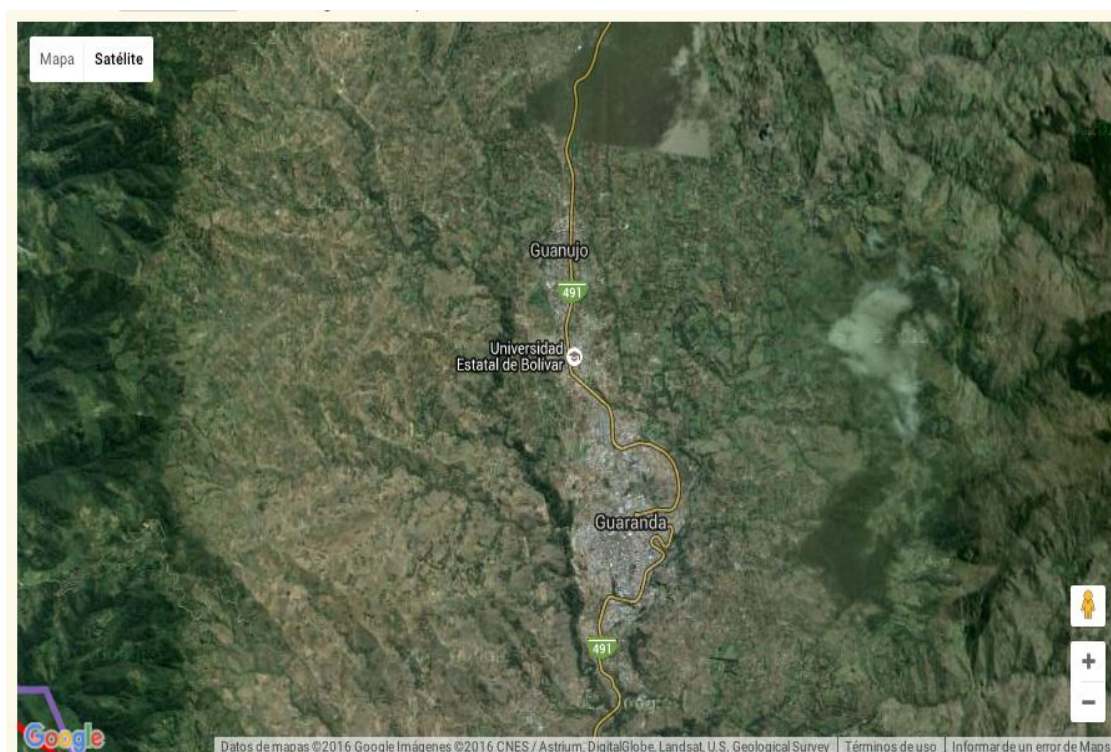
- ✓ Caracterizar el agua de descarga mediante el análisis físico – químico y microbiológico basada en la norma de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).
- ✓ Identificar los parámetros que se encuentran fuera de la normativa del TULSMA y las variables del proceso para el diseño.
- ✓ Efectuar la tratabilidad del agua de descarga para cumplir con la normativa del TULSMA.
- ✓ Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Validar el diseño propuesto mediante la caracterización física – química y microbiológica del agua tratada en base a la normativa del TULSMA y estimar los costos del diseño.

CAPITULO III

3. ESTUDIO TECNICO

3.1. Localización del Proyecto

La quesera de la hacienda EL SINCHE se encuentra ubicada en la parroquia Guanujo es una parroquia urbana del cantón Guaranda situada en la provincia de Bolívar en el Ecuador. Guanujo fue parroquia rural desde el 29 de mayo de 1861 hasta su designación como urbana a partir del año 1999. Se encuentra localizada a 5 kilómetros del centro de Guaranda y constituye la puerta de acceso norte de dicho cantón.



Mapa 5-3: Localización Geográfica de la Hacienda El Sinche

Realizado por: Karina Cabezas

Tabla 5-3: Coordenadas de la Localización Geográfica de la Hacienda El Sinche

COORDENADAS:	Latitud: -1.56667
	Longitud: -79.0167

Fuente: (earth, 2017)

Realizado por: Karina Cabezas

3.2. Ingeniería del Proyecto

3.2.1. Tipo de estudio

Este proyecto tiene un estudio analítico – descriptivo y es de tipo técnico ya que los datos obtenidos fueron de manera experimental.

3.2.2. Métodos y Técnica

3.2.2.1. Métodos

Inductivo

Para la caracterización y estudio de cálculo el caudal mediante el método volumétrico tomando varias muestras al día con su respectivos tiempos y esto nos permitió conocer la cantidad de agua contaminada, también se recogieron las muestras en los frascos estériles luego de homogeneizarlas para su posterior caracterización en el laboratorio.

Deductivo

Se debió tener en cuenta los efectos producidos por los contaminantes del agua para realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Y al buscar el camino más factible para solucionar estos problemas se dan varias etapas de tratamientos, primarios y secundarios, en base a la deducción de los resultados de los análisis realizados de las aguas residuales, el cual nos ayuda a asegurar que los parámetros establecidos por el TULSMA estén dentro del rango permitido para que el efluente pueda ser descargado al ambiente.

Método Experimental

Se utilizó este método al obtener la caracterización de las aguas residuales mediante la utilización de diferentes equipos e instrumentos y al realizar experimentalmente todas las pruebas de tratabilidad antes y después del proceso validándolo en base a los porcentajes de remoción y a la eficiencia de cada proceso.

3.2.2.2. Técnicas

- ✓ Técnicas de laboratorio

En el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias las técnicas utilizadas para las pruebas de caracterización se fundamentan en:

Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales.

Manual de Métodos HACH.

Tabla 6-3: Parámetros Físico-químicos y microbiológicos a medir en el agua residual

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA
Potencial de hidrógeno	Standard Methods No. 4500-H+B
Conductividad eléctrica	Standard Methods No. 2510 B
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	Standard Methods No. 5210 B
Aceite y grasas	Standard Methods No. 5520 B
Fósforo Total	Standard Methods No. 4500-P B5
Sólidos Sedimentables	Standard Methods No. 2540 F
Sólidos Suspendedos	Standard Methods No. 2540 D
Sólidos Totales	Standard Methods No. 2540 B
Nitrógeno Total	Standard Methods No. 4500-Norg C
Coliformes Totales	Standard Methods No. 9222 B
Coliformes Fecales	Standard Methods No. 9222 D y 9222 I

Fuente: (Marcos, 2017)

Realizado por: Karina Cabezas

a) Potencial de hidrógeno

Consiste en el monitoreo de la actividad de los iones de hidrogeno.

Tabla 7-3: Método Standard Methods No. 4500-H+B

PRINCIPIO DEL MÉTODO STANDARDMETHODS NO. 4500-H+B	
MATERIALES -Medidor de pH -Electrodo de referencia -Electrodo de vidrio -Vasos de precipitación -Cámara de flujo	REACTIVOS -Preparación general de la solución tapón. -Solución de tartrato ácido de potasio. -Solución saturada de hidróxido de calcio. -Soluciones auxiliares: NaOH 0,1 N, HCL 0,1 N.
PROCEDIMIENTO -Calibrado del aparato: síganse las instrucciones del fabricante. -Análisis de la muestra: establecer el equilibrio entre electrodos y muestra agitando ésta para asegurar su homogeneidad.	

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (APHA, 1989)

b) Conductividad Eléctrica

El método se basa en la suposición de que las SAH son los principales ácidos orgánicos disueltos presentes.--Aparato de filtración de membrana.

Tabla 8-3: Método Standard Methods No. 2510 B

PRINCIPIO DEL MÉTODO STANDARDMETHODS NO. 2510 B	
MATERIALES -Papel o tiras pre impregnados de tinte. -Embudo buchner. -Papel filtro.	REACTIVOS -Agua, libre de COD. -DEAE celulosa. -HCl 0,1 N y 0,5 N. -NaOH 0,1 N y 0,5 N. -Patrones de COD. -KCl 0,01 N. -H ₃ PO ₄ conc.
PROCEDIMIENTO -Concentración y conservación de la muestra: recójense y almacénense las muestras en envases de vidrio libre de compuestos orgánicos. -Preparación del DEAE celulosa: añada 70 g de DEAE celulosa a 1000 mL de HCl 0,5 N y agítese suavemente durante una hora. -Cromatografía: añada 10 mL de agua a 1 g de DEAE para formar una pasta y llevar a una columna de 1 x 20 cm equipada con un taco de lana de vidrio pequeño para crear un lecho de columna de 1 cm de profundidad, aclárese la columna con 50 mL de KCl 0,01 N (ajustada a un pH de 6 con HCl o NaOH 0,01 N) justo antes de la concentración de la muestra.	

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (APHA, 1989)

c) Demanda Química de Oxígeno

Mide la cantidad de oxígeno que se necesita para que se oxide la materia orgánica que está presente en el agua.

Tabla 9-3: Método Standard Methods No. 5220 D

PRINCIPIO DEL MÉTODO STANDARD METHODS NO. 5220 D	
MATERIALES -Balón de aforo -Piseta -Vaso de precipitación -Pipeta - Vial	REACTIVOS -Solución digestiva para DQO -Agua Destilada -Agua Residual
PROCEDIMIENTO <ul style="list-style-type: none">- Realizar una dilución de la muestra con agua destilada.- Tomar 2mL de la muestra diluida.- Colocar en el vial junto con la solución digestiva para DQO.- Sujetar el vial y agitar fuertemente.- Colocar en el digestor a 180 C por 2 horas.- Cuando se enfrié la muestra medir.- En el espectrofotómetro HACH DR 2800- Seleccionar el test 435- Colocar el blanco y encerrar- Introducir la muestra- Ver el resultado.	

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (APHA, 1989)

d) Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)

Mide la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica que es biodegradable

Tabla 10-3: **Método Standard Methods No. 5210 B**

PRINCIPIO DEL MÉTODO STANDARDMETHODS NO. 5210 B	
MATERIALES <ul style="list-style-type: none"> - Balón de aforo - Piseta - Imán - Frasco de vidrio - Tapón 	REACTIVOS <ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - KOH - Nutrientes para DBO
PROCEDIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> - Diluir la muestra con agua destilada. - Colocar 100 mL de la muestra diluida en el vidrio de ámbar. - Agregar Ca, Fe, Mg - Poner un imán - Tapar el frasco con el tampón - Agregar una pastilla de KOH - Colocar en el digestor. - Al cabo de 5 días se mide y se hace un promedio. 	

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (APHA, 1989)

e) Sólidos Sedimentables

Es la cantidad de materia que se sedimenta del agua en un tiempo determinado según el tamaño de las partículas.

Tabla 11-3: Método Standard Methods No. 2540 F

PRINCIPIO DEL MÉTODO STANDARDMETHODS NO. 2540 F	
MATERIALES <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cono Imhoff ✓ Probeta 	REACTIVOS <ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua residual
PROCEDIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> - Colocar la muestra en el cono Imhoff hasta llegar a la marca. - Dejar reposar por 45 minutos. - Los sólidos adheridos en las paredes pueden ser removidos con una varilla. - Dejar en reposo 15 minutos más y medir el volumen de sólidos. 	

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (APHA, 1989)

f) Sólidos Suspendidos

Estos sólidos son los que alimentan la turbidez del agua al permanecer suspendidos.

Tabla 12-3: Método Standard Methods No. 2540 D

PRINCIPIO DEL MÉTODO STANDARDMETHODS NO. 2540 D	
MATERIALES -Vaso de Precipitación.	REACTIVOS -Agua destilada
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> - En el espectrofotómetro se debe elegir en programas almacenados HACH, DR 2800 - Test: Sólidos en suspensión - Colocar 10mL de agua destilada en una cubeta cuadrada. - Poner en el porta cubetas como blanco. - Encerara en equipo. - En otra cubeta cuadrada poner los 10 mL de la muestra y colocar en el porta cubetas. - Leer los resultados. 	

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (APHA, 1989)

g) Sólidos Totales

Esta se define como los residuos que quedan en el envase luego de evaporar y secar una muestra.

Tabla 13-3: Método Standard Methods No. 2540 B

PRINCIPIO DEL MÉTODO STANDARDMETHODS NO. 2540 B	
MATERIALES	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> - Vaso de precipitación. - Caja Petri - Pinzas - Balanzas - Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua Destilada
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> - Pesar la caja Petri tarada. - Homogenizar la muestra. - Tomar 25 mL y colocarla en la caja Petri. - Secar a baño de maria. - Llevar a la estufa a una temperatura de 103 C por un tiempo de 30 minutos. - Colocar en el desecador y pesar. - Realizar los cálculos. 	

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (APHA, 1989)

3.2.2.3. Muestreo

El muestreo de las aguas de descarga se lo realizó en base a la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

Se tomaron algunas muestras simples en el día desde el momento q empiezan a preparar los equipos hasta cuando termina la producción, y luego se mezclaron para obtener una muestra compuesta, las muestras fueron tomadas directamente del punto de encuentro de descarga una vez por semana.



Figura 6-3: Descarga de agua residual

Realizado por: Karina Cabezas

Las muestras obtenidas fueron recogidas y envasadas en frascos estériles etiquetados con la fecha de cada una y trasladadas al laboratorio para su caracterización.



Figura 7-3: Muestra de agua residual

Realizado por: Karina Cabezas

A continuación se muestra la tabla de planificación de muestreo diario para obtener 2 litros de muestra compuesta.

Tabla 14-3: Planificación de Muestreo Diario

HORA	MUESTRAS	VOLUMEN (mL)	LUGAR
7:00 – 8:00	3	250	TANQUE RECEPTOR DE AGUAS RESIDUALES
8:00 – 9:00	3	250	
9:00 – 10:00	3	250	
10:00 – 11:00	3	250	
11:00 – 12:00	3	250	
12:00 – 13:00	3	250	
13:00 – 14:00	3	250	
14:00 – 15:00	3	250	
TOTAL	24	2000 mL	

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.2.4. Equipos Materiales y Reactivos

Los materiales que se utilizaron para la toma de muestra así como para las mediciones de los caudales y la caracterización de la misma se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 15-3: Muestreo y recolección de información

MATERIALES	EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"> • Frasco estéril de vidrio • Balde • Embudo • Mandil • Guantes • Botas • Mascarilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Reloj • Cámara

Realizado por: Karina Cabezas

Tabla 16-3: Materiales y Equipos para la Medición del caudal

MATERIALES	EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"> • Balde • Soga • Cuaderno • Esfero • Mandil • Guantes • Botas • Mascarilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Cronometro • Cámara

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.2.5. Datos de Medición in situ

Medición de la Temperatura

La temperatura fue medida en el punto de tomas de muestras es decir al medio ambiente y al obtener la muestra compuesta siendo esta de 20 C.

Datos tomados para la medición del caudal

- a) Se realizó aforaciones directas del agua residual en donde se concentran y luego pasan al cuerpo receptor que es la vegetación o el rio, con la ayuda de una balde graduado y un cronometro.

- b) Las aforaciones se realizó en horas de producción, los días lunes, miércoles y viernes, considerando el mayor volumen de agua residual generada, desde las 07H00 – 14H00, en intervalos de tiempo de 20 minutos.

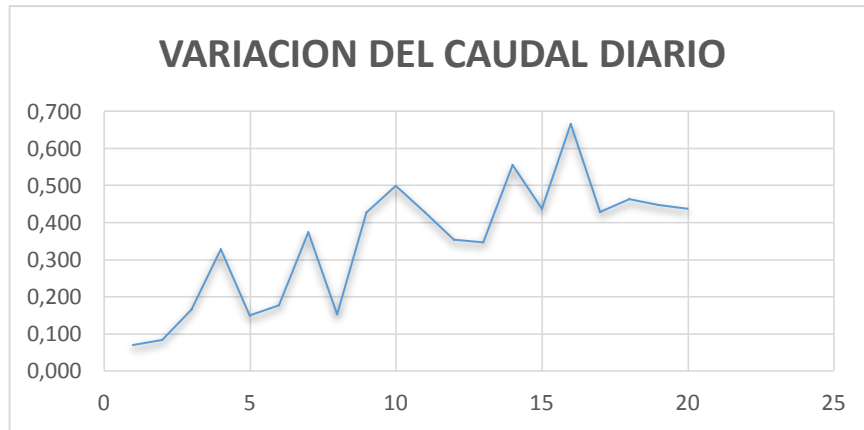
Con estos datos se realizó la tabulación de los registros y se determinó el caudal medio en L/s. que será la base para el diseño.

Tabla 17-3: Registro de Volumen y tiempo para la determinación del Caudal

#	HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)
1	7:20	4,25	60	0,071	0,85	30	0,028
2	7:40	4	47	0,085	1,22	30	0,041
3	8:00	5	30	0,167	1,1	30	0,037
4	8:20	5,25	16	0,328	1,6	5	0,320
5	8:40	3,75	25	0,150	1,5	7	0,214
6	9:00	5	28	0,179	1,6	6	0,267
7	9:20	6	16	0,375	4,8	5	1,200
8	9:40	4	26	0,154	2,9	4	0,725
9	10:00	3	7	0,429	2,3	6	0,383
10	10:20	5	10	0,500	1,6	30	0,053
11	10:40	3	7	0,429	1,25	30	0,042
12	11:00	4,25	12	0,354	3,6	8	0,450
13	11:20	4	11,5	0,348	1,56	7	0,223
14	11:40	5	9	0,556	3,8	7	0,543
15	12:00	3,5	8	0,438	3,8	5	0,760
16	12:20	5	7,5	0,667	5,25	6	0,875
17	12:40	4,5	10,47	0,430	2	5	0,400
18	13:00	5,25	11,33	0,463	4	6	0,667
19	13:20	3,25	7,25	0,448	1,4	4	0,350
20	13:40	3,5	8	0,438	1,25	8	0,156
CAUDAL MEDIO				0,350	CAUDAL MEDIO		0,387
PROMEDIO				0,37 L/s			

Realizado por: Karina Cabezas

Con estos datos podemos realizar hidrogramas donde se podrá observar mejor la variación del caudal diario de la quesera “EL SINCHE” lo cual nos ayudara también a decidir si la muestra tomada será simple o compuesta.



Gráfica 8-3: Variación del Caudal día 1

Fuente: Karina Cabezas



Gráfica 9-3: Variación del Caudal día 2

Fuente: Karina Cabezas

Como resultado nos dio un caudal medio de 0,37 L/s, y se utilizan diariamente 11025,4 litros de agua al día. Se determinó que al tener un caudal tan irregular es mejor tomar una muestra compuesta que nos indique las condiciones reales del Agua Residual a lo largo del todo el proceso y no en un punto determinado.

3.2.2.6. Datos de la caracterización Físico-química y microbiológica del agua residual sin tratamiento de la Quesera el Sinche

Las muestras de agua residual provenientes del proceso exclusivo de la elaboración de queso fueron tomadas durante un periodo de 2 semanas y determinadas como compuestas para ser

llevadas al laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH donde se realizó sus respectivas caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas.

Para la caracterización del agua se utilizó los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015) y se realizó la comparación entre los valores obtenidos de la caracterización y la normativa como se indica en la Tabla 9-3.

Tabla 18-3: Comparación de la caracterización del agua sin tratar con la norma ambiental

PARAMETRO	UNIDAD	MUESTRA DEL AGUA	NORMA TULSMA Lim.Max.Per
pH	Unid	6.18	6-9
Conductividad	Us/cm	6560	-----
Color	UTC	blanquecino	Inapreciable en dilución 1/20
Turbiedad	UNT	968	----
Sólidos totales	mg/L	20166	1600
Sólidos Sedimentables	mL/L	4	-----
Grasas y Aceites	mg/L	412	30
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	19800	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	10560	100
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	5*10 ⁴	1000

Realizado por: Karina Cabezas

Al comparar los datos obtenidos en la caracterización del agua residual con los límites permisibles de la normativa ambiental se puede observar como todos se encuentran fuera de norma dando paso a la tratabilidad.

3.2.2.7. Pruebas de Tratabilidad

Medida del índice de Biodegradabilidad

De acuerdo a la medición del índice de Biodegradabilidad (Ver Tabla 7-3), tenemos que el tratamiento es cuestionable si se aplica o no, un tratamiento biológico si fuera el caso, pero por el tipo de agua de la empresa es factible utilizar un tratamiento físico-químico ya que la materia orgánica es de naturaleza biodegradable. Además por las condiciones climáticas del lugar se

encuentra a una temperatura óptima para que los microorganismos puedan degradar la materia orgánica.

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 10560/19800$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0.53$$

Aireación

La aireación en este tratamiento tiene como objetivo aumentar su contenido de oxígeno y reducir el CO₂ lo cual se verá evidenciado en la disminución del DQO.

Tabla 19-3: Materiales, equipos y procedimientos para pruebas de aireación

MATERIALES Y EQUIPOS	PROCEDIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba • Tanque de 20 litros • Tomacorriente de 220 	<ul style="list-style-type: none"> • Medir los 8 litros de agua clarificada y ponerlos en el tanque. • Conectar la bomba al tomacorriente de 220 • Colocar la manguera que está conectada a la bomba dentro del agua que será tratada. • Prender la bomba por un tiempo de 24 horas • Ir realizando varias pruebas de DQO a lo largo del proceso para ir comprobando la disminución de carga orgánica y el tiempo de retención.

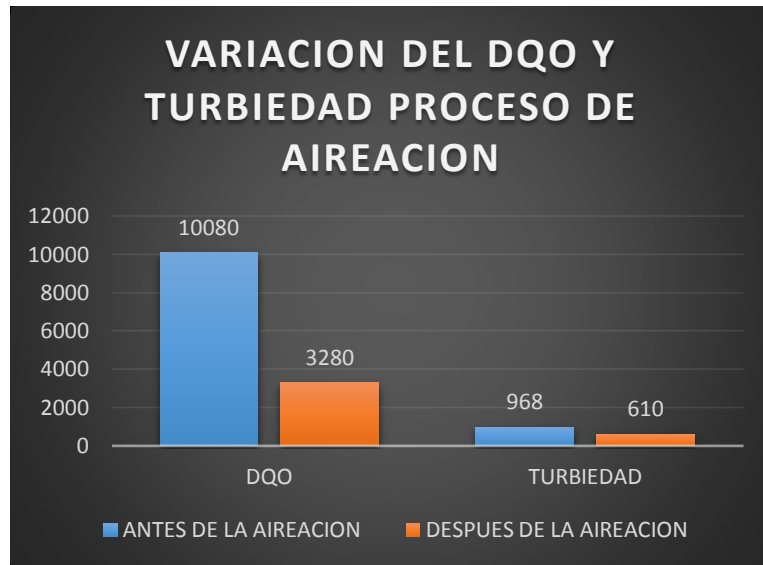
Realizado por: Karina Cabezas

En la siguiente tabla se puede observar la variación del DQO y la turbiedad al aplicar este proceso cumpliendo con el funcionamiento adecuado de la aireación.

Tabla 20-3: Variación del DQO y la Turbiedad luego de la Aireación.

PARAMETRO	TIEMPO DE AIREACION (h)	ANTES DE LA AIREACION	DESPUES DE LA AIREACION
TURBIEDAD (NTU)	48	610	300
DQO (mg/L)	48	10080	3280

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 10-3: Variación del DQO y Turbiedad luego de la Aireación

Realizado por: Karina Cabezas

Se puede observar que después de realizar el proceso de aireación la turbiedad se ha reducido en un 63.02% mientras que el DQO en un 32,53 % de los valores iniciales respectivamente.

Test de Jarras

Este proceso se lo realiza a través de la Test de Jarras, con el fin de determinar la dosificación exacta de coagulante-floculante que se le debe agregar al agua para clarificarla y disminuir su contaminación. Este test es una simulación del proceso real coagulación-floculación que consiste en agrupar las partículas diminutas contenidas en el agua residual y de esta manera por su peso vayan precipitando y liberando al agua de los sólidos sedimentables.

Se consideró dos tipos de coagulantes muy eficientes que son: el Sulfato de Aluminio y el Cloruro Férrico al 5% para probar con cuál de estos y en qué cantidad presenta una mejor remoción de los sólidos.

a. Pruebas con Cloruro Férrico al 5%

A continuación se muestra como fue reaccionando el Cloruro Férrico al 5 % con diferentes dosis en una misma concentración.

Tabla 21-3: Resultados del test de jarras con Cloruro Férrico al 5%

N° JARRAS	VOLUMEN DE FeCl ₃ al 5% (mL)	TURBIDEZ ANTES DEL FeCl ₃ al 5% (NTU)	TURBIDEZ DESPUES DEL FeCl ₃ al 5% (NTU)
1	2	610	560
2	4	610	450
3	6	610	400
4	8	610	425
5	10	610	473

Realizado por: Karina Cabezas

Aquí se puede observar cual es la dosis que se debe utilizar para un mayor grado de remoción partiendo con una turbidez de 610 NTU y agregando 6 mL de FeCl₃ al 5% llegamos hasta una turbidez de 400 NTU.

Luego de estas pruebas también se realizó un análisis del DQO para ver si disminuyo la carga contaminante y se obtuvo como resultado:

Tabla 22-3: Variación del DQO y la Turbiedad con el FeCl₃ al 5%

N° JARRAS	VOLUMEN DEL FeCl ₃ al 5% (mL)	ANTES DEL FeCl ₃ al 5%	DESPUES DEL FeCl ₃ al 5%
TURBIEDAD (NTU)	6	610	400
DQO (mg/L)	6	3280	430

Realizado por: Karina Cabezas

Se puede observar *que con el FeCl₃ al 5%* hay una alta tasa de disminución sobre todo en el DQO de un 86.89% de remoción

b. Pruebas con el sulfato de aluminio al 5%

En la siguiente tabla se puede observar como varia la turbidez según el volumen de coagulante que se lo fue agregando en diferentes volúmenes.

Tabla 23-3: Resultados de la turbidez con el Sulfato de Aluminio

N° JARRAS	VOLUMEN DEL SULFATO DE ALUMINIO (mL)	TURBIDEZ ANTES DEL SULFATO DE ALUMINIO (NTU)	TURBIDEZ DESPUES DEL SULFATO DE ALUMINIO (NTU)
1	5	610	580
2	10	610	510
3	15	610	471
4	20	610	522
5	25	610	540

Realizado por: Karina Cabezas

Aquí se puede observar cual es la dosis que se debe utilizar para un mayor grado de remoción partiendo con una turbidez de 610 y agregando 6 mL de FeCl_3 al 5% llegamos hasta una turbidez de 400.

Luego de estas pruebas también se realizó un análisis del DQO para ver si disminuyo la carga contaminante y se obtuvo como resultado lo siguiente:

Tabla 24-3: Variación del DQO y la Turbiedad con el Sulfato de Aluminio al 5%

PARAMETRO	VOLUMEN DEL SULFATO DE ALUMINIO al 5%	ANTES DEL SULFATO DE ALUMINIO al 5%	CON EL SULFATO DE ALUMINIO al 5%
TURBIEDAD	15	610	471
DQO	15	3280	1020

Realizado por: Karina Cabezas

Se puede observar una disminución de la turbiedad del 21% mientras que el DQO disminuyo en un 60%.

c. Comparación del test de Jarras con FeCl₃ al 5% vs Sulfato de Aluminio

En el gráfico se puede observar como disminuyó la turbidez con el sulfato de aluminio y FeCl₃ al 5%, llegando a la conclusión de que el mejor es FeCl₃ al 5% ya que disminuyó hasta 430 NTU mientras con el sulfato de aluminio llegó hasta 471 NTU.

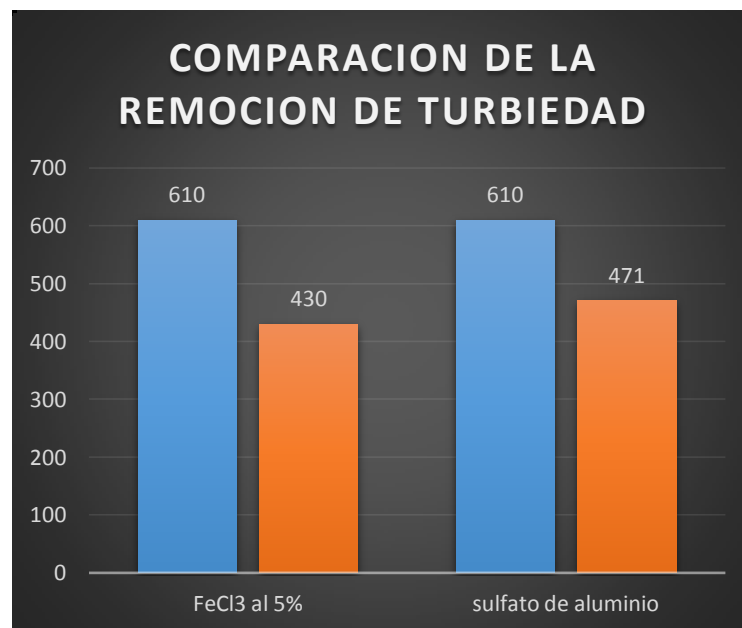
Tabla 25-3: Comparación de la remoción de Turbiedad con FeCl₃ al 5% y Sulfato de Aluminio

PARAMETRO	VOL DE COAGULANTE (mL)	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	TURBIEDAD FINAL (NTU)
Turbiedad con el FeCl ₃ al 5% (NTU)	6	610	430
Turbiedad sulfato de aluminio al 5% (NTU)	15	610	471

Realizado por: Karina Cabezas

Sedimentador

El tiempo de sedimentación luego de la floculación fue de 2 horas y con la ayuda de la caracterización en este punto pudimos encontrar los siguientes resultados expresados en la gráfica.



Gráfica 11-3: Comparación de la remoción de Turbiedad con FeCl₃ al 5% y Sulfato de Aluminio

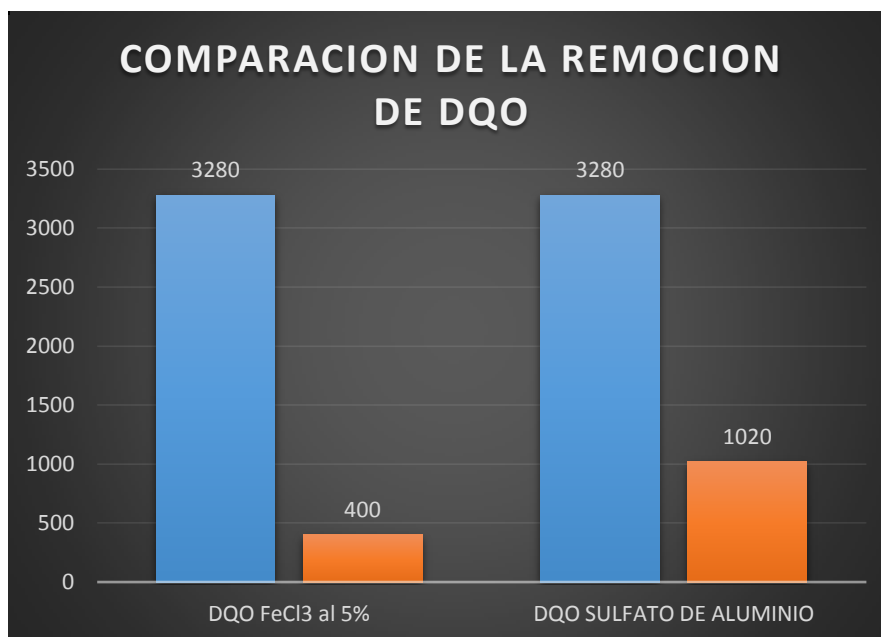
Realizado por: Karina Cabezas

Luego de las pruebas de jarra se realizó los DQO respectivamente, en la tabla se puede evidenciar como disminuyo el DQO en el caso del Sulfato de Aluminio y con el FeCl₃.

Tabla 26-3: Comparación de la remoción de DQO con FeCl₃ al 5% y Sulfato de Aluminio

PARAMETRO	VOL DE COAGULANTE	DQO INICIAL	DQO FINAL
FeCl ₃ al 5%	6	3280	400
Sulfato de aluminio	15	3280	1020

Realizado por: Karina Cabezas

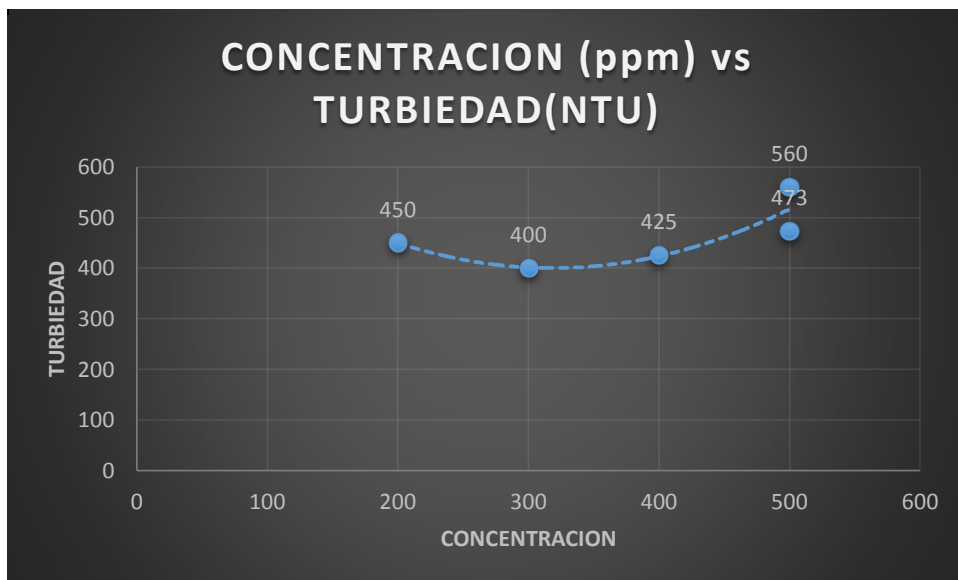


Gráfica 12-3: Comparación de la remoción de DQO con FeCl₃ al 5% y Sulfato de Aluminio

Realizado por: Karina Cabezas

Según lo observado en los gráficos obtenidos de los datos de pruebas de tratabilidad se puede concluir que el mejor coagulante fue el FeCl₃ al 5% con una dosificación de 6 mL/L de agua residual, el cual nos sirve para adaptar a la cantidad real de agua residual a tratar.

A continuación se puede observar la gráfica de turbidez (NTU) vs concentración (ppm).



Gráfica 13-3: Concentración vs Turbiedad

Realizado por: Karina Cabezas

En esta grafica se puede evidenciar que con una concentración del FeCl_3 de 300 ppm se obtiene la más baja turbiedad en el test de jarras que fue de 400 NTU.

Filtro con Grava y Carbón Activado

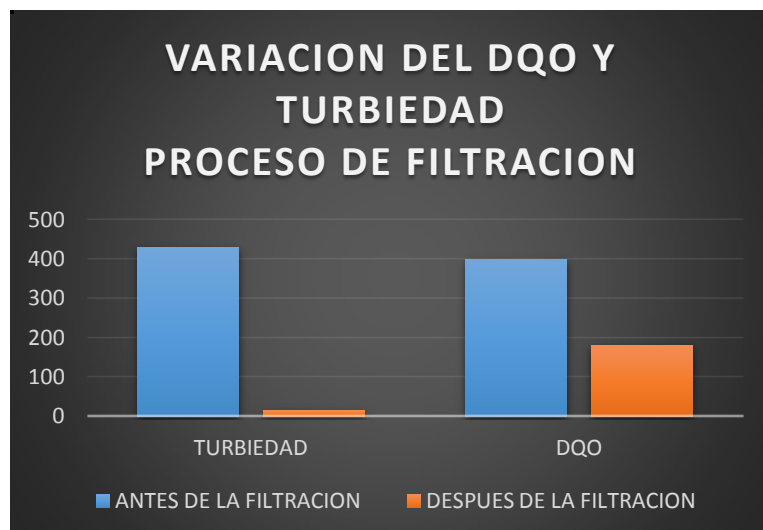
Este filtro se lo realizo a nivel de laboratorio para realizar varios ensayos, este consta de 3 capas una primera capa compuesta por el carbón activado, la segunda GRAVS, y la última compuesta por grava este es un filtro rápido por el cual pasa el agua en un tiempo de 30 a 35 minutos según se pudo comprobar en varias prácticas.

En la siguiente tabla se puede observar la variación que tuvo el DQO y la turbiedad luego del proceso de filtración.

Tabla 27-3: Variación del DQO y la Turbiedad luego de la filtración

PARAMETRO	TIEMPO DE FILTRACION (min)	ANTES DE LA FILTRACION (NTU)	DESPUES DE LA FILTRACION (NTU)
TURBIEDAD	30-40	430	17
DQO	30-40	400	180

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 14-3: Variación Del DQO Y Turbiedad luego de la Filtración

Realizado por: Karina Cabezas

En la gráfica se observa como la turbiedad bajó un 26.9% mientras que el DQO se disminuyó en un 55% llegando ambos a la Normativa.

3.2.2.8. Caracterización del Agua residual tratada

Luego de la tratabilidad realizada al agua residual, producto de la elaboración del queso esta fue analizada obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 28-3: Resultados obtenidos en la caracterización del agua tratada

PARAMETRO	UNIDAD	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA
Temperatura	C	18	18
Conductividad		6560	1620
Ph	UND	6.18	8.04
Turbidez	NTU	968	51
Solidos Totales	mg/L	20166	1940
DQO	mg/L	19800	180
DBO	mg/L	10500	98
Grasas y aceites	mg/L	412	<1
Coliformes fecales	UFC/100 mL	5*10 ⁴	<1

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias y CESTA

3.2.2.9. Porcentaje de Remoción

Luego de tener los resultados de la tratabilidad y compararlos con la norma se determinó los porcentajes de remoción que se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 29-3: Porcentajes de remoción luego de la tratabilidad

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
Conductividad	6560	1620	75,3
Turbidez	968	51	94,7
Sólidos totales	20166	1940	90,3
DQO	19800	180	99
DBO	10500	98	90,1
Grasas y aceites	412	<1	100
Coliformes fecales	5*10 ⁴	<1	100

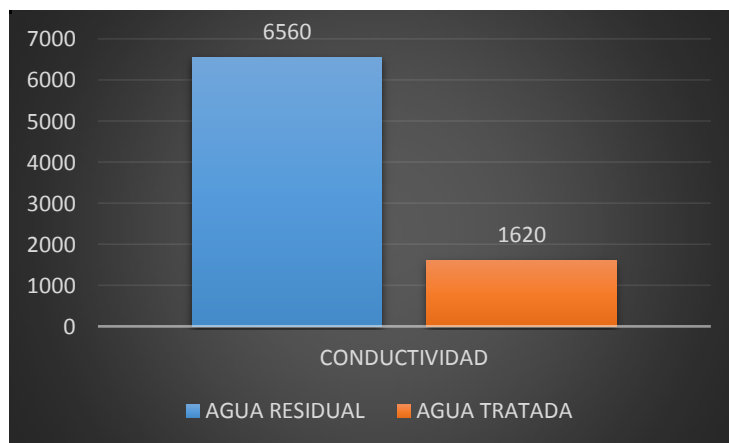
Realizado por: Karina Cabezas

Comparación de la conductividad después del tratamiento

Tabla 30-3: Variación de la conductividad

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
Conductividad	6560	1620	94,15

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 15-3: Variación de la conductividad

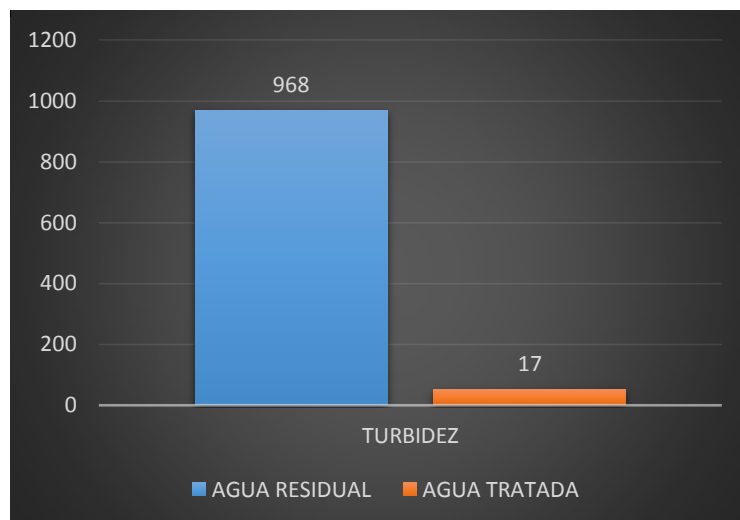
Realizado por: Karina Cabezas

Comparación de la turbidez después del tratamiento

Tabla 31-3: Variación de la Turbidez

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
TURBIDEZ	968	17	94,7

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 16-3: Variación de la Turbidez

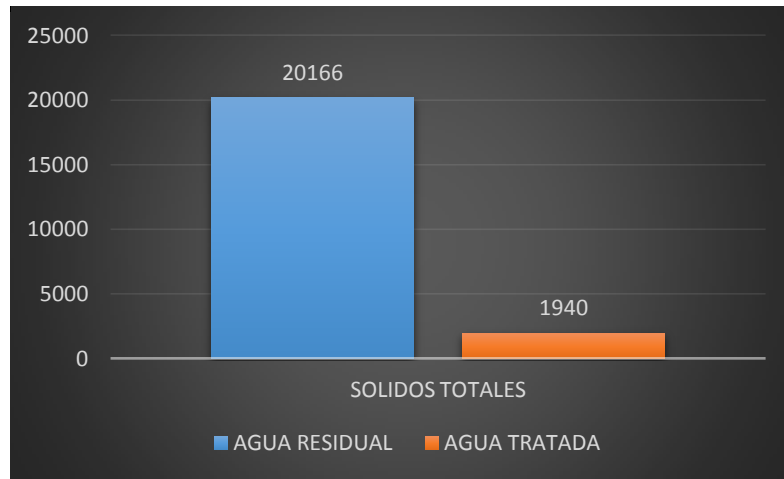
Realizado por: Karina Cabezas

Comparación de los Sólidos Totales después del tratamiento

Tabla 32-3: Variación de los Solidos Totales

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
SOLIDOS TOTALES	20166	1940	90.3

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 17-3: Variación de los Solidos Totales

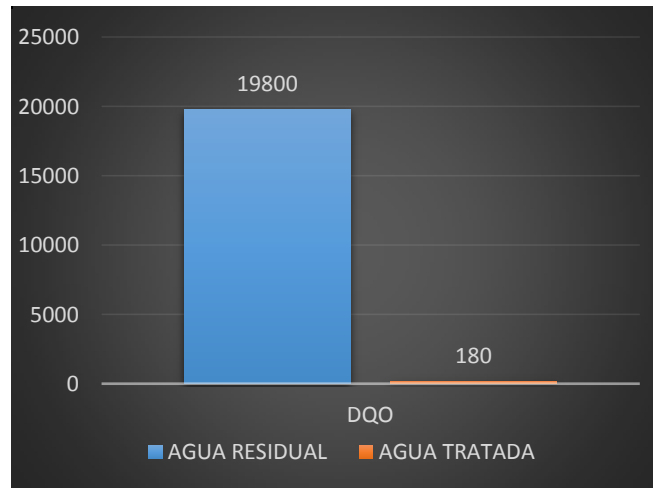
Realizado por: Karina Cabezas

Comparación del DQO después del tratamiento

Tabla 33-3: Variación del DQO

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
DQO	19800	180	99

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 18-3: Variación del DQO

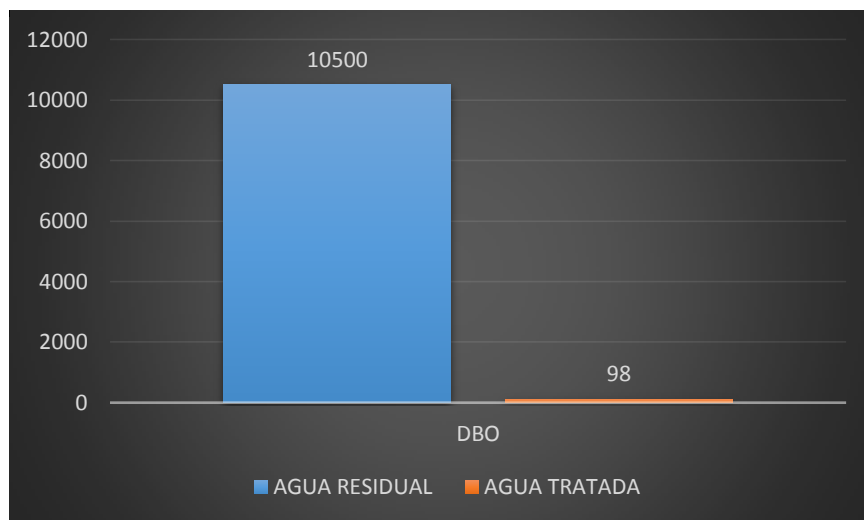
Realizado por: Karina Cabezas

Comparación Del DBO después del tratamiento

Tabla 34-3: Variación del DBO

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
DBO	10500	98	99

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 19-3: Variación del DBO

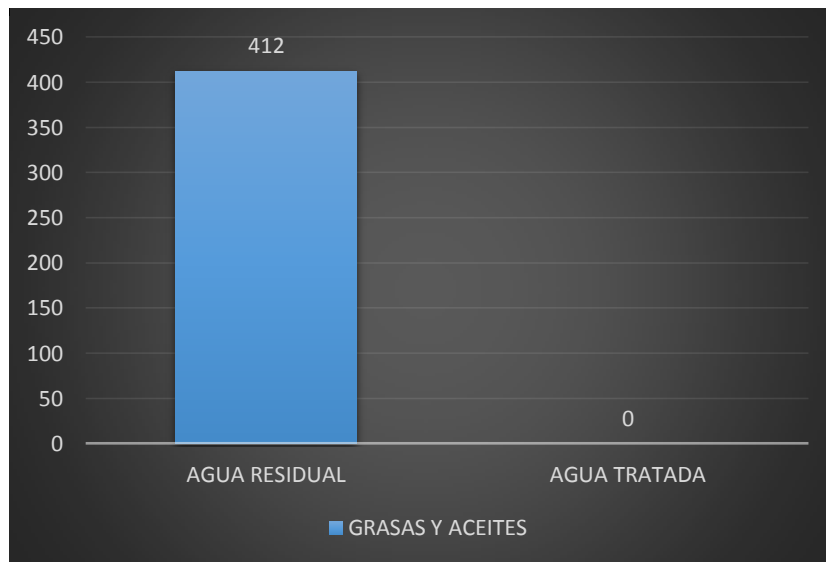
Realizado por: Karina Cabezas

Comparación De Grasas y Aceites después del tratamiento

Tabla 35-3: Variación de Grasas y Aceites

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
GRASAS Y ACEITES	412	<1	100

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 20-3: Variación de Grasas y Aceites

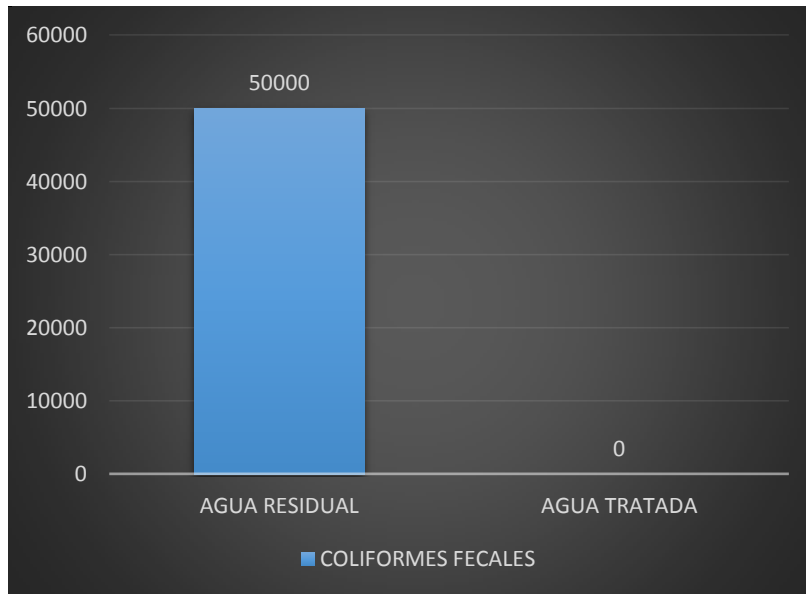
Realizado por: Karina Cabezas

Comparación de Coliformes Fecales después del tratamiento

Tabla 36-3: Variación de Coliformes Fecales

PARAMETRO	AGUA RESIDUAL	AGUA TRATADA	% DE REMOCION
COLIFORMES FECALES	50000	<1	100

Realizado por: Karina Cabezas



Gráfica 21-3: Variación de Coliformes Fecales

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Quesera el Sinche

Para determinar el dimensionamiento debemos realizar los cálculos de ingeniería en cada una de las unidades que conforman el proceso, estas son:

- ✓ Desarenador
- ✓ Aireación.
- ✓ Mezclador Rápido de Turbina
- ✓ Sedimentador
- ✓ Filtro de arena grava y carbón activado.

3.2.3.1. Calculo del Caudal de Diseño

$$Q_{Medio} = 0,37 \frac{L}{s}$$

$$Q_{Medio} = 0,37 \frac{L}{s} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{0,001 m^3}{1L} = 1,33 \frac{m^3}{h}$$

Para determinar el caudal de diseño es necesario utilizar un factor de mayorización el cual es del 20% y se muestra la siguiente formula.

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_M + Q_M(0,2)$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 1,33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} + 1,33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} (0,2)$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 1,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 11,2 \frac{\text{m}^3}{7\text{h}}$$

3.2.3.2. Dimensionamiento del Desarenador

Consideraciones para el diseño hidráulico

✓ Los desarenadores se diseñan para un determinado diámetro de partícula, es decir, que se supone que todas las partículas de diámetro superior al escogido deben depositarse. Por ejemplo, el valor del diámetro máximo de partícula normalmente admitido para plantas hidroeléctricas es de 0.25 mm. En los sistemas de riego generalmente se acepta hasta un diámetro de 0.5 mm.

✓ También se debe prever a que lugares se va a orientar o depositar los materiales decantados (eras de secado)

✓ La sección más eficiente para decantar, resulta ser la compuesta por paredes verticales en la parte superior y trapecial en la parte inferior.

A continuación se detalla la información necesaria para este dimensionamiento:

El diámetro puede calcularse en función de la altura de caída, o en función del tipo de turbina como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 37-3: Diámetro de partículas en función de la altura de caída

Diámetro de partículas que son retenidas en el desarenador (mm)	Altura de caída (H)
0,6	100-200
0,5	200-300
0,3	300-500
0,1	500-1000

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, s.f.)

Tabla 38-3: Constantes en función de los diámetros

a	d(mm)
51	<0,1
44	0,1-1
36	>1

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (DESARENADORES, 2015)

Cálculo de la Velocidad del Flujo en el Tanque

La velocidad en un desarenador se considera lenta, cuando está comprendida entre 0.20 m/s a 0.60 m/s. La elección puede ser arbitraria o puede realizar utilizando la fórmula de Campo.

$$V = a\sqrt{d}$$

Donde:

d = diámetro (cm)

a = constante en función del diámetro

$$V = 44\sqrt{0,01}$$

$$V = 4.4 \text{ cm/s}$$

Cálculo de la Velocidad de Sedimentación

Para este cálculo se utilizó la fórmula de Scotti – Foglieni (DESARENADORES, 2015)

$$W = 3.8\sqrt{d} + 3.8d$$

Donde:

w = velocidad de sedimentación (m/s)

d = diámetro de la partícula (m)

$$W = 3.8\sqrt{0.01} + 3.8(0.01)$$

$$W = 0,41 \text{ m/s}$$

Cálculo de las dimensiones del tanque

H=3 (propuesto)

$$L = \frac{h * v}{w}$$

$$L = \frac{h * v}{w}$$

$$L = \frac{1.5m * 0,044m/s}{0.41m/s}$$

$$L = 3.2m$$

$$b = \frac{L}{2}$$

$$b = \frac{3.2}{2}$$

$$b = 1.6m \sim 1m$$

Calculo del tiempo de Sedimentación

$$t_s = \frac{h}{w}$$

$$t_s = \frac{150 \text{ cm}}{4,1 * 10^{-3} \text{ cm/s}}$$

$$t_s = 36585 \text{ s}$$

Calculo del Volumen del Desarenador

$$V = Q * t_s$$

$$V = 4,4 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 36585 \text{ s}$$

$$V = 16,1 \text{ m}^3$$

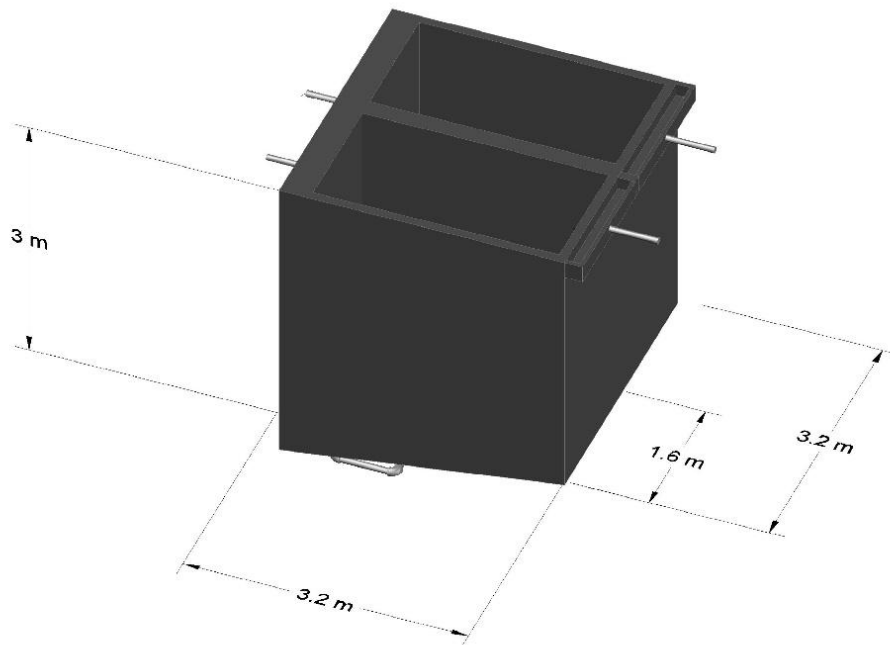


Figura 1-3: Desarenador

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.3.3. Dimensionamiento del Tanque de Aireación

Calculo del Volumen

$$V = \frac{\phi_r * Q * Y * (S_0 - S)}{X(1 + K_d \phi_{rc})}$$

Ecuación 1-3:

Donde:

ϕ_r = tiempo de retencion hidraulica en dias

Q = caudal en m^3/d

S_0 = concentracion del DQO antes de la entrada al reactor

S = concentracion de DQO despues del reactor

K_d = coeficiente de degradacion endogena

$Y = 0.6 \frac{mg}{mg}$ propuesto como parametro cinetico para describir el crecimiento de biomasa por unidad de sustrato consumido.

X = concentracion de solidos suspendidos volatiles en el reactor $\frac{kg}{m^3}$

$$\frac{SSVLM}{SSLM} = 0.8$$

Ecuación 2

Normalmente los SSLM poseen un 70-80% de sólidos volátiles (SSVLM). El porcentaje de sólidos volátiles pueden bajar al 68% cuando el proceso de fangos activos opera con lodos viejos (edades de lodo altas). (Anon., s.f.)

$$SSLM = 4500 \text{ mg/L}$$

Este dato se obtuvo experimentalmente tomando una muestra del proceso de aireación y realizando la prueba de sólidos.

$$\frac{SSVLM}{4500} = 0.8$$

$$SSVLM = \left(4500 \frac{mg}{L}\right) 0.8$$

$$SSVLM = 3600 \frac{mg}{L} = 3.6 \frac{kg}{m^3}$$

Entonces se reemplaza en la ecuación:

$$V = \frac{1 * 11.2 * 0.6 * (10.08 - 3.28)}{3.6(1 + 0.06(1))}$$

$$V = \frac{91.39}{8.064}$$

$$V = 11.97 m^3$$

Calculo de la Altura

$$h = 3m \text{ (Propuesto)}$$

Se debe considerar que en el proceso habrá formación de espumas por lo cual se debe dar una altura de seguridad para evitar que las mismas se derramen.

$$h_s = 0.3m$$

$$h_T = h + h_s$$

$$h_T = 3.3 m$$

$$a = 1.2 m$$

$$l = 3 m$$

Calculo del Tiempo de Retención

Se determinó experimentalmente con el cual se consigue una disminución Del DQO del 32%.

$$Trh = 24h$$

Calculo del requerimiento de O₂

$$WO_2 = [\alpha (S_o - S)Q + b + x + V]$$

Donde:

$WO_2 = \text{requerimiento de Oxigeno}$

$\alpha = \text{Fraccion de sustrato removido usado para produccion de energia}$

$$(0,3 \text{ y } 0,63 \frac{KgO_2}{KgDBO})$$

$b = \text{Oxigeno necesario para la respiracion endogena } (0,55 \text{ y } 0,28 \frac{KgO_2}{KgSSV * dia})$

Tabla 39-3: Parámetros de Diseño para procesos de lodos activos

MODIFICACIÓ N DEL PROCESO	Θ_c	F/M	Carga Volumica	SSLM	V/Q	Qr/Q
	(d)	(Kg DBO ₅ apli/Kg SSVL*día)	(Kg DBO ₅ apli/m ³ *día)	mg/ L	(h)	
Convencional	5 - 15	0,2-0,4	0,32-0,64	1500- 3000	4-8	0,25- 0,75
Mezcla Completa	5 - 15	0,2-0,6	0,80-1,92	2500- 4000	3-5	0,25-1

Realizado por: Karina Cabezas

Fuente: (EDDY, 1995, p. 626)

$$WO_2 = [0.63(10.08 - 3.28)11.2 + 0.28 + 7.2 + 11.3]$$

$$WO_2 = 47.98 + 0.28 + 7.2 + 11.3$$

$$WO_2 = 66.76 \frac{Kg O_2}{dia}$$

Calculo de la Transferencia de Oxigeno a través de Difusores

$$N = N_0 * [\alpha \left(\frac{\beta * C'_{sw} - C_L}{C_{ST}} \right) * (1.024^{(T-20)})]$$

Dónde:

N_0 = Tasa transferencia de oxígeno en condiciones de referencia (20 °C y oxígeno disuelto igual a cero, 1.5 y 2.0 KgO₂/KW*h)

α = Factor de correlación para la transferencia de oxígeno para la purga (0.4 y 0.8)

β = Factor de correlación para la salida y tensión superficial (0.9 y 0.98)

C_L = Concentración de oxígeno disuelto (según Aceirvala 1937 y Mara 1376 es de 0.5 a 2.0 mg/L)

C_{sw} = concentración media de saturación de oxígeno disuelto en el agua pura en un tanque de aireación a una temperatura y altura (mg/L).

$$N = 2 * [0,8 \left(\frac{0,98 * 6 - 2}{9,17} \right) * (1.024^{(18-20)})]$$

$$N = 0,64kg \frac{O_2}{KWh}$$

Calculo de la Cantidad de aire requerido

$$A_{req} = \frac{Q * DBO}{\%O_2 \text{ en el aire} * E * \rho_{aire}}$$

$$A_{req} = \frac{11.3(10.08)}{0.231 * 0.9 * 1.23 \frac{kg}{m^3}}$$

$$A_{req} = 445.42 \text{ kgO}_2$$

Calculo de la Potencia.

$$P_w = \frac{W O_2}{24 * N}$$

$$P_w = \frac{66.76 \frac{Kg O_2}{dia}}{24 * 0,64kg \frac{O_2}{KWh}}$$

$$P_w = 4.3 \text{ HP}$$

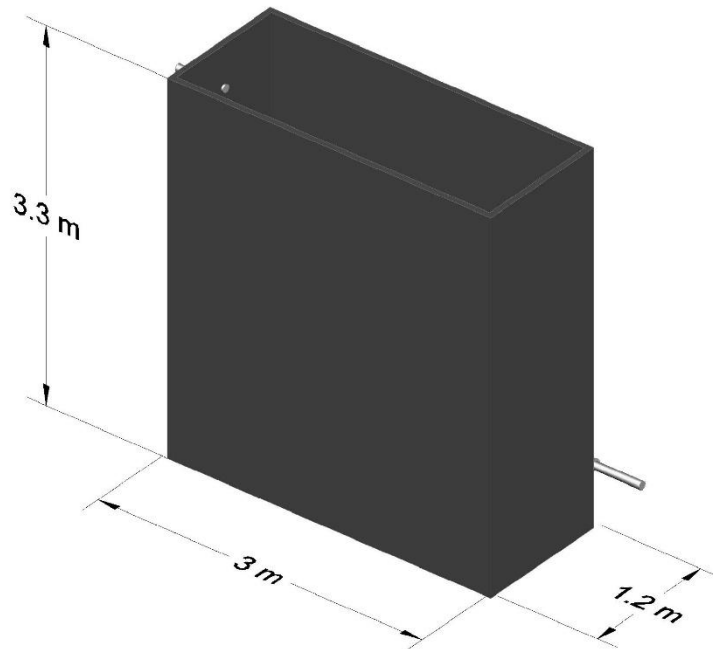


Figura 2-3: Tanque de Aireación

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.3.4. Dimensionamiento del Tanque de Mezcla rápida

Calculo del volumen del tanque

$$V_{tanque} = Q * t_r$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$$

Trh= 2 horas Valor determinado experimentalmente para que los lodos sedimenten en su totalidad en el cono Imhoff

$$V_{tanque} = 4.4 * 10^{-4} * 7200$$

$$V_{tanque} = 3.16 \text{ m}^3$$

Calculo del Diámetro de la Cámara de Mezcla

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

Donde:

V= Volumen del Tanque (m³)

a = Ancho del tanque (m)

b = base del tanque (m)

a y b son obtenidos a partir de las relaciones geométricas

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{4 * 3.16 * 3}{\pi * 3.5}}$$

$$D_T = 1.5m$$

Calculo de la altura de la cámara de mezcla

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

$$H = 3.5 * \frac{1.5}{3}$$

$$H = 1.75 \text{ m}$$

Calculo del diámetro de la turbina

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

$$D = \frac{1.5}{3}$$

$$D = 0.5 \text{ m}$$

Calculo del ancho de los deflectores

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

Donde:

W_D = ancho de los reflectores (m)

$$W_D = \frac{0,5}{10}$$

$$W_D = 0,05 \text{ m}$$

Calculo de las Dimensiones de las Paletas

A partir de las relaciones geométricas que se pueden ver en la tabla

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

$$B = \frac{0.5}{4}$$

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

Calculo de la Potencia Requerida para la operación de mezclado

$$P = (G^2)(u)(v)$$

$$G = (0.25)(h)^{1.25}$$

$$rpm = n = 180rpm \text{ (Laboratorios)}$$

$$t_{retencion} = 5min \text{ (Laboratorios)}$$

$$G = (0.25)(180)^{1.25}$$

$$G = 164.8 \approx 165 \text{ s}^{-1}$$

$$P = (165^2)(1.102 \times 10^{-3})(0.00000114)$$

$$P = 3.42 * 10^{-5} \text{ WATT}$$

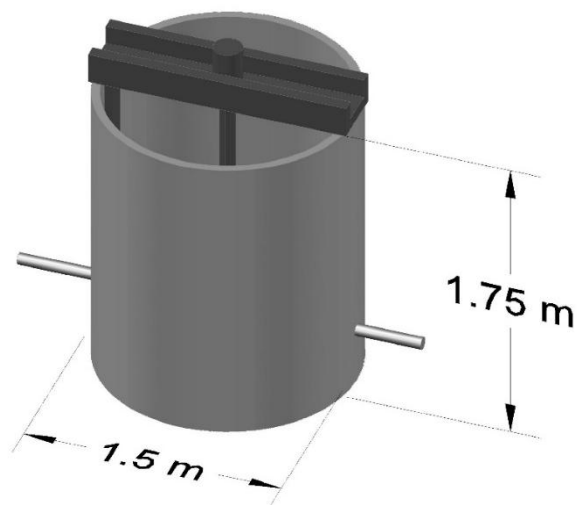


Figura 3-3: Tanque de Mezclado Rápido

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.3.5. Dosificación de los coagulantes-floculantes.

Experimentalmente se determinó los g FeCl₃ por cada litro de agua residual

$$0.3\text{g FeCl}_3 / 1 \text{ L de AR}$$

La cantidad de coagulante que se utilizara en el tratamiento del agua residual se determinó en base al caudal diario:

$$\text{FeCl}_3 = 0.3 \frac{\text{gFeCl}_3}{1\text{L AR}} * \frac{11200 \text{ L AR}}{\text{Dia}} = 3360 \text{ g FeCl}_3 / \text{dia}$$

$$\text{FeCl}_3 = 3.36 \text{ kg/dia}$$

3.2.3.6. Dimensionamiento del sedimentador convencional

Zona de Entrada

Área del Orificio

$$a_0 = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Donde:

ϕ = diámetro de la partícula (m)

a_0 = área del Orificio

$$a_0 = \frac{\pi 0.02^2}{4}$$

$$a_0 = 3.2 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Área Total de Orificios

$$A_0 = \frac{Q}{V_0}$$

Donde:

V_0 = Velocidad de paso entre orificios (m/s)

A_0 = Area Total de Orificios m^2

$$A_0 = \frac{4.4 * 10^{-4}}{0.10}$$

$$A_0 = 4.4 * 10^{-3} m^2$$

Numero de Orificios

$$n_0 = \frac{A_0}{a_0}$$

$$n_0 = \frac{4.4 * 10^{-3}}{3.2 * 10^{-4}}$$

$$n_0 = 13.75 \approx 14$$

Zona de Sedimentación

Calculo de la Velocidad Sedimentacion de Particulas Discretas

Para la determinacion de la velocidad de Sedimentacion se utilizo la Ley de Stokes

$$V_{si} = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho_p - \rho}{\mu} \right) (d_p)^2$$

Donde:

g = gravedad (cm/s)

ρ_p = densidad de la particula (gr/cm^3)

ρ = densidad del agua (gr/cm^3)

μ = viscosidad cinematica del agua ($gr/cm*s$)

d_p = diametro de la particula (cm)

$$V_{si} = \frac{981}{18} \left(\frac{2.65 - 0.998599}{0.01053} \right) (0.001)^2$$

$$V_{si} = 0.0342 \frac{cm}{s} \approx 29,37 \text{ m/dia}$$

Calculo de la Velocidad Sedimentacion de Particulas Criticas

$$V_{sc} = 0.22 \left(\frac{\rho_p - \rho}{\rho} * g \right)^{2/3} \left(\frac{d_{pc}}{v^{1/3}} \right)$$

Donde:

g= gravedad (cm/s)

ρ_p = densidad de la particula (gr/cm³)

ρ = densidad del agua (gr/cm³)

d_{pc} = diametro de la particula critica (cm)

$$V_{sc} = 0.22 \left(\frac{2.65 - 0.998599}{0.998599} * 981 \right)^{2/3} \left(\frac{0.001}{(0.01054)^{1/3}} \right)$$

$$V_{sc} = 0.13 \frac{cm}{s} = 119.61 \frac{m}{dia}$$

Calculo del Área Superficial en la Zona de Sedimentación

$$A_s = \frac{Q}{V_{si}}$$

Donde:

V_{si} = Velocidad Sedimentacion de Particulas Discretas (m/s)

$$A_s = \frac{2,2 * 10^{-4}}{3,42 * 10^{-4}}$$

$$A_s = 1.3 \text{ m}^2 \approx 1.5 \text{ m}^2$$

Calculo de la Longitud del tanque

H=1m

$$\frac{L}{H} = 5$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$\frac{L}{w} = 3$$

$$w = \frac{5}{3}$$

$$w = 1.66 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

Cálculo de la Velocidad Horizontal

$$V_h = \frac{Q}{A_s}$$

$$V_h = \frac{4.4 * 10^{-4}}{1.5}$$

$$V_h = 2.9 * \frac{10^{-4} \text{ m}}{\text{s}}$$

Calculo del Volumen del Sedimentador

$$V = w * L * h$$

$$V = 2 * 5 * 1$$

$$V = 10 \text{ m}^3$$

Calculo del Periodo de Retención de las Partículas

$$P_R = \frac{Vol}{Q}$$

$$P_R = \frac{10}{4,4 * 10^{-4}}$$

$$P_R = 22727.27 \text{ s}$$

Calculo de la Velocidad de Arrastre

$$V_a = 1.25 * [(\rho_p - \rho) d_p]^{1/2}$$

$$V_a = 1.25 * [(2.65 - 0,998599) 0.002]^{1/2}$$

$$V_a = 7.18 \frac{cm}{s} = 0.0718 \frac{m}{s}$$

$$V_a > V_h$$

La velocidad de arrastre debe ser mayor que la velocidad horizontal para evitar que sean arrastrados los lodos de sedimentación.

Zona de Salida

Calculo del Vertedero de Salida

$$h_a = \left(\frac{Q}{1.84 * b} \right)^{2/3}$$

$$h_a = \left(\frac{4.4 * 10^{-4}}{1.84 * 2} \right)^{2/3}$$

$$h_a = 2.4 * 10^{-3} m = 0.24 \text{ cm}$$

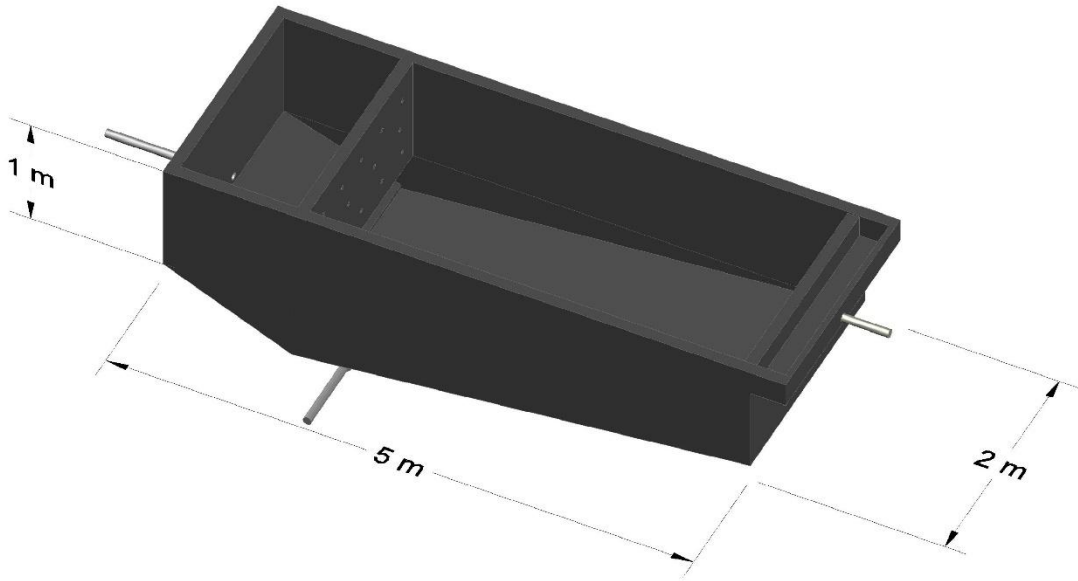


Figura 4-3: Sedimentador

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.3.7. Dimensionamiento del Filtro

Calculo del Área del filtro

$$A = \frac{Q}{\text{Tasa filtracion}}$$

$$A = \frac{1.60 \text{ m}^3/h}{0.29 \text{ m}^3/\text{m}^2 h}$$

$$A = 5.51 \text{ m}^2$$

Calculo de la altura del filtro

Se determina en función de la altura de los lechos filtrantes, altura de seguridad, altura del sistema de drenaje y altura del agua.

$$h_{graba\ fina} = 0.60\ m$$

$$h_{arena} = 1\ m$$

$$h_{carbon} = 0.8\ m$$

$$h_{seguridad} = 0.30\ m$$

$$h_{sistema\ drenaje} = 0.20\ m$$

$$h_{H2O} = 1\ m$$

$$h_{total} = 3.5\ m$$

Largo del filtro

$$A = a * l$$

$$l = \frac{A}{a}$$

Tomamos un ancho (a) de 1.5 m que nos proporcionan las tablas de calculo

$$l = \frac{5.51\ m^2}{1.50\ m}$$

$$l = 3.6\ m$$

Volumen del filtro

$$V = l * a * h$$

$$V = (3.6) * (1.5) * (3.5)$$

$$V = 18.9 \text{ m}^3$$

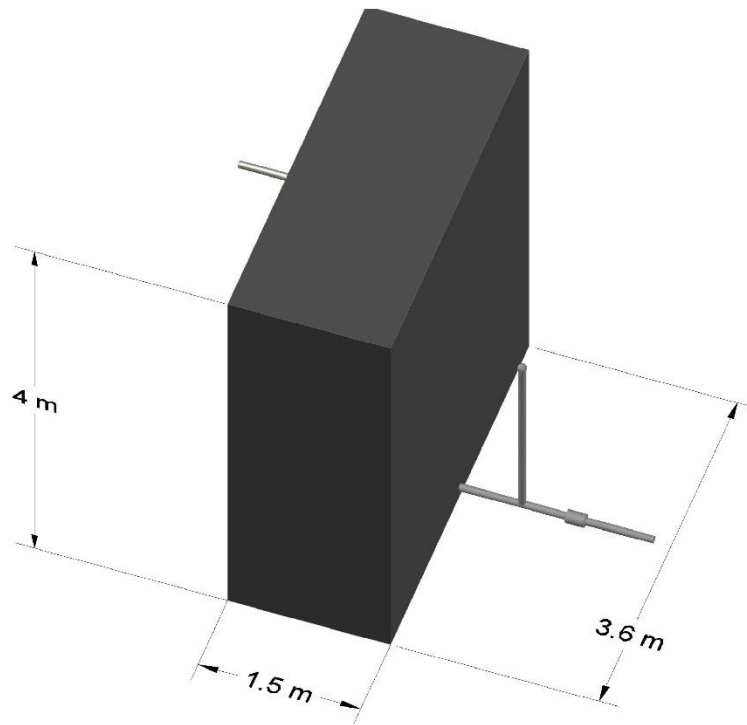


Figura 5-3: Filtro de arenas

Realizado por: Karina Cabezas

3.2.3.8. Dimensionamiento del Tanque de Lodos

Calculo de la carga de sólidos en suspensión

$$S_s = 9 \frac{ml}{L}$$

Este valor fue obtenido experimentalmente en la caracterización del agua residual.

$$VOLUMEN DE LODOS = 9000 \frac{ml}{m^3} * 11.2 \frac{m^3}{dia}$$

$$VOLUMEN DE LODOS = 100800 \frac{ml}{dia}$$

Temperatura °C	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, s.f.)

$$L = A/b$$

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

$$L = \frac{2}{1}$$

$$L = 1m$$

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H}$$

$$H = \frac{0.8}{2}$$

$$H = 0,4 m$$

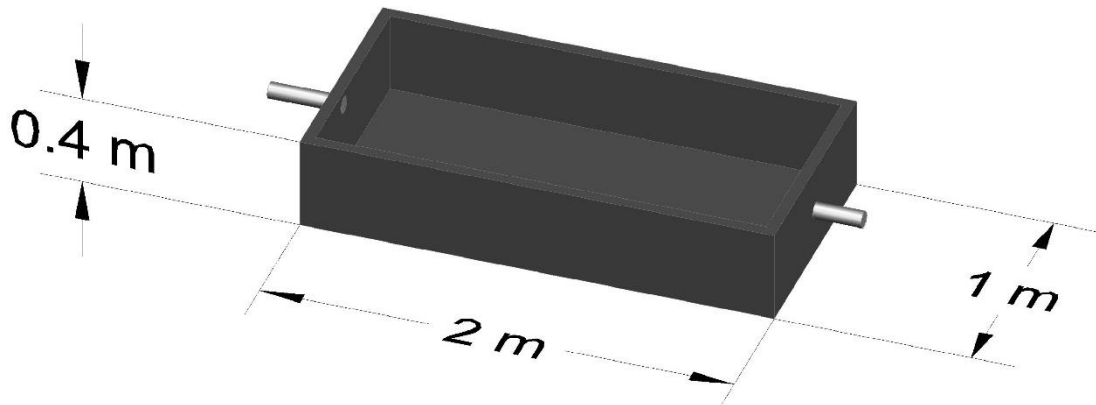


Figura 6-3: Tanque de Lodos

Realizado por: Karina Cabezas

3.3. Proceso de Producción

3.3.1. Resultados del Dimensionamiento del Sistema

Según los resultados obtenidos se puede decir que este es un proceso semi continuo ya que depende la producción de su volumen y su tiempo, es por eso que se necesita una bomba para que cuando se llene el agua esta empieza a pasar a los demás equipos.

A continuación veremos las tablas de resultados donde se detallan claramente los datos necesarios para la implementación de la planta acorde al caudal de la quesera:

3.3.1.1. Resultados del cálculo del caudal.

Tabla 40-3: Resultados cálculo del Caudal

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Caudal Medio	L/s	0,37
Caudal de Diseño	m ³ /h	1,6

Realizado por: Karina Cabezas

3.3.1.2. Resultados del Dimensionamiento del Desarenador

Tabla 41-3: Resultados del Dimensionamiento del Desarenador

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Área de desarenador	m ²	9.6
Longitud del área de desarenador	m	3.2
Altura del Desarenador	m	3
Ancho del Desarenador	m	1.6
Volumen del tanque de desarenador	m ³	16.1
Tiempo de retención en el tanque de desarenador	h	12
Tiempo de Sedimentación de las Partículas	s	36585
Velocidad de Flujo en el tanque	cm/s	4.4
Velocidad de Sedimentación	m/s	0.41

Realizado por: Karina Cabezas

3.3.1.3. *Resultados del dimensionamiento del tanque de aireación*

Tabla 42-3: Resultados del Dimensionamiento del tanque de aireación

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Volumen	m ³	11.97
Largo	m	3
Ancho	m	1.2
Altura	m	3
Tiempo de Retención Hidráulica	h	24
Potencia requerida para la aireación	HP	4

Realizado por: Karina Cabezas

3.3.1.4. *Resultados del Dimensionamiento del Mezclador Rápido de Turbina*

Tabla 43-3: Resultados del Dimensionamiento del Mezclado Rápido de Turbina

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Volumen	m ³	3.16
Diámetro de la Cámara de Mezcla	m	1.5
Altura	m	1.75
Diámetro de la Turbina	m	0.50
Ancho de los deflectores	m	0.05
Longitud de las Paletas	m	0.125
Potencia requerida para el Mezclado	watts	3.42*10 ⁻⁵

Realizado por: Karina Cabezas

3.3.1.5. *Resultados del dimensionamiento del Sedimentador*

Tabla 44-3: Resultados del dimensionamiento del Sedimentador

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
ZONA DE ENTRADA		
Área Orificios de la placa	m ²	3.2*10 ⁻⁴
Área Total de los Orificios de la placa	m ²	4.4*10 ⁻³

Numero de Orificios		14
ZONA DE SEDIMENTACION		
Velocidad de Partículas Discretas	m/día	29.37
Velocidad de Partículas Críticas	m/día	119.61
Área superficial de la zona de Sedimentación	m ²	1.5
Longitud del área de sedimentación	m	2
Volumen del tanque de sedimentación	m ³	10
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	horas	6.3
Altura del tanque de sedimentación	m	1
Diámetro de la tubería de ingreso del agua	pulg	¾
Altura del Vertedero	cm	0.24
Caudal de diseño	m ³ /día	11.2

Realizado por: Karina Cabezas

3.3.1.6. Resultados del filtro de arena, grava y carbón activado

Tabla 45-3: Resultados del filtro de arena, grava y carbón

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Área	m ²	5.51
Ancho	m ³	1.5
Largo	m ³	3.6
Altura Grava	m	0.6
Altura Arena	m	1
Altura Carbón	m	0.8
Altura de Seguridad	m	0.3
Altura Sistema de Drenaje	m	0.2
Altura agua	m	1
Altura Total	m	4

Realizado por: Karina Cabezas

3.4. Requerimiento de materiales y equipos para el tratamiento de aguas residuales.

3.4.1. Tipos de Materiales utilizados

Los materiales usados en cada una de las etapas del tratamiento deben tener óptimas condiciones de impermeabilidad y dureza para el uso continuo del mismo.

Tabla 46-3: Materiales utilizados

ETAPAS	MATERIALES
Tanque de Desarenacion	Hormigón Armado
Tanque de Aireación	Hormigón Armado
Tanque de mezcla Rápida	Hormigón Armado
Tanque de Sedimentación	Hormigón Armado
Sistema de filtración	Hormigón Armado
Eras de secado	Hormigón Armado

Realizado por: Karina Cabezas

3.4.2. Tuberías y accesorios.

Para el este tratamiento se necesitaran algunos accesorios que ayudaran al mejor funcionamiento del sistema de Tratamiento de agua residual:

Tabla 47-3: Tuberías y Accesorios

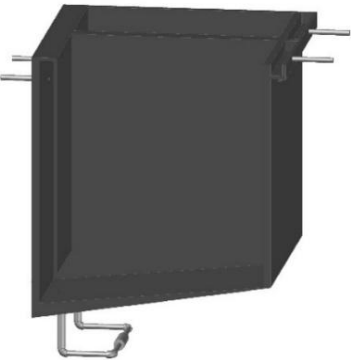
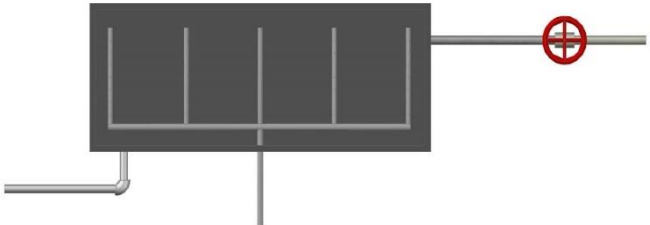
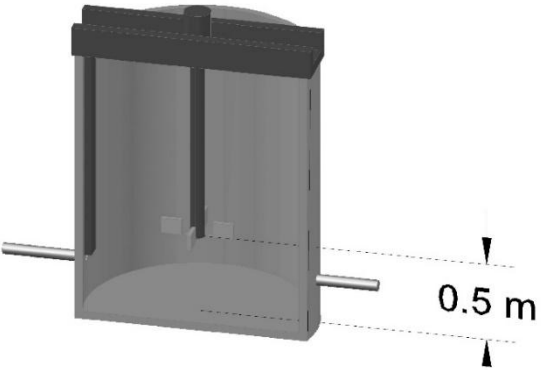
MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
TUBOS	A lo largo del todo el proceso se usaran tuberías que ayudaran al transporte del agua a tratarse, el material es el PVC ya que este es el más óptimo para el líquido que vamos a tratar.
UNIONES:	Cuando existen válvulas que nos ayudan al proceso será necesario la utilización de uniones.
VÁLVULAS:	Ayudaran en la regulación del caudal al pasar de una etapa del proceso a otro.
CODOS:	Este accesorio será muy útil para desviar el agua si fuera necesario hacia cada una de las etapas.
BOMBAS:	La bomba ayudara en el caso que el agua no se mueva por su gravedad en ciertas unidades.
MEZCLADOR DE TURBINA:	este equipo será de gran utilidad para mover el coagulador - Floculador

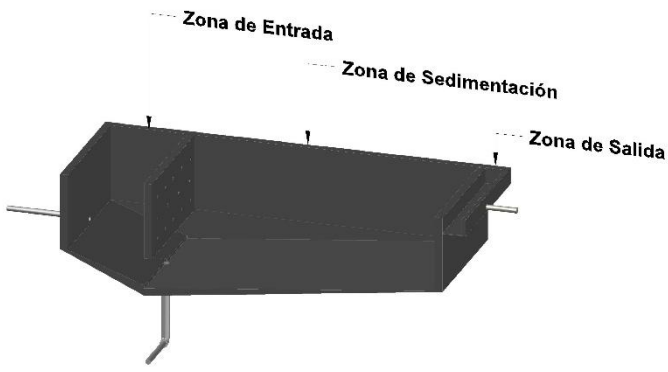
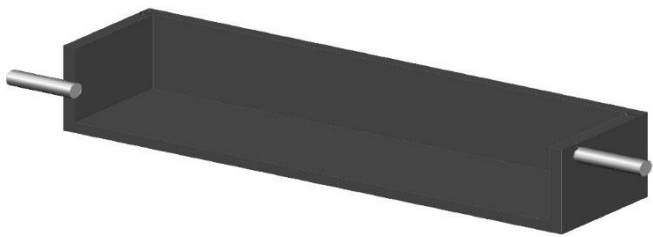
Realizado por: Karina Cabezas

3.4.3. Distribución de la Planta.

A continuación se describirá cada una de las etapas del proceso que darán lugar al tratamiento de las aguas residuales de la quesera “EL SINCHE”

Tabla 48-3: Distribución de la Planta

DESARENADOR	
<p>El agua residual pasara a un tanque de desarenacion el cual tiene como objetivo sedimentar las partículas de mayor diámetro y retenerlos para ser enviados a las eras de secado.</p>	
AIREACION	
<p>El agua previamente tratada será pasada al tanque de aireación donde con un compresor se inyectara aire y con la ayuda de difusores ubicados en el fondo del tanque, se generaran lodos que irán a las eras de secado.</p>	
MEZCLADOR RAPIDO DE TURBINA	
<p>En este tanque se colocara una turbina que ayudara a la dosificación y a la mezcla rápida del coagulante.</p>	

SEDIMENTADOR	
<p>Aquí se detendrán los flóculos y las partículas más pequeñas para ser sedimentados y luego enviados a las eras de secado.</p>	 <p>El diagrama muestra un tanque rectangular dividido en tres secciones. La primera sección a la izquierda es la 'Zona de Entrada', la sección central es la 'Zona de Sedimentación' y la sección a la derecha es la 'Zona de Salida'. Hay tuberías de entrada y salida en los extremos.</p>
FILTRACION	
<p>Esta etapa de filtración es la última del proceso, y el filtro está formado por componentes arena, grava y carbón activado, ayudaran mucho en la clarificación final del agua.</p>	 <p>El diagrama muestra un tanque rectangular simple con tuberías de entrada y salida en los extremos, representando un filtro.</p>

Realizado por: Karina Cabezas

3.5. Análisis de Costo/Beneficios del Proyecto

3.5.1. Presupuesto General para la implementación de la planta de tratamiento de aguas Residuales de la Industria El Sinche

Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Precio Global(\$)
Limpieza y desbroce	m2	224	0,75	168
Replanteo y nivelación	m2	224	0,91	203.84
Replanteo H.S. 140 Kg/cm2	m2	224	75,15	272,48
Tanque desarenador Hormigón simple F' C=210 Kg/cm2	m3	16	203	3268.00
Tanque de Aireación Hormigón simple F' C=210 Kg/cm2	m3	3	203	609.00
Tanque mezclador Rapido de turbina Hormigón simple F' C=210 Kg/cm2	m3	1.75	203	355.25
Tanque Sedimentador Hormigón simple F' C=210 Kg/cm2	m3	10	203	2030.00
Filtro de Arena Grava y carbón activado Hormigón simple F' C=210 Kg/cm2	m3	21.6	203	4384.80
Grava	m3	3.24	13.50	43.74
Arena	m3	5.4	7.00	37.80
Carbón activado	m3	4.3	510	219
Tanque de lodos	m3	0.80	203	162.40
Encofrado de madera	m3	200	2,5	500
Malla electro soldada 10x10x6mm		112		
Enlucido vertical con impermeabilizante	m2	64,50	10,00	645
Mezclador 1,5 HP	u	1	230	230,00
Compresor 3 HP	u	1	2200	2200
TOTAL:				18863

Realizado por: Karina Cabez

DISCUSION DE RESULTADOS:

Para el diseño de la planta de tratamientos fue necesario conocer la caracterización del agua residual donde se llegó a la conclusión que varios de los parámetros se encontraban fuera de la norma como Sólidos Totales, Demanda Química de Oxígeno, Demanda bioquímica de Oxígeno y Turbiedad. Para determinar el proceso que se debe utilizar debemos saber que se partió de un valor de DQO= 19800 y un DBO=10560 conociendo estos datos y determinando el Índice de Biodegradabilidad que fue de 0,54 se tomó la decisión de realizar un proceso Físico- Químico por la naturaleza de la muestra que es altamente biodegradable.

Se realizó las pruebas de tratabilidad donde se determinaron datos importantes del diseño: tiempo de retención, tiempo de Aireación, masa de coagulante a utilizar, tiempo de sedimentación y tiempo de filtración los cuales fueron utilizados en los cálculos de ingeniería.

Tomando los datos obtenidos anteriormente se inició con una desarenacion que nos ayudara a una descarga de contaminantes de mayor diámetro para evitar que existan taponaduras en equipos posteriores, luego se procedió a un sistema de aireación de 24 horas con la ayuda de una bomba. Seguido a este proceso se tendrá la Coagulación- Flocculación donde se colocaron 5 mL de sulfato de hierro al 5% y con una agitación de 5 minutos se formaron los flóculos que luego se sedimentan y finalmente pasan a un filtro de arenas el cual se encuentra compuesto por una capa de grava otra de arena y una de carbón activado el cual retiene los últimos contaminantes que no fueron eliminados en procesos anteriores.

Luego de la tratabilidad se realizó una caracterización del agua residual tratada con los que se determinó los porcentajes de remoción de la Turbiedad (94.7%), Sólidos Totales (90.3%), DQO (99%), DBO (90.1 %), Coliformes Fecales (100%) y Grasas y Aceites (100%).

El dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de aguas residuales se realizó en base a datos experimentales obtenido en la tratabilidad y los cálculos fueron realizados según “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico”, obteniéndose un Desarenador de 16.1 m^3 y un tiempo de retención de 12 horas, se tuvo que diseñar un desarenador doble por efectos de tiempo así como para su mantenimiento, luego el agua será transportada por tuberías por gravedad hacia el tanque de aireación donde se mantendrá por un tiempo de 24 horas y al finalizar este tiempo se abrirá la válvula de paso para ser enviado al tanque de mezclado rápido donde se agregara el coagulante

FeCl_3 al 5% y pasara al sedimentador donde se formaran los lodos que serán enviado a la caja de lodos, posterior a la sedimentación el agua será transportada con la ayuda de una bomba al filtro de arena, grava y carbón activado donde se retendrán contaminantes que no pudieron ser retenidos en etapas previas. Finalmente el agua tratada podrá ser enviada al ambiente como riego de los pastizales de la hacienda y en los riachuelos que desbocan en el rio.

CONCLUSIONES:

- ✓ Se diseñó la planta de tratamiento de aguas residuales para la industria quesera “EL SINCHE” y mediante la caracterización de esta, se pudo determinar el Índice de Biodegradabilidad de 0,52. El cual indica que debemos utilizar un proceso físico - químico por sus características específicas de descarga.
- ✓ Se caracterizó el agua residual de descarga de la Industria Quesera mediante Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales y el Manual de Métodos HACH y se determinó los parámetros de Turbiedad (968 NTU), Demanda química de Oxígeno (19800 mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (10560 mg/L), Sólidos Sedimentable (4 mL /L), Sólidos Totales (20166 mg/L), pH (6.18), Color(blanquecino), Coliformes Fecales ($5 \cdot 10^4$ UFC/100 mL) y además se determinó las variables del proceso que fueron el Volumen y el Tiempo.
- ✓ Según la caracterización obtenida del agua residual de la industria Quesera se determinó que los parámetros están fuera de norma y se estableció la tratabilidad del agua residual mediante ensayos a nivel de laboratorio, primeramente una desarenación que nos ayudara a una descarga de contaminantes de mayor diámetro para evitar que existan taponaduras en equipos posteriores, luego se procedió a un sistema de aireación de 24 horas esto ayudara en la reducción del DBO y el DQO. Seguido a este proceso se tendrá la Coagulación-Floculación donde se colocaron 5mL de sulfato de hierro al 5% y con una agitación de 5 minutos se formaron los flóculos que luego se sedimentan y finalmente pasan a un filtro de arenas el cual se encuentra compuesto por una capa de grava otra de arena y una de carbón activado el cual retiene los últimos contaminantes que no fueron eliminados en procesos anteriores.
- ✓ Los cálculos de ingeniería iniciaron con la determinación de las propiedades del agua residual y su caudal a tratar mediante el que se estableció el caudal de diseño del cual dependerá el dimensionamiento de los equipos necesarios para el tratamiento (Desarenador, Aireador, Tanque de Mezclado Rápido, Sedimentador y Filtro de Arenas). En las pruebas de tratabilidad se obtuvieron los parámetros de diseño: tiempo de retención, tiempo de Aireación, masa de coagulante a utilizar, tiempo de sedimentación y tiempo de filtración los cuales fueron utilizados en los cálculos de ingeniería.

- ✓ Se validó el diseño con la ayuda de la caracterización del agua residual tratada obteniéndose valores de Turbiedad (51 NTU), Demanda química de Oxígeno (180 mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (98 mg/L), Sólidos Totales (1940 mg/L), pH (6.18), Color (blanquecino), Coliformes Fecales (<1 UFC/100 mL) los cuales al ser comparados con la norma cumplen con lo establecido. El presupuesto se realizó en base a los cálculos de ingeniería obteniéndose una inversión de 18863 dólares americanos para su implementación.

RECOMENDACIONES:

- ✓ Se recomienda realizar un uso más consciente del recurso agua por parte de los empleados de la Industria.
- ✓ Capacitar a los empleados para que realicen un uso correcto de los equipos de trabajo como son los guantes, mascarillas y gorras., así como el correcto desecho luego de su uso.
- ✓ Realizar una capacitación sobre el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Realizar periódicamente pruebas de caracterización del agua tratada con la finalidad de determinar si la planta se encuentra trabajando al 100%.

BIBLIOGRAFIA

Anon., s.f. Solidos en Suspension Volatiles [En línea] 2012. [Consulta: 2/08/2017]

Disponible en:

http://aulacidta1.usal.es/EDAR/modulos/Edar05/unidades/CURSO/UNI_05/u5c2s4.htm#Anchor1

APHA, A. W. *Métodos Normalizados Para análisis de aguas potables y residuales*. 17 ed. España(Madrid): 1989.

Earth, g., 2017. *google earth*. [En línea] 2012 [Consulta: 15/02/2017] Disponible en:

www.googleearth.com

EDDY, M. *Ingenieria de Aguas Residuales*. s.l.:s.n., 1995.

Luis, C. C. J., *Planificación estratégica de la agroindustria de lácteos el sinche ubicada en la hacienda Cordovez, provincia de Bolívar* 2005.. Sangolqui: ESPE-IASA I / 2005.

Marcos, Q. F. *Servicio de acreditacion ecuatoriana*. [En línea] 2017 Disponible en:

http://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2017/05/GQMV3_m_aa_12052017.pdf

Metcalf & Eddy, I., *Ingeniería sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales*. 1985.[En línea] Disponible en:

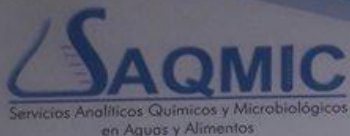
<http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/portable-water-system-handbook-spanish.pdf>

Valera, Bertha . *Aireacion* [En línea] 2012. [Consulta: 20/07/2017] Disponible en:

<https://es.slideshare.net/guillermo150782/aireacin>

ANEXOS

ANEXO A. Caracterización del Agua Tratada


Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

CÓDIGO: 090-17

Análisis solicitado por: Karina Cabezas
Fecha de Análisis: 17 de julio del 2017
Fecha de Entrega de Resultados: 24 de julio del 2017
Tipo de muestra: Agua tratada láctea
Localidad: Guanujo-Guaranda

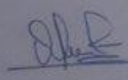
Análisis Químico y microbiológico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Unid	4500-B	6-9	8.04
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	-	1620
Turbiedad	UNT	2130-B	-	51
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	200	180
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	98
Aceites y Grasas	mg/L	Extracción con solvente	30	<1
Sólidos totales	mg/L	2540-D	-	1940
Sólidos sedimentables	m/l	-	-	<1
Coliformes fecales	UFC/100ml	Filtración por membrana	1000	Ausencia


*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 21 ed.
**TULSMA TABLA 4. Criterio de calidad de agua para uso agrícola en riego y TABLA 10 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LABORATORIO DE ANÁLISIS
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.


Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Rojas
Cumbalones, 0998580374 - 032942322 o 0984648617
Babamba - Ecuador



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2169:2013
Primera revisión

**AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**

Primera Edición

WATER. WATER QUALITY. SAMPLING. HANDLING AND CONSERVATION OF SAMPLES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.
AL 01.06-202
CDU: 614.777.620.113
CIIU: 4100
ICS: 13.060.01

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS	NTE INEN 2169:2013 Primera revisión 2013-08
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos pero no análisis microbiológicos.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.</p> <p>3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.</p> <p>3.2 Principalmente en casos de duda, se debe consultar al analista y/o al especialista que interpretará los resultados, antes de decidir sobre el método preciso de conservación y manipulación.</p> <p>3.3 Las causas de variación son numerosas, algunas de ellas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Las bacterias, algas y otros microorganismos pueden consumir ciertos elementos presentes en la muestra; pueden modificar la naturaleza de los constituyentes para producir nuevos. Esta actividad biológica afecta, por ejemplo: al contenido de oxígeno disuelto, al dióxido de carbono, a los compuestos de nitrógeno, fósforo y algunas veces al silicio.b) Ciertos compuestos pueden ser oxidados por el oxígeno disuelto contenido en las muestras o por el oxígeno atmosférico, por ejemplo: compuestos orgánicos, hierro (II), sulfuros, etc.c) Ciertas sustancias pueden precipitar, por ejemplo: calcio, carbonatos, metales y compuestos metálicos como: hidróxido de aluminio, Al (OH)₃, fosfato de magnesio Mg₃(PO₄)₂; o perderse en la fase gaseosa (por ejemplo: oxígeno, cianuro, mercurio).d) El pH, la conductividad, el contenido de dióxido de carbono, etc., pueden modificarse por la absorción del dióxido de carbono del aire.e) Los metales disueltos o en estado coloidal así como ciertos compuestos orgánicos pueden ser absorbidos o adsorbidos irreversiblemente sobre la superficie de los recipientes o por los materiales sólidos contenidos en la muestra.f) Los productos polimerizados pueden despolimerizarse; lo contrario, los compuestos simples pueden polimerizarse.		
<p>(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.</p>		

3.4 La extensión de estas reacciones está dada en función de la naturaleza química y biológica de la muestra, de su temperatura, su exposición a la luz, la naturaleza del recipiente en el cual se coloca, el tiempo entre el muestreo y el análisis, las condiciones a la que ha sido sometida, por ejemplo: reposo o agitación durante el transporte.

3.5 Los cambios relativos a un constituyente en particular varían en grado y velocidad no solamente en función del tipo de agua, sino también en función de las condiciones ambientales.

3.6 Debe enfatizarse que estas variaciones son, muchas veces, lo suficientemente rápidas como para modificar considerablemente la muestra en varias horas. En todo caso, se deben tomar las precauciones necesarias para minimizar estas reacciones, y en el caso de la determinación de muchos parámetros realizar el análisis sin demora.

3.7 Como las variaciones en la muestra de agua se deben en gran medida a procesos biológicos, se debe escoger de entre varios métodos de conservación el que no introduzca contaminación inaceptable.

3.8 Como una guía puede decirse que los métodos de conservación son menos efectivos en las aguas residuales crudas que en las aguas residuales purificadas (efluentes de las plantas de tratamiento biológico). También se ha observado que el comportamiento de varias muestras de aguas residuales durante el almacenamiento es diferente, dependiendo de si las muestras han sido tomadas de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales o industriales.

3.9 Por otro lado, las aguas superficiales y las aguas subterráneas, pueden almacenarse con mayor efectividad. En el caso de aguas potables, el problema del almacenamiento se resuelve más fácilmente debido a que son menos susceptibles a reacciones biológicas o químicas.

3.10 Dependiendo de estas variaciones que afectan las muestras de agua, puede ser necesario, para ciertas determinaciones, tomar muestras individuales en vez de colectivas y analizarlas inmediatamente en el lugar del muestreo. Debe recordarse que el almacenamiento de muestras por periodos largos sólo es posible para la determinación de un número limitado de parámetros.

3.11 Pese a las numerosas investigaciones que han sido realizadas con el objeto de recomendar métodos los cuales hagan posible guardar las muestras de agua sin modificaciones en su composición, es imposible dar reglas absolutas, que cubran todos los casos y situaciones y que no presenten excepciones.

3.12 En todos los casos, el método de almacenaje, debe ser compatible con las técnicas analíticas que serán usadas.

3.13 Como se ha establecido en los párrafos anteriores es imposible dar reglas absolutas para la conservación, por lo que se deben considerar las siguientes recomendaciones:

3.13.1 La duración de la conservación, la naturaleza del recipiente y la eficacia de los procesos de conservación, no dependen, solamente de los elementos y de los niveles a ser analizados, sino también de la naturaleza de la muestra. Las tablas 1, 2, 3 y 4 de esta norma, por lo tanto se deben considerar como una guía.

3.13.2 No debe existir una diferencia significativa entre los resultados de una determinación realizada inmediatamente y los resultados obtenidos luego de la conservación; cada analista debe por lo tanto verificar el método particular de análisis que intenta usar, y si las sugerencias de las tablas 1, 2, 3 y 4 de esta norma, son adecuadas para la muestra que él está procesando.

3.13.2.1 La tabla 1 es una guía general para la conservación de muestras. Debido a la heterogeneidad de las aguas naturales y de las aguas residuales, estas necesitan, antes del análisis, un tratamiento de acuerdo a lo establecido en esta tabla.

3.13.2.2 La tabla 2 da una guía de los parámetros que se pueden analizar utilizando un mismo método de conservación. Los parámetros no enlistados en ésta tabla, normalmente no se conservan utilizando estos métodos.

(Continúa)

3.13.2.3 La tabla 3 proporciona métodos adecuados para la preservación de los grupos de vegetales y animales más estudiados. Los parámetros biológicos a ser determinados son numerosos y varias veces varían de una especie biológica a otra. Por ésta razón es imposible detallar una lista completa de todas las precauciones que se deben tomar para preservar la muestra.

3.13.2.4 La tabla 4 indica los métodos adecuados para la conservación de las muestras destinadas al análisis de muestras radiactivas.

3.13.3 Esta norma indica los métodos de análisis a ser ejecutados, y cuando es posible los métodos de conservación recomendados para ese análisis.

3.13.4 Además, dado que puede existir incompatibilidad entre el análisis a ser realizado y los varios tipos de conservantes y recipientes posibles, es necesario tomar varias muestras de la misma agua y tratar, a cada una de ellas, en relación al análisis para el cual fueron tomadas. La elección del procedimiento de conservación debe estar sujeta a la consulta con el analista.

3.14 Manejo y conservación

3.14.1 Tipos de recipientes

3.14.1.1 Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

3.14.1.2 El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- ser causa de contaminación por lixiviación de componentes inorgánicos de recipientes de vidrio (por ejemplo: los de borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio), metales y compuestos orgánicos de los plásticos. Algunas tapas coloreadas pueden contener niveles significativos de metales pesados;
- absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);
- reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio).
- tener una superficie a la cual no se puedan aplicar métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra por trazas de constituyentes como metales pesados o radionucleidos.

3.14.1.3 El uso de recipientes opacos o de vidrio ámbar puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente.

3.14.1.4 Es preferible reservar un juego de recipientes para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación cruzada.

3.14.1.5 Las precauciones son necesarias en cualquier caso, para prevenir que los recipientes que anteriormente hayan estado en contacto con muestras de alta concentración de algún elemento, contaminen posteriormente muestras de baja concentración. Los recipientes desechables son adecuados, si son económicos para prevenir este tipo de contaminación pero no se recomiendan para determinaciones de parámetros especiales como los de pesticidas organoclorados.

3.14.1.6 Las muestras en blanco de agua destilada deben tomarse, conservarse y analizarse como un control de la elección del recipiente y del proceso de lavado.

3.14.1.7 Cuando las muestras son sólidas o semisólidas, se deben usar jarras o botellas de boca ancha.

3.14.1.8 Otros factores a ser considerados son la resistencia a temperaturas extremas, resistencia a la rotura, facilidad de sellado y apertura, tamaño, forma, peso, disponibilidad, costo, potencia para reuso y limpieza.

(Continúa)

3.14.2 Manejo y conservación de muestras para análisis biológico

3.14.2.1 El manejo de muestras para examinación biológica es diferente al usado con muestras para análisis químico.

3.14.2.2 La adición de sustancias químicas a la muestra puede ser realizada para protección y conservación de la misma: protección de estructuras morfológicas y conservación de la materia orgánica susceptible a degradación química o bioquímica.

3.14.2.3 Los conservantes, por definición, son tóxicos y su adición puede conducir a la muerte de los organismos vivos presentes en la muestra. Previo a la muerte, la irritación puede causar que los microorganismos más sensibles (con paredes celulares débiles) colapsen antes de la protección de sus estructuras morfológicas.

3.14.2.4 Se deben considerar los siguientes criterios para la conservación de las muestras para análisis biológicos:

- El efecto de los conservantes en cuanto a la pérdida de microorganismos debe ser conocido de antemano;
- Los conservantes deben prevenir la degradación biológica de materia orgánica, al menos durante el periodo de almacenamiento;
- Los conservantes debe permitir que los grupos taxonómicos puedan ser estudiados durante el periodo de almacenamiento de las muestras.

3.14.3 Preparación de recipientes

3.14.3.1 Recipientes de muestras para análisis químicos

- Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados, por ejemplo detergentes que contengan fosfatos causan contaminación residual cuando se va a analizar nutrientes.
- El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada.
- Para el análisis de trazas, los recipientes se deben llenar con una solución 1 M de ácido clorhídrico o de ácido nítrico y dejarlos en contacto por un día, luego enjuagar completamente con agua destilada o desionizada.
- Para la determinación de fosfatos, silice, boro y agentes surfactantes no se deben usar detergentes en la limpieza de los recipientes.
- Para el análisis de trazas de materia orgánica puede ser necesario un pretratamiento especial de las botellas (ver 3.14.3.2).

3.14.3.2 Recipientes de muestras para determinación de pesticidas, herbicidas y sus residuos

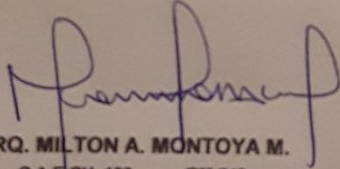
- Se deben usar recipientes de vidrio (preferiblemente ámbar), debido a que los plásticos, excepto el politetrafluoroetileno (PTFE), pueden introducir interferencias que son significativas en el análisis de trazas.
- Todos los recipientes, se deben lavar con agua y detergente, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada, secado en estufa a 105 °C por 2 h y enfriado antes de enjuagarlos con el disolvente de extracción que se usará en el análisis. Finalmente se deben secar con una corriente de aire purificado o de nitrógeno.
- A los recipientes que han sido usados anteriormente, se debe realizar una extracción con acetona por 12 h seguido de un enjuague con hexano y de un secado como el descrito en el párrafo anterior.

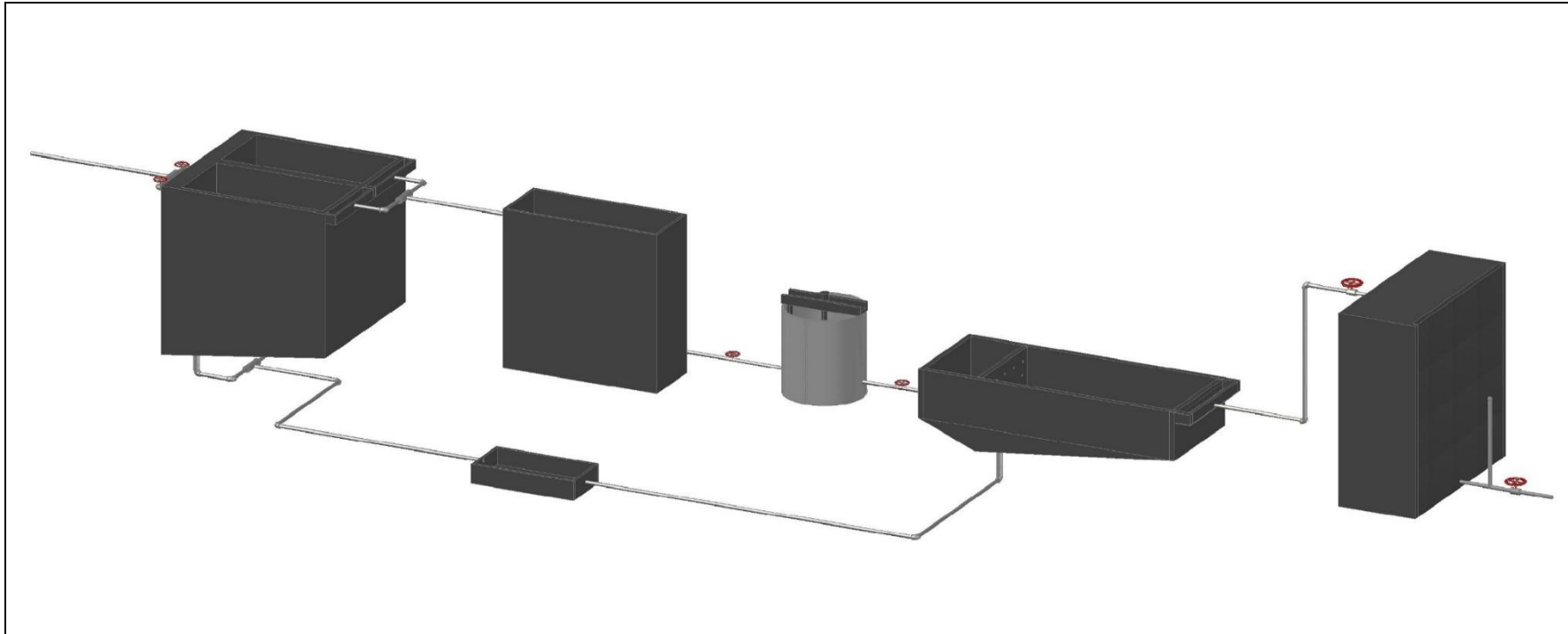
ANEXO C. Presupuesto general

PRESUPUESTO REFERENCIAL
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
PARA LA INDUSTRIA EL SINCHE

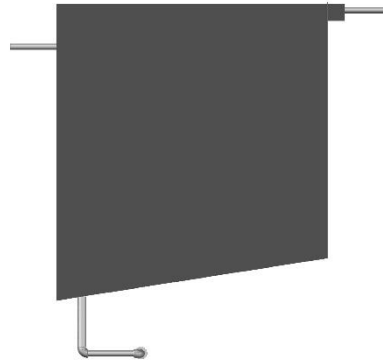
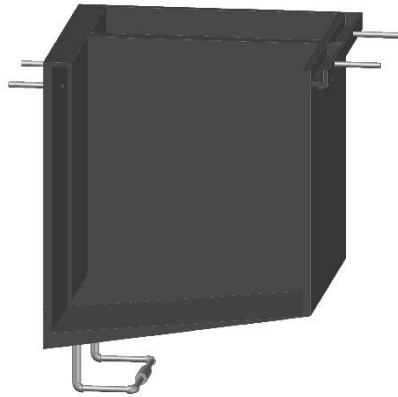
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Replanteo y Nivelacio	m2	224,00	0,91	203,84
Tanque desarenador (210 kg/cm2)	m3	16,10	203,00	3268,30
Tanque aireacion (210 kg/cm2)	m3	3,00	203,00	609,00
Tanque mezclador rapido de turbina (210 kg/cm2)	m3	1,75	203,00	355,25
Tanque sedimentador (210 kg/cm2)	m3	10,00	203,00	2030,00
Filtro arena y carbon activado	m3	21,60	203,00	4384,80
Grava	m3	3,24	13,50	43,74
Arena	m3	5,40	7,00	37,80
Carbon	m3	4,30	510,00	2193,00
Tanque de lodos	m3	0,80	203,00	162,40
Acero de refuerzo	kg	750,00	2,10	1575,00
TOTAL				14863,13

SON : CATORCE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES 13/100 USD (14,863,13 USD)

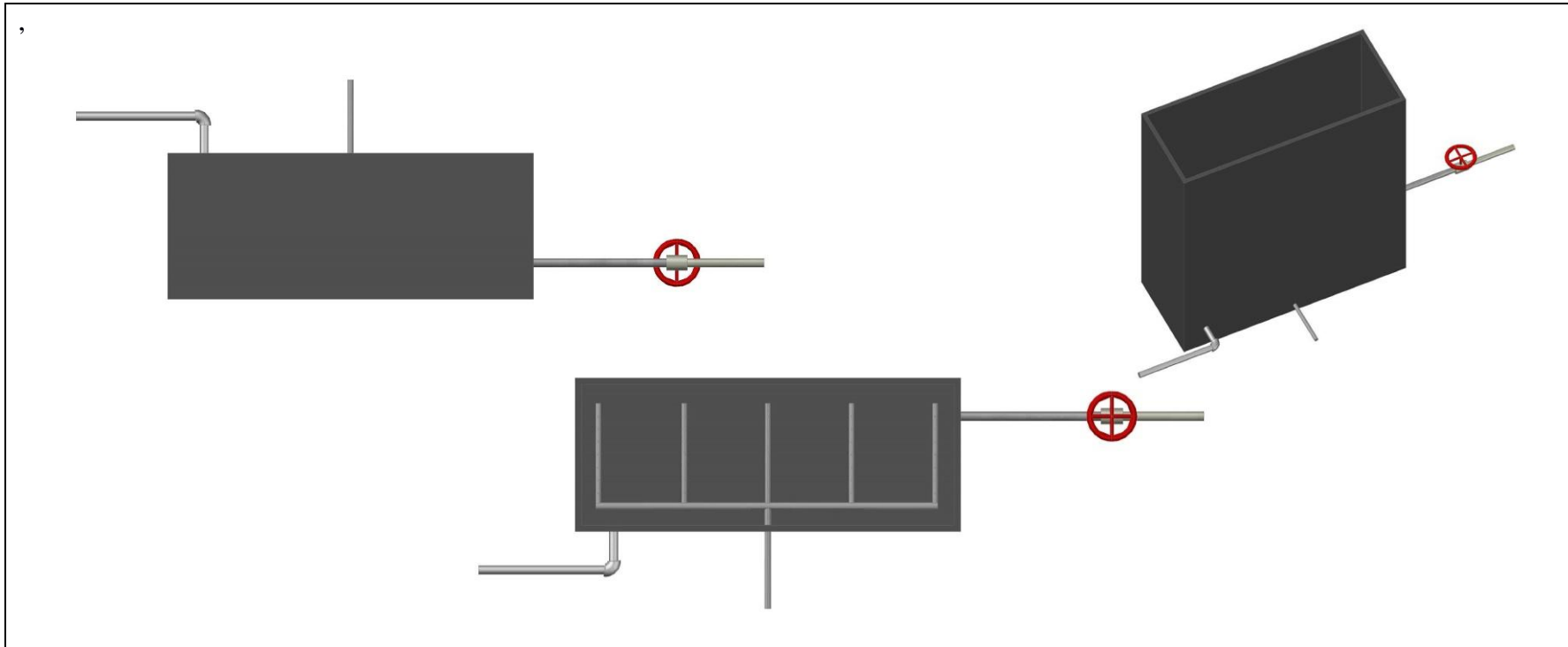

ARQ. MILTON A. MONTOYA M.
 C.A.ECH. 136 RM 548
 SENESCYT 1005-10-975229



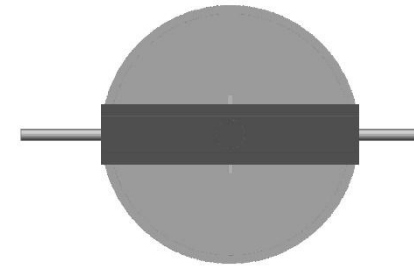
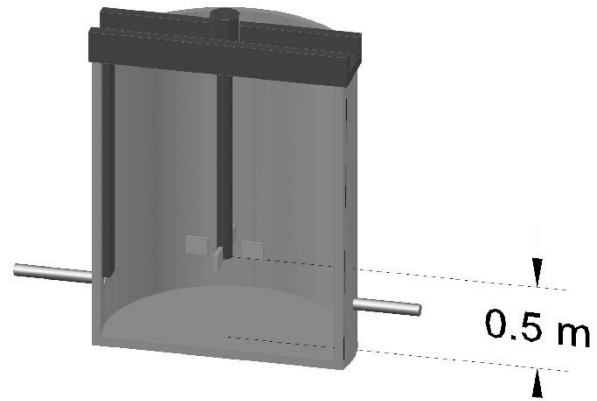
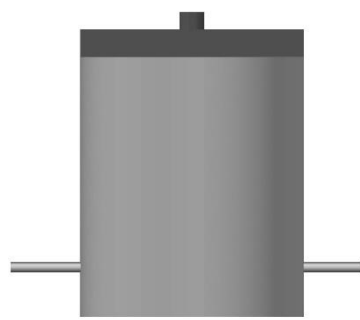
NOTA	CATEGORÍA DIAGRAMA	DEL ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA NANCY KARINA CABEZAS ROJAS	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE, PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.		
PLANTA TRATAMIENTO	DE Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar		Lámina	Escala	Fecha
				1:1	20/06/2017



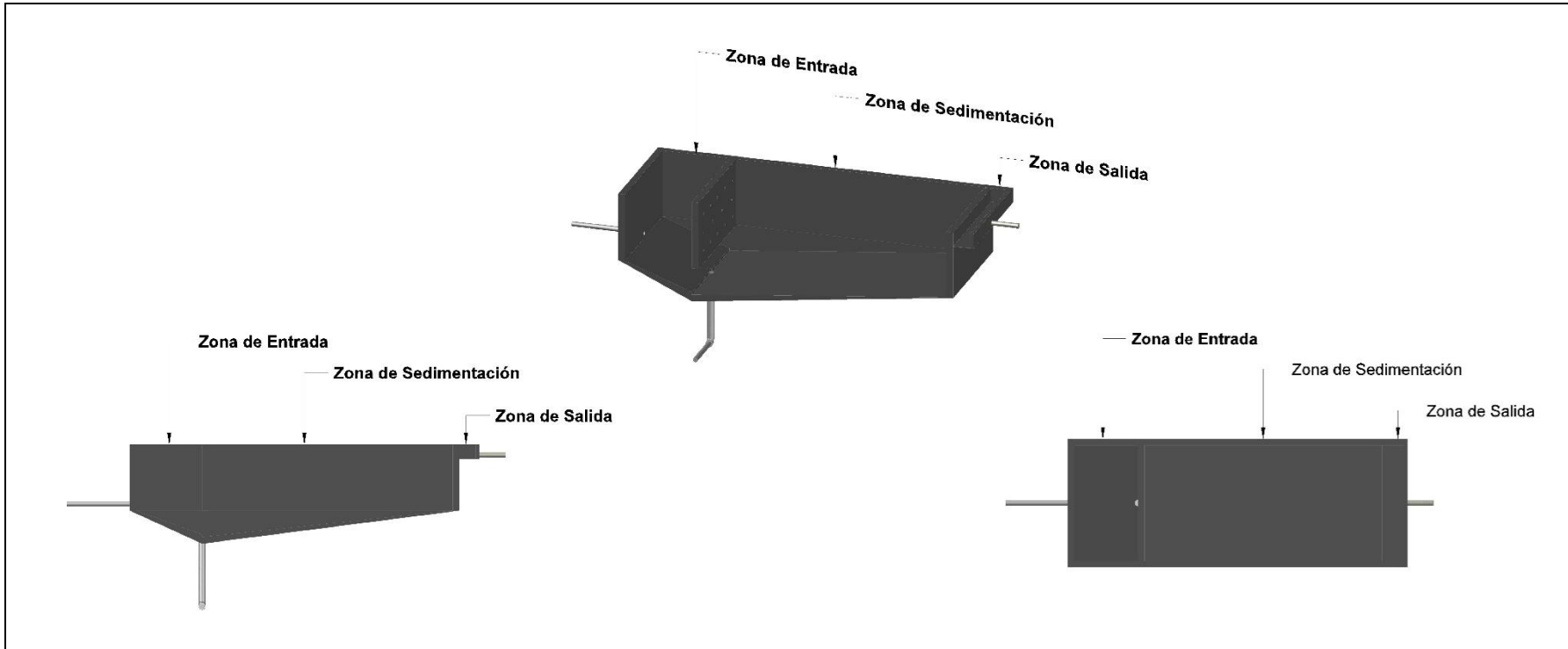
NOTA	CATEGORÍA DIAGRAMA	DEL ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA NANCY KARINA CABEZAS ROJAS	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE, PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.		
DESARENADOR	Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar		Lámina	Escala 1:1	Fecha 20/06/2017



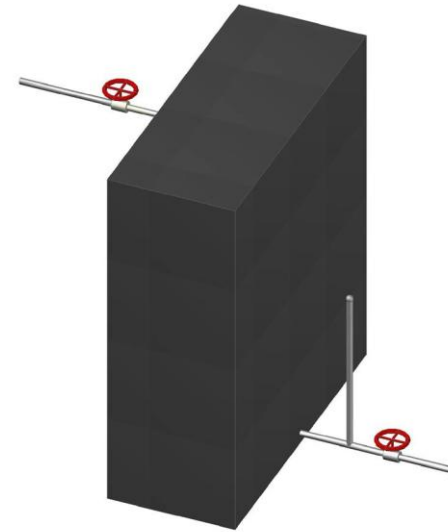
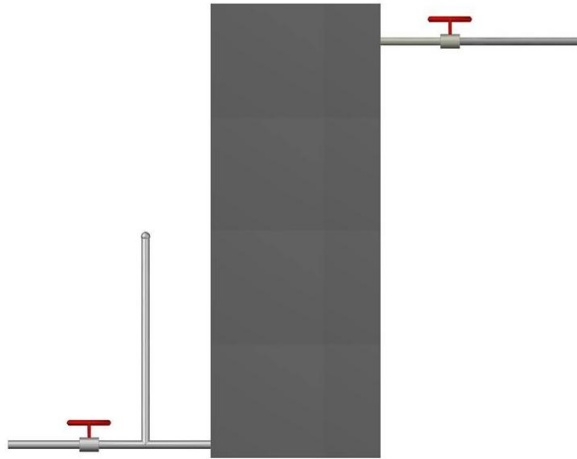
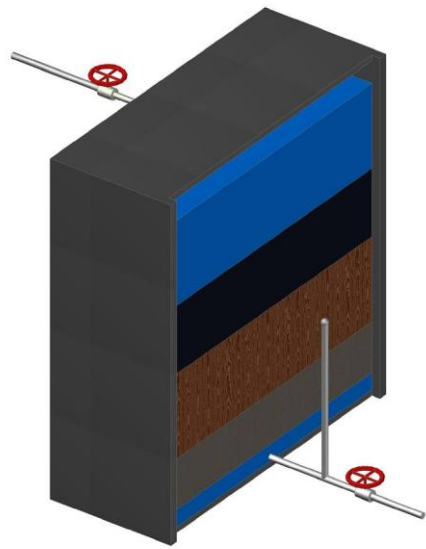
NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA NANCY KARINA CABEZAS ROJAS	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE, PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.		
AIREACION	Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar		Lámina	Escala	Fecha
				1:1	20/06/2017



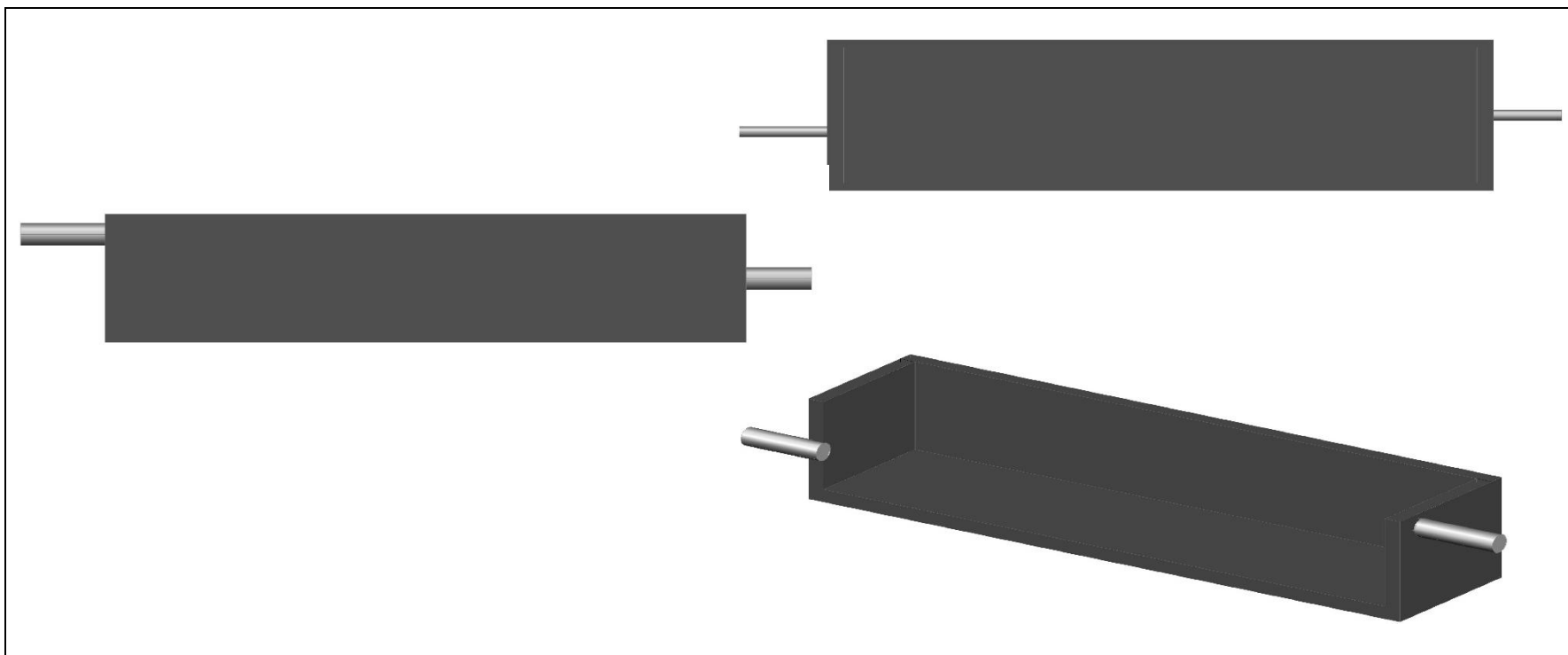
NOTA	CATEGORÍA DIAGRAMA	DEL	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA NANCY KARINA CABEZAS ROJAS			DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE, PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.		
Mezclador rápido de Turbina	Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar			Lámina	Escala	Fecha		
					1:1	20/06/2017		



NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA NANCY KARINA CABEZAS ROJAS	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE, PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.		
SEDIMENTADOR	Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar		Lámina	Escala	Fecha
				1:1	20/06/2017



NOTA	CATEGORÍA DIAGRAMA	DEL	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA NANCY KARINA CABEZAS ROJAS			DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE, PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.		
FILTRO	Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar		Lámina	Escala	Fecha			
				1:1	20/06/2017			



NOTA	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA NANCY KARINA CABEZAS ROJAS	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA QUESERA EL SINCHE, PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.		
ERAS DE SECADO	Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar		Lámina	Escala	Fecha
				1:1	20/06/2017

