

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA QUESERA “EL PAJONAL” QUIMIAG 2013”**

TESIS DE GRADO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

PRESENTADO POR

ANDRÉS MIGUEL VALLEJO LLERENA

Riobamba-Ecuador

2014

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, que han estado presentes en este largo camino recorrido para darme ánimos y mostrarme su respaldo.

Andrés Vallejo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a mis padres, quienes con su sacrificio y amor inculcaron en mí el deseo de superación.

A mis tíos Abraham y Aly quienes desinteresadamente me brindaron su apoyo incondicional

A la doctora Yolanda Díaz directora de tesis y a la master Cumandá Carrera colaboradora, que con sus conocimientos me guiaron en la realización del presente trabajo, mis eternos agradecimientos

A mis amigos que con sus palabras de apoyo me obligan a llegar cada vez más lejos

Andrés Vallejo

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA QUESERA “EL PAJONAL” QUIMIAG 2013”**, de responsabilidad del señor egresado Andrés Miguel Vallejo Llerena, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FECHA	FIRMA
Ing. Cesar Ávalos DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS	-----	-----
Dra. Nancy Veloz DIRECTORA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	-----	-----
Dra. Yolanda Díaz DIRECTORA DE TESIS	-----	-----
M.Sc. Cumandá Carrera MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	-----	-----
NOTA DE LA TESIS	-----	-----

“Yo, ANDRÉS MIGUEL VALLEJO LLERENA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

ANDRÉS MIGUEL VALLEJO LLERENA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

atm	Atmósferas
Kg	Kilogramo
Cs	Carga superficial
SS	Sólidos suspendidos
Q	Caudal
Sen	Seno
Td	Tiempo de retención
cm	Centímetro
Trh	Tiempo de retención Hidráulica
°C	Grados centígrados
D	Diámetro
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
Kd	Coefficiente de degradación Endógena
μ	Viscosidad dinámica
ρ	Densidad
g	Aceleración de la gravedad
kg O ₂ /d	Kilogramos de oxígeno disuelto por día
L	Litro
m ³	Metro cúbico
m	Metro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mbar	Milibar
mm	Milímetro
plg	Pulgada
N	Nitrógeno,
P	Fósforo

K	Potásio
p	Perímetro
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
pH	Potencial de hidrógeno
SV	Sólidos volátiles
T	Temperatura
ρ	Densidad del fluido
MAE	Ministerio del ambiente ecuatoriano

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
ANTECEDENTES	iv
JUSTIFICACIÓN.....	v
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. INDUSTRIA LÁCTEA	1
1.1.1. INDUSTRIA QUESERA	2
1.1.1.1. PROCESO DE ELABORACIÓN	2
1.1.1.2. IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA QUESERA	4
1.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	5
1.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE LA INDUSTRIA QUESERA	6
1.3. MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES	7
1.3.1. VOLUMEN DE LA MUESTRA.....	8
1.3.2. TIPOS DE MUESTRAS:.....	8
1.4. CAUDAL DE AGUA RESIDUAL	8
1.5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	9
1.5.1. PRE TRATAMIENTO	9
1.5.1.1. REJILLAS	9
1.5.2. DIMENSIONAMIENTO.....	10
1.5.3. TRATAMIENTO PRIMARIO	13
1.5.4. COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN	13
1.5.4.1. FLOCULADOR MECÁNICO	14
1.5.4.1.1.DIMENSIONAMIENTO	14
1.5.5. SEDIMENTADOR PRIMARIO	14
1.5.5.1. DIMENSIONAMIENTO.....	16

1.5.6.	TRATAMIENTO SECUNDARIO	20
1.5.7.	SISTEMA DE LODOS ACTIVOS	26
1.5.7.1.	DIMENSIONAMIENTO.....	28
1.5.8.	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	37
1.5.8.1.	DIMENSIONAMIENTO.....	38
1.5.9.	ERAS DE SECADO	40
1.5.9.1.	DIMENSIONAMIENTO.....	41
1.6.	MARCO LEGAL.....	44
1.6.1.	ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE	44
1.6.2.	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	45
1.6.3.	DERECHOS DE LA NATURALEZA	46
1.6.4.	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	46
1.6.5.	LEY ORGÁNICA DE SALUD	46
2.	PARTE EXPERIMENTAL	48
2.1.	ÁREA DE ESTUDIO	48
2.1.1.	DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.....	48
2.2.	RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA	49
2.2.1.	MATERIALES	49
2.2.2.	MÉTODO	50
2.3.	CONSUMO DE AGUA.....	50
2.4.	MEDICIÓN DE CAUDALES	51
2.4.1.	MATERIALES	51
2.4.2.	MÉTODO	51
2.5.	MUESTREO.....	51
2.5.1.	MATERIALES	51
2.5.2.	METODOLOGÍA	52
2.5.2.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS EMPLEADAS	54
2.6.	PRUEBA DE JARRAS	61
2.6.1.	MATERIALES	61

2.6.2.	METODOLOGÍA	61
2.7.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL LUGAR	62
2.7.1.	MATERIALES	62
2.7.2.	METODOLOGÍA	62
2.8.	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES...	62
2.9.	ELABORACIÓN DE PLANOS	63
CAPÍTULO III		64
3.	CÁLCULOS DE DISEÑO	64
3.1.	DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	64
3.1.1.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL PARA REALIZAR EL DISEÑO.....	64
3.1.2.	REJILLAS	64
3.1.3.	FLOCULADOR MECÁNICO	67
3.1.4.	SEDIMENTADOR PRIMARIO	70
3.1.5.	SISTEMA DE LODOS ACTIVOS	72
3.1.6.	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	79
3.2.	REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL	80
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83
4.1.	RESULTADOS	83
4.1.1.	CARACTERIZACION DE LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL	83
4.1.2.	CÁLCULOS DE DISEÑO	83
4.1.3.	REMOCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DEL AGUA RESIDUAL DURANTE EL TRATAMIENTO	88
4.2.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	89
4.2.1.	CAUDAL.....	89
4.2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL.....	90
4.2.3.	DOSIFICACIONES OBTENIDAS EN EL TEST DE JARRAS	91
4.2.3.1.	AJUSTE DE PH.....	91
4.2.3.2.	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL COAGULANTE	92
4.2.4.	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	93
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95

5.1.	CONCLUSIONES	95
5.2.	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA	98
	ANEXOS.....	100

ÌNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA DE PROCESOS.....	2
FIGURA 2: FORMAS DE REJILLAS	13
FIGURA 3: SEDIMENTADOR RECTANGULAR.....	15
FIGURA 4: PROCESO DE LODOS ACTIVOS	27
FIGURA 5: TOLVA.....	72
FIGURA 6: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTA.....	94

INDICE DE GRÀFICAS

GRÀFICA 1: COEFICIENTE DE RESISTENCIA VS COCIENTE DE ANCHO SOBRE LA ALTURA.....	26
GRÀFICA 2: VARIACIÒN DEL CAUDAL PROMEDIO.....	89
GRÀFICA 3: CONCENTRACIÒN DEL EFLUENTE INICIAL VS LÌMITE MÁXIMO PERMISIBLE.....	91
GRÀFICA 4: VARIACIÒN DEL PH EN RELACION A LA CONCENTRACIÒN DE CAL.....	92
GRÀFICA 5: DOSIS DE COAGULANTE VS TURBIDEZ.....	93
GRÀFICA 6: EFLUENTE FINAL VS LÌMITES PERMISIBLES.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: COMPOSICIÓN DEL LACTO SUERO DULCE Y ÁCIDO	5
TABLA 2: COMPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA QUESERA PAJONAL	6
TABLA 3: RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE EN %	9
TABLA 4: CARACTERÍSTICAS DE LAS REJILLAS	10
TABLA 5: COEFICIENTE DE PÉRDIDA PARA REJILLAS.....	13
TABLA 6: INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SEDIMENTADORES UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO	16
Tabla 7: INFORMACIÓN TÍPICA PARA TANQUES DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA	16
TABLA 8: VELOCIDAD TERMINAL A CAUDAL MEDIO	17
TABLA 9: VELOCIDAD TERMINAL A CAUDAL MÁXIMO	17
TABLA 10: CARGA SUPERFICIAL DE ACUERDO AL ORIGEN DEL FLOCULO	20
TABLA 11: VALORES DE TIEMPO DE RETENCIÓN Y GRADIENTE DE VELOCIDAD.....	24
TABLA 12: PROPIEDADES DEL AGUA DEACUERDO A LA TEMPERATURA.....	25
TABLA 13 COEFICIENTES CINÉTICOS	29
Tabla 14: PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE LODOS ACTIVOS EN UN REACTOR DE MEZCLA COMPLETA	29
Tabla 15: PARÁMETROS DE DISEÑO DESEDIMENTADORES SECUNDARIOS	38
TABLA 16: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	44
TABLA 17: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	45
TABLA 18: CONDICIONES METEOROLÓGICAS	48
TABLA 19: CARACTERÍSTICAS DEL AFLUENTE.....	72
TABLA 20: CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE	72
TABLA 21: DATOS UTILIZADOS EN EL DIMENSIONAMIENTO	73
TABLA 22: RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUÍMICOS DE LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL	83
TABLA 23: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	84

TABLA 24: REMOCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE EN EL AGUA RESIDUAL ..	88
TABLA 25: VARIACIÓN DE CAUDAL	89
Tabla 26: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL	91
TABLA 27: DÒSIS DE CAL PARA AJUSTE DE PH	92
Tabla 28: DOSIFICACION DEL COAGULANTE.....	92
TABLA 29: CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS DEL EFLUENTE FINAL.....	93

RESUMEN

Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para la Industria Quesera "EL PAJONAL" en la parroquia rural de Quimiag, perteneciente al cantón Riobamba provincia de Chimborazo.

Se realizó un reconocimiento de las instalaciones y proceso de producción de la industria quesera, luego se determinó los caudales mediante el método de aforo durante una semana en horarios de 7am a 5pm, en cada medición se registró la temperatura, durante dos días se recolecto en envases plásticos dos muestras de agua residual por muestreo compuesto, que fueron preservadas en un cooler para luego ser llevadas al laboratorio para la caracterización físico-química. Con los resultados tanto de laboratorio como los obtenidos en campo se realizó una evaluación y selección del tratamiento apropiado al que debía ser sometida el agua previa su descarga.

Con un caudal máximo de $8,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, temperatura promedio de $23,97^\circ\text{C}$, DBO de 7800mg/l , DQO de 14075mg/l , pH de 6,28, sólidos suspendidos de $237,09\text{mg/l}$, aceites y grasas de $378,01\text{mg/l}$; se dimensionó la planta de tratamiento de aguas residuales que consta de un sistema de rejillas de limpieza manual, un tanque floculador mecánico de $2,06\text{m}^3$ de volumen, un sedimentador primario circular con sistema de paletas, sistema de lodos activos con aireación, los lodos generados durante el tratamiento serán dispuestos en eras de secado. Este sistema permitirá una disminución de la concentración de los siguientes parámetros: DBO 97,3%, DQO 97,2%, aceites y grasas 90%, solidos suspendidos 98,5%.

Por lo cual se concluye que el agua residual puede ser descargada ya que cumple con la norma de regulación TULAS.

Se recomienda a Quesera "EL PAJONAL" e industrias afines implementar una planta de tratamiento de agua residual para ayudar a preservar los recursos hídricos, ya que a más de ello esto les permitirá cumplir con las exigencias que en la actualidad existen.

ABSTRACT

This research is about a wastewater treatment plant design for Cheese Industry “EL PAJONAL” in Quimiag rural parish, Riobamba canton, Chimborazo province.

Facilities and production process of cheese industry were inspected. Then, water levels were determined by streamflow method for a week from 7 am. To 5 pm. Temperature was recorded in each measurement. Over the course of two day, two wastewater samples by compound sampling were gathered in plastic containers to be preserved in a cooler and taken to the lab for the physicochemical characterization. Evaluation and better-treatment selection to flow the water were carried out not only with the lab works but also with the field trip ones.

The wastewater treatment plant was measured with a maximum water level of $8,59 \cdot 10^{-4}$ m³/s. Average temperature of 23,97 C. BOD of 7800 mg/l, COD of 14075 mg/l which has a grid system cleaned manually, an automatic flocculation reservoir of 2.06 m³ of volumen, rounded primary-sedimentation tank with pallet system, active-mud system with airing. The muds generated during the treatment will be ready in the drying stage. This system will reduce the concentration of the following parameters: BOD 97, 3%, COD 97, 2%, oils and fats 90%, suspended solids 98, 5%.

It is concluded that wastewater can be flowed because it meets with the regulation norm TULAS.

It is recommended that cheese industry “EL PAJONAL” to implement a wastewater treatment plant to help to preserve the water resources and meet with the exigencies existing today.

INTRODUCCIÓN

La industria láctea en nuestro país es considerada un elemento importante de la economía ya que a más de dinamizar el comercio interno, genera empleos de forma directa e indirecta para un número importante de familias del sector agrícola, contribuye a la creación de alternativas de nutrición para las clases sociales medias y bajas; conociendo esto, la industria Láctea formal del Ecuador mantiene compromisos de mejora continua en la elaboración de sus productos, responsabilidad social, transparencia en los negocios y preocupación activa por el cuidado y preservación del ambiente.

Se considera que el desarrollo de esta actividad genera varios impactos ambientales entre los principales se encuentran un elevado consumo de agua y energía, la generación de un importante volumen de agua residual con alto contenido orgánico y otros que son considerados de importancia mínima como la liberación de gases y partículas al aire y el ruido; la proporción en que estos se producen depende del tamaño y antigüedad de las instalaciones y equipos, manejo, limpieza, grado de conciencia ambiental tanto del propietario como de los empleados.

Una alternativa para atenuar el impacto ambiental más importantes que produce la industria láctea como es la contaminación del agua, es la implementación de plantas de tratamiento correctamente diseñadas para aguas residuales generadas durante los procesos, como las utilizadas para mantener las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas. Con el objetivo de dar cumplimiento al compromiso de cuidado con el ambiente la Industria quesera el Pajonal proporcionó todo el soporte necesario para la realización del presente proyecto de tesis.

ANTECEDENTES

La parroquia rural de Quimiag perteneciente al Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo se encuentra al sur oriente a 9,0 Km de distancia del cantón Riobamba, limitada al norte con el cantón Penipe y la parroquia Candelaria ubicada en el mismo cantón, al sur el cantón Chambo, al este la provincia de Morona Santiago y al oeste la parroquia de Cubijfes y el cantón Guano. Posee una superficie territorial de 139,60Km². Debido a que se encuentra a una altitud de 2.730msnm su clima es frio alta montaña y ecuatorial frio semi húmedo, con una temperatura media anual de 14°C, características climáticas.

Las principales actividades económicas que se realizan en la zona son: turismo, agricultura en especial de papas, arveja, fréjol y cebada, en cuanto a ganadería poseen cría de vacuno, porcino, aves de corral y especies menores, esta última actividad genera una importante cantidad de ingresos a las familias de esta parroquia ya que también la leche que ahí se produce es llevada a distintas industrias de productos lácteos.

En la cabecera cantonal de esta parroquia a media cuadra del parque central se encuentra ubicada la industria quesera "El Pajonal", que funciona desde el año 2009, cuenta con el equipo y la infraestructura necesaria para la realización de procesos como pasteurización, elaboración de quesos utilizando la leche producida en la zona por pequeños productores, además el personal que allí labora pertenece a la parroquia, la cual, contribuye a apoyar al desarrollo del sector. Industria quesera El Pajonal tiene como objetivo mejorar constantemente su proceso de producción e incrementar la calidad en sus productos y para garantizar un incremento en sus ventas sin dejar de lado el cuidado con el medio ambiente para lo cual se prevé la construcción de una planta de tratamiento para las aguas residuales generadas.

JUSTIFICACIÓN

Las actividades generadas en la industria Láctea se consideran muy contaminantes, debido a que no existe un tratamiento del efluente previa descarga generando una contaminación en el cauce del Rio Chambo donde es vertido, después de haber atravesado el sistema de alcantarillado donde se descarga directamente el efluente producto de las actividades de la industria.

La industria se encuentra en una zona rural donde la atención y el apoyo recibido por parte de las autoridades es nulo. Se escogió este proyecto al conocer el impacto que produce esta empresa y la repercusión que tiene en los pobladores tanto de la parroquia como del cantón.

El presente proyecto se enfoca en el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales; el mismo que, está encaminado a dar una solución al problema de las aguas residuales vertidas en el sistema de alcantarillado

El diseño de la planta de tratamiento para la empresa es considerada como una de las prioridades de la misma por tener serios problemas con el efluente generado. La empresa en mención otorgó todas las facilidades para el desarrollo de la presente investigación, tanto en la parte logística como en la parte económica, conllevando al normal desarrollo del proyecto y su posible ejecución en el sitio del conflicto ambiental.

Los objetivos de este trabajo fueron:

General

- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para la quesera “El Pajonal” de la parroquia Quimiag cantón Riobamba

Específicos

- Caracterizar la muestra de agua residual mediante análisis físico-químicos.
- Determinar el sistema de tratamiento adecuado para las aguas residuales generadas.
- Dimensionar y diseñar cada componente de la planta de tratamiento de aguas residuales en el software Autocad.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. INDUSTRIA LÁCTEA

En nuestro país a partir de la conquista española se produjo un consumo de la leche y sus derivados, inicialmente se daba en áreas urbanas por la dificultad para preservarla en buen estado, es desde 1900 y 1930 que el consumo de productos lácteos empieza a desarrollarse y se comienza a someter la leche a procesos de pasteurización logrando preservar su valor nutricional por mucho tiempo y de esta forma su consumo fue mayor, llegando hasta zonas rurales. En la actualidad es una industria que se encuentra en crecimiento en nuestro país y se ha llegado a ubicar como una importante actividad económica que a más de dinamizar el comercio genera gran cantidad de puestos de trabajo especialmente en el sector agrícola en general. Sin embargo todo desarrollo trae consecuencias principalmente impactos ambientales que derivan de sus procesos es por ello que en 2003 todas las empresas Lácteas formaron CIL (Centro de la Industria Láctea del Ecuador), para de esta forma dar cumplimiento a estándares de calidad en sus productos, en materia de responsabilidad social y ambiente ¹.

La industria Láctea utiliza como materia prima leche procedente de animales principalmente ganado vacuno para la elaboración de sub-productos como son queso, yogurt, mantequilla, crema de leche, etc. ¹

¹ http://www.cilecuador.org/joomla/index.php?option=com_content&view=

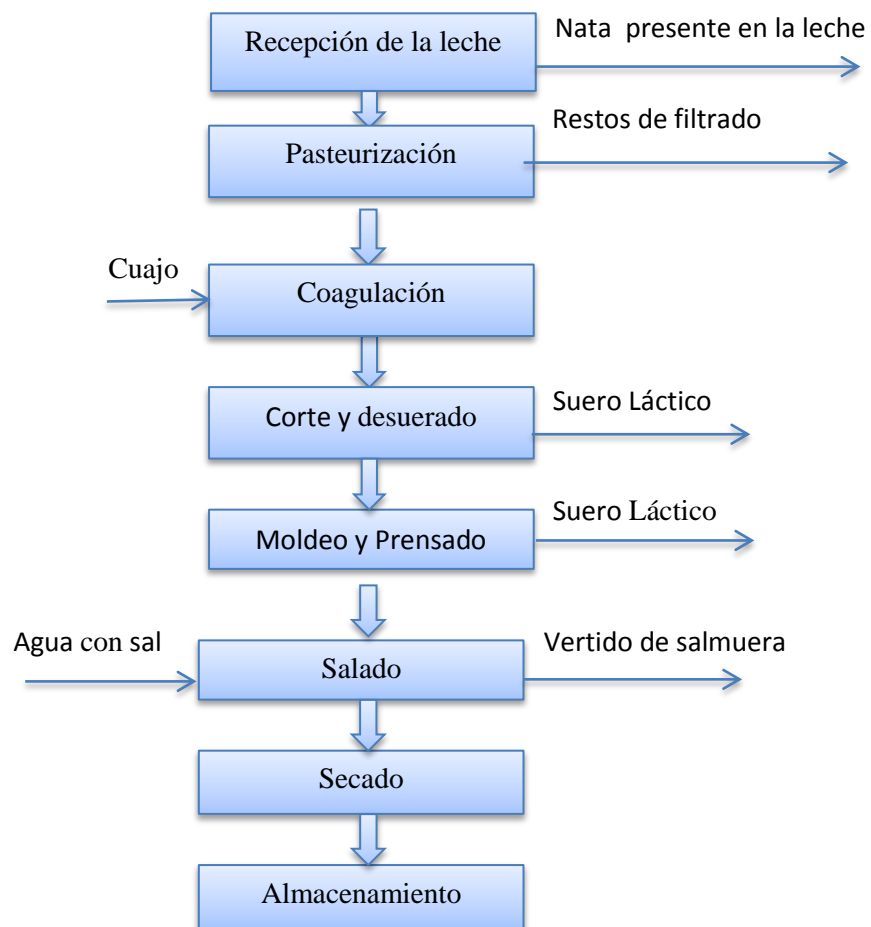
1.1.1. INDUSTRIA QUESERA

Este tipo de actividad perteneciente al grupo de industrias lácteas tiene como producto fundamental la elaboración de quesos sean de uno o varios tipos.

1.1.1.1. PROCESO DE ELABORACIÓN

Quesera El Pajonal es una industria que se dedica a la elaboración de quesos frescos de acuerdo al siguiente proceso:

FIGURA 1: DIAGRAMA DE PROCESOS



a) RECEPCIÓN

El acopio de la leche se la recepta en tanques plásticos o de acero inoxidable, durante este proceso se controla la calidad de la leche para lo cual se chequea la acidez, peso, si posee gran cantidad de grasa se la desnata caso contrario pasa directo a la marmita para el siguiente proceso. En caso que la leche no vaya a ser utilizada de inmediato se almacena en un tanque de acero inoxidable por corto tiempo antes de entrar en la línea de producción.

b) PASTEURIZACIÓN

Consiste en dar un tratamiento térmico a la leche para lograr reducir considerablemente la cantidad de patógenos, alterando en lo mínimo sus propiedades físicas. Previo a este tratamiento se filtra la leche y se la coloca en la marmita de 800 litros a 80 °C de 15-20s y mediante tuberías se conduce la leche a una marmita de 500 litros en la cual se baja de una forma brusca la temperatura entre 10- 4°C, para este proceso se realiza recirculación.

c) COAGULACIÓN

En la marmita de 500 litros se vierte el cuajo y se lo deja por 30 minutos.

d) CORTE Y DESUERADO

Consiste en cortar los cuajos que son demasiado grandes, homogeneizarlos para obtener un queso más compacto y posteriormente mediante el uso de mallas inoxidables se procede a separar los cuajos del suero, el suero es recolectado en canecas las cuales son posteriormente llevadas por los proveedores.

e) MOLDEADO Y PRENSADO

Los cuajos son colocados en moldes sobre las mesas en acero inoxidable proporcionando forma y tamaño a los quesos.

f) SALADO

Se coloca los quesos en un tanque que contiene agua con sal por 15 minutos, mediante este proceso se determina el sabor deseado.

g) SECADO

Se extrae los quesos del tanque y coloca sobre una mesa para ser secados y enfundados.

h) ALMACENAMIENTO

Finalmente se almacena en un cuarto frío para mantenerlos frescos, por corto tiempo hasta ser entregados.²

1.1.1.2.IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA QUESERA

Los impactos ambientales que produce este tipo de industrias dependen principalmente del tipo de instalación, manejo de los sistemas de limpieza especialmente en el consumo de agua el cual puede superar en gran proporción a la cantidad utilizada durante el proceso. Este consumo generalmente se encuentra entre 1,3-3,2 litros de agua/Kg de leche, aunque en algunos casos este valor llega hasta los 10 litros dependiendo del cuidado que exista por parte de los empleados. Entre los impactos más importantes tenemos un consumo excesivo de energía eléctrica, plásticos y generación de aguas residuales con sustancias orgánicas (restos de productos lácteos y suero) e inorgánicas producto del aseo y desinfección.^{2,3}

El principal contaminante es el lacto suero que se genera en grandes volúmenes y debido a su composición es el causante de altos valores de DBO y DQO en el agua residual.⁴

² **PERRONE, DANIEL.** Gestión Ambiental En La Industria Quesera. (Manual de procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES) y de instrucciones operativas planta quesera Pitusa S.A), (Argentina).

³ **MUÑOZ, MARIO., REYNA, ALEJANDRA., y OTROS.** Guía Ambiental de la Industria Láctea., Bogotá-Colombia., Panamericana., 2007

⁴ **GONZÁLEZ, MARCELINO.** Aspectos Medio Ambientales Asociados a los Procesos de la Industria láctea. (Revista Mundo Pecuario)

TABLA 1: COMPOSICIÓN DEL LACTO SUERO DULCE Y ÁCIDO

Componente	Lacto suero dulce g/l	Lacto suero ácido g/l
Sólidos totales	63-70	63-70
Lactosa	46-52	44-46
Proteínas	6-10	6,8
Grasa	0,5-7	0,4-6
Calcio	0,4-0,6	1,2-1,6
Fosfatos	1-3	2-4,5
Lactatos	2	6,4
Cloruros	1,1	1,1
pH	5,6-6,1	4,3-4,7

FUENTE: MUNDO PECUARIO, MARCELINO DE JESÚS GONZÁLEZ CÁCERES

1.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Debido a que las aguas residuales producto de cualquier actividad sea de origen industrial o doméstica tiene como punto final de descarga a cuerpos de agua receptores por lo cual los contaminantes contenidos deben ser eliminados previamente para la protección del entorno. En este caso al tratarse de aguas residuales procedentes de una industria quesera se las clasifica como aguas residuales industriales.⁵

Para establecer un tipo de tratamiento a estas aguas se requiere analizar las condiciones del agua mediante caracterizaciones físico-químicas y de acuerdo a la legislación y normas de calidad existentes para descargas a cuerpos de agua.

⁵ **PICAZO, JHON.** Contaminación en la industria láctea. (Revista del Instituto de Reales Academias de Andalucía) (España), art. 5

1.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE LA INDUSTRIA QUESERA

La composición general de los vertidos varía significativamente en función de los productos que elabore y la forma en que lo haga pero en si están constituidas por residuos de leche sin tratar y tratada, grasas o natas, restos de suero como consecuencia de derrames, fugas provocados ya sea por el mal funcionamiento del proceso o por la falta de mantenimiento, aguas que contienen productos químicos como sosa caustica, desinfectantes, aditivos, detergentes utilizados durante el lavado, dichas actividades hacen que el vertido posea un alto contenido en materia orgánica disuelta, principalmente proteínas, grasas y lactosa. Por esta razón el agua residual de la Quesera El Pajonal presenta las siguientes características físico-químicas.^{5,6}

TABLA 2: COMPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA QUESERA PAJONAL

Parámetros	Unidad	Resultado	Valor Límite permisible
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	6,28	5-9
Grasas y aceites	mg/l	378,1	100
DBO	mg/l	7800	250
DQO	mg/l	14075	500
Conductividad Eléctrica		11660	-
Sólidos Totales	mg/l	8512	-
Sólidos suspendidos	mg/l	237,09	220

AUTORES: LABORATORIO DE ANÁLISIS CESTTA.

⁵ **PICAZO, JHON.** Contaminación en la industria láctea. (Revista del Instituto de Reales Academias de Andalucía) (España), art. 5

⁶ **SAENZ, LUIS.**, Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del Agua Residual en la planta de lácteos OASIS (tesis) (Ing. Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador.

1.3.MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES

Tiene por objeto la obtención de una muestra significativa que represente la composición del agua residual producida mediante caracterización físico-química, razón por la cual el método de muestreo que se utilice debe asegurar dicha representatividad. En general un programa de muestreo para caracterización y control de aguas residuales debe ser cuidadoso al seleccionar el tipo de muestreo, número de muestras, periodos de muestreo de acuerdo al régimen de variación del caudal y parámetros a analizar.^{7,8,9}

Los recipientes de muestreo deben ser estériles y adecuadamente rotulados para una fácil identificación.

Muestreo manual.- consiste en tomar la muestra colocando un recipiente de boca ancha en el flujo y llenándolo, antes de tomar la muestra definitiva es necesario purgarlo por lo menos tres veces, si el lugar es inaccesible se hace uso de una bomba de operación manual, dicha muestra permite determinar grasas, aceites, compuestos volátiles.^{7,8,9}

La frecuencia de muestreo depende de la variación del caudal y del grado de contaminación que se presente cuando estas variaciones son pequeñas se puede realizar a intervalos entre 2-24 horas, caso contrario se realiza cada 15 minutos.⁷

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

⁸ **METCALF & EDDY INC.** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. I., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill., 1995

⁹ **RAMALHO, RUBENS.** Tratamiento de aguas residuales., 2da ed., Quevec - Canadá., Reverte., 2003.

1.3.1. VOLUMEN DE LA MUESTRA

1.3.2. TIPOS DE MUESTRAS:

- **Simples o Instantáneos.**- representan las características del agua residual para el instante de muestreo por lo cual su composición varía con el tiempo, se utiliza este tipo de muestras cuando la descarga de agua residual no es continua o cuando el parámetro a analizar cambia de forma significativa durante el muestreo.⁷
- **Compuestas.**- aseguran representatividad y detectan los efectos de descargas variables de los contaminantes, se la utiliza cuando se desea conocer resultados promedio, consiste en mezclar muestras simples proporcionales al caudal instantáneo y a intervalos constantes de tiempo.⁷

1.4. CAUDAL DE AGUA RESIDUAL

Dentro de los parámetros principales para el diseño de plantas de tratamiento se encuentra la determinación del caudal, para ello se pueden utilizar vertederos, canaleta Parshall, mediante medidores de velocidad que permiten calcular el caudal conociendo la velocidad mediante flotadores de plástico o madera y área del flujo, el más utilizado es el método de aforo que se utiliza cuando el acceso al lugar de medición es fácil y la salida del agua residual es de forma regular como tuberías. Consiste en colocar un recipiente de boca ancha en la caída y al mismo tiempo mediante un cronometro se toma el tiempo que se demora en ser llenado.^{7,8}

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

⁸ **METCALF & EDDY INC.** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. I., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill., 1995

1.5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Debido a que el presente trabajo se basa en dar un tratamiento a las aguas residuales provenientes de la industria Láctea, la planta a diseñar constará de los siguientes componentes, los cuales poseen los siguientes porcentajes de eliminación:

TABLA 3: RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE EN %

Unidades de tratamiento	DBO	DQO	SS
Rejas de barras	Nulo	Nulo	Nulo
Sedimentadores primarios	30-10	30-40	50-65
Fangos activos	80-95	80-85	80-90
Cloración	Nulo	Nulo	Nulo

AUTOR: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, METCALF Y EDDY

1.5.1. PRE TRATAMIENTO

Son operaciones unitarias físico-mecánicas que ayudan a la retención y remoción de materiales groseros extraños presentes en el agua residual que puedan interferir con el tratamiento.⁷

Dentro de estos tenemos:

1.5.1.1. REJILLAS

Utilizada para retener cualquier basura o residuo de tamaño grande cuya cantidad dependerá de la abertura o espacio entre rejas. En el caso de residuos finos como materiales retenidos, las aberturas deben ser inferiores a 15mm, en el caso de aberturas entre 2-6mm se puede llegar a retener entre un 5-10% de los sólidos suspendidos, espacios entre 0,75-1,5mm ayudan a retener entre un 10-15% especialmente residuos finos, este tipo se recomienda cuando se trata de grasas y espumas.^{7,8}

TABLA 4: CARACTERÍSTICAS DE LAS REJILLAS

Características	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de las barras	0,5 - 1,5 cm	0,5-1,5
Profundidad de las barras	2,5 - 7,5 cm	2,5-7,5
Abertura o espaciamiento	2,5 - 5,0 cm	1,5-7,5
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0°-30°
Velocidad de acercamiento	0,3 - 0,6 m/s	
Perdida de energía permisible	15 cm	

AUTOR: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, METCALF Y EDDY.

1.5.2. DIMENSIONAMIENTO

a) Área

$$A = \frac{Q}{v}$$

ECUACIÓN 1

Dónde:

V = velocidad m/s

Q = Caudal, m³/s

A = Area, m²

b) Altura tirante de agua

Se asume el ancho del canal y se despeja la altura

$$A = h \times w$$

ECUACIÓN 2

Dónde:

A = Área, m²

h = Altura, m

w = Ancho asumido, m

$$h = \frac{A}{W}$$

ECUACIÓN 3

$$H = h + h_s$$

ECUACIÓN 4

Dónde:

H = altura total, m

h_s = altura de seguridad, m (se considera una altura de seguridad de 0,3 m)

c) Cálculo de la longitud de las barras

$$\text{sen } \theta = \frac{H}{L}$$

ECUACIÓN 5

$$L = \frac{H}{\text{sen } \theta}$$

ECUACIÓN 6

Dónde:

L = longitud de las barras, m

H = altura total, m

θ = ángulo de inclinación de las barras

d) Suma de las separaciones entre barras

$$b_g = \frac{w - e}{s + e} + 1 \quad e$$

ECUACIÓN 7

Dónde:

b_g = Suma de las separaciones entre barras, mm

w = Ancho del canal, mm

e = separación entre barras, mm

S = espesor de las barras, mm

e) Número de barrotes

$$n = \frac{W}{e + s}$$

ECUACIÓN 8

Dónde:

N = Numero de barrotes

W = ancho de las rejillas

e = separación entre barras, mm

S = espesor de las barras, mm

f) Pérdida de carga

$$h_f = \beta \frac{S}{e}^{\frac{4}{3}} \times \frac{V^2}{2g} \text{sen} \delta$$

ECUACIÓN 9

Dónde:

h_f = diferencia de alturas antes y después de las rejillas, m

S = espesor máximo de las barras, m

e = separación entre barras, m

$\frac{V^2}{2g}$ = Carga de velocidad antes de la reja, m

δ = Angulo de inclinación de las barras

β = factor dependiente de la forma de las barras

TABLA 5: COEFICIENTE DE PÉRDIDA PARA REJILLAS

FORMA	A	B	D	C	D	F	G
B	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

AUTOR: NORMA RAS 2000., TÍTULO E

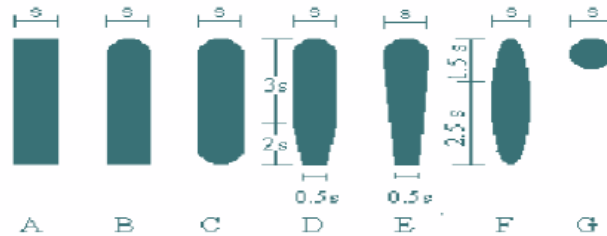


FIGURA 2: FORMAS DE REJILLAS

1.5.3. TRATAMIENTO PRIMARIO

Tiene por objetivo la separación de aquellos sólidos que permanecen suspendidos en el agua residual mediante procesos físicos y químicos realizados en tanques de sedimentación, en algunos casos se requiere adicionar coagulantes y floculantes para incrementar la eficiencia de remoción.⁷

1.5.4. COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN

Este tipo de tratamiento se aplica con el tamaño de las partículas suspendidas en el agua residual, no se las puede separar por decantación sino que es necesario aplicar un proceso químico para poder extraerlas por precipitación. Se aplica un agente coagulante y un floculante, estos se pueden utilizar conjuntamente, o por separado, dependiendo de las características, el primero produce la desestabilización de las partículas suspendidas y la segunda aglomera estas partículas produciendo choques entre ellas formando partículas de mayor tamaño llamadas flóculos que son fácilmente sedimentables.^{7,10}

Los tipos de coagulantes utilizados son: metálicos como sales de hierro y aluminio, sulfato de aluminio, sulfato férrico, cloruro férrico, aluminato de sodio. Dentro de los agentes floculantes se encuentran los catiónicos, aniónicos y los no iónicos.⁷

1.5.4.1. FLOCULADOR MECÁNICO

Son depósitos que poseen un sistema de agitación que gira a velocidades muy bajas para conseguir la formación del floculo y un aumento en su tamaño. Este proceso de agitación puede estar dado por hélices, un conjunto de paletas en un eje sea su giro vertical u horizontal o turbinas.⁸

1.5.4.1.1. DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento se debe considerar lo siguiente:

- La entrada del agua residual será por la parte inferior del floculador y la salida por la parte superior para asegurar una mezcla completa.
- Debe contener una pantalla.
- La clase de dosificador y el material de diseño está determinado por el tipo de coagulante y floculante a utilizar así como la concentración y dosis de aplicación lo cual se determina por análisis de laboratorio previos.
- El tiempo de retención debe ser entre 20-40 minutos.
- Gradiente de velocidad entre 15 s^{-1} - 75 s^{-1} .
- La distancia de los extremos de las paletas a los muros, al piso y a la superficie libre del agua, debe estar entre 0,15 m y 0,30 m. Se recomienda no menos de dos unidades (floculadores) para niveles de complejidad medio y bajo.^{8,10}

1.5.5. SEDIMENTADOR PRIMARIO

Ayudan a la sedimentación de los flóculos formados en el proceso anterior para disminuir de esta forma los valores de DBO de un 25-40% y sólidos suspendidos de 50-70%, estos sistemas pueden ser de flujo horizontal o vertical y de acuerdo a su geometría pueden ser rectangulares y redondos.^{11,7}

Debido a la poca disponibilidad de suelo se seleccionó un sedimentador primario rectangular de pequeñas dimensiones y deflectores perforados para evitar que los lodos sedimentables queden atrapados, las tuberías de ingreso se encuentran a lado del tanque y ayudan a disminuir la velocidad del agua mientras que la salida debe realizarse por vertederos ubicados en el otro extremo.^{7,11,8}

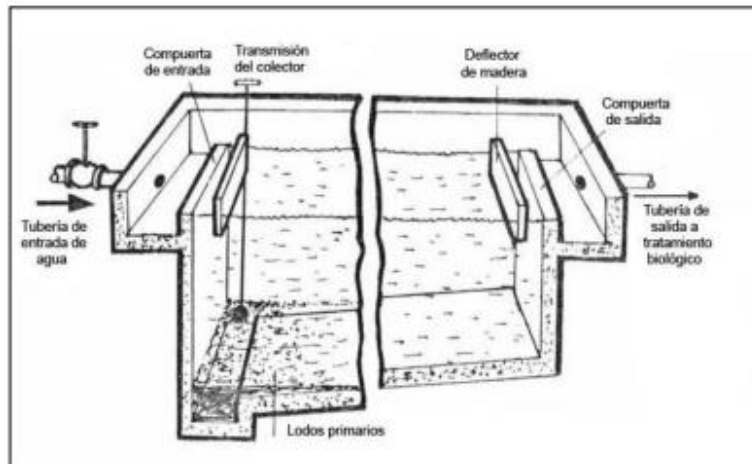


FIGURA 3: SEDIMENTADOR RECTANGULAR

TABLA 6: INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SEDIMENTADORES UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO

TIPO DE TANQUE	VALOR	
	INTERVALO	TÍPICO
Rectangular		
Profundidad, m	3,0-4,5	3,6
Longitud, m	15-90	25-40
Anchura, m	3,0-25	5-10
Velocidad de los rascadores, m/min	0,6-1,2	0,9
Circular		
Profundidad, m	3,0-4,5	3,6
Diámetro, m	3,0-60	12-45
Pendiente de la solera, mm/m	6,25-16,00	8
Velocidad de los rascadores, r/min	0,02-0,05	0,03

AUTOR: METCALF Y EDDY, INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES, TOMO II.

Tabla 7: INFORMACIÓN TÍPICA PARA TANQUES DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

CARACTERÍSTICAS	VALOR	
	INTERVALO	TÍPICO
Decantación primaria seguida de tratamiento secundario:		
Tiempo de decantación, h1	3,0-4,5	3,6
Carga de superficie, m ³ /m d	15-90	25-40

AUTOR: METCALF Y EDDY, INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES, TOMO II.

1.5.5.1.DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento del sedimentador primario se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las pantallas de disipación de velocidad deben estar a una distancia de 0,6-0,9 m del extremo de entrada y sumergidas entre 46-61cm.
- La tolva puede tener hasta 3 m de profundidad con una pendiente mayor a 1,7/1 en las paredes laterales y un ancho máximo en el fondo de 0,6m.
- Las tuberías de lodos deben ser cortas de 25cm de diámetro con una velocidad de flujo auto limpiante de 1,2 m/s.
- La limpieza del sedimentador debe realizarse una vez a la semana.

- En el sedimentador se debe colocar una pantalla de retención de espuma a una distancia del vertedero de salida de 0,6-1,5m sumergida entre 0,3-0,6m, esto para prevenir la salida de espuma con el efluente.⁷

a) **Área del sedimentador**

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

ECUACIÓN 10

Dónde:

A = Área superficial del tanque sedimentador, m²

Q = Caudal a tratar, m³/h

C_s = carga superficial, m³/m²d (determinada en tablas de acuerdo al caudal medio y máximo)

TABLA 8: VELOCIDAD TERMINAL A CAUDAL MEDIO

TIPO DE SEDIMENTADOR	VELOCIDAD A CAUDAL MEDIO		
	Mínimo	Típico	Máximo
CIRCULAR	1	1,5	2
RECTANGULAR	0,8	1,3	1,8

AUTOR: MANUAL DE DEPURACIÓN URALITA, HERNÁNDEZ AURELIO

TABLA 9: VELOCIDAD TERMINAL A CAUDAL MÁXIMO

TIPO DE SEDIMENTADOR	VELOCIDAD A CAUDAL MÁXIMO		
	Mínimo	Típico	Máximo
CIRCULAR	2	2,5	3
RECTANGULAR	1,8	2,2	2,6

AUTOR: MANUAL DE DEPURACIÓN URALITA, HERNÁNDEZ AURELIO

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

⁸ **METCALF & EDDY INC.** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. I., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill

¹¹ **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUAPOTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.,** Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico., Sistemas de Potabilización., Sección II., Título C., Bogotá-Colombia., 2000

b) Ancho del sedimentador

La relación ancho/largo que se utiliza es 1/2 para calcular las medidas del sedimentador.^{12,13}

$$B = \frac{A}{2}$$

ECUACIÓN 11

Dónde:

B = ancho del sedimentador, m

A = Área superficial del tanque sedimentador, m²

c) Largo del sedimentador

$$L = 2B$$

ECUACIÓN 12

Dónde:

L = largo del sedimentador, m

B = ancho del sedimentador, m

¹² **GUAÑA, EDGAR.**, Diseño del sistema de tratamiento de agua residual en la planta de lácteos LACTOGAL CIA. LTDA. (tesis) (Ing. Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador

¹³ **SAENZ, LUIS.**, Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del Agua Residual en la planta de lácteos OASIS (tesis) (Ing. Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador.

d) Volumen del sedimentador

$$V = L \times B \times H$$

ECUACIÓN 13

Dónde:

V = Volumen del tanque sedimentador, m³

B = Ancho del tanque sedimentador, m

L = largo del tanque sedimentador, m

H = Altura del tanque sedimentador, m

- e) **Tiempo de retención hidráulico** conocido como el tiempo que tarda una partícula en pasar por toda la longitud del sedimentador desde su entrada a esta fase del tratamiento, si este método es el único que se utiliza para tratar el agua se recomienda un tiempo de 1,5-2,5 h, si existen más tratamientos antes y después el tiempo puede ser entre 0,5-1h.⁷

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

ECUACIÓN 14

Dónde:

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulico, h

V = volumen, m³

Q = Caudal a tratar, m³/h

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

1.5.6. TRATAMIENTO SECUNDARIO

Llamados también tratamientos biológicos, se basan en transformar la materia orgánica coloidal y disuelta en el agua residual en flocs biológicos sedimentables y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación secundarios.⁷

a) Área del Floculador

TABLA 10: CARGA SUPERFICIAL DE ACUERDO AL ORIGEN DEL FLOCULO

Suspensión	$C_s \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$	
	Intervalo	Caudal punta
Floculo de alúmina	25-50	50
Floculo de Hierro	25-50	50
Floculo de cal	30-60	60
Agua residual cruda	25-50	50

AUTOR: METCALF Y EDDY, INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES.

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

ECUACIÓN 15

Dónde:

A = Área, m^2

Q = Caudal a tratar en el floculador, m^3/d

C_s = Carga superficial, $\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$

⁷ ROMERO, JAIRO. Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

⁸ METCALF & EDDY INC. Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. I., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill

¹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUAPOTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO., Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico., Tratamiento de aguas residuales., Sección II., Título E., Bogotá-Colombia., 2000

b) Volumen

$$V = Td * Q$$

ECUACIÓN 16

Dónde:

V = Volumen, m^3

Td =Tiempo de retención, s

Q = Caudal, m^3/s

c) Diámetro del floculador

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

ECUACIÓN 17

Dónde:

A = Área, m^2

\emptyset = Diámetro, m

d) Altura del tanque

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

ECUACIÓN 18

Dónde:

H = Altura, m

V = Volumen, m^3

A = Área, m^2

La altura total del tanque será la altura antes calculada más la de seguridad.

$$H_T = H + H_S$$

ECUACIÓN 19

Dónde:

H_T = Altura total

H = Altura

H_S = Altura de seguridad

e) Ancho de deflectores

$$W_b = \frac{1}{10} \phi$$

ECUACIÓN 20

Dónde:

W_b = Ancho de los deflectores, m

ϕ = Diámetro del tanque, m

f) Diámetro del impulsor

$$d_i = \frac{1}{3} \phi$$

ECUACIÓN 21

Dónde:

d_i = Diámetro del impulsor, m

ϕ = Diámetro del tanque, m

g) Altura el impulsor respecto al fondo

$$H_i = d_i$$

ECUACIÓN 22

Dónde:

H_i = Altura del impulsor respecto al fondo, m

d_i = Diámetro del impulsor, m

h) Ancho de las paletas del impulsor

$$q = \frac{1}{5} d_i$$

ECUACIÓN 23

Dónde:

q = Ancho de las paletas, m

d_i = Diámetro del impulsor, m

i) Longitud de las palas del impulsor

$$L = \frac{1}{4} d_i$$

ECUACIÓN 24

Dónde:

L= Longitud de las palas

d_i = Diámetro del impulsor, m

j) Longitud de las palas del impulsor montada en el disco central

$$L_{DC} = \frac{L}{2}$$

ECUACIÓN 25

Dónde:

L_{DC} = Longitud de las palas del impulsor

L = Longitud de las palas

k) Diámetro del disco central

$$S = \frac{1}{4} \emptyset$$

ECUACIÓN 26

Dónde:

S = Diámetro del disco central, m

\emptyset = Diámetro del tanque

l) Velocidad de rotación de las paletas

$$G = 0.25 * n^{1.25}$$

ECUACIÓN 27

$$n = \frac{G}{0,25}^{\frac{1}{1,25}}$$

ECUACIÓN 28

Dónde:

n = Velocidad de rotación, RPM

G = Gradiente de velocidad, s^{-1}

Para determinar el valor del gradiente de velocidad se utiliza la siguiente tabla:

TABLA 11: VALORES DE TIEMPO DE RETENCIÓN Y GRADIENTE DE VELOCIDAD

PROCESO	TIEMPO DE RETENCIÓN	GRADIENTE DE VELOCIDAD, (G s⁻¹)
Mezcla, operaciones comunes en el agua residual	10-30 s	500-1500
Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivos químicos	≤1 s	1500-6000
Mezcla rápida de reactivos químicos en proceso de filtración por contacto	<1 s	2500-7500
Floculación: procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de agua residual	30-60 min	50-100
Floculación en proceso de filtración directa	2-10 min	25-150

AUTOR: TRATAMIENTODE AGUAS RESIDUALES, CRITES, R.

m) Potencia de la Bomba para Girar las Paletas

Para lo cual se requiere conocer las propiedades del fluido a tratar en este caso del agua residual:

TABLA 12: PROPIEDADES DEL AGUA DEACUERDO A LA TEMPERATURA

TEMPERATURA °C	DENSIDAD ρ (Kg/m ³)	VISCOSIDAD DINÁMICA (N s/m ²)	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (m ² /s)
0	999,8	1,781 * 10 ⁻³	1,785 * 10 ⁻⁶
5	1000,0	1,518 * 10 ⁻³	1,519 * 10 ⁻⁶
10	999,7	1,307 * 10 ⁻³	1,306 * 10 ⁻⁶
15	999,1	1,139 * 10 ⁻³	1,139 * 10 ⁻⁶
20	998,2	1,102 * 10 ⁻³	1,003 * 10 ⁻⁶
25	997,0	0,890 * 10 ⁻³	0,893 * 10 ⁻⁶
30	995,7	0,708 * 10 ⁻³	0,800 * 10 ⁻⁶

AUTORES: METCALF Y EDDY, INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES

$$P = G^2 \mu V$$

ECUACIÓN 29

Dónde:

P = Potencia disipada, W

G = Gradiente medio de velocidad, s-1

μ = Viscosidad dinámica, Ns/m²

V = Volumen del floculador, m³

n) Área de las paletas

Paletas de tipo vertical

$$A_p = \frac{2P}{C_d \times \delta \times v^3}$$

ECUACIÓN 30

Dónde:

A_p = Área de las paletas, m^2

P = Potencia disipada, W

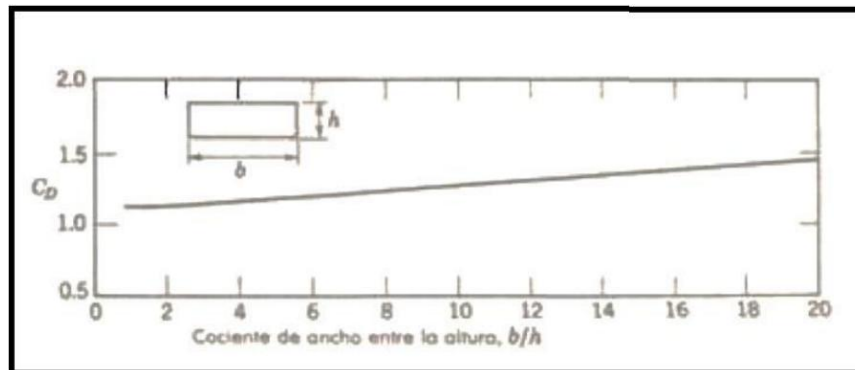
C_d = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas

δ = Densidad del fluido, kg/m^3

v = Velocidad de las paletas, m/s .

El valor de C_d se lo determina mediante interpolación en la siguiente gráfica:

GRÁFICA 1: COEFICIENTE DE RESISTENCIA VS COCIENTE DE ANCHO SOBRE LA ALTURA



1.5.7. SISTEMA DE LODOS ACTIVOS

Es un tratamiento biológico que se basa principalmente en un proceso aerobio ya que un cultivo aerobio de microorganismos oxida la materia orgánica presente en el agua residual y produce nueva biomasa celular dando como resultado una clarificación del agua con una disminución de DBO, sólidos suspendidos y turbiedad.^{7,14}

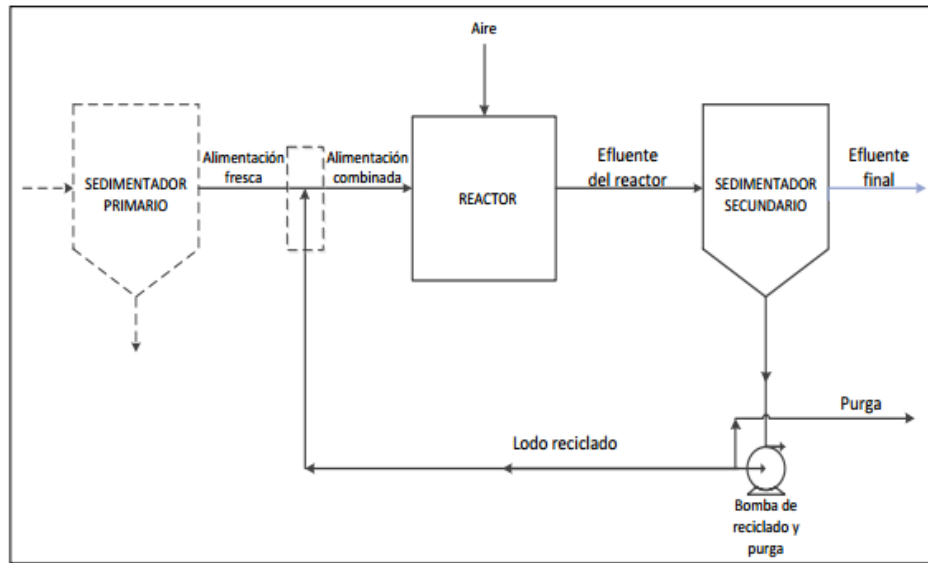


FIGURA 4: PROCESO DE LODOS ACTIVOS

Para este proceso existen dos tipos de reactores más utilizados que son el de flujo pistón y el de mezcla completa se debe elegir el más adecuado dependiendo del agua a tratar, la forma en la que se va a proporcionar la aireación, las condiciones y costos de instalación y mantenimiento por lo cual para el presente proyecto se ha seleccionado el reactor de mezcla completa.⁷

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

¹⁴ **PINZÓN, LOURDES.,** Tratamiento biológico de efluentes de industrias procesadoras de cueros usando lodos activados (Tesis) (Post grado en Auditoría y Evaluación ambiental). Universidad Nacional Experimental del Táchira, Decanato de Post Grado. San Cristóbal - Venezuela., 2009

1.5.7.1.DIMENSIONAMIENTO

a) DBO del efluente

Esta ecuación ayuda a corregir la DBO del efluente por las contribuciones de la DBO de los sólidos suspendidos que se escapan del sedimentador.⁷

$$S_e = DBO_e - 0,63 SS$$

ECUACIÓN 31

Dónde:

S_e = DBO del efluente, mg/l

DBO_e = DBO total deseada del efluente, mg/l

SS = Sólidos suspendidos del efluente, mg/l

b) Volumen del reactor

$$V = \frac{\theta_c Y S_0 - S Q}{X (1 + K_d \theta_c)}$$

ECUACIÓN 32

Dónde:

V = Volumen del reactor, m³

θ_c = tiempo medio de retención celular basado en el volumen del tanque de aireación.

S_0 = concentración de DBO o DQO en el efluente, Kg/m³

S = concentración de DBO en el efluente, Kg/m³

Q = Caudal de agua residual a tratar, m³/d

X = concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en el tanque de aireación, Kg/m³

K_d = coeficiente de degradación endógena, d⁻¹

TABLA 13 COEFICIENTES CINÉTICOS

COEFICIENTE	UNIDADES PARA SSV	RANGOS	TÍPICO
Y	Mg SSV/mg DBO ₅	0,4 – 0,8	0,6
Kd	d ⁻¹	0,04-0,075	0,06

AUTOR: ROJAS JAIME, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PRINCIPIOS DE DISEÑO.

Tabla 14: PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE LODOS ACTIVOS EN UN REACTOR DE MEZCLA COMPLETA

Período de aireación θ , horas	Carga volumétrica $\frac{gDBO}{m^3 * d}$	A/M $\frac{gDBO}{gSSVLM * d}$	X SSLM mg/l	Edad de lodos Θ_c , d	Tasa de recirculación R%	Eficiencia DBO %	Observaciones
3-5	800-2400	0,2-0,6	2500-4000	5-15	25-100	85-95	Resistente a cargas choque

AUTOR: ROJAS JAIME, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

c) Criterios de carga

- ✓ **Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación (θ)**

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

ECUACIÓN 33

Dónde:

V = volumen del tanque de aireación, m³

Q = Caudal de entrada al tanque, m³/s

- ✓ **Tasa de producción de lodos**

$$P_x = \frac{Y Q (S_o - S_e)}{1 + k_d \theta_c} = \frac{XV}{\theta_c}$$

ECUACIÓN 34

Dónde:

Px = Tasa de producción de lodos, g/d

Y = coeficiente de producción de crecimiento o relación de las masas de células formadas a la masa de sustrato consumido.

S_o = DBO del afluente, mg/l

S_e = DBO del efluente, mg/l

X = concentración de SSV en el tanque de aireación, m³.

V = volumen del reactor, m³

k_d = coeficiente de declinación endógena, d⁻¹

Θ_c = tiempo de retención celular, d

✓ **Producción De Sólidos Totales De Desecho**

$$LS = \frac{P_x}{\% VST/100}$$

ECUACIÓN 35

Dónde:

LS = Lodos seco, kgSSV/d

P_x = Tasa de producción de lodos, g/d

% VST = Porcentaje volátil de los sólidos totales

✓ **Caudal De Los Lodos De Desecho**

$$Q_w = \frac{LS * (10^3)}{\text{concentración de sólidos totales en el lodo sedimentado, mg/L}}$$

ECUACIÓN 36

Dónde:

Q_w = Caudal de los lodos de desecho, m³/d

LS = Lodos seco, kgSSV/d

✓ **Caudal De Recirculación**

$$Q_R = \frac{Q X}{X_R - X}$$

ECUACIÓN 37

Dónde:

Q_R = Caudal de recirculación, l/s

Q = Caudal del afluente, l/s

X = Biomasa en el reactor, mg/l

X_R = Biomasa en el lodo recirculado, mgSSV/l

✓ **Tasa de recirculación de lodos**

Indica el porcentaje de lodos del sedimentador secundario que recircularan al tanque de aireación, expresado como un porcentaje del caudal de aguas residuales crudas.⁷

$$R = \frac{Q_R}{Q} \times 100\%$$

ECUACIÓN 38

Dónde:

R = Tasa de recirculación de lodos, %

Q_R = Caudal de recirculación, l/s

Q = Caudal del afluente, l/s

✓ **Carga Orgánica Volumétrica (COV)**

La carga orgánica volumétrica indica los gramos de DBO por metro cubico del volumen del licor en el tanque de aireación.⁷

$$COV = \frac{Q S_0}{V}$$

ECUACIÓN 39

Dónde:

COV = Carga orgánica volumétrica, mg DBO/s L

Q = Caudal del afluente, l/s

S₀ = DBO del afluente, mg/l

V = Volumen del reactor, l

✓ **Relación Alimento Microorganismo**

Expresa la carga de DBO por unidad de masa microbial en el sistema.⁷

$$\frac{A}{M} = \frac{Q * S_0}{VX}$$

ECUACIÓN 40

Dónde:

$\frac{A}{M}$ = Relación alimento/microorganismo, d⁻¹

Q = Caudal del afluente, m³/d

S₀ = DBO del afluente mg/l

V = Volumen del reactor, m³

X = Biomasa en el reactor, mg/l

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

✓ **Demanda De Oxígeno**

$$DO = 1,5 Q S_o - S_e - 1.42 X_r Q_w/1000$$

ECUACIÓN 41

Dónde:

DO = Demanda de oxígeno, kg O₂/d

Q = Caudal del afluente, m³/d

S_o = DBO del afluente, mg/l

S_e = DBO del efluente, mg/l

X_r = Biomasa en el lodo recirculado, mgSSV/l

Q_w = Caudal de los lodos de desecho, m³/d

✓ **Caudal de Aire en Condiciones Normales**

$$Q_{\text{aire}} = \frac{DO}{0.232 (1.20)}$$

ECUACIÓN 42

Dónde:

Q_{aire} = Caudal del aire, m³/d

DO = Demanda de oxígeno, kg O₂/d

✓ **Caudal de aire real**

Para obtener mayor eficiencia en la transferencia de oxígeno procedente del equipo de aireación en condiciones reales del 8% de la cantidad real de aire.⁷

$$Q_{\text{aire real}} = \frac{Q_{\text{aire}}}{0.08}$$

ECUACIÓN 43

- ✓ **Volumen de aire requerido por unidad de DBO aplicada al tanque de aireación**

$$\frac{Q_{\text{aire}}}{\text{DBO}} = \frac{Q_{\text{aire real}} (1000)}{S_o Q}$$

ECUACIÓN 44

- ✓ **Volumen de aire requerido por unidad de DBO removida**

$$\frac{Q_{\text{aire}}}{\text{DBO}} = \frac{Q_{\text{aire real}} (1000)}{S_o - S_e Q}$$

ECUACIÓN 45

- ✓ **Eficiencia en remoción de DBO total**

$$E = \frac{S_o - S_e}{S_o}$$

ECUACIÓN 46

- ✓ **Eficiencia en remoción de DBO soluble**

$$E = \frac{S_o - S_e}{S_o}$$

ECUACIÓN 47

- ✓ **Tasa específica de utilización del sustrato**

$$U = \frac{S_o - S}{\tau X} = \frac{Q (S_o - S)}{VX}$$

ECUACIÓN 48

d) Necesidad de nutrientes

Para un apropiado funcionamiento de este sistema de tratamiento siempre debe haber cantidades adecuadas de nutrientes como K, Ca, Na, Mg, cloruros, Fe pero principalmente N y P, los cuales varía en concentración de acuerdo al tiempo de retención del lodo. Una consecuencia de la falta de nutrientes es el crecimiento de organismos filamentosos que interfieren en la depuración del agua residual.^{7,15}

e) Aireación

El consumo de oxígeno por parte de los microorganismos es directamente proporcional a la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual por lo cual es necesario implementar difusores que proporcionen oxígeno a los organismos para su adecuado funcionamiento:^{7,14,15}

- **Por difusores.-** dentro de estos tenemos porosos, no porosos, de chorro, por aspiración y en tubo U, la capacidad de transferencia de oxígeno depende del tamaño de las burbujas de gas dentro del líquido, la altura del fluido y de la cantidad de aire difundida, debido a que estos equipos se encuentran sumergidos su mantenimiento se dificulta.¹⁴
- **Por Soplantes.-** proporcionan aire a intervalos de presión limitados siendo efectivo en condiciones determinadas, por lo cual se debe adaptar el caudal y presión de aire a la necesidad de la planta de tratamiento.¹⁴

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

¹⁴ **CASTRO, MICHAEL.** Sistemas de aireación en tratamiento de agua residual industrial. (Ingeniería Transparente SERQUIMSA) (Colombia), Vol. I., Pp. 1. (20 de Junio 2012)

¹⁵ **METCALF & EDDY INC.** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. II., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill., 1995

La potencia para que se dé un proceso de compresión adiabática se la calcula de la siguiente forma:

$$P_w = \frac{WRT_1}{27.9ne} \frac{p_2}{p_1}^{0.283} - 1$$

ECUACIÓN 49

Dónde:

P_w = potencia necesaria para cada soplante, kW.

W = caudal de aire en peso, kg/s.

R = constante universal de los gases= 8.314 kJ/kmo. °K.

T₁ = temperatura absoluta en la entrada, °K

P₂ = presión absoluta a la entrada, atm.

P₁ = presión absoluta a la salida, atm.

n = (K-1)/k= 0,283(para el aire)

K = 1,395 (para el aire)

e = Eficiencia (en compresores normales entre 0,7 y 0,9)

- **Mecánicos.**- estos pueden ser superficiales o sumergidos y de eje vertical u horizontal, se basan en provocar el movimiento del agua y la absorción del aire atmosférico para producir la transferencia de oxígeno (aireación).¹⁴

¹⁴ **CASTRO, MICHAEL.** Sistemas de aireación en tratamiento de agua residual industrial. (Ingeniería Transparente SERQUIMSA) (Colombia), Vol. I., Pp. 1. (20 de Junio 2012)

1.5.8. SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Tiene como función aclarar el agua que ha pasado por el proceso de lodos activos mediante sedimentación por gravedad, de esta forma se recolecta y concentra los lodos para su recirculación con el fin de preservar una elevada concentración de microorganismos.^{7,15}

Los sedimentadores secundarios pueden ser: rectangulares, cuadrados, hexagonales y octogonales pero son en la mayoría de los casos del tipo circular.⁷

Para su diseño se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El radio del sedimentador no debe exceder cinco veces la profundidad del agua.
- El colector de lodos debe ser lo suficientemente capaz en caso de que exista una tasa de recirculación alta.
- En los tanques de limpieza manual la pendiente de piso puede ser del 2,5% hacia un canal central longitudinal y con una caída del 1% hacia el pozo de lodos en el extremo de entrada.
- El pozo central de entrada tiene un diámetro de 15 a 20% del diámetro del tanque y típicamente una sumergencia igual a la mitad de la profundidad del tanque. .^{7,16,17}

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

¹⁵ **METCALF & EDDY INC.** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. II., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill., 1995

¹⁶ **LLANOS, DANIELA.**, Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de productos lácteos "PILLARO" ubicada en el Cantón Pillaro-Tungurahua (Tesis) (Ing. Bio. Amb.). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador

¹⁷ **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUAPOTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.**, Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico., Sistemas de Potabilización., Sección II., Título C., Bogotá-Colombia., 2000

Tabla 15: PARÁMETROS DE DISEÑO DE SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

Tipo de Tratamiento	Carga superficial		Carga de sólidos Kg/dm ²		Profundidad m
	Caudal Promedio	Caudal pico	Caudal Promedio	Caudal Pico	
Sedimentación secundaria	16-29 < 34	40-65 <65	100-150	245	3,7-4,6
Sedimentación secundaria	8-33	24-49	23-164	164-234	3-6
Sedimentación secundaria luego de filtro percolador	16-24	41-49	-	-	3-3,7
Sedimentación luego de lodos activos	16-32	41-49	98-147	245	3,7-4,6
Sedimentación luego de aireación prolongada	8-16	32	98-147	245	3,7-4,6

AUTOR: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS

1.5.8.1.DIMENSIONAMIENTO

a) Área

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

ECUACIÓN 50

Dónde:

A = Área, m²

Q = Caudal a tratar en el sedimentador secundario, m³/d

C_s = carga superficial, m³/m²*d

b) Diámetro del sedimentador

$$D = \frac{4A}{\pi}^{\frac{1}{2}}$$

ECUACIÓN 51

Dónde:

D = diámetro, m

A = Área, m²

Asumiendo que el 25% del diámetro es el reparto central se tiene:

$$D_r = D \times 0.25$$

ECUACIÓN 52

c) Volumen

$$V_{\text{cilindrico}} = A * h$$

ECUACIÓN 53

Dónde:

V_{cilindrico} = volumen del sedimentador secundario, m³

A = Área, m²

h = altura, m

d) Volumen de la parte cónica del sedimentador

$$V_{\text{cónico}} = \frac{\pi * r^2 * h_{2s}}{3}$$

ECUACIÓN 54

Dónde:

r = Radio del sedimentador, m

h_{2s} = Altura de la parte cónica del sedimentador, m

e) Volumen total del sedimentador secundario

$$V_T = V_{cilindrico} + V_{cónico}$$

ECUACIÓN 55

f) Tiempo de Retención

$$T_{RH} = \frac{V_T}{Q}$$

ECUACIÓN 56

Dónde:

T_{RH} = Tiempo de retención, h

V_T = Volumen total del sedimentador, m³

Q = Caudal, m³/h

1.5.9. ERAS DE SECADO

También conocido como lechos de secado permiten eliminar la humedad de los lodos obtenidos durante el proceso de tratamiento, se basa en dos mecanismos que son percolación o infiltración del agua a través de la capa de arena y la evaporación la cual no depende de la naturaleza del lodo sino de las condiciones climáticas del lugar, para de esta forma disponer los lodos como residuo sólido que dependiendo del origen del agua residual y realizado una caracterización puede ser usado como abono agrícola.^{7,17,18}

Para el diseño se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Utilizar como medios de drenaje o secado capas de grava entre 200 a 460 mm de espesor, de un diámetro de partícula entre 3-25 mm y arena entre 300-460 mm. De espesor.
- Las paredes deben tener un borde libre de 0,5-0,9 m por encima de la arena.
- La pendiente de inclinación debe ser menor al 1%.

- Las tuberías tanto de entrada del lodo como la de drenaje debe ser plástica con un diámetro de 100 mm.
- Generalmente los lodos tardan entre 1-3 días dependiendo de su naturaleza y grado de humedad.
- Se recomienda colocar el lodo en capas de 25 cm. ¹⁷

1.5.9.1.DIMENSIONAMIENTO

- ✓ **Cálculo de la carga de sólidos**

$$SS = SS \times Q \times \frac{1}{poblacion}$$

Ecuación 57

Dónde:

Q = Caudal, m³/d

SS = Sólidos en suspensión

⁷ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004

¹⁷ **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUAPOTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.,** Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico., Sistemas de Potabilización., Sección II., Título C., Bogotá-Colombia., 2000

¹⁸ **VAZQUEZ, ALBA. y VALDEZ, ENRIQUE.** Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales., México D.F – México., Fundación ICA., 2003

✓ **Cálculo de sólidos suspendidos obtenidos**

$$C = \frac{P \times Cant \left(\frac{gSS}{d \times hab} \right)}{1000g}$$

Ecuación 58

Dónde:

P = Población

Cant = Contribución per cápita

✓ **Masa de sólidos suspendidos**

$$M_{sd} = 0,5 * 0,5 * 0,7 * C + 0,5 * 0,3 * C$$

Ecuación 59

Dónde:

C: sólidos suspendidos obtenidos

✓ **Volumen diario de lodos digeridos**

$$V_{Ld} = \frac{M_{sd}}{\delta_{Lodo} \left(\% \frac{sol}{100} \right)}$$

Ecuación 60

Dónde:

M_{sd} = Masa de sólidos suspendidos

δ_{Lodo} = Densidad del lodo, 1,04 Kg/L.

% sólidos contenidos en el lodo = 12%

✓ **Volumen de lodos a ser extraídos**

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_{rh}}{1000}$$

Ecuación 61

Dónde:

V_{Ld} = Volumen diario de lodos digeridos

T_{rh} = tiempo de retención

✓ **Área de lecho de secado**

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

Ecuación 62

Dónde:

H_A = Altura del lodo

✓ **Numero de eras**

Numero_{eras} = valor asumido

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

Ecuación 63

Dónde:

B = ancho

L = largo

1.6.MARCO LEGAL

1.6.1. ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

Presenta la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, estableciendo límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para estas descargas al tratarse de una industria quesera que desemboca sus aguas residuales en el alcantarillado debe cumplir con la tabla 9 perteneciente al libro VI, anexo 1 del TULAS. ¹⁹

TABLA 16: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	50
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻¹	mg/l	1,0
Zinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	500,0

AUTOR: TULAS, LIBRO VI, ANEXO 1

TABLA 17: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fosforo total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrogeno	Ph		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos sedimentables		mg/l	20,0
Sólidos suspendidos totales		mg/l	220,0
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		<45,0
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

AUTOR: TULAS, LIBRO VI, ANEXO 1

1.6.2. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

- Los artículos 3 y 14 indican la protección del patrimonio natural de Ecuador para que la población tenga derecho a vivir en un ambiente sano y equilibrado promoviendo así el SUMAK KAWSAY.²⁰

- En los artículos 264 y 415 se habla acerca del adecuado tratamiento y disposición que se debe dar a todo residuo líquido para conseguir un ambiente sano preservando la calidad del agua.²⁰

1.6.3. DERECHOS DE LA NATURALEZA

Los art. 71, 73, 313 y 317 indican que la naturaleza tiene derecho a ser respetada íntegramente por todos los pobladores, a su vez lo ecuatorianos tenemos la obligación de proteger y promover este cuidado, para asegurar esto el estado se encargara de proporcionar medidas de precaución y restricción de las actividades que puedan poner en peligro el cumplimiento de estos derechos.^{20,21}

1.6.4. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

En el art.7 y 18 se indica sobre el desarrollo sustentable mediante actividades de protección y manejo ambiental adoptando formas de prevención y manejo de impactos negativos evaluados por el MAE.²⁰

1.6.5. LEY ORGÁNICA DE SALUD

En el art. 6 se menciona sobre la importancia de dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales antes de ser descargados a cuerpos de agua.^{20,21}

Para el diseño de plantas de tratamiento de agua residual se debe tomar en cuenta las siguientes normas técnicas:

- Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de residuos líquidos en áreas rurales décima parte.

- Código ecuatoriano para el diseño y construcción de obras sanitarias Co 10.07-601 abastecimientos de agua potable y eliminación de aguas residuales en zonas rurales.
- Normas proporcionadas por la subsecretaria de saneamiento ambiental perteneciente al MIDUVI.
- Normas INEN 1108 para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores 1000 habitantes.^{20,21,16}

¹⁶ **LLANOS, DANIELA.**, Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de productos lácteos "PILLARO" ubicada en el Cantón Pillaro-Tungurahua (Tesis) (Ing. Bio. Amb.). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador., 2013

¹⁹ <http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

²⁰ <http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ley-Prevencion-Control-Contaminacion-Ambie>

²¹ **BUSTOS, INÉS.** Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para la tenería San José (Tesis)

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1.ÁREA DE ESTUDIO

El presente proyecto se realizó en la quesera “El Pajonal”, una industria nueva cuya producción es de 760 unidades de 700g y 900 unidades de 500g cada día alternadamente, con la utilización de 3000 litros de leche. Se encuentra operando desde el año 2009 en la parroquia de Quimiag a media cuadra del Parque Central, al sur oriente del cantón Riobamba, a 9 km de distancia y a 2 km de la parroquia Cubijíes, a una altura de 2730 msnm, su temperatura media anual es de 14° C. Sus coordenadas son X: 770633.0700; Y: 9816866.9500; DATUM: WGS 84.

TABLA 18: CONDICIONES METEOROLÓGICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Temperatura	Celsius	14
Humedad	%	62,58
Precipitación	Mm	0,0012
Presión	mBa	768,3703

AUTOR: ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESPOCH, FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

Quesera El Pajonal posee una área total de 1.088 m², dentro de la cual se encuentra un edificio administrativo, una área de operación en la que se lleva a cabo la elaboración de quesos, separada por procesos desde la recepción de la leche hasta un cuarto frío para el

almacenamiento de quesos frescos, además posee una área libre de 483 m² Que es utilizada como parqueadero.

La Industria cuenta con los siguientes equipos:

- 1 Cisterna
- 1 Tanque de enfriamiento de leche 2000 litros
- 1 Marmita de 800 litros
- 3 Marmita de 500 litros
- 1 Descremadora de leche y accesorios
- 1 Acidómetro
- 2 Perchas y mesas en acero inoxidable
- 271 Moldes para quesos
- 2 Prensas
- 1 Bomba de agua
- 20 Gavetas plásticas
- 1 Tina para salmuera
- 1 Caldero
- 2 Bombas para leche

2.2.RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA

2.2.1. MATERIALES

- GPS
- Cámara de fotos

2.2.2. MÉTODO

Se realizó una visita de campo a la industria quesera "El Pajonal", la cual estuvo guiada por los propietarios Sra. Olga Guamán y Sr. Orlando Suica quienes proporcionaron toda la información acerca del proceso de elaboración de quesos desde el ingreso de la materia prima hasta la comercialización del producto, la forma de limpieza y mantenimiento de los equipos. Mediante georreferenciación se determinó la ubicación exacta de la industria, de las instalaciones con las que cuenta, así como del área disponible para la implementación de la planta de tratamiento de agua residual.

Con esta información se elaboró un diagrama de procesos en el que constan todos los productos utilizados en cada una de las etapas del proceso, y los desechos generados como efluentes líquidos principalmente.

2.3.CONSUMO DE AGUA

La planta labora todos los días (de lunes a Domingo) 9 horas diarias de 7 am - 5 pm con una hora de receso al medio día destinada para el almuerzo, tomando en cuenta estos datos se determinó un consumo diario de agua de $7,13 \text{ m}^3$ lo cual se traduce en una producción mensual de $220,97 \text{ m}^3$ aproximadamente, en su totalidad se origina durante el proceso de producción de quesos y al lavado de los equipos, ya que existe una separación del agua residual productos de la fábrica y la producida en los sanitarios y área administrativa.

Con esta información se puede determinar la generación de 9,38 litros de agua residual por cada queso de 700g elaborado y 7,92 litros por cada unidad de 500g.

2.4.MEDICIÓN DE CAUDALES

2.4.1. MATERIALES

- Cronómetro
- Balde graduado de 4 L.
- Mandil
- Guantes

2.4.2. MÉTODO

La determinación del caudal se lo realizó por 7 días en horarios de 7 am – 5 pm cada hora, debido a que la salida del agua residual es mediante una tubería de 4 plg, la medición se realizó en la caja de revisión y consistió en un balde graduado de 4 litros de capacidad; se tomó el tiempo que tardaba en llenar.

Mediante la siguiente ecuación se pudo calcular el caudal:

$$Q = \frac{v}{t}$$

ECUACIÓN 64

Dónde:

Q = caudal

V = volumen llenado

t = tiempo que tardó en llenarse el recipiente

2.5.MUESTREO

2.5.1. MATERIALES

- Mandil
- Guantes

- Mascarilla
- Envase plástico de 3,785 L
- Termómetro
- Erlenmeyer de 250 mm

2.5.2. METODOLOGÍA

Las muestras fueron recolectadas por dos días en la caja de revisión mediante muestreo compuesto de forma manual.

Las muestras simples fueron tomadas cada hora desde las 9h:00 - 16h:00.

Para determinar el volumen de las alícuotas o muestras simples se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_i = \left(\frac{V}{n \times Q_m} \right) Q_i$$

ECUACIÓN 65

Dónde:

V_i = Volumen de la muestra o alícuota

V = volumen total de la muestra compuesta (L)

Q_m = Caudal medio (L/s)

Q_i = Caudal existente en el momento de tomar la muestra (L/s)

n = número de muestras simples

El proceso de muestreo se realizó de la siguiente forma: conocido el volumen de cada alícuota se procedió a la recolección del agua usando un erlenmeyer al cual se purgó tres veces antes de tomar la muestra. La muestra fue almacenada en un recipiente plástico dentro de un cooler mientras se conformaba la muestra completa de 2 litros, durante este proceso de muestreo que midió la del agua residual.

Los recipientes que contenían las muestras fueron correctamente etiquetados indicando el origen de la muestra, fecha, hora de muestreo y nombre de la persona que recolectó la muestra. Finalmente se las llevó al laboratorio Cestta ESPOCH para realizar el análisis fisicoquímico de la muestra mediante técnicas estándar para el análisis de agua potable y residual APHA/AWWA/WEF, ASTM, DIN, EPA, INEN, se analizaron parámetros como: sólidos totales, conductividad eléctrica, pH, DBO₅, DQO, aceites y grasas. Con estos datos se puede determinar el tratamiento por el cual debe pasar el agua residual para disminuir su carga contaminante hasta límites permisibles de descarga al alcantarillado.

2.5.2.1.DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS EMPLEADAS

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Temperatura	Cuantificar la energía interna de un sistema en este caso del agua residual	-Medir este parámetro ya que tiene gran influencia en el desarrollo de la vida y en las reacciones químicas y velocidad de RX.	*termómetro	a) colocar el bulbo del termómetro dentro de la muestra de agua residual b) esperar pocos segundos hasta que se pueda estabilizar y anotar	- Únicamente de lectura directa

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
pH	Indica la medida de la actividad de los iones de hidrógeno mediante mediciones potenciométricas, por el uso de dos electrodos uno patrón y el otro de referencia	-Es el analizado más importante y utilizado dentro de la caracterización de aguas. -La aplicación de algún tipo de tratamiento está condicionado por el pH del agua.	*pHmetro *Vasos de precipitación *Agitador	a) Calibrar el pHmetro b) En el vaso de precipitación colocar un volumen adecuado de la muestra de tal forma que el electrodo quede completamente cubierto c) Sumergir los electrodos y agitarlos suavemente para dar homogeneidad. d) Anotar el valor que se genera cuando se ha estabilizado.	Debido a que el valor de obtiene directamente de la lectura realizada por el pHmetro, no se requiere realizar cálculos.

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Demanda química de oxígeno DQO	<p>Consiste en proporcionar reflujo a una muestra de agua con una solución de dicromato de potasio en medio ácido al 50%, el exceso de bicromato se lo titula con sulfato ferroso amoniacal.</p> <p>La materia orgánica que se oxida es proporcional al bicarbonato de potasio consumido.</p>	<p>Determina la cantidad de compuesto oxidables presentes en la muestra.</p>	<p>*Aparato de reflujo.</p> <p>*Probeta graduada</p> <p>*Vaso de precipitación.</p> <p>*Pipetas volumétricas</p> <p>REACTIVOS</p> <p>*Sulfato ferroso amoniacal 0,25 N</p> <p>*Bicarbonato de potasio</p> <p>*Indicador de Ferrón.</p> <p>*Sulfato de plata en cristales</p>	<p>a) En un matraz colocar 50 ml de la muestra junto con 25 ml de bicarbonato de potasio.</p> <p>b) Adicionar lentamente 75 ml de ácido sulfúrico.</p> <p>c) Someter el matraz a 2 horas de reflujo.</p> <p>d) Diluir la solución a 350 ml.</p> <p>e) Titular el exceso de bicarbonato con sulfato ferroso amoniacal valorado</p>	<p>Se requiere de la siguiente ecuación:</p> $\frac{mg}{l} DQO = \frac{a - b 8000}{V_m - d}$ <p>Dónde:</p> <p>DQO= demanda química de oxígeno</p> <p>a= ml de sulfuro ferroso amoniacal usado para testigo</p> <p>b= ml de sulfuro ferroso amoniacal usado para la muestra</p> <p>V_m = volumen de la muestra en ml</p> <p>d = factor de corrección por el</p> <p>Cl = mg/l de cloro x0,23</p>

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Demanda biológica de oxígeno DBO ₅	Medir la cantidad de materia orgánica biodegradable, mediante la determinación del oxígeno consumido por los microorganismos cuando utilizan la materia como fuente de energía para su metabolismo, esta prueba dura 5 días	-Determinar la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable -Determinar la cantidad de carga contaminante presente en la muestra de agua residual -Ayudar a determinar la eficiencia de los tratamientos de las aguas residuales	*Botellas de DBO *Pipetas *Balón de 1000 ml *Bureta *Pinzas universales *Soporte universal *Erlenmeyer de 500 ml Reactivos *Agua aireada *Cloruro de magnesio *Cloruro férrico *Cloruro de calcio *Solución buffer de pH neutro *Sulfato de manganeso *Reactivo álcali-yoduro-azida *Ácido sulfúrico *Tiosulfato de sodio *Solución de almidón.	a) En un balón se coloca 500 ml de agua aireada b) Se añade 50 ml del agua residual junto con 1ml del inóculo c) Añadir 1ml de las soluciones de cloruro de magnesio, cloruro férrico, cloruro de calcio y 2 ml de la solución buffer d) Aforar y homogenizar la solución. e) Llenar dos botellas de DBO y taparlas f) 1 se la deja reposar en la oscuridad g) En la otra se coloca 1ml de sulfato de manganeso y 1ml del reactivo álcali-yoduro-azida h) Finalmente titular con tiosulfato de sodio	$DBO_5 = X - Y$ * FD Dónde: X = concentración del oxígeno disuelto antes de la incubación Y = concentración del oxígeno disuelto después de la incubación FD = factor de dilución

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Aceites y grasas	Es la determinación cuantitativa de grupos de sustancias que tienen características físicas parecidas sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoretano	-Determinar su presencia para dar un tratamiento previo para su eliminación y así evitar que estas puedan inferir o disminuir la efectividad de los tratamientos posteriores.	*Embudo de separación *Matraz de destilación *Baño de agua *Papel filtro	a) Colocar 1 ml de la muestra en un Erlenmeyer, acidificarla hasta llegar a un pH 2 o inferior con 5 ml de HCl. b) Filtrar la muestra mediante el embudo de separación el cual contiene el papel filtro y esta sobre un matraz. c) Enjuagar el recipiente con triclorotrifluoretano, de igual forma filtrarlo en el embudo.	$\frac{mg\ AyG}{l}$ $= \frac{a - b * 100}{ml\ muestra}$ <p>Dónde: mg AyG = concentración de aceites y grasas a = la ganancia total del peso b = peso del matraz menos el peso calculado</p>

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Sólidos suspendidos totales	Se determina su concentración basándose en la diferencia de peso de un filtro por el cual paso el agua residual	-determinar la cantidad de sólidos que afectan negativamente al agua residual y que requieren de tratamiento secundario para su eliminación.	*Cápsula de porcelana. *Tubos de centrifugadora *DeseCADOR *Estufa de secado *Balanza analítica *Papel filtro	a) Colocar en la estufa (103-105°C) la cápsula limpia y pesarla. b) Filtrar un volumen determinado de muestra de agua residual. c) Lavar la mezcla con agua destilada d) El filtro colocarlo en una cápsula e) Secarlo en la estufa a 103-105°C por 1 hora f) Poner en el desecador para secarlo g) Pesar las cápsulas	$SST, \text{mg/l} = \frac{a-b * 1000}{V \text{ muestra}}$ <p>Dónde: SST = concentración de sólidos suspendidos totales en mg/l a = Peso del residuo seco más la cápsula, mg b = peso de la cápsula, mg V muestra = volumen de la muestra, ml.</p>

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Sólidos totales	-Se basa en someter a evaporación una muestra de agua residual en una placa dentro de un horno.	-Cuantificar la materia disuelta y en suspensión presentes en el agua residual	*Cápsula de porcelana de 90 mm de diámetro. *Desecador *Horno de mufla *Horno de secado *Balanza analítica	<p>a) Colocar las cápsulas en el horno y dejar que se sequen para pesarlas vacías</p> <p>b) Colocar un volumen conocido de muestra de agua residual evaporarla hasta que este seca ya sea en el horno o a baño de vapor durante 1 hora</p> <p>c) Enfriar en el desecador y pesar</p> <p>d) Si es posible hacer varios ensayos.</p>	$ST = \frac{a-b * 1000}{V_{muestra}}$ <p>Dónde: ST = concentración de sólidos totales, mg/l a = Peso del residuo seco más la cápsula, mg b = peso de la cápsula, mg V_{muestra} = volumen de la muestra, ml.</p>

2.6. PRUEBA DE JARRAS

2.6.1. MATERIALES

- pHmetro
- Vasos de precipitación
- Varilla de agitación
- Pera
- Pipetas de 10ml

2.6.2. METODOLOGÍA

Este método permite determinar: la dosis óptima de coagulante y floculante a utilizarse en el tratamiento del agua residual, la velocidad y tiempo de agitación de las paletas, la velocidad de sedimentación. Para que el proceso de coagulación y floculación se lleve a cabo hay que realizar un ajuste de pH. Para este proceso generalmente se hace uso del equipo de jarras que posee agitadores bajo los cuales se colocan vasos de precipitación de 1000 ml que contiene el agua residual a tratar, en cada uno de los vasos se añade diferentes concentraciones del agente coagulante (policloruro de aluminio), se mantiene en agitación a una velocidad en la que la mezcla sea rápida y se disperse cuidando de que esta no sea demasiado rápida ya que puede llegar a romper los flóculos formados. Finalmente se deja en reposo hasta que los flóculos hayan sedimentado y el agua quede clarificada. En caso de no poseer el equipo de jarras este procedimiento también se lo puede hacer de forma manual utilizando una varilla de vidrio para agitar el coagulante controlando el número de revoluciones que se dé por minuto mediante el uso de un cronómetro.

2.7.LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL LUGAR

2.7.1. MATERIALES

- GPS
- Cinta de 50m
- Libreta de apuntes
- Cámara fotográfica
- 2 estacas de 1m de longitud
- Nivel

2.7.2. METODOLOGÍA

Para la realización de la planimetría del área en la que se ha planificado implementar la planta de tratamiento de agua residual se utilizó un GPS con el cual se tomaron puntos del perímetro, luego debido a que este equipo presenta un margen de error de +/- 3m mediante el uso de la cinta métrica se pudo corregir esto mediante mediciones de vértice en vértice. En cambio para la altimetría se utilizó dos estacas rectas de igual longitud se las coloca a 10 metros de distancia entre ellas unidas por una cuerda ubicada a la misma altura y la cual debe estar muy bien nivelada, mediante la determinación de la diferencia de altura entre ellas se puede determinar la pendiente del terreno.

2.8. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para el diseño de la planta de tratamiento se tomaron en cuenta varios datos tales como: el caudal del agua residual producida, los resultados de los análisis físico-químicos realizados a las muestras y el área disponible para la implementación de la planta, de acuerdo a estos parámetros se determinó los componentes más apropiados para garantizar una correcta

depuración de las aguas residuales, con el fin de cumplir con los valores de descarga de aguas residuales hacia el alcantarillado presente en la normativa ambiental (TULAS).

Para el dimensionamiento se tomaron en cuenta tanto las ecuaciones como criterios de los libros: Metcalf y Eddy tomos I y II, Norma RAS 2000, tratamiento de aguas residuales de Romero Rojas.

2.9. ELABORACIÓN DE PLANOS

La elaboración de los planos pertenecientes a los diferentes componentes que integran la planta de tratamiento se realizó mediante el programa autocad. (Anexo 4)

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS DE DISEÑO

3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

3.1.1. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL PARA REALIZAR EL DISEÑO

Debido a que la planta es nueva y empezó sus operaciones en el año 2009 y no se espera un aumento en la producción; se utilizó para el diseño de la planta de tratamiento, el caudal máximo el cual se lo determinó mediante la tabla del anexo I, proporcionándonos un valor de $8,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

3.1.2. REJILLAS

Las rejillas de limpieza manual son las seleccionadas para ser aplicadas como pre-tratamiento.

g) Área

De acuerdo a la ecuación 1:

Datos:

$V = 0,4 \text{ m/s}$, (de acuerdo a la tabla 4)

$Q = 8,59 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ (caudal máximo)

$$A = \frac{8,59 * 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}}{0,40 \text{ m/s}}$$

$$A = 2,15 * 10^{-3} \text{m}^2$$

h) Altura tirante de agua

Se asume el ancho del canal y se despeja la altura

Datos:

$$A = 2,15 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$w = 0,15\text{m (asumido).}$$

Según la ecuación 3 tenemos:

$$h = \frac{2,15 * 10^{-3} \text{m}^2}{0,15 \text{ m}}$$

$$h = 1,43 * 10^{-2} \text{ m}$$

La altura total del canal es la siguiente en base a la ecuación 4:

$$H = (1,43 * 10^{-2} + 0,3) \text{ m}$$

$$H = 3,14 * 10^{-1} \text{ m}$$

i) Cálculo de la longitud de las barras

Datos:

$$\theta = 45^\circ \text{ (tabla 4)}$$

$$H = 0,314 \text{ m}$$

Mediante la ecuación 6 tenemos:

$$L = \frac{H}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$L = \frac{0,314 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$L = 4,45 * 10^{-1} \text{ m}$$

j) Suma de las separaciones entre barras

Datos:

$$w = 0,15\text{m}$$

$$e = 2,5 * 10^{-2}\text{m (tabla 4)}$$

$$S = 5,00 * 10^{-3}\text{m (tabla 4)}$$

Mediante la ecuación 7 la suma de las separaciones es:

$$b_g = \frac{0,15\text{m} - 2,5 * 10^{-2}\text{m}}{5,00 * 10^{-3}\text{m} + 2,5 * 10^{-2}\text{m}} + 1 \quad 2,5 * 10^{-2}\text{m}$$

$$b_g = 1,29 * 10^{-1}\text{m}$$

k) Número de barrotes

De acuerdo a la ecuación 8 tenemos:

$$n = \frac{0,15\text{ m}}{2,5 * 10^{-2}\text{ m} + 5,00 * 10^{-3}\text{ m}}$$

$$n = 5 \text{ barras}$$

l) Pérdida de carga

Datos:

$$\beta = 1,035 \text{ (valor tomado de la tabla 5 y figura 2)}$$

En base a la ecuación 9 tenemos:

$$h_f = 1,035 \frac{5,00 * 10^{-3}\text{m}}{2,5 * 10^{-2}\text{m}}^{\frac{4}{3}} * \frac{0,4\text{m}^2}{2 * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \text{ sen}45^\circ$$

$$h_f = 6,98 * 10^{-4}\text{m}$$

3.1.3. FLOCULADOR MECÁNICO

a) Área del Floculador

Datos:

$$Q = 7,42 * 10^{-1} m^3 / d$$

$$C_s = 50 m^3/m^2d \text{ (valor tomado de la tabla 7)}$$

En base a la ecuación 10 tenemos que el área es igual a:

$$A = \frac{7,42 * 10^{-1} m^3 / d}{50 m^3/m^2d}$$
$$A = 1,48 m^2$$

b) Volumen

Datos:

$$T_d = 40 \text{ minutos (valor asumido de acuerdo a lo indicado en la norma RAS Titulo C)}$$

En base a la ecuación 11 tenemos:

$$V = (2400 s) * (8,59 * 10^{-4} m^3/s)$$
$$V = 2,06 m^3$$

c) Diámetro del floculador

En base a la ecuación 12:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{1,4 m^2}{\pi}}$$
$$\phi = 1,37 m$$

d) Altura del tanque

De acuerdo a la ecuación 13 tenemos:

$$H = \frac{2,06 \text{ m}^3}{1,48 \text{ m}^2}$$

$$W_b = \frac{1}{10} 1,40 \text{ m}$$

$$W_b = 0,14 \text{ m}$$

$$H = 1,39 \text{ m}$$

Altura de la seguridad

$$H_T = 1,39 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$H_T = 1,69 \text{ m} = 1,70 \text{ m}$$

e) Ancho de deflectores

El número de deflectores diseñados en el tanque de floculación son 4 de acuerdo al libro Ingeniería de aguas residuales de Metcalf y Eddy volumen I.

En base a la ecuación 15 tenemos:

f) Diámetro del impulsor

Tomando en cuenta la ecuación 16 tenemos:

$$d_i = \frac{1}{3} 1,40 \text{ m}$$

$$d_i = 0,47 \text{ m}$$

g) Altura del impulsor respecto al fondo

La ecuación 17 indica:

$$H_i = 0,47 \text{ m}$$

h) Ancho de las paletas del impulsor

Como se indica en la ecuación 18:

$$q = \frac{1}{5} 0,47 \text{ m}$$

$$q = 0,09 \text{ m}$$

i) Longitud de las palas del impulsor

De acuerdo a la ecuación 19:

$$L = \frac{1}{4} 0,47 \text{ m}$$

$$L = 0,12 \text{ m}$$

j) Longitud de las palas del impulsor montada en el disco central

En base a la ecuación 20:

$$L_{DC} = \frac{0,12}{2}$$

$$L_{DC} = 0,06 \text{ m}$$

k) Diámetro del disco central

En base a la ecuación 21 tenemos:

$$S = \frac{1}{4} * 1,40 \text{ m}$$

$$S = 0,35 \text{ m}$$

h) Velocidad de rotación de las paletas

Datos:

$G = 50 \text{ s}^{-1}$ valor de acuerdo a la tabla 8

En base a la ecuación 23 tenemos:

$$n = \frac{50 \text{ s}^{-1} \cdot \frac{1}{1,25}}{0,25}$$

$$n = 69 \text{ RPM}$$

i) Potencia de la bomba para girar las paletas

Datos:

$\mu = 0,91 * 10^{-3} \frac{Nm}{s^2}$ valor obtenido por interpolación mediante la tabla 9.

En base a la ecuación 24 tenemos:

$$P = 50 s^{-1^2} * 0,91 * 10^{-3} \frac{Nm}{s^2} * 2,06 m^3$$

$$P = 4,67 \text{ HP}$$

j) Área de las paletas

Datos:

$C_D = 1,15$ que fue calculado por interpolación del cociente de q/L con respecto al valor de C_D mediante el uso de la gráfica 1.

De acuerdo a la ecuación 25 tenemos:

$$A = \frac{2 * 4,67 \text{ HP}}{1,15 * 997,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}^3}$$

$$A = 0,03 \text{ m}^2$$

3.1.4. SEDIMENTADOR PRIMARIO

a) Área del sedimentador

Datos:

$$Q = 74,22 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$C_s = 36 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d} \text{ (tomado de acuerdo a la tabla 11)}$$

$$A = \frac{74,22 \text{ m}^3/\text{d}}{36 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}}$$

$$A = 2,06 \text{ m}^2$$

b) Ancho del sedimentador

$$B = \frac{2,06 \text{ m}^2}{2}$$

$$B = 1,01 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

c) Largo del sedimentador

$$L = 2(1 \text{ m})$$

$$L = 2 \text{ m}$$

d) Volumen del sedimentador

Datos:

$$B = 1 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$H = 3,6 \text{ m (valor usual tomado de la tabla 10)}$$

$$V = 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}$$

$$V = 6,6 \text{ m}^3$$

e) Tiempo de retención hidráulico

$$T_{rh} = \frac{6,6 \text{ m}^3}{74,22 \text{ m}^3}$$

$$T_{rh} = 0,09 \text{ d} = 2,13 \text{ h}$$

f) Tolva

Tomando en cuenta las especificaciones anteriores la tolva para la recolección de lodos tendrá las siguientes dimensiones:

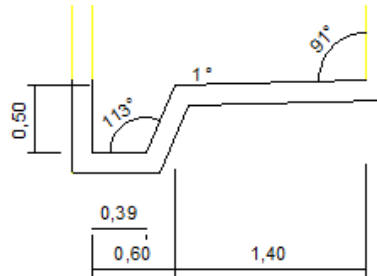


FIGURA 5: TOLVA

3.1.5. SISTEMA DE LODOS ACTIVOS

Se determinó el porcentaje teórico en el que se disminuye el valor de DBO₅ y sólidos suspendidos al pasar por cada uno de los tratamientos, de esta forma tenemos:

DIMENSIONAMIENTO

TABLA 19: CARACTERÍSTICAS DEL AFLUENTE

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
DBO afluente	1404	mg/L
SST entrada	17,75	mg/L

Fuente: AUTORES

Considerando una eficiencia de un 85% en base a la tabla 15, tenemos los siguientes valores en el efluente:

TABLA 20: CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
DBO efluente	210,60	mg/L
SST salida	3,55	mg/L

Fuente: AUTORES

TABLA 21: DATOS UTILIZADOS EN EL DIMENSIONAMIENTO

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Caudal afluente	74 217,60	l/d
SSVLM	3500	mg/l
θ_c	10	Días
Concentración de sólidos totales en el lodo sedimentado		
Y (20°C)	0,6	mg VSS/mg DBO ₅
Kd (20°C)	0,025-0,075	d ⁻¹

Fuente: AUTORES Y LIBRO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ROMEROROJAS

a) DBO del efluente

Para la determinación de la DBO del efluente se empleará la ecuación 31:

$$S_e = 210,60 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 0,63 \left(3,55 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)$$

$$S_e = 208,36 \text{ mg/L}$$

b) Volumen del reactor

En base a la ecuación 32 tenemos:

$$V = \frac{(10 \text{ d})(0,6 \frac{\text{mg SSV}}{\text{mg DBO}}) 74217,6 \frac{\text{l}}{\text{d}} \left(1404 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 208,36 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)}{3250 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \left(1 + 0,06 \text{ d}^{-1} 10 \text{ d} \right)}$$

$$V = 102 389,46 \text{ litros}$$

$$V = 102,40 \text{ m}^3$$

Mediante este valor se puede dimensionar el tanque de aireación el cual tendrá medirá:

- Largo=5 m
- Ancho= 5 m
- Profundidad= 4,2 m.

c) Criterios de carga

✓ Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación (θ)

Para lo cual nos basamos en la ecuación 33:

$$\theta = \frac{102,40 \text{ m}^3}{8,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\theta = 119\,208,38 \text{ s}$$

$$\theta = 1,37 \text{ d} = 1,5 \text{ d}$$

✓ Tasa de producción diaria de lodo a purgar

Datos:

$$Y = 0,6 \frac{\text{mg SSV}}{\text{mg DBO}} \text{ (valor asumido con respecto a la tabla 14)}$$

$$k_d = 0,06 \text{ d}^{-1} \text{ (valor asumido con respecto a la tabla 14)}$$

$$\Theta_c = 10 \text{ d} \text{ (valor asumido con respecto a la tabla 15)}$$

En base a la ecuación 34 tenemos:

$$P_x = \frac{(0,6 \frac{\text{mg SSV}}{\text{mg DBO}}) 74\,217,60 \frac{\text{L}}{\text{d}} (1404 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 208,36 \frac{\text{mg}}{\text{L}})}{1 + (0,06 \text{ d}^{-1}) (10 \text{ d})}$$

$$P_x = 33,28 \times 10^6 \text{ mg SSV/d}$$

$$P_x = 33,28 \text{ kg SSV/d}$$

✓ Producción de sólidos totales de desecho

De acuerdo a la literatura del libro de tratamiento de aguas residuales de Jairo Romero Rojas se indica que el 80% de los sólidos totales conforman la parte volátil, en base a esto tenemos

$$\text{que } \% \frac{VST}{100} = 0,8.$$

De acuerdo a la ecuación 35 tenemos:

$$LS = \frac{33,28 \text{ kg SSV/d}}{0,8}$$

$$LS = 41,6 \text{ kgSSV/d}$$

✓ Caudal de los lodos de desecho

En base a la ecuación 36 tenemos:

$$Q_w = \frac{41,6 \text{ kgSSV/d} * (10^3)}{15000 \text{ mg/L}}$$

$$Q_w = 2,77 \text{ m}^3/\text{d}$$

✓ Caudal de recirculación

Se considerará que el 80% de los sólidos son volátiles dentro del lodo sedimentado, de acuerdo a diseño de tratamiento de lodos activos del libro Tratamiento de Aguas Residuales de Romero Rojas.

Se empleará la ecuación 37.

$$Q_R = \frac{8,59 * 10^{-4} \text{ l/s}(3250\text{mg/L})}{0,8 * 15000 \text{ mg/L} - 3250 \text{ mg/L}}$$

$$Q_R = 3,19 * 10^{-4} \text{ l/s}$$

$$Q_R = 27,56 \text{ l/d}$$

✓ Tasa de recirculación

Se empleará la ecuación 38.

$$R = \frac{3,19 * 10^{-4} \text{ l/s}}{8,59 * 10^{-4} \text{ l/s}} * 100\%$$

$$R = 40\%$$

✓ Carga orgánica volumétrica (COV)

La carga orgánica volumétrica la determinaremos mediante la ecuación 39.

$$\text{COV} = \frac{Q S_O}{V}$$
$$\text{COV} = \frac{0,86 \frac{1}{s} (1.404 \text{ mg/L})}{102 389,46 \text{ litros}}$$
$$\text{COV} = 0,01 \text{ mg/sL}$$

✓ Relación alimento microorganismo

Esta relación se la determina en base a la ecuación 40.

$$\frac{A}{M} = \frac{74,22 \frac{m^3}{d} (1404 \frac{mg}{L})}{(102,39 m^3)(3250 \frac{mg}{L})}$$
$$\frac{A}{M} = 0,31 d^{-1}$$

✓ Demanda de oxígeno

Para este parámetro se determina en base a la ecuación 41.

$$DO = (1,5 \quad 74,22 \frac{m^3}{d} \quad 1404 \frac{mg}{L} - 208,36 \frac{mg}{L} - 1,42 \quad 0,8 * 15000 \quad 2,77 \frac{m^3}{d}) / 1000$$

$$DO = 85,91 \text{ kg O}_2/d$$

✓ Caudal de aire en condiciones normales

Se empleará la ecuación 42.

$$Q_{\text{aire}} = \frac{85,91 \text{ kg O}_2/\text{d}}{0.232 (1.20)}$$

$$Q_{\text{aire}} = 308,58 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{aire}} = 308\,584,77 \text{ l/d}$$

✓ **Caudal de aire real**

Se utilizará la ecuación 43.

$$Q_{\text{aire real}} = \frac{308,58 \text{ m}^3}{0.08} \text{ d}$$

$$Q_{\text{aire real}} = 3.857,25 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{aire real}} = 3.857\,250 \text{ l/d}$$

✓ **Volumen de aire requerido por unidad de DBO aplicada al tanque de aireación**

En base a la ecuación 44:

$$\frac{Q_{\text{aire}}}{\text{DBO}} = \frac{3\,857\,250 \frac{\text{L}}{\text{d}} (1000)}{1404 \text{ mg/L} (74\,217,6 \frac{\text{L}}{\text{d}})}$$

$$\frac{Q_{\text{aire}}}{\text{DBO}} = 37,02 \text{ m}^3_{\text{aire}}/\text{kg DBO}$$

✓ **Volumen de aire requerido por unidad de DBO removida**

Para el cálculo se empleará la ecuación 45.

$$\frac{Q_{\text{aire}}}{\text{DBO}} = \frac{3\,857\,250 \frac{\text{L}}{\text{d}} (1000)}{1404 - 208,36 \frac{\text{mg}}{\text{L}} (74\,217,6 \frac{\text{L}}{\text{d}})}$$

$$\frac{Q_{\text{aire}}}{\text{DBO}} = 43.47 \text{ m}^3_{\text{aire}} / \text{kg DBO}$$

✓ **Eficiencia en remoción de DBO total**

La eficiencia se determinó en base a la ecuación 46.

$$E = \frac{1404 - 210,6 \text{ mg/L}}{1404 \text{ mg/L}}$$

$$E = 85\%$$

✓ **Eficiencia en remoción de DBO soluble**

Dicha eficiencia se determinó en base a la ecuación 47.

$$E = \frac{1404 - 208,36 \text{ mg/L}}{1404 \text{ mg/L}}$$

$$E = 85\%$$

✓ **Tasa específica de utilización del sustrato**

Este cálculo se basa en la ecuación 48.

$$U = \frac{51,54 \text{ L/min} * 1404 - 210,60 \text{ mg/L}}{102\,389,46 \text{ litros} \left(\frac{3250\text{mg}}{\text{L}}\right)}$$

$$U = 1,85 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$$

3.1.6. SEDIMENTADOR SECUNDARIO

a) Área

Datos:

$C_s = 32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ (valor tomado en referencia a la tabla 16)

En base a la ecuación 50:

$$A = \frac{74,22 \text{ m}^3/\text{d}}{32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}}$$
$$A = 2,32 \text{ m}^2$$

b) Diámetro del sedimentador

En base a la ecuación 51:

$$D = \frac{4(2,32 \text{ m}^2)}{\pi}^{\frac{1}{2}}$$
$$D = 1,7 \text{ m}$$

c) Volumen

Datos:

$h = 2 \text{ m}$ (valor asumido de acuerdo a la tabla E.4.17 del libro Tratamiento de Aguas Residuales de Romero Rojas)

En base a la ecuación 52 tenemos:

$$V_{\text{cilindrico}} = 2,32 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ m}$$

$$V_{\text{cilindrico}} = 4,64 \text{ m}^3$$

d) Volumen de la parte cónica del sedimentador

Datos:

$\alpha = 20^\circ$ (Angulo de inclinación) (tesis lactogal)

$h_{2s} = 0,3m$ (valor asumido)

$$V_{cónico} = \frac{\pi * (0,86m)^2 * 0,3m}{3}$$

$$V_{cónico} = 0,23 m^3$$

e) Volumen total del sedimentador secundario

En base a la ecuación 54 tenemos:

$$V_T = 4,64m^3 + 0,23 m^3$$

$$V_T = 4,87m^3$$

f) Tiempo de Retención

$$T_{RH} = \frac{4,87m^3}{3,09m^3/h}$$

$$T_{RH} = 1,6 h$$

3.2. REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL

De acuerdo a la tabla 3 tomada del libro de Metcalf y Eddy se determinó de forma teórica los valores de remoción en cada uno de los componentes que conforman la planta de tratamiento de los principales parámetros indicadores de la existencia de contaminación entre estos tenemos: DBO₅, DQO, sólidos suspendidos:

DQO

Floculador 75%

$$DQO_{removida} = 14075,00 \text{ mg}_l - 14075,00 \text{ mg}_l \frac{75}{100}$$

$$DQO_{removida} = 3518,75 \text{ mg}_l$$

Sedimentador Primario 35%

$$DQO_{removida} = 3518,75 \text{ mg}_l - 3518,75 \text{ mg}_l \frac{35}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 2287,19 \text{ mg}_l$$

Fangos activos 83%

$$DQO_{\text{removida}} = 2287,19 \text{ mg}_l - 2287,19 \text{ mg}_l \frac{83}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 388,82 \text{ mg}_l$$

Aceites y grasas

Floculación 90%

$$\text{Aceites y Grasas}_{\text{removida}} = 378,10 \text{ mg}_l - 378,10 \text{ mg}_l \frac{90}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 37,81 \text{ mg}_l$$

DBO₅

Floculador 70%

$$DQO_{\text{removida}} = 7800 \text{ mg}_l - 7800 \text{ mg}_l \frac{70}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 2340 \text{ mg}_l$$

Sedimentador Primario 40%

$$DQO_{\text{removida}} = 2340 \text{ mg}_l - 2340 \text{ mg}_l \frac{40}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 1404 \text{ mg}_l$$

Fangos activos 85%

$$DQO_{\text{removida}} = 1404 \text{ mg}_l - 1404 \text{ mg}_l \frac{85}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 210,60 \text{ mg}_l$$

Floculador 85%

$$DQO_{\text{removida}} = 237,09 - 237,09 \text{ mg}_l \frac{85}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 35,56 \text{ mg}_l$$

Sedimentador Primario 50%

$$DQO_{\text{removida}} = 35,56 \text{ mg}_l - 35,56 \text{ mg}_l \frac{50}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 17,75 \text{ mg}_l$$

Fangos activos 85%

$$DQO_{\text{removida}} = 17,75 \text{ mg}_l - 17,75 \text{ mg}_l \frac{85}{100}$$

$$DQO_{\text{removida}} = 3,55 \text{ mg}_l$$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. CARACTERIZACION DE LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL

TABLA 22: RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUÍMICOS DE LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL

Parámetros	Unidad	Resultado	Valor Límite permisible
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	6,28	5-9
Grasas y aceites	mg/l	378,1	100
DBO	mg/l	7800	250
DQO	mg/l	14075	500
Conductividad Eléctrica		11660	-
Sólidos Totales	mg/l	8512	-
Sólidos suspendidos	mg/l	237,09	220

5. FUENTE: LABORATORIO CESSTA

4.1.2. CÁLCULOS DE DISEÑO

TABLA 23: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Parámetro	Resultado	Unidad
Caudal	8,59x10 ⁻⁴	m ³ /s
REJILLAS		
Área	2,15 * 10 ⁻³	m ²
Altura tirante de agua	1,43 * 10 ⁻²	m
Altura total del canal	3,14 * 10 ⁻¹	m
longitud de las barras	4,45 * 10 ⁻¹	m
separaciones entre barras	1,29 * 10 ⁻¹	m
Número de barrotes	5	
Pérdida de carga	6,98 * 10 ⁻⁴	m
FLOCULADOR MECÁNICO		
Área	1,48	m ²
Volumen	2.06	m ³
Diámetro del floculador	1,37	m
Altura del tanque	1,39	m
Altura total	1,70	m
Numero de deflectores	4	
Ancho de los deflectores	0,14	m
Diámetro del impulsor	0,47	m
Altura el impulsor respecto al fondo	0,47	m
Ancho de las paletas del impulsor	0,09	m
Longitud de las palas del impulsor	0,12	m
Longitud de las palas del impulsor montada en el disco central	0,6	m
Diámetro del disco central	0,35	m
Velocidad de rotación de las paletas	69	RPM
Potencia de la bomba para girar las paletas	4,67	HP
Área de las paletas	0.03	m ²

Fuente:autor

TABLA 24: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Parámetro	Resultado	Unidad
SEDIMENTADOR PRIMARIO		
Área	2,06	m ²
Ancho del sedimentador	1	m
Largo del sedimentador	2	m
Volumen del sedimentador	6,6	m ³
Tiempo de retención hidráulico	2,13	h
SISTEMA DE LODOS ACTIVOS		
DBO del efluente	208,36	mg/L
Volumen del reactor	102,40	m ³
Largo del tanque de aireación	5	m
Ancho del tanque de aireación	5	m
Profundidad del tanque de aireación	4,2	m
Tiempo de retención hidráulica θ	1,5	D
Tasa de producción diaria de lodo a purgar	33,28	kg SSV/d

FUENTE:AUTOR

TABLA 25: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Parámetro	Resultado	Unidad
SISTEMA DE LODOS ACTIVOS		
Producción de sólidos totales de desecho	41,6	kgSSV/d
Caudal de los lodos de desecho	2,77	m ³ /d
Caudal de recirculación	27,56	l/d
Tasa de recirculación	40	%
Carga orgánica volumétrica (COV)	0,01	mg/sl
Relación alimento microorganismo	0,31	d ⁻¹
Demanda de oxígeno	85,91	kg O ₂ /d
Caudal de aire en condiciones normales	308 584,77	l/d
Caudal de aire real	3 857 250	l/d
Volumen de aire requerido por unidad de DBO aplicada al tanque de aireación	37,02	m ³ _{aire} / kg DBO
Volumen de aire requerido por unidad de DBO removida	43,47	m ³ _{aire} / kg DBO
Eficiencia en remoción de DBO total	85	%
Eficiencia en remoción de DBO soluble	85	%
Tasa específica de utilización del sustrato	1,85 * 10 ⁻⁴	min ⁻¹
Producción de sólidos totales de desecho	41,6	kgSSV/d

FUENTE:AUTOR

TABLA 26: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Parámetro	Resultado	Unidad
SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Área	2,32	m ²
Diámetro	1,7	M
Volumen	4,64	m ³
Volumen de la parte cónica del sedimentador	0,23	m ³
Volumen total del sedimentador secundario	4,87	m ³
Tiempo de Retención	1,6	H
Área	2,32	m ²
Diámetro	1,7	M
Volumen	4,64	m ³
Volumen de la parte cónica del sedimentador	0,23	m ³
ERAS DE SECADO		
Área	9,6	m ²
Volumen	17,28	m ³
Largo de las eras	6,0	m
Ancho de las eras	1,6	m
Alto de las eras	1,8	m

FUENTE: AUTOR

4.1.3. REMOCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DEL AGUA RESIDUAL DURANTE EL TRATAMIENTO

TABLA 27: REMOCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE EN EL AGUA RESIDUAL

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN DEL AFLUENTE	FLOCULADOR		SEDIMENTADOR PRIMARIO		LODOS ACTIVOS		% de remoción	Límite permisible mg/l
		Concentración en el efluente(mg/l)	% de Remoción	Concentración en el efluente(mg/l)	% de Remoción	Concentración en el efluente(mg/l)	% de Remoción		
DBO ₅	7800 mg/l	2340	70	1404	40	210,60	85	97,3	250
DQO	14075mg/l	3518,75	75	228,19	35	388,82	83	97,2	500
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	237,09mg/l	35,56	85	17,75	50	3,55	85	98,5	220
GRASAS Y ACEITES	378,1mg/l	37,81	90					90	100

FUENTE: AUTOR

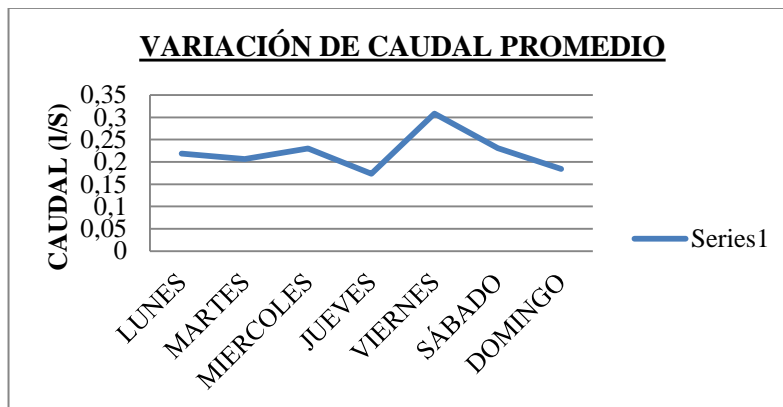
4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.2. CAUDAL

TABLA 28: VARIACIÓN DE CAUDAL

Días	Caudal Promedio (l/s)
LUNES	0,21862145
MARTES	0,20625133
MIERCOLES	0,23042769
JUEVES	0,17316036
VIERNES	0,30852442
SÁBADO	0,23104281
DOMINGO	0,18417946

FUENTE: AUTOR



GRÁFICA 2: VARIACIÓN DEL CAUDAL PROMEDIO

La tabla 24 y la gráfica 2 indican la variación del caudal promedio de todas las mediciones realizadas durante una semana cada hora desde las 7 am hasta las 5 pm. Aquí se observa que no existe una gran variación entre los días (lunes-jueves, sábado –domingo) ya que mantienen una línea de producción constante con excepción de los días viernes en los que hay un aumento considerable de caudal debido a que se realiza el cambio de la solución de sal muera utilizada en el proceso de salado de los quesos.

Al no existir una gran variación entre los caudales para el diseño de la planta de tratamiento se tomó el valor del caudal máximo $8,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ registrado el día viernes 11 am, ya que al tratarse de una industria joven que lleva 5 años no esperan incrementar su producción.

4.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

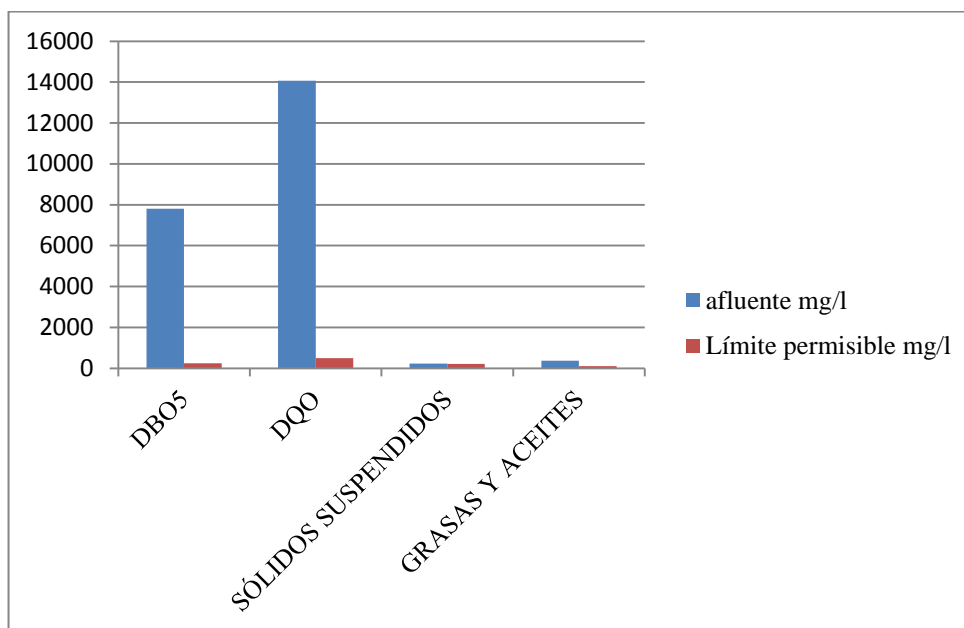
La caracterización físico-química del agua residual indicó que la temperatura promedio a la que se encuentra es de $23,97^\circ\text{C}$ (parámetro determinado in situ), con un máximo de 33°C y un mínimo de 18°C , la variación de la temperatura en el agua se debe en parte al proceso de pasteurización sometiendo a altas temperaturas a la leche con el uso de agua caliente tanto en esta etapa como en la limpieza. En cuanto al pH, la variación se encuentra entre 5,8 - 6,8. Las variaciones de estos parámetros se debe a los procesos que implican la elaboración de quesos ya que existen etapas como coagulación, corte y desuerado en la que existe como residuo suero láctico el cual tiende a producir pH ácidos en el agua residual, en el resto de procesos incluido la limpieza de los equipos se produce agua residual con pH que tiene a ser básicos.

Mediante los análisis de DBO, DQO, Sólidos totales, sólidos suspendidos, grasas y aceites , alcalinidad realizados en el laboratorio se determinó sus concentraciones actuales las cuales al ser comparadas con los límites permisibles para descarga presentes en el TULAS (gráfica 3), se comprobó que se hallan fuera de la norma por lo cual debían pasar por un tratamiento previo para lo cual se decidió diseñar una planta de tratamiento cuyos componentes fueron seleccionados en base a la tabla 5-6 de Metcalf y Eddy en la cual se indica el grado de tratamiento obtenido mediante diversas operaciones y procesos unitarios empleados en el tratamiento primario y secundario del agua residual.

Tabla 29: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL

PARÁMETRO	afluente mg/l	Límite permisible mg/l
DBO5	7800	250
DQO	14075	500
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	237,09	220
GRASAS Y ACEITES	378,1	100

FUENTE: AUTOR



GRÁFICA 3: CONCENTRACIÓN DEL EFLUENTE INICIAL VS LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

4.2.4. DOSIFICACIONES OBTENIDAS EN EL TEST DE JARRAS

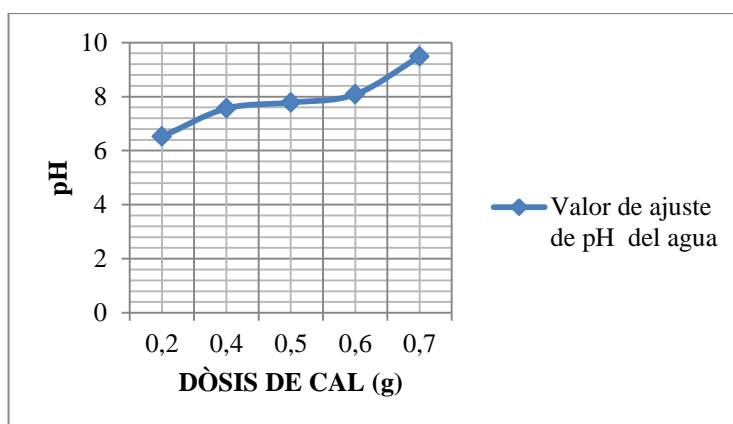
4.2.4.1. AJUSTE DE pH

De acuerdo al pH que presenta el agua residual de 6,28 se realizó el ajuste de este valor mediante la aplicación de cal en distintas concentraciones hasta encontrar un valor óptimo. La velocidad de mezclado fue la misma de 70 RPM.

TABLA 30: DÒSIS DE CAL PARA AJUSTE DE PH

Nº Vaso de precipitación de 1000ml	pH del agua residual	Dosis de cal (g)	Tiempo de mezclado (min)	Valor de ajuste de pH del agua
1	6,28	0,2	6	6,52
2	6,28	0,4	6	7,56
3	6,28	0,5	6	7,78
4	6,28	0,6	6	8,08
5	6,28	0,7	6	9,48

FUENTE: AUTOR



GRÁFICA 4: VARIACIÓN DEL PH EN RELACION A LA CONCENTRACION DE CAL

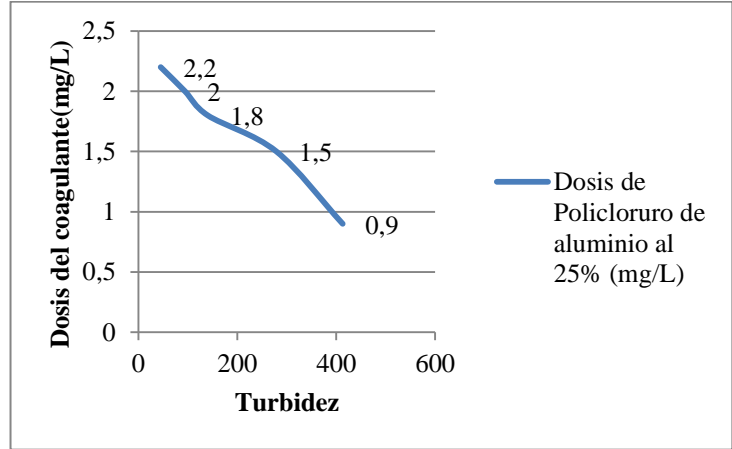
4.2.4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL COAGULANTE

A una velocidad de 70 RPM y un pH de 7,78, se realizó varios ensayos a distintas concentraciones de coagulante.

Tabla 31: DOSIFICACION DEL COAGULANTE

Nº Vaso de precipitación de 1000ml	Valor de ajuste de pH del agua	Tiempo de retención (min)	Dosis de Policloruro de aluminio al 25% (mg/L)	pH del agua Tratada	Turbidez NTU
1	7,78	40	0,9	7,87	413
2	7,78	40	1,5	7,93	279
3	7,78	40	1,8	7,96	140
4	7,78	40	2	7,98	94
5	7,78	40	2,2	8	45

FUENTE: AUTOR



GRÁFICA 5: DOSIS DE COAGULANTE VS TURBIDEZ

De acuerdo a la tabla 28 y a la gráfica 5 que resumen los ensayos realizados se observa que la dosis de coagulante más afectiva a ser utilizada es de 2,2 mg/L ya que permite obtener un efluente con pH estable lo cual ayuda a la realización de los siguientes tratamientos, además que ayuda a una disminución de la turbidez.

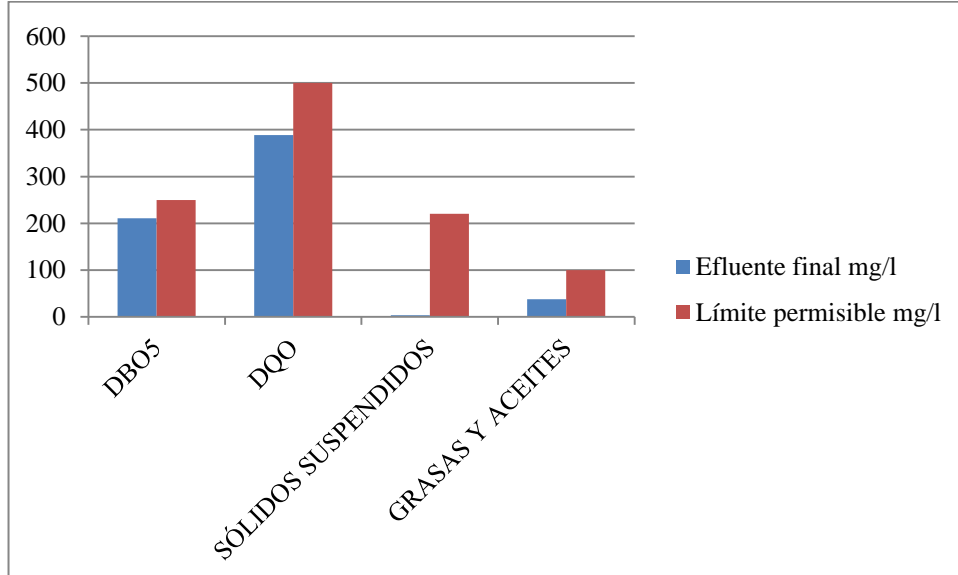
4.2.5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La implementación de la planta de tratamiento propuesta da como resultado un mejoramiento notable de la calidad del agua residual descargada ya que la concentración de la carga contaminante se encuentra por debajo de los límites permisibles como se observa en la gráfica 4.

TABLA 32: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL EFLUENTE FINAL

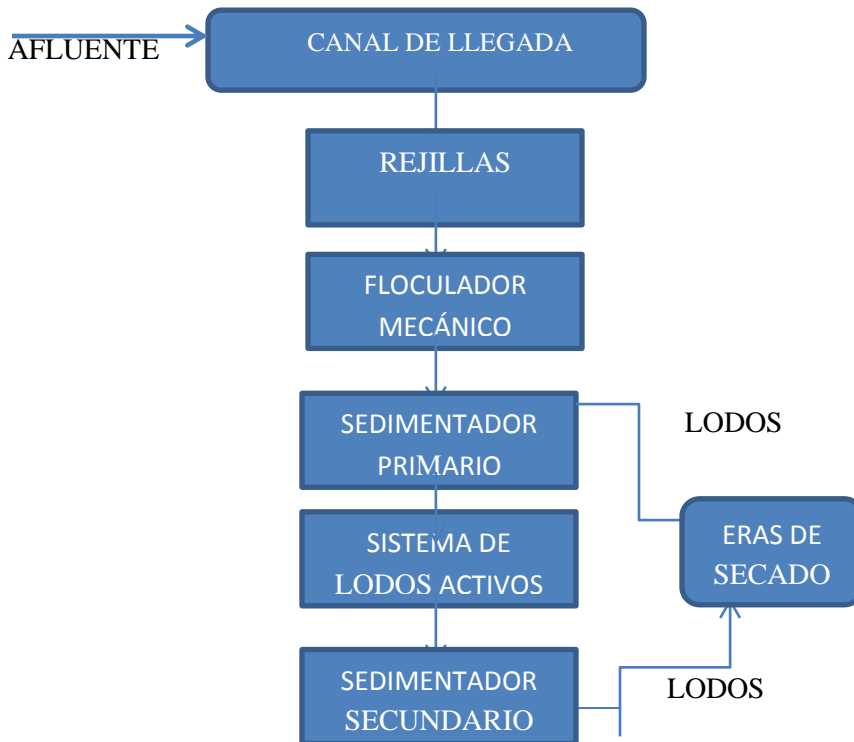
PARÁMETRO	Efluente final mg/l	Límite permisible mg/l
DBO ₅	210,6	250
DQO	388,82	500
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	3,55	220
GRASAS Y ACEITES	37,81	100

FUENTE: AUTOR



GRÁFICA 6: EFLUENTE FINAL VS LÍMITES PERMISIBLES

FIGURA 6: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTA



CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ❖ Mediante la caracterización físico-química de la muestra de agua residual proveniente de la industria quesera "EL PAJONAL" se determinaron parámetros como: pH, DBO₅, DQO, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos suspendidos, los cuales al ser comparados con los valores de límites permisibles dentro de la norma (TULAS libro VI) se observa que el agua residual no está en condiciones aptas para su descarga, ya que los resultados de los análisis y su respectiva comparación con los valores permisibles son los siguientes: pH 6,28;5 - 9, DBO₅ 7800 mg/l; 250 mg/l, DQO 14075 mg/l; 500 mg/l, Conductividad Eléctrica 11660, Sólidos Totales 8512 mg/l y Sólidos Suspendidos 237,09 mg/l; 220 mg/l.

- ❖ De acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización se determinó que para dar un adecuado tratamiento al agua residual el sistema diseñado consta de: como pre tratamiento rejillas, como tratamiento primario coagulación-floculación y sedimentador primario, como tratamiento secundario sistema de lodos activos con utilización de aireación y sedimentador secundario y finalmente como tratamiento para los lodos generados como residuo se diseñó eras o lechos de secado.

- ❖ La aplicación de este sistema permite una disminución en la concentración en el efluente final en los siguientes porcentajes: DBO 97,3% , DQO 97,2%, aceites y grasas 90%, sólidos suspendidos 98,5%, con lo cual el agua residual cumple con la norma TULAS y puede ser descargada

5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Al momento de la construcción del sistema de tratamiento tomar en cuenta todas las especificaciones presentes en el proyecto para lograr los resultados esperados.
- ❖ Llevar un registro de la calidad del agua que se obtiene al final del tratamiento para controlar el adecuado funcionamiento del sistema.
- ❖ Los lodos obtenidos luego del secado deben ser caracterizados para determinar su destino final como puede ser de abono orgánico.
- ❖ Realizar una limpieza diaria especialmente del sistema de rejillas para tener un buen funcionamiento de la planta y el adecuado ingreso del agua residual al tratamiento.
- ❖ Cada año como máximo se debe realizar un mantenimiento de la planta de tratamiento dependiendo del funcionamiento de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

❖ **BLOGGER., GOBIERNO PARROQUIAL DE QUIMIAG**

<http://quimiag.gob.ec/>

10/05/2014

❖ **BUSTOS, INÉS.** Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la etapas de ribera y curtido para la tenería San José (Tesis) (Ing. Bio. Amb.). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador., 2013., Pp. 18-62.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2025/1/96T00167.pdf>

❖ **CASTRO, MICHAEL.** Sistemas de aireación en tratamiento de agua residual industrial. (Ingeniería Transparente SERQUIMSA) (Colombia), Vol. I., Pp. 1. (20 de Junio 2012).

<http://www.serquimsa.com/sistemas-de-aireacion-en-tratamiento-de-agua>

29/05/2014

❖ **CENTRO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA EN EL ECUADOR**

http://www.cilecuador.org/joomla/index.php?option=com_content&view=

06/04/2014

- ❖ **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUAPOTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.,** Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico., Sistemas de Potabilización., Sección II., Título C., Bogotá-Colombia., 2000., Pp. 35-46.
http://cra.gov.co/apc-aa-files/6339623934/5_Sistemas_de_potabilizacion.pdf
27/05/2014

- ❖ **COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUAPOTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.,** Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico., Tratamiento de aguas residuales., Sección II., Título E., Bogotá-Colombia., 2000., Pp. 50-65, 113-115, 131-145, 143.
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloE.PDF>
27/05/2014

- ❖ **CONSORCIO PARA EL DERECHO SOCIOAMBIENTAL**
<http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ley-Prevencion-Control-Contaminacion-Ambiental.html>
12/04/2014

- ❖ **GONZÁLEZ, MARCELINO.** Aspectos Medio Ambientales Asociados a los Procesos de la Industria láctea. (Revista Mundo Pecuario) (Venezuela), Ed. VIII., Vol. Nº 1., Pp. 17- 25. (20 de Junio 2012)
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/34620/1/articulo2.pdf>
26/05/2014

- ❖ **GUAÑA, EDGAR.**, Diseño del sistema de tratamiento de agua residual en la planta de lácteos LACTOGAL CIA. LTDA. (tesis) (Ing. Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador., 2014., Pp. 63-70, 87-99.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3206/1/96T00240.pdf>

- ❖ **LLANOS, DANIELA.**, Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de productos lácteos "PILLARO" ubicada en el Cantón Pillaro-Tungurahua (Tesis) (Ing. Bio. Amb.). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador., 2013., Pp. 68-75.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2636/1/236T0068.pdf>

- ❖ **METCALF & EDDY INC.** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. I., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill., 1995., Pp. 246-250.

- ❖ **METCALF & EDDY INC.** Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización., Vol. II., California-Estados Unidos., Mac Graw Hill., 1995., Pp. 507-510, 605-673, 1417.

- ❖ **MUÑOZ, MARIO., REYNA, ALEJANDRA., y OTROS.** Guía Ambiental de la Industria Láctea., Bogotá-Colombia., Panamericana., 2007., Pp. 17-21.
http://www.minambiente.gov.co/documentos/guia_ambiental_lactea.pdf
25/05/2014

❖ **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES:
RECURSO AGUA**

<http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

12/04/2014

- ❖ **PAGUAY, JOSÉ.**, Diseño de la planta de tratamiento y reutilización del Agua Residual en la planta de lácteos ESPOCH (tesis) (Ing. Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador., 2013., Pp. 70-74.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2529/1/96T00211.pdf>

- ❖ **PERRONE, DANIEL.** Gestión Ambiental En La Industria Quesera. (Manual de procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES) y de instrucciones operativas planta quesera Pitusa S.A), (Argentina)., Pp. 12-20. (01 de Enero 2002).

http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/archivos/alimentacion/Gest

18/05/2014

- ❖ **PICAZO, JHON.** Contaminación en la industria láctea. (Revista del Instituto de Reales Academias de Andalucía) (España), art. 5., Pp. 2-4. (28 de Noviembre 1995).

<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1>

13/05/2014

- ❖ **PINZÓN, LOURDES.**, Tratamiento biológico de efluentes de industrias procesadoras de cueros usando lodos activados (Tesis) (Post grado en Auditoria y Evaluación ambiental). Universidad Nacional Experimental del Táchira, Decanato de Post Grado. San Cristóbal - Venezuela., 2009., Pp. 9-59.
<https://www.google.com.ec/search?hl=es&noj=1&biw=1280&bih=639&q=1.%09Harmand%2C>

- ❖ **RAMALHO, RUBENS.** Tratamiento de aguas residuales., 2da ed., Quevec - Canadá., Reverte., 2003., Pp. 323-425, 570-576.
<http://es.scribd.com/doc/65356088/R-S-Ramalho-Tratamient>
22/05/2014

- ❖ **ROMERO, JAIRO.** Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004., Pp. 431-491, 1064-111.

- ❖ **SAENZ, LUIS.**, Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del Agua Residual en la planta de lácteos OASIS (tesis) (Ing. Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador., 2013., Pp. 9-14, 28-62.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3217/1/96T00221.pdf>

- ❖ **VAZQUEZ, ALBA. y VALDEZ, ENRIQUE.** Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales., México D.F – México., Fundación ICA., 2003., Pp. 2.39-2.40, 3.95-3.105.
<http://es.scribd.com/doc/126793347/Ingenieria-de-los-Sistemas-de-Tratamiento-y-Disposicion-de-Aguas-Residuales>
15/05/2014

❖ **YO RIOBAMBA: PARROQUIA QUIMIAG**

<http://www.yoriobamba.com/index.php/datos-importantes/128-parroquia-quimiag>

10/05/2014

ANEXOS

ANEXO 1: MEDICIONES DE CAUDAL Y TEMPERATURA

HORA	LUNES 10-02-2014		MARTES 11-02-2014		MIÉRCOLES 12-02-2014		JUEVES 13-02-2014	
	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C
07H00	0,07	20,00	0,07	22,00	0,05	18,00	0,05	19,00
08H00	0,30	29,00	0,20	28,00	0,15	22,00	0,31	26,00
09H00	0,70	31,00	0,32	23,00	0,47	26,00	0,58	28,00
10H00	0,21	32,00	0,36	29,00	0,56	28,00	0,22	28,00
11H00	0,86	33,00	0,54	24,00	0,22	31,00	0,18	31,00
12H00	0,14	26,00	0,07	32,00	0,08	19,00	0,14	24,00
13H00	0,47	29,00	0,24	22,00	0,24	25,00	0,14	25,00
14H00	0,15	22,00	0,30	21,00	0,19	22,00	0,04	24,00
15H00	0,28	24,00	0,12	18,00	0,46	32,00	0,07	23,00
16H00	0,18	25,00	0,06	21,00	0,07	28,00	0,17	22,00
17H00	0,04	19,00	0,01	21,00	0,04	18,00	0,01	20,00
PROMEDIO	0,31	26,36	0,21	23,73	0,23	24,45	0,17	24,55

HORA	VIERNES 14-02-2014		SÁBADO 15-02-2014		DOMINGO 16-02-2014	
	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C	CAUDAL L/s	TEMPERATURA °C
07H00	0,07	20,00	0,05	19,00	0,03	18,00
08H00	0,30	29,00	0,11	22,00	0,13	22,00
09H00	0,70	31,00	0,40	24,00	0,49	24,00
10H00	0,21	32,00	0,21	24,00	0,22	25,00
11H00	0,86	33,00	0,14	23,00	0,29	21,00
12H00	0,14	26,00	0,40	18,00	0,17	30,00
13H00	0,47	29,00	0,48	18,00	0,15	22,00
14H00	0,15	22,00	0,22	26,00	0,18	28,00
15H00	0,28	24,00	0,40	28,00	0,27	26,00
16H00	0,18	25,00	0,09	20,00	0,09	18,00
17H00	0,04	19,00	0,04	19,00	0,02	18,00
PROMEDIO	0,31	26,36	0,23	21,91	0,18	22,91

ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS



FOTOGRAFIA 1: AREA DE RECEPCION DE LA LECHE



FOTOGRAFIA 2: INSTALACIONES DE LA FABRICA



FOTOGRAFIA 3: MARMITAS



FOTOGRAFIA 4: PENSADO DE QUESOS



FOTOGRAFIA 5: ETAPA DE SALADO



FOTOGRAFIA 6: ENFUNDADO DE QUESOS



FOTOGRAFIA 7: CUARTO FRIO



FOTOGRAFIA 8: CAJA DE REVISION



FOTOGRAFIA 9: MEDICION DE CAUDAL



FOTOGRAFIA 10: MEDICION DE TEMPERATURA



FOTOGRAFIA 11: TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS



FOTOGRAFIA 12: TOMA DE COORDENADAS GPS



FOTOGRAFIA 13: MEDICION CON CINTA PARA LA ELABORACION DE LA PLANIMETRIA



FOTOGRAFIA 14: AREA LIBRE DE LA FABRICA



FOTOGRAFIA 15: AREA DESTINADA A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA

ANEXO 3: ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

a) Análisis físico-químicos primera muestra

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:	234
ST:	14 - 080 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Andrés Vallejo
Dirección:	Tarqui y Olmedo
FECHA:	24 de Febrero del 2014
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2014 / 02 / 13 17:00
FECHA DE MUESTREO:	2014 / 02 / 12 11:00 - 15:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2014 / 02 / 13 - 2014 / 02 / 24
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 168-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Quesera EL PAJONAL punto de descarga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Andrés Vallejo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T min.: 15.0 °C



RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	6,78	5-9	±0,10
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	182,5	100	±1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	7200	250	±15%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	12850	500	±3%
Conductividad eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	uS/cm	11660	-	±5%
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	8512	-	±11%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	237,09	20	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
Edición 2

b) Análisis físico-químicos segunda muestra

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:	250
ST:	14 -095 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Andrés Vallejo
Dirección:	Tarqui y Olmedo
FECHA:	24 de Febrero del 2014
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2014 / 02 / 14 11:00-15:00
FECHA DE MUESTREO:	2014 / 02 / 12 11:00 - 15:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2014 / 02 / 14 - 2014 / 02 / 24
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 194-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Quesera EL PAJONAL punto de descarga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Andrés Vallejo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	5,78	5-9	±0,10
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	378,1	100	±1%
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	8400	250	±15%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	15300	500	±3%
Conductividad eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	uS/cm	4420	-	±5%
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	2164	-	±11%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	212,25	20	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 2

ANEXO 4: PLANOS