



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA EL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTON
ALAUSI”**

ALEJANDRA CECILIA ESPÍN SALTOS

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

Ingeniero Químico

Riobamba - Ecuador

AGRADECIMIENTO

Mi primer agradecimiento es para Dios por haberme regalado la vida y salud y ser quien guía mi camino y por ser la fuerza de lucha constante.

A mis padres y hermanos quienes con su apoyo incondicional han sabido inculcarme buenos valores y llegar a ser una persona de bien y me han dado fortaleza para no derrumbarme.

A mi director de tesis Ing. César Avalos y al miembro del tribunal la Ing. María Fernanda Rivera quienes me han brindado su apoyo, comprensión y mano amiga para llegar al fin de este gran sueño profesional.

A mis amigos con quienes he compartido durante todo este tiempo estudiantil, son recuerdos que jamás se desaparecerán de mi mente.

Al Municipio del Cantón Alausí, en especial al departamento de Obras Públicas, por su colaboración en el tema de investigación.

ALEJANDRA

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este presente trabajo a toda mi familia en especial a mis padres: José quien es el sustento del hogar y Cecilia por su apoyo incondicional a mis hermanos en especial a Paúl por estar siempre a mi lado, ya que son ustedes la fuente de motivación más grande para superarme día a día.

ALEJANDRA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Tesis certifica que el Trabajo de Investigación: “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTON ALAUSI**”, de responsabilidad de la señorita Alejandra Cecilia Espín Saltos, ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez	_____	_____
DECANO FAC. CIENCIAS		
Ing. Mario Villacrés	_____	_____
DIRECTOR DE ESCUELA		
Ing. Cesar Ávalos	_____	_____
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. Fernanda Rivera	_____	_____
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Tec. Carlos Rodríguez	_____	_____
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN		

Yo, ALEJANDRA CECILIA ESPIN SALTOS, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

ALEJANDRA CECILIA ESPIN SALTOS

INDICE DE ABREVIATURAS

DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (cinco días)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SST	Sólidos suspendidos totales
ST	Sólidos totales
SS	Sólidos sedimentables
Q _b	Caudal por bovino
Q _p	Caudal por porcino
Q _o	Caudal por ovino
ICCB	Índice de consumo de carne por bovino
ICCP	Índice de consumo de carne por porcino
ICCO	Índice de consumo de carne por ovino
P _f	Población proyectada
D _p	Demanda proyectada
Q _{pro}	Caudal proyectado
d	Día
n	Coefficiente de Manning
S	Gradiente hidráulico
R	Radio hidráulico
s	Espesor entre barras

g	Aceleración de la gravedad
a	Área de flujo
A_f	Área de la sección transversal
B	Ancho de la rejilla
E	Separación entre barras
H_f	Pérdidas hidráulicas
V_a	Velocidad de aproximación
T_r	Tiempo de retención
i	Tasa de crecimiento
L	Litros
L_b	Longitud entre barras
m	Metros
ml	Mililitros
mg/L	Miligramos por litro
m/s	Metros por segundo
W	Watts
kW	Kilowatts
θ	Tiempo de retención en la laguna
S_e	Concentración de DBO del efluente
S_o	Concentración de DBO del afluente

Y	Coeficiente de producción
Kd	Tasa relativa de respiración endógena
F/M	Relación alimentación/ microorganismos
pH	Potencial Hidrógeno
SSV	Sólidos suspendidos volátiles
WO ₂	Requerimiento de oxígeno
C _L	Concentración de oxígeno disuelto en la laguna
α	Factor de corrección para la transferencia de oxígeno
Pt	Potencia total de aireación
P	Potencia de aireación
T	Temperatura
μ	Viscosidad dinámica
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental
UFC/100 ml	Unidades formadoras de colonias por cada cien mililitros

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

HOJA DE FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDADES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido

RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	iii
ANTECEDENTES.....	iv
JUSTIFICACIÓN.....	vi
OBJETIVOS	viii
GENERAL.....	viii
ESPECÍFICOS.....	viii
1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. PROCESO DE FAENAMIENTO.....	1
1.1.1. Faenamiento de Ganado Bovino	1
1.1.2. Faenamiento de Porcinos.....	2
1.1.3. Flameado de Porcinos.....	3
1.1.4. Faenamiento Ovino.....	3

1.2.	CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS	4
1.2.1.	Fuentes y Caracterización de los Residuos Líquidos	4
1.2.2.	Fuentes y Caracterización de los Residuos Sólidos	4
1.2.3.	Fuentes y Caracterización de los Residuos Gaseosos	5
1.3.	PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	5
1.3.1.	Alternativas de Minimización de Contaminantes	5
1.4.	AGUA RESIDUAL	7
1.4.1.	Definición	7
1.4.2.	Principales indicadores para el control de la calidad del agua residual.....	7
1.4.3.	Efectos de contaminación por las aguas residuales	10
1.4.4.	Agua residual procedente de canales	12
1.5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	17
1.5.1.	Caudal.....	17
1.5.2.	Canal.....	20
1.5.3.	Rejillas	23
1.5.4.	Sedimentación primaria	28
1.5.5.	Aireación	35
1.5.6.	Coagulación- Floculación.....	40
1.6.	NORMA PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES	48
1.6.1.	TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental)	48
2.	PARTE EXPERIMENTAL.....	51
2.1.	MUESTREO	51
2.1.1.	Lugar de investigación.....	51
2.1.2.	Plan de Muestreo.....	51
2.1.3.	Técnica de recolección	52
2.2.	METODOLOGÍA	52
2.2.1.	Metodología de trabajo	52
2.2.2.	Medición de caudales	52
2.2.3.	Métodos y Técnicas	53
2.2.4.	Técnicas.....	54
2.3.	DATOS EXPERIMENTALES.....	65
2.3.1.	Diagnóstico.....	65
2.3.2.	Datos.....	66

3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTON ALAUSI	83
3.1. CÁLCULOS	83
3.1.1. Caudal	83
3.1.2. Cálculos para el canal.....	88
3.1.5. Cálculos para el tanque de aireación.....	98
3.1.6. Cálculos para el tanque de floculación	104
3.2. RESULTADOS	112
3.2.1. Resultados de la medición de caudal.....	112
3.2.2. Resultados de las Pruebas de tratabilidad	113
3.2.3. Resultados de la caracterización final del agua tratada.....	120
3.2.4. Resultados del dimensionamiento	123
3.3. PROPUESTA	131
3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	133
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
4.1. Conclusiones	135
4.2. Recomendaciones	137
BIBLIOGRAFÍA	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de bovinos
Fig. 2	Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de porcinos
Fig. 3	Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de ovinos
Fig. 4	Sección del canal
Fig. 5	Ábaco de la fórmula de Manning

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Efectos indeseables de las aguas residuales
Tabla 2	Eficiencia de la importancia de aguas residuales
Tabla 3	Eficiencia de la remoción de los sistemas de tratamiento de efluentes provenientes de la industria procesadora de carne.
Tabla 4	Dimensiones del canal de llegada
Tabla 5	Valores Típicos del Coeficiente de Rugosidad
Tabla 6	Información usual para el diseño de rejillas
Tabla 7	Estándares de diseño de sedimentadores primarios
Tabla 8	Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones
Tabla 9	Valores usuales de constantes empíricas
Tabla 10	Floculantes y Coagulantes
Tabla 11	Parámetros de diseño de paletas
Tabla 12	Valores usuales de gradientes de velocidad (g) y tiempos de retención de los procesos de tratamiento
Tabla 13	Valores de C_D
Tabla 14	Límites de descarga al sistema de alcantarillado

Tabla 15	Determinación del pH
Tabla 16	Determinación de la DBO
Tabla 17	Determinación de la DQO
Tabla 18	Determinación de los sólidos sedimentables
Tabla 19	Determinación de sólidos totales
Tabla 20	Determinación de sólidos suspendidos
Tabla 21	Determinación de la turbiedad
Tabla 22	Determinación de aceites y grasas
Tabla 23	Determinación de coliformes fecales
Tabla 24	Determinación de coliformes totales
Tabla 25	Número de animales faenados en el Camal Municipal del Cantón Alausí
Tabla 26	Consumo de agua por cada ejemplar
Tabla 27	Datos de peso promedio de cada ejemplar
Tabla 28	Datos de los análisis Físico del agua residual
Tabla 29	Datos de los análisis Físico Químico del agua residual
Tabla 30	Datos de los análisis Microbiológicos del agua residual
Tabla 31	Datos de medición de temperatura
Tabla 32	Medición del caudal del día Lunes
Tabla 33	Medición del caudal del día Martes
Tabla 34	Medición del caudal del día Miércoles

Tabla 35	Medición del caudal del día Jueves
Tabla 36	Medición del caudal del día Viernes
Tabla 37	Medición del caudal del día Sábado
Tabla 38	Medición del caudal del día Domingo
Tabla 39	Parámetros fuera de norma
Tabla 40	Promedio de caudales diarios
Tabla 41	Dosificación de coagulante y floculante en agua aireada
Tabla 42	Disminución de la turbiedad
Tabla 43	Disminución de la DQO
Tabla 44	Disminución de la DBO
Tabla 45	Disminución de Sólidos Totales
Tabla 46	Disminución de Sólidos Suspendidos
Tabla 47	Disminución de Sólidos Sedimentables
Tabla 48	Disminución de Coliformes Fecales
Tabla 49	Disminución de Coliformes Totales
Tabla 50	Tiempos de Sedimentación
Tabla 51	Examen Físico final (aireación -coagulación floculación)
Tabla 52	Examen Físico final (coagulación floculación- aireación)
Tabla 53	Examen Físico Químico final
Tabla 54	Resultado del examen Microbiológico final del agua

Tabla 55	Resultados del caudal de diseño
Tabla 56	Resultado del dimensionamiento del canal
Tabla 57	Resultado del dimensionamiento de las rejillas
Tabla 58	Resultado del dimensionamiento del sedimentador primario.
Tabla 59	Resultado del dimensionamiento del tanque aireador
Tabla 60	Resultado del dimensionamiento del tanque floculador
Tabla 61	Resultado del dimensionamiento de las paletas de agitación

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Disposición de rejillas de limpieza manual
Gráfico 2	Tanque de sedimentación primario circular
Gráfico 3	Relación de número de animales faenados semanalmente
Gráfico 4	Variación horaria del caudal del día Lunes
Gráfico 5	Variación horaria del caudal del día Martes
Gráfico 6	Variación horaria del caudal del día Miércoles
Gráfico 7	Variación horaria del caudal del día Jueves
Gráfico 8	Variación horaria del caudal del día Viernes
Gráfico 9	Variación horaria del caudal del día Sábado
Gráfico 10	Variación horaria del caudal del día Domingo
Gráfico 11	Resultados de la medición de caudal
Gráfico 12	Disminución del color en el agua residual
Gráfico 13	Disminución de la turbiedad
Gráfico 14	Disminución de la DQO
Gráfico 15	Disminución de la DBO
Gráfico 16	Disminución de los Sólidos Totales
Gráfico 17	Disminución de los Sólidos Sedimentables
Gráfico 18	Disminución de los Sólidos Suspendidos

Gráfico 19	Disminución de los coliformes fecales
Gráfico 20	Disminución de los coliformes totales
Gráfico 21	Resultados de la prueba de Sedimentación
Gráfico 22	Dimensionamiento del canal de recolección
Gráfico 23	Dimensionamiento de las rejillas
Gráfico 24	Dimensionamiento del sedimentador primario
Gráfico 25	Dimensionamiento del tanque de aireación
Gráfico 26	Dimensionamiento del tanque floculador

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Plano de rejillas y canal de recolección
ANEXO B	Plano del tanque sedimentador primario
ANEXO C	Plano del tanque de aireación
ANEXO D	Plano del tanque floculador
ANEXO E	Plano del sistema de tratamiento
ANEXO F	Costo del sistema de tratamiento planteado 1
ANEXO G	Costo del sistema de tratamiento planteado 2
ANEXO H	Costo del sistema de tratamiento planteado 3
ANEXO I	Costo del sistema de tratamiento planteado 4
ANEXO J	Proceso de faenamiento
ANEXO K	Muestreo
ANEXO L	Pruebas de tratabilidad
ANEXO M	Tratabilidad del agua residual
ANEXO N	Resultado del análisis Físico Químico del agua residual 1
ANEXO O	Resultado del análisis Físico Químico del agua residual 2
ANEXO P	Resultado del análisis Físico Químico del agua residual 3
ANEXO Q	Resultado del análisis microbiológico del agua residual 1

ANEXO R	Resultado del análisis microbiológico del agua residual 2
ANEXO S	Resultado del análisis Físico Químico del agua tratada 1
ANEXO T	Resultado del análisis Físico Químico del agua tratada 2
ANEXO U	Resultado del análisis Microbiológico del agua tratada

RESUMEN

En la presente investigación se diseñó de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Camal Municipal del Cantón Alausí.

Mediante el método deductivo, el estudio empezó por el reconocimiento del lugar de recolección y descarga del agua residual, luego se realizó la determinación del caudal del efluente mediante el método volumétrico manual con la utilización de un balde graduado, una cuerda y un cronómetro, de donde se obtuvo muestras representativas y datos para la realización del diseño de la planta.

Al caracterizar el agua residual se obtuvo los resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos teniendo así: DBO₅ 2885 mg/L, DQO 4590 mg/L, sólidos totales 9213,33 mg/L, sólidos suspendidos 514 mg /L, turbiedad 406,33 UNT, coliformes totales 12654000 UFC/100 ml, coliformes fecales 92012000 UFC/100 ml, los parámetros mencionados se encuentran fuera de los límites permisibles de las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental. Teniendo después del tratamiento valores los siguientes valores: DBO₅ 204 mg/L, DQO 314 mg/L, sólidos totales 1164 mg/L, sólidos suspendidos 24 mg /L, turbiedad 3,45 UNT, coliformes totales 70400 UFC/100 ml, coliformes fecales 4840 UFC/100 ml con valores menores a los de la norma de Texto Unificado de Legislación Ambiental.

Se concluye que los parámetros analizados permitieron determinar los componentes del sistema de tratamiento el cual está formado de: rejillas, un tanque circular sedimentador primario, un tanque de aireación y finalmente un tanque de floculación, para que el efluente cumpla con los límites establecidos por la norma del Texto unificado de Legislación Ambiental.

Recomiendo al Ilustre Municipio del Cantón Alausí, implementar la planta de tratamiento para el manejo y control de la contaminación de los efluentes líquidos descargados al alcantarillado público por el camal.

SUMMARY

In the present investigation a wastewater treatment system was designed for the Municipal Slaughterhouse in Alausí.

By deductive method, the study began with a reconnaissance of the place of collection and wastewater discharge, then the effluent flow determination was performed by manual volumetric method using a graduated bucket, a rope and stopwatch, from which representative samples and data were obtained to carry out the design of the plant.

By characterizing the wastewater from physical chemical and microbiological analysis these results were obtained: BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand in five days) 2885 mg/L; COD (Chemical Oxygen Demand) 4590 mg/L; total solids 9213,33 mg/L; suspended solids 514 mg/L; turbidity 406,33 mg/L (Nefelometric Turbidity Unit) ; 12654000 CFU (Colony forming unit)/ 100 ml total coliforms; fecal coliforms CFU (Colony forming unit)/ 100 ml 92012000, these parameters are outside the permissible limits of the standards of the Unified Text of Environmental Legislation. The following values were obtain after the treatment: : BOD₅ 204 mg/L; COD 314 mg/L; total solids 1164 mg/L; solids suspended 24 mg/L; turbidity 3,45 NTU; 70400 CFU/100 ml total coliforms; fecal coliforms 4840 CFU/100 ml; lower than in the standard Unified Text of Environmental Legislation Values.

It is concluded that the analyzed parameters allowed determining the components of the processing system which is made of: grids, circular tank primary settling, an aeration tank and finally a flocculation tank in which the effluent carries out the limits established by the standard of the Unified Text of Environmental Legislation Values.

It is recommended to Illustrious Municipality in Alausí, to implement a treatment plant for the management and control of pollution from liquid effluent discharged to the public sewer by the slaughterhouse.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la calidad del agua de los sistemas naturales se ve afectada por varios factores y actividades humanas, entre ellas la descarga de aguas residuales constituyendo un problema ambiental, entre uno de estos la contaminación de los recursos hídricos, que a diario se muestran más evidencias de la degradación de los mismos.

El faenamiento de animales es una actividad que presenta significativos problemas ambientales, ya que los mataderos utilizan grandes volúmenes de agua que se transforman en vertidos líquidos con una alta carga contaminante, originada principalmente por la degradación de la materia orgánica.

En el cantón Alausí, existe un solo camal municipal en el cual ofrece el servicio de recepción de animales de corral en reposo, custodia de animales hasta su matanza, y el faenamiento de tres clases de animales: bovinos, porcinos y porcinos, esta actividad se la realiza diariamente según la demanda necesaria en el cantón.

Siendo el agua uno de los recursos más utilizados para el desarrollo de diversas actividades humanas como en procesos industriales, el Camal Municipal del cantón Alausí no cuenta con un sistema de tratamiento para sus efluentes, por lo que sus vertidos líquidos son descargados de manera directa al alcantarillado para luego desembocar en el cauce del río Alausí, alterando el equilibrio del ecosistema.

En el presente trabajo se propone observar y determinar la problemática que se va a tratar, de esta forma este tipo de industria tendrá una alternativa para el tratamiento de sus efluentes.

ANTECEDENTES

En muchos países, las empresas que conforman la industria cárnica y, en especial los camales o mataderos, se han clasificado dentro del grupo de las organizaciones que presentan una alternativa valiosa de recursos proteínicos para la alimentación animal, como también la generación de aguas residuales con alta contaminación físico- químico y microbiológico.

En la actualidad a nivel mundial se buscan soluciones para controlar la contaminación de dichas aguas y hacer que éstas no lleguen a niveles muy bajos, poco aceptables para el hombre, por ello se buscan soluciones, el cual es el Diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales para el Camal Municipal del Cantón Alausí, el mismo que presta sus servicios a la comunidad por aproximadamente 30 años.

Pese a que existe una ley de prevención de contaminación desde 1976, un acuerdo para el control de la contaminación hídrica en 1989 y una ley de Gestión Ambiental, la Secretaria Nacional del Agua admite que no hay todavía un equipo técnico permanente que monitoree el cumplimiento de las normativas para el tratamiento de las aguas residuales.

El 95% de aguas residuales son devueltas a los ríos y no recibe tratamiento, por sus características son altamente contaminantes y puede convertirse en una fuente de enfermedades.

En las etapas de faenamiento, el consumo de agua es significativamente elevado por cuanto el producto se lava en diversas etapas de cada una de las líneas, así como también se emplean en el lavado de las vísceras, limpieza de los equipos, instalaciones y utensilios después de finalizado el faenamiento y aseo de los operadores.

Por lo cual existen estudios realizados que están relacionados con el proyecto debido a la urgencia de tratar las aguas residuales, se tiene que en el año 2012 la Srta.

JeanethValencia realizó un Diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales para el área de bovinos del Camal Frigorífico Municipal Riobamba, el cual abarca la problemática de vertidos de efluentes.

Debido al grado de contaminación que va a los efluentes se ve necesario realizar este proyecto, en el cual no se han realizado estudios previos del mismo, siendo el primer estudio que se realizará en el Camal Municipal del cantón Alausí.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la actividad humana ha provocado daños en el medio ambiente y en la sociedad, que en algunos casos son irreparables debido a lo cual se promueve un estudio minucioso de las aguas residuales del Camal Municipal y sus posibles soluciones para que la ciudadanía y el entorno no se vean afectados por este problema. El fin es poder contar, en el futuro, con recursos naturales que garanticen una mejor calidad de vida para las sociedades futuras.

Mediante este estudio se busca determinar soluciones factibles que puedan recuperar las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua residual para ser vertidas en su cauce natural sin afectar el medio ambiente cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa del Ministerio del Ambiente vigente.

La investigación constituye un avance importante dentro de la problemática de contaminación del río Alausí, aplicando un sistema de tratamiento de aguas residuales que garanticen la calidad del agua una vez tratada.

Así mismo, garantizando la disminución del impacto ambiental generado por la alta demanda de consumo de esta actividad (faenamiento de animales) y todos los componentes orgánicos e inorgánicos que esta posee después de su debida utilización y tomando en cuenta que el agua hoy en día está considerada un suministro no renovable, mejorando las condiciones de vida de la población que habita en el cantón.

Por dichas actividades se puede decir que aproximadamente se descarga agua residual, que es enviada directamente sin ningún tipo de tratamiento al alcantarillado municipal y posteriormente al río Alausí.

Esta agua contiene materia orgánica cuya descomposición genera gases mal olientes al ser descargadas a la red de alcantarillado municipal, cabe añadir la frecuente presencia de microorganismos patógenos causantes de enfermedades, además suelen contener nutrientes que estimulan el crecimiento de plantas acuáticas y compuestos tóxicos cuya contaminación no solo disminuye el oxígeno sino también provoca la eutrofización, o

sea, el enriquecimiento de las aguas de nutrientes vegetales inorgánicos como el nitrógeno y el fósforo.

Es por eso que se propone un “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTON ALAUSI”, para obtener un medio ambiente sano y mejorar la calidad de vida para la población que habita en el cantón.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar un sistema de Tratamiento de aguas residuales para el Camal Municipal del Cantón Alausí.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar físico-química y microbiológicamente el agua residual obtenida del proceso
- Determinar las variables que se utilizan en el tratamiento.
- Dimensionar los diferentes equipos que forman parte del sistema de tratamiento.
- Caracterizar físico-química y microbiológicamente el agua después del tratamiento.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1. PROCESO DE FAENAMIENTO

En los camales los animales son sacrificados para separar las partes comestibles que pueden ser procesadas según la forma en que se vaya a consumir.

Las etapas de faenamiento dependen de la tecnología que cuenta la instalación, de la especie de animal que se va a faenar y de las demandas exigidas por el consumidor.

En el Camal Municipal del Cantón Alausí se caracterizan las siguientes líneas de faenamiento.

1.1.1. Faenamiento de Ganado Bovino

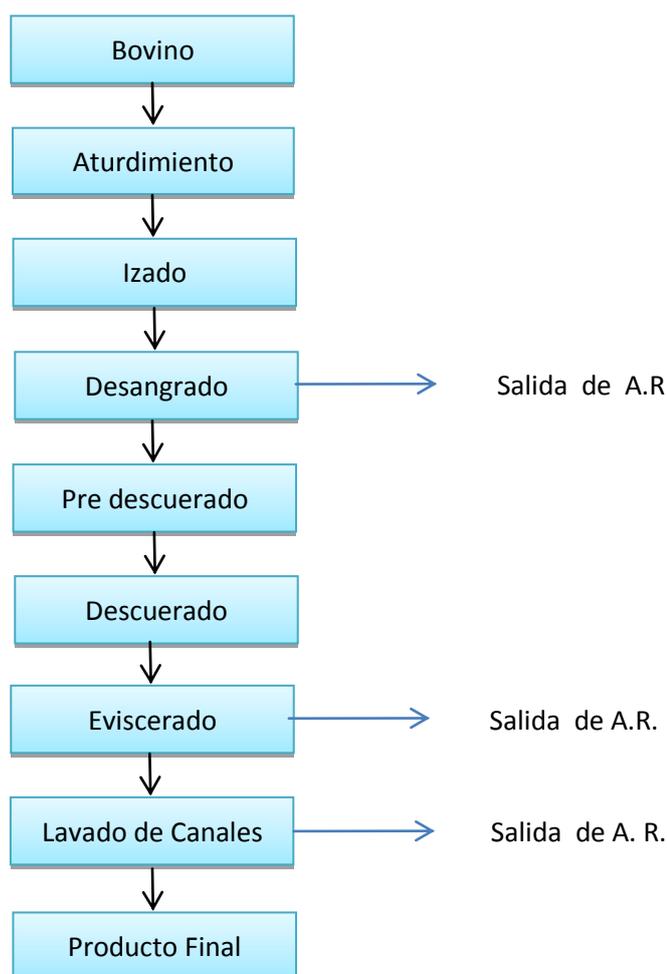


Figura N° 1 Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de bovinos

1.1.2. Faenamiento de Porcinos

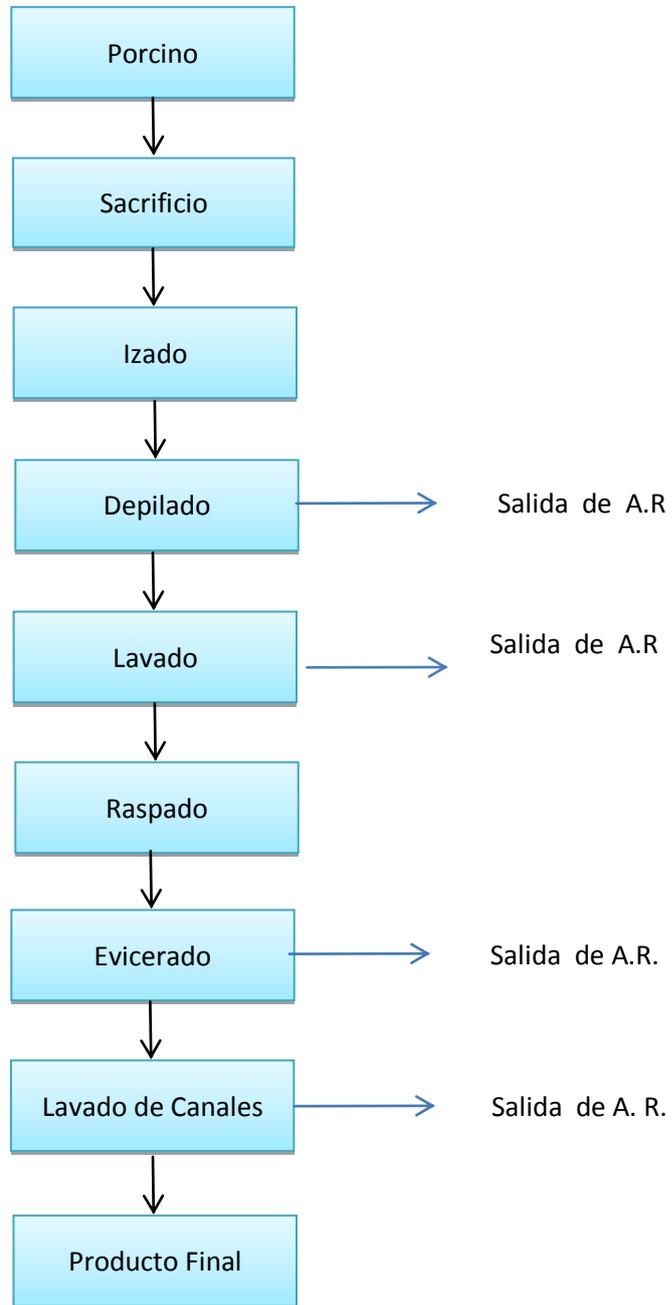


Figura N° 2. Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de porcinos

1.1.3. Flameado de Porcinos

Los porcinos para este fin, en la mayoría siguen la misma secuencia que la línea de faenamiento porcino, con la diferencia que en lugar del raspado se aplica el proceso de flameado para la eliminación de las cerdas, una vez terminada esta fase se continua con el procedimiento de sacrificio porcino.

1.1.4. Faenamiento Ovino

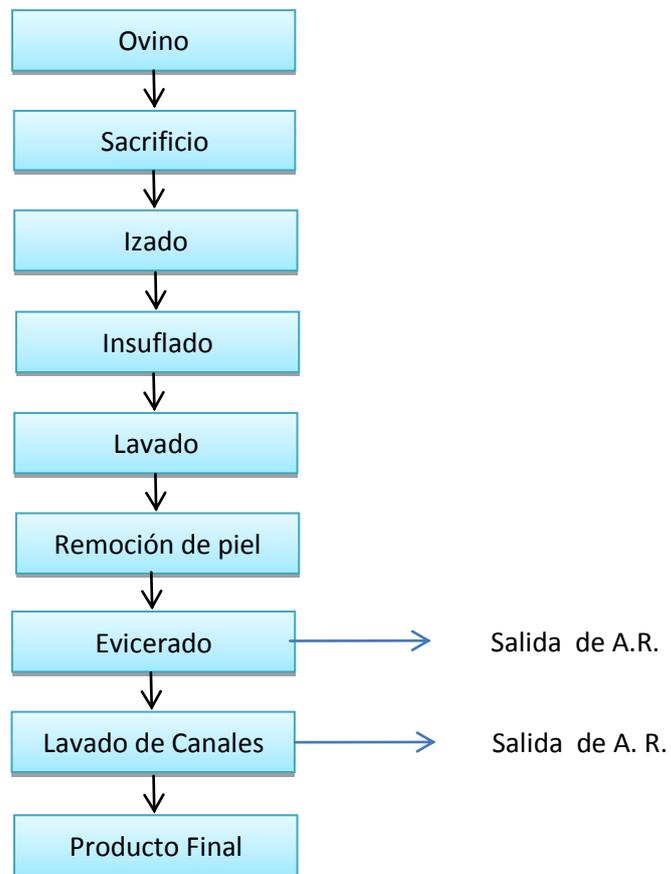


Figura N° 3. Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de ovinos

1.2. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS

Los residuos generados en un matadero son de diferente naturaleza, sólidos, líquidos y gaseosos ocasionando graves problemas de contaminación al no dar un adecuado manejo de los mismos.

1.2.1. Fuentes y Caracterización de los Residuos Líquidos

La mayor cantidad de componentes en los efluentes depende del tipo de planta y las formas de recuperación que presenten las mismas, dependen en forma general del proceso de producción, la separación, la descarga en cada etapa o secciones, de las formas de recolección de residuos de las fuentes emisoras de contaminantes.

Los efluentes líquidos, generalmente tienen temperaturas un poco elevadas y contienen elementos patógenos, además de altas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno, además contienen sangre que es la materia causante de mayor contaminación, estiércol, pelos, grasas, huesos, proteínas y otros contaminantes. Estos residuos líquidos son producto de corrales, área de sangría, remoción de cueros, pelos y otras partes no comestibles, procesamiento de vísceras, intestinos y operaciones de limpieza.

Un efecto de la disposición de residuos en los cuerpos de agua es que proporcionan el aumento de la demanda de oxígeno, facilitando a la eutrofización inclusive llegar a crearse condiciones anaeróbicas.

1.2.2. Fuentes y Caracterización de los Residuos Sólidos

La generación de residuos sólidos proviene principalmente de los corrales, del proceso de descuerado y corte, y de la evisceración. En el descuerado, se genera pezuñas, huesos y cueros, mientras que en la evisceración se genera el rumen o el contenido de los estómagos del ganado vacuno. El rumen se caracteriza por contener lignocelulosa, mucosas y fermentos digestivos, además de presentar un elevado contenido de microorganismos patógenos.

Es importante señalar que de un 20 a un 50 % del peso de cada res no es apto para el consumo humano, descomponiéndose estos restos de matanza con mucha rapidez.

Una fuente esporádica de generación de residuos sólidos son los animales no aptos para el consumo humano y que son rechazados por la inspección siendo necesaria su cocción y disposición final en el relleno sanitario.

1.2.3. Fuentes y Caracterización de los Residuos Gaseosos

Las emisiones al aire no constituyen una preocupación ambiental en los mataderos, sin embargo, no puede obviarse que en muchos casos hay generación de olores molestos, provenientes de la descomposición del residuo sólido, animales que son altamente putrefactos y de los corrales.

1.3. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Los problemas que limitan el desarrollo adecuado del sector, radican principalmente en las condiciones de infraestructura física a nivel de procesamientos y operaciones. Con respecto a la situación ambiental de sector se deben buscar alternativas de solución, la misma que agrupa una serie de procedimientos o técnicas para el manejo y minimización de los residuos generados en el proceso de faenamiento.

La minimización de los distintos residuos tiene una serie de ventajas para la industria, así se puede contar con la reducción de costos de tratamiento y disposición de los desechos in situ o fuera de la planta, otra de las ventajas es la reducción de costos de producción a través del manejo de materiales y mejoramiento de la eficiencia del proceso.

1.3.1. Alternativas de Minimización de Contaminantes

Las formas de minimizar la contaminación a nivel de industria se puede agrupar en tres grandes grupos:

- ✓ Reducción de contaminación en el origen
- ✓ Reciclaje de residuos en el origen
- ✓ Minimización al final del proceso (end of pipe)

1.3.1.1. Reducción de contaminantes en el origen

Para lograr esta meta involucra realizar cambios en los productos y cambios en el proceso, esto es, sustitución de insumos, cambios tecnológicos y la implementación de buenas prácticas de gestión en la operación.

La materia prima e insumos no presentan problemas su principal inconveniente es su corta vida útil si no se maneja de forma apropiada.

El cambio tecnológico es la opción más elevada en costos, ya que no todas las industrias están dispuestas a cambiar de maquinarias. Pero si es factible implementar una buena disposición de los residuos líquidos y sólidos de manera q se evite eliminar al sistema de alcantarillado en forma directa.

De esta manera se logra reducir la carga del efluente, manteniendo todos los residuos líquidos concentrados tales como sangre, grasas, líquidos intestinales, biliares, contenidos gástricos, consiguiendo minimizar la carga de los residuos líquidos.

1.3.1.2. Reciclaje de residuos en el origen

Esta técnica en la industria de faenamiento no es tan aplicable, por cuanto no existen productos que se puedan emplear mediante un sistema de reciclaje.

Pero es factible hablar de aprovechamiento de residuos para distintos fines, como por ejemplo, el uso de la sangre para la elaboración de harina de sangre.

1.3.1.3. Minimización al final del Proceso

Esta tecnología de minimización de los contaminantes es la última alternativa a aplicar una vez que se ha cumplido los pasos anteriores, esto involucra el tratamiento de los efluentes mediante la instalación de plantas de tratamiento de efluentes antes de ser descargado al sistema de alcantarillado.

La planta dependiendo de la industria puede involucrar, tratamiento físico químico, tratamiento primario y tratamiento secundario.

1.4. AGUA RESIDUAL

1.4.1. Definición

Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. Al incorporar materias extrañas o formas de energía en el agua, induce a que esta, de modo directo o indirecto, implique una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

El uso del agua por parte de las industrias, junto al consumo agrícola es causante de la problemática para la humanidad, esto se debe a que generalmente al alto consumo industrial en los últimos años. En los usos industriales se debe destacar el problema de la contaminación, la calidad de las aguas que reciben vertidos procedentes de industrias es un gran problema, puesto que se trata de aguas con alta dosis de contaminación que necesitan un tratamiento adecuado y específico.

Cualquiera que sea la industria se utiliza el agua para los siguientes fines:

- a) Como materia prima de los procesos
- b) Como forma de transporte
- c) Como elemento de transferencia de calor o frío
- d) Como contenedor de vertidos industriales que es el más común.

El consumo de agua en los mataderos se calcula de acuerdo al número y clase de animal.

1.4.2. Principales indicadores para el control de la calidad del agua residual

✓ Color:

La coloración del agua puede ser debida a materias orgánicas e inorgánicas disueltas en disolución coloidal o el agua tiene importancia desde el punto de vista higiénico ya que es un indicativo de donde procede.

✓ **Turbiedad:**

Es una medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua , es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las naturales.

✓ **Olor:**

Está asociada con el material orgánico en descomposición.

✓ **Conductividad:**

Es la habilidad de una solución de agua de conducir la electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Estos iones provienen principalmente de ácidos y sales de la solución de fuente.

✓ **pH:**

Es la concentración de iones o cationes de hidrogeno (H+) presentes en determinada sustancia.

✓ **Sólidos sedimentables:**

Están formados por partículas más densas que el agua cuyos tamaños corresponden a 10 micras o más que se mantienen dispersas dentro de ella en virtud de la fuerza de arrastre causada por el movimiento o turbulencia de la corriente. Sedimentan rápidamente por acción de la gravedad, cuando la masa de agua se mantiene en reposo.

✓ **Sólidos totales:**

Es la suma de todos los sólidos disueltos y en suspensión que se encuentran en el agua residual líquida.

✓ **Sólidos totales disueltos:**

Los sólidos disueltos están compuestos por moléculas que se encuentran en disolución en el agua.

✓ **Sólidos suspendidos fijos:**

Formado por partículas que se mantienen dispersas en el agua en virtud de su naturaleza coloidal. No sedimentan por gravedad poseen carga eléctrica semejante propiedad que la mantienen en suspensión.

✓ **Temperatura:**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, es menor que la temperatura del aire en verano y mayor en invierno. Es un parámetro importante por su influencia en el desarrollo de la vida acuática, en las reacciones químicas y su velocidad de reacción. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría.

El aumento de temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica, aumenta el consumo de oxígeno para la oxidación y disminuye la solubilidad del oxígeno y otros gases.

✓ **Demanda Bioquímica de Oxígeno:**

Es la cantidad de oxígeno necesaria para que un determinado microorganismo pueda oxidar la materia orgánica del agua. Los datos de DBO se utilizan en ingeniería para el diseño de sistemas de tratamientos de aguas residuales.

✓ **Demanda Química de Oxígeno:**

La cantidad de oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes que contiene el agua residual líquida o como la cantidad de oxígeno para oxidar en medio ácido todas las formas reductoras cuyos potenciales de electrodo así lo permitan.

El incremento de la DBO y DQO inciden en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua.

✓ **Coliformes totales:**

Son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, suelo y animales, incluyendo los humanos. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

✓ **Coliformes fecales:**

Parte del grupo de coliformes asociado a la flora intestinal de los animales de sangre caliente. Es usado como indicador de la presencia potencial de organismos patógenos.

1.4.3. Efectos de polución por las aguas residuales

Toda agua residual afecta en alguna manera la calidad del agua de la fuente o cuerpo receptor. Sin embargo, se dice que un agua residual causa polución solamente cuando se introduce condiciones o características que hacen el agua de la fuente o cuerpo receptor inaceptable para el uso propuesto de la misma. En la tabla 1 se presentan, en forma muy breve y generalizada, los efectos más importantes agentes de polución de las aguas residuales.

Tabla N° 1. Efectos indeseables de las aguas residuales

CONTAMINANTE	EFECTO
Materia orgánica biodegradable	Desoxigenación del agua, olores indeseables.
Materia suspendida	Deposición en los lechos de los ríos, si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases; transforma la cadena alimenticia
Microorganismos patógenos	Los ARD pueden transformar organismos patógenos.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color, olor.	El incremento de temperatura afecta a la vida acuática, el color, olor y turbiedad

	hacen estéticamente inaceptable el agua para uso público.
Sustancias o factores que transforman el equilibrio biológico	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etc.
Constituyentes minerales	Limitan los usos industriales sin tratamiento inicial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para la vida acuática o la vegetación, constituyen la eutrofización del agua.

Fuente: ROMERO J., Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño.

En la tabla 2 se resume los contaminantes más importantes en aguas residuales y el impacto ambiental que producen las mismas.

Tabla N°2 Eficiencia de importancia en aguas residuales

CONTAMINANTE	PARÁMETRO TÍPICO DE MEDIDA	IMPACTO AMBIENTAL
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables
Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
Amoníaco	NH_4^+ - N	Desoxigena el agua, es tóxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas
Fósforo	Ortofosfatos	Puede estimular el crecimiento de algas

Materiales tóxicos	Como cada material tóxico específico	Peligroso para la vida vegetal y animal.
Sales inorgánicas	STD	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
Energía térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua, acelera el crecimiento de organismos acuáticos.
Iones hidrógeno	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos

Fuente: ROMERO J., Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño.

1.4.4. Agua residual procedente de camales

Las aguas residuales de mataderos poseen una elevada concentración de material orgánico tanto disuelto como en suspensión, está constituida de por proteínas y su producto de descomposición, como ácidos orgánicos volátiles, aminas y compuestos orgánicos nitrogenados. También tienen una concentración importante de grasas así como una composición variable de compuestos lignocelulósicos.

1.4.4.1. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento para efluentes de mataderos, requiere ser diseñada para remover los niveles de contaminantes de parámetros como: DBO₅, DQO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales, color, microorganismos patógenos, entre otros.

Lo más recomendado es diseñar un sistema de tratamiento que considere un pretratamiento (rejas o trampa de grasas) un tratamiento primario (físico o físico químico) y un tratamiento biológico. Sin embargo, la solución que cada planta adopte, podrá sufrir variaciones en función de las cargas contaminantes, concentraciones, etc.

A continuación, se describe brevemente los procesos de tratamiento que pueden utilizarse en la industria cárnica:

a. Pre tratamiento

Es la primera operación que se someten los residuos líquidos. Consiste en retener los sólidos y grasas que arrastra el agua y que podrían, por su tamaño y características, entorpecer el normal funcionamiento de la planta de tratamiento.

- **Rejas:** Dispositivo con aberturas de tamaño uniforme, donde quedan retenidas las partículas gruesas del efluente. El paso libre entre barras es de 50 a 100 mm para sólidos gruesos y de 12 a 20 mm para sólidos finos. Los parámetros de diseños son: tipo de residuo a tratar, flujo de descarga, paso libre entre barras, volumen de sólidos retenidos y pérdida de carga. En cuanto a la elección del sistema de limpieza de las rejas, ésta debe efectuarse en función de la importancia de la planta de tratamiento, de la naturaleza del vertido a tratar, y por supuesto, de las disponibilidades económicas.
- **Trampas de grasas:** Consiste en un estanque rectangular, en el cual la sustancia grasa es empujada hacia la superficie y atrapada por el baffle.

b. Tratamiento Primario

Consiste en la remoción de una cantidad importante de sólidos suspendidos, contenidos en el agua residual, mediante procesos físicos o físico químicos.

- **Sedimentación:** Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios. Los tanques son suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado.
- **Estanque homogenizador:** Requiere de un estanque con aireador, que tenga una capacidad aproximada del 60 % del flujo diario, donde caudales punta, pH y temperaturas son homogenizados, resultando un efluente de características uniformes.

- **Flotación:** Se utiliza para remover sólidos suspendidos y grasas remanentes; tiene mayor eficiencia que las rejillas y las trampas. La eficiencia se puede aumentar agregando floculantes químicos (aluminio, sales de hierro, etc.) El lodo de la flotación tiene un alto contenido de proteínas y grasas y puede ser usado para alimento de animales, después de pasteurizarlo o ser procesada en una planta recuperadora.
- **Tecnologías de membranas:** Se utilizan no solamente para eliminar parte de la materia orgánica de los efluentes generados en los mataderos sino que también permite la recuperación de sustancias re aprovechables actualmente desechadas y la reutilización del agua. Sin embargo, es una tecnología demasiado costosa como método de tratamiento de efluentes y solo y sólo será un procedimiento competitivo o complementario a los sistemas de tratamientos convencionales, cuando el terreno sea escaso y costoso, existan sustancias orgánicas valiosas recuperables en las corrientes o se precise reticular el agua en el proceso. Dependiendo del tamaño de partícula a filtrar, se puede utilizar la técnica de ósmosis inversa, ultrafiltración, micro filtración y filtración.

c. Tratamiento Secundario

El propósito de un tratamiento biológico es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en los residuos líquidos. Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos, remanentes y de los sólidos orgánicos disueltos, medida como una reducción en la DBO_5 del efluente.

Para escoger un sistema de tratamiento secundario, dependerá de un gran número de factores, entre los que podemos mencionar: requerimientos de efluente (estándares de descarga), sistema de pre tratamiento escogido, la disponibilidad del terreno, regulaciones ambientales locales y factibilidad económica de una planta de proceso.

- **Tratamiento anaeróbico:** Los efluentes provenientes de la industria de la carne pueden ser tratados en lagunas o reactores cerrados. Este tipo de tratamiento requiere poco espacio, tiene un bajo costo de operación y genera biogás, que puede ser reutilizado en el proceso productivo o comercializado.

- **Tratamiento aeróbico:** Todos los métodos de tratamiento aeróbico existentes pueden ser aplicados a los efluentes de la industria cárnica: lodos activados, lagunas aireadas, filtros de goteo.

La aplicación de un tratamiento secundario debe tomar en cuenta la generación de olores. Dado su alto contenido de compuestos orgánicos y nitrógeno, el tratamiento de lodos activados de baja carga es lo más recomendado. Este sistema, aplicado en zanjas aireadas, permite la biodegradación del material orgánico en combinación con la nitrificación y posterior desnitrificación. Se puede prevenir la emisión de olores instalando la entrada del líquido o en base del estanque de aireación.

d. Tratamiento Terciario

- **Filtración:** La filtración de arena remueve gran parte de residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.
- **Lagunaje:** El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago de forma natural.
- **Tierras húmedas construidas:** Las tierras húmedas construidas incluyen camas de caña que proporciona un alto grado de mejora biológica aerobia y pueden ser utilizados a menudo en lugar del tratamiento secundario para las comunidades pequeñas, también para la fitoremediación.
- **Desinfección:** El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada, del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante y de otras variables ambientales.

En la tabla 3 se muestran valores de eficiencia de remoción según el sistema de tratamiento escogido.

**Tabla N°3 Eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de efluentes
provenientes de la industria procesadora de carne.**

Sistema de Tratamiento	Denominación Común	DBO ₅ %	DQO %	TKN %	SST %	Aceites y Grasas %
Mecánico	Filtración	5- 15	5- 15	-----	25-40	5-10
Mecánico + Físico	Flotación de Aceites	30 - 45	30 - 45	5- 15	80-85	>90
Mecánico + Físico químico ⁵	Floculación/ Flotación	70 – 80	70- 80	50- 60	90-95	>95
Mecánico + Físico+ Bio.	Biológico ⁶	95 – 99	>90	85- 97	>95	>95
Mecánico+ Físico químico +bio.	Biológico	95 - 99	>90	85- 97	>95	>95

Fuente: ETXEBARRIA JAVIER., Tratamiento de vertidos de mataderos

e. MUESTREO

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio.

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio en este caso el agua residual para la cual se analizaran los parámetros de interés.

Para lograr el objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis.

Hay dos tipos de muestras que se puede tomar:

✓ **Muestra Simple:** nos da las características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada, se usa generalmente cuando:

1. El caudal de agua residual y su composición es relativamente constante;
2. El flujo de agua residual es intermitente, y
3. Las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH y temperatura).

El volumen mínimo de una muestra simple debe estar entre 1 y 2 litros.

✓ **Muestra compuesta:** son originadas por una mezcla de muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada muestra individual que se añade a la mezcla compuesta debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento en que la muestra fue tomada.

1.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

1.5.1. Caudal

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El conocimiento del volumen del efluente por unidad de tiempo es un dato fundamental para diseñar y proyectar un sistema de tratamiento.

Puede calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{Ec.1})$$

Dónde:

Q= caudal (m³/ s)

V = volumen (m³)

t= tiempo (s)

Esta fórmula permite saber la cantidad de líquido que pasa por un conducto en cierto intervalo de tiempo.

1.5.1.1. Consideraciones de diseño

Para el dimensionamiento de una planta de tratamiento se necesita conocer la cantidad de agua por animal que se utiliza.

a. Consumo de agua

Para calcular la cantidad de agua residual generada en el camal municipal del cantón Alausí se tiene que multiplicar la cantidad de agua consumida por cada ejemplar y la cantidad de animales faenados así se tiene:

$$Q_b = \frac{L}{\text{bovino}} \times N^\circ \text{ bovinos} \quad (\text{Ec.2})$$

$$Q_p = \frac{L}{\text{porcino}} \times N^\circ \text{ bovinos} (\text{Ec.3})$$

$$Q_o = \frac{L}{\text{ovino}} \times N^\circ \text{ ovinos} (\text{Ec. 4})$$

$$Q = Q_b + Q_p + Q_o (\text{Ec. 5})$$

Dónde:

Q_b =caudal por bovino (m^3/d)

Q_p =caudal por porcino (m^3/d)

Q_o =caudal por ovino (m^3/d)

Q =caudal total (m^3/d)

b. Índice de consumo de carne

Para determinar el consumo de carne en una población lo podemos realizar de la siguiente manera:

$$ICCB = N^\circ \text{ de bovinos faenados} \times \text{peso promedio} \quad (\text{Ec.6})$$

$$ICCP = N^{\circ} \text{ de porcinos faenados} \times \text{peso promedio (Ec.7)}$$

$$ICCO = N^{\circ} \text{ de ovinos faenados} \times \text{peso promedio (Ec. 8)}$$

$$ICC = ICCB + ICCP + ICCO \text{ (Ec. 9)}$$

Dónde:

ICCB = índice de consumo de carne bovinos

ICCP = índice de consumo de carne porcinos

ICCO = índice de consumo de carne ovinos

ICC = índice de consumo de carne

El consumo por habitante se determina mediante la siguiente expresión:

$$ICC = \frac{\text{consumo de carne}}{\text{población actual}} \text{ (Ec.10)}$$

Dónde:

ICC = índice de consumo de carne (lb)

c. Cálculo de la población proyectada

Para calcular la población futura se ha escogido el método para crecimiento geométrico. Este método se lo ha escogido debido a que este se lo usa cuando el aumento de población es proporcional al tamaño de la misma, así tenemos:

$$P_f = P_a(1 + rn) \text{ (Ec.11)}$$

Dónde:

P_f = población proyectada

P_a = población actual

r = tasa de crecimiento anual

n = periodo de tiempo (año futuro - año actual)

d. Demanda proyectada

El consumo proyectado se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$DP = P f \times ICC \quad (\text{Ec.12})$$

Dónde:

P f= población proyectada a 20 años

DP= demanda proyectada

e. Caudal proyectado

El caudal futuro de agua que se consumirá se puede establecer mediante el uso de la siguiente expresión:

$$Q \text{ proyectado} = DP \times CAA(\text{Ec.13})$$

Dónde:

Q proyectado = caudal proyectado (L/s)

CAA = consumo de agua por cada animal (L/ animal)

1.5.2. Canal

Previo al dimensionamiento de la rejilla se requiere diseñar el canal por el cual será conducida el agua residual hacia el proceso de tratamiento con el fin de conseguir que las velocidades estén acordes con las sugeridas más adelante para el diseño de rejillas.

1.5.2.1. Consideraciones de diseño

El canal de llegada es diseñado de modo que se obtengan las velocidades establecidas en la Norma para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales; para el caudal medio diario la velocidad debe ser mayor a 0.6m/s y para el caudal máximo o de diseño será menor a 2.5m/s.

Para el dimensionamiento se necesita definir los siguientes datos:

Tabla N° 4 Dimensiones de canal de llegada

Caudal medio diario	QMD	m ³ /s	0.01417
Caudal de diseño	Q diseño	m ³ /s	0.02578
Material del canal	-	-	Hormigón
Base del canal(asumida)	B	m	0.5
Altura del canal(asumida)	H	m	0.6
Pendiente del canal (asumida)	S	%	0.5

Fuente: RAS 2000 Título E, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales.

a. Sección del canal

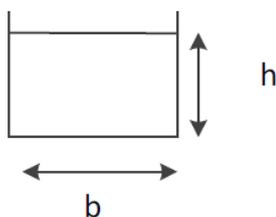


Figura N° 4. Sección del Canal

Fuente: ESPIN A, 2013

b. Área del canal

El área del canal se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = b \times h \quad (\text{Ec.14})$$

Dónde:

A = Área del canal (m²)

b = Base del canal (m)

h = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

c. Radio Hidráulico

$$R = \frac{b \times h}{b + 2h} \text{ (Ec.15)}$$

También es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento mediante la ecuación de Manning:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \text{ (Ec.16)}$$

Dónde:

v = velocidad (m/s)

n= coeficiente de Manning (0,013 para canales de hormigón)

R= radio hidráulico (m)

S= gradiente hidráulico (m/m) 0,0005

Tabla N° 5 Valores típicos de coeficientes de Rugosidad

Material	Coeficiente de Manning(n)	Coef. Hazen-Williams CH	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto simple	0.013	120	0.6
Cobre	0.011	135	0.36
Acero corrugado	0.022	135	0.0015
Acero galvanizado	0.016	---	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	120	0.0048
Plomo	0.011	148	0.045
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015

Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods

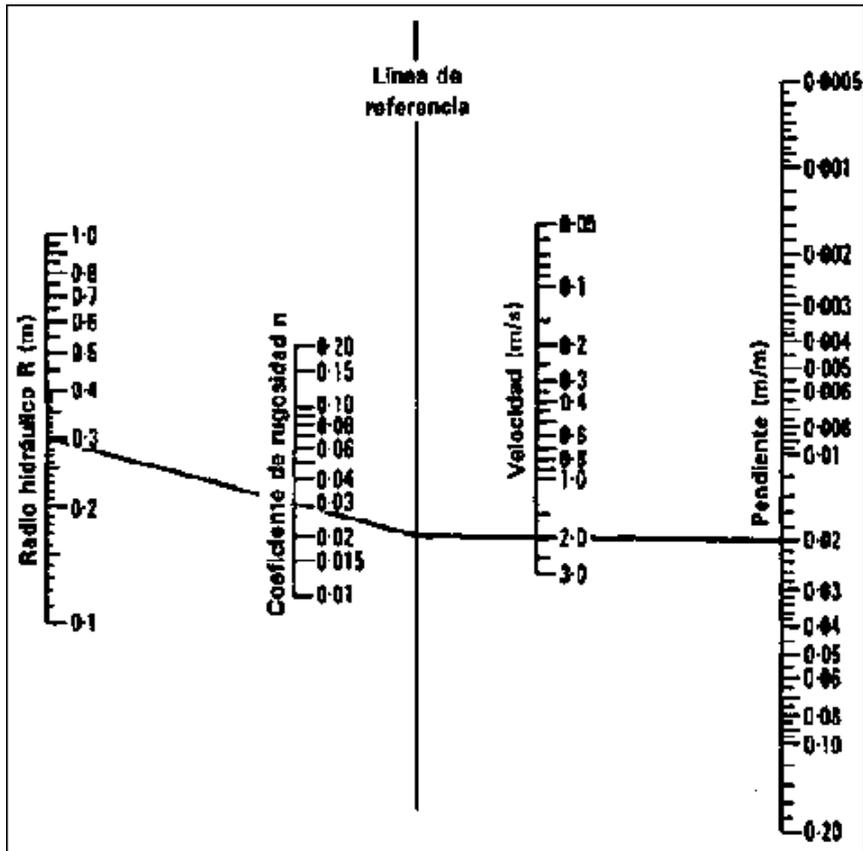


Figura N° 5. Ábaco de la Fórmula de Manning

Fuente: JUAN, M., Ingeniería de Ríos

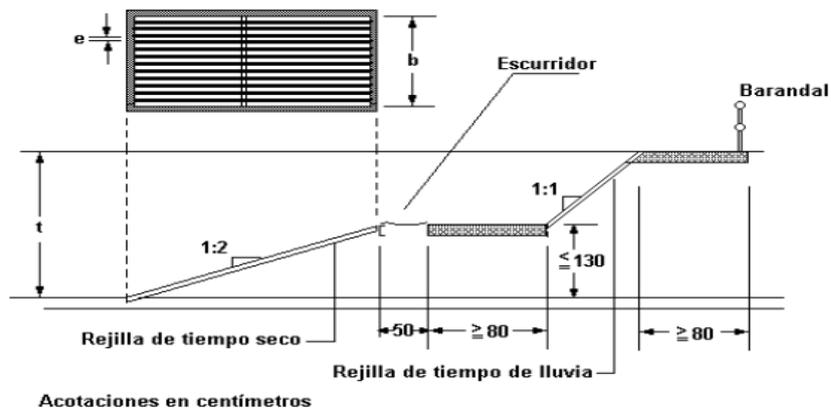
1.5.3. Rejillas

Las rejillas tienen aberturas (separación de barras) superiores a ½ pulg (12,5mm). En los procesos de tratamiento de agua residual, se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías, y otros elementos, contra posibles daños y obstrucciones ocasionados por objetos de gran tamaño como trapos y palos. De acuerdo con el método de limpieza las rejillas se clasifican como limpieza manual y mecánica.

Las rejillas de limpieza manual se usan con bastante frecuencia en plantas de tratamiento pequeñas, los sólidos son removidos por las rejillas se colocan sobre la bandeja perforada para su deshidratación. Las barras pueden ser rectangulares o cuadradas con uno o dos extremos redondeados.

Las normas EIOS establecen que este tipo de rejillas deben contar con un sistema de acondicionamiento del dispositivo de limpieza y un sistema para recolección y salida del material removido. El funcionamiento del dispositivo de limpieza debe ser intermitente y comandado por la pérdida de carga debido al material retenido en la rejilla.

Gráfico N°1 Disposición de rejillas de limpieza manual



Fuente: VALDEZ E., Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales.,

Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para caudales menores que $0.053 \text{ m}^3/\text{s}$, las plantas de tratamiento pequeñas poseen un canal donde su profundidad depende de las condiciones propias de cada proyecto

1.5.3.1. Consideraciones de diseño

Las rejas de limpieza manual se instalan con una inclinación de 30° a 60° con respecto al plano horizontal. Las barras de las rejas, comúnmente rectas, pueden tener una separación grande, de 5 a 10cm, o pequeña, de 1 a 4 cm. Si las partículas sólidas del agua residual son tamaño pequeño se debe disminuir la separación entre las barras de las rejillas.

Al acumularse el material retenido por las barras, se produce un aumento en el nivel del agua en el canal de llegada; las rejillas deben limpiarse cuando se llega al nivel máximo definido. La acumulación excesiva de material retenido es inconveniente porque

ocasiona que las partículas de menor tamaño que la separación entre barras no puedan pasar a través de ellas.

La información básica para el diseño convencional de rejillas se considera en la siguiente tabla.

Tabla N°6 Información usual para el diseño de rejillas.

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Valor recomendado	Valor escogido
Caudal de diseño	$Q_{\text{Diseño}}$	m^3/s	0,0266	-
Velocidad de aproximación*	V_a	m/s	0,3 – 0,6	0,45
Velocidad mínima*	V	m/s	0,3 – 0,6	0,6
Aceleración de la gravedad	G	m/s^2	9,8	-
Altura de seguridad	H_s	m	0,50	0,50
Espesor de la barra**	s	mm	5 - 15	10
Ancho de la barra	B	m	0,005- 0,015	0,005
Ancho del canal (propuesto)	L	m	0,5	-
Separación entre barras*	E	mm	15 - 50	20
Angulo de inclinación**	\emptyset	$^\circ$	44 - 60	45
Perdida máxima de carga admisible+	H_f	m	0,015	0,015

Fuente: *RAS 2000 Título E, **Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, + Metcalf& Eddy

a. Determinación del área de la barras

Para determinar la velocidad de entrada al área libre entre lasbarrasserá:

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}} \text{(Ec.17)}$$

Dónde:

A_L = velocidad del área de las barras (m^2)

Q = caudal (m^3/s)

V_{RL} = velocidad de aproximación. (m/s)

b. Área de la sección transversal del flujo

El área de la sección transversal se determina de la siguiente manera:

$$A_f = A_L \frac{(E+s)}{E} \quad \text{(Ec.18)}$$

Dónde:

A_f = área de la sección transversal (m^2)

E = separación entre barras (m)

s = espesor de la barra (m)

c. Longitud sumergida de la rejilla

Para determinar la longitud sumergida de la rejilla se necesita conocer el nivel máximo de agua para lo cual se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_{max} = \frac{Q}{V_{RL} \times B} \text{(Ec.19)}$$

Dónde:

d_{max} = nivel máximo (m)

B = ancho de la rejilla (m)

Para el cálculo de la longitud sumergida de la rejilla se toma en cuenta lo siguiente:

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen}\theta^o} \quad (\text{Ec.20})$$

Dónde:

L_s = longitud sumergida de la rejilla (m)

θ^o = grado de inclinación de las rejillas

d. Número de barras

Para determinar el número de barras se debe aplicar la siguiente expresión:

$$n = \frac{b}{E + s} \quad (\text{Ec. 21})$$

Dónde:

n = número de barras

b = ancho del canal (m)

E = separación entre barras (m)

s = espesor de las barras (m)

e. Cálculo de la pérdida de carga a través de las rejillas

Las pérdidas de carga a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla se pueden estimar mediante la ecuación de Metcalf y Eddy.

$$H_f = \frac{1}{0,7} \left(\frac{v - va^2}{2g} \right) \quad (\text{Ec.22})$$

Dónde:

H_f = pérdida de carga (m)

0,7 = coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos.

v = velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja (m/s)

v_a = velocidad de aproximación del fluido hacia la reja (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

Las pérdidas de carga calculadas con la ecuación anterior solo se pueden ser aplicadas en caso de que las rejillas estén limpias ya que las pérdidas de carga aumentan en la medida en que las rejillas se van saturando con los residuos retenidos. Las pérdidas de carga en el diseño de rejillas se pueden estimar suponiendo que parte del espacio disponible para el flujo del agua a tratar se encuentra obstruido. Para lo cual, se utilizará la ecuación para un orificio la cual se da a continuación.

$$H_f = \frac{1}{C} \left(\frac{v^2 - v_a^2}{2g} \right) \text{(Ec.23)}$$

Podemos suponer que el coeficiente de flujo para la rejilla obstruida es de 0,6 aproximadamente.

Dónde:

C = coeficiente de flujo para rejilla obstruida.

1.5.4. Sedimentación primaria

La sedimentación consiste en la separación por acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua en un tanque adecuado en el que se mantienen las aguas en un lapso de 0.5 a 3 horas o más que es suficiente para permitir que el 40 a 65 % de los sólidos finamente divididos, se posen en el fondo del tanque del cual se extraen por medio de colectores mecánicos, en forma de lodos, sin que se añadan sustancias químicas.

La operación consiste en reducir la velocidad del flujo de agua, haciéndola pasar por un estanque o piscina de tal forma que los sólidos en suspensión sedimenten de acuerdo a las diferentes densidades.

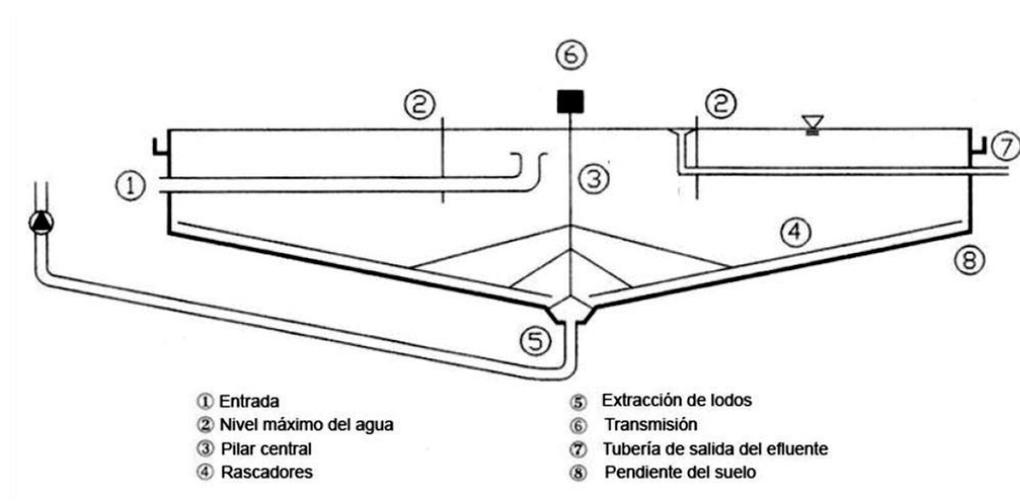
Mediante este método la remoción de impurezas es parcial, pues depende fundamentalmente de la naturaleza y tamaño de las suspensiones así como la temperatura y el tiempo de reposo del agua.

Los tanques de sedimentación primaria elimina entre el 50 a 70 % de sólidos suspendidos y entre el 25 y 40 % de DBO₅, siempre que las condiciones de diseño sean bien mejoradas.

Generalmente se utilizan para disminuir las cargas contaminantes a los procesos subsiguientes.

Los tanques circulares son de uso común en las plantas de tratamiento ya que puede lograr una buena remoción de lodos, el sistema de flujo es radial, para lo cual el agua residual se introduce por el centro o por la periferia del tanque.

Gráfico N° 2 Tanque de sedimentación primaria circular



Fuente: HORAN., Tratamiento de aguas residuales., 2003

1.5.4.1. Consideraciones de diseño

Para los tanques de sedimentación primaria se toman en cuenta los siguientes datos:

Tabla N°7 Estándares de diseño para sedimentadores primarios.

Referencia	Carga superficial m ³ / d	Tiempo de retención	Profundidad m	Carga sobre el vertedero L/s m
Metcaft& Eddy	32-48	1,5-2,5	3,5	1,4-5,8
Normas de diez estados	41	--	>2,1	<2,2

Manual de diseño naval	49	--	3	<14
Ejercito de los EEUU	12-41	2,5	2,5-4,5	0,7-1,7
Steel &McGhree	24-60	1-2	1-5	--
Fair et al	--	2	3	--
Sundstrom&Klei	--	1-4	--	--
USEPA	24-49	--	3-5	--
Tchonobanoglous&Schoreder	30-60	--	3-5	--
IWCP	30-45	2	>1,5	1,2-5,2

Fuente: ROMERO J., Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño.

a. Determinación del área del Sedimentador

Para el cálculo del área superficial del sedimentador se obtienen de la siguiente expresión según Metcalf- Eddy.

$$carga = \frac{Q}{A} \text{ (Ec.24)}$$

Despejando tenemos:

$$A = \frac{Q}{carga} \quad \text{(Ec.25)}$$

Dónde:

A= área (m²)

Q= caudal (m³/ h)

Carga= carga superficial (m³/ m² día)

Para el valor de la carga superficial se utiliza tomando en cuenta la siguiente tabla el valor q se utiliza es para aguas residuales sin tratar.

Tabla N°8 Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones.

Suspensión	Carga superficial (m ³ / m ² día)	
	Intervalo	Caudal Punta
Agua residual sin tratar	24-48	48
Flóculo de Aluminio	14-24	24
Flóculo de hierro	21-32	32
Flóculo de cal	21-48	48

Fuente: METCALF-EDDY., Tratamiento y depuración de aguas residuales.

b. Cálculo del diámetro

El diámetro del sedimentador lo podemos calcular con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \quad (\text{Ec.26})$$

Dónde:

A= área (m²)

∅ = diámetro (m)

Para el obtener el radio tenemos:

$$A = \pi \times r^2 \quad (\text{Ec.27})$$

Dónde:

r = radio (m)

De la ecuación 27 se despeja para obtener el diámetro del sedimentador.

$$\phi = \sqrt{4 \times A/\pi} \quad (\text{Ec.28})$$

Para el radio del sedimentador se despeja la ecuación y se tiene.

$$r = \sqrt{A/\pi} \text{ (Ec.29)}$$

c. Volumen

El volumen es una magnitud escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, ya que se halla multiplicando la longitud, la anchura y la altura.

$$V = L \times A \text{ (Ec.30)}$$

Dónde:

V= volumen del sedimentador (m^3)

L = largo (m)

A= área (m^2)

Tomando en cuenta la relación largo ancho de 1/2 tenemos:

$$L = 2a \text{ (Ec.31)}$$

Remplazando en la ecuación 32 tenemos:

$$A = 2a \times a$$

$$A = 2a^2$$

$$a = \sqrt{A/2} \text{ (Ec.32)}$$

d. Tiempo de retención hidráulico

Los tanques de sedimentación primaria se proyecta para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 a 2,5 horas para el caudal medio del agua residual. Hay tanques que proporcionan tiempos de retención menores (0,5 a 1 h) se utilizan como tratamiento primario previo a las unidades de tratamiento biológico.

$$T_r = \frac{V}{Q} \quad (\text{Ec.33})$$

Dónde:

Tr = tiempo de retención (h)

V= volumen (m³)

Q= caudal (m³/h)

e. Área de la sección transversal

Para obtener el valor del área de la sección transversal se utiliza el volumen del sedimentador y el largo de la misma.

$$At = \frac{V}{L} \quad (\text{Ec.34})$$

Dónde:

At= área de sección transversal (m²)

V= volumen del sedimentador (m³)

L= largo del sedimentador (m)

f. Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre es importante en la operación de sedimentación. Las fuerzas que actúan sobre las partículas de sedimentación son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantener a niveles bajos de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque.

La velocidad crítica viene dada de la siguiente manera.

$$Vh = \left[8K(s - 1)g \times d/f \right]^{1/2} \quad (\text{Ec.35})$$

Dónde:

V_h = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastres de las partículas (m/s)

K = constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado (0,04 para arena unigranular, 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05.

s = densidad relativa de las partículas, para el cálculo usaremos el valor 1,05.

g = aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

d = diámetro de las partículas 0,01

f = los valores para el factor de fricción de Darcy- Weisbach va desde 0,02 hasta 0,03 en este caso vamos a utilizar el ultimo valor.

g. Remoción de SSTy DBO

La eficiencia de los tanques de sedimentación primaria respecto a la remoción de SST y DBO están en función de la concentración del afluente y el tiempo de retención, lo cual se obtuvo a partir de observaciones realizadas a sedimentadores en funcionamiento. Se puede modelar matemáticamente usando la siguiente expresión:

$$R = \frac{t}{a+bt} \quad (\text{Ec.36})$$

Dónde:

R = porcentaje de remoción (%)

t = tiempo nominal de retención (h)

a, b = constantes empíricas

Las constantes empíricas de la ecuación 38 toman los siguientes valores

Tabla N°9 Valores de las constantes empíricas.

Variable	a,h	b
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

Fuente: CRITES R. / TCHOBANOGLOUS G., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.

1.5.5. Aireación

La aireación es el proceso mediante el cual el agua se pone en contacto íntimo con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. Su función principal, en el tratamiento de aguas residuales, consiste en proporcionar oxígeno y mezcla en los procesos de tratamiento biológico aerobio.

Los procesos de tratamiento biológico aerobio, como los procesos de lodos activados, requieren concentraciones de oxígeno disuelto generalmente de 0,2 a 2 mg/ L con el fin de asegurar un suministro apropiado de oxígeno para el consumo de los microorganismos responsables del tratamiento.

1.5.5.1. Consideraciones de diseño de lagunas aireadas de mezcla completa

Una laguna aireada aerobia es semejante a un sistema muy diluido de lodos activados de aireación prolongada, sin recirculación de lodos, con concentraciones de 100 a 400 mg/L de sólidos suspendidos, requiere menos potencia que un sistema de lodos activados por la magnitud del área y la ausencia de recirculación de lodos.

Las lagunas aireadas aerobias de mezcla completas tienen una eficiencia de remoción de DBO del 90 %, de DQO del 80 %, de SST del 60 %, de nitrógeno del 50% y de fósforo del 60%.

a. Tiempo de retención hidráulica

Tomamos en cuenta la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{1}{Y \times k \times S_e - K_d} \quad (\text{Ec.37})$$

$$\theta = \theta_c$$

Dónde:

θ = tiempo de retención (d)

Y= coeficiente de producción de lodos, varían entre 0,03 a 0,010 mg SSV/mg DBO₅

k= tasa constante de primer orden de remoción de DBO₅, varía entre 0,03 a 0,10 (L/mg × d)

S₀ = concentración de DBO₅ del afluente, (mg/L)

k_d= tasa constante relativa a la respiración endógena , varía entre 0,05 y 0,025 d⁻¹.

b. Relación alimentación/microorganismos

La relación alimentación/microorganismos, representa la masa de sustrato aplicada diariamente en el tanque de aireación, contra la masa de sólidos suspendidos (microorganismos) en el tanque de aireación se define como:

$$F/M = \frac{S_0}{\theta X_{v,a}(\theta)} \quad (\text{Ec.38})$$

Dónde:

F/M= relación alimentación- microorganismos (d⁻¹)

S₀= concentración de DBO₅del afluente (mg/L)

X_{v,a}(θ)= concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y en el efluente (mg/L).

c. Concentración de solidos suspendidos volátiles (SSV) en la masa liquida de la laguna y en el efluente.

$$X_{v,a}(\theta) = \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + K_d \times \theta} (\text{Ec.39})$$

Dónde:

X_{v,a}(θ)= concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y en el efluente (mg/L)

d. Concentración real de DBO₅ en el efluente

$$S'_e = S_e + 0,54X_{v,a}(\theta) \quad (\text{Ec.40})$$

Dónde:

S'_e = concentración real de DBO₅ en el efluente (mg/L)

e. Rendimiento de la depuración

Es la relación entre la masa de la materia orgánica eliminada y la del afluente que entra en la laguna de aireación. Se expresa en porcentaje de eliminación:

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0} \times 100 \quad (\text{Ec.41})$$

E= rendimiento o reducción real de la DBO (%)

f. Volumen de la Laguna

Para el cálculo del volumen de la laguna tomamos en cuenta la siguiente ecuación:

$$V = Q \times \theta \quad (\text{Ec.42})$$

Dónde:

V = volumen de la laguna (m³)

g. Largo, ancho de la laguna

La relación largo-ancho se lo calcula con las siguientes expresiones:

$$V = L \times a \quad (\text{Ec.43})$$

Dónde:

L= largo del tanque (m)

a = ancho del tanque (m)

Asumiendo que:

$$L = 2a$$

Así tenemos:

$$V = 2a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{V}{2}} \quad (\text{Ec.44})$$

Y para calcular la longitud del tanque tenemos:

$$L = 2a \quad (\text{Ec.45})$$

h. Producción observada

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c} \quad (\text{Ec.46})$$

Dónde:

Y_{obs} = producción observada (mg SSV/mg DBO₅)

θ_c = edad de los lodos (d)

i. Requerimiento de oxígeno

Teóricamente, el oxígeno requerido por los microorganismos para la oxidación biológica debe ser igual a la DBO removida, en la práctica se calcula con la expresión:

$$WO_2 = \text{factor} \times DBO \text{ removida} \quad (\text{Ec.47})$$

En general la mayoría de aguas residuales tienen un valores de F= 1,2-1,5.

Por lo tanto tenemos:

$$WO_2 = F \times E \times S_o \times 10^{-3} \quad (\text{Ec.48})$$

Dónde:

WO_2 = requerimiento de oxígenos (KgO₂/h)

E = eficiencia fraccional de remoción de DBO

F= relación entre la DBO última y la DBO estándar

S_o = DBO afluente (mg/ L)

Los equipos de aireación pretenden suministrar el oxígeno requerido para estabilización en sistemas aeróbicos. La transferencia de oxígeno puede ser afectada por la presión parcial del gas.

j. Tasa de transferencia total de oxígeno en el campo

$$N = N_0 \left[\alpha \left(\frac{\beta C'_{sw} - C_L}{C_{st}} \right) \times 1,024^{(T-20)} \right] \quad (\text{Ec.49})$$

Dónde:

N= tasa de transferencia total de oxígenos en el campo (KgO₂/KW h)

N₀ = tasa de transferencia total de oxígeno mediante pruebas de condiciones estándares, a 20°C y oxígeno disuelto igual a cero, (varia de 1,5 a 2,0 KgO₂/KW h)

β = factor de corrección para la salinidad y tensión superficial. Sus valores varían entre 0,90 y 0,98.

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

C_{st} = valor de saturación de oxígeno en el agua 9,17 mg/L.

C_L= concentración de oxígeno disuelto en la laguna (mg/L), según Aceirvala (1973) y Mara (1976) varia de (0,5 a 2,0 mg/L).

T= temperatura de funcionamiento (°C)

α = factor de corrección para la transferencia de oxígeno para la purga. Sus valores usuales son de 0,4 a 0,8.

k. Corrección de C_{sw}

La corrección a una determinada temperatura, se debe hacer en función de la altitud, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C'_{sw} = C_{sw} \left(\frac{P_A - P}{760 - P} \right) \quad (\text{Ec.50})$$

C_{sw} = concentración de saturación de oxígeno disuelto en el agua en un tanque de aireación (mg/L)

P_A = presión barométrica (546 mmHg)

P = presión de vapor de agua saturada a temperatura de aguas residuales (18 mmHg a 20°C).

l. Potencia total necesaria

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_t = \frac{W_{O_2}}{24 \times N} \quad (\text{Ec.51})$$

Dónde:

P_t = potencia total necesaria (KW)

m. Potencia unitaria de aireación

$$P = \frac{P_t}{V} \quad (\text{Ec.52})$$

Dónde:

P = potencia unitaria de aireación (KW/m³)

1.5.6. Coagulación- Floculación

Mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión y la DBO₅ que no se consigue en etapas anteriores, sobre todo de las partículas coloidales, además permite acondicionar el agua que contengan vertidos industriales y mejorar la eficiencia de los sedimentadores secundarios.

El proceso consiste en desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de reactivo químico llamado coagulante. Una vez que han sido desestabilizadas, ya pueden unirse o agregarse, viéndose este proceso favorecido por los compuestos denominados floculantes, que dan lugar a la formación de flocos de mayor tamaño y densidad que precipitan con mayor rapidez.

En la tabla 10 se encuentra los coagulantes y floculantes recomendados para aguas residuales.

Tabla N°10 Floculantes y Coagulantes

Tipo de solución	Efecto
Sulfato de alúmina	Coagulante
Policloruro de aluminio	Coagulante
Sulfato férrico	Coagulante
Suplemento ácido alúmina	Coagulante
Polímeros a base de sales de aluminio	Floculante
Polímeros a base de sales hierro	Floculante
Polímeros sintético catiónico	Floculante
Polímero sintético aniónico	Floculante

Fuente: ESPIN A., 2013

Las cantidades a utilizar de floculante y coagulante se calcularon mediante ensayos previos con el test de jarras.

1.5.6.1. Consideración de diseño

a. Área del tanque de floculación

Para determinar el área superficial del sedimentador se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{carga} \quad (\text{Ec.53})$$

Dónde:

A= área (m²)

Q= caudal (m³/ h)

Carga= carga superficial (m³/ m² día)

La carga superficial que se utiliza para realizar los cálculos correspondientes será tomado de la tabla 6 valores q se encuentran dentro de los parámetros de dimensionamiento de sedimentadores secundarios, en este caso se toma el valor de (24 m³/ m²d).

Luego se calcula el ancho del tanque con la siguiente ecuación:

$$a = \sqrt{A/2} \quad (\text{Ec.54})$$

Posteriormente calculamos la longitud del tanque de floculación con el valor del ancho:

$$L = 2a \quad (\text{Ec.55})$$

Dónde:

L= largo del tanque floculador (m)

a = ancho del tanque floculador (m)

b. Volumen del tanque de floculación

Con los valores anteriores podemos obtener el volumen del tanque de floculación

$$V = L \times A \quad (\text{Ec.56})$$

Dónde:

V= volumen del tanque floculador (m³)

El diámetro se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\emptyset = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} \quad (\text{Ec.57})$$

Dónde:

\emptyset = diámetro del tanque floculador (m)

A= área del tanque floculador (m²)

π = numero irracional 3,1416

c. Tiempo de retención hidráulico

En base al caudal a tratar y volumen del tanque se determina el tiempo de retención hidráulico:

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad (\text{Ec.58})$$

Dónde:

Tr = tiempo de retención hidráulico (h)

V= volumen del tanque floculador (m³)

Q= caudal a tratar (m³/h)

La floculación - coagulación permite una adecuada tratabilidad del agua residual, es necesario que los tanques dispongan de paletas para la agitación mecánica con mecanismos de transmisión de velocidad variable de manera que la velocidad en la parte superior de la paleta tenga una reducción hasta un 30%.

d. Dimensionamiento de las paletas de agitación

Los agitadores de paletas se basan en una o más series de brazos instalados sobre un eje vertical, cada serie puede llevar dos tres o más paletas, que entran en contacto con el líquido de manera frontal, se emplean frecuentemente por la simplicidad con que se puede cambiar su longitud y número de paletas, cabe indicar que también se pueden construir de diversos materiales y tamaños distintos.

Tabla N°11 Parámetros de diseño para paletas

Características	Valor	
	Intervalo	Típico
Tiempo de retención (min)	20-60	30
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de velocidad de hasta el 30 % de velocidad máxima (m/s).	0,45-1,00	0,6
Agitación de paletas (rpm)	50-80	60
Ancho de la paleta (m)	0,50-2	0,80

Fuente: METCALF-EDDY., Tratamiento y depuración de aguas residuales.

e. Diámetro del impulsor

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$d_i = \frac{1}{3} \phi \text{ del tanque} \quad (\text{Ec.59})$$

Dónde:

d_i = Diámetro del impulsor (m)

f. Altura del impulsor respecto del fondo

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_i = d_i \quad (\text{Ec.60})$$

Dónde:

H_i = Altura del impulsor respecto del fondo (m)

g. Ancho de las palas del impulsor

Lo obtenemos de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{1}{5} d_i \quad (\text{Ec.61})$$

Dónde:

q = Ancho de las paletas (m)

h. Longitud de las palas del impulsor

$$l = \frac{1}{4} d_i \quad (\text{Ec.62})$$

Dónde:

l = Longitud de las palas (m)

i. Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central

La podemos obtener mediante la siguiente ecuación:

$$l_{DC} = \frac{1}{2} d_i \quad (\text{Ec.63})$$

Dónde:

l_{DC} = Longitud de las palas montadas en el disco central (m).

j. Diámetro del disco central

Lo podemos determinar mediante la siguiente ecuación:

$$s = \frac{1}{4} \phi_{tanque} \quad (\text{Ec.64})$$

Dónde:

s = diámetro del disco central (m).

k. Potencia disipada de la bomba para la mezcla

Es necesario determinar la potencia disipada de la mezcla, Camp y Stein (1943) estudiaron la formación y efectos de velocidades en diferentes clases de tanques desarrollando la siguiente ecuación:

$$P = G^2 \mu V \quad (\text{Ec.65})$$

Dónde:

P = potencia necesaria (W)

G = gradiente de velocidad (1/s)

μ = viscosidad dinámica visto en tablas a 20° C ($1,009 \times 10^{-3}$ Ns/m²)

V = volumen del floculador (m³)

Tabla N°12 Valores usuales de gradiente de velocidad (g) y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual.

PROCESO	TIEMPO DE RETENCIÓN	VALORES DE G, s ⁻¹
Mezcla: operaciones comunes en la mezcla rápida del 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 procesos 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 procesos de filtración directa	2 – 10 min	25 – 150
Floculación en procesos de filtración por contacto	2 – 5 min	25 – 200

Fuente: CRITES, R. / TCHOBANOGLOUS G., Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones.

1. Área de las paletas

Con la finalidad de una agitación adecuada el área requerida de las paletas se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{2 \times P}{C_D \times \rho \times v^3} \quad (\text{Ec.66})$$

Dónde:

A = área de la sección trasversal de la paleta (m²)

P= potencia necesaria (W)

C_D= coeficiente de resistencia al avance de las paletas

ρ = densidad del fluido (1000 Kg/m³)

v = velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), en general se asumen valores entre 0,6 y 0,75.

El valor del coeficiente de resistencia al avance de las paletas se estima:

Tabla N°13 Valores de C_D

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

Fuente: ROUSE., 2003

m. Longitud de la Paleta

El calcula de la longitud de la paleta representa el área transversal de la misma:

$$A = l * b \text{ (Ec.67)}$$

$$l = \frac{A}{b} \text{ (Ec.68)}$$

Dónde:

l = longitud de la paleta (m)

b = ancho de la paleta (m)

1.6. NORMA PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES

1.6.1. TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental)

1.6.1.1. Libro VI Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

a. Introducción

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

b. Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye:

- a) Fragmentos de ceniza, piedra, vidrios, arenas, basura, fibras, palos, pedazos de pieles, huesos, etc. (los sólidos no deben ser descargados sin antes triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levaduras, látex, bitumen, alquitrán y emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos y álcalis.

- e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

Tabla N°14 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor Norma
Aceites y Grasas	Solubles de hexano	mg/ L	100
Amonios	NH ₄	mg/ L	
Conductividad		μS/cm	
Caudal		l/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/ L	250
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/ L	500
Fosfatos	PO ₄	mg/ L	15
Hierro Total	Fe	mg/ L	25
Potencial de hidrógeno	pH	mg/ L	5-9
Sólidos sedimentables	--	ml/ L	20
Sólidos suspendidos totales	--	mg/ L	220
Sólidos totales	--	mg/ L	1600
Temperatura	--	°C	<40

Fuente: TULAS, Libro VI

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

Para la evaluación de las diferentes características del agua residual del Camal Municipal del Cantón Alausí se tomó como control una serie de indicadores y variables del proceso, para así establecer un adecuado tratamiento y con el mismo disminuir la contaminación que conlleva este tipo de efluentes.

Se realizó un análisis previo para que las muestras sean representativas, para lo cual se tomaron varias muestras compuestas, las cuales fueron llevadas al Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH para su análisis físico-químico y microbiológico, tales caracterizaciones nos indican el grado de contaminación que posee las mismas.

2.1. MUESTREO

2.1.1. Lugar de investigación

El presente estudio se llevó a cabo en el Camal Municipal del Cantón Alausí, ubicado en la ciudadela Shamanga, con la finalidad de analizar el agua residual que se generan de los procesos de faenamiento.

2.1.2. Plan de Muestreo

En la determinación de la calidad de las aguas residuales del Camal Municipal del Cantón Alausí se procedió de la siguiente manera:

El plan de muestreo que se aplicó fue el compuesto, tomando volúmenes de 300 ml de muestra de cada etapa y dependiendo de la cantidad requerida del agua residual. Las muestras fueron almacenadas en botellas plásticas y posteriormente mezcladas proporcionalmente al caudal, con el fin de obtener una sola muestra compuesta de 6 litros que represente el agua residual producto del proceso de faenamiento.

Las muestras fueron tomadas alternadamente, cada semana se tomó una muestra en diferentes días de acuerdo con el horario de trabajo y estas fueron tomadas en un mismo punto en donde se tenía la recolección de todos los puntos de matanza del camal.

2.1.3. Técnica de recolección

El transporte de las muestras se realizó en un cooler portátil con hielo para su conservación hasta ser llevado al laboratorio Análisis Técnicos para los respectivos análisis.

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1. Metodología de trabajo

El presente trabajo de investigación se inició realizando la tomas de caudales en el punto de donde se tenía la cantidad total de agua que desemboca el camal, durante una semana completa en los diferentes horarios de trabajo del mismo.

2.2.2. Medición de caudales

Para la determinación del caudal de las aguas residuales producidas en el proceso de faenamiento se identificó un punto de monitoreo, en ese punto las aguas a través de una tubería circular llegan al alcantarillado, por las características del lugar, para medir la cantidad de agua se usó la técnica de medición volumétrica manual que consiste en atar una cuerda a un balde graduado, se introduce el balde para tomar una muestra de agua y se mide el tiempo desde que se introduce el balde a la descarga hasta que se lo retira de la misma.

La frecuencia con la que se realizó la medición fue cada 15 minutos durante toda la jornada de trabajo por una semana, tales repeticiones nos ayudan a tener valores más reales de caudales.

Con estas mediciones diarias del caudal se obtuvieron gráficas de la curva del caudal vs. Tiempo, con las que se pueden observar claramente en que horas varía el caudal, se mantiene constante y que día o días son representativos para proceder a tomar la muestra mediante un plan de muestreo.

2.2.3. Métodos y Técnicas

2.2.3.1. Métodos

El presente trabajo proyecto de investigación tiene un carácter experimental utilizando como métodos lógicos la inducción y la deducción ya que es necesario conocer que contaminantes están presentes en mayor cantidad en las aguas que son vertidas por los procesos de faenamiento en el camal hacia la red de alcantarillado público, de esta manera identificar los distintos parámetros que influyen en esta investigación.

2.2.3.2. Inductivo

En este trabajo de investigación se tomó el caudal en el desfogue principal del camal durante los siete días de faenamiento, con el objeto de saber el consumo de agua, posteriormente se realizó la toma de muestras representativas del agua residual las mismas que fueron llevadas al Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para ser analizadas, estos datos fueron tabulados, analizados para posteriormente realizar los cálculos de ingeniería, lo que nos ayudaran al dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

2.2.3.3. Deductivo

Una vez diseñado el tratamiento de aguas residuales, el mismo que cuenta con un pretratamiento como son un sistema de rejillas, para pasar a una sedimentación primaria, posteriormente para una aireación para finalmente pasar a una coagulación floculación.

Con este sistema se asegura que las propiedades del efluente al final del tratamiento estén dentro de los parámetros establecidos por el TULAS y de esta manera el efluente sea arrojado al alcantarillado público.

2.2.3.4. Experimental

Luego de tomadas las muestras representativas, se utilizaron métodos experimentales para realizar el análisis físico químico y microbiológico del agua residual del Camal.

Se realizó pruebas de jarras con previa oxigenación para de esta manera encontrar las condiciones óptimas para el dimensionamiento del Sistema de Tratamiento del agua residual para el Camal municipal del Cantón Alausí y así que las descargas cumplan con los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Libro VI, Tabla 11

2.2.4. Técnicas

Son procedimientos que tienen como objetivo obtener un resultado determinado ya sea en el campo de la ciencia, tecnología o cualquier otra actividad.

2.2.4.1. Técnicas y métodos de ensayo para el análisis del agua residual

a. Determinación del pH 4500- B

Tabla N° 15 Determinación del pH

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El principio básico de la determinación del pH es la medida de la actividad de los iones de hidrógeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrógeno y otro de referencia.</p>	<p>La medida del pH es una de las pruebas más importantes y utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual dependen del pH.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH • Electrodo de referencia • Vaso de precipitación • Agitador • Cámara de flujo 	<p>Calíbrese el sistema de electrodos frente a las soluciones tampón estándar o con un pH conocido.</p> <p>Tomar una cantidad de agua en un vaso de precipitación, agítese, mida el pH</p>	<p>La escala operática del pH se utiliza para medir el pH de la muestra y se define como:</p> $pH_b = pH \text{ asignado al tampón}$ $pH_a = \frac{(E_x - E_s)}{2,303 RT}$ <p>Dónde:</p> <p>pH_x = pH de la muestra medido potenciométricamente</p> <p>F = Faraday 9,649 × 10⁴ columbios/mol</p> <p>E_x = muestra fem, V</p> <p>E_s = tampón fem, V</p> <p>R = constante de los gases 8,314 julio/mol °K</p> <p>T = temperatura absoluta</p>

Fuente: Método 4500 Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

b. Determinación de la DBO Método 5210- B

Tabla N°16 Determinación de la DBO

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Consiste en llenar con una muestra hasta rebosar un frasco hermético de un tamaño especificado e incubarlo a temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación el ROB se calcula mediante la diferencia entre OD inicial y el final.	La determinación de la DBO es una prueba empírica en la que se utiliza procedimientos estandarizados de laboratorio para determinar los requerimientos relativos de oxígeno en las aguas residuales, efluentes contaminados.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de DBO • Botella de incubación • Grasa • Tampones de copa • Cápsula magnética • Termómetro • Embudo 	Calientese o enfríe la muestra a 2 °C de la temperatura de incubación (20°C). Usando una probeta graduada limpia vierta 160 ml de la muestra en una botella oscura. Coloque una barra magnética para mezclar en cada botella muestra. Añada el contenido de un sobre de Buffer nutritivo para DBO a cada botella para el crecimiento óptimo de las bacterias y si las características de la muestra original lo requiera. Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa. Usando un embudo adicione el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, coloque las botellas en el equipo. Coloque el equipo en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a 20 ± 2 °C.	<p>Cuando el agua de la disolución no está sembrada:</p> $ROB_5 = \frac{(D_1 - D_2)}{P}$ <p>Cuando el agua de disolución está sembrada:</p> $ROB_{5mg/l} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$ <p>D1=OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación mg/L.</p> <p>D2=OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 °C mg/L.</p> <p>P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada B1=OD del control de simiente antes de la incubación mg/L.</p> <p>D2=OD del control de simiente después de la incubación mg/L.</p> <p>f= proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente.</p>

Fuente: Método 5210 – B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

c. Determinación de la DQO Método 5220- C

Tabla N°17 Determinación de la DQO

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos son oxidados con una mezcla de ácido crómico y sulfúrico a ebullición, la muestra se coloca a reflujo en una disolución de ácido fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio. Después de la digestión el dicromato no reducido se mide por titulación o espectrofotométricamente.	La determinación de la DQO es una prueba que se utiliza con una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante fuerte.	<ul style="list-style-type: none"> • Reactor DQO • Probeta graduada • Vasa de precipitación • Tubos de reactivos de digestión con tapa • Toallas de papel • Pipetas volumétricas. 	<p>Método de reflujo cerrado:</p> <p>Precalentar a 150 °C el digestor DQO. Colocar los tubos de reacción. Tomar cuidadosamente la disolución digestora respectiva. Colocar agua en el tubo del blanco de los reactivos. Colocar todos los tubos en el digestor previamente calentados y dejar 2h. Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar. Medir la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado o cuantificar por titulación.</p>	<p>El DQO se expresa en O₂/L:</p> $DQO = \frac{(V_1 - V_2)}{V_s}$ <p>Dónde:</p> <p>V₁= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo.</p> <p>V₂= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra.</p> <p>V_s= volumen de la muestra.</p> <p>M = molaridad de la disolución de sulfato ferroso amoniacal.</p>

Fuente: Método 5220 – C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

d. Determinación de Sólidos Sedimentables Método 2540 - F

Tabla N°18 Determinación de Sólidos Sedimentables

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Los sólidos sedimentables de las aguas de superficie y salinas así como los residuos domésticos e industriales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/L) o de un peso (mg/L)	Los sólidos son materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua a sus suministros de varias maneras.	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de evaporación • Cápsulas de porcelana • Platino • Vaso alto de sílice • Mufla • Baño de vapor • Desecador • Balanza Analítica 	<p>Volumétrico: Llénese un icono Imhoff hasta la marca con la muestra deje sedimentar durante 45 min removiendo constantemente con una varilla.</p> <p>Gravimétrico: Determinar los sólidos totales en suspensión de una muestra bien mezclada.</p> <p>Vierta una muestra en un vaso de precipitación, dejamos reposar la muestra durante 1 hora sin remover el material sedimentable o flotante extraiga 250 ml desde el centro del recipiente en un punto a medio camino entre las superficies del material sedimentado y del líquido.</p>	<p>Para la determinación de los sólidos sedimentables se utiliza:</p> <p>$\text{mg SSedimentables/L} = \text{mg de ST Suspensión/ L} - \text{mg SNS/L}$</p> <p>Dónde:</p> <p>SS = sólidos sedimentables</p> <p>STS= sólidos totales en suspensión.</p> <p>SNS = sólidos no sedimentables.</p>

Fuente: Método 2540 – F Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

e. Determinación de Sólidos Totales Método 2540 - B

Tabla N°19 Determinación de Sólidos Totales

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno, el aumento de peso de la placa vacía representa los sólidos totales.	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o sus suministros de varias maneras.	<ul style="list-style-type: none"> • Cápsulas de porcelana de 90 mm de diámetro. • Horno de secado para operación a 103- 105 °C • Desecador • Balanza analítica de pesar hasta 0,01 mg. 	<p>Calentar: La cápsula limpia en la estufa a 103- 105 °C durante 1 hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla.</p> <p>Análisis de la muestra: Elíjase un volumen determinado de la muestra, transfiera un volumen bien mezclado a la cápsula pesada previamente y evapórese hasta que se seque. Después secamos esta muestra evaporada al menos durante 1 hora 103- 105 °C enfriar en el desecador y pesar. Repetir el ciclo hasta que sea constante el peso.</p>	<p>Para la determinación de sólidos totales utilizamos:</p> $\text{mg Sólidos Totales/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Vol. de la muestra en ml}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso del residuo seco + placa mg.</p> <p>B= peso de la placa en mg.</p>

Fuente: Método 2540 – B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

f. Determinación de Sólidos Suspendidos Método 2540 - D

Tabla N°20 Determinación de Sólidos Suspendidos

FUNDAMENTO	OBJETIVOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante. El aumento de peso representa los sólidos totales en suspensión.	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.	<ul style="list-style-type: none"> • Cápsulas de porcelana de 90 mm de diámetro. • Desecador • Papel filtro • Horno Desecador • Balanza Analítica 	<p>Calentar: La cápsula limpia en la estufa a 103- 105 °C durante 1 hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla.</p> <p>Análisis de la muestra: Coloque un aparato de filtrado, filtre un volumen determinado de la mezcla, lave la mezcla con agua destilada, el filtro colóquelo en una placa de aluminio de crisol, séquelo en la estufa a 103- 105 °C durante 1 hora, enfríelo en un desecador hasta que tenga un peso constante.</p>	<p>Para la determinación de los suspendidos utilizamos:</p> $\text{mg Sólidos Suspendidos/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Vol. de la muestra en ml}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso del residuo seco + placa mg.</p> <p>B= peso de la placa en mg.</p>

Fuente: Método 2540 – D Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

g. Determinación de Turbidez

Tabla N°21 Determinación de la Turbiedad

FUNDAMENTOS	OBJETIVOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Determinación de la turbidez	La falta de transparencia de un líquido es debido a la presencia de partículas en suspensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeta • Turbidímetro 	<p>Colocar en la celda el agua obtenida en la prueba de jarras</p> <p>Colocar la celda en el Turbidímetro.</p> <p>Leer directamente el valor según la escala deseada (0-2, 0-20, 0-200, 0-2000) NTU</p>	Lectura directa

Fuente: Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

h. Determinación de Aceites y Grasa Método 5530 - C

Tabla N°22 Determinación de Aceites y Grasas

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
En la determinación de aceites y grasas no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, más bien se determina cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano.	Ciertos componentes medidos por análisis de aceites y grasa pueden influir en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, si se presentan en cantidades excesivas pueden inferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios y llevan a reducir la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none"> • Embudo de separación • Matraz de destilación • Baño de agua • Papel Filtro (diámetro 11 cm) 	Tome un volumen de 1ml de muestra y marque el nivel de la muestra en la botella. Acidifíquela hasta llegar a un pH de 2 o inferior con 5 ml de HCl, pásela por un embudo. Enjuague con cuidado la botella con 30 ml de triclorotrifluoroetano y añada los lavados del disolvente al embudo de separación. Dejar que separe las dos capas y luego drenar la capa del disolvente a través del embudo que contenga el papel filtro humedecido con el disolvente en el matraz de destilación limpio y tarado si no es posible. Si no es posible obtener una capa clara de disolvente añadir 1g de sulfato de sodio y drene. Añádase más sulfato de sodio si es necesario. Hágase dos extracciones con 30 ml de disolvente cada vez.	<p>La cantidad de aceites y grasas se determina mediante :</p> <p>mg de aceites y grasas/L= $\frac{(A-B) \times 1000}{ml \text{ de muestra}}$</p> <p>Dónde:</p> <p>A= ganancia total del peso.</p> <p>B= peso del matraz tarado menos el residuo calculado.</p>

Fuente: Método 5530 – C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

i. Determinación de Coliformes Fecales Norma INEN 1108

Tabla N° 23 Determinación de Coliformes Fecales

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
<p>El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de temperatura óptima de desarrollo son variables. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre. Ordinariamente esta determinación se efectúa sembrando en el medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua. Se incuba durante un tiempo y a determinadas temperaturas y se cuenta el número de colonias que se obtienen.</p>	<p>Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caja Petri • Pipetas • Autoclave • Estufa • Disco Filtrante • Agar de Plata • Agua Destilada • Pinzas • Papel filtro • Matraz Kitasato • Bomba al vacío 	<p>Se hace pasar un volumen de agua por el disco, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que previamente se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. Las almohadillas absorbentes con los discos filtrantes se acomodan en cajas Petri de tamaño especial, las cuales se incuban. Después de la incubación se desarrollan colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde se hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración. La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termostática a 37°C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44°C para la de coliformes fecales, durante un periodo de 24 horas. Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>

j. Determinación de Coliformes Totales

Tabla N°24 Determinación de Coliformes Totales

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
El análisis microbiológico de las aguas residuales comprende, como determinaciones básicas, los microorganismos totales, coliformes totales y coliformes fecales. Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en placa Petri.	Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.	<ul style="list-style-type: none"> • Caja Petri • Pipetas • Autoclave • Estufa • Disco Filtrante • Agar de Plata • Pinzas • Papel filtro • Matraz Kitasato • Bomba al vacío 	<p>Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes y depositar las membranas con el residuo en placas Petri, que contienen un medio de cultivo específico para el crecimiento de los microorganismos que se desea determinar, en un soporte de papel filtro. Es muy importante la esterilización en todos los componentes y etapas de proceso para evitar contaminación externa. Se preparan las placas Petri introduciendo el medio de cultivo adecuado sobre el soporte absorbente del interior de la placa. Se filtra la muestra en un matraz Kitasato de vidrio sobre el que se sitúa un porta filtros de plástico dotado de un disco filtrante de ésteres de celulosa con 0,45 μm de diámetro poro. Se coloca la membrana en el filtro con la ayuda de unas pinzas esterilizadas. Se toman 10ml de la muestra convenientemente diluida, en función de la contaminación esperada, y se lleva al portafiltro. Se conecta la bamba al vacío, para filtrar la muestra. Los posibles microorganismos quedaran retenidos en el filtro. Se desconecta la bomba de vacío. Con las pinzas flameadas se toma el filtro y se coloca en placa Petri preparada para la determinación microbiológica. La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termostatzada a 37°C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales o, a 44°C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.</p> <p>Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>

2.3. DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. Diagnóstico

El Camal Municipal del Cantón Alausí procesa mensualmente 60 bovinos, 55 porcinos y de 40 a 45 ovinos aproximadamente ya que el número de ejemplares varían de acuerdo a las necesidades de consumo de carne en el cantón.

Durante cada etapa del proceso de faenamiento diario de los animales se producen una gran cantidad de residuos sólidos como líquidos es por lo mismo que se consumen grandes cantidades de agua, sin contar con ningún tratamiento para las aguas residuales que allí son generadas.

Dependiendo de la etapa de faenamiento varía la cantidad de agua residual desembocada como por ejemplo en los procesos de sangrado, lavado y raspado, lavado de vísceras genera un volumen de agua contaminada considerable, en cambio en los procesos de predescuerado, descuerado y evisceración la cantidad es menor.

Las aguas resultantes de estos procesos son altamente contaminadas las cuales poseen sangre, rumen, pedazos de grasas, pelos, cueros, huesos, aserrín óseo los mismos que son arrojados a la alcantarilla.

Después de cada faenamiento se realiza una limpieza de las instalaciones las mismas que también generan agua residual.

Este tipo de aguas de matadero contienen altos índices de DBO, DQO, SST y ST, lo cual nos indica que hay un alto grado de contaminación, estos y varios parámetros que se determinaron en los análisis físico químico y microbiológico del agua residual producida en el Camal Municipal del Cantón Alausí, al ser comparados con el TULAS, Libro VI, Tabla 11; se encuentran fuera de los límites permisibles para la descarga al alcantarillado público.

Con todos estos antecedentes se propone el mejor sistema de tratamiento de las aguas de este tipo de efluentes para disminuir la contaminación con un bajo costo y un alto rendimiento.

2.3.2.Datos

2.3.2.1. Datos de ejemplares faenados en el camal

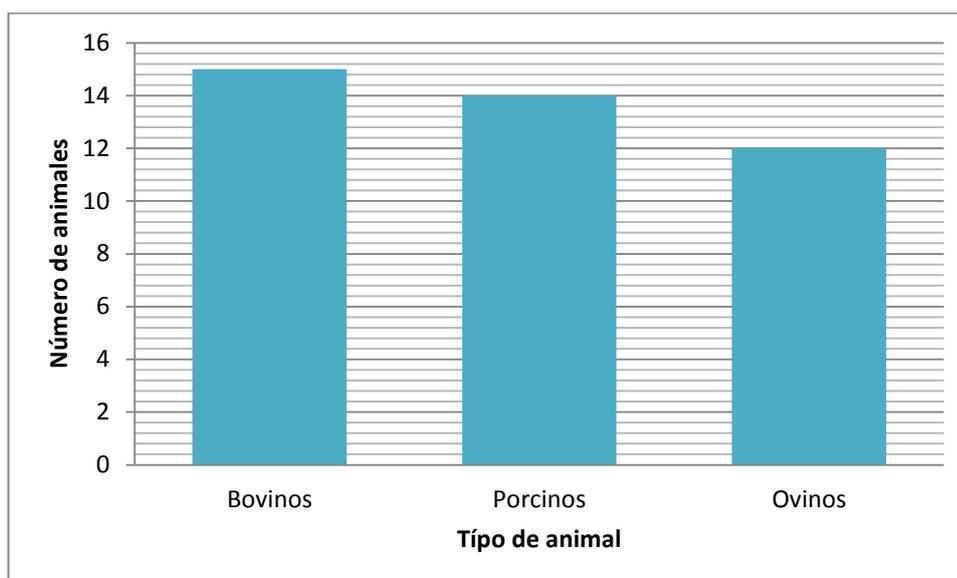
Estos datos fueron tomados de datos del camal y se realizó un promedio para obtener datos representativos de la cantidad de animales faenados por día.

Tabla N°25 Número de animales faenados en el Camal Municipal del Cantón Alausí

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábados	Domingos	Total
Bovino	3	1	2	2	--	5	2	15
Porcino	2	2	1	1	2	4	2	14
Ovino	2	1	--	2	1	3	3	12

Fuente: ESPIN A., 2013

Grafico N°3 Relación de números de animales faenados semanalmente



Fuente: ESPIN A., 2013

2.3.2.2. Datos de consumo de agua por animal

Tabla N° 26 Consumo de agua por cada ejemplar

Tipo de ejemplar	Volumen (L)
Bovino	433,152
Porcino	196,77
Ovino	168,94

Fuente: ESPIN A., 2013

2.3.2.3. Datos del peso promedio de los ejemplares

Tabla N°27 Datos de los pesos promedio de cada ejemplar

Ejemplar	Peso (lb)
Bovino	453
Porcino	150
Ovino	56

Fuente: ESPIN A., 2013

2.3.2.4. Datos de los análisis físicos del agua residual

Tabla N°28 Datos de los Análisis Físicos del agua residual

Color	El agua residual del camal posee un color rojizo
Olor	Posee un olor desagradable
Aspecto	Turbio, existe la presencia de sólidos y material flotante.

Fuente: ESPIN A., 2013

2.3.2.5. Datos de los análisis físico – químicos del agua residual

Tabla N ° 29 Datos de los Análisis Físico Químico del agua residual

Parámetros	Unidad	Método	Resultados			Promedio	Límite máximo permisible
			M1	M2	M3	Mn	
pH		4500-B	9,58	6,81	7,70	8,03	5-9
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	688	1538	1128	1118	
Turbiedad	UNT	2130-B	366	323	530	406,33	
N- Amoniacal	mg/L	4500-NO3-C	14,54	38,47	46,44	33,15	
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	32,4	53,2	45	43,5	15
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	3	3,1	3,4	3,16	25
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5200- C	3460	2850	7460	4590	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	1520	1855	5280	2885	250
Grasas y Aceites	mg/L	5220-B	15,2	28	51,2	31,46	100
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	290	52	1200	514	220
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	8788	8052	10800	9213,33	1600

Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	8,5	7,8	13	9,76	20

* Métodos Normalizados APHA, AWWA, WPCF 17 ed. Fuente: Laboratorio de análisis técnicos., ESPOCH

2.3.2.6. Datos de los análisis microbiológicos del agua residual

Tabla N° 30 Datos de los análisis microbiológicos del agua residual

Parámetros	Unidad	Método	Resultados		Promedio	Límite máximo permisible
			M1	M2	Mn	
Coliformes fecales	UFC/100ml	Filtración por membrana	24000	184× 10 ⁵	92012000	Remoción > al 99%
Coliformes totales	UFC/100ml	Filtración por membrana	8000	2,53× 10 ⁶	12654000	Promedio mensual < 5000

Fuente: Laboratorio SAQMIC

2.3.2.7. Datos de la medición de la temperatura

Para la toma de los datos de temperatura se lo realizo in situ para cada muestra tomada, con un termómetro de mercurio de 50°C.

Tabla N° 31 Datos de la medición de la temperatura

Muestra	1	2	3	4	5
Temperatura °C	19	18	18,5	18	19

Fuente: ESPIN A., 2013

2.3.2.8. Datos del monitoreo del caudal

Los datos del caudal diario fueron obtenidos durante una semana de trabajo, los cuales son expresados en las siguientes tablas:

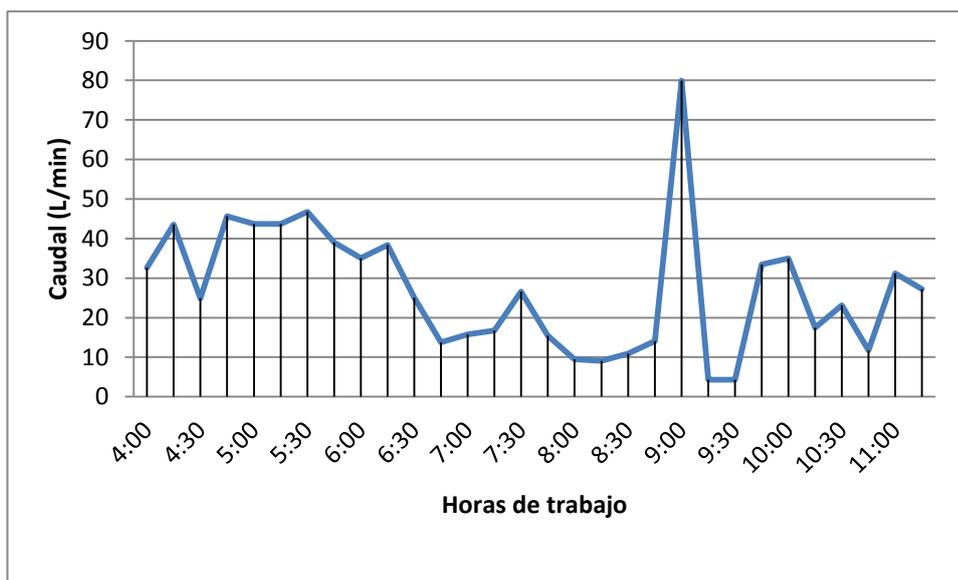
Tabla N° 32 Datos de medición del caudal del día Lunes

Hora	Volumen	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
4:00	5,98	10,98	0,544	32,677
4:15	5,95	8,2	0,725	43,536
4:30	5,97	14,38	0,415	24,909
4:45	5,9	7,76	0,760	45,618
5:00	5,95	8,17	0,728	43,696
5:15	5,97	8,2	0,728	46,682
5:30	5,93	7,61	0,779	46,754
5:45	5,95	9,15	0,650	39,016
6:00	5,97	10,21	0,584	35,083
6:15	5,98	9,35	0,639	38,374
6:30	5,95	14,23	0,418	25,087
6:45	5,35	23,35	0,229	13,374
7:00	5,5	20,91	0,263	15,781
7:15	5,9	21,19	0,278	16,706
7:30	5,95	13,44	0,442	26,562
7:45	5,95	23,16	0,256	15,414
8:00	5,9	37,28	0,158	9,495
8:15	5,8	38,47	0,150	9,046
8:30	5,85	32,19	0,181	10,904
8:45	5,7	24,26	0,234	14,097
9:00	5,98	4,49	1,331	79,911
9:15	5,5	76	0,072	4,342
9:30	5,45	76	0,071	4,302
9:45	3,05	5,47	0,557	33,455

10:00	2,75	4,72	0,582	34,957
10:15	2,75	9,46	0,290	17,441
10:30	2,5	6,5	0,384	23,077
10:45	2,75	14,09	0,195	11,710
11:00	3	5,77	0,520	31,195

Fuente: ESPÍN A., 2013

Gráfico N° 4 Variación horaria del caudal del día Lunes



Fuente: ESPÍN A., 2013

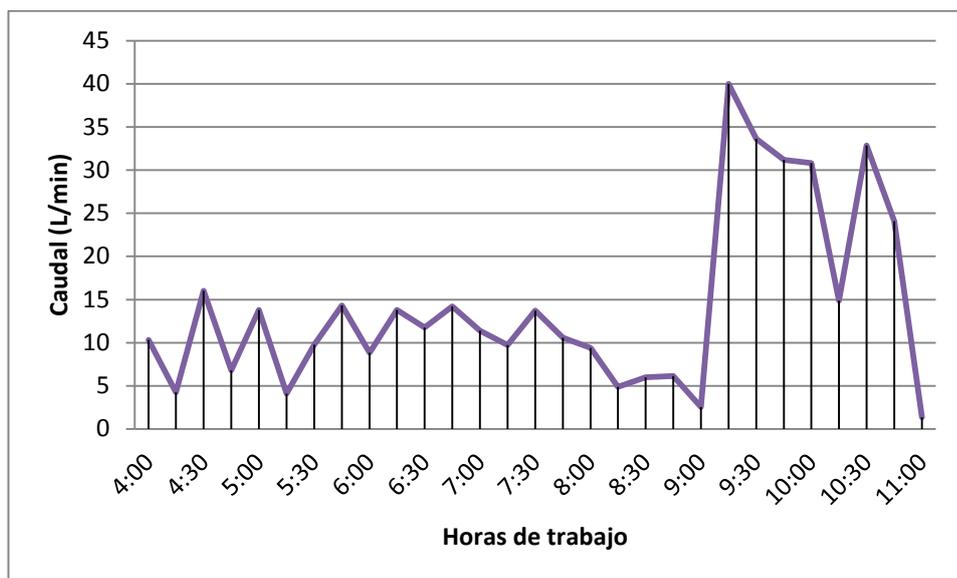
Tabla N° 33 Datos de medición del caudal del día Martes

Hora	Volumen	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
4:00	2,5	14,51	0,172	10,330307
4:15	2,3	32,5	0,070	4,246
4:30	2,8	10,48	0,267	16,030
4:45	2,2	19,41	0,113	6,800
5:00	2,75	11,96	0,230	13,795
5:15	2,3	33,52	0,068	4,117
5:30	2,75	16,9	0,163	9,763

5:45	2,25	9,44	0,238	14,300
6:00	2,5	16,96	0,147	8,844
6:15	3	13,04	0,230	13,803
6:30	3	15,31	0,195	11,757
6:45	3	12,66	0,240	14,218
7:00	2,75	14,46	0,190	11,410
7:15	2,3	14,18	0,162	9,732
7:30	3	13,12	0,228	13,719
7:45	3	17,02	0,176	10,575
8:00	2,8	17,89	0,156	9,390
8:15	2,3	28,16	0,081	4,900
8:30	3,4	34,08	0,99	5,985
8:45	2,75	26,85	0,102	6,145
9:00	2,5	58,56	0,042	2,561
9:15	3	4,5	0,666	40
9:30	3,25	5,8	0,560	33,620
9:45	3	5,77	0,520	31,195
10:00	3,75	7,3	0,513	30,821
10:15	2,75	11,09	0,248	14,878
10:30	2,3	4,2	0,547	32,857
10:45	2,5	6,23	0,401	24,077
11:00	2,1	91	0,023	1,384

Fuente: ESPÍN A., 2013

Gráfico N° 5 Variación horaria del caudal del día Martes



Fuente: ESPÍN A., 2013

Tabla N° 34 Datos de medición del caudal del día Miércoles

Hora	Volumen	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
4:00	3,25	7,84	0,414	24,872
4:15	2,3	4,3	0,538	32,093
4:30	2,5	3,64	0,686	41,208
4:45	3	4,68	0,641	38,461
5:00	2,6	4,08	0,637	38,235
5:15	3	4,49	0,668	40,089
5:30	3	3,81	0,787	47,244
5:45	3,05	4,62	0,660	39,610
6:00	3	4,1	0,731	43,902
6:15	3	6,07	0,494	29,654
6:30	2,75	5,41	0,508	30,499
6:45	3	3,73	0,804	48,257
7:00	2,75	5,41	0,508	30,499
7:15	3	3,73	0,804	48,257

7:30	2,75	3,48	0,790	47,413
7:45	3	4,35	0,689	41,379
8:00	3,1	4,09	0,757	45,476
8:15	2,32	3,5	0,662	39,771
8:30	2,75	4,53	0,607	36,423
8:45	2	7,22	0,277	16,620
9:00	2,5	9,35	0,267	16,042
9:15	2,1	11,7	0,179	10,769
9:30	2,3	15,8	0,145	8,734
9:45	2,3	14,79	0,155	9,330
10:00	2,25	17,06	0,132	7,913
10:15	2,75	10,56	0,260	15,625
10:30	2,3	9,26	0,248	14,903
10:45	3,1	22,4	0,138	8,303
11:00	2,5	28,65	0,087	5,235

Fuente: ESPÍN A., 2013

Gráfico N° 6 Variación horaria del caudal del día Miércoles



Fuente: ESPÍN A., 2013

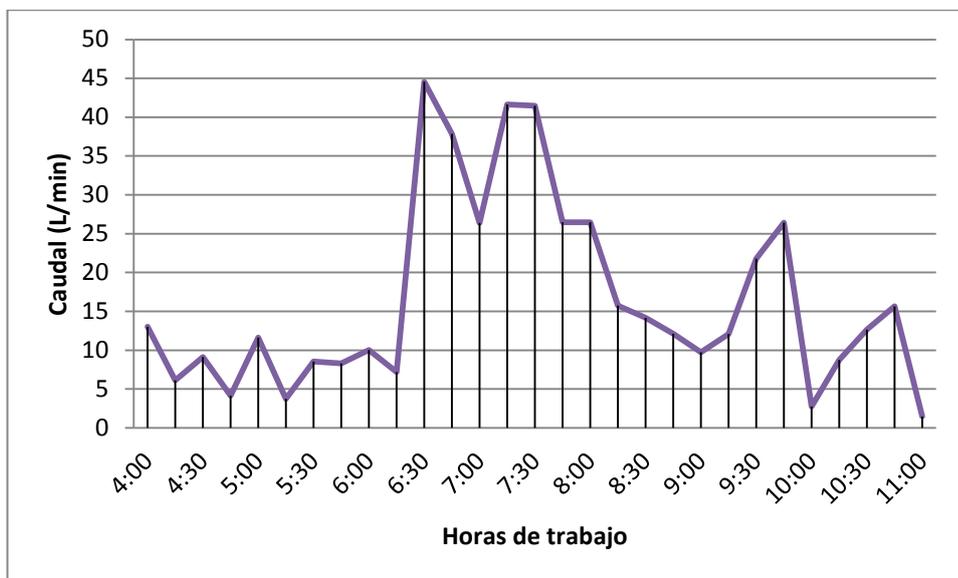
Tabla N° 35 Datos de medición del caudal del día Jueves

Hora	Volumen	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
4:00	3,05	14,05	0,217	13,025
4:15	2	19,65	0,102	6,106
4:30	2,3	15,14	0,152	9,115
4:45	2,16	31,1	0,069	4,167
5:00	2,7	13,93	0,193	11,629
5:15	2,14	34,25	0,062	3,748
5:30	2,2	15,45	0,142	8,543
5:45	2,25	16,27	0,139	8,297
6:00	2	11,98	0,167	10,016
6:15	2,68	22,29	0,120	7,214
6:30	3,14	4,23	0,742	44,439
6:45	3,25	5,15	0,631	37,864
7:00	2,9	6,59	0,440	26,403
7:15	2,97	4,28	0,693	41,635
7:30	3	4,34	0,691	41,474
7:45	2,32	5,26	0,441	26,463
8:00	2,7	6,12	0,441	26,470
8:15	3	11,42	0,262	15,762
8:30	2,1	8,89	0,236	14,173
8:45	3	14,85	0,202	12,121
9:00	3	18,46	0,162	9,750
9:15	3	14,88	0,201	12,096
9:30	2,5	6,89	0,362	21,770
9:45	2,3	5,22	0,440	26,436
10:00	2,1	45,41	0,046	2,774
10:15	3,15	21,59	0,146	8,754
10:30	2,75	13,03	0,211	12,663
10:45	2,25	8,62	0,261	15,661

11:00	2	82	0,024	1,463

Fuente: ESPÍN A., 2013

Gráfico N° 7 Variación horaria del caudal del día Jueves



Fuente: ESPÍN A., 2013

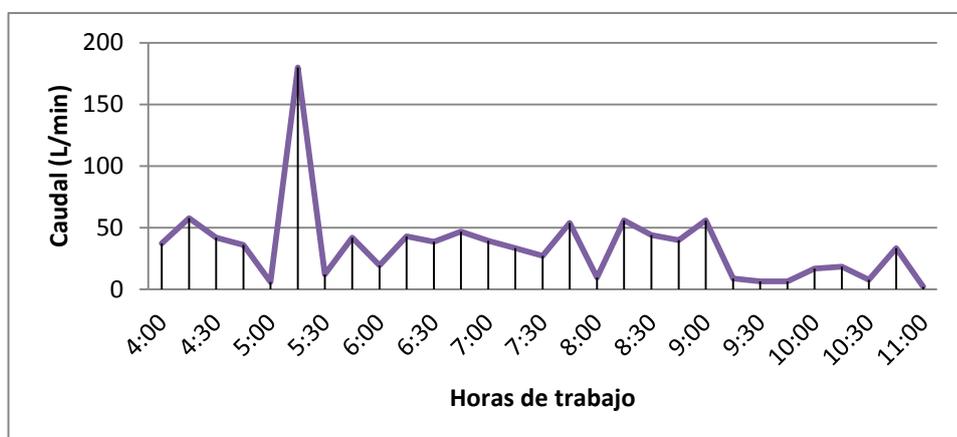
Tabla N° 36 Datos de medición del caudal del día Viernes

Hora	Volumen	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
4:00	3	4,81	0,623	37,422
4:15	2,75	2,85	0,965	57,894
4:30	3,3	4,7	0,702	42,127
4:45	2,34	3,9	0,6	36
5:00	2,2	22,21	0,099	5,943
5:15	3	1	3	180
5:30	2,6	12,68	0,205	12,302
5:45	3	4,28	0,700	42,056
6:00	2,2	6,81	0,323	19,383
6:15	3,3	4,6	0,717	43,043

6:30	2,52	3,9	0,646	38,769
6:45	2,25	2,88	0,781	46,875
7:00	3	4,57	0,656	39,387
7:15	2,5	4,48	0,558	33,482
7:30	2,4	5,26	0,456	27,376
7:45	3,4	3,78	0,899	53,968
8:00	2	12,32	0,162	9,740
8:15	4	4,29	0,932	55,944
8:30	3,55	4,82	0,736	44,190
8:45	2,75	4,13	0,665	39,951
9:00	4	4,29	0,932	55,944
9:15	3,3	22,21	0,148	8,914
9:30	3,3	29,95	0,110	6,611
9:45	3,3	29,66	0,111	6,675
10:00	3,2	11,34	0,282	16,931
10:15	3,14	10,23	0,306	18,416
10:30	3,6	27,19	0,132	7,944
10:45	3,5	6,28	0,557	33,439
11:00	1,75	49,83	0,035	2,107

Fuente: ESPÍN A., 2013

Gráfico N° 8 Variación horaria del caudal del día Viernes



Fuente: ESPÍN A., 2013

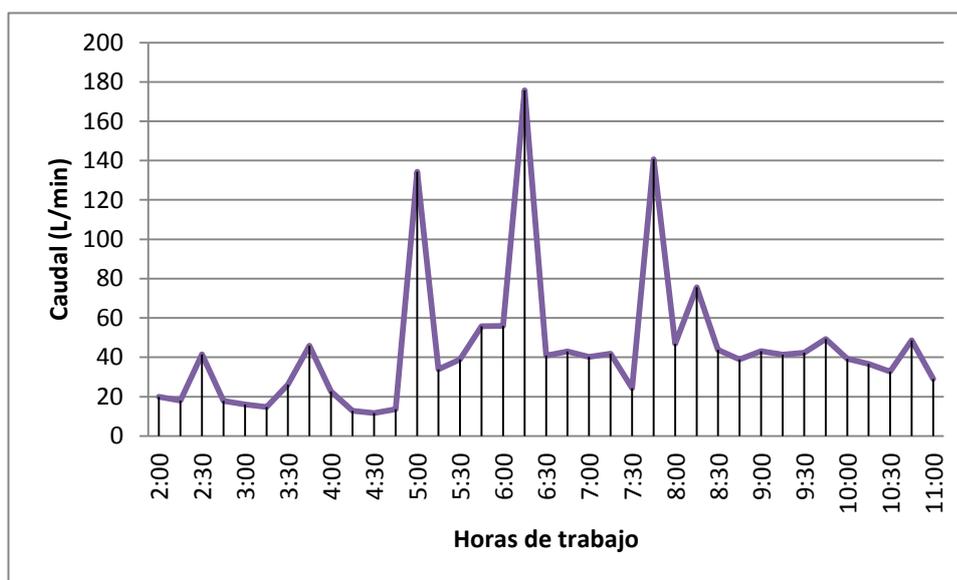
Tabla N° 37 Datos de medición del caudal del día Sábado

Hora	Volumen	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
2:00	3,75	11,28	0,332	19,946
2:15	3,25	10,79	0,301	18,072
2:30	3,25	4,7	0,691	41,489
2:45	3,25	10,95	0,296	17,808
3:00	3,12	11,68	0,267	16,027
3:15	3,25	13,21	0,246	14,761
3:30	3,5	8,06	0,434	26,054
3:45	3,1	4,05	0,765	45,925
4:00	3,05	8,04	0,379	22,761
4:15	3,25	15,13	0,215	12,888
4:30	2,5	12,79	0,195	11,727
4:45	2,75	12,05	0,228	13,693
5:00	3	1,34	0,328	134,328
5:15	2,6	4,6	0,565	33,913
5:30	3,75	5,79	0,647	38,860
5:45	3,8	4,09	0,929	55,745
6:00	3,5	3,75	0,933	56
6:15	3,75	1,28	2,929	175,781
6:30	2,75	4,04	0,680	40,841
6:45	3,2	4,47	0,715	42,953
7:00	3,14	4,68	0,670	40,256
7:15	3,25	4,65	0,698	41,935
7:30	2,6	6,43	0,404	24,261
7:45	3	1,28	2,343	140,625
8:00	2,5	3,2	0,781	46,875
8:15	3	2,38	1,260	75,630
8:30	3,36	4,6	0,730	43,826
8:45	2,75	4,24	0,648	38,915

9:00	3,2	4,45	0,719	43,146
9:15	3	4,35	0,689	41,379
9:30	3,22	4,56	0,706	42,368
9:45	3,75	4,56	0,822	49,342
10:00	3,17	4,85	0,653	39,216
10:15	3	4,91	0,610	36,659
10:30	3,5	6,41	0,546	32,761
10:45	3	3,7	0,810	48,648
11:00	3,25	6,71	0,484	29,061

Fuente: ESPÍN A., 2013

GráficoN° 9Variación horaria del caudal del día Sábado



Fuente: ESPÍN A., 2013

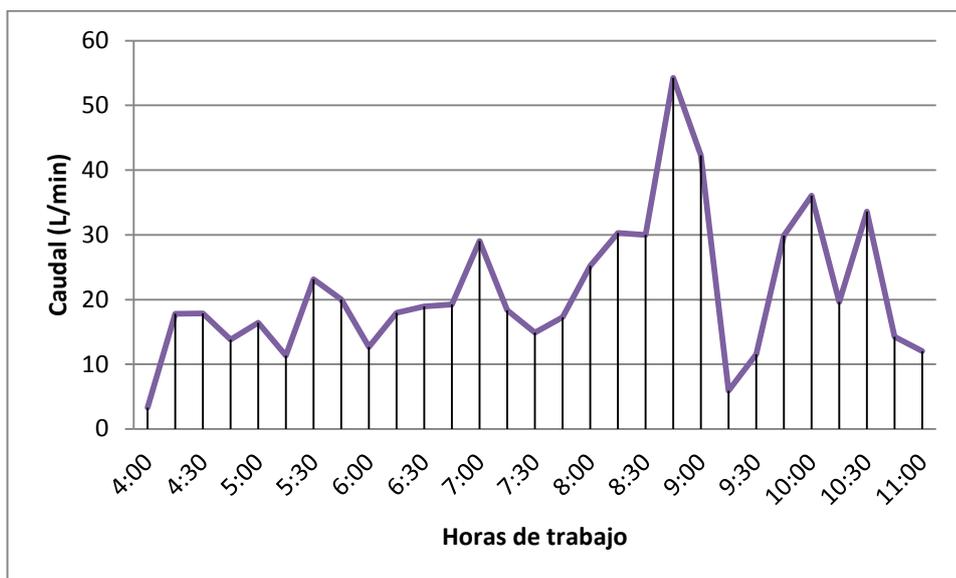
Tabla N° 38Datos de medición del caudal del día Domingo

Hora	Volumen	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
4:00	1,5	27,31	0,055	3,295
4:15	2,5	8,42	0,297	17,814
4:30	3,25	10,92	0,297	17,857

4:45	2,6	11,28	0,230	13,829
5:00	2,85	10,41	0,274	16,426
5:15	3,05	16,11	0,189	11,359
5:30	2,5	6,49	0,385	23,112
5:45	3	8,99	0,333	20,022
6:00	2,75	13,03	0,211	12,663
6:15	3	10,02	0,299	17,964
6:30	2,35	7,44	0,316	18,951
6:45	2,75	8,58	0,320	19,230
7:00	3,4	7,02	0,484	29,059
7:15	3,1	10,14	0,305	18,343
7:30	2,5	10,08	0,248	14,881
7:45	2,5	8,7	0,287	17,241
8:00	3	7,14	0,420	25,210
8:15	3,36	6,66	0,504	30,270
8:30	2,85	5,7	0,5	30
8:45	3,3	3,65	0,904	54,246
9:00	3,6	5,11	0,704	42,270
9:15	2,26	22,97	0,098	5,903
9:30	2,38	12,36	0,192	11,553
9:45	2,6	5,22	0,498	29,885
10:00	3,3	5,49	0,602	36,065
10:15	2,7	8,25	0,327	19,636
10:30	2,9	5,18	0,559	33,590
10:45	2,25	9,48	0,237	14,240
11:00	2,25	11,22	0,200	12,032

Fuente: ESPÍN A., 2013

GráficoN° 10Variación horaria del caudal del día Domingo



Fuente: ESPÍN A., 2013

2.3.2.9. Datos de parámetros fuera de la norma

Tabla N° 39 Parámetros fuera de la norma

Determinación	Resultado	Límite	Condición
DBO ₅	2855 mg/L	250 mg/L	No cumple
DQO	4590 mg/L	500 mg/L	No cumple
Sólidos totales	9213,33	1600 mg/L	No cumple
Sólidos suspendidos	514 mg/L	220 mg/L	No cumple
Coliformes fecales	92012000 UFC/100ml	Remoción > 99,9 %	No cumple
Coliformes Totales	12654000 UFC/100ml	Promedio mensual < 5000	No cumple

Fuente: ESPÍN A., 2013

CAPITULO III

3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTON ALAUSI

3.1. CÁLCULOS

3.1.1. Caudal

Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento se necesita conocer la cantidad de agua por animal se utiliza, para lo cual se toma los respectivos caudales. Se tomó datos en el día de mayor faenamiento que es el día sábado teniendo como datos los siguientes resultados: 485,207 L/bovino, 196,774 L/porcino y 168,943 L/ovino.

a. Consumo de agua

Para calcular la cantidad de agua residual generada en el camal municipal del cantón Alausí se determina mediante las ecuaciones 2, 3, 4 tomando en cuenta los valores de la tabla 25.

$$Q_b = \frac{L}{\text{bovino}} \times N^{\circ} \text{bovinos}$$

$$Q_b = 485,207 \frac{L}{\text{bovino}} \times 5$$

$$Q_b = 2426,03 \frac{L}{d}$$

$$Q_b = 2,43 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_p = \frac{L}{\text{porcino}} \times N^{\circ} \text{porcinos}$$

$$Q_p = 196,775 \frac{L}{\text{porcino}} \times 4$$

$$Q_p = 787,1 \frac{L}{d}$$

$$Q_P = 0,787 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_o = \frac{L}{ovino} \times N^\circ \text{ ovinos}$$

$$Q_o = 168,943 \frac{L}{ovino} \times 3$$

$$Q_o = 506,83 \frac{L}{d}$$

$$Q_o = 0,507 \frac{m^3}{d}$$

Para calcular el total de agua consumida tomamos la ecuación 5.

$$Q = Q_b + Q_P + Q_o$$

$$Q = (2,43 + 0,787 + 0,507) \frac{m^3}{d}$$

$$Q = 3,724 \frac{m^3}{d}$$

Dónde:

Q_b =caudal por bovino (m^3/d)

Q_p =caudal por porcino (m^3/d)

Q_o =caudal por ovino (m^3/d)

Q =caudal total (m^3/d)

b. Índice de consumo de carne

Para calcular el índice de consumo de carne se necesita saber la cantidad de bovinos, porcinos y ovinos, mediante las ecuaciones 6, 7, 8 utilizando valores de la tabla 24 y 26:

$ICCB = N^{\circ} \text{ de bovinos faenados} \times \text{peso promedio}$

$$ICCB = 5 \times 453$$

$$ICCB = 2265 \frac{lb.}{d}$$

$ICCP = N^{\circ} \text{ de porcinos faenados} \times \text{peso promedio}$

$$ICCP = 4 \times 150$$

$$ICCP = 600 \frac{lb}{d}$$

$ICCO = N^{\circ} \text{ de ovinos faenados} \times \text{peso promedio}$

$$ICCO = 3 \times 66$$

$$ICCO = 198 \frac{lb}{d}$$

Para calcular en índice de consumo de carne total lo realizamos con la ecuación 9:

$$ICC = ICC + ICCP + ICCO$$

$$ICC = (2265 + 600 + 198) \frac{lb}{d}$$

$$ICC = 3063 \frac{lb}{d}$$

El consumo por habitante se determina mediante la ecuación 10, tomando en cuenta los datos para cada ejemplar:

$$ICC = \frac{\text{consumo de carne}}{\text{poblacion actual}}$$

En el caso de bovinos:

$$ICCB = 2265 / 6330$$

$$ICCB = 0,35 \frac{lb}{habitante \times d}$$

En el caso de porcinos:

$$ICCP = 600/6330$$

$$ICCP = 0,09 \frac{lb}{habitante \times d}$$

En el caso de ovinos:

$$ICCO = 229,8/6330$$

$$ICCO = 0,03 \frac{lb}{habitante \times d}$$

Dónde:

ICCB = índice de consumo de carne bovinos

ICCP = índice de consumo de carne porcinos

ICCO = índice de consumo de carne ovinos

ICC = índice de consumo de carne

c. Cálculo de la población proyectada

Para calcular la población proyectada se ha escogido el método para crecimiento geométrico, mediante la ecuación 11:

$$P f = Pa(1 + rn)$$

$$P f = 6330(1 + 0,08 \times (2033 - 2013))$$

$$P f = 16458 \text{ habitantes}$$

Dónde:

Pf= población proyectada

Pa = población actual

r = tasa de crecimiento anual

n= periodo de tiempo (año futuro- año actual)

d. Demanda proyectada

La demanda futura se puede calcular mediante la ecuación 12:

$$DP = P \text{ poryectada} \times ICC$$

Para bovinos tenemos:

$$DP = 16458 \times 0,35$$

$$DP = \frac{5760,3}{453}$$

$$DP = 12,71 \frac{\text{bovinos}}{d}$$

Para porcinos tenemos:

$$DP = 16458 \times 0,09$$

$$DP = \frac{1481}{150}$$

$$DP = 9,87 \frac{\text{porcinos}}{d}$$

Para ovinos tenemos:

$$DP = 16458 \times 0,03$$

$$DP = \frac{493,7}{66}$$

$$DP = 7,48 \frac{\text{ovinos}}{d}$$

$$DP = 12,7 + 9,87 + 7,48$$

$$DP = 30,4 \frac{\text{animales}}{d}$$

Dónde:

P f = población proyectada a 20 años

DP= demanda proyectada

e. Caudal proyectado

El caudal futuro de agua que se consumirá se calcula con la ecuación 13:

$$Q p = DF \times CAA$$

$$Q p = 30,4 \times 3,724$$

$$Q p = 113,2 \frac{m^3}{d}$$

$$Q p = 0,0039 \frac{m^3}{s}$$

Dónde:

Q proyectado = caudal proyectado

CAA = consumo de agua por cada animal

3.1.2. Cálculos para el canal

a. Área del canal

El área del canal se calcula con la ecuación 14, tomando en cuenta los datos requeridos para el cálculo, de las Normas para Estudio y diseño de agua potable y Disposición de aguas Residuales resumidas en la tabla 4:

$$A = b \times h$$

$$A = 0,5 m \times 0,6 m$$

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

Dónde:

A = Área del canal (m²)

b = Base del canal (m)

h = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

Dejando una altura de tirante para el canal de 0,3 m.

b. Radio Hidráulico

Se calcula el radio hidráulico con la ecuación 15

$$R = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

$$R = \frac{0,5 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}}{0,5 \text{ m} + 2(0,6 \text{ m})}$$

$$R = 0,176 \text{ m}$$

También es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso mediante la ecuación 16:

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

$$v = \frac{1}{0,013} \times (0,176 \text{ m})^{2/3} \times (0,0005 \text{ m/m})^{1/2}$$

$$v = 0,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dónde:

v = velocidad (m/s)

n= coeficiente de Manning (0,013 para canales de hormigón)

R= radio hidráulico (m)

S= gradiente hidráulico (m/m) 0,0005

3.1.3 Cálculos para las rejillas de limpieza manual

a. Determinación del área de las barras

Para determinar la velocidad de entrada al área libre entre las barras utilizamos la ecuación 17:

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}}$$
$$A_L = \frac{0,0039 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$$
$$A_L = 0,086 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_L = velocidad del área de las barras (m^2)

Q = caudal (m^3/s)

V_{RL} = velocidad de aproximación (m/s)

b. Área de la sección transversal del flujo

El área de la sección transversal se determina con la ecuación 18:

$$A_f = A_L \frac{(E + s)}{E}$$
$$A_f = 0,0086 \text{ m}^2 \frac{(0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m})}{0,02 \text{ m}}$$
$$A_f = 0,013 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_f = área de la sección transversal (m^2)

E=separación entre barras (m)

s= espesor de la barra(m)

c. Longitud sumergida de la rejilla

Para conocer el nivel máximo de agua para se determina mediante la ecuación 19:

$$d_{max} = \frac{Q}{V_{RL} \times B}$$
$$d_{max} = \frac{0,0039m^3}{0,45 \text{ m/s} \times 0,050(m)}$$
$$d_{max} = 0,17 \text{ m}$$

Dónde:

d_{max} =nivel máximo (m)

B = ancho de la rejilla (m)

Para cálculo de la longitud sumergida el de la rejilla se toma en cuenta la ecuación 20:

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen } 45^\circ}$$
$$L_s = \frac{0,17m}{\text{sen } 45^\circ}$$
$$L_s = 0,24 \text{ m}$$

Dónde:

θ° =grado de inclinación de las rejillas

d. Número de barras

Para determinar el número de barras se debe aplicar la ecuación 21:

$$n = \frac{b}{E + s}$$

$$n = \frac{0,5 \text{ m}}{0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m}}$$

$$n = 16,6 \approx 17$$

Dónde:

b = ancho del canal (m)

E = separación entre barras (m)

s = espesor de las barras (m)

e. Cálculo de la pérdida de carga a través de las rejillas

La pérdida de carga a través de las rejillas se calcula con la ecuación 22.

$$H_f = \frac{1}{C} \left(\frac{v^2 - va^2}{2g} \right)$$

$$H_f = \frac{1}{0,6} \left(\frac{(0,6 \text{ m/s})^2 - (0,45 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$H_f = 0,012 \text{ m}$$

Dónde:

v= velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja(m/s)

va= velocidad de aproximación del fluido hacia la reja (m/s)

g= aceleración de la gravedad (m/s²)

C = coeficiente de flujo para rejilla obstruida (0,6).

3.1.4 Cálculos para el tanque de sedimentación

a. Determinación del área del Sedimentador

Para el cálculo del área superficial del sedimentador se determina mediante la ecuación 25 usando valores de la carga superficial de la tabla 8.

$$A = \frac{Q}{carga}$$
$$A = \frac{113,21 \text{ m}^3/d}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2 d}$$
$$A = 4,72 \text{ m}^2$$

Se corrige la carga superficial:

$$carga = \frac{Q}{A}$$
$$carga = \frac{113,21 \text{ m}^3/d}{4,72 \text{ m}^2}$$
$$carga = 24 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 d}$$

Dónde:

A= área (m²)

Q= caudal (m³/ d)

Carga= carga superficial (m³/ m² día)

b. Cálculo del diámetro del sedimentador

El diámetro del sedimentador calculamos con la ecuación 28.

$$\phi = \sqrt{4 \times A/\pi}$$

$$\varnothing = \sqrt{4 \times 4,72m^2 / 3,1416}$$

$$\varnothing = 2,45 \text{ m}$$

Para el radio del sedimentador calculamos con la ecuación 29.

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = \sqrt{4,72m^2 / 3,1416}$$

$$r = 1,23 \text{ m}$$

Dónde:

A= área (m²)

\varnothing = diámetro (m)

r = radio (m)

c. Cálculos del volumen del sedimentador

Se supone una relación 1:2, utilizando la ecuación 32 para determinar el ancho del sedimentador.

$$a = \sqrt{A/2}$$

$$a = \sqrt{4,72m^2 / 2}$$

$$a = 1,54 \text{ m}$$

Se determina el largo del sedimentador mediante la ecuación 31.

$$L = 2a$$

$$L = 2(1,54 \text{ m})$$

$$L = 3,08 \text{ m}$$

Entonces el volumen del sedimentador se determina mediante su área y el largo del mismo, y según la Ecuación 30es:

$$V = L \times A$$

$$V = 3,08\text{m} \times 4,72\text{m}^2$$

$$V = 14,54 \text{ m}^3$$

Dónde:

V= volumen del sedimentador (m^3)

L = largo (m)

A= área (m^2)

d. Tiempo de retención hidráulico

Para determinar el tiempo de retención en el sedimentador se utiliza la ecuación 33.

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

$$T_r = \frac{14,54\text{m}^3}{14,15 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$T_r = 1,03 \text{ h}$$

Dónde:

Tr = tiempo de retención (h)

V= volumen (m^3)

Q= caudal (m³/h)

e. Área de la sección transversal

Mediante la ecuación 34 se determina el área de sección transversal.

$$At = \frac{V}{L}$$

$$At = \frac{14,54 \text{ m}^3}{3,08 \text{ m}}$$

$$At = 4,72 \text{ m}^2$$

Dónde:

At= área de sección transversal (m²)

V= volumen del sedimentador (m³)

L= largo del sedimentador (m)

f. Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre se determina mediante la ecuación 35.

$$Vh = [8K(s - 1)g \times d/f]^{1/2}$$

$$Vh = \left[8 \times 0,05(1,05 - 1)9,81 \times 0,01/0,03 \right]^{1/2}$$

$$Vh = 0,25 \text{ m/s}$$

Dónde:

Vh= velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastres de las partículas (m/s)

K= constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado (0,04 para arena unigranular, 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05.

s= densidad relativa de las partículas, para el cálculo usaremos el valor 1,05.

g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

d = diámetro de las partículas 0,01

f = los valores para el factor de fricción de Darcy- Weisbach va desde 0,02 hasta 0,03 en este caso vamos a utilizar el ultimo valor.

g. Remoción de SST y DBO

Para determinar la tasa de remoción de la DBO se utiliza le ecuación 36 y utilizando valores de la tabla 9.

$$R = \frac{t}{a + bt}$$
$$R = \frac{1,02}{0,018 + 0,020(1,02)}$$
$$R = 26 \%$$

Con la misma ecuación sino que para el caso de SST tenemos:

$$R = \frac{t}{a + bt}$$
$$R = \frac{1,02}{0,075 + 0,014(1,02)}$$
$$R = 11,42 \%$$

Dónde:

R = porcentaje de remoción (%)

t = tiempo nominal de retención (h)

a, b = constantes empíricas

3.1.5. Cálculos para el tanque de aireación

a. Tiempo de retención hidráulica

Tomamos en cuenta la ecuación 37:

$$\theta = \frac{1}{Y \times k \times S_e - K_d}$$
$$\theta = \frac{1}{0,03 \times 0,10 \text{ L/mg} \times d \times (2885 \text{ mg/L} - 0,20 \text{ d}^{-1})}$$
$$\theta = 0,12 \text{ d}$$
$$\theta = \theta_c$$

Dónde:

θ = tiempo de retención (d)

Y= coeficiente de producción de lodos, varían entre 0,5 y 0,8 mg SSV/mg DBO₅

k= tasa constante de primer orden de remoción de DBO₅, varía entre 0,03 a 0,10 (L/mg × d)

S_e = concentración de DBO₅ del afluente, (mg/L)

k_d= tasa constante relativa a la respiración endógena , varía entre 0,05 y 0,025(d⁻¹).

b. Relación alimentación/microorganismos

La relación alimentación/microorganismo se calcula con la ecuación 38:

$$F/M = \frac{S_0}{\theta X_{v,a}(\theta)}$$
$$F/M = \frac{2885 \text{ mg/L}}{0,12 \text{ (d)} \times 61,15 \text{ mg/L}}$$
$$F/M = 393,16 \text{ d}^{-1}$$

Dónde:

F/M= relación alimentación- microorganismos (d^{-1})

S_0 = concentración de DBO_5 del afluente (mg/L)

$X_{v,a(\theta)}$ = concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y en el efluente (mg/L).

c. Concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en la masa líquida de la laguna y en el efluente.

Se calcula mediante la ecuación 39:

$$X_{v,a(\theta)} = \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + K_d \times \theta}$$
$$X_{v,a(\theta)} = \frac{0,03(2885 \text{ mg/L} - 820 \text{ mg/L})}{1 + 0,20d^{-1} \times 0,12d^{-1}}$$

$$X_{v,a(\theta)} = 60,50 \text{ mg/L}$$

Dónde:

$X_{v,a(\theta)}$ = concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y en el efluente (mg/L)

d. Concentración real de DBO_5 en el efluente

Se calcula con la ecuación 40:

$$S'_e = S_e + 0,54X_{v,a(\theta)}$$

$$S'_e = 820 \text{ mg/L} + 0,54(60,50 \text{ mg/L})$$

$$S'_e = 852,67 \text{ mg/L}$$

Dónde:

S'_e = concentración real de DBO_5 en el efluente (mg/L)

e. Rendimiento de la depuración

Se lo calcula con la ecuación 41:

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0} \times 100$$

$$E = \frac{2885 \text{ mg/L} - 852,67 \text{ mg/L}}{2885 \text{ mg/L}} \times 100$$

$$E = 70,44 \%$$

Dónde:

E= rendimiento o reducción real de la DBO (%)

f. Volumen de la Laguna

Para el cálculo del volumen de la laguna tomamos en cuenta la ecuación 42:

$$V = Q \times \theta$$

$$V = 113,2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 0,12 \text{ d}$$

$$V = 13,58 \text{ m}^3$$

g. Largo, ancho de la laguna

Asumiendo estos valores tenemos:

$$L = 2a$$

Así tenemos con la ecuación 44 para calcular el ancho de la laguna:

$$a = \sqrt{\frac{V}{2}}$$

$$a = \sqrt{\frac{13,58}{2}}$$

$$a = 2,60 \text{ m}$$

Y para calcular la longitud del tanque tomamos la ecuación 45:

$$L = 2a$$

$$L = 2(2,60)$$

$$L = 5,20 \text{ m}$$

Dónde:

V= volumen de la laguna (m³)

L= largo del tanque (m)

a = ancho del tanque (m)

h. Producción observada

La producción observada se calcula con la ecuación 46:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,8 \text{ mg SSV} / \text{mg DBO}_5}{1 + 0,2d^{-1} \times 0,12d}$$

$$Y_{obs} = 0,78 \text{ mg SSV} / \text{mg DBO}_5$$

Dónde:

Y_{obs} = producción observada (mg SSV/mg DBO₅)

θ_c = edad de los lodos (d)

i. Requerimiento de oxígeno

Tomamos en cuenta la ecuación 48:

$$WO_2 = F \times E \times S_o \times 10^{-3}$$

$$WO_2 = 1,5 \times 0,63 \times 2885 \text{ mg/L} \times 10^{-3}$$

$$WO_2 = 38,57 \text{ Kg } O_2/h$$

Dónde:

WO₂= requerimiento de oxígenos (KgO₂/h)

E = eficiencia fraccional de remoción de DBO

F= relación entre la DBO última y la DBO estándar

S_o = DBO afluente (mg/ L)

j. Tasa de transferencia total de oxígeno en el campo

Lo realizamos con la ecuación 49:

$$N = N_0 \left[\alpha \left(\frac{\beta C_{sw} - C_L}{C_{st}} \right) \times 1,024^{(T-20)} \right]$$

$$N = 1,75 \text{ Kg } O_2/kWh \left[0,8 \left(\frac{0,9(5,997 \text{ mg/L} - 2 \text{ mg/L})}{9,17 \text{ mg/L}} \right) \times 1,024^{(20-20)} \right]$$

$$N = 0,53 \text{ Kg } O_2/KW h$$

Dónde:

N= tasa de transferencia total de oxígenos en el campo (KgO₂/KW h)

N_0 = tasa de transferencia total de oxígeno mediante pruebas de condiciones estándares, a 20°C y oxígeno disuelto igual a cero, (varia de 1,5 a 2,0 KgO₂/KW h)

β = factor de corrección para la salinidad y tensión superficial. Sus valores varían entre 0,90 y 0,98.

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

C_{st} = valor de saturación de oxígeno en el agua 9,17 mg/L.

C_L = concentración de oxígeno disuelto en la laguna (mg/L), varia de (0,5 a 2,0 mg/L).

T = temperatura de funcionamiento (°C)

α = factor de corrección para la transferencia de oxígeno para la purga. Sus valores usuales son de 0,4 a 0,8.

k. Corrección de C'_{sw}

La corrección a una determinada con la ecuación 50:

$$C'_{sw} = C_{sw} \left(\frac{P_A - P}{760 - P} \right)$$

Según Ramalho se puede asumir que: $C_{sw} = 8,4$ mg/L

$$C'_{sw} = 8,4 \left(\frac{546 - 18}{760 - 18} \right)$$

$$C'_{sw} = 5,997 \text{ mg /L}$$

C_{sw} = concentración de saturación de oxígeno disuelto en el agua en un tanque de aireación (mg/L)

P_A = presión barométrica (546 mmHg)

P = presión de vapor de agua saturada a temperatura de aguas residuales (18 mmHg a 20°C).

l. Potencia total necesaria

Se calcula con la ecuación 51:

$$P_t = \frac{W O_2}{24 \times N}$$

$$P_t = \frac{38,57}{24 \times 0,53}$$

$$P_t = 3,03 \text{ KW}$$

Dónde:

P_t = potencia total necesaria (KW)

m. Potencia unitaria de aireación

Se determina con la ecuación 52:

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

$$P = \frac{3,03}{13,58}$$

$$P = 0,22 \text{ kW/m}^3$$

Dónde:

P = potencia unitaria de aireación (KW/m³)

3.1.6. Cálculos para el tanque de floculación

a. Área del tanque de floculación

Para determinar el área superficial del sedimentador se obtiene utilizando la ecuación 53:

$$A = \frac{Q}{\text{carga}}$$

$$A = \frac{113,2 \text{ m}^3/d}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2d}$$

$$A = 4,72 \text{ m}^2$$

Dónde:

A= área (m²)

Q= caudal (m³/h)

Carga= carga superficial (m³/ m² día)

Luego se calcula el ancho del tanque con la ecuación 54:

$$a = \sqrt{A/2}$$

$$a = \sqrt{4,72\text{m}^2/2}$$

$$a = 1,54 \text{ m}$$

Posteriormente calculamos la longitud del tanque de floculación con el valor del ancho y el área con la ecuación 55:

$$L = 2 \times a$$

$$L = 2 \times 1,54 \text{ m}$$

$$L = 3,08 \text{ m}$$

Dónde:

L= largo del tanque floculador (m)

a = ancho del tanque floculador (m)

b. Volumen del tanque de floculación

Con los valores anteriores podemos obtener el volumen del tanque de floculación utilizando la ecuación 56:

$$\begin{aligned}V &= L \times A \\V &= 3,08m \times 4,72m^2 \\V &= 14,54 m^3\end{aligned}$$

El diámetro se puede calcular mediante la siguiente expresión 57:

$$\begin{aligned}\phi &= \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} \\ \phi &= \sqrt{4 \times \frac{4,72m^2}{\pi}} \\ \phi &= 2,45 m\end{aligned}$$

Dónde:

ϕ = diámetro del tanque floculador (m)

A= área del tanque floculador (m²)

π = numero irracional 3,1416

c. Tiempo de retención hidráulico

En base al caudal a tratar y volumen del tanque se determina el tiempo de retención hidráulico con la ecuación 58:

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

$$Tr = \frac{14,54m^3}{14,15 m^3/h}$$

$$Tr = 1,03 h$$

Dónde:

Tr = tiempo de retención hidráulico (h)

V= volumen del tanque floculador (m³)

Q= caudal a tratar (m³/h)

Para el dimensionamiento de las paletas de agitación tomamos en cuenta lo siguiente:

Cálculos para las paletas de agitación

d. Diámetro del impulsor

Se determina mediante la ecuación 59:

$$di = \frac{1}{3} \phi \text{ del tanque}$$

$$di = \frac{1}{3} 2,45 m$$

$$di = 0,82 m$$

e. Altura del impulsor respecto del fondo

Se determina mediante la ecuación 60:

$$Hi = di$$

$$Hi = 0,82 m$$

f. Ancho de las palas del impulsor

Lo obtenemos de la ecuación 61:

$$q = \frac{1}{5} di$$
$$q = \frac{1}{5} 0,82 \text{ m}$$
$$q = 0,16 \text{ m}$$

g. Longitud de las palas del impulsor

Se lo calcula mediante la ecuación 62:

$$l = \frac{1}{4} di$$
$$l = \frac{1}{4} 0,82 \text{ m}$$
$$l = 0,21 \text{ m}$$

h. Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central

La podemos obtener mediante la ecuación 63:

$$l_{DC} = \frac{1}{2} di$$
$$l_{DC} = \frac{1}{2} 0,82 \text{ m}$$
$$l_{DC} = 0,41 \text{ m}$$

i. Diámetro del disco central

Lo podemos determinar mediante la ecuación 64:

$$s = \frac{1}{4} \emptyset \text{ tanque}$$
$$s = \frac{1}{4} 2,45 \text{ m}$$
$$s = 0,61 \text{ m}$$

j. Potencia disipada de la mezcla

Se calcula con la ecuación 65 para lo cual el valor del Gradiente de velocidad se lo toma de la tabla 12.

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

$$P = \left(\frac{50}{s}\right)^2 \times \left(1,009 \times 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}\right) \times 14,54 m^3$$

$$P = 366,77 W$$

Dónde:

P= potencia necesaria (W)

G= gradiente de velocidad (1/s)

μ = viscosidad dinámica visto en tablas a 20° C

V = volumen del floculador (m³)

k. Área requerida por las paletas

Con la finalidad de una agitación adecuada el área requerida de las paletas se determina a partir de la ecuación 66, tenemos valores estándares de coeficiente de resistencia de las paletas tomados de la tabla 13 y la velocidad relativa de las paletas de la tabla 11:

$$A = \frac{2 \times P}{C_D \times \rho \times v^3}$$

$$A = \frac{2 \times 366,7 W}{1,2 \times 1000 \frac{kg}{m^3} \times (0,75 m/s)^3}$$

$$A = 1,45 m^2$$

Dónde:

A = área de la sección transversal de la paleta (m²)

P= potencia necesaria (W)

C_D = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

ρ = densidad del fluido (Kg/m^3)

v = velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s).

l. Longitud de la Paleta

El calcula de la longitud de la paleta representa el área transversal de la misma con la ecuación 68:

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

$$l = \frac{1,45\text{m}^2}{0,8\text{ m}}$$

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

Dónde:

l = longitud de la paleta (m)

b = ancho de la paleta (m)

m. Diagrama de flujo volumétrico para el tanque floculador

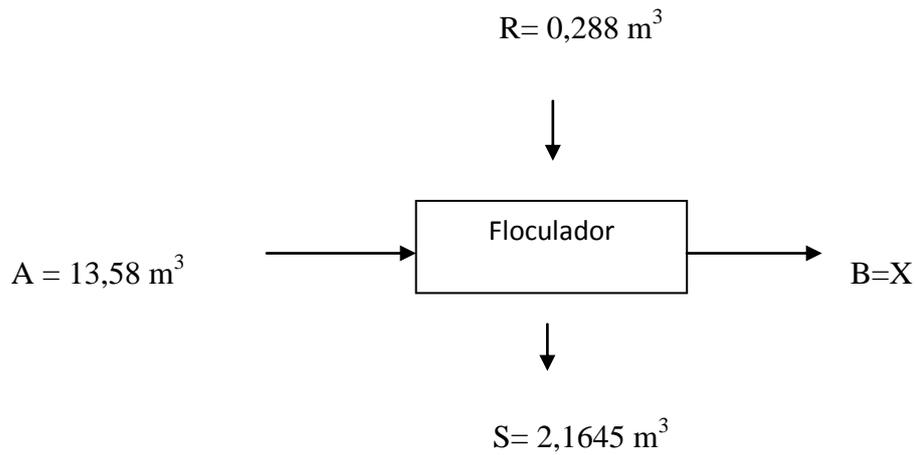
Para este balance se toma en cuenta los siguientes datos:

Cantidad de coagulante = $0,144\text{ m}^3$

Cantidad de floculante = $0,144\text{ m}^3$

Volumen de sedimento = $2,1645\text{ m}^3$

Volumen a tratar = $13,58\text{ m}^3$



Dónde:

A = Entrada del caudal de agua a tratar (m^3)

R = Entrada de coagulante policloruro de aluminio y floculante aniónico FL 180 (m^3)

S = salida del sedimento generado por el proceso (m^3)

B = Salida del proceso del efluente (m^3)

Así tenemos:

$$A + R = B + S$$

$$13,58 \text{ m}^3 + 0,288 \text{ m}^3 = B + 2,1645 \text{ m}^3$$

$$B = 13,58 \text{ m}^3 + 0,288 \text{ m}^3 - 2,1645 \text{ m}^3$$

$$B = 11,70 \text{ m}^3$$

3.2. RESULTADOS

3.2.1. Resultados de la medición de caudal

a. Resultados de la medición de caudal promedio de cada día de la semana de trabajo

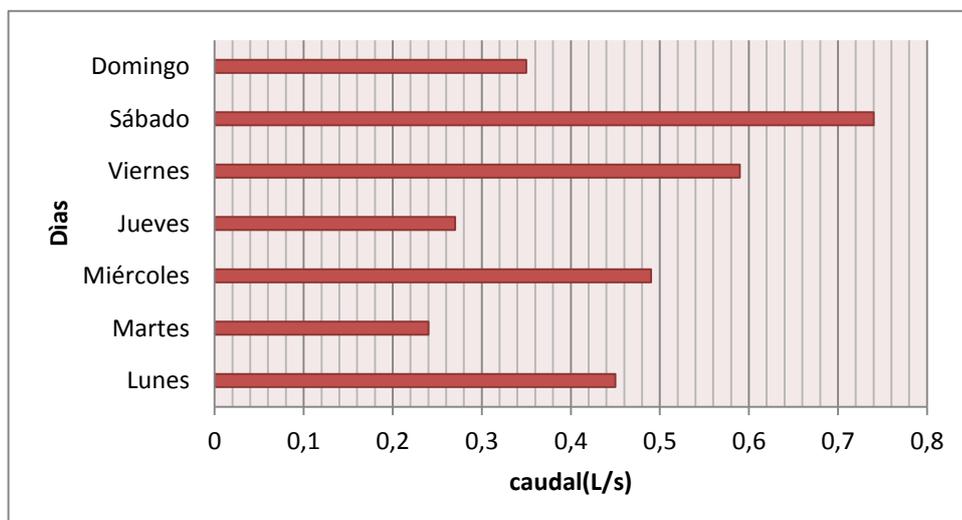
La medición del caudal se realizó en el alcantarillado público en la descarga del efluente del camal teniendo como resultados:

Tabla N° 40 Promedio de caudales diarios

Día	Caudal (L/s)
Lunes	0,45
Martes	0,24
Miércoles	0,49
Jueves	0,27
Viernes	0,59
Sábado	0,74
Domingo	0,35

Fuente: ESPIN A., 2013.

Gráfico N° 11 Resultados de la medición de caudal



Fuente: ESPIN A., 2013.

3.2.2. Resultados de las Pruebas de tratabilidad

a. Dosificación de coagulante (policloruro de aluminio 10%) y floculante aniónico (FL 180 0,1%)

Tabla N ° 41 Dosificación de coagulante y floculante en agua aireada

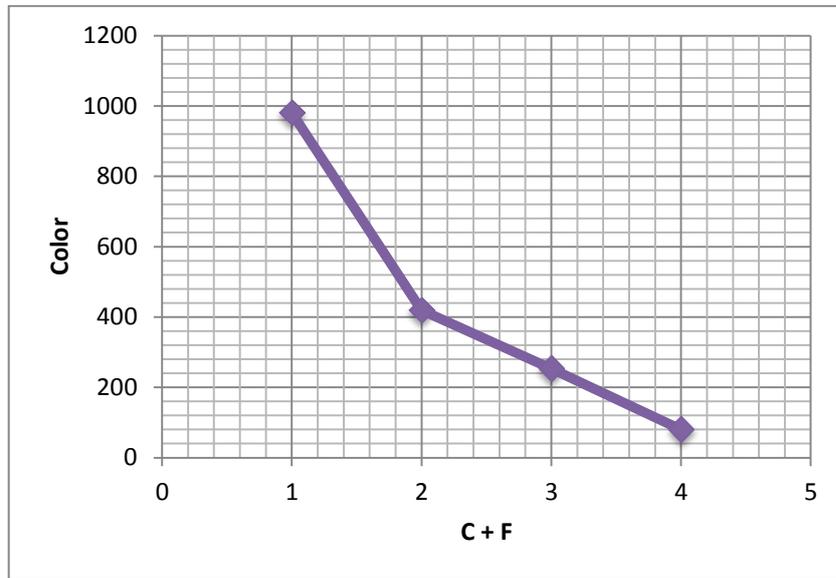
Coagulante (ppm)	Floculante (ppm)	Calidad de floc	Volumen del lodo (ml)	Color
400	10	Flóculo compacto	150	980
500	10	Flóculo compacto	150	419
1000	10	Flóculo compacto	150	253
2000	10	Flóculo compacto	150	80

Fuente: ESPIN A., 2013

Tomando en cuenta que la solución de coagulante de policloruro de aluminio se la preparo al 10 % teniendo como valor óptimo de los que se utilizó 1000 ppm y un solución de floculante aniónico FL 180 preparado al 0,1% utilizando 10 ppm todos estos datos fueron tomados en 500 ml de muestra.

Los datos escogidos fueron con los que se cumplía con los objetivos con los límites establecidos por la norma.

Gráfico N°12 Disminución del color en agua aireada



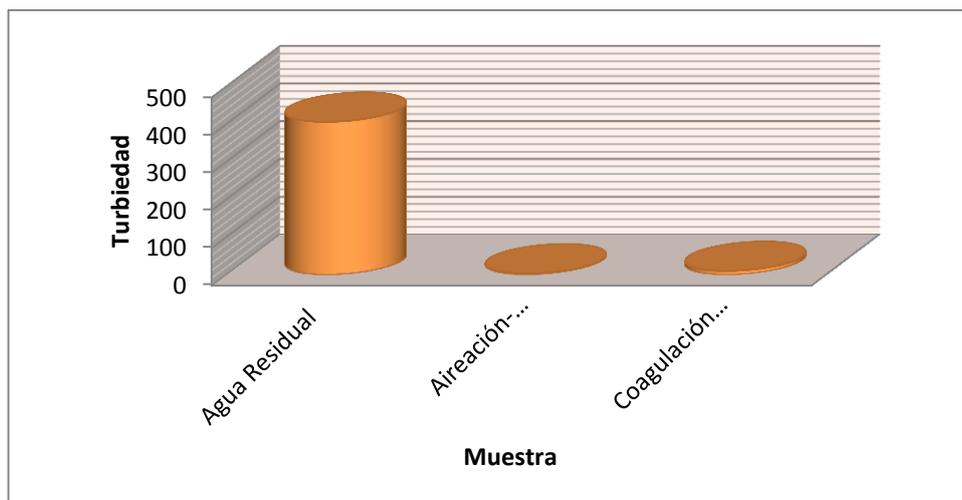
Fuente: ESPIN A., 2013

Tabla N° 42 Disminución de turbiedad

Agua residual (UNT)	Agua tratada (aireación-coagulación floculación)	Agua tratada (coagulación floculación – aireación)
406,33	3,45	10,10

Fuente: ESPIN A., 2013.

Gráfico N°13 Disminución de la turbiedad



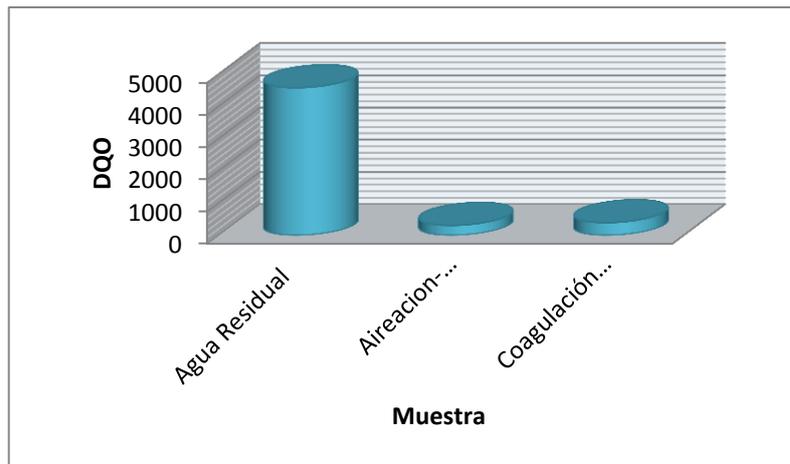
Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 43 Disminución de la DQO

Agua residual (mg/L)	Agua tratada (aireación-coagulación floculación)	Agua tratada (coagulación floculación – aireación)
4590	314	397

Fuente: ESPIN A., 2013

Gráfico N° 14 Disminución de la DQO



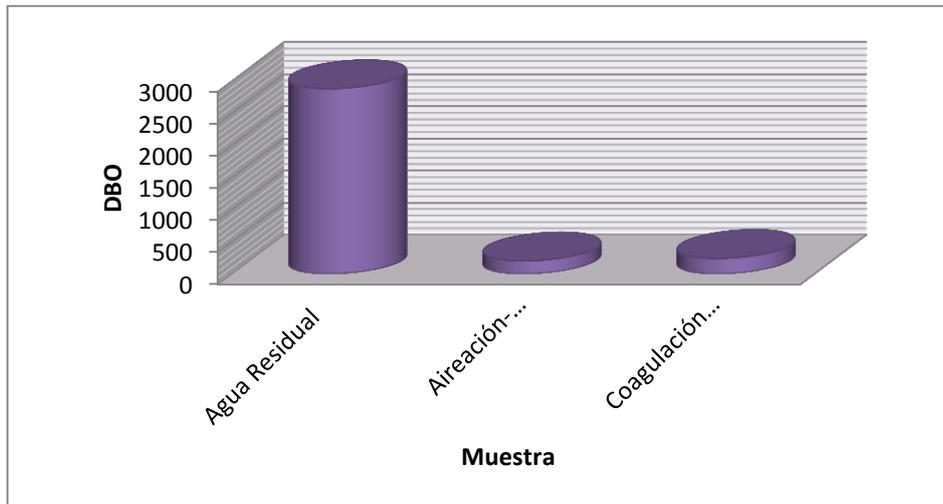
Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 44 Disminución de la DBO

Agua residual (mg/L)	Agua tratada (aireación-coagulación floculación)	Agua tratada (coagulación floculación – aireación)
2885	204	243

Fuente: ESPIN A., 2013.

Grafico N°15 Disminución de la DBO



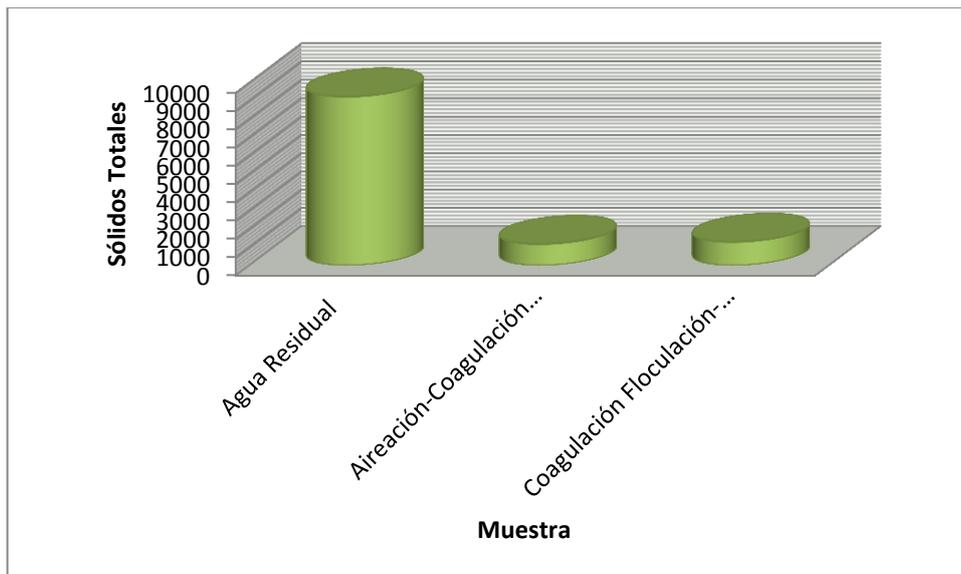
Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 45 Disminución de sólidos totales

Agua residual (mg/L)	Agua tratada (aireación-coagulación floculación)	Agua tratada (coagulación floculación – aireación)
9213,33	1164	1280

Fuente: ESPIN A., 2013.

Grafico N° 16 Disminución de sólidos totales



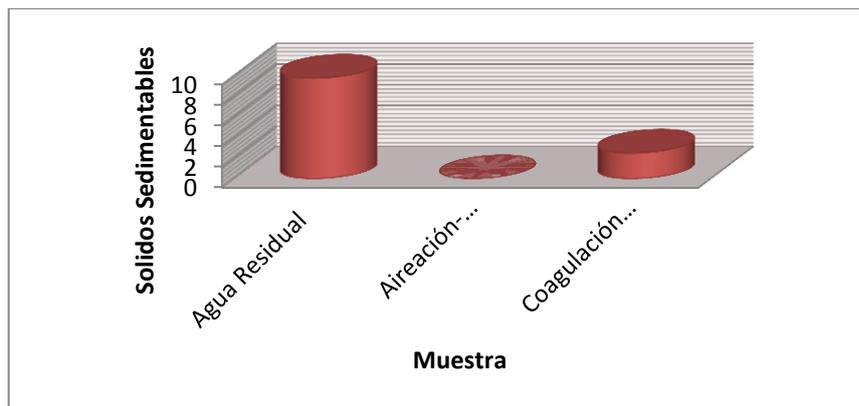
Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 46 Disminución de sólidos sedimentables

Agua residual (ml/L)	Agua tratada (aireación-coagulación floculación)	Agua tratada (coagulación floculación – aireación)
9,76	<0,1	2,5

Fuente: ESPIN A., 2013.

Grafico N° 17 Disminución de sólidos sedimentables



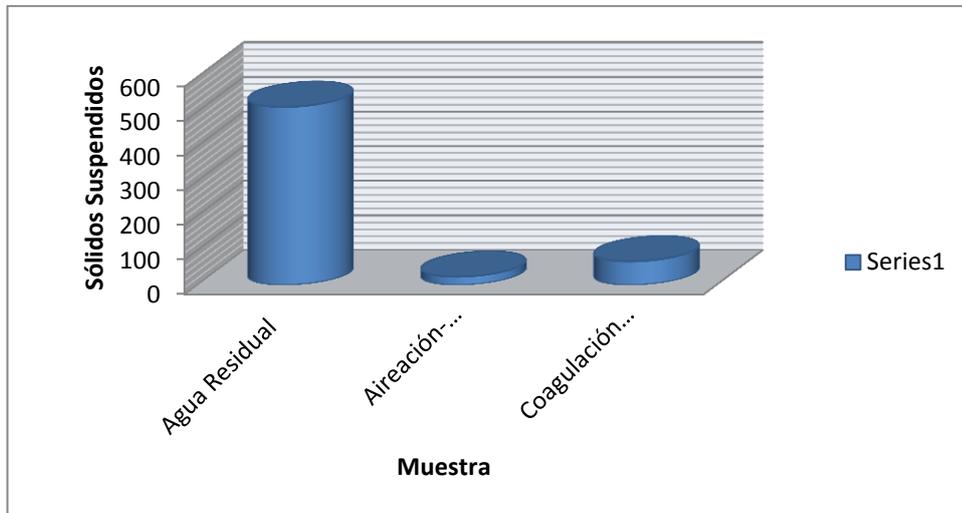
Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 47 Disminución de los sólidos suspendidos

Agua residual (mg/L)	Agua tratada (aireación-coagulación floculación)	Agua tratada (coagulación floculación – aireación)
514	24	68

Fuente: ESPIN A., 2013.

Grafico N°18 Disminución de sólidos suspendidos



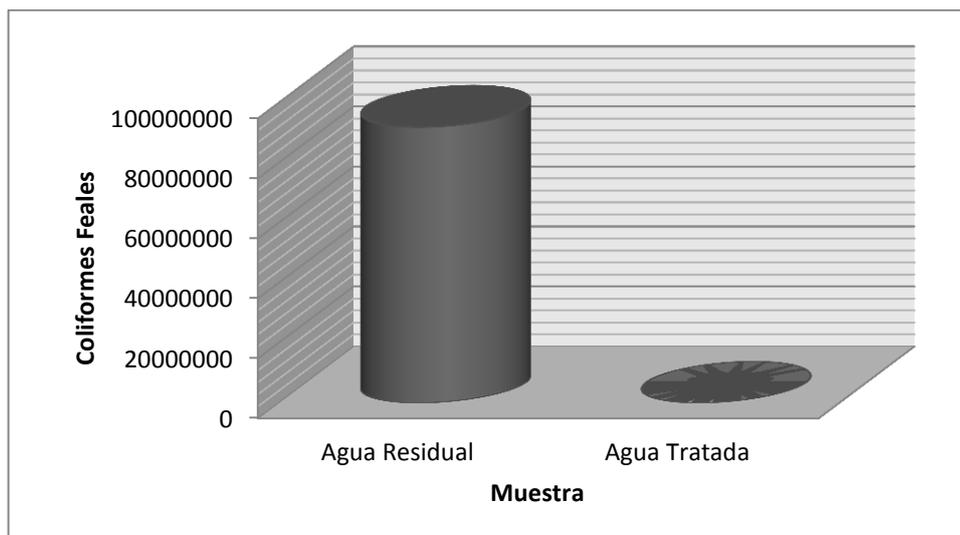
Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 48 Disminución de los coliformes fecales

Agua residual (UFC)	Agua tratada (UFC)
92012000	4840

Fuente: ESPIN A., 2013.

Grafico N° 19 Disminución de los coliformes fecales



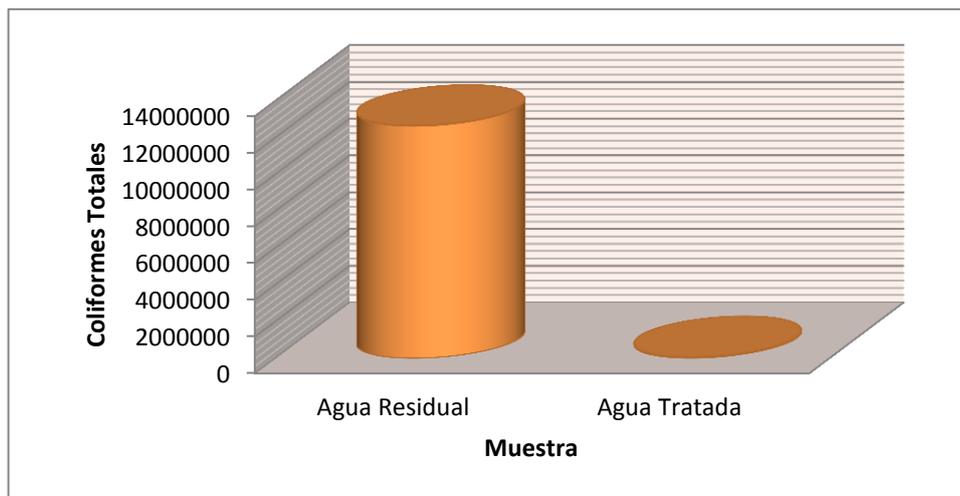
Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 49 Disminución de los coliformes totales

Agua residual (UFC)	Agua tratada (UFC)
12654000	70400

Fuente: ESPIN A., 2013

Grafico N° 20 Disminución de los coliformes totales



Fuente: ESPIN A., 2013.

c. Prueba de sedimentación

En esta prueba se tomó los valores de la cantidad de sedimento y el tiempo que tardan en sedimentar los flóculos.

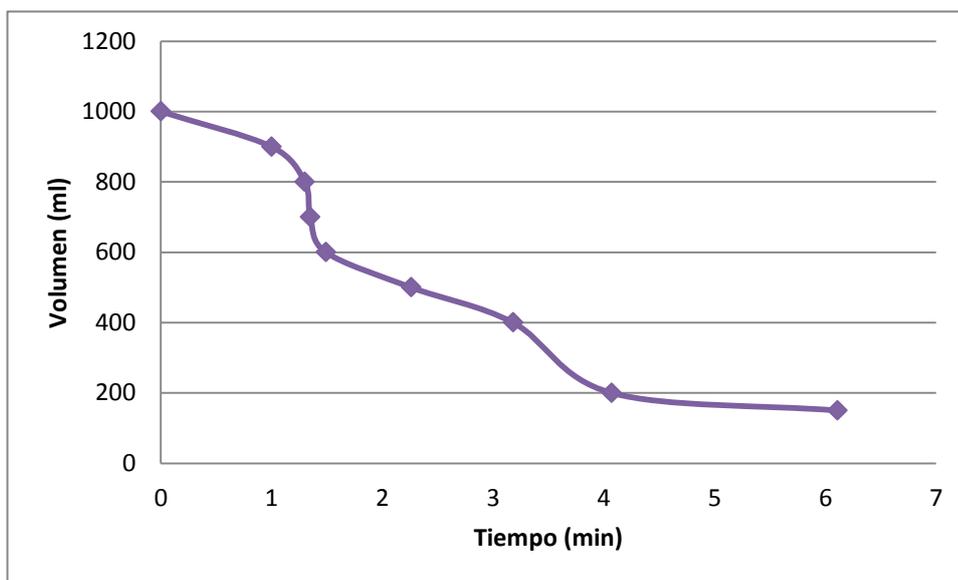
Tabla N° 50 Tiempos de sedimentación

Volumen (ml)	Tiempo (min)
1000	0
900	1
800	1,3
700	1,35
600	1,49
500	2,26

400	3,18
200	4,07
150	6,11

Fuente: ESPIN A., 2013.

Gráfico N° 21 Resultados de la prueba de sedimentación



Fuente: ESPIN A., 2013.

3.2.3. Resultados de la caracterización final del agua tratada

Después de una serie de pruebas de tratabilidad, los parámetros de análisis que se encontraban fuera de la normativa vigente bajaron notoriamente hasta obtener un agua que se encuentra dentro del límite permisible de descarga del agua residual al alcantarillado.

a. Examen Físico Final

En este caso se tomaron en cuenta las dos propuestas de tratabilidad así tenemos:

Tabla N°51 Examen físico final (Aireación-Coagulación Floculación)

Color	Pose color amarillento Medición: 106
Olor	No tiene olor
Aspecto	Turbidez baja, poca presencia de sólidos en suspensión, no existe presencia de material flotante.

Fuente: ESPÍN A., 2013

Tabla N°52 Examen físico final (Coagulación Floculación-Aireación)

Color	Posee color amarillento Medición: 328
Olor	No tiene olor
Aspecto	Turbidez baja, poca presencia de sólidos en suspensión, existe presencia de material flotante (pequeños flóculos).

Fuente: ESPÍN A., 2013

b. Examen físico químico final

Para la caracterización físico química se tomó en cuenta las dos propuestas de tratabilidad para comparar valores y obtener el más óptimo.

Tabla N°53 Examen físico - químico final

Parámetros	Unidad	Método	Resultados del Agua Residual	Resultados agua Tratada(aireación-coagulación floculación)	Resultados Agua Tratada (coagulación floculación- aireación)	Límite máximo permisible
pH		4500-B	8,03	7,14	8,68	5-9
Conductividad	μ Siems/ cm	2510-B	1118	2380	2680	
Turbiedad	UNT	2130-B	406,33	3,45	10,10	
Color	Und. Pt/Co	Hach- 125	4551	106	328	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5200- C	4590	314	397	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	2885	204	243	250
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	514	24	68	220
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	9213,33	1164	1280	1600
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	9,76	< 0,1	2,5	20

*Métodos Normalizados APHA, AWWA, WPCF 17 ed. Fuente: Laboratorio de análisis técnicos., ESPOC

c. Examen microbiológico final

Tabla N° 54 Resultado del examen microbiológico del agua residual

Parámetros	Unidad	Método	Resultados. Agua Residual	Resultados. Agua Tratada	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	UFC/100ml	Filtración por membrana	92012000	4840	Remoción > al 99%
Coliformes totales	UFC/100ml	Filtración por membrana	12654000	70400	Promedio mensual < 5000

Fuente: Laboratorio SAQMIC

3.2.4. Resultados del dimensionamiento

a. Caudal de diseño

Para los cálculos de caudal se tomó en cuenta diversos factores para estimar la vida de la planta hacia 20 años, los resultados se detallan a continuación:

Tabla N°55 Resultados del caudal de diseño

DETALLE	RESULTADO
Dotación de agua por bovino	2,43 m ³ / d
Dotación de agua por porcino	0,787 m ³ / d
Dotación de agua por ovino	0,507 m ³ / d
Consumo de agua total	3,724 m ³ / d
Índice de consumo de carne de	0,35 lb/ habitante× d

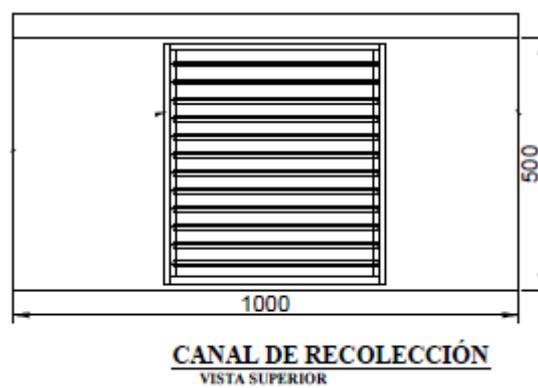
bovinos	
Índice de consumo de carne de porcinos	0,09 lb/ habitante× d
Índice de consumo de carne de ovino	0,03 lb/ habitante× d
Demanda proyectada	30,4 animales / d
Caudal proyectado	0,0039 m ³ / s

Fuente: ESPIN A., 2013.

b. Canal

Las dimensiones del canal fueron asumidas en normas para con estos datos poder los datos requeridos, así tenemos:

Grafico N° 22 Dimensionamiento del canal de recolección



Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 56 Resultados del dimensionamiento del canal

DETALLE	RESULTADO
Ancho del canal	0,5 m
Altura del canal	0,6 m
Longitud del canal	1 m
Área del canal	0,3 m ²
Radio hidráulico	0,176 m
Altura del tirante	0,3 m
Velocidad de transporte	0,54 m/s

Fuente: ESPIN A., 2013.

c. Rejillas

Las rejillas de limpieza manual fueron elegidas debido al caudal con el que se trabaja para ello se tiene los siguientes resultados:

Grafico N° 23 Dimensionamiento de las rejillas



Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 57 Resultados del dimensionamiento de rejillas

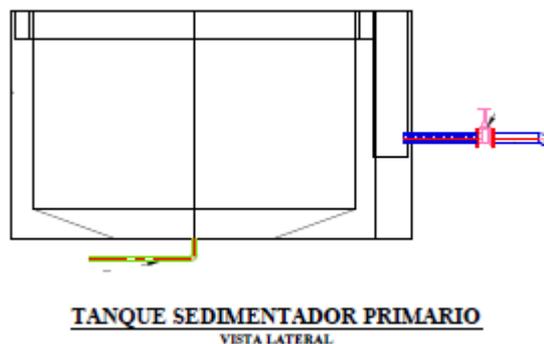
DETALLE	RESULTADO
Área de la sección transversal	0,013 m
Longitud sumergida de la rejilla	0,24 m
Número de barras	17
Perdidas de carga a través de las rejillas	0,011 m
Inclinación de la rejilla	45 °
Separación entre barras	0,02 m
Espesor de las barras	0,01 m

Fuente: ESPIN A., 2013.

d. Sedimentador Primario

El sedimentador primario tendrá como función sedimentar los sólidos más densos, el cual tendrá las siguientes dimensiones:

Grafico N° 24 Dimensionamiento del sedimentador primario



Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 58 Resultados del dimensionamiento del sedimentador primario

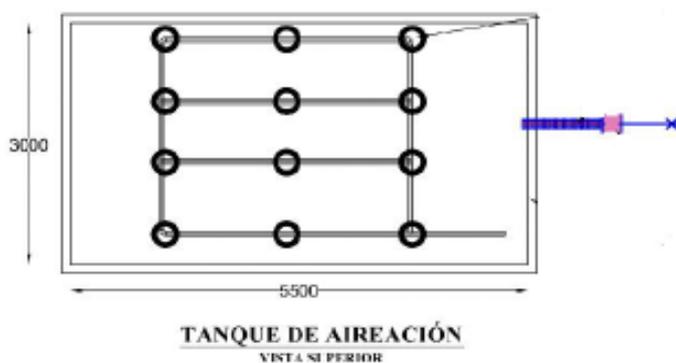
DETALLE	RESULTADO
Área del sedimentador	4,72 m ²
Diámetro	2,45 m
Radio	1,23 m
Ancho	1,54 m
Largo	3,08 m
Volumen	14,54 m ³
Tiempo de retención hidráulica	1,03 h
Área de la sección transversal	4,72 m ²
Velocidad de arrastre	0,25 m/s
Remoción de SST	11,42 %
Remoción de DBO ₅	26 %

Fuente: ESPIN A., 2013.

e. Tanque de Aireación

Con la finalidad de remover la mayor cantidad posible de sólidos y de carga orgánica (DBO₅, y DQO), se dimensionó un tanque de aireación por mezcla completa, según los cálculos realizados tenemos:

Grafico N° 25 Dimensionamiento del tanque de aireación



Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 59 Resultados del dimensionamiento del tanque de aireación

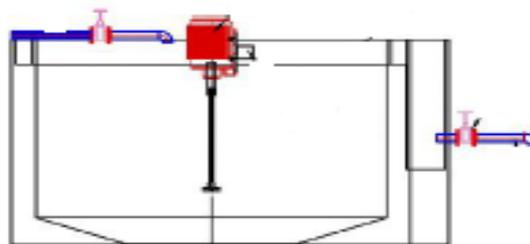
DETALLE	RESULTADO
Tiempo de retención	0,12d
Relación alimentación/microorganismos	393,16 mg/L
Concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y el efluente	60,50 mg/L
Concentración real de la DBO ₅ en el efluente	852,67 mg/L
Rendimiento de la depuración	70,44 %
Volumen de la laguna	13,58 m ³
Ancho de la laguna	2,60 m
Longitud de la laguna	5,52 m

Producción Observada	0,78 mg SSV/mg DBO ₅
Requerimiento de oxígeno	30,30 Kg O ₂ /h
Taza total de oxígeno en el campo	0,53 kgO ₂ /KW h
Potencia total necesaria	2,38 kW
Potencia unitaria de aireación	0,17 kW/m ³

Fuente: ESPIN A., 2013.

f. Tanque Floculador

Grafico N° 26 Dimensionamiento del tanque floculador



TANQUE FLOCULADOR
VISTA LATERAL

Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 60 Resultados del dimensionamiento del tanque floculador

DETALLE	RESULTADO
Área del tanque	4,72 m ²
Ancho	1,54 m
Longitud	3,08 m

Volumen	14,54 m ³
Diámetro del floculador	2,45 m
Tiempo de retención hidráulico	1,03 h

Fuente: ESPIN A., 2013.

Tabla N° 61 Resultados del dimensionamiento de las paletas de agitación

DETALLE	RESULTADO
Diámetro del impulsor	0,82m
Altura del impulsor	0,82m
Ancho del impulsor	0,16 m
Longitud de las palas impulsoras	0,21 m
Longitud de las palas del impulsor en el disco central	0,41 m
Diámetro del disco central	0,61 m
Potencia disipada de la mezcla	366,7 W
Área requerida por las paletas	1,45 m ²
Ancho de la paleta	0,8 m
Longitud de la paleta	1,81 m

Fuente: ESPIN A., 2013.

3.3. PROPUESTA

Para poder tratar este tipo de efluente generado por el Camal Municipal del Cantón Alausí por las operaciones que en este se desarrollan, teniendo como principal característica una elevada concentración de carga orgánica lo cual genera una gran cantidad de microorganismos que contamina el agua para lo cual es necesario dimensionar un Sistema de Tratamiento con la finalidad de disminuir los contaminantes que superan los límites establecidos por el TULAS.

Por lo que, se presenta el diseño de un Sistema de Tratamiento, mismo que va a contar de los siguientes componentes: el efluente pasa por un sistema de rejillas de limpieza manual para detener la mayor cantidad de sólidos gruesos como: pedazos de grasa, cueros, huesos, aserrín óseo de gran tamaño, pelos, etc., con sus principales características de canal de: 50 cm de anchos una altura del canal de 0,6 m una longitud de 1 m una velocidad de transporte de 0,54 m/s para pasar por unas rejillas con una longitud sumergida de 0,24 m una inclinación de 45° con 17 barras con una separación de barras de 0,02m y un espesor de 0,02m.

De allí se prosigue a un tratamiento primario que se realiza con un tanque de sedimentación primario el cual elimina un el cual eliminará un 11,42 % de SST y un 26% de DBO₅ el mismo que tendrá un diámetro de 2,45 m un ancho de 1,54 m un largo de 3,08 m con un tiempo de retención de 1,03 horas.

Posteriormente el agua será tratada en una laguna de aireación de mezcla completa la cual va a tener un tiempo de retención de 0,12 días un ancho de la laguna de 2,60 m una longitud de 5,2 m de la misma se tiene un % de depuración de 70,44, esta aireación se la realiza mediante difusores los cuales tienen una potencia total de 2,38 kW y una potencia unitaria de aireación de 0,17 kW/m³.

Después se tiene una coagulación – floculación la primera se la realizó con policloruro de aluminio (Al(C₂Cl₂)₃), el cual se aplicó una dosis de 5ml con una concentración del 10% y floculante aniónico FL 180 con una dosis de 5ml a una concentración del 0,1 %, por cada 500 ml de muestra. El tanque tendrá las siguientes dimensiones: un área de 4,72 m², un diámetro de 2,45 m; una longitud de 3,08 m; un ancho de 1,54 m, todo esto para abarcar un volumen de 14,54 m³ además un sistema de agitación con una longitud

de la paleta de 1,81 m un ancho de la paleta de 0,8 m; con una potencia de mezcla de 366,7 W.

El Diseño del Sistema de Tratamiento para aguas residuales propuesto garantizara la disminución de la materia orgánica y agentes patógenos, ya que el Sistema tratara de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final.

3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a las caracterizaciones iniciales el agua residual del Camal Municipal del cantón Alausí, se presentó el grado de contaminación de dicha muestra, los parámetros como DQO 4590 mg/L, DBO 2885 mg/L, sólidos totales 9213,33 mg/L, sólidos suspendidos 514 mg/L todos estos se encuentran fuera de los límites establecidos por el TULAS, Libro VI, Anexo I, Tabla 11, los cuales están contaminando el agua que luego es vertida al alcantarillado público. Los resultados de los análisis microbiológicos como los coliformes fecales 92012000 UFC/100ml y los coliformes totales 12654000 UFC/100ml se encuentran fuera de los límites establecidos esto se debe al contenido estomacal de los ejemplares faenados.

El agua residual posee un elevado grado de contaminación tanto orgánica como microbiológica, la cual se puede disminuir con la implementación de un Sistema de tratamiento para así mejorar la calidad del agua que es vertida al alcantarillado

Para obtener un Sistema de Tratamiento adecuado se realizó una serie de pruebas de tratabilidad para disminuir la contaminación por los parámetros que están fuera de norma encontrando el más adecuado que consiste en realizar una aireación del agua residual seguida de una coagulación con policloruro de aluminio al 10% utilizando 1000 ppm y una floculación con floculante aniónico FL 180 al 0,1% utilizando 10 ppm, esto se realizó en jarras de 500 ml de muestra.

Ya después de las pruebas de tratabilidad se propone la mejor opción para un sistema de tratamiento de agua residual, ya que después de tratar este afluente se obtiene un efluente final cuyas características están acorde con los parámetros estipulados por la norma teniendo una remoción del 93,15 % de DQO, 92,93 % de DBO₅, 87,37% de sólidos totales, 95,33% de sólidos suspendidos y en caso de los parámetros microbiológicos se tuvo una remoción del 99,99% de coliformes fecales y un 99,4 % de coliformes totales; valores que se encuentran dentro de los límites establecidos por el TULAS cumpliendo así con los objetivos planteados al inicio de la investigación.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Las aguas provenientes del Camal Municipal de cantón Alausí contienen una alta contaminación en materia orgánica y microbiológica y según la caracterización inicial físico química y microbiológica se obtuvieron valores promedio que se encontraban fuera de la normativa vigente como: DQO 4590 mg/L, DBO 2885 mg/L, sólidos suspendidos 514 mg/L, sólidos totales 9213,33 mg/L coliformes fecales 92012000 UFC/100ml, coliformes totales 12654000 UFC/100ml
- Las pruebas de tratabilidad se basaron básicamente en la reducción de DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos totales, coliformes fecales y totales para lo cual se realizaron varias pruebas la primero una aireación y una coagulación con policloruro de aluminio, una floculación con floculante aniónico FL180 la segunda una coagulación con policloruro de aluminio, una floculación con floculante aniónico FL180 y una posterior aireación, teniendo en los dos casos valores que se encontraban debajo de la norma pero en el primer caso se obtuvo valores mucho menores por lo que se escogió ese tratamiento por ser el más óptimo.
- Se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua residual con un caudal de 113,2 m³/d, cuyo sistema consta de un canal de llegada con una base de 0,5 m; una altura de 0,6 m; la longitud de 1m; con un área de 0,3 m² una velocidad de transporte de 0,54 m/s en el cual se encuentran un sistema de rejillas con una inclinación de 45°; una separación de barras de 0,02m; un espesor de barras de 0,02m; una longitud sumergida de las rejillas de 0,24m consta de 17 barras en forma circular.
- Un sedimentador circular primario con 14,54 m³ de volumen, un diámetro de 2,45 m; un largo de 3,08 m; un ancho de 1,54m; con un tiempo de retención de 1,3 horas. Posteriormente las aguas residuales pasan a un sistema de aireación de mezcla completa con un tiempo de retención de 0,12días; con un volumen de 13,53 m³; con un ancho de 2,60 m; una longitud de 5,20 m además se dispondrá

difusores para oxigenar el agua donde se consumirá 38,57 kg O₂/h, necesitando para el mismo la potencia total del difusor que es 3,03kW.

- Finalmente el agua residual pasa a un tanque circular de floculación con un área de 4,72 m una longitud de 3,08 m; un ancho de 1,54m; un diámetro de 2,45m; un tiempo de retención de 1,03h; también tendrá un sistema de agitación por paletas con un área de 1,45 m², una longitud de 1,81m; y un ancho de la paleta de 0,8 m.
- Con el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales planteado se logra disminuir una gran cantidad de contaminantes obtenidos en la caracterización final con valores de: DQO 314 mg/L, DBO 204 mg/L, sólidos suspendidos 24 mg/L, sólidos totales 1164 mg/L, coliformes fecales 4840 UFC/100 ml y coliformes totales 70400 UFC /100ml, dichos parámetros ya se encuentran dentro de la norma vigente TULAS.

4.2. Recomendaciones

- En el Camal municipal del cantón Alausí la retención de sangre puede representar una medida de minimización de la contaminación del agua residual. Su aplicación consistirá en una eficaz conducción de la sangre usando medidas técnicas para un buen desangramiento y una recolección completa y correcta de la misma. Para esto a lo largo de los lugares de desangramiento se instalan canales y láminas conductoras que recolecten la sangre.
La sangre, puede utilizarse entre otras cosas para la elaboración de harina de la misma que la utilizan para la elaboración de balanceados.
- El contenido de los estómagos e intestinos deberían mantenerse alejados de la canalización y ser eliminados como desechos, por ejemplo estos pueden ser utilizados junto con otros desechos para la elaboración de compost y de esta manera darle un uso a nivel agrícola.
- Los huesos, cachos, patas, pezuñas, y desechos similares del sacrificio, no deberían enjuagarse en los canales, los desechos deben recolectarse y dependiendo de su naturaleza entregarse a los organismos encargados de la recolección de estos como plantas procesadoras de huesos o fábricas de gelatina, se debe tener en cuenta que estos deben ser refrigerados para evitar malos olores y evitar la proliferación de plagas.
- Los residuos obtenidos durante el proceso de la limpieza de corrales como estiércol deberían ser recolectados y usados como abono, para no ser enviados al alcantarillado.
- Se recomienda de manera indispensable la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales para evitar que las aguas de proceso de las diversas actividades se sigan contaminando y buscar alternativas adecuadas para tratar contaminantes que pueden tener otro uso y así evitar la contaminación del aire, agua y suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLENDE., A.**, Manual de Tratamiento de Aguas Residuales., 2º ed., La Habana- Cuba., La Habana-Cuba., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría., 1994., Pp. 246.
2. **CRITES., R., & TCHOBANOGLOUS., G.**, Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 3º ed., Bogotá -Colombia., McGraw Hill., 2000., Pp. 33, 42 - 44, 46 - 90, 247 - 337, 636 - 640.
3. **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales., 3º ed., Madrid-España., McGraw-Hill, 1995., Pp. 41 - 60, 231 – 240, 251.

4. **RAMALHO, R.**, Tratamiento de Aguas Residuales.,2ºed.,
Reverté S.A., Barcelona -España., 1993., Pp. 77 - 90, 222
- 300, 337 - 392.

5. **ROJAS, R.**, Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.,
CEPIS/OPS -OMS. Curso internacional: “Gestión integral
de Tratamiento de aguas Res duales”.,2ºed., Lima – Perú.,
2002.,Pp. 19

6. **ROMERO, J.**, Tratamiento de aguas residuales., 3º ed.,

Alfaomega., Bogotá -Colombia., 2002., Pp.67, 71 - 74,233
- 246, 706 - 707.

7. **VALDEZ C., VÁZQUEZ A.**, Ingeniería De Los Sistemas De
Tratamiento y Disposición De Aguas Residuales., 2º
ed.,México D.F. - México., Fundación ICA., 2003., Pp. 59,
77-81, 90 - 94, 97 - 103, 127 - 133, 255 - 263.

8. COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO

ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO., Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000., Sección II., Tratamiento de Aguas Residuales., Bogotá – Colombia., 2000., Pp. 15 – 16 – 38 – 39 – 50 – 52.

9. ECUADOR., MINISTERIO DE AMBIENTE., TULAS

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.,2º ed., Quito- Ecuador.,2010., Pp. 226 – 228.

10. APHA, AWWA, WPCF. STANDARD METHODS FOR

EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales., 17º ed., España: Madrid, 1992., Pp. 2-52, 4-168, 5-18, 5-18.

INTERNET

11. AGUAS RESIDUALES PARA MATADEROS

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/026785/026785.pdf>

2013-10-15

12. SISTEMA DE REJILLAS

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf

2013-10-20

13. SEDIMENTACION PRIMARIA

http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc003/CAPITULO11.pdf

2013-10 21

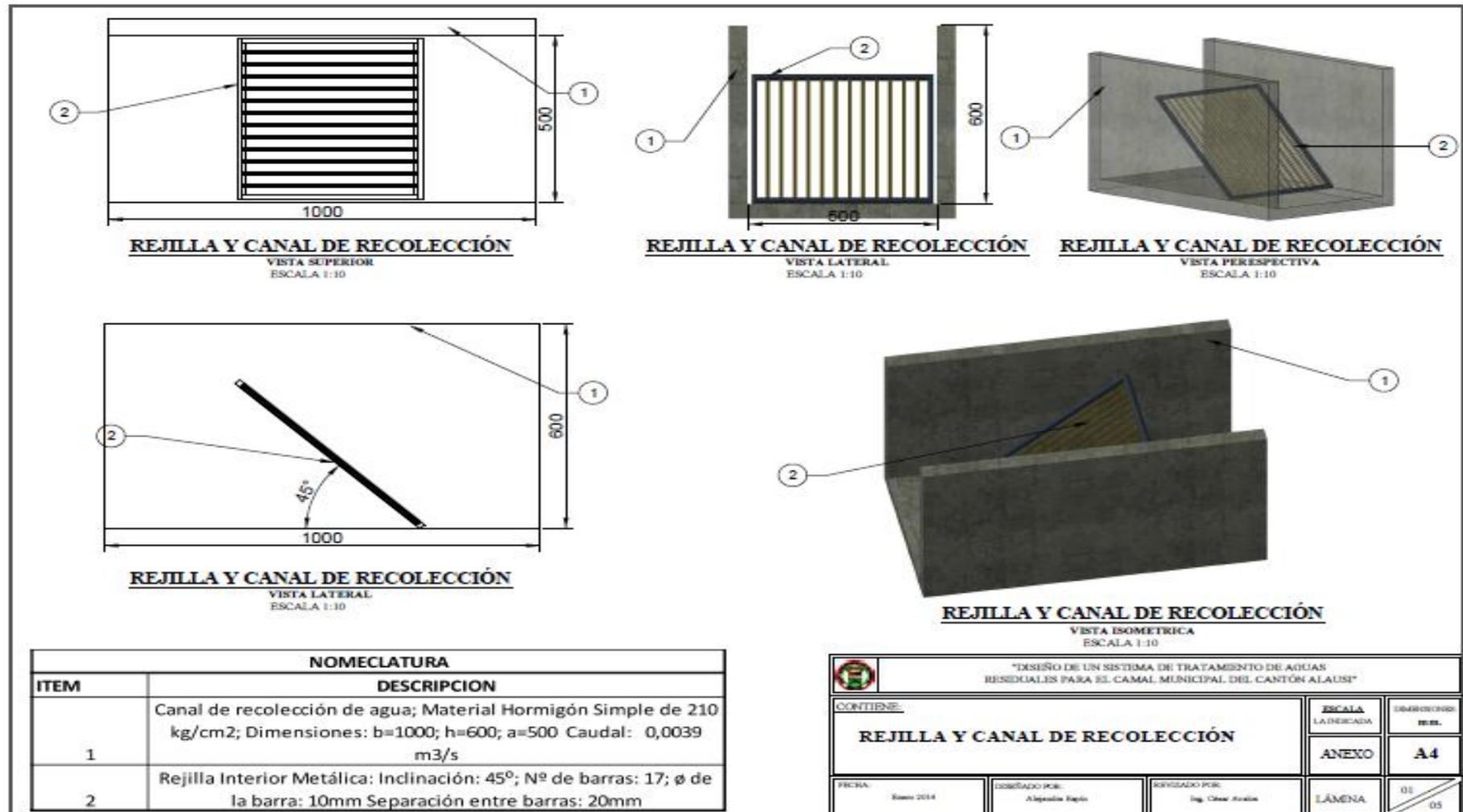
14. FLOCULACIÓN COAGULACIÓN

http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf

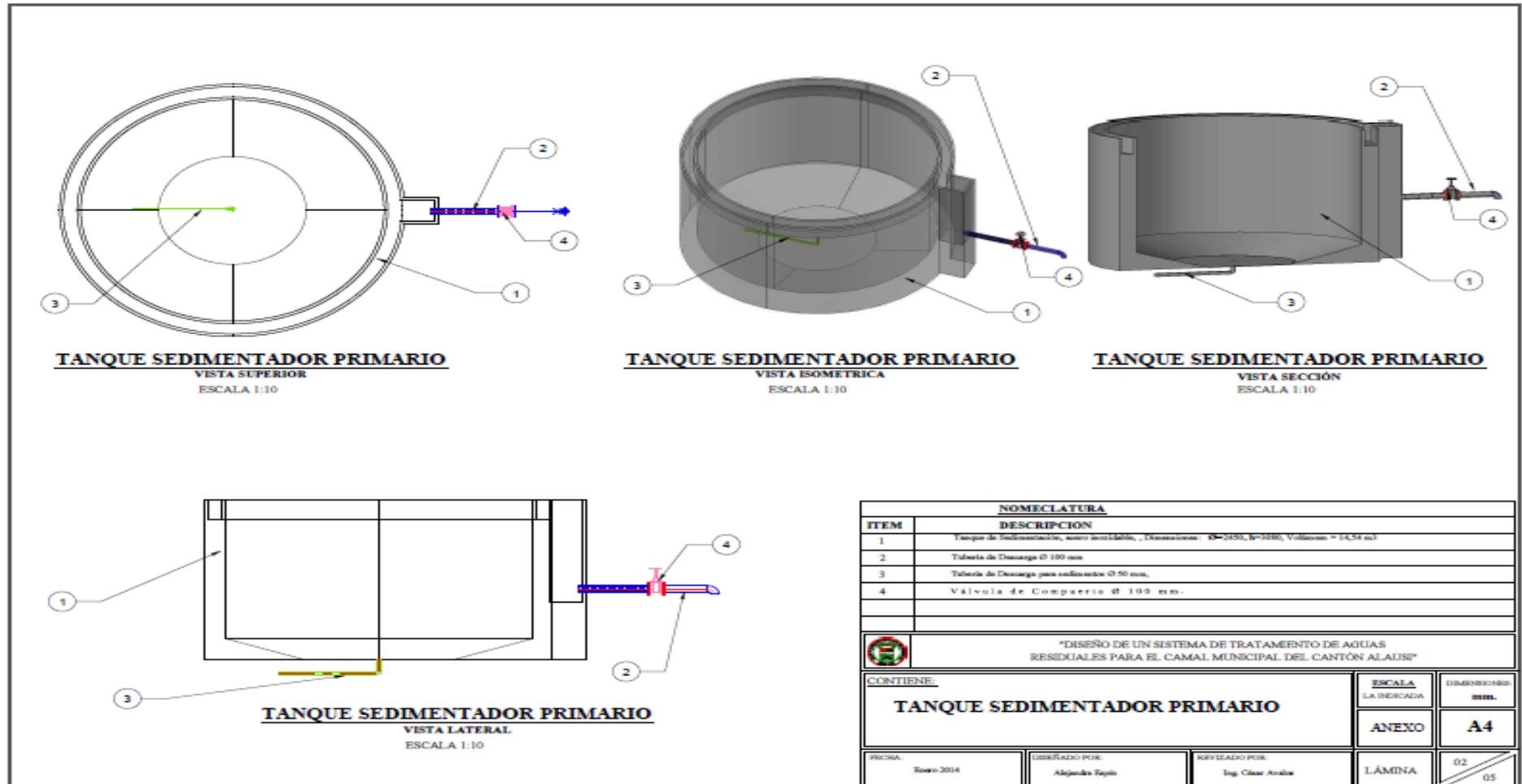
2013-11-07

ANEXOS

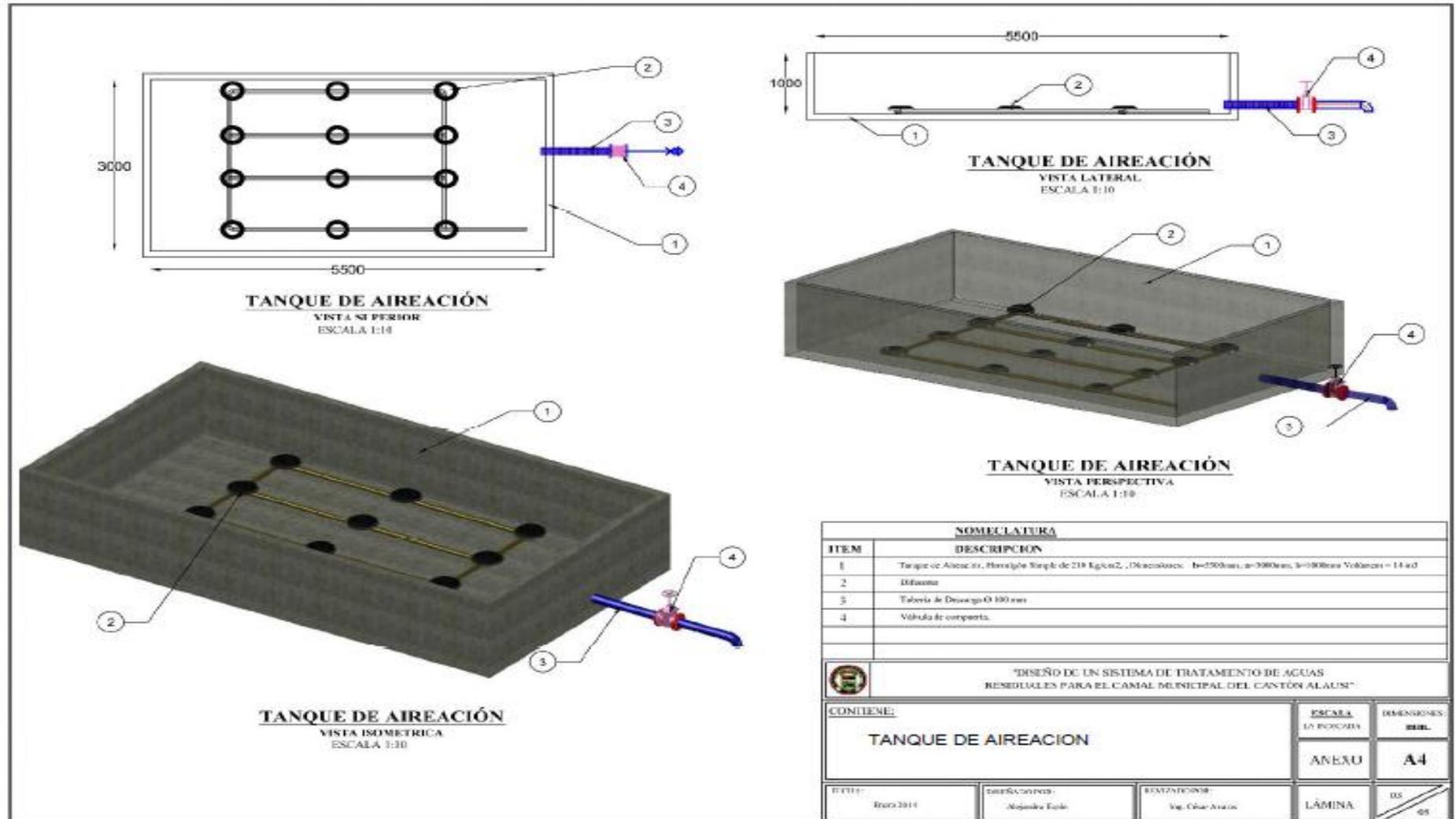
ANEXO A. Plano de las rejillas y el canal de recolección.



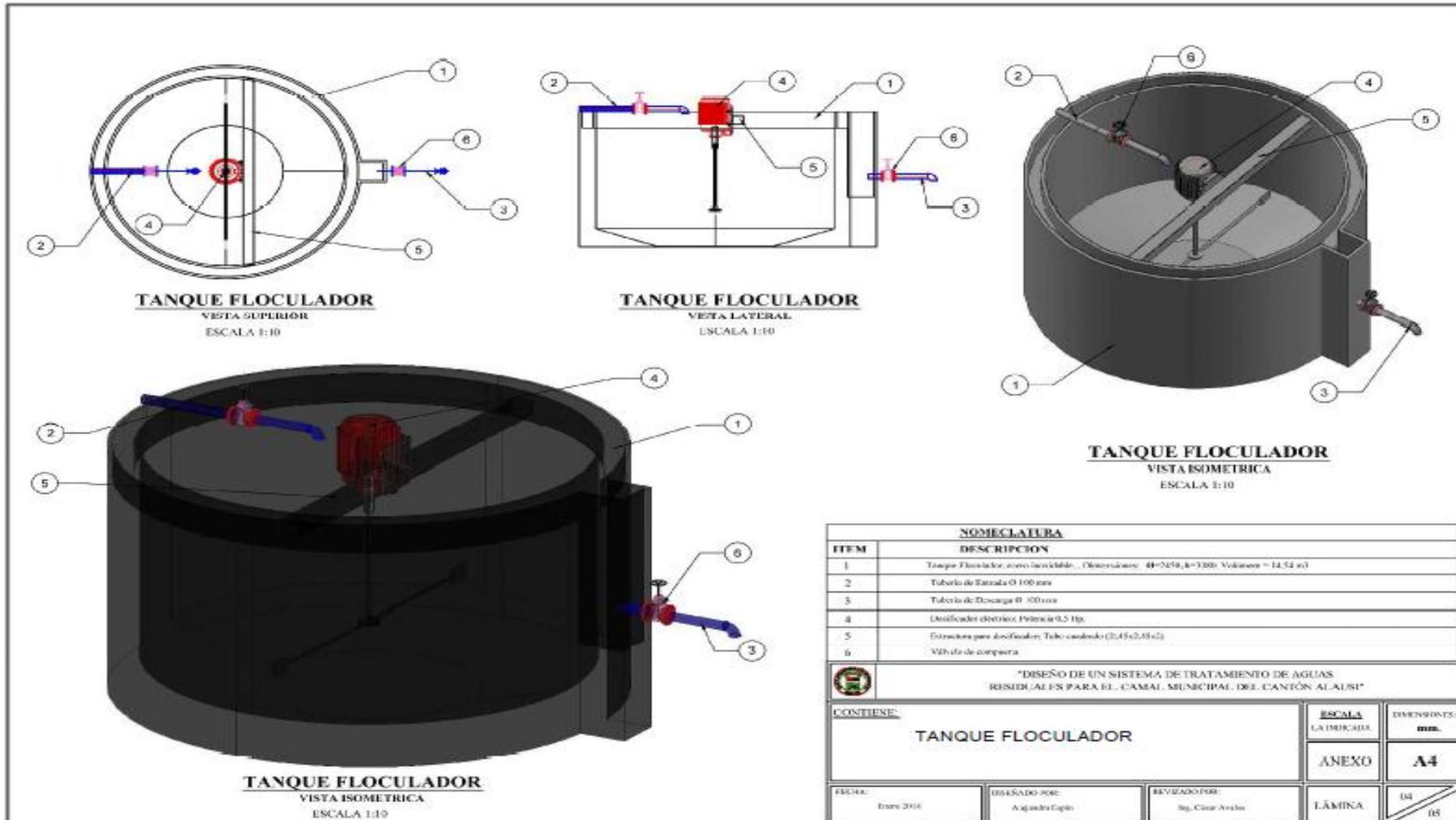
ANEXO B. Plano del tanque sedimentador primario



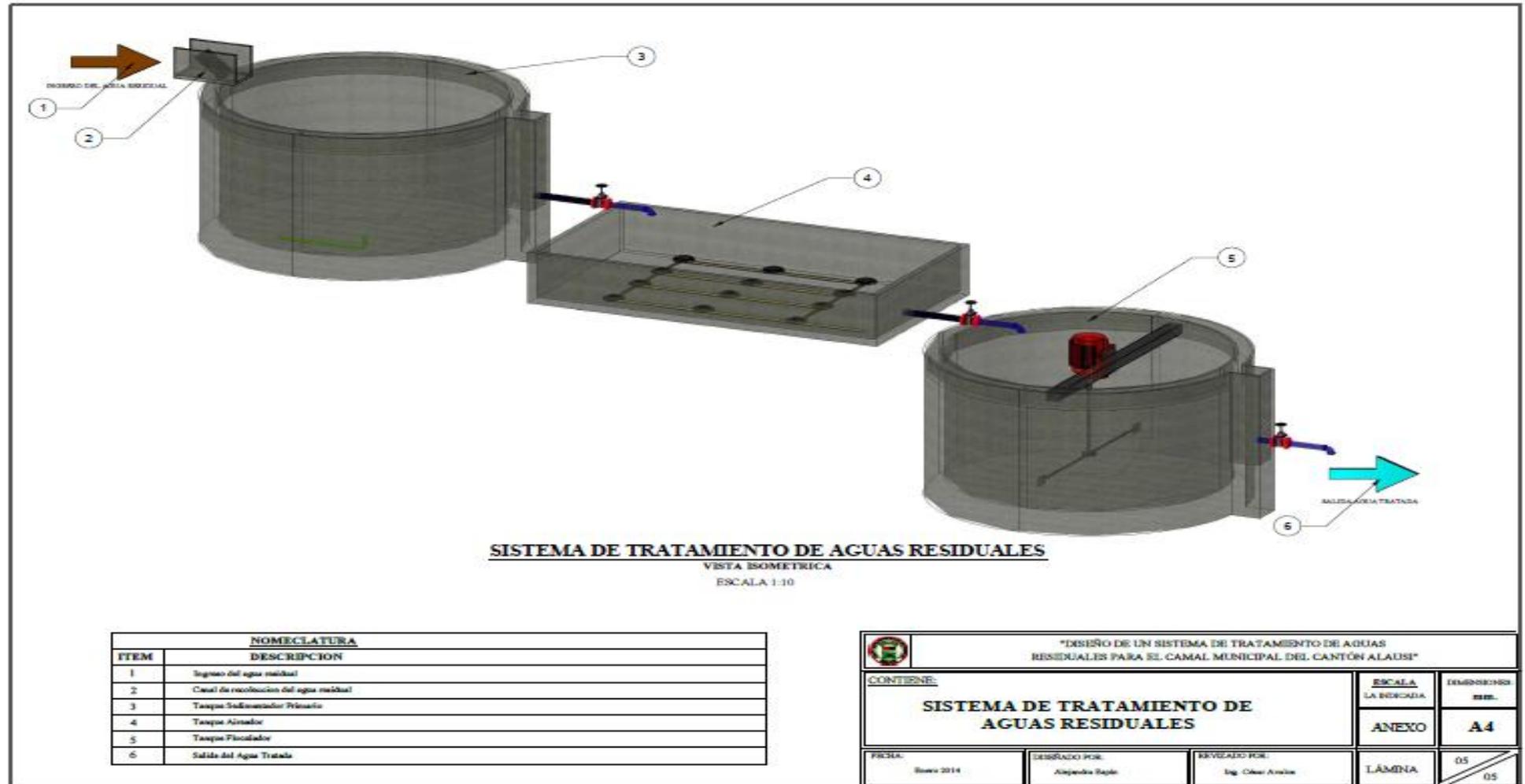
ANEXO C. Plano del tanque de aireación



ANEXO D. Plano del tanque de Floculación



ANEXO E. Plano del sistema de Tratamiento



ANEXO F. Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 1

CANAL						
Construcción	Largo (m)	Ancho(m)	Profundidad (m)	Total (m ³)	Costo \$	
Pared lateral	1	0,5	0,1	1,6	142,21	
Pared frontal	0,5	0,5	0,1	1,1	78	
Piso	1	0,5	0,1	1,6	61.20	
Hormigón con encofrado de una resistencia de 210 Kg/m ²						
REJILLAS						
Construcción	Largo (m)	Ancho(m)	Profundidad (m)	Total (m ³)	Costo \$	
Marco de hierro	0,9	0,5	0,24	1,64	49	
Barras de hierro	0,9	0,01	---	0,91	92	
Electrodos	---	---	----	---	34	
Pintura anticorrosiva	----	---	----	-----	51	
Barras de hierro de 18 mm de espesor y un marco de hierro de ¼ de ángulo						
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales		
Costos del canal de recolección y las rejillas	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	06	1:1
	Aprobado	Por calificar	Alejandra Espín			

ANEXO G. Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 2

SEDIMENTADOR PRIMARIO					
Construcción	Largo (m)	Ancho(m)	Espesor del material (mm)	Total (m ³)	Costo \$
Pared lateral	3,08	1,54	3	4,62	1431,37
Pared frontal	3,08	1,54	3	4,62	1431,37
Electrodos	---	--	----	----	88
Planchas de acero inoxidable 304 electrodos R/3					

TANQUE DE AIREACION		
Construcción	Área (m ²)	Costo \$
Paredes laterales, frontales y piso	31	3720
Electro malla	14,64	146,4
Hormigón con encofrado de una resistencia de 210 Kg/m ² , electro malla de 6 mm de diámetro, 0 15 mm de espesor		

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales			
Costos del sedimentador primario y del tanque de aireación	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	07	1:1
	Aprobado	Por calificar	Alejandra Espín			

ANEXO H. Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 3

TANQUE FLOCULADOR					
Construcción	Largo (m)	Ancho(m)	Espesor del material (mm)	Total (m³)	Costo \$
Pared lateral	3,08	1,54	3	4,62	1431,37
Pared frontal	3,08	1,54	3	4,62	1431,37
Paleta	1,80	0,8	---	1,88	517
Electrodos	---	--	----	----	88
Planchas de acero inoxidable 304 electrodos R/3					

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales		
Costos del tanque floculador	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	08
	Aprobado	Por calificar	Alejandra Espín	1:1	ESCALA

ANEXO I. Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 4

PRESUPUESTO TOTAL	
EQUIPOS	COSTO \$
CANAL	281,41
REJILLAS	266
SEDIMENTADOR PRIMARIO	2950,75
TANQUE AIREADOR	3866,4
TANQUE FLOCULADOR	3467,74
MANO DE OBRA	2166.46
TOTAL	12998,76

PRESUPUESTOS VARIOS MENSUALES	
MATERIALES	COSTO \$
POLICLORURO DE ALUMINIO	366
FLOCULANTE FL 180	25
COSTO DE OPERADOR	500
TOTAL	891

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales		
Presupuesto total	Certificado Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	09	1:1
	Aprobado Por calificar	Alejandra Espín			

ANEXO J. Procesos de faenamiento



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales		
Procesos de faenamiento el camal	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA		
	Aprobado	Por calificar	Alejandra Espín	FECHA	LÁMINA
			12/13	10	1:1

ANEXO K. Muestreo



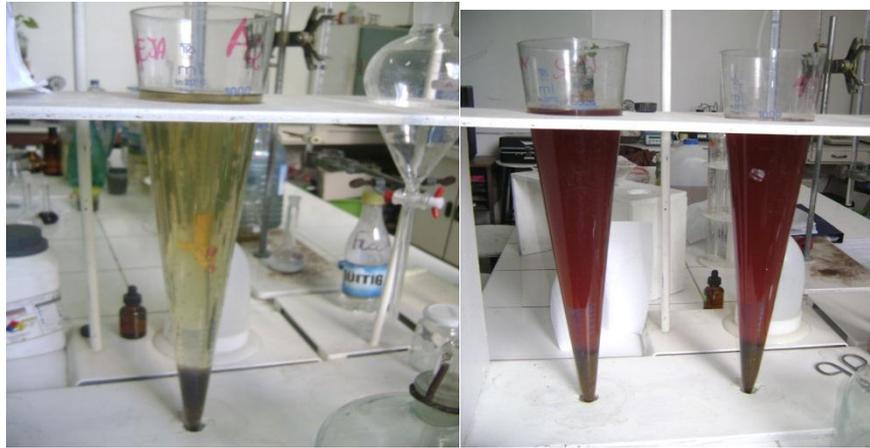
(a)



(b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales			
a) Muestra para análisis físico-químico y microbiológico	Certificado Por aprobar	Por eliminar Para informar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
b) Punto de vertido del agua residual.	Aprobado	Por calificar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	11	1:1
		Alejandra Espín				

ANEXO L. Pruebas de tratabilidad



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales		
Análisis previo al tratamiento	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Aprobado	Por calificar	Alejandra Espín	12/13	12	1:1

ANEXO M. Tratabilidad del agua residual



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Dosificación de coagulante y floculante en las pruebas de tratabilidad	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Aprobado	Por calificar	Alejandra Espín	12/13	13	1:1

ANEXO N. Resultados de los Análisis Físico Químicos del agua residual 1

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
 Análisis solicitado por: Srta. Alejandra Espín
 Fecha de Análisis: 20 de mayo del 2013
 Fecha de Entrega de Resultados: 27 de mayo de 2013
 Tipo de muestras: Agua Residual del camal de Alausí
 Localidad: Alausí

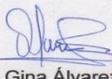
Código LAT/097-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	9.58
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		688
Turbiedad	UNT	2130-B		366
N-Amoniacal	mg/L	4500-NO3-C		14.54
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		32.4
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	25	3
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	3460
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	1520
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	15.2
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		290
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	8788
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	8.5

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:
 Atentamente.




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

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Primera caracterización del agua residual	Certificado Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	14	1:1
	Aprobado Por calificar	Alejandra Espín			

ANEXO O. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del agua residual 2

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
 Análisis solicitado por: Srta. Alejandra Espín
 Fecha de Análisis: 3 de junio del 2013
 Fecha de Entrega de Resultados: 10 de junio de 2013
 Tipo de muestras: Agua Residual del camal de Alausí
 Localidad: Alausí

Código LAT/097-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.81
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1,538
Turbiedad	UNT	2130-B		32,3
N-Amoniaco	mg/L	4500-NO3-C		38.47
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		53.2
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	25	3.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	2850
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	1855
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	28
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		52
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	8,052
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	7.8

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:
 Atentamente.




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

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Segunda caracterización del agua residual	Certificado Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	15	1:1
	Aprobado Por calificar	Alejandra Espín			

ANEXO P. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del agua residual 3

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
 Análisis solicitado por: Srta. Alejandra Espín
 Fecha de Análisis: 24 de junio del 2013
 Fecha de Entrega de Resultados: 8 de julio de 2013
 Tipo de muestras: Agua Residual del camal de Alausí
 Localidad: Alausí

Código LAT/128-13

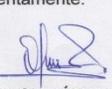
Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.70
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1,128
Turbiedad	UNT	2130-B		530
N-Amoniacal	mg/L	4500-NO3-C		46.44
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		45
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	25	3.4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	7,460
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	5,280
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	51.2
Sólidos Suspendedos	mg/L	2540-C		1,200
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	10,800
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	13

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,




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

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Tercera caracterización del agua residual	Certificado Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	16	1:1
	Aprobado Por calificar	Alejandra Espín			

ANEXO Q. Resultados de los Análisis Microbiológicos del agua residual 1



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Srta. Alejandra Espín		CODIGO: 208-13
DIRECCION: Lican-Riobamba-Chimborazo		TELEFONO: 0983567065
TIPO DE MUESTRA: Agua de Camal.		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-05-20		
FECHA DE MUESTREO: 2013-05-20		
01 EXAMEN FISICO		
COLOR: Rojiza		
OLOR: Desagradable		
ASPECTO: Presencia de Sólidos.		
02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	24000
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	8000
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-05-20		
FECHA DE ENTREGA: 2013-05-23		
RESPONSABLES:		
 Dra. Gina Alvarez R.	 Servicio Analítico Químico y Microbiológico	 Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en el laboratorio

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Primera caracterización microbiológica del agua residual	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar			
	Aprobado	Por calificar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA		
		Alejandra Espín	FECHA	LÁMINA	ESCALA
			12/13	17	1:1

ANEXO R. Resultados de los Análisis Microbiológicos del agua residual 2



SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Srta. Alejandra Espin		CODIGO: 230-13
DIRECCION: Lican-Riobamba-Chimborazo		TELEFONO: 0995840000
TIPO DE MUESTRA: Agua de Camal.		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-06-12		
FECHA DE MUESTREO: 2013-06-12		
01 EXAMEN FISICO		
COLOR: Rojiza		
OLOR: Desagradable		
ASPECTO: Presencia de Sólidos.		
02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	184x10 ³
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-06-13		
FECHA DE ENTREGA: 2013-06-17		
RESPONSABLES:		
 Dra. Gina Alvarez R.	 Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos	 Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en el laboratorio

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Primera caracterización microbiológica del agua residual	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar			
	Aprobado	Por calificar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA		
		Alejandra Espín	FECHA	LÁMINA	ESCALA
			12/13	18	1:1

ANEXO S. Resultados de los Análisis Físico Químico del agua tratada 1

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
 Análisis solicitado por: Srta. Alejandra Espín
 Fecha de Análisis: 16 de Septiembre del 2013
 Fecha de Entrega de Resultados: 14 de Octubre de 2013
 Tipo de muestras: Agua Residual Tratada (Aireación, coagulación floculación)
 Localidad: Camal de Alausí Cantón Alausí

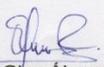
Código LAT/097-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.14
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		2380
Turbiedad	UNT	2130-B		3.45
Color	Und. Pt/Co	Hach- 125		106
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	314
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	204
Salinidad	mg/L	5520-B	100	1.2
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		24
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	1164
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	< 0.1

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:
 Atentamente.


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

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Caracterización del agua tratada aireación coagulación floculación	Certificado Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	12/13	19	1:1
	Aprobado Por calificar	Alejandra Espín			

ANEXO T. Resultados de los Análisis Físico químico del agua tratada 2

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
Análisis solicitado por: Srta. Alejandra Espín
Fecha de Análisis: 23 de Septiembre del 2013
Fecha de Entrega de Resultados: 14 de Octubre de 2013
Tipo de muestras: Agua Residual Tratada, (Coagulación floculación y Aireación)
Localidad: Camal de Alausí, Cantón Alausí

Código LAT/098-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	8,68
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		2680
Turbiedad	UNT	2130-B		10,10
Color	PtCo	Hach- 125		328
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	397
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	243,0
Salinidad	mg/L	5520-B	100	1,4
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		68
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	1280
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	2,5

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:
Atentamente.


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


ESPOCH
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Alejandra Espín	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Caracterización físico química coagulación floculación y aireación	Certificado Por eliminar		FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Por aprobar Para informar		12/13	20	1:1
	Aprobado Por calificar				

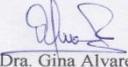
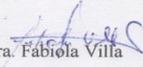
ANEXO U. Resultados de los Análisis Microbiológicos del agua tratada



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Contactanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUAS

CLIENTE: Srta. Alejandra Espín		CODIGO: 391-13
DIRECCION: Lican		TELEFONO: 032303512
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-09-13		
FECHA DE MUESTREO: 2013-09-13		
01 EXAMEN FISICO		
COLOR: Amarilla		
OLOR: Inoloro		
ASPECTO: Libre de material extraño		
02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	70400
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	4840
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-09-13		
FECHA DE ENTREGA: 2013-10-16		
RESPONSABLES:		
 Dra. Gina Alvarez R.   Dra. Fábila Villa		

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en el laboratorio

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
Primera caracterización microbiológica del agua residual	Certificado Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por aprobar Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LÁMINA	ESCALA
	Aprobado Por calificar	Alejandra Espín	2/0/3	0	1:1