



Universidad de Guayaquil

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO CIVIL

SANITARIA

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE
INDUSTRIAL DE FAENADO EN EL CANTÓN NARANJITO,
PROVINCIA DEL GUAYAS.**

AUTORES: JAVIER JACINTO LAZO VILLANUEVA

ISAAC RONALD MUÑOZ MINDIOLA

TUTOR: ING. JUDITH CHALEN MEDINA M.Sc.

GUAYAQUIL, OCTUBRE 2020

Agradecimiento

Quiero agradecer, a Dios por haberme ayudado a tener perseverancia y así adquirir el conocimiento necesario para poder culminar mis estudios.

A mi Madre y a mis Hermanos por el apoyo incondicional que me han brindado. También a la Ing. Judith Aracely Chalen Medina. M.Sc. por su paciencia y apoyo, por sus directrices, consejos e interés en la preparación de este trabajo de titulación.

Concluyo mi agradecimiento, De manera especial al Ing. Franklin Villamar. M.Sc. que ha contribuido con sus conocimientos y experiencia, para concluir el diseño de este proyecto.

Javier Jacinto Lazo Villanueva

Dedicatoria

Le dedico este logro alcanzado a mi madre Ing. María Villanueva Gómez por su sacrificio y arduo trabajo, siempre aportando económica y moralmente a mi formación académica, a mis hermanos ya que ellos han contribuido de diferentes maneras a mi madures personal y profesional.

Javier Jacinto Lazo Villanueva

Agradecimiento

Quiero dar las gracias a Dios por todo siempre, a mis Padres y mi familia, que siempre me apoyaron para culminar con esta etapa tan importante de mi vida.

A todos mis compañeros y amigos que me supieron brindar su ayuda en este proceso.

A la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas a todos los docentes que de una manera u otra me impartieron sus conocimientos.

Agradezco a mi tutor la Ing. Judith Chalen M.Sc. por la guía y ayuda en el desarrollo de nuestro trabajo de Titulación. Y de manera muy especial dar las gracias al Ing. Franklin Villamar M.Sc. por su cooperación en este trabajo.

Isaac Ronald Muñoz Mindiola

Dedicatoria

A mis Padres y Familia, esto es para ustedes.

Isaac Ronald Muñoz Mindiola

Declaración Expresa

Artículo XI.-del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.



Javier Jacinto Lazo Villanueva
C.I 094111102-3



Isaac Ronald Muñoz Mindiola
C.I 095044146-9

Tribunal de Graduación



Ing. Josué Rodríguez, M.Sc

Presidente del Tribunal



Ing. Villamar Bajaña Franklin M.Sc.

Vocal



Ing. Jacinto Rojas Álvarez M.Sc.

Vocal



Universidad de Guayaquil

ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS ESCUELA/CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Habiendo sido nombrado ING. CHALEN MEDINA JUDITH M.Sc, tutora del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por LAZO VILLANUEVA JAVIER JACINTO con C.C.: 0941111023; MUÑOZ MINDIOLA ISAAC RONALD con C.C.: 0950441469, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de: INGENIERO CIVIL.

Se informa que el trabajo de titulación: "DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE INDUSTRIAL DE FAENADO EN EL CANTÓN NARANJITO, PROVINCIA DEL GUAYAS.", ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (Urkund) quedando el 3% de coincidencia.



Document Information

Analyzed document	TESIS Diseño de un Planta de tratamiento para efluente de faenado _MUÑOZ_MINDIOLA _ISAAC_RONALD.docx (D80887585)
Submitted	10/6/2020 11:44:00 PM
Submitted by	Flor Chavez Flor MSc.
Submitter email	ginoflorch@hotmail.es
Similarity	3%
Analysis address	gino.florc.ug@analysis.arkund.com

ING. CHALEN MEDINA JUDITH M.Sc.
C.C.: 0913085379
FECHA: 7/10/2020



ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE- TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Guayaquil,

Ingeniero
Javier Córdova Rizo, MSc.
DIRECTOR DE LA CARRERA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE INDUSTRIAL DE FAENADO EN EL CANTÓN NARANJITO, PROVINCIA DEL GUAYAS."** de los estudiantes **LAZO VILLANUEVA JAVIER JACINTO; MUÑOZ MINDIOLA ISAAC RONALD**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

ING. CHALEN MEDINA JUDITH M.Sc.
C.C.: 0913085379
FECHA: 7/10/2020



Universidad de Guayaquil

ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
ESCUELA/CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Guayaquil, 12 de oct. de 20

Ingeniero

Javier Córdova Rizo, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE INDUSTRIAL DE FAENADO EN EL CANTÓN NARANJITO, PROVINCIA DEL GUAYAS**, de los estudiantes **JAVIER JACINTO LAZO VILLANUEVA; ISAAC RONALD MUÑOZ MINDIOLA**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 19 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad. La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que de los estudiantes **JAVIER JACINTO LAZO VILLANUEVA; ISAAC RONALD MUÑOZ MINDIOLA**, están aptos para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

ING. VILLAMAR BAJAÑA FRANKLIN WILFRIDO M.Sc.

C.C.: 0904846276

FECHA: 12/10/2020



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE
Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO
ACADÉMICOS**

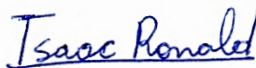
**FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO
ACADÉMICOS

Nosotros, **LAZO VILLANUEVA JAVIER JACINTO**, con C.I. No. **0941111023**; Y **MUÑOZ MINDIOLA ISAAC RONALD** con C.I. No. **0950441469**, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE INDUSTRIAL DE FAENADO EN EL CANTÓN NARANJITO, PROVINCIA DEL GUAYAS.**" son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.


Lazo Villanueva Javier Jacinto

C.I. No. 0941111023


Muñoz Mindiola Isaac Ronald

C.I. No. 0950441469

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

Generalidades

1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivo Específico.....	2
1.3 Ubicación del Proyecto	3
1.4 Planteamiento del Problema.....	4
1.5 Delimitación del Tema	4
1.6 Justificación	5
1.7 Organización y Contenido.....	5

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Descripción de las Operaciones de Faenado	7
2.1.1 Mataderos.....	7
2.2 Tipos de Mataderos	7
2.2.1 Públicos.....	7
2.2.2 Privados.....	7
2.2.3 Mixtos.....	8
2.2.4 Consumo de Agua.....	8
2.3 Fase de Faenamiento	8
2.3.1 Fase de Faenamiento Ganado Bovino.....	9
2.3.1.1 Llegada del Ganado.....	9

2.3.1.2	<i>Aturdimiento.</i>	9
2.3.1.3	<i>Desangrado.</i>	9
2.3.1.4	<i>Remoción de Cabeza.</i>	9
2.3.1.5	<i>Corte de Patas.</i>	9
2.3.1.6	<i>Desollado.</i>	9
2.3.1.7	<i>Retiro de Vísceras.</i>	10
2.3.1.8	<i>Cortado de la Canal.</i>	10
2.3.2	Fase de Faenamiento de Ganado Porcino.	10
2.3.2.1	<i>Aturdimiento.</i>	11
2.3.2.2	<i>Escaldado y Depilado.</i>	11
2.3.2.3	<i>Flameado.</i>	11
2.3.2.4	<i>Corte del Esternón y Evisceración.</i>	11
2.3.2.5	<i>Lavado.</i>	11
2.4	Aguas Residuales	11
2.5	Tipos de Aguas Residuales	12
2.5.1	Aguas Residuales Domésticas.	12
2.5.1.1	<i>Aguas Grises.</i>	12
2.5.1.2	<i>Aguas Negras.</i>	12
2.5.1.3	<i>Aguas Residuales Industriales.</i>	13
2.5.2	Características de las Aguas Residuales.	13
2.5.3	Aguas Residuales de un Camal.	13
2.6	Parámetros de Calidad de Agua de un Camal.	13
2.6.1	Descripción de Parámetros Físicos - Químicos - Biológicos.	14
2.6.1.1	<i>DBO.</i>	14
2.6.1.2	<i>PH.</i>	14

2.6.1.3	<i>Solidos Suspendidos.</i>	14
2.6.1.4	<i>Solidos Sedimentables.</i>	15
2.6.1.5	<i>Aceites y Grasas.</i>	15
2.6.1.6	<i>Coliforme Fecales.</i>	15
2.6.1.7	<i>Turbiedad.</i>	15
2.6.1.8	<i>Color.</i>	16

CAPÍTULO III

Metodología de la Investigación

3.1	Pretratamiento o Tratamiento Preliminar	18
3.1.1	Rejillas.	18
3.1.1.1	<i>Tipos de Rejillas.</i>	18
3.1.1.2	<i>Criterio de Diseño del Canal de la Rejilla.</i>	20
3.1.1.3	<i>Consideraciones de Diseño para Rejillas.</i>	22
3.1.2	Sedimentador.	24
3.1.2.1	<i>Volumen del Reservorio.</i>	25
3.1.3	Trampa de Grasa.	26
3.1.3.1	<i>Cálculo del Volumen.</i>	27
3.1.3.2	<i>Dimensionamiento.</i>	27
3.1.4	Cámara Séptica (Tanque Homogenizador).	27
3.1.4.1	<i>Dimensionamiento de Cámara Séptica.</i>	28
3.1.5	Filtro Anaeróbico.	29
3.1.5.1	<i>Dimensionamiento del Filtro Anaeróbico.</i>	31
3.1.6	Bomba.	33
3.1.6.1	<i>Dimensionamiento Potencia de Bomba.</i>	33
3.1.7	Reactor Biológico aireado (Lodos Activados).	35

3.1.7.1	<i>Dimensionamiento del Reactor Biológico.</i>	36
3.1.8	Lecho de Secado.	38
3.1.8.1	<i>Dimensionamiento del Lecho de Secado.</i>	40

CAPITULO IV

Desarrollo del Tema

4.1	Dimensionamiento de la Planta de Tratamiento	41
4.1.1	Cálculos de Rejilla.	41
4.1.2	Cálculos de Sedimentador.	44
4.1.3	Cálculos Trampa de Grasa.	45
4.1.4	Cálculos Cámara Séptica o Tanque Homogenizador.	46
4.1.4.1	<i>Cálculo Filtro Anaeróbico.</i>	47
4.1.5	Cálculos Bomba.	48
4.1.6	Cálculos de Lodos Activados.	49
4.1.7	Cálculos Lecho de Secado.	52

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1	Conclusiones	61
5.2	Recomendaciones	62

Bibliografía

Anexos

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Camal Municipal de Naranjito.	3
Ilustración 2: Esquema de Planta de Tratamiento.....	17
Ilustración 3: Redecilla.	19
Ilustración 4: Sección, Canal Rectangular.....	20
Ilustración 5: Sedimentador.....	24
Ilustración 6: Trampa de Grasa.....	26
Ilustración 7: Dimensionamiento del Sedimentador.	45
Ilustración 8: Dimensionamiento de Cámara Séptica y Filtro Anaeróbico.	48
Ilustración 9: Sección Lecho de Secado.	52
Ilustración 10: Rejilla.	53
Ilustración 11: Sedimentador.....	54
Ilustración 12: Trampa de Grasa.....	55
Ilustración 13: Cámara Séptica.	56
Ilustración 14: Filtro Anaeróbico.....	57
Ilustración 15: Cárcamo de Bombeo.	58
Ilustración 16: Reactor Biológico (Lodos Activados Aeración Extendida)	59
Ilustración 17: Lecho de Secado.	60

Índice de Tablas

Tabla 1: Tabla de Coordenadas.	3
Tabla 2: Información para el Diseño de la Planta de Tratamiento.	8
Tabla 3: Información para el Diseño de Rejillas de Limpieza Mecánica y Manual. .	19
Tabla 4: Coeficientes n de Manning.	21
Tabla 5: Información para el Diseño de Rejillas de Limpieza Mecánica y Manual. .	41



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Título Del Trabajo De Titulación: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE INDUSTRIAL DE FAENADO EN EL CANTÓN NARANJITO, PROVINCIA DEL GUAYAS.**

Autores: Javier Jacinto Lazo Villanueva

Isaac Ronald Muñoz Mindiola

Tutor: Ing. Judith Aracely Chalen Medina M.Sc.

RESUMEN

Propósito y método de estudio: En este proyecto se presenta el Diseño de una Planta De Tratamiento Para El Efluente Industrial De Faenado en el Cantón Naranjito, Provincia del Guayas. Utilizando como fundamento para el diseño las normas ecuatorianas como son: la norma del MAE (Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes), del Reglamento a la ley sobre mataderos inspección, comercialización e industrialización de la carne, además de normas internacionales como son la Norma RAS (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico), y Asociación Brasileira de Normas Técnicas. Se basa en estudios ya realizados al efluente que genera el proceso de faenamiento. El agua residual generada por la actividad de faenamiento de reses y porcinos contiene una carga contaminante alta, por ende, no cumple con los parámetros ambientales, por lo tanto, debe ser tratada antes de su descarga hacia el sistema de alcantarillado público. La planta consta de los siguientes procesos: Rejilla, Sedimentador, Trampa de grasa, Cámara Séptica y Filtro Anaeróbico, Reactor Biológico (Lodos Activados), Lecho de secado. Con este sistema de depuración aplicado teóricamente el efluente tratado cumple con los limites permisible de descarga al alcantarillado público.

PALABRAS CLAVES: PLANTA DE TRATAMIENTO - AGUAS RESIDUALES - FAENADO - PROCESOS - DEPURACIÓN - LÍMITES PERMISIBLES.



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Title Of The Degree Project: **DESIGN OF A TREATMENT PLANT FOR THE INDUSTRIAL EFFLUENT OF DRESSING IN THE CANTÓN NARANJITO, PROVINCE OF GUAYAS.**

Authors: Javier Jacinto Lazo Villanueva

Isaac Ronald Muñoz Mindiola

Advisor: Ing. Judith Aracely Chalen Medina M.Sc.

ABSTRACT

Purpose and method of study: This project presents the Design of a Treatment Plant for the Industrial Effluent of Faenado in the Canton Naranjito, Provincia del Guayas. Using as a basis for design the Ecuadorian standards such as: the MAE (Environmental Quality and Effluent Discharge Standard) standard, the Regulation to the Law on slaughterhouses inspection, marketing and industrialization of meat, in addition to international standards such as the RAS (Technical Regulation of the Drinking Water and Basic Sanitation Sector), and Brazilian Association of It is based on studies already carried out on the effluent that generates the breeding process. The sewage generated by the slaughtering activity of cattle and pigs contains a high pollutant load, therefore does not meet the environmental parameters, therefore it must be treated before discharge to the public sewerage system. The plant consists of the following processes: Grid, Sedimenter, Fat Trap, Septic Camera and Anerobic Filter, Biological Reactor (Lodos Activated), Drying bed. With this purification system theoretically applied the treated effluent complies with the permissible discharge limits to the public sewerage.

KEY WORDS: TREATMENT PLANT - RESIDUAL WATERS - SLAUGHTERHOUSE - PROCESSES - DEPURATION - PERMISSIBLE LIMITS.

CAPÍTULO I

Generalidades

1.1 Introducción

La contaminación ambiental es la inserción de sustancias al medio ambiente. Estas a su vez son producida de manera antropogénica y causan daños al medio natural, los desechos estarán directamente ligados a la actividad realizada que los generan.

En casos puntuales como las labores realizadas en un camal, donde se comienza el proceso de faenado, se despresa a varios tipos de ganado y se procede al lavado de las piezas que serán distribuidas y comercializadas al consumidor final, durante este procedimiento se origina una cantidad importante de agua residual, con valores altos de materia orgánica, usualmente esta generaría la contaminación de ríos y esteros debido a que en ellos se realiza las descargas al final.

El camal municipal de Cantón Naranjito, que brinda sus servicios al cantón y otros lugares cercanos al mismo, provoca daños ambientales por los residuos generados en el faenamamiento. Por lo tanto, es necesario e indispensable que las aguas residuales generadas por el camal sean pasadas por un sistema de tratamiento apropiado para mitigar la gran parte de la carga contaminante antes de su descarga.

Para ayudar al control y manejo de descargas a los ríos, sistemas de alcantarillado sanitario público existen leyes, normas y reglamentos en los cuales se detalla los límites máximos permisible de descarga de aguas residuales.

En el siguiente diseño se planteará un sistema de tratamiento de aguas residuales de faenado para reducir la alta carga contaminante y llevarla a límites permisibles antes de su descarga.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General.

Diseñar una planta de tratamiento para el efluente industrial de faenado para el cantón naranjito.

1.2.2 Objetivo Específico.

- Dimensionamiento del sistema de tratamiento de los procesos primarios y secundarios para el efluente industrial del camal.
- Diseñar los diferentes procesos que conforman los sistemas de tratamiento.
- Comparación de la calidad de descarga del efluente industrial tratado con los límites permisibles al alcantarillado del sector.

1.3 Ubicación del Proyecto

El lugar en donde se encuentra ubicado el camal municipal del Cantón Naranjito, en la provincia del Guayas, en las siguientes coordenadas:

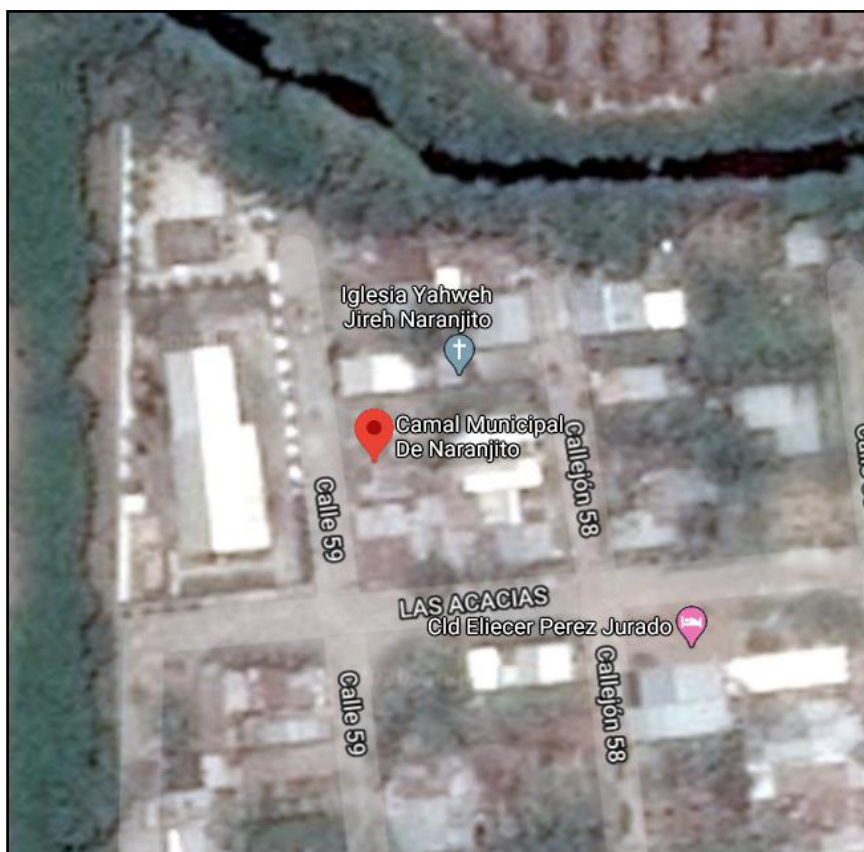


Ilustración 1: Camal Municipal de Naranjito.
Fuente: (Google Maps, s. f.)

Tabla 1: Tabla de Coordenadas.

Puntos	Coordenadas	
	Norte	Este
1	9760683.1	669586.7
2	9760631.4	669592.2
3	9760628.0	669561.7
4	9760680.6	669561.8

Fuente: (Google Maps, s. f.)
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

1.4 Planteamiento del Problema

En la mayoría de los camales municipales de nuestro país no cuentan con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales.

Se registran muchas anomalías en tratamiento de desechos y faltas muy graves a las leyes, normativas sanitarias y ambientales al momento de evacuar sus aguas residuales.

En El Cantón Naranjito en los últimos años ha registrado un aumento de contaminación por sus descargas de desechos líquidos y sólidos o por verter aguas residuales de faenado sin previo tratamiento en la red de aguas servidas municipal.

1.5 Delimitación del Tema

En este proyecto se realizará el diseño de una planta de tratamiento para las aguas residuales del camal en el Cantón Naranjito de la provincia del Guayas, este anteproyecto se basa en estudios ya realizados al efluente que genera el proceso de faenamiento, tiene como propósito obedecer los parámetros establecidos en la normativa para este tipo de descargas.

Se debe considerar el área que dispone el camal para la construcción de la planta de tratamiento.

1.6 Justificación

La ejecución de un buen sistema de tratamiento de aguas residuales reduce considerablemente la carga contaminante en los efluentes del cantón naranjito donde se verterán las aguas una vez tratadas y también se reduce en el perímetro donde se encuentra instalado el camal. El estado en que se lleva a cabo el proceso de faenamiento, del ganado bovino y porcino en camales o mataderos municipales es el encargado de asegurar la calidad final de la carne, que luego será distribuida a mercados, tiendas e industrias que producen sus derivados.

1.7 Organización y Contenido

El presente trabajo se ha desarrollado en cinco capítulos en cada uno de los cuales se presenta el contenido de la investigación con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos.

El primer capítulo corresponde a introducción del tema, planteamiento del problema, delimitación del tema, justificación.

El capítulo dos corresponde al Marco Teórico que lo constituyen los conocimientos previos, referentes teóricos y conceptuales, que se tienen sobre el proceso de faenado en los camales, tipos de mataderos y los tratamientos que se pueden aplicar para bajar contaminación a niveles permisibles.

El tercer capítulo comprende la metodología de los diferentes procesos a diseñar para la planta de tratamiento.

El capítulo cuatro comprende la información del dimensionamiento para cada uno de los tratamientos.

El capítulo cinco se refiere a las conclusiones y recomendaciones del diseño de la planta de tratamiento para aguas residuales industriales de faenado.

Como anexo del diseño se adjunta plano de la planta de tratamiento.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Descripción de las Operaciones de Faenado

2.1.1 Mataderos.

En el Ecuador el proceso de faenamiento se rige por medio de la ley de mataderos, la cual en el artículo dos define a un camal como, “el establecimiento dotado de instalaciones completas y equipo mecánico adecuado para el sacrificio, manipulación, elaboración, preparación y conservación de las especies de carnicerías bajo varias formas, con aprovechamiento completo, racional y adecuado de los subproductos no comestibles, cuando la cantidad justifique su aprovechamiento industrial. Poseerán instalaciones de frío industrial proporcionales a su tamaño”. (JMG, 1964)

2.2 Tipos de Mataderos

En Ecuador en la ley de mataderos se reconocen 3 clases de mataderos o camales. (JMG, 1964)

2.2.1 Públicos.

Que son aquellos operados por Entidades de derecho público o de derecho privado con finalidad social o pública. (JMG, 1964)

2.2.2 Privados.

Aquellos que están a cargo de personas naturales o jurídicas de derecho privado.

El funcionamiento de los Camales privados será autorizado donde no hubiera mataderos públicos o mixtos, siempre que reúnan las condiciones exigidas por la Ley y Reglamento de la materia. (JMG, 1964)

2.2.3 Mixtos.

Que son aquellos en los que participan Entidades de derecho público o de derecho privado con finalidad social o pública y personas naturales o jurídicas de derecho privado. (JMG, 1964)

2.2.4 Consumo de Agua.

El consumo de agua en Mataderos (Públicos O Privados) se calcula de acuerdo con el número y clase de animales a beneficiar, así:

Tabla 2: Información para el Diseño de la Planta de Tratamiento.

Clases de animales	Dotación diaria
Bovinos	500 L/día * animal
Porcinos	300 L/día * animal
Ovinos y caprinos	250 L/día * animal
Aves en general	16 L/día * animal

Fuente: (Valencia, 2012)

Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

2.3 Fase de Faenamiento

En el camal del Cantón Naranjito se realizan dos procesos de faenado, los cuales son ganado bovino y ganado porcino como se describe a continuación.

2.3.1 Fase de Faenamiento Ganado Bovino.

2.3.1.1 *Llegada del Ganado.*

La llegada del ganado al camal, para luego ser llevada al corral donde estará mínimo doce horas antes de su sacrificio según indica la ley. (JMG, 1964)

2.3.1.2 *Aturdimiento.*

Después de haber estado en el corral se baña al animal y a continuación llevarlo hacia la caja de insensibilización, donde se produce el aturdimiento, ya sea por medio de descarga eléctrica o pistolas neumáticas.

2.3.1.3 *Desangrado.*

Luego de ser aturdido el animal es elevado, para ser desangrado en su totalidad, en un lapso de 3 a 5 minutos.

2.3.1.4 *Remoción de Cabeza.*

Este procedimiento se lo realiza manualmente con ayuda de un cuchillo. Luego de ser removida es limpiada para su verificación.

2.3.1.5 *Corte de Patas.*

Las manos y patas son separadas al igual que la cabeza y puesta en su respectiva área donde se asegura su identificación al respectivo canal a que corresponde.

2.3.1.6 *Desollado.*

En este proceso, se desprende la piel del animal y se quita todo, esto se puede realizar de manera mecánica o manual.

2.3.1.7 Retiro de Vísceras.

Consta de la separación de genitales, las vísceras blancas y rojas. Primero se realiza la separación de las vísceras blancas, la cual está conformada por los estómagos e intestinos de los animales. Se facilita la extracción practicando una incisión con un cuchillo, a lo largo de la línea media ventral y retirando todo el conjunto de órganos mencionados anteriormente.

El segundo paso es la separación de la víscera roja, que está conformada por el hígado, el corazón, los pulmones, la tráquea, el esófago, y los riñones. En la práctica se separa primero el bazo; posteriormente el conjunto formado por el hígado, el corazón, la tráquea, el esófago y los pulmones y finalmente los riñones. (Ruiz Davila, 2011)

2.3.1.8 Cortado de la Canal.

Una vez que se separa las vísceras, se procede a cortar con una sierra eléctrica en dos mitades al canal. Después de haber realizado el corte se retira la medula espinal manualmente y se mueven los antebrazos de abajo hacia arriba para facilitar la salida de sangre que se acumula en los vasos sanguíneos. Se lavan los canales, para llevar los no aptos a la fosa y los aptos al frigorífico. (Ruiz Davila, 2011)

2.3.2 Fase de Faenamiento de Ganado Porcino.

En el caso de los porcinos deben ingresar al camal de 2 a 4 horas antes de su muerte según lo establecido en la Ley. (JMG, 1964)

2.3.2.1 Aturdimiento.

Este procedimiento se realiza utilizando una pistola neumática o un aturridor eléctrico, luego de haber noqueado al animal se lo procede a desangrar.

2.3.2.2 Escaldado y Depilado.

Después de haber pasado por el aturdimiento y desangrado, el animal es sumergido en agua caliente aproximadamente de 5 a 7 minutos. Este tiempo prudencial es necesario para el ablandamiento de la piel y sea fácil depilar.

2.3.2.3 Flameado.

El flameado o chamuscado es un procedimiento adicional al de escaldado y depilación, ya que estos procesos anteriores no eliminan por completo el pelo.

2.3.2.4 Corte del Esternón y Evisceración.

Se realiza una abertura con hacha en el esternón y luego se retiran las vísceras las cuales son revisadas y enviadas a su área respectiva.

2.3.2.5 Lavado.

Se procede al lavado de la canal con agua fría, para luego llevarlo al frigorífico. También se realiza el lavado de cada una de las áreas del camal.

2.4 Aguas Residuales

Se define como agua residual toda aquella, que ha sufrido una degradación en su estado original, proveniente de cualquier tipo de actividad industrial, comercial, domesticas, pecuarias, agrícolas y municipales. (MAE, 2015)

La descarga de aguas residuales generada por actividades de las personas, deben de ser tratadas previo a ser vertidas para y así disminuir la carga contaminante. Ya que de esa manera se puede cuidar y preservar el ecosistema acuático, sino se realiza tratamiento o es el no adecuado provoca grandes problemas de contaminación.

La tratabilidad y disposición final apropiada de las aguas residuales, considera el conocimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas de dichas aguas y también de los efectos principales a las fuentes receptoras. (Rojas, 2000)

2.5 Tipos de Aguas Residuales

2.5.1 Aguas Residuales Domésticas.

Son aquellas aguas que han sido utilizadas y evacuadas de residencias, edificios comerciales y también institucionales. Generalmente estas aguas son recolectadas por medio del sistema de alcantarillado municipal. Estas aguas se subdividen en aguas grises y aguas negras.

2.5.1.1 Aguas Grises.

Estas aguas son aquellas que se originan del uso de lavamanos, fregadero y duchas. Y están compuestas de materia orgánica e inorgánica.

2.5.1.2 Aguas Negras.

Son denominadas aguas negras únicamente las que proceden del retrete y contengan materia fecal y orina.

2.5.1.3 Aguas Residuales Industriales.

Son aguas que han sido usadas y descargadas luego de procesos de manufacturas.

2.5.2 Características de las Aguas Residuales.

En las aguas residuales las características dependerán en su gran mayoría del lugar donde se generen, para el proceso de caracterización de las aguas residuales, debe tomarse en consideración que existen diferentes formas de realizarlo y también se debe asegurar que la muestra sea representativa para que el procedimiento sea adecuado.

2.5.3 Aguas Residuales de un Camal.

Las aguas residuales que se originan del proceso de faenado de un camal contienen una gran carga contaminante y está compuesta de sustancias orgánica, solidos disueltos, sólidos en suspensión y también gran contenido de grasas.

Las aguas residuales de un camal para su caracterización dependerán de los siguientes factores.

- Clase de animal a sacrificar.
- Grado de procesamiento.
- Equipamiento de retención de líquidos y sólidos.
- Protocolo de limpieza y uso de agua.

2.6 Parámetros de Calidad de Agua de un Camal

Las aguas residuales de un camal contienen, excretas, sangre, cueros, pelos, grasa y huesos. Los parámetros de calidad de agua considerados principalmente son:

- DBO
- PH
- Solidos suspendidos
- Solidos sedimentables
- Aceites y grasas
- Coliformes fecales
- Turbiedad
- Color

2.6.1 Descripción de Parámetros Físicos - Químicos - Biológicos.

2.6.1.1 DBO.

El DBO es la Demanda bioquímica de oxígeno, es un parámetro que sirve y se usa para determinar la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para la degradación de la materia orgánica en las aguas residuales.

2.6.1.2 PH.

El PH es conocido como el potencial de hidrogeno, este parámetro sirve para medir la concentración de iones de hidrogeno en el agua residual durante el proceso de degradación, es muy importante tener este dato ya que sirve para el hábitat o muerte de las bacterias.

2.6.1.3 Solidos Suspendidos.

Es la cantidad de sólidos en suspensión presentes en el agua residual y se pueden remover de manera mecánica.

Sin un tratamiento adecuado la descarga directa podría producir fangos que a su vez crearían una condición anaeróbica en el cuerpo receptor.

2.6.1.4 Sólidos Sedimentables.

Los sólidos sedimentables son aquellas particulares más pesadas que precipitan en un determinado tiempo en el agua residual y se determina por gravimetría y volumetría.

2.6.1.5 Aceites y Grasas.

Son considerados aceites y grasas aquellos compuestos de carbono, hidrogeno y oxígeno que se encuentran flotando en el agua residual, revisten cualquier área con la que entren en contacto, provocan problemas en el mantenimiento y entorpece el proceso biológico, ya que son complejos de biodegradar. (Ortiz, 2016)

2.6.1.6 Coliforme Fecales.

Este parámetro es muy importante ya que sirve como un indicador muy confiable de contaminantes por agentes patógenos bacterianos. (Ortiz, 2016)

2.6.1.7 Turbiedad.

La turbiedad es una medida de las propiedades de dispersión de la luz en las aguas. La dispersión de materia coloidal no disuelta es aquella que no permite el paso de la luz a través del agua. (Ortiz, 2016)

2.6.1.8 Color.

En las aguas residuales industriales el color es señal de la fuente de contaminación, es causada por sólidos en suspensión, material coloidal y sustancias en solución. (Ortiz, 2016)

CAPÍTULO III

Metodología de la Investigación

Las aguas utilizadas para el proceso de faenado, se la denomina agua residual industrial y para el tratamiento de este efluente se realizan diferentes procesos, los cuales se describen de la siguiente manera.

De acuerdo con la bibliografía revisada hemos asumido los siguientes procesos para la planta de tratamiento.

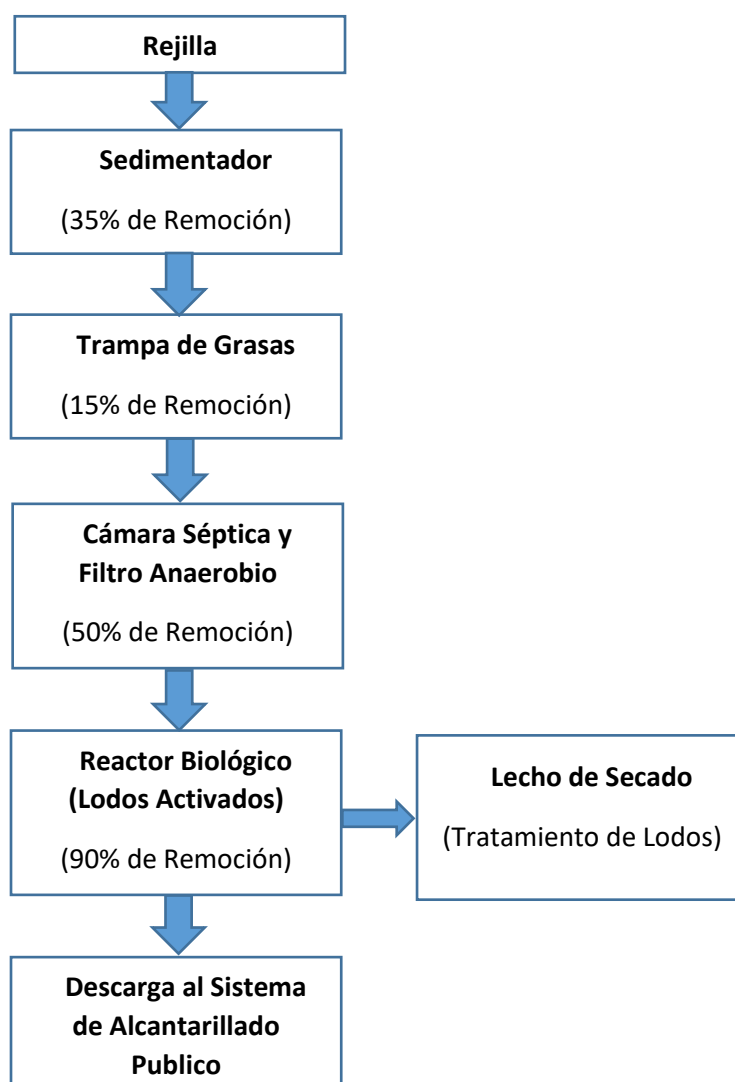


Ilustración 2: Esquema de Planta de Tratamiento.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

En la bibliografía técnica las remociones del sedimentador primario estará entre 25 – 40 %; Trampa de Grasa 15 %; Cámara Séptica sola indica valores entre 50 – 65 %; Filtro Anaerobio de 60 – 80 %; Reactor Biológico (Lodos Activados por aireación extendida) mayor al 90 %. Hemos asumido datos conservadores. Por lo que estamos protegidos con el dimensionamiento y propuesta de este tratamiento.

3.1 Pretratamiento o Tratamiento Preliminar

Para un buen desarrollo del sistema de tratamiento o de los procesos que con llevan a llegar a los límites máximos permisibles de descarga al cuerpo receptor, se debe realizar pretratamientos para retener sólidos, y un óptimo proceso de depuración, en nuestro diseño implementaremos los siguientes tratamientos.

3.1.1 Rejillas.

Es una estructura que está formada por varillas paralelas y separadas según el cálculo, estas rejillas son una ayuda de protección de bombas, válvulas, tuberías y otros accesorios que pudieran causar daño y obstrucción en los procesos subsiguientes.

Según el tipo de limpieza, las rejillas se pueden limpiar de forma mecánica o manual, según la distancia entre varillas y el grado de inclinación. (Cajas, 2014)

3.1.1.1 Tipos de Rejillas.

Son 2 clases de rejillas:

- Rejillas de limpieza manual
- Rejillas de limpieza mecánica

Las rejillas de limpieza mecanizadas es un trabajo de mantenimiento y será aplicada en el momento que se requiera.

Las rejillas que se da mantenimiento manual son usadas en plantas de tratamiento aguas residuales pequeñas. (Cajas, 2014)

Tabla 3: Información para el Diseño de Rejillas de Limpieza Mecánica y Manual.

Parámetro	Unidad	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Tamaño de la barra:			
Ancho	mm	5 – 15	5- 15
Profundidad	mm	25 – 37.5	25 – 37.5
Separación entre barras	Mm	25 - 50	15 -75
Inclinación con la vertical	Grados	25 -50	50 – 82.5
Velocidad de Aproximación	m/s	3,3- 6,5	6,5- 10,6
Perdidas de carga admisible	Mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

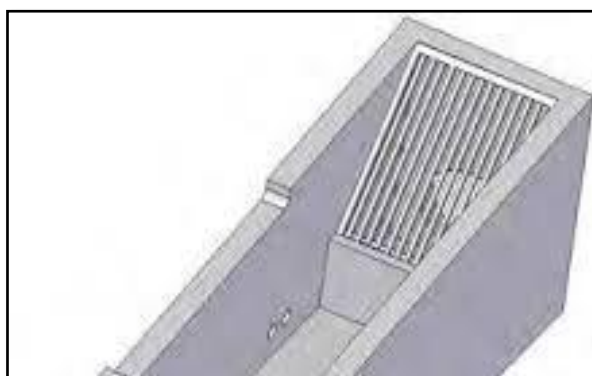


Ilustración 3: Redecilla.

Fuente: (Vásquez et al., 2013)

3.1.1.2 Criterio de Diseño del Canal de la Rejilla.

Para el diseño de las rejillas es necesario conocer las dimensiones del canal en donde van a ser dispuestas.

➤ Sección del Canal

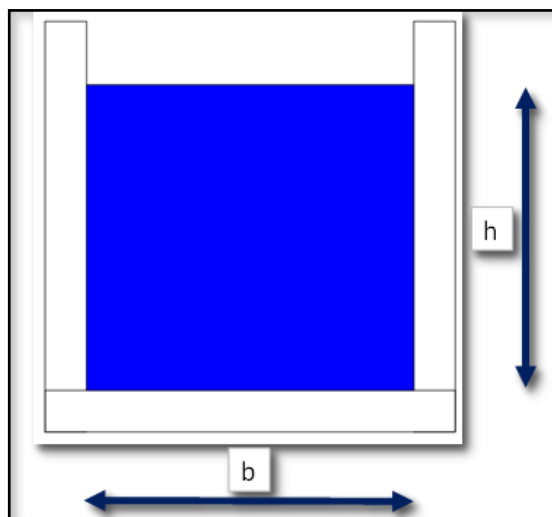


Ilustración 4: Sección, Canal Rectangular.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

➤ Área de canal

$$A = b * h$$

Donde:

A = Área del canal (m^2)

b = Base del canal (m)

h = Altura del canal hasta el nivel de agua

➤ Radio Hidráulico

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

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

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de Manning (0.013 para canales de concreto)

R = Radio Hidráulico (m)

S = Gradiente hidráulico (m/m) 0,0005

(Cajas, 2014)

Tabla 4: Coeficientes n de Manning.

Material	Coeficiente de Manning n
Asbesto Cemento	0.011
Latón	0.011
Tabique	0,015
Concreto Simple	0,013
Cobre	0,011
Acero Corrugado	0,022
Acero Galvanizado	0,016
Plomo	0,011
Plástico	0,009
Madera	0,012
Vidrio	0,011

Fuente: (Ven Te Chow, s. f.)
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

3.1.1.3 Consideraciones de Diseño para Rejillas.

➤ Área entre Barras

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}}$$

Donde:

A_L = Área libre entre barras (m^2)

Q = Caudal (m^3 / s)

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

➤ Área de la Sección Transversal del Flujo

Imhoff recomienda de 40 a 50 mm la separación entre rejas para que no se contenga mucha materia fecal.

$$A_f = \frac{A_b (W + e)}{W}$$

Donde:

A_f = Área de flujo (m^2)

A_b = Área entre barras (m^2)

W = Separación entre barras (m)

e = Espesor máximo de las barras (m) (se escoge 0.008 m)

➤ Numero de Barras

Para establecer el número de barras se puede usar la siguiente formulación:

$$N^{\circ} = \frac{b - W}{W - e}$$

Donde:

b = Ancho del canal (m)

W = Separación entre barras (m)

e = Espesor máximo de las barras (m)

➤ Longitud Sumergida de la Rejilla

Se requiere conocer el nivel máximo de agua, usando la siguiente expresión:

$$dmax = \frac{Q}{v * b}$$

En las instalaciones las rejillas de limpieza manual las barras hacen un ángulo de 30 a 45 grados con respecto a la horizontal.

Para la longitud, tenemos:

$$Ls = \frac{dmax}{Sen\delta}$$

Donde:

dmax = Nivel máximo de agua (m)

V = Velocidad de aproximación (m/s)

b = Ancho del canal (m)

δ = Grado de inclinación de las barras (45° recomendado para rejillas de limpieza manual). (Cajas, 2014)

3.1.2 Sedimentador.

Es conocido por ser un tratamiento físico que separa los sólidos en suspensión y la materia que flota en las aguas residuales, reduciendo así el contenido de sólidos sedimentables presentes, por medio de disminución de la velocidad del flujo laminar y la ayuda de la fuerza de gravedad pasa al tanque de sedimentación, de esta forma decantan las partículas suspendidas por diferencias de densidades, sin proceder a la aplicación de químicos.

Aplicando este método, la remoción de sedimentos es parcial, dependerá directamente del tamaño, constitución de las partículas, temperatura y el tiempo de residencia son también parte importante de los factores que inciden en este tratamiento.

“Los tanques de sedimentación primaria eliminan entre el 50 – 70 % de sólidos suspendidos, y entre el 25 – 40 % de DBO₅, siempre que las consideraciones de diseño sean bien manejadas.” (Metcalf & Eddy, 1995)

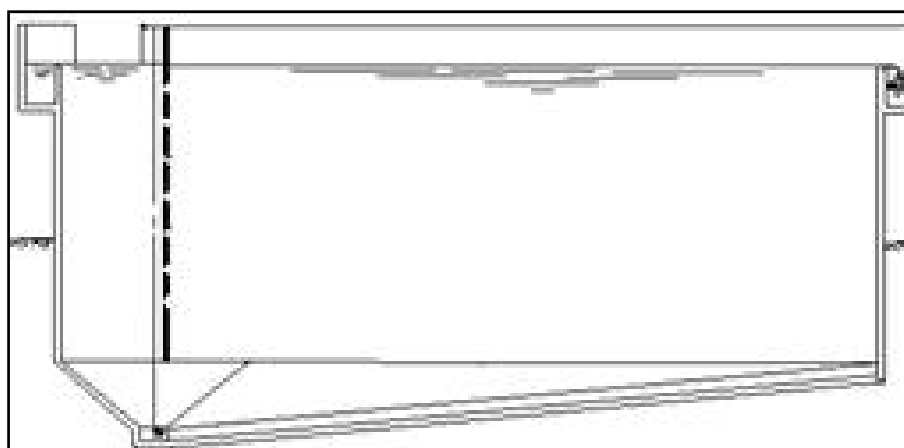


Ilustración 5: Sedimentador.
Fuente: (OPS, 2005)

3.1.2.1 Volumen del Reservorio.

Para cuantificar el volumen del reservorio, se utiliza la formulación que se describe a continuación:

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

Donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulica (*horas*)

V = Volumen del sedimentador primario (m^3)

Q = Caudal de diseño de la P.T.A.R (m^3/hr)

➤ Área del Reservorio

El reservorio por cuantificar es rectangular, en función de eso usaremos la formula del rectángulo expresada a continuación:

$$A = l * a$$

Donde:

A = Área superficial del tanque sedimentador (m^2)

l = largo (m)

a = ancho (m)

(Maroto Sánchez, 2013)

3.1.3 Trampa de Grasa.

Este tratamiento puede estar compuesto con uno o dos compartimientos; en éstos últimos, en la primera cámara debe realizarse la separación de la grasa y en la segunda cámara debe realizarse el almacenamiento de la grasa. Debe ubicarse en un sitio de fácil acceso para su limpieza.

El ingreso, la salida y los accesorios son típicamente de diseño T con una extensión vertical de 0.3 m del fondo del tanque y sobresalen sobre el nivel del agua. El espacio entre los dispositivos de entrada y salida debe ser suficiente para permitir retener la grasa y evitar que esta sea arrastrada en el efluente.

Se deben operar de una manera adecuada y limpiarlas con regularidad y así poder evitar fuga de grasa y la generación de malos olores. Los intervalos de la limpieza deben determinarse con base en la experiencia y en la observación. (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

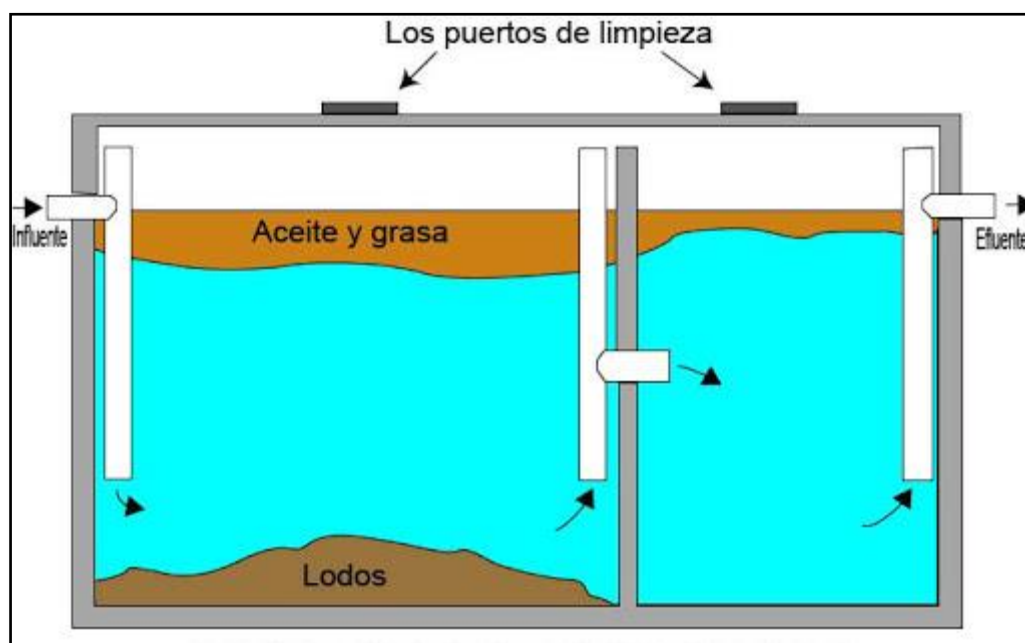


Ilustración 6: Trampa de Grasa.
Fuente: (HidroPlayas EP, s. f.)

3.1.3.1 Cálculo del Volumen.

$$Trh = 1 \text{ hora}$$

$$V = Q * Trh$$

Donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulica (*horas*)

V = Volumen de la trampa de grasa (m^3)

Q = Caudal de diseño de la P.T.A.R (m^3/hr)

3.1.3.2 Dimensionamiento.

$$V = L * a * h$$

Donde:

h = altura (m^2)

l = largo (m)

a = ancho (m)

V = Volumen de la trampa de grasa (m^3)

3.1.4 Cámara Séptica (Tanque Homogenizador).

En la cámara séptica, se producen una numerosa cantidad de reacciones bioquímicas que descomponen la materia orgánica, en ausencia de oxígeno molecular y la convierten en compuestos más simples, para lo cual intervienen microorganismos unicelulares que obtienen energía y substratos para sus procesos

vivientes, y para síntesis de nueva masa celular, entregando al medio CO₂ (Dióxido de Carbono) y CH₄ (Metano) como productos finales.

Para su diseño se han adoptado normas brasileñas de aplicación generalizadas en nuestro medio; que ofrecen resultados excelentes en la remoción de la materia orgánica en efluentes industriales con alta concentración de DBO., además de presentar facilidad constructiva.

3.1.4.1 Dimensionamiento de Cámara Séptica.

En el diseño de la cámara, adoptaremos las normas brasileñas indicadas en el pie de página, adicionalmente tomaremos también ciertos criterios de Ingeniería, conceptos y experiencia en diseños y construcciones de estos dispositivos en plantas similares, las cuales se encuentran funcionando con buenas eficiencias de remoción de materia orgánica. Así por ejemplo aplicaremos estos criterios y guías:

- El tiempo de residencia que adoptaremos para nuestro caso es de 0.5 día.
- La contribución de lodo es de 9 ml /lt (dato de laboratorio).
- El ancho mínimo debe ser de 0.70 m.
- La relación L, debe ser mayor a 2 veces y menor a 4 ($2 < L/a < 4$).
- El ancho no debe ser mayor a la profundidad ($0.70 < a < 2h$).

La generatriz inferior del tubo de entrada debe estar mínima, a 0.05 por encima de la superficie libre del líquido.

Los tubos de entrada y de salida deben estar constituidos por tee, las cuales deberán estar sumergidas a 30 cm por debajo del nivel del agua, quedando la otra, 20 cm por encima de la superficie.

Para el cálculo del dimensionamiento del cámara séptico aplicaremos la siguiente fórmula:

$$V = 1.3 N (CT + 100 Lf)$$

Donde:

V= Volumen útil de la cámara (lt).

N= Número de contribuyentes.

C= Contribución de desechos (lt/persona – día).

T= Período de retención (día).

L_f = Contribución de lodos frescos (lt/persona – día).

$$V = 1.3 N (CT + 100 Lf)$$

$$V = 1.3 N CT + (1.3N) * (100 Lf)$$

Siendo para este caso:

L_f = solidos sedimentables

En este caso NC es el caudal en cinco horas = $10 \text{ m}^3 / 5 \text{ h}$

3.1.5 Filtro Anaeróbico.

EL filtro anaeróbico (en realidad solo percola) se produce una nueva oxidación de la materia orgánica disuelta, remanente en el efluente tratado en la Cámara Séptica (digestor anaeróbico). Este equipo corresponde a un reactor biológico de biomasa fija o película adherida en un lecho o relleno. El agua residual circula a través del lecho y toma contacto con la población bacteriana, que está presente en forma de

película o lama adherida en la superficie de cada elemento del relleno, para producirse las reacciones bioquímicas y de oxidación de materia orgánica. Los nutrientes del agua residual se difunden hacia el interior de la película biológica y son metabolizados por la población microbiana adherida. La materia en suspensión y coloidales presentes en el agua residual se aglomeran y son adsorbidas también la película biológica*.

EL procedimiento usado en este filtro está dispuesto de manera que presenta un área de contacto (área específica) muy grande entre el líquido y la capa biológica, con lo que aumenta la adsorción de nutrientes a los microorganismos. El uso del término “Filtro” es incorrecto, ya que el proceso de depuración efectuado en estos sistemas tiene poco en común con la operación unitaria de filtración. Aparte de la adsorción y aglomeración del material en la lama bacteriana, la filtración en el sentido de la separación de un sólido de un líquido reteniéndolo en un lecho poroso, tiene poca o ninguna importancia en el proceso de depuración, aun cuando fuera un hecho apreciable. En realidad, el término apropiado debe ser percolador, ya que el líquido fluye a través de un lecho fijo, pero el término filtro es usado en forma general. (Winkler, s. f.)

Al inicio de los años 60 se comenzó a experimentar con medios filtrantes de los sistemas anaeróbicos. En 1976 Young y Mc-Carty, probaron que con el filtro anaeróbico se obtienen mayores tiempos de retención biológicos, en el reactor, debido a que los microorganismos permanecían adheridos.

Los filtros anaeróbicos, se han utilizado desde hace mucho tiempo, en el tratamiento de aguas residuales y han demostrado ser estable a las variaciones de PH, temperatura y caudal; remueven porcentajes mayores al 80% en carga de materia

orgánica expresada como DQO. sin embargo, son difíciles de modelar, tanto a escala de laboratorio como matemáticamente.

Debemos añadir que la operación y el mantenimiento de estas unidades es de bajo costo y de fácil manejo, adaptándose muy bien a nuestro medio. Adicionalmente podemos mencionar algunas características y ventajas del uso de los filtros anaeróbicos:

El filtro anaeróbico tiene la propiedad de depurar efluentes con bajas y altas cargas de materia orgánica, lo que no influye en su funcionamiento esas variaciones.

- Produce poco volumen de sólido.
- Es muy eficiente en el tratamiento de efluentes con materia orgánica disuelta.
- El filtro anaeróbico opera a presión y temperatura ambiente.
- Opera en mayor rango de PH.

3.1.5.1 Dimensionamiento del Filtro Anaeróbico.

Criterios y normas para el dimensionamiento.

- El filtro anaeróbico puede ser de forma cilíndrica o prismática de sección cuadrada, con fondo falso perforado.
- El material filtrante debe tener una granulometría, lo más uniforme posible, pudiendo variar entre 0.04 m. y 0.07 m. En el presente diseño se ha considerado el uso de un relleno de material pétreo, piedra picada de 1 pulgada.
- La profundidad útil (h) del filtro anaeróbico es de 1.80 m. para cualquier volumen dimensionado.

- El diámetro mínimo debe ser 0.95 m. o el largo mínimo será de 0.85 m.
- El volumen útil mínimo debe ser de 1250 lt.
- La carga hidrostática mínima del filtro debe ser de 0.10 m. por lo tanto el nivel de salida del efluente del filtro debe estar por debajo del nivel de la cámara séptica.
- El fondo falso debe tener aberturas de 0.03 m. espaciadas a 0.15 m. entre sí.
- El diámetro (d) máximo y la largura (l) no deben exceder a 3 veces la profundidad útil (h). (ABNT, 1993)

Para el cálculo del dimensionamiento del filtro anaeróbico se empleó la siguiente fórmula:

$$V = Q * Trh$$

Donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulica (*horas*)

V = Volumen del Filtro Anaeróbico (m^3)

Q = Caudal de diseño de la P.T.A.R (m^3/hr)

Notamos que el factor NC, se refiere al caudal diario de diseño, en este caso es $10 m^3/5 horas$. También hemos considerado un tiempo de residencia de 0.5 día.

La carga hidrostática mínima del filtro debe ser de 0.10 m. por lo tanto el nivel de salida del efluente del filtro debe estar por debajo del nivel de la cámara séptica.

El fondo falso debe tener aberturas de 0.03 m. espaciadas a 0.15 m. entre sí. (ABNT, 1993)

3.1.6 Bomba.

El flujo prosigue hacia una estación de bombeo que opera automáticamente con controladores de nivel y desde ahí se bombea al reactor biológico.

Es indispensable la construcción de una estación de bombeo, ya que el reactor biológico está sobre el nivel de piso; estará ubicada junto al filtro anaeróbico. Está constituida por una cámara de hormigón armado, construida por debajo del nivel del piso, tiene tapas metálicas de fácil remoción para realizar los respectivos mantenimientos, se colocará una bomba sumergible que operan alternadamente; dispone un sistema automático accionado con controladores de nivel de máxima, mínimo y emergencia, el sistema eléctrico estará colocado a un panel de control con los elementos requeridos para el caso como automatismos, regulador de fase, de voltaje, alarmas, etc.

3.1.6.1 Dimensionamiento Potencia de Bomba.

Los cálculos para la potencia de bomba se detallan a continuación:

$$P = \frac{Q * h * F_s}{75 * n}$$

Donde:

P = Potencia de la bomba, (HP).

Q_{max} = Caudal máximo horario, l/s (2,0)

H = Altura dinámica, m (10 m considerando todas las pérdidas, incluida la distancia de tubería)

n = Factor de eficiencia de la bomba, 70 - 90%

F_s = Factor de seguridad (1,50)

➤ Cálculo del volumen de la cámara húmeda, V:

$$V = \frac{q * t}{4}$$

Donde:

q = caudal de la bomba, l/s

$$Q = 2,22 \text{ l/s} .$$

T = Tiempo mínimo de un ciclo de bombeo = 15 min = 900 segundos. (Metcalf-Eddy. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Editorial Labor S.A. 1.977).

F_s = Factor de seguridad = 30%

$$Q = Q \times F_s$$

➤ Determinación del tiempo máximo de llenado de la cámara húmeda:

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{V}{Q_{min}}$$

V = Volumen de la cámara húmeda en Litros.

$Q_{min} = 0,3 \text{ l/s}$ caudal mínimo; (obtenido en aforo).

3.1.7 Reactor Biológico aireado (Lodos Activados).

Es el proceso de tratamiento de aguas residuales más utilizado, desarrollado originalmente en Inglaterra en 1914. Aunque es un proceso biológico con altos costos de inversión, operación y mantenimiento, todavía se usa ampliamente para tratar aguas residuales industriales y municipales. Este es un proceso estable con alta eficiencia de remoción orgánica.

El reactor biológico propuesto es el que corresponde al proceso de lodos activados por aireación extendida, es un sistema de flujo semicontinuo (esporádico) en el cual se mezclan crecimientos biológicos aeróbicos con las aguas residuales.

Las aguas residuales industriales a menudo contienen impurezas que deben ser removidas o alteradas por operaciones preliminares (pretratamiento) antes de considerar el tratamiento de los lodos activados, esto ha sido considerado en el presente proyecto, con la aplicación de producción más limpia y con la trampa de grasa.

Es deseable representar un sistema de oxidación biológica por un modelo matemático. Los coeficientes necesarios para establecer los criterios básicos de diseño pueden ser determinados por la operación de reactores biológicos en laboratorios en los cuales se aplican varias cargas orgánicas (F/M, siglas en inglés de la relación Food /Microorganism-Sustrato/Biomass).

El proceso convencional de Lodos Activados consiste en un tanque de aireación, un clarificador secundario y una línea de retorno de lodo. La purga del lodo, se puede realizar indistintamente desde la conducción del líquido mezclado ó desde la de retorno del lodo. Una variación del proceso convencional, es la llamada oxidación total o lodos activados por aireación extendida. La idea fundamental de la aireación

extendida, al ser comparada con el proceso de tipo convencional, es disminuir la cantidad de lodo residual. En esencia, se pretende que el incremento de los MLVSS sea cero, a través del consumo por respiración endógena de todo el lodo biodegradable formado. Así, se cumple también el propósito de eliminar el proceso de tratamiento de lodos; sin embargo, se debe tener en cuenta que hay una fracción de los lodos (23%) que no puede ser totalmente digerida.

3.1.7.1 Dimensionamiento del Reactor Biológico.

Se plantea la construcción de dos reactores biológicos, serán metálicos de aproximadamente 5 m³ de capacidad; estará provisto de una sección cónica en la parte inferior, para dar facilidad al retiro de los lodos, cuando detenga la aireación y de tiempo para la sedimentación secundaria. Se le suministrara aire mediante una flauta difusora desde el fondo, el aire proviene dese un blower o compresor.

Para el dimensionamiento de reactor Biológico se parte de la siguiente fórmula:

➤ Cálculo Del Tiempo De Residencia.

$$T = \frac{\phi * Y * (S_f - S_e)}{K_d * X_{v,a}}$$

Donde:

T: Tiempo de Residencia.

ϕ : Cantidad de MLVSS biodegradable producida por Kg. de MLVSS producido $\approx$ 0.77

Y: Cantidad total de MLVSS producido por Kg de DBO_{5T} consumida = 0,56

K_d : Tasa constante de respiración endógena, día-1 = 0,1

$X_{v,a}$: Concentración MLVSS del lodo biodegradable en el reactor biológico: 5000 mg/l.

S_f : Afluente, DBO, mg/l.

S_e : Efluente, DBO, mg/l, remoción del 90 %.

Para asegurar la aireación extendida, debemos tener un tiempo de residencia hidráulica de 18 a 36 horas.

Requerimiento De Oxígeno:

$$Kg\ O_2/dia = a (S_f - S_e) * Q_f + b X_{v,a} * V$$

$$a = (0.35 - 0.55) \frac{Kg\ O_2}{Kg\ DBO} \text{ (oxígeno requerido para la oxidación del sustrato).}$$

$$b = (0.07 - 0.2) \frac{Kg\ O_2}{dia\ MVLSS} \text{ (oxígeno requerido para la respiración endógena).}$$

Eficiencia de transferencia de oxígeno:

$$\left(\frac{Kg\ de\ aire}{0.08} \right) = Kg\ de\ aire/dia$$

Se recomienda usar un Factor de Seguridad (1.5):

$$Kg\ de\ aire/dia * 1.5 = Kg\ de\ aire/dia$$

➤ Cálculo De La Potencia De Los Sopladores

La fórmula de la potencia de los sopladores y los valores de P_2 han sido tomados del Libro "Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales", de Metcalf-Eddy. Editorial McGRAW-HILL/Interamericana de España. 1.996.

$$P_w = \frac{W * R * T_1}{29.7 * n * e} * \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^n - 1 \right)$$

P_w = Potencia necesaria para cada soplante (kW).

W = Peso de flujo de aire (Kg/s) = $0,01 \text{ Kg de aire/s}$

R = Constante de los gases (aire) = $8,1314 \text{ kJ/Kmol } ^\circ\text{k}$

T_1 = Temperatura absoluta de entrada ($^\circ\text{k}$).

P_1 = Presión absoluta de entrada (atm).

P_2 = Presión absoluta de salida en el fondo del aireador (atm).

Valor elegido: 0,592 atm.

n = 0,283 para el aire.

e = Eficiencia (en compresores, normalmente entre 0,70 y 0,90).

Los siguientes valores han sido tomados de la fuente bibliográfica: Eckenfelder, W. W., Jr, and O' Connor D. J., "Biological Waste treatment", Pergamon Press, New York, N. Y. (1961).

La presión de descarga del aire en el soplador varía de 48 y 62 kN/m^2 .

Estos criterios son recomendaciones tomada del Libro "Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales", de Metcalf-Eddy. Editorial McGRAW-HILL/Interamericana de España. 1.996.

3.1.8 Lecho de Secado.

Los lodos que se producen en el tratamiento biológico se concentran en un espesador a gravedad para luego deshidratarlos en ciclos de secado. La producción de lodos debería ser muy baja y de lodos muy estables.

El secado al aire de lodos en ciclos o lechos de arena, es uno de los métodos más económicos de eliminación del agua, más aún en industrias que generan poco caudal. Es el método normal en las plantas de tratamiento pequeñas y medianas de efluentes tanto domésticos como industriales. La viabilidad económica depende en gran manera de: 1) disponibilidad de terrenos, a precios asequibles. 2) condiciones climáticas favorables (seco y caluroso) para máxima evaporación.

Cuando el lodo es distribuido sobre una superficie permeable, arena, por ejemplo, la camada de agua relativamente clara que queda debajo del lodo drena con facilidad, hasta que la parte concentrada de sólidos se deposita sobre la arena. La mayor parte de esa agua puede ser removida en menos de un día.

Pasado este periodo de drenaje el secado sigue a través de la evaporación. Se forma una camada cada vez más pobre en agua, pasando a encoger no sólo verticalmente sino también en la horizontal. En consecuencia, son formadas grietas en la superficie, apresurando el proceso de evaporación porque aumenta la superficie expuesta al aire.

Los lechos de secado son constituidos por un reservorio de pequeña profundidad, con fondo drenante. Este se constituye de dos o tres camadas de arena de granulometría diferente con aproximadamente 0,30 m de espesor, quedando el material más grueso abajo y el material más fino arriba. El fondo generalmente es el propio suelo. A veces es revestido con una camada delgada de hormigón simple (replantillo). Sobre el hormigón es colocada una tubería de drenaje, constituida por una tubería perforada para colectar el líquido percolado.

La superficie de la arena puede ser protegida contra pérdidas por adhesión al lodo seco, empleando un ladrillado con juntas abiertas, como de hasta 4 a 10 cm de ancho y rellenos con arena fina.

El lodo debe de estar en el rango, 30 cm máximo de espesor. Más de esto dificulta el secado. No debe de esparcirse el lodo en un lecho que ya contenga una carga anterior en fase de secado.

3.1.8.1 Dimensionamiento del Lecho de Secado.

Están constituidos por un lecho de secado de arena con cuatro módulos para cada reactor, que trabajan alternadamente: es un reservorio de hormigón, con rellenos de distintas granulometrías, de arena, piedras finas y gruesas, dispuestos convenientemente. El líquido que percola es recogido en el fondo, a través de un bajodren, el cual descarga a al reactor biológico; mientras que los lodos deshidratados son recogidos y descargados como desechos sólidos.

$$V = a * h$$

Donde:

h = altura de agua (0.60 m)

a = ancho (m)

V = Volumen de capacidad (m^3)

CAPITULO IV

Desarrollo del Tema

4.1 Dimensionamiento de la Planta de Tratamiento

Para empezar a calcular se necesita algunos datos de producción como son:

- El tiempo de funcionamiento del camal es 5 h, diarias. Se faenan 15 Reses y 8 Porcinos.
- Para el caudal de diseño se utilizarán 500 L para reses y 300 L para Porcinos:

$$15 \times 500 \text{ Litros} = 7500 \text{ l/5 horas} \rightarrow \text{Caudal promedio}$$

$$8 \times 300 \text{ Litros} = 2400 \text{ l/5 horas} \rightarrow \text{Caudal promedio}$$

$$9900 \frac{\text{Litros}}{5 \text{ h}} \rightarrow Q_{\text{diseño}} = 10 \text{ m}^3/5 \text{ horas}$$

- El agua residual de faenado contiene una carga contaminante de *DQO*:

$$11610 \text{ mg/l y DBO: } 7400 \text{ mg/l}.$$

4.1.1 Cálculos de Rejilla.

Tabla 5: Información para el Diseño de Rejillas de Limpieza Mecánica y Manual.

Parámetro	Unidad	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Tamaño de la barra:			
Ancho	mm	5 – 15	5- 15
Profundidad	mm	25 – 37.5	25 – 37.5
Separación entre Barras	mm	25 - 50	15 -75
Inclinación con la Vertical	grados	25 -50	50 – 82.5
Velocidad de Aproximación	m/s	3,3- 6,5	6,5- 10,6
Perdidas de carga Admisible	mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

➤ Cálculo de Área de Caudal

$$A = b * h$$

$$A = 0.30 \text{ m} * 0.20 \text{ m}$$

$$A = 0.06 \text{ m}^2$$

➤ Radio Hidráulica

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

$$R = \frac{0.3 * 0.2}{0.3 + 2 * 0.2}$$

$$R = 0.09 \text{ m}$$

➤ Velocidad Transporta el Fluido

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.013} * 0.09^{\frac{2}{3}} * 0.0005^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 0.35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

➤ Cálculo del Área entre barras (dentro de sección de canal)

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{10 \text{ m}^3}{5 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 5.56 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}}$$

$$A_L = \frac{5.56 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.35 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A_L = 1.59 * 10^{-3} m^2$$

- Área de la Sección Transversal del Flujo

$$A_f = \frac{A_b + (W + e)}{W}$$

$$A_f = \frac{1.59 * 10^{-3} + (0.04 + 0.008)}{0.04}$$

$$A_f = 1.91 * 10^{-3} m^2$$

- Cálculo Numero de Barras

$$N^\circ = \frac{b - W}{W - e}$$

$$N^\circ = \frac{0.3 - 0.04}{0.04 - 0.008}$$

$$N^\circ = 8.13 \approx 8 \text{ Barras}$$

- Longitud Sumergida de la Rejilla

$$dmax = \frac{Q}{v * b}$$

$$dmax = \frac{5.56 * 10^{-4}}{0.30 * 0.3} \rightarrow 0.006 m$$

$$Ls = \frac{dmax}{Sen\delta}$$

$$Ls = \frac{0.006}{Sen 45^\circ} \rightarrow 0.0085 m$$

Nota: el caudal generado, es relativamente pequeño, por lo que la altura de la película de agua es menor a 10 cm. Sin embargo, sugerimos mantener la rejilla como seguridad.

4.1.2 Cálculos de Sedimentador.

$$Trh = 3 \text{ hrs}$$

Caudal:

$$Q = 10.000 \text{ l}/5 \text{ horas}$$

$$Q = 2.000 \text{ l}/h \text{ (Solo funciona 5 horas)}$$

➤ Cálculo de Volumen Reservorio

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

$$V = Q * Trh$$

$$V = 2.000 \text{ l}/h * 3 \text{ h}$$

$$V = 6.000 \text{ l} \rightarrow 6 \text{ m}^3$$

➤ Dimensionamiento del Reservorio

$$L = 2a$$

$$h_{asumido} = 2 \text{ m}$$

$$V = L * a * h$$

$$6 \text{ m}^3 = 2a * a * h$$

$$a = \sqrt{\frac{6}{4}} = 1.23 \text{ m}$$

$$a = 1.23 \text{ m} \approx 1.30 \text{ m Constructivo}$$

$$L = 2a$$

$$L = 2 * 1.30$$

$$L = 2.60 \text{ m}$$

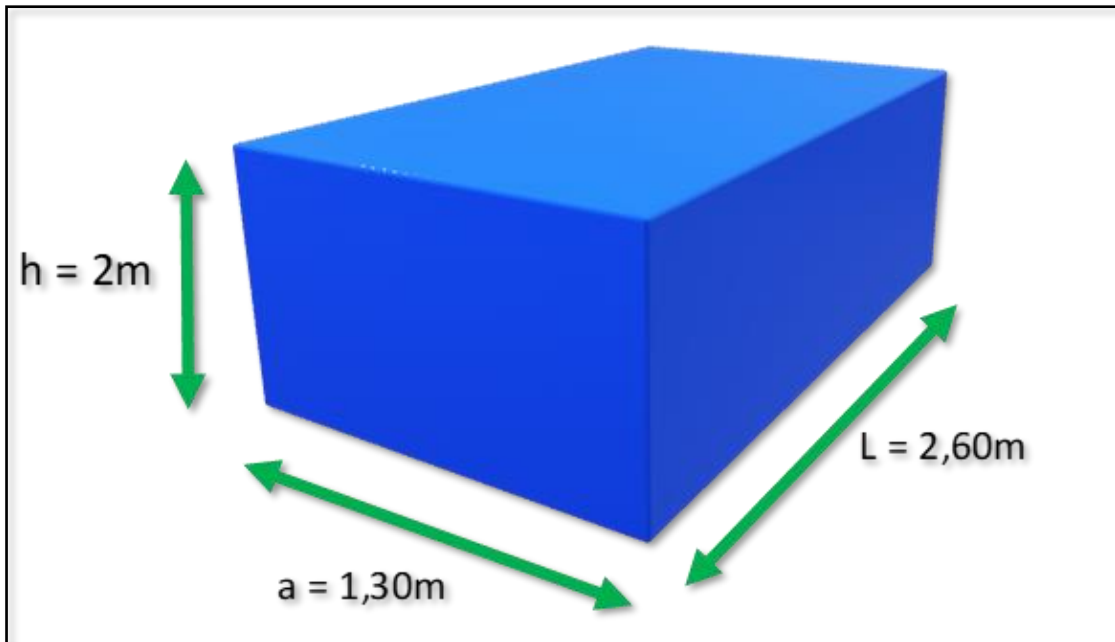


Ilustración 7: Dimensionamiento del Sedimentador.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

4.1.3 Cálculos Trampa de Grasa.

$$Trh = 1 \text{ hora}$$

$$Q = 2 \frac{m^3}{h}$$

➤ Cálculo de Volumen Trampa de Grasa

$$V = Trh * Q$$

$$V = 1 h * 2 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 2 m^3$$

➤ Dimensionamiento Trampa de Grasa

$$a = 0.70 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m} \text{ Asumido } > 80 \text{ cm o } 0.8 \text{ m}$$

$$V = L * a * h$$

$$2 \text{ m}^3 = 0.7 * 1 * L$$

$$L = 2.86 \approx 2.90 \text{ m}$$

4.1.4 Cálculos Cámara Séptica o Tanque Homogenizador.

➤ Cálculo de Volumen Cámara Séptica

$$V = 1.3 N (CT + 100 Lf)$$

$$L_f = 9 \text{ ml/l}, \text{Solidos Sedimentables}$$

$$N_c = 10 \text{ m}^3 / 5 \text{ horas}$$

$$N (100 L_f) = \left(9 \text{ ml/l}\right) \left(\frac{10.000 \text{ l}}{\text{dia}}\right) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}\right) = 90 \text{ L} = 0.09 \text{ m}^3$$

$$V = 1.3 (N * CT) + 1.3(N * 100 Lf)$$

$$V = 1.3 (10 \text{ m}^3) * (0.5 \text{ dia}) + 1.3(0.09 \text{ m}^3)$$

$$V = 6.62 \text{ m}^3$$

➤ Dimensionamiento de Cámara Séptica

$$a = 1.5 \text{ m}$$

$$h = 1.90 \text{ m (Asumido)}$$

$$V = L * a * h$$

$$6.62 = L * 1.5 * 1.90$$

$$L = 2.32 \text{ m} \approx 2.40 \text{ m Constructivo}$$

4.1.4.1 Cálculo Filtro Anaeróbico.

$$h = 1.80 \text{ m (Asumido)}$$

$$V = Q * Trh$$

$$V = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * 0.5 \text{ dia}$$

$$V = 5 \text{ m}^3$$

➤ Sección Cuadrada

$$a = b$$

$$V = a * b * h$$

$$5 \text{ m}^3 = a^2 1.80$$

$$a = \sqrt{\frac{5}{1.80}}$$

$$a = 1.66 \text{ m}$$

$$a = 1.50 \text{ m Constructivo}$$

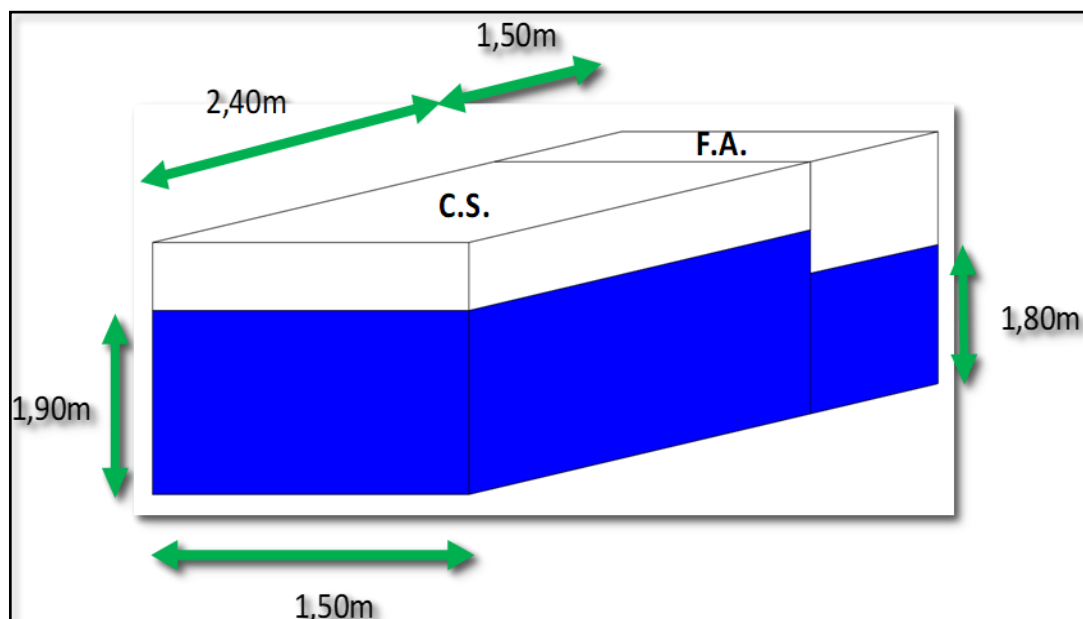


Ilustración 8: Dimensionamiento de Cámara Séptica y Filtro Anaeróbico.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

4.1.5 Cálculos Bomba.

- Potencia de Bomba

$$P = \frac{Q * h * F_s}{75 * n}$$

$$Q = 2 \text{ m}^3/h * \frac{1 h}{3600 s} * \frac{1000 l}{1 m^3} = 0.556 \text{ l/s}$$

$$P = \frac{2 \text{ l/s} * 10 * 1.5}{75 * 0.75} = 0.59 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

$$P = 1 \text{ hp}$$

- Cálculo del Volumen de la cámara húmeda

$$q = Q * F_s$$

Fs. = 30 %

$$q = 2.22 \text{ l/s} * 1.30$$

$$q = 2.89 \text{ l/s}$$

$$V = \frac{q * t}{4}$$

$$V = \frac{2.89 \text{ l/s} * 90 \text{ s}}{4}$$

$$V = 650.25 \text{ l} = 0.65 \text{ m}^3 \approx 0.7 \text{ m}^3$$

➤ Determinación del tiempo máximo de llenado de la cámara húmeda.

Asumiendo 1.5 altura, lo cual es recomendado para colocar los controles

$$h = 1.50 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} a = 1 \text{ m} \\ l = 1 \text{ m} \end{array} \right\} \text{Facilitado para construcción.}$$

$$T_{\text{máx}} = \frac{V}{Q_{\text{min}}}$$

$$T_{\text{máx}} = \frac{700 \text{ l}}{0.556 \text{ l/s} * 60 \text{ s}} = 20.9 \text{ min}$$

$$T_{\text{máx}} = 20 \text{ min}$$

4.1.6 Cálculos de Lodos Activados.

2 Tanques en paralelo

➤ Cálculo de tiempo de Residencia

$$Trh = 18 \text{ a } 36 \text{ horas}$$

$$T = \frac{\emptyset * Y * (Sf - Se)}{Kd * X_{v,a}}$$

$$T = \frac{(0.77) * (0.56) * (2368 - 473)}{(0.15) * (5000)}$$

$$T = 1.09 \text{ dias} = 26.16 \text{ Horas}$$

➤ Cálculo de Volumen

$$V = Q * Trh$$

$$V = 10 \text{ m}^3/\text{dia} * 1.09 \text{ dia} = 10.9 \text{ m}^3 \approx 11 \text{ m}^3 \text{ Constructivo}$$

➤ Cantidad de Aire Requerido para Reactor Biológico

Oxígeno requerido para la oxidación del sustrato

$$a = (0.35 - 0.55) \frac{\text{Kg } O_2}{\text{Kg DBO}}$$

Oxígeno requerido para la respiración endógena

$$b = (0.07 - 0.2) \frac{\text{Kg } O_2}{\text{dia MVLSS}}$$

$$S_f = 2044.5 \rightarrow 90 \%$$

$$S_e = 204.4$$

$$\text{Kg } O_2/\text{dia} = a (S_f - S_e) * Q_f + b X_{v,a} * V$$

$$\text{Kg } O_2/\text{dia} = 0.50 (2011.25 - 204.4) * 4 + 0.15 (5000) * 5$$

$$\text{Kg } O_2/\text{dia} = 7429.7$$

$$\text{Kg } O_2/\text{dia} = 7.43$$

$$7.43 \left(\text{Kg } O_2/\text{dia} \right) * \left(\frac{1 \text{ Kg aire}}{0.232 \text{ Kg } O_2} \right) = 32.03 \text{ Kg de aire}/\text{dia}$$

- Eficiencia de Transferencia de Oxígeno 8 %

$$\left(\frac{32.03 \text{ Kg de aire}}{0.08} \right) = 400.32 \text{ Kg de aire/dia}$$

Se recomienda usar un factor de 1.50.

$$400.32 * 1.5 = 600.49 \text{ Kg de aire/dia}$$

$$\left(600.49 \text{ Kg de aire/dia} \right) * \left(\frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} \right) = 0.0069 \text{ Kg de aire/s} \approx 0.01$$

- Cálculo De La Potencia De Los Sopladores.

$$P_w = \frac{W * R * T_1}{29.7 * n * e} * \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^n - 1 \right)$$

La presión de descarga del aire en el soplador varía de 48 y 62 kN/m^2 , se ha tomado el valor de: $(60 \text{ kN/m}^2) (1 \text{ atm}/101,325 \text{ kN/m}^2) = 0,592 \text{ atm}$.

$$R = 8,1314 \text{ kJ/Kmol } ^\circ\text{k}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$P_1 = 1,0 \text{ atm.}$$

$$P_2 = 1,592 \text{ atm.}$$

$$P_w = \frac{0.01 \text{ Kg de aire} * 8.1314 \text{ KJ/K Mol } ^\circ\text{K} * 298 ^\circ\text{K}}{29.7 * 0.283 * 0.70} * \left(\left(\frac{1.592 \text{ atm}}{1.0 \text{ atm}} \right)^{0.283} - 1 \right)$$

$$P_w = 0.58 \text{ KW}$$

$$HP = 0.58 \text{ KW} * \frac{1 \text{ H.P.}}{0.7457 \text{ KW}} = 0.77 \rightarrow HP = 1.0 \text{ (Comercial)}$$

Se deben adquirir dos soplantes que funcionen alternadamente, eso nos da la seguridad de que jamás carezcamos de aire. Es fundamental mantener el sistema

aireado, primero para evitar la muerte de las bacterias aerobias y segundo para evitar generación de malos olores.

4.1.7 Cálculos Lecho de Secado.

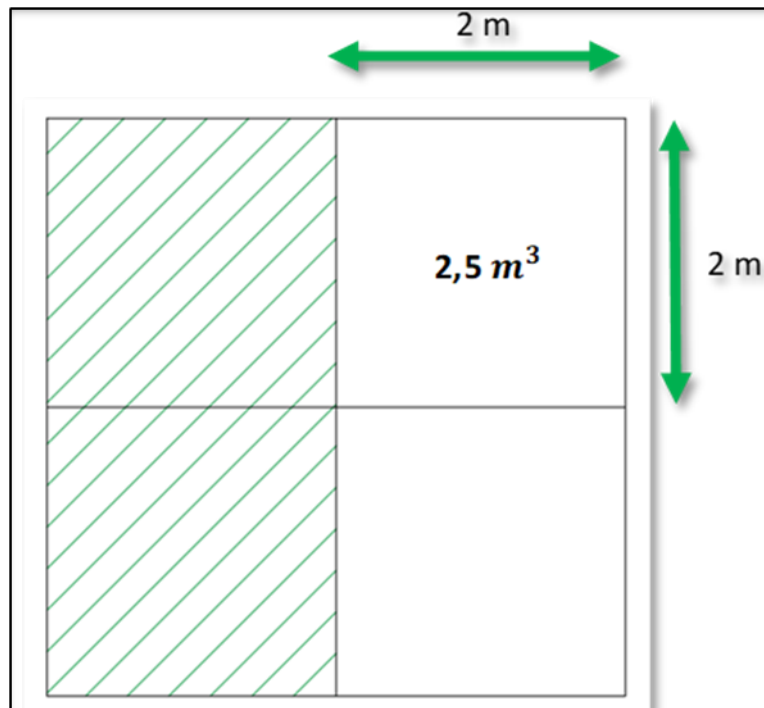


Ilustración 9: Sección Lecho de Secado.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

$$Trh = 1 \text{ Día}$$

$$V = 2,5 m^3$$

$$h = 0.60 m \rightarrow \text{Volumen Util}$$

$$A = \frac{2.5}{0.60} = 4.16 m^2$$

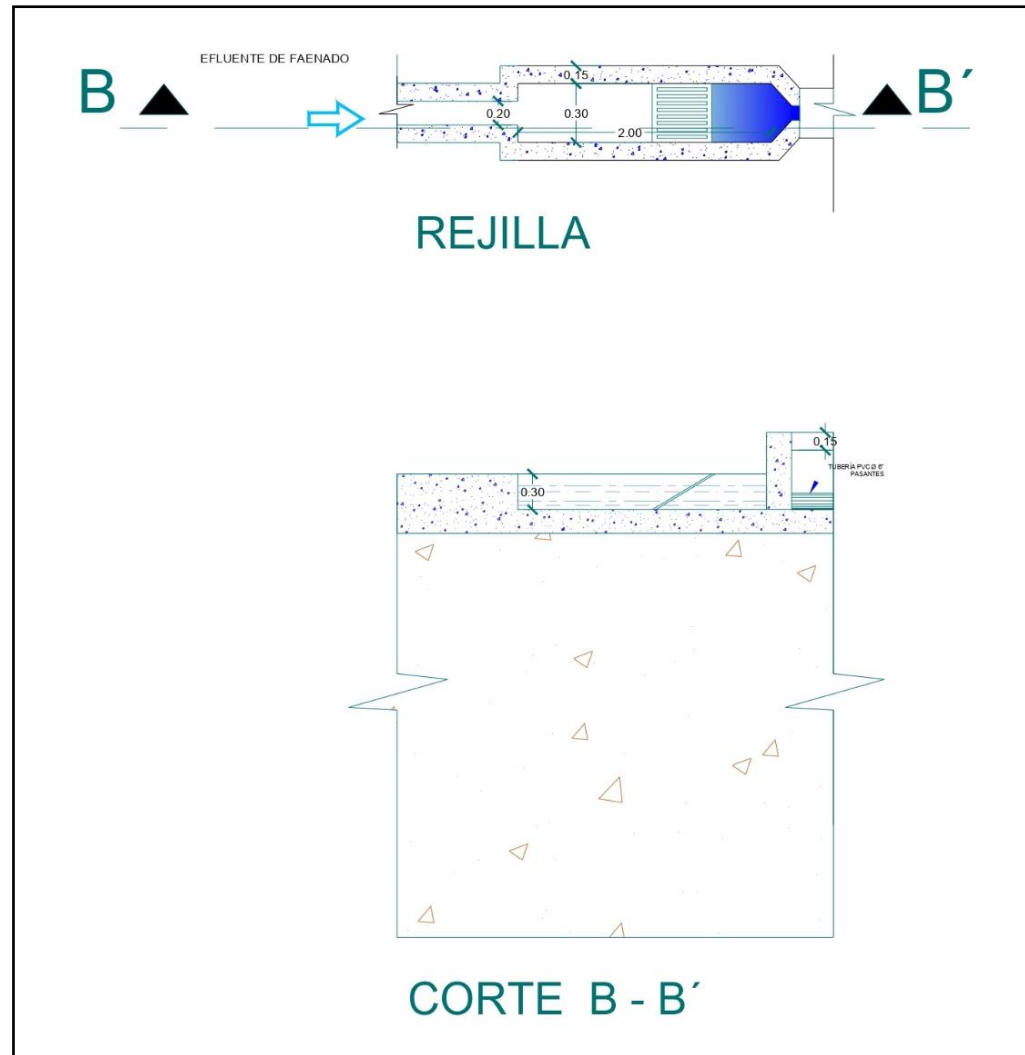


Ilustración 10: Rejilla.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

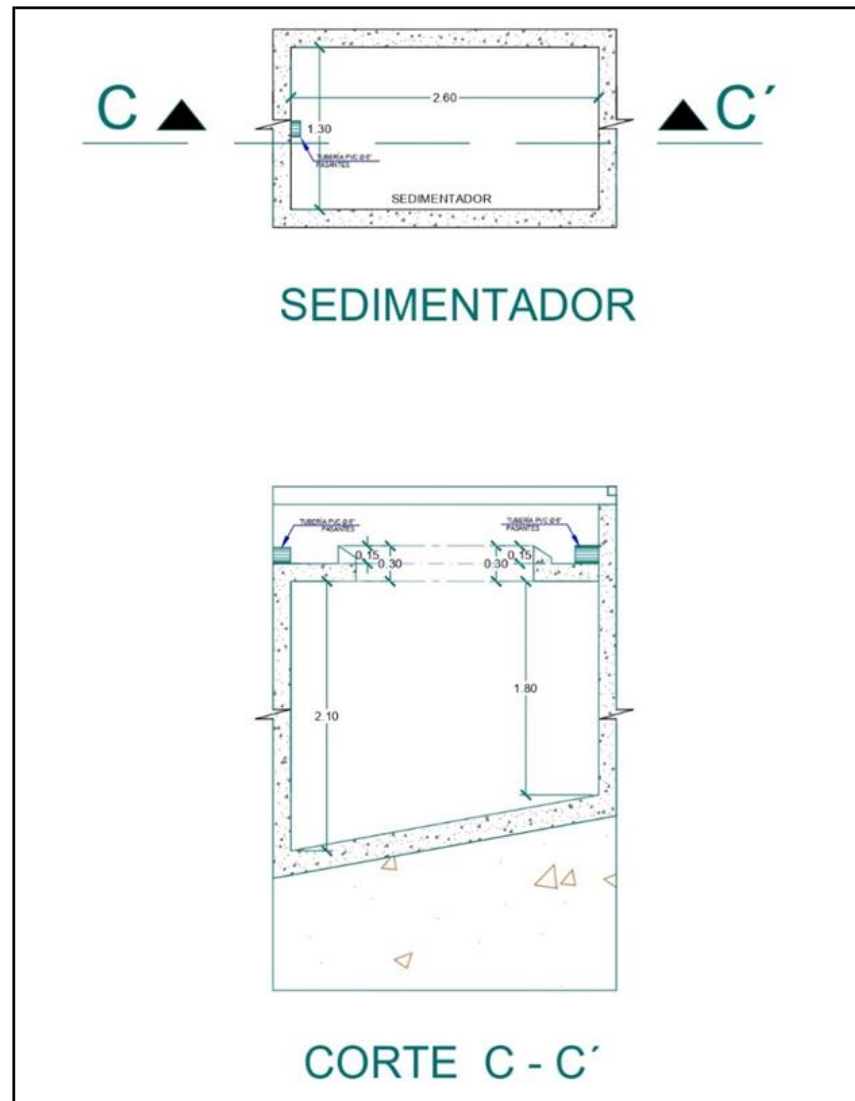


Ilustración 11: Sedimentador.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.



Ilustración 12: Trampa de Grasa.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo

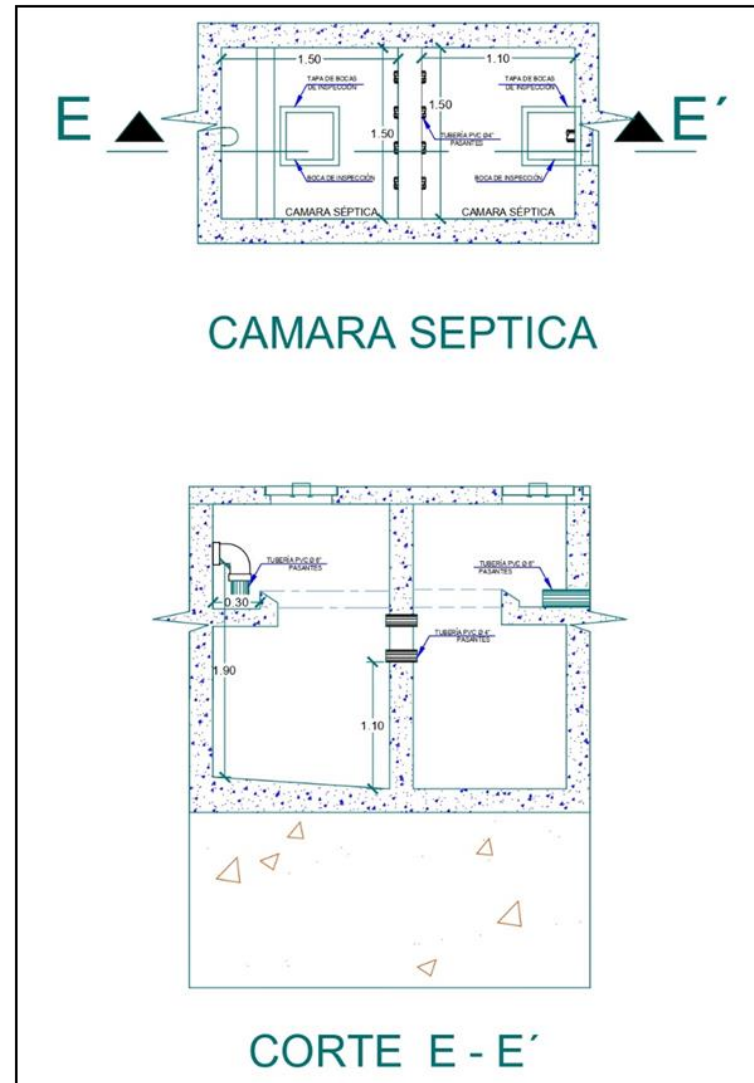


Ilustración 13: Cámara Séptica.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.



Ilustración 14: Filtro Anaeróbico.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

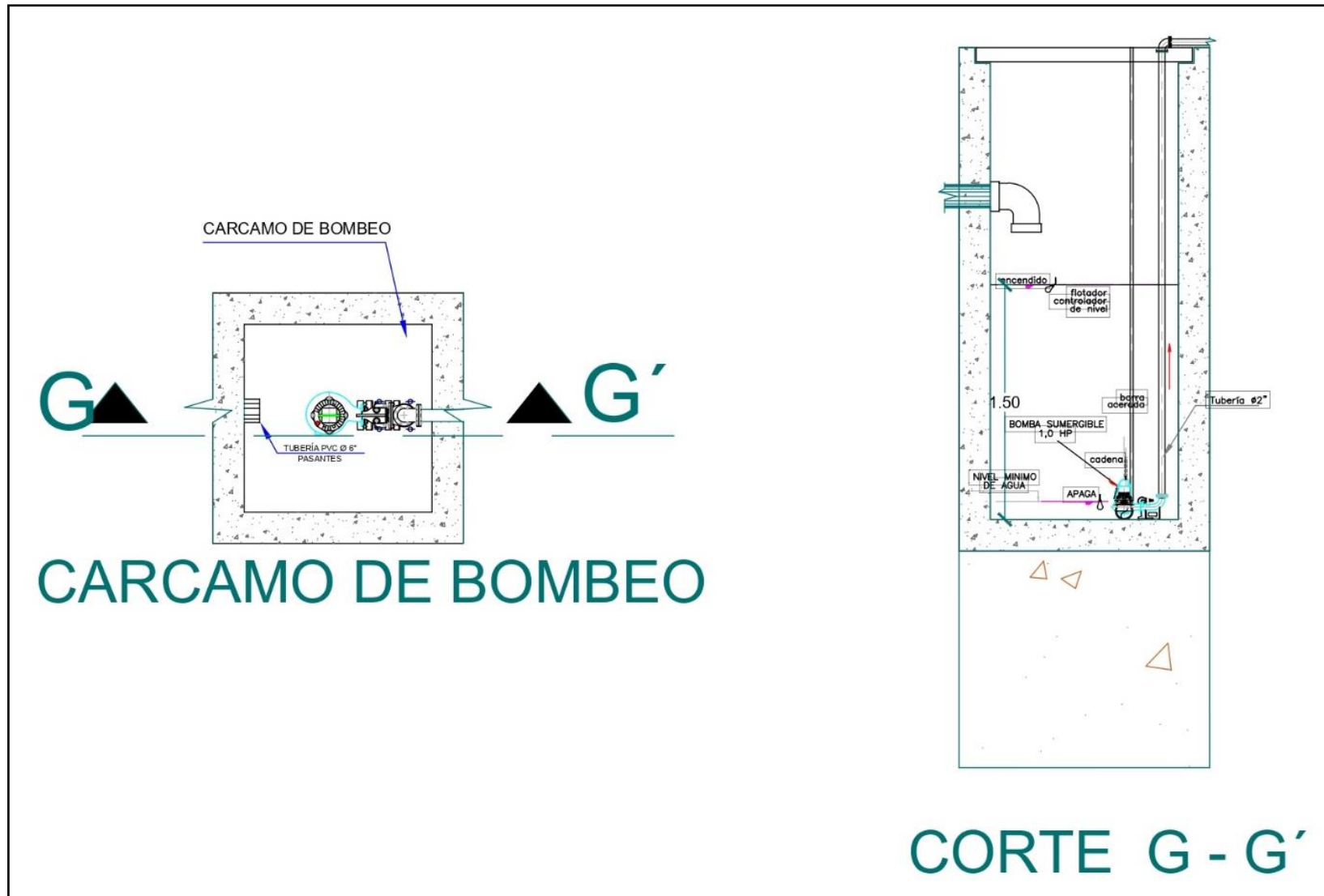


Ilustración 15: Cárcamo de Bombeo.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

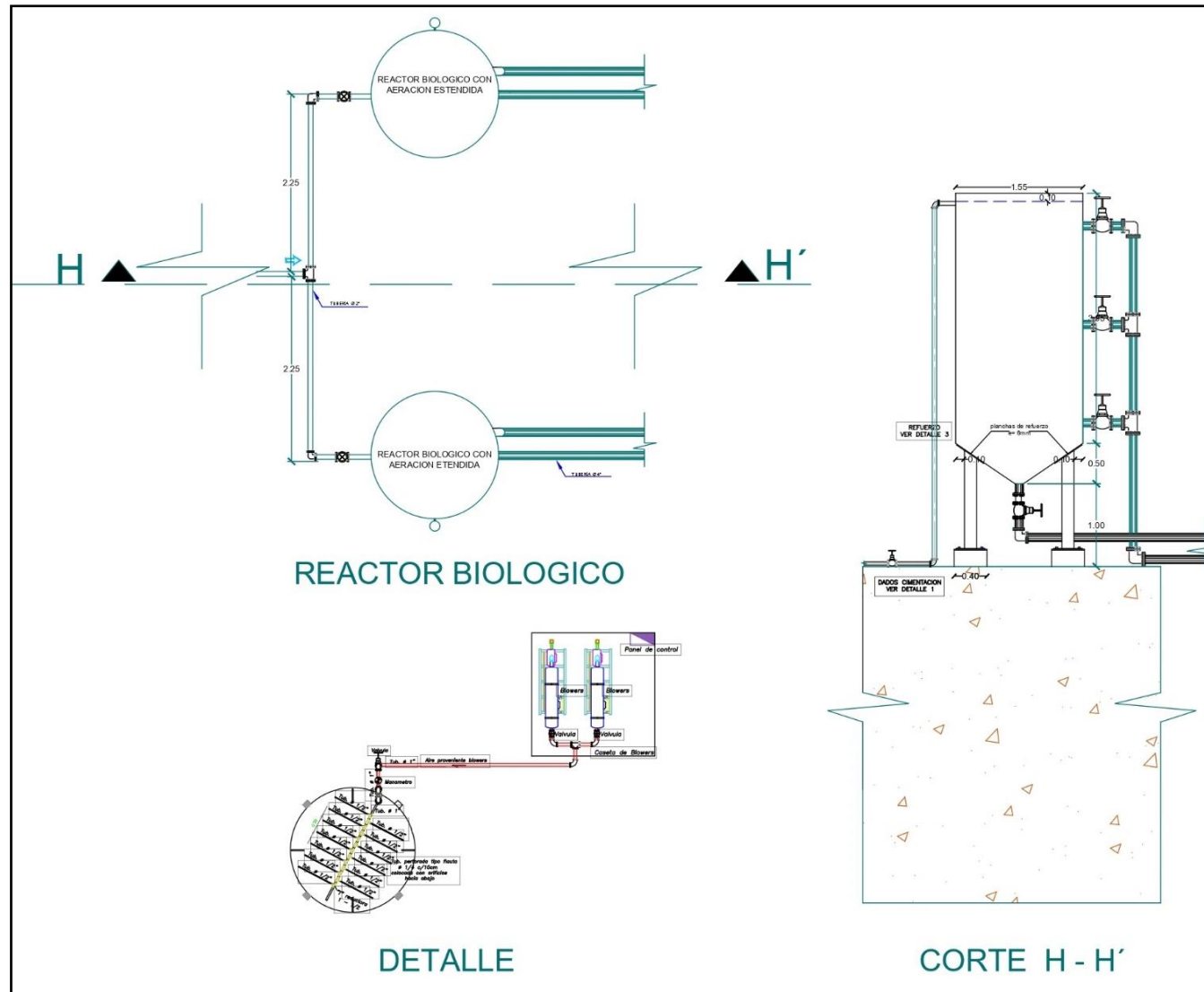


Ilustración 16: Reactor Biológico (Lodos Activados Aeración Extendida)
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

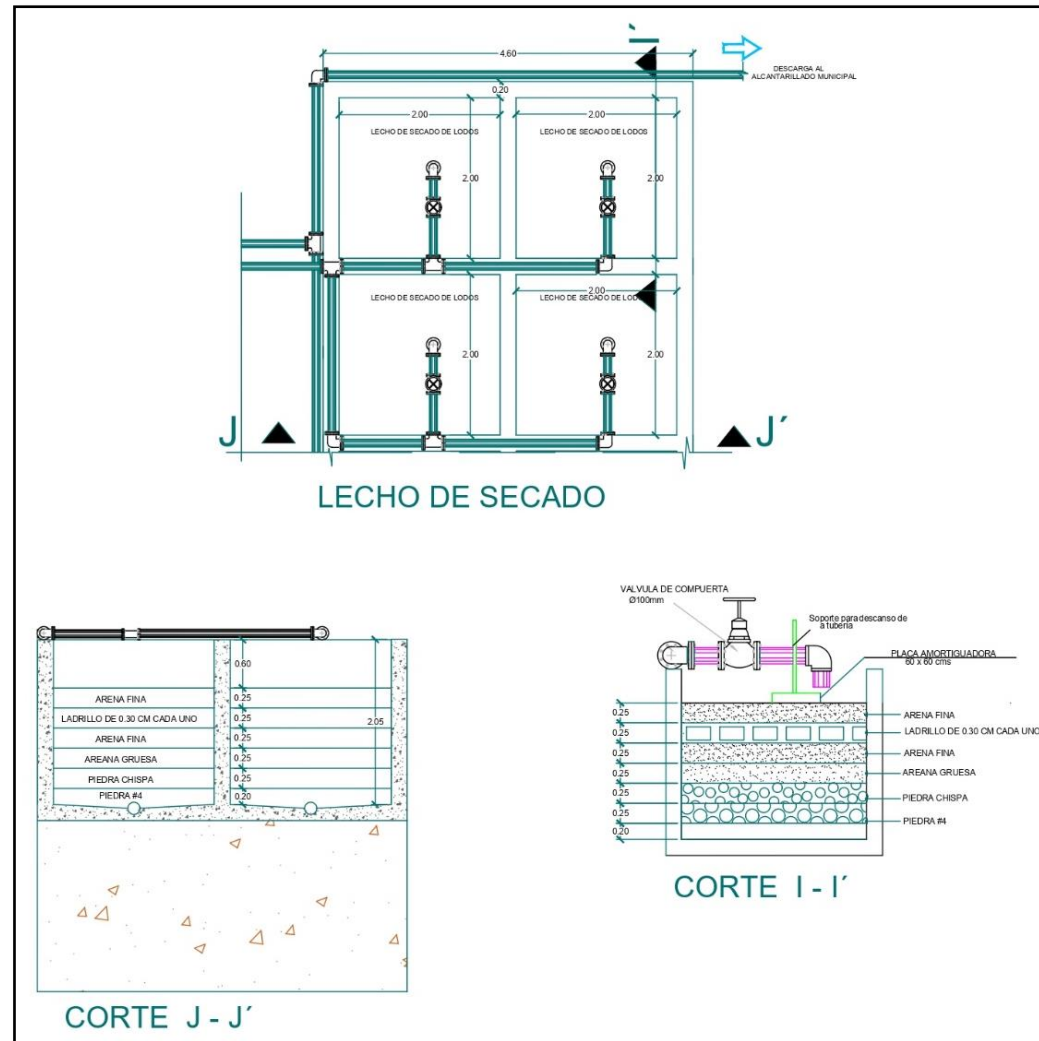


Ilustración 17: Lecho de Secado.
Elaborado por: Isaac Muñoz - Javier Lazo.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

De la ejecución de esta investigación, se concluye lo siguiente:

- El dimensionamiento de las unidades de operaciones y procesos del sistema de tratamiento de agua residual del matadero sujeto a este estudio cuyo caudal de diseño, $Q_{diseño} = 10.000 \text{ l/5 h}$; obtuvimos: Una Rejilla de 8 Barras, Sedimentador: $V = 6 \text{ m}^3$, Trampa de Grasa: $V = 2 \text{ m}^3$, Cámara séptica y Filtro Anaeróbico: $V = 6.62 \text{ m}^3$, $V = 5 \text{ m}^3$, Reactor Biológico (Lodos Activados): 2 Tanques en paralelo de $V = 6.5 \text{ m}^3$ cada uno, Lecho de Secado: $V = 2,5 \text{ m}^3$.
- El diseño de la planta de tratamiento para el efluente de faenado consta de los siguientes procesos; Rejilla: retención de los sólidos gruesos; Sedimentador: Remoción de Sedimentos; Trampa de grasa: Separación y retención de grasas, aceites, materiales en suspensión; Cámara Séptica y Filtro Anaeróbico: descomponen la materia orgánica; Reactor Biológico (Lodos Activados): degrada la materia orgánica; Lecho de secado: para el tratamiento de lodos residuales.
- De acuerdo con la revisión bibliográfica, este tipo de tratamiento tiene los siguientes porcentajes de remoción: Sedimentador 35%, Trampa de grasa 15%, Cámara Séptica y Filtro Anaerobio 50%, Reactor Biológico (Lodos Activados por aireación extendida) 90%. Con este Tratamiento tendremos valores de DQO menores a 500 mg/l y de DBO valores menores a 250 mg/l , y cumple con los límites permisible de descarga al alcantarillado público.

5.2 Recomendaciones

Según las descripciones del presente diseño se realizan las siguientes recomendaciones.

- Se debe conservar el caudal de diseño de la planta de tratamiento para que se mantengan los tiempos de retención y degrade la materia orgánica.
- Capacitar al personal que va a estar a cargo del mantenimiento y operación de la planta, Limpieza del sedimentador cada 24 horas, Filtro etc. Dependiendo la saturación del sistema.
- Se recomienda este estudio de diseño para que el Municipio lo considere como una alternativa para el tratamiento de los efluentes industriales de faenado y cumplan con las respectivas Ordenanzas para el control de contaminación y descargas de los efluentes del camal municipal del cantón naranjito.

Bibliografía

Cajas, A. X. (2014). *DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO DE SALUD N°2 EN LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA*”.

Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Basico (Ras-2000). *Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico*, 178. http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf

Google Maps. (s. f.). *Camal Municipal De Naranjito - Google Maps*. Recuperado 24 de septiembre de 2020, de <https://www.google.com/maps/place/Camal+Municipal+De+Naranjito/@-2.1648874,-79.4750497,211m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0xf6e7a78f376067ea!8m2!3d-2.1646857!4d-79.4749183?hl=es>

HidroPlayas EP. (s. f.). *Trampas de Grasa*. Recuperado 4 de octubre de 2020, de http://www.biodyne-costa-rica.com/ar_grasa.html

JMG, (Junta Militar de Gobierno). (1964). *Reglamento a la ley sobre mataderos inspeccion, comercializacion e industrializacion de la carne*. 15. <http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/leyes/lm.pdf>

MAE. (2015). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES. *Registro Oficial No. 387, 097, 407*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

Maroto Sánchez, J. C. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento del agua residual de la Lavandería Splendid - Riobamba. En *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*. <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/3109>

Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales Completo | Aguas residuales | Residuos*. <https://es.scribd.com/document/290416625/Ingenieria-de-Aguas-Residuales-Completo>

OPS, (Organización Panamericana de la Salud). (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. *Revista*, 1, 34.

Ortiz, G. (2016). *ESTUDIO DE TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL DE FAENADO EN EL CANTÓN SANTA ANA, PROVINCIA DE MANABÍ*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.

Rojas, J. A. R. (2000). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .Teoria y principios de diseño*. <https://idoc.pub/documents/tratamiento-de-aguas-residuales-teoria-y-principios-de-diseo-jairo-alberto-romero-rojaspdf-d4p7qr82e64p>

Ruiz Davila, S. D. (2011). *Plan De Gestión De Residuos Del Camal Del Cantón Antonio Ante* [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3743/1/CD-3437.pdf>

Valencia, J. (2012). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL AREA DE BOVINOS EN EL CAMAL FRIGORÍFICO MUNICIPAL DE RIOBAMBA.*

Vásquez, A., Aguinaga, E., Zegarra, A., & Timana, F. (2013). *Propuesta de mejora de tratamiento de aguas residuales en una empresa pesquera.*
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1712/PYT___Informe_Final___PMTAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ven Te Chow. (s. f.). *Hidráulica de canales abiertos*. Recuperado 24 de septiembre de 2020, de
https://books.google.com.ec/books/about/Hidráulica_de_canales_abiertos.html?hl=es&id=XnvUAAAACAAJ&redir_esc=y

Winkler, M. A. (s. f.). *TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS DE DESECHO. Dept. de Ingeniería, Universidad de Survey.* Recuperado 25 de septiembre de 2020, de <https://libreria-limusa.com/producto/tratamiento-biologico-de-aguas-de-desecho/>

Anexos

➤ **Anexo 1.** Límites De Descarga Al Sistema De Alcantarillado Público.

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

➤ **Anexo 2.** Caracterización de agua residual del proceso de faenamiento

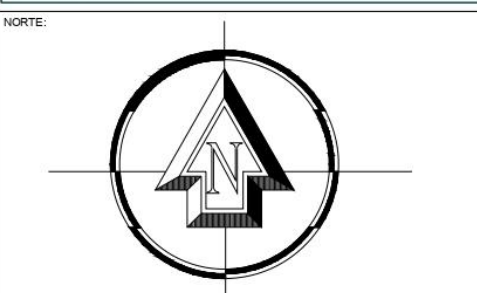
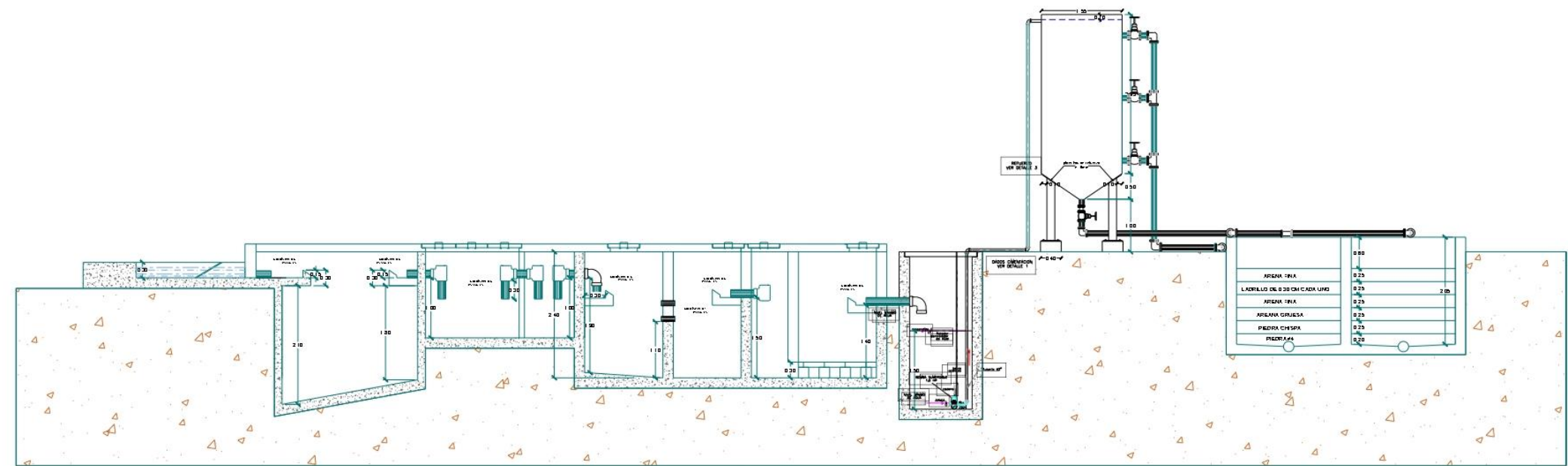
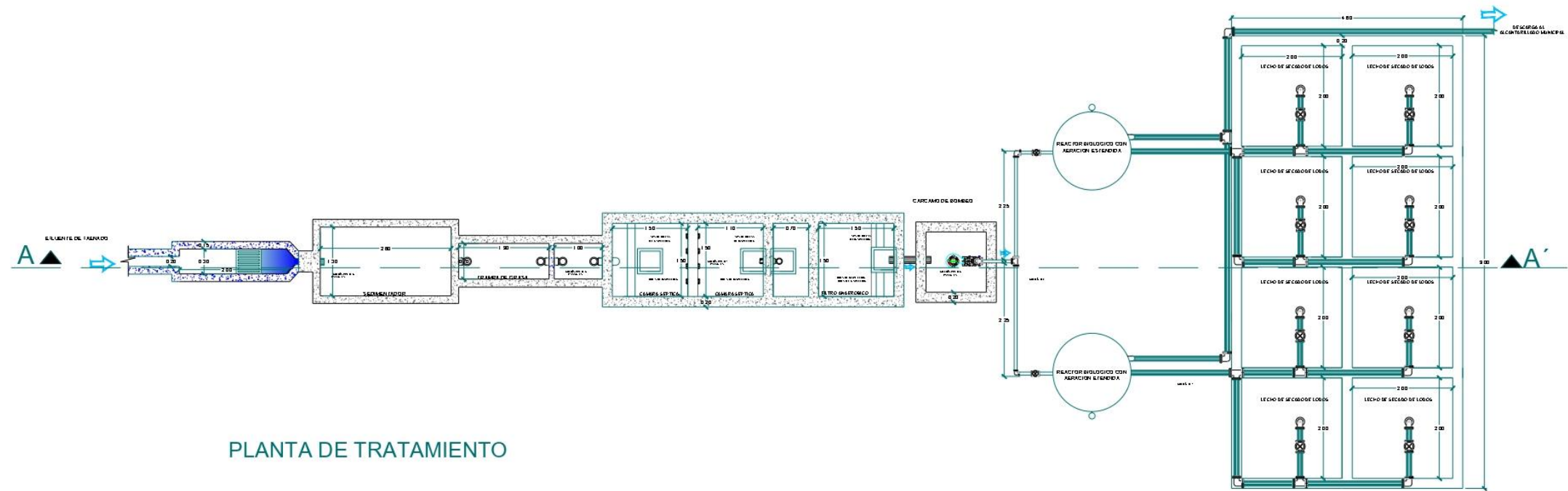
Tabla 4.1. Caracterización Inicial del Afluente

Parámetros	Unidades	Expresado como	Resultados	Límites Max. permisibles (1)
Aceites y grasas*	mg/L	Sustancias solubles en hexano	24	70
Cloruros*	mg/L	Cl ⁻	460	1000
Color**	Pt-Co	Color	10640	Inapreciable en disolución 1/20
Demanda Bioquímica de Oxígeno*	mg/L	DBO	7400	250
Demanda Química de Oxígeno**	mg/L	DQO	11610	500
Densidad**	g/ml	ρ	0,99	-
Fosfato*	mg/L	PO ₄	2408	-
Nitrato**	mg/L	NO ₂	160	-
Nitrato**	mg/L	NO ₃	649	-
Nitrógeno Amoniacal**	mg/L	NH ₃ -N	36	30
Nitrógeno Total*	mg/L	N	1220	50
Potencial Hidrógeno**	-	PH	6,67	6-9
Sólidos Sedimentables **	mg/L	SS	9	20
Sólidos Suspendidos Totales**	mg/L	SST	8942,56	220
Sólidos Totales**	mg/L	ST	9660	-
Sólidos Totales Disueltos**	mg/L	STD	717,44	-
Sulfatos**	mg/L	SO ₄ ⁻²	2120	1000
Temperatura**	°C	°C	29,2	condiciones normales de ambiente
Tensoactivos*	mg/L	Sustancias activas de azul metileno	No detectable	0,5
Turbiedad**	NTU	Turbiedad	371	-

¹ Acuerdo Ministerial No. 97 R.O. 30 de julio 2015, anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente reformado mediante Acuerdo Ministerial No. 61. Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Tabla 9:
Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
* Análisis realizado por Laboratorio Acreditado de Aguas Petróleo y Medio Ambiente de la Universidad de Guayaquil Facultad de Ingeniería Química
** Análisis realizados por autor de Tesis en la Laboratorio de Aguas Facultad de Ingeniería Química

Elaborado por: Iván Ortiz

➤ **Anexo 3.** Planta De Tratamiento Para El Efluente Industrial De Faenado.



TEMA: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA UN EFLUENTE INDUSTRIAL DE FAENADO EN EL CANTON NARANJITO PROVINCIA DEL GUAYAS.**

UBICACION: CANTON NARANJITO, PROVINCIA DEL GUAYAS

TUTOR (A): ING. JUDITH ARACELY CHALEN MEDINA M.Sc.

CONTENIDO: PLANTA DE TRATAMIENTO

AUTORES:
LAZO VILLANUEVA JAVIER JACINTO
MUÑOZ MINDIOLA ISAAC RONALD

Nº LAMINA
1/9

TITULACION

ESCALA: 1:50

FECHA: 03/10/2020



FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño De Una Planta De Tratamiento Para El Efluente Industrial De Faenado En El Cantón Naranjito, Provincia Del Guayas.		
AUTOR(ES)	Javier Jacinto Lazo Villanueva - Isaac Ronald Muñoz Mindiola		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Franklin Villamar Bajaña, M.Sc / Ing. Judith Chalen Medina, M.Sc		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:			
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Octubre, 2020	No. DE PÁGINAS:	62
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño De Una Planta De Tratamiento Para El Efluente Industrial.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	< PLANTA DE TRATAMIENTO - AGUAS RESIDUALES - FAENADO - PROCESOS - DEPURACIÓN - LÍMITES PERMISIBLES >		
RESUMEN/ABSTRACT: Propósito y método de estudio: En este proyecto se presenta el Diseño de una Planta De Tratamiento Para El Efluente Industrial De Faenado en el Cantón Naranjito, Provincia del Guayas. Utilizando como fundamento para el diseño las normas ecuatorianas como son: la norma del MAE (Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes), del Reglamento a la ley sobre mataderos inspección, comercialización e industrialización de la carne, además de normas internacionales como son la Norma RAS (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico), y Asociación Brasileira de Normas Técnicas. Se basa en estudios ya realizados al efluente que genera el proceso de faenamiento. El agua residual generada por la actividad de faenamiento de reses y porcinos contiene una carga contaminante alta, por ende, no cumple con los parámetros ambientales, por lo tanto, debe ser tratada antes de su descarga hacia el sistema de alcantarillado público. La planta consta de los siguientes procesos: Rejilla, Sedimentador, Trampa de grasa, Cámara Séptica y Filtro Anaeróbico, Reactor Biológico (Lodos Activados), Lecho de secado. Con este sistema de depuración aplicado teóricamente el efluente tratado cumple con los limites permisible de descarga al alcantarillado público.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0980317428 - 0988921118	E-mail: isaac95r@hotmail.com - javierlaz95@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS		
	Teléfono: 2-283348		
	E-mail: fmatematicas@ug.edu.ec		