



**Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de un centro de
faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui.**

Heredia Guaras, Karina Elizabeth y Torres Guamán, Bryan Mauricio

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto, Ph.D.

23 de febrero del 2024



Plagiarism and AI Content Detection Report

TRABAJO DE TITULACION_HEREDIA-T...

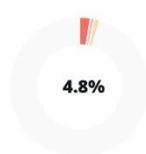
Scan details

Scan time:
February 22th, 2024 at 17:47 UTC

Total Pages:
33

Total Words:
8023

Plagiarism Detection



Types of plagiarism	Words
Identical	2.6% 208
Minor Changes	0.9% 73
Paraphrased	1.3% 102
Omitted Words	0% 0

AI Content Detection



Text coverage	Words
AI text	0% 0
Human text	100% 8023

[Learn more](#)

🔍 Plagiarism Results: (30)

🌐 **Cuánta agua se necesita para producir alimentos - Fundación Aqueae** **0.5%**

<https://www.fundacionaqueae.org/cuanta-agua-se-necesita-para-producir-alimentos/>

Quiénes somos Sobre Aqueae Nuestra organización Cómo trabajamos Dónde trabajamos Qué hacemos En Aqueae Educació...

🌐 **TTFCS-2019-GEA-DE00010.pdf** **0.5%**

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15020/1/tfcs-2019-gea-de00010.pdf>

mariela Camacho

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL DIAGNOSTICO AMBIENTAL BACTERIOLÓGICO DEL EFLUENTE PROVENIENTE DEL SISTEMA DE ...

🌐 **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PROYECTO REGIONAL DE AGUA POTABLE HUAM...** **0.5%**

https://www.municipiomera.gob.ec/agua2016/4_memoriatecnicadise%c3%b1odefinitivo.pdf

ING. HOLGER VIMOS REINOSO

GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTON MERA DISEÑOS DEFINITIVOS OBJETIVOS DEL PROYECTO Y DEL SERVICIO Objetivos del Proyecto Los objetivos del ...

🌐 **Agua: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la micro...** **0.4%**

<https://www.uv.mx/oabcc/files/2019/02/tesis-lupita.pdf>

Facultad de Ingeniería Química

UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA "Agua: efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del...



DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON

Certified by
Copleaks

About this report
help.copleaks.com

copleaks.com
in f o t



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de un centro de faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui”** fue realizado por los señores **Heredia Guaras, Karina Elizabeth y Torres Guamán, Bryan Mauricio**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 23 de Febrero de 2024



Firmado electrónicamente por:
DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON

.....
Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto, Ph.D.

C. C.: 1715206593



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Heredia Guaras, Karina Elizabeth y Torres Guamán, Bryan Mauricio**, con cédulas de ciudadanía **N°1726733841** y **1723363550**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de un centro de faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 23 de Febrero de 2024

Heredia Guaras, Karina Elizabeth

C.C.: 1726733841

Torres Guamán, Bryan Mauricio

C.C.: 1723363550



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Nosotros, **Heredia Guaras, Karina Elizabeth** y **Torres Guamán, Bryan Mauricio**, con cédulas de ciudadanía N°**1726733841** y **1723363550**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: “**Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de un centro de faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 23 de Febrero de 2024

Heredia Guaras, Karina Elizabeth

C.C.: 1726733841

Torres Guamán, Bryan Mauricio

C.C.: 1723363550

Dedicatoria

Dedicado con todo mi corazón a las personas más importantes de mi vida.

A mis padres, Alfredo y Karina, quienes siempre han estado a mi lado apoyándome incondicionalmente, por todo su amor y cariño, por sus consejos, porque sé que si mil veces caigo ellos mil veces me levantan, son mi fuente inagotable de inspiración para llegar a cumplir todos mis sueños con esfuerzo y perseverancia.

A mi hermano Byron, por ser mi motivación y alegría, por su fortaleza, dedicación y pasión para cumplir sus sueños y mi razón de ser cada día su mejor ejemplo.

A mi familia, por sentirse siempre orgullosos de mí, por darme su cariño y confianza, por apoyarme siempre y darme ánimos para nunca desfallecer.

Esto es el resultado de cada esfuerzo y dedicación durante todos estos años. Me siento orgullosa de todo lo logrado y sé que esto solo es el inicio en mi larga carrera profesional.

Karina Elizabeth Heredia Guaras

Dedicatoria

A mis padres Darwin y Lucy por su apoyo incondicional que ha sido mi mayor fortaleza a lo largo de mi carrera. Gracias por inculcarme valores que han hecho de mí una persona responsable, firme y dedicada, son mi mayor motivación y lo más importante en mi vida.

Todos mis logros son por y para ustedes, gracias por creer en mí.

Bryan Mauricio Torres Guamán

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a la Virgencita de El Quinche que siempre han guiado mis pasos, por permitirme despertar cada día con salud y fuerza de lucha constante para cumplir mi sueño anhelado.

A mis padres, quienes con su apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza, por educarme en un hogar lleno de amor y fe, por inculcar en mí buenos valores para llegar a ser una persona de bien, por impulsarme a cumplir mis sueños, alcanzar mis metas y jamás rendirme a pesar de los malos momentos. Gracias infinitas por cada esfuerzo durante todos estos años, por confiar y creer en su hija; un día se los prometí y hoy cumplo con ser una gran profesional.

Asimismo, a mi querido hermano por ser mi cómplice de aventuras, por siempre tener una sonrisa y un abrazo en los momentos más bellos y más difíciles que hemos vivido, por impulsarme a ser mejor cada día para servirle de un gran ejemplo.

A mis abuelitos maternos Elena, Francisco y paternos Rosario, Lorenzo; por consentirme, cumplir mis caprichos y siempre defenderme de mis travesuras, por siempre darme su bendición, sus consejos, historias tristes o divertidas que siempre traen un mensaje de enseñanza. Mamá Charo y Papá Francisco gracias hasta el cielo por siempre guiarme y cuidar mis pasos.

A mis tías, tíos, primas y primos por su compañía, sus consejos y confianza, por cada viaje lleno de experiencias y anécdotas, por estar pendiente y darme ánimos para seguir.

Un agradecimiento especial a una persona que con el paso del tiempo se volvió algo más que un docente, se volvió un amigo. A mi tutor de trabajo de titulación el Ing. Darío Bolaños, Ph.D. por su invaluable guía, paciencia y dedicación a lo largo de la realización del proyecto. Sus profundos conocimientos, pasión por enseñar, experiencia, apoyo, motivación y su infaltable “Mensaje a García”, fueron esenciales para potenciar este trabajo.

A mi querido Ing. Diego Haro, por ser la primera persona en confiar en mí y darme una oportunidad laboral a nivel profesional, le agradezco por su apoyo y grandes enseñanzas.

Como no agradecer y reconocer la contribución invaluable de mis compañeros de clase, amigos y ahora colegas Jean Carlos, Gaby, Adrián, Antonio, Joe, Lupita, Luis Alberto, Leslie, Daniel, Erick, Yadira C., Santiago, Bryan, por estar a mi lado en mi vida universitaria, jamás lo olvidaré.

A mi perrito Peluchin por ser mi fiel compañero de desvelos, por enseñarme que no se necesita de palabras para demostrar amor y lealtad, con solo una mirada del alma llenas mi corazón de alegría y mi mente de paz.

Gracias a todos aquellos que no he logrado nombrar, pero que me ayudaron a que este gran sueño se volviera realidad.

Karina Elizabeth Heredia Guaras

Agradecimiento

A Dios y a la Santísima Virgen de El Cisne, por todas las bendiciones derramadas en mi vida y por la certeza de saber que siempre están a mi lado.

A mis amados padres que con su amor y trabajo me educaron y estuvieron en cada paso de mi formación profesional. Papá, tus enseñanzas y sabios consejos han sido faros en mi vida. Mamita, cada sacrificio, cada sonrisa, cada abrazo ha hecho de mi un ser maravilloso.

A mis hermanas, Kathy y Erika agradezco profundamente tenerlas en mi vida y ser parte de su crecimiento, todo lo hago con la ilusión de inspirarles a perseguir sus sueños.

A mis abuelitos, Rodrigo (+) y Martha, Olmedo y Fanny (+) gracias por su cariño, lecciones de vida y sobre todo por tenerme presente en sus oraciones. Sé que desde el cielo dos de ustedes me observan culminar mi carrera y que todos están orgullosos de mí.

A mi novia, por su amor y ser mi fuente constante de alegría, valoro cada momento juntos. Gracias por estar a mi lado en este proceso.

A mi tío Fernando, mi mayor ejemplo a seguir. A mi tía Lorena por su presencia amorosa, pilar fundamental en mi crecimiento. Mis tías, tíos y primos quienes han estado conmigo celebrando mis triunfos y dándome ánimos en todo momento.

Al Ing. Darío Bolaños, Ph.D., por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de titulación, ser mi docente, tutor y amigo. A la Ing. Maribel Aldás por su mentoría que me ha permitido alcanzar esta meta.

Gracias a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" por abrirme las puertas del conocimiento y a todos los docentes, aporte fundamental en mi crecimiento académico. A mi compañera de tesis y todas mis amistades universitarias.

Bryan Mauricio Torres Guamán

Índice de Contenidos

Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Índice de Contenidos	11
Índice de Tablas.....	14
Índice de Figuras	14
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
Introducción	18
Antecedentes	19
Justificación.....	20
Objetivos.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos	21
Capítulo II.....	22
Metodología.....	22
Aspectos físicos	23
Ubicación Geográfica	23
Características de la zona de estudio.....	24
Tipo de suelo.....	24
Relieve	25
Recurso hídrico	25
Levantamiento Topográfico	27

	12
Factores Climáticos.....	28
Temperatura	28
Precipitación	28
Consumo de carne	29
Huella hídrica	30
Cantidad de agua por kg de carne a nivel mundial y regional	30
Cantidad de agua durante el faenamiento.....	31
Proceso de faenamiento en PROVOCARNE S.A.	32
Tratamiento de aguas residuales	33
Metodología para diseño del sistema de tratamiento de agua residual.....	34
Parámetros de diseño	34
Periodo de diseño.....	34
Caudal de agua residual	34
Caudal Máximo Diario	36
Caudal de diseño.....	37
Capítulo III.....	38
Topografía	38
Consumo de agua por res.....	42
Tratamiento de agua residual	43
Parámetros de Análisis	43
Tren de tratamiento	45
Recolector de estiércol	46
Trampa de grasas.....	47
Tanque y rejilla de finos.....	48
Mezcla rápida.....	49
Clarificador	52

Desinfección.....	53
Tanque para muestreo.....	54
Punto de descarga.....	56
Presupuesto	57
Análisis de precios unitarios	58
Floculación – Coagulación	59
Clarificador – Tanque 1	60
Clarificador – Tanque 2.....	61
Desinfección – Tanque 3.....	62
Impermeabilización de paredes y pisos.....	63
Especificaciones.....	64
Floculación – Coagulación	64
Clarificador – Tanque 1	64
Clarificador – Tanque 2.....	65
Desinfección – Tanque 3.....	65
Impermeabilización de paredes y pisos.....	66
Capítulo IV	66
Conclusiones.....	66
Recomendaciones	68
Bibliografía	69
Apéndices	73
Apéndice 1. Análisis de laboratorio	73
Apéndice 2. Químico Floculación-Coagulación.....	73
Apéndice 3. Equipos para el sistema de tratamiento de agua residual.....	73
Apéndice 4. Manual de operación sistema de tratamiento de aguas residuales	73
Apéndice 5. Solicitud de ayuda Compañía PROVOCARNE	73

Índice de Tablas

Tabla 1 Estadística climática promedio del año 2019	28
Tabla 2 Huella de agua de determinados productos alimentarios	30
Tabla 3 Datos del número de reses a ser faenadas a futuro	37
Tabla 4 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	43
Tabla 5 Resultados obtenidos de la muestra compuesta de PROVOCARNE S.A.	44
Tabla 6 Presupuesto referencial del sistema de tratamiento de agua residual	58
Tabla 7 APU Floculación – Coagulación	59
Tabla 8 APU Clarificador – Tanque 1	60
Tabla 9 APU Clarificador – Tanque 2	61
Tabla 10 APU Desinfección – Tanque 3.....	62
Tabla 11 APU Impermeabilización de paredes y pisos.....	63

Índice de Figuras

Figura 1 Delimitación de PROVOCARNE S.A.	23
Figura 2 Tipo de Suelo de la parroquia Pintag.....	24
Figura 3 Relieve de la parroquia Pintag	25
Figura 4 Red hidrográfica de la parroquia Pintag	26
Figura 5 Levantamiento Topográfico de PROVOCARNE S.A.....	27
Figura 6 Precipitación anual (mm) 2010-2019.....	29
Figura 7 Demanda anual de agua en población bovina, 2008.	31
Figura 8 Levantamiento de información de los tanques existentes.....	35
Figura 9 Posicionamiento del equipo GNSS para obtención de puntos GPS-1.....	38
Figura 10 Posicionamiento del equipo GNSS para obtención de puntos GPS-2.	39
Figura 11 Posicionamiento de la estación total.....	39

Figura 12 Levantamiento de puntos con la estación total.....	40
Figura 13 Plano Topográfico PROVOCARNE S.A.	41
Figura 14 Plano de pendientes del terreno de PROVOCARNE S.A.....	42
Figura 15 Recolector de estiércol – estructura existente.....	46
Figura 16 Trampa de grasas - estructura existente.	47
Figura 17 Tanque y rejilla de finos - estructura existente.	48
Figura 18 Levantamiento de información Tanque 1 – Flocculación Coagulación.....	50
Figura 19 Dosificador de químicos Dosijet Kiehl.....	51
Figura 20 Agitador Flocculación-Coagulación	51
Figura 21 Tanque 1 – Flocculación-Coagulación	52
Figura 22 Tanque 1 y 2 - Clarificador	53
Figura 23 Tanque 3 - Desinfección	54
Figura 24 Tanque 4 - Muestreo	55
Figura 25 Tanques.....	55
Figura 26 Tanques.....	56
Figura 27 Punto de descarga	56
Figura 28 Sistema de tratamiento de agua residual	57

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene por objeto el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la compañía de producción y expendio de carne PROVOCARNE S.A., ubicado en el Barrio San Juanito, parroquia de Pintag, provincia de Pichincha, Ecuador. Actualmente, las aguas residuales de los camales poseen una elevada concentración de materia orgánica, generando impactos en el ambiente y en las poblaciones aledañas. A través de la observación directa realizada durante visitas a la zona de investigación, se presenta una descripción a detalle como su ubicación geográfica, condiciones climáticas, topografía y los resultados de laboratorio del análisis físico, químico y microbiológico de una muestra compuesta para la determinación de los parámetros que se encuentran fuera del límite permisible de descarga según la normativa vigente. En tal sentido, se plantea el diseño del sistema para reducir la contaminación existente por parte del centro de faenamiento hacia la quebrada Rumihuasi. Finalmente, se ha concebido desarrollar una solución ingenieril conjugando viabilidad técnica con la eficiencia operativa, haciendo uso y aprovechando la estructura existente. Se ha dimensionado el tren de tratamiento compuesto por un recolector de estiércol, trampa de grasas, tanque y rejilla de finos, mezcla rápida, clarificador y desinfección UV. Posteriormente, se llevó a cabo la elaboración del presupuesto referencial para los equipos y productos químicos a utilizarse, así como también el manual de manejo del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Palabras Claves: Tratamiento de Aguas Residuales, parámetros, límite permisible, muestra compuesta.

Abstract

The aim of this research project is to design a wastewater treatment system for the PROVOCARNE S.A. meat production and sale company, located in Barrio San Juanito, parish of Pintag, province of Pichincha, Ecuador. Currently, the wastewater from the slaughterhouses has a high concentration of organic matter, generating impacts on the environment and the surrounding populations. Through direct observation during visits to the research area, we present a detailed description of its geographic location, climatic conditions, topography and the laboratory results of the physical, chemical and microbiological analysis of a composite sample to determine the parameters that are outside the permissible discharge limit according to current regulations. In this sense, the design of the system is proposed to reduce the existing contamination from the slaughterhouse to the Rumihuasi stream. Finally, it has been conceived to develop an engineering solution combining technical feasibility with operational efficiency, making use of the existing structure. The treatment train has been dimensioned and consists of a manure collector, grease trap, tank and grid for fine materials, fast mixing structure, clarifier and UV disinfection. Subsequently, a reference budget was prepared for the equipment and chemicals to be used, as well as a manual for managing the wastewater treatment system.

Key words: Wastewater Treatment, parameters, allowable limit, composite sample.

Capítulo I

Generalidades

Introducción

En Ecuador, la contaminación de los recursos hídricos proviene principalmente de la descarga de aguas residuales de las ciudades, actividad minera artesanal, actividades hidrocarburíferas y agricultura (Foro de los Recursos Hídricos, 2011). Estas influyen en el ciclo hidrológico y modifican las características de las cuencas hidrográficas, generando alteración de la calidad del agua (Escobar, 2002). Un litro de agua residual contamina ocho litros de agua dulce y se estima que la carga mundial de contaminación puede ascender, cada año, a 12.000 Km³ (Corcoran, 2010).

En efecto el proceso productivo de la carne realizado por camales genera residuos sólidos, líquidos y gaseosos, a los cuales, no se les da un tratamiento adecuado por lo que se convierten en una fuente de contaminación que se emana al exterior (Brito, 2016). Como consecuencia de ello, la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (Agrocalidad) y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), exigen que se establezcan prácticas y procesos que protejan los recursos naturales y el ambiente, asegurando una oferta de bienes de consumo limpios para las presentes y futuras generaciones.

Así pues, un sistema de tratamiento de aguas residuales puede permitir la separación del agua y otros componentes, que luego pueden ser reutilizados o eliminados (WWAP, 2017). La infraestructura construida carece de sostenibilidad, ya que algunos sistemas se encuentran deteriorados. El indicador de cobertura del servicio de alcantarillado, que para el año 2020 el valor promedio nacional en la jurisdicción del prestador público es de 60,43% (ARCA, 2020), no cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales. (Foro de los Recursos Hídricos, 2011).

En Pintag, la “Compañía de Producción y Expendio de Carne Pintag (PROVOCARNE S.A.)”, ofrece el servicio de faenamiento, preparación, producción y empaclado de carne fresca refrigerada o congelada en piezas o porciones individuales de bovinos (SRI, 2023). Sin embargo, no cuenta con un sistema de tratamiento para sus afluentes, por lo que los mismos son descargados de manera directa a la quebrada Rumihuasi, alterando el equilibrio del ecosistema.

De acuerdo con el REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY ORGÁNICA DE SANIDAD AGROPECUARIA (2019), Artículo 387, se establecen requisitos para el Funcionamiento de los Centros de Faenamiento, entre ellos “... 6. *Poseer un sistema de recolección y conducción de los desechos líquidos generados en cada área del establecimiento, diseñados de tal manera que permita la evacuación rápida e ininterrumpida de las aguas residuales, de fácil acceso, para limpieza y mantenimiento y con trampas de sólidos; ...*”.

Por consiguiente, el presente proyecto es desarrollado con el propósito de presentar una propuesta de diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de un centro de faenamiento mejorando las condiciones de la descarga a un cuerpo de agua dulce según la normativa vigente.

Antecedentes

PROVOCARNE S.A. se encuentra ubicado en el Barrio San Juanito, perteneciente a la parroquia de Pintag, suroriente del cantón Quito, provincia de Pichincha. Está distribuida en tres áreas funcionales: sucia (aturdimiento, sangrado, corte de patas y cabeza), intermedia (retiro de cuero y eviscerado) y limpia (cuarteado, zona de oreo, inspección veterinaria). Actualmente el permiso de funcionamiento tiene como cupo semanal aproximado de faenamiento de 125 bovinos.

Es así como el centro de faenamiento, al no contar con un sistema de tratamiento de agua residual, envía un oficio a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", solicitando como parte de ayuda social el diseño de la PTAR para sus afluentes.

En resumen, en todas las etapas del proceso diario de sacrificio, los animales producen grandes cantidades de desechos sólidos y líquidos, mismos que desembocan en un cuerpo receptor cercano sin ningún tipo de tratamiento, el grado de contaminación es significativamente elevado y puede llegar a convertirse en una fuente de enfermedades, pues este tipo de aguas contienen altos índices de pH, conductividad, turbiedad, Nitrógeno amoniacal, fosfato, hierro, Demanda bioquímica de Oxígenos (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), aceites y grasas, Sólidos Suspendedos Totales (SST); Sólidos totales (ST), color, coliformes totales, coliformes fecales; mediante los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual producida se obtendrá el grado de contaminación con respecto a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el ACUERDO MINISTERIAL No. 028 (2015), Tabla 10 de la Edición Especial N.º 270 publicado en el registro oficial el viernes 13 de febrero de 2015.

Justificación

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador (2008), en los Artículos 83, 276 y 395, es esencial preservar y hacer un uso racional, sustentable y sostenible de los recursos naturales, respetando los derechos de la naturaleza, para asegurar a las personas del presente y futuro un acceso equitativo y constante a agua, aire y suelo de calidad, así como a los beneficios de los recursos del subsuelo y el patrimonio natural. Para lograrlo, es crucial la participación activa y continua de las personas, comunidades y pueblos afectados en la planificación, ejecución y control de actividades con impacto ambiental como lo señala la ley. Con relación al tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, este deberá hacerse de

modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre, como lo estipula en Artículo 192 del CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (2017).

Como plantea ENCA (2016), *“puesto que el ser humano ha desarrollado actividades que generan o pueden generar impactos y riesgos ambientales”*, se promueve una investigación del afluyente de descarga con el propósito de no incidir en el deterioro del medio ambiente acatando los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 28 (2015), Tabla 10 de la Edición Especial N.º 270 publicado en el registro oficial el viernes 13 de febrero de 2015.

Ante la solicitud expuesta a la Universidad, el presente proyecto tiene la finalidad de diseñar un sistema de tratamiento de agua residual en PROVOCARNE S.A., ya que actualmente no cuenta con ninguna instalación o procesos diseñados para purificar o limpiar el agua que ha sido utilizada en el faenamiento de bovinos antes de ser liberada nuevamente al ecosistema. Para ello se tomará como base la normativa correspondiente al Acuerdo Ministerial No. 28.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales de un centro de faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui, de acuerdo con la normativa vigente.

Objetivos Específicos

- Recopilar información topográfica, cartográfica y uso del suelo en la zona de estudio.
- Analizar la zona de estudio, población y definir caudal de diseño.
- Caracterizar el agua residual mediante los análisis físico-químicos y microbiológicos.

- Diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales de un centro de faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, incluye memoria de cálculo, planos, análisis de precios unitarios y presupuesto.

Capítulo II

Materiales y Métodos

Metodología

Se realizó el cálculo del consumo de agua a lo largo del proceso de faenamiento de un día, haciendo uso de la infraestructura existente. Posteriormente, se recogió una muestra compuesta de agua residual para su análisis físico-químico y microbiológico en un laboratorio acreditado. Estos datos sirven para definir los procesos unitarios necesarios para cumplir con los estándares establecidos en el ACUERDO MINISTERIAL 028 Tabla 10 de la Edición Especial N.º 270 publicado en el registro oficial el viernes 13 de febrero de 2015.

Con los resultados de laboratorio, el análisis, junto con la tabulación de datos y los cálculos subsiguientes, se definieron los componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual incorpora un sistema de rejillas atrapa grasas y rejilla de finos, seguido de coagulación floculación con el que se integra el químico PAC, posterior un proceso de clarificación y, finalmente pasa a la desinfección por UV antes de realizar la descarga al cuerpo de agua dulce.

Por consiguiente, el sistema tiene como objeto cumplir con los límites permisibles de los parámetros presentes en el agua residual según la normativa vigente.

Aspectos físicos

Ubicación Geográfica

PROVOCARNE S.A. se encuentra ubicado en el Barrio San Juanito, perteneciente a la parroquia de Pintag, suroriente del cantón Quito, provincia de Pichincha; en las coordenadas UTM Este 793108,725 m y Norte 9964534,735 m, Zona 17 Sur.

Figura 1

Delimitación de PROVOCARNE S.A.



Nota. Delimitación de la zona de estudio mediante software Civil 3D.

Características de la zona de estudio

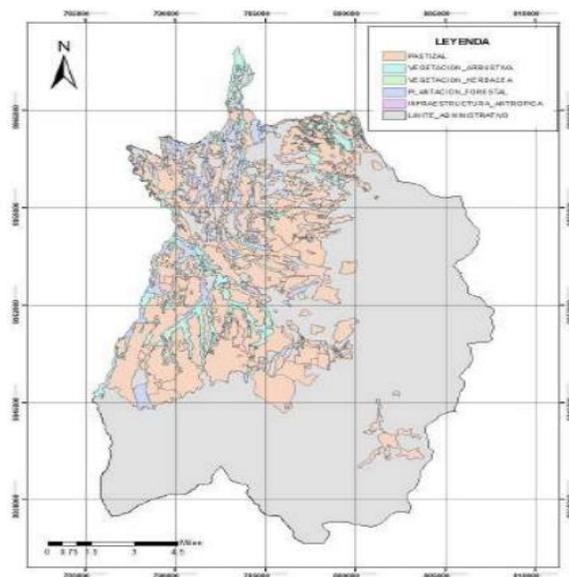
Tipo de suelo

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2019-2023) de la parroquia de Pintag, determina que: *“El suelo de la parroquia de Pintag está compuesto por: entisoles, histosoles, inceptisoles y molisoles característicos de la zona andina además de afloramientos rocosos en la zona correspondiente al flujo lávico Antisanilla y nieve en el volcán Sincholagua”* (PDOT DE PINTAG, 2019-2023).

Como caso típico tenemos al suelo molisol, que cubre el 49% del territorio parroquial alcanzando una superficie de 89 Km² y se caracteriza por ser de zonas de pradera en climas templados; con un horizonte superficial blando, rico en materia orgánica, espeso y oscuro (PDOT DE PINTAG, 2019-2023).

Figura 2

Tipo de Suelo de la parroquia Pintag



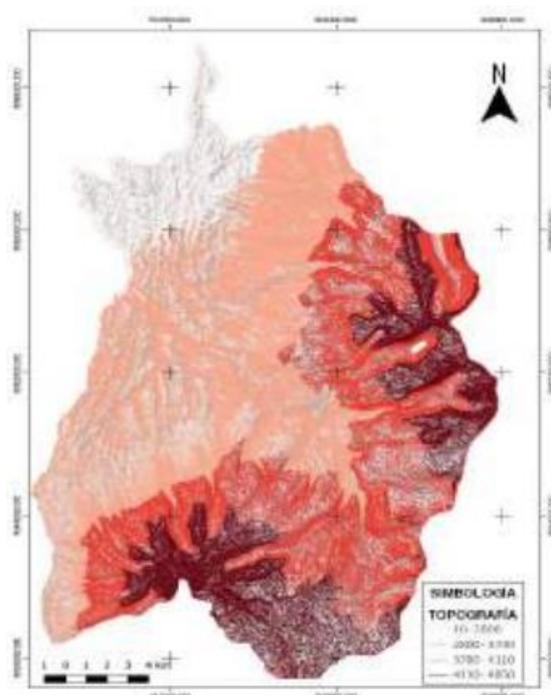
Nota. Tipo de suelo y clasificación en la parroquia Pintag. Recuperado de (PDOT DE PINTAG, 2019-2023).

Relieve

Conforme al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2019-2023), de la parroquia de Pintag, determina que: *“El relieve de la Parroquia de Pintag es irregular, con una pendiente media de 12% al 25%, predominante en el sentido este – oeste, su relieve se puede determinar cómo montañoso”.*

Figura 3

Relieve de la parroquia Pintag



Nota. Tipo de relieve y clasificación en la parroquia Pintag. Recuperado de (PDOT DE PINTAG, 2019-2023).

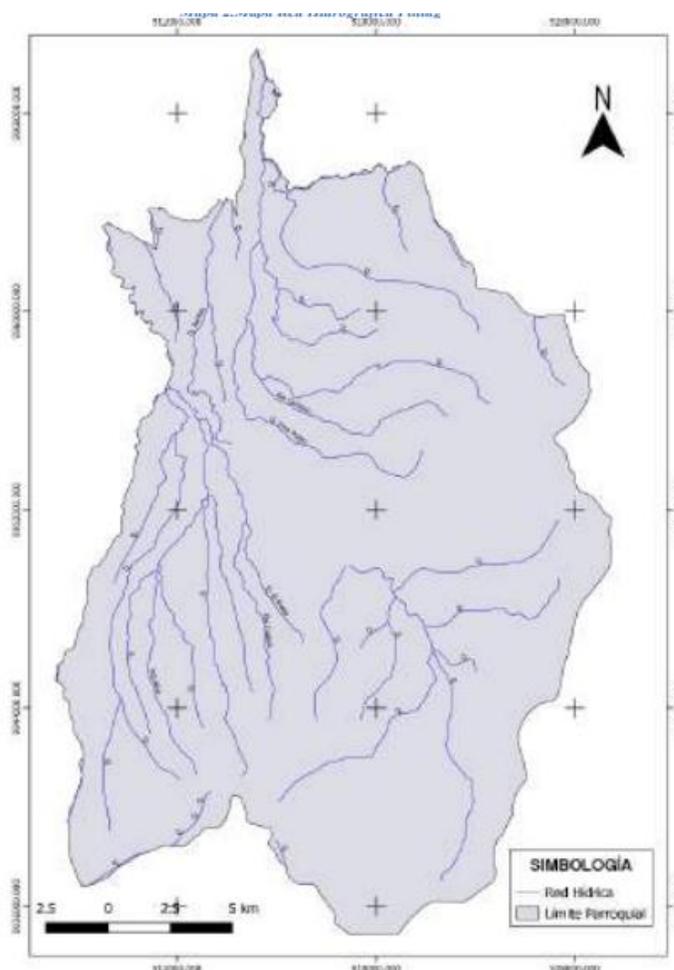
Recurso hídrico

La parroquia de Pintag se beneficia de un recurso hídrico crucial que provee a su población. Se sitúa en la demarcación hidrográfica de Esmeraldas, abarcando las microcuencas del sistema de Esmeraldas, Cuenca; Subcuenca de Guayllabamba y la

Microcuenca del Río San Pedro, donde se destacan cuerpos hídricos con origen en las zonas montañosas circundantes, específicamente en los Volcanes Antisana, Sincholagua y Cotopaxi. Sin embargo, es evidente la necesidad de establecer mecanismos que regulen el uso y la gestión de las cuencas y microcuencas hídricas. Esto es crucial para protegerlas contra la deforestación causada por la expansión de la frontera agrícola y la contaminación derivada de la actividad industrial. (PDOT DE PINTAG, 2019-2023).

Figura 4

Red hidrográfica de la parroquia Pintag



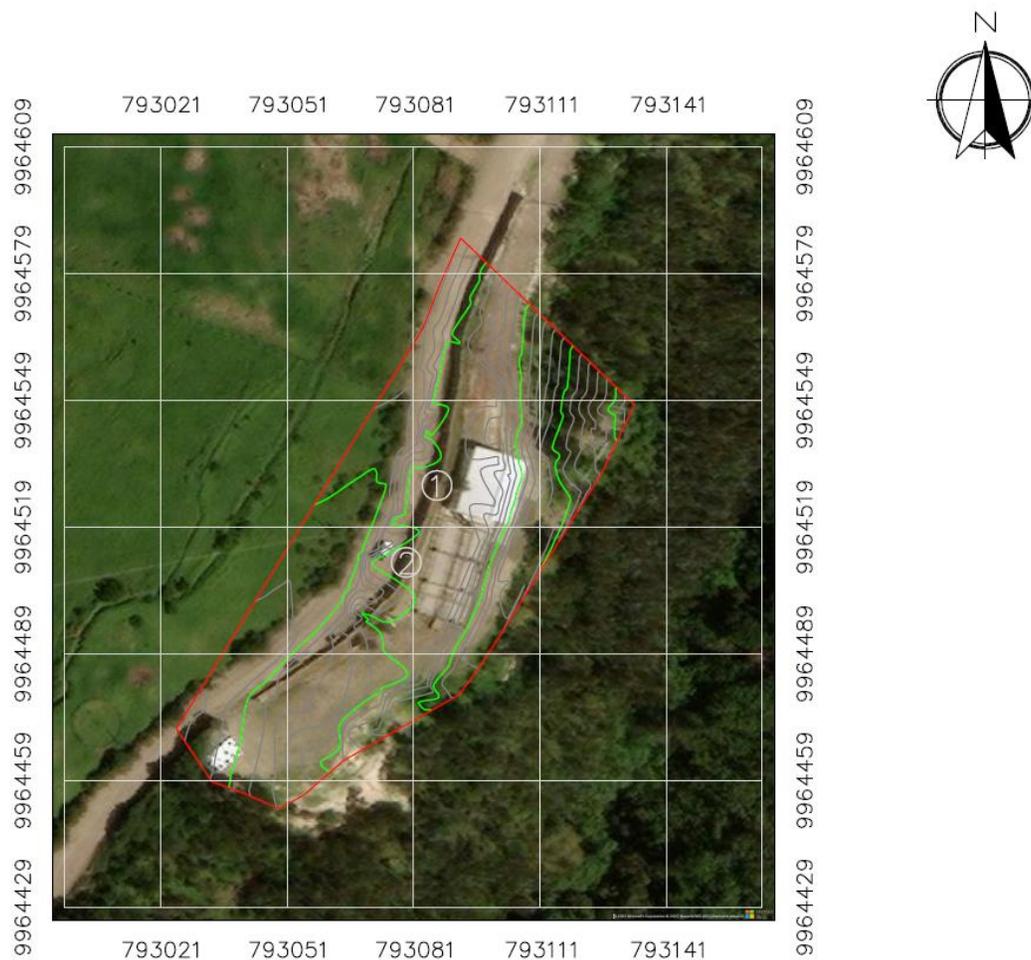
Nota. Red hídrica y límite parroquial de Pintag. Recuperado de (PDOT DE PINTAG, 2019-2023).

Levantamiento Topográfico

Puesto que la zona de estudio se encuentra densamente poblada de árboles de eucalipto de aproximadamente 10 metros de altura, es imposible usar métodos modernos de levantamiento topográfico como lo es el dron, es por ello que la información topográfica y cartográfica PROVOCARNE S.A. se realizó por medio del método convencional como lo es el uso de la estación total y equipo GNSS.

Figura 5

Levantamiento Topográfico de PROVOCARNE S.A.



Nota. Curvas de nivel generadas a partir del levantamiento topográfico.

Factores Climáticos

Con el propósito de realizar un análisis climatológico de la zona de estudio, se han empleado los datos provenientes de la estación meteorológica M0002, denominada estación LA TOLA.

Temperatura

De acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, se ha procesado la información hasta el año 2019. Los valores resultantes se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

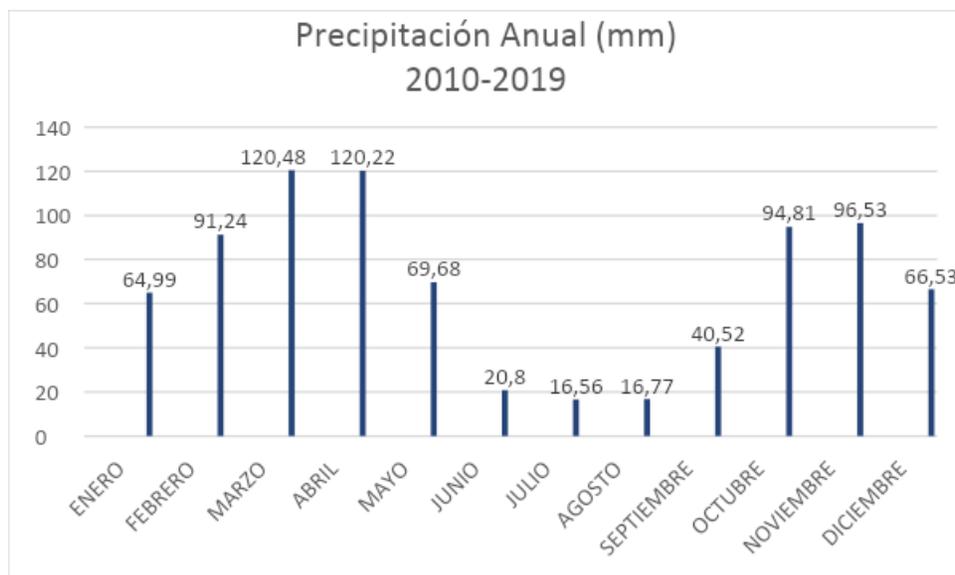
Estadística climática promedio del año 2019

Estadística climática			
Estación	Temperatura (°C)		
	Media	Máxima	Mínima
LA TOLA	16,5	27	4,4

Nota. Recuperado de (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, 2019).

Precipitación

De acuerdo con la información suministrada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), los meses que presentan mayor precipitación son marzo y abril, por el contrario, el mes de julio es en donde se evidencia la escasez de lluvia.

Figura 6*Precipitación anual (mm) 2010-2019*

Nota. Recuperado de (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, 2019).

Consumo de carne

De acuerdo el Boletín situacional de carne de res (2023), tomando cifras de FAOSTAT, a 2021, se produjeron aproximadamente 72,4 millones de toneladas de carne bovina a nivel mundial, valor superior en 1,2 % con respecto a 2020, cuando se produjeron 71,6 millones de toneladas. Estados Unidos se consolida como el principal productor global, concentrando el 17,6 % de la producción, seguido por Brasil con 13,5 % y China con 9,6 %.

Es así como la revista de la Cámara de la Pequeña y Mediana Empresa de Pichincha (CAPEIPI, 2014), el país el consumo per cápita de carne es de 9 kg, una cifra que, en comparación a nivel global, se considera baja. En contraste, países como Colombia o Argentina presentan cifras notoriamente altas, alcanzando los 20 kg y 80 kg respectivamente. Este fenómeno se atribuye a la producción activa del consumo de carne bovina en dichas regiones.

Huella hídrica

“La huella hídrica mide la cantidad de agua utilizada para producir cada uno de los bienes y servicios; es una medida de la apropiación de agua dulce por parte de la humanidad en volúmenes de agua consumida y/o contaminada” (water footprint network).

Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (AgroDer, 2012), se estima que el 22% de la huella hídrica anual mundial corresponde a la producción de carne, valor que justifica una práctica ambientalmente insostenible. En respuesta a esta preocupación algunos países han optado por la exportación del ganado para engorde y, a su vez, importar carne lista para consumo. Esta medida busca salvaguardar y utilizar de manera más racional el recurso hídrico, mitigando así los impactos negativos asociados a la incidencia antrópica (Ocak S., 2013).

Cantidad de agua por kg de carne a nivel mundial y regional

La alimentación y la agricultura son dos de las actividades que más recursos hídricos necesitan para llevarse a cabo. De hecho, se estima que el consumo de alimentos cárnicos conlleva un uso mucho mayor de agua que el de los vegetales. Es decir, la producción de un kilogramo de carne vacuna o de res, implica, en promedio, la utilización de 15.415 litros, mientras que para producir un kilogramo de cereal se requiere 1.644 litros de agua, según datos del estudio *“El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020”*, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Tabla 2

Huella de agua de determinados productos alimentarios

Huella de agua (m ³ /tonelada)				
Producto alimentario	Verde	Azul	Gris	Total
Cereales	1,232	228	184	1,644

Huella de agua (m ³ /tonelada)				
Producto alimentario	Verde	Azul	Gris	Total
Carne de vacuno	14,414	550	451	15,415

Nota. Recuperado de (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

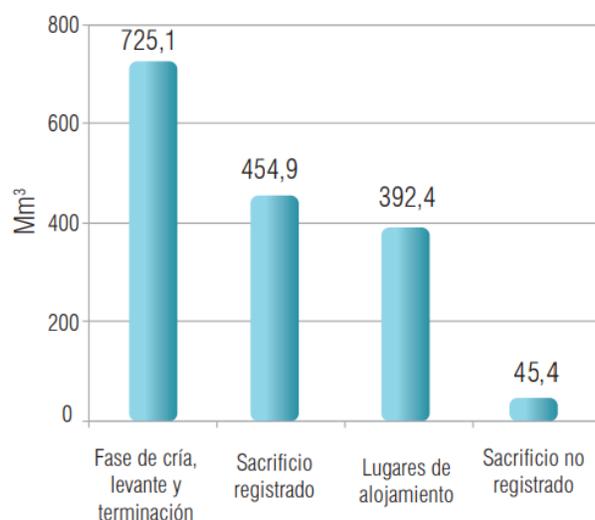
Como lo señala la Autoridad Nacional del Agua (2015) de Perú, la huella hídrica para producir carne de vacuno es de 13.000 L de agua/kg.

Cantidad de agua durante el faenamiento

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2010), “La cadena de consumo de agua agregada en el sector de bovinos da cuenta de una extracción del orden de 1.618 Mm³ /año, con las siguientes participaciones: a) el consumo vital en la fase de cría y terminación, 45%; b) el consumo en la fase de sacrificio, 31%; y c) el consumo en los lugares de manejo y beneficio en unidades de alojamiento animal, 24%”.

Figura 7

Demanda anual de agua en población bovina, 2008.



Nota. Recuperado de (IDEAM, 2010).

Aunado a esto, en Ecuador, específicamente en el camal Municipal de Ibarra el consumo de agua por kilogramo de carne es de 5,45 litros en la fase de extracción de materias primas que comprende el lavado de piezas, sangre, grasas y la limpieza de antelaciones, utensilios, fragmentos de piel y tejido (Jaramillo, 2018).

Proceso de faenamiento en PROVOCARNE S.A.

De acuerdo con la Empresa Metropolitana Rastro de Quito (EMRAQ-EP, 2023), el proceso de faenamiento se configura como una operación sanitariamente regulada, con la finalidad de llevar a cabo el sacrificio de animales bovinos y así obtener su carne en estado óptimo para el consumo humano. Este proceso se encuentra sujeto a estrictas normativas para garantizar la calidad de la carne.

Es así como el proceso de faenamiento dentro de PROVOCARNE S.A. inicia con la recepción de los animales un día antes del sacrificio junto a la guía de movilización emitida por AGROCALIDAD; los bovinos son identificados, pesados y ubicados en los corrales. Así pues, el día de faenamiento, se procede a bañar el ganado como parte de una higienización inicial, la ducha se lleva a cabo en un pasillo que conduce al área de noqueo, mediante un sistema de tubería perforada. En casos en los que los animales presenten un nivel considerable de suciedad, se emplea un baño previo en los corrales, empleando agua a presión para garantizar una limpieza efectiva.

A continuación, dentro de la zona sucia, se realiza el aturdimiento del animal mediante uso de una pistola neumática, la res ingresa a la zona de noqueo que se encuentra aislada para evitar que las demás reses observen el aturdimiento. Acto seguido, se abren las compuertas del cajón, permitiendo que la res caiga al suelo. Para facilitar el sangrado y prevenir la contaminación, se procede a izar la res por una de las patas posteriores mediante un gancho sujeto a un riel, asegurando un manejo higiénico y eficiente.

Asimismo, se realiza el degüello aplicando un corte en las arterias del cuello del animal, para que se desangre. La sangre es depositada en el suelo y con abundante agua es retirada de la superficie después de cada faenamiento. A continuación, se procede al corte de las extremidades y cabeza del animal, preparándose para su refrigeración y despacho.

Por otro lado, en la zona intermedia se lleva a cabo el desollado y eviscerado, donde, mediante el uso de una sierra, se realiza un corte en el esternón para extraer los órganos internos de cada animal, conocidos como vísceras. Estas son cuidadosamente lavadas con abundante agua para eliminar cualquier rastro de estiércol impregnado en ellas.

Al respecto, en la zona limpia se lleva a cabo una incisión longitudinal del esternón y la columna vertebral mediante el uso de una sierra eléctrica. Posteriormente, se somete a una limpieza final con un lavado a presión. Luego, la carne de los animales faenados es trasladada a un cuarto de oreo para su posterior inspección veterinaria, la cual tiene como objetivo determinar su integridad orgánica y estado sanitario.

Por otra parte, cada vez que se repite el proceso, los operarios lavan sus manos y lavan los cuchillos con agua a 80 °C.

Por último, se realiza el despacho de la carne y la limpieza de las instalaciones y corrales.

Tratamiento de aguas residuales

El saneamiento aborda la necesidad de tratar el agua después de su uso y aprovechamiento, con el propósito fundamental de reintegrar a los cuerpos hídricos en condiciones que permitan mantener sus características adecuadas y evitar alterar su estado natural.

En realidad, las aguas residuales provenientes de camales exhiben una concentración significativamente alta de material orgánico, tanto en forma disuelta como en suspensión.

Metodología para diseño del sistema de tratamiento de agua residual

El tratamiento de agua residual de PROVOCARNE S.A. se llevará a cabo mediante un tren de tratamiento que operará bajo la condición de que las descargas no contengan rastros de sangre. Se entiende por “tren de tratamiento” a una combinación específica de procesos unitarios o sistemas diseñados para alcanzar objetivos de tratamientos particulares. Alternativamente, puede considerarse como una secuencia de diversos procesos unitarios que permiten obtener, a partir de agua residual sin tratar, la calidad del agua requerida para la descarga en cuerpos de agua dulce.

Parámetros de diseño

Periodo de diseño

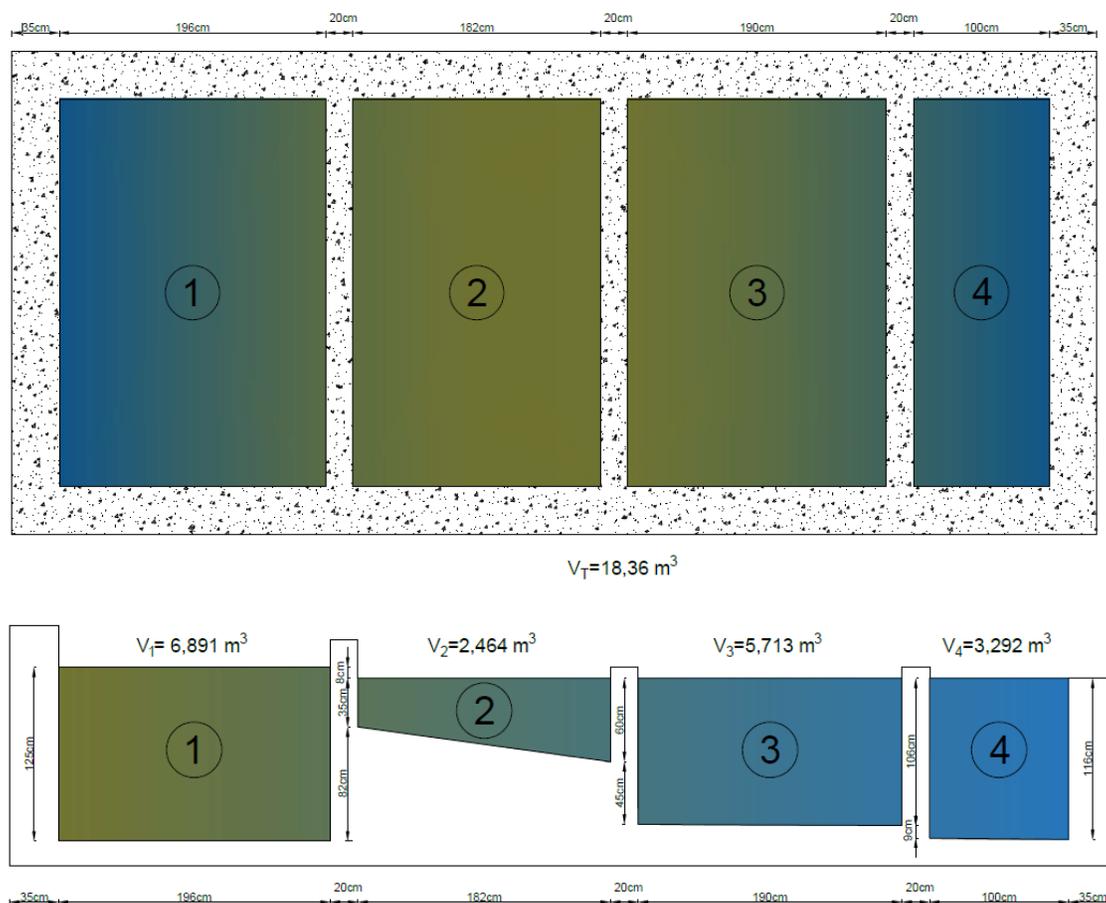
Según los datos establecidos por Ricardo López (1995), el periodo de diseño de los sistemas de tratamiento está condicionado por la planificación de inversiones, la viabilidad de expansiones y las tasas de crecimiento, se tomará como periodo de diseño 25 años.

Caudal de agua residual

Para establecer el caudal de agua residual actual que posee el centro de faenamiento, hacemos uso del volumen de los tanques existentes y la cantidad de reses que fueron faenadas. Obteniendo lo siguiente:

Figura 8

Levantamiento de información de los tanques existentes



Nota. Vista en planta y elevación de la estructura existente.

$$V_{TANQUES} = 18,36 \text{ m}^3$$

$$V_{TANQUES} = 18360 \text{ l}$$

$$N^{\circ} \text{ de reses} = 28$$

Donde:

$V_{TANQUES}$ = Volumen de los tanques (m^3)

Q_{AR} = Caudal de agua residual (l/res-día)

N° de reses = Cantidad de bovinos faenados (reses)

$$Q_{AR} = \frac{V_{TANQUES}}{N^{\circ} \text{ de reses}}$$

$$Q_{AR} = \frac{18360}{28}$$

$$Q_{AR} = 655,715 \frac{l}{\text{res} - \text{día}}$$

$$Q_{AR} \approx 656 \frac{l}{\text{res} - \text{día}}$$

De esta forma obtenemos que la dotación de agua es de 656 l/res-día.

Caudal Máximo Diario

Según Norma CO 10.7-606 el coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. Se recomienda utilizar los siguientes valores: 1,3 para la región Sierra y Oriente mientras que para la región Costa e Insular el valor es de 1,5. Agregando a lo anterior se toma el valor de 1,3 debido a la ubicación del centro de faenamiento.

$$KMD = Q_{AR} * k1$$

Donde:

KMD = Caudal Máximo Diario (l/s)

Q_{AR}= Caudal de agua residual (l/res-día)

k1= Factor de mayoración máximo diario

$$KMD = 656 \frac{l}{\text{res} - \text{día}} * 1,3$$

$$KMD = 852,80 \frac{l}{\text{res} - \text{día}}$$

Caudal de diseño

El caudal de diseño viene dado por el caudal máximo diario y el número de reses que serán faenadas a futuro, siendo los jueves y viernes con la mayor cantidad de reses a ser faenadas, obtenemos:

Tabla 3

Datos del número de reses a ser faenadas a futuro

Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
N.º de reses	35	35	--	40	40

Nota. Estimación semanal del número de reses a ser faenadas en el futuro

Con los datos observados en la Tabla 3, es importante mencionar que la proyección a futuro de faenamiento alcanza un total de 150 reses semanales y 600 mensuales.

$$Q_D = \frac{KMD * N^\circ \text{ de reses}}{86400}$$

Donde:

Q_D = Caudal de diseño (l/s)

KMD = Caudal Máximo Diario (l/res-día)

N.º de reses= Cantidad de reses a ser faenadas en el día (reses)

$$Q_D = \frac{852,80 \frac{l}{\text{res-día}} * 40 \text{ reses}}{86400}$$

$$Q_D = 0,3948 \frac{l}{s}$$

$$Q_D \approx 0,40 \frac{l}{s}$$

Capítulo III

Resultado y Discusión

Topografía

Para levantar la información de la zona de estudio se utilizó estación total y un equipo GNSS, con este último obtuvimos dos puntos para que el levantamiento topográfico pueda ser georreferenciado, siendo los siguientes GPS-1 E: 793108,725 N:9964534,735 Elevación: 2679,410; GPS-2 E: 793060,217 N:9964463,625 Elevación: 2684,445.

Figura 9

Posicionamiento del equipo GNSS para obtención de puntos GPS-1.



Nota. Armado y medición de altura del equipo. Posicionamiento del equipo GNSS.

Figura 10

Posicionamiento del equipo GNSS para obtención de puntos GPS-2.



Nota. Armado y medición de altura del equipo. Posicionamiento del equipo GNSS.

Una vez obtenidos los puntos de georreferenciación se procedió a levantar información con la estación total.

Figura 11

Posicionamiento de la estación total.



Nota. Armado, ingreso de datos y posicionamiento de la estación total.

Figura 12

Levantamiento de puntos con la estación total.



Nota. Levantamiento de información del centro de faenamiento.

Como resultado tenemos el plano topográfico de la zona de estudio, el mismo se encuentra georreferenciado, PROVOCARNE S.A. ocupa una extensión total de 0,70 hectáreas, cuenta con una estructura para el proceso de faenamiento y corrales de 150 m² y 228 m² respectivamente.

Figura 13

Plano Topográfico PROVOCARNE S.A.

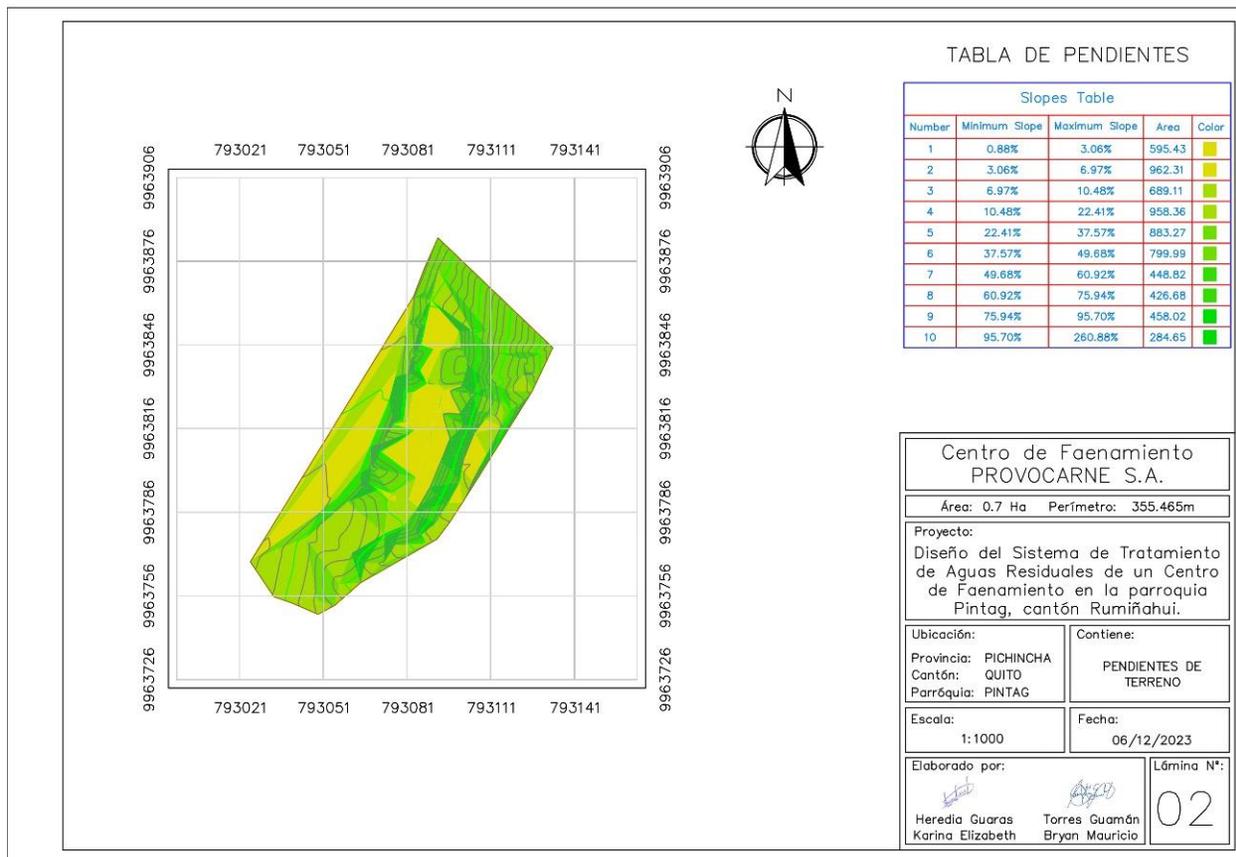


Nota. Curvas de nivel generadas a partir del levantamiento topográfico.

A continuación, se presenta el plano que ilustra las distintas pendientes del terreno. La disposición del sistema de tratamiento de aguas residuales se limitará únicamente a áreas con una pendiente inferior al 5%.

Figura 14

Plano de pendientes del terreno de PROVOCARNE S.A.



Nota. Pendientes del terreno generadas a partir del levantamiento topográfico.

Consumo de agua por res

Para llevar a cabo el proceso de faenamiento de manera efectiva, es necesario que el camal cuente con la cantidad suficiente de agua potable. Se estima un volumen promedio de consumo por cada proceso de sacrificio y limpieza. En este contexto, la asignación de agua potable para el ganado bovino se establece en 656 litros/res, resultando un consumo diario de aproximadamente 26.240 litros de agua.

Tratamiento de agua residual

El sistema de tratamientos de agua residual para afluentes del centro de faenamiento requiere un diseño que permita la reducción o eliminación eficiente de contaminantes, abordando parámetros tales como: DBO₅, DQO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales, color, pH, entre otros.

Es importante destacar que la solución adoptada puede variar en función de las cargas contaminantes, concentraciones, y otros factores específicos.

Parámetros de Análisis

Se realizó la toma de muestra compuesta de agua residual del centro de faenamiento, donde se evaluó de acuerdo a los parámetros establecidos en el ACUERDO MINISTERIAL No. 028 (2015), Tabla 10 de la Edición Especial N.º 270 publicado en el registro oficial el viernes 13 de febrero de 2015.

Tabla 4

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Conductividad eléctrica	---	uS/cm	---
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	---
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	10.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Fósforo total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Potencial de hidrógeno	pH	---	6 – 9
Sólidos totales	ST	mg/l	1.600
Sólidos Sedimentables	---	ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Turbidez	---	NTU	---

Nota. Recuperado de (ACUERDO MINISTERIAL No. 028, 2015)

El análisis de la muestra compuesta se realizó por parte de Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental “Aqlab”, el mismo que nos otorgó los siguientes resultados.

Tabla 5

Resultados obtenidos de la muestra compuesta de PROVOCARNE S.A.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado	Comparación
Aceites y Grasas	mg/l	30,0	14,30	Cumple
Conductividad eléctrica	uS/cm	---	1.881	No Aplica
Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	365	No Cumple
Coliformes Totales	NMP/100ml	---	17x10 ⁵	No Aplica
Coliformes Fecales	NMP/100ml	10.000	90x10 ²	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/l	100	4.650	No Cumple

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado	Comparación
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200	9.420	No Cumple
Fósforo total	mg/l	10,0	99,79	No Cumple
Hierro total	mg/l	10,0	2,28	Cumple
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	30,0	54,40	No Cumple
Potencial de hidrógeno	---	6 – 9	7,58	Cumple
Sólidos totales	mg/l	1.600	5.485,58	No Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	82	No Cumple
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	70,00	Cumple
Turbidez	NTU	---	2.053	No Aplica

Nota. Realizado por Aqlab, ver Apéndice 1

En síntesis, la comparación entre los límites permisibles de los parámetros analizados en la descarga hacia un cuerpo de agua dulce y los resultados obtenidos durante el muestreo revela que no se encuentran dentro del rango establecido. Este hallazgo subraya la necesidad de desarrollar un diseño eficiente para el tratamiento adecuado, detallado a continuación en el tren de tratamiento.

Tren de tratamiento

El centro de faenamiento posee estructuras que serán utilizadas, de esta manera lograremos disminuir al máximo los costos de implementación y obtener un resultado en consonancia con los estándares de calidad del agua de descarga a un cuerpo de agua dulce de acuerdo a la normativa vigente.

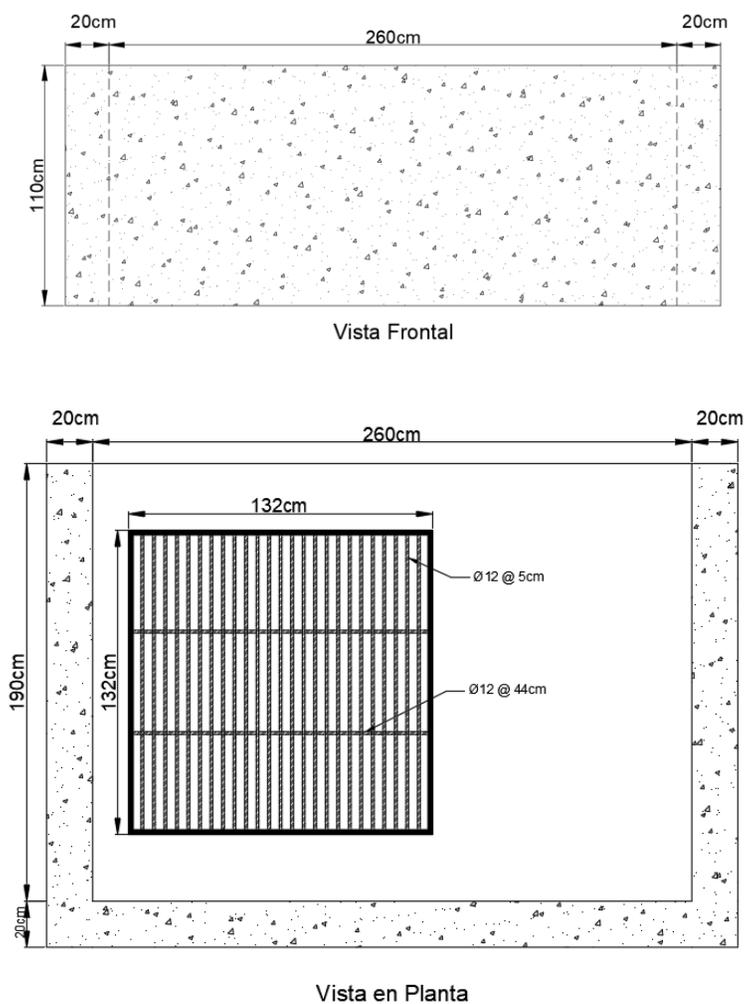
El caudal que ingresará al sistema de tratamiento de agua residual de PROVOCARNE S.A. es de 0,40 l/s.

Recolector de estiércol

El tanque y rejilla que reduce el ingreso de estiércol al sistema se encuentra ubicado a la salida del área de vísceras con las siguientes coordenadas: E: 793099,60 N:9964525,40. El material de la rejilla será de acero inoxidable.

Figura 15

Recolector de estiércol – estructura existente.



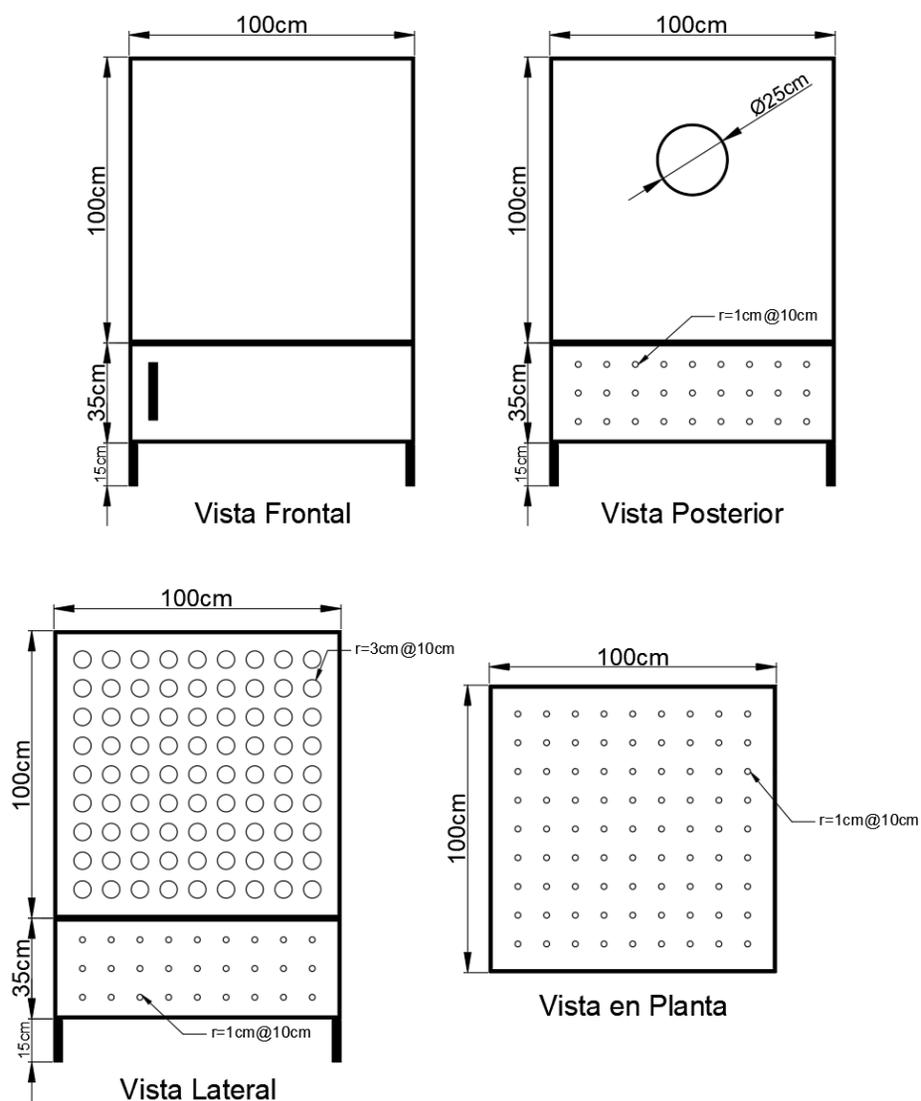
Nota. Vista frontal y en planta.

Trampa de grasas

La rejilla que retiene las grasas se encuentra ubicada a la salida del área de despacho y oreo en las siguientes coordenadas: E: 793101,50 N:9964534,70. El material del recolector será de acero inoxidable.

Figura 16

Trampa de grasas - estructura existente.



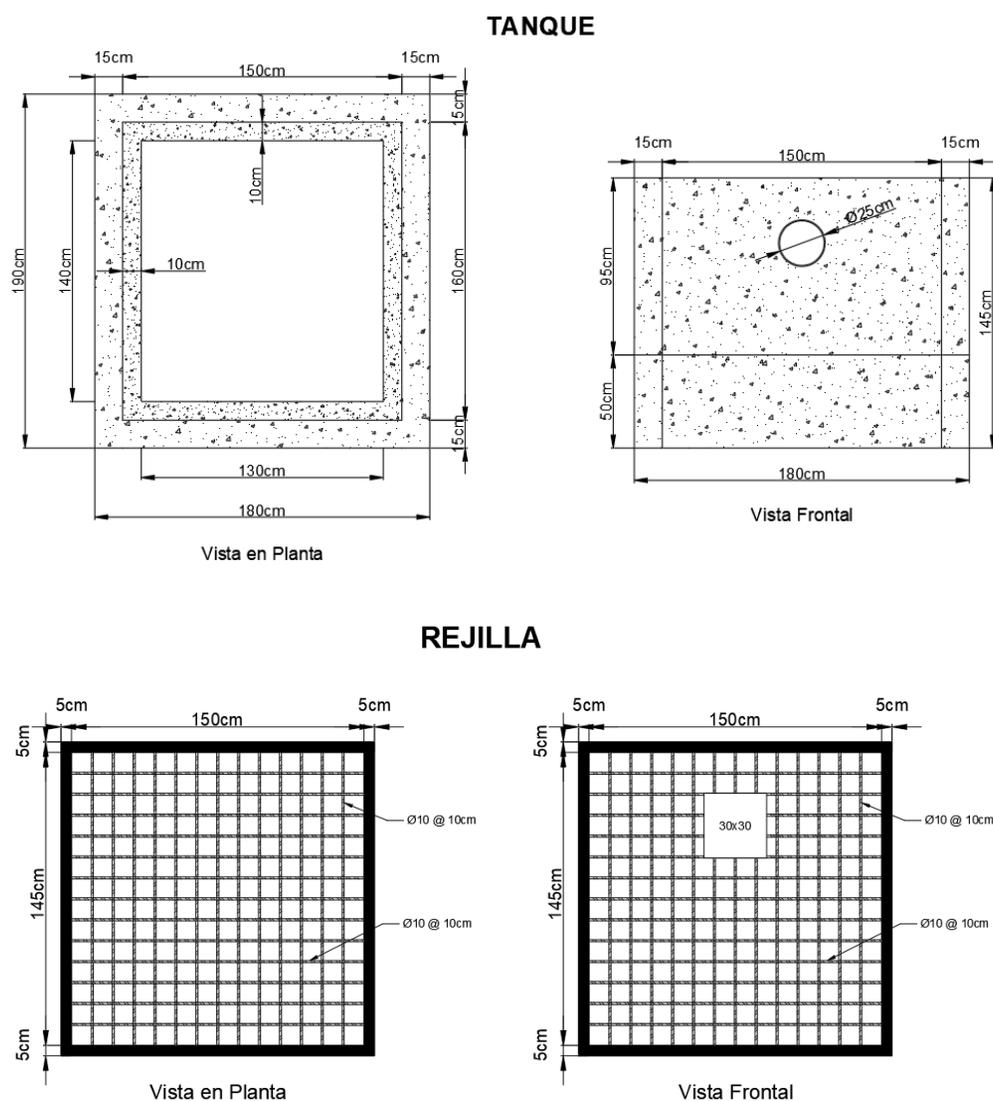
Nota. Vista frontal, posterior, lateral y en planta. El espaciamento de los orificios es el mismo en sentido vertical y horizontal.

Tanque y rejilla de finos

El tanque y la rejilla que evita el paso de sólidos finos se encuentra ubicado diez metros pendiente abajo tomando como referencia el recolector de grasas con las siguientes coordenadas: E: 793119,40 N:9964528,50. La estructura del tanque es de hormigón armado, mientras que la rejilla será de acero inoxidable.

Figura 17

Tanque y rejilla de finos - estructura existente.



Mezcla rápida

El tanque de floculación-coagulación es proyectado para proporcionar un tiempo de retención de 20 minutos (GONZALEZ VILLAMIL, 2021), con un caudal de diseño de 0,40 l/s, a partir de estos datos se calcula el volumen del tanque:

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

Donde:

V = Volumen del tanque (litros)

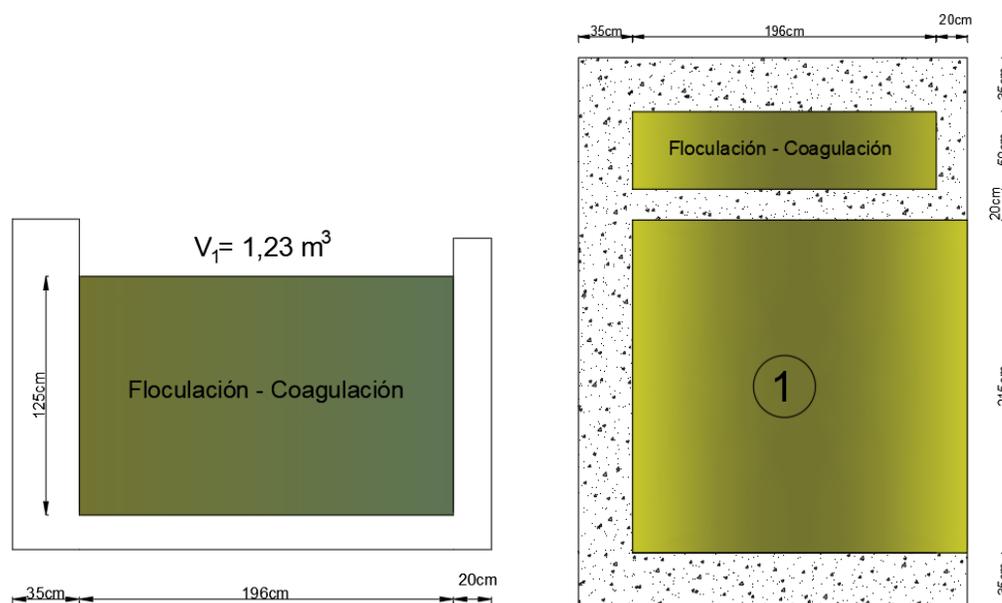
T_r = Tiempo de retención (s)

Q_D = Caudal de diseño (l/s)

$$V = \frac{20 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}}{0,40 \frac{\text{l}}{\text{s}}}$$

$$V = 480 \text{ l} = 0,48 \text{ m}^3$$

El volumen requerido del tanque donde se llevará a cabo floculación-coagulación es de 0,48 m³. Haciendo uso de la estructura existente el tanque 1 será modificado, creando una división, de esta manera optimizaremos los recursos que serán destinados para este proceso. Las medidas utilizadas son de 196x50x125 cm.

Figura 18*Levantamiento de información Tanque 1 – Floculación Coagulación*

Nota. Vista en elevación y en planta del Tanque 1 modificado.

De esta manera, el proceso de coagulación comienza mediante la incorporación de determinados reactivos químicos cuya finalidad es desestabilizar de partículas, volviéndolas susceptibles a la separación por precipitación y, posteriormente, a la sedimentación. En efecto, el coagulante seleccionado para este proceso es el policloruro de aluminio conocido como PAC, este compuesto se caracteriza por su alto contenido de aluminio y su capacidad para formar flóculos densos y estables (Vel International Chemicals, 2023).

El proceso puede efectuarse mediante cámaras de coagulación con un tiempo de retención de 20 a 30 minutos. La dosificación para este proceso se recomienda seguir las guías del fabricante Apéndice 2.

Para llevar a cabo esta mezcla eficientemente, en la floculación se utilizan comúnmente dispositivos como agitadores de baja velocidad equipados con hélices de gran tamaño y palas curvadas longitudinalmente. Estas características permiten generar amplios movimientos de

fluido a velocidades bajas, favoreciendo así una distribución homogénea del reactivo en el medio acuoso.

Figura 19

Dosificador de químicos Dosijet | Kiehl



Nota. Bomba dosificadora de químicos. (Zinner, 2024)

Figura 20

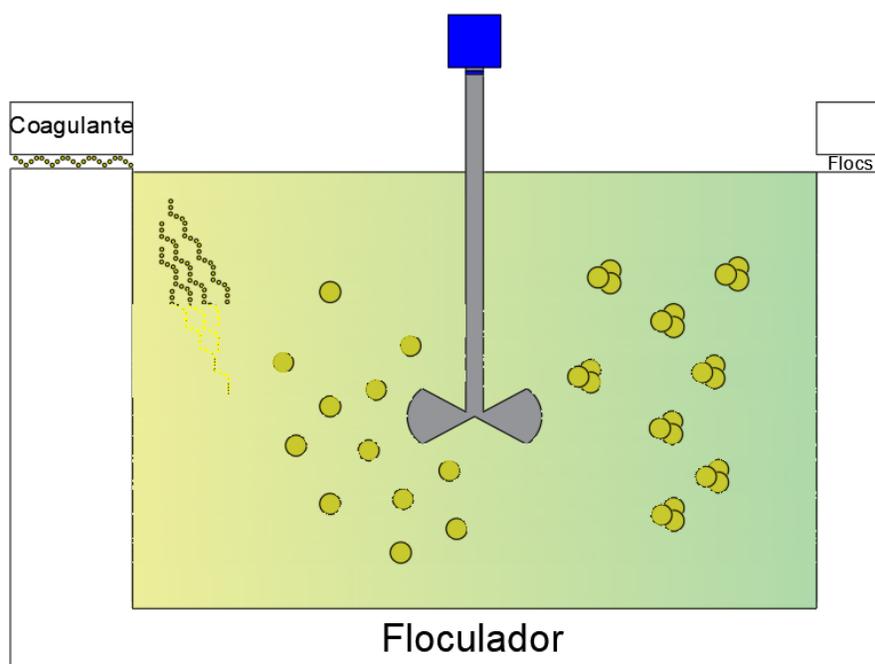
Agitador Floculación-Coagulación



Nota. Agitador que se utilizará para el proceso de Floculación-Coagulación (INGEMIND, 2024)

Figura 21

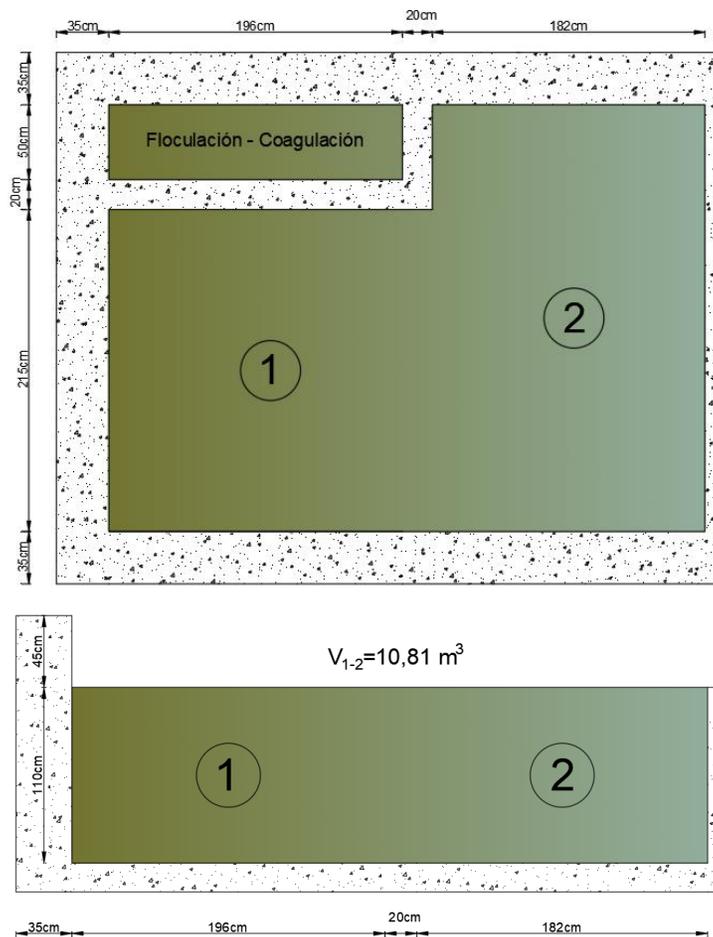
Tanque 1 – Floculación-Coagulación



Nota. Floculación-Coagulación con Policloruro de Aluminio (PAC).

Clarificador

Para el proceso de clarificación se unió y modificó los tanques existentes 1 y 2, obteniendo un volumen de $10,81\text{m}^3$. Este tanque servirá para sedimentar los flóculos formados y pasar al proceso de desinfección. El proceso de eliminación de sólidos disueltos se realiza mediante el método de precipitación.

Figura 22*Tanque 1 y 2 - Clarificador*

Nota. Tanques modificados para el proceso de Clarificación. Vista en planta y elevación.

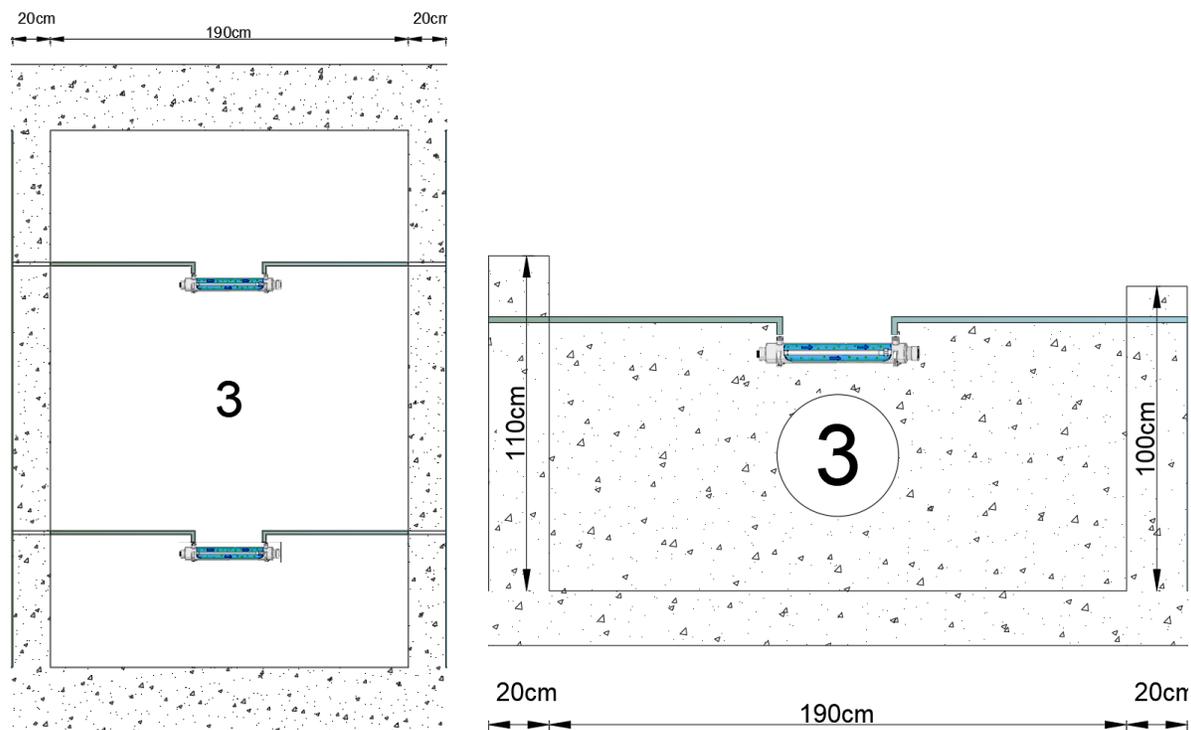
Desinfección

La desinfección emerge como el principal mecanismo destinado a desactivar o destruir organismos patógenos, con el propósito de evitar la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, tanto hacia los usuarios aguas abajo como hacia el entorno circundante. Es fundamental que el agua residual sea sometida a un tratamiento adecuado antes de la desinfección, con el objetivo de mejorar la eficacia de cualquier agente desinfectante.

El tipo de desinfección correspondiente para el agua residual del centro de faenamiento será mediante luz ultravioleta, este proceso se llevará a cabo en el Tanque 3.

Figura 23

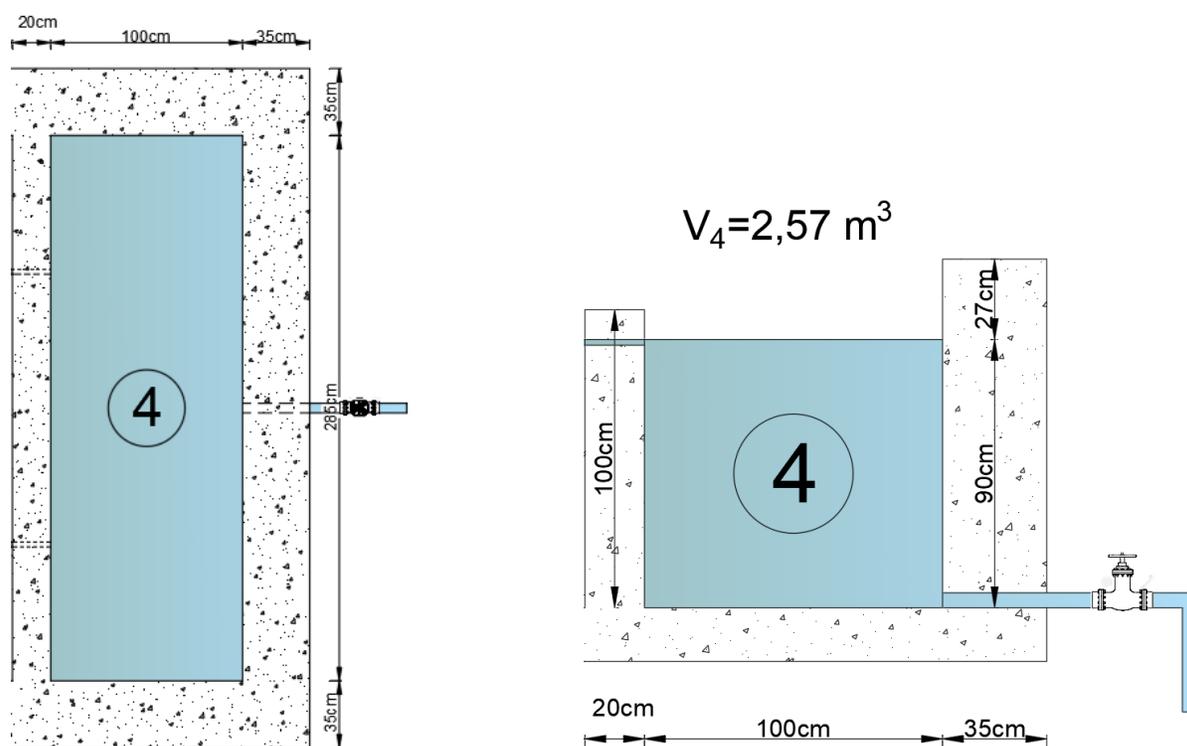
Tanque 3 - Desinfección



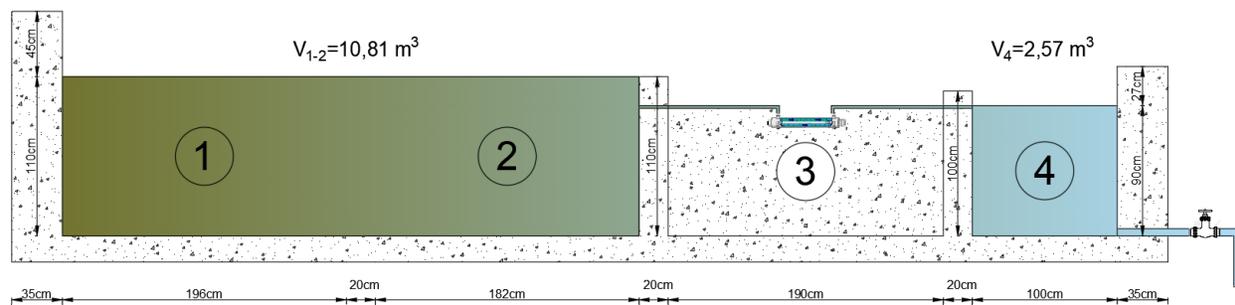
Nota. Tanques modificados para el proceso de Clarificación. Vista en planta y elevación.

Tanque para muestreo

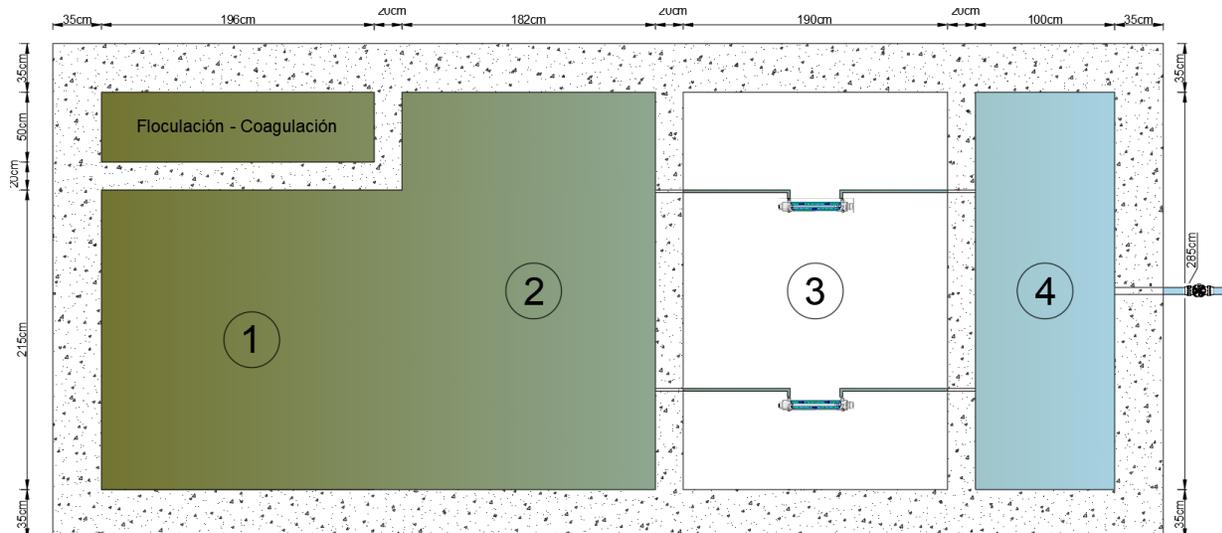
Con el fin de verificar el óptimo funcionamiento del sistema de tratamiento del agua residual de PROVOCARNE S.A. se ha destinado el Tanque 4 para que se proceda a la toma de muestras de agua en el caso que requiera ser analizada.

Figura 24*Tanque 4 - Muestreo*

Nota. Tanques modificados para el proceso de Clarificación. Vista en planta y elevación.

Figura 25*Tanques*

Nota. Tanques modificados para los respectivos procesos. Vista en elevación.

Figura 26*Tanques*

Nota. Tanques modificados para los respectivos procesos. Vista en planta.

Punto de descarga

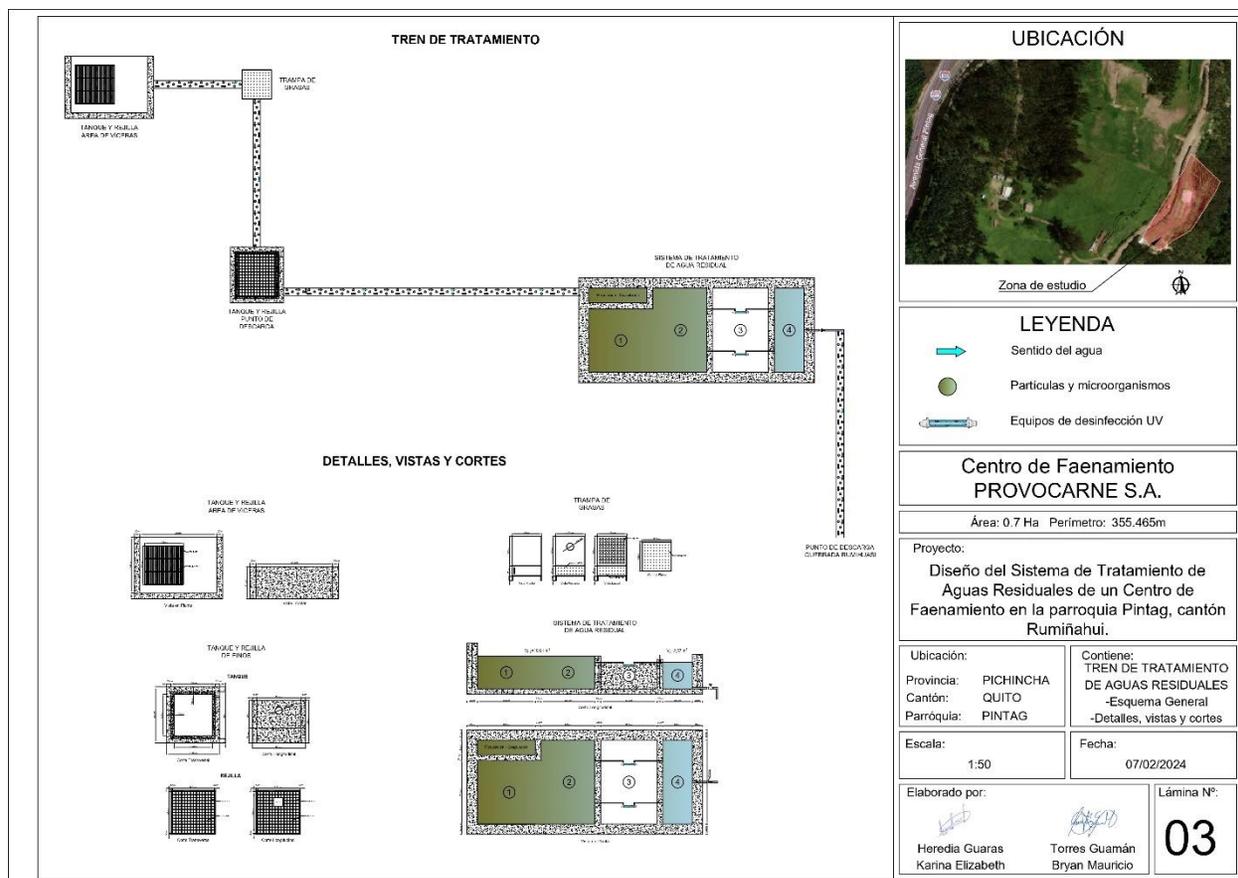
El punto de descarga del efluente es en la quebrada Rumihuasi que tiene como coordenadas las siguientes: E: 793181,00 N: 9964544,20. En este lugar desembocará el agua residual tratada que cumple con los límites permisibles de acuerdo a la normativa vigente.

Figura 27*Punto de descarga*

Nota. Salida del efluente a la quebrada Rumihuasi.

Figura 28

Sistema de tratamiento de agua residual



Nota. Tren de tratamiento de agua residual de PROVOCARNE S.A.

Presupuesto

El presupuesto referencial se desarrolló en base a los planos de diseño elaborados anteriormente, con la ayuda del software AutoCAD se obtuvo las cantidades de obra correspondientes.

Tabla 6

Presupuesto referencial del sistema de tratamiento de agua residual

ÍTEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Floculación - Coagulación					
1	Caneca de Policloruro	u	1,00	\$16,80	\$16,80
2	Caneca de Poliamida 10%	u	1,00	\$81,76	\$81,76
3	Dosificador de químicos Dosijet Kiehl	u	1,00	\$104,72	\$104,72
4	Agitador Floculación-Coagulación	u	1,00	\$900,00	\$900,00
5	Instalación Dosificador y Agitador	u	1,00	\$8,19	\$8,19
Clarificador - Tanque 1					
6	Mampostería de bloque e=15cm	m2	4,15	\$11,42	\$47,39
7	Enlucido con mortero 1:3 + impermeabilizante	m2	4,15	\$9,91	\$41,13
Clarificador - Tanque 2					
8	Excavación manual	m3	2,50	\$11,02	\$27,55
9	Alisado de piso	m2	3,20	\$13,65	\$43,68
Desinfección - Tanque 3					
10	Set completo Esterilizador 25W 6GPM Balastro cont:	u	2,00	\$235,76	\$471,52
11	Instalación Set Esterilizador	u	1,00	\$37,77	\$37,77
12	Relleno y alisado de piso	m2	3,20	\$13,65	\$43,68
Sistema de Tratamiento - Tanques 1, 2, 3 y 4					
13	Impermeabilización de paredes y pisos	m2	48,00	\$22,60	\$1.084,77
TOTAL					\$1.797,49

Nota. Cantidades de obra obtenidos de los planos de diseño. La tabla muestra un presupuesto de mil setecientos noventa y siete dólares 49/100 para el sistema de tratamiento de agua residual.

Análisis de precios unitarios

Para la estimación de los precios unitarios del sistema de tratamiento de agua residual se calculó de acuerdo con los salarios vigentes para el año 2024. Las cotizaciones de equipos requeridas para la elaboración de APU's se encuentran detallados en el Apéndice 3.

Floculación – Coagulación

Tabla 7

APU Floculación – Coagulación

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE						
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN						
PROYECTO: Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de un Centro de Faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO: Floculación-Coagulación					UNIDAD	u
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta Menor 5% M.O	1	\$0,41	\$0,41	1	\$0,41	
Dosificador de químicos Dosijet Kiehl	1	\$104,72	\$104,72	1	\$104,72	
Agitador Floculación-Coagulación	1	\$900,00	\$900,00	1	\$900,00	
SUBTOTAL					\$1.005,13	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Plomero	1	4,12	\$4,12	1	\$4,12	
Ayudante de plomero	1	4,07	\$4,07	1	\$4,07	
SUBTOTAL					\$8,19	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Caneca de Policloruro	u	1	\$16,80	\$16,80		
Caneca de Poliamida 10%	u	1	\$81,76	\$81,76		
SUBTOTAL					\$98,56	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
SUBTOTAL						
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.111,88	
COSTO INDIRECTO					0% \$0,00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$1.111,88	
VALOR UNITARIO					\$1.111,88	

Nota. La tabla muestra un valor unitario de mil ciento once dólares 88/100 para el proceso de Floculación-Coagulación.

Clarificador – Tanque 1

Tabla 8

APU Clarificador – Tanque 1

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE						
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN						
PROYECTO: Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de un Centro de Faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO: Clarificador - Tanque 1					UNIDAD	m2
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta Menor 5% M.O	1	\$0,63	\$0,63	1	\$0,63	
SUBTOTAL					\$0,63	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Peón	2	4,07	\$8,14	1	\$8,14	
Albañil	1	4,12	\$4,12	1	\$4,12	
Maestro de Obra	0,1	4,35	\$0,44	1	\$0,44	
SUBTOTAL					\$12,70	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 KG - Holcim DISENSA	saco	0,38	\$7,68	\$2,92		
Bloque Liviano de 15x20x40	u	13	\$0,35	\$4,55		
Arena	m3	0,06	\$13,50	\$0,81		
Agua	m3	0,02	\$0,85	\$0,02		
SUBTOTAL					\$8,30	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
SUBTOTAL						
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$21,63	
COSTO INDIRECTO					0% \$0,00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$21,63	
VALOR UNITARIO					\$21,63	

Nota. La tabla muestra un valor unitario de veinte y uno dólares 63/100 para el proceso de Clarificación-Tanque 1.

Clarificador – Tanque 2

Tabla 9

APU Clarificador – Tanque 2

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE						
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN						
PROYECTO: Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de un Centro de Faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO: Clarificador - Tanque 2					UNIDAD	m3
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta Menor 5% M.O	1	\$0,84	\$0,84	1	\$0,84	
SUBTOTAL					\$0,84	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Peón	2	4,07	\$8,14	1	\$8,14	
Albañil	2	4,12	\$8,24	1	\$8,24	
Maestro de Obra	0,1	4,35	\$0,44	1	\$0,44	
SUBTOTAL					\$16,82	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 KG - Holcim DISENSA	saco	0,64	\$7,68	\$4,92		
Arena	m3	0,06	\$13,50	\$0,81		
Agua	m3	0,02	\$0,85	\$0,02		
SUBTOTAL					\$5,74	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
SUBTOTAL						
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$23,40	
COSTO INDIRECTO					0% \$0,00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$23,40	
VALOR UNITARIO					\$23,40	

Nota. La tabla muestra un valor unitario de veinte y tres dólares 40/100 para el proceso de Clarificación-Tanque 2.

Desinfección – Tanque 3

Tabla 10

APU Desinfección – Tanque 3

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE							
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN							
PROYECTO: Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de un Centro de Faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO: Desinfección - Tanque 3						UNIDAD	m2
EQUIPOS							
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
Herramienta Menor 5% M.O	1	\$0,84	\$0,84	1	\$0,84		
Set completo Esterilizador 25W 6GPM Balastro contador	2	\$235,76	\$471,52	1	\$471,52		
SUBTOTAL					\$472,36		
MANO DE OBRA							
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
Peón	2	4,07	\$8,14	1	\$8,14		
Albañil	1	4,12	\$4,12	1	\$4,12		
Plomero	1	4,12	\$4,12	1	\$4,12		
Maestro de Obra	0,1	4,35	\$0,44	1	\$0,44		
SUBTOTAL					\$16,82		
MATERIALES							
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo			
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 KG - Holcim DISENSA	saco	0,64	\$7,68	\$4,92			
Arena	m3	0,06	\$13,50	\$0,81			
Agua	m3	0,02	\$0,85	\$0,02			
Tubería PVC pegable 3/4"	m	1	\$5,40	\$5,40			
Codos PVC pegable 3/4"	u	4	\$0,34	\$1,36			
Universal PVC pegable 3/4"	u	2	\$1,99	\$3,98			
Pegamento de tubería	u	1	\$4,47	\$4,47			
SUBTOTAL					\$20,95		
TRANSPORTE							
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo			
SUBTOTAL							
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$510,13		
COSTO INDIRECTO				0%	\$0,00		
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$510,13		
VALOR UNITARIO					\$510,13		

Nota. La tabla muestra un valor unitario de quinientos diez dólares 13/100 para el proceso de Desinfección-Tanque 3.

Impermeabilización de paredes y pisos

Tabla 11

APU Impermeabilización de paredes y pisos

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE						
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN						
PROYECTO: Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de un Centro de Faenamiento en la parroquia Pintag, cantón Rumiñahui						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO: Impermeablización de paredes y pisos					UNIDAD	m2
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta Menor 5% M.O	1	\$0,43	\$0,43	1	\$0,43	
SUBTOTAL					\$0,43	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Peón	1	4,07	\$4,07	1	\$4,07	
Albañil	1	4,12	\$4,12	1	\$4,12	
Maestro de Obra	0,1	4,35	\$0,44	1	\$0,44	
SUBTOTAL					\$8,63	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Impermeabilizante Hidroseal (Maxiseal) 10 Kg	Kg	0,66	\$20,52	\$13,54		
SUBTOTAL					\$13,54	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
SUBTOTAL						
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$22,60	
COSTO INDIRECTO					0% \$0,00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$22,60	
VALOR UNITARIO					\$22,60	

Nota. La tabla muestra un valor unitario de veinte y dos dólares 60/100 para la impermeabilización de paredes y pisos de los tanques.

Especificaciones

Las especificaciones se obtuvieron en base al presupuesto y el análisis de precios unitarios presentados anteriormente.

Floculación – Coagulación

Descripción. Este proceso detalla los químicos, equipos e instalación de los mismos, todo esto es necesario para poder iniciar la ejecución del sistema de tratamiento de agua residual del centro de faenamiento. Se adicionará Policloruro de Aluminio (PAC) como agente coagulador, posteriormente con la ayuda de un agitador se realizará la mezcla rápida y así pasar al siguiente proceso.

Procedimiento. Se llevará a cabo mediante la ejecución de labores eficientes, ya sea a través de procedimientos manuales o mediante el empleo de métodos mecánicos. Una vez instalado el dosificador y agitador se procede a agregar la dosis de PAC obtenida a través de un test de jarras, este será mezclado con el agua residual para su posterior salida al Clarificador.

Medición y pago. La medición se hará en unidad correspondiente al proceso de Floculación-Coagulación y el pago se efectuará a la recepción del hito correspondiente.

Clarificador – Tanque 1

Descripción. El objetivo es la construcción de una mampostería de bloque que es parte integrante a la estructura existente, incluye el proceso de levantamiento y enlucido de la mampostería.

Procedimiento. El proceso inicia con la aplicación de una capa de mortero sobre la base rugosa que soportara la mampostería. Esta base debe estar libre de sedimentos, agregados sueltos, polvo u otros elementos que puedan obstaculizar su adherencia. Las

dimensiones de los bloques a utilizarse son de 15x20x40 y el enlucido será de 2cm el mismo que se realizará con un mortero 1:3. La construcción de la mampostería se llevará a cabo en hileras horizontales uniformes, siguiendo las especificaciones de niveles y dimensiones detalladas en los planos.

Medición y pago. La medición se hará en metros cuadrados según lo que señala los planos y el pago se efectuará a la recepción del hito correspondiente.

Clarificador – Tanque 2

Descripción. Consiste en la excavación del material necesario a remover para lograr la construcción del tanque clarificador.

Procedimiento. Este trabajo consiste en la excavación manual hasta alcanzar las medidas especificadas en el plano. Todas las operaciones y el equipo empleado serán de tipo manual, por lo tanto, se debe prever cuidados y medidas de seguridad para los trabajadores que realicen dichas tareas y para las estructuras colindantes.

Medición y pago. La medición se hará en metros cúbicos según lo que señala los planos y el pago se efectuará a la recepción del hito correspondiente.

Desinfección – Tanque 3

Descripción. Colocación y compactación de los materiales adecuados para relleno, provenientes de las excavaciones del proyecto, según las indicaciones de los planos. Los esterilizadores UV serán usados para la desinfección del agua que está siendo tratada.

Procedimiento. La superficie en la cual se colocará el material de relleno debe estar libre de fragmentos sueltos, agua estancada o corriente, en caso de tener material suelto, este deberá estar adecuadamente humedecido, escarificado y compactado. Los rellenos del material serán en capas horizontales no mayores a 20 centímetros, en todo el ancho de la

sección. Una vez finalizado este trabajo se procederá con la instalación de los esterilizadores UV con personal calificado y los materiales correspondientes para un óptimo desempeño.

Medición y pago. La medición se hará en metros cuadrados según lo que señala los planos y el pago se efectuará a la recepción del hito correspondiente.

Impermeabilización de paredes y pisos

Descripción. Este rubro se refiere a la impermeabilización de toda la estructura incluyendo paredes y pisos tanto exterior como interior, se utilizará el producto Hidroseal-Maxiseal.

Procedimiento. Se procede con la preparación de la superficie, eliminando polvo, grasa, pintura suelta u otras impurezas. Una vez limpia la superficie se procede a pasar la primera mano del producto siguiendo las instrucciones del fabricante.

Medición y pago. La medición se hará en metros cuadrados según lo que señala los planos y el pago se efectuará a la recepción del hito correspondiente.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

En base a la información obtenida del levantamiento topográfico realizado en el centro de faenamiento, cuenta con un área de 0,70 hectáreas y un perímetro de 355,47 metros; se generaron las curvas de nivel principales cada 5 metros y secundarias cada 1 metro, con los datos anteriores se determinó una pendiente mínima de 0,88% y una máxima de 95,70%.

Para el cálculo del caudal de diseño se utilizó la estructura existente y la cantidad de animales para faenamiento, este último dato fue proporcionado por PROVOCARNE S.A. de acuerdo a su plan de desarrollo futuro, obteniendo un número máximo de 40 reses faenadas

por día y una dotación de 656 l/res-día; como resultado tenemos un caudal de 0,40 l/s. La dotación de agua utilizada por res nos refleja que existe la cantidad necesaria de la misma, de esta manera el faenamiento es realizado en buenas condiciones de limpieza.

El agua residual del centro de faenamiento fue analizada por Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental "Aqlab" determinando que los parámetros como: Color real (365 uS/cm), DBO₅ (4.650 mg/l), DQO (9.420 mg/l), Fósforo total (99,79 mg/l), Nitrógeno Amoniacal (54,40 mg/l), Sólidos Totales (5.485,58 mg/l) y Sólidos Sedimentables (82 ml/l) no cumplen con los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce como lo es la quebrada Rumihuasi, por otro lado la muestra compuesta también reveló que ciertos parámetros como: Aceites y grasas (14,30 mg/l), Coliformes fecales (90×10^2 NMP/100ml), Hierro total (2,28 mg/l), pH (7,58) y Sólidos Suspendidos Totales (70 mg/l) si cumplen la normativa vigente, con los resultados obtenidos se propone el diseño del sistema de tratamiento donde se busca reducir los valores de los parámetros que se encuentran fuera del límite permisible.

De acuerdo al caudal de ingreso y los parámetros del afluente, se ha determinado el diseño del sistema de tratamiento de agua residual, el cual incorpora diversos procesos. Entre ellos, el recolector de estiércol, la trampa de grasas, el tanque y la rejilla de finos cumplen con la función de evitar que elementos como estiércol, grasas, cartílago o huesos pasen a las etapas posteriores. De este modo, en el taque 1 se desarrollará el proceso de mezcla rápida, centrado en la reducción de la turbidez y la neutralización los sólidos suspendidos, el proceso de floculación-coagulación reduce nitrógeno, fósforo y materia coloidal. Además, en los tanques 2 y 3, donde tiene lugar el proceso de clarificación, las partículas más pesadas se sedimentan por gravedad, permitiendo que el agua residual en tratamiento emerja y avance al siguiente y último proceso: la desinfección UV. Este desempeña un rol fundamental eliminando todas las bacterias restantes, asegurando que el efluente tratado sea devuelto al ambiente de manera adecuada.

El presupuesto referencial para la modificación de la infraestructura, los equipos y productos químicos a utilizarse en el sistema es de \$1.797,49. Se logró obtener un valor accesible para la empresa, aprovechando y adaptando los recursos existentes con la finalidad que el proyecto sea factible de construir, de esta manera se pondrá en marcha el sistema de tratamiento devolviendo al medio ambiente el efluente en buenas características.

Recomendaciones

Previo y durante a la ejecución del proyecto en PROVOCARNE S.A. es recomendable realizar un test de jarras de una muestra compuesta, con el fin de obtener la dosificación óptima del químico a ser utilizado.

En el centro de faenamiento, resulta evidente el desperdicio de agua potable durante la eliminación de la sangre en el proceso de degüello. Este desperdicio se atribuye a la técnica empleada en el procedimiento actual. Resulta factible optimizar el consumo excesivo de agua mediante la implementación de técnicas más modernas y amigables con el recurso hídrico, tal como una canaleta sanitaria de acero inoxidable. Esta solución permite la recolección eficiente de la sangre y posterior entrega al gestor correspondiente.

Es responsabilidad del operador del sistema verificar periódicamente su funcionamiento, evitar que se sature, realizar la limpieza de rejillas, trampa de grasa y llevar un registro detallado de las fechas de inspección y próximos mantenimientos de los equipos.

El sistema de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento operará con eficiencia bajo la condición de que las descargas no contengan rastros de sangre.

Bibliografía

- ACUERDO MINISTERIAL No. 028. (13 de Febrero de 2015). Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu155123.pdf>
- AgroDer. (2012). *Huella Hídrica en México en el contexto de Norteamérica*. WWF México y AgroDer. México DF. Obtenido de https://www.agroder.com/Documentos/Publicaciones/Huella_Hidrica_en_Mexico_en_el_contexto_de_Norteamerica_AgroDer_WWF_SABMiller_2012.pdf
- ARCA. (2020). *Agencia de Regulación y Control del Agua*. Obtenido de BOLETÍN ESTADÍSTICO: https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (2015). *Huella hídrica del Perú*. Lima: Imprenta Novaprint.
- Brito, H. &. (2016). *Generación de biogas a partir de estiércol de ganado a nivel de finca*. doi:doi:10.13140/RG.2.2.25157.04327
- CAPEIPI. (2014). *La industria alimenticia necesita más calidad*. Obtenido de https://issuu.com/capeipiecuador/docs/revista_capeipi
- CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. (2017). https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf.
- Constitución de la República del Ecuador*. (2008). GALBAR. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Corcoran, E. C. (2010). *Sick Water: The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development - A Rapid Response Assessment*. United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal. www.grida.no.

EMRAQ-EP. (2023). *Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito*. Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/index.php/servicios/faenamiento/faenamiento-bovinos/faenamiento-porcinos-2#:~:text=Proceso%20de%20Faenamiento%20de%20Bovinos,las%20normas%20t%C3%A9cnicas%20y%20sanitarias>.

ENCA. (2016). *ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA*. Quito.

Escobar, J. (Diciembre de 2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y mar. . *NU. CEPAL. División de Recursos Naturales e Infraestructura*.

Foro de los Recursos Hídricos. (2011). *CAMAREN*. Obtenido de <http://www.camaren.org/documents/lagestioncomunitaria.pdf>

GONZALEZ VILLAMIL, O. F. (2021). Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10078/EVALUACION%20DE%20LOS%20PROCESOS%20DE%20MEZCLAJEN%20HIDRULICA%20DE%20LOS%20PROCESOS%20DE%20MEZCLAJEN%20RIPIDA%20Y%20FLOCULACION%20DE%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20POTABLE%20DEL%20MUNICIPIO%20DE>

IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Bogotá D.C. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2010.compressed.pdf

INAMHI. (2019). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI*. Obtenido de

<https://www.datosabiertos.gob.ec/dataset/?organization=instituto-nacional-de-meteorologia-e-hidrologia-inamhi>

INGEMIND. (2024). *AGITADOR FLOCULACIÓN/COAGULACION. TRATAMIENTO DE*.

Jaramillo, C. (Diciembre de 2018). *ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) DE UN PRODUCTO*

CÁRNICO, COMO ESTRATEGIA PARA UN AGRONEGOCIO SUSTENTABLE: UN

ESTUDIO EN LA UNIDAD EDUPRODUCTIVA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL

NORTE. Obtenido de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8811/1/03%20AGN%20045%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

LOSA, R. (2019). *REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY ORGANICA DE SANIDAD*

AGROPECUARIA. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-05/Reglamento_LOSA.pdf

Mekonnen y Hoekstra. (2011). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived*

crop products. Hydrology and Earth System Sciences. doi:10.5194/hess-15-1577-2011

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (Junio de 2023). *BOLETÍN SITUACIONAL*

PRODUCCIÓN BOVINA CARNE DE RES. Obtenido de

<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas-2/situacional-carne-de-res>

Ocak S., Ö. S. (2013). doi:10.1016/j.protcy.2013.11.035

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *FAO*.

Obtenido de

<https://www.fao.org/water/es/#:~:text=Los%20seres%20humanos%20podemos%20sobrevivir,producir%20un%20kilo%20de%20carne.>

PDOT DE PINTAG. (2019-2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Pintag*. Obtenido de <https://pintag.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/Actualizacion-PDOT-Pintag-2021.pdf>

Ricardo, L. (1995). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Colombia –Bogotá.

SRI. (2023). Obtenido de <https://srienlinea.sri.gob.ec/sri-en-linea/SriRucWeb/ConsultaRuc/Consultas/consultaRuc>

Vel International Chemicals. (Abril de 2023). Obtenido de <https://vel-chemicals.com/cuales-son-los-coagulantes-mas-usados-en-una-ptar/>

water footprint network. (s.f.). *water footprint network*. Obtenido de <https://www.waterfootprint.org/water-footprint-2/what-is-a-water-footprint/>

WWAP, P. M. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. *Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO.

Zinner. (2024). *Dosificador de químicos Dosijet | Kiehl*. Obtenido de <https://www.zinner.com.ec/producto/dosijet/>

Apéndices

Apéndice 1. Análisis de laboratorio

Apéndice 2. Químico Floculación-Coagulación

Apéndice 3. Equipos para el sistema de tratamiento de agua residual

Apéndice 4. Manual de operación sistema de tratamiento de aguas residuales

Apéndice 5. Solicitud de ayuda Compañía PROVOCARNE