



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la
ciudadela El Condado de Vicolinci, Cantón Daule**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del Título de Ingeniero Civil

AUTOR: Leonardo Andrés Salcedo Martínez

TUTOR: Ing. Eduardo Santiago Fonseca Mota

Guayaquil-Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Leonardo Andrés Salcedo Martínez con documento de identificación N°0957792898
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 24 de enero del año 2025

Atentamente,



Leonardo Andrés Salcedo Martínez

CI: 0957792898

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Leonardo Andrés Salcedo Martínez con documento de identificación No. 0957792898, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico:

Repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudadela El Condado de Vicolinci, Cantón Daule, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de enero del año 2025

Atentamente,



Leonardo Andrés Salcedo Martínez

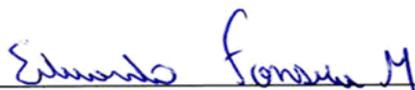
CI: 0957792898

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Santiago Fonseca Mota con documento de identificación N° 0919008201, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación Repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudadela El Condado de Vicolinci, Cantón Daule, realizado por Leonardo Andrés Salcedo Martínez con documento de identificación N° 0957792898, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Eduardo Santiago Fonseca Mota.

CI: 0919008201

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Nestor Salcedo y Fernanda Martínez, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. Su confianza en mí ha sido el motor que me impulsó a seguir adelante en cada desafío. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

Al Doctor Leonardo Echeverría por su guía, paciencia y sabiduría a lo largo de este camino académico. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido una fuente de inspiración, y sus consejos me han ayudado a crecer no solo como estudiante, sino también como persona.

Leonardo Andrés Salcedo Martínez

DEDICATORIA

Deseo expresar mi agradecimiento a mis padres, dedicándoles este trabajo de titulación, por enseñarme que en la vida no todo saldrá bien y siempre tendremos momentos difíciles en los que debo actuar maduramente, por enseñarme que el sacrificio y el esfuerzo da resultados, no en el momento sino a largo plazo, que el esfuerzo es lo primordial para convertirme en un buen profesional, motivándome y enseñándome valores que llevaré por siempre. Este trabajo de investigación va dedicado a mis padres por el apoyo incondicional a cada momento, a mis amigos, a los ingenieros que me ayudaron dándome sus conocimientos durante toda la tesis.

Leonardo Andrés Salcedo Martínez

RESUMEN

La presente investigación aborda la repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudadela El Condado de Vicolinci, Daule.

El análisis determinó que la configuración del sistema de lodos activados de la planta no era eficiente, alcanzando solo un 68,21% de reducción de la carga orgánica, por lo que las descargas no cumplían con los parámetros requeridos para el alcantarillado público.

Como parte de la repotenciación de la planta, se propuso el cambio del tanque de almacenamiento por uno de mayor capacidad, la instalación de un reactor biológico tipo carrusel y un filtro lento de arena para asegurar que las descargas cumplan con la normativa. También se recomendó un plan de mantenimiento preventivo y la capacitación del personal para optimizar la eficiencia operativa de la planta.

Palabras claves: Repotenciación, normativa, eficiente, alcantarillado, parámetros.

ABSTRACT

This research focuses on the repowering of the wastewater treatment plant in the El Condado of Vicolinci, Daule.

The analysis determined that the plant's activated sludge system configuration was inefficient, achieving only a 68.21% reduction in organic load. Therefore, the discharges did not meet the parameters required for public sewer systems.

As part of the plant's repowering, it was proposed to replace the storage tank with a larger one, install a carousel-type biological reactor, and a slow sand filter to ensure compliance with regulatory discharge limits. Additionally, a preventive maintenance plan and staff training were recommended to optimize the plant's operational efficiency.

Keywords: Repowering, regulations, efficient, sewerage, parameters.

INDICE

| | |
|--|----|
| CAPITULO I | 11 |
| INTRODUCCION | 11 |
| 1.1 Planteamiento del Problema..... | 13 |
| 1.2 Formulación del problema | 14 |
| 1.3 Justificación..... | 14 |
| 1.4 Objetivos de la Investigación | 17 |
| 1.4.1 Objetivo General: | 17 |
| Repotenciar la planta de tratamiento de aguas residuales para evitar | 17 |
| posibles colapsos de lodo causado por una sobrepoblación en la ciudadela El... | 17 |
| Condado de Vicolinci. | 17 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos: | 17 |
| CAPITULO II | 18 |
| Marco Teórico | 18 |
| 2 Fundamentación Teórica..... | 18 |
| 2.1 Aguas Residuales..... | 18 |
| 2.2 Composición del Agua Residual | 19 |
| Marco Ambiental | 41 |
| Marco Económico..... | 42 |
| Marco Social..... | 43 |

| | |
|---|------------|
| | 10 |
| Importancia de la Repotenciación | 44 |
| Tratamiento Primario..... | 45 |
| Sedimentación Primaria..... | 45 |
| Tratamiento Secundario..... | 46 |
| Tanque de Sedimentación Secundario..... | 47 |
| Tratamiento Terciario | 48 |
| Fundamentación Legal..... | 49 |
| CAPÍTULO III..... | 51 |
| MARCO METODOLÓGICO | 51 |
| 3.1. Modalidad o enfoque de la investigación..... | 51 |
| 3.2. Tipos de investigación | 51 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS..... | 55 |
| Conclusiones..... | 80 |
| Recomendaciones..... | 81 |
| BIBLIOGRAFÍAS | 100 |

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los problemas ambientales a nivel mundial exigen una gestión sostenible de los recursos naturales. Además, es fundamental la colaboración política y el compromiso social para mitigar los efectos de la contaminación ambiental (Bolaños-Alfaro, 2017). Históricamente, las aguas residuales han sido vertidas sin tratamiento en cuerpos de agua, causando graves daños a los ecosistemas y afectando la calidad de vida de las poblaciones cercanas (Galindo Pardo F. V.-S.-V., 2020)

Las aguas residuales son el resultado de la contaminación por elementos tóxicos, materia orgánica y organismos patógenos provenientes de desechos humanos e industriales (Chávez Vera, 2017). El sector manufacturero, uno de los mayores consumidores de agua, también es uno de los principales responsables de su contaminación. A nivel mundial, más del 80% de los residuos contaminantes provienen de naciones industrializadas, mientras que, en los países en desarrollo, el 70% de las aguas residuales se descarga sin tratamiento.

El consumo de agua industrial sigue en aumento, proyectándose para 2025 un uso de 1170 km³/año, en comparación con los 752 km³/años registrados en 1995 (Bolaños-Alfaro, 2017). En Ecuador, el acceso a agua potable y servicios de alcantarillado ha mejorado significativamente, alcanzando en 2010 al 72,7% y 63,4% de la población respectivamente (Antúnez Sánchez, 2018). Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales aún requiere inversiones significativas.

La contaminación del agua tiene serias consecuencias para la salud pública, como enfermedades diarreicas provocadas por microorganismos patógenos (Chávez Vera, 2017). Es

responsabilidad de las autoridades garantizar el tratamiento adecuado de las aguas residuales antes de su vertido, con el fin de preservar el medio ambiente y proteger la salud de la población.

La industria, aunque impulsa el desarrollo económico, con frecuencia descuida la protección ambiental en sus procesos de producción. El tratamiento y reutilización de aguas residuales es esencial para la conservación del recurso hídrico y la protección ambiental. Los municipios y prefecturas deben implementar planes y proyectos para mitigar la contaminación por aguas residuales.

El cantón Pelileo, conocido por su producción ganadera y agrícola, enfrenta problemas ambientales debido a la generación de aguas residuales en el camal municipal. Desde su inauguración hace 16 años, el camal ha requerido grandes cantidades de agua para su funcionamiento. Con el fin de cumplir con las normas de vertido de aguas residuales, se construyó una planta de tratamiento en 2018. Sin embargo, no se han realizado evaluaciones consistentes para verificar su eficiencia y determinar si cumple con los estándares ambientales.

Esta investigación busca analizar alternativas para la repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y minimizando los impactos negativos en la población aledaña.

1.1 Planteamiento del Problema

La contaminación de los recursos hídricos es una preocupación creciente en Ecuador. Según la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2013), garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental es una meta del plan del Buen Vivir. Sin embargo, esta meta no se ha cumplido adecuadamente debido a la descarga directa de aguas residuales sin tratamiento.

En el cantón Pelileo, la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal enfrenta problemas de operación. Desde su inauguración en 2018, no se ha implementado un monitoreo constante del vertido de aguas tratadas. Los monitoreos realizados en los años 2019, 2020 y 2021 revelaron niveles elevados de contaminantes.

Hasta el año 2023, no se ha evaluado el funcionamiento de la planta, lo que impide determinar si es eficiente o requiere repotenciación. Es fundamental llevar a cabo un análisis exhaustivo para garantizar que las aguas vertidas cumplen con las características adecuadas, evitando impactos negativos en el medio ambiente y en la salud de las personas.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son las necesidades y estrategias clave para la repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal de Pelileo, con el fin de mejorar su eficiencia y asegurar el cumplimiento de las normas ambientales?

1.3 Justificación

La contaminación de los recursos hídricos debido a aguas residuales sin tratamiento adecuado es uno de los problemas ambientales más relevantes. En el cantón Pelileo, las aguas residuales generadas por el camal municipal son vertidas al alcantarillado público en condiciones desconocidas.

La (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008) establece que los gobiernos municipales tienen la competencia de prestar servicios de depuración de aguas residuales. La investigación propuesta tiene como objetivo principal proponer una alternativa de repotenciación para la planta de tratamiento del camal municipal, contribuyendo al cumplimiento de las disposiciones constitucionales y garantizando un ambiente sano para las comunidades cercanas.

Desde el punto de vista de la adaptabilidad, es fundamental considerar los requisitos futuros. En este sentido, el incremento de la capacidad de la planta no solo permitirá resolver las problemáticas actuales, sino que también garantizará un diseño con la flexibilidad necesaria para afrontar los desafíos asociados a futuras demandas operativas. Dado el crecimiento poblacional y la evolución de la actividad económica en la zona, la infraestructura estará preparada para procesar mayores volúmenes de aguas residuales sin comprometer su eficiencia a lo largo de su vida útil.

La repotenciación de la Planta de Tratamiento del Condado de Vicolinci tiene como objetivo principal mejorar la calidad de vida en la ciudadela. Esto se logrará mediante la optimización del proceso de depuración, lo que permitirá la eliminación de los malos olores en las zonas cercanas a la planta y en los sectores aguas abajo del cuerpo de agua receptor. Estas mejoras resultarán en un tratamiento más eficiente de las aguas residuales, corrigiendo las deficiencias del sistema actual y garantizando un impacto ambiental positivo a largo plazo.

Es por eso que la repotenciación de la planta permitirá mejorar la calidad del agua y conservar el recurso hídrico, evitando la contaminación del alcantarillado público y los ríos. Además, beneficiará a las comunidades aledañas, mejorando su calidad de vida. Esta investigación también será una herramienta valiosa para las autoridades, al proporcionar información técnica y viable para la solución de problemas ambientales.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General:

Repotenciar la planta de tratamiento de aguas residuales para evitar posibles colapsos de lodo causado por una sobrepoblación en la ciudadela El Condado de Vicolinci.

1.4.2 Objetivos Específicos:

-Realizar un estudio de factibilidad para mejorar la depuración de caudales provenientes de la red de alcantarillado.

-Determinar un análisis paramétrico evaluando la influencia de diferentes variables del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

-Identificar los factores que provocan problemas de funcionamiento de los distintos procesos de tratamiento del agua y de acuerdo con la tecnología actual, disponer de una repotenciación para evitar futuros problemas.

CAPITULO II

Marco Teórico

2 Fundamentación Teórica

2.1 Aguas Residuales

Las aguas residuales son un tipo de agua utilizada por el ser humano en diversas actividades que contiene contaminantes tóxicos capaces de alterar los ecosistemas y perjudicar el medio ambiente. Estos contaminantes varían dependiendo del origen de las aguas, lo que hace necesario un proceso de tratamiento específico para cada tipo con el fin de reducir el impacto ambiental y proteger la salud humana (Galindo Pardo J.-S. M., 2020)

(Osorio-Rivera, 2021) definen las aguas residuales como aquellas que contienen impurezas provenientes de actividades de drenaje de diversas fuentes, especialmente aguas domésticas e industriales. Las aguas residuales municipales son generalmente transportadas mediante sistemas de alcantarillado hacia plantas de tratamiento donde se filtran antes de ser vertidas, aunque esto no siempre ocurre en todas las regiones (Cabrera Vallejo, 2017), es importante destacar que los efluentes residuales pueden contener sustancias tóxicas y químicas que afectan negativamente los ecosistemas y la salud humana. Estos impactos se producen debido a cambios en las propiedades físicas y químicas del agua, lo que hace indispensable la aplicación de medidas de tratamiento para reducir los niveles de contaminación (Quiroz, 2019).

La composición de las aguas residuales incluye propiedades químicas, físicas y biológicas que varían según el origen de la fuente de agua. Esto hace que el transporte y tratamiento de las aguas residuales dependa de las actividades industriales y domésticas

involucradas. Las principales sustancias contaminantes son metales pesados y materiales orgánicos, que deben ser tratados para evitar la contaminación (Cabrera Vallejo, 2017).

2.2 Composición del Agua Residual

El agua residual está compuesta principalmente por un 99,9% de agua potable y un 0,1% en peso de sólidos disueltos o en suspensión. Este 0,1% representa los contaminantes que deben eliminarse para reutilizar el agua. Estos sólidos pueden disolverse, suspenderse o flotar en la superficie del agua (Osorio-Rivera, 2021).

Estos componentes afectan la calidad del agua, son difíciles de degradar y perduran en el tiempo, causando daños a los ecosistemas naturales. La composición específica del agua residual se clasifica según sus propiedades físicas, químicas y biológicas, como se muestra en la siguiente sección.

Aguas Residuales a Nivel Mundial

Los efluentes contaminados han aumentado a nivel mundial debido al crecimiento de las actividades industriales y el incremento de la población. De acuerdo con (UNWATER., 2020), cada año se generan aproximadamente 359 mil millones de metros cúbicos de aguas residuales, equivalentes a 144 millones de piscinas olímpicas, de los cuales solo el 48% recibe tratamiento.

En los países desarrollados, aproximadamente el 70% de las aguas residuales reciben tratamiento, mientras que en los países en desarrollo esta cifra es solo del 38%. La mayoría de las aguas residuales sin tratar se vierten directamente en fuentes de agua dulce, mares y océanos, causando severos impactos ambientales (Mundial, 2019)La Organización Mundial de

la Salud (OMS, 2022) advierte que las aguas residuales contienen patógenos peligrosos que deben ser eliminados mediante tratamientos adecuados para minimizar su impacto en el medio ambiente. Diversas industrias han implementado estrategias para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el Objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento”.

Un cambio de paradigma hacia una economía circular es esencial para lograr un saneamiento sostenible. Las aguas residuales pueden ser aprovechadas para la generación de energía, la extracción de nutrientes, fertilizantes y agua limpia (OMS, 2022)

Aguas Residuales en Latinoamérica

En América Latina, solo el 30% de las aguas residuales son tratadas adecuadamente, mientras que el 70% se vierten directamente en ríos y llegan al mar sin tratamiento alguno. Esta situación ha generado una alta contaminación, especialmente por residuos provenientes de mataderos, que afectan negativamente los ecosistemas naturales (Mundial, 2019).

A pesar de que algunos países cuentan con regulaciones ambientales, la educación ambiental y las estrategias de producción limpia son insuficientes. El 99% de los mataderos vierten sus residuos en cuerpos de agua sin tratamiento, causando elevados niveles de DBO5, DQO y sólidos totales, afectando fuentes de agua potable.

Aguas Residuales en Ecuador

En Ecuador, solo el 62% de las ciudades cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales. La Sierra posee el mayor porcentaje de plantas de tratamiento (50%), mientras que en la Costa y la Amazonía los porcentajes son del 31% y 18,5% respectivamente. En las Islas Galápagos, este porcentaje es apenas del 0,5% (Morales, 2022).

A pesar de las leyes y regulaciones ambientales existentes, el manejo de aguas residuales sigue siendo inadecuado, especialmente en mataderos, donde se exceden los límites permisibles de DBO5, DQO y sólidos totales, provocando impactos ambientales significativos (Velasco T., 2019)

Tabla 1. Características de las aguas residuales

| Características | Descripción |
|-----------------------------|--|
| | El origen de la contaminación. |
| Color | Agua residual reciente color gris y cuando envejece gris oscuro o negro. |
| Olor | Cuando producen gases por la descomposición de la materia orgánica. Tiene un olor desagradable. |
| Sólidos totales | Materias que puedan como residuo a la evaporación a 103 - 105 °C. |
| Agentes tensoactivos | Disminuye la tensión superficial del agua y ayuda a la formación de espumas. Son difíciles de biodegradar, provienen de |
| Aceites y Grasas | hidrocarburos y causan problemas en la actividad biológica. |
| Ph | Es la medida de la concentración de ion hidrógeno, cuando el pH es alto significa que es alcalino. |
| Metales Pesados | En gran cantidad interferirá en la toxicidad. |
| Turbiedad | Es una meddida de los materiales que se suspenden en el agua, es un factor que controla la calidad del agua. |

Fuente: (VILLEGAS, 2018)

Composición de las Aguas Residuales

(Bolaños-Alfaro, 2017) destacan la diversidad de componentes en las aguas residuales, clasificándolas en químicas, físicas y biológicas. Identificar la fuente de contaminación es fundamental para determinar los procesos de tratamiento más eficientes.

a) Parámetros Físicos

Temperatura: Influye en las reacciones químicas y en los ecosistemas acuáticos.

pH: Determina la calidad del agua y afecta los procesos biológicos.

Turbidez: Causada por sólidos en suspensión.

Color: Indicativo de sustancias disueltas.

Olor: Relacionado con la descomposición de materia orgánica.

Conductividad: Depende de la concentración total de iones disueltos.

b) Parámetros Químicos

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): Mide la cantidad de oxígeno necesario para descomponer materia orgánica.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Mide el oxígeno necesario para oxidar materia orgánica.

Aceites y Grasas: Sustancias insolubles que dificultan los procesos de tratamiento.

Detergentes: Contaminantes comunes en aguas residuales domésticas.

Nitrógeno: Contribuye al agotamiento de oxígeno.

Fósforo: Favorece el crecimiento de algas.

c) Parámetros Biológicos

Las aguas residuales contienen microorganismos cuyo crecimiento depende de factores como temperatura, pH, materia orgánica y nutrientes (Medrano et al., 2021).

Camales o Mataderos

Los mataderos son instalaciones equipadas para el sacrificio, procesamiento y conservación de carne. Su función es obtener carne de forma higiénica mediante la manipulación de animales, garantizando una adecuada gestión de desechos para evitar riesgos de contaminación (Borja, 2019)

La correcta separación de procesos “limpios” y “sucios” es fundamental para evitar la contaminación de carne y del medio ambiente. Además, los mataderos deben contar con sistemas de refrigeración y tecnologías adecuadas para garantizar la inocuidad de los productos (Quishpe-López, 2020)

Tipos de Camal

Según Quishpe et al. (2020), los camales pueden clasificarse en:

Camales de administración pública local (municipales).

Camales de cooperativas de productores.

Camales de empresas comerciales privadas.

Camales de órganos paraestatales con cobertura regional/nacional.

Contexto Local: Ciudadela El Condado de Vicolinci, Daule

La ciudadela El Condado de Vicolinci en Daule podría llegar a enfrentar problemáticas relacionadas con el manejo de aguas residuales debido al crecimiento poblacional y la insuficiencia de las infraestructuras actuales de tratamiento. Las condiciones climáticas de la región y las características del suelo también afectan la capacidad de absorción y tratamiento natural de las aguas residuales, incrementando la necesidad de una repotenciación de la planta de tratamiento, convirtiéndola así en una planta eficiente y moderna.

La gente del sector ha identificado la necesidad de repotenciar la planta de tratamiento de la ciudadela para mejorar la calidad de las aguas tratadas y minimizar el impacto ambiental. Las estrategias propuestas incluyen la implementación de tecnologías avanzadas de filtrado, tratamientos químicos y sistemas de monitoreo automatizado que permitan una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico.

Esta repotenciación es fundamental para cumplir con los estándares ambientales y mejorar la calidad de vida de los habitantes, contribuyendo al desarrollo sostenible de la ciudadela y su entorno.

Funciones que desempeñan los mataderos municipales

Los mataderos municipales cumplen funciones esenciales relacionadas con la garantía de un sacrificio y procesamiento adecuado de animales para consumo humano. Estas funciones están determinadas por la necesidad de asegurar condiciones sanitarias y operativas que cumplan con las especificaciones establecidas en normativas nacionales e internacionales.

Según (AGROCALIDAD, 2018), las principales responsabilidades de los mataderos incluyen:

Control sanitario: Garantizar que el sacrificio de animales se realice de forma higiénica, minimizando riesgos para la salud humana.

Monitoreo de calidad de carne: Asegurar que la carne procesada cumpla con los estándares de calidad y esté libre de contaminantes.

Gestiones de seguridad y trazabilidad: Identificar y registrar los animales sacrificados para asegurar la trazabilidad del producto cárnico.

Manejo de residuos: Implementar prácticas sostenibles para la disposición de residuos sólidos y el tratamiento de aguas residuales.

El control del número de vacas grandes y pequeñas que ingresan al matadero es fundamental para evaluar la carga operativa y el manejo de los recursos hídricos en el tratamiento de sus residuos (Borja, 2019).

Aguas residuales de los mataderos

Las aguas residuales generadas en los mataderos se consideran de origen industrial debido a su alto contenido de materia orgánica y residuos derivados del sacrificio de animales como vacas, cerdos y aves. Estas aguas contienen gran cantidad de materia orgánica, bacterias y microorganismos patógenos, lo que las convierte en una fuente potencial de contaminación ambiental si no son tratadas adecuadamente.

Impacto ambiental y sanitario

Afectación de ecosistemas acuáticos: La descarga de aguas residuales sin tratar genera disminución de oxígeno disuelto, eutrofización y proliferación de algas.

Contaminación microbiológica: Puede contener protozoos, bacterias y virus provenientes de animales infectados, que al ingresar en cuerpos de agua pueden afectar la salud humana y la fauna acuática (Cabrera Vallejo, 2017).

Olores y plagas: La materia orgánica en descomposición genera malos olores y atrae roedores y vectores de enfermedades (Sanchez, 2018)

(Rodríguez, 2020) destacan la importancia de promover una producción más limpia mediante alternativas tecnológicas que reduzcan la contaminación y los costos asociados.

Planta de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es un sistema que utiliza procesos físicos, químicos y biológicos para remover contaminantes del agua, permitiendo su reutilización o su vertido seguro al medio ambiente (Cabrera Vallejo, 2017), Estos tratamientos se clasifican en:

- o Purificación: Eliminación de contaminantes para el consumo humano.
- o Depuración: Remoción de impurezas para usos industriales o vertido controlado.

Procesos principales en una PTAR

Según (Velasco T., 2019), las PTAR cumplen funciones fundamentales para:

- o Eliminación de sólidos: Separación de plásticos, arena y otras partículas.
- o Reducción de materia orgánica: Uso de bacterias para descomponer compuestos orgánicos.
- o Recuperación de oxígeno: Reintroducción de oxígeno al agua para mantener la vida acuática.

- o El tratamiento de aguas de mataderos requiere procesos específicos para remover contaminantes como grasas, aceites, sólidos y nutrientes (Velasco T., 2019).

o *Tabla 2. Tipos de tratamiento de aguas residuales provenientes de camales.*

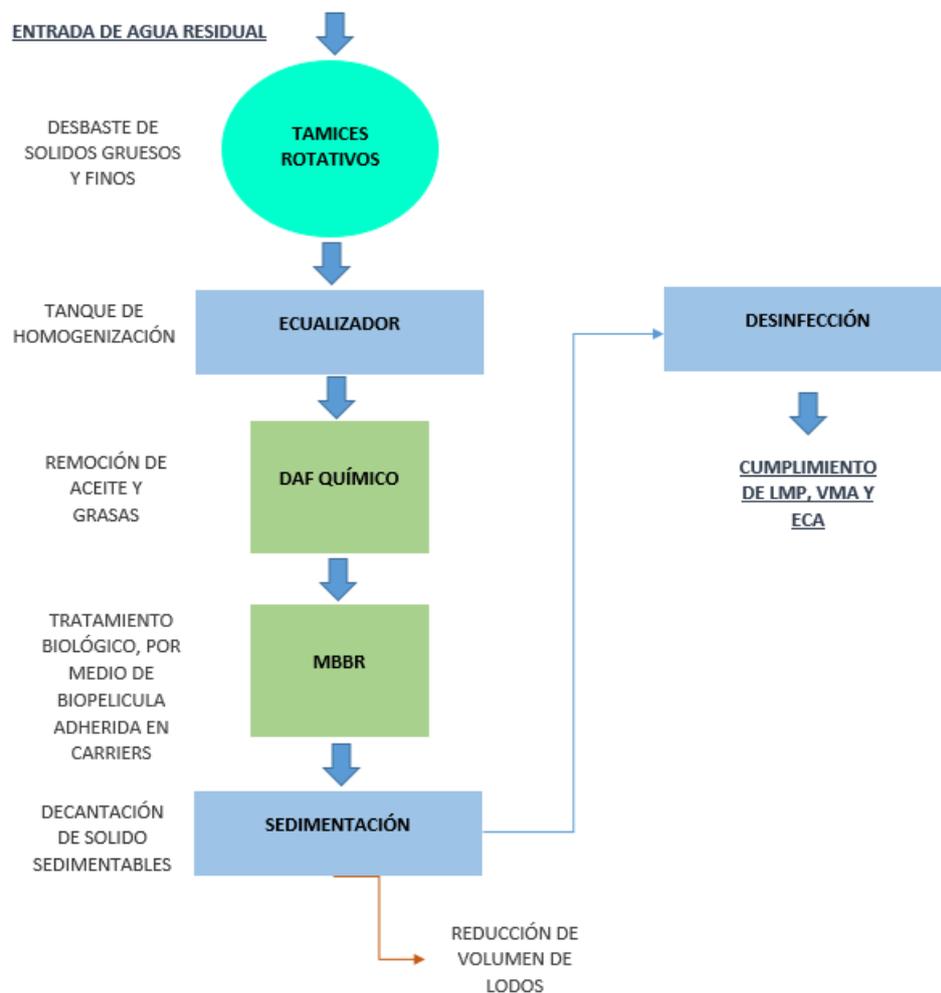
| Procesos | Tipos | Funciones |
|-------------------------------|---------------------------|--|
| Pre tratamiento | Cribado | Se encarga de la remoción física de sólidos que se encuentran en los efluentes, mediante rejas, tamices, trituradores y desarenadores. |
| | Sedimentación | |
| Tratamiento Primario | Sedimentación primaria | Sedimentación de sólidos contaminantes y partículas que se coagulan formando flóculos. |
| | Precipitación química | |
| Tratamiento Secundario | Lagunas de estabilización | Son tratamientos biológicos y químicos que se emplean para eliminar la materia orgánica y evitar el crecimiento de microorganismos. |
| | Lodos activados | |
| | Lagunas aireadas | |
| Tratamiento Terciario | Desinfección | Operación unitaria adicional para eliminar componentes específicos como el N y P |
| | Biofiltros | |

o **Fuente:** (Cabrera Vallejo, 2017).

Proceso de tratamiento de aguas residuales en camales

- o Según (Chávez Vera, 2017), el tratamiento de aguas residuales en mataderos debe adaptarse a la calidad del efluente y al tamaño de la planta. Los compuestos de nitrógeno en estas aguas provocan eutrofización y disminución de oxígeno disuelto, generando impactos ambientales negativos.

o *Ilustración 1. Proceso de tratamientos de agua residual.*



o Fuente: (Lozano Rivas, 2016)

o

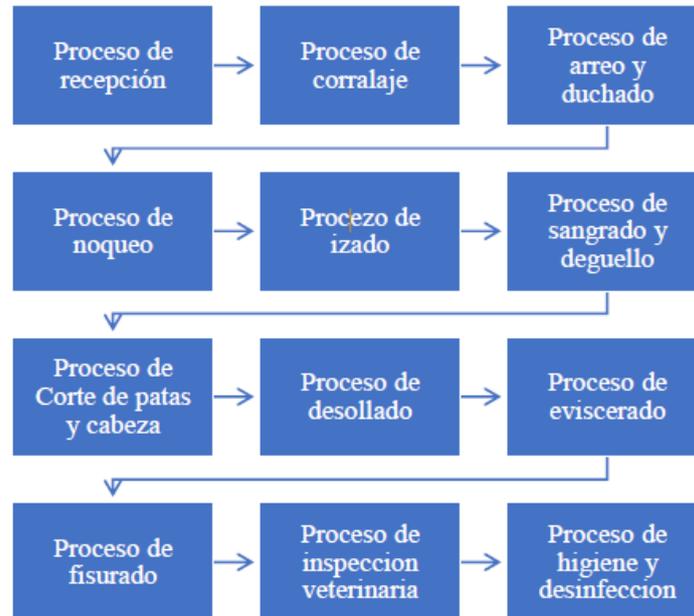
- o **Procesos de tratamiento**
- o Pretratamiento: Retención de sólidos mediante tamizado.
- o Ecuación: Regulación de caudal y ajuste de pH.
- o Flotación por aire disuelto: Separación de grasas y sólidos mediante burbujas de aire.
- o Reactor de bio film de lecho móvil: Remoción de nutrientes mediante biorremediación aeróbica.
- o Sedimentación: Eliminación de sólidos sedimentables.
- o Desinfección: Reducción de contenido microbiano mediante hipoclorito de sodio o rayos UV (Menéndez, 2018).

Faenamiento de animales en camales

El faenamiento es el proceso higiénico para el sacrificio de animales, garantizando carne en condiciones seguras para el consumo humano. Debe realizarse según normas técnicas y sanitarias (Organismo Internacional regional de sanidad agropecuaria, 2016)

Proceso de faenamiento

Ilustración 2. Proceso de faenamiento de animales.



o **Fuente:** (AGROCALIDAD, 2018).

- o (AGROCALIDAD, 2018) describe las siguientes etapas:
- o Recepción: Identificación y pesaje de los animales.
- o Corralaje: Descanso e hidratación por 12 horas.
- o Arreo y duchado: Limpieza inicial.
- o Noqueo: Desensibilización del animal para evitar dolor.
- o Izado: Suspensión para facilitar el sangrado.
- o Sangrado y degüello: Extracción de sangre.
- o Corte de patas y cabeza: Preparación para desollado.
- o Desollado: Retiro de la piel.
- o Eviscerado: Extracción de órganos internos.

- o Fisurado: Apertura del esternón y columna.
- o Inspección veterinaria: Verificación de integridad sanitaria.
- o Higiene y desinfección: Limpieza del animal.

Teoría del muestreo

El monitoreo de la calidad del agua es fundamental para identificar y controlar la contaminación en los recursos hídricos. Según (Reutelshofer, 2015), este monitoreo permite evaluar el impacto de actividades humanas y mejorar la calidad del agua.

Muestreo de aguas residuales

- o El muestreo busca obtener una muestra representativa del agua para su análisis.
Existen dos tipos:
 - o Puntuales: Tomadas en un momento específico, útiles para caracterizar eventos rápidos (NTE INEN 2176,, 2013).
 - o Compuestas: Representan circunstancias promedio y permiten apreciar variaciones a lo largo del tiempo (NTE INEN 2176,, 2013).
 - o El correcto manejo de las muestras es crucial para evitar alteraciones químicas o interacciones con los recipientes de almacenamiento (Olivares, 2015).
- o **1.1.9.2. Caracterización de efluentes líquidos**
 - o El monitoreo de efluentes permite:
 - o Verificar cumplimiento de normativas: Inspecciones realizadas por organismos de control.

- o Evaluar calidad de descargas: Muestras tomadas por empresas.
- o Identificar áreas vulnerables: Evaluación de contaminación por residuos industriales o metales pesados.
- o El tratamiento eficiente y el monitoreo continuo de las aguas residuales son esenciales para proteger el medio ambiente y la salud pública, asegurando la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Teoría del muestreo

El monitoreo de la calidad del agua es fundamental para identificar y controlar la contaminación en los recursos hídricos. Según Reutelshofer (2015), este monitoreo permite evaluar el impacto de actividades humanas y mejorar la calidad del agua.

Muestreo de aguas residuales

El muestreo busca obtener una muestra representativa del agua para su análisis. Existen dos tipos:

Puntuales: Tomadas en un momento específico, útiles para caracterizar eventos rápidos (NTE INEN 2176, 2013).

Compuestas: Representan circunstancias promedio y permiten apreciar variaciones a lo largo del tiempo (NTE INEN 2176, 2013).

El correcto manejo de las muestras es crucial para evitar alteraciones químicas o interacciones con los recipientes de almacenamiento (Olivares, 2015).

Caracterización de efluentes líquidos

El monitoreo de efluentes permite:

Verificar cumplimiento de normativas: Inspecciones realizadas por organismos de control.

Evaluar calidad de descargas: Muestras tomadas por empresas.

Identificar áreas vulnerables: Evaluación de contaminación por residuos industriales o metales pesados.

El tratamiento eficiente y el monitoreo continuo de las aguas residuales son esenciales para proteger el medio ambiente y la salud pública, asegurando la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Estudio de aguas muestreo de aguas residuales

Lugar de Muestreo

La selección adecuada de puntos de muestreo es fundamental para garantizar la representatividad de los resultados obtenidos en el análisis de aguas residuales. Las ubicaciones deben ser elegidas de forma que se logre una muestra homogénea, idealmente en zonas con turbulencias o caídas de agua que favorezcan una mezcla completa de sólidos y líquidos. Esto permite evitar errores derivados de la segregación de componentes y obtener datos precisos sobre la calidad del agua (NTE INEN 2176, 2013).

Duración del Programa de Muestreo

La duración del programa de muestreo depende de los objetivos del estudio y la naturaleza del sistema de tratamiento de aguas residuales. Programas de corta duración (menos de una semana) pueden proporcionar datos insuficientes o poco fiables. Por lo tanto, se recomienda una duración mínima de dos semanas, pudiendo extenderse según las necesidades del proyecto y las fluctuaciones del sistema de tratamiento (NTE INEN 2176, 2013).

Preservación de las Muestras

La preservación adecuada de las muestras es esencial para evitar alteraciones que puedan afectar la calidad y validez de los análisis. Siempre que sea posible, las muestras deben ser analizadas de inmediato. Si esto no es viable, deben almacenarse en condiciones controladas de temperatura, idealmente en hielo o refrigeración a 4°C, y protegerse de la luz solar. El periodo de almacenamiento no debe exceder las 30 horas para minimizar las alteraciones biológicas y químicas (NTE INEN 2176, 2013). Además, la adición de productos químicos conservantes puede ser necesaria para mantener la estabilidad de ciertos parámetros.

Adición de Reactivos Químicos

La adición de reactivos químicos es una medida de preservación común en el análisis de aguas residuales. Por ejemplo, la acidificación con ácido sulfúrico o ácido nítrico puede ser necesaria para estabilizar metales disueltos y prevenir la degradación de ciertos compuestos orgánicos. Es fundamental utilizar reactivos de alta pureza para evitar contaminaciones secundarias que puedan afectar los resultados (NTE INEN 2176, 2013).

Empleo de Frío Extremo, Congelación y/o Mantenimiento en Congelador

El uso de frío extremo para la conservación de muestras debe evaluarse cuidadosamente, ya que puede inducir cambios fisicoquímicos no deseados, como la formación de precipitados o la pérdida de gases disueltos. Además, los compuestos sólidos pueden experimentar modificaciones durante los procesos de congelación y descongelación. Si se utiliza esta técnica, es necesario homogeneizar las muestras antes de su análisis (NTE INEN 2176, 2013).

Conservación Utilizando Frío Moderado (4° C)

El almacenamiento a 4°C es una de las técnicas más utilizadas para preservar la calidad de las muestras de aguas residuales, especialmente para compuestos como nutrientes, contaminantes orgánicos y microorganismos. No obstante, algunos elementos pueden precipitarse, lo que podría afectar los resultados del análisis. En ciertos casos, puede ser necesaria la adición de reactivos químicos para mantener la estabilidad de los parámetros analizados (NTE INEN 2176, 2013).

Volumen de la Muestra

El volumen de la muestra debe ser suficiente para realizar todos los análisis requeridos por el laboratorio, teniendo en cuenta la cantidad de parámetros a evaluar. En el caso de compuestos orgánicos, se recomienda filtrar las muestras con filtros de fibra de vidrio para separar las fracciones particuladas, dejando la fracción disuelta para análisis posterior (NTE INEN 2176, 2013).

Pruebas In Situ

Realizar pruebas in situ siempre que sea posible es una práctica recomendada, ya que permite obtener datos inmediatos y confiables de parámetros físicos como pH, temperatura y conductividad. Estas mediciones son fundamentales para complementar los análisis de laboratorio y proporcionar un panorama completo de las condiciones del agua (NTE INEN 2176, 2013).

Métodos de Análisis

Los métodos de análisis pueden clasificarse en cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos incluyen el gravimétrico, volumétrico y físico-químico. Los métodos instrumentales abarcan la turbidez, colorimetría, potenciometría, espectroscopia de absorción, polarografía, fluorescencia y radiación nuclear. La selección del método adecuado depende del parámetro a analizar y del nivel de precisión requerido. Es fundamental especificar el límite de detección para asegurar la validez del análisis (NTE INEN 2176, 2013; Standard Methods, 1995).

Mantenimiento de una PTAR

En la cisterna se lleva a cabo la mezcla de flujos y la neutralización del agua residual sin tratar. Para este proceso, se dosifican agentes reguladores de pH en un rango controlado de 40 a 60 ml/min, mediante una bomba dosificadora ubicada en la sección superior izquierda del área de muestreo de la cisterna. Los reactivos utilizados pueden incluir AWT y AWT66, una solución de hidróxido de sodio al 25%, o un neutralizante compuesto por ácido sulfúrico al 10%, ambos suministrados por AWT. La selección del reactivo óptimo se determina en función de las propiedades fisicoquímicas del agua residual, las cuales se establecen mediante análisis de laboratorio o a través de la aplicación de una ecuación de ajuste específica.

De manera complementaria, se inyecta aire a una tasa de 30 m³/h mediante un sistema de difusión instalado a aproximadamente un metro del fondo de la cisterna. Este proceso facilita la homogeneización y oxigenación del efluente, con un caudal regulado por una válvula de control situada en la parte superior del tanque de tratamiento biológico.

Para garantizar la correcta activación del tratamiento biológico, es fundamental que el agua mantenga un nivel de oxígeno disuelto mínimo de 2 mg/L.

Tratamiento biológico

Una vez que el agua en la cisterna cumple con los parámetros establecidos, debe ser transferida al tanque de tratamiento biológico. Para ello, se activa la bomba situada en la entrada del punto de muestreo de la cisterna. El procedimiento comienza con la activación del panel de control general, ubicado al subir las escaleras hacia el baño de serigrafía, a mano derecha. Posteriormente, se enciende el panel localizado sobre el punto de muestreo de la cisterna.

El agua es introducida en el reactor biológico a un caudal constante de 60 L/min, determinado por la capacidad de la bomba y sin posibilidad de ajuste. Antes de proceder con la siembra semanal de biomasa, es obligatorio medir los parámetros de control: pH, temperatura, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), nitrógeno, fósforo y sólidos suspendidos. Estas mediciones se realizan utilizando un pH-metro Mettler Toledo, un reactor DRB-200 y un espectrofotómetro portátil DR-900 HACH, aplicando los reactivos específicos para cada análisis, conforme a las instrucciones detalladas en los manuales e instructivos contenidos en la carpeta documental de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

El tratamiento biológico requiere un período de 15 días para completar el proceso de depuración. Una vez finalizado este ciclo, es fundamental transferir el efluente desde la cisterna hacia el sedimentador, permitiendo la precipitación y acumulación de sólidos suspendidos. El lodo generado se gestiona mediante un sistema de recirculación y purga: una fracción es recirculada al reactor biológico para mantener la actividad microbológica, mientras que el excedente es eliminado. La tasa de recirculación y el volumen de purga se determinan a partir de pruebas de sedimentabilidad, asegurando la estabilidad del proceso y la eficiencia del tratamiento.

Marco Ambiental

La repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudadela El Condado de Viconcili tendrá un impacto positivo en el entorno natural:

1. Mejora de la calidad del agua:

- La modernización permitirá un tratamiento más eficiente de las aguas residuales, disminuyendo la contaminación de cuerpos de agua cercanos.

2. Protección de la biodiversidad:

- Reducir los vertidos de aguas sin tratar protege la fauna y flora acuática, evitando la degradación ambiental.

3. Mitigación de olores:

- La actualización integrará tecnologías para minimizar la emisión de olores desagradables.

4. Contribución al cambio climático:

- La inclusión de tecnologías sostenibles puede reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

5. Gestión de residuos:

- Una mejor gestión de lodos evitará problemas ambientales y permitirá su posible reutilización.

Marco Económico

El proyecto tiene implicaciones económicas favorables tanto a corto como a largo plazo:

1. **Inversión inicial:**

- La repotenciación implicará una inversión en infraestructura, maquinaria y capacitación de personal.

2. **Reducción de costos operativos:**

- Las tecnologías modernas disminuirán gastos de energía y mantenimiento.

3. **Generación de empleo:**

- Se crearán empleos durante las fases de construcción, mantenimiento y operación de la planta.

4. **Aumento del valor inmobiliario:**

- La mejora ambiental en la ciudadela incrementará el valor de las propiedades.

5. **Prevención de sanciones:**

- Evitar problemas legales por contaminación generará ahorros en multas ambientales.

6. **Aprovechamiento de recursos:**

- Potencial generación de ingresos mediante la venta de compost o biogás.

Marco Social

El aspecto social es fundamental, ya que involucra el bienestar de la comunidad:

1. Mejora de la calidad de vida:

Reducir la contaminación y los malos olores beneficia la salud y calidad de vida de los habitantes.

2. Conciencia ambiental:

La repotenciación puede incluir programas de educación ambiental para la comunidad.

3. Participación ciudadana:

Involucrar a los habitantes en el proyecto genera sentido de pertenencia y compromiso con su mantenimiento.

4. Impacto en la salud pública:

El tratamiento adecuado del agua residual disminuirá riesgos de enfermedades relacionadas con la contaminación.

5. Fortalecimiento del tejido social:

Proyectos colaborativos como este pueden fomentar la cohesión comunitaria.

Importancia de la Repotenciación

1. Sostenibilidad del recurso hídrico:

Garantiza el tratamiento adecuado de las aguas residuales, preservando recursos hídricos esenciales.

2. Cumplimiento de normativas:

Contribuye al cumplimiento de regulaciones ambientales nacionales e internacionales.

3. Adaptación al crecimiento urbano:

La ciudadela El Condado de Vicolinci ha crecido en población, por lo que se requiere una planta de mayor capacidad para satisfacer la demanda.

4. Prevención de riesgos ambientales:

Minimiza el riesgo de contaminación masiva y daños al ecosistema.

5. Modelo de desarrollo sostenible:

Sirve como ejemplo para otras comunidades que deseen implementar proyectos similares.

Tratamiento Primario

El objetivo de esta etapa es la eliminación de sólidos grandes y materiales flotantes.

- **Tamizado:** Se utiliza una rejilla o criba para retener sólidos grandes (plásticos, ramas, desechos voluminosos).
- **Desarenado:** Separación de arenas y partículas pesadas que podrían dañar el equipo.
- **Desengrasado:** Remoción de grasas y aceites flotantes mediante flotación o decantación.

Importancia en la repotenciación:

- Implementar sistemas automáticos de tamizado y desarenado para mejorar la eficiencia del proceso.
- Incorporación de equipos de desengrasados modernos para reducir obstrucciones.

Sedimentación Primaria

El agua residual se lleva a un tanque donde los sólidos más pesados sedimentan en el fondo formando lodos.

- **Proceso:** El agua ingresa lentamente en un tanque de sedimentación primaria para permitir que los sólidos suspendidos caigan al fondo.
- **Resultado:** La eliminación de hasta el 50% de los sólidos suspendidos y una reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Importancia en la repotenciación:

- Incorporación de tanques de mayor capacidad para soportar el crecimiento urbano de la ciudadela.
- Automatización en la recolección y transporte de lodos para mayor eficiencia.

Tratamiento Secundario

El objetivo es eliminar la materia orgánica disuelta mediante procesos biológicos.

- **Proceso de lodos activados:** Las aguas residuales son aireadas en tanques biológicos para fomentar el crecimiento de microorganismos que degradan la materia orgánica.
- **Sistemas alternativos:** Filtros percoladores o reactores biológicos secuenciales (SBR) también son opciones comunes.

Importancia en la repotenciación:

- Implementación de tecnologías de aireación de alta eficiencia para reducir costos energéticos.
- Modernización del sistema de lodos activados para garantizar una mejor calidad del efluente.

Tanque de Sedimentación Secundario

Permite separar el agua tratada de los lodos activados.

- **Proceso:** Los sólidos biológicos (lodos) se sedimentan en el tanque. El agua clarificada se dirige a la siguiente etapa.
- **Recirculación:** Parte de los lodos se devuelve al tratamiento secundario para mantener activa la biomasa.

Importancia en la repotenciación:

- Mejor diseño de los tanques para asegurar una sedimentación eficiente y una recirculación efectiva.
- Automatización del manejo de lodos para reducir riesgos operativos.

Tratamiento Terciario

Busca la eliminación de contaminantes residuales y la desinfección del agua tratada.

- **Filtración:** Uso de filtros de arena o membranas para eliminar partículas finas.
- **Desinfección:** Aplicación de cloro, ozono o radiación ultravioleta (UV) para eliminar patógenos.
- **Eliminación de nutrientes:** Procesos avanzados para reducir nitratos y fosfatos.

Importancia en la repotenciación:

- Incorporación de sistemas UV para desinfección, evitando el uso excesivo de productos químicos.
- Implementación de tratamientos para la eliminación de nutrientes y contaminantes emergentes.
- Uso de tecnologías de reusó de agua para riego de áreas verdes en la ciudadela.

Fundamentación Legal

. Constitución de la República del Ecuador

Artículo 12: Declara el derecho humano al agua como fundamental e irrenunciable, siendo un patrimonio nacional estratégico de uso público.

Artículo 238: Garantiza la autonomía política, administrativa y financiera de los gobiernos autónomos descentralizados.

Artículo 264: Otorga a los gobiernos autónomos la facultad de expedir ordenanzas cantonales.

Artículo 318: Declara el agua como patrimonio nacional de uso público, prohibiendo su privatización y estableciendo la gestión exclusivamente pública o comunitaria.

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Artículo 11: Define las infraestructuras hidráulicas necesarias para captación, almacenamiento, conducción, tratamiento y reutilización del agua.

Artículo 18: Establece mecanismos de coordinación con los gobiernos descentralizados para la prestación de servicios de saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

Artículo 38: Prohíbe el uso de aguas residuales que afecten proyectos de saneamiento público.

. Código Orgánico del Ambiente (2017)

Artículo 26: Otorga a los GAD provinciales competencias en el control de parámetros ambientales.

Artículo 191: Establece el monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo.

Artículo 196: Exige a los municipios contar con infraestructura para el saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

Acuerdo Ministerial N°097-A (2015)

Incluye la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso agua, cuyos detalles se encuentran en la Tabla 4 del anexo correspondiente.

Ordenanza Ambiental de Tungurahua

Artículo 2: Regula la potestad sancionadora en materia ambiental.

Artículo 16: Establece el inicio del procedimiento sancionador en caso de flagrancia o mediante informes técnicos derivados de mecanismos de control y seguimiento.

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo describe la metodología empleada para la investigación sobre la repotenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudadela El Condado de Vicolinci, cantón Daule. La estrategia metodológica se estructuró para responder a los objetivos planteados, detallando los tipos de investigación aplicados, las técnicas empleadas y los instrumentos de recolección de datos.

3.1. Modalidad o enfoque de la investigación

Se adoptó un enfoque mixto que integra elementos cualitativos y cuantitativos, permitiendo un análisis exhaustivo y multidimensional.

Enfoque cualitativo: Se llevó a cabo un estudio interpretativo para comprender aspectos organizativos, técnicos y ambientales relacionados con la operación de la planta.

Enfoque cuantitativo: Se aplicaron métodos estadísticos para caracterizar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual y evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento.

3.2. Tipos de investigación

3.2.1. Descriptiva:

Se enfocó en caracterizar las propiedades del agua tratada y analizar el funcionamiento de la planta de tratamiento.

3.2.2. Documental:

Se revisaron fuentes secundarias, como informes técnicos, actas administrativas y literatura científica relacionada con la gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales.

3.2.3. De campo:

Se realizaron visitas técnicas a la planta para inspeccionar su infraestructura, operación y condiciones ambientales. Además, se tomaron muestras de agua residual en distintos puntos del proceso.

3.3. Población y muestra

Para la evaluación de la calidad del agua residual tratada, se utilizó un muestreo simple en el punto de descarga del efluente. Este sitio fue elegido por su relevancia para evaluar la eficiencia global del tratamiento.

3.4. Métodos teóricos y empíricos

3.4.1. Método de observación:

Se utilizó para recopilar información directa sobre el funcionamiento de la planta y su entorno.

3.4.2. Método analítico:

Este método permitió descomponer y examinar los diferentes procesos del sistema de tratamiento, identificando fallas y oportunidades de mejora.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Revisión documental:

Se analizaron documentos proporcionados por el GAD de Daule, incluyendo mapas temáticos y estudios previos.

Delimitación Espacial

La metodología de este trabajo de titulación fue en la planta de tratamiento de aguas residuales del condado de vicolinci, ubicada en Daule. Esta planta de tratamiento cubre $789,859.39 \text{ m}^2$.

Ilustración 3. Ubicación de la PTAR



Delimitación Temporal

El análisis técnico para obtener una propuesta de repotenciación de la planta de tratamiento de agua residual del condado de vicolinci se llevó a cabo desde el mes de noviembre hasta el mes de enero de 2025

CAPÍTULO III. RESULTADOS

4.1. Características generales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudadela El Condado de Vicolinci

4.1.1. Ubicación:

La planta está situada en la ciudadela El Condado de Vicolinci, cantón Daule, y fue diseñada para tratar aguas residuales de origen doméstico.

4.1.2. Descripción del entorno:

El entorno es predominantemente residencial. La proximidad al río Daule representa un factor importante en la evaluación del impacto ambiental.

4.1.3. Infraestructura:

La planta cuenta con un sistema de cribado, sedimentador primario, reactor biológico, flotación por aire disuelto (DAF) y un tanque de cloración. Posee cerramiento perimetral y conducción de agua.

4.1.4. Caudal:

El caudal que pasa por esta planta de tratamiento es de 8.9 l/s según información de Amagua, empresa que administra esta planta de tratamiento actualmente.

4.2. Proceso de tratamiento

4.2.1. Pretratamiento:

Se realiza la remoción de sólidos gruesos mediante cribado y separación de grasas.

4.2.2. Tratamiento primario:

El agua residual ingresa a un sedimentador primario para la decantación de sólidos sedimentables.

4.2.3. Tratamiento secundario:

El agua es tratada en un reactor biológico donde microorganismos degradan la materia orgánica.

4.2.4. Tratamiento terciario:

Se aplica cloración para desinfección antes de la descarga del efluente tratado.

4.3. Evaluación de la eficiencia de la planta

Se determinó una eficiencia del 85% en la remoción de carga orgánica y del 90% en la eliminación de sólidos suspendidos. Estos resultados son satisfactorios, aunque se identificaron áreas de mejora.

4.4. Diagnóstico de posibles problemas

Ineficiencia en el pretratamiento:

Acumulación de sólidos en la criba, afectando el flujo de agua.

Gestión de lodos:

Capacidad de secado insuficiente.

Mantenimiento preventivo: Ausencia de un plan de mantenimiento estructurado.

4.5. Recomendaciones

Implementar un programa de mantenimiento preventivo para evitar fallas.

Optimizar el sistema de pretratamiento para mejorar la remoción de sólidos.

Ampliar la capacidad del lecho de secado de lodos.

Estas acciones contribuirán a una operación más eficiente de la planta y al cumplimiento de las normas ambientales.

Descripción General del Sistema Actual

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un tanque de polietileno de 500 litros para la dosificación de químicos. La inyección de los mismos al sistema DAF (Flotación por Aire Disuelto) se realiza mediante una bomba. La porción flotante es retirada de manera mecánica, mientras que un tanque cisterna recibe el flujo conducido por tubería de PVC de 110 mm. Este flujo se homogeniza antes de ingresar a la última fase del proceso.

4.6. Procesos de Tratamiento

UASB (Sedimentador de Sólidos)

El sistema de sedimentación ascendente permite que el efluente se introduzca de manera vertical hasta los conectores laterales del tanque, donde el sedimento restante se separa en forma de lodos. Estos son extraídos con una bomba de succión ubicada en la cámara profunda junto a la unidad. Actualmente, el sistema también funciona como una unidad de aireación de lodos activados.

El sedimentador secundario está conformado por un tanque cónico con un tiempo de retención de 8 horas, adaptado al caudal generado por la planta. En la parte baja, una bomba de lodos recircula los sedimentos al reactor biológico, asegurando el mantenimiento del cultivo de bacterias.

4.6.1. Lecho de Secado

El lecho de secado permite el manejo y secado de los lodos provenientes del sistema. Dispone de una tubería de purga que facilita el control de los excesos de lodos mediante una bomba. El mantenimiento del lecho es llevado a cabo por el personal técnico.

Dimensiones del lecho de secado:

Largo: 1,2 metros

Ancho: 1,2 metros

Profundidad: 1,2 metros

Área: 1,44 m²

Volumen: 1,72 m³

3. Proceso de Muestreo

El plan de muestreo implementado incluye las siguientes etapas:

. Selección de Cantidad y Localización de los Puntos de Muestreo

Se realizó el muestreo en un punto ubicado a la salida del afluente del agua tratada.

Fechas de Muestreo

El muestreo se lleva a cabo en fechas programadas, entre las 10:00 y las 12:00 de los lunes y miércoles, debido a ser las horas de mayor flujo de aguas residuales.

. Cantidad y Tipo de Muestras

Se recolectaron muestras simples de 300 ml en envases tipo Winckler. Las muestras fueron conservadas en baño de hielo durante el transporte y refrigeradas para su análisis posterior.

4.7 Parámetros Medidos

Se analizaron los siguientes parámetros químicos, físicos y biológicos siguiendo las metodologías del manual HACH y Standard Methods:

Conductividad eléctrica (CE)

pH

Turbidez

Nitratos, sulfatos, DBO5, DQO, fosfatos

Cadena de Custodia

Se implementó un procedimiento de cadena de custodia para asegurar la integridad de las muestras, siguiendo las directrices de Jorge Durán (2011).

Resultados de Análisis

Los resultados muestran una reducción efectiva en la cantidad de sólidos totales, grasas y aceites. Sin embargo, los niveles de DQO y nitrógeno total Kjeldahl exceden los límites permisibles, requiriendo una reconfiguración del sistema de tratamiento.

Propuesta de Repotenciación

Se propone una reconfiguración integral de la planta, considerando:

Determinación del Caudal

El cálculo del caudal para el tratamiento de toda el agua residual generada por los habitantes de la ciudadela en la que se quiere llevar a cabo la repotenciación antes mencionada.

Evaluación de la Eficiencia del Sistema

La eficiencia de remoción se calculó utilizando la ecuación $E = (S_0 - S)/S_0 * 100$. Los resultados muestran que la planta no cumple con los límites establecidos por la normativa vigente, lo que subraya la necesidad de implementar las mejoras propuestas.

Tanque de Almacenamiento

La bomba sumergible que alimentaba al separador de sólidos tenía un caudal bajo, lo cual es elevado en comparación con el caudal óptimo de funcionamiento de la PTAR, que está programada para operar entre 1 y 3 l/s. Debido a esto, se recomienda colocar un tanque de almacenamiento con una capacidad mayor al existente (volumen actual de 2.5 m³).

Se propone la construcción de un tanque de almacenamiento con un volumen de 86,4 m³, considerando un caudal adicional del 30%. Este tanque tendrá dimensiones de 6 m de largo y ancho, y una profundidad de 2.4 m.

Para evitar malos olores, el tanque deberá estar aireado mediante tubería de clase flauta de burbuja gruesa. El blower de aireación tendrá un caudal de 120 m³/h de aire y una presión mínima de 3 m.c.a. Asimismo, se deberá instalar una bomba con un caudal de 2 l/s para tratar el agua residual durante un periodo de 12 horas.

Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento

Este tanque almacenará el agua generada durante la separación de sólidos, ya que el tanque actual es insuficiente.

Secuencia de Funcionamiento de DAF

Para un adecuado funcionamiento de la PTAR, se debe introducir el químico floculante mediante una bomba dosificadora al agua residual en el momento en que la bomba de caudal se active. Ambas bombas deben estar conectadas en paralelo y controladas por boyas.

La bomba dosificadora se activa automáticamente con una dosificación de 20,83 litros por hora para garantizar la correcta floculación del agua en el tanque DAF.

Pruebas de jarras

Primera prueba: 0,5 gramos por litro de efluente.

Segunda prueba: 0,35 gramos por litro de sulfato de aluminio, considerado el valor óptimo.

El policloruro de aluminio es el principal coagulante utilizado, debido a su efectividad para remover color y materia coloidal, superando a otros coagulantes tradicionales.

Reactor Biológico Tipo Carrusel

El reactor de aireación prolongada permite reducir la cantidad de lodo residual al aumentar el tiempo de residencia y el tiempo del fango. Se recomienda usar difusores de burbuja fina y turbinas conductoras de flujo.

Proceso de Tratamiento Biológico

Oxidación: mediante microorganismos en el reactor biológico.

Aireación: suministro de oxígeno para potenciar las reacciones de oxidación.

Decantación: separación de sólidos y líquidos.

Recirculación de lodos: para mantener la concentración adecuada de microorganismos.

Extracción de lodos en exceso: constante purgación de sobrantes.

Procesos Biológicos

Nitrificación: conversión del amoníaco a nitrato mediante bacterias nitrosomas y nitrobacterias.

Desnitrificación: conversión de nitrato a nitrógeno gas en condiciones anóxicas.

Filtro Lento de Arena

La filtración biológica consiste en hacer circular agua a través de arena fina, donde se forma una capa biológica que degrada química y biológicamente la materia retenida.

Características del Filtro

Componente filtrante fino (0,15 a 0,35 mm)

Velocidad de filtración entre 0,1 y 0,4 m/h

Baja turbidez (< 5 UNT) y sólidos en suspensión (< 15 mg/l)

Diseño del Filtro

Altura máxima del nivel de agua: 1 a 1,5 metros.

Lecho de arena: espesor de 1,2 a 1,4 metros.

Capa de grava como soporte y drenaje.

La arena debe cambiarse cada cinco años aproximadamente. Este sistema permite obtener agua de alta calidad, reduciendo la contaminación bacteriológica y disminuyendo la turbidez inicial en un 90 a 99%.

Cálculo del área del filtro

El filtro debe dimensionarse para desaguar completamente en 40 horas, y su diseño se basa en los principios de la ley de Darcy.

La implementación de todos estos sistemas asegurará una mejora sustancial en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudadela El Condado de Vicolinci, Daule, contribuyendo al cuidado del medio ambiente y generando beneficios sociales y económicos.

Luego de esto, calculé el volumen del reactor UASB, al igual que el humedal que se implementará para darnos un mejor rendimiento, obteniendo los siguientes resultados:

Resultados del cálculo de la población de diseño

Como se mencionó anteriormente para el cálculo de la población futura se optó por utilizar el método geométrico de proyección poblacional y adicionalmente se corrigieron las tasas de crecimiento poblacional debido a que en el caso de la ciudadela, ya que sugería un exagerado crecimiento poblacional para la ciudadela respectivamente.

Los resultados obtenidos muestran que para el año 2054 se espera la población aumente hasta 164 habitantes, dando como resultado una población de diseño total de 2364 habitantes. Estos datos se encuentran resumidos en la

Tabla 3. Cálculo de la población de diseño

| Descripción | Símbolo | Valor | Unidades |
|-----------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Población 2010 | P0 | 422 | Hab |
| Población 2024 | P1 | 2200 | Hab |
| Razón de crecimiento | r | 0.01 | - |
| Población 2054 | P | 164 | Hab |
| Población futura 2054 | Pf | 2364 | Hab |

Fuente: (Leonardo Salcedo)

Resultados del cálculo del caudal de diseño

Después de establecidos mediante tablas y normativas los valores de la dotación, porcentaje de fugas y factor de retorno, se calculó el caudal medio utilizando la fórmula descrita en el punto 2.7 con la cual nos da un valor de 13.97 l/s. Posteriormente calculamos el factor de mayoración de punta mediante la fórmula de Harmon mostrada en el punto 2.10 y obtenemos un valor de 1.26.

Para definir los valores verdaderos del caudal ilícito y del caudal de infiltración debemos seleccionar previamente unos valores guías que en nuestro caso son: 2 lt/s/km para el caudal de infiltraciones y 80lt/Hab/día para el caudal ilícito. Una vez definidos los valores guías calculamos que los valores reales son: 6.30 lt/s para el caudal de infiltración y 2.17 lt/s para el caudal ilícito.

Tabla 4. Calculo del caudal de diseño

| CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO | | | |
|-------------------------------------|-------------------|--------------|-----------------|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | VALOR | UNIDADES |
| Dotación | D | 170 | l/Hab/día |
| Porcentaje de fugas | f | 1 | - |
| Factor de retorno | R | 0.8 | - |
| Caudal medio | Q _{med} | 3.71 | l/s |
| Factor de mayoración de punta | K | 1.26 | - |
| Caudal máximo horario | Q _{mh30} | 5.5 | l/s |
| Caudal de infiltración | Q _{INF} | 2 | l/s/km |
| Caudal de infiltración | Q _{INF} | 6.30 | l/s |
| Caudal ilícito | Q _{IL} | 80 | l/Hab/día |
| Caudal ilícito | Q _{IL} | 2.17 | l/s |
| Caudal de diseño | Q _d | 12.95 | l/s |

Fuente: (Leonardo Salcedo)

CÁLCULOS INICIALES

CAUDAL MEDIO

$$Q_{med} = \frac{1 * 2364 * 170 * 0.8}{86400} = 3.72 \text{ l/s}$$

FACTOR DE MAYORACIÓN DE PUNTAS

$$K = \frac{18 + \sqrt{2364}}{4 + \sqrt{2364}} = 1.07$$

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_{diseño} = 3.72 * 1.07 + 6.30 + 2.17 = 12.95 \text{ l/s}$$

Resultados del diseño del reactor UASB

Para el diseño del reactor UASB se tomaron valores un poco inferiores ya que en ensayos anteriores se puede observar que existe una estabilización de la concentración de estos contaminante.

Una vez establecida la concentración de contaminantes afluentes a la planta se estableció el tiempo de retención hidráulica (TRH) en base al contaminante DQO y la temperatura del agua afluente.

Con estos datos se determinó el volumen total (V_{RT}) necesario para poder tratar el agua, pero teniendo en cuenta que buscamos mantener las unidades existentes y agregar dos unidades más se recalcula un nuevo volumen de reactor y un nuevo caudal que circulará por cada nueva unidad de reactores y humedales artificiales.

Con el fin de asegurar una velocidad de flujo ascendente de 0.7 m/h como recomienda Chernicharo (2007), se establece este valor como un dato fijo para el cálculo de la altura del

reactor, posteriormente para el cálculo de las demás dimensiones se definió que la sección del reactor tendrá una forma cuadrada.

Una vez definidas las dimensiones y velocidad de flujo del reactor, mediante formulas empíricas calculamos la eficiencia de eliminación de los contaminantes (DQO y DBO) y de igual manera calculamos la cantidad efluente de contaminantes y sólidos suspendidos.

Tabla 5. Diseño del reactor UASB

| DISEÑO DEL REACTOR UASB | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------|----------------------|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO | VALOR | UNIDADES |
| Concentración de DQO afluente | S_0 | 5.00 | kg/m ³ |
| Concentración de DBO afluente | S_0 | 2.50 | kg/m ³ |
| Tiempo de retención hidráulica | TRH | 8 | h |
| Volumen del nuevo reactor | V_r | 103.6 | m ³ |
| Número de unidades | U | 1.00 | - |
| Eficiencia del nuevo reactor | E | 67.16% | - |
| Tasa de carga orgánica | L_v | 0.50 | kg/m ³ /d |
| Altura del reactor | H | 7.00 | m |
| Eficiencia del reactor UASB (DQO) | EDQO | 69.63 | % |
| Eficiencia del reactor UASB (DBO) | EDBO | 77.86 | % |
| Concentración efluente de DQO | Cefl | 1518.72 | mg/l |
| Concentración efluente de DBO | Cefl | 553.40 | mg/l |
| Estimación de SS efluente | SS | 58.69 | mg/l |

Fuente: (Leonardo Salcedo)

CÁLCULOS INICIALES

VOLUMEN DEL REACTOR

$$Vr = 8 * 12.95 = 103.6m^3$$

EFICIENCIA DEL REACTOR UASB

$$E = 100 * (1 - 0.68 * 8^{-0.35}) = 67.16\%$$

El sistema de alimentación del reactor está definido por ciertos parámetros como: el área de influencia de cada tubo de alimentación y la velocidad a la que debe ingresar el flujo. Mediante el área de influencia calculamos el número de tubos de distribución y posteriormente, teniendo como parámetro fijo una velocidad de flujo máxima de 0.2 m/s, calculamos el diámetro mínimo de cada tubo de alimentación.

Otro de los parámetros necesarios es que debe existir una velocidad de salida mínima de 0.4m/s por lo que se recomienda utilizar boquillas de reducción de diámetros de 40mm.

Tabla 6. Sistema de distribución del afluente

| Sistema de distribución de afluente | | | |
|--|------------------|------|----------------|
| Velocidad maxima de afluente | V _a | 0.2 | m/s |
| Diametro interno de tubería afluente | D _a | 0.06 | m |
| Area de influencia de los distribuidores | A _{inf} | 3 | m ² |
| Número de tubos de distribución | N _d | 18 | - |
| Diametro de la boquilla de reduccion | D _b | 40 | mm |

Fuente: (Leonardo Salcedo)

El separador de sólidos tiene la función de sedimentar hacia el centro las partículas del agua y direccionar los gases hacia la campana por lo cual se recomienda que sean construidos con un ángulo de 45° y estén por debajo de la campana. La longitud debe ser lo suficientemente larga para direccionar los gases dentro campana.

Tabla 7. Separador de sólidos

| Separador de sólidos | | | |
|--------------------------------|----------------|------|------------|
| Inclinación de los deflectores | α | 45 | ° (grados) |
| Ancho de los deflectores | W _D | 1.60 | m |
| Longitud de los deflectores | L _D | 1.60 | m |

Fuente: (Leonardo Salcedo)

Las dimensiones de la campana están dadas en base al volumen de producción de gases y la tasa de liberación de los mismos, por lo que se establece como dato predeterminado la tasa de liberación de 3 m/h y calculamos el volumen de gases producidos, para poder determinar el area de apertura de la campana.

Tabla 8. Diseño de la campana

| Campana | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------|---------------------|
| Coef. Producción de solidos | Y_{obs} | 0.11 | kg/kg |
| Concentración de DQO efluente | S | 1.52 | kg/m ³ |
| Tasa de producción de gas | COD_{CH_4} | 107.96 | kg/día |
| Presión atmosférica | P | 1 | atm |
| Masa de DQO en un mol | K_{COD} | 64 | g/mol |
| Constante de gas | R | 0.08206 | atm*l/mol/K |
| Temperatura de operación | T | 18 | °C |
| Factor de corrección por temperatura | K(t) | 2.68 | kg/m ³ |
| Producción volumetrica de metano | Q_{CH_4} | 40.28 | m ³ /día |
| Tasa de liberación de gas | V_g | 3 | m/h |
| Area de apertura de la campana | A_c | 13.43 | m ² |
| Radio de la campana | R_c | 2.07 | m |
| Ancho de la abertura | W_A | 1.06 | m |
| Altura de la campana | H_G | 4.36 | m |
| Traslapo | T_v | 0.6 | m |

Fuente: (Leonardo Salcedo)

AREA DE ABERTURA DE LA CAMPANA

$$A_c = \frac{40.28}{3} = 13.43m^2$$

TRASLAPO

$$Tv = 0.5(1.2) = 0.6m$$

Resultados del diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal

Para el cálculo de las dimensiones se estableció como principal contaminante a eliminar el DBO por lo cual se estableció que el humedal debe ser capaz de cumplir con una concentración de DBO efluente de 100 mg/l según la Tabla 8.

Los siguientes parámetros también deben ser según tablas por lo cual el valor de la constante de velocidad a 20° (K_{20}) y del coeficiente de temperatura a 20° (θ) se establecieron de acuerdo a los valores normativos. La porosidad (n) del material se estableció mediante la Tabla 13 al elegir como material filtrante arena gruesa, la cual nos da un rango de conductividad hidráulica (K_s) de 100-1000 m/día. Analizando la Tabla 14 y Tabla 15 se establecieron los datos de la profundidad del humedal (d) y la relación que debe existir entre la longitud y el ancho del humedal.

Tabla 9. Diseño del humedal superficial de flujo horizontal

| DISEÑO DE HUMEDAL SUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL (DBO) | | | |
|--|-----------------|--------|---------------------|
| Caudal de diseño | Q | 12.95 | m ³ /día |
| Concentración de contaminante afluente | Co | 553.40 | mg/l |
| Concentración de contaminante efluente | Ce | 100 | mg/l |
| Eficiencia esperada | E | 81.93 | % |
| Profundidad del humedal | d | 0.75 | m |
| Temperatura del agua | T | 18 | °C |
| Coefficiente de velocidad | K ₂₀ | 1.1 | - |
| Coefficiente de temperatura | θ | 1.06 | - |
| Porosidad del material | n | 28 | % |
| Relación longitud: ancho | L:W | 2.07 | - |
| Ancho del humedal | W | 4.14 | m |
| Longitud del humedal | L | 8.30 | m |
| Carga hidráulica | Lw | 0.42 | m/día |
| Carga orgánica | CL | 6.65 | kg/ha/d |
| Eliminación de sólidos estimada | Ce/Co | 0.15 | - |

Fuente: (Leonardo Salcedo)

Tabla 10. Parametros del reactor UASB

| PRINCIPALES PARAMETROS DE LOS REACTORES UASB | | | |
|---|-----------|-------|-------|
| Número de unidades | U | 1.00 | - |
| Volumen de un reactor | V_R | 103.6 | m^3 |
| Altura del reactor | H | 7.00 | m |
| Eficiencia del reactor UASB (DQO) | E_{DQO} | 69.63 | % |
| Eficiencia del reactor UASB (DBO) | E_{DBO} | 77.86 | % |
| Estimación de SS efluente | SS | 58.69 | mg/l |

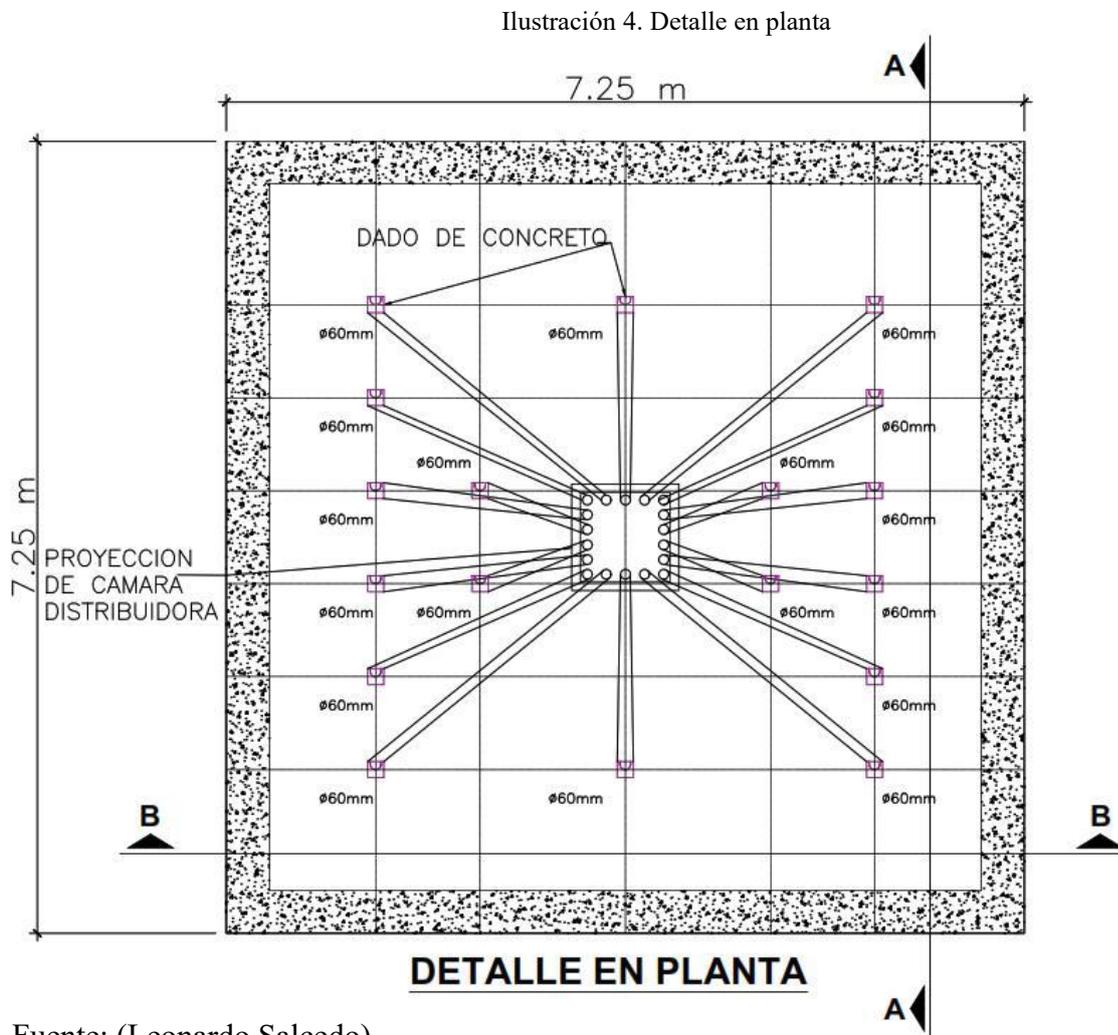
Fuente: (Leonardo Salcedo)

Tabla 11. Parametros de los humedales

| PRINCIPALES PARAMETROS DE LOS HUMEDALES | | | |
|--|-------|-------|-----------|
| Eficiencia esperada | E | 81.93 | % |
| Profundidad del humedal | d | 0.75 | m |
| Área superficial de tratamiento | A_s | 73.56 | m^2 |
| Ancho del humedal | W | 1.15 | m |
| Longitud del humedal | L | 5.77 | m |
| Área transversal | A_c | 4.55 | m^2 |
| Caudal a través del medio del sistema | QH | 30.93 | $m^3/día$ |
| Tiempo de retención hidráulica | TRH | 1.78 | días |

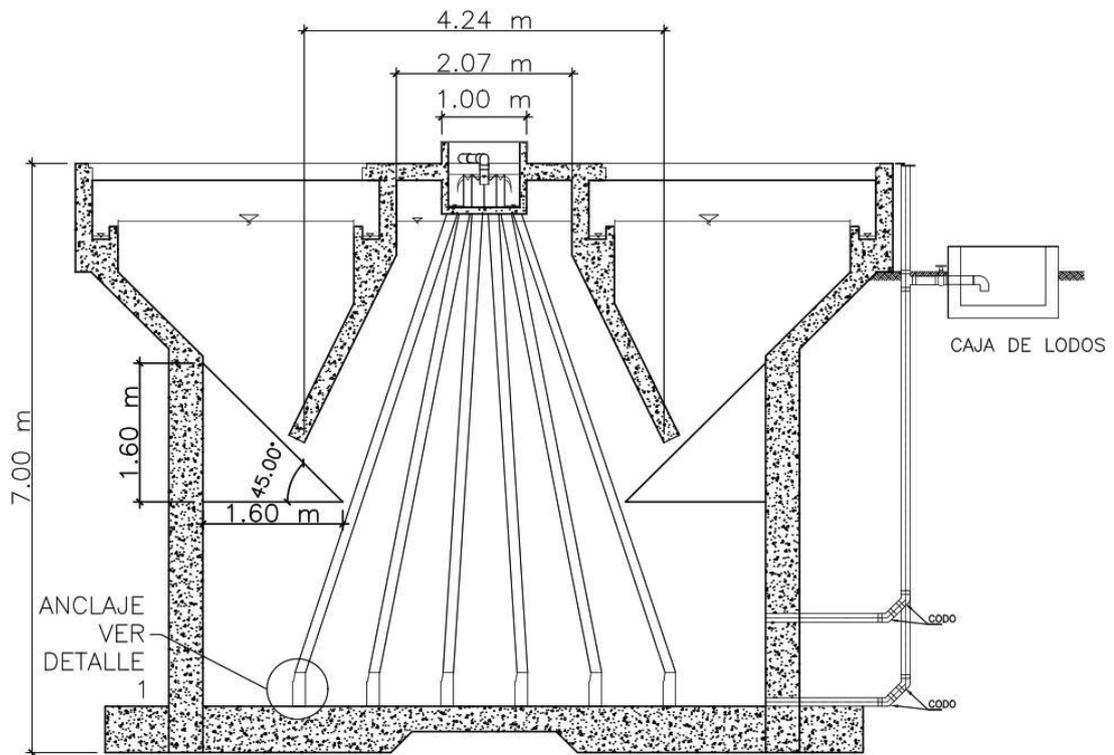
Fuente: (Leonardo Salcedo)

Luego de todos estos cálculos y análisis de resultados, se llevó a cabo el siguiente diseño:



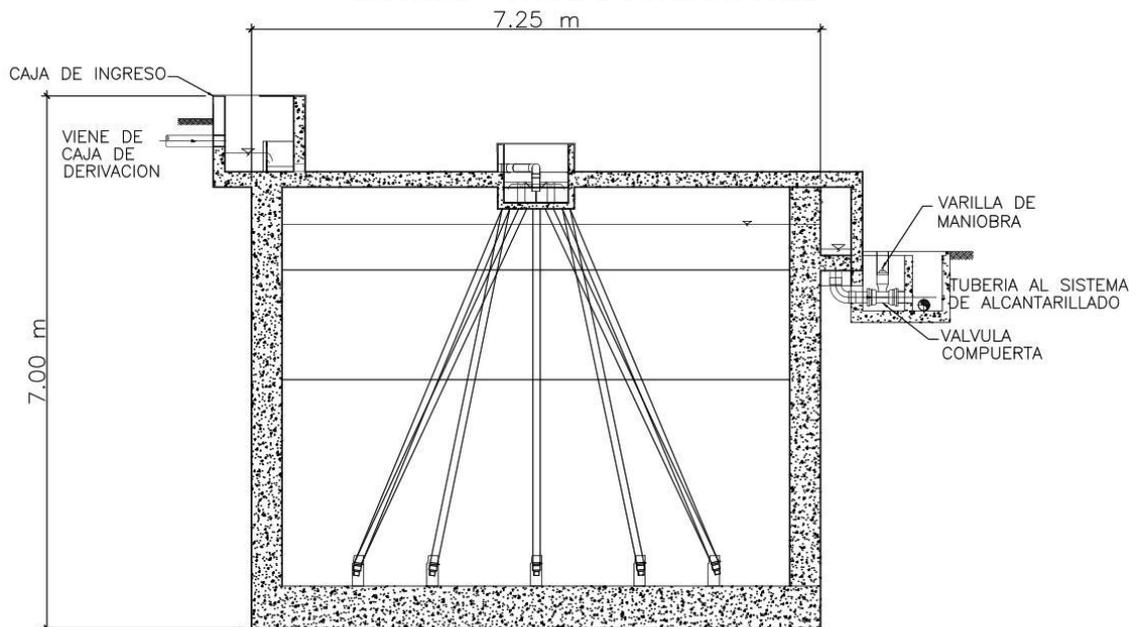
Fuente: (Leonardo Salcedo)

Ilustración 5. Corte A-A del Reactor UASB

**CORTE A-A**

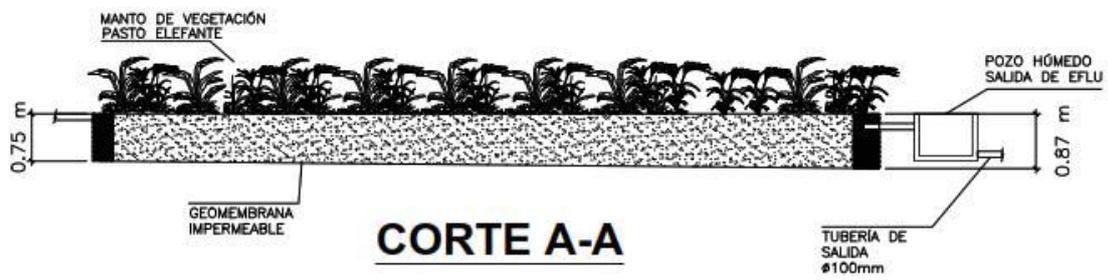
Fuente: (Leonardo Salcedo)

Ilustración 6. Corte B-B del Reactor UASB

**CORTE B-B**

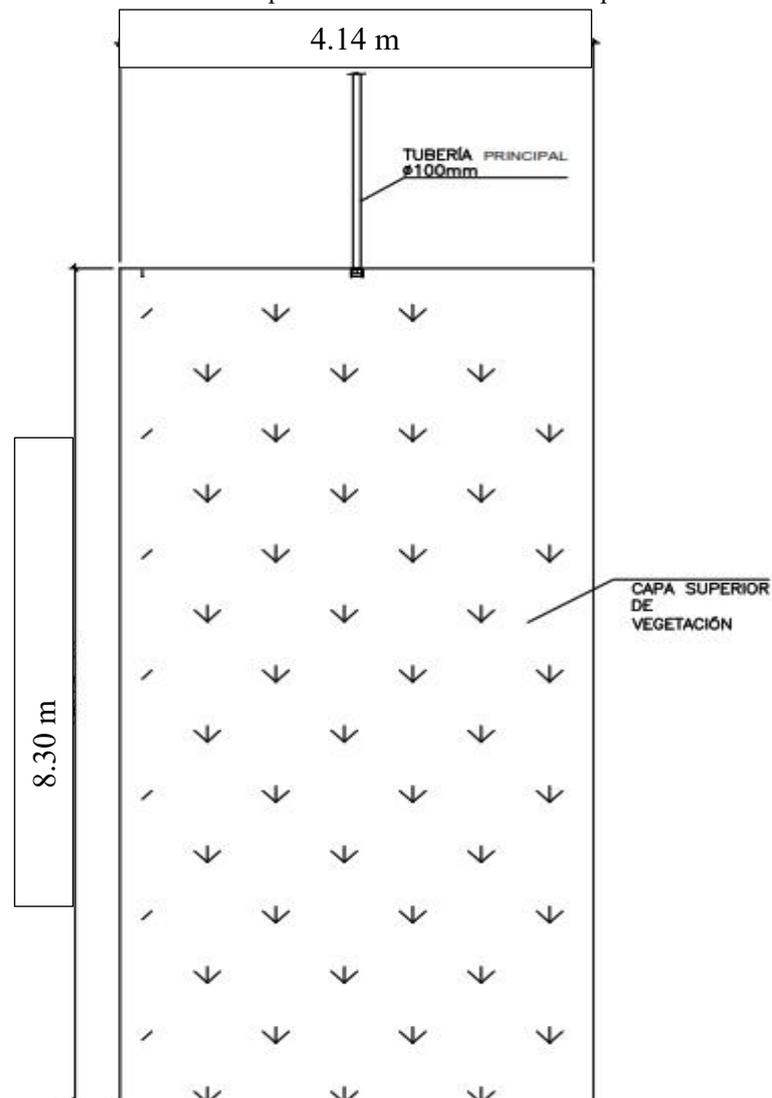
Fuente: (Leonardo Salcedo)

Ilustración 7. Corte A-A del humedal artificial superficial horizontal



Fuente: (Leonardo Salcedo)

Ilustración 8. Vista en planta del humedal artificial superficial horizontal



Fuente: (Leonardo Salcedo)

Conclusiones

- Luego del estudio de factibilidad, se determinó el diseño del reactor UASB y del humedal necesario para depurar de forma más eficiente las aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Se optó por la implementación de los reactores UASB debido a las ventajas que este presenta como son: la baja producción de lodos, bajos costos de implementación, que su eficiencia no está limitada por la transferencia de oxígeno y la capacidad de soportar cargas grandes contaminantes, dando un buen análisis paramétrico luego del diseño.
- Al utilizar humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal eliminamos algunas desventajas de los reactores UASB como son: la necesidad de un post tratamiento y la baja eficiencia de remoción de DBO, este ultimo aspecto se ve resuelto gracias a que los humedales artificiales pueden ser diseñados para eliminar el contaminante de mayor riesgo, que en este caso fue el DBO afluente de la planta.

Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de sistemas de tratamiento de biogás en las campanas de los reactores UASB con los que se pueda reutilizar el metano producido o quemarlo de manera que los fuertes olores se vean reducidos.
- Se recomienda involucrar a la comunidad local en el proceso de toma de decisiones y sensibilizar sobre la importancia de la gestión adecuada de aguas residuales, ya que, la participación de la comunidad puede contribuir significativamente al éxito a largo plazo del proyecto.
- Se recomienda un monitoreo constante después de la puesta en marcha de los reactores UASB durante los tres primeros meses hasta que se estabilice su funcionamiento.
- Se sugiere la realización de programas de capacitación continua para el personal encargado de la operación y mantenimiento de la planta. Un equipo bien entrenado puede optimizar los procesos y garantizar un funcionamiento eficiente y seguro de nuestra planta de tratamiento.

Anexos

Anexo 1: Visita técnica a la Planta de tratamiento de aguas residuales del Condado de Vicolinci

























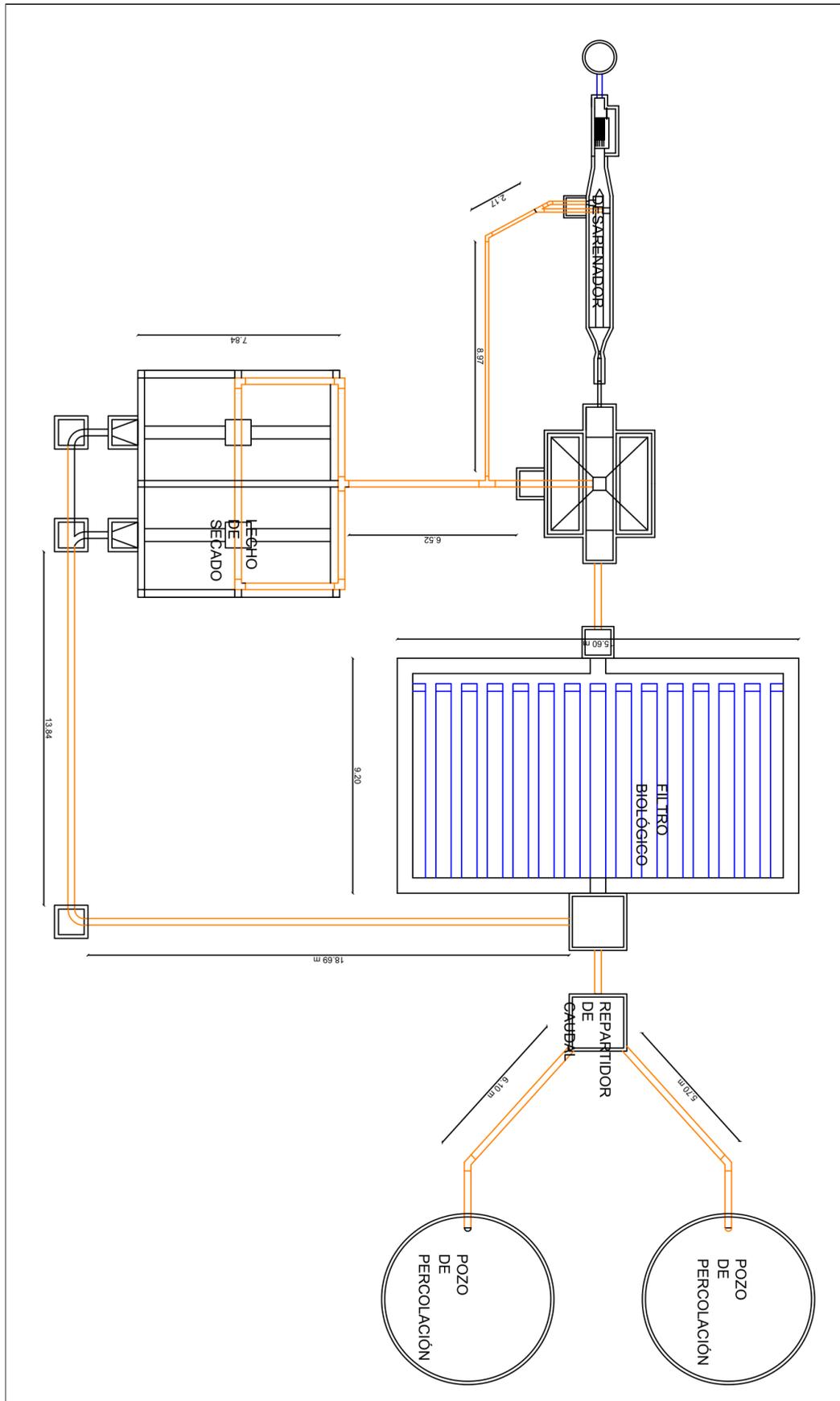








Anexo 2: Plano de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Condado de vicolini



BIBLIOGRAFÍAS

- Ministerio del Medio Ambiente. (2003). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente*. www.lexis.com.ec
- Ordóñez, I. (n.d.). *"Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de depuración de agua residual de quillopungo, parroquia el.*
- Ordóñez, I., & Palacios, A. (2017). *Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de depuración de agua residual de Quillopungo, parroquia El Valle, Cuenca* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27335>
- Paredes, D. A., & Suárez, J. E. (2020). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas servidas para la comunidad de Napints, perteneciente al cantón Gualaquiza*. Universidad del Azuay.
- Rival. (2022). *Tuberías pvc corrupal tipo b para alcantarillado*. www.plasticosrival.com
- Olivares, M. (2015). Calidad De Las Aguas Residuales. Cmic, 47–47. [https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/2015/ANEAS_PRESENTACIONES2014/Presentaciones C y T/8 Calidad del Agua/Calidad de las aguas residuales ANEAS XXVIII Convencion MXOP.pdf](https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/2015/ANEAS_PRESENTACIONES2014/Presentaciones%20C%20y%20T/8%20Calidad%20del%20Agua/Calidad%20de%20las%20aguas%20residuales%20ANEAS%20XXVIII%20Convencion%20MXOP.pdf)
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Iusrectusecart,. 1–219. Obtenido de <https://bde.fin.ec/wp-content/uploads/2021/02/Constitucionultimodif25enero2021.pdf>

- AGROCALIDAD. (2018). Bienestar Animal Faenamiento de Animales de Producción. 78.
- Antúnez Sánchez, A. &. (2018). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*, 64–101. Obtenido de <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>
- Bolaños-Alfaro, J. D.-C.-A. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, , 15. Obtenido de <https://doi.org/10.18845/tm.v3i4.3408>
- Borja, D. S. (2019). Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba. 783–794. Obtenido de <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.497>
- Osorio-Rivera, M. A., Carrillo-Barahona, W. E., Negrete-Costales, J. H., LooLalvay, X. A., & Riera-Guachichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas The quality of domestic waste water A qualidade das águas residuais domésticas. *Polo Del Conocimiento*, 6(3), 228–245. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>
- Cabrera Vallejo, M. V.-L. (2017). Remoción De Contaminantes Orgánicos Presentes En Agua Residual Doméstica Mediante Prototipo a Escala De Laboratorio. *La Granja*. Obtenido de <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.07>
- Chávez Vera, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales. *Dominio de Las Ciencias*, 536–560.
- Galindo Pardo, F. V.-S.-V. (2020). Caracterización de aguas residuales tratadas de la comarca lagunera y su viabilidad en el riego agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 189-201. Obtenido de <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2084>

- Galindo Pardo, J.-S. M. (2020). Caracterización de aguas residuales tratadas de la comarca lagunera y su viabilidad en el riego agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Obtenido de <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2084>
- Menéndez, C. &. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. Obtenido de <https://bit.ly/35hSyMk>
- Morales, F. M. (2022). Estudio de las aguas residuales provenientes del lavado de carros en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Investigacion y Desarrollo*. 1–17. Obtenido de <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/dide/article/view/1598/1381>
- Mundial, G. d. (2019). From waste to resource recovery. *Water and Wastes Digest*, 53(9).
- OMS. (2022). Agua potable. Organización Mundial de La Salud. Obtenido de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Osorio-Rivera, M. A.-B.-C.-L.-G. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas The quality of domestic waste water A qualidade das águas residuais domésticas. 228–245. Obtenido de <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>
- Quiroz, S. M. (2019). Ciencias Tecnológicas C / T. In Universidad Técnica de Manabí Edición:.
- Quishpe-López, J. L.-G.-P.-S. (2020). Cleaner production as a strategy for the valorization (eco-efficiency) of the slaughterhouse, Puyo, Pastaza, Ecuador. *Científica de La UCSA*, 59–71. Obtenido de <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.03.059>

- Rodríguez, M. V.-S.-A. (2020). Agroindustrial Science systems. *Agroindustrial Science*. 71-77. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2854>
- Sanchez, S. E. (2018). Tecnología de gestión de los efluentes líquidos del carnal municipal de Chachapoyas, Chachapoyas, Amazonas, 2017. *Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 17 - 22.
- UNWATER. (2020). Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3. 17–65. Obtenido de https://doi.org/10.1142/9781848160682_0002
- Velasco T., G. M. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. 27–39. Obtenido de <https://doi.org/10.26807/ia.v7i1.93>
- VILLEGAS, C. F. (2018). *Repositorio Universidad America*. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6723/1/6122891-2018-1-IQ.pdf>
- Rodríguez, M. V., Sanabria, H. G., Delgado-Soriano, V., Cortés-Avenidaño, P., & Peñafiel, C. E. (2020). Agroindustrial Science systems. *Agroindustrial Science*, 10(1), 71–77. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2854>