



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENÍERO CIVIL**

TEMA

**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES
APLICANDO PASTILLAS DE CLORO Y ÁCIDO PERACÉTICO EN UNA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CANTÓN DAULE, LA
AURORA**

TUTOR

MSc. Ing. PABLO PAREDES RAMOS

AUTORES

**ARANA CONTRERAS SAMANTHA MELISSA
MANCERO ESCOBAR STIVALYS BEATRIZ**

GUAYAQUIL

2022



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Evaluación de la Remoción de Coliformes Fecales Aplicando Pastillas de Cloro y Ácido Peracético en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en El Cantón Daule, La Aurora.

AUTOR/ES:

Arana Contreras Samantha Melissa
Mancero Escobar Stivalys Beatriz

REVISORES O TUTORES:

Msc. Ing. Pablo Paredes Ramos

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS:

163

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.

PALABRAS CLAVE: saneamiento, bacteria, agua residual, tratamiento de desechos.

RESUMEN:

La desinfección del agua se basa en la eliminación o desactivación de los microorganismos patógenos, virus y bacterias que son los principales componentes causantes de enfermedades críticas que afectan al sistema inmunológico de los seres vivos. Por ende nuestro enfoque está en la utilización de dos compuestos químicos efectivos en la depuración de microorganismos en una Planta de Tratamientos de Aguas Residuales. En efecto, la evaluación del ácido peracético y las pastillas de cloro ayudarán a verificar el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación dando como resultado una desinfección con menor porcentaje de coliformes fecales respaldado con 7 muestras de laboratorio (1 muestra de entrada de agua residual, 2 muestras de pastillas de cloro y 4 muestras de ácido peracético con un tiempo de contacto de 30 a 45 minutos). De tal manera se puede agregar que el ácido peracético en comparación con las pastillas de cloro tiene una efectividad desinfección adecuada ubicándolo dentro del límite máximo permisible según TULSMA. Así mismo, las pastillas de cloro cumplen con los parámetros de eficacia en la inhibición de patógenos contaminantes del agua residual considerando su principal desventaja que es la formación de trihalometanos que ocasionan daños irreversibles a los seres vivos como enfermedades catastróficas. En fin, la

desinfección del agua residual tiene como propósito la reutilización de la misma en diferentes áreas como en la agricultura, riego de parques, jardines, entre otros, ya que genera nutrientes que enriquecen el suelo y al mismo tiempo son amigables con el medio ambiente.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Arana Contreras Samantha Melissa Mancero Escobar Stivalys Beatriz	Teléfono: 0986574615 0995100576	E-mail: saranac@ulvr.edu.ec smanceroe@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. Ing. Milton Andrade Laborde Teléfono: (04)2596500 Ext. 242 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec Mg. Luis Almeida Vargas Teléfono: (04)2596500 Ext. 242 E-mail: lalmeidava@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

Tesis Final

por Samantha Arana Stivalys Mancero

A handwritten signature in blue ink, reading "Pablo Parada James". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

Fecha de entrega: 26-ene-2022 12:27a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1748390095

Nombre del archivo: TESIS_-_ARANA,_MANCERO_TURNITIN_-_PLAGIO_1.docx (30.24M)

Total de palabras: 29847

Total de caracteres: 164195

Tesis Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

zonaingenieria.com

Fuente de Internet

<1%

2

Laurence Maurice, Fausto López, Sylvia Becerra, Hala Jamhoury et al. "Drinking water quality in areas impacted by oil activities in Ecuador: Associated health risks and social perception of human exposure", Science of The Total Environment, 2019

Publicación

<1%

3

Submitted to Universidad Autonoma de Chile

Trabajo del estudiante

<1%

4

www.elocal.gob.mx

Fuente de Internet

<1%

5

www.ecolex.org

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **ARANA CONTRERAS SAMANTHA MELISSA** y **MANCERO ESCOBAR STIVALYS BEATRIZ**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES APLICANDO PASTILLAS DE CLORO Y ÁCIDO PERACÉTICO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CANTÓN DAULE, LA AURORA**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)



Firma:

ARANA CONTRERAS SAMANTHA MELISSA

C.I. 0705519338



Firma:

MANCERO ESCOBAR STIVALYS BEATRIZ

C.I. 0604364745

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES APLICANDO PASTILLAS DE CLORO Y ÁCIDO PERACÉTICO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CANTÓN DAULE, LA AURORA**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES APLICANDO PASTILLAS DE CLORO Y ÁCIDO PERACÉTICO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CANTÓN DAULE, LA AURORA**, presentado por los estudiantes **ARANA CONTRERAS SAMANTHA MELISSA** y **MANCERO ESCOBAR STIVALYS BEATRIZ** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

MSc. Ing. Pablo Paredes Ramos

C.C. 0911828150

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a mis padres: Inocencio Arana y Flor Contreras por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y dejarme ir a cumplir mis metas en otra ciudad, por no dejarme desmayar en los momentos más difíciles de mi vida académica sin duda alguna les agradezco a mis hermanos; Diego Arana, Karla Arana, Noelia Arana que forma un pilar fundamental de mi familia que Dios que me envió para superar cada obstáculo en mi vida. De manera especial, al MSc. Ing Pablo Paredes Ramos, el principal colaborador durante todo este proceso de titulación, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo. Y mi más sincero agradecimiento a mi compañera de tesis y amiga Stivalys Mancero Escobar por el apoyo incondicional, por su paciencia y apoyo en cada etapa del proyecto a mis amigos; Melany, Freibert, Jan que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño, contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, Inocencio Arana, Flor Contreras por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado estar aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio de ser su hija, son los mejores padres.

A mis hermanos; Diego Arana, Karla Arana, Noelia Arana por estar siempre presentes, acompañándome en cada instante de mi vida y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Samantha Melissa Arana Contreras

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme en cada paso que doy y por permitirme cumplir cada una de mis metas propuestas.

De igual manera agradezco a mi madre Miriam Mancero por guiarme y ser mi ejemplo a seguir, por haberme forjado como la persona que soy actualmente, por todos y cada uno de sus esfuerzos para permitirme llegar hasta donde estoy.

Agradezco de antemano a mi tutor MSc. Pablo, que con sus conocimientos, contribución y enseñanza hizo posible la culminación de mis estudios universitarios con éxito.

Agradezco también a mi compañera y amiga de tesis Samantha Arana por la colaboración y por formar parte de esta experiencia mutua que nos permitió cumplir una meta propuesta llenándonos de nuevos conocimientos.

Agradezco a una de mis amigas Melany Vélez, por ser siempre el apoyo y la alegría de nuestra amistad y de la misma manera por compartir momentos universitarios que nos llenaron de buenas experiencias.

Finalmente agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte por ser la fuente principal de la enseñanza que me facilitó adquirir nuevos conocimientos que me ayudarán a progresar en mi vida profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi madre por ser el pilar de mi vida, por su apoyo y su cariño incondicional y por trabajar tan duro para darme todo lo que necesito. A mi hermano por ser mi complemento, mi soporte y mi inspiración para cada día ser mejor. A mis tías Marcia y Susi y a mi abuelita Beatriz por siempre alentarme a ser mejor persona y superarme profesionalmente. A mis hermanos de diferente madre Darwin, Jazmanny, Narya y a mi prima Diana que son mi motivación para vencer cada obstáculo y para continuar progresando profesionalmente. A mi tío Héctor y a mi padre Ángel, que han sido mis ejemplos durante todo mi crecimiento y formación para convertirme en la persona responsable y dedicada que soy actualmente. A mi sobrino Emiliano, a mi familia materna y a mis amigas Lilibeth y Pierina por ser parte de mi vida y darme la fortaleza para continuar cumpliendo cada uno de mis objetivos. A Buggie por ser mi acompañante de vida y nunca dejarme recaer, por siempre brindarme su amor en los momentos más difíciles, lo llevo en mi corazón.

Stivalys Beatriz Mancero Escobar

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Introducción.....	1
Capítulo I – DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	3
Tema.....	3
Planteamiento del Problema.....	3
Formulación del Problema.....	4
Sistematización del Problema.....	5
Objetivos de la Investigación.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Delimitación del Problema.....	5
Justificación.....	6
Hipótesis de la Investigación.....	7
Línea de Investigación.....	8
Capítulo II – MARCO TEÓRICO.....	9
Marco Teórico Referencial.....	9
Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas (AASS).....	9
Coliformes Fecales.....	27
Desinfección de Aguas Residuales.....	31
Marco Conceptual.....	45
Planta de Tratamiento.....	46
Agua Residual.....	46
Coliformes Fecales.....	47
Desinfección del Agua.....	48

Cloro.....	48
Ácido Peracético.....	49
Marco Legal.....	50
Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.....	50
Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.....	70
Capítulo III – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	81
Tipo de Investigación.....	81
Metodología Experimental.....	81
Metodología Científica.....	82
Técnicas de la Investigación.....	83
Descripción de la Planta de Tratamiento.....	84
Red de alcantarillado.....	86
Rejillas mecánicas.....	86
Criba.....	87
Cárcamo de bombeo.....	87
Laguna aireada.....	88
Cuarto de blowers.....	89
Clarificadores.....	90
Desinfección del agua mediante rayos ultravioletas UV.....	91
Deshidratador.....	92
Digestor de lodos.....	94
Sistema Eléctrico.....	95
Diseño y construcción de la Planta Piloto.....	97
Argumento del diseño de la Planta Piloto.....	97

Bosquejo del diseño de la Planta Piloto.....	98
Materiales para la elaboración de la Planta Piloto.....	98
Proceso de construcción de la Planta Piloto.....	99
Experimento con la Planta Piloto en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización La Rioja.....	101
Fase preliminar al experimento.....	101
Funcionamiento de la Planta Piloto.....	103
Capítulo IV – INFORME TÉCNICO.....	118
Análisis de Resultados.....	118
Entrada de Agua Residual.....	119
Pastillas de cloro – Tiempo de contacto 30 min.....	119
Pastillas de cloro – Tiempo de contacto 45 min.....	119
Ácido Peracético (11,25 ml equivalente 5 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min.....	119
Ácido Peracético (22,5 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min....	120
Ácido Peracético (16,92 ml equivalente a 5 mg/l) – Tiempo de contacto 45 min....	120
Ácido Peracético (33,75 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 45 min...	120
Porcentajes de Remoción de Coliformes Fecales.....	121
Pastillas de Cloro – Tiempo de contacto 30 min.....	122
Pastillas de Cloro – Tiempo de contacto 45 min.....	122
Ácido Peracético (11,25 ml equivalente 5 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min....	122
Ácido Peracético (22,5 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min...	122
Ácido Peracético (16,92 ml equivalente a 5 mg/l)– Tiempo de contacto 45 min.....	123
Ácido Peracético (33,75 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 45 min...	123
Análisis Económico.....	123
Pastillas de Cloro.....	124

Ácido Peracético.....	124
Conclusiones.....	126
Recomendaciones.....	127
Bibliografía.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de Investigación.	8
Tabla 2. Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público.....	72
Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	75
Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	79
Tabla 5. Valores promedios de entrada a la PTAR.	85
Tabla 6. Características promedio del afluente y efluente.	85
Tabla 7. Medidas de rejilla mediana.....	87
Tabla 8. Medidas de rejilla fina.....	87
Tabla 9. Diseño de Blower.	90
Tabla 10. Medidas de clarificadores.....	91
Tabla 11. Criterio de selección de desinfección por medio de rayos ultravioleta (UV).	92
Tabla 12. Medidas de digestor de lodos.	95
Tabla 13. Materiales.	98
Tabla 14. Dosificación del Ácido Peracético	103
Tabla 15. Número de ensayos.	104
Tabla 16. Resumen de Lote de Ensayos.....	118
Tabla 17. Muestras seleccionadas.	121
Tabla 18. Especificación de Costos de las Pastillas de Cloro.	124
Tabla 19. Especificación de Costos del Ácido Peracético.	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. ¿Qué es el tratamiento de aguas residuales?.....	9
Ilustración 2. ¿En qué consiste el tratamiento de aguas residuales?.....	11
Ilustración 3. Tecnologías de Pretratamiento.	12
Ilustración 4. Funcionamiento de una estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR).	13
Ilustración 5. Funcionamiento de una estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR).	14
Ilustración 6. Funcionamiento de una estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR).	16
Ilustración 7. Tratamiento primario de agua residual.	16
Ilustración 8. Tratamiento secundario de aguas residuales.	20
Ilustración 9. Sistemas de tratamiento terciario.	21
Ilustración 10. Tratamiento Aerobio.....	24
Ilustración 11. Tratamiento Anaerobio.....	25
Ilustración 12. Zanjales de Oxidación.	26
Ilustración 13. Coliformes Totales.	29
Ilustración 14. Coliformes.	30
Ilustración 15. Agua Residuales.	31
Ilustración 16. Óxido de cloro.	33
Ilustración 17. Pre-cloracion con Sistema automático.	35
Ilustración 18. Sistema de dosificación.	36
Ilustración 19. Cloro líquido residual.	37
Ilustración 20. Pastillas de Cloro de 1kg.	38
Ilustración 21. Hipoclorito de Calcio.....	38
Ilustración 22. Ácido Peracético.....	39
Ilustración 23. ¿Cómo se utiliza un esterilizador de agua por luz ultravioleta?	41
Ilustración 24. Luz Ultravioleta.....	41
Ilustración 25. Filtro Ultravioleta para purificación de aguas.	43
Ilustración 26. Bosquejo de la Planta Piloto.....	98
Ilustración 27. Instalación de llave esférica y tubería de 1 ½".	99
Ilustración 28. Adecuación del tanque de 55 galones para conexión de tubería 1½ ..	99
Ilustración 29. Instalación de llave de salida de agua residual con desinfectante. ...	100

Ilustración 30. Instalación de clorinador para dosificación de pastillas de cloro.	100
Ilustración 31. Soporte metálico utilizado	100
Ilustración 32. Planta Piloto instalada en la Urb. La Rioja.....	101
Ilustración 33. Tanque plastigama de 500 litros.....	103
Ilustración 34. Primera muestra tomada directamente del canal de salida del clarificador sin la presencia de desinfección.....	104
Ilustración 35. Llenado del tanque elevado con agua residual	105
Ilustración 36. Dosificación de las pastillas de cloro dentro del clorinador.....	105
Ilustración 37. Pastillas de cloro dentro del Clorinador.....	106
Ilustración 38. Llenado del tanque elevado con 405 litros de agua residual.....	106
Ilustración 39. A la espera del proceso de desinfección a 45 minutos con las pastillas de cloro.....	107
Ilustración 40. Muestra de a 45 minutos de pastillas de cloro en el agua residual. ..	107
Ilustración 41. Desinfectante – Ácido Peracético.....	108
Ilustración 42. Adición de ácido peracético en la jeringa con 11,25 ml.....	108
Ilustración 43. Llena del tanque elevado con 270 lts de agua residual.....	108
Ilustración 44. Abastecimiento de ácido peracético en la jeringa a 11,25ml.....	109
Ilustración 45. Dosificación del agua residual con el ácido peracético	109
Ilustración 46. Toma de la primera muestra del agua residual desinfectada con ácido peracético.....	109
Ilustración 47. Muestra de salida del tanque de 270 lts con ácido peracético.	110
Ilustración 48. Llenado del tanque elevado con 270 lts de agua residual.....	110
Ilustración 49. Suministro con ácido peracético a la jeringa con 22,50 ml.....	111
Ilustración 50. Ácido peracético a 22,50 ml	111
Ilustración 51. Incorporación del ácido peracético con el agua residual.....	111
Ilustración 52. Toma de muestra a los 30 minutos del agua residual desinfectada. .	112
Ilustración 53. Abastecimiento del tanque con 405 lts de agua residual.....	112
Ilustración 54. Absorción del ácido peracético a 16,92 ml en la jeringa.....	113
Ilustración 55. Ácido peracético al 16,92 ml.....	113
Ilustración 56. Dosificación del agua residual.....	113
Ilustración 57. Toma de muestra de agua desinfectada con ácido peracético.	114
Ilustración 58. Abastecimiento del tanque elevado con 405 lts de agua residual....	114
Ilustración 59. Absorción del ácido peracético a la jeringa.....	115
Ilustración 60. Ácido peracético a 33,75 ml.....	115

Ilustración 61. Dosificación del agua residual con el ácido peracético.....	115
Ilustración 62. Toma de muestra.	116
Ilustración 63. Muestra de agua residual desinfectada con ácido peracético.	116
Ilustración 64. Transporte de muestras hacia el laboratorio.	117

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Plano de la Implantación General de la Planta de Tratamiento de La Rioja.....	136
Anexo 2. Plano de Digestor de lodos	137
Anexo 3. Plano de Corte de la Laguna Aireada	138
Anexo 4. Plano del deshidratador.....	139
Anexo 5. Informe de muestra de entrada de la Planta de Tratamiento de la Urb.La Rioja.....	140
Anexo 6. Informe de muestra de salida con pastillas de cloro con una dosificación de 0,25kg (tiempo de contacto 30 min).....	141
Anexo 7. Informe de muestra de salida con pastillas de cloro con una dosificación de 0,25kg (tiempo de contacto 45 min).....	142
Anexo 8. Informe de muestra de salida con ácido peracético con una dosificación de 11,25 ml equivalente 5 mg/l (tiempo de contacto 30 min).....	143
Anexo 9. Informe de muestra de salida con ácido peracético con una dosificación de 22,50 ml equivalente 10 mg/l (tiempo de contacto 30 min).....	144
Anexo 10. Informe de muestra de salida con ácido peracético con una dosificación de 16, 92 ml equivalentes 5 mg/l (tiempo de contacto 45 min).....	145
Anexo 11. Informe de muestra de salida con ácido peracético con una dosificación de 33,75 ml equivalente 10 mg/l (tiempo de contacto 45 min).....	146
Anexo 12. Ficha Técnica del Ácido Peracético.....	147

Introducción

Se entiende como agua residual a aquel líquido que proviene del uso humano de una red de distribución de agua potable. Así mismo, se conoce que el agua residual o también conocida como “aguas negras” no puede ser consumida por los seres humanos dado que causarían enfermedades crónicas a largo plazo o malformaciones genéticas. Mediante este análisis podemos identificar las afectaciones que involucra el uso de las aguas residuales dentro del consumo humano. Por lo consiguiente, esta investigación tendrá un enfoque en la desactivación o eliminación de coliformes fecales que se encuentran en el agua mediante el uso de dos desinfectantes: las pastillas de cloro y el ácido peracético. Además de los coliformes fecales, las aguas residuales contienen muchas otras sustancias contaminantes como metales pesados, aceites, grasas, detergentes, ácidos, fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos.

La desinfección de las aguas negras significa la desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que pueden existir en el agua, es decir, la destrucción de los microorganismos dentro de un cuerpo hídrico delimitando la reproducción y crecimiento de los mismos. Por ende, la depuración de los contaminantes se logra mediante desinfectantes químicos y físicos teniendo como objetivo principal no solo matar a los microorganismos sino que también debe mantener un efecto residual. Esto significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para evitar la recontaminación que se genera usualmente en las aguas ya tratadas. Cabe recalcar, que estos patógenos son considerados enormemente perjudiciales no solo por la cantidad de bacterias que posee sino también porque son valorados como los primeros en provocar enfermedades de origen hídrico.

El dióxido de cloro comúnmente es utilizado como desinfectante en las plantas de tratamiento de aguas residuales por su solubilidad en agua y la reacción rápida en el cuerpo hídrico. Cuando se incorpora el dióxido de cloro en el agua forma iones de clorito, los cuales son sustancias muy reactivas. Normalmente, se utiliza este desinfectante por su costo, su factibilidad en el mercado y su gran capacidad de purificación durante las etapas de descontaminación de bacterias, virus, o enfermedades patógenas dentro del flujo residual. Es decir, que el dióxido de cloro en el tratamiento de aguas residuales elimina olores destruye todos los fenoles, que son los que provocan los malos olores, el mal sabor, es efectivo en la eliminación del manganeso y el hierro.

Otro método de desinfección conocido ahora en la actualidad y en el que este proyecto también se encuentra enfocado, es el uso del ácido peracético que es una combinación de peróxido de hidrógeno y ácido acético. Este desinfectante actúa energéticamente eliminando toxinas o microorganismos patógenos encontrados en el agua servida, trabajando de manera similar a la de los clorógenos. Es decir, contiene una amplia capacidad oxidante además que su acción es mucho menos corrosiva, incluso es más efectivo en presencia de materia orgánica y de aguas duras. Sin embargo el ácido peracético posee una propiedad muy particular, es decir, es muy conservador con el medio ambiente por esta razón su descomposición se efectúa en un corto tiempo dejando como resultado agua, oxígeno y ácido acético.

CAPÍTULO I

1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema:

Evaluación de la Remoción De Coliformes Fecales Aplicando Pastillas de Cloro y Ácido Peracético en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Cantón Daule, La Aurora.

1.2. Planteamiento del Problema

En la actualidad las actividades industriales, comerciales, domésticas entre otras conocidas como actividades antrópicas, son las principales causantes de diferentes tipos de contaminación que afectan a los recursos como el aire, el suelo y el agua. Por lo tanto, el enfoque está en la contaminación hídrica ocasionada por los residuos o desechos que libera el humano, afectando los ríos, fuentes de agua subterránea, lagos y mar cuando se liberan microorganismos contaminantes hacia ellos. Sin embargo la mitigación de este impacto ambiental es viable con el tratamiento o desinfección de aguas residuales teniendo como resultado un recurso hídrico aprovechable. Es decir, el uso de desinfectantes químicos favorece en la eliminación de patógenos como bacterias, hongos, levaduras, endosporas que afectan a la reutilización del agua servida.

Se considera que el proceso de desinfección tiene como objetivo matar o desactivar los microorganismos patógenos que se encuentran en el agua contaminada dando como resultado un cuerpo hídrico depurado y que puede reusarse en actividades como el riego agrícola o para fuentes de parques. Sin embargo, las consecuencias que provocan la mala descontaminación o la mala ejecución de los desinfectantes son muy desfavorables para los seres vivos no solo porque podría matarlos, sino también porque ocasionaría intoxicaciones o enfermedades crónicas en el sistema inmunológico. Además, debemos tener conocimiento sobre el origen de los organismos contaminantes como las bacterias que en su gran mayoría

pueden ser de origen fecal o implicado en el proceso de biodegradación, su presencia depende del pH del agua o de la temperatura a la que se encuentre. Por ende, si el proceso no avanza positivamente, la afectación es agresiva y perjudicial teniendo como conclusión una purificación adversa.

Es posible que con la aplicación de las pastillas de cloro y el ácido peracético se obtenga un sin número de ventajas, entre ellas está el buen desempeño que desarrollan en la depuración de aguas residuales garantizando la limpieza y eliminación de microbios provenientes de los desechos contaminantes domésticos. Por lo tanto, en la orientación hacia las pastillas de cloro se lograrán beneficios como el bajo costo y el rápido tratamiento de agua siempre que el agua sea clara, sin impurezas y carezca de calidad, consiguiendo un cuerpo hídrico desinfectado de microbios, pero no completamente purificado. El inconveniente con el cloro es que este en presencia de materia orgánica puede producir trihalometanos, los cuales son compuestos cancerígenos y peligrosos al ser humano. Así mismo, el ácido peracético posee una rápida acción biocida a bajas concentraciones, mata e inhibe a microorganismos en menos de 5 minutos y el nivel de toxicidad es bajo, debido a estas características y a su significativo aumento en el uso se está convirtiendo en el desinfectante de primera elección en grandes industrias alimentarias. De modo que el empleo de los compuestos químicos tiene una finalidad efectiva como también son amigables con el medio ambiente por su agente biodegradable que les permite descomponerse en componentes naturales.

1.3. Formulación del Problema

- ¿Cómo validar la eficacia de los compuestos químicos que se utilizan en el tratamiento de una Planta de Aguas Residuales (PTAR) en la eliminación o control total de los coliformes fecales de las aguas tratadas, que pueden ser vectores de la contaminación del medio ambiente y de la destrucción de la fauna silvestre del Río Daule?

1.4. Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los aspectos importantes que se deben examinar al momento de desinfectar las aguas residuales domesticas generadas en una PTAR?
- ¿Qué factor ambiental debemos tomar en cuenta al realizar el análisis del proceso de desinfección en la PTAR ubicada en la Urbanización La Rioja?
- ¿Cómo favorecerá los resultados de calidad entre las pastillas de cloro y el ácido peracético para elegir al mejor desinfectante de las aguas residuales en la PTAR ubicada en la Urbanización La Rioja?

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General.

- Evaluar un desinfectante confiable en la esterilización de las aguas con coliformes fecales efluentes de la Planta de Tratamiento de la Urbanización La Rioja.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la eficiencia de las pastillas de cloro en comparación con el ácido peracético en la desinfección del agua residual doméstica efluente de la Planta de Tratamiento de la Urbanización La Rioja.
- Efectuar un análisis económico del costo al usar ácido peracético o pastillas de cloro para evaluar una efectiva desinfección del agua residual.
- Realizar una Planta piloto para aplicar una efectiva desinfección de las aguas residuales efluentes de la Planta de Tratamiento de la Urbanización La Rioja.

1.6. Delimitación del Problema

En esta investigación se estudia la factibilidad de uso de dos desinfectantes (pastillas de cloro, ácido peracético) que serán utilizados para la debida desinfección de las aguas residuales urbanización la Rioja. El principal problema que se debe afrontar en el sector es la

depuración total de los patógenos antes de ser expulsados al cuerpo de agua más cercano que es el río Daule. De modo que, el desinfectante actual utilizado en la planta de tratamiento son los rayos ultravioleta, el cual es un Sistema de desinfección que es muy sensible a las variaciones de sólidos suspendidos en el agua antes del proceso de desinfección. Se ha comprobado que si el agua llega con sólidos la eficiencia de la desinfección de los rayos ultravioletas se reduce drásticamente lo cual impide cumplir con el límite permisible de descarga al cuerpo de agua dulce. Por esta razón, se optó estudiar y analizar otras dos opciones de desinfectante como son las pastillas de cloro y el ácido peracético para analizar su efectividad en la reducción total de microorganismos que tiene el agua residual que se evacua primero a un canal de agua lluvia que descarga finalmente en el río Daule.

Lugar: Ecuador, Daule

Campo: Educación Superior Tercer Nivel

Aspecto: Investigación Experimental

Área: Ingeniería Civil.

Tema: Evaluación De La Remoción De Coliformes Fecales Aplicando Pastillas de Cloro y Ácido Peracético.

Ubicación: Urbanización La Rioja.

Delimitación Espacial: Daule, La Aurora Urbanización La Rioja, Planta piloto.

Delimitación Temporal: 6 meses, desde el mes de Febrero a Agosto del 2021.

1.7. Justificación

Mediante el desarrollo de este proyecto de investigación, se pretende conocer el desempeño ideal entre dos compuestos químicos que son el ácido peracético y las pastillas de cloro. Por lo tanto, al ser evaluados y aplicados se promueve la salud preventiva garantizando una buena calidad de agua depurada y evitando la propagación de parásitos existentes en el

agua que son los causantes principales de expandir enfermedades. Así mismo, debemos tener en cuenta que para dosificar el agua tratada existen parámetros de desinfección que se deben cumplir para no alterar la fauna y flora existente. Cabe recalcar que, las pastillas de cloro promueven la formación de un compuesto llamado trihalometano que es uno de los principales causantes de cáncer a la vejiga y que el exceso de dosis puede provocar como un olor desagradable y sabor al compuesto químico.

Este estudio se llevó a cabo para conocer los beneficios de realizar una correcta de aguas residuales domésticas con compuestos químicos que garantizan una limpieza completa dando como resultado un agua residual reusable. Al mismo tiempo se podrá comprender más sobre el desempeño que tiene el método de radiación ultravioleta utilizado en la planta de tratamiento de la Urbanización de La Rioja en el proceso de desinfección sin afectar a la flora y fauna de sus alrededores. Cabe recalcar que al aplicar este desinfectante se elimina un mayor porcentaje de bacterias, virus o contaminantes que son los principales causantes de hedor que expela el agua residual no tratada dando una mejor agua reusable para el riego agrícola. Sin embargo los resultados podrían ser mejores si evaluamos el uso del ácido peracético no solo por su rápida acción biosida sino porque es un desinfectante que no produce trihalometanos y elimina un mayor porcentaje de coliformes causante de daños hepáticos y entre otras enfermedades.

1.8. Hipótesis de la Investigación

Desarrollar una planta piloto usando desinfectantes como pastillas de cloro y ácido peracético para evidenciar cuál es el más efectivo en la desinfección de agua residual.

Variables

Variable Independiente

Evaluación de la remoción de coliformes fecales.

Variable Dependiente

La implementación de dos desinfectantes para el tratamiento de aguas residuales.

1.9. Línea de Investigación

Tabla 1. Línea de Investigación.

Dominio	Línea institucional	Líneas de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Territorio Materiales de construcción

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Elaborado por: Arana & Mancero (2022)

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico Referencial

2.1.1. Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas (AASS).

Las aguas servidas o más conocidas como aguas residuales, son la unión de 200lts/persona/diario entre aguas fecales, aguas de lavado y limpieza generadas por el metabolismo humano y por las actividades domésticas. Es por eso que es necesario tratarlas porque de esta manera se eliminan contaminantes presentes en el agua que son principales conectores de enfermedades. El beneficio del tratamiento del agua residual es, poder producir en gran medida agua efluente del tratado o agua limpia que sea reutilizable y que esté convenientemente disponible para el rehúso. (Edna, 2011). Por ende, al tener agua reutilizable para el riego agrícola, se asegura que la desinfección es efectiva sin riesgos a dañar los cultivos. Maximizar el uso del agua para la agricultura permitirá ahorrar en costos de agua, al tiempo que se protegen los cuerpos acuíferos y permiten que el agua sea aprovechada en otras actividades o para garantizar el acceso del agua a la población. (Domos Agua, 2019)



Ilustración 1. ¿Qué es el tratamiento de aguas residuales?

Fuente: Tratamiento de aguas residuales.net (s.f.)

Cabe recalcar que debemos tener en cuenta las características del agua residual para poder escoger un tratamiento adecuado conforme a los componentes que incluya teniendo en cuenta que no todas las aass son iguales o contienen lo mismo, estas varían según el uso que hayan tenido. Todas ellas se almacenan en contenedores conocidos como tanques sépticos, que usan conductos de tuberías o alcantarillados para que tengan la misma finalidad que es ser recogidas en un espacio que permite que el uso de bombas las dirija hacia las plantas de tratamientos. (Edna, 2011) El agua residual en general consta de diversos contaminantes, los cuales tienen sus respectivas características.

(Iñiqui Tejero, Suárez Lopez, Jacome Burgos, & Temprano Gonzales, 2001)

Describió los siguientes puntos:

- **Sólidos suspendidos:** Provocan la formación de lodos y condiciones anaeróbicas (en ausencia de oxígeno).
- **Patógenos:** La enfermedad puede ser transmitida por organismos patógenos.
- **Nutrientes:** Se refiere a la liberación de elementos como fósforo, nitrógeno y carbono al agua. Esto se debe a que causa una contaminación no deseada del agua y las aguas subterráneas cuando se libera directamente en el suelo.
- **Contaminantes prioritarios:** Estos pueden ser compuestos orgánicos o inorgánicos con parámetros específicos de carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad, que pueden estar presentes en las aguas residuales.
- **Materia orgánica biodegradable:** Está compuesto de proteínas, grasa animal y este material orgánico biodegradable generalmente es de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno).
- **Materia orgánica refractaria:** Este tipo de material puede resistir los tratamientos tradicionales, como los pesticidas agrícolas, por nombrar algunos.

- **Sólidos inorgánicos disueltos:** Para reutilizar las aguas residuales, que es uno de los propósitos importantes de la depuración de aguas residuales, es necesario eliminar componentes inorgánicos como sulfato, sodio y calcio.
- **Metales pesados:** Las aguas residuales deben reutilizarse para eliminar algunos metales pesados, especialmente los que se liberan en los procesos industriales.

Cuando hablamos del tratamiento de aguas residuales podemos enfatizar que se trata de un proceso de depuración que cuenta con un sistema en el que se eliminan y remueven contaminantes encontrados en el agua. Se dice que si queremos tratar o descontaminar al agua naturalmente se requerirá mucho tiempo a comparación de una planta de tratamiento debido a que el proceso de desinfección se apresura. Así podemos reutilizar el agua en actividades diversas como la agricultura, la industria y la recreación. (INTERAPAS, s.f.) El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene varios niveles de defensa o de tratamiento: pre tratamiento, tratamiento primario, secundario, avanzado y entre otros.

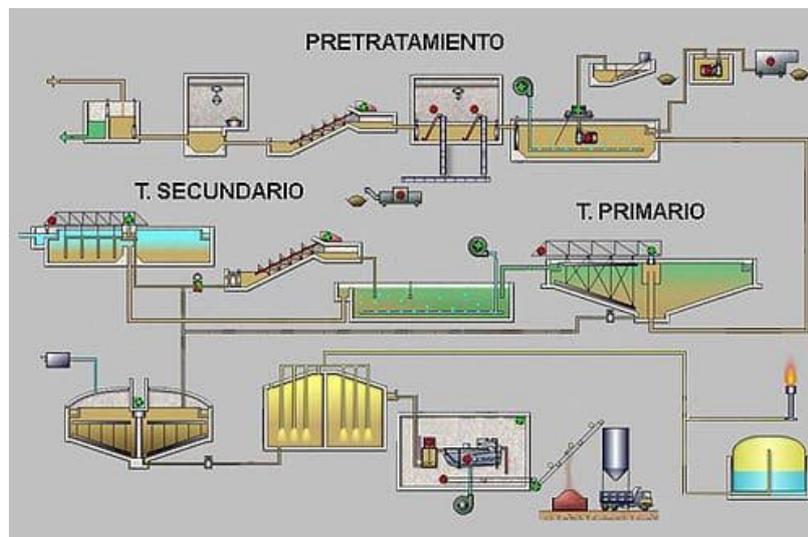


Ilustración 2. ¿En qué consiste el tratamiento de aguas residuales?

Fuente: Tratamiento de aguas residuales.net (s.f.)

2.1.1.1. Pretratamiento.

Cuando nos referimos a pre tratamiento hablamos de separar todo el material grueso que es proveniente de los desechos del ser humano y que por lo general se encuentran flotando en el agua dando un aspecto perjudicial al momento de visualizarlo. Dentro de este grupo de desechos están las fundas, objetos plásticos y de caucho, entre otros que son perjudiciales al momento de ingresar al proceso. Por ende el objetivo de este paso es que se excluya todo este material en la mayor parte del agua que se va a tratar, para que más adelante no haya ningún impedimento o dificultad con los procesos posteriores.

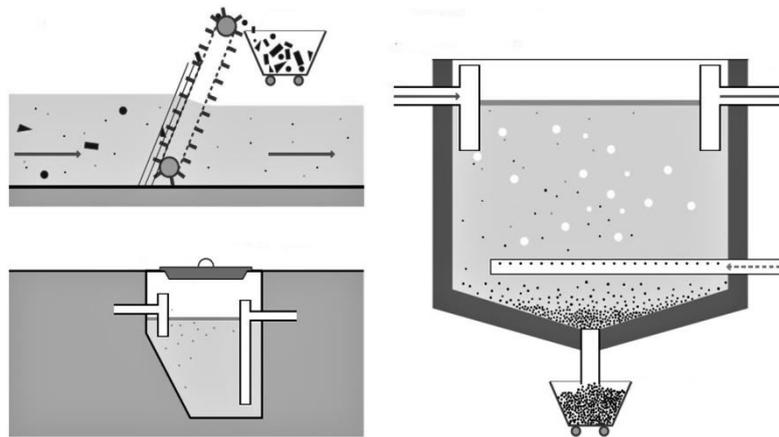


Ilustración 3. Tecnologías de Pretratamiento.
Fuente: Sswm.info (2018)

(Silva, 2016) Dice que las alternativas del Pretratamiento de aguas residuales cumplen todas las operaciones en el proceso de desinfección, como:

- **Pozo de Gruesos:** Cuando se prevé la existencia de sólidos de gran tamaño o de una gran cantidad de arenas en el agua bruta, se debe incluir en cabecera de instalación un sistema de separación de estos grandes sólidos, este consiste en un pozo situado a la entrada del colector de la depuradora. (pág. 5)

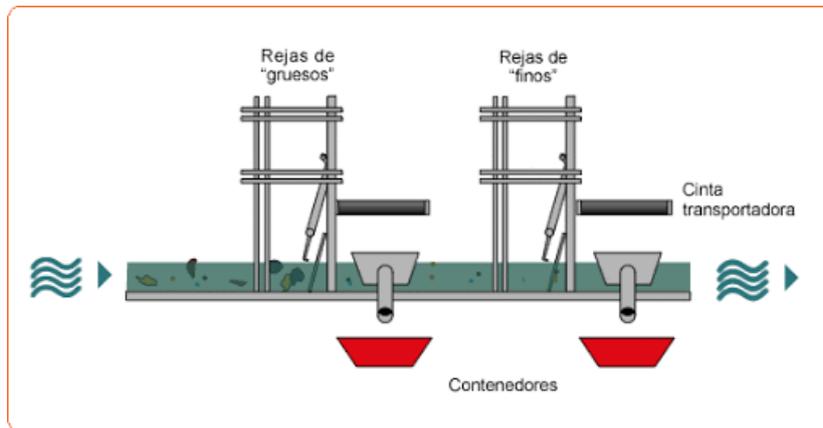


Ilustración 4. Funcionamiento de una estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Fuente: Contenidos Educarexv (2007)

Importancia: En este pozo se instala una rejilla denominada reja de muy gruesos. Se trata solo de una serie de vigas de acero colocadas perpendiculares a la entrada de la planta, impidiendo el ingreso de grandes cantidades de troncos y material que puedan interrumpir u obstruir el flujo y evitar que ingrese al sistema.

Desbaste: Las sustancias voluminosas que transportan agua se separan y desechan fácilmente, lo que puede reducir la eficacia de otros métodos de tratamiento.

Importancia: Optimiza la eficiencia de los procesos posteriores y protege la planta de procesamiento de la apariencia que puede interferir con objetos grandes en varias unidades del equipo.

Tipos de Desbaste:

- Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
- Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm.
- Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
- Reja de finos: entre 6-12 mm.
- Rejas de limpieza manual
- Rejas de limpieza automática

- **Tamizado:** Tienen una pendiente específica que permite que el drenaje y los escombros se salgan de la malla. Debe haber una gran diferencia entre los niveles de los puntos de suministro de agua y los puntos de drenaje.

Importancia: La importancia del cribado es eliminar un mayor porcentaje de sólidos en la abertura más grande para evitar la obstrucción de las tuberías, biofiltros.

Tipos de Tamizado:

- Tamizado Estático: Un filtro utilizado para la separación sólido-líquido se utiliza como pretratamiento de aguas residuales, con un tamaño de malla de 1 a 1,5 mm.
- Tamizado Rotativo: El tamiz rotatorio o tamiz rotatorio es un filtro de gran volumen que mide, significativamente más pequeño que otros tamices utilizados para la separación sólido-líquido.
- Desarenador: Esta operación implica la eliminación de todas las partículas con un tamaño de partícula superior a 200 micrones.

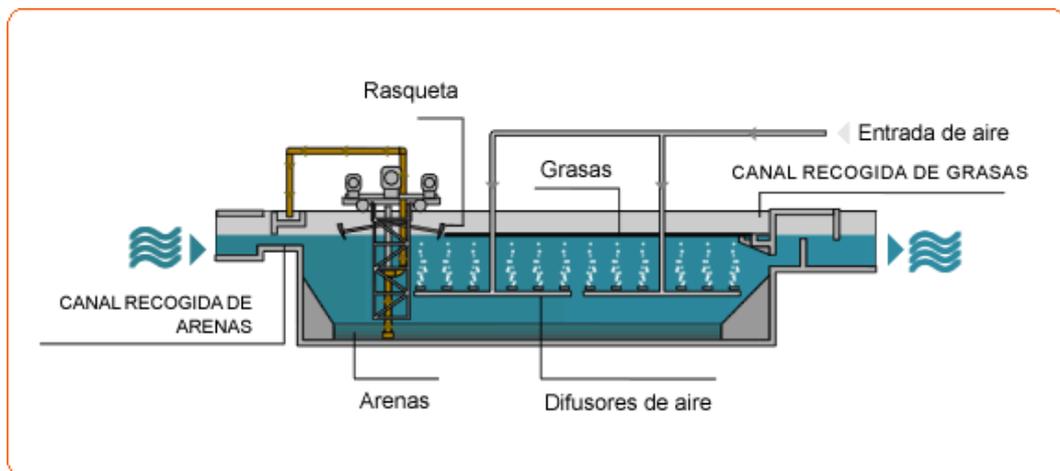


Ilustración 5. Funcionamiento de una estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Fuente: Contenidos Educarex (2007)

Importancia: Evita la formación de depósitos en canales y tuberías, protege las bombas y otros equipos del desgaste y evita la sobrecarga en los pasos de procesamiento posteriores.

Tipos:

- Flujo Horizontal: Se utiliza para instalar plantas de tratamiento en pueblos pequeños, ralentiza el flujo en el canal y provoca la deposición de partículas.
- Flujo Vertical: Están diseñados con tanques con mayor flujo de agua que permite que la arena se asiente.
- Flujo Inducido : En este proceso, el aire es impulsado por una bomba de aire o un ventilador para crear una corriente helicoidal que permite que la arena se asiente y genera una corriente eléctrica desde abajo.
- Desengrasador: El disolvente consiste en la separación líquido-líquido y el desengrasado es la separación sólido-líquido. En ambos casos, se soplan para emulsionar la grasa y mejorar la flotabilidad.

Importancia: Este paso elimina grasas, aceites, burbujas y otros materiales en suspensión que son más livianos que el agua. Esto puede inducir a error al procesamiento posterior.

- **Decantación:** En esta fase se separan la mayor parte de sólidos sedimentables y de material flotante que no pudieron ser eliminados en etapas anteriores. Mediante una decantación física natural de los sólidos en suspensión y una flotación, también natural, de las partículas menos densas. Los sólidos se depositan en el fondo, mientras que las partículas se retiran mediante rasquetas giratorias en superficie. El agua decantada se vierte en un canal que la conduce hacia el tratamiento biológico. (Muñoz Bravo & García Blanco, 2007)

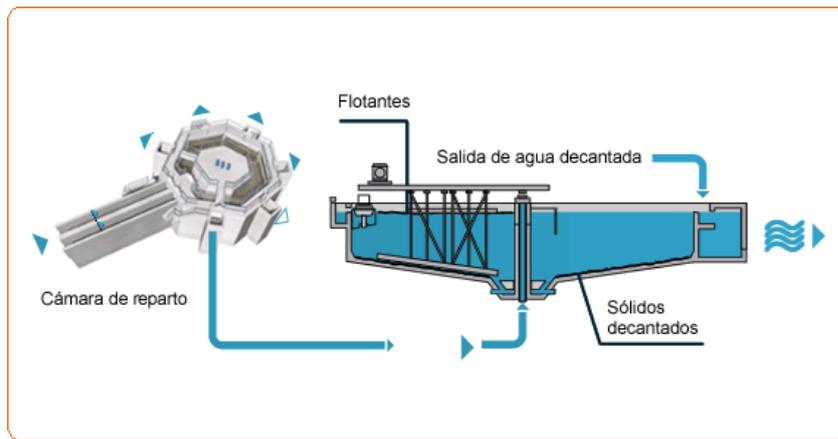


Ilustración 6. Funcionamiento de una estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Fuente: Contenidos Educarex (2007)

2.1.1.2. Tratamiento Primario.

Los sistemas primarios son los más sencillos en la limpieza del agua y “tienen la función de preparar el agua, limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes.” (Salgado & Lopez, s.f.) Este tratamiento está conformado de varias funciones como el cribado o las mallas de barreras, seguido de la flotación o eliminación de grasas y para finalizar con el proceso está la sedimentación. Los primeros son capaces de llegar al fondo tras un período corto de tiempo mientras que los segundos están formadas por partículas muy pequeñas (menor de 10 micras) integradas en el agua por lo que no son capaces de flotar ni sedimentar y para eliminarlas se requiere de otras técnicas. (García Astillero, 2018) Los procesos físico químicos más importantes que incluye el tratamiento primario son: sedimentación, flotación, floculación y filtración.

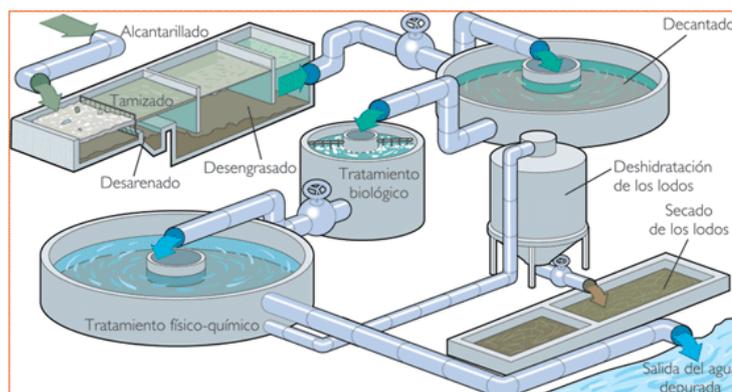


Ilustración 7. Tratamiento primario de agua residual.

Fuente: Emontanos Wordpress (2013)

- **Sedimentación:** proceso por el que las partículas caen al fondo gracias a la acción de la gravedad. Pueden eliminarse hasta un 40% de los sólidos que contienen las aguas. Dicho proceso ocurre en unos tanques denominados decantadores. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. (Cyclus, 2011).

La forma del dispositivo que provoca la sedimentación depende de las características de las partículas que sedimentan (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.).

- **Sedimentadores rectangulares:** Su velocidad de movimiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas). Suelen ser equipos poco profundos.
- **Sedimentadores circulares:** En su caso, el flujo de agua generalmente se irradia hacia afuera desde el centro, por lo que la velocidad del movimiento del agua se ralentiza a medida que se aleja del centro del colono.
- **Sedimentadores lamelares:** Surgieron como reemplazo de los colonos poco profundos, trayendo un área más grande de sedimentos al mismo espacio. Consisten en depósitos poco profundos que contienen paquetes de discos (laminillas) o tubos que están inclinados con respecto a la base, a través de los cuales fluye el agua hacia arriba. Las partículas se acumulan en la superficie inferior y descienden al fondo del clarificador.
- **Flotación:** consiste en la retirada de espumas, grasas y aceites ya que debido a la baja densidad que tienen se sitúan en la capa superficial del agua. También

pueden eliminarse partículas de baja densidad, para lo que se inyectan burbujas de aire facilitando su ascensión. Con la flotación podrían eliminarse hasta un 75% de las partículas suspendidas. Esto ocurre en otros tanques denominados flotadores por aire disuelto. Según (Cyclus, 2011), podría haber dos tipos de flotación:

- a. **Flotación por aire disuelto (DAF):** En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.
 - b. **Flotación por aire inducido:** La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.
- **Coagulación – Floculación:** es empleado para retirar emulsiones, dispersiones y metales pesados que se encuentran en el agua residual mediante el procedimiento antes mencionado, añadiendo reactivos químicos que desestabilicen la suspensión coloidal y ayuden con la floculación dando como resultado la extracción de partículas sedimentables (coagulación y floculación).

Según (Cyclus, 2011) El coagulante es generalmente el químico que da la carga opuesta al coloide en solución, y las sales con una alta relación carga-masa (Fe_3 , Al_3) se usan

a menudo con electrolitos de polímeros orgánicos. . . Su objetivo es también promover la aglomeración. :

- Sales de Fe^{3+} : Pueden ser Cl_3Fe o $Fe_2(SO_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- Sales de Al^{3+} : Suele ser $Al_2(SO_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.
- Polielectrolitos: pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.
- **Filtración:** se encarga de hacer pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de conservar la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable. (Cyclus, 2011)

2.1.1.3. Tratamiento Secundario.

Es un procedimiento esencialmente biológico, es decir que una vez eliminado entre un 40 a 60% de sólidos en suspensión se continúa con la supresión de la materia orgánica que compone la fuente de energía y de carbono que los microorganismos requieren para su crecimiento que se encuentra en el agua residual. Por otra parte, este proceso biológico tiene una eficacia según investigaciones del 90% y radica en funcionar con una similitud a las bacterias o microorganismos, es decir, consiste en transformar la materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, en biomasa celular. Por lo tanto, este sistema

aplica la aceleración de los procesos naturales de eliminación de los residuos, sin embargo, al estar presente el oxígeno las bacterias aeróbicas transforman la materia orgánica en dióxido de carbono, fosfatos u otros materiales orgánicos.



Ilustración 8. Tratamiento secundario de aguas residuales.

Fuente: Ingeniería ambiental (2020)

Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. (Cyclus, 2011).

Según (García Astillero, 2018), hay diferentes tipos de depuración como:

- **Lodos activos:** proceso aeróbico en el que se añaden escamas o trozos de materia orgánica, incluidos microorganismos, a las aguas residuales y se infiltran constantemente con oxígeno para provocar una reacción.
- **Lechos bacterianos:** Proceso aeróbico. Se trata de rejillas en las que se ubican los microorganismos y se vierte una pequeña cantidad de agua sobrante para mantener las condiciones aeróbicas.
- **Filtros verdes:** Son cultivos regados con aguas residuales debido a su capacidad para absorber compuestos.
- **Digestión anaeróbica:** Proceso anaeróbico que ocurre en un tanque completamente sellado. Las bacterias productoras de ácido y metano se utilizan principalmente para descomponer la materia orgánica.

- Otros: Bioadhesivos, bioadhesivos, electrocoagulación, electrooxidantes, reactores de biopelícula, etc.

Dentro de este tratamiento están incluidos varios procesos como aerobios y anaerobios.

2.1.1.4. Tratamiento Terciario.

Este último proceso tiene como objetivo la eliminación o expulsión de agentes patógenos como las bacterias fecales y los nutrientes que son principales contaminantes y causantes de enfermedades a los seres vivos. Sin embargo, este tratamiento es opcional y normalmente se hace cuando el agua se va a reutilizar como, por ejemplo, en jardines u otros espacios públicos para que no supongan un peligro para la salud humana, o en el caso de que los cauces receptores se encuentren en espacios protegidos o con una alta calidad en sus aguas. (García Astillero, 2018). Es decir, mediante este tratamiento eliminamos por filtración todas las partículas residuales que se encuentren en suspensión como por ejemplo los pesticidas o detergentes mientras que los sólidos disueltos se disminuyen por diferentes procedimientos como la electrodiálisis o la ósmosis inversa. El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del afluente eliminando los contaminantes recalcitrantes. (Cervantes Picazo, de Gortari Buenrostro, & Gochis Illescas, s.f.).

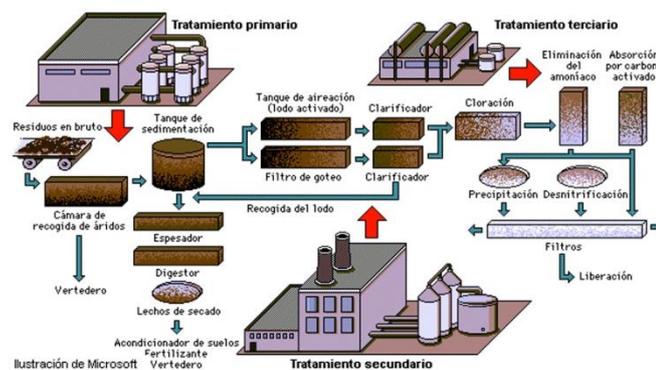


Ilustración 9. Sistemas de tratamiento terciario.

Fuente: Sanitron Ecuador (s.f.)

Según (García Astillero, 2018) El proceso de desinfección de aguas residuales más común es el siguiente:

- Rayos Ultravioleta: Para estar expuesto a la luz, el agua debe ser muy clara, sin muchas partículas disueltas, y la luz debe llegar a todas partes. Los rayos ultravioleta inhiben el crecimiento de microorganismos y evitan que desarrollen la capacidad de infectar. Aproximadamente el 99% de los microorganismos se pueden eliminar.
- Intercambio iónico: técnica utilizada para eliminar concentraciones bajas de sales utilizando una resina capaz de atrapar iones temporalmente.
- Ósmosis inversa: incluye la eliminación de sales cuando el agua cambia de una solución más concentrada a una solución más fluida.
- Filtración: Incluye la remoción de partículas orgánicas que no pudieron ser extraídas por tratamientos previos. La arena y la grava se utilizan para este propósito.
- Cloración: Utilice productos clorados para eliminar microorganismos. Además, ayudan a eliminar el amoníaco y previenen la oxidación de elementos inorgánicos.
- Electrodialisis: De acuerdo con (LENNTECH, s.f.), es un proceso de membrana, durante el cual los iones son transportados a través de una membrana semipermeable, bajo la influencia de un potencial eléctrico. Las membranas son catiónicas o aniónicas, lo cual básicamente indica qué iones, ya sean positivos o negativos, fluirán a través. Las membranas selectivas de cationes son polielectrolitos con materia negativamente cargada, que rechaza los iones con carga negativa y permite fluir a los iones con carga positiva. Al

colocar múltiples membranas en una fila, que permitan fluir iones con carga positiva o negativa alternativamente, los iones pueden ser removidos desde el agua residual. En algunas columnas la concentración de iones tendrá lugar, y en otras columnas los iones serán removidos. El flujo concentrado de agua salada se circula hasta que alcanza un valor que permite la precipitación. Esta técnica puede ser aplicada para remover iones del agua. Las partículas que no llevan una carga eléctrica no son removidas.

- Membranas de filtración: operación que se basa en impedir por exclusión el paso a través de la membrana de contaminantes de mayor tamaño que el diámetro de poro de la membrana. Por un lado, se distinguen la fuerza impulsora generada por el diferencial de presión transmembrana en microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa y, por otro lado, la electrodiálisis, cuya fuerza impulsora es el diferencial de potencial eléctrico transmembrana. (Valdivieso, s.f.)
- Flotación con aire disuelto: operación que consiste en generar burbujas de gas, donde el aire de la burbuja contiene las partículas presentes del agua tratada que se elevan hasta la superficie y salen del procesado. (Valdivieso, s.f.)

2.1.1.5. Sistema Aerobio y Anaerobio

2.1.1.5.1. Sistema Aerobio:

En este procedimiento utilizan sistemas mecánicos y eléctricos que facilitan el manejo del tratamiento. Se hace a través de la inyección de oxígeno, lodos activados y con bacterias aerobias. (Soto Escalante, s.f.). Mientras que (García Astillero, 2018), nos menciona que el proceso aeróbico tiene lugar en presencia de oxígeno y debe introducirse en el tanque de aguas residuales. En esta etapa, ocurre algo de la descomposición de la materia orgánica, de la cual se liberan productos de agua, CO₂ y nitrógeno. El amoníaco, un derivado del nitrógeno altamente tóxico, se convierte en nitrato mediante una reacción llamada nitrificación. Sin

embargo, aunque los nitratos ya no son tóxicos, son formas asimiladas de nitrógeno que pueden provocar el crecimiento de algas y la fortificación (eutrofización) del agua en el medio receptor. En la atmósfera. Los sistemas aeróbicos requieren el uso de bombas, aireadores, sopladores y compresores, que consumen mucha energía y continúan con el mantenimiento.

Los sistemas de tratamiento aeróbico son una de las opciones que juegan un excelente papel en el proceso de esterilización, pero requieren una gran inversión mecánica y eléctrica. Su productividad es menor que la de los sistemas anaeróbicos, lo que afecta el rendimiento. Además, se requiere un operador para cada turno para un funcionamiento óptimo.

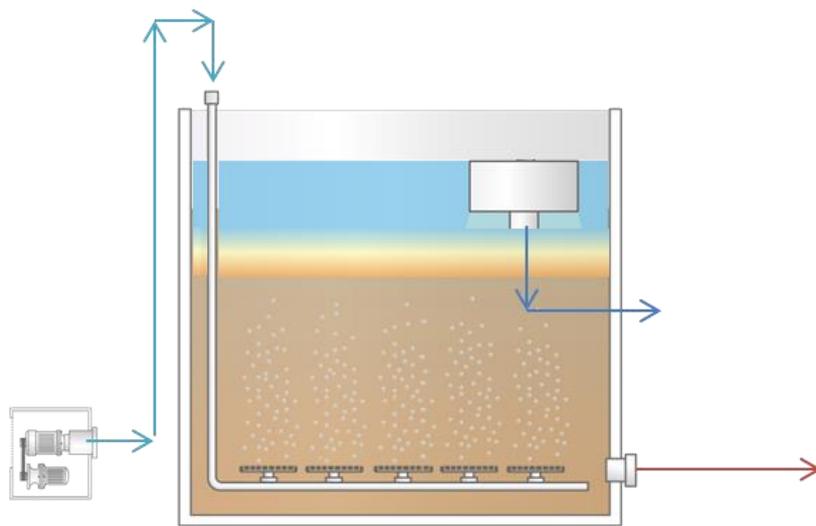


Ilustración 10. Tratamiento Aerobio.
Fuente: GLOBAL WATER & ENERGY (2021)

2.1.1.5.2. *Sistemas Anaerobios:*

Este tratamiento ha desempeñado durante varios años la estabilización de los residuos y aguas residuales domésticas. Consiste en un proceso realizado por grupos bacterianos específicos que en ausencia de oxígeno transforman la materia orgánica en una mezcla de gases, fundamentalmente metano y CO₂, conocida como biogás. (Vivanco, Yaya, & Chamy, s.f.). Cabe recalcar que, utilizan sistemas naturales y físicos para eliminar del agua toda impureza y material orgánico, tratando de que el efluente final sea compatible con el medio ambiente. Sin embargo, este método es semejante al que se emplea en la naturaleza para

purificar los ríos, lagos y mares al fluir sobre la arena y piedra, se va purificando en su recorrido aguas abajo, en comparación con la aerobia aquí usamos bacterias anaerobias y se realiza sin inyección de oxígeno. Aprovechando este principio natural para la operación de la planta de tratamiento, no será necesario entonces la utilización de ningún tipo de bombeo para lograr así que el agua fluya de un lado a otro. (Soto Escalante, s.f.) Es decir, si se colocan capas de arena y piedra en su recorrido, el agua fluirá naturalmente alcanzando el nivel óptimo del compartimento contiguo y dejará en estos tamices todas las impurezas que contiene, alcanzando un cuerpo hídrico desinfectado y limpio para el medio ambiente.

El proceso de digestión anaerobia para la generación de biogás se realiza normalmente en tanques cerrados denominados reactores y presenta beneficios económicos y ambientales como consecuencia de la producción de energía. (Vivanco, Yaya, & Chamy, s.f.). Por otra parte, la capacidad del funcionamiento de un sistema de tratamiento anaerobio se fundamenta en la no utilización de equipos mecánicos y eléctricos, siendo más eficiente debido a su gran tamaño y proceso físico natural. El agua cruda en cada recipiente de conexión sigue su propio curso y el camino a través de la corriente de presión hidrostática. Por lo tanto, tienen que atravesar arena y rocas para llegar al vertedero. Por lo tanto, asegúrese de que el drenaje sea siempre ecológico. (Soto Escalante, s.f.)

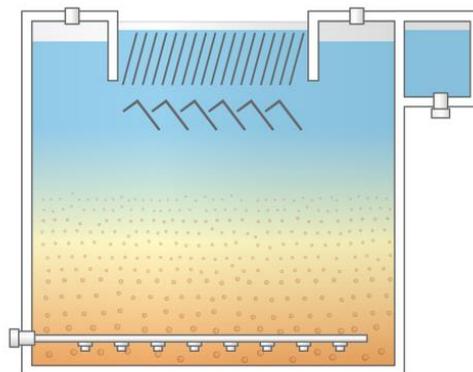


Ilustración 11. Tratamiento Anaerobio.
Fuente: GLOBAL WATER & ENERGY (2021)

2.1.1.6. Zanjas de Oxidación.

El objetivo principal de su desarrollo fue proveer un método de tratamiento de aguas residuales de costo mínimo, e inicialmente los rotores se instalaron en zanjas excavadas en tierra. Las primeras zanjas de oxidación, en Estados Unidos, se construyeron a comienzos de la década de los sesenta, principalmente para el tratamiento de flujos de hasta 1.8 metros cúbicos por segundo. (Mata, 2017) Cabe recalcar que, las zanjas de oxidación funcionan normalmente como sistemas de mezcla completa, pero pueden ser modificados para simular las condiciones de flujo en pistón (Nota: a medida que las condiciones se aproximan al flujo en pistón se debe utilizar la difusión de aire para proporcionar mezclado suficiente, pero en ese caso el sistema ya no opera como una zanja de oxidación). (Estrucplan, 2007).

Además, es un proceso de lodos activados de categoría en aireación extendida, usa un canal cerrado, con dos curvas para la aireación y mezcla. La planta típica de una zanja de oxidación no incluye sedimentación primaria, utiliza un solo canal concéntrico y un sedimentador secundario. (Mata, 2017) Estas zanjas se consideran como una alternativa viable para remoción biológica de nutrientes en condiciones templadas, pero está demostrado que el proceso de nitrificación y des-nitrificación es más eficiente a temperaturas superiores a los 20 °C. Con ello y dadas las características socioeconómicas y demográficas de la entidad, este tipo de tecnologías de depuración de agua residual pueden aprovecharse para poner en marcha sistemas que garanticen: economía, altos niveles de desempeño y que brinden la posibilidad de cumplir en el futuro con una normatividad ambiental más estricta. (Martínez Rodríguez & Rodríguez Rodríguez, 2016).

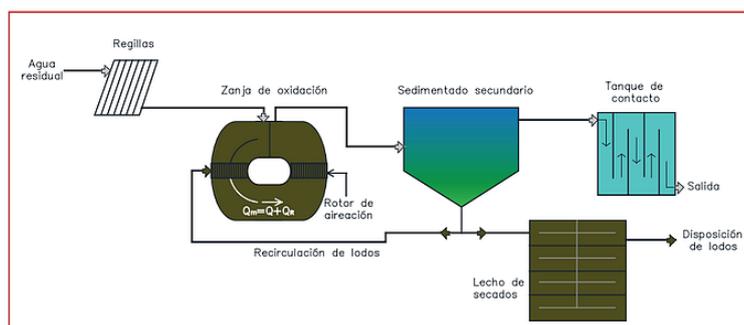


Ilustración 12. Zanjas de Oxidación.

Fuente: Wixsite (s.f.)

Las zanjas de oxidación, aunque representan solo el 2.3 % de todas las plantas de tratamiento para agua residual doméstica del país que emplean la tecnología de lodos activos, son una alternativa eficiente para el tratamiento avanzado del agua residual doméstica urbana y municipal en la mayor parte del mundo. (Martínez Rodríguez & Rodríguez Rodríguez, 2016) Por otra parte (Baars, s.f.), nos dice que:

- a. El primer paso, después del pasaje del agua cloacal por las rejillas, es la presedimentación, la que requiere un tanque de concreto, de decantación primaria, y un método de eliminación de lodo crudo, de ordinario un tanque de digestión, de concreto también.
- b. En la segunda fase, en la cual aparece el lodo activado, se utilizan tanques de aeración, asimismo de concreto.
- c. En la tercera fase, las aguas negras depuradas vuelven a separarse del lodo en un tanque para lodo húmico, también de concreto. Han de construirse dispositivos apropiados para enviar de nuevo la cantidad necesaria de lodo circulante a los tanques de aeración. Además de lo dicho, hay que tomar medidas para tratar el lodo sobrante, que no puede desecarse sin tratamiento previo.
- d. La sección cuarta de la instalación consiste en el tanque de digestión, del cual el lodo fermentado pasa a los lechos de secado. Así, pues, los productos finales son aguas negras depuradas y lodos desecados.

2.1.2. Coliformes Fecales

El agua residual no tratada contiene una gran cantidad de coliformes fecales que son las principales bacterias causantes de enfermedades, para esto se realiza estudios que nos permiten elegir el tratamiento más adecuado para la eliminar dichos patógenos contaminantes.

Para detectarlos en laboratorios se realizan siembras en medios nutritivos específicos y al cabo de un tiempo determinado se cuenta el número determinado de colonias formadas (técnica del filtro de membrana) o se observa el efecto del gas consecuencia del proceso de fermentación de la lactosa (técnica de flujo múltiple). (Tejero Monzon, Suárez Lopez, Jacome Burgos, & Temprano Gonzales, 2001) En aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. (Tierra Rediris, s.f.) Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución. (Tierra Rediris, s.f.). Es decir, el proceso eliminación de estas bacterias debe ser de con una dosis altamente desinfectante por su tasa de supervivencia alta dentro del ambiente acuático y por ser capaces de sobrevivir a altas temperaturas.

El grupo humano excreta gran cantidad de coliformes fecales diariamente. Porque que uno de los objetivos primarios del aguas residuales es eludir el foco de enfermedades infecciosas el interés es reducir estos coliformes a niveles que pueden ser eliminados en la naturaleza. Un buen sistema de lodos activados es apto de matar una fracción mayoritaria de los coliformes fecales con tratamiento eficaces como el cloro o uso de lámparas UV

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él. Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie. Todos los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. (Redalyc, 2012)

La diferencia principal entre coliformes fecales y no fecales es que Los coliformes fecales son una forma de coliformes que se originan en el intestino de los animales de sangre

caliente, mientras que los coliformes no fecales son miembros de la familia Enterobacteriaceae.. Además, los coliformes fecales indican la presencia de microorganismos patógenos en el agua y los alimentos, mientras que los coliformes no fecales fermentan la lactosa, produciendo un gas. Los coliformes fecales y los coliformes no fecales son dos tipos de bacterias coliformes. Los coliformes son bacterias gram negativas que tienen forma de bastón y no forman esporas. (STREPONSAYS, s.f.)

Los coliformes fecales son las bacterias coliformes asociadas con la materia fecal. Se originan en el intestino de animales de sangre caliente. Las plantas, el suelo y el agua pueden contaminarse con los desechos de estos animales. La asociación de coliformes fecales en agua y otras muestras indica la presencia de otras formas patógenas de microorganismos en estas fuentes. Si el recuento de coliformes fecales es superior a 200 colonias por 100 ml de agua, la posibilidad de que haya organismos patógenos es mayor. Se pueden presentar varios tipos de enfermedades, como la fiebre tifoidea, la hepatitis, la disentería, la gastroenteritis y las infecciones de oído debido a la ingestión de esos microorganismos patógenos. (STREPONSAYS, s.f.)

2.1.2.1. *Coliformes totales.*



Ilustración 13. Coliformes Totales.

Fuente: Strephonsays (2011)

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 ° C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h,

aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática galactosidasa. Entre ellas se encuentran (Redalyc, 2012)

- *Escherichia coli*,
- *Citrobacter*,
- *Enterobacter*
- *Klebsiella*

2.1.2.2. *Coliformes termotolerantes.*



Ilustración 14. Coliformes.

Fuente: Escuelapedia (s.f.)

Se encuentran casi exclusivamente en los excrementos de animales de sangre caliente. Su hábitat tiene procedencia específicamente fecal, pues están siempre presentes en voluminosas cantidad en las heces de los seres vivos y extraña vez se localizan en agua o suelo que no haya existido o sufrido algún tipo de contaminación fecal. Entre las principales cepas, podemos encontrar (Delgado, 2015):

- *E. Coli* enteropatógeno (EPEC)
- *E. Coli* enterohemorrágica (ECEH)
- *E. Coli* enteroinvasivas (EIEC)
- *E coli* productora de verotoxina (VTEC):

2.1.3. Desinfección de Aguas Residuales



Ilustración 15. Agua Residuales.

Fuente: Fibras y Normas de Colombia S.A.S. – INGENIERIA EN AGUA (s.f.)

El agua residual contienen un sinnúmero de virus bacterias y enfermedades infecciosas para los seres vivos ya que esa agua es evacuada directamente a un cuerpo hídrico para seguir su ciclo dado a las afectaciones y contaminación ambientales que causan al ser expulsadas la rio sin ser previamente tratadas. Los desinfectantes tienen como objetivo principal depurar los microorganismos asegurando la ausencia total de todo germen infeccioso esto se logra por medio de filtración e inactivación .el medio físico se compone por una membrana que no permite el paso de coliformes fecales y patógenos mientras que la inactivación se trata en alterar el sistema de reproducción de los gérmenes mediante este mecanismo ya no pueden causar enfermedades.

Los microorganismo patógenos radican principalmente de los coliformes fecales como: heces, orina y enfermedades que transitan en las aguas residuales urbanas convirtiéndose en el motivo principal para la desactivación o destrucción de estos microorganismos. El método de desinfección normalmente provoca la corrosión de la pared celular de los microorganismos, o cambios en la permeabilidad de la célula, cambios en la actividad de protoplasma celular (debido al cambio estructural de las enzimas). (LENNTECH, s.f.). Fundamentalmente los desinfectantes tanto químicos como físicos ocasionan la oxidación y eliminación de la materia orgánica que son regularmente la nutriente y

principal fuente de alimentación de los microorganismos patógenos. Eliminando la materia orgánica que está presente en el agua residual doméstica se depurara, evitando la proliferación los malos olores y la reproducción de bacterias o virus, principalmente se disminuye el riesgo de contaminación del medio ambiente Por esta razón, se optó estudiar otro desinfectante llamado ácido peracético como también las pastillas de cloro para analizar su efectividad en la ejecución total de microorganismos para que tenga un buen funcionamiento como agua reutilizable.

En el tratamiento de aguas servidas es necesaria la implementación de un agente desinfectante puesto que contiene materia orgánica e inorgánica que se clasifican dependiendo el tipo de agua y el tratamiento que disponga ya sean físicos, químicos, electroquímicos y biológicos, según (Barros Campoverde, 2015) se clasifica en:

- **Desinfectantes físicos:** La desinsectación física en el ámbito domiciliario puede ser por ebullición, filtros y ultravioleta. La filtración es insuficiente y limitada por la formación de biopelículas en los filtros, la desinfección con ultravioleta no tiene efecto residual para prevenir la re contaminación.
- **Desinfectantes químicos:** Los reactivos químicos más corrientes para desinfectar el agua son el cloro y el yodo. El uso de desinfectantes químicos suele dar lugar a la formación de sus productos químicos, algunos de los cuales pueden ser peligrosos, pero los riesgos para la salud que representan estos subproductos son sumamente pequeños en comparación en los inherentes a una desinfección

En el ámbito físico se basa en la ebullición, filtros y ultravioletas que por lo general suele tener un tiempo de vida útil muy corta y genera una insuficiencia descontaminación de aguas residuales .sin embargo el ámbito químico sus principales desinfectantes son el yodo y

cloro teniendo en cuenta que estos componentes al tomar grandes cantidades de dosis causan riesgos en la salud humana.

Los desinfectante como: cloro, ácido peracético, hipoclorito, rayos ultravioleta deben cumplir con:

- Tener una inactivación de bacterias, virus, hongos, esporas...
- Una acción rápida y sostenida.
- Con efecto residual en el agua.
- No forme subproductos.
- No modifique el sabor ni el olor del agua

2.1.3.1. Tipos de desinfectantes.

2.1.3.1.1. Cloro.

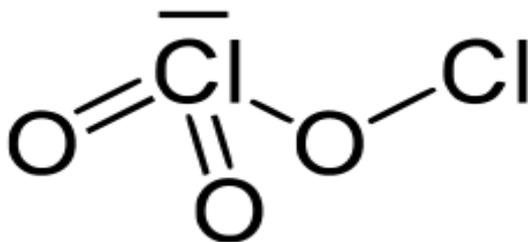


Ilustración 16. Óxido de cloro.
Fuente: Lifeder (2021)

El cloro es un compuesto químico logra destruir las enzimas generalmente para la vida de estos agentes infecciosos que están presente en el agua residual. Es decir, el cloro consigue eliminar los microorganismos patógenos disminuye la probabilidad de contaminación en el cuerpo hídrico y las enfermedades que se transmiten por medio del agua. El propósito principal del tratamiento del agua residual es de salvaguardar al ser vivo que consume estas aguas ya que pueden tener impurezas, que pueden ser dañinas. El objetivo secundario es tratar las impurezas que pueden causar problemas como corrosión y

decoloración. Estos procedimientos eliminan los sólidos en suspensión y pueden afectar la eficacia de la esterilización.

El cloro es especialmente utilizado como desinfectante con mayor fluidez cuando el agua se proporciona mediante tuberías. La cloración regular se reserva usualmente para la desinfección después de la reparación y el mantenimiento. Generalmente, el cloro residual inmediatamente después de que se ha añadido en el sitio de entrega al público más cercano al punto de cloración, para verificar que los niveles de cloro residual estén dentro de los límites establecidos (entre 0,5 y 0,2 mg/L) en el punto más lejano de la tubería, donde probablemente los niveles de cloro residual sean los más bajos. Si los niveles de cloro se encuentran por debajo de 0,2 mg/L, es necesario añadir más cloro en un punto intermedio de la red de tuberías. (Reed, 2009)

Demanda de cloro Corresponde a la cantidad de cloro utilizada o consumida por bacterias, algas, compuestos orgánicos y sustancias inorgánicas, tales como hierro, manganeso y amoníaco. Esta reacción es instantánea y al completarse la demanda comienza a aparecer el cloro residual libre, el cual se encarga de la desinfección desde su aparición, por lo tanto, la desinfección no se produce hasta que el cloro se combina con las sustancias presentes en el agua.

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre El cloro libre permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación. (Reed, 2009)

2.1.3.1.1.1. Las fases de la cloración del agua.

En el proceso de cloración humana. Cada proceso tiene diferentes equipos y procedimientos. Las etapas de cloración del agua en la planta de tratamiento son las siguientes:

- **Pre cloración:** En esta etapa la cantidad de cloro necesaria para superar se agrega el punto de interrupción. Esto garantiza que el nivel de cloro residual sea apropiado para una desinfección más lejos. Por lo general, la dosis de cloro se lleva proporcionalmente al flujo de agua a tratar. (Nuevo, 2018)

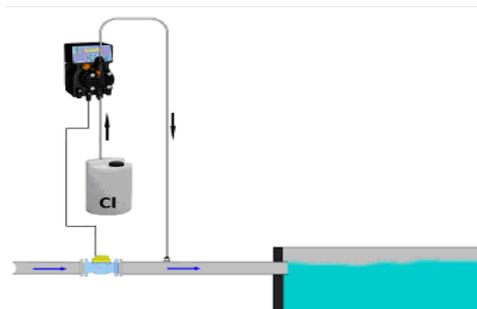


Ilustración 17. Pre-cloracion con Sistema automático.

Fuente: Yali Tech Instruments (2018)

- **Desinfección en planta:** Esta etapa se lleva a cabo dentro del depósito de desinfección. En esta fase, se produce la desinfección del agua tratada. El jefe de planta determina el tiempo de contacto necesario para mantener un nivel residual de cloro. De esta forma, asegura que no se ha producido la contaminación microbiológica. Para llevar a cabo la entrada de cloro se necesita un equipo de dosificación de cloro. (Nuevo, 2018)
- **Post cloración:** Cuando el agua ha salido del tanque anterior, se puede aportar una cantidad de cloro adicional. El objetivo será garantizar que los niveles de cloro residual sean adecuados en los puntos de consumo. El equipo de control en línea es de gran importancia, ya que será el último responsable de mantener el nivel de cloro en la red de distribución. (Nuevo, 2018)

2.1.3.1.1.2. *Los Sistemas de Dosificación mediante Cloro Gas.*

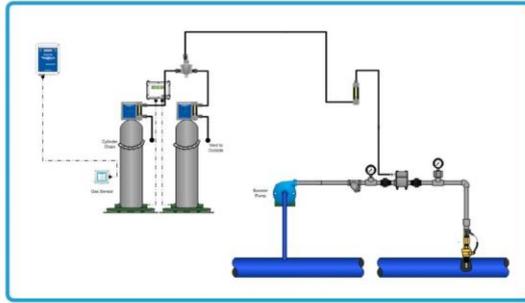


Ilustración 18. Sistema de dosificación.

Fuente: Serviclora (s.f.)

Son efectivos en la eliminación de organismos patógenos comúnmente utilizados en sistemas mayores, plantas de tratamiento de aguas con grandes poblaciones a servir. es mejor optar por este tipo de desinfección cuando se cuente con personal capacitado para el manejo y que se encuentre enteramente en control y encargado de la planta de tratamiento en donde esté instalado este sistema de desinfección. Esto se debe a que su manejo no es sencillo y debe realizarse con sumo cuidado para evitar accidentes (ISA, Ingeniería y Servicios Ambientales, 2020).

El método de desinfección de cloro gas este proceso es muy efectivo para la depuración de organismos utilizados frecuentemente en sistemas mayores como en plantas de tratamiento con un gran caudal. Para este tipo de tratamiento mediante cloro gas es muy importante tener personal capacitado para el manejo y la dosificación esto se debe que no es un manejo sencillo.

- **Desinfección Mediante Cloro Líquido.**

Sistema seguro para la dosificación de cloro, utilizado en sistemas menores y plantas de tratamiento de agua potable para poblaciones a servir medianas y pequeñas. Amplia disponibilidad del producto en el mercado. Tiene un tiempo de vida útil ya que si es que es almacenado por mucho tiempo sin utilizarse puede perder concentración debido a la

evaporación de la especie clorada (hipoclorito de sodio). Debido a que la dosificación se realiza mediante una bomba dosificadora, la misma se puede programar para que se realice de manera automática, su uso resulta sencillo, versátil y rápido. (ISA, Ingeniería y Servicios Ambientales, 2020)



Ilustración 19. Cloro líquido residual.
Fuente: ACQUA TECNOLOGIA (s.f.)

Desinfección cloro líquido es igual de efectivo que el de gas pero este método es comúnmente utilizado para plantas de tratamiento mediana con un caudal medio. Dado que tiene un tiempo de vida útil no se puede mantener mucho tiempo en reposo se produce la evaporación del hipoclorito de sodio por esta razón la desinfección debe de ser inmediata mediante una bomba dosificadora de uso fácil y automática.

- **Desinfección Mediante Pastillas De Cloro.**

Sistema seguro para la dosificación de cloro, utilizado comúnmente en Sistemas Menores y Plantas de Tratamiento de Agua Potable para poblaciones a servir medianas y pequeñas. Amplia disponibilidad del producto en el mercado. Se requiere de personal que se encuentre a cargo de la dosificación de las pastillas y muchas veces el control de la dosificación no es óptimo. (ISA, Ingeniería y Servicios Ambientales, 2020)



Ilustración 20. Pastillas de Cloro de 1kg.

Fuente: Clorox (s.f.)

- **Dosificadores de hipoclorito de calcio sólido**



Ilustración 21. Hipoclorito de Calcio.

Fuente: Amoquimicos S.A.S. (s.f.)

Los dosificadores de hipoclorito de calcio se fabrican para grandes o pequeños caudales. Los primeros son dosificadores volumétricos o gravimétricos, que dejan caer una cantidad medida (en volumen o en peso) en un pequeño tanque de disolución (siempre con agitación) donde se disuelve para ser luego dosificado en el punto de aplicación. El uso de estos equipos no es popular, ya que cuando se requiere tratar grandes caudales se prefiere el uso del cloro gas. Para tratar pequeños caudales (típicos de medianas y pequeñas comunidades) se utilizan equipos que funcionan por medio de la erosión de tabletas o que suministran directamente el hipoclorito de calcio sólido en forma de píldoras. (Solsona & Méndez, 2002)

2.1.3.1.2. *Ácido Peracético.*



Ilustración 22. Ácido Peracético.

Fuente: Industria Química (s.f.)

Es un compuesto orgánico con la fórmula $C_2H_4O_3$, también conocido como ácido peroxiacético. Es un producto de reacción de equilibrio que se realiza por el ácido acético con peróxido de hidrógeno su aplicación es mediante industrias alimentarias y bebidas, recientemente tiene otras aplicaciones como en industrias papeleras y en el tratamiento de agua servidas. Su uso está muy generalizado para la desinfección de superficies y circuitos en las industrias alimentarias debido a que sus subproductos son inofensivos (ácido acético, oxígeno y agua), minimizando así el riesgo para el medio ambiente y la salud humana. Se describe al ácido peracético como un antimicrobiano ideal, debido a su alto potencial oxidante sobre la membrana externa de las bacterias, endosporas, hongos, virus y levaduras. Su mecanismo de oxidación consiste en la transferencia de electrones de la forma oxidada del ácido a los microorganismos, provocando así su inactivación o incluso su muerte. (Estornell, 2018)

El ácido peracético reacciona con la materia orgánica presente en las aguas residuales. Si hay poca materia orgánica, la reacción de desinfección será rápida, y la desinfección adicional después de 30 minutos de contacto será insignificante. Sin embargo, a niveles más altos de concentración de materia orgánica, la desinfección también puede ocurrir después de éste tiempo, proveyendo una dosis inicial de ácido peracético lo suficientemente alta para

satisfacer la demanda de ácido peracético del efluente del alcantarillado, y para estabilizar el residual. (Mesa, 2016)

- ***Espectro de actividad***

Desinfectante de alto nivel. A bajas concentraciones (0.01-0.2%) posee una rápida acción biocida frente a todos los microorganismos. Es activo frente a bacterias, hongos, levaduras, endosporas y virus. A concentraciones inferiores a 100 ppm inhibe y mata a bacterias Gram positivas, Gram negativas, micobacterias, hongos y levaduras en 5 minutos o menos. Algunos virus son inactivados por 12-30 ppm en 5 minutos, mientras que otros requieren 2000 ppm (0.2%) durante 10-30 minutos. La Concentración Mínima Esporicida (CME) del ácido peracético es de 168-336 ppm (son necesarias 1-2 horas de contacto). Es más activo sobre las esporas cuando se combina con peróxido de hidrógeno. Se ha demostrado que la combinación de 21 ppm de ácido peracético (que ya contiene aproximadamente un 5% de peróxido de hidrógeno en su composición) y 2813 ppm de peróxido de hidrógeno elimina todos los microorganismos de fibras porosas tras 2-3 horas de contacto

- ***Aplicaciones***

- a. Desinfectante (Sefh, s.f.)**

Desinfectante de instrumental médico, respiradores y endoscopios. A concentraciones de 0.1%, el ácido peracético en agua es un desinfectante efectivo de tonómetros de Schimtz.

- Desinfectante de hemodializadores en soluciones con peróxido de hidrogeno. El ácido peracético y el peróxido de hidrógeno actúan sinérgicamente como esporicidas.

- Desinfectante de superficies de suelos y paredes.

b. Esterilizante (Sefh, s.f.)

Esterilizante de endoscopios flexibles de forma manual a baja temperatura y a una concentración de 0.26-0.35% o de forma automática a una concentración de 0.2-0.3% y a una temperatura de 20-56°C.

- Esterilizante de emulsiones, hidrogeles o linimentos.

2.1.3.1.3. Desinfección con ultravioleta.

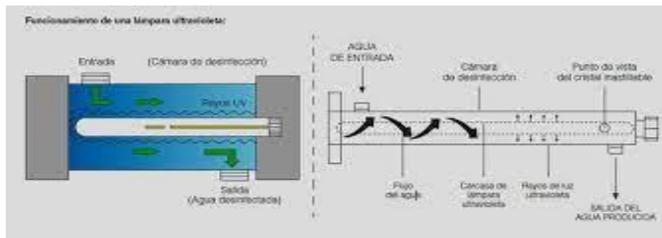


Ilustración 23. ¿Cómo se utiliza un esterilizador de agua por luz ultravioleta?

Fuente: PurificarAgua.com (s.f.)

El sistema de desinfección con luz ultravioleta (UV) transfiere energía electromagnética desde una lámpara de vapor de mercurio al material genético del organismo (ADN o ARN). Cuando la radiación UV penetra en las paredes de la célula de un organismo, esta destruye la habilidad de reproducción de la célula. La radiación UV, generada por una descarga eléctrica a través de vapor de mercurio, penetra al material genético de los microorganismos y retarda su habilidad de reproducción. (ISA, Ingeniería y Servicios Ambientales, 2020) Los rayos UV la desinfección del agua residual dependen de las características de la cantidad de coliformes, microorganismos y la intensidad de la radiación



Ilustración 24. Luz Ultravioleta.

Fuente: HYDROVEC Water Solutions (2017)

La luz ultravioleta (UV) es una alternativa establecida y cada vez más popular frente al uso de productos químicos para la desinfección de agua potable, aguas residuales y aguas industriales de varias calidades. Los sistemas de desinfección UV pueden ser diseñados para una amplia gama de aplicaciones siempre que se preste la debida atención a la calidad del agua que se está desinfectando y a los objetivos de desinfección buscados. El cuadro 1 muestra una lista de aplicaciones específicas de la desinfección UV. La práctica de desinfección UV del agua potable y sus fundamentos teóricos han sido bien documentados. Este trabajo intenta brindar una revisión de la situación actual, para lo cual se utilizará información obtenida tanto de la literatura existente como de la experiencia directa. (Wright & Cairns, s.f.)

2.1.3.1.3.1. Cómo funciona la desinfección por UV.

A diferencia de los métodos químicos de desinfección de aguas, la radiación UV proporciona una inactivación rápida y eficiente de los microorganismos mediante un proceso físico. Cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a las longitudes de onda germicidas de la luz UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar. Se ha demostrado que la luz UV es eficaz frente a microorganismos patógenos, como los causantes del cólera, la polio, la fiebre tifoidea, la hepatitis y otras enfermedades bacterianas, víricas y parasitarias. (TROJAN UV, s.f.)

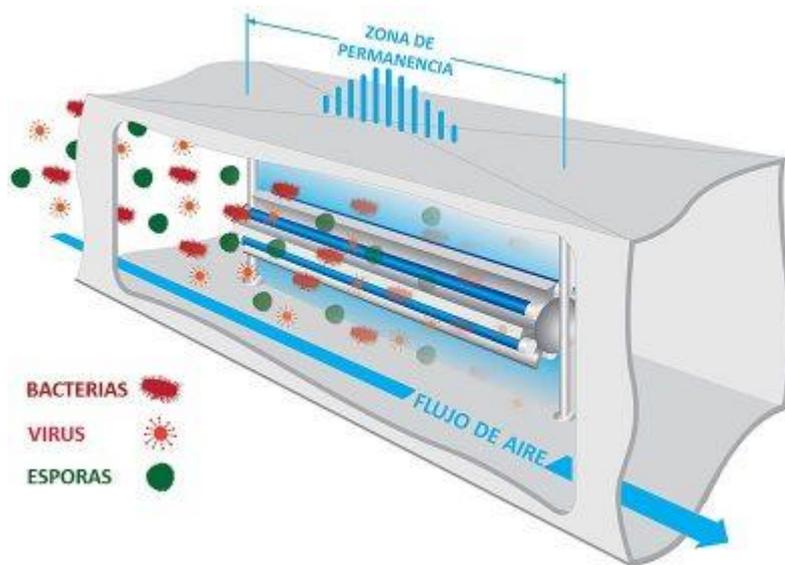


Ilustración 25. Filtro Ultravioleta para purificación de aguas.
Fuente: Aqua Center (2020)

- ***Dosis requerida***

Los factores por considerar incluyen la calidad de agua de la fuente y el nivel de contaminación microbiana, el impacto que tienen sobre la contaminación microbiana los procesos de tratamiento de agua localizados antes de la unidad de desinfección UV, la información epidemiológica que correlaciona las poblaciones microbianas con la ocurrencia de enfermedades, y el nivel de riesgo considerado aceptable para proteger al público de enfermedades transmitidas por el agua. Los requerimientos de dosis UV pueden determinarse usando ya sea un dispositivo de haz colimado en un laboratorio o una unidad piloto de desinfección UV in situ. En un estudio de haz colimado, se irradia de manera controlada un plato de Petri con una muestra de agua, para lo que se usa una fuente UV de intensidad conocida. Se puede establecer relaciones dosis-respuesta mediante la variación del tiempo de exposición con el dispositivo de haz colimado o mediante la variación del caudal a través de la unidad piloto de desinfección. (Wright & Cairns, s.f.)

- **Factores que afectan la administración de la dosis UV**

Los factores operativos que afectan la administración de dosis UV a los microbios por parte de un reactor incluyen el suministro eléctrico, el tiempo de uso de la lámpara, las incrustaciones en la funda de cuarzo, los aspectos hidráulicos del reactor, la absorbencia de UV por el agua, la temperatura del agua y la localización de los microbios dentro de la materia particulada. Los sistemas de desinfección UV requieren una fuente confiable de electricidad para operar los sensores, válvulas, mandos y controles electrónicos, así como las lámparas. La dosis administrada a los microbios en el agua variará dependiendo de si los microbios están presentes como células individuales o si están encerrados dentro de materia particulada los microbios individuales serán más susceptibles de ser desinfectados que los asociados con partículas. La inactivación de los microbios dentro de partículas dependerá del tamaño, estructura, y composición de la partícula. La presencia de materiales absorbentes de UV (hierro y ácidos húmicos) dentro de las partículas protegerá a los microbios de ser alcanzados por la radiación. (TROJAN UV, s.f.)

- **Mecanismos de reparación**

Es posible que algunos microorganismos reparen el daño fotoquímico causado por la luz UV, si su dosis es demasiado baja, mediante la foto reactivación o reparación oscura. No obstante, algunos estudios han mostrado que la posibilidad de foto reactivación es escasa o nula a dosis superiores a 12 mJ/cm². De hecho, se ha mostrado que algunos microorganismos, como *Cryptosporidium*, no presentan ningún signo indicativo de reparación en condiciones luminosas y oscuras, tras la exposición a una lámpara UV de presión baja o media irradiando una dosis de tan solo 3 mJ/cm². (TROJAN UV, s.f.) La irradiación con rayos ultravioleta garantiza una desinfección segura, fiable y libre de sustancias químicas. Incluso los parásitos más resistentes, tales como el criptosporidia y el giarda, son neutralizados. Nuestras plantas

UV presentan las siguientes propiedades: (SALCEDO, ANDRADE, QUIROJA, & NEBOT, s.f)

- Irradiación uniforme
- Sistema hidráulico optimizado de la planta
- Lámpara irradiadora con un alto rendimiento de UV-C y larga duración
- Sistema de mando con amplias funciones de control y alarma

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Planta de Tratamiento.

Es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal). (cuidoelagua.org, 2009)

Cuando las aguas negras son conducidas hasta estas instalaciones especiales, a veces mezcladas con aguas pluviales, son tratadas mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, consiguiendo así un agua efluente de mejores características de calidad y cantidad, tomando como base ciertos parámetros normalizados. (CONSTRUMÁTICA, s.f.)

Generalmente, las **EDAR** tratan aguas residuales locales, procedentes del consumo de las áreas urbanas en su mayor parte, así como de la escorrentía superficial del drenaje de las zonas urbanizadas, además del agua procedente de pequeñas ciudades, mediante procesos y tratamientos estandarizados y convencionales. (CONSTRUMÁTICA, s.f.)

Las plantas de tratamiento, también llamadas depuradoras, son instalaciones intermedias construidas entre una industria o una ciudad (con sus aguas servidas domiciliarias) y un ambiente acuático receptor. Su función específica consiste en tratar y transformar efluentes fabriles y/o urbanos químicamente complejos en sustancias simples que

puedan ser captadas por las plantas verdes fotosintetizadoras, o bien retener elementos tóxicos para el ambiente. Existen tratamientos físicos, químicos o biológicos y, entre estos últimos, los de tipo aeróbico y anaeróbico. La construcción de esas instalaciones depende de numerosos factores, como la naturaleza del efluente a tratar, la composición y concentración de cada compuesto y elemento que se pretende depurar o del tipo de subproducto no deseado originado en el proceso industrial en cuestión. En algunos casos, y para abaratar costos, industrias competidoras pero con efluentes de similares características, construyen plantas comunes de tratamiento. Un ejemplo muy extendido es el de las curtiembres, que se asocian para recuperar compuestos que contienen cromo, un elemento altamente contaminante para los ambientes y tóxico para los seres vivos. (Arreghini, s.f.)

2.2.2. Agua Residual.

Son aquellas que su calidad se ve afectada por el contacto con residuos (sobrantes) de las diversas actividades que se realizan, desde las aguas que son utilizadas a nivel doméstico, como aquellas que se usan en otro tipo de tareas como el caso de la ganadería o hasta de la agricultura, todo eso que se mezcla con el agua se le denomina aguas residuales (Rotoplas, ¿Qué son las aguas residuales?, 2018)

También, en el caso de las instituciones de salud, sus aguas residuales pueden contener bacterias, restos de sangre y hasta materiales quirúrgicos que por error entraron en contacto con el agua. Por esta razón este tipo de agua puede encontrarse sumamente contaminada y en ningún momento debe de ser reutilizada una vez que ha tenido contacto con alguna de las actividades antes mencionada. (Rotoplas, ¿Qué son las aguas residuales?, 2018)

Se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad cantón o parroquia (domésticas, comerciales, industriales y de servicios). Las aguas residuales aparecen sucias y contaminadas: llevan grasas,

detergentes, materia orgánica, residuos de la industria y de los ganados, herbicidas y plaguicidas y en ocasiones algunas sustancias muy tóxicas. (COELLO, 2017)

2.2.3. Coliformes Fecales.

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. (Munn C. , 2004)

El cuerpo humano excreta gran cantidad de coliformes fecales diariamente. Debido a que uno de los objetivos primarios del tratamiento de aguas residuales es evitar que se conviertan en foco de enfermedades infecciosas, es de particular interés reducir estos coliformes a niveles que pueden ser eliminados en la naturaleza. Un buen sistema de lodos activados es capaz de eliminar una fracción mayoritaria y un proceso de desinfección final como adición de cloro o uso de lámparas UV termina por hacer asegurar al agua. El control de los coliformes mediante análisis es imprescindible para garantizar que funciona bien el proceso de tratamiento. (Microlab Industrial S.A. de C.V., s.f.)

Los coliformes pueden encontrarse en ambientes acuáticos, suelo y vegetación; además de estar presentes en grandes cantidades en las heces de los animales de sangre caliente. Aunque en general los coliformes en sí no causan enfermedades graves, son fáciles de cultivar y su presencia sirve para indicar la posible presencia de otros organismos patógenos de origen fecal. Dichos patógenos pueden ser bacterias, virus o protozoos y una larga serie de parásitos pluricelulares. (BioMérieux España S.A, 2013)

Las bacterias coliformes a menudo se denominan "organismos indicadores" porque indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua. La presencia de coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una

enfermedad. Más bien, su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua. Las bacterias que causan enfermedades pueden utilizar esta vía para ingresar al suministro de agua. (SWISTOCK, 2020)

2.2.4. Desinfección del Agua.

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos. (LENNTECH, s.f.).

La desinfección del agua es eliminar a los organismos patógenos que se encuentran en ella. Algunos microorganismos dañinos en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua pueden ser virus, bacterias y protozoarios. La reducción de estos se puede lograr por medio de filtración o por inactivación. (Carbactenia, 2020)

La desinfección consiste en eliminar o inactivar los microorganismos patógenos (que pueden causarnos enfermedades) dado que el agua es uno de los principales medios por el que se transmiten. Estos pueden ser bacterias, hongos, protozoos y virus. En el caso de aguas residuales industriales, el objetivo puede ser no solo desactivar patógenos, sino cualquier otro organismo vivo, si lo que se pretende es reutilizar el agua. Los principales procesos de desinfección son la ozonización y la cloración (Cyclus, 2016)

2.2.5. Cloro.

El cloro existe como un gas amarillo-verdoso a temperaturas y presiones ordinarias. Es el segundo en reactividad entre los halógenos, sólo después del flúor, y de aquí que se encuentre libre en la naturaleza sólo a las temperaturas elevadas de los gases volcánicos. Se estima que 0.045% de la corteza terrestre es cloro. Se combina con metales, no metales y

materiales orgánicos para formar cientos de compuestos. El cloro es uno de los cuatro elementos químicos estrechamente relacionados que han sido llamados halógenos. El flúor es el más activo químicamente; el yodo y el bromo son menos activos. El cloro reemplaza al yodo y al bromo de sus sales. Interviene en reacciones de sustitución o de adición tanto con materiales orgánicos como inorgánicos. El cloro seco es algo inerte, pero húmedo se combina directamente con la mayor parte de los elementos. (Emsley, 2001)

El cloro, a través de diversos compuestos, tiene múltiples usos. Uno de los más frecuentes es la desinfección del agua. Al agua que se utiliza para llenar las piscinas, por ejemplo, se le suele añadir cloro. Esta sustancia también se emplea como pesticida y en la elaboración de plásticos, solventes, blanqueadores y tinturas. A continuación ahondamos en estos y otros usos más en detalle. (Gardey, Definición de Cloro, 2016)

Además del agua de las piscinas, también el agua potable se puede mantener segura gracias a la química del cloro. La acción del cloro en estos casos, específicamente cuando se usa en desinfectantes para el agua de las piscinas, se enfoca en destruir los patógenos capaces de provocar enfermedades, tanto las mencionadas en el párrafo anterior como las erupciones en la piel, la diarrea y el pie de atleta. (Gardey, Definición de Cloro, 2016)

2.2.6. Ácido Peracético.

Es un compuesto orgánico con la fórmula $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$, también conocido como ácido peracético. Más concretamente podríamos decir que es un producto de reacción de equilibrio que se produce por la reacción de ácido acético con peróxido de hidrógeno. El PAA tiene numerosas aplicaciones industriales, pero centrémonos solo en su uso como desinfectante en la industria alimentaria y de bebidas, aunque otras aplicaciones típicas incluyen la lavandería industrial, la industria papelera o el tratamiento de agua y aguas residuales (Estornell, 2018)

El ácido peracético: Es un biosida de amplio espectro y bajo en residuos Limpiar, higienizar y desinfectar son tres procesos imprescindibles en la industria alimentaria. Tres

acciones cuyo objetivo son garantizar la inocuidad de los alimentos. Evitando así que puedan causar toxiinfecciones alimentarias, además de conseguir una mayor vida comercial de los productos. De estas tres fases de higienización en la industria alimentaria, centraremos nuestra atención, debido a su importancia, en la de desinfección de superficies y ambientes. Todos los equipos y utensilios de las zonas de trabajo deben ser lavados previamente y desinfectados para asegurar que se alcancen las condiciones higiénicas suficientes y necesarias para lograr el máximo nivel de higienización, inocuidad y limpieza posible. (Elfo, 2020)

Ácido peracético (PAA) una solución viable, capaz de neutralizar eficazmente la contaminación microbiana, incluyendo el virus SARSCoV-2, responsable de la enfermedad COVID-19. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha incluido al PAA dentro de los vermicidas recomendados para evitar la propagación del virus a través de las aguas residuales con un olor acre fuerte y penetrante y sin capacidad de formación de espumas. Es inestable y su descomposición se acelera con el aumento de la temperatura y con valores de pH. (Tecnoaqua, 2020)

2.3. Marco Legal

2.3.1. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.

Según (Del Pozo Barrezueta & NACIONAL, 2014), los artículos y secciones relacionados o vinculados con nuestro proyecto de investigación son los siguientes:

Sección IV

SERVICIOS PÚBLICOS

Art. 37.- “Servicios públicos básicos.- Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.

La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento.

La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la autoridad nacional de salud.

El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades:

1. Alcantarillado sanitario: recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración; y,

2. Alcantarillado pluvial: recolección, conducción y disposición final de aguas lluvia.

El alcantarillado pluvial y el sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística.”

Art. 38.- “Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales.- La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso.”

Art. 39.- “Servicio público de riego y drenaje.- Las disposiciones de la presente Ley relativas a los servicios públicos se aplicarán a los servicios de riego y drenaje, cualquiera sea la modalidad bajo la cual se los preste.

El riego parcelario es responsabilidad de los productores dentro de su predio, bajo los principios y objetivos establecidos por la autoridad rectora del sector agropecuario.

El servicio público de riego y drenaje responderá a la planificación nacional que establezca la autoridad rectora del mismo y su planificación y ejecución en el territorio

corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, de conformidad con sus respectivas competencias.

La Autoridad Única del Agua y la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con la autoridad rectora de la política nacional agropecuaria, expedirán las normas y reglamentos para asegurar la calidad e inocuidad del agua de riego y vigilará su abastecimiento.”

Art. 40.- “Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje.- El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental. Los objetivos son:

- a) Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de los sistemas de riego en función del cambio de la matriz productiva;
- b) Posibilitar el incremento de la productividad y la diversificación productiva;
- c) Fortalecer la gestión pública y comunitaria de riego;
- d) Impulsar la modernización y tecnificación del riego;
- e) Promover el manejo, conservación y recuperación de suelos;
- f) Favorecer la generación de empleo rural; y,
- g) Garantizar la calidad y cantidad de agua para riego.”

Art. 41.- “Disposiciones para los sistemas públicos de riego y drenaje.- La infraestructura de los sistemas públicos de riego y drenaje son parte del dominio hídrico público y su propiedad no puede ser transferida bajo ninguna circunstancia.

La gestión de los sistemas públicos de riego y drenaje es de corresponsabilidad entre el Gobierno Central, los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de sus competencias y los usuarios. Tal corresponsabilidad implica la participación en la operación y mantenimiento de estos sistemas y en el manejo sustentable de las fuentes y zonas de recarga.

En todo lo demás se estará a lo dispuesto en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización y a las decisiones del Consejo Nacional de Competencias.”

Sección V

EL AGUA Y LOS GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS

Art. 42.- “Coordinación, planificación y control.- Las directrices de la gestión integral del agua que la autoridad única establezca al definir la planificación hídrica nacional, serán observadas en la planificación del desarrollo a nivel regional, provincial, distrital, cantonal, parroquial y comunal y en la formulación de los respectivos planes de ordenamiento territorial.

Para la gestión integrada e integral del agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, sin perjuicio de las competencias exclusivas en la prestación de servicios públicos relacionados con el agua, cumplirán coordinadamente actividades de colaboración y complementariedad entre los distintos niveles de gobierno y los sistemas comunitarios de conformidad con la Constitución y la ley.”

Sección VI

GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA

Art. 43.- “Definición de juntas administradoras de agua potable.- Las juntas administradoras de agua potable son organizaciones comunitarias, sin fines de lucro, que tienen la finalidad de prestar el servicio público de agua potable. Su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua.

Los requisitos y el procedimiento para la creación de nuevas juntas administradoras de agua potable se desarrollarán reglamentariamente por la Autoridad Única del Agua.

En el cantón donde el gobierno autónomo descentralizado municipal preste el servicio de manera directa o a través de una empresa pública de agua potable y esta cubra los servicios que por ley le corresponden, en toda su jurisdicción, no podrán constituirse juntas administradoras de agua potable y saneamiento.

Las juntas administradoras de agua potable y saneamiento, formarán parte del consejo de cuenca a través de sus representantes sectoriales, según lo establezca el Reglamento de la presente Ley.”

Art. 44.- “Deberes y atribuciones de las juntas administradoras de agua potable.- Constituyen deberes y atribuciones de las juntas administradoras de agua potable comunitarias, los siguientes:

1. Establecer, recaudar y administrar las tarifas por la prestación de los servicios, dentro de los criterios generales regulados en esta Ley y el Reglamento expedido por la Autoridad Única del Agua;

2. Rehabilitar, operar y mantener la infraestructura para la prestación de los servicios de agua potable;

3. Gestionar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción y financiamiento de nueva infraestructura. Para el efecto deberá contar con la respectiva viabilidad técnica emitida por la Autoridad Única del Agua;

4. Participar con la Autoridad Única del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable, evitando su contaminación;

5. Remitir a la Autoridad Única del Agua la información anual relativa a su gestión así como todo tipo de información que les sea requerida;

6. La resolución de los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver internamente, la Autoridad Única del Agua decidirá sobre el mismo, en el ámbito de sus competencias; y,

7. Participar en los consejos de cuenca de conformidad con esta Ley.”

Art. 45.- “Prestación de servicios comunitarios del agua.- Se realizará exclusivamente a través de juntas de agua potable- saneamiento y juntas de riego, las mismas que deberán inscribirse en el registro público del agua en cumplimiento de lo establecido en esta Ley.”

Art. 46.- “Servicio comunitario de agua potable.- En la localidad rural en donde el gobierno autónomo descentralizado municipal no preste el servicio de agua potable que por ley le corresponde, podrá constituirse una junta administradora de agua potable.

Para la conformación de una junta se requerirá la presentación de la solicitud a la Autoridad Única del Agua suscrita por al menos el 60% de las jefas o jefes de familia de la localidad susceptible a hacer uso del servicio comunitario de agua potable. La Autoridad Única del Agua autorizará el caudal que corresponda luego de la verificación respectiva, de conformidad con la Ley.”

Art. 47.- “Definición y atribuciones de las juntas de riego.- Las juntas de riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua.

Son atribuciones de la junta de riego, en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales:

a) Gestionar la infraestructura del sistema, sea propia de la junta o cedida en uso a ella por el Estado, a través de los diferentes niveles de gobierno;

b) Tramitar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción de nueva infraestructura, pudiendo recabar para ello ayuda financiera.

Para el efecto deberá contar con la respectiva viabilidad técnica emitida por la Autoridad Única del Agua;

c) Realizar el reparto equitativo del agua que le sea autorizada entre los miembros del sistema siguiendo las regulaciones que emita la Autoridad Única del Agua;

d) Resolver los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver, recurrirán ante la Autoridad Única del Agua;

e) Establecer, recaudar y administrar las tarifas por la prestación del servicio a partir de los criterios técnicos regulados por la Autoridad Única del Agua;

f) Imponer las sanciones sobre los usuarios correspondientes a las infracciones administrativas establecidas en sus estatutos u ordenanzas conforme al régimen general previsto en esta Ley;

g) Entregar a la Autoridad Única del Agua, la información que le solicite, siempre que esté relacionada con el ejercicio de sus competencias;

h) Colaborar con la Autoridad Única del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento de agua del sistema de riego evitando su contaminación;

i) Participar en los consejos de cuenca a través de su representante sectorial; y,

j) Todas las demás que se establecen en el Reglamento a esta Ley.”

Art. 48.- “Reconocimiento de las formas colectivas y tradicionales de gestión.- Se reconocen las formas colectivas y tradicionales de manejo del agua, propias de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y se respetarán sus derechos colectivos en los términos previstos en la Constitución y la ley.

Se reconoce la autonomía financiera, administrativa y de gestión interna de los sistemas comunitarios de agua de consumo y riego.”

Art. 49.- “Autonomía de gestión y suficiencia financiera.- Las organizaciones que forman los sistemas comunitarios de gestión del agua, juntas de agua potable y juntas de riego mantendrán su autonomía administrativa, financiera y de gestión para cumplir con la

prestación efectiva del servicio y el eficaz desarrollo de sus funciones, de conformidad con la ley.

Para el cumplimiento de sus fines, los sistemas comunitarios, de gestión del agua, administrarán los valores de las tarifas que recauden y los demás que les correspondan de conformidad con la Ley y su Reglamento.”

Art. 50.- “Fortalecimiento, apoyo y subsidiaridad en la prestación del servicio.- El Estado, en sus diferentes niveles de gobierno y de acuerdo con sus competencias, fortalecerá a los prestadores del servicio de agua; sean estos públicos o comunitarios, mediante el apoyo a la gestión técnica, administrativa, ambiental y económica así como a la formación y cualificación permanente de los directivos y usuarios de estos sistemas.”

Art. 51.- “Incumplimiento de la normativa técnica.- En caso de incumplimiento de la normativa técnica emitida por la Agencia de Regulación y Control del Agua para la prestación del servicio, la junta administradora de agua potable será notificada para que en el plazo establecido se elabore el plan de mejora. El gobierno autónomo descentralizado municipal dará la asistencia técnica para la elaboración de dicho plan y brindará apoyo financiero para su ejecución.

La Autoridad Única del Agua aprobará el plan de mejora y una vez finalizados los plazos establecidos en el plan de mejora la Agencia de Regulación y Control del Agua evaluará el servicio.

En caso de incumplimiento la junta administradora de agua potable será intervenida por el gobierno autónomo descentralizado municipal, o por delegación de este, por el gobierno parroquial correspondiente, hasta que se cumpla el plan de mejora.”

Art. 52.- “Derecho propio o consuetudinario.- Las prácticas consuetudinarias que se encuentren en aplicación para el acceso, uso y distribución del agua por parte de comunas,

comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, constituyen práctica obligatoria para sus integrantes.

La Autoridad Única del Agua llevará un registro de las prácticas consuetudinarias que aplican los sistemas comunitarios titulares de derechos colectivos, para el acceso, uso y distribución del agua por parte de comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades.

Los órganos y dependencias de la Autoridad Única del Agua observarán las prácticas consuetudinarias registradas.

Las referidas prácticas relacionadas con el acceso, consumo humano y uso doméstico del agua, no podrán limitar el libre uso de la misma establecido en esta Ley.”

Art. 53.- “Práctica consuetudinaria en relación y terceros.- Ante la Autoridad Única del Agua, de forma excepcional, podrá invocarse una práctica consuetudinaria y aplicarse frente a terceros que no son parte de la comuna, comunidad, pueblo o nacionalidad, sin perjuicio de que la Autoridad Única del Agua reconozca la pertinencia de su aplicación y el tercero involucrado exprese su consentimiento.”

Art. 54.- “Gestión comunitaria integrada de los servicios de abastecimiento y riego.- Los sistemas comunitarios podrán gestionar de forma integrada los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano y riego en aquellas áreas en las cuales resulte aconsejable esta forma de gestión.”

Art. 55.- “Sistemas comunitarios y memoria colectiva.- Los sistemas de abastecimiento de agua de consumo humano y riego construidos por las organizaciones que integran los sistemas comunitarios de gestión del agua forman parte del patrimonio comunitario, cultural y etnográfico del Ecuador.”

Art. 56.- “Garantía de derechos y servicios públicos.- En garantía de los derechos reconocidos constitucionalmente, la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, promoverán y apoyarán las iniciativas comunitarias y las alianzas entre

entidades de los sectores público y comunitario para la eficiente prestación de los servicios públicos.”

Título III

DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES

Capítulo I

DERECHO HUMANO AL AGUA

Art. 57.- “Definición.- El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.

Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano.

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho.

El ejercicio del derecho humano al agua será sustentable, de manera que pueda ser ejercido por las futuras generaciones. La Autoridad Única del Agua definirá reservas de agua de calidad para el consumo humano de las presentes y futuras generaciones y será responsable de la ejecución de las políticas relacionadas con la efectividad del derecho humano al agua.”

Art. 58.- “Exigibilidad del derecho humano al agua.- Las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades, colectivos y comunas podrán exigir a las autoridades correspondientes el cumplimiento

y observancia del derecho humano al agua, las mismas que atenderán de manera prioritaria y progresiva sus pedidos. Las autoridades que incumplan con el ejercicio de este derecho estarán sujetas a sanción de acuerdo con la ley.”

Art. 59.- “Cantidad vital y tarifa mínima.- La Autoridad Única del Agua establecerá de conformidad con las normas y directrices nacionales e internacionales, la cantidad vital de agua por persona, para satisfacer sus necesidades básicas y de uso doméstico, cuyo acceso configura el contenido esencial del derecho humano al agua.

La cantidad vital de agua cruda destinada al procesamiento para el consumo humano es gratuita en garantía del derecho humano al agua. Cuando exceda la cantidad mínima vital establecida, se aplicará la tarifa correspondiente.

La cantidad vital del agua procesada por persona tendrá una tarifa que garantice la sostenibilidad de la provisión del servicio.”

Art. 60.- “Libre acceso y uso del agua. El derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o disminución significativa en su cantidad ni se afecte a derechos de terceros y de conformidad con los límites y parámetros que establezcan la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua. La Autoridad Única del Agua mantendrá un registro del uso para consumo humano del agua subterránea.”

Capítulo III

DERECHOS DE LA NATURALEZA

Art. 64.- “Conservación del agua.- La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;

b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;

c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico;

d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,

e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.”

Art. 65.- “Gestión integrada del agua.- Los recursos hídricos serán gestionados de forma integrada e integral, con enfoque ecosistémico que garantice la biodiversidad, la sustentabilidad y su preservación conforme con lo que establezca el Reglamento de esta Ley.”

Art. 66.- “Restauración y recuperación del agua.- La restauración del agua será independiente de la obligación del Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependan de los ecosistemas alterados.

La indemnización económica deberá ser invertida en la recuperación de la naturaleza y del daño ecológico causado; sin perjuicio de la sanción y la acción de repetición que corresponde.

Si el daño es causado por alguna institución del Estado, la indemnización se concretará en obras.”

Capítulo IV

DERECHOS DE LOS USUARIOS, CONSUMIDORES Y DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Art. 67.- “Derecho de los usuarios y consumidores.- Los usuarios del agua son personas naturales, jurídicas, Gobiernos Autónomos Descentralizados, entidades públicas o comunitarias que cuenten con una autorización para el uso y aprovechamiento del agua.

Los consumidores son personas naturales, jurídicas, organizaciones comunitarias que demandan bienes o servicios relacionados con el agua proporcionados por los usuarios.

Los usuarios y los consumidores tienen derecho a acceder de forma equitativa a la distribución y redistribución del agua y a ejercer los derechos de participación ciudadana previstos en la ley.

Los derechos de los usuarios se ejercerán sin perjuicio de los derechos de los consumidores de servicios públicos relacionados con el agua.

Los derechos de los consumidores de servicios públicos relacionados con el agua se ejercerán sin perjuicio de los derechos de los usuarios.”

Art. 68.- “Consulta y obligaciones de los usuarios.- La Autoridad Única del Agua, a través de los consejos de cuenca hidrográfica, consultará de manera previa, libre, informada, obligatoria y en un plazo razonable a las organizaciones de los usuarios, en todos los asuntos relevantes relacionados con la gestión integrada de los recursos hídricos que les puedan afectar de conformidad con esta Ley y su Reglamento.

Sin perjuicio de las obligaciones del Estado, los usuarios del agua contribuirán económicamente, en forma proporcional a la cantidad de agua que utilizan para la preservación, conservación y manejo sustentable de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica y serán parte en el manejo de la misma. En el caso de usuarios comunitarios, que

a la vez sean consumidores de agua, contribuirán económicamente o mediante trabajos comunitarios.”

Art. 69.- “Promoción de la organización y capacitación.- La Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados fortalecerán la organización de los consumidores y usuarios del agua, promoverán su conformación en los lugares en donde no exista. Para tal efecto establecerán políticas de información, difusión, capacitación, educación y formación social a los usuarios, consumidores y a la población en general.”

Art. 70.- “Veeduría ciudadana.- La veeduría ciudadana como forma de participación social se sujetará a lo que dispone la Ley Orgánica de Participación Ciudadana y Control Social.

Las autorizaciones de uso o aprovechamiento del agua podrán ser objeto de veeduría ciudadana.”

CAPÍTULO VI

GARANTÍAS PREVENTIVAS

Sección I

CAUDAL ECOLÓGICO Y ÁREAS DE PROTECCIÓN HÍDRICA

Art. 76.- “Caudal ecológico. Para los efectos de esta Ley, caudal ecológico es la cantidad de agua, expresada en términos de magnitud, duración, época y frecuencia del caudal específico y la calidad de agua expresada en términos de rango, frecuencia y duración de la concentración de parámetros que se requieren para mantener un nivel adecuado de salud en el ecosistema.

La Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional establecerá reglamentariamente los criterios, parámetros y metodologías para la determinación del caudal ecológico de acuerdo con las condiciones y las características de los cuerpos de agua, que serán considerados dentro de la planificación hídrica nacional.

Toda resolución de la Autoridad Única del Agua por la que se otorgue autorización para uso o aprovechamiento productivo del agua deberá establecer y considerar el caudal ecológico que fue determinado para ello, conforme con los criterios de la planificación hídrica nacional.”

Art. 77.- “Limitaciones y responsabilidades. El caudal ecológico de los cursos permanentes de agua en toda cuenca hidrográfica es intangible.

Es responsabilidad de la Autoridad Única del Agua, de las instituciones y de todas las personas, sean usuarios o no del agua, el respetar la cantidad y calidad requerida que proteja la biodiversidad acuática y los ecosistemas aledaños.

Todas las actividades productivas respetarán el caudal ecológico.

El caudal ecológico definido no es susceptible de autorización para su uso o aprovechamiento productivo, a excepción de aquellos usos que no tenga como consecuencia la afectación en la calidad ni en cantidad del caudal ecológico.

La autoridad administrativa que contravenga esta disposición, será responsable por los daños ambientales que genere y por el pago de la indemnización por daños y perjuicios ocasionados a terceros afectados o al patrimonio natural del Estado; además será sancionado de conformidad con la Ley, sin perjuicio de la nulidad de la autorización concedida.

Únicamente en el caso de declaración de estado de excepción, podrá autorizarse el uso del caudal ecológico para consumo humano, hasta tanto se adopten las medidas emergentes para garantizar nuevamente el abastecimiento.”

Art. 78.- “Áreas de protección hídrica. Se denominan áreas de protección hídrica a los territorios donde existan fuentes de agua declaradas como de interés público para su mantenimiento, conservación y protección, que abastezcan el consumo humano o garanticen la soberanía alimentaria, las mismas formarán parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

La Autoridad Única del Agua, previo informe técnico emitido por la Autoridad Ambiental Nacional y en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de sus competencias, establecerá y delimitará las áreas de protección hídrica que sean necesarias para el mantenimiento y conservación del dominio hídrico público.

El uso de las áreas de protección hídrica será regulado por el Estado para garantizar su adecuado manejo. El régimen para la protección que se establezca para las áreas de protección hídrica, respetará los usos espirituales de pueblos y nacionalidades. En el Reglamento de esta Ley se determinará el procedimiento para establecer estas áreas de protección hídrica, siempre que no se trate de humedales, bosques y vegetación protectores.

Cuando el uso del suelo afecte la protección y conservación de los recursos hídricos, la Autoridad Única del Agua en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados y las circunscripciones territoriales, establecerá y delimitará las áreas de protección hídrica, con el fin de prevenir y controlar la contaminación del agua en riberas, lechos de ríos, lagos, lagunas, embalses, estuarios y mantos freáticos.”

Sección II

OBJETIVOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Art. 79.- “Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

- a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;
- b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;

c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;

d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;

e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,

g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.”

Art. 80.- “Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental.

Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley.”

Art. 81.- “Autorización administrativa de vertidos.- La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la

Autoridad Única del Agua.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional.”

Art. 82.- “Participación y veeduría ciudadana. Las personas, pueblos y nacionalidades y colectivos sociales, podrán realizar procesos de veedurías, observatorios y otros mecanismos de control social sobre la calidad del agua y de los planes y programas de prevención y control de la contaminación, de conformidad con la Ley.”

Sección II

DE LOS USOS DEL AGUA

Art. 86.- “Agua y su prelación. De conformidad con la disposición constitucional, el orden de prelación entre los diferentes destinos o funciones del agua es:

- a) Consumo humano;
- b) Riego que garantice la soberanía alimentaria;
- c) Caudal ecológico; y,
- d) Actividades productivas.

El agua para riego que garantice la soberanía alimentaria comprende el abrevadero de animales, acuicultura y otras actividades de la producción agropecuaria alimentaria doméstica; de conformidad con el Reglamento de esta Ley.”

Art. 87.- “Tipos y plazos de autorizaciones.- El otorgamiento, suspensión o cancelación de las autorizaciones es competencia de la Autoridad Única del Agua. Las autorizaciones según la naturaleza de su destino se clasifican en:

1. Autorizaciones para uso de agua. Es el acto administrativo expedido por la Autoridad Única del Agua por medio del cual atiende favorablemente una solicitud presentada por personas naturales o jurídicas, para el uso de un caudal del agua, destinado al consumo humano o riego que garantice la soberanía alimentaria, incluyendo también el abrevadero de animales y actividades de producción acuícola en la forma y condiciones previstas en esta Ley.

2. Autorizaciones para el aprovechamiento productivo del agua. Es el acto administrativo expedido por la Autoridad única del Agua, por medio del cual atiende favorablemente una solicitud presentada por personas naturales o jurídicas para el aprovechamiento productivo de un caudal de agua destinada a cualquiera de los aprovechamientos económicos en la forma y condiciones previstas en esta Ley.

Las autorizaciones por su duración se clasifican en:

a) Autorizaciones para consumo humano: el plazo será de veinte años renovable por períodos sucesivos iguales. Estas autorizaciones podrán modificarse en relación con las variaciones demográficas y de caudales;

b) Autorización para riego, acuicultura y abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria: estas se otorgarán por un plazo no mayor de diez años, renovables por igual periodo;

c) Autorizaciones de plazo determinado para actividades productivas no consideradas en la soberanía alimentaria: éstas se otorgarán por un plazo de hasta diez años, renovables por igual o más periodos dependiendo del tiempo de inversión de la actividad productiva, siempre que conste en el Plan Nacional de Desarrollo. La Autoridad Única del Agua podrá de

conformidad con la planificación hídrica e interés nacional, modificar motivadamente los plazos determinados en este artículo; y,

d) Autorizaciones ocasionales otorgadas por un plazo no mayor de dos años no renovables, sobre recursos sobrantes o remanentes.

Las citadas autorizaciones se normarán en el Reglamento a esta Ley.”

Art. 88.- “Uso. Se entiende por uso del agua su utilización en actividades básicas indispensables para la vida, como el consumo humano, el riego, la acuicultura y el abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria en los términos establecidos en la Ley.”

Art. 89.- “Autorización de uso. El uso del agua de acuerdo con la definición del artículo anterior contará con la respectiva autorización otorgada de conformidad con esta Ley, su Reglamento y la planificación hídrica.

La autorización para el uso del agua para consumo humano y riego para soberanía alimentaria, abrevadero de animales y acuicultura, confiere al usuario de esta, de manera exclusiva, la capacidad para la captación, tratamiento, conducción y utilización del caudal al que se refiera la autorización.”

Art. 90.- “Condiciones para el otorgamiento de autorizaciones de uso del agua. Previo al otorgamiento de autorizaciones para el uso del agua, la Autoridad Única del Agua verificará el cumplimiento de las siguientes condiciones:

a) Que se respete el orden de prelación establecido en la Constitución y esta Ley;

b) Que se haya certificado, la disponibilidad del agua en calidad y cantidad suficientes. Respecto de la calidad del agua la Autoridad Única del Agua implementará los procesos de certificación de manera progresiva;

c) Que los estudios y proyectos de infraestructura hidráulica necesarios para su utilización hayan sido aprobados previamente por la Autoridad Única del Agua;

d) Que el beneficiario se responsabilice por la prevención y mitigación de los daños ambientales que ocasione, y se obligue a contribuir al buen manejo del agua autorizada; y,

e) Que la utilización del agua sea inmediata o en un plazo determinado para el destino al que fue autorizado de acuerdo con el informe técnico respectivo.”

Art. 91.- “Uso recreacional y deportivo. Los eventos recreacionales y competencias acuáticas que supongan un uso no consuntivo del agua no requerirán la previa autorización de la Autoridad

Única del Agua.”

Art. 92.- “Prácticas culturales y sagradas. La Autoridad Única del Agua garantizará la integridad y permanencia de los lugares en que tradicionalmente las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades practican ritos, valores culturales y sagrados del agua.

La Autoridad Única del Agua conjuntamente con las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades realizarán y mantendrán debidamente actualizado un Inventario Nacional participativo e integral de los lugares sagrados y rituales del agua.

1. La administración y conservación de los lugares sagrados en relación con el agua, realizarán las entidades u organizaciones de pueblos y nacionalidades en cuyas tierras o territorios se encuentren, con el apoyo de programas y proyectos nacionales de los organismos públicos y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Constitución y sus propios derechos.”

2.3.2. Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

Según (Tapia Núñez, 2015), la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua, son las siguientes:

5.2.3 “Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado”

5.2.3.1 “Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 8.”

5.2.3.2 “Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental Competente que corresponda.”

5.2.3.3 “Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros: a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados). b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio. c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse. d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis. e) Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas.”

5.2.3.4 “La EPS podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga

a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma. La EPS deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.”

5.2.3.5 “Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la TABLA 8, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios.”

Tabla 2. Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público.

Tabla 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkik mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5

Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	mg/l	20,0
Sólidos Suspedidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Fuente: “Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.”

5.2.4 “Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.”

5.2.4.1 “Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga. Si el sujeto de control es un municipio, este podrá proponer las cargas máximas permisibles para sus descargas, las cuales deben estar justificadas técnicamente; y serán revisadas y aprobadas por la Autoridad Ambiental Nacional.”

5.2.4.2 “La determinación de la carga máxima permisible para una descarga determinada se efectúa mediante la siguiente relación desarrollada a través de un balance de masa, en el punto de descarga, en cualquier sistema consistente de unidades:

$$Q_e \cdot C_e = (Q_e + Q_r) C_c - Q_r C_r \quad \text{En donde:}$$

C_e = concentración media diaria (del contaminante) máxima permitida en la descarga (o efluente tratado), para mantener el objetivo de calidad en el tramo aguas abajo de la descarga, en condiciones futuras.

Cc = concentración media diaria igual al criterio de calidad para el uso asignado en el tramo aguas abajo de la descarga.

Cr = concentración del contaminante en el tramo aguas arriba de la descarga, cuyo valor debe ser menor que la concentración que el criterio de calidad Cc.

Qr = caudal crítico de cuerpo receptor, generalmente correspondiente a un período de recurrencia de 10 años y siete días consecutivos o caudal con una garantía del 85%, antes de la descarga o caudal ambiental.

Qe = Caudal de la descarga en condiciones futuras (generalmente se considera de 25 años, período que es el utilizado en el diseño de las obras de descontaminación).”

5.2.4.3 “Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Autoridad Ambiental Nacional deberá establecer los criterios de calidad en el cuerpo receptor para los caudales mínimos y cargas contaminantes futuras. La carga máxima permisible que deberá cumplir el sujeto de control será determinada mediante balance de masa del parámetro en consideración. La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.”

5.2.4.4 “Para el caso en el cual el criterio de calidad es la concentración de bacterias, la correspondiente modelación bacteriana es de carácter obligatorio, como parte de un Plan Maestro de Control de la Contaminación del Agua.”

5.2.4.5 “En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.”

5.2.4.6 “En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la TABLA 9 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce,

con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.”

5.2.4.7 “Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con las normas fijadas considerando el criterio de calidad de acuerdo al uso del cuerpo receptor. Adicionalmente, los límites máximos permisibles para descarga de estos lixiviados a cuerpos de agua, se regirán conforme a la normativa ambiental emitida para el efecto.”

Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 9. 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
Alkik mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Borio	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	2000,0
Color real ¹	Color real	unidad de color	Inapreciable en dilusión: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200,0
Estaño	Sn		5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0

Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

La apreciación del color se estima sobre 10cm de muestra diluida

Fuente: “Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.”

5.2.4.8 “Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarburífero.”

5.2.4.9 “Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.”

5.2.4.10 “Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia los cuerpos receptores, canales de conducción de agua a embalses, canales de riego o canales de drenaje pluvial, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.”

5.2.5 “Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina.”

5.2.5.1 “Se prohíbe la descarga de aguas residuales domesticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y reflujos de mareas. Todas las descargas a cuerpos de agua estuarinos, sin excepción, deberán ser interceptadas para tratamiento y descarga de conformidad con las disposiciones de esta norma. Las Municipalidades deberán incluir en sus planes maestros o similares, las consideraciones para el control de la contaminación de este tipo de cuerpos receptores, por efecto de la escorrentía pluvial urbana.”

5.2.5.2 “Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina, se efectuaran teniendo en cuenta la capacidad de asimilación del medio receptor y de acuerdo al uso del recurso que se haya fijado para cada zona en particular.”

5.2.5.2.1 “Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para zonas del litoral consideradas de interés turístico y donde se priorice la defensa de la calidad del agua para recreación con contacto primario, deberán ser dispuestas previo tratamiento, mediante emisarios submarinos y en estricto cumplimiento de los límites fijados en la columna B de la tabla 10 de la presente norma, cuyas concentraciones corresponden a valores medios diarios. Para la instalación de emisarios submarinos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Se aplicará de forma obligatoria y como mínimo, un tratamiento primario antes de la cámara de carga del emisario submarino.

b) Los diseños e instalaciones de los emisarios submarinos que propongan los regulados, serán sometidos a aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional y deberán contar con el respectivo proceso de licenciamiento ambiental.

c) Para los sujetos de control que actualmente descargan sus efluentes tratados en la línea de Playa y que por las consideraciones de la presente Norma, deban instalar emisarios

submarinos, se concederá un plazo de 12 meses para presentar los respectivos proyectos e iniciar el proceso de licenciamiento ambiental. Una vez aprobado el proyecto y obtenida la Licencia Ambiental se concederá un plazo de dos años para la instalación y puesta en marcha de los mismos. Para nuevos sujetos de control, los proyectos de diseño e instalación de emisarios submarinos deberán contemplarse como parte integral del proceso de obtención de la licencia ambiental con los plazos que la Autoridad Ambiental Nacional fije en el respectivo Plan de Manejo.”

5.2.5.2.2 “Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para sectores no considerados en el artículo 5.2.5.2.1, deberán cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la columna A de la tabla 10 de la presente Norma, cuyas concentraciones corresponden a valores medios diarios.”

5.2.5.3 “Se prohíbe la descarga en zonas de playa, de aguas de desecho de eviscerado y de todo desecho sólido proveniente de actividades de transformación de peces y mariscos, sean a nivel artesanal o industrial. Las vísceras, conchas y demás residuos sólidos deberán disponerse como tal y las aguas residuales deberán tratarse y disponerse según lo dispuesto en la presente Norma.”

5.2.5.4 “Se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, hacia los sistemas de alcantarillado, o cuerpos receptores. Se observarán las disposiciones en las normas correspondientes.”

5.2.5.5 “Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, registrados por la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos.”

Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.

Tabla 10. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA MARINA				
Parámetros	Expresado Como	Unidas	Límite máximo permisible	
			(A) DESCARGAS EN ZONAS DE ROMPIENTES	(B) DESCARGAS MEDIANTE EMISARIOS SUBMARINOS
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0	30,0
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Cloruro total	Cl ⁻	mg/l	0,2	0,2
Cinc	Zn	mg/l	10,0	10,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	*Inapreciable en dilución: 1/20	*Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	200,0	200
Demanda Química de Oxígeno	DBQ	mg/l	400,0	400
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0	20,0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01	0,01
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH		6-sep	6-sep
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	250,0	250,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5	0,5
Compuestos	Organoclorados totales	µg/l	50,0	50,0

organoclorado				
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	100,0	100,0
Carbamatos	Especies totales	mg/l	0,25	0,25
Temperatura	°C		<35	<35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5

Fuente: “Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.”

5.2.6 “Permisos de descargas.”

5.2.6.1 “El permiso de descargas de aguas residuales industriales al alcantarillado público y a cuerpos de agua, es el instrumento administrativo que faculta a la actividad del regulado a realizar sus descargas al ambiente, siempre que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en las normas técnicas ambientales nacionales.”

5.2.6.2 “Para la aplicación de los permisos de descargas la Autoridad Ambiental Nacional elaborará la normativa complementaria.”

5.2.7 “Del muestreo compuesto.”

5.2.7.1 “La formación de las muestras compuestas deberán ser con alícuotas de volumen proporcional al caudal. La composición de las muestras en proporción al caudal medido se realizará tomando alícuotas de volumen (V_i), utilizando las siguientes relaciones:

$V_i = V \times Q_i / n \times Q_m$ En donde:

V_i es el volumen individual de cada una de las alícuotas, en ml.

V es el volumen de la muestra compuesta, ml (generalmente 3500 ml)

Q_i es el caudal medido al momento del muestreo de cada una de las alícuotas, l/s. n es el número de alícuotas individuales de que se compone la muestra.

Q_m es el caudal medio en el período de muestreo, l/s, y

X es una constante de volumen de alícuota, ml/ (l/s).”

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El sistema de estudio que se implementará en este proyecto fue la metodología experimental científica la cual permite la ejecución e implementación de procesos que el proyecto requiera.

3.1. Tipo de Investigación

El enfoque de la investigación fue experimental científico puesto que se conocerán los cambios que experimentara el agua tratada al ser dosificada con pastillas de cloro o ácido peracético, de tal manera se recolectará la información y los datos necesarios que ayudaran a determinar cuál es el desinfectante más óptimo para la remoción de coliformes fecales.

3.1.1. Metodología Experimental.

Esta investigación será experimental debido a que se realizará una planta piloto que permitirá analizar el desempeño de dos desinfectantes (pastillas de cloro y ácido peracético) en el proceso de remoción de coliformes fecales en un tratamiento de aguas residuales. Para el desarrollo y ejecución de la planta piloto se utilizará el agua residual tratada de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la Urb. La Rioja. Se ejecutarán 7 ensayos de laboratorio usando tiempos de contacto de 30 y 45 minutos simultáneamente con cada uno de los desinfectantes a valorar. Por ende se tomarán los datos del parámetro coliformes fecales en el agua residual a la entrada y a la salida de cada producto, es decir, se ubicaran en dos contenedores diferentes tanto el ácido peracético como las pastillas de cloro y se tomará una muestra a la entrada, 2 muestras con tiempos de contacto de 30 y 45 minutos con las pastillas de cloro y 4 muestras con tiempos de contacto de 30 y 45 minutos usando ácido peracético con diferentes dosificaciones para el correcto control en la desinfección del agua residual. Este mecanismo se implementará para evaluar el tiempo que tomará en desinfectar y confirmará que desinfectante elimina un mayor porcentaje de coliformes fecales en el agua

residual tratada y así se verificará que este apta para la reutilización en el riego agrícola antes de ser evacuada al río Daule.

Al emplear esta planta piloto, se imitará el proceso de desinfección de una Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a escala reducida con el fin de obtener información y datos del proceso que permitan determinar cuál de los dos tipos de desinfectante es más viable y permite eliminar un mayor porcentaje de coliformes fecales cumpliendo con los parámetros óptimos de operación de una PTAR. De tal manera facilita la evaluación del estudio experimental y el ahorro económico debido a que será elaborada materiales de fácil alcance y bajo costo en el mercado. Al mismo tiempo se cumplirá con el objetivo principal del proyecto, que es evaluar un desinfectante confiable en la esterilización de las aguas con coliformes fecales efluentes de la Planta de Tratamiento de la Urbanización La Rioja para luego determinar la capacidad de efectividad de remoción y calcular las tasas de remoción de coliformes fecales, verificando el cumplimiento de los límites máximos permisibles en los ensayos lo que permitirá un resultado estable y viable.

3.1.2. Metodología Científica.

Este método científico se basa en la creación de nuevos sistemas y productos, es decir, técnicas que se usarán para la investigación y análisis de la eliminación de coliformes fecales causantes de enfermedades crónicas en aguas residuales domésticas implementando un planta piloto que tratará con dos desinfectantes que son el ácido peracético y las pastillas de cloro. Este método permitirá que en la realización de los ensayos previstos se adquieran nuevos conocimientos que no solo dependen de un procedimiento, sino de varios métodos que proveen más información al procedimiento para la obtención de un resultado viable. Se utiliza la observación en el método científico para poder desarrollar el proyecto de investigación proponiendo una hipótesis que luego de ser evaluada con los parámetros óptimos de

operación de la planta piloto, lo que permitirá comprobar que a través de la experimentación y aplicación de ensayos los desinfectantes cumplen el principal objetivo de desinfección.

El método experimental científico engloba las prácticas utilizadas en el proceso de realización del proyecto de investigación “Evaluación de la Remoción de Coliformes Fecales Aplicando Pastillas de Cloro y Ácido Peracético en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales” y corroboradas por la comunidad científica como válidas al momento de ser sustentadas y explicadas con los resultados que son los primeros en confirmar sus teorías. Esto quiere decir que el uso de métodos experimentales no es obligatoriamente sinónimo de la aplicación del método científico o de la realización de la misma en todo su contexto.

La realización de esta investigación es muy favorable y útil para la comunidad estudiantil que desea ampliar su conocimiento académico, así como también para las personas profesionales que aspiran a seguir creciendo laboralmente, o para diferentes fines como resolver aspectos económicos, la elaboración de nuevos productos que sean exitosos en el mercado diseñando soluciones a problemas anteriores aplicando estudios cuantitativos, cualitativos o mixtos. Desde luego el principal objetivo de este estudio es alcanzar rigurosamente las respuestas a la sistematización realizada que dé como resultado la solución y elección correcta entre dos compuestos químicos que mediante un proceso de tratamiento permitan precautelar y conservar la naturaleza y el medio ambiente evitando la contaminación no intencional.

3.2. Técnicas de la Investigación

Como técnica de investigación se planteó la investigación de campo porque se usó la observación y la experimentación debido a que el procedimiento involucra la intervención de las estudiantes para la realización del experimento el cual tiene como objetivo recolectar siete muestras de agua residual con los desinfectantes en los que la investigación se enfoca. Se enfocó en la observación directa porque se realizó el ensayo con el agua residual de la planta

piloto que se realizó, es decir, se manipuló el agua residual con la dosificación indicada de pastillas de cloro y ácido peracético para poder obtener las muestras desinfectadas con un tiempo de actuación de los químicos y de esta manera poder conseguir el resultado ideal que se desea.

Dentro de la investigación también se empleó la observación participativa permitiéndonos así conocer sobre la eficiencia de un desinfectante dentro del agua contaminada y de la misma manera se conoció las características que hacen al proceso eficaz como por ejemplo la concentración del químico que se maneje.

3.3. Descripción de la Planta de Tratamiento

La PTAR de aguas residuales ubicada en la urbanización la Rioja del cantón Daule trata el agua servida de 1500 viviendas actualmente, pero está proyectada para tratar el agua residual generada por 5.000 viviendas de la urbanización con un caudal aproximado de 90 litros por segundo. La planta de tratamiento contiene 5 etapas en las que se incluye la desinfección y clarificación del agua residual.

Empieza desde la red de alcantarillado de la urbanización la cual dirige el agua residual recolectada hacia los pozos y, toda esta agua se dirige mediante una tubería de diámetro de 600 mm hacia dos rejillas en la planta, las mismas que tienen como función separar el material grueso que contiene el agua de los sólidos sedimentables y suspendidos.

Se utiliza la criba en vez del desarenador para así desembocar el agua residual hacia la laguna aireada, la cual contiene 5 bombas de tipo sumergible para cumplir con su debido proceso de oxigenación (degradación de la materia orgánica) y la separación de los sólidos, para su desinfección final se utilizan 5 lámparas de rayos UV para la remoción de coliformes y finalmente el agua residual tratada desemboca a un kilómetro mediante un canal al río

Daule. En la siguiente tabla se muestran los valores promedios de entrada a la PTAR de la urbanización La Rioja.

Tabla 5. Valores promedios de entrada a la PTAR.

Flujo de agua residual	2954,4 m³/ día = 34,2 l/s
DBO₅	250 mg/l
Solidos suspendidos	250 mg/l

Fuente: Valores de entrada a la PTAR de agua residual en la Urbanización La Rioja.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

El sistema seleccionado es considerado eficiente para el tipo de tratamiento que es el aeróbico mediante la tecnología de lodos activados con digestión prolongada de lodos. La aireación artificial es un proceso que promueve el desarrollo acelerado de microorganismos presente de manera natural en el agua residual a tratar de esa forma el mezclado es otro elemento indispensable en el correcto desempeño en el sistema de tratamiento de la urbanización la Rioja. En la siguiente tabla se presentan las características promedio del afluente y efluente que se está obteniendo a la salida de la Planta de tratamiento de aguas residuales de La Rioja.

Tabla 6. Características promedio del afluente y efluente.

Parámetros de control	Afluente	Efluente
DBO₅	250 mg/l	≤ 50 mg/l
Solidos suspendidos	250 mg/l	≤ 50 mg/l
Coliformes fecales	10⁷ NMP/100ml	≤ 99% de remoción
Nitrógenos	14 mg/l	≤ 5 mg/l
Aceites y grasas	13 mg/l	≤ 0.3 mg/l
Fosforo	3 mg/l	≤ 10 mg/l

Fuente: Afluentes y Efluentes ubicados en la PTAR.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

3.3.1. Red de alcantarillado.

La urbanización la Rioja tiene su sistema separativo, es decir se encarga de recoger las aguas domésticas y pluviales en cajas domiciliarias y sumideros, respectivamente. El sistema de recolección de aguas domésticas tiene una pendiente promedio al 2x1000.

Las tuberías ya sean terciarias de caja a caja hasta llegar al pozo de AASS o tirantes en el caso de los sumideros directo al pozo de AALL estos pozos tienen sus tuberías centrales la cual evacua directo a la respectiva red de la planta de tratamiento llevando el caudal determinado de la urbanización.

3.3.2. Rejillas mecánicas.

El primer componente en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de sólidos gruesos y material suspendido orgánico que se encuentre en el agua residual para esto la PTAR de la Rioja utiliza dos rejillas mecánicas

Este sistema radica en la retirada de los sólidos de gran tamaño, para evitar que estos obstruyan en la llegada del agua residual en el sistema de la planta, al limpiar el fondo del pozo para evitar que se produzca anaerobiosis, y por consecuencia los malos olores dentro del sistema. También se debe limpiar constantemente el contenedor de forma regular, se utiliza un contenedor tapado con una abertura entre sus rejas y con un manejo mediante cadenas y rejas con movimiento oscilatoria mediante cables con un rastrillo que asciende entre las barras sumergiéndose en el agua para así ir arrastrando y poder sacar la basura existente de la rejilla.

El canal o puerto del preprocesador tiene un puerto. La pantalla es la parte que limpia las aguas residuales del sistema de sólidos inorgánicos no biodegradables. Este canal está diseñado con una serie de características que permiten un rendimiento óptimo durante la operación y el mantenimiento del sistema. Están fabricados con placas de acero

inoxidable que permiten que el agua entre en contacto con sus tapas para retener los olores provocados por los gases de escape del agua cruda.

Dimensiones del canal- Rejillas

Largo: 2,52m
 Ancho: 0,62m
 Altura útil 1,32m
 Altura Total 1,45m

Tabla 7. Medidas de rejilla mediana.

Rejilla Mediana	
Espesor de varilla	10mm
Luz entre varillas	15mm

Fuente: Detalles de medidas.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

Tabla 8. Medidas de rejilla fina.

Rejilla Fina	
Espesor de varilla	5mm
Luz entre varillas	5mm

Fuente: Detalles de medidas.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

3.3.3. Criba.

En la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización La Rioja se utiliza criba en vez de desarenador en su sistema de pretratamiento mecánico, la criba tiene una importancia clave en el sistema de depuración de aguas residuales, ya que se utilizan para la separación total de sólidos (incluyendo arena). Las aguas residuales sin tratar se bombean sobre la criba donde las partículas separadas deslizan hacia la parte inferior debido a la gravedad que se emplea, y el agua que ha pasado a través de la criba sigue su proceso de salida en el sistema.

El objetivo consiste en alcanzar la mayor separación entre los sólidos. En plantas de depuración de aguas residuales, usualmente se requiere la devolución de la materia soluble al flujo de agua, con la finalidad de incorporar dicho material en las siguientes etapas del tratamiento de la planta.

3.3.4. Cárcamo de bombeo.

El cuarto de bombeo tiene como función principal en la planta de tratamiento la de elevar el agua residual que llega por la red de alcantarillado. El agua residual pasa por una canastilla de acero inoxidable donde se retienen los sólidos mayores a ½” para evitar que colapse o se atasquen las bombas con material orgánico de gran tamaño para así hacer el

debido proceso de tratamiento, este cuarto tiene 4 bombas de potencia 5 hp para la absorción e impulsión del agua residual hacia la laguna aireada.

Un cárcamo de bombeo es de suma necesidad dentro de una planta de tratamiento para recibir el agua residual previamente de su bombeo, para lo cual se instala al cárcamo un dispositivo para la protección de bombas, las rejillas y dilaceradores. El volumen de agua va a depender de la calidad de bomba que la planta de tratamiento disponga ya que su velocidad puede ser variable o constante, además se debe tener en cuenta que las velocidades de las bombas deben ser suficientes para el abastecimiento de la planta así se evita que los ciclos de funcionamiento sean demasiados cortos.

3.3.5. Laguna aireada.

En este dispositivo se realiza aireación y agitación para reducir la materia orgánica. El tanque de aireación tiene tres aireadores de superficie AIREO2 de 30 HP, que inician la conversión de materia orgánica por aireación y reponen el lodo a través del sistema de filtración. Para el diseño del sistema cuenta con los criterios de 18 a 36 horas de periodo de retención del agua a tratar.

La laguna aireada es un tratamiento artificial que se basa en dos reactores aeróbicos donde las aguas servidas son sometidas a aireación. La agitación creada por los sistemas de aireación proporciona oxígeno y provoca que el contenido del depósito se mantenga en suspensión favoreciendo el contacto de las bacterias sobre la materia orgánica. Los sólidos una vez depurados la mayor parte de la materia orgánica se deben eliminar por decantación antes de la descarga del efluente.

Medidas de la laguna Aireada

	UTIL	TOTAL
Largo	44.70m	46.00m
Ancho	24.70m	26.00m

Profundidad	4.85m	5.50m
Talud	1/1	
Volumen aproximado	3445 m ³	
Porcentaje sobre flujo diario	116.61	
Periodo de retención	27 h 59 min	

La laguna tiene una relación 1/1 y está cubierta en el fondo de una geomembrana de polietileno que le da una función impermeable y está dotada de una pared central que le permite direccionar los flujos de la manera deseada sin acumulación de lodos así evitando las turbulencia y remolinos que desfavorezcan el tratamiento.

En la planta de tratamiento se implementará a futuro por el crecimiento del caudal de aguas residual de las viviendas un tamiz tornillo, cuya función es la separación de los sólidos presentes en las aguas residuales y la posterior compactación y deshidratación su funcionamiento es únicamente automática con una variación de velocidad y rotación de acuerdo a la necesidad de la planta en la separación de sedimentos y eliminación de materia orgánica.

3.3.6. Cuarto de blowers.

Son elementos mayormente conocidos como sopladores o Blowers fueron implementados para cubrir las necesidades de aireación en la laguna aireada de la planta de tratamiento de la urbanización la Rioja.

El soplador conserva oxigenada y mezclada el agua residual, para eludir la sedimentación de sólidos suspendidos y la formación de microorganismos anaerobios, cuyo principal causante es el mal olor de las aguas estancadas en la laguna. Este proceso es automático y contiene un reloj ya preestablecido en los sopladores que opera cada 15 minutos durante las 24 horas del día con un motor eléctrico y un sistema de transmisión de banda V.

El Blower tipo Lobe es una bomba sopladora y succionadores con dos módulos rotatorios. El aire atmosférico es impulsado por una tubería que posee unos difusores tipo hongo al final del recorrido en el final del recorrido, por donde se descarga el aire dentro de la superficie del agua, promoviendo de esta forma el mezclado y la aireación necesaria. Los lóbulos tienen la figura de un 8 y son especialmente diseñadas para trabajar conjuntamente girando en direcciones contrarias para transferir un volumen constante de aire desde la primera producción hasta el último punto descarga.

Para esta planta de tratamiento el blower que se utiliza sirve para dar funcionamiento a las bombas neumáticas de lodos ubicadas en el clarificador o sedimentador secundario y las bajantes con difusores de burbujas ubicadas en el digestor de lodos.

Tabla 9. Diseño de Blower.

Unidad	Blower de lóbulos
Marca	Sutorbilt
Modelo	5LP
Potencia Requerida	20HP

Fuente: Diseño de Blower.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

En su base el blower tiene un cimiento de concreto fundido previamente con sus pernos el equipo antes de ser instalado y fundida en el cimiento debe estar previamente nivelado y anclado para que de esta manera no se mueva durante la aplicación del concreto luego que el hormigón este previamente seco y duro se hizo un prechequeo de su nivelación.

3.3.7. Clarificadores.

El agua del tanque de aireación pasa a través de dos filtros físicos, cada uno de los cuales consta de seis conos, donde se separan el lodo sedimentado y el agua clara. Cada unidad específica incluye 6 conos, 2 filtros con deflectores de entrada y salida y 2 canales de

drenaje con separadores de segmento en V, cada cono tiene su propio filtro y ventilador de 20HP.

Usualmente se restringe el uso de bombas mecánicas por alta concentración de sólidos con que se trabajara en la planta por ende no son recomendadas para este tipo de sistema de tratamiento el periodo de retención va aproximadamente de 3 a 4 horas.

Tabla 10. Medidas de clarificadores.

MEDIDAS DE LOS CLARIFICADORES	
Largo	10.98 m
Ancho	7.32 m
Profundidad total	6 m
Nivel de agua	5.35
Altura lado recto	3.1 m
Altura cono truncado	2.9 m
# de conos por Clarificador	6
Volumen por clarificador	281.5 m ³
Tiempo de retención hidráulico	4.34 hr

Fuente: Medidas de Clarificadores.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

3.3.8. Desinfección del agua mediante rayos ultravioletas UV.

El método actual de desinfección del agua en la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización la Rioja consiste en rayos ultravioletas UV mediante dos módulos del modelo COD-750 DE FILTRO UV que cada uno tiene 5 lámparas, lo cual le ayuda constantemente al proceso de desinfección efectivo sin generar subproductos de desinfección problemáticos o con efectos secundarios para su efectividad depende de las características del agua residual que paso por el debido proceso desinfección como la intensidad de la radiación, el tiempo que estará expuesto los microorganismos a la radiación. La efectividad de los rayos UV la desinfección está principalmente relacionado con la concentración de componentes coloidales, los coliformes de partículas en el agua residual.

El método presenta tanto desafíos como ventajas, ya que no deja residuos químico en el agua, pero si requiere de una tratamiento previo para para reducir los sólidos suspendidos

que logra perjudicar la transmisión de luz ultravioleta, debido a un efecto de sombra que podría hacer que algunos contaminantes escapen de la desactivación los rayos UV, es por esta razón que esta investigación plantea dos alternativas de desinfección del agua residual.

Tabla 11. Criterio de selección de desinfección por medio de rayos ultravioleta (UV).

MODULO	MODELO	# DE LAMPARAS	TOTALIDAD DE VARIOS	GPM 15.000 UVS/CM	GPM A 30.000 UVS/CM
3 -65	COD-195	3	195	279/92	139/96
3-150	COD-450	3	450	643/433	321/221
5-65	COD-325	5	325	465/320	232/160
5-150	COD-750	5	750	1071/738	535/360

Fuente: Selección de desinfección por rayos UV.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

Flujo diario de la planta de tratamiento 2954.4 m³

3.3.8.1. Ventajas en el uso y mantenimiento de luz UV:

- No presenta riesgo a los usuarios.
- No genera subproductos.
- El mantenimiento es muy simple, se necesita simplemente un reemplazo anual de la lámpara y el mantenimiento del tubo de cuarzo dependiendo la calidad del agua a tratar.

3.3.8.2. Desventaja en el uso y mantenimiento de luz UV:

- No es efectivo en presencia de sólidos suspendidos en el agua residual previo a la desinfección.

3.3.9. Deshidratador.

El principal objetivo del deshidratador es depurar la humedad y secar los lodos que se incorporan al equipo de la planta de tratamiento. El sistema es apto para secar lodos que ingresan a la planta con un porcentaje de humedad del 99% y, eliminar la cantidad de agua en exceso hasta llegar a un 70% de humedad aproximadamente. El separador tiene como función retirar el líquido de los lodos y con ello reducir al mínimo el volumen. Entre más deshidratado

pueda estar el lodo, más económico y efectivo resulta el manejo de residuos y el costo de transporte. Las dimensiones del deshidratador que se está utilizando en la PTAR de la Rioja son: largo de 26 m y ancho de 6,50 m con una tubería de sistema drenaje de 4 pulgadas de diámetro que atraviesa en la parte inferior del lecho de secado.

El deshidratador tiene como función recibir los lodos del digester de lodos para secarlos y disponerlos en sacos o container fuera de la PTAR de la Rioja. Cuando el lodo se ha descompuesto, el sobrenadante se aspira, luego se retira del digester y se envía al tanque de aireación. El lodo se esparce sobre el dispositivo de deshidratación entre capas de 30 - 40 cm y se seca.

El lodo es deshidratado por una gran cantidad de lodo y drenado a través de medios filtrantes la mayor parte del agua es removida por el sistema de drenaje evaporación de la superficie expuesta al aire. A continuación, se instala una tubería de 110 mm de diámetro debajo de la grava para recoger el agua durante la fase de secado. El deshidratador diseñado para el proyecto de agua residual consta con las siguientes partes:

- Tanque de almacenamiento
- Capa drenante
- Área útil de relleno
- Tanque de almacenamiento

Es de forma rectangular y es de hormigón armado

- Capa Drenaje

Consiste en una capa de revestimiento, un medio filtrante y un sistema de drenaje, el propósito de la capa de revestimiento es mantener un espesor uniforme del lodo y evitar que el lodo descompuesto en el equipo se deshidrate y se mezcle con la arena del medio filtrante. Facilita la eliminación de lodos secos y evita la formación de agujeros. El soporte consiste en

una capa de ladrillo de 5 cm colocada sobre un medio filtrante con un espacio de 2-3 cm relleno de arena gruesa.

Las medidas de la capa drenaje son:

Material ladrillo: 5x7.5x15

Capa superior Arena: 7.5 a 15cm con un diámetro efectivo 0.3 a 1.2mm

Capa superior de piedra: de 10 a 15 de grava #162

Capa intermedia: espesor de 20 a 30 de grava #364

El espesor del lodo está entre 30 cm a 50 cm ya que con un buen tiempo el lodo seca entre 3 a 4 semanas, con este secado la pasta de lodo se agrieta a medidas que se va secando permitiendo que ocurra una evaporación con un periodo de remoción del lodo seco de una semana.

3.3.10. Digestor de lodos.

Su proceso se realiza en las plantas de tratamiento de aguas residuales, mediante 3 fases: primaria, secundaria y terciaria, donde se involucra una combinación de procesos físico, químico. Los lodos se conforman por sustancias contaminantes y peligrosas para la salud de los seres humanos, por ese motivo principal y esencial los lodos deben ser tratados antes de su evacuación a un cuerpo hídrico. Los lodos en la planta de tratamiento residual de la Rioja tienen un contenido en sólido que es variable entre el 0.25 y el 12% de su peso.

El digestor está formado por un depósito cilíndrico de hormigón; El lodo continúa dentro del digestor el tiempo preciso para que se elabore la descomposición biológica. La agitación del lodo que se encuentra en el digestor y su mezcla con el lodo recién ingresado o fresco se obtienen introduciendo el gas biológico que ayuda a efectuar el proceso del tratamiento de aguas residuales.

Tabla 12. Medidas de digestor de lodos.

Largo	12.03 m
Ancho	10.9 m
Altura Útil	5.00 m
Área total	135.65 m ²
Volumen Útil	659.85m ³
% sobre flujo diario	22.33%

Fuente: Medidas del digestor de lodos.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

3.3.11. Sistema Eléctrico.

La distribución de energía eléctrica en la PTAR en la urbanización la Rioja dispone de protecciones de los diferentes circuitos en la planta que constituyen una instalación eléctrica, todos y cada uno de los conductores eléctricos que alimentan las diferentes cargas que ayudan con el debido procedimiento de los motores como los blowers, bombas sumergible. La función del panel principal de distribución es la de distribuir, supervisar y proteger cada uno de los circuitos que constituyen una instalación eléctrica. Como ya se conoce la energía eléctrica en la actualidad es muy importante para el debido funcionamiento de la planta para tener resultados eficientes en la depuración total de coliformes y tener menos carga contaminante al ser evacuada al río Daule.

a) Suministros de energía:

La energía eléctrica llega hasta los terminales del talón del breaker principalmente de 500 amperios montado en el tablero de control y protección de los siguientes equipos: 2 motores de 20HP para el blower 5LP, 3 aireadores de 30HP, 1 tamiz tornillo de 1,5 HP y 2 módulos de desinfección de 5x150w -120v. c/u

b) Acometidas a tableros de control

Las acometidas son conductores de cobre aislado del tipo THHN y de calibre mínimo 2x#250 MCM para las fases, #4/0 para el neutro y 2/0 la tierra.

El calibre del conductor depende de la longitud de tal forma que se tenga una caída de voltaje menor o igual al 5% del voltaje nominal.

c) Tableros de control de blower 20hp y aireadores de 30hp

Una tensión de operación de 230 voltios 60hz las estructuras son de plancha metálica galvanizadas de 1/16'' como mínimo, pintada al horno con grados de protección de – 65 para exteriores.

El tablero tiene una puerta frontal provista de cerradura que da acceso al disyuntor principal y a los dispositivos de control y protección de equipos.

- ✓ 1 Breaker principal de 500 amperios del tipo termo-magnético caja moldeada
- ✓ 2 arrancadores directos de 20 HP- 230V, provisto de breaker 80 amp, contactor de 50 amp y térmico de 37-50 amp
- ✓ 1 dispositivo supervisor de volteje
- ✓ 1 dispositivo programador de encendido cada 5 minutos para el blower
- ✓ 3 dispositivos programadores de encendido horario semanal
- ✓ 5 amperios y contador de horas
- ✓ Sirena audible y luz indicadora de disparo de falla térmica

Tablero de control de tamiz tornillo 1,5HP -230V

- ✓ Este tablero está montado junto a la criba y contendrá:
- ✓ 1 arrancador directo de 1,5HP-230 voltios trifásticos
- ✓ 1 sensor de nivel tipo péndulo

Tableros de unidades de desinfección 2x5x150w. 120V

- 2 arrancadores directos para lámpara
- 6 balastos de 225W 125 voltios

- Bastonera de encendido y luz de indicación de operando
- Pulsador de paro emergente
- Contador de horas

d) Acometidas a motores de 20HP /30 HP

Estas acometidas parten desde los bornes de cada arrancador y llegan a los bornes de cada motor en tubería metálica sellada, son de cable de cobre aislado de tipo THHN# 6 para fases y #8 para la tierra equipos de 20HP, cable de cobre aislado del tipo THHN#4 para las fases y #8 para la tierra.

e) Tubería y accesorios

Todas las instalaciones son empotradas, tanto en el contra piso como paredes y cielos rasos. No existen más de cuatro curvas de 90 grados entre dos cajas de distribución o de revisión. Toda la tubería se instaló como sistema completo antes que los conductores sean pesados en su interior además las tuberías se limpiaron de manera apropiada para evitar humedad o materiales que obstaculicen el paso de los conductores.

3.4. Diseño y construcción de la Planta Piloto.

3.4.1. Argumento del diseño de la Planta Piloto.

Para la realización de la planta piloto es necesario indicar que esta cumplirá el objetivo de una PTAR a menor escala, es decir, realizará el proceso de desinfección mediante una conexión del tanque de 55 galones (208 litros) ubicado a un nivel más alto al tanque de 500 litros permitiendo hacer el procedimiento adecuado como se menciona en la justificación que menciona que “Mediante el desarrollo de este proyecto de investigación, se pretende conocer el desempeño ideal entre dos compuestos químicos que son el ácido peracético y las pastillas de cloro”. De tal manera se armaron dos tanques con conexiones de tubería de diámetro 1 ½” permitiendo que se realice el adecuado proceso de desinfección que se basa en la conducción del agua residual del tanque de menor capacidad al de mayor capacidad.

3.4.2. Bosquejo del diseño de la Planta Piloto.

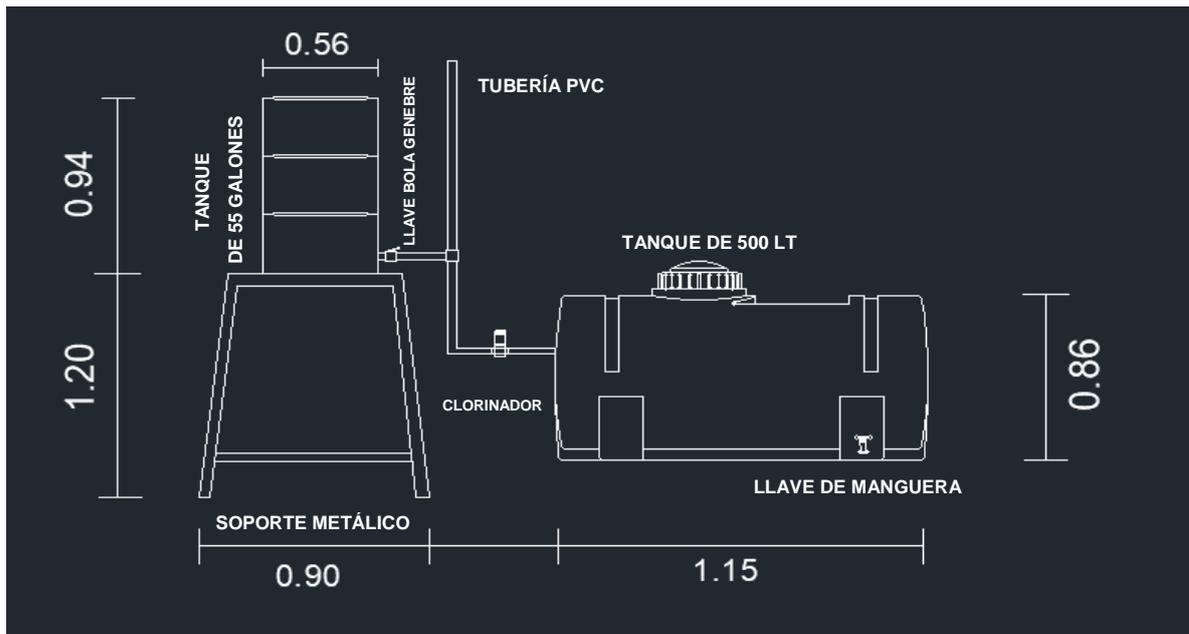


Ilustración 26. Bosquejo de la Planta Piloto.

Fuente: Descripción mediante el plano la estructura de la planta piloto.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.4.3. Materiales para la elaboración de la Planta Piloto.

Tabla 13. Materiales.

Cantidad	Materiales
1	Tanque de 55 galones
1	Tanque de 500 litros
1	Tubo Pvc diámetro 1 ½"
1	Tubo Rosca diámetro 1 ½"
1	Llave de manguera diámetro ½"
5	Cinta teflón 3/4" x 15m
6	Neplo polimex diámetro 1 ½" x 6cm
1	Llave bola genebre diámetro 1 ½"
2	Nudo Polimex diámetro 1 ½"
2	Conector polimex diámetro 1 ½"
1	Pasta polimex
1	Codo polimex diámetro 1 ½"
1	Bushing polimex
1	Tee de diámetro 1 ½"
4	Kg de Ácido peracético
2	Kg de Pastillas de cloro
1	Soporte metálico
1	Dosificador
7	Ensayos
1	Transporte de Materiales

Fuente: Materiales para la construcción de la planta piloto.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

3.4.4. Proceso de construcción de la Planta Piloto.

Para la realización de la planta piloto se implementó un tanque de 55 galones vertical, al cual se lo instaló a una altura más elevada para conseguir que el agua fluyera por gravedad mediante un orificio de 38 mm de diámetro o 1 ½” a 10 cm de la base hacia el tanque cilíndrico horizontal ubicado a nivel de suelo con un conector para tanque de 1 ½”. Luego se une a una llave esférica que permite la regulación del caudal del agua, de la misma manera se conecta a un tubo pvc roscable de diámetro 1 ½” el cual bajaba 90 cm y se acoplaba con un codo de 1 ½” x 90 grados a un clorinador vertical negro acuacoral de 1 kg que permite la dosificación regulada de las pastillas de cloro hacia el agua residual, después del clorinador se adaptó con un conector para tanque de diámetro 1 ½” hacia el tanque cilíndrico horizontal de 500 lts.



Ilustración 28. Adecuación del tanque de 55 galones para conexión de tubería de 1 ½”.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 27. Instalación de llave esférica y tubería de 1 ½”.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 30. Instalación de clorinador para dosificación de pastillas de cloro.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 29. Instalación de llave de salida de agua residual con desinfectante.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

Se diseñó un soporte metálico de 4 patas con una altura de 1,20 m y con una base de 80 cm x 80 cm con barras horizontales que permiten un mejor soporte para el tanque vertical de 55 galones que se ubicará sobre el mismo; para la elaboración se utilizó 3 tubos metálicos de 6 m y con un diámetro de 1,5 mm cada uno.



Ilustración 31. Soporte metálico utilizado.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

Para el experimento se compró 2 kg de pastillas de cloro (10 UND), al igual que 4 kg o un galón de ácido peracético con concentración al 12%, se utilizaron 7 frascos recolectores para muestras del agua que contendrán: 1 muestra de entrada de agua, 2 muestras del agua residual dosificada con pastillas de cloro con tiempos de contacto de 30 minutos y 45 minutos y 4 muestras de agua residual dosificadas con ácido peracético (2 con tiempo de contacto de 30 minutos y 2 con tiempo de contacto de 45 minutos) con diferentes cantidades.



Ilustración 32. Planta Piloto instalada en la Urb. La Rioja.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5. Experimento con la Planta Piloto en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización La Rioja

3.5.1. Fase preliminar al experimento.

En esta etapa se determinaron los cálculos que permiten la obtención del volumen, el diámetro y la altura del tanque en el que se almacenará el agua residual antes del proceso de desinfección. Se definió trabajar con un caudal de agua entrando a la Planta Piloto de 0,15 l/s, es decir el 0,44 % del caudal real de la PTAR de la Rioja que es de 34,2 l/s, por cuestión de espacio de área disponible.

Con el caudal de 0,15 l/s se definieron los volúmenes de agua residual que debía estar en el interior del tanque de 500 litros para que exista un tiempo de contacto de 30 y 45 minutos del desinfectante a evaluar.

- **Cálculo de volumen del agua en el interior del tanque de 500 litros (prueba con ácido peracético tiempo de contacto 30min)**

$$\text{Vol}_1 = Q \text{ diseño} * \text{Tiempo de contacto} = 0.15 \text{ l/s} * 30 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = \mathbf{270 \text{ litros}}$$

- **Cálculo de volumen del agua en el interior del tanque de 500 litros (prueba con ácido peracético tiempo de contacto 45min)**

$$\text{Vol}_2 = Q \text{ diseño} * \text{Tiempo de contacto} = 0.15 \text{ l/s} * 45 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = \mathbf{405 \text{ litros}}$$

Luego de esto se definió usar un diámetro de tubería de $d = 1 \frac{1}{2}$ " por donde el agua residual pasará con un caudal calculado de $Q = 0.15 \text{ l/s}$ en un tiempo establecido de 30 minutos y 45 minutos donde se activan los dos químicos desinfectantes y cumplen la función de desactivación de bacterias como son los coliformes fecales.

Se especificó la dosificación de 0.5 mg/l para las pastillas de cloro y para el ácido peracético se contempló 4 dosificaciones que son: 5 mg/l (en el volumen de agua de 270 litros que equivale a 11,25 ml de ácido peracético a agregar); 10 mg/l (en el volumen de agua de 270 litros que equivale a 22,50 ml de ácido peracético a agregar); 5 mg/l (en el volumen de agua de 405 litros que equivale a 16,92 ml de ácido peracético a agregar) y 10 mg/l (en el volumen de agua de 405 litros que equivale a 33,75 ml de ácido peracético a agregar) en los tiempos previamente establecidos.



Ilustración 33. Tanque plastigama de 500 litros.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

Cálculo del Ácido peracético 12%

- **Ácido a 30 minutos**

$$5 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * 270\text{l} = 1350\text{mg} = 1,35\text{g}$$

$$10 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * 270\text{l} = 2700\text{mg} = 2,70\text{g}$$

- **Ácido a 45 minutos**

$$5 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * 405\text{l} = 2025\text{mg} = 2,05\text{g}$$

$$10 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * 405\text{l} = 4050\text{mg} = 4,05\text{g}$$

Tabla 14. Dosificación del Ácido Peracético

Gramos	Cantidad De Ácido
1,35	11,25ml
2,70	22,50ml
2,03	16,92ml
4,0	33,75ml

Fuente: Detalle de dosificaciones.
Elaborado por: Arana& Mancero (2021)

3.5.2. Funcionamiento de la Planta Piloto.

Para este proceso se obtuvieron 7 muestras de agua residual con los desinfectantes en un determinado tiempo, es decir, 1 muestra de entrada, 2 de salida de agua residual con el primer desinfectante (pastillas de cloro) y 4 más de salida con el segundo desinfectante (ácido peracético).

Tabla 15. Número de ensayos.

N°	Muestra	Tiempo (min)	Cantidad
1°	Agua Residual	-	-
2°	Pastillas de Cloro	30	0,25 Kg
3°	Pastillas de Cloro	45	0,25 Kg
4°	Ácido Peracético	30	11,25 ml
5°	Ácido Peracético	30	22,50 ml
6°	Ácido Peracético	45	16,92 ml
7°	Ácido Peracético	45	33,75 ml

Fuente: Siete ensayos de laboratorio

Elaborado por: Arana & Mancero (2021)

3.5.2.1. Muestra de entrada.

Para la primera toma se recolectó el agua del canal de salida del clarificador sin la presencia de desinfectantes para conocer cuál es el total de coliformes fecales que entra al proceso de desinfección final de la Planta de tratamiento, y así realizar los ensayos pertinentes.



Ilustración 34. Primera muestra tomada directamente del canal de salida del clarificador sin la presencia de desinfección.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5.2.2. Muestra de salida con pastillas de cloro (tiempo de contacto 30 min).

Se realizó el abastecimiento del tanque elevado en la parte superior del soporte metálico con el agua residual a la salida del proceso de clarificación en un tiempo de llenado desde las 12:42 pm hasta las 13:06 pm, guiándonos en los cálculos se llenó el tanque

cilíndrico un volumen de 270 lts siendo este el parámetro establecido para la toma de muestras, en ese momento se dosificó el clorinador con un caudal de salida de 0,15 l/s con 5 pastillas de cloro disolviéndose 0,25 kg de las mismas para la desinfección requerida. Se procedió a abrir la llave esférica para que mediante gravedad el agua residual baje por una tubería de diámetro 1 ½” con un caudal de 0,15 l/s.

Y así mismo pasa por el clorinador incorporándose el cloro disuelto hasta llegar al tanque de 500 lts donde finalmente se deja reposar durante 30 minutos (tiempo de contacto entre el cloro y el agua residual a desinfectar) desde las 13:06 pm hasta las 13:36 pm para tomar la segunda muestra.



Ilustración 35. Llenado del tanque elevado con agua residual.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 36. Dosificación de las pastillas de cloro dentro del clorinador.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 37. Pastillas de cloro dentro del Clorinador.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5.2.3. Muestra de salida con pastillas de cloro (tiempo de contacto 45 min).

Para proceder a la toma de esta muestra se realizó el mismo proceso solo que con un tiempo de llenado desde las 13:56 pm hasta las 14:30 pm para lograr un volumen de 405 lts para el tanque cilíndrico y un tiempo de contacto de 45 minutos desde las 14:30 hasta las 15:15 pm del agua residual combinada con las pastillas de cloro.



Ilustración 38. Llenado del tanque elevado con 405 litros de agua residual.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 39. A la espera del proceso de desinfección a 45 minutos con las pastillas de cloro.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 40. Muestra de a 45 minutos de pastillas de cloro en el agua residual.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5.2.4. Muestra de salida con ácido peracético – Adición de 5 mg/l que equivale a 1,35 gramos o 11,25 ml (tiempo de contacto de 30 min).

Para proseguir con la toma de la muestra del ácido peracético se llenó el tanque cilíndrico con un volumen de 270 lts de agua residual en un tiempo de llenado desde las 9:32 am hasta las 10:00 am para luego continuar en la dosificación del agua residual ayudándonos con una jeringa de 60 ml en la cual se suministró el ácido con una primera dosis de 11, 25 ml para después incorporarlo al agua residual a desinfectar mientras ésta ingresaba en el tanque cilíndrico de 500 litros, finalizando con un tiempo de contacto de 30 minutos desde las 10:04 am hasta las 10:34 am para tomar la muestra.



Ilustración 41. Desinfectante – Ácido Peracético.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 42. Adición de ácido peracético en la jeringa con 11,25 ml.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 43. Llena del tanque elevado con 270 lts de agua residual.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 44. Abastecimiento de ácido peracético en la jeringa a 11,25ml.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 45. Dosificación del agua residual con el ácido peracético

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 46. Toma de la primera muestra del agua residual desinfectada con ácido peracético.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 47. Muestra de salida del tanque de 270 lts con ácido peracético.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5.2.5. *Muestra de salida con ácido peracético – Adición de 10 mg/l que equivale a 2,70 gramos o 22,50 ml (tiempo de contacto 30 min).*

En el siguiente proceso se inició con el llenado del tanque con un volumen de 270 lts de agua residual en un tiempo de llenado desde las 10:56 am hasta las 11:10 am, para luego proceder con la dosificación del ácido peracético con un volumen de 22,50 ml con un tiempo de contacto de 30 min desde las 11:13 am hasta las 11:43 am.



Ilustración 48. Llenado del tanque elevado con 270 lts de agua residual.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 49. Suministro con ácido peracético a la jeringa con 22,50 ml.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 50. Ácido peracético a 22,50 ml.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 51. Incorporación del ácido peracético con el agua residual.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 52. Toma de muestra a los 30 minutos del agua residual desinfectada.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5.2.6. Muestra de salida con ácido peracético – Adición de 5 mg/l que equivale a 2,03 gramos o 16,92 ml (tiempo de contacto 45 min).

Se prosigió con el proceso de llenado de volumen de 405 lts en un tiempo de contacto de 45 minutos desde las 12:05 pm hasta las 12:20 pm para luego realizar el proceso de suministro con ácido peracético al agua residual y, esperar el tiempo de contacto de 45 minutos para la desinfección desde las 12:22 pm hasta las 13:07pm.



Ilustración 53. Abastecimiento del tanque con 405 lts de agua residual.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 54. Absorción del ácido peracético a 16,92 ml en la jeringa.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 55. Ácido peracético al 16,92 ml.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 56. Dosificación del agua residual.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 57. Toma de muestra de agua desinfectada con ácido peracético.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5.2.7. Muestra de salida con ácido peracético – Adición de 10 mg/l que equivale a 4,05 gramos o 33,75 ml (tiempo de contacto 45 min).

Como última muestra se realizó el llenado de 405 lts del tanque cilíndrico durante 45 minutos, es decir, desde las 13:31 pm hasta las 13:50 pm para luego suministrar la jeringa con ácido peracético a 33,75 ml y, así poder dosificar el agua residual cuando cae por gravedad del tanque elevado y esperar el tiempo de contacto de 45 minutos desde las 13:57pm hasta las 14:42 pm.



Ilustración 58. Abastecimiento del tanque elevado con 405 lts de agua residual.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 59. Absorción del ácido peracético a la jeringa.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 60. Ácido peracético a 33,75 ml.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 61. Dosificación del agua residual con el ácido peracético.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 62. Toma de muestra.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).



Ilustración 63. Muestra de agua residual desinfectada con ácido peracético.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

3.5.2.8. *Muestras al laboratorio.*

Después de finalizar con todas la toma de muestras exitosamente, se procedió a llevar los envases preservados en una hielera al Laboratorio de calidad de aguas “Ingeestudios” que se encuentra en Vía a la Costa, Urbanización Torres del Salado donde realizaron las pruebas

pertinentes para la evaluación de la efectividad de la desinfección del agua residual con los dos químicos: ácido peracético y pastillas de cloro.

Es necesario indicar que el Laboratorio Ingeestudios, es un laboratorio acreditado por la SAE (Servicio de Acreditación ecuatoriano).



Ilustración 64. Transporte de muestras hacia el laboratorio.
Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

CAPÍTULO IV

4. INFORME TÉCNICO

4.1. Análisis de Resultados

Una vez realizado los exámenes de laboratorio en ‘‘Ingeestudios’’ donde procedieron con la inoculación de las 7 muestras durante 5 días cuyos resultados fueron satisfactorios, porque están dentro del límite que atribuye *la Norma general para descargas de efluentes a cuerpos de agua dulce* del Texto Unificado de Legislación ambiental secundaria (TULSMA) con un límite máximo permisible de 2000 NMP/100 ml de coliformes fecales para la descarga de agua residual a un cuerpo hídrico.

Tabla 16. Resumen de Lote de Ensayos.

COMPARACIÓN CON RESPECTO A LA NORMA					
Muestras	U	Tiempo de Contacto (min)	Dosificación	Concentración de Coliformes Fecales	Límite máximo permisible según el TULSMA
Entrada de agua residual	NMP/100ml	-	-	1600x10 ³	2000
Pastillas de cloro	NMP/100ml	30	0,25 Kg	1.8	2000
Pastillas de cloro	NMP/100ml	45	0,25 Kg	1.8	2000
Ácido Peracético	NMP/100ml	30	11,25ml (5mg/lt)	210	2000
Ácido Peracético	NMP/100ml	30	22,50ml (10 mg/lt)	46	2000
Ácido Peracético	NMP/100ml	45	16,92ml (5 mg/lt)	23	2000
Ácido Peracético	NMP/100ml	45	33,75ml (10 mg/lt)	3.6	2000

Fuente: Límites máximos permisibles según el *TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria)*

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

4.1.1. Entrada de Agua Residual.

Mediante informe entregado por el laboratorio se evidencio que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización La Rioja cuenta con una concentración de 16000 coliformes fecales lo que la ubica fuera del límite permisible que es de 2000 NMP/100 ml y se encuentra visible su inconformidad basada en la tabla #8 de *la Norma general para descargas de efluentes a cuerpos de agua dulce*, por lo tanto es recomendable la desinfección de esta agua residual.

4.1.2. Pastillas de cloro – Tiempo de contacto 30 min.

Para esta muestra de agua residual, se realizó la desinfección durante 30 minutos con una dosificación de 0,25 kg para un caudal de 0,15 lt/seg lo que dio como resultado 1,8 la concentración de coliformes fecales, ubicándolo dentro del límite máximo permisible y considerándola no contaminante para el río en el que desemboca.

4.1.3. Pastillas de cloro – Tiempo de contacto 45 min.

Esta prueba a 45 minutos de tiempo de contacto dio como resultado en la concentración de coliformes fecales 1,8. Por lo que podemos evidenciar una igualdad con el resultado de la muestra de 30 minutos, es decir, la alta efectividad de las pastillas de cloro empieza a partir de los 30 minutos de que estas actúen.

4.1.4. Ácido Peracético (11,25 ml equivalente 5 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min.

Una vez realizada la muestra con tiempo de contacto de 30 minutos con una dosificación de ácido peracético de 11,25 ml que equivale a 5 mg/lt, se obtuvo un resultado en la concentración de coliformes fecales igual a 210 NMP/100 ml, lo que demuestra su efectiva desactivación de agentes contaminantes cumpliendo con el límite de permisibilidad y así mismo se observa que en dicho tiempo de contacto su eficacia es menor en comparación con las pastillas de cloro.

4.1.5. Ácido Peracético (22,5 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min.

Con respecto a esta muestra que tiene un tiempo de contacto de 30 min similar a la anterior pero con una dosis mayor equivalente a 22,50ml (10 mg/l), se considera que su desinfección tiene un incremento notorio y la concentración de coliformes fecales tiene una disminución mayor correspondiente a 46 NMP/100 ml. Por lo que se deduce que incrementando la dosificación aproximadamente al doble de la anterior y con el mismo tiempo de 30 minutos, su efectividad será más significativa.

4.1.6. Ácido Peracético (16,92 ml equivalente a 5 mg/l) – Tiempo de contacto 45 min.

Por otra parte la ejecución de esta muestra con tiempo de contacto de 45 minutos y con una dosificación igual a 16,92 ml (5 mg/l) demuestra un incremento en su desempeño al 50% más que la prueba anterior de 30 minutos con una dosificación de 22,50 ml, de modo que se comprueba la desinfección notable en el descenso de concentración de coliformes fecales igual a 23 NMP/100 ml pese a la menor cantidad de ácido peracético usado y con un tiempo adicional de 15 minutos permitiéndole actuar de mejor manera al químico y evitando el desperdicio del compuesto desinfectante por el ahorro de tiempo.

4.1.7. Ácido Peracético (33,75 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 45 min.

Por último, el análisis de la muestra con tiempo de contacto de 45 minutos arrojo un descenso en la concentración de coliformes igual a 3,6 NMP/100 ml; es decir, tuvo una efectividad superior a las anteriores y cabe recalcar que la dosificación de esta muestra fue la mayor con 33,75 ml (10 mg/l), por lo que se considera sobresaliente debido a que tiene una cobertura mayor en desinfección ubicándose dentro del límite máximo permisible y la ventaja

es que se no es dañino (no genera trihalometanos) para los seres acuáticos que pudieren estar presentes en el cuerpo receptor de esta agua desinfectada.

Después de analizar los estudios de laboratorio se seleccionó dos resultados que son los más óptimos para la desinfección del agua residual efluente cumpliendo con el límite máximo permisible que la norma indica para las descargas a un cuerpo de agua dulce del TULSMA. Estos son el uso de pastillas de cloro con tiempo de contacto 30 minutos usando 0,25 kg de pastillas de cloro, y el uso de ácido peracético con tiempo de contacto de 45 minutos usando una dosificación de 10 mg/l.

4.2. Porcentajes de Remoción de Coliformes Fecales

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de los porcentajes de remoción de cada una de las 6 muestras realizadas.

Tabla 17. Muestras seleccionadas.

CÁLCULO DE PORCENTAJES DE REMOCIÓN				
Muestras	U	Tiempo (min)	Dosificación	Porcentaje (%)
Pastillas de cloro	NMP/100ml	30	0,25 Kg	99,91
Pastillas de cloro	NMP/100ml	45	0,25 Kg	99,91
Ácido Peracético	NMP/100ml	30	11,25ml	89,5
Ácido Peracético	NMP/100ml	30	22,50ml	97,7
Ácido Peracético	NMP/100ml	45	16,92ml	98,85
Ácido Peracético	NMP/100ml	45	33,75ml	99,82

Fuente: Desempeño en desinfección en porcentajes.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

4.2.1. Pastillas de Cloro – Tiempo de contacto 30 min.

Se realizó el cálculo del porcentaje en la primera muestra de 30 minutos que equivale al 99,91% en la desinfección total del agua residual de la Planta de Tratamiento de la urbanización la Rioja lo que da a conocer que la desactivación de contaminantes con las pastillas de cloro es evidente en solo media hora de su activación.

4.2.2. Pastillas de Cloro – Tiempo de contacto 45 min.

Esta muestra dio conocer que la activación de las pastillas de cloro a 45 minutos llega a tener el mismo porcentaje de 99,91% que, es decir que el desempeño en la desinfección no varía con un diferencia de 15 minutos, por lo tanto se deduce que las pastillas de cloro tienen un alta eficacia en la eliminación de coliformes fecales.

4.2.3. Ácido Peracético (11,25 ml equivalente 5 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min.

Como resultado de esta prueba de ácido peracético en un tiempo de contacto de 30 minutos con una dosificación de 11,25 ml se tuvo como rendimiento en porcentaje el 89,50% en desinfección para el agua residual, de tal manera su eficacia es menor a comparación de las pastillas de cloro con un 10,41% de diferencia, sin embargo ingresa dentro del rango de efectividad para desinfectar el agua residual.

4.2.4. Ácido Peracético (22,5 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 30 min.

Por otra parte al analizar el resultado del ácido peracético con tiempo de contacto de 30 minutos con una dosificación mayor a la anterior e igual a 22,50 ml se alcanza un porcentaje desinfección de 97,70% considerando que al elevar los ml en la distribución del ácido peracético en el ensayo se obtiene un incremento en la descontaminación del agua residual de 8,20%.

4.2.5. Ácido Peracético (16,92 ml equivalente a 5 mg/l)– Tiempo de contacto 45 min.

Con relación a la muestra con tiempo de contacto de 45 minutos teniendo una dosificación menor a la anterior de 16,92 ml se refleja un aumento en el porcentaje de eliminación de contaminantes al 98,85% de este modo se comprueba que la diferencia de 15 minutos adicionales permite una mejor activación del desinfectante.

4.2.6. Ácido Peracético (33,75 ml equivalente a 10 mg/l) – Tiempo de contacto 45 min.

Por último, esta prueba tiene un tiempo de contacto de 45 minutos con una cantidad de ácido peracético de 33,75 ml dando como efecto de descontaminación un 99,82% aproximándose al 100% en comparación con las otras tres muestras realizadas con la ayuda del mismo producto, es decir, que únicamente le falta un 0,18% para alcanzar su efectividad máxima.

Las pastillas de cloro con un tiempo de acción de 30 min y una dosificación de 2kg eliminan un 99,91% de coliformes fecales a comparación del ácido peracético que con un tiempo de acción de 45min y una dosificación de 33,75ml elimino un 99,82%. Sin embargo, a esto según literatura técnica el problema en usar cloro es la posible aparición de trihalometanos (sustancias cancerígenas) al mezclarse con materia orgánica que puede salir en el agua efluente de una PTAR, es por eso que se considera una opción más recomendable el uso de ácido peracético (el cual no produce trihalometanos) como agente desinfectante en una PTAR.

4.3. Análisis Económico

Para la implementación del análisis económico se debe contemplar el caudal usado en el experimento en comparación con el caudal de la PTAR de la Rioja, es decir, la planta piloto

según los cálculos referidos en el punto 3.5.1. Fase preliminar del experimento, tiene un caudal de entrada de 0,15 l/s, es decir el 0,44 % del caudal real de la PTAR de la Rioja que es de 34,2 l/s. Por lo tanto su variación en el costo de implementación con pastillas de cloro y ácido peracético será el siguiente:

4.3.1. Pastillas de Cloro.

Tabla 18. Especificación de Costos de las Pastillas de Cloro.

Desinfectante	Cantidad	Unidad	P. Unitario	P. Total
Pastillas de Cloro	0,25	Kg	\$4,50	\$1,13
Pastillas de Cloro	57	Kg	\$4,50	\$256,50
Pastillas de Cloro + Clorinador	57	Kg	\$5,20	\$296,40

Fuente: Costos calculados.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

Cabe recalcar que 1 Kg de Pastillas de cloro contiene 5 unidades de los cuales se usó en el experimento 0,25 kg para tratar un caudal de 0,15 l/s, por lo tanto para la desinfección del caudal actual (34,2 l/s) en la PTAR de la Rioja se recomienda utilizar 285 unidades de pastillas de cloro, que equivale a 57 Kg.

Por lo tanto, el costo para desinfectar el agua residual usando pastillas de cloro para un caudal de 1 litro/segundo sería de \$8,67.

4.3.2. Ácido Peracético.

Se tomó para el análisis económico la dosificación que resultó con una mayor remoción de coliformes fecales, es decir, con 10 mg/l de ácido peracético.

$$10 \frac{mg}{lt} * 34,2 \frac{lt}{seg} = 342 \frac{mg}{seg}$$

$$342 \frac{mg}{seg} * \frac{1 kg}{1000000 mg} * 86400 \frac{seg}{día} = 29,55 \frac{kg}{día}$$

$$29,55 \frac{kg}{día} / 4 \frac{kg}{galón} = 7,39 \frac{galones}{día}$$

$$\frac{\$14,50}{\text{galón}} * 7,39 \frac{\text{galones}}{\text{día}} = \$107,16 /\text{día}$$

De tal manera, el costo para desinfectar el agua residual usando ácido peracético para un caudal de 1 litro/segundo sería de \$6,42, menor a lo que se necesitaría al usar pastillas de cloro.

Tabla 19. Especificación de Costos del Ácido Peracético.

Desinfectante	Cantidad	Unidad	P. Unitario	P. Total
Ácido Peracético	0,25	Kg	\$3,63	\$0,91
Ácido Peracético	57	Kg	\$3,63	\$206,91
Ácido Peracético + Bomba Dosificadora + Tanque	57	Kg	\$5,60	\$319,20

Fuente: Costos calculados.

Elaborado por: Arana & Mancero (2021).

Una vez realizado el análisis económico del ácido peracético, se conoce que 1 galón de ácido peracético contiene 4 kg de los cuales se usó en el experimento 0,25 kg para tratar un caudal de 0,15 l/s, por lo tanto para la desinfección en la PTAR de la Rioja se recomienda utilizar 228 galones de ácido peracético, que equivale a 57 Kg para tratar un caudal de 34,2 l/s.

De tal manera, el costo para desinfectar el agua residual usando ácido peracético para un caudal de 1 litro/segundo sería de \$6,42.

4.4. Conclusiones

1. Se determinó que los dos tipos de alternativas para el proceso de desinfección de aguas residuales (pastillas de cloro y ácido peracético) son eficaces, pese a que el ácido peracético tiene un menor porcentaje desinfección de 99,82% a comparación de las pastillas de cloro con un 99,91%. Sin embargo, existe un cumplimiento en ambos casos con el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce que se indica en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA).
2. Se efectuó un análisis económico entre el ácido peracético y las pastillas de cloro para la Planta de Tratamiento de La Rioja que dio como resultado un costo de litro/segundo de agua tratada para las pastillas de cloro \$8,67 mientras que el ácido peracético tiene un costo menor por litro/ segundo de agua tratada de \$6,42.
3. Se diseñó una planta piloto con dos reservorios ,un tanque elevado con una capacidad de 208 litros y otro tanque con una capacidad de 500 litros que permitió evaluar el desempeño de la desinfección usando pastillas de cloro y ácido peracético y la toma de muestras para el análisis.

4.5. Recomendaciones

1. Abarcar mayormente este tema con más distribuciones para el tiempo de espera relacionado en la toma de muestras, es decir, alternarse y evaluar cada desinfectante en otros rangos de tiempo diferentes a los usados, permitiéndoles así un mejor resultado y desempeño de los mismos en su evaluación final.
2. Analizar la desinfección del agua residual en diferentes estaciones del año, ya que existe un factor adicional de aguas lluvias que incrementa el caudal de entrada a la Planta de Tratamiento de La Rioja.
3. Aspirar a que los futuros estudiantes puedan evaluar la efectiva no generación de trihalometanos con la dosis óptima encontrada de ácido peracético en el agua tratada, y de esta manera obtengan resultados efectivos con el fin de encontrar un desinfectante que no afecte la flora y fauna del medio ambiente.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Agua, C. e. (s.f. de s.f. de 2009). *¿Qué es una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales?*, de <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/plantatratamiento.html>
- Arreghini, S. (s.f. de s.f. de s.f.). *Plantas acuáticas (macrofitas)*. de <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/PlantAcuat.htm>
- Baars, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *EL USO DE ZANJAS DE OXIDACION EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS CLOACALES PROCEDEKTES DE COLECTIVIDADES PEQUEÑAS.*, de <https://www.paho.org/Spanish/BOL/v54n3p196.pdf>
- Barros Campoverde, A. A. (s.f. de s.f. de 2015). *DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUAS TRATADAS* ,de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21794/1/TESIS.pdf>
- Betelgeux. (31 de Enero de 2018). Obtenido de <https://www.betelgeux.es/blog/2018/01/31/el-acido-peracetico-paa-biocida-de-amplio-espectro-y-bajo-en-residuos/>
- BioMérieux España S.A. (s.f. de s.f. de 2013). *Coliformes*, de <https://www.biomerieux.es/coliformes>
- Carbactenia. (18 de Noviembre de 2020). *Desinfección de agua*. de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/metodos-para-desinfeccion-del-agua/>
- Cervantes Picazo, J., de Gortari Buenrostro, H., & Gochis Illescas, C. (s.f. de s.f. de s.f.). *Protección Civil Asesorías*. de Tratamiento de Aguas Residuales: <http://www.proteccioncivilasesorias.com/index.php/agua/tratamiento-de-agua/tratamiento-de-agua-primario-secundario-y-terciario>
- COELLO, G. L. (s.f. de Septiembre de 2017). *EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN DE EFLUENTES GENERADOS POR LA EMPRESA DE LÁCTEOS “MARLEN” UBICADA EN EL*

- CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA., de
<http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6535/1/PIUABQF012-2017.pdf>
- CONSTRUMÁTICA. (s.f. de s.f. de s.f.). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.*, de
https://www.construmatica.com/construpedia/Planta_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales
- cuidoelagua.org. (s.f. de s.f. de 2009). *¿Qué es una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales?*, de
<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/plantatratamiento.html>
- Cyclus. (5 de Noviembre de 2011). *Tratamiento Primario*, de
<https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-primario/#:~:text=Los%20tratamientos%20primarios%20son%20aquellos,%2C%20coagulaci%C3%B3n%20%E2%80%93%20floculaci%C3%B3n%20y%20filtraci%C3%B3n.>
- Cyclus. (06 de Enero de 2016). *Desinfección*. de <https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/desinfeccion/>
- Del Pozo Barrezueta, H., & NACIONAL, R. D. (5 de Agosto de 2014). *LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*, de Ediciones Legales: https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.pdf
- Delgado, S. (02 de 04 de 2015). *Coliformes totales y termotolerantes como contaminantes de agua de río*. Obtenido de Coliformes totales y termotolerantes como contaminantes de agua de río: <https://es.slideshare.net/paolaeyzaguirreliendo/coliformes-totales-y-termotolerantes-como-contaminantes-de-agua-de-ro>

- Domos Agua. (12 de Julio de 2019). *Domos Agua*, de <https://www.domosagua.com/blog/aguas-residuales-riego>
- Edna. (24 de Julio de 2011). *Tratamiento de Aguas Residuales*, de <https://tratamientodeaguasresiduales.net/que-es-el-tratamiento-de-aguas-residuales/#more-4>
- Elfo, G. (27 de Enero de 2020). *EL ÁCIDO PERACÉTICO Y SUS MÚLTIPLES USOS*, de <https://levabeer.com/el-acido-peracetico-y-sus-multiples-usos/>
- Emsley, J. (2001). Las piezas de construcción de la naturaleza. En J. Emsley, *Las piezas de construcción de la naturaleza* (pág. 538). s.t.: Oxford University Press.
- Estornell, J. (31 de Enero de 2018). *El ácido peracetico para biocida*, de <https://www.betelgeux.es/blog/2018/01/31/el-acido-peracetico-paa-biocida-de-amplio-espectro-y-bajo-en-residuos/>
- Estrucplan. (2007). Folletos Informativos De Tecnología De Aguas Residuales De La EPA : Zanjas De Oxidación. Parte 1. *EPA*, 6.
- García Astillero, A. (6 de Agosto de 2018). *Tipos de tratamiento de aguas residuales.*, de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>
- Gardey, J. P. (2016). *Definición de*, de <https://definicion.de/cloro/>
- Gardey, J. P. (s.f. de s.f. de 2016). *Definición de Cloro*, de <https://definicion.de/cloro/>
- INTERAPAS. (s.f.). Sistema de tratamieto de aguas residuales. *Cultura del agua*, 4.
- Iñaqui Tejero, M., Suárez Lopez, J., Jacome Burgos, A., & Temprano Gonzales, J. (2001). *Aguas Residuales: Clasificación, Características y Composición*. San Eloy: dspace.espol.
- ISA, Ingeniería y Servicios Ambientales. (s.f. de s.f. de 2020). *Procesos de Desinfección en Plantas de Tratamiento con Cloro*, de <https://isa.ec/procesos-de-desinfeccion-en-plantas-de-tratamiento-cloro-en-sus-varias-presentaciones/>

- Lenntech. (2017). Obtenido de <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>
- LENNTECH. (2018). Obtenido de <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm#:~:text=La%20desinfecci%C3%B3n%20del%20agua%20significa,y%20crecimiento%20de%20esto%20microorganismos.>
- LENNTECH. (s.f. de s.f. de s.f.). *Electrodialisis Tecnología de Membrana*, de <https://www.lenntech.es/Library/Reverse%20osmosis/electrodialysis.htm#ixzz6s7gUEFiC>
- LENNTECH. (s.f. de s.f. de s.f.). *Que es la desinfección del agua?*, de <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm#:~:text=La%20desinfecci%C3%B3n%20del%20agua%20significa,y%20crecimiento%20de%20esto%20microorganismos.>
- Martín, F. P. (16 de Febrero de 2016). *Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Villa Clara*, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000200007
- Martínez Rodríguez, J. C., & Rodríguez Rodríguez, E. (2016). ANÁLISIS DE ZANJAS DE OXIDACIÓN COMO TECNOLOGÍA DE REMOCIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES EN EL ESTADO DE TABASCO. *Kuxulkab; DACBiol-UJAT*, 18.
- Mata, L. (27 de Marzo de 2017). *lorenzomata95*, de <https://lorenzomata95.wixsite.com/misitio/clarificador-secundario>
- Mesa, M. H. (27 de 04 de 2016). *Desinfección de agua residual con ácido peracético*. Obtenido de https://minio2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/pdf/2020/09_20/nemtkw1600557521.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-

Credential=LB63ZNJ2Q66548XDC8M5%2F20210413%2F%2Fs3%2Faws4_request
&X-Amz-Date=20210413T031246Z&X-Am

Microlab Industrial S.A. de C.V. (s.f. de s.f. de s.f.). *Microlab Industrial S.A.*, de

<https://www.microlabindustrial.com/parametros/patogenos/182/coliformes-fecales>

Munn, C. (2004). *Marine Microbiology: Ecology and Applications*. Florida: Taylor & Francis, Inc.

Munn, C. B. (2004). *Marine Microbiology: Ecology and Applications*. Taylor & Francis, Inc.

Muñoz Bravo, J., & García Blanco, P. (s.f. de s.f. de 2007). *Agua Serena.*, de

<http://contenidos.educarex.es/mci/2007/11/activid/edar/edar.htm>

NACIONAL, C. (20 de Mayo de 2004). *LEY DE AGUAS, CODIFICACION*, de

https://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/ley_aguas.pdf

Nuevo, D. (17 de Febrero de 2018). *Cloración en Tratamiento de Aguas.*, de

<https://www.tecpa.es/cloracion-tratamiento-aguas/>

Núñez, L. T. (4 de Noviembre de 2015). *Registro Oficial.*, de Edición Especial N° 387 :

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

Raffino, M. E. (25 de Septiembre de 2020). *Concepto.de.*, de Método Científico:

<https://concepto.de/metodo-cientifico/>

Redalyc. (04 de 06 de 2012). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación*

de la calidad de las aguas. Obtenido de Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas:

<https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>

Reed, B. (s.f. de Mayo de 2009). *Medición del cloro residual.*, de [http://www.disaster-](http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf)

[info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf](http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf)

Rotoplas. (6 de Julio de 2018). Obtenido de <https://fandelagua.com/que-son-las-aguas-residuales/#:~:text=Son%20aquellas%20que%20su%20calidad,que%20se%20mezcla%20con%20el>

Rotoplas. (6 de Julio de 2018). *¿Qué son las aguas residuales?*, de <https://fandelagua.com/que-son-las-aguas-residuales/#:~:text=Son%20aquellas%20que%20su%20calidad,que%20se%20mezcla%20con%20el>

SALCEDO, D., ANDRADE, J., QUIROJA, J., & NEBOT, N. (s.f de s.f de s.f). *Desinfeccion de aguas residuales mediante rayos uv.*, de http://www.bibliotecagbs.com/archivos/ta_227.pdf

Salgado, A., & Lopez, R. (s.f.). *Tratamiento de Aguas Residuales*. México: Continental S.A. de C.V. Mexico D.F. 1987.

Sefh. (s.f. de s.f. de s.f.). *Desinfectantes de uso hospitalario.*, de <https://www.sefh.es/bibliotecavirtual/antisepticos/4desinfectantes.pdf>

Silva, A. (28 de Junio de 2016). *Pre-Tratamiento de Aguas Residuales.*, de SlideShare: <https://es.slideshare.net/pierluigisilvacorrea/pretratamiento-de-aguas-residuales>

Solsona, F., & Méndez, J. P. (s.f. de s.f. de 2002). *Desinfeccion del Agua.*, de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SOLSONA%20y%20MENDEZ%202002.%20Desinfecci%C3%B3n%20del%20agua.pdf

Soto Escalante, J. (s.f. de s.f. de s.f.). *Sistemas de tratamiento de las aguas residuales residenciales.*, de EIPE Business School: <https://www.eipe.es/blog/sistemas-tratamiento-aguas-residuales-residenciales/>

STREPONSAYS. (s.f. de s.f. de s.f.). *Diferencia entre coliformes fecales y no fecales.*, de <https://es.strephonsays.com/difference-between-faecal-and-non-faecal-coliforms>

SWISTOCK, B. (2020). Bacterias Coliformes. *Penn State Extension*, -.

Tapia Núñez, L. (4 de Noviembre de 2015). *ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO*

*UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL
AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE
EFLUENTES AL RECURSO AGUA.*, de

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

Tecnoaqua. (s.f. de Diciembre de 2020). *Ácido peracético como alternativa para una efectiva*

desinfección de aguas residuales en EDAR. de

[https://www.tecnoaqua.es/descargar_documento/articulo-tecnico-acido-peracetico-
alternativa-desinfeccion-aguas-residuales-acciona-tecnoaqua-es.pdf](https://www.tecnoaqua.es/descargar_documento/articulo-tecnico-acido-peracetico-alternativa-desinfeccion-aguas-residuales-acciona-tecnoaqua-es.pdf)

Tejero Monzon, I., Suárez Lopez, J., Jacome Burgos, A., & Temprano Gonzales, J. (2001).

Aguas Residuales: Clasificación, Características y Composición. San Eloy:

dspace.espol.

Tierra Rediris. (s.f. de s.f. de s.f.). *INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN*

AGUAS., de

[http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo20.html#:~:text=Otro
%20de%20los%20aspectos%20negativos,de%20soportar%20temperaturas%20m%C
3%A1s%20elevadas.](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo20.html#:~:text=Otro%20de%20los%20aspectos%20negativos,de%20soportar%20temperaturas%20m%C3%A1s%20elevadas.)

TROJAN UV. (s.f. de s.f. de s.f.). *Intriducción a la desinfección UV.*, de

<https://www.trojanuv.com/es/uv-basics/>

TROJAN UV. (s.f. de s.f. de s.f.). *Introducción a la desinfección UV.*, de

<https://www.trojanuv.com/es/uv-basics/>

Valdivieso, A. (8 de Abril de s.f.). *iAgua.*, de *¿Qué es un tratamiento terciario de aguas*

residuales?: [https://www.iagua.es/respuestas/que-es-tratamiento-terciario-aguas-
residuales](https://www.iagua.es/respuestas/que-es-tratamiento-terciario-aguas-residuales)

Vivanco, E., Yaya, R., & Chamy, R. (s.f. de s.f. de s.f.). *Ciencia y Tecnología para el*

Desarrollo., de Manual técnico sobre tecnologías biológicas anaerobias aplicadas al tratamiento de aguas y residuos industriales:

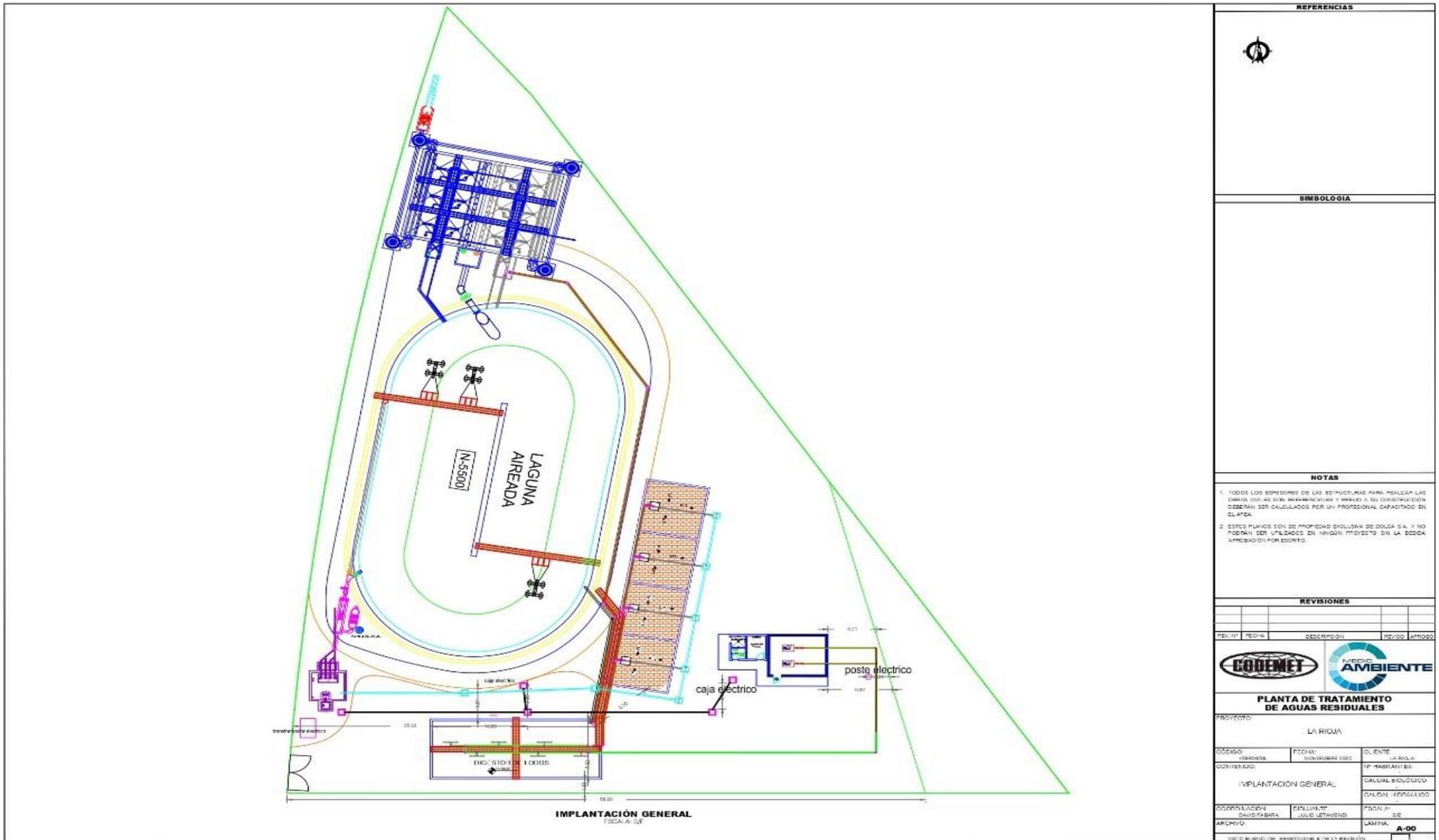
http://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento_anaerobio_de_aguas_residuales.pdf

Wright, & Cairns. (s.f. de s.f. de s.f.). *LUZ ULTRAVIOLETA.*, de

http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/LUZ_ULTRAVIOLETA.pdf

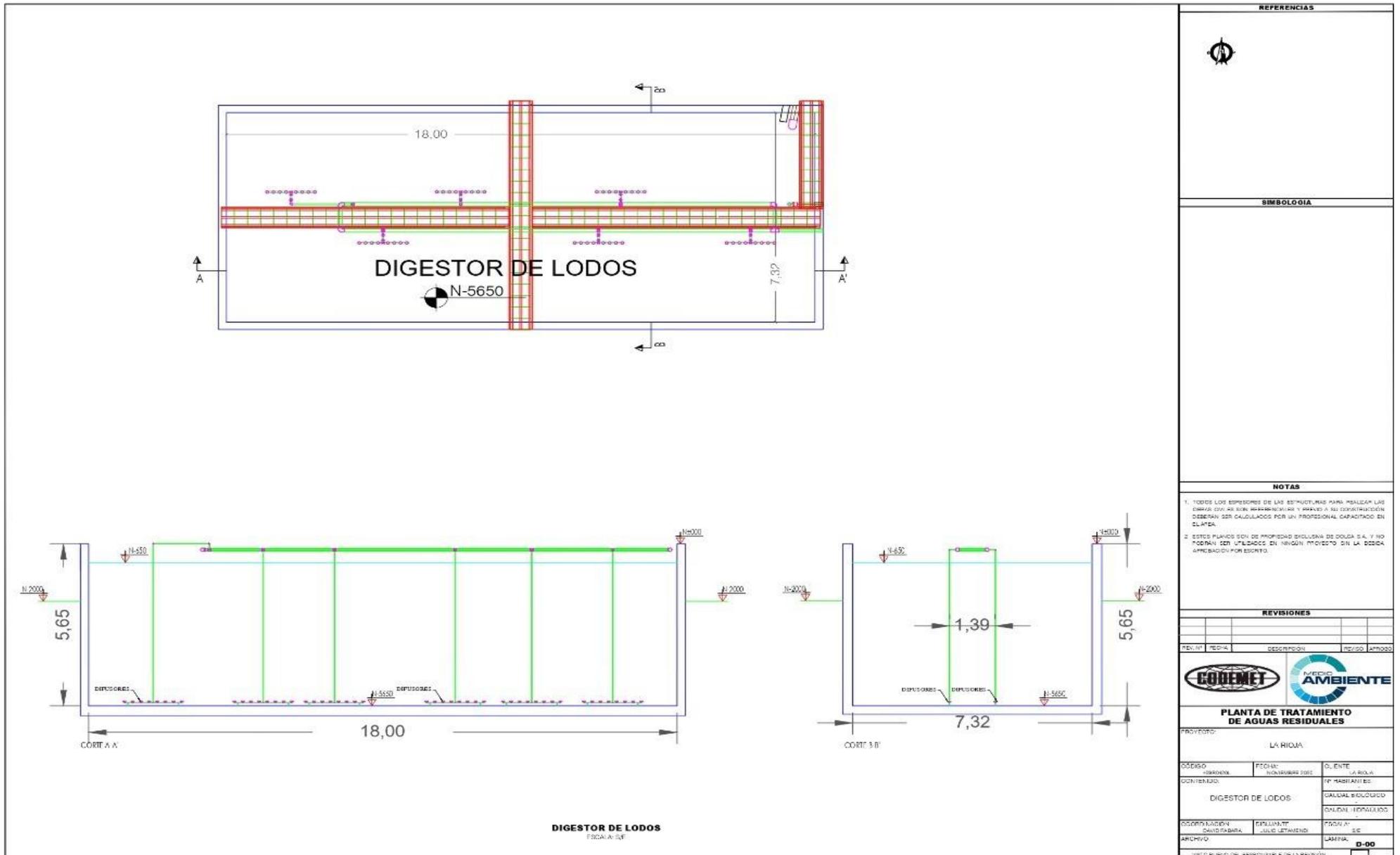
6. ANEXOS

6.1. Plano de la Implantación General de la Planta de Tratamiento de La Rioja.



REFERENCIAS				
				
SIMBOLOGIA				
NOTAS				
1. TODOS LOS ESPESORES DE LAS ESTRUCTURAS PARA RESISTIR LAS CARGAS SON DE BUEN RECONOCIMIENTO Y DEBEAN SER CALCULADOS POR UN PROFESIONAL CAPACITADO EN EL AREA. 2. ESTOS PLANOS SON DE PROPIEDAD EXCLUSIVA DE CODISA S.A. Y NO PODRAN SER UTILIZADOS EN NINGUN PROYECTO SIN LA DEBIDA APROBACION POR ESCRITO.				
REVISIONES				
REV. Nº	FECHA	DESCRIPCION	FECHADO	APROBADO
				
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
PROYECTO: LA RIOJA				
CÓDIGO: 00000000	FECHA: 10/05/2016	CLIENTE: LA RIOJA		
CONTENIDO:		Pº HABITANTES		
IMPLANTACION GENERAL		CALIDAD BIOLÓGICO		
		CALIDAD FÍSICOQUÍMICO		
COORDINACIÓN: DAVID TABARA	ELABORACIÓN: JULIO LETAMENDI	PÁGINA: 1 DE 1		
ARCHIVO:		LANTAR: A-00		

6.2. Plano de Digestor de Lodos.



REFERENCIAS



SIMBOLOGIA

NOTAS

1. TODOS LOS ESPESORES DE LAS ESTRUCTURAS PARA PISALEAN LAS DIMENSIONES DE LAS ESTRUCTURAS Y ANEXOS A SU CONSTRUCCION DEBERAN SER CALCULADOS POR UN PROFESIONAL CAPACITADO EN EL AREA.
2. ESTOS PLANOS SON DE PROPIEDAD EXCLUSIVA DE ODESA S.A. Y NO PODRAN SER UTILIZADOS EN NINGUN PROYECTO SIN LA DEBIDA APROBACION POR ESCRITO.

REVISIONES

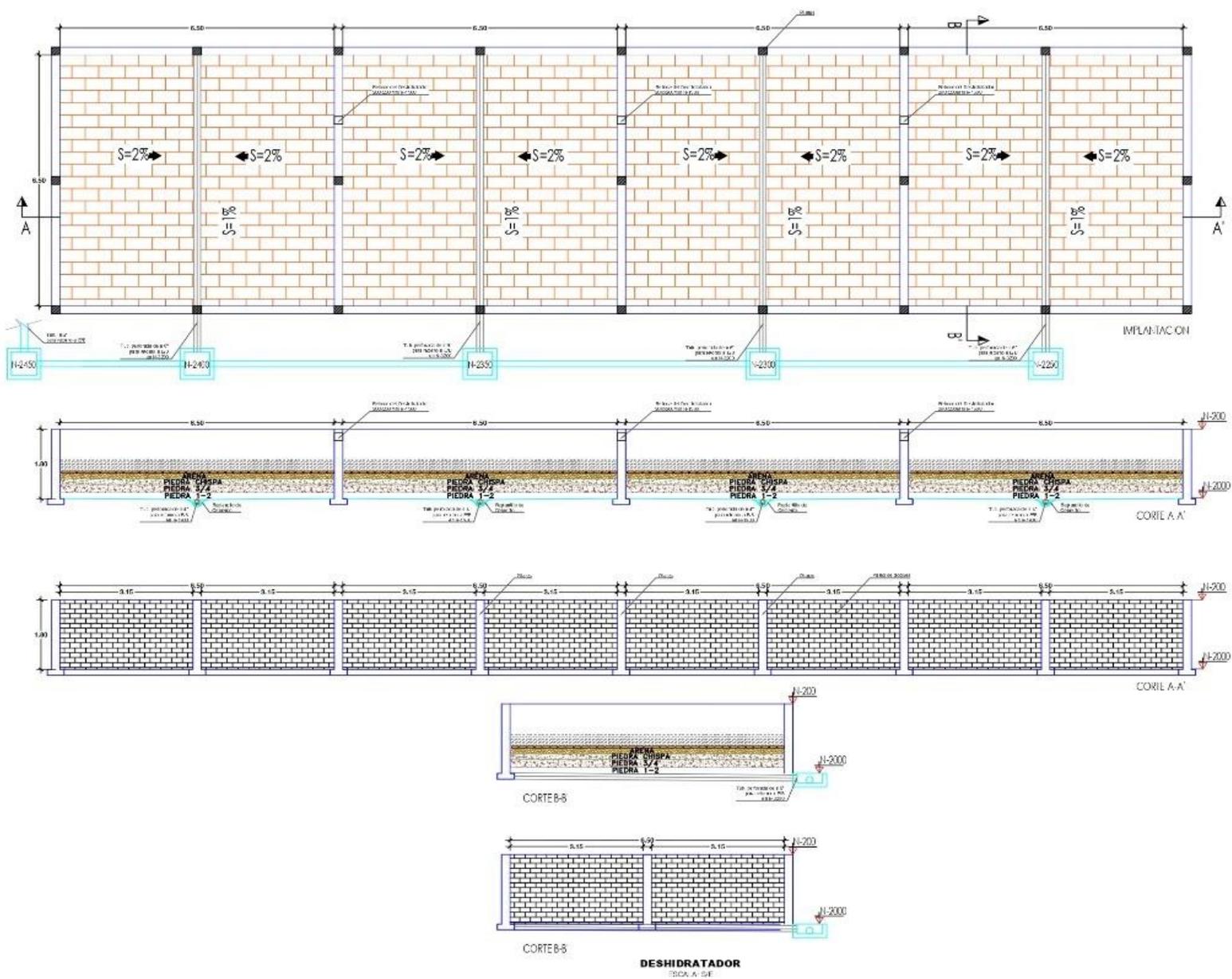
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	APROBADO



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROYECTO: LA RIOJA		
CODIGO: 00000000	FECHA: 10/05/2018	CLIENTE: LA RIOJA
CONTENIDO: DIGESTOR DE LODOS		Nº HABITANTES: 1000
COORDINACION: DAVID CABRERA		QUALIDAD: 10000000
ELABORACION: DAVID CABRERA	REVISOR: JUAN ESTEBAN	FECHA: 10/05/2018
ARCHIVO:	LAMPA:	SECCION: D-00

6.4. Plano del Deshidratador.



REFERENCIAS

SIMBOLOGIA

NOTAS

1. TODOS LOS ESPESORES DE LAS ESTRUCTURAS PARA HACER LAS DIMENSIONES SON REPERMISURAS Y DEBERAN SER CALCULADOS POR UN PROFESIONAL CAPACITADO EN EL AREA.
2. ESTOS PLANOS SON DE PROPIEDAD EXCLUSIVA DE DOUGA S.A. Y NO PODRAN SER UTILIZADOS EN NINGUN PROYECTO SIN LA DEBIDA APROBACION POR ESCRITO.

REVISIONES

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	APROBADO

CODOMET **MEDIO AMBIENTE**

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROYECTO: LA RIOMA

CODIGO: SIBAMBA FECHA: NOVEMBER 2022 D. ENTE: LA RIOMA

CONTENIDO: DESHIDRATADOR TP: HABITANTES: CALIDAD BIOLÓGICO

COORDINACION: DAVID RABARA ESPECIALISTA: JULIO LETAMENDI FASE/A: S/E

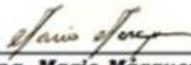
ARCHIVO: LAMINA: D-00

USO DE MATERIALES: APROBACION: POR LA EMPRESA

6.5. Informe de muestra de entrada de la Planta de Tratamiento de la Urb. La Rioja



INFORME DE RESULTADOS				No.0292-21		
FECHA DEL INFORME: 2021/07/13 INFORMACIÓN DEL CLIENTE Empresa : km 17 Av Leon Febres Dirección : Cordero (Daule) Stivalys Mancero - Samatha Solicitado por : Arana CONDICIONES DEL ANÁLISIS F.Inicio del Análisis : 2021/07/05 T°C : 22.2 F.Fin del Análisis : 2021/07/09 %H : 72.1		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA Tipo de Muestra : Simple Ubicación con GPS: Identificación de la muestra : Urb. La Rioja Entrada Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : 2021/05/25 Responsable toma de muestra : Entregada por el cliente Hora : Fecha de Ingreso : 2021/07/05				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1600 x10 ³	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2,000


 Ing. Mario Márquez

Jefe del Laboratorio

NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de (***) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
(U*) Incertidumbre de medida

6.6. Informe de muestra de salida con pastillas de cloro con una dosificación de 0,25kg (tiempo de contacto 30 min).



INFORME DE RESULTADOS						No.0293-21
FECHA DEL INFORME: 2021/07/13		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Tipo de Muestra : Simple		Ubicación con GPS:		
Empresa :		Identificación de la muestra : Urb. La Rioja salida 30 min				
Dirección : km 17 Av Leon Febres		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013				
Solicitado por : Arana		Fecha de Toma : 2021/07/05				
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Responsable toma de muestra : Entregada por el cliente				
F.Inicio del Análisis : 2021/07/05 T°C : 22,2		Hora :				
F.Fin del Análisis : 2021/07/09 %H : 72,1		Fecha de Ingreso : 2021/07/05				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Metodo de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.8	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2,000


Ing. Mario Márquez
 Jefe del Laboratorio

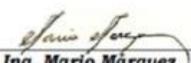
NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de (***) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
(U*) Incertidumbre de medida

6.7. Informe de muestra de salida con pastillas de cloro con una dosificación de 0,25kg (tiempo de contacto 45 min).



INFORME DE RESULTADOS				No.0294-21		
FECHA DEL INFORME: 2021/07/13 INFORMACIÓN DEL CLIENTE Empresa : km 17 Av Leon Febres Dirección : Cordero (Daule) Stivalys Mancero - Samatha Solicitado por : Arana		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA Tipo de Muestra : Simple Ubicación con GPS: Identificación de la muestra : Urb. La Rioja Salida 45 min Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176.2013 Fecha de Toma : 2021/07/05 Responsable toma de muestra : Entregada por el cliente Hora : Fecha de Ingreso : 2021/07/05				
CONDICIONES DEL ANÁLISIS F.Inicio del Análisis : 2021/07/05 T°C : 22,2 F.Fin del Análisis : 2021/05/09 %H : 72,1						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.8	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2,000


Ing. Mario Márquez
 Jefe del Laboratorio

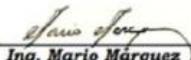
NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de (**) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
(U*) Incertidumbre de medida

6.9. Informe de muestra de salida con ácido peracético con una dosificación de 22,50 ml equivalente 10 mg/l (tiempo de contacto 30 min).



INFORME DE RESULTADOS				No.0296-21		
FECHA DEL INFORME: 2021/07/13 INFORMACIÓN DEL CLIENTE Empresa : : km 17 Av Leon Febres Dirección : : Cordero (Daule) : Stivalys Mancero - Samatha Solicitado por : : Arana		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA Tipo de Muestra : Simple Ubicación con GPS: Identificación de la muestra : Urb. La Rioja Salida 10mg/ 22,50ml Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : 2021/07/06 Responsable toma de muestra : Entregada por el cliente Hora : Fecha de Ingreso : 2021/07/06				
CONDICIONES DEL ANÁLISIS F.Inicio del Análisis : 2021/07/06 T°C : 21,6 F.Fin del Análisis : 2021/07/10 %H : 70,23						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
Coliformes Fecales	NMP/100ml	46	--	Standard Methonds 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2,000


 Ing. Mario Márquez
 Jefe del Laboratorio

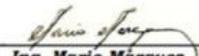
NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
 2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
 3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
 4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
 5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de (**) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
- (U*) Incertidumbre de medida

6.10. Informe de muestra de salida con ácido peracético con una dosificación de 16,92 ml equivalente 5 mg/l (tiempo de contacto 45 min).



INFORME DE RESULTADOS				No.0297-21		
FECHA DEL INFORME: 2021/07/13		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Ubicación con GPS:				
Empresa :	km 17 Av Leon Febres	Tipo de Muestra :	Simple			
Dirección :	Cordero (Daule)	Identificación de la muestra :	Urb. La Rioja Salida 5mg/ 16,92			
Solicitado por :	Sivalys Mancero - Samatha	Norma técnica de muestreo :	INEN 2169/2176:2013			
	Arana	Fecha de Toma :	2021/07/06			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Responsable toma de muestra : Entregada por el cliente				
F.Inicio del Análisis :	2021/07/06	T°C :	21,6			
F.Fin del Análisis :	2021/07/10	%H :	70,23			
		Fecha de Ingreso : 2021/07/06				
RESULTADOS						
Parametros	Unidades	Resultados	U*	Metodo de referencia	Procedimiento	Limites de referencia
Coliformes Fecales	NMP/100ml	23	--	Standard Methonds 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2,000


Ing. Mario Márquez

Jefe del Laboratorio

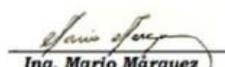
NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de (*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano). (U*) Incertidumbre de medida

6.11. Informe de muestra de salida con ácido peracético con una dosificación de 33,75 ml equivalente 10 mg/l (tiempo de contacto 45 min).



INFORME DE RESULTADOS				No.0298-21		
FECHA DEL INFORME: 2021/07/13		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Tipo de Muestra : Simple		Ubicación con GPS:		
Empresa :		Identificación de la muestra : Urb. La Rioja Salida 10mg/ 33,75				
: km 17 Av Leon Febres		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013				
Dirección :		Fecha de Toma :				
: Cordero (Daule)		: 2021/07/06				
: Stivalys Mancero - Samatha		Responsable toma de muestra : Entregada por el cliente				
Solicitado por :		Hora :				
: Arana		: 2021/07/06				
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Fecha de Ingreso :				
F.Inicio del Análisis : 2021/07/06 T°C : 21,6		: 2021/07/06				
F.Fin del Análisis : 2021/07/10 %H : 70,23						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.6	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2,000


Ing. Mario Márquez
Jefe del Laboratorio

NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de (*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
(U*) Incertidumbre de medida

6.12. Ficha Técnica del Ácido Peracético

 **FICHA TÉCNICA**
ÁCIDO PERACÉTICO
CODIGO DEL PRODUCTO: 0011.1

ÁCIDO PERACÉTICO

Descripción
Es un compuesto orgánico con la fórmula $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$, también conocido como ácido peroxiacético. Más concretamente podríamos decir que es un producto de reacción de equilibrio que se produce por la reacción de ácido acético con peróxido de hidrógeno.
EL Ácido Peracético viene en presentación de 600 kg.

Aplicaciones
Destaca su uso como desinfectante en la industria alimentaria y de bebidas, aunque también se emplea en la lavandería industrial, la industria papelera y el tratamiento de aguas residuales, entre otras actividades.

Características físicas
Aspecto: Líquido homogéneo
Color: Incoloro
Olor: Picante

Especificaciones técnicas

CATEGORIA	ESTANDAR
Análisis	
% Pureza [CH_3COOH]	49,0 – 51,0 %
% Pureza [H_2O]	29,0 – 31,0 %
Punto de fusión	aprox. - 42 °C
Punto de ebullición	aprox. 105 °C
Densidad	0,9 – 1,1 g/mL
Solubilidad	Miscible en agua, soluble en solventes orgánicos, ligeramente soluble en solventes aromáticos.

Instrucciones de uso y almacenamiento
Mantener el recipiente herméticamente cerrado. Almacenar en un lugar seco. Durante mucho tiempo a la luz puede causar descomposición. Observe el almacenamiento compatible de productos químicos. Utilización de ventilación local y general.

**QUÍMICOS EXPORTACIONES
E IMPORTACIONES
RELUBQUIM CIA. LTDA.**

DEPARTAMENTO TÉCNICO
QUIMICOS EXPORTACIONES E IMPORTACIONES RELUBQUIM CIA. LTDA.

Av. Eloy Alfaro N59-72 y Juan Molineros • Telefax: (593-2) 2479061 • Telf.: 2483150 - 2483151 - 2484177 - 2484937 - 2487074 - 2476368 - 3455042 - 3455134 • Móvil: (09) 99563775 - (09) 99806396 - (09) 99806397 - (09) 99806403 • P. O. Box 1000 • Quito • Ecuador
Equil: Av. Juan Tanco Marengo N200 y Calle Principal • Edificio Francisco Sánchez García, Piso N°2 • Oficina #9 • Teléfono: 2693934 - 6026248 - 6026249 • Móvil: (09) 93585641 • E-mail: quimicos@relubquim.com.ec