



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I PERTENECIENTE A LA PARROQUIA ILAPO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR:

DIEGO SANTIAGO ALLAUCA MELENA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I PERTENECIENTE A LA PARROQUIA ILAPO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: DIEGO SANTIAGO ALLAUCA MELENA

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA, PhD.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Diego Santiago Allauca Melena**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Diego Santiago Allauca Melena, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 9 febrero 2024



Diego Santiago Allauca Melena
0604591412

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I PERTENECIENTE A LA PARROQUIA ILAPO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**”, realizado por el señor: **DIEGO SANTIAGO ALLAUCA MELENA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edison Geovanny Orozco Valencia PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-02-09
Ing. Juan Carlos González García, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-02-09
Ing. Dr. José Gerardo León Chimbolema ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-02-09

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios por ser mi fortaleza y guía en el transcurso de mi vida y formación académica. A mis padres Pedro Allauca Chauca y María Laura Melena Colcha quienes han sido un pilar fundamental y un gran apoyo en mi vida. A mis hermanos y hermanas por el apoyo, consejos y experiencias compartidas. A todas aquellas personas efímeras por brindarme consejos y compartir experiencias para seguir adelante afrontando nuevos retos.

Diego

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme una educación académica de calidad y darme la oportunidad de servir y aportar al desarrollo de la sociedad. A todos los docentes por impartirme sus conocimientos en especial al Ing. Juan Carlos González, Ing. Mónica Andrade y Dr. Gerardo León por guiarme durante mi formación académica y su gran apoyo y colaboración en el desarrollo del presente Trabajo de Integración Curricular.

Diego

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	<i>Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	<i>4</i>

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Referencias teóricas.....	5
2.1.1.	<i>Agua</i>	<i>5</i>
2.1.2.	<i>El agua en el planeta</i>	<i>5</i>
2.1.3.	<i>Contaminación del agua.....</i>	<i>5</i>
2.1.4.	<i>Contaminación del agua en el Ecuador</i>	<i>6</i>
2.1.5.	<i>Causas de la contaminación del agua.....</i>	<i>6</i>
2.1.6.	<i>Aguas residuales</i>	<i>6</i>
2.1.6.1.	<i>Tipos de agua residual</i>	<i>7</i>
2.1.6.2.	<i>Composición del agua residual</i>	<i>7</i>
2.1.7.	<i>Aguas residuales urbanas.....</i>	<i>8</i>
2.1.7.1.	<i>Características de las aguas residuales urbanas</i>	<i>9</i>
2.1.8.	<i>Plantas de tratamiento de aguas residuales en el Ecuador.....</i>	<i>9</i>
2.1.8.1.	<i>Plantas de tratamiento de aguas residuales</i>	<i>9</i>
2.1.9.	<i>Tratamiento de aguas residuales.....</i>	<i>10</i>

2.1.10.	<i>Depuración de aguas residuales</i>	10
2.1.11.	<i>Etapas de depuración de aguas residuales</i>	11
2.1.11.1.	<i>Pretratamiento</i>	11
2.1.11.2.	<i>Tratamiento primario</i>	11
2.1.11.3.	<i>Tratamiento secundario</i>	12
2.1.11.4.	<i>Tratamiento terciario</i>	13
2.1.11.5.	<i>Otros tratamientos alternativos</i>	13
2.1.12.	<i>Procesos de depuración de aguas residuales</i>	14
2.1.12.1.	<i>Procesos físicos</i>	14
2.1.12.2.	<i>Procesos químicos</i>	15
2.1.12.3.	<i>Procesos biológicos: Tratamiento aerobio/tratamiento anaerobio</i>	15
2.1.13.	<i>Tratamiento y disposición de lodos</i>	16
2.1.13.1.	<i>Importancia del manejo de lodos</i>	16
2.1.13.2.	<i>Cantidad de lodos</i>	16
2.1.13.3.	<i>Acondicionamiento de lodos</i>	16
2.1.14.	<i>Parámetros físicos, químicos y biológicos</i>	17
2.1.14.1.	<i>Control de la calidad del agua residual</i>	17
2.1.14.2.	<i>Turbiedad</i>	18
2.1.14.3.	<i>Color</i>	18
2.1.14.4.	<i>Olor y sabor</i>	18
2.1.14.5.	<i>Temperatura</i>	19
2.1.14.6.	<i>Sólidos</i>	19
2.1.14.7.	<i>PH</i>	19
2.1.14.8.	<i>Conductividad</i>	20
2.1.14.9.	<i>Acidez</i>	20
2.1.14.10.	<i>Alcalinidad</i>	20
2.1.14.11.	<i>Dureza</i>	21
2.1.14.12.	<i>Densidad</i>	21
2.1.14.13.	<i>Tensoactivos</i>	21
2.1.14.14.	<i>Nitrógeno</i>	22
2.1.14.15.	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	22
2.1.14.16.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</i>	22
2.1.14.17.	<i>Coliformes totales</i>	22
2.1.14.18.	<i>Coliformes fecales</i>	23
2.1.15.	<i>Parámetros y consideración de diseño y rediseño</i>	23
2.1.15.1.	<i>Parámetros de diseño y rediseño</i>	23

2.1.15.2.	<i>Consideración de diseño y rediseño</i>	23
2.2.	Base legal	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	32
3.1.	Localización del estudio	32
3.2.	Población de estudio	33
3.3.	Limpieza general de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I. 33	
3.4.	Diagnostico actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	33
3.4.1.	<i>Análisis de calidad del agua</i>	34
3.4.1.1.	<i>Muestreo de la PTAR de estudio</i>	34
3.5.	Diseño de la PTAR	35
3.5.1.	<i>Normas y guías para el dimensionamiento de la PTAR Ilapo I</i>	35
3.5.2.	<i>Propuesta de rediseño PTAR Ilapo I</i>	36
3.5.2.1.	<i>Cálculos de dimensionamiento</i>	36

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	44
4.1.	Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I	44
4.2.	Diagnóstico actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I 45	
4.3.	Calidad de agua	48
4.3.1.	<i>Resultados de análisis de calidad de agua</i>	48
4.3.2.	<i>Caudal</i>	51
4.3.3.	<i>Caudal soportado por el sistema actual</i>	51
4.3.4.	<i>Análisis de eficiencia y características físicas del canal desarenador</i>	53
4.3.4.1.	<i>Eficiencia de remoción de SST, DBO y DQO en el canal desarenador</i>	53
4.3.4.2.	<i>Análisis de las características físicas del canal desarenador</i>	54
4.3.5.	<i>Análisis de eficiencia y característica físicas del Tanque Imhoff</i>	55
4.3.5.1.	<i>Eficiencia de remoción de SST, DBO y DQO en el Tanque Imhoff</i>	55
4.3.5.2.	<i>Análisis de las características físicas del Tanque Imhoff</i>	55
4.4.	Diagrama de componentes del sistema actual PTAR Ilapo I	57
4.5.	Propuesta de rediseño de la PTAR Ilapo I	57
4.6.	Cálculos para el rediseño de Tratamiento de Agua Residual Ilapo I	58
4.6.1.	<i>Cálculos preliminares</i>	58

4.6.1.1.	<i>Cálculo de población actual</i>	58
4.6.1.2.	<i>Cálculo de población futura</i>	59
4.6.1.3.	<i>Cálculo de caudal</i>	60
4.6.1.4.	<i>Cálculo del canal rectangular para instalar rejillas</i>	62
4.6.1.5.	<i>Cálculo de rejillas</i>	64
4.6.1.6.	<i>Cálculo de bandejas de escurrimiento</i>	65
4.6.1.7.	<i>Rediseño del desarenador</i>	66
4.6.1.8.	<i>Diseño de la fosa séptica</i>	71
4.6.1.9.	<i>Diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)</i>	76
4.7.	Resumen del rediseño final de la PTAR Ilapo I	79
4.8.	Eficiencia del sistema y comparación con la normativa ambiental vigente	81
4.9.	Manual de operación y mantenimiento	82
4.9.1.	<i>Objetivo</i>	82
4.9.2.	<i>Alcance</i>	83
4.9.3.	<i>Descripción de los componentes</i>	83
4.9.3.1.	<i>Sistema de rejillas</i>	83
4.9.3.2.	<i>Desarenador</i>	83
4.9.3.3.	<i>Fosa séptica</i>	83
4.9.3.4.	<i>Filtro anaerobio de flujo ascendente</i>	84
4.9.4.	<i>Operación y mantenimiento de la planta</i>	84
4.9.4.1.	<i>Rejillas</i>	84
4.9.4.2.	<i>Desarenador</i>	84
4.9.4.3.	<i>Fosa séptica</i>	84
4.9.4.4.	<i>Filtro anaerobio de flujo ascendente</i>	85
4.10.	Planos en Auto-CAD 2015	86

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Causantes de contaminación.....	6
Tabla 2-2:	Principales contaminantes en aguas residuales.....	8
Tabla 2-3:	Características de aguas residuales urbanas	9
Tabla 2-4:	Número de PTAR a nivel nacional.....	9
Tabla 2-5:	Consideraciones en el tratamiento de aguas residuales	10
Tabla 2-6:	Etapas de tratamiento I.....	12
Tabla 2-7:	Tratamientos biológicos	12
Tabla 2-8:	Tratamientos terciarios	13
Tabla 2-9:	Procesos más comunes	15
Tabla 2-10:	Parámetros de calidad del agua	17
Tabla 2-11:	Factores en la selección de procesos y operaciones de tratamiento.	23
Tabla 2-12:	Art. de la Constitución de la Republica del Ecuador.....	24
Tabla 2-13:	Art. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua.....	25
Tabla 2-14:	Art. Código Orgánico del Ambiente.....	28
Tabla 2-15:	Art. TULSMA	28
Tabla 2-16:	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	29
Tabla 3-1:	Coordenadas geográficas.....	32
Tabla 3-2:	Parámetros a evaluar.....	34
Tabla 3-3:	Formulas generales para el diseño y rediseño de la PTAR	36
Tabla 4-1:	Resultados punto 1	48
Tabla 4-2:	Resultados punto 2	49
Tabla 4-3:	Resultados punto 3	50
Tabla 4-4:	Medición del caudal	51
Tabla 4-5:	Caudal: promedio, máximo, mínimo.....	51
Tabla 4-6:	Datos de la zona de entrada del canal desarenador.....	52
Tabla 4-7:	Datos de la zona de sedimentación del canal desarenador	52
Tabla 4-8:	Datos del afluente y efluente del canal desarenador.....	53
Tabla 4-9:	Dimensiones físicas del canal desarenador	54
Tabla 4-10:	Datos del afluente y efluente del tanque Imhoff.....	55
Tabla 4-11:	Dimensiones físicas del tanque Imhoff	56
Tabla 4-12:	Personal del subcentro de salud y escuela.....	59
Tabla 4-13:	Datos para la población futura.....	59
Tabla 4-14:	Datos utilizados en el cálculo del caudal de diseño.....	60

Tabla 4-15: Datos utilizados en el cálculo de rejillas.	63
Tabla 4-16: Datos asumidos en el cálculo de la bandeja de escurrimiento.....	65
Tabla 4-17: Datos utilizados en el cálculo del desarenador.....	67
Tabla 4-18: Datos utilizados en el cálculo de la fosa séptica.....	71
Tabla 4-19: Eficiencia teórica de la fosa séptica.....	75
Tabla 4-20: Datos utilizados en el cálculo del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.....	76
Tabla 4-21: Eficiencia teórica del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	79
Tabla 4-22: Resumen del cálculo poblacional.	79
Tabla 4-23: Resumen del cálculo del caudal.	79
Tabla 4-24: Resumen del sistema de rejillas.....	80
Tabla 4-25: Resumen del canal desarenador.....	80
Tabla 4-26: Resumen de la fosa séptica.....	80
Tabla 4-27: Resumen del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	81
Tabla 4-28: Resumen del Lecho de secado.....	81
Tabla 4-29: Comparación con los límites máximos permisibles.	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Esquema de una EDAR	11
Ilustración 3-1:	Mapa de ubicación geográfica de la “PTAR ILAPO I”	32
Ilustración 4-1:	Ingreso a la PTAR Ilapo I	44
Ilustración 4-2:	Obstrucción de la planta.....	45
Ilustración 4-3:	Limpieza de obstrucciones.....	46
Ilustración 4-4:	Limpieza área de ingreso del agua.....	46
Ilustración 4-5:	Limpieza del desarenador	47
Ilustración 4-6:	Ruptura de la PTAR Ilapo I	47
Ilustración 4-7:	Diagrama del sistema actual de la PTAR Ilapo I	57
Ilustración 4-8:	Diagrama del rediseño de la PTAR Ilapo I	58
Ilustración 4-9:	Diseño actual de la PTAR Ilapo I	86
Ilustración 4-10:	Ultimo pozo de revisión en el exterior de la PTAR Ilapo I	87
Ilustración 4-11:	Caja de desborde en el interior de la PTAR Ilapo I	88
Ilustración 4-12:	Canal desarenador y lecho de secado de lodos activados 1	89
Ilustración 4-13:	Tanque biodigestor	90
Ilustración 4-14:	Canal de distribución y canal recolector presentes en el tanque Imhoff.....	91
Ilustración 4-15:	Lecho de secado de lodos activados N°2.....	92
Ilustración 4-16:	Diseño de rejillas	93
Ilustración 4-17:	Rediseño del canal desarenador y lecho de secado.....	94
Ilustración 4-18:	Fosa séptica.....	95
Ilustración 4-19:	Filtro anaerobio de flujo ascendente	96
Ilustración 4-20:	Rediseño de la PTAR Ilapo I	97

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I
- ANEXO B:** LIMPIEZA DE CADA FASE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I
- ANEXO C:** CAUSA DEL NO FUNCIONAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I
- ANEXO D:** MUESTREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA PTAR ILAPO I
- ANEXO E:** ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD
- ANEXO F:** RESULTADOS DE ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 1
- ANEXO G:** RESULTADOS DE ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 2 Y 3
- ANEXO H:** FIRMA DE RESPONSABILIDAD DEL ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

RESUMEN

Se rediseñó la planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I del Cantón Guano, Provincia de Chimborazo, cuyo objetivo principal es descargar aguas residuales que cumplan los parámetros de la norma ambiental vigente y así mejorar la calidad de vida de la población. Para iniciar el proyecto fue necesario poner en marcha la planta existente para conocer sus componentes y su funcionamiento, posteriormente se realizó el diagnóstico técnico in situ donde se tomó las dimensiones del canal desarenador y el tanque Imhoff. En lo posterior se midieron los caudales por el método volumétrico evidenciándose un promedio de 0.049 L/s, máximo de 0.165 L/s y mínimo de 0.027 L/s; seguidamente se realizó el análisis físico, químico y microbiológico de las muestras de agua procedentes de la planta, verificándose que la descarga final de DBO fue de 294 mg/L, coliformes fecales de 8×10^6 UFC/100mL y coliformes totales 334×10^7 UFC/100mL; tales parámetros no cumplen con los límites máximos permisibles del TULSMA. Con los resultados obtenidos se determinó que los componentes deben ser rediseñados para obtener un rendimiento eficiente el mismo que garantice la disminución de la carga contaminante. El rediseño y dimensionamiento se desarrolló mediante los parámetros de las normativas vigentes nacionales e internacionales, de esta manera se concluyó la aplicación de cuatro componentes necesarios de mejora, tales como: el sistema de rejillas, canal desarenador, fosa séptica y finalmente un filtro anaerobio de flujo ascendente, con los dos últimos componentes se garantizará la reducción del DBO, DQO, SST y coliformes fecales. El sistema global operará con una eficiencia teórica de remoción del 50.46%, 68%, 50% y 68% en DBO5, DQO, SST y coliformes fecales respectivamente. Por lo cual se recomienda la aplicación de este rediseño de la Planta de Tratamiento Aguas Residuales con la finalidad de disminuir el impacto en el medio ambiente.

Palabras clave: <MICROBIOLÓGICO>, <AGUAS RESIDUALES>, <COLIFORMES>, <CONTAMINANTE>, <PLANTA DE TRATAMIENTO>, <REDISEÑO>, <LABORATORIO>.

0291-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The Ilapo I wastewater treatment plant in Guano town of Chimborazo province was redesigned with the main objective of discharging wastewater that meets the parameters of the current environmental standard. Thus, improving the quality of life of the population. To start the project, it was necessary to start up the existing plant to learn about its components and operation. Then a technical diagnosis was made in situ where the dimensions of the desander channel and the Imhoff tank were taken. Subsequently, the flow rates were measured by the volumetric method. It showed an average of 0.049 L/s, a maximum of 0.165 L/s, and a minimum of 0.027 L/s. After that, the physical, chemical, and microbiological analysis of water samples from the plant was performed. It was verified that the final discharge of BOD was 294 mg/L, fecal coliforms 8×10^6 CFU/100mL, and total coliforms 334×10^7 CFU/100mL. Such parameters do not comply with the maximum permissible limits of TULSMA. With the results obtained, it was determined that the components must be redesigned to obtain an efficient performance that guarantees the reduction of the pollutant load. The redesign and sizing were developed using the parameters of the national and international regulations in force. Therefore, concluding that the application of four components necessary for improvement such as the grating system, desander channel, septic tank, and finally an up-flow anaerobic filter (with the last two components) will guarantee the reduction of BOD, COD, TSS, and fecal coliforms. The overall system will operate with a theoretical removal efficiency of 50.46%, 68%, 50%, and 68% for BOD₅, COD, TSS, and fecal coliforms respectively. Therefore, the application of this redesign of the Wastewater Treatment Plant is recommended to reduce the impact on the environment.

Keywords: <MICROBIOLOGICAL>, <WASTEWATER>, <COLIFORM>, <CONTAMINANT>, <WASTEWATER TREATMENT PLANT>, <REDESIGN>, <LABORATORY>.



Ing. Romel Francisco Calles Jiménez
0603877713

INTRODUCCIÓN

Las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen como principal objetivo la recolección de las aguas procedentes de poblaciones o sectores industriales las mismas que por medio de un conjunto de operaciones y procesos unitarios de origen fisicoquímicos, biológicos o combinados, generan un agua con mejores características para que el impacto que causan este tipo de aguas al medio receptor (agua y suelo) sea el mínimo y aceptable en base a los parámetros establecidos en la norma vigente. Ecuador cuenta con un aproximado de 241 PTAR a nivel nacional distribuidas en sus cuatro regiones, algunas de estas plantas no se encuentran en actividad esto debido a que no existe un mantenimiento adecuado y constante un claro ejemplo es la planta de tratamiento de aguas residuales de Ilapo I, la misma que se encuentra ubicada en el cantón Guano de la provincia de Chimborazo, dicha planta no se encuentra en operación debido a que existe una obstrucción que no ha sido solucionado y es por ello por lo que este trabajo tiene como objetivo principal detectar la falla u obstrucción existente para de esta manera mejorar el diseño original y a su vez presentar una PTAR que cumpla con los parámetros permitidos por la normativa.

La finalidad del presente trabajo de titulación tiene como fin contribuir con un rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I perteneciente al cantón Guano de la provincia de Chimborazo, por ello para conocer el tipo de agua residual que se genera en este sector se procede a averiguar mediante los actores sociales de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de Ilapo los “Chingazos”, los mismos que afirmaron no dar un mantenimiento adecuado a la planta, esto se debe a la falta de interés por parte de los dirigentes de administraciones anteriores y de igual manera por parte del GAD-Guano, se conoce también que el afluente que ingresa a la planta proviene de 21 conexiones domiciliarias de alcantarillado sanitario, además, el cementerio, subcentro de salud y la Escuela General Julio Andrade conocido actualmente con el nombre de Manuel Rodríguez Orozco Planta 2. Esta información en conjunto a las visitas de campo y análisis de calidad de agua se logró observar y analizar la situación de esta planta, por ende, se trabajó en un rediseño el mismo que tiene como objetivo el mejoramiento del agua y el ambiente circundante a la misma.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El agua se considera uno de los recursos esenciales para el desarrollo y conservación de la vida, a su vez constituye uno de los líquidos más abundante en la Tierra, también es conocido como uno de los recursos renovables cuando este es controlado cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación y circulación (OMS, 2022). En este contexto se conoce que, la contaminación del agua pone en peligro la salud de todos los seres vivos, las aguas residuales son aguas contaminadas en entornos domésticos, industrias y ganaderas. Una alternativa que permite realizar la limpieza para estas aguas son las plantas de tratamientos las mismas que, permiten generar un segundo uso de estas sin perjudicar al medio ambiente, este tipo de plantas de tratamientos forman parte de un conjunto de operaciones y procesos de origen fisicoquímicos, biológicos o combinados (Mora, 2021).

Ahora bien, el cantón Guano perteneciente a la provincia de Chimborazo cuenta con un aproximado de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), las mismas que se encuentran distribuidas en parroquias y comunidades de este cantón, sin embargo, la mayoría de dichas plantas exhiben falencias en su funcionamiento esto debido a que al momento de su construcción no fueron debidamente evaluadas y a su vez los diseños fueron estandarizados sin tomar en consideración factores propios del proyecto tales como: población, dotación, caracterización fisicoquímico de la calidad de las aguas servidas, cuerpo receptor entre otros.

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Ilapo I, actualmente no se encuentra en funcionamiento, esto debido a que existe un problema en su estructura por lo cual, el presente proyecto tiene como objetivo principal identificar el problema que causa la inactividad de dicha planta, y a su vez corroborar que los parámetros de calidad de estas aguas se encuentre dentro de los estándares permisible determinados por el TULMA, una vez determinado estos puntos y con los resultados de calidad de agua se procede a la generación de la propuesta de un rediseño de esta PTAR, para garantizar que cumpla con lo establecido en la normativa vigente y a la vez precautelar la salud de los habitantes de la parroquia Ilapo.

1.2. Justificación

En la actualidad la parroquia Ilapo cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales, las mismas que han sido construidas por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Guano en la administración 2014-2019, dichas plantas iniciaron su funcionamiento en el año 2016, ahora bien, por medio de las autoridades y visitas de campo a la parroquia se ha logrado conocer la construcción y ubicación de estas plantas. Se confirma que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo II actualmente se encuentra en funcionamiento, sin embargo, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I se encuentra colapsada generando impactos negativos al ambiente, convirtiéndose en un foco de contaminación ocasionando malestares a la población y proliferación de vectores contaminantes que ocasionan enfermedades. La inactividad de la planta se la atribuye al deterioro, falta de mantenimiento, mala construcción de la infraestructura, entre otras.

Por tal razón, el presente proyecto técnico tiene como finalidad identificar minuciosamente todas las posibles causas del no funcionamiento de la planta de tratamiento con la finalidad de proponer un rediseño adecuado para la misma, el rediseño será elaborado en base a los resultados obtenidos en los análisis de calidad de agua, esta propuesta tiene como objetivo garantizar el mejoramiento de la calidad de estas aguas las mismas que son vertidas a la quebrada o tener otro tipo de uso para de esta manera beneficiar de forma directa a los habitantes y al ecosistema circundante a la planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I. Con este tipo de proyecto de titulación se pretende aportar una solución al tratamiento de aguas residuales y a su vez la reducción de los impactos negativos producto del tratamiento inadecuado de aguas residuales domesticas mediante la implementación y aplicación de software como AutoCAD 2015 en conjunto a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I perteneciente a la Parroquia Ilapo, Cantón Guano, Provincia de Chimborazo

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Realizar mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I para poner en marcha cada uno de los componentes del sistema presentes en la planta.
- Realizar un diagnóstico del estado actual de la PTAR para identificar los sistemas que impiden un óptimo funcionamiento.
- Establecer los procesos necesarios para el rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I con su respectivo dimensionamiento.
- Elaborar planos de rediseño PTAR Ilapo I mediante la aplicación del software AutoCAD 2015.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencias teóricas

2.1.1. *Agua*

El agua es esencial para la vida, pero este recurso para millones de personas alrededor del mundo es un recurso escaso; es por ello por lo que se lucha diariamente para conseguir agua apta para el consumo y atender a sus necesidades básicas. El agua en estado natural se encuentra en movimiento cíclico continuo y está formado químicamente por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (Camargo, 2021, pág.14). El agua es un ambiente el cual alberga millones de especies, como organismos minúsculos de dimensiones micrométricas hasta ballenas azules, se conoce a su vez que el agua es un medio de conexión para el transporte de personas y mercancías (Bruyninckx, 2018, pág.5).

2.1.2. *El agua en el planeta*

El agua es uno de los compuestos que posee características únicas de gran significación para la vida, es considerado como un recurso renovable pero finito, a su vez se conoce que del total de agua existente en nuestro planeta se cuenta con agua salada con un 97,5%, la misma que se encuentra en mares y océanos, mientras que el agua dulce que posee es de aproximadamente un 2,5%. El 68,7% de agua dulce se encuentra en glaciares y casquetes polares, mientras que un 30,1% se encuentra en las aguas subterráneas, y finalmente el 1.2% se localiza en lagos, ríos, entre otras fuentes (Aragoneses y Zarzosa, 2020; citado en Peinado, 2019).

2.1.3. *Contaminación del agua*

La contaminación del agua es producida por fuentes naturales y antropogénicas lo cual conlleva a la modificación del estado natural del agua causando el deterioro en su calidad. La contaminación hídrica es un riesgo ambiental ya que puede causar daños a la salud de las personas, extinción de especies y vulnerabilidad social y económica. En este contexto, el incremento acelerado de la población ha conllevado a la contaminación y descarga continua del agua proveniente de fuentes industriales, domésticas y agrícolas (Camargo, 2021, págs.16-18).

2.1.4. *Contaminación del agua en el Ecuador*

Ecuador, es considerado país rico en recursos hídricos, donde la interacción hombre biosfera genera problemas la misma que se encuentran relacionados con la contaminación sea este de agua, suelo y aire. En Ecuador la contaminación del agua es generada por la inadecuada disposición y eliminación de residuos, se estiman que, por debajo de los 2000 metros de altitud, los cauces de agua dentro de nuestro país manifiestan estar contaminadas especialmente por la presencia de desechos generados en actividades industriales y sobre todo la falta de sistemas de remediación de aguas servidas (Antúnez y Guanoquiza, 2019, págs.73-76).

2.1.5. *Causas de la contaminación del agua*

Las causas de la contaminación del agua son consideradas un problema a escala mundial, ya que no es un problema solo para los países industrializados, si no que afecta a todos y cada uno de los sectores de cada población. Cuando los seres humanos consumen agua contaminada tienen a menudo problemas en su salud. Uno de los principales causantes de la contaminación del agua es el ser humano debido a que genera (Guadarrama et al., 2016, págs.1-2):

Tabla 2-1: Causantes de contaminación

Principales Causantes de la Contaminación del Agua	
Desechos industriales	Calentamiento global
Deforestación	Pesticidas
Petróleo	Vertederos
Aguas residuales	Fármacos y productos de limpieza

Fuente: (Guadarrama et al., 2016, págs.2-9)

Realizado por: Diego D., 2023.

2.1.6. *Aguas residuales*

Las aguas residuales pueden definirse como aguas que poseen impurezas las mismas que son procedentes de diferentes vertidos ya sean estos: domésticos e industriales, principalmente (Henze y Comeau, 2018, págs.35-36). Este tipo de aguas son afectadas directa y negativamente por la acción del hombre y a su vez requieren de tratamientos para ser purificadas y reaprovechadas. Este tipo de aguas se las conoce como aguas servidas, fecales, cloacales y como aguas negras, por otra parte, las aguas grises también estarían dentro de la categoría de aguas residuales a pesar de no contener desechos humanos (Chávez, 2017, págs.5-15).

2.1.6.1. *Tipos de agua residual*

- **Aguas residuales industriales:** Son las que resultan de los diferentes procesos industriales. Esta composición va variando según el tipo de proceso industrial y para un mismo proceso industrial, en ocasiones se presentan características diferentes en industrias diferentes. Estas aguas pueden contener sustancias químicas, desechos tóxicos, y contaminantes sólidos como: plásticos, metales, cartón, espumas, papel entre otros (Mora, 2021, págs.4-5).
- **Aguas residuales agrícolas:** Son aguas provenientes de actividades agrícolas en zonas rurales del país. Se caracterizan por la presencia de fertilizantes, abonos, pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. La mayoría de estas aguas contaminadas se infiltran a través del suelo provocando contaminación en las aguas subterráneas dejándolas inutilizables para el consumo humano (Mora, 2021, págs.4-5).
- **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** Este tipo de aguas provienen de las actividades domésticas cotidianas como: lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, entre otros. Estas aguas contienen residuos fecales, detergentes y diferentes clases de microorganismos que pueden causar daños a la salud. En este grupo también están incluidas las actividades industriales y de servicios los cuales son originados en municipios. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera (Mora, 2021; citado en Chávez, 2017).

2.1.6.2. *Composición del agua residual*

Las aguas residuales se encuentran compuestas principalmente por agua, sólidos disueltos y sólidos suspendidos. Se conoce que el 99.9% es agua y el 0.1% corresponde a los sólidos quienes representan el mayor problema a nivel de tratamiento. Estos últimos a su vez se dividen en compuestos orgánicos e inorgánicos representando el 70% y 30% respectivamente. Dentro del grupo de los compuestos orgánicos se encuentran las proteínas en un rango de 40-60%, carbohidratos 25-50% y las grasas 10%; en el grupo de los compuestos inorgánicos se encuentran los detritos, minerales pesados, sales y metales (Álvarez, 2003, pág.7). A continuación, se presentan una lista de los principales contaminantes presentes en aguas residuales.

Tabla 2-2: Principales contaminantes en aguas residuales

Contaminantes	Descripción
Objetos gruesos	Objetos arrojados como: trapos, piedras, palos, fundas plásticas, etc.
Arenas	También a las gravas y partículas de tamaños moderados de origen mineral u orgánico.
Grasas y aceites	Sustancias lipídicas, inmiscibles en el agua y son generadas por fuentes domesticas e industriales.
Solidos en suspensión	Material particulado que se mantiene en suspensión en cuerpos de agua y su procedencia puede ser variada.
Sustancias con requerimiento de oxígeno	Compuestos orgánicos e inorgánicos que consumen oxígeno del medio para realizar el proceso de oxidación.
Nutrientes	Aguas residuales con altos contenidos de nutrientes provocan eutroficación en cuerpos de agua. Generalmente la presencia de estos nutrientes se debe a detergentes y fertilizantes.
Agentes patógenos	Microorganismos (virus, bacterias, protozoos, etc.) que pueden transmitir o producir enfermedades.
Contaminantes emergentes o prioritarios	Sustancias aparecen en productos de limpieza, aseo personal, medicamentos, etc.

Fuente: (Mora, 2021, págs.5-13)

Elaborado por: Allauca D., 2023

2.1.7. Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales urbanas son una combinación de aguas residuales domesticas e industriales y en algunas ocasiones contiene agua de escorrentía dependiendo la distribución de la red de alcantarillado de la ciudad o municipio. Los factores socio económicos, el clima, la implementación de tecnologías, el incremento de la población, entre otros. Son variables que influyen en la cantidad y calidad de las aguas residuales.

2.1.7.1. Características de las aguas residuales urbanas

Las características de las aguas residuales urbanas dependen de su origen (domesticas, industriales y corriente pluvial). En términos generales se identifican las siguientes características (Bucay, 2014, pág.5):

Tabla 2-3: Características de aguas residuales urbanas

Características de las aguas residuales urbanas	
Líquido turbio	Color amarillo a gris
Olor séptico	Heces, residuos vegetales, papeles, plástico
Flujo en la alcantarilla	

Fuente: (Bucay, 2014, pág.5)

Elaborado por: Allauca D., 2023

2.1.8. Plantas de tratamiento de aguas residuales en el Ecuador

En Ecuador existe un aproximado de 565 sistemas de tratamiento de agua las cuales se encuentran disponibles en 204 municipios. En el año 2021 según el INEC del año 2022, indica que el 74.2% (164 GADM) tienen una o más plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas mientras que un 22.6% (50) manifiestan que no cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales y tan solo el 3.2% (7) de los municipios no poseen un sistema de alcantarillado (INEC, 2022, págs.2-31).

2.1.8.1. Plantas de tratamiento de aguas residuales

Se conoce que el agua distribuida a nivel nacional un 22.3% ingresan a las plantas de tratamiento de agua residual. Ecuador posee un aproximado de 421 PTAR, distribuidos en 133 GAD Municipales, contando que en la Región Interandina o Sierra cuenta con un aproximado del 49.88%, mientras que la región Costa cuenta con un 30.64% mientras que la región amazónica cuenta con tan solo el 19% (INEC, 2016, págs.22-25).

Tabla 2-4: Número de PTAR a nivel nacional

Región	Nº Plantas de Tratamiento de Aguas
Región Sierra	210
Región Costa	129
Región Amazónica	80
Región Insular	2
Total	241

Fuente: (INEC, 2016, pág.25)

Realizado por: Allauca D., 2023.

2.1.9. *Tratamiento de aguas residuales*

El tratamiento de aguas residuales consiste en la combinación de una serie de operaciones y procesos unitarios. La primera fase predomina la aplicación de principios físicos mientras que en la segunda fase la actividad química o biológica. Es decir, en el tratamiento de aguas se implementa el uso mallas, sedimentación, oxidación, digestión de lodos y a menudo desinfección (Hardenbergh y Rodie, 1975, págs.20-21). El objetivo fundamental del tratamiento de las aguas residuales es evitar que las aguas receptoras se transformen en ofensivas o inapropiadas en relación con las consideraciones de higiene, estéticas y económicas (Unda y Salinas, 1969, págs.286-288).

Tabla 2-5: Consideraciones en el tratamiento de aguas residuales

Consideraciones	Conceptos
Higiénicas	Consiste en eliminar o reducir los organismos patógenos de origen entérico. Con la finalidad de prevenir trastornos orgánicos en los individuos.
Estéticas	Consiste en eliminar la materia orgánica o de otro tipo que cause aspectos ofensivos desagradables a la vista y olfato.
Económicas	Las aguas residuales descargadas directamente a los cuerpos receptores sin recibir ningún tratamiento pueden producir una desvaloración de la propiedad, disminuir la calidad del agua de regadío, entre otros

Fuente: (Unda y Salinas, 1969, págs.286-288)

Realizado por: Allauca D., 2023.

2.1.10. *Depuración de aguas residuales*

La depuración de aguas residuales tiene lugar en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), estación de depuración de aguas residuales (EDAR) o también conocido como estación regeneradora de aguas residuales (ERAR) nombre actual y más en la línea de sostenibilidad del medio. Los efluentes poseen materia orgánica, compuestos inorgánicos, suspendidos, dispersos y disueltos. Los tratamientos globales utilizados en el tratamiento de aguas residuales son los siguientes: Pretratamiento, Tratamiento primario, Tratamiento secundario y Tratamiento terciario (Muñoz et al., 2019: págs.108-120).

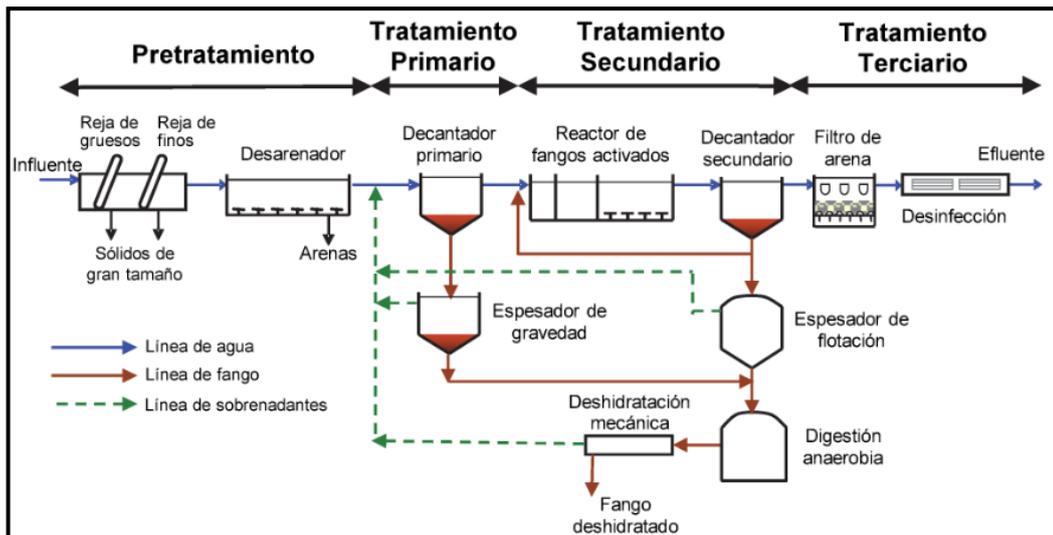


Ilustración 2-1: Esquema de una EDAR

Fuente: (Aguado y Ferrer, 2018, pág. 20)

Sin embargo, para el rediseño, la construcción de la EDAR y aplicación de los tratamientos se debe considerar las características del agua, el caudal y las tecnologías disponibles.

2.1.11. Etapas de depuración de aguas residuales

El número de etapas a ejecutarse dentro de una EDAR se basa en la calidad y origen del agua a tratar. Los tratamientos globales utilizados en el tratamiento de aguas residuales son: Pretratamiento, Tratamiento primario, Tratamiento secundario y Tratamiento terciario

2.1.11.1. Pretratamiento

El pretratamiento consiste en eliminar los materiales voluminosos como: troncos, piedras, trapos, fundas plásticas, etc. Está situado al inicio del proceso de tratamiento con el objetivo de proteger las instalaciones de materiales que puedan causar daños en los equipos (Muñoz et al., 2019, págs. 108-109). Al ser la primera etapa de tratamiento se emplea el procedimiento de cribado y desarenado.

2.1.11.2. Tratamiento primario

Es también conocido como tratamiento mecánico y consiste en reducir los sólidos en suspensión y acondicionar el agua para el tratamiento secundario (Muñoz et al., 2019, págs. 109-110). Este tratamiento consiste en varias etapas las mismas que varían de acuerdo con el efluente a tratar, las principales etapas son:

Tabla 2-6: Etapas de tratamiento I

Etapas Tratamiento Primario	
Sedimentación	Coagulación
Floculación	Flotación
Separación aceites y grasas	Neutralización
Sedimentación-decantación	

Fuente: (Muñoz et al., 2019: págs. 109-110).

Elaborado por: Allauca D., 2023

2.1.11.3. Tratamiento secundario

En las instalaciones actuales de depuración de aguas residuales el tratamiento biológico aerobio es conocido como tratamiento secundario, proceso que se desarrolla en tanques agitados y aireados utilizando microorganismos para degradar materia orgánica (Muñoz et al., 2019, págs. 111-112). Sin embargo, según varios autores el tratamiento secundario es también conocido tratamiento biológico ya que puede ser aerobio o anaerobio, y en algunos casos presentan características de anóxico lo que significa la ausencia de oxígeno molecular, pero existen moléculas que ceden su oxígeno reduciéndose. El tratamiento biológico anaerobio es un proceso que se desarrolla en la ausencia de oxígeno produciendo la descomposición de la materia orgánica e inorgánica. Este sistema es utilizado para reducir la carga contaminante y orgánica proveniente de corrientes muy diluidas, fosas sépticas, residuos ganaderos y fangos generados en el reactor aerobio. Cabe indicar que este tratamiento necesita tiempos mayores a comparación de los reactores aerobios (Muñoz y Álvarez, 2019, pág. 328). Los reactores biológicos en los que se tratan las corrientes de aguas residuales son escogidos en función al caudal y al tipo de agua a tratar.

Tabla 2-7: Tratamientos biológicos

Tratamientos	Tipos de cultivo	Tipos de tratamiento
Aerobio	Cultivo en suspensión	Lagunaje
		Digestión aerobia (fangos activados)
	Cultivo fijo	Filtros percoladores
		Reactores de lecho compacto Sistemas rotativos de contacto
Anóxicos	Cultivo en suspensión	Desnitrificación
	Cultivo fijo	
Anaerobios	Cultivo en suspensión	Lagunaje
		Contactores anaerobios
		Digestores anaerobios (fangos activados)
	Cultivo fijo	Filtros percoladores
		Reactor de lecho fijo
		Reactor de lecho fluidizado
	Combinados	Sistemas mixtos

Fuente: (Muñoz y Álvarez, 2019, pág. 327).

De acuerdo con Aragonese y Zarzosa (2020, pág. 73) los sistemas de tratamiento secundario más destacados son los siguientes.

- Oxidación total o avanzada.
- Lodos o fangos activos (Convencional y Aireación extendida).
- Reactor biológico secuencial SBR.
- Lecho móvil.
- Reactor biológico de membranas MBR.

Se conoce que a nivel mundial las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), su técnica más utilizada es el tratamiento biológico con lodos activos convencionales (CAS). Técnica que tiene altas eliminaciones de materia orgánica y según su configuración puede llegar a eliminar nutrientes (Mora, 2021, págs. 15-26).

2.1.11.4. Tratamiento terciario

Es un tratamiento final, avanzado y físico químico que se encuentra destinado a cumplir los estándares establecidos en la norma vigente en función al uso que se le pretende dar al agua. Este proceso tiene como objetivo eliminar virus, gérmenes y reducir la presencia de coliformes fecales y totales para garantizar la salud humana (Muñoz et al., 2019: pp.167-174). Los sistemas de tratamiento terciario más destacados son los siguientes (Aragonese y Zarzosa, 2020, págs. 78-79):

Tabla 2-8: Tratamientos terciarios

Sistemas de tratamiento terciario	
Ósmosis inversa	Micro, ultra y nano filtración.
Absorción carbón activado.	Intercambio iónico.
Precipitación química.	Desnitrificación.
Ozonización y cloración.	Electrodialisis.

Fuente: (Aragonese y Zarzosa, 2020, págs. 78-79)

Realizado por: Allauca D., 2023

2.1.11.5. Otros tratamientos alternativos

Debido a que muy pocos municipios emplean el tratamiento terciario se debe buscar alternativas viables con criterios técnicos, ambientales y económicos para la depuración de las aguas residuales. Una alternativa tratamiento para pequeñas comunidades sería el tratamiento biológico en zonas pantanosas artificiales. El agua es sometida a un tratamiento primario y posteriormente

es conducida a una laguna donde se lleva a cabo la descontaminación por la acción de bacterias y otros microorganismos que se encuentran en las raíces de las plantas y rizomas. Con el empleo de esta técnica se generan menos lodos, se evita el uso de productos químicos y se usa menos energía ya que estas plantas absorben metales y elevan el pH del agua, destruyendo otros microorganismos nocivos (Aragoneses y Zarzosa, 2020, págs. 83-86). En la mayoría de las comunidades rurales se emplean fosas sépticas para descomponer el agua residual, puesto que las plantas de tratamiento no son propicias. Este sistema es fabricado de cemento y muchas veces solo tiene la capacidad de recibir el agua residual de una sola vivienda, aunque los sólidos sedimentan en el tanque, los aceites y grasas flotan, por lo que se deben extraer frecuentemente. En el fondo de las fosas sépticas las bacterias se alimentan de lodos generados por las aguas residuales y al ser un tratamiento biológico anaerobio necesita tiempos elevados para que se lleve a cabo el proceso de descontaminación (Aragoneses y Zarzosa, 2020, págs. 83-86).

2.1.12. *Procesos de depuración de aguas residuales*

2.1.12.1. *Procesos físicos*

A estas etapas del proceso también se las conoce como operaciones básicas o unitarias ya que se basan principalmente en leyes físicas. Las operaciones más comunes son:

- Medición de caudales

La medición de caudales es importante para dar seguimiento y control al resto de operaciones desarrolladas en la planta depuradora de aguas residuales. Se debe tener en cuenta que el caudal de las aguas residuales varía de acuerdo con el tiempo y lugar de vertido. La medición de caudal al ser un parámetro fundamental de diseño, rediseño, mantenimiento y seguimiento de los procesos involucrados en la EDAR cuenta con diferentes medidores de caudal y se utilizan dependiendo el tipo de canalización ya sean: abiertas o cerradas. Además, se debe tener en cuenta el tipo de aplicación, el dimensionado, la presión, la composición del fluido, etc. Para medir el caudal en canales o conducciones abiertas se debe utilizar los medidores de vertedero o canal aforador, obteniendo el caudal mediante relaciones matemáticas con la altura del fluido. En sistemas cerrados se puede utilizar los medidores de tubo de flujo, de orificio, tubo de Pitot, Venturi, entre otros (Muñoz y Álvarez, 2019, pág. 56). La unidad básica de medida para el caudal es volumen de agua residual la misma expresada en m^3 dividida por unidad de tiempo (día). Por otra parte, las unidades con bajo tiempo de retención hidráulico tales como: rejas y los desarenadores,

el caudal de diseño son expresadas en m³/s, mientras que para los tanques de sedimentación se expresa en m³/h (Henze y Comeau, 2018, pág. 44).

- Desbaste: rejillas, tamices o filtración mecánica
- Desarenador
- Desengrasado: remover grasas, aceites y material flotante del agua
- Sedimentación: remover solidos sedimentables que se encuentren en suspensión
- Flotación: remover materia en suspensión de menor densidad que el agua
- Evaporación: concentrar material
- Absorción: remover micro contaminantes como: color, fenoles, etc.

2.1.12.2. *Procesos químicos*

Es la adición de ciertos productos químicos al agua residual, mediante este tipo de procesos se pueden llegar a eliminar de un 80 a 90% de materia suspendida, 40 a 70 de DBO₅ y de un 30 a 40% de DQO. Esta etapa también es conocida como tratamiento químico, los procesos más comunes son (Zuriel, 2019, págs. 1-5):

Tabla 2-9: Procesos más comunes

Procesos Químicos	
Floculación y coagulación	Neutralización: ajuste de pH.
Oxidación	Reducción
Intercambio iónico: eliminación de cobre, zinc, plomo, etc	

Fuente: (Zuriel, 2019, págs. 1-5)

Realizado por: Allauca D., 2023

2.1.12.3. *Procesos biológicos: Tratamiento aerobio/tratamiento anaerobio*

El tratamiento anaerobio y el tratamiento aerobio se constituyen dos grandes alternativas biológicas para reducir la carga contaminante de las aguas residuales. El tratamiento aerobio es considerado un sistema convencional eficaz por su operatividad comprobada, tecnología establecida, periodo de arranque cortos, entre otros. Este tratamiento necesita de grandes áreas, inversiones de capital y mano de obra elevadas para su funcionamiento. El tratamiento anaerobio al no necesitar aireación permite la autonomía o la autosuficiencia de las plantas depuradoras en la mayoría de los casos. Esta tecnología tiene varios aspectos ventajosos como la generación de lodos en cantidades inferiores a comparación de los procesos aerobios, también los costes de operación son menores (Álvarez, 2003, págs. 15-20).

2.1.13. Tratamiento y disposición de lodos

2.1.13.1. Importancia del manejo de lodos

Los sólidos suspendidos y los sólidos residuales producto del tratamiento biológico desarrollado en una planta de tratamiento deben ser manejados como lodos en algún punto del proceso de tratamiento. Es probable que el lodo generado en las plantas de tratamiento contenga microorganismos capaces de transmitir enfermedades como también contaminantes orgánicos e inorgánicos que pueden ser peligrosos o tóxicos para los humanos y el ambiente en general. Por estas razones es importante considerar un adecuado manejo de lodos al momento del diseño, rediseño y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales (McGhee, 1999, pág. 485).

2.1.13.2. Cantidad de lodos

El lodo de las aguas residuales se compone de sólidos orgánicos e inorgánicos. La cantidad de sólidos en el agua residual doméstica cruda es en general de 90 g/día por habitante, con concentraciones reportadas de 100 a 350 mg/L dependiendo del flujo. Cerca del 60% de los sólidos presentes en los residuos crudos son removidos en las etapas primarias de una planta de tratamiento de aguas residuales. El remanente es oxidado en el tratamiento biológico. Los sólidos biológicos generados en el tratamiento secundario están en promedio entre 0.4 y 0.5 kg/kg de DBO aplicada en procesos de crecimiento adherido. Ellos dependen de la edad de los lodos en el proceso de crecimiento suspendido y oscilan entre 0.2 y 1.0 kg/kg de DBO aplicada (McGhee, 1999, pág. 486).

2.1.13.3. Acondicionamiento de lodos

Este proceso se lo realiza con el objetivo de alterar favorablemente las características físicas y químicas del lodo a fin de mejorar la deshidratación de este. Entre los procesos de acondicionamiento de lodos se hallan la digestión de lodos aeróbica y anaeróbica, el compostaje, la adición química y los tratamientos con calor. Para seleccionar uno de los procesos se debe tener en cuenta los costos proyectados y la facilidad de operación (McGhee, 1999, pág. 489).

- **Digestión Anaerobia:** Proceso no requiere abastecimiento de oxígeno y, genera metano que puede ser utilizado como fuente de energía en el interior de la planta de tratamiento.

- **Digestión Aerobia:** Proceso se pueden emplear diferentes organismos biológicos para la oxidación de materiales orgánicos complejos y, a diferencia de los procesos de digestión anaeróbica presenta menos problemas de operación y más bajo costo de capital.
- **Compostaje:** Proceso de disposición ya que bajo algunas circunstancias se puede vender el lodo de agua residual compostado, sin embargo, el mercado para dicho producto es menor que el abastecido, por tal razón el lodo compostado es dispuesto en rellenos sanitarios.
- **Procesos Químicos:** Estos procesos comprenden la aplicación de coagulantes (agentes metálicos y poliméricos), elutriación, cloración, tratamiento térmico, congelamiento y la adición de agentes floculantes.
- **Secado y Combustión:** Algunos procesos de incineración pueden reducir el lodo a cenizas. El costo de estos procesos es elevado y solo son justificables cuando los sitios de disposición son limitados y las distancias de transporte son muy largas o el producto puede ser vendido como fertilizante o un mejorador de suelo (McGhee, 1999, pág. 495).

2.1.14. *Parámetros físicos, químicos y biológicos*

2.1.14.1. *Control de la calidad del agua residual*

Para conocer la carga contaminante del agua residual es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua más utilizados están clasificados en físicos, químicos y biológicos, los mismos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2-10: Parámetros de calidad del agua

Parámetros		
Físicos	Químicos	Biológicos
Turbiedad	pH	Coliformes totales
Color	Conductividad	Coliformes fecales
Olor y Sabor	Acidez	
Temperatura	Alcalinidad	
Solidos	Dureza	
Sedimentables		

Solidos disueltos	Densidad
Solidos suspendidos	Tensoactivos
Solidos totales	Nitrógeno
	Demanda química de oxígeno (DQO)
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Fuente: (Bucay, 2014; citado en Sierra, 2011)

Realizado por: Allauca D., 2023

2.1.14.2. *Turbiedad*

La turbiedad es un parámetro organoléptico que se expresa en unidades de turbiedad y nos indica la presencia de partículas en suspensión, que hace que la luz se disperse y no se transmita a través de las partículas lo cual produce la disminución de oxígeno. Para determinar la turbidez se utilizan dos métodos cuantitativos, la nefelometría recomendada para turbidez en agua de consumo humano y, la turbidimetría aplicable en aguas altamente turbias como son las aguas residuales. La medición de la turbidez es una técnica instrumental que normalmente se expresa en la unidad de UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

2.1.14.3. *Color*

El color de las aguas residuales es generado por la gran cantidad de sólidos, material coloidal e incluso sustancia en solución, las aguas residuales domésticas por lo general poseen una tonalidad de color gris y a medida que el agua envejece cambia a un tono gris oscuro y posteriormente a negro. La tonalidad negra de las aguas residuales sépticas se produce principalmente por la formación de sulfuros metálicos. El color en aguas residuales industriales puede indicar el origen de la contaminación, entre los residuos industriales de color fuerte se tienen los de la industria colorante de textiles y los de pulpa de papel.

2.1.14.4. *Olor y Sabor*

El olor es el resultado de la descomposición de la materia orgánica producido por los microorganismos. El sabor y el olor están estrechamente relacionados, sin embargo, el ensayo del

sabor solo se lo debe hacer en muestras seguras para el consumo humano. A mayor temperatura más fuerte el olor, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno (huevo podrido) indica una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua residual.

2.1.14.5. *Temperatura*

Por lo general, la temperatura del agua residual es mayor a la temperatura del agua en su estado natural, esto se debe a la incorporación de agua caliente proveniente de actividades antropogénicas. La temperatura afecta directamente a las reacciones químicas y velocidades de reacción. Además, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (Sierra, 2011, pág. 58).

2.1.14.6. *Solidos*

Para determinar la calidad del agua es muy importante conocer la cantidad de solidos presentes en la muestra de agua. Los diferentes tipos de solidos indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico. Además, los sólidos mantienen una relación de forma directa con la turbiedad, color, DQO y DBO.

- **Sólidos totales (ST):** primer tipo de sólidos, el cual expresa el total de material presente en la muestra a excepción del agua luego de ser evaporada a 105°C. Estos solidos se dividen en solidos suspendidos y solidos disueltos.
- **Solidos suspendidos (SS):** porción de material suspendido determinado mediante una operación matemática la cual consiste en restar los sólidos disueltos de los sólidos totales (Sierra, 2011, p.59).
- **Sólidos disueltos (SD):** consisten principalmente en sales y gases. Además, si se desea conocer la cantidad de solidos suspendidos fijos (SSF) y solidos suspendidos volátiles (SSV) se debe realizar un proceso de evaporación.
- **Sólidos sedimentables:** material suspendido en una muestra de agua que se sedimenta por acción de la gravedad en el fondo de un recipiente de forma cónica en un periodo de 60 minutos la misma que se expresa en la unidad de medida de ml/L (Sierra, 2011, pág. 59).

2.1.14.7. *PH*

El pH es una medida que indica la intensidad de las condiciones acidas o básicas del agua. La escala del pH comprende un rango de 0 a 14 donde el 7 es el rango promedio o neutral. Si, el agua

analizada se encuentra en un rango inferior a 7 indica que el agua tiene condiciones ácidas y, si el agua tiene un pH superior a 7 se considera una condición básica para el agua analizada. El instrumento electrónico para medir el pH es el pHímetro.

2.1.14.8. Conductividad

La conductividad en el agua representa la presencia de las sales disueltas y la habilidad que posee para transportar corriente eléctrica, y esto va a depender de la concentración de sustancias ionizadas disueltas y de la temperatura en la cual se haga el análisis. Por lo general, la conductividad mide la cantidad de iones de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Las cantidades numéricas de la conductividad son expresadas en unidades de micromhos/cm o siemens/cm. Para conocer un estimado rápido de la cantidad de sólidos suspendidos presentes en la muestra de agua se debe realizar la determinación de la conductividad. Las aguas residuales altamente corrosivas son aquellas que tienen concentraciones elevadas de conductividad.

2.1.14.9. Acidez

Generalmente se considera que un agua es ácida cuando su pH es inferior a 8,5. El origen de la acidez del agua proviene de varias fuentes tales como: ácidos orgánicos débiles, como CO₂ disuelto como ácido carbónico, ácido acético y ácido tánico; ácido mineral fuerte, como ácido sulfúrico y clorhídrico; y sales metálicas de hierro, aluminio y manganeso, los altos niveles de ácidos minerales fuertes son indicativos de contaminación antropogénica (Hanna Instruments, 2021).

2.1.14.10. Alcalinidad

La alcalinidad se puede considerar como la presencia de sustancias básicas, principalmente, sales de ácidos leves o bases fuertes, es decir, hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos. Esta característica está influenciada por el pH, la composición general del agua, su temperatura y fuerza iónica. En el laboratorio la alcalinidad se mide mediante el análisis químico de titulación y los resultados se expresan en mg/L de carbonato de calcio (CaCO₃). La alcalinidad es muy importante ya que controla la coagulación en el tratamiento de agua potable, y la digestión anaeróbica en el tratamiento de agua residual.

2.1.14.11. Dureza

El agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio. El grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales (Rodríguez, 2009, pág. 5). Se dice que el agua es dura cuando contiene más de 120 mg/L de carbonato cálcico. Se distinguen dos tipos de agua dura (Madrid, 2012, pág. 32):

- Agua de dureza temporal la cual es rica en carbonatos y se puede eliminar hirviendo el agua o añadiendo cal para su precipitación.
- Agua de dureza permanente la misma que contiene sulfato cálcico, sulfato de magnesio o cloruros. No contiene carbonatos por lo cual no se puede eliminar hirviendo el agua y su tratamiento preciso es por filtración fina.

2.1.14.12. Densidad

Se dice que la densidad del agua es la unidad, es decir, que un litro de agua tiene una densidad de 1kg/L, a una atmosfera de presión y a una temperatura de 3,8 °C o también conocido como punto de inflexión. Cuando se calienta el agua se produce un descenso en la densidad ya que a 90°C su densidad es de 0,965 kg/L y a 100 °C su densidad es de 0,958kg/L. También, cuando la temperatura baja de 3,8 °C la densidad del agua empieza a disminuir, de forma que a 0 °C su densidad es de 0,9999 kg/L. Como se puede observar el descenso es casi inapreciable, pero suficiente para que el hielo flote en el agua garantizando la vida en el fondo del agua (Madrid, 2012, pág. 31).

2.1.14.13. Tensoactivos

Los tensoactivos son considerados como compuestos orgánicos, cada molécula de tensoactivo posee dos partes funcionales: una hidrofílica (soluble en agua) o parte polar y otra lipofílica (soluble en aceite) o parte no polar. Estos compuestos interfieren en el intercambio de gas en los cuerpos de agua y alteran el sistema hormonal de organismos acuáticos (Ivanković y Hrenović, 2010; citados en Morillo et al., 2019). Los tensoactivos están presentes en fármacos, detergentes, pesticidas, cosméticos y artículos de limpieza personal, etc. (Morillo et al., 2019, pág. 2).

2.1.14.14. *Nitrógeno*

El nitrógeno conocido como uno de los elementos esenciales en las funciones metabólicas de los seres vivos. También, forma parte de una gran diversidad de compuestos ya que se encuentra en forma abundante en el suelo, aire y agua. Este compuesto es considerado un nutriente, el mismo que forma parte de los seres vivos y es importante en la cadena alimenticia acuática debido a que estimula el crecimiento del fitoplancton y posterior el desarrollo de peces y crustáceos. Sin embargo, el nitrógeno al igual que el fosforo al presentarse en exceso generan impactos negativos causando inestabilidad en los ecosistemas acuáticos como la eutroficación y, al presentarse en niveles tóxicos afecta a las comunidades biológicas y en la salud humana (Galván, 2018, pág. 21-22).

2.1.14.15. *Demanda química de oxígeno (DQO)*

La DQO es el consumo de oxígeno(mg/L) ya que este análisis usa la oxidación química para efectuar la misma reacción que provocan los microorganismos con la materia orgánica, pero ahora de manera energética. Las condiciones de la oxidación se deben a la acción combinada de un oxidante fuerte, dicromato, en medio sulfúrico a una temperatura elevada, durante un tiempo suficiente para completar la oxidación (Gil, 2005, pág. 83-84).

2.1.14.16. *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*

El DBO es la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos heterótrofos los cuales transforman la materia orgánica metabolizable en productos finales estables como dióxido de carbono y agua. La determinación de DBO se ha estandarizado desde 1912 y se conoce universalmente como DBO₅ a 20°C, es decir, mide la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización del agua residual durante 5 días a 20°C (Gil, 2005, pág. 72).

2.1.14.17. *Coliformes totales*

Los coliformes son indicadores de contaminación del agua, este grupo de bacterias se encuentran en el ambiente y sobre todo en el tracto digestivo de los animales y humanos. Es decir, los coliformes totales son comunes en el suelo, el agua superficial y en los desechos fecales humanos o animales (Carbotecnia, 2021).

2.1.14.18. *Coliformes fecales*

Las bacterias coliformes fecales son específicas del tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos y pertenecen a un grupo de organismos coliformes del género *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Estas bacterias proliferan en los desechos fecales de animales y humanos. La *Escherichia coli* (*E. coli*) es un indicador de contaminación fecal y posible presencia de patógenos ya que es un tipo de bacteria coliforme fecal que se encuentra comúnmente en los intestinos de animales y humanos (Swistock, 2020, pág. 1).

2.1.15. *Parámetros y consideración de diseño y rediseño*

2.1.15.1. *Parámetros de diseño y rediseño*

El caudal, cálculo de la población actual y futura, dotación, cuerpo receptor, años de vida útil de la PDAR, ubicación y localización de la PDAR, son los principales parámetros utilizados en el diseño y rediseño de una planta. Además, se debe tener en cuenta las características, composición, carga contaminante y tipo de afluente a tratar.

2.1.15.2. *Consideración de diseño y rediseño*

Según Romero Rojas (1999, pág. 180-183) las condiciones óptimas de operación y mantenimiento son las principales consideraciones para tomar en cuenta al momento de diseñar una PTAR. Adicional, en base a la experiencia del autor, una planta de tratamiento no basta con un diseño y eficiencia de excelencia, se debe tener en cuenta el factor económico. El autor recomienda no construir una PTAR si los costos de operación y mantenimiento son altos ya que esto incapacita al propietario financiar la construcción de la planta. Por lo tanto, un sistema de tratamiento de baja confianza no garantiza la producción de un efluente de calidad.

Tabla 2-11: Principales factores en la selección de procesos y operaciones de tratamiento.

Factores	Definición
Factibilidad	Debe ser factible y compatible con bases a las condiciones existentes como dinero disponible, terreno existente y aceptabilidad del cliente o comunidad propietaria del mismo.
Aplicabilidad	Tener la capacidad de proveer el rendimiento solicitado, es decir, poseer la capacidad de producir un efluente con una calidad requerida para el rango de caudal deseado.

Confiabilidad	Debe poseer condiciones óptimas de trabajo ya estas sean difíciles de alterar, a su vez capacidad de soporte de cargas y caudales máximos y mínimos dependencia de tecnología u operación compleja.
Costos	Los costos deben ser mínimos. Por ello tanto la comunidad o propietario, deben tener la capacidad de costear todas las estructuras del sistema de tratamiento, así como su operación y mantenimiento.
Características del afluente	Sus características deben determinar la necesidad de pretratamiento primario o tratamiento secundario, a su vez del tipo de tratamiento (físico, químico, biológico o combinado).
Procesamiento o producción de lodos	La cantidad y calidad del lodo producido da a conocer la complejidad del tratamiento requerido para su disposición adecuada.
Requerimientos de personal	Se conoce que aquellos procesos sencillos requieren menos personal, y a su vez de menor adiestramiento personal, por lo tanto, son más ventajosos.

Fuente: (Romero, 1999, págs. 180-183)

Realizado por: Allauca D., 2023

2.2. Base legal

Tabla 2-12: Art. de la Constitución de la Republica del Ecuador

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	
Título II: Derechos	
Capítulo segundo: Derechos del buen vivir	
Art. 12.	El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.
Art. 14.	Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> . Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza	
Art. 71.	La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.
Art. 72.	La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.
Título VII: Régimen del Buen Vivir Capítulo Segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales Sección Sexta: Agua	
Art. 411	El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.
Art. 412	La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

Fuente: (Constitución de la República del Ecuador 2008)

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 2-13: Art. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua

Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua	
Art. 1	Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.

Art. 3	Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.
Art. 4	Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios: a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas; b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad; c) El agua, como bien de dominio público, es inalienable, imprescriptible e inembargable; d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua; e) El acceso al agua es un derecho humano; f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua; g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y, h) La gestión del agua es pública o comunitaria.
Art. 12	Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley. La Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Unica del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales. En caso de no existir usuarios conocidos de una fuente, su protección y conservación la asumirá la Autoridad Única del Agua en coordinación con los

	<p>Gobiernos Autónomos Descentralizados en cuya jurisdicción se encuentren, siempre que sea fuera de un área natural protegida.</p> <p>El uso del predio en que se encuentra una fuente de agua queda afectado en la parte que sea necesaria para la conservación de esta. A esos efectos, la Autoridad Única del Agua deberá proceder a la delimitación de las fuentes de agua y reglamentariamente se establecerá el alcance y límites de tal afectación.</p> <p>Los propietarios de los predios en los que se encuentren fuentes de agua y los usuarios del agua estarán obligados a cumplir las regulaciones y disposiciones técnicas que en cumplimiento de la normativa legal y reglamentaria establezca la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la conservación y protección del agua en la fuente.</p>
Art. 64	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. 80	<p>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.</p>

Fuente: (Asamblea Nacional, 2014, págs.3-23)

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 2-14: Art. Código Orgánico del Ambiente

Código Orgánico del Ambiente (COA)	
Dado por Disposición Final Única de Ley No. 0, publicada en Registro Oficial Suplemento 983 de 12 de abril del 2017. Expide en el Libro Preliminar, Título I y II el objeto, ámbito, fines, derechos, deberes y principios ambientales. Los mismos que establecen el cumplimiento obligatorio para todos los actores sociales vinculados a esta materia decretado en los artículos 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 9 del presente código.	

Fuente: (Asamblea Nacional, 2017, págs.8-11)

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 2-15: Art. TULSMA

REVISION DEL 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	
Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce	
5.2.4.1.	Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas, en condiciones de caudal ambiental y cargas contaminantes futuras.
5.2.4.9	Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento
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.
El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente fue emitida mediante el Decreto Ejecutivo 3516, y publicada en el Registro Oficial Edición Especial 2 del 31 de marzo de 2003, cuenta con una última modificación realizada el 29 de marzo de 2017 la misma que se encuentra en estado vigente. Esta legislación cuenta con 9 volúmenes o también conocido como libros en donde se identifican las políticas, estrategias específicas y guías necesarias con la finalidad de asegurar por parte de todos, una adecuada gestión ambiental dentro del marco	

de las políticas básicas ambientales del Ecuador, para lo cual, cuenta con numerosos anexos específicos para cada matriz (agua, suelo, aire, entre otros) y sector, a fin de asegurar una coherencia nacional, entre las entidades del sector público y del sector privado, sin perjuicio de que cada una deberá atender el área específica que le corresponde.

Por lo mencionado anteriormente, la Reforma del Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI, expedido mediante Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2 del 31 de marzo de 2003 con Acuerdo Ministerial 97 en el Registro Oficial Edición Especial 387 de 04 de noviembre de 2015, tiene relación directa con el presente trabajo de investigación. El anexo 1 documentado en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, representa la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, la misma que se aplica en todo el territorio nacional de manera obligatoria.

Para valorar los límites máximos permisibles en la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua, se utilizará la TABLA 9 del libro VI del TULSMA, publicada en el Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de noviembre de 2015, página 21.

Fuente: (TULSMA, 2015, págs.12-13)

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 2-16: 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
Alkil mercurio	-	mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	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/100 ml	Remoción > al 99,9 %
Color real ¹	Color real	Uni. de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	DBO ₅	mg/l	50.0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fosforo 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	Visible	-	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 hidrogeno	pH	-	5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	80.0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfuros	S ²⁻	mg/l	0.5
Temperatura	°C	mg/l	<35

Tensoactivos	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: (Ministerio del Ambiente, 2015, págs. 21-22)

Realizado por: Allauca D., 2023

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del estudio

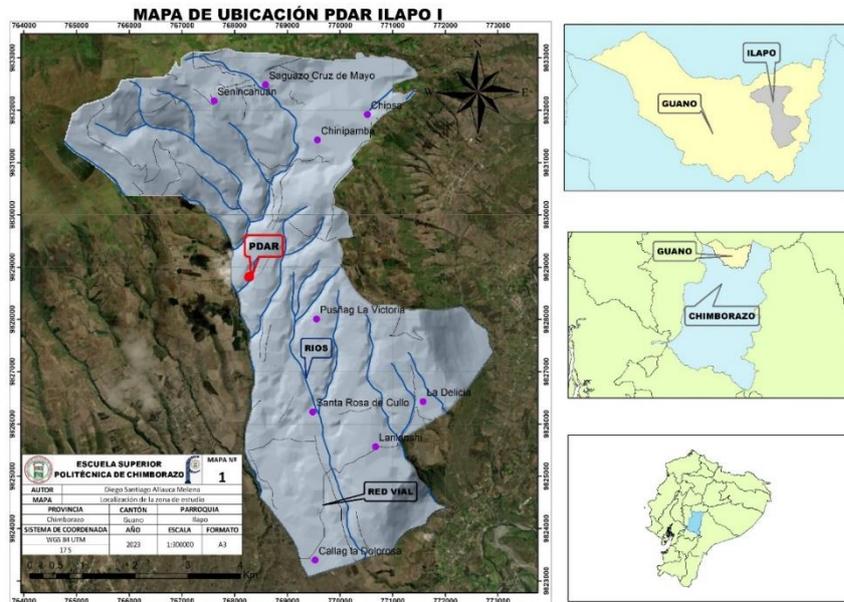


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación geográfica de la “PTAR ILAPO I”

Realizado por: Allauca D., 2023

La planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I, se encuentra ubicada en la Provincia de Chimborazo en la parroquia rural Ilapo, perteneciente al Cantón Guano. Esta planta de tratamiento limita al Norte: Santa Fe de Galán, Sur: La Matriz, Valparaíso, Este: San José de Chazo y La Providencia, Oeste: Valparaíso. Mediante la georreferenciación en el sistema de coordenadas UTM WGS84, la planta de tratamiento se encuentra ubicada en la zona 17M con las siguientes coordenadas:

Tabla 3-1: Coordenadas geográficas

Puntos	Coordenadas Este (Eje X)	Coordenadas Norte (Eje Y)
1	768267.22	9828810.345
2	768273.096	9828818.47
3	768282.005	9828819.721
4	768280.938	9828811.724

Realizado por: Allauca D., 2023

3.2. Población de estudio

La población de estudio del presente trabajo tomó en consideración las 24 conexiones domiciliarias del alcantarillado sanitario PTAR Ilapo I. Mediante los diálogos con los actores sociales de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Ilapo los Chingazos, además de la revisión de los planos de la red de alcantarillado entregados por el GAD-Guano se conoció que la planta de tratamientos de aguas residuales ingresa aguas servidas de 21 familias equivalente a 42 habitantes, adicionalmente ingresa aguas de un subcentro de salud, escuela y cementerio.

3.3. Limpieza general de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I

La falta de mantenimiento en la PTAR, se decidió realizar la limpieza general para permitir el flujo del caudal a través de la planta, para realizar dicha actividad se siguió los siguientes pasos:

1. Socialización con los actores sociales de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Ilapo los Chingazos.
2. Se solicitó información de los antecedentes de la planta
3. Solicitar planos de diseño y construcción de la planta.
4. Se definió fecha y hora para iniciar el trabajo de limpieza.
5. Solicitar herramientas y equipo de protección personal para los involucrados en la limpieza de la planta.
6. Se ingresó al área de estudio para iniciar con la limpieza, con la presencia de los actores sociales.
7. Contratación de maquinaria para descubrir los elementos que se encontraban aproximadamente a 120 cm de profundidad.

3.4. Diagnostico actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Se identificó cada uno de los sistemas que conforman la planta. Con la ayuda de un análisis de agua y el diagnóstico minucioso realizado en la planta se determinó que la causa del nulo funcionamiento es producto de varios factores como:

1. Delimitación de la PTAR: La planta está delimitada por mallas de alambre mismas que se encuentran en mal estado debido al deslizamiento de tierra cuando llueve.

2. Estancamiento del agua en el desarenador: Producto de la mala construcción ya que no presentó ninguna característica propia de un desarenador, además, al no contar con un sistema de rejillas se encontró la acumulación de objetos gruesos.
3. Desbordamiento de agua residual: Es producto de la falta de mantenimiento de la planta ya que la maleza, el deslizamiento de tierra en el invierno y la falta de extracción de lodos del tanque Imhoff ha impedido el flujo del caudal a través de la planta.
4. Acumulación de lodos en el tanque Imhoff: Las lluvias han provocado el deslizamiento de tierra hacia el lecho de secado de lodos, provocando el entierro de este sistema, razón por la cual la tubería encargada de extraer los lodos del tanque Imhoff ha permanecido inactiva causando que la planta deje de operar con normalidad.
5. Presencia de malos olores: La presencia de malos olores se atribuye al agua estancada, composición del agua y factores climáticos.
6. Presencia de vectores contaminantes: Se asigna al nulo funcionamiento de la planta.

3.4.1. *Análisis de calidad del agua*

Tabla 3-2: Parámetros a evaluar

Físicos	Químicos	Biológicos
Turbiedad	pH	Coliformes Totales
Color	Conductividad	Coliformes fecales
Temperatura	NH ₄	
Solidos sedimentables	PO ₄	
Solidos disueltos	DQO	
Solidos suspendidos	DBO	
Solidos Totales	Grasas y aceites	

Realizado por: Allauca D., 2023.

Se procedió a realizar un análisis de agua con el objetivo de conocer el funcionamiento y eficacia de la PTAR, para verificar si la calidad de agua vertida al exterior cumple con los parámetros permitidos para el ambiente, para este tipo de análisis se procedió a realizar análisis físicos, químicos y biológicos. Para el muestreo de una planta de tratamientos, los puntos de muestreo para este tipo de análisis se sitúan aguas arriba de la PTAR de la siguiente manera:

3.4.1.1. *Muestreo de la PTAR de estudio.*

Para este tipo de muestreo se precauteló la salud del tesista por lo que se realizó el muestreo con la bioseguridad pertinentes.

1. Se ingresó a la PTAR con los materiales necesarios (frascos ámbar, guantes, mascarillas, botas etc.)
2. Una vez con la muestra obtenida se procedió a etiquetar los frascos.
3. Muestra 1: Se tomó donde el recurso se encuentra sin tratar (inicio de la PTAR).
4. Muestra 2: Aguas dentro del proceso.
5. Muestra 3: Aguas debajo de la planta o parte final de desemboque de las aguas.
6. Se ingresó al laboratorio y se procedió a realizar el análisis de calidad de agua.

3.5. Diseño de la PTAR

3.5.1. Normas y guías para el dimensionamiento de la PTAR Ilapo I

En el dimensionamiento de los componentes de rediseño, se tomaron en consideración las siguientes normas y guías:

- CPE INIEN 5, Parte 9.1:1992: Código Ecuatoriano de la construcción. (C.E.C): Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
- Normas CO 10.7-602-Revisión: Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS título B Sistemas de acueductos
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000 sección II título E Tratamiento de aguas residuales
- Norma OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales DS n° 022-2009
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Título C Sistemas de potabilización

3.5.2. Propuesta de rediseño PTAR Ilapo I

Una vez obtenidos los resultados del análisis de la calidad de agua y las visitas técnicas realizadas a la zona de estudio se procedió a elaborar la propuesta del rediseño para mejorar la calidad final de agua que es descargada a la quebrada, con los siguientes pasos:

1. Análisis de resultados de calidad de agua.
2. Medición del caudal que ingresa a la PTAR.
3. Población futura.
4. Caudal de diseño.
5. Cálculos pertinentes para el rediseño de la PTAR.
6. Mediante el uso de AUTOCAD 2015, se procedió a diseñar las alternativas para mejorar la calidad de agua.

3.5.2.1. Cálculos de dimensionamiento

Para los cálculos del rediseño de los diferentes componentes de la planta se toma en consideración las recomendaciones y datos establecidos en las normas, reglamentos y guías nacionales e internacionales para el diseño y construcción de Plantas Depuradoras de Aguas Residuales.

Tabla 3-3: Formulas generales para el diseño y rediseño de la PTAR

Fórmulas para dimensionamiento	
Eficiencia	$Eficiencia = \frac{Carga\ contaminante\ entrada - Carga\ contaminante\ salida}{Carga\ contaminante\ entrada} * 100$
Población Actual	$P_{actual} = \#vivienda * ha.promedio$
Población Futura	$P_{futura} = P_{actual} \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$ <p>Donde: P_{futura} = Población futura P_{actual} = Población factual r = Tasa de crecimiento poblacional n = Número de años, periodo de diseño</p>
Dotación futura de la población	$Dfp = D_a + \left(1 - \frac{L}{hab * dia}\right) * n$ <p>Donde:</p>

	<p>D_{fp} = Dotación futura de la población</p> <p>D_a = Dotación actual</p> <p>n = Número de años, periodo de diseño</p>
Caudal med. diario	$Q_{\text{medio}} = \frac{f * (P * D)}{86400 \frac{\text{s}}{\text{día}}}$ <p>Donde:</p> <p>Q_{medio} = Caudal medio diario</p> <p>f = Factor de fugas (0.2)</p> <p>P = Población al final del periodo de diseño</p> <p>D = Dotación futura</p>
Caudal máx. diario	$Q_{\text{mxdiario}} = KMD * Q_{\text{medio}}$ <p>Donde:</p> <p>Q_{mxdiario} = Caudal máximo diario</p> <p>KMD = Factor de mayoración máximo diario (1.25)</p> <p>Q_{medio} = Caudal medio diario</p>
Caudal máx. horario	$Q_{\text{mxhorario}} = KMH * Q_{\text{medio}}$ <p>Donde:</p> <p>$Q_{\text{mxhorario}}$ = Caudal máximo horario</p> <p>KMH = Factor de mayoración máximo horario (3)</p> <p>Q_{medio} = Caudal medio diario</p>
Caudal de diseño	$Q_{\text{diseño}} = P_f * D_f$ <p>Donde:</p> <p>$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño</p> <p>P_f = Población al final del periodo de diseño</p> <p>D_f = Dotación futura</p>
Cálculo del canal de entrada	
Ecuación de continuidad	$Q_{\text{diseño}} = A * v$ <p>Donde:</p> <p>$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño</p> <p>A = Área transversal (base * altura)</p> <p>v = Velocidad de aproximación</p>
Ecuación Manning	$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$ <p>Donde:</p> <p>v = Velocidad fluido</p> <p>n = Rugosidad Manning</p>

	<p>R = Radio hidráulico (área/ perímetro mojado) S = Gradiente hidráulico (pendiente)</p>
Radio hidráulico	$R = \frac{b * h}{h + b + h}$ <p>Donde: b = Ancho del canal h = Altura del agua R = Radio hidráulico (área/ perímetro mojado)</p>
Gradiente hidráulico	$S = \left(\frac{v * n}{R^{2/3}} \right)^2$ <p>Donde: S = Gradiente hidráulico v = Velocidad de aproximación del fluido R = Radio hidráulico n = Rugosidad Manning</p>
Cálculo rejillas	
Número de barrotes	$N = \frac{b}{s + e}$ <p>Donde: N = Numero de barrotes b = Ancho del canal s = Espesor de barrotes e = separación entre barrotes</p>
Largo de barrotes	$\sin \theta = \frac{H}{Lb} \quad \tan \theta = \frac{H}{L}$ <p>Donde: H = Altura total del canal Lb = Longitud de barrotes L = Longitud para formar el ángulo</p>
Pérdida hidráulica	$h_f = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^4 * \frac{v^2}{2g} * \sin \theta$ <p>Donde: h_f = Perdida hidráulica β = Factor de forma s = Espesor de barrotes e = Separación entre barrotes θ = Angulo de inclinación</p>

	$v =$ Velocidad de aproximación
Cálculo de bandeja de escurrimiento	
Numero de orificios horizontal y transversal	$N_l = \frac{L+s-2(e)}{D+s} \quad N_b = \frac{b+s-2(e)}{D+s}$ <p>Donde:</p> <p>N_l = Numero de orificios largo de la bandeja</p> <p>N_b = Numero de orificios ancho de la bandeja</p> <p>L = Largo de la bandeja</p> <p>b = Ancho de la bandeja</p> <p>s = Separación entre orificios</p> <p>e = Separación entre el borde de la bandeja y orificios</p> <p>D = Diámetro de orificios</p>
Orificios totales	$N_o = N_l * N_b$ <p>Donde:</p> <p>N_l = Numero de orificios largo de la bandeja</p> <p>N_b = Numero de orificios ancho de la bandeja</p>
Área total de orificios.	$A = \left(\frac{\pi * (D)^2}{4} \right) * N_o$ <p>Donde:</p> <p>A = Área total de orificios</p> <p>D = Diámetro de orificios</p> <p>N_o = Número de orificios</p>
Cálculo de desarenador	
Densidad de arena	$\rho_a = \rho_p * \rho_{6^\circ C}$ <p>Donde:</p> <p>ρ_a = Densidad de arena</p> <p>ρ_p = Densidad de la partícula</p> <p>$\rho_{6^\circ C}$ = Densidad del agua a 6°C</p>
Velocidad de sedimentación	$V_s = 0.22 \left(\frac{\rho_p - \rho}{\rho} * g \right)^{\frac{2}{3}} * \left[\frac{d}{\left(\frac{\mu}{\rho} \right)^{\frac{1}{3}}} \right]$ <p>Donde:</p> <p>V_s = Velocidad de sedimentación</p> <p>d = Diámetro de la partícula</p> <p>μ = Viscosidad cinemática del agua a 13°C</p> <p>g = Aceleración de la gravedad</p>

	ρ_p = Densidad de la partícula ρ =Densidad del agua a 13°C
Número de Reynolds	$N_{Re} = \frac{V_s * \rho * d}{\mu}$ <p>Donde:</p> N_{Re} =Número de Reynolds V_s = Velocidad de sedimentación d =Diámetro de la partícula μ =Viscosidad cinemática del agua a 13.9°C ρ =Densidad del agua a 13.9°C
Coefficiente de arrastre.	$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0.34$ <p>Donde:</p> N_{Re} =Número de Reynolds C_D = Coeficiente de arrastre
Velocidad de sedimentación en la zona de transición	$V_{stransicion} = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} * (\rho_p - 1) * d}$ <p>Donde:</p> $V_{stransicion}$ =Velocidad de sedimentación en la zona de transición g =Aceleración de la gravedad C_D = Coeficiente de arrastre ρ_p = Densidad de la partícula d =Diámetro de la partícula
Velocidad de arrastre	$V_a = \frac{d^2 * g * (\rho_p - \rho)}{18 * \mu}$ <p>Donde:</p> V_a =Velocidad de arrastre g =Aceleración de la gravedad ρ_p = Densidad de la partícula d =Diámetro de la partícula μ =Viscosidad cinemática del agua a 13.9°C ρ =Densidad del agua a 13.9°C
Área superficial	$A_s = \frac{Q_{Diseño}}{V_s}$ <p>Donde:</p> A_s =Área superficial

	Q_D = Caudal de diseño V_s = Velocidad de sedimentación
Longitud del desarenador	$\frac{L}{b} = \frac{4}{1}$ <p>Donde: L = Longitud del desarenador b = Ancho del desarenador</p>
Profundidad del canal desarenador	$\frac{b}{H_D} = \frac{4}{1}$ <p>Donde: b = Ancho del desarenador H_D = Profundidad del canal desarenador</p>
Pendiente de la caída de sólidos	$s = L * p$ <p>Donde: s = Profundidad de sedimentación L = Longitud del desarenador p = Pendiente para la caída de sólidos</p>
Área total	$A_t = L * b$ <p>Donde: A_t = Área total L = Longitud del desarenador b = Ancho del desarenador</p>
Velocidad horizontal	$V_h = \frac{Q_D}{A_T}$ <p>Donde: V_h = Velocidad horizontal Q_D = Caudal de diseño A_t = Área total</p>
Volumen del desarenador	$V = L * b * H_D$ <p>Donde: V = Volumen del desarenador L = Longitud del desarenador b = Ancho del desarenador H_D = Profundidad del canal desarenador</p>
Tiempo de retención hidráulica	$Trh = \frac{V}{Q_D}$ <p>Donde:</p>

	<p>Trh=Tiempo de retención hidráulica</p> <p>V=Volumen del desarenador</p> <p>Q_D=Caudal de diseño</p>
Diseño de la fosa séptica	
Volumen útil	$V_u = 1.3 * N(CT + 100L_f)$ <p>Donde:</p> <p>V_u=Volumen útil</p> <p>N=Población</p> <p>C=Contribución del agua residual</p> <p>T=Periodo de retención de residuos</p> <p>L_f=Contribución de lodos frescos</p>
Área de la fosa	$A = \frac{V_u}{h_u}$ <p>Donde:</p> <p>A=Área de la fosa</p> <p>V_u=Volumen útil</p> <p>h_u=Altura útil</p>
Largo de la fosa	$L = \frac{A}{b}$ <p>Donde:</p> <p>L=Largo de la fosa</p> <p>A= Área de la fosa</p> <p>b=Ancho de la fosa</p>
Altura de ubicación orificio del pasaje	$h_{ori} = \frac{2}{3} * h_u$ <p>Donde:</p> <p>h_{ori}=Altura de ubicación del orificio del pasaje</p> <p>h_u=Altura útil</p>
Área transversal del orificio del pasaje	$AT_{ori} = 0.1 * AT_f$ <p>Donde:</p> <p>AT_{ori}=Área transversal del orificio del pasaje</p> <p>AT_f= Área transversal de la fosa séptica</p>
Altura del orificio del pasaje	$a = h_u - h_{ori} - 0.30$ <p>Donde:</p> <p>a =Altura del orificio del pasaje</p> <p>h_u=Altura útil</p>

	h_{ori} =Altura de ubicación del orificio del pasaje
Ancho del orificio del pasaje	$AT_{ori} = a * b$ <p>Donde:</p> AT_{ori} =Área transversal del orificio del pasaje a =Altura del orificio del pasaje b =Ancho del orificio del pasaje
Diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente	
Carga orgánica del afluyente	$C_{oa} = N * C_o$ <p>Donde:</p> C_{oa} =Carga orgánica del afluyente N =Número de habitantes C_o =Contribución de carga orgánica
Volumen útil del filtro	$V_{util} = \frac{C_{oa}}{C_{vol}}$ <p>Donde:</p> V_{util} =Volumen útil del filtro C_{oa} =Carga orgánica del afluyente C_{vol} =Carga orgánica volumétrica
Volumen útil real	$V_{ur} = \frac{V_{util}}{e}$ <p>Donde:</p> V_{ur} =Volumen útil real del filtro V_{util} = Volumen útil del filtro e =Porosidad
Área del filtro	$A = \frac{V_{ur}}{h_{util}}$ <p>Donde:</p> A =Área del filtro V_{ur} =Volumen útil real del filtro h_{util} = Volumen útil del filtro

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Mantenimiento general de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I

Mediante los diálogos que fueron realizados con el personal de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Ilapo los Chingazos. Se ingresó a realizar una limpieza de la PTAR, la misma que tomo alrededor de una semana aproximadamente, debido a que la maleza era abundante y a su vez el hecho de no encontrarse en funcionamiento tenía agua estancada el mismo que generaba un olor no tan agradable para los que ayudaron en esta actividad. Por ello se decidió optar por el ingreso de maquinaria la misma que facilito la limpieza.



Ilustración 4-1: Ingreso a la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D., 2023.



Ilustración 4-2: Obstrucción de la planta

Realizado por: Allauca D., 2023

En esta planta de tratamiento de aguas residuales se observa que por el hecho de no encontrarse en funcionamiento las aguas estancadas generan un mal olor, casi nula visión respecto a la delimitación de los componentes de la planta e incluso la proliferación de vectores contaminantes (moscas, roedores, entre otros). La planta de tratamiento al no tener ningún mantenimiento ni extracción de lodos ha provocado que la vegetación se adueñe del canal desarenador y el tanque Imhoff generando obstrucción del caudal.

4.2. Diagnóstico actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I

El caudal que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales es generado aproximadamente por 21 conexiones domiciliarias basados en la red de alcantarillado sanitario. Sin embargo, según los moradores de la parroquia, varias viviendas se encuentran abandonadas o han sido demolidas por lo cual, actualmente se contabilizan 16 conexiones domiciliarias vigentes. Además, esta red de alcantarillado recoge aguas servidas de un subcentro de salud, escuela y cementerio. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I, se encuentra ubicada en una pendiente misma que cuando el invierno llega genera el deslizamiento de tierra llegando directamente a los diferentes sistemas de tratamiento de la planta, lo que ha provocado que se haya tapado el Lecho de secado de lodos activados. A su vez se tomó en consideración que debido a una obstrucción existente dicha planta no se encuentra en funcionamiento como debería, a su vez cabe mencionar la obstrucción que se ha generado mediante la maleza genera que el estancamiento de agua provoque malos olores los mismos que perjudican a la población.



Ilustración 4-3: Limpieza de obstrucciones

Realizado por: Allauca D., 2023

Se procede a realizar una limpieza masiva de cada área de esta planta de tratamiento, para conocer el verdadero motivo del por qué no se encuentra en funcionamiento esta planta, al terminar la limpieza de cada área se observa que el ingreso del agua es aún mayor, debido a que se encontraba obstruido por basura y maleza.



Ilustración 4-4: Limpieza área de ingreso del agua

Realizado por: Allauca D., 2023

El área del desarenador se encontraba lleno de maleza y basura generando así la obstrucción del agua a la siguiente etapa, en esta área se tomó un poco más del tiempo de lo establecido debido a que existía agua estancada la misma que emanaba un olor desagradable, que no permitía avanzar rápido, una vez que se limpió la zona y eliminar los lodos que se han sedimentado por la

obstrucción de la misma se logra visualizar una mejor distribución del agua la misma que presentaba una coloración debido a la presencia de suero que ingresaba a esta planta de tratamientos.



Ilustración 4-5: Limpieza del desarenador

Realizado por: Allauca D., 2023

Una acción tomada por los habitantes de este sector ante la presencia de los malos olores emanados por esta planta de tratamientos es el generar una ruptura en el tanque Imhoff específicamente en el canal encargado de la distribución del caudal. La ruptura del canal ha permitido que el agua estancada fluya directamente la quebrada seca. Una acotación relevante de esta PTAR es que los actores sociales de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Ilapo los Chingazos demuestran gran interés en el funcionamiento de la planta. Sin embargo, los actores sociales del GADC-Guano y el GADP-Ilapo no presentan interés en el mejoramiento de este lugar, aduciendo que estas actividades de saneamiento no incluyen en sus competencias.



Ilustración 4-6: Ruptura de la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D., 2023

4.3. Calidad de Agua

4.3.1. Resultados de análisis de calidad de agua

Tabla 4-1: Resultados punto 1

Parámetros	Unidad	Límite máx. permisible	Resultados	Observación
Turbiedad	NTU	-	27	-
Color	Und. Pt/Co	-	484	-
Temperatura	°C	< 35	13,9	-
Solidos sedimentables	ml/L	-	0,25	-
Solidos disueltos	mg/L	-	243,6	-
Solidos suspendidos totales	mg/L	80.0	61	SI CUMPLE
Solidos Totales	mg/L	1600	304,6	SI CUMPLE
pH	-	5-9	7,76	SI CUMPLE
Conductividad	μSiems	-	403,2	-
NH ₄	mg/L	30.0	16,17	-
PO ₄	mg/L	10,0	12,76	-
DQO	mg/L	200	125	SI CUMPLE
DBO₅	mg/L	50.0	72	NO CUMPLE
Grasas y aceites	mg/L	30.0	4	SI CUMPLE
Coliformes Totales	UFC/100mL	200	Ausencia	SI CUMPLE
*Coliformes fecales	UFC/100mL	2000	1,2E7	NO CUMPLE

Nota: Coliformes totales y fecales los límites máximo permisibles son tomados de la tabla 7 del TULSMA.

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-2: Resultados punto 2

Parámetros	Unidad	Límite máx. permisible	Resultados	Observación
Turbiedad	NTU	-	86	-
Color	Und. Pt/Co	-	1320	-
Temperatura	°C	< 35	13,6	-
Solidos sedimentables	ml/L	-	5	-
Solidos disueltos	mg/L	-	219,9	-
Solidos suspendidos totales	mg/L	80.0	152	NO CUMPLE
Solidos Totales	mg/L	1600	371,9	SI CUMPLE
pH	-	5-9	6,87	SI CUMPLE
Conductividad	μSiems	-	374,1	-
NH ₄	mg/L	30.0	22,22	-
PO ₄	mg/L	10,0	9,79	-
DQO	mg/L	200	407	NO CUMPLE
DBO₅	mg/L	50.0	262	NO CUMPLE
Grasas y aceites	mg/L	30.0	24	SI CUMPLE
*Coliformes Totales	UFC/100mL	200	6,2E6	NO CUMPLE
*Coliformes fecales	UFC/100mL	2000	8,7E6	NO CUMPLE

Nota: Coliformes totales y fecales los límites máximo permisibles son tomados de la tabla 7 del TULSMA.

Realizado por: Allauca D., 2023.

Tabla 4-3: Resultados punto 3

Parámetros	Unidad	Límite máx. permisible	Resultados	Observación
Turbiedad	NTU	-	77	-
Color	Und. Pt/Co	-	660	-
Temperatura	°C	< 35	13,1	-
Solidos sedimentables	ml/L	-	0,25	-
Solidos disueltos	mg/L	-	230,1	-
Solidos suspendidos totales	mg/L	80.0	225	NO CUMPLE
Solidos Totales	mg/L	1600	455,1	SI CUMPLE
pH	-	5-9	6,75	SI CUMPLE
Conductividad	µSiems	-	378,3	-
NH ₄	mg/L	30.0	20,9	-
PO ₄	mg/L	10,0	3,52	-
DQO	mg/L	200	500	NO CUMPLE
DBO₅	mg/L	50.0	294	NO CUMPLE
Grasas y aceites	mg/L	30.0	ND	SI CUMPLE
*Coliformes Totales	UFC/100mL	200	3,46E7	NO CUMPLE
*Coliformes fecales	UFC/100mL	2000	8E6	NO CUMPLE

Nota: Coliformes totales y fecales los límites máximo permisibles son tomados de la tabla 7 del TULSMA.

Realizado por: Allauca D., 2023

Con los resultados obtenidos en el laboratorio se puede llegar a la conclusión que existe falencias en la PTAR Ilapo I, se observa que el agua que ingresa a esta planta tanto el DBO y coliformes fecales no cumple con los límites permisibles establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-A, pero al transcurrir el recorrido de estas aguas en dicha planta se denota que en vez de disminuir la carga de DBO y coliformes fecales esta aumenta al igual que el DQO, solidos disueltos, coliformes totales, es por ello que se plantea el rediseño de este sistema con la implementación de rejillas juntas para evitar el paso de solidos al sistema, cambio de tubería a favor de la gravedad, modificación del canal desarenador, lecho de secado de acuerdo a la gravedad, fosa séptica y filtro anaeróbico de flujo ascendente para reducir el DBO, DQO y coliformes. Adicional también se concluye que el diseño de la PTAR Ilapo I, no está construida para tratar las características de este tipo de aguas.

4.3.2. Caudal

En base al método volumétrico se procedió a realizar la medición del caudal, utilizando un recipiente de 2litros durante 2 días, en donde se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4-4: Medición del caudal

Hora	Martes	Miércoles
7:30	0.035	0.04
8:00	0.034	0.043
8:30	0.035	0.034
9:00	0.034	0.035
9:30	0.034	0.042
10:00	0.034	0.050
10:30	0.045	0.021
11:00	0.042	0.069
11:30	0.048	0.188
12:00	0.143	0.035
12:30	0.038	0.086
13:00	0.052	0.038
13:30	0.032	0.038
14:00	0.055	0.029
14:30	0.056	0.028
15:00	0.069	0.029
15:30	0.029	0.035

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-5: Caudal: promedio, máximo, mínimo

Caudal (L/s)	Resultado
Promedio	0.049
Máximo	0.165
Mínimo	0.027

Realizado por: Allauca D., 2023.

4.3.3. Caudal soportado por el sistema actual

Para verificar la capacidad de volumen por unidad de tiempo que soporta la PTAR actual se tomó en cuenta los valores y planos levantados in-situ. Con las dimensiones del canal desarenador y la

velocidad óptima recomendada para desarenadores de flujo horizontal rectangulares de 0.3 m/s (CONAGUA, 2015, pág. 23). Se procedió a realizar el cálculo de caudal de diseño original.

- Cálculo del área en la zona de entrada del canal desarenador

En base a los valores encontrados en los planos, utilizando el ancho y altura útil del canal, se calculó el área de la zona de entrada del canal desarenador.

Tabla 4-6: Datos de la zona de entrada del canal desarenador

Descripción	Valor	Unidades
Altura de seguridad	0.15	M
Ancho	0.58	M
Altura útil	0.27	M

Realizado por: Allauca D., 2023.

$$A_1 = 0.58m * 0.27 m$$

$$A_1 = \mathbf{0.156 m^2}$$

- Cálculo del área en la zona de sedimentación del canal desarenador

Utilizando el ancho y altura útil del canal, se calculó el área de la zona de sedimentación del canal desarenador.

Tabla 4-7: Datos de la zona de sedimentación del canal desarenador

Descripción	Valor	Unidades
Altura de seguridad	0.15	M
Ancho	0.58	M
Altura útil	0.38	M

Realizado por: Allauca D., 2023.

$$A_2 = 0.58m * 0.38 m$$

$$A_2 = \mathbf{0.220 m^2}$$

- Área total del canal desarenador

$$A_{total} = A_1 + A_2$$

$$A_{total} = 0.156 + 0.220$$

$$A_{total} = \mathbf{0.376 \text{ m}^2}$$

- Caudal de diseño original

Utilizando el área total del canal desarenador y en base a los parámetros de diseño, donde la velocidad máxima de acercamiento es de 0.3 m/s. Se obtiene:

$$Q = A * V$$

$$Q = 0.376 * 0.3$$

$$Q = 0.113 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \mathbf{113 \text{ L/s}}$$

4.3.4. *Análisis de eficiencia y características físicas del canal desarenador*

4.3.4.1. *Eficiencia de remoción de SST, DBO y DQO en el canal desarenador*

Tabla 4-8: Datos del afluente y efluente del canal desarenador

Descripción	Afluente	Efluente	Unidades
DBO ₅	72	262	mg/L
DQO	125	407	mg/L
SST	61	152	mg/L

Realizado por: Allauca D., 2023.

Eficiencia de remoción DBO ₅	Eficiencia de remoción DQO	Eficiencia de remoción SST
<i>Eficiencia</i>	<i>Eficiencia</i>	<i>Eficiencia</i>
= -263.88% DBO ₅	= -225.6% DQO	= -149.18% SST

La eficiencia de remoción de DBO, DQO, SST calculados en el canal desarenador presenta resultados negativos lo que significa que existe una nula eficiencia del tratamiento de agua residual.

4.3.4.2. Análisis de las características físicas del canal desarenador

De acuerdo con los planos levantados in-situ las dimensiones del canal desarenador son las siguientes:

Tabla 4-9: Dimensiones físicas del canal desarenador

Descripción	Valor	Unidades
Ancho zona de entrada	0.58	m
Altura zona de entrada	0.005	m
Largo de la zona de entrada	1.20	m
Ancho zona de salida	0.58	m
Largo zona de salida	3.05	m
Altura zona de salida	0.01	m

Realizado por: Allauca D., 2023.

- Volumen

$$v_1 = 0.58 * 1.20 * 0.005 \text{ m} \quad v_2 = 0.58 * 3.05 * 0.01 \text{ m} \quad v_{total} = v_1 + v_2$$

$$v_1 = 0.003 \text{ m}^3 \quad v_2 = 0.017 \text{ m}^3 \quad v_{total} = 0.02 \text{ m}^3$$

- Área

$$A_1 = 0.58 * 0.005 \text{ m} \quad A_2 = 0.58 * 0.01 \text{ m} \quad A_{total} = A_1 + A_2$$

$$A_1 = 0.003 \text{ m}^2 \quad A_2 = 0.005 \text{ m}^2 \quad A_{total} = 0.008 \text{ m}^2$$

- Velocidad del afluente

$$V = Q/A_{total} \quad V = 0.000165/0.008 \quad V = 0.021 \text{ m/s}$$

A pesar de que el canal desarenador actual soporta un caudal de 113 L/s la eficiencia de tratamiento es nula debido a que presenta características típicas de un canal abierto, es decir, no cuenta con una cámara de sedimentación ya que el fondo del sedimentador no presenta ninguna inclinación. Además, según los criterios de diseño de un canal desarenador la velocidad del afluente debe estar en un rango de 0.15 a 0.4m/s (CONAGUA, 2015, p.25) lo cual no cumple, finalmente, las tuberías de entrada y salida del agua se encuentran mal instaladas produciendo que las partículas sean arrastradas al siguiente componente.

4.3.5. *Análisis de eficiencia y característica físicas del Tanque Imhoff*

4.3.5.1. *Eficiencia de remoción de SST, DBO y DQO en el Tanque Imhoff*

Tabla 4-10: Datos del afluente y efluente del tanque Imhoff

Descripción	Afluente	Efluente	Unidades
DBO ₅	262	294	mg/L
DQO	407	500	mg/L
SST	152	225	mg/L

Realizado por: Allauca D., 2023.

Eficiencia de remoción DBO ₅	Eficiencia de remoción DQO	Eficiencia de remoción SST
<i>Eficiencia</i>	<i>Eficiencia</i>	<i>Eficiencia</i>
= -12.21% DBO ₅	= -22.85% DQO	= -48.03% SST

La eficiencia de remoción de DBO, DQO, SST calculados en el tanque Imhoff presenta resultados negativos lo que significa que existe una nula eficiencia del tratamiento de agua residual.

4.3.5.2. *Análisis de las características físicas del Tanque Imhoff*

De acuerdo con los planos levantados in-situ las dimensiones del Tanque Imhoff son las siguientes:

Tabla 4-11: Dimensiones físicas del tanque Imhoff

Descripción	Valor	Unidades
Ancho zona de sedimentación	1.26	m
Altura zona de sedimentación	0.10	m
Largo de zona de sedimentación	2.50	m
Ancho zona de digestión de lodos	2.17	m
Largo zona de digestión de lodos	3	m
Altura zona de digestión de lodos	1.10	m

Realizado por: Allauca D., 2023.

- Volumen en la zona de sedimentación

$$v = 1.26 * 2.50 * 0.10$$

$$v = \mathbf{0.315 m^3}$$

- Tiempo de retención hidráulica en la zona de sedimentación

$$Trh = \frac{315 L}{0.165 \frac{L}{s}}$$

$$Trh = 1909.09 s$$

$$Trh = \mathbf{0.53 h}$$

- Área de la zona de digestión de lodos

$$A = base * altura$$

$$A = 3 * 1.10$$

$$A = \mathbf{3.30m^2}$$

El tanque Imhoff no cumple con la geometría de diseño ya que el tiempo de retención hidráulica debe estar comprendida en un rango de 1.5 a 2.5 horas. Además, el compartimiento de digestión debe estar dimensionado para almacenar los lodos durante 60 días, tiempo que dura la digestión a temperatura de 13.9°C (Municipalidad Distrital de Santa María del Mar, 2016, págs. 30-31). Por lo cual, la profundidad de la zona de digestión para el componente actual debe ser de 8.45 metros. Sin embargo, en base al levantamiento de información y planos in-situ la profundidad de la zona de

digestión tiene una altura de 1.10m por debajo de la zona de sedimentación razón por la cual no cumple con la geometría de diseño ya que para la remoción hidráulica del lodo se requiere por lo menos una carga hidráulica de 1.80 metros. Además, este tipo de componentes se debe realizar para poblaciones mayores a 1000 habitantes según lo recomienda el Código Ecuatoriano de la Construcción en las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes.

4.4. Diagrama de componentes del sistema actual PTAR Ilapo I

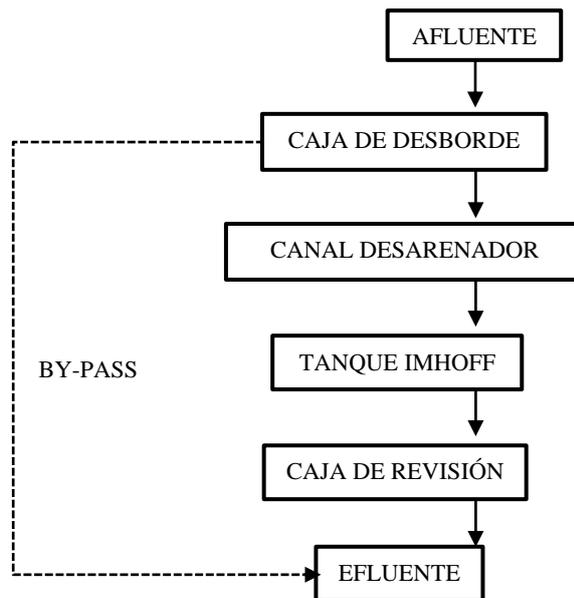


Ilustración 4-7: Diagrama del sistema actual de la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D., 2023

4.5. Propuesta de rediseño de la PTAR Ilapo I

En base a las características físicas y eficiencia de remoción de contaminantes se concluye que la planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I se encuentra mal diseñada y no cumple con su objetivo principal el cual es reducir la carga contaminante del agua residual descargada a la quebrada seca sin nombre. Por lo cual, se plantea la modificación del canal desarenador de tal forma que cumpla los parámetros de diseño ya que actualmente el canal desarenador es muy grande para la cantidad de caudal que trata, además, presenta las características típicas de un canal abierto ya que las tuberías de entrada y salida del agua se encuentran mal instaladas. Una de las características físicas importantes que no cumple el tanque Imhoff corresponde a la zona de digestión de lodos ya que la profundidad es muy pequeña para que la materia orgánica se degrade. Por tal razón, este último componente debe ser reemplazado por una fosa séptica y un filtro anaeróbico de flujo ascendente.

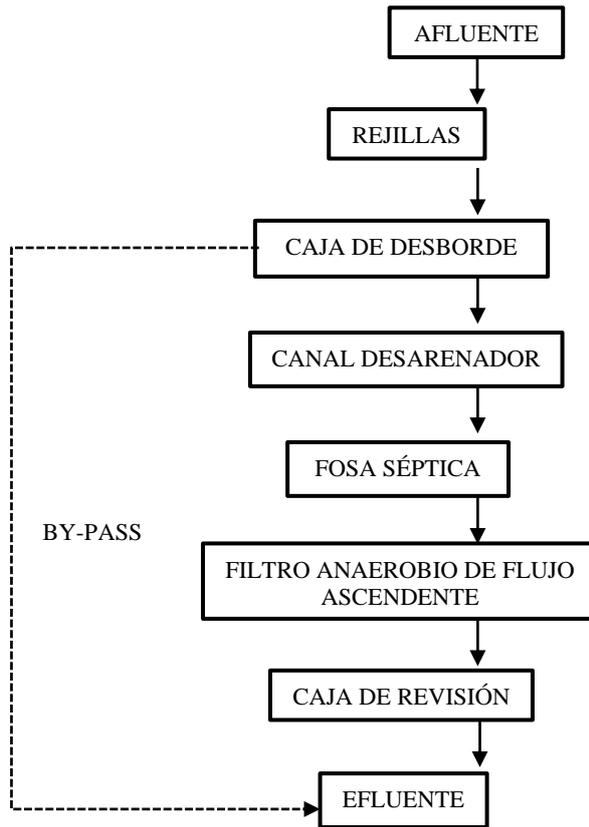


Ilustración 4-8: Diagrama del rediseño de la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D., 2023

4.6. Cálculos para el rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Ilapo I

4.6.1. Cálculos preliminares

4.6.1.1. Cálculo de población actual

A la población actual se le suma el personal del subcentro de salud y la unidad educativa Manuel Rodríguez Orozco Planta 2.

Tabla 4-12: Personal del subcentro de salud y escuela

Subcentro de salud		Escuela	
Formación	Cantidad	Formación	Cantidad
Médicos	3	Inicial 1 y 2	10
Licenciados	2	Primero de educación básica	8
Odontólogos	1	Maestros	2
Obstetricia	1		
TAPS	1		
Total	8	Total	20

Realizado por: Allauca D., 2023

$$P_{actual} = \#vivienda * ha.promedio$$

$$P_{actual} = 16 \text{ viviendas} * (4 \frac{hab}{viviendas}) = \mathbf{64 \text{ hab.}}$$

$$P_{actual \text{ total}} = \mathbf{64 + 8 + 20 = 92 \text{ hab.}}$$

4.6.1.2. Cálculo de población futura

Para el cálculo de la población futura se tomó en consideración el método geométrico. Además, los datos utilizados como la tasa de crecimiento poblacional y el periodo de diseño de la PTAR son datos recomendados por el INEC y la Norma Ecuatoriana CO 10.7-602, respectivamente.

Tabla 4-13: Datos para la población futura

Parámetros	Cantidad	Unidad
Población actual	92	Hab.
Tasa de crecimiento	1.5	%
Número de años	20	Años

Realizado por: Allauca D., 2023.

$$P_{futura}: 92(1 + \frac{1.5}{100})^{20}$$

$$P_{futura}: \mathbf{123.91 \cong 124 \text{ hab}}$$

4.6.1.3. Cálculo de caudal

Para determinar el caudal de diseño se tomó en cuenta la población servida y la dotación de agua para consumo humano. Según la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural en conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa recomienda usar el valor de 75 l/hab*día en clima frío (Secretaría del agua, 1997, págs. 30-31). Para incluir el consumo del agua potable para fines públicos se recomienda utilizar las dotaciones establecidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, las mismas que se encuentran en las Tablas B.2.8 y B.2.9 (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2010, pp. 34-35). El periodo de diseño, el factor de mayoración máximo-diario y máximo horario son datos estipulados de manera general en la normativa ecuatoriana CO 10.7-602.

Tabla 4-14: Datos utilizados en el cálculo del caudal de diseño

Parámetros	Datos	Unidad
*Dotación población actual	75	l/hab*día
*Educación elemental	20	l/hab*día
*Centros de salud	800	l/hab*día
*Factor de fugas	0.2	Adimensional
Población futura	124	hab
*Periodo de diseño	20	Años
*Factor de mayoración máximo diario	1.25	Adimensional
*Factor de mayoración máximo horario	3	Adimensional

Fuente: (Secretaría del agua, 1997; citado en Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2010)

Realizado por: Allauca D., 2023

- Dotación futura de la población

$$D_{fp} = 75 \frac{L}{hab * día} + \left(1 \frac{L}{hab * día}\right) * 20$$

$$D_{fp} = 95 \frac{L}{hab * día}$$

- Dotación futura del subcentro de salud

$$D_{\text{subcentro}} = 800 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}} + \left(1 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}\right) * 20$$

$$\mathbf{D_{\text{subcentro}} = 820 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}}$$

- Dotación futura de la escuela

$$D_{\text{escuela}} = 20 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}} + \left(1 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}\right) * 20$$

$$\mathbf{D_{\text{escuela}} = 40 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}}$$

- Dotación futura

$$D_f = D_{fp} + D_{\text{subcentro}} + D_{\text{escuela}}$$

$$D_f = 95 + 820 + 40 = \mathbf{955 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}}$$

- Caudal medio diario

$$Q_{\text{medio}} = \frac{0.2 * (124 * 955)}{86400 \frac{s}{\text{día}}}$$

$$\mathbf{Q_{\text{medio}} = 0.274 \frac{L}{s}}$$

- Caudal máximo diario

$$Q_{\text{mxdiario}} = 1.25 * 0.274 \frac{L}{s}$$

$$\mathbf{Q_{\text{mxdiario}} = 0.343 \frac{L}{s}}$$

- Caudal máximo horario

$$Q_{\text{mxhorario}} = 3 * 0.274 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{mxhorario}} = 0.822 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 10\%$$

$$Q_{\text{mxhorario}} = 0.822 + 0.082 = 0.904 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño}} = 124 \text{ hab} * 955 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}} = 118420 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 118420 \frac{\text{L}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1.37 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

*Nota: La OPS, en su guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado recomienda considerar el valor de 1.5 L/s mismo que corresponde al caudal mínimo de diseño descargado de un inodoro sanitario. Por ende, el caudal de diseño es de:

$$Q_{\text{diseño}} = 1.5 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

4.6.1.4. Cálculo del canal rectangular para instalar rejillas

La Norma OS. 090 en el apartado 5.3.1.5 literal c menciona que la velocidad a través de las barras debe estar comprendida en un rango de 0.60m/s a 0.75m/s, siendo 0.6m/s un valor comúnmente utilizado. De igual manera en el literal f el ángulo de inclinación de las barras debe encontrarse en un rango de 45 y 60 grados, siendo lo ideal 50 grados. El coeficiente de rugosidad es un valor estándar establecido para los diferentes materiales de construcción, el factor de forma es un valor tomado en base al material y geometría de los barros.

Tabla 4-15: Datos utilizados en el cálculo de rejillas.

Parámetros	Simbología	Datos	Unidad
Caudal	Q_D	1.5E-3	m ³ /s
*Velocidad de aproximación	V	0.6	m/s
Altura de seguridad	Hs	0.20	m
*Coeficiente de rugosidad	N	0.011	adimensional
*Largo del canal	L	2.50	m
*Espesor de barrotes	S	8E-3	m
*Separación entre barrotes	E	8E-3	m
*Angulo de inclinación de los barrotes	Θ	50	°
Material de barrotes	-	-	Acero liso
Geometría de barrotes	-	-	Circular
*Factor de forma	B	1.79	Adimensional

Fuente: (INEN 2003; citado en Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio 2010)

Realizado por: Allauca D., 2023

- Área transversal a partir de la ecuación de continuidad

$$Q_{\text{diseño}} = A * v$$

$$A = \frac{1.5 \times 10^{-3}}{0.6}$$

$$A = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Por geometría

$$A = b * h$$

$$b = h \text{ es igual a } A = b^2$$

$$b = 0.05 \text{ m}$$

Para fines de construcción

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$h = 0.05 \text{ m}$$

*Se asume la altura de seguridad (hs) 0.20m, entonces se calcula la altura total

$$H = h + h_s$$

$$H = 0.05m + 0.20m$$

$$\mathbf{H = 0.25 m}$$

- Cálculo de la pendiente (Ecuación Manning)

$$R = \frac{0.20 * 0.05}{0.05 + 0.20 + 0.05} \qquad S = \left(\frac{(0.6)(0.011)}{0.45^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$
$$\mathbf{R = 0.45 m} \qquad \mathbf{S = .00013}$$

Por geometría se sabe que $Z_1 = H$ entonces:

$$Z_2 = S + Z_1(L)$$

$$Z_2 = 0.00013 + 0.25 * 2.50$$

$$\mathbf{Z_2 = 0.63 m}$$

4.6.1.5. Cálculo de rejillas

- Número de barrotes

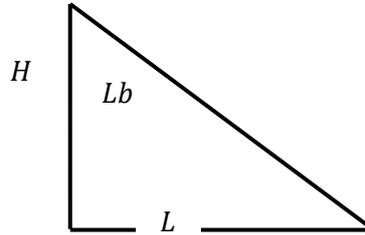
$$N = \frac{b}{s + e}$$

$$N = \frac{0.20}{8x10^{-3} + 8x10^{-3}}$$

$$\mathbf{N = 12.5 \rightarrow 12 barrotes}$$

Para fines de construcción 12 barros

✚ Largo de barros



$$Lb = \frac{H}{\sin \theta}$$

$$L = \frac{H}{\tan \theta}$$

$$Lb = \frac{0.25}{\sin 50} = 0.32 \text{ m}$$

$$L = \frac{0.25}{\tan 50} = 0.21 \text{ m}$$

- Cálculo de pérdida hidráulica

$$h_f = 1.79 \left(\frac{8 \times 10^{-3}}{8 \times 10^{-3}} \right)^4 * \left(\frac{(0.6)^2}{2(9.8)} \right) * \sin 50$$

$$h_f = 0.025$$

*La pérdida de carga admisible es 0.15m máximo \cong entonces **SI CUMPLE**.

4.6.1.6. Cálculo de bandejas de escurrimiento

Para el dimensionamiento de la bandeja de escurrimiento se tomó en cuenta las recomendaciones establecidas en normativas nacionales e internacionales. En base al diseño del canal rectangular para instalar rejillas calculado en el aparatado anterior del presente documento se asumieron los datos presentados en la tabla 29-4.

Tabla 4-16: Datos asumidos en el cálculo de la bandeja de escurrimiento

Parámetros	Simbología	Datos	Unidad
Longitud	L	40	cm
Ancho	B	20	cm
*Diámetro de orificios	D	6	mm

*Separación entre orificios	S	2.5	cm
*Coeficiente de orificios	Cv	0.8	Adimensional
*Separación entre el borde de la bandeja y orificios	E	2.5	cm

Fuente: (INEN 2003; citado en Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio 2010)

Realizado por: Allauca D., 2023

- Cálculo del número de orificios

$$N_l = \frac{40 + 2.5 - 2(2.5)}{0.6 + 2.5}$$

$$N_b = \frac{20 + 2.5 - 2(2.5)}{0.6 + 2.5}$$

$$N_l = 12.09 \cong 12$$

$$N_b = 5.65 \cong 6$$

$$N_{orificios} = 69$$

- Cálculo del área total de orificios

$$A = 1.92 \times 10^{-3} m^2$$

4.6.1.7. Rediseño del desarenador

El reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000 Título E en el apartado E.4.4.4 indica algunas características geométricas recomendadas para el rediseño del desarenador como: la relación larga: ancho debe estar en un rango de 2.5:1 a 5:1, siendo 4:1 el valor utilizado, la velocidad del agua debe estar en un rango de 0.2m/s y 0.4m/s, siendo el valor más utilizado 0.3m/s. También, el tiempo de retención hidráulica comprende un rango de 20 segundos a 3 minutos. De igual manera los parámetros y datos establecidos en la tabla 30-4 son recomendados por las normativas nacionales e internacionales.

Tabla 4-17: Datos utilizados en el cálculo del desarenador

Parámetros	Simbología	Datos	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	1.5E-3	m ³ /s
*Diámetro de la partícula	d	0.020	cm
*Densidad de la partícula	ρ_p	2.65	gr/cm ³
*Densidad del agua a 13°C	$\rho_{13^\circ C}$	999.4	kg/m ³
*Densidad del agua a 14°C	$\rho_{14^\circ C}$	999.3	kg/m ³
*Densidad del agua a 6°C	$\rho_{6^\circ C}$	1000	kg/m ³
*Viscosidad del agua a 13°C	$\mu_{13^\circ C}$	1.206E-3	kg/ms
*Viscosidad del agua a 14°C	$\mu_{14^\circ C}$	1.175E-3	kg/ms
*Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²
Ancho del desarenador	B	0.58	m
*Relación largo: ancho	-	4:1	-
Altura de seguridad	Hs	0.38	m
*Relación ancho: profundidad	-	4:1	-
*Tiempo de retención hidráulica	Trh	20-180	s
*Pendiente de caída de solidos desarenados	P	10	%

Fuente: (Municipalidad Distrital de Santa María del Mar 2016; citado en Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio 2010)

Realizado por: Allauca D., 2023

- Interpolación de la densidad del agua a 13.9°C

$$T=13^\circ C \quad \rho_{13^\circ C} = 999.4$$

$$T=13.9^\circ C \quad \rho_{13.9^\circ C} = x$$

$$T=14^\circ C \quad \rho_{14^\circ C} = 999.3$$

$$\frac{x - 999.4}{13.9 - 13} = \frac{999.3 - 999.4}{14 - 13}$$

$$x = \frac{(13.9 - 13) * (999.3 - 999.4)}{(14 - 13)} + 999.4$$

$$x = 999.31 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 999.31 \text{ kg/m}^3$$

- Interpolación de la viscosidad del agua a 13.9°C

$$T=13^{\circ}\text{C} \quad \mu_{13^{\circ}\text{C}} = 1.206\text{E-}3$$

$$T=13.9^{\circ}\text{C} \quad \mu_{13.9^{\circ}\text{C}} = x$$

$$T=14^{\circ}\text{C} \quad \mu_{14^{\circ}\text{C}} = 1.175\text{E-}3$$

$$x = \frac{(13.9 - 13) * (0.001175 - 0.001206)}{(14 - 13)} + 0.001206$$

$$x = \mathbf{0.0011781\text{kg/ms}}$$

$$\mu = \mathbf{1.1781\text{E} - 3\text{kg/ms}}$$

- Densidad de la arena

$$\rho_a = \rho_p * \rho_{6^{\circ}\text{C}}$$

$$\rho_a = \mathbf{2.65 * 1000 = 2650\text{kg/m}^3}$$

- Velocidad de sedimentación

$$V_s = 0.22 \left(\frac{2650 - 999.31}{999.31} * 9.8 \right)^{\frac{2}{3}} * \left[\frac{0.0002}{\left(\frac{0.0011781}{999.31} \right)^{\frac{1}{3}}} \right]$$

$$V_s = \mathbf{0.0267 \frac{m}{s}}$$

- Número de Reynolds

$$N_{Re} = \frac{0.0267 * 999.31 * 0.0002}{0.0011781}$$

$$N_{Re} = \mathbf{4.53}$$

Se encuentra en la zona de transición

- Cálculo del coeficiente de arrastre

$$C_D = \frac{24}{4.53} + \frac{3}{\sqrt{4.53}} + 0.34$$

$$C_D = 7.05$$

- Velocidad de sedimentación en la zona de transición

$$V_{stransicion} = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{9.8}{7.05} * (2.65 - 1) * 0.0002}$$

$$V_{stransicion} = 0.025 \frac{m}{s}$$

- Velocidad de arrastre

$$V_a = \frac{0.0006407}{0.0212} = 0.0302 \frac{m}{s}$$

- Área superficial

$$A_s = 0.056m^2$$

- Cálculo de la longitud del desarenador

*Se considera la relación (largo: ancho=4:1)

$$L = 4(0.58) = 2.32m$$

*Para fines de construcción $L = 2.5m$

- Profundidad del canal desarenador

*Se considera la relación (ancho: profundidad=4:1)

$$H_D = \frac{0.58}{4} = 0.15m$$

- Pendiente para la caída de los sólidos desarenados

*Se recomienda entre 5% y 10%

$$s = L * p$$

$$s = 2.5 * 0.10 = 0.25m$$

- Área total

$$A_T = 2.5 * 0.58$$

$$A_T = 1.45m^2$$

- Velocidad horizontal

$$V_h = \frac{0.0015}{1.45} = 0.00103 \frac{m}{s}$$

*Para garantizar que no ocurra el arrastre de partículas depositadas en el desarenador se debe verificar que: $V_a > V_h$

$$0.0302 \frac{m}{s} > 0.00103 \frac{m}{s} \quad \text{SI CUMPLE}$$

- Volumen del desarenador

$$V = 2.5 * 0.58 * 0.15 = 0.22m^3$$

- Tiempo de retención hidráulica

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

$$Trh = \frac{0.22}{0.0015} = 146.67s \quad \text{SI CUMPLE}$$

4.6.1.8. Diseño de la fosa séptica

Existen diversas normativas internacionales para los criterios de dimensionamiento para fosas sépticas, para el desarrollo del presente trabajo se ha tomado como base la metodología descrita en la norma brasilera NBR 7229 donde establece:

- La fosa debe tener espacio suficiente para almacenar los lodos de 1 a 3 años
- El ancho interno mínimo debe ser igual a 0.80m
- Profundidad útil mínima 1.20m
- Relación entre largo y ancho $2 \leq L/b \leq 4$
- El largo de la primera cámara es de 2/3 del largo total y la segunda 1/3
- Los bordes inferiores de pasaje entre los compartimientos deben estar a 2/3 de la altura útil medida desde el fondo.
- El área total de los orificios del pasaje debe ser de 5% a 10% de la sección transversal útil de la fosa (ABNT, 1993, págs. 1-15)

Por ende, basándose en las recomendaciones de la norma internacional se tiene los siguientes datos:

Tabla 4-18: Datos utilizados en el cálculo de la fosa séptica.

Parámetros	Simbología	Datos	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	1.5E-3	m ³ /s
Población	N	124	hab
*Contribución de agua residual (Sub-centro)	C	250	L/día
*Contribución de agua residual (Viv. rurales)	C	120	L/día
*Contribución de agua residual (Escuela)	C	50	L/día
*Contribución de lodos frescos (Sub-centro)	L_f	1	L/día
*Contribución de lodos frescos (Viv. rurales)	L_f	1	L/día

*Contribución de lodos frescos (Escuela)	L_f	0.2	L/día
*Periodo de retención de residuos contribución <6000	T	1	d
L/día			
Altura de seguridad	H_s	0.30	m

Fuente: (Giosa, 2001; citado en Aguirre, 2017)

Realizado por: Allauca D., 2023

- Contribución total de agua residual

$$C = 250 + 120 + 50$$

$$C = 420 \text{ L/día}$$

- Contribución total de lodos frescos

$$L_f = 1 + 1 + 0.2$$

$$L_f = 2.2 \text{ L/día}$$

- Volumen útil

$$V_u = 1.3 * N(CT + 100L_f)$$

$$V_u = 1.3 * 124((420 * 1) + (100 * 2.2))$$

$$V_u = 103168 \text{ L}$$

$$V_u = 103,168 \text{ m}^3$$

- Altura útil de la fosa séptica

*La Norma NBR 7229 establece que la profundidad de la fosa séptica debe ser mayor a 1.20m. Por lo cual se asume la altura de 3m, entonces:

$$3\text{m} > 1.20\text{m}$$

$$h_u = 3m$$

- Área de la fosa séptica

$$A = \frac{V_u}{h_u}$$

$$A = \frac{103,168}{3}$$

$$A = 34.39 m^2$$

- Ancho de la fosa séptica

* La Norma NBR 7229 establece que el ancho no puede sobrepasar 2 veces la altura útil. Además, el ancho debe ser menor o igual a 4. Por lo cual se asume el ancho de 4m, entonces:

$$b \leq 2h_u$$

$$b = 4$$

- Largo de la fosa séptica

$$L \geq 2$$

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

$$L = \frac{34.39}{4}$$

$$L = 8.59m \cong 9m$$

*Para fines de construcción **$L = 9m$**

- Largo de la primera cámara

$$L_1 = 9 * \frac{2}{3}$$

$$L_1 = 6m$$

- Largo de la segunda cámara

$$L_2 = 9 * \frac{1}{3}$$

$$L_2 = 3m$$

- Altura de ubicación del orificio del pasaje

$$h_{ori} = \frac{2}{3} * h_u$$

$$h_{ori} = \frac{2}{3} * 3$$

$$h_{ori} = 2m$$

- Área transversal de la fosa séptica

$$AT_f = 3 * 4$$

$$AT_f = 12$$

- Área transversal del orificio del pasaje

* La Norma NBR 7229 establece que el área total de la abertura del pasaje debe ser de 5 a 10 % de la sección transversal útil de la fosa. Por ende, se asume el valor de 10%.

$$AT_{ori} = 0.1 * AT_f$$

$$AT_{ori} = 0.1 * 12$$

$$AT_{ori} = 1.2m^2$$

- Altura del orificio del pasaje

* La Norma NBR 7229 establece que los bordes superiores de las aberturas de pasaje entre las cámaras deben estar como mínimo a 0,30 m abajo del nivel superior del líquido.

$$a = h_u - h_{ori} - 0.30$$

$$a = 0.70m$$

- Ancho de orificios del pasaje

$$AT_{ori} = a * b$$

$$b = \frac{AT_{ori}}{a}$$

$$b = \frac{1.2}{0.70}$$

$$b = 1.71m$$

- Eficiencia de la fosa séptica

La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos oscila un rango normal entre 50 y 70%; Para el presente estudio se toma el valor promedio de remoción de 60%. Con respecto a la remoción de DBO los valores típicos comprenden un rango del 30 al 50%; De igual manera se toma el valor promedio de 40% (Aguirre, 2017, pp.53-84). Entonces:

Tabla 4-19: Eficiencia teórica de la fosa séptica

Descripción	Afluente	Efluente	Unidades
DBO ₅	72	43.2	mg/L
SST	61	24.4	mg/L

Realizado por: Allauca, D., 2023.

4.6.1.9. Diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Existen diversas normativas internacionales para los criterios de dimensionamiento para Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, para el desarrollo del presente trabajo se ha tomado como base la metodología descrita en la Norma Técnica Ambiental Brasileira (ABNT) donde establece:

- El lecho filtrante deberá tener una altura de 1.30m
- Se recomienda que la profundidad útil sea de 1.80m valor sujeto a mínima variación en base a las necesidades.
- El ancho mínimo de 0.85m
- El largo máximo del filtro no debe exceder a tres veces la profundidad útil
- El volumen útil mínimo es de $1.25m^3$
- El falso fondo debe tener aberturas de 3cm, espaciadas cada 15cm
- La altura máxima del falso fondo es de 0.60m (Alvarado, 2014, p.54)
- La carga orgánica volumétrica varía de $0.1KgBBO/m^3*día$ a $0.5KgBBO/m^3*día$, para los cálculos se recomienda 0.25 (Aguirre, 2017, p.54).
- En base a que la parroquia Ilapo es una zona rural los valores de contribución de aguas residuales y contribución de carga orgánica son de 100L/d y 40gDBO/d respectivamente (Aguirre, 2017, p.54).
- El empaquetado del medio filtrante debe tener una capa de piedra gruesa hasta 100mm, una capa de grava media de 12 a 18mm, y una capa de grava pequeña de 0.3 a 0.6mm (Gerrero 2014).
- El tiempo de retención hidráulica de filtros anaerobios para caudales mayores a 9000L/d y temperaturas menores a $15^{\circ}C$ es de 0.75 (Cáceres, 2005, pág. 46)

Por ende, basándose en las recomendaciones de la norma internacional se tiene los siguientes datos:

Tabla 4-20: Datos utilizados en el cálculo del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

Parámetros	Simbología	Datos	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	129.6	m^3/d
Número de habitantes	N	124	hab
*Contribución de carga orgánica	C_o	40	gDBO/día
*Carga orgánica volumétrica	C_{vol}	0.25	$KgBBO/m^3*día$
*Tiempo de retención hidráulica	T_{rh}	0.75	d
*Profundidad útil	h_{util}	1.80	m

*Altura del falso fondo	h_{ff}	0.50	m
*Altura del colector de efluente	h_{ce}	0.20	m
*Altura de seguridad	h_s	0.30	m

Fuente: (CONAGUA, 2015; citado en Guerrero, 2014)

Realizado por: Allauca D., 2023

- Carga orgánica del afluente

$$C_{oa} = N * C_o$$

$$C_{oa} = 124 * 0.04$$

$$C_{oa} = 4.96KgDBO/dia$$

- Volumen útil del filtro

$$V_{util} = \frac{C_{oa}}{C_{vol}}$$

$$V_{util} = \frac{4.96}{0.25}$$

$$V_{util} = 19.84m^3$$

- Volumen útil real

Se debe considerar el espacio entre los granos del material filtrante por lo cual el volumen útil real es igual al volumen útil sobre porosidad

$$V_{ur} = \frac{V_{util}}{e}$$

$$V_{ur} = \frac{19.84}{0.363}$$

$$V_{ur} = 54.65m^3$$

- Altura útil del Filtro

*La ABNT establece un a profundidad útil de 1.80m. Por lo cual se asume el valor recomendado por la norma, entonces:

$$h_{util} = 1.80m$$

- Área del filtro

$$A = \frac{V_{ur}}{h_{util}}$$

$$A = \frac{54.65}{1.80}$$

$$A = 30.36 m^2$$

- Ancho del filtro

* La ABNT establece el ancho mínimo 0.85m. Por lo cual se asume el ancho de 5m, entonces:

$$b > 0.83m$$

$$b = 5m$$

- Largo del filtro

$$L < 3h_{util}$$

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

$$L = \frac{30.36}{5}$$

$$L = 6.07m \cong 6m$$

*Para fines de construcción $L = 6m$

- Eficiencia del filtro

La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos y DBO oscila un rango normal entre 50 y 80%; Para el presente estudio se toma el valor promedio de remoción de 50%. Con respecto a la remoción de DQO y coliformes los valores típicos comprenden un rango del 68 al 79%; De igual manera se toma el valor promedio de 68% (Aguirre, 2017, págs. 55-87). Entonces:

Tabla 4-21: Eficiencia teórica del filtro anaerobio de flujo ascendente

Descripción	Afluyente	Efluyente	Unidades
DBO ₅	43.2	21.4	mg/L
SST	24.4	12.2	mg/L
DQO	125	40	mg/L
Coliformes fecales	1.2E7	3.84E6	mg/L

Realizado por: Allauca D., 2023.

4.7. Resumen del rediseño final de la PTAR Ilapo I

Tabla 4-22: Resumen del cálculo poblacional.

Parámetros	Datos	Unidad
Población actual	92	Hab
Población futura	124	Hab

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-23: Resumen del cálculo del caudal.

Parámetros	Datos	Unidad
Caudal medio diario	0.274	L/s
Caudal máximo diario	0.343	L/s
Caudal máximo horario	0.904	L/s
Caudal de diseño	1.5	L/s

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-24: Resumen del sistema de rejillas.

Parámetros	Datos	Unidad
Altura de seguridad	0.20	M
Largo del canal de rejillas	2.50	M
Espesor de barrotos	8E-3	M
Separación entre barrotos	8E-3	M
Angulo de inclinación de barrotos	50	°
Ancho del canal de rejillas	0.20	M
Altura del canal	0.25	M
Numero de barrotos	12	-
Longitud de barrotos	0.32	M
Longitud para formar el ángulo de inclinación de barrotos	0.21	M
Longitud de la bandeja de escurrimiento	0.40	M
Ancho de la bandeja de escurrimiento	0.20	M
Diámetro de orificios de la bandeja de escurrimiento	0.006	M
Separación entre orificios	0.025	M
Separación entre el borde de las bandejas y orificios	0.025	M
Numero de orificios	72	-

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-25: Resumen del canal desarenador.

Parámetros	Datos	Unidad
Ancho del desarenador	0.58	M
Longitud del canal desarenador	2.50	M
Profundidad del desarenador	0.15	M
Pendiente para la caída de solidos desarenados	0.25	M
Altura de seguridad	0.13	M
Altura total del desarenador	0.53	M

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-26: Resumen de la fosa séptica.

Parámetros	Datos	Unidad
Ancho útil	4	M
Altura útil	3	M
Altura de seguridad	0.30	M
Largo útil	9	M

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-27: Resumen del filtro anaerobio de flujo ascendente.

Parámetros	Datos	Unidad
Ancho útil	5	M
Altura útil	1.80	M
Altura de seguridad	0.30	M
Largo útil	6	M
Altura del medio filtrante	1.30	M
Altura útil del falso fondo	0.50	M

Realizado por: Allauca D., 2023

Tabla 4-28: Resumen del Lecho de secado.

Parámetros	Datos	Unidad
Ancho útil	1.53	M
Largo útil	3.32	M
Profundidad	0.68	M

Realizado por: Allauca D., 2023

4.8. Eficiencia global del sistema y comparación con la normativa ambiental vigente

Para la verificación de eficiencia del sistema planteado se comparó el efluente teórico con los límites máximos permisibles en la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua, establecidos en la TABLA 9 de la Reforma del Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI, expedido mediante Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2 del 31 de marzo de 2003 con Acuerdo Ministerial 97 en el Registro Oficial Edición Especial 387 de 04 de noviembre de 2015, página 21. Cabe recalcar que el límite máximo permisible de coliformes fecales fueron tomados de la tabla 7 del TULSMA.

Tabla 4-29: Comparación con los límites máximos permisibles.

Parámetros	Afluente	Efluente	Límites max. permisibles	Unidad
DBO ₅	43.2	21.4	50.0	mg/L
DQO	125	40	200	mg/L
SST	24.4	12.2	80.0	mg/L
COLIFORMES	1.2E7	3.84E6	2000	UFC/100mL

Realizado por: Allauca D., 2023

- Eficiencia de remoción de DBO₅

$$Eficiencia = \frac{43.2 - 21.4}{43.2} * 100$$

$$Eficiencia = 50.46\%$$

- Eficiencia de remoción de DQO

$$Eficiencia = \frac{125 - 40}{125} * 100$$

$$Eficiencia = 68\%$$

- Eficiencia de remoción de SST

$$Eficiencia = \frac{24.4 - 12.2}{24.4} * 100$$

$$Eficiencia = 50\%$$

- Eficiencia de remoción de COLIFORMES FECALES

$$Eficiencia = \frac{12000000 - 3840000}{12000000} * 100$$

$$Eficiencia = 68\%$$

4.9. Manual de operación y mantenimiento

4.9.1. Objetivo

Facilitar el mantenimiento y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I mediante el desarrollo de metodologías y recomendaciones de actividades de limpieza para garantizar la seguridad del operador y el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento.

4.9.2. Alcance

El manual va dirigido para el operador u operadores encargados del mantenimiento y operación de la planta depuradora de aguas residuales Ilapo I.

4.9.3. Descripción de los componentes

La planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I tratara un caudal de 1.5L/s. En base a la caracterización del agua servida, se diseñó cuatro componentes con la finalidad de reducir la carga contaminante y que cumplan los límites máximos permisibles para la descarga de agua residual a la quebrada seca sin nombre establecidos en la norma vigente.

El rediseño constara de tres etapas de depuración de aguas residuales siendo estas:

- Pretratamiento conformado por un sistema de rejillas y un canal desarenador
- Tratamiento primario conformado por una fosa séptica
- El tratamiento secundario se lo realizara mediante un filtro anaerobio de flujo ascendente.

4.9.3.1. Sistema de rejillas

Las rejillas son instaladas al inicio del proceso de tratamiento para retener, cabellos, fibras, solidos mayores a 1cm, etc. Con el objetivo de prevenir un colapso prematuro y garantizar el buen funcionamiento de la planta.

4.9.3.2. Desarenador

El desarenador tiene por objeto separar y retener las partículas mayores o iguales a 0.2mm, para evitar que dichas partículas sean arrastradas al siguiente componente.

4.9.3.3. Fosa séptica

Esta tecnología se encargará de separar los sólidos sedimentables de las grasas y aceites, donde: las bacterias anaerobias biodegradarán la materia orgánica sedimentable, los aceites y grasas se almacenarán en forma de natas en la parte superior de la fosa.

4.9.3.4. *Filtro anaerobio de flujo ascendente*

Este componente está conformado por un filtro empaquetado con piedras y grava. El agua residual fluye de abajo hacia arriba reduciendo la carga contaminante mediante microorganismos anaerobios presentes en los espacios de las piedras y grava.

4.9.4. *Operación y mantenimiento de la planta*

La operación de la planta es la manera de realizar las actividades de tal forma que los componentes cumplan con la máxima eficiencia.

El mantenimiento consiste en reparar o restaurar equipos, componentes, etc. Con la finalidad de garantizar la vida útil del sistema y a su vez tenga un buen funcionamiento.

4.9.4.1. *Rejillas*

Para evitar la acumulación de sólidos en el canal rectangular con rejillas se recomienda realizar una limpieza manual mínimo una vez a la semana para lo cual se debe utilizar un rastrillo que encaje entre los barrotes. Los residuos sólidos extraídos de las rejillas serán depositados en la bandeja de escurrimiento para ser secados, posteriormente serán llevados al relleno sanitario.

4.9.4.2. *Desarenador*

El mantenimiento estructural del canal desarenador de flujo horizontal se lo realizara al menos una vez al año. El operador debe verificar mensualmente la eficiencia del proceso de remoción y disposición de los sedimentos retenidos por el desarenador. Además, la limpieza de este componente se la debe realizar semanalmente o cuando las arenas acumuladas ocupen el $\frac{2}{3}$ (0.15 m^3) del volumen del canal a través de una medición periódica de la arena acumulada.

4.9.4.3. *Fosa séptica*

La limpieza de la fosa séptica se la debe realizar cuando los lodos superen el 40% (1.2m) de la altura útil. Para la extracción de los lodos se puede utilizar un carro cisterna, bomba de succión o por la presión hidrostática en base al diseño y construcción de la fosa. La inspección de la fosa séptica se la debe realizar semestralmente (6 meses).

La limpieza anticipada de la fosa séptica se la debe realizar previa inspección, cuando las natas se encuentren cerca del tubo de salida del efluente aproximadamente 8cm. Las natas y lodos depositados en el fondo se los puede extraer por separado. Una vez extraído las natas flotantes se debe homogenizar el contenido de la fosa para facilitar la extracción de los lodos.

4.9.4.4. *Filtro anaerobio de flujo ascendente*

La extracción de lodos y retro lavado del medio filtrante se lo debe hacer anualmente. Sin embargo, se lo debe revisar mensualmente verificando que no exista ninguna obstrucción en la entrada y salida del filtro. En caso de existir alguna obstrucción inmediatamente se debe suspender su actividad y proceder con la limpieza del filtro.

La limpieza del filtro consiste en introducir agua a presión por la parte superior del filtro con la finalidad de remover los lodos presentes en los espacios del material filtrante. A esta actividad se la conoce como retro lavado ya que el agua depositada en la parte superior del filtro por acción de la gravedad se dirigirá al falso fondo en donde será extraído por una bomba.

4.10. Planos en Auto-CAD 2015

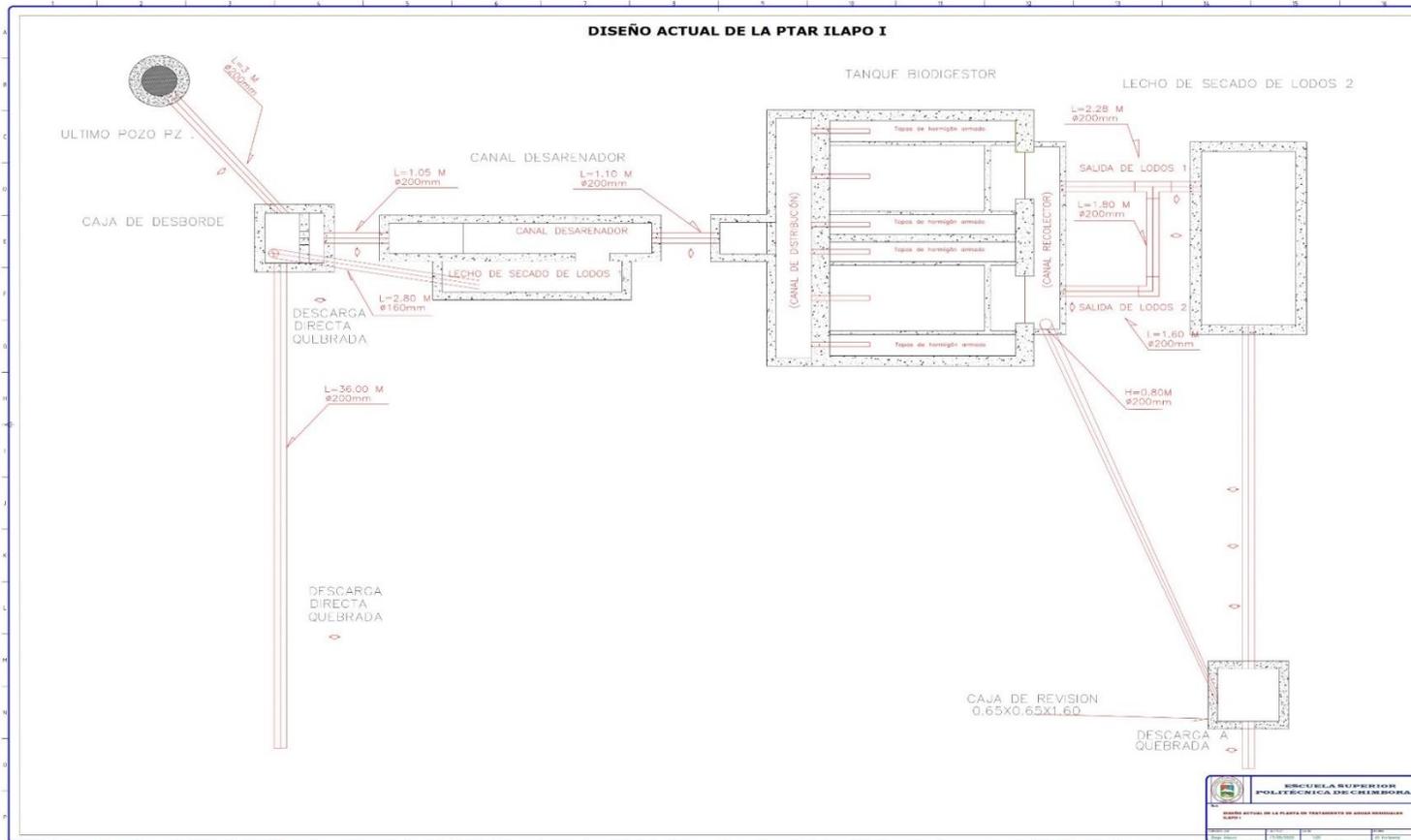


Ilustración 4-9: Diseño actual de la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D.,2023



Ilustración 4-10: Ultimo pozo de revisión en el exterior de la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D., 2023

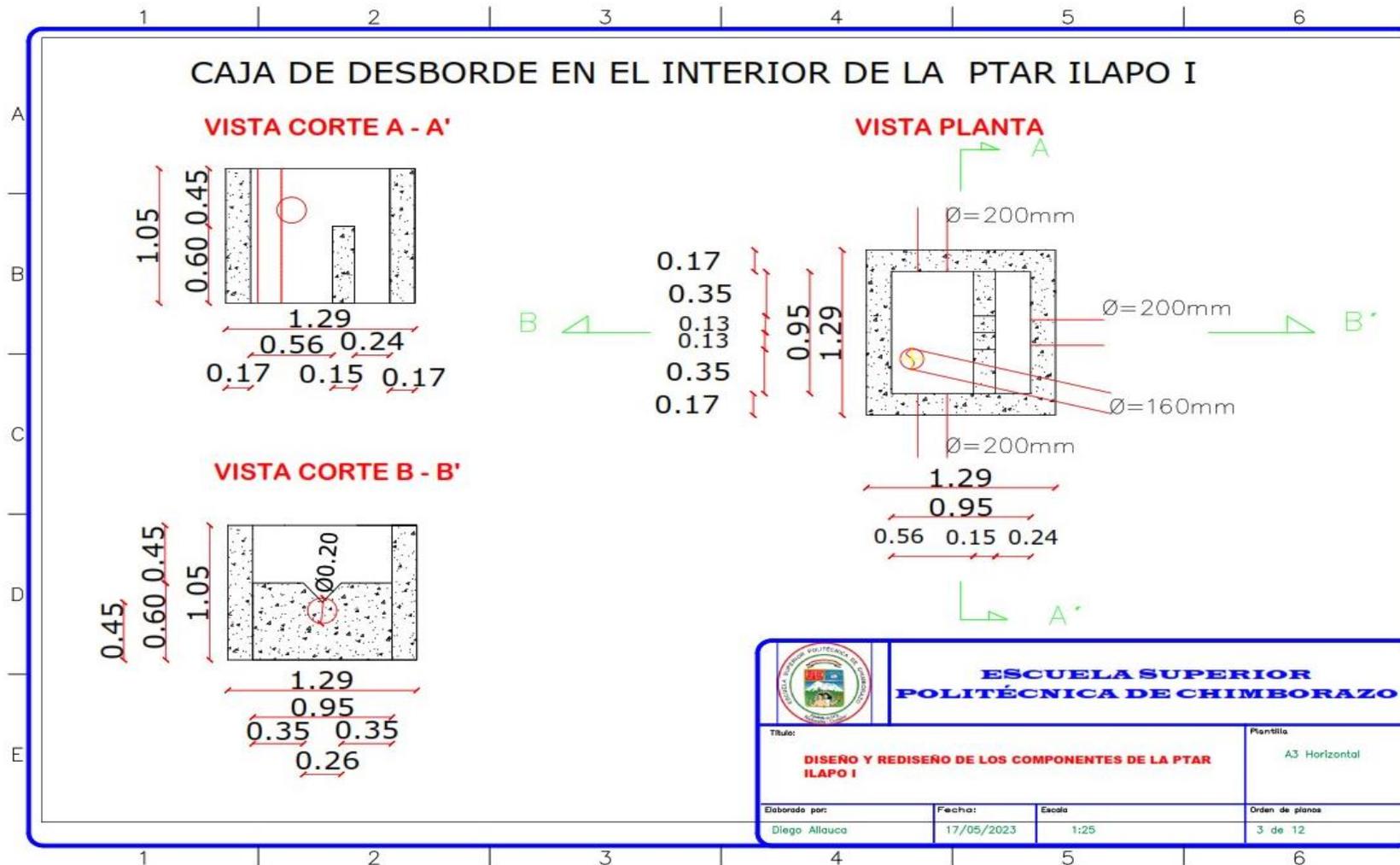


Ilustración 4-11: Caja de desborde en el interior de la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D., 2023

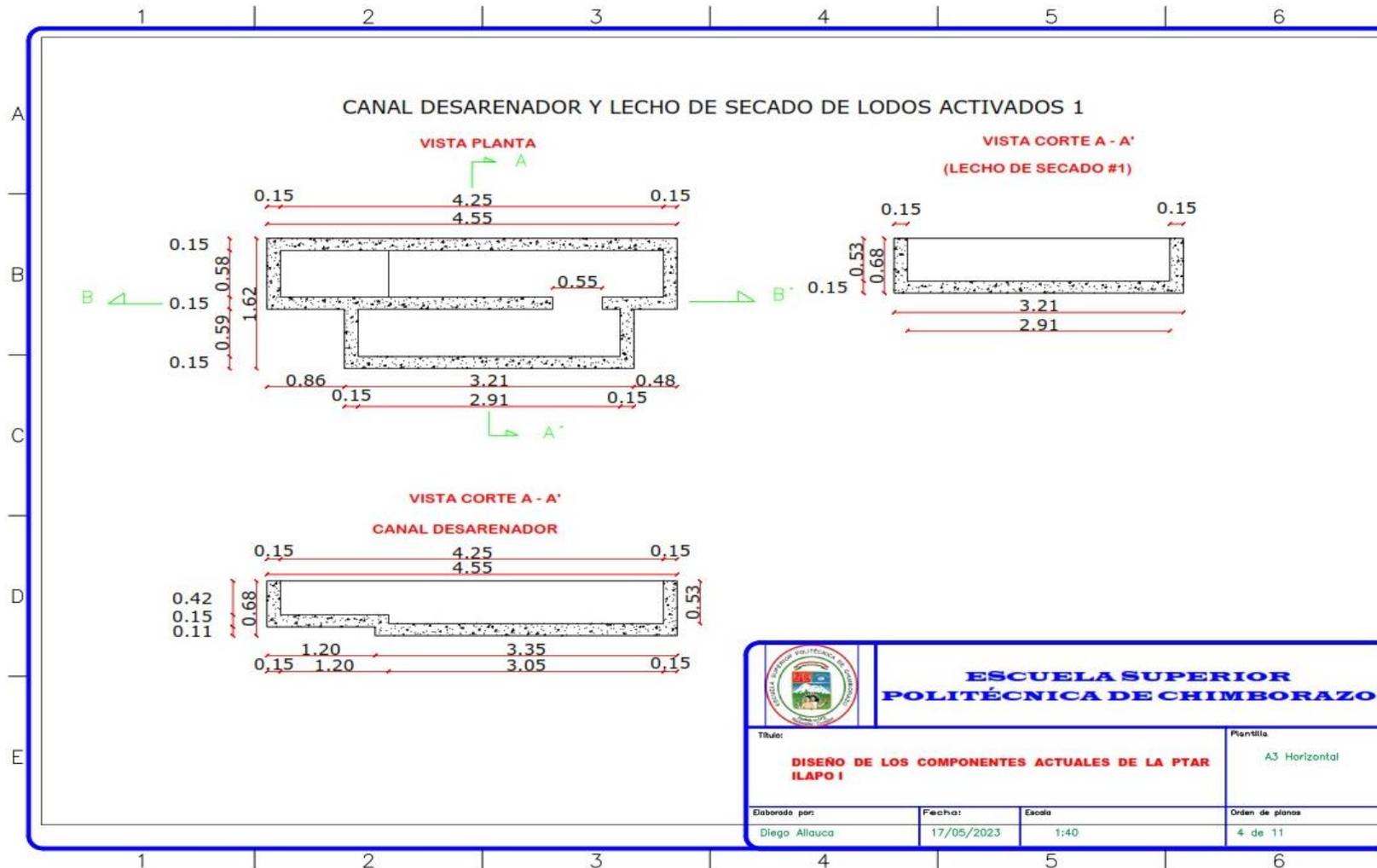


Ilustración 4-12: Canal desarenador y lecho de secado de lodos activados 1

Realizado por: Allauca D.,2023

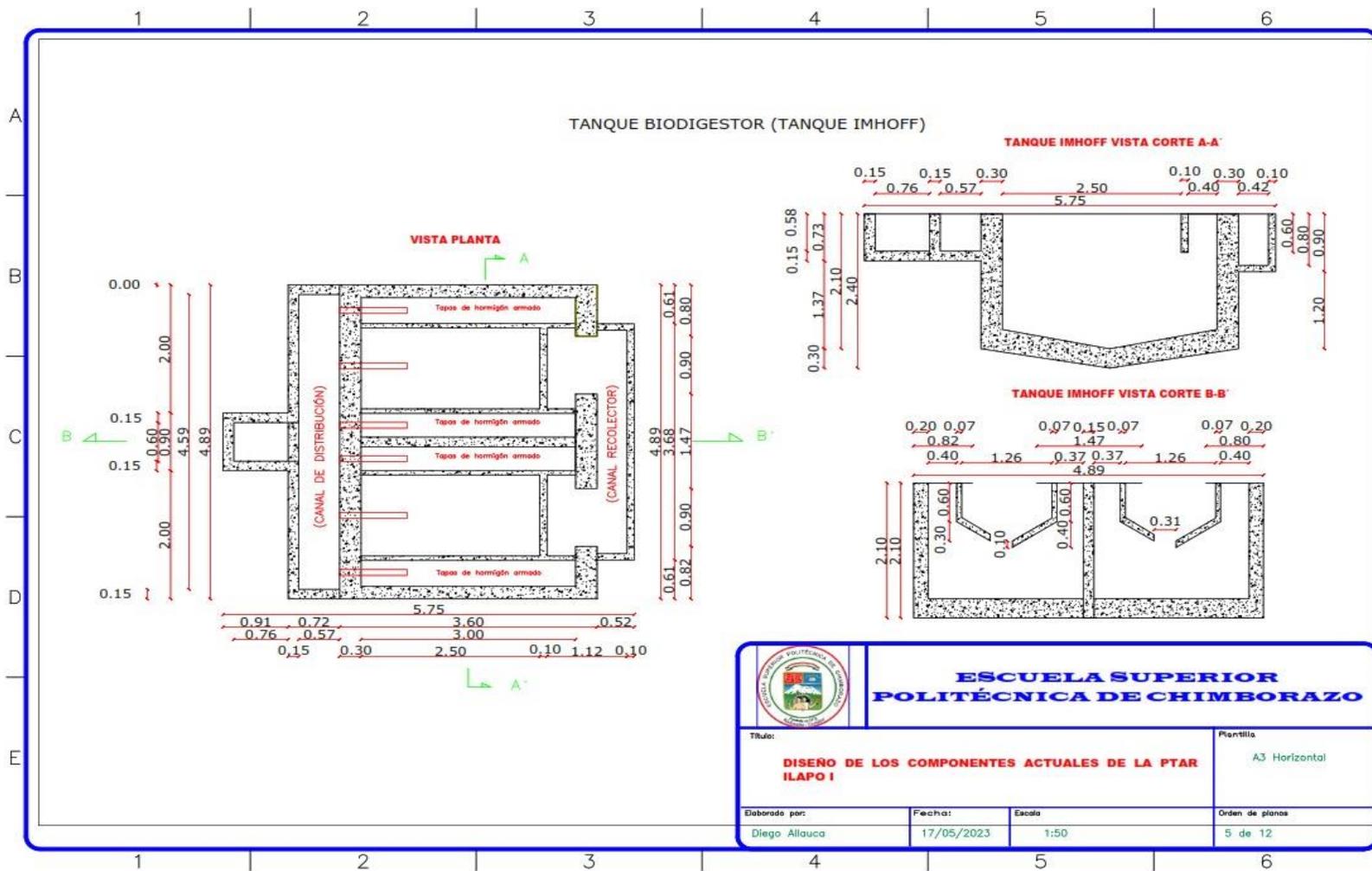


Ilustración 4-13: Tanque biodigestor

Realizado por: Allauca D.,2023

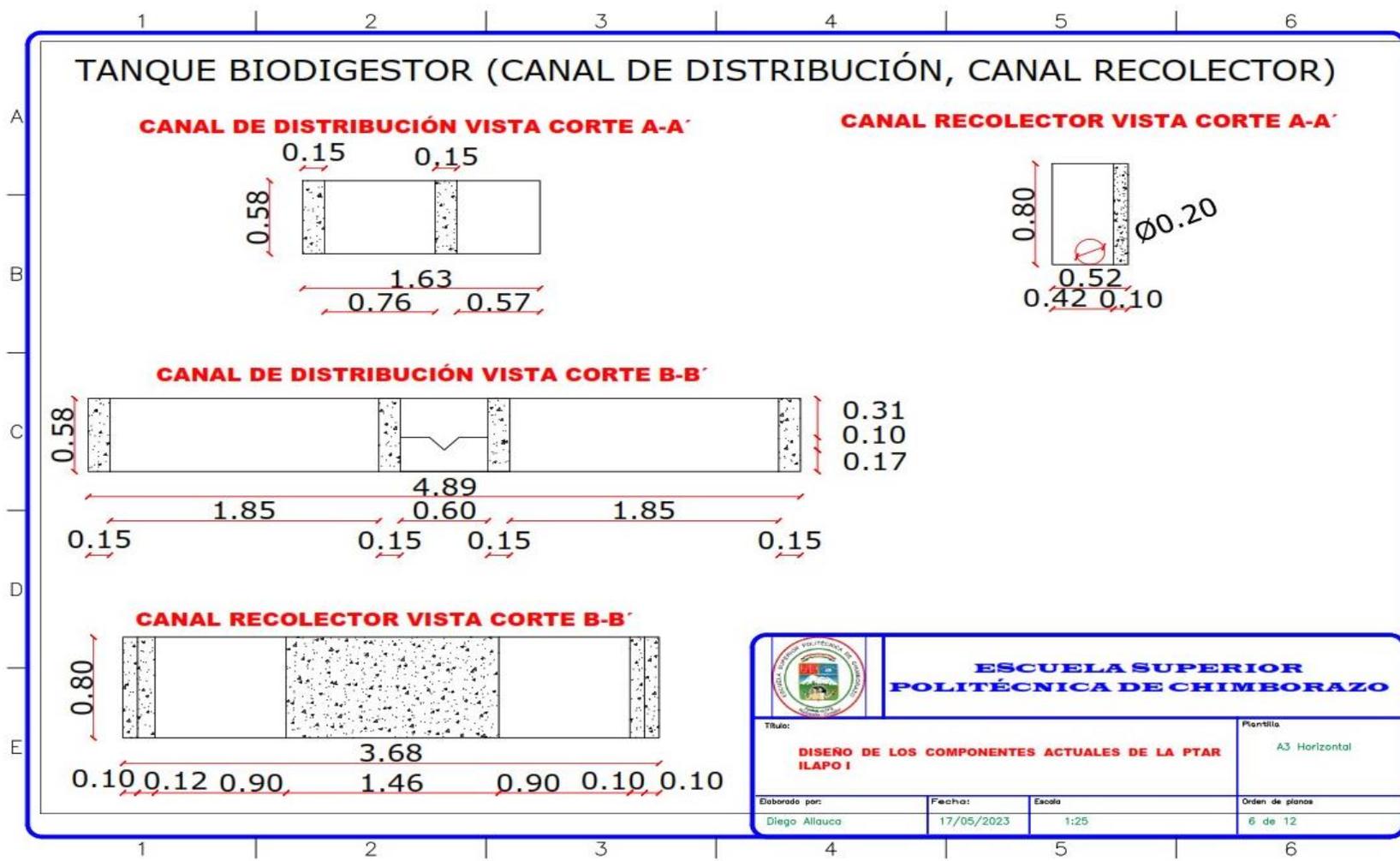


Ilustración 4-14: Canal de distribución y canal recolector presentes en el tanque Imhoff

Realizado por: Allauca D., 2023

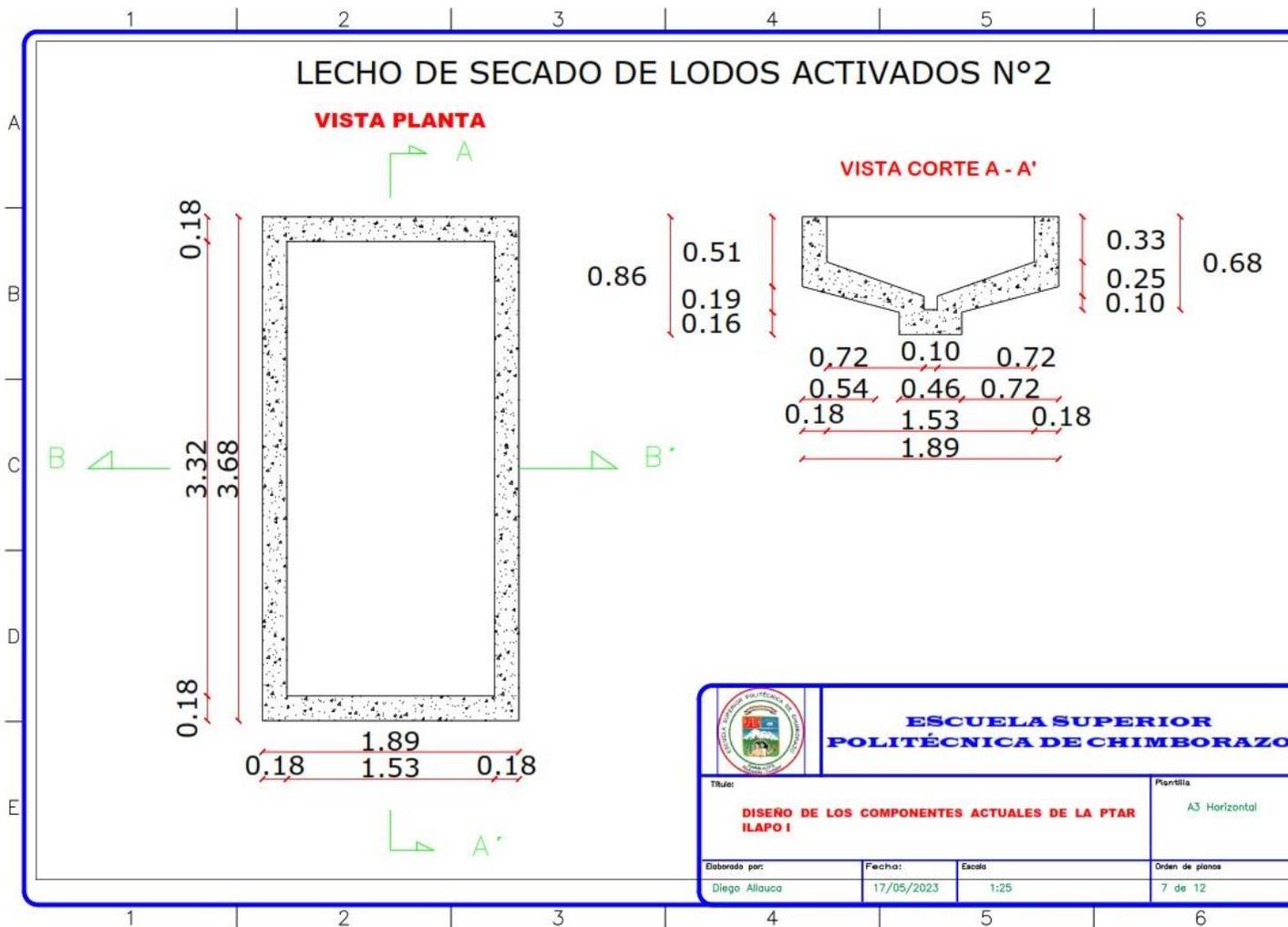


Ilustración 4-15: Lecho de secado de lodos activados N°2

Realizado por: Allauca D., 2023

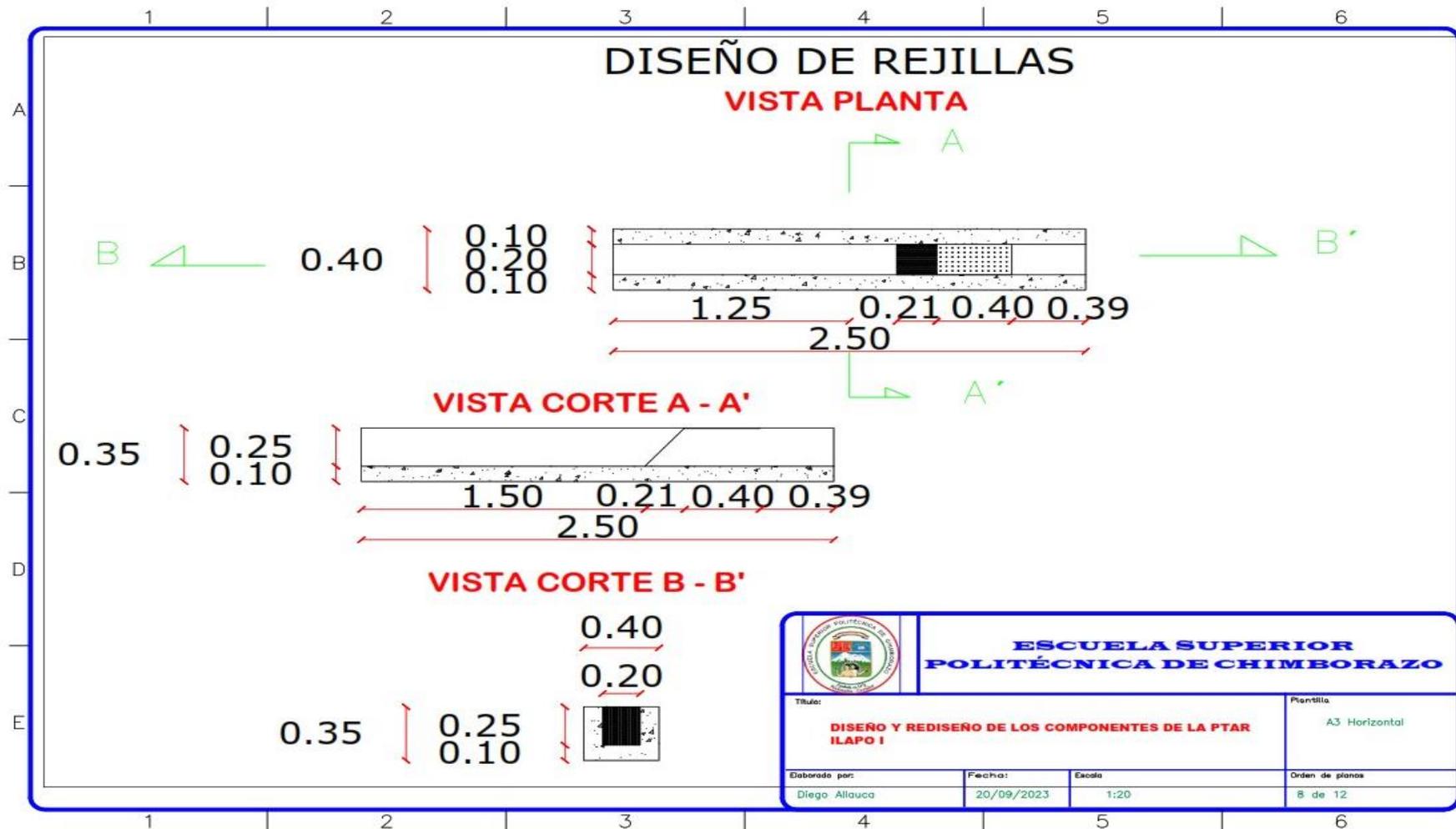


Ilustración 4-16: Diseño de rejillas

Realizado por: Allauca D., 2023

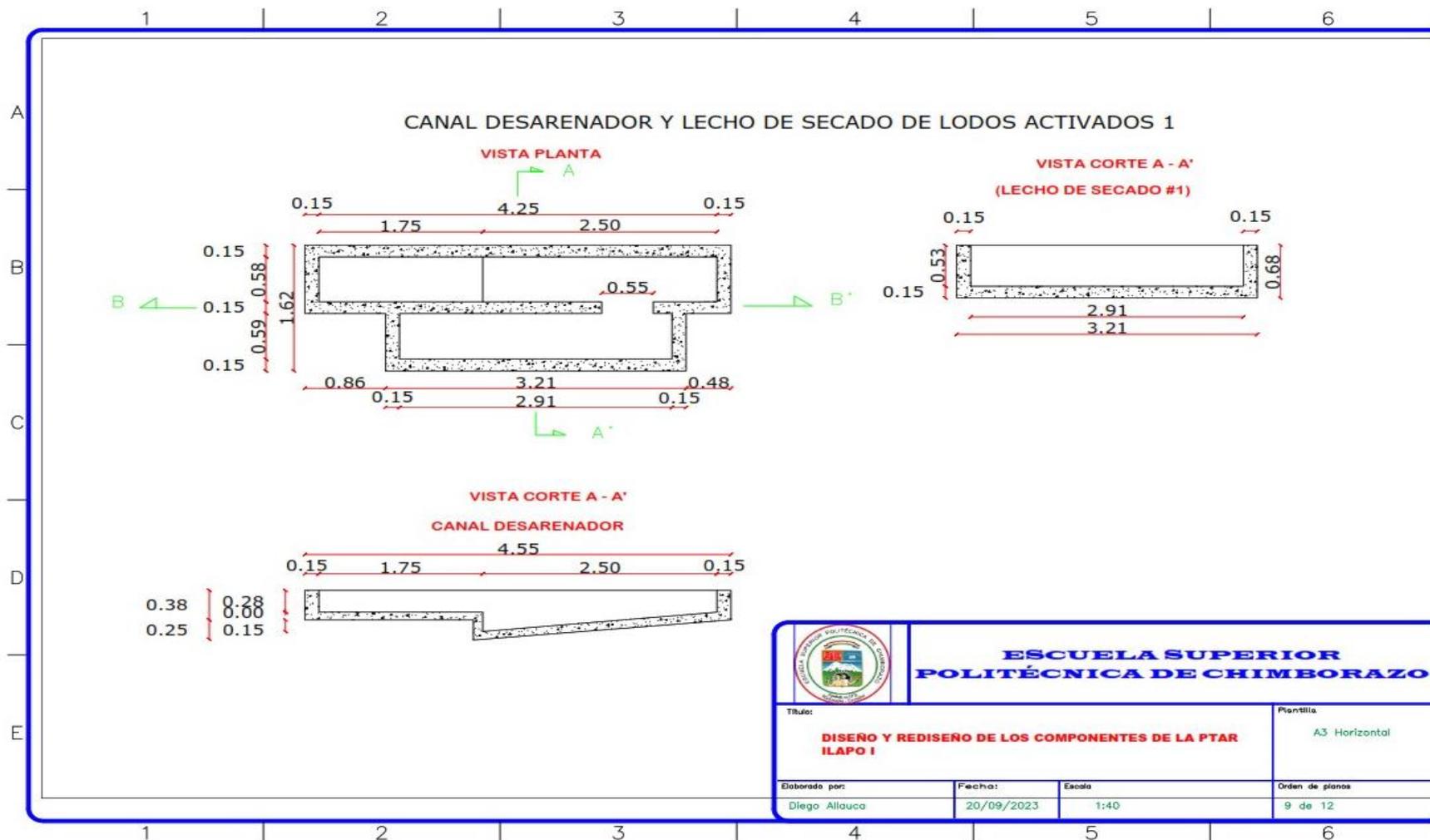


Ilustración 4-17: Rediseño del canal desarenador y lecho de secado de lodos activados N°1

Realizado por: Allauca D., 2023

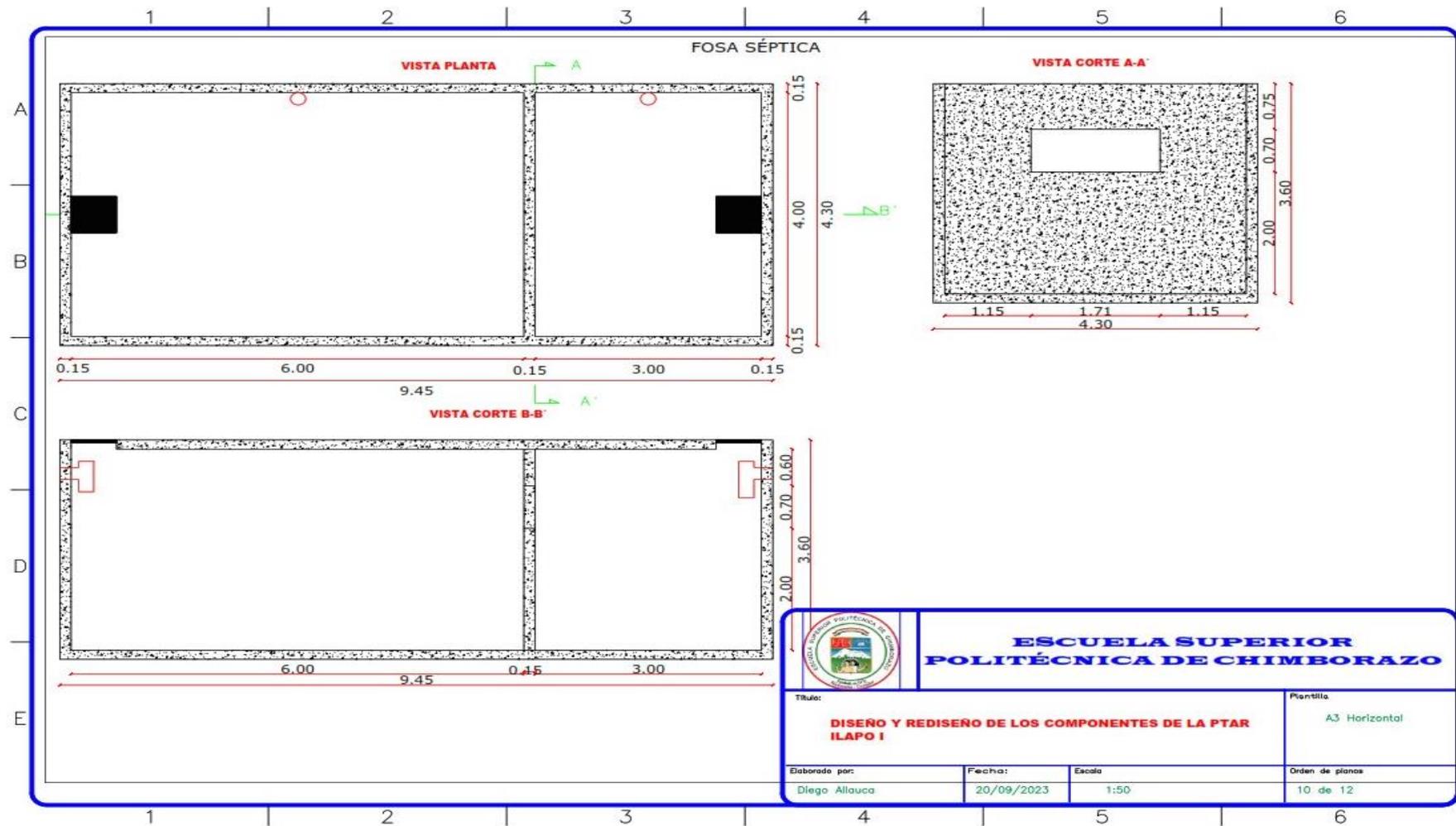


Ilustración 4-18: Fosa séptica

Realizado por: Allauca D., 2023

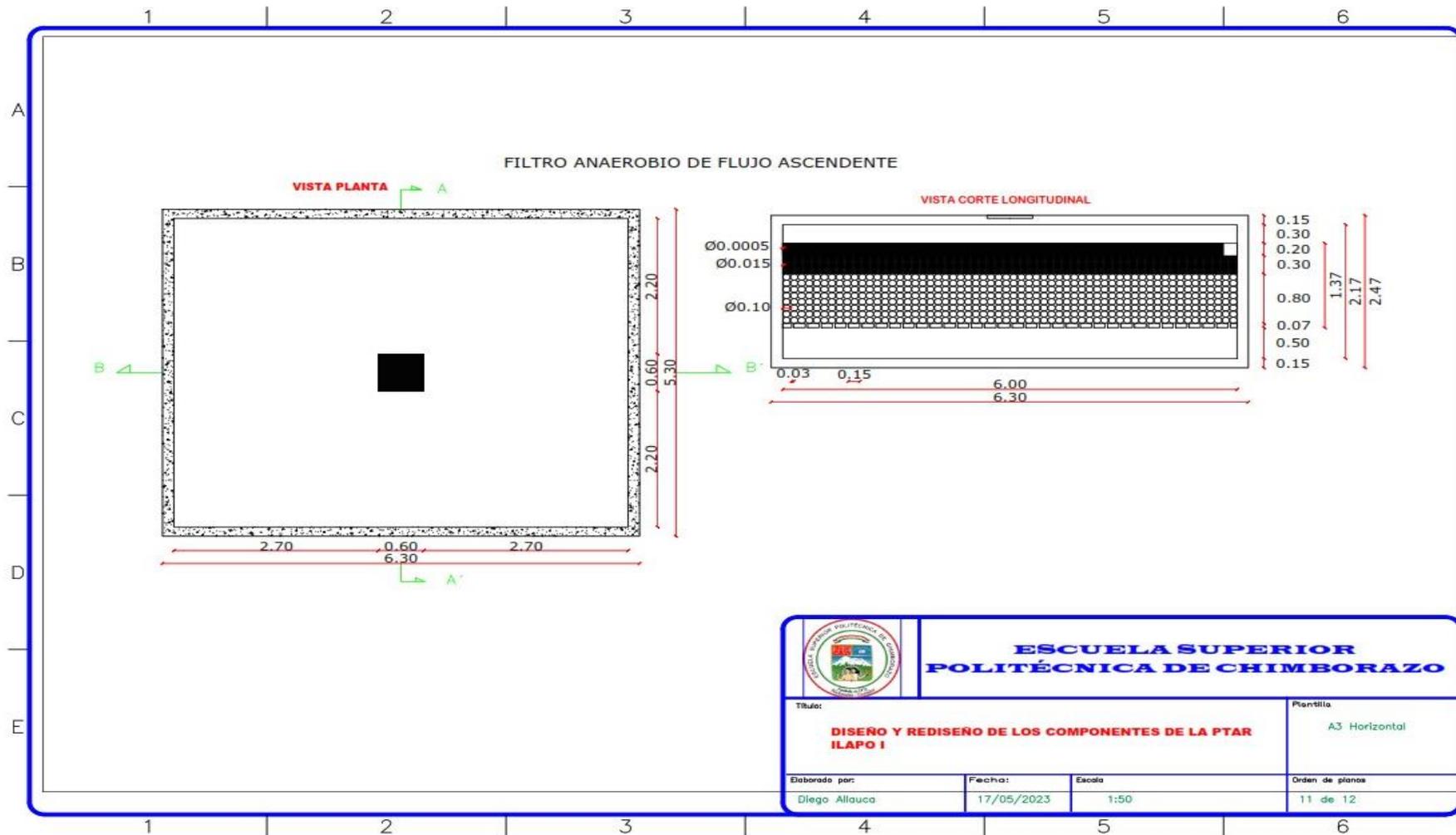


Ilustración 4-19: Filtro anaerobio de flujo ascendente

Realizado por: Allauca D., 2023

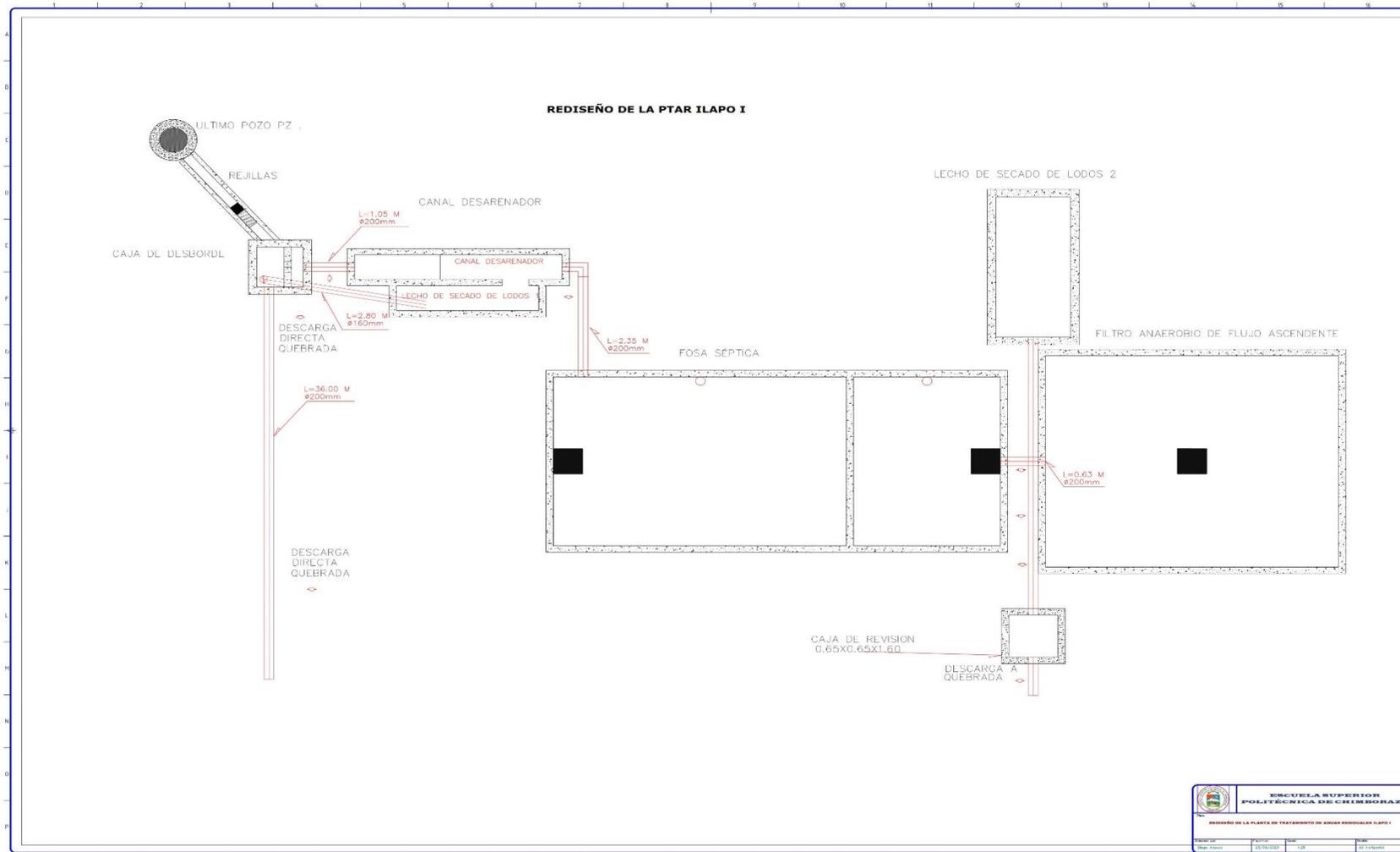


Ilustración 4-20: Rediseño de la PTAR Ilapo I

Realizado por: Allauca D., 2023

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se realizó el mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I, para poner en marcha cada uno de los componentes de su sistema, para lo cual fue necesario cortar la maleza, sacar los lodos de cada componente y destapar la tubería obstruida para posterior ser lavada y desinfectada.
- Se realizó el diagnóstico del estado actual de la PTAR para identificar los sistemas que impiden un óptimo funcionamiento. Evidenciándose que los componentes se encuentran mal dimensionados, se encontró que el desarenador presentaba características físicas de un canal abierto, tuberías mal instaladas lo que producía que los sólidos sean arrastrados a la siguiente etapa del proceso de depuración de aguas residuales. Por otro lado, la profundidad de la zona de digestión en el tanque Imhoff es muy pequeña para que las bacterias anaerobias degraden la materia orgánica, además, no cuenta con las recomendaciones y dimensiones establecidas por las normas nacionales e internacionales ya que este tipo de tanque es construido para poblaciones mayores a 1000 hab.
- Se estableció los procesos necesarios para el rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I, determinándose las rejillas como primer componente cuya finalidad es retener los sólidos gruesos que ingresan al sistema, la caja de desborde cumple la función de conducir el agua a la planta o a su vez desembocar el afluente directamente en la quebrada seca, el desarenador se encarga de retener las partículas y solidos sedimentables, finalmente, la incorporación de la fosa séptica y el filtro anaerobio de flujo ascendente garantizara la reducción de DBO, DQO, SST y Coliformes fecales ya que estas tecnologías son capaces de retener la materia orgánica y mediante microorganismos anaerobios reducir la carga contaminante.
- Se elaboró planos de rediseño PTAR Ilapo I, mediante la aplicación del software AutoCAD 2015 generándose un total de 12 planos incluidos los componentes actuales de la planta. El rediseño de la PTAR Ilapo I en vista planta se encuentra detallado en el plano número 12 en formato A0. El sistema de rejillas, desarenador, fosa séptica y filtro anaerobio de flujo ascendente se encuentran localizados en los planos 8, 9, 10 y 11 en formato A3 con sus respectivos cortes laterales y vista planta

- Se rediseñó la planta de tratamiento de aguas residuales Ilapo I, con el objetivo de mejorar la calidad del efluente descargado al cuerpo receptor, en esta PTAR se diseñó el sistema de rejillas, se rediseño el canal desarenador cumpliendo con las recomendaciones establecidas en las normas y guías nacionales e internacionales, finalmente el tanque Imhoff fue sustituido por una fosa séptica y un filtro anaerobio de flujo ascendente. Lo que se conservó fue la caja de desborde al inicio de la planta.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la construcción de canaletas al borde de la vía para evitar el deslizamiento de tierra en épocas de invierno debido a que la construcción de la PTAR se encuentra a una profundidad aproximada de 7m desde el borde de la calle.
- Realizar mantenimiento periódico dentro y fuera de la PTAR Ilapo I, para evitar la obstrucción de los componentes.
- Para disminuir la carga contaminante de coliformes fecales se recomienda el diseño e implementación de un sistema de cloración.
- Al momento de diseñar o rediseñar una PTAR se recomienda considerar los parámetros de diseño establecidos en normas y guías nacionales e internacionales, a su vez tomar en cuenta el número de habitantes, la zona de ubicación, sus factores negativos y positivos, para de esta manera evitar rediseños a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

ABNT. *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos* [blog]. Brasil: Planeta, 1993. [Consulta: 3 enero 2024]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/nbr-7229-tanques-septicos-pdf-pdf-free.html>.

AGUADO, García & FERRER, Polo. *Ejercicios resueltos de infraestructuras hidráulicas urbanas* [en línea]. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2018. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/57454>.

AGUIRRE RIVADENEIRA, Hernán Xavier. Estudio y diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad La Esmeralda de la parroquia de San José de Raranga del cantón Sígsig, provincia del Azuay. [En línea]. (Trabajo de titulación) Universidad Del Azuay Facultad De Ciencia Y Tecnología. Cuenca. 2017. págs. 35-40. [Consulta: 2024-01-3]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6498/1/12637.pdf>.

ALVARADO UVIDIA, Tania Isabel. Diseño De Un Sistema De Tratamiento De Agua residual Para La Parroquia Bilbao. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba. 2015. págs. 15-25. [Consulta: 2024-01-04]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/3873/1/236T0121%20UDCTFC.pdf>.

ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, Juan Antonio. Tratamiento Anaerobio De Aguas Residuales Urbanas En Planta Piloto. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad da Coruña. Coruña. 2003. págs. 15-20. [Consulta: 2022-09-22]. Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/990>

ANTÚNEZ ANTÚÑEZ, Alcides & GUANOQUIZA TELLO, Lenin. *La contaminación ambiental en los acuíferos* [blog]. Ecuador: Ambel, 2020. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://publicaciones.unaula.edu.co/index.php/VisionContable/article/view/567/743>

ARAGONESES LÓPEZ, Sara & ZARZOSA GONZÁLEZ, Héctor. *Fundamentos de Ingeniería ambiental y del agua* [blog]. Madrid: Dextro Editorial, 2020. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/148270>.

BUCAY, Ruth; et al. Rediseño De Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para EP-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Guaranda. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba. 2014. págs. 50-55. [Consulta: 2022-06-28]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3658>.

CÁCERES VÁSQUEZ, Jezabel Deyhanira. Evaluación Del Sistema De Tratamientos De Aguas Residuales Del Camal De Ambato. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba. 2020. págs. 45-50. [Consulta: 2024-01-04]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4309/1/20T00081.pdf>.

CAMARGO ARÉVALO, Laura Ximena. Evaluación de la Carga Contaminante de la Quebrada Garzón como Consecuencia de la Descarga Directa de Aguas Residuales Provenientes De la Red de alcantarillado del Casco Urbano del Municipio de Garzón. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Católica De Colombia. Colombia-Bogotá. 2022. págs. 50-60. [Consulta: 2022-06-24]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26974/1/CARGA%20CONTAMINANTE%20GARZON.pdf>.

CONAGUA. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales* [blog]. México: Akal, 2015. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: www.conagua.gob.mx.

GALVÁN MONDRAGÓN, María Mayola. Eliminación de Nitrógeno de Aguas Residuales Provenientes de Rastros y Casas de Matanza. [En línea]. (Trabajo de titulación). Centro De Investigación Y Desarrollo Tecnológico En Electroquímica. México. 2018. págs. 15-20. [Consulta: 2023-02-01]. Disponible en: https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/245/1/Eliminaci%C3%B3n%20de%20nitr%C3%B3geno%20de%20aguas%20residuales%20provenientes%20de%20rastros%20y%20casas%20de%20matanza_rees.pdf.

GUADARRAMA, Rosendo; et al. *Contaminación del agua. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* [blog]. Colombia: Angosta, 2016. [Consulta: 7 agosto 2023]. Disponible en:

https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf.

HANNA INSTRUMENTS. *Medición de la acidez del agua.* [blog]. Ecuador: Hold, 2017. [Consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <https://hannainst.ec/blog/analisis-de-agua-boletines/medicion-de-la-acidez-del-agua/>

HENZE, Mogens & COMEAU, Yves. *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño* [blog]. Londres: IWA Publishing, 2018. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7535194>

INEC. Estadística De Información Ambiental Económica En Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua Y Alcantarillado). [blog]. Ecuador: Inen 2016. [Consulta: 6 mayo 2023]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf.

INEN. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores A 1000 Habitantes Ecuador - Quito. [blog]. Quito: Inen, 2003. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/normas_disec3b1o_cpe_inen_5_parte_9-1_1992-mas-de-1000-hab.pdf.

ANEXOS

ANEXO A: MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I.



A. Ingreso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I



B. Vegetacion presente en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I



C. Vegetacion en el tanque Imhoff



D. Desarenador obstruido

ANEXO B: LIMPIEZA DE CADA FASE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I.



A. Limpieza del tanque Imhoff



B. Ingreso del agua con mayor fuerza



C. Limpieza del desarenador

ANEXO C: CAUSA DEL NO FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ILAPO I.



A. Basura y malesa presente en el ingreso del agua hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I



B. Ruptura de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ilapo I, para evitar la acumulacion de malos olores.



C. Daño detectado, obstruccion del Lechos de secado de lodos.

ANEXO D: MUESTREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA PTAR ILAPO I



A. Ingreso a la PTAR Ilapo I, para el muestreo



B. Medición de temperatura



C. Medición del pH en diferentes puntos de la PTAR



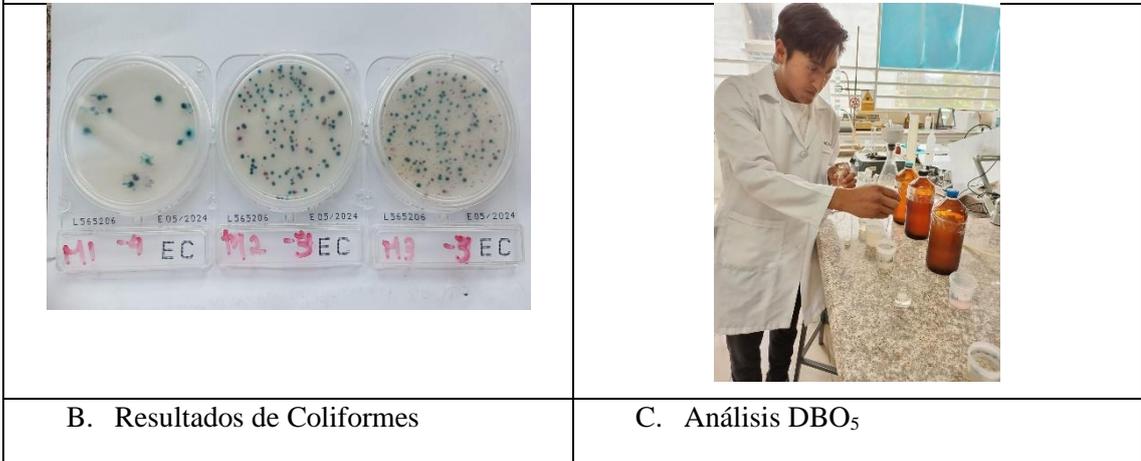
D. Muestreo en el Punto 3



E. Muestra para laboratorio



ANEXO E: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD



ANEXO F: RESULTADOS DE ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 1



epoch

**Laboratorio de Calidad del
Agua y Suelos**

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA

Fecha: 05 de Junio del 2023

Análisis solicitado por: Sr. Diego Santiago Allauca Melena

Tipo de muestra: Aguas residuales domésticas

Localidad: Parroquia Ilapo, Cantón Guano

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Análisis Físico-Químico y Microbiológico

✓ Muestra 1

Parámetros	Unidad	Método de Análisis	Resultados
Turbiedad	NTU	2130-B	27
Color	Und. Pt/Co	2120-C	484
Temperatura	°C	2550-B	13,9
Sólidos sedimentables	ml/L	2540-F	0,25
Sólidos disueltos totales	mg/L	2540-C	243,6
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-E	61
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	304,6
pH	-	4500-H-B	7,76
Conductividad	µSiems	2510-B	403,2
NH ₄	mg/L	4500-NH ₄ -C	16,17
PO ₄	mg/L	4500-P-D	12,76
DQO	mg/L	5220-D	125
DBO ₅	mg/L	5210-B	72
Grasas y aceites	mg/L	5520-B	4
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222-B	Ausencia
Coliformes fecales	UFC/100mL	9222-D	1,2E7



Riobamba Ecuador
Pasaje Amante Sur km 1,5
Código Postal: EC061155

Teléfono: 099 010 2998 000
Teléfono: 099 2 317 001

epoch.ec

ANEXO G: RESULTADOS DE ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 2 Y 3

Parámetros	Unidad	Método de Análisis	Resultados
Turbiedad	NTU	2130-B	86
Color	Und. Pt/Co	2120-C	1320
Temperatura	°C	2550-B	13,6
Solidos sedimentables	ml/L	2540-F	5
Solidos disueltos totales	mg/L	2540-C	219,9
Solidos suspendidos	mg/L	2540-E	152
Solidos Totales	mg/L	2540-B	371,9
pH	-	4500-H-B	6,87
Conductividad	μSiems	2510-B	374,1
NH ₄	mg/L	4500-NH ₄ -C	22,22
PO ₄	mg/L	4500-P-D	9,79
DQO	mg/L	5220-D	407
DBO ₅	mg/L	5210-B	262
Grasas y aceites	mg/L	5520-B	24
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222-B	6,2E6
Coliformes fecales	UFC/100mL	9222-D	8,7E6

✓ Muestra 2

Parámetros	Unidad	Método de Análisis	Resultados
Turbiedad	NTU	2130-B	77
Color	Und. Pt/Co	2120-C	660
Temperatura	°C	2550-B	13,1
Solidos sedimentables	ml/L	2540-F	0,25
Solidos disueltos totales	mg/L	2540-C	230,1
Solidos suspendidos	mg/L	2540-E	225
Solidos Totales	mg/L	2540-B	455,1
pH	-	4500-H-B	6,75
Conductividad	μSiems	2510-B	378,3
NH ₄	mg/L	4500-NH ₄ -C	20,9
PO ₄	mg/L	4500-P-D	3,52
DQO	mg/L	5220-D	500
DBO ₅	mg/L	5210-B	294
Grasas y aceites	mg/L	5520-B	ND
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222-B	3,46E7
Coliformes fecales	UFC/100mL	9222-D	8E6

✓ Muestra 3



Riobamba Ecuador
Pasaje Amancama Sur km 11,5
Codigo Postal: EC096155

Teléfono: 593 (0) 2993 286
Teléfono: (0) 2 317-801



esPOCH.edu.ec

ANEXO H: FIRMA DE RESPONSABILIDAD DEL ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA



esPOCH | Laboratorio de Calidad del
Agua y Suelos

Observaciones:

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

TÉCNICO DOCENTE RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a las muestras analizadas



Eschambe Ecuador
Panamericana 364 km 11
Código Postal: E2060155

Teléfono: 919 (02) 2949 200
Telefax: (02) 2 217-001

esPOCH.ec



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 03/04/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Diego Santiago Allauca Melena
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
 Ing. Juan Carlos González García, PhD. Director del Trabajo de Integración Curricular
 Dr. José Gerardo León Chimbolema Asesor del Trabajo De Integración Curricular