UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA UNIDAD EDUCATIVA CHUWITAYU, PARROQUIA SIMÓN BOLÍVAR, CANTÓN PASTAZA.

AUTOR(ES):

Oliver Abimael Cajeca Sharupi

Rony Esteban Wajarai Shakai

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Jessica Alexandra Machado Cuzco

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA UNIDAD EDUCATIVA CHUWITAYU, PARROQUIA SIMÓN BOLÍVAR, CANTÓN PASTAZA.

AUTOR(ES):

Oliver Abimael Cajeca Sharupi

Rony Esteban Wajarai Shakai

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Jessica Alexandra Machado Cuzco

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, Cantón Pastaza.		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Correcto
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Correcto
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Correcto.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Correcto.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	11/15	El estudio no es de corte cualitativo, al menos eso es lo que se evidencia en los resultados numéricos y parece ser más descriptivo que exploratorio (aunque no estadísticos).

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Correcto
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Correcto
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Correcto
VALORACIÓN TOTAL	96/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	96/100

Atentamente,

Firmado digitalmente porJESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA
Fecha:2023-03-10 23:02+19:00

JESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Wajarai Shakai Rony Esteban**,** con C.I. 1400967665, con el Tema: **"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, Cantón Pastaza"****,** de la carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias de la Vida. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Jessica Alexandra Machado Cuzco, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 8%. Informe generado con fecha 02 de marzo de 2023, por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO

Jessica Alexandra Machado Cuzco

Docente tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Proyecto-final-Cajeca-Wajarai.docx (D159921479)
Submitted	2023-03-02 18:26:00
Submitted by	
Submitter email	ja.machadoc@uea.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	ja.machadoc.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Propuesta de un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Universidad Estatal Amazónica utilizando el tratamiento mediante Lodos Activados.pdf** Document Propuesta de un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Universidad Estatal Amazónica utilizando el tratamiento mediante Lodos Activados.pdf (D142742959) Submitted by: amb2016166@uea.edu.ec Receiver: ja.machadoc.uea@analysis.urkund.com	15
W	URL: https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/ Fetched: 2023-03-02 18:29:00	1
SA	**Documento Tesis .docx** Document Documento Tesis .docx (D142804227)	9
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Grupo 6 _Trabajo de investigación .pdf** Document Grupo 6 _Trabajo de investigación .pdf (D125660408) Submitted by: et.tigasia@uea.edu.ec Receiver: ppenafiel.uea@analysis.urkund.com	2
SA	**Trabajo de Titulación Bailón Maryin y Rodríguez Mishell PTAR.pdf** Document Trabajo de Titulación Bailón Maryin y Rodríguez Mishell PTAR.pdf (D132695792)	2
W	URL: https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf Fetched: 2023-03-02 18:29:00	1
SA	**Informe de suficiencia CARHUAZ GUERRERO 06.12.pdf** Document Informe de suficiencia CARHUAZ GUERRERO 06.12.pdf (D152418307)	1
SA	**Ent2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CLINICAS VALDEZ.pdf** Document Ent2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CLINICAS VALDEZ.pdf (D118988229)	2
SA	**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA CORPORACIÓN DE PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES ORGÁNICOS BIO TAITA CHIMBORAZO – COPROBICH.docx** Document DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA CORPORACIÓN DE PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES ORGÁNICOS BIO TAITA CHIMBORAZO – COPROBICH.docx (D63548728)	1

Entire Document

Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, Cantón Pastaza.
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **Cajeca Sharupi Oliver Abimael,** con C.I. 1600504086, con el Tema: **"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, Cantón Pastaza",** de la carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias de la Vida. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Jessica Alexandra Machado Cuzco, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 8%. Informe generado con fecha 02 de marzo de 2023, por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO

Jessica Alexandra Machado Cuzco

Docente tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Proyecto-final-Cajeca-Wajarai.docx (D159921479)
Submitted	2023-03-02 18:26:00
Submitted by	
Submitter email	ja.machadoc@uea.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	ja.machadoc.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Propuesta de un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Universidad Estatal Amazónica utilizando el tratamiento mediante Lodos Activados.pdf** Document Propuesta de un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Universidad Estatal Amazónica utilizando el tratamiento mediante Lodos Activados.pdf (D142742959) Submitted by: amb2016166@uea.edu.ec Receiver: ja.machadoc.uea@analysis.urkund.com	15
W	URL: https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/ Fetched: 2023-03-02 18:29:00	1
SA	**Documento Tesis .docx** Document Documento Tesis .docx (D142804227)	9
SA	**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Grupo 6 _Trabajo de investigación .pdf** Document Grupo 6 _Trabajo de investigación .pdf (D125660408) Submitted by: et.tigasia@uea.edu.ec Receiver: ppenafiel.uea@analysis.urkund.com	2
SA	**Trabajo de Titulación Bailón Maryin y Rodríguez Mishell PTAR.pdf** Document Trabajo de Titulación Bailón Maryin y Rodríguez Mishell PTAR.pdf (D132695792)	2
W	URL: https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf Fetched: 2023-03-02 18:29:00	1
SA	**Informe de suficiencia CARHUAZ GUERRERO 06.12.pdf** Document Informe de suficiencia CARHUAZ GUERRERO 06.12.pdf (D152418307)	1
SA	**Ent2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CLINICAS VALDEZ.pdf** Document Ent2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CLINICAS VALDEZ.pdf (D118988229)	2
SA	**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA CORPORACIÓN DE PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES ORGÁNICOS BIO TAITA CHIMBORAZO – COPROBICH.docx** Document DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA CORPORACIÓN DE PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES ORGÁNICOS BIO TAITA CHIMBORAZO – COPROBICH.docx (D63548728)	1

Entire Document

Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, Cantón Pastaza.
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental

Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, Cantón Pastaza.

Wajarai Shakai Rony Esteban 1[1]
amb2015417@uea.edu.ec

Oliver Abimael Cajeca Sharupi 2[1]
amb20140425@uea.edu.ec

Jessica Alexandra Machado Cuzco, M. Sc[2]
ja.machadoc@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental

Resumen

Los sistemas de depuración de aguas residuales tienen como propósito reducir los contaminantes de origen orgánico e inorgánico. El presente proyecto tiene como objetivo, buscar y brindar una alternativa efectiva para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Unidad Educativa Chuwitayo, parroquia Simón Bolívar, Cantón y Provincia de Pastaza. Para el desarrollo, se empleó el método cualitativo-descriptivo, donde se estudia y describe fenómenos sistemáticos de acuerdo con el contexto y los eventos que ocurren conforme se desarrolla el estudio, tomando como referencia los datos porcentuales de tratamiento y disposición final, sucesivamente se analizó las causas y/o efectos que pueden repercutir en el medio natural, obteniéndose que una de las mejores alternativas es la implementación de un prototipo basado en lodos activados en el biodigestor de la unidad Educativa, para el diseño previamente se realizó un análisis físico, química y microbiológica del agua residual sin previo tratamiento. El prototipo se desarrolló en 4 fases: pretratamiento, tratamiento primario, secundario de tipo biológico (lodos activados) y terciario. Como resultados obtenidos en el laboratorio de ambiental de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), en cuanto a los análisis de los parámetros (tabla 3), cumplen con los límites permisibles de la normativa ambiental, a excepción de la Ce, el pH en la muestra 1 y nitrógeno los cuales sobrepasaron dichos límites. El dimensionamiento del prototipo (lodos activados) fue

el adecuado, logrando una remoción fisicoquímica del 77.84% y una biológica del 89.14%, cumpliendo de esta manera con el índice de calidad de aguas para riego y con fines recreativos de acuerdo con las normativas ambientales vigentes establecidas. Por lo tanto, se determinó al tratamiento biológico por lodos activados por ser el más optimo y eficaz de acuerdo con los resultados obtenidos.

Palabras Clave: *Lodos activados, tratamiento biológico, PTAR, caracterización, pretratamiento, sedimentación.*

Abstract

The purpose of wastewater treatment systems is to reduce pollutants of organic and inorganic origin. The objective of this project is to seek and provide an effective alternative for the treatment of wastewater generated in the Chuwitayo Educational Unit, Simón Bolívar parish, Canton, and Pastaza Province. For the development, the qualitative-descriptive method was used, where systematic phenomena are studied and described according to the context and the events that occur as the study develops, taking as reference the percentage data of treatment and final disposal, successively analyzed the causes and/or effects that may have repercussions on the natural environment, obtaining that one of the best alternatives is the implementation of a prototype based on activated sludge in the biodigester of the Educational unit, for the design a physical, chemical analysis was previously carried out and microbiology of wastewater without prior treatment. The prototype was developed in 4 phases: pretreatment, primary, secondary biological treatment (activated sludge) and tertiary. As results obtained in the environmental laboratory of the Amazon State University (UEA), regarding the analysis of the parameters (table 3), they comply with the permissible limits of the environmental regulations, except for the Ce, the pH in the sample 1 and nitrogen which exceeded said limits. The sizing of the prototype (activated sludge) was adequate, achieving a physicochemical removal of 77.84% and a biological removal of 89.14%, thus complying with the water quality index for irrigation and recreational purposes in accordance with current environmental regulations. established. Therefore, the biological treatment by activated sludge was determined to be the most optimal and effective according to the results obtained.

Keywords: *Activated sludge, biological treatment, PTAR, characterization, pretreatment, sedimentation.*

1. INTRODUCCIÓN

El cuidado del agua es un tema central de la Agenda del Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y de gran importancia en la producción de energía y alimentos, así como en muchas otras actividades humanas (ONU, 2018). Desde julio de 2010, la asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad suficiente de agua para uso doméstico y personal, que sea segura, aceptable, asequible económica y físicamente, sin embargo, el crecimiento poblacional, la urbanización y los cambios en el estilo de vida, presentan nuevos retos para la sostenibilidad (ONU, 2019).

En Ecuador aproximadamente "se trata el 12% de las aguas residuales domésticas dejando un gran 88% sin tratamiento que está canalizado a quebradas y ríos" (YAKUNINA, 2019). Según datos de SENAGUA (2019) "todos los ríos en Ecuador bajo la cota de los 2800 msnm están severamente contaminados y su agua no es apta para el consumo humano". "El problema surge cuando existe concentración de población en ciudades o comunidades, las cuales pueden causar contaminación ambiental, ya sea a grande y pequeña escala" (Torske, 2019). El tratamiento inadecuado de las aguas residuales genera enfermedades producidas por parásitos que viven en estas aguas y pueden ingresar a través de la piel o si se entra en contacto directo, también conocidas como aguas negras por la coloración que presentan, y son producidas por actividades humanas (Eduard et al., 2020), y "presenta un peligro inminente, debido a que contienen una gran cantidad de sustancias y/o microorganismos patógenos" (Estrada et al., 2017).

Según Arregui (2022) menciona que tratar estas aguas es importante para conservar el ciclo del agua y el medio ambiente, pues permite un mayor acceso al agua potable, evita problemas de salud por la exposición a los componentes y reduce los niveles de contaminación. En la actualidad el proceso de tratamiento por el método de lodos activados es muy conocido y utilizado, esta "se fundamenta en la utilización de microorganismos aerobios y anaerobios, mayoritariamente bacterias heterótrofas facultativas, que crecen naturalmente en el agua residual y convierten la materia orgánica disuelta y particulada presente en el agua en productos más simples y nuevas bacterias" (Buitron et al., 2018), las cuales "son capaces de degradar compuestos orgánicos, incluidos los derivados del petróleo, el tolueno y el benzopireno"

(Shchegolkova, Krasnov, Belova, Dmitriev, Kharitonov, Klimina, Melnokova, Nudryavtseva, 2017).

En el contexto de la Unidad Educativa Chuwitayu, los sistemas de tuberías no están conectados al sistema de alcantarillado, si no a un biodigestor el cual se encuentra en malas condiciones ya que, por su falta de mantenimiento y cuidado de este, las aguas residuales que se depositan en el biodigestor no se tratan debidamente dentro del sistema, más bien estos se riegan fuera del tanque por la acumulación de las mismas (Rodríguez, 2021). Unidad Educativa Chuwitayu (2022) comenta que, las vertientes tienen como destino final cuerpos de agua y/o ríos que se encuentran cercanas a la zona de estudio, sin un previo tratamiento eficaz para su depuración o reutilización, el problema principal radica en la falta de inversión pública para la construcción de infraestructura que permita un óptimo tratamiento.

El presente trabajo tiene como fin generar una propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales, para la Unidad educativa Chuwitayu en la parroquia Simón Bolívar, cantón y provincia de Pastaza y así mejorar la calidad de sus vertidos con proyección a 10 años de vida útil, misma que cuenta con una población total de 357 personas, las cuales que, por sus actividades producen aguas residuales, que son depositadas a cuerpos de agua sin un previo tratamiento, por tal motivo se desea evitar este tipo de alteración que se está provocando al medio ambiente en particular al recurso hídrico, y por el cual nos hemos planteado la siguiente pregunta de investigación que responderemos al finalizar el trabajo: ¿La propuesta del prototipo de la PTAR será el adecuado para reducir la contaminación ambiental y cuan factible será implantarlo en cuanto al costo de construcción y eficiencia del sistema para el reúso de estas aguas con fines de riego y en la limpieza externa e interna de la institución?. Como estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental, es nuestra preocupación que cada vez exista mayor impacto negativo ambiental, por ello, es importante controlar, mitigar y manejar su proceso hasta su descarga o disposición final, de acuerdo a los límites permisibles de descarga a cuerpos de agua según la normativa ambiental vigente, utilizando la correcta aplicación técnica de los diferentes sistemas de tratamiento tecnológico de aguas residuales que actualmente se utilizan hoy en día, y así lograr con el objetivo del trabajo.

2. Materiales/Métodos y Metodología

2.1 Área de estudio

La información se recopiló mediante investigación de datos históricos y fuentes bibliográfica en internet a través de buscadores como Google y Google académico, e información primaria obtenida del rector de la institución educativa y la parte administrativa en base a documentos físicos sobre datos estadísticos, para recabar datos de su localización física y satelital.

2.2 Tipo de investigación

2.2.1 Enfoque

El enfoque es de tipo cualitativo, porque según Niglas (2018) "se estudian fenómenos de manera sistemática, donde el investigador comienza el proceso examinando los hechos en sí y revisado los estudios previos, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando". Por lo tanto, el enfoque de estudio es de tipo cualitativo por que estudia y describe fenómenos sistemáticos de acuerdo al contexto y los eventos que ocurren conforme se desarrolla el estudio.

2.2.2 Alcance

El alcance es de tipo descriptivo, como lo menciona Hernández, Fernández y Baptista (2017), ´´busca especificar propiedades, características y rasgos esenciales de cualquier fenómeno que se analice. Describen tendencias de un grupo o población. Pretenden medir o recoger datos de manera independiente o estrecha sobre los conceptos o las variables a las que se estudien´´ (p. 80). Entonces de acuerdo con lo mencionado anteriormente el proyecto de investigación es descriptivo, porque se pudo observar el fenómeno o problema.

2.3 Levantamiento de la línea base

2.3.1 Información primaria

Para la ubicación del sitio de estudio, fue necesario usar un GPS o teléfono inteligente el cual permitió usar una aplicación, para determinar las coordenadas UTM del lugar y de la misma manera para tomar la temperatura promedio.

Las fuentes estadísticas de la población se obtuvieron mediante la visita in situ a la institución educativa, donde el departamento administrativo, nos proporcionó los datos físicos relevantes en cuestión al tema de investigación, como: número de estudiantes y

personal administrativo desde el periodo 2018-2023, para posteriormente ejecutar la proyección poblacional a 10 años y con ello dimensionar la PTAR.

2.3.1.1 Muestra de agua residual

Se utilizó el método compuesto en la que se combinan muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos y se realizó de forma manual ya que fue un sitio de fácil acceso, que nos permitió observar los cambios del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, aumento o disminución de caudal (Morales, 2022a). Tomando en cuenta los pasos para la recogida manual, y para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta su informe de resultados se aplicó el procedimiento de la cadena de custodia establecido por (Morales, 2022b).

2.3.2 Información secundaria

Para la recopilación de información necesaria sobre las variables "planta de tratamiento de aguas residuales" y "aguas residuales domésticas", fueron necesarios las fuentes bibliográficas como: tesis en línea, revistas científicas, libros, artículos científicos, etc.

Tabla 1

Características del lugar.

Factores	Características
Clima	Tropical húmedo
Precipitación	Rango de 3000-3500 mm
Elevación	782 msnm
Extensión	1.020,9 km^2
Hidrografía	El rio cercano al área de estudio es conocido como rio Ijemi, el cual desemboca en el rio Pastaza.

Nota: Esta tabla muestra los factores del área de estudio con su respectiva característica.
Fuente: GAD parroquial de Simón Bolívar (2020).

2.4 Análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales de la unidad Educativa:

Para una completa y cuidadosa caracterización, los parámetros que se tomaron en cuenta para el análisis del agua residual del estudio son las siguientes: temperatura, CE, DBO, DQO, pH, nitrógeno, OD, SST y turbidez, que fueron analizados en el

laboratorio de ambiental de la Universidad Estatal Amazónica (UEA). La justificación de su importancia se describe en la tabla 2.

Tabla 2

Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual.

Parámetros	Indicadores	Justificación	Metodología
Físicos	-Solidos totales -Turbiedad -Conductividad -Temperatura	De acuerdo con Cornejo, Miijojkovic & Trepsic (2019) contribuyen a determinar el tipo de tratamiento que se va a efectuar, el grado de mineralización del agua, la cantidad de materiales suspendidos o coloidales, y el oxígeno necesario para el desarrollo de los microorganismos, y con ello determinar cuan contaminado se encuentra el agua y si es apta o no.	
Químicos	-pH -Oxígeno disuelto -Nitrógeno -DBO -DQO	Determina la cantidad de vida acuática presente en el agua residual, para conocer la materia orgánica biodegradable y cantidad de oxígeno consumido sin la intervención de organismos vivos, de la misma forma nos ayuda a conocer el nivel de acidez o alcalinidad en el agua, el cual, nos permite verificar la idoneidad o no del agua que será empleada para su rehusó (Aurora et al., 2018).	Libro Standard Methods for the examination of wáter and wastewater 22 edición establecido por Eugene, Rodger, Andrew y lenore (2017).

Biológicos	-Coliformes totales	Este parámetro es necesario realizarlo, de acuerdo con Fernández (2017) determina la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua, esta presencia no garantiza que beber cause una enfermedad, más bien es para conocer la presencia de una vía de contaminación entre una fuente de bacterias en el agua.

Nota: Esta tabla describe los parámetros analizados con la justificación del por qué se tomaron para el estudio.

Fuente: Eugene et al., (2017).

2.5 Tratamiento del agua residual prototipo PTAR

El modelo y dimensionamiento del prototipo que se pretende diseñar ejecuta 4 fases: pretratamiento (cribado, y desarenado), tratamiento primario (sedimentador primario), tratamiento secundario (tanque aireador y sedimentador secundario), tratamiento terciario (cloración), para el tratamiento de agua residual de la Unidad Educativa Chuwitayu.

Fase 1:

Destinada a reducir o eliminar la materia orgánica, para ello se han empleado dos indicadores como es el cribado y desarenado, ya que según, Bosquete & Choez (2017), nos menciona que "es uno de los sistemas más utilizados que retiene la biomasa suspendida, proveniente de los sólidos totales y arena del agua residual". Campoverde (2022), menciona en su estudio que, gracias al empleo de rejillas gruesas y finas evacua aproximadamente el 15% de contaminantes al mismo tiempo permite que el exceso de material orgánico o basura se adhiera a las mismas, evitando de esta manera que ingresen al sistema de posteriores procesos que fueran afectar a su funcionamiento. De la misma manera, Vergara (2022), nos cita que "no necesariamente se necesitan de procesos posteriores de pretratamiento como el tamizado o tanques homogeneizadores que generan consumo de energía, y mayor aporte económico, ya que estos cumplen la

misma función inicial". Cabe mencionar que en la fase 1 del tratamiento se suprimen a la trampa de grasas o aceites ya que la institución no genera aguas grises.

Fase 2:

Esta fase involucra el proceso de sedimentación, donde se eliminan los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para reducir la carga orgánica. "Mediante la sedimentación se reduce la contaminación biodegradable y genera una mejora sustancial a la calidad del agua que irá al tratamiento biológico (DBO)" Suministros Especializados para Potabilización y Tratamiento de Agua Residual (SEPTAR, 2020).Empleando las palabras de Enríquez & Avalos (2022) nos dan a conocer que tanto las fosas sépticas, inyección de aire, tanque Imhoff y otros sistemas de tratamiento primario, necesitan espacios considerables a grandes profundidades, los cuales suelen ser costosos en su etapa inicial, al mismo tiempo necesitan de tratamientos extras para el control de olores lo que minimiza su eficacia. Por lo tanto, "el tanque sedimentador primario suprimirá todas las falencias de otros tratamientos en menor escala alcanzando de esta manera hasta un 70% de remoción de los sólidos suspendidos" según los menciona Arrieta y Chica (2019).

Fase 3:

Esta fase se contempla al tanque de aireación y sedimentador secundario que crean un entorno biológico que consumirá organismos portadores de enfermedades utilizando el medio de aireación. López M. (s.f.) nos describe que, "se añade aire a las aguas residuales, donde los microorganismos y los desperdicios sólidos se juntan y se asientan convirtiendo la materia orgánica en materia estable". Padilla (2018) agrega que "los procesos biológicos reposeen una remoción con eficiencia de DBO soluble superior a 80%". De acuerdo con Arrieta y Chica (2019) "los sistemas de lagunas artificiales, filtros percoladores, biodiscos así como los reactores UASB son tratamientos que generan altos costos, grandes extensiones de terreno y se establecen en grandes profundidades, mientras que otros aún están en estado experimental". El sistema por lodos activados el cual es el más empleado como lo menciona Isidro (2022) "tanto en zonas urbanas, rurales y céntricas permiten una mayor eficacia de funcionamiento ya que se puede emplear a pequeña y gran escala a altas y bajas temperaturas, así como en presencia de precipitación". Finalmente, Mejía (2022) agrega que "se retira el 65% de los contaminantes restantes en la PTAR, lo que al final el efluente sale con un líquido claro".

Fase 4:

En esta última fase se realiza el tratamiento terciario de la PTAR, donde se aplica la desinfección (cloración) para asegurar la inocuidad del agua. Según Fustamante (2017) este proceso es importante ya que destruye microorganismos patógenos presentes en el agua antes de su descarga o uso que se vaya a dar, mediante agentes químicos o físicos y debe tener un efecto residual en el agua a fin de eliminar cualquier contaminación microbiana posterior a la desinfección. Werner & Hartmut, (2017) agrega que "el sistema de cloración mantiene el agua depurada en un depósito final con un contenido de cloro libre para evitar la proliferación de microorganismos con el propósito de mantenerla apta para su reutilización". Por tanto, "el cloro en agua es tres veces más efectivo como agente desinfectante, que una concentración de bromo, y seis veces más efectiva que una concentración de yodo, con un 87.51% de eficiencia" así lo afirma (Hans-Werner y Hartmut, 2017).

3. Resultados y Discusión

3.1 Área de estudio

La Unidad Educativa Chuwitayu, se encuentra ubicada en la vía Puyo-Macas km 63 provincia y cantón Pastaza, parroquia Simón Bolívar, Comunidad Shuar Chuwitayu, tiene una extensión de 1,020.9 Km^2. La forma de acceso es por medio terrestre, a dos horas de la ciudad del Puyo (Unidad Educativa Chuwitayu, 2022). La localización de la planta de tratamiento se indica en la Figura 1 y corresponde a la comunidad Chuwitayo, a una altura de 782 msnm (Google Earth, 2022).

Figura1. Ubicación de la Unidad Educativa Chuwitayu.



Elaboración: propia

Fuente: Google Earth (2022)

3.2 Línea base

3.2.1 Información actual de la Unidad Educativa Chuwitayu

La Unidad Educativa Chuwitayu, "se encuentra en la zona 18 M 186863.00 m E y 18 M 9789017.00 m S" (Ministerio de Educación, s.f.). Modalidad presencial de jornada matutina y nivel educativo inicial, educación básica y bachillerato. Está conformado por un total de 16 docentes de las cuales 12 son del género femenino y cuatro del género masculino, y un total de dos personales administrativos de igual manera uno femenino y otro masculino, finalmente el total de estudiantes del establecimiento es de 345, un total de 188 del género femenino y 157 del masculino Unidad Educativa Chuwitayo (UEC, 2022).

3.2.2 Toma de muestra de agua residual

Tabla 3

Resultados de los análisis de agua residual.

Indicadores permisibles	Valor M1	Valor M2	Unidad	ºC M1	ºC M2	Límite permisible	Aceptable	Método resultados
Sólidos totales	259	360	mg/L	-	-	450-2000	A	2540 solidos (B. Solidos totales)
Turbiedad	3.4	4.5	UTM	-	-	10	A	2130 turbiedad (B. Método nefelométrico)
Conductividad	253.9	298	µmho/cm	24.1	23.5	0,73	N/A	2510 conductividad (B. Método de laboratorio)
pH	5.5	6.31		22.9	23.3	6-9	A	4500-H+ (B. Método del electrométrico)
Oxígeno disuelto	1.09	1.26	mg/L	24.5	24	0,8	N/A	4500-O Oxígeno Disuelto (G. Método membrana de electrodo)

Nitrógeno	1.6	2.1	mg/L	-	-	5-30	A	4500-Norg Nitrógeno orgánico (C. Método SemimicroKjeldah)
DBO	151	140.5	mg/L	-	-	250	A	5210 demanda bioquímica de Oxigeno (D. Método respirométrico)
DQO	250	231.4	mg/L	20	20	500	A	5220 demanda química de oxígeno (D. Método colorimétrico o de flujo cerrado

Nota: En esta tabla se muestra los resultados obtenidos en el laboratorio de ambiental de la UEA de los parámetros físicos, químicos y biológicos de la muestra de agua residual.

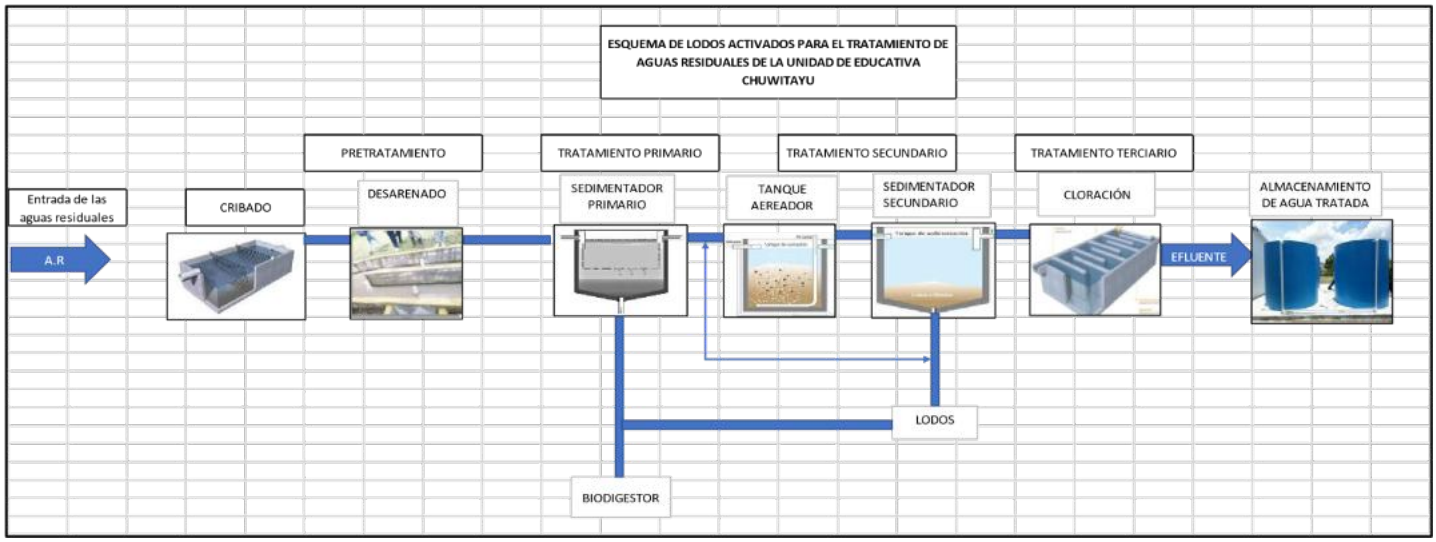
Fuente: Laboratorio de Ambiental de la UEA.

Análisis: según el resultado obtenido de los sólidos totales (SST)= muestra 1 (259) muestra 2 (360) están dentro de los limites recomendables como permisibles ya que los recomendables es de 450 y los permisibles de 2000, Turbiedad = m1 (3.4) m2 (4.5) se determinó que este parámetro está dentro de los limites tanto permisibles como recomendables ya que el máximo es de 10, conductividad eléctrica (CE) = m1 (253.9) m2 (298) basado en los resultados se determinó que se encuentra fuera de los limites recomendables como permisibles, que los recomendables es de 0.7 y los permisibles de 3, potencial de hidrogeno (pH) = m1 (5.5) m2 (6.31) según los resultados se establece que la muestra 1 está fuera de los limites recomendables que es de 6 y 8, mientras que la muestra 2 está dentro de los recomendables y permisibles que es de 6.5

y 9, oxígeno disuelto (OD) = m1 (1.09) m2 (1.26) según el resultado obtenido se encuentran dentro de los limites permisibles <0.8, al no existir limites recomendados, nitrógeno = m1 (1.6) m2 (2.1) basado en los resultados obtenidos se encuentra fuera de los limites tanto recomendados como permisibles al ser los recomendados de 5 y los permisibles de 30, demanda bioquímica de Oxigeno (DBO) = m1(151) m2 (140.5) según los resultados obtenidos se encuentran dentro de los limites permisibles 250 al no existir los recomendados, demanda química de Oxigeno (DQO) = según los resultados se encuentran dentro de los limites permisibles 500 al no existir los recomendados.

3.3 Propuesta de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la unidad educativa.

Figura 2. Esquema de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales de la unidad educativa Chuwitayu.



Fuente: propia

Elaboración: propia

3.3.1 Desarrollo

Tabla 4

Resultados para estimación de la población para la U.E Chuwitayu desde el año 2018 a 2023.

Año	Población (Hab)
2018	285

2019	306
2020	306
2021	312
2022	326
2023	357

Nota: En esta se muestra los datos de población de estudiantes y personal administrativo del periodo lectivo 2018-2023.

Fuente: Ministerio de Educación del Ecuador, (2022)

a) Tasa de Crecimiento Aritmético:

R=# hab año actual − # hab año anterior / año actual − año anterior

R= 357 – 326/2023 – 2022 = 31

b) Ecuación de la recta (10 años de proyección):

Pob año 2033 = Pob año1 + r · (Año n − Año1) = 357 + 31 (2033− 2023) = 667 hab

c) Cálculo de caudales

-Caudal medio diario

$$Qdom = \frac{Dotación \cdot P \cdot CR}{86400}$$

Qins = Aporte de aguas residuales de las actividades de la (Institución) (L/s).
D = Dotación o cantidad de agua potable consumida (L/hab*d).
P = Número de habitantes proyectado para el periodo de diseño asignado.
CR = Coeficiente de retorno sanitario (entre 0,70 y 0,85, usualmente es 0,80).

-Consumo de agua proyectado

Según, la información in situ los estudiantes mencionan que hacen uso de los servicios higiénicos al menos 2 veces al día, en donde se puede decir:

Consumo de agua por uso se estima que es de 2 L *2 veces = 4 L = 0,004 m3.hab.día

-Dotación= CE*PF

CE = Consumo de agua

PF = Población futura

D = 0.004m^3 /Eh*667 = 2.668 m^3/día **-Caudal**

medio:

Qme = 2.668 m3. (667* 0.80) /86400 S

Qme = 0.01 m^3/s

Tabla 5

Fórmulas empíricas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes tamaños de población.

Tamaño de la población	Caudal mínimo "Qmín"	Caudal punta "*Qp*"
Pequeña (<20,000 h-eq)	0.30*Q_{md}	5*Q_{md}
Mediana (20,00o a 60,000 h-eq)	0.45*Q_{md}	3*Q_{md}
Grande (>60,000 h-eq)	0.60*Q_{md}	2*Q_{md}
Cualquier tamaño de población		$Qp = Qmd \cdot \left(1.2 + \frac{2.6}{(Qmd)^{0.25}}\right)$

Nota: En esta se muestra las fórmulas para el caudal mínimo y caudal punta de acuerdo al tamaño de la población.

Fuente: Lozano-Rivas (2017).

Caudal Máximo:

Q = 5Qm = 5(0.01 m^3/s) = 0.05 m^3/s **Caudal**

Mínimo:

Q = 0.30(0.01) = 0.001 m^3/s **d)**

Canal de entrada

El canal conducirá las aguas residuales a los posteriores procesos sin antes retener residuos gruesos a través de las rejas instaladas, para lo que es necesario determinar el área del canal con los datos presentados en la tabla 6. Las barras restan área útil del canal, aumentando la rapidez del flujo entre rejilla (Lozano, 2017).

Tabla 6

Criterios de diseño para el canal de entrada.

Parámetro	Valor o rango
Altura mínima de lámina de agua	0.3 m (a caudal medio)
Velocidad de flujo en el canal	0.6 a 1.0 m/s (a caudal medio)
Borde libre (por encima del caudal punta al final del periodo de diseño)	0.3 a 0.4 m
Coeficiente de rugosidad de Manning	0.014 (independientemente del material de construcción)

Nota: En la tabla se muestra los parámetros y los valores a tomar en cuenta para el diseño del canal de entrada.

Fuente: Lozano-Rivas (2017).

Área de canal de entrada

$Q\text{m} = A \cdot V$

Qm = Caudal medio

A= Área

V= Volumen

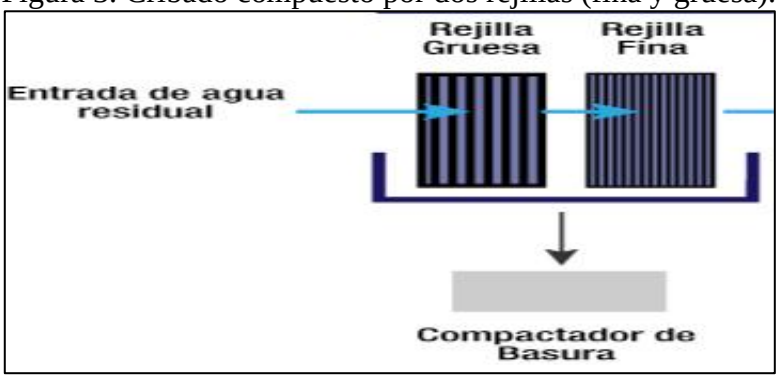
$A = Q\text{m} / V = 0.01 m3\ s / 0{,}60\ m\ s = 0.0167\ m^2$

3.3.2 Pretratamiento

Objetivo: Eliminar sólidos de gran tamaño antes de ingresar al siguiente proceso de la PTAR.

3.3.2.1 Cribado: "Remueve los contaminantes procedentes de la corriente por medio de rejillas gruesas (6 mm a 2.5 cm de apertura) y finas (1.5 a 6 mm de apertura) para proteger de posibles daños al equipo" (Conagua, s.f.).

Figura 3. Cribado compuesto por dos rejillas (fina y gruesa).



Fuente: Universidad Politécnica de Cartagena (s.f.).

3.3.2.2 Desarenado: "Se encarga de la deposición y acumulación de arenas, la cual evita el desgaste de los equipos y problemas de erosión" (Albuja y Pinos, 2018).

Tabla 7

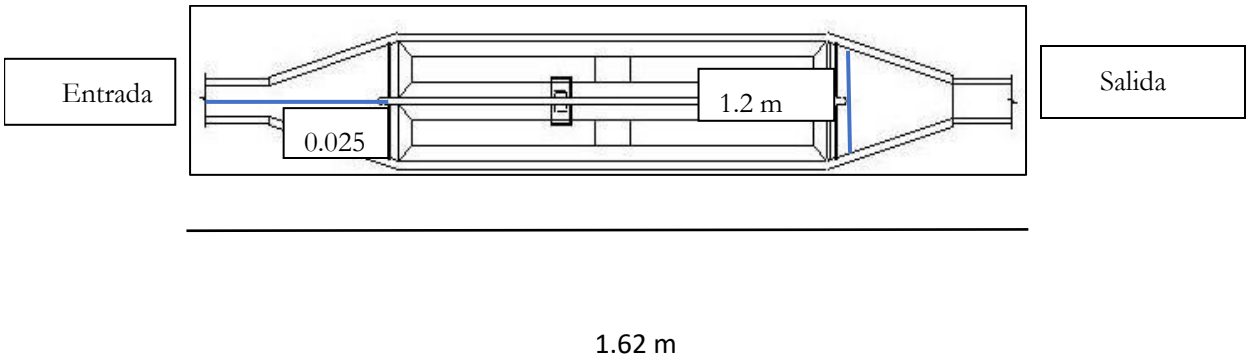
Criterios de diseño de los desarenadores.

Parámetro	Valor o rango
Carga superficial	40 a 70 m3/m2*h (a caudal punta)
Tiempo de retención Hidráulica	100 a 300s (a caudal punta) Mas frecuente = 180s
Velocidad horizontal	0.20 a 0.40 m/s (a caudal punta)
Longitud	10 a 30 veces la altura de la lámina de agua
Altura mínima de la unidad	1.0 m
Altura máxima de la unidad	2.5 m
Caudal punta	0.05 m^3/s

Nota: En esta tabla se muestra los parámetros y valores para el diseño de los desarenadores.

Fuente: Lozano-Rivas (2017).

Figura 4. Esquema de un desarenado.



a) Datos y cálculo

A: área de canal de entrada (m^2)

V: volumen efectivo (m^3)

TRH: tiempo de retención hidráulica (s)

At: área transversal (m^2)

B: ancho (m)

L: Largo (m)

-Área de cada canal:

A = Q/Cs = (0.025 m^3/s *3600 s /1h) /(40m/h) = 2.25 m^2

-El volumen efectivo de cada canal de desarenador:

V = As * P = 2.25 m^2 * 1.2 m = 2.7 m^3

-Tiempo de retención hidráulica "TRH"

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{2.7\ m^3}{0.025\ m^3 \cdot s} = 108\ s$$

-Área transversal "At" de cada desarenador:

At = Q/ Vh = (0.025 m^3/s) / (0.30m/s) = 0.08 m^2

-Ancho de cada canal:

B = At / P = 0.08 m^2 / 1.2 = 0.06 m

-Largo "L" del canal:

L = As / B = 2.25 m^2 / 0.06 m = 37.5 m

Esta longitud equivale a 27 veces la profundidad efectiva del desarenador o de la altura de la lámina de agua. Este valor se encuentra entre el rango de recomendado de (10 a 30).

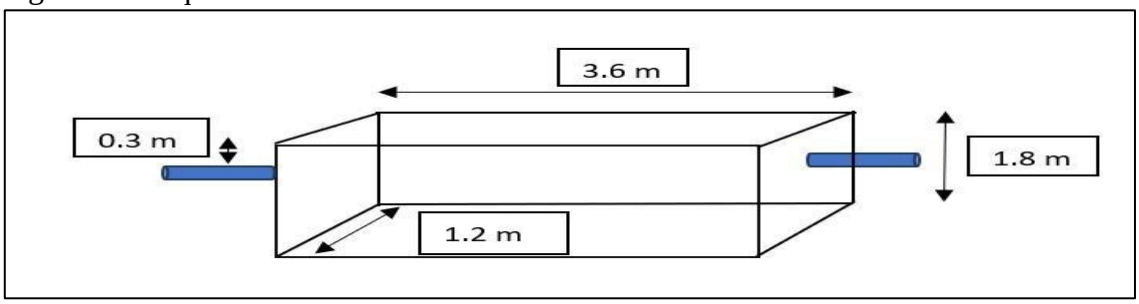
3.3.3 Tratamiento primario

Objetivo: Reducir los sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables) y biodegradables, mediante la sedimentación.

3.3.3.1 Sedimentador Rectangular Primario: "Permite a las partículas pesadas hundirse y las livianas flotar, reduciendo los sólidos suspendidos en un 50 a 70% y la materia orgánica de 20 a 40% de DBO" según lo mencionan Castillo & Díaz (2022). El sedimentador rectangular logra una mejor distribución del influente a lo ancho de la unidad (Jiménez, 2018).

a) Criterio de diseño: Arias & Guartatanga (2019). Elaboración del modelo físico y la guía metodológica para el ensayo de aguas residuales mediante pruebas de sedimentación, mencionan que el tiempo de retención hidráulica comprendido alrededor de 1 hora a 3 horas, borde libre de 0.3 m, la carga hidráulica bordea valores de 2 a 10 m3 m2/día, profundidad del tanque comprende el rango de 1.5-2.5 metros, la relación L/B largo-ancho varía entre 3-6, la relación L/H largo-profundidad en un rango de 5 a 20, una pendiente de 5 a 10% hacia la tubería o compuerta de salida, y la velocidad del agua no debe ser mayor a 0.15 m/s (Guillín & Ortega, 2018).

Figura 5. Tanque sedimentador



Elaboración: propia

Fuente: Guillín & Ortega, (2018).

b) Cálculo

Población = 667 hab. D =

2.668 m^3/día h (tirante

hidráulico) = 1.5 m Qmáx

instantáneo =?

M (coeficiente de harmon) = 2.17

Qm = 0.01 m^3 /s = 864 m^3 /día

Qmáx = 0.05 m^3 /s

Qmin = 0.001 m^3 /s

-Caudal máximo instantáneo (m^3)

Qmáx = MQm = 2.17 x 0.01 m^3 /s= 0.0217 m^3/s

-Área superficial (m^2)

As = b*h = 2.4 * 1.8 = 4.32 m^2

-Ancho del tanque sedimentador (m)

L = 3W As= LW As= $3W^2$

As = LW As= 3W*W $W=\sqrt{\frac{As}{s}}=\sqrt{\frac{4.32m^2}{3}}=$ 1.2 m

-Largo del tanque sedimentador (m)

L = 3W = 3(1.2 m) = 3.6 m

-Volumen del sedimentador (m^3)

V = As*h = 4.32 m^2 * 1.5 m = 6.48 m^3

-Tiempo de retención hidráulica (s)

THR = $\frac{Qm}{V}=\frac{60..4801}{s}$ $m_{m3}{}^3$= 648 s = 0.18 h

-Velocidad de arrastre (m/s), con la expresión de Camp-

Shields Vs= velocidad de arrastre (m/s) k= constante en material unigranular, 0.04 s= densidad relativa de las partículas, 1.3 g= gravedad, 9.81 m/s2 d= diámetro de las partículas (m), 0.0002 m f= factor de fricción de Darey-Weisbach, 0.02

$Vs=[8\ (\frac{k}{f}(s-1.0)gd)]^{0.5}=[8\ (\frac{0.04}{0.02}(1.3-1.0)9.81\ s2\cdot 0.0002\ m)]^{0.5}=$ 0.4852 m/s

-Velocidad horizontal a flujo máximo (m/s)

VL= velocidad de horizontal a flujo máximo (m/s)

Qmáx= caudal máximo instantáneo (m^3/s)

At= área de la sección transversal (m^2)

N= número de tanques

$V_L = \frac{Qmáx}{At\,n} = \frac{0.0217\ \frac{m3}{s}}{4.32\ m2 \cdot 1} = 0.005023$ m/s

La velocidad de arrastre Vs= 0.4852 m/s es mayor que la velocidad horizontal a gasto máximo VL= 0.005023 m/s por lo que el diseño del sedimentador de sección rectangular es aceptable VS>VL por lo que se considera el diseño del tanque.

3.3.4 Tratamiento secundario

Objetivo: Eliminar los contaminantes mediante la actividad biológica de los microorganismos presentes en el reactor.

3.3.4.1 Tanque Aireador: El más utilizado es el reactor de mezcla completa porque "proporciona una mezcla homogénea en todos los puntos y suministra la cantidad adecuada de oxígeno" (Padilla, 2018). En este reactor, "el agua se procesa, los microorganismos se mezclan completamente y se producen reacciones biológicas" (Guamán, 2019).

a) Criterio

Para dimensionar se consideró algunas variables que fueron las siguientes: Caudal de aguas residuales **(Q)** de 2.668 m^3 /d, una DQO de entrada de 100 mg/L **(So)** y una DQO de salida **(S)**, de 10 mg/L. Los SSLM en el tanque **(X)** son 2.5 kg/m^3 (2500 mg/L) y en los lodos **(Xr)** de 15 kg/m^3 (15000 mg/L). El reactor se proyectará con un tiempo de retención celular de 20 días **(TRC)**, con un coeficiente de crecimiento bacteriano **(Y)** de
0.5 y un coeficiente de eliminación de bacterias **(Kd)** de 0.05 d-1.

b) Cálculos

-Volumen tanque (m^3/día)

V= Volumen
TRC= Tiempo de retención celular
Y= Crecimiento bacteriano
Q= Caudal
So= DQO de entrada
S= DQO de salida

X= SSLM en el tanque

Kd= Coeficiente de eliminación de bacterias

V= $TRC \cdot Y \cdot Q \cdot (So - S) / X \cdot [1 + (Kd \cdot TRC)]$

V= 20 d · 0.5 · 2. 668 m^3 d · (0.100 $kg\ m^3$ − 0.010 $kg\ m^3$) / 2.5 $kg\ m^3$ · [1 + (0,05 d · 20 d)] = 1.921 m^3/día = 1920.1 L/día.

-Tiempo de retención hidráulica (horas)

TRH= Tiempo de retención hidráulica

∀= Volumen tanque

Q= Caudal

TRH = ∀**/Q** = 1.9201 m^3. día / 2.668 m^3. día = 0.71 d = 17.04 horas

De acuerdo con el Manual para plantas de aguas residuales (s.f.) menciona que "el tiempo de retención hidráulica oscila entre 10 a 20 horas", por tanto, se acepta.

-Carga másica

Cm= Carga másica

So= DQO de entrada

Q= Caudal

V= Volumen

X= SSLM en el tanque

Cm = So *Q/V.X

Cm = 0.100 kg m^3*2.668 m^3. día / 1.921m^3. día*2.5 kg. m^3 = 0.34 kg. DQO/kg. SSLM. día

Es aceptable ya que oscila entre 0.1 y 1 por tanto se acepta.

-Caudal de recirculación

Qr= Caudal de recirculación

Q= caudal

X= SSLM en el tanque

Qp= Caudal punta

Xr= Volumen de lodos

$Qr = (Q \cdot X) + (Qp \cdot Xr) / (Xr + X)^2$

Qr= (2.668 m^3 d · 2.5 $kg\ m^3$) + (3.60 m^3 d · 15 $kg\ m^3$) / (15 $kg\ m^3$ + 2.5 $kg\ m^3$)^2 Qr= 0.19 m^3 (Lodos que recirculan en el aireador).

-Tasa de recirculación

Tr= Tasa de recirculación

Qr= Caudal de recirculación

Q= Caudal

Tr = Qr/Q = 0.19 m^3. día/2.668 m^3. día = 0.071*100= 7.1 % lodos que recircula al sistema de aireación.

3.3.4.2 Sedimentador Rectangular Secundario: Se encarga de separar los lodos activados del líquido-mezcla, siendo este el último paso antes de la descarga requerida para la producción de un efluente estable, clarificado y con bajo contenido en DBO, DQO y sólidos totales. Gran parte de la sedimentación primaria es aplicable al sedimentador secundario (Castillo & Díaz, 2022).

3.3.5 Tratamiento terciario

Objetivo: Eliminar aquellos elementos indeseados como los (nitratos-nitritos) y aquellos compuestos como él (pesticidas, metales y detergentes).

3.3.5.1 Cloración: Se encarga de desinfectar y eliminar bacterias y otros microbios mediante la aplicación del ácido hipocloroso, dado que el cloro en agua es más de tres veces más efectivo como agente desinfectante, que una concentración de bromo, y seis veces más efectiva que una concentración de yodo (Hans-Werner y Hartmut, 2017). El cloro como un desinfectante puede utilizarse en dos formas: como gas o en forma sólida (hipoclorito de calcio) y líquida (hipoclorito de sodio), y consta de dos etapas: desinfección primaria (destruye microorganismos presentes en el agua durante el primer contacto) y secundaria (protege el agua de futuras contaminaciones) (Werner & Hartmut, 2017).

a) Criterio

El dimensionamiento para el tanque clarificador se realizó mediante el Manual de adición de cloro líquido por goteo, el cual se utilizó para la desinfección del agua el hipoclorito de sodio, en la siguiente tabla se describe el compuesto y su respectiva dosis:

Tabla 8

Dosificación del cloro.

Compuesto	Dosis (mg/L)

Cloro gas	1-16
Hipoclorito de sodio	0.2-20
Hipoclorito de calcio	0.5-5

Nota: En esta tabla se muestra los diferentes compuestos del cloro con la respectiva dosis.

Fuente: Fustamante (2017).

b) Datos y cálculo

Dosis de hipoclorito de sodio es 1 mg de cloro en 1 litro de agua.

El pH de 6.4 es óptimo ya que el cloro es eficiente cuando mayor es la alcalinidad.

Con respecto al dimensionamiento del tanque de cloración, según Romero (2017), "el tiempo de retención no debe ser menor a 30 minutos".

-El volumen del tanque se calcula con la siguiente formula:

$V = \mathbf{Q_{AR} * t_R}$

V: Volumen de tanque de cloración (m^3)

Qar: Caudal de diseño (m^3/s)

Tr: Tiempo de retención

V = Qar * tr = 0.05 m^3/s * 30min = 1.5 m^3

"Los encofrados para construcción en Ecuador tienen un estándar de construcción de altura de 2 m" (Arrieta & Chica, 2019). Utilizando la formula del volumen de un cilindro y con el valor de la altura se reemplaza en la siguiente formula:

$$\emptyset = \sqrt{\frac{V \cdot 4}{\pi \cdot h}}$$

$\emptyset$ = Diámetro del cilindro (m)

V = Volumen de tanque de cloración

H = Altura del cilindro (m)

$\emptyset$ = 0.9 m

-Cantidad de cloro que debe introducirse al tanque

$$\frac{Nt}{\quad} = (1 + 0.23 \cdot Ct \cdot t)^{-3}$$

No

Nt = Número organismos coliformes en el instante t, (NMP/100ml)

No = Número de organismos coliformes en el instante to, (NMP/100ML)

Ct = Cloro residual medio en el instante de tiempo t, (mg/L)

T = Tiempo de permanencia, (min)

$\frac{Nt}{No} = (1+0{,}23 * Ct * t)^{-3}$ = 0.002 NMP/100 ml

3.4 Tratabilidad (lodos activados)

El tratamiento por aireación o por lodos activados reduce el 93.75% de la (DBO), y el 85.02% (DQO) que son los principales parámetros que indican el estado fisicoquímico y biológico del agua y del 85% al 94% del resto de parámetros que han sido reducidos por los organismos degradadores (Cáceres, 2017). Cumpliendo de esta manera con el índice de calidad de aguas para riego y con fines recreativos de acuerdo con las normativas ambientales vigentes establecidas (Tulsma, (2017).

Cáceres, (2017), nos menciona que, "de acuerdo con la selección del tratamiento y al porcentaje de reducción de parámetros, el tratamiento fisicoquímico cuenta con un 77.84% y el tratamiento biológico tiene un 89.14% de reducción". Por lo tanto, se sugiere el tratamiento biológico por lodos activados por ser el de mejor resultado.

3.5 Alternativas para el reúso de las aguas tratadas

La reutilización de las aguas tratadas es una alternativa para enfrentar los desafíos en la gestión del agua, la crisis climática y en algunos casos las sequías periódicas. Por ello mediante información bibliográfica sobre estudios anteriores sobre el reúso de estas aguas nos permite dar alternativas adecuadas y aprovechar de manera segura sin afectar la salud de las personas y el ambiente, reutilizándolo en varias actividades como el riego de jardines y como rehusó con fines de limpieza (Pisos, fachadas, etc.) (Miller G, 2021).

3.6 Discusión

Existen diversos estudios relacionados al tratamiento de agua residual con el método de lodos activados, pero, sin embargo, no existen estudios previos del sitio donde se ha llevado a cabo la investigación, de ahí el interés en particular del estudio. A partir de

los resultados obtenidos en el laboratorio de ambiental de la UEA sobre la caracterización del agua residual sin un previo tratamiento nos proporcionó la noción del potencial problema al que debemos hacer frente, mediante la recopilación de información in situ, y por parte del departamento administrativo que brindo datos de la población desde el año 2018 a 2023, de acuerdo con la Unidad Educativa Chuwitayu (2022), menciona que cuenta con una población actual de 357 habitantes y por sus actividades diarias que realizan generan aguas residuales de acuerdo a su procedencia (domésticas) las cuales presentan altas concentraciones de microrganismos patógenos y peligrosos para la salud humana de estos se puede mencionar la E. coli y coliformes fecales, todo esto por fuera de los límites establecidos en el Anexo I libro VI (Tulsma,2017). Aunque se realizaron otros parámetros sus niveles se acercan más a lo normado a excepción de la conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno en la muestra 1 y el nitrógeno que sobrepasaron estos límites en los parámetros fisicoquímicos, esto no quiere decir que se le reste importancia, puesto que en presencia conjunta ponen en riesgo al medio natural y social como principales afectados en caso de suscitarse problemas en la PTAR de lodos activados.

La toma de muestra de agua residual se aplicó siguiendo la metodología establecida por (Protocolo de Toma de Muestras de Agua Residual, s.f.), donde se utilizó el método compuesto combinado muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos de 9:30 am hasta las 10:00 am y para asegurar la integridad de la muestra se aplicó el procedimiento de la cadena de custodia establecido por (Morales, 2022). López, Cabrera, & Carrillo (2017) nos menciona que, los resultados de la investigación es comparable con los limites permisibles normados y se encuentra que bordean la concordancia, están por debajo o muy por encima de lo que se establece como es el caso de la CE, Ph y nitrógeno ante esto, es necesario aplicar ajustes correspondientes en las parámetros físicos del pretratamiento que permita mejorar los resultados, asegurando que la calidad del agua resultante del proceso pueda ser utilizada en la funcionalidad que se defina.

De acuerdo con Cáceres, (2017) “el tratamiento por lodos activados reduce el 93.75% de la DBO y 85.02% DQO”, de la misma manera Cáceres, (2017), nos menciona que “de acuerdo con la selección del tratamiento y al porcentaje de reducción de parámetros, el tratamiento fisicoquímico cuenta con un 77.84% y el tratamiento biológico tiene un 89.14% de reducción”. Por lo tanto, se sugiere el tratamiento biológico por lodos activados por ser el de mejor reducción.

la factibilidad del sistema de lodos activados según Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, (2017). "una serie de cribas elimina hasta el SS: 2-15%, DBO Y DQO: 520%, E. Coli: 10-25%". "Permite la reducción de SST en un 50 a 70% y materia orgánica de 20 a 40% de DBO, E. Coli: 25-70%" (Tilley et al, 2018). Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente-manejo de aguas residuales en pequeñas comunidades, (2017), nos menciona que, "es factible usar un diseño biológico según la relación DQO/DBO en el cual tendremos una reducción de: SS: 80-90%, DBO: 80-95%, E. Coli: 90-95%", mientras que Gómez, (2017) nos argumenta que, "mediante la aplicación cloración para la remoción de nutrientes tendremos un rendimiento de: SS: 90-95%, DBO: 80-95%, E. Coli: 90-95%".

La población futura se estimó aplicando el método aritmético el cual se obtuvo una población de 667 habitantes para el año 2033, con un caudal mínimo de 0.001 m^3/s, medio de 0.01m^3/s y máximo de 0.05 m^3/s. siguiendo los criterios de canal de entrada establecida por, Lozano & Rivas, (2017) se estimó un área de entrada de 0.0167 m^2 compuesto por rejillas gruesas (6 mm a 2.5 cm de apertura) y finas (1.5 a 6 mm de apertura) para proteger de posibles daños al equipo. Continuando con el criterio de Lozano & Rivas, (2017) para determinar las características del desarenador, el cual cuenta con una caudal punta de 50l/s, carga superficial de 40m/h, canal de entrada de 2.25m^2, un volumen de 2.7 m^3, "TRH" 108s, ancho del canal de 0.06m y una longitud de 37.5 m este valor se encuentra entre el rango de recomendado de (10 a 30) cabe mencionar que en el pretratamiento se suprime a la trampa de grasas y aceites ya que la institución no genera aguas grises o afines a estas.

Aplicando los criterios de diseño para el tanque sedimentador expuesto por Guillín & Ortega, (2018) el tanque cuenta un área superficial de 4.32m2, ancho 1.2 m, largo 3.6 m, volumen 6.48 m3, "THR" 0.18 h, velocidad de arrastre 0.4852 m/s y velocidad horizontal a flujo máximo 0.005023 m/s La velocidad de arrastre Vs= 0.4852 m/s es mayor que la velocidad horizontal a gasto máximo VL= 0.005023 m/s por lo que el diseño del sedimentador de sección rectangular es aceptable VS>VL por lo que se considera el diseño del tanque.

El tanque aireador se estableció siguiendo los criterios de Padilla, (2018) y Guamán, (2019), donde tenemos un volumen de 1.9201 m^3, "THR" 17.04 h el cual, citando a Manual para Plantas de Aguas Residuales (s.f.) menciona que el tiempo de retención

hidráulica oscila entre 10 a 20 horas, por tanto, se acepta. Carga másica 0.34 kg. DQO/kg. SSLM. Día, Es aceptable ya que oscila entre 0.1 y 1 por tanto se acepta. Tiempo de retención celular 3.60 m^3/día (Corresponde al volumen de lodos que se extrae del decantador secundario), caudal de recirculación 0.19 m^3, la tasa de recirculación es de 7.1 %, siendo factible para su posterior tratamiento en el tanque clarificador. según Fustamante (2017a), nos menciona que, la dosis respectiva para la aplicación de hipoclorito de sodio como eliminador de los nutrientes excedentes según el tiempo de retención no debe ser menor a 30 minutos. Utilizando nuevamente las palabras de Fustamante (2017b), nos cita que, el volumen del tanque de cloración es de 1.5m^3, con una altura de 2 m. Mientras que, Arrieta & Chica, (2019), nos dan a conocer que el diámetro del tanque será de 0.9 m, con una dosis o cantidad de cloro que debe introducirse en el tanque igual a 0.002 NMP/100 ml. En comparación con la investigación de los autores Romero, J. A., (2017) menciona que se ejecutó la técnica de desinfección a base de cloración obteniendo un 45.70% de efectividad, mientras que nuestra investigación obtuvo un 87,51% al usar nuevamente la técnica de lodos activados, comprobando la funcionalidad una vez más.

4. CONCLUSIONES

- En conclusión, la Unidad Educativa Chuwitayu se encuentra ubicada en la vía Puyo-Macas kilómetro 63, provincia y cantón Pastaza, parroquia Simón Bolívar, comunidad shuar Chuwitayu a dos horas de la ciudad del Puyo. Está conformado por un total 16 docentes, dos personales administrativos, y un total de 345 estudiantes, mismos que por sus actividades diarias generan aguas residuales que son descargas sin un previo tratamiento al río Ijemi, provocando la contaminación del recurso hídrico que también afectan a la salud de las personas.
- Los parámetros físicos, químicos y biológicos utilizados para el análisis del agua residual de la Unidad Educativa Chuwitayu se tomaron en cuenta dos muestras compuestas para cada indicador, estos fueron: sólidos totales (SST), turbiedad, conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrogeno (pH), oxígeno disuelto (OD), nitrógeno, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y demanda química de oxígeno (DQO), que de acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 3 (resultados de los análisis de agua residual) los siguientes indicadores estuvieron dentro de los límites recomendables como permisibles (sólidos

totales, turbiedad, potencial de hidrogeno muestra dos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno) y los indicadores que se determinaron como fuera de los límites recomendables y permisibles (conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno muestra uno, y nitrógeno), todos estos análisis fueron realizados de acuerdo con las técnicas establecidas en el libro Standard Methods for the examination of wáter and wastewater 22 edición (2012), tabla 3 (resultados de los análisis de agua residual) para lograr el diseño adecuado para PTAR de la unidad educativa.

- El prototipo de la PTAR que se diseñó fue el sistema de tratamiento por lodos activados en base a los resultados de los parámetros mencionados anteriormente en la Tabla 3, tomando en cuenta los indicadores que están sobre los límites de la normativa ambiental para verificar el rendimiento en porcentaje de reducción de contaminantes después del tratamiento. Este sistema de tratamiento es eficaz para tratar aguas residuales domésticas, el cual está conformado por cuatros fases: pretratamiento (destinada a reducir la materia orgánica, las cuales eliminan de 2-15% de SS y entre 5-20% de DBO y DQO, mediante cribado y desarenado.), tratamiento primario (eliminan sólidos orgánicos e inorgánicos reduciendo en un 50 a 70% de SST y materia orgánica entre 20 a 40% de DBO, mediante un sedimentador rectangular por sedimentación.), tratamiento secundario (los microorganismos eliminan la materia presente alimentándose de la misma, gracias a la inyección de aire y la recirculación de lodos, mediante un tanque aireador y un sedimentador rectangular.) y el tratamiento terciario (en esta fase se aplica la desinfección para eliminar bacterias y otros microbios presentes en el agua, utilizando en el proceso el hipoclorito de sodio con dosis entre 0,2-20 mg/L.).
- El agua residual doméstica tratada finalmente se propone reutilizarla en el uso para riego de jardines y para fines de limpieza de las fachadas de las edificaciones que se encuentran dentro del área de la Unidad Educativa Chuwitayu.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar información confiable proporcionada por la Unidad Educativa Chuwitayo para una recopilación exacta de los datos históricos

primarios y secundarios hasta la actualidad, para facilitar el desarrollo de la investigación en cuanto a la línea base.

- Manejar y emplear adecuadamente los equipos y materiales del laboratorio para obtener resultados acertados en cuanto al análisis de las aguas residuales obtenidos de las Unidad Educativa Chuwitayo para determinar el tipo de tratamiento a efectuarse.
- Se recomienda implantar el prototipo de diseño propuesto para la PTAR por el sistema de lodos activados para mejorar la calidad de sus vertidos y revertir los daños causados al medio ambiente, específicamente al recurso hídrico y a la salud de las personas (estudiantes y docentes).
- Reutilizar el agua tratada para fines de riego de jardines y limpieza de fachadas del establecimiento educativo según lo establecido en la propuesta de la PTAR.

6. REFERENCIAS

Arias, S. & Guartatanga, R. (2019). *Elaboración del modelo físico y la guía metodológica para el ensayo de aguas residuales mediante pruebas de sedimentación de la asignatura de Hidrosanitaria de la Universidad del Azuay.* (Trabajo de graduación previo a la obtención del título de: Ingeniero Civil con énfasis en gerencia de construcciones). Recuperado de https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9478/5/15114.pdf

Arreguí. (2022). *Importancia del tratamiento de aguas residuales.* Tratamiento de aguas. Recuperado de https://contyquim.com/blog/importancia-del-tratamientode-aguasresiduales#:~:text=El%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20es%20i mportante%20para%20conservar%20el,reducir%20los%20niveles%20de%20c o ntaminaci%C3%B3n.

Arrieta y Chica (2019). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con tecnología de lodos activados, para la parroquia de San José de Ayora, Cayambe*. Recuperado de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17584/1/UPS%20-%20ST004155.pdf

Bosquete & Choez. (2017). *Pretratamientos y Tratamientos primarios.* Tratamiento de Aguas Residuales R.S Ramalho. Recuperado de https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/pretr at amientos_tratamientos_primarios.pdf

Buitrón, et al. (2018). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas aeróbicas aplicadas al tratamiento de aguas residuales.* Recuperado de https://www.cyted.org/sites/default/files/tratamiento_aerobio_de_aguas_residua l es.pdf

Castillo Calderón, S. G., & Ullauri Vergara, J. A. (2022). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para los barrios:* Central, El Progreso, Buganvillas, Los Guayabales, de la parroquia de Mindo del cantón San Miguel de los Bancos en la provincia de Pichincha (Bachelor's thesis).

Castillo, F & Díaz, H. (2022). *"Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales y validarlo mediante un software de simulación y optimización para la parroquia Crucita, Portoviejo-Manabí*". Recuperado de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22938/1/UPS-CT009990.pdf

Comisión Nacional del Agua (Conagua). (s.f.). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento:* Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado. Recuperado de https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15Libro4.pdf

Estrada, et al. (2017). *Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la provincia de Santa Elena.* Recuperado de file:///C:/Users/ORTEL/Downloads/320-1586-2-PB.pdf

Eugene, Rodger et al., Lenore. (2017). *Standard Methods for the examination of wáter and wastewater 22 edición.*

Hernández, Fernández & Baptista. (2017). *Metodología de la Investigación.* Los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. Recuperado de https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Fustamante, N. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Recuperado de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf

García Campoverde, J.C. (2022). *Estimación de la calidad de agua del Río Quingeo, Cuenca, Azuay, mediante análisis de bioindicadores en el periodo 2021-2022* (Bachelor´s thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Gerónimo Mamani, W. (2022). *Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río ILAVE en el área de influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de ILAVE, Puno 2021-2022*.

Guadalupe Ramírez Cerón. (27 de mayo de 2020). *Diseño tanque de cloración*. [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=NJxhsuYQ3vE&t=51s&ab_channel=GUA DALUPERAMIREZCERON

Guillín, G. & Ortega, J. (2018). *"Diseño y construcción a escala piloto de un prototipo de sedimentador rectangular"*. (Proyecto de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil). Recuperado de http://www.fict.espol.edu.ec/sites/fict.espol.edu.ec/files/Documentos/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCI%C3%93N%20A%20ESCALA%20PILOT

O%20DE%20UN%20PROTOTIPO%20DE%20SEDIMENTADOR%20REC T ANGULAR.pdf

InfoEscuelas. (2022). *Unidad Educativa Chuwitayu en Pastaza.* Recuperado de https://www.infoescuelas.com/ecuador/pastaza/unidad-educativa-chuwitayuen-pastaza/#UNIDAD_EDUCATIVA_CHUWITAYU_es_una_escuela_de_Educa cion_Regular_situada_en_la_provincia_de_PASTAZA_canton_de_PASTAZA _en_la_parroquia_de_SIMON_BOLIVAR

López Enríquez, S.S. (2022). *Tratamiento de aguas residuales municipales aplicando un sistema de biodiscos a condiciones controladas en el distrito de Lampa, 2022.*

Morales. (2022). *Sistema Especializado Integral de Investigación, de Medicina Legal y Ciencias Forenses.* Protocolo del centro de acopio. Recuperado de https://www.fiscalia.gob.ec/wp-content/uploads/2014/08/files_archivos%20AC_COIP%20073%20FGE_Area%20de%20Cadena%20de%20Custodia_14__Protocolo_del_Centro_de_Acopio.pdf

Organización de Naciones Unidas (ONU). (2019). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible:* Objetivo 6 agua limpia y saneamiento. Recuperado de https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-GoalsReport-2019_Spanish.pdf

PIGUAVE, B., PINCAY, J. J. T., & ISIDRO, J. (2022). *Tratamiento de agua residual en la parroquia noboa usando el método de lodos activados* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

Proaño Mejía, K.A. (2022). *Análisis de la interferencia de la turbidez en la efectividad del tratamiento terciario de aguas, utilizando radiación ultravioleta en la eliminación de microorganismos indicadores.* (Bachelor´s thesis).

Rodríguez Severino, K. I., & Tamayo Costabalo, Z. M. (2021). *Evaluación del sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas del cantón Babahoyo-provincia de los Ríos* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil-Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas-Carrera Ingeniería Civil).

SEPTAR. (2020). *Equipos para tratamiento primario y secundario de aguas residuales.* Recuperado de https://septar.com.mx/index.php/tratamientoprimario-y-secundario-de-aguas-residuales/

SENAGUA. (2016). *Estrategia Nacional de Calidad del Agua.* Recuperado de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-delAgua_2016-2030.pdf

TULSMA. (2017). *Revisión y actualización de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes:* recurso agua. Recuperado de https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf

Unidad Educativa Chuwitayu. (2022). *InfoEscuelas*. Recuperado de https://www.infoescuelas.com/ecuador/pastaza/unidad-educativa-chuwitayuen-pastaza/#UNIDAD_EDUCATIVA_CHUWITAYU_es_una_escuela_de_Educa cion_Regular_situada_en_la_provincia_de_PASTAZA_canton_de_PASTAZA _en_la_parroquia_de_SIMON_BOLIVAR

Universidad Politécnica de Cartagena. (s.f.). *Tecnología mineralúrgica:* Clasificación directa-cribado. Recuperado de https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/14072/mod_resource/content/2/Clasificaci%C3%B3n%20directa.%20Cribado2.pdf

YAKUNINA & TORSKE. (2019). *La realidad de las aguas servidas en Ecuador.* Recuperado de https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidasen-ecuador/

7. ANEXOS:

7.1 Marco teórico:

El crecimiento demográfico tanto en zonas urbanas, rurales y centros poblados demanda una serie de servicios de primera necesidad, como consumo de energía eléctrica, acceso vial, al agua potable, alcantarillado y a la vez servicios de depuración de aguas residuales. La Unidad Educativa Chuwitayo 27 de febrero, está ubicada en la vía PuyoMacas km 63 colindando con la vía Chapintza y la comunidad Consuelo. Este sector tiene aproximadamente 400 socios/as activos y más de 600 habitantes que cuenta con un área de 1.020,9 Km^2.

En la actualidad millones de personas carecen aaún de una fuente adecuada de agua potable, mientras que la mayoría carece de instalaciones seguras y adecuadas para la eliminación de sustancias fecales u otros residuos peligrosos. La mayor parte de las personas sin acceso a los servicios básicos se encuentran en zonas rurales o comunidades, principalmente en los cinturones de pobreza que surgen de la periferia de muchas ciudades de la región. Resulta difícil proporcionarles servicios de calidad aceptables a estas áreas marginales Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, la Ciencia y la Educación (UNESCO, 2019).

"La demanda del recurso hídrico cada vez va aumentando, aunque las proyecciones pueden variar un poco, el análisis actual sugiere que gran parte de este crecimiento se atribuirá al sector industrial y domestico" (Burek et al., 2017). "La disponibilidad de agua significa que el abastecimiento de agua es suficiente y continuo para usos personales y domésticos, incluyendo consumo, lavado, riego, de uso recreativo e higiene personal" Comité de Derechos Económicos, Sociales y culturales (CESCR, 2018). El tratamiento correcto de las aguas residuales es fundamental para la buena salud pública.

En 2010 las Naciones Unidas reconocieron "el derecho al agua potable limpia y segura y al saneamiento como un derecho humano que es fundamental para el pleno uso de la vida y todos los derechos humanos" (ONU, 2019). "A nivel nacional 10 GAD provinciales tratan sus aguas residuales, mismas que representan un 41.7% a nivel nacional. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos" (INEC, 2017). En 2017, "el 60,3% de municipios dispone el agua residual no tratada en los ríos, mientras que el 38.4% en quebradas. Se observa una tendencia de la disposición en quebradas". (INEC, 2017). En 2017, "el 57% de municipios cuentan con alcantarillado diferenciado, por lo tanto, tienen alcantarillado sanitario y pluvial, mientras que el 3.6% no poseen alcantarillado. Entre 2015 y 2017, se observa un incremento de municipios que cuentan con alcantarillado diferenciado" (INEC, 2017).

En el contexto de la unidad educativa Chuwitayu, los sistemas de tuberías no están conectados al sistema de alcantarillado, si no a un biodigestor (tratamiento in situ), el cual se encuentra en malas condiciones ya que, por su falta de mantenimiento y cuidado del mismo, las aguas residuales que se depositan en el biodigestor no se trata debidamente dentro del sistema, más bien estos se riegan fuera del tanque por la acumulación de las mismas, causando que sus vertientes tengan como destino final cuerpos de agua y/o ríos que se encuentran cercanas a la zona de estudio, sin un previo tratamiento eficaz para su depuración o reutilización, el problema principal radica en la falta de inversión pública para la construcción de infraestructura que permita un óptimo tratamiento (Unidad Educativa Chuwitayu, 2022). Por otra parte, la propuesta de diseño de una PTAR dentro de la comunidad Chuwitayu. Tiene por objeto tratar las aguas residuales domésticas que se genera en la "Unidad Educativa Chuwitayu, las cuales que, por sus actividades producen dichos vertidos, que son depositadas a cuerpos de agua sin un previo tratamiento, por tal motivo se desea evitar este tipo de alteración que se está provocando al medio ambiente en particular al recurso hídrico y así

garantizar una vida saludable de los ríos y por ende a las comunidades rio abajo las mismas que aún se sirven de estos ríos para satisfacer sus necesidades básicas, usándola para aseo personal, lavado de utensilios, vajillas, limpieza, lavandería, pesca y muchas veces para su consumo. Como estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental, es nuestra preocupación que cada vez exista mayor impacto negativo ambiental, por ello, es importante controlar, mitigar y manejar su proceso hasta su descarga o disposición final, de acuerdo a los limites permisibles de descarga a cuerpos de agua según la normativa ambiental vigente, mismos que se pretende disminuir utilizando la aplicación técnica, en este caso los diferentes sistemas de tratamiento tecnológico de aguas residuales, y así finalmente poder reutilizarla en beneficio de la institución en diferentes actividades que esta lo requiera.

7.2 Aguas Residuales:

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas que se realizan diariamente y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, depositadas a un cuerpo natural de gua o descargadas al sistema de alcantarillado (Quispe, 2018).

Las aguas se caracterizan por lo general por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales, estas, además, se pueden subdividir en:

7.2.1 Aguas Negras:

"Se caracterizan por ser aguas que son transportadas de la orina y lo proveniente del sanitario" (Pulido et al, 2017a).

7.2.2 Aguas Blancas:

"Son procedentes de drenajes o de escorrentías superficial, caracterizándose por grandes aportaciones intermitentes y escasa contaminación. Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la lluvia, la atmosfera o por lavado de superficies y terrenos" (Hernández, 2018). **7.3 Origen de las aguas residuales:**

"Las aguas residuales, como se dio a conocer anteriormente pueden tener múltiples orígenes según su procedencia, entre los cuales pueden ser de origen doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo, entre otras, los cuales determinan sus características que estas aguas puedan tener" (Pulido et, 2017b). **7.3.1 Lodos provenientes del tratamiento de las aguas residuales**

Como resultado del tratamiento primario de las aguas residuales y la remoción del material suspendido en el agua, se obtienen los lodos. Estos están compuestos en su mayor parte por el material orgánico proveniente de excretas humanas y residuos domésticos, pero también presentan residuos de actividades industriales, las cuales se han vertido al sistema de recolección de aguas residuales y dirigidos a la PTAR (López et al., 2018).

7.4 Muestra:

"Es una parte o subconjunto de unidades representativas de un conjunto llamado población o universo, seleccionadas de forma aleatoria, y que se somete a observación científica con el objetivo de obtener resultados válidos para el universo total investigado" (López & Fachelli, 2017).

7.4.1 Muestra simple:

"Muestra recogida en un lugar y momento determinado solo representa la composición de la fuente en ese punto, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación" (Ojeda, 2020). **7.4.2 Muestra compuesta:**

Se realiza para todas las muestras residuales a excepción de aquellas con contenido exclusivamente fecal o cuando la autorización de vertido así lo permita, pues la composición del agua varía significativamente a lo largo del tiempo. En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. (Protocolo de Toma de Muestras de Agua Residual, s.f.). **7.4.3 Recogida manual muestra compuesta:**

Permite tomar porciones individuales del agua que se va a estudiar en botellas plásticas y combinarlas en una sola botella al momento de tomarlas manteniéndola siempre en condiciones de refrigeración a 4ºC y oscuridad. Según Hanna Instruments (Morales, 2022), nos menciona que "son para sitios de fácil acceso, tiene como ventaja permitir al encargado tomar la muestra observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, aumento o disminución de caudal, etc".

7.5 Características Fisicoquímicas y biológicas de las aguas residuales:

La temperatura es importante porque caracteriza la "transferencia de energía y tiene incidencia en otros parámetros como la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, lo que incrementa la eliminación de materia orgánica" (Cornejo, 2019). "La conductividad eléctrica nos ayuda a proporcionar una evaluación de la concentración total de iones disueltos en el agua, y es importante como un indicador del grado de mineralización del agua" (Claude E, 2017). Miijojkovic, Trepsic, & Milicancevic (2019) también nos

menciona que “la turbiedad refleja el contenido de sustancias coloidales, minerales u orgánicas en el agua, nos dice que tan limpio se encuentra el efluente”. El oxígeno disuelto (OD) facilita la respiración de los microorganismos presentes en el agua residual, de acuerdo con Castillo & Quispe (2019) estos microorganismos “descomponen la materia orgánica del agua residual usando el oxígeno disuelto para su respiración”. De acuerdo con Eco fluidos (2017) la Demanda biológica de Oxígeno (DBO) determina la “cantidad de oxígeno en miligramos que necesitan las bacterias para descomponer la materia orgánica en un litro de agua residual”, mientras la Demanda Química de oxígeno (DQO), según, Aurora (2018) “determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica presente en el agua en cierta temperatura sobre un periodo de tiempo específico, a diferencia de la (DBO) esta medida emplea un oxidante fuerte en vez de microorganismos”. El Potencial de Hidrogeno (pH) tendrá como papel principal tomar el control de procesos biológicos del TAR, ya que la mayor parte de microorganismos se desarrollan en un rango de pH entre 6,5 y 8,5. De acuerdo con Jaramillo (2017), “se trata de un indicador esencial, que nos permite determinar la idoneidad o no del agua”. Los Nitratos y nitritos son indicadores importantes de la calidad del agua usualmente son los nutrientes presentes en el agua en cantidades bajas, pero en concentraciones altas perjudican su composición, los cuales pueden llegar a los cuerpos de agua por escorrentía superficial o infiltración, así como por aguas residuales (AR) (Cornejo, 2019).

7.6 Pretratamiento:

Este proceso se encarga de eliminar sólidos de gran tamaño antes de ingresar al sistema de la PTAR, (Conagua, s.f.) menciona que el tratamiento preliminar prepara el afluente de aguas residuales para su posterior tratamiento, mediante la reducción o eliminación de características específicas del agua residual que, de otra manera, podrían impedir el funcionamiento o indebidamente incrementar el mantenimiento de los procesos y equipos de las unidades siguientes al pretratamiento.

7.6.1 Cribado:

Proceso de acuerdo con (Conagua, s.f.) consta de rejillas gruesas y finas, las cuales remueven los contaminantes procedentes de la corriente para proteger posibles daños la operación y al equipo, por ello las rejas gruesas (deben de ser de 6 mm a 2.5 cm de apertura) mientras las rejas finas (1.5 a 6 mm de apertura).

7.6.1.1 Desarenado:

El desarenado es una parte importante del tratamiento de aguas residuales, evita la abrasión innecesaria y el desgaste de los equipos mecánicos, la deposición de arena en tuberías y canales, y la acumulación de arena en digestores anaerobios y tanques de aireación (Albuja & Pinos, 2018.)

7.7 Tratamiento primario:

El objetivo de los tratamientos primarios es la reducción de los sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables), mediante su sedimentación, consiguiéndose, además, una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan están constituidos por materia orgánica (Arrieta & Chica, 2019)

7.7.1 Sedimentador Primario:

"El tanque sedimentador está diseñado para suprimir sólidos suspendidos por sedimentación, mediante la baja velocidad del flujo permite que las partículas sedimentables se hundan, mientras que los que pesan menos que el agua flotan hacia la superficie" (TILLEY et al, 2018).

7.7.1.1 Tanque Rectangular:

"En los tanques rectangulares el influente es distribuido a la entrada de la unidad por medio de bafles verticales o vertedores sumergidos; el objetivo de estas estructuras es lograr una mejor distribución del influente a lo ancho de la unidad" (Jiménez, 2018).

7.8 Tratamiento secundario:

Conocido como depuración o tratamiento biológico de aguas residuales (TBAR), se refiere a la eliminación de contaminantes mediante la actividad biológica de los microorganismos presentes en el reactor, que se encarga especialmente a eliminar la DBO soluble y los residuos de materia en suspensión que se escapan del tratamiento primario (Rivas, 2019). **7.8.1 Tanque Aireador:**

En este reactor, "el agua se procesa, los microorganismos se mezclan completamente y se producen reacciones biológicas" (Guamán, 2019).

7.8.2 Sedimentador Secundario:

Cumple la función de separar los lodos activados del líquido-mezcla. Esta separación de sólidos es el último paso, antes de la descarga requerida para la producción de un efluente estable, bien clarificado, y con bajo contenido en DBO, DQO y sólidos totales (Análisis y Diseño del Tratamiento Secundario, s.f.)

7.9 Tratamiento terciario:

"Es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales, cuya finalidad es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos secundarios, como los nutrientes, el fósforo, y nitrógeno" (Belzona, s.f.).

7.9.1 Cloración:

La cloración es aplicar cloro en el agua para eliminar microorganismos que pueden resultar nocivos a la salud, Hans-Werner y Hartmut (2017), mencionan al cloro como "un desinfectante que puede utilizarse en dos formas: como gas o en forma sólida (hipoclorito de calcio) y líquida (hipoclorito de sodio), en cualquiera de sus formas el poder desinfectante del cloro es similar".

La cloración se da en dos etapas:

1. Desinfección primaria: "El cloro destruye los microorganismos presentes en el agua durante el primer contacto" (Werner & Hartmut (2017).
2. Desinfección secundaria: "Protege al agua de posibles futuras contaminaciones" (Werner & Hartmut (2017).

Tabla 9

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	**Expresado como**	**Unidad**	**Límite máximo permisible**
Aceites y grasas	Sustancia soluble en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables		mg/l	Cero
Aluminio	A	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	5.0

Nota: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público Anexo I libro VI.
Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (2017)

- Artículo 69.- Permisos de descarga, emisiones y vertidos. - De verificar la entidad ambiental de control que el plan de manejo ambiental se ha cumplido

con normalidad, extenderá el permiso de descarga, emisiones y vertidos, previo el pago de los derechos fijados para el efecto.

- Artículo 73.- Control de Calidad. - En este artículo se mencionan los procedimientos de control de calidad y los métodos de análisis empleados para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos, control de los procesos de tratamiento, monitoreo y vigilancia de la calidad del recurso, estas serán indicadas en las respectivas normas técnicas ecuatorianas o en su defecto estándares aceptados en el ámbito internacional, y los análisis se efectuarán en laboratorios acreditados.
- Artículo 82.- Reporte de descarga, emisiones y vertidos. - Solamente una vez reportadas las descaras, emisiones y vertidos, se podrá obtener el permiso de la entidad ambiental de control para efectuar éstas en el siguiente año.
- Artículo 92.- Permiso de descarga y emisiones. - el permiso de descargas,
emisiones y vertidos es el instrumento administrativo que faculta a la actividad del normatizado a realizar sus descargas al ambiente, siempre que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en las normas técnicas ambientales nacionales o las que se dicten en el cantón y provincia en el que se encuentren esas actividades. El permiso de descarga, emisiones y vertidos será efectuado a los cuerpos de agua, sistemas de alcantarillado al aíre y al suelo.

8. Ley de prevención y control de la contaminación

- Art. 6.- Está prohibido descargar, sin acatarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como introducir en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean perjudiciales a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.
- Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.
- Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el porcentaje de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

- Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta ley.

9. Constitución Política de la República del Ecuador.

- Art. 396.- (…) Los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios se encargarán de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que hayan causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

- Art. 411. (…) 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.

10. Ley de Gestión Ambiental

- Art. 9.- Le corresponde al ministerio del ramo:

(…) j) Coordinar con los organismos competentes de los sistemas de control para la verificación del cumplimiento de normas de calidad ambiental referentes al aíre, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes.

- Art. 33.- Establézcanse como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de afluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

11. NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA, INEN 2176:2013

Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestro

Esta norma establece las guías sobre las técnicas de muestreo utilizadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, poluídas y aguas residuales para su caracterización.



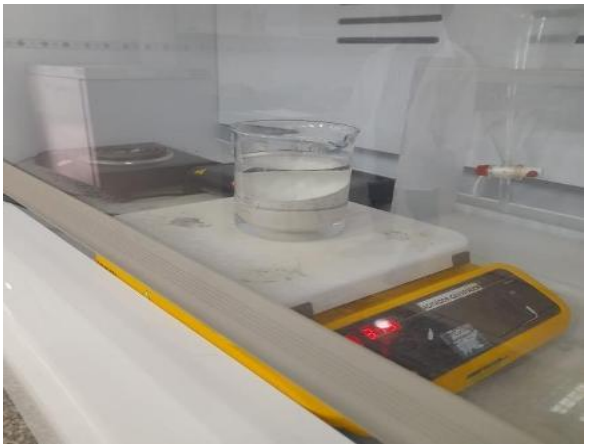
Recolección de la muestra.



Análisis de la DBO (Equipo respirometrico)



Análisis de la DQO (Equipo colorimétrico)



Análisis de los SST (Incubadora 103-105°C)



Análisis (pH, OD, CE) (Equipo multiparamétrico)



Análisis Nitrógeno (Equipo Kjeldahl)