



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE BIODIGESTOR
AUTOLIMPIABLE EN LA UNIDAD BASICA DE SANEAMIENTO
(UBS) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS EN EL AMBITO RURAL HUATA-PUNO-2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDWIN CAYLLAHUA CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE EN LA UNIDAD BASICA DE SANEAMIENTO (UBS), EN

AUTOR

EDWIN CAYLLAHUA CONDORI

RECuento DE PALABRAS

26539 Words

RECuento DE CARACTERES

145122 Characters

RECuento DE PÁGINAS

145 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.2MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 16, 2024 4:21 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 16, 2024 4:24 PM GMT-5

● **11% de similitud general**

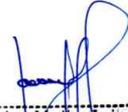
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Ing. Zenón Mellado Vargas
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 93059


vrg
19/08/2024
Ing. Jaime Medina Leiva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 810845
SOS-EDIC

Resumen



DEDICATORIA

Agradezco a, Dios por darme la vida y la Fortaleza que me ha dado continuar, este proceso de obtener una de mis aspiraciones en mi vida.

Con todo amor y gratitud, dedico este logro a ustedes; Juan F. Cayllahua Cahuana y Rosa Elena Condori Ccama quienes, con su esfuerzo, su paciencia, poniendo toda su confianza en mí, permitieron que llegue a cumplir mis metas y son admirables, ejemplos en mi vida.

A mis hermanos Flor V. y Juan R. por su cariño y apoyo incondicional, de una u otra manera están presentes en cada uno de mis sueños y objetivos en todo momento gracias.



AGRADECIMIENTOS

A nuestra Escuela Profesional de ingeniería civil; con toda su plana de docentes por haberme brindado de sus valiosos conocimientos y enseñanzas, durante este proceso de formación profesional.

El agradecimiento a mi director de tesis quien puso su confianza en mí Ing. Zenon Mellado Vargas y jurados D.Sc. Felix Rojas Chahuares, Ing. Edwin Guerra Ramos, Ing. y Silvia Leonor Ingaluque Arapa, por su paciencia y orientación durante la realización de la siguiente investigación.

Expresar mi gratitud a la familia Huacani, Gutiérrez quienes, como beneficiarios del proyecto, brindando acceso a su hogar siendo fundamental para esta investigación.

También a las personas que aportaron en la ejecución a Jeasveck por su apoyo constante e invaluable y las personas que brindaron su apoyo y colaboración en su realización ha sido fundamental y valoro sinceramente su respaldo.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos	21
1.3. HIPÓTESIS	21
1.3.1. Hipótesis general	21
1.3.2. Hipótesis específicas	21
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.5.1. Objetivo general	23
1.5.2. Objetivos específicos	23

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1.	ANTECEDENTE DE INVESTIGACION.....	24
2.1.1.	Antecedentes a nivel internacional.....	24
2.1.2.	Antecedentes nacionales	26
2.1.3.	Antecedentes regionales.....	28
2.2.	BASE TEÓRICA.....	30
2.2.1.	Eficiencia.....	30
2.2.2.	Aguas residuales.....	31
2.2.3.	Tipos de agua residual.....	32
2.2.4.	Características de aguas residuales domesticas.....	33
2.2.5.	Tratamiento de agua residual domestica	42
2.2.6.	Unidades básicas de saneamiento	45
2.2.7.	Límites máximos permisibles (LMP).....	50
2.2.8.	Biodigestor Autolimpiables	54
2.2.9.	Humedal	59

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN	60
3.1.1.	Ubicación política	61
3.1.2.	Ubicación Geográfica.....	61
3.1.3.	Vías de Acceso	62
3.1.4.	Clima y Temperatura.....	62
3.2.	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	63
3.3.	MATERIALES DE ESTUDIO	63
3.3.1.	Materiales de gabinete, escritorio, software y equipos	63
3.3.2.	Descripción del sistema actual	64



3.3.3.	Población y muestra	72
3.4.	METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS TOMA DE DATOS	73
3.4.1.	Metodología de investigación	73
3.4.2.	Métodos e instrumentos.	75
3.4.3.	Procesamiento de información	86
3.5.	ANÁLISIS Y REGISTRO DE DATOS	87
3.5.1.	Propuesta de diseño	87
3.5.2.	Criterio de diseño	91
3.5.3.	Propuesta de diseño de aguas residuales domesticas en ubs.	94
3.5.4.	Cálculo y evaluación de la unidad básica de saneamiento.....	103

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADO DE ANALISIS TÉCNICO.....	109
4.1.1.	Eficiencia del biodigestor autolimpiable en aguas residuales domesticas 113	
4.1.2.	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5)	113
4.1.4.	Eficiencia de Aceites y Grasas.	114
4.1.5.	Eficiencia de solidos totales	114
4.1.6.	Eficiencia de remoción de coliformes totales	115
4.1.7.	Resumen de resultados de aguas residuales domesticas de parámetro físico, químico y microbiologico	115
4.1.8.	Evaluación de calidad de parámetros físico,quimico y microbiologico DS 003-2010 MINAN	117
4.1.9.	Hoja de cálculo del sistema de ubs-ah	122
4.1.10.	Operación Y Mantenimiento de Biodigestores	127



4.1.11. Prueba de hipótesis	131
4.2. DISCUSION	134
V. CONCLUSIONES.....	137
VI. RECOMENDACIONES	139
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	140
ANEXOS.....	143

TEMA: Tratamiento de aguas residuales, nuevas tendencias.

ÁREA: Hidráulica.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: hidráulica y medio ambiente.

FECHA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS: 23 de agosto del 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Propiedades físicas de agua residual..... 34
Tabla 2	Caracterización química de agua residual/procedencia 37
Tabla 3	Caracterización biológicas en agua residual. 40
Tabla 4	Agentes patógenos en agua residual domestica 42
Tabla 5	Límites Máximos aceptables para efluentes de aguas Residuales 51
Tabla 6	Capacidad y dimensión según su fabricación. 55
Tabla 7	Número de usuarios servidas en función a las capacidades..... 56
Tabla 8	Vías de acceso al distrito de huata al ámbito rural..... 62
Tabla 9	Eficiencia de biodigestor autolimpiable Rotoplas 77
Tabla 10	Normas de concentración máxima para efluentes de agua residual 79
Tabla 11	Volúmenes mínimos de muestras de agua residual. 79
Tabla 12	Muestreo de Ubs-1, parámetros físico,quimico y microbiologico..... 88
Tabla 13	Muestreo de Ubs-2, parámetros físico,quimico y microbiologico..... 89
Tabla 14	Muestreo de Ubs-3, parámetros físico,quimico y microbiológico..... 89
Tabla 15	Promedio de parametros físicos,químicos y microbiológicos Afluente. 90
Tabla 16	Promedio de parametros físicos,químicos y microbiológicos Efluente..... 90
Tabla 17	Número de residentes en la vivienda de diseño. 91
Tabla 18	Volumen de descarga del inodoro en la vivienda de diseño..... 92
Tabla 19	Uso del inodoro en la vivienda al día..... 92
Tabla 20	Uso del inodoro en la vivienda al día..... 93
Tabla 21	Dimensión de biodigestores según el volumen requerida..... 95
Tabla 22	Gasto total de accesorios de ubs. 98
Tabla 23	Calculo de test de Percolación y coeficiente de infiltración 100



Tabla	24 Límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes.	104
Tabla	25 Comparación de parámetros de efluentes en ubs con LMP.....	105
Tabla	26 Eficiencia de biodigestor en Ubs-1.	106
Tabla	27 Eficiencia de biodigestor en Ubs-2.	107
Tabla	28 Eficiencia de biodigestor en Ubs-3.	108
Tabla	29 Dimensiones existente de componentes existentes de ubs123.	110
Tabla	30 Resumen de promedio de análisis agua residual en los afluentes.....	111
Tabla	31 Resumen de promedio de análisis agua residual en los efluentes.....	111
Tabla	32 Eficiencia de tratamiento del biodigestor en una Ubs.	112
Tabla	33 Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable DBO5.....	113
Tabla	34 Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable DQO.....	113
Tabla	35 Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable A y G.....	114
Tabla	36 Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable sst.....	114
Tabla	37 Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable cct.....	115
Tabla	38 Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable.	116
Tabla	39 Análisis del resultado del efluente con D.S N° 03 –2010-MINAM....	117
Tabla	40 Se muestra parámetros de diseño usado datos de la investigación.	123
Tabla	41 Se muestra dimensionamiento del biodigestor autolimpiable.	124
Tabla	42 En la tabla se muestra el dimensionamiento diseño del humedal.	125
Tabla	43 Se Muestra el diseño y dimensionamiento de pozo de percolación....	126
Tabla	44 Se muestra el diseño y dimensionamiento de trampa de grasas.	126
Tabla	45 La tabla muestra la cantidad de encuestados	128
Tabla	46 La tabla muestra si sabe la operación biodigestor.	129
Tabla	47 La tabla opinión de eficacia del biodigestor.	129
Tabla	48 Se muestra la operación y mantenimiento del biodigestor.	130



Tabla	49 La tabla muestra el conocimiento de operación y mantenimiento.....	130
Tabla	50 La tabla muestra los interesados en la capacitación	131
Tabla	51 Esquema de la prueba T-student para muestras-relacionadas.	132



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Sistema de Ubs con arrastre hidraulico.....	48
Figura 2 En la imagen se muestra el biodigestor autolimpiable.....	55
Figura 3 Se observa las funciones del biodigestor autolimpiables.....	56
Figura 4 Localización de Ubs en el ámbito rural de Huata.....	60
Figura 5 Lugar de estudio (chojnaccoto)de la unidad básica de saneamiento.	61
Figura 6 Caseta de la unidad básica de saneamiento.....	64
Figura 7 Inodoro en un sistema de unidad básica de saneamiento.....	65
Figura 8 Estado del lavamanos de la Ubs.....	65
Figura 9 Estado actual de la ducha de ubs.....	66
Figura 10 Estado actual del biodigestor autolimpiable de la ubs.....	67
Figura 11 Procedimiento en caso de obstrucción de lodos biodigestor.	70
Figura 12 Estado actual del caja de registro de las ubs.	70
Figura 13 Sistema de ubs con arrastre hidraulico localidad de Huata.....	76
Figura 14 Punto de muestreo del afluente del biodigestor autolimpiable.	80
Figura 15 Realización de muestreo del afluente del biodigestor y apuntes.	80
Figura 16 Punto de muestreo efluente del biodigestor de las ubs.	81
Figura 17 Colocado de muestras realizadas al al cooler.	81
Figura 18 Traslado de muestras para el laboratorio unap	82
Figura 19 Recepción de la muestra en el mega laboratorio de la unap.	83
Figura 20 Ubicación de calicata para su muestreo.	84
Figura 21 Punto de muestreo y re colectación de muestra de suelo.....	84
Figura 22 Realización de cubeto para realización test percolación.....	85
Figura 23 Perfilado del cubeto y colocado cama de arena.	85



Figura 24	Realización de Test de Percolación.	86
Figura 25	Apreciamos el dimensionamiento y capacidad del biodigestor.	95
Figura 26	En el gráfico se detallan los parámetros de diseño.	101
Figura 27	Se muestra el dimensionamiento del biodigestor.....	102
Figura 28	Se muestra diseño de pozo de percolación.	102
Figura 29	En la figura se muestra los parámetros del humedal.....	103
Figura 30	se muestra el dimensionamiento del humedal.	103
Figura 31	Se muestra la medida de las dimensiones de la abs.....	109
Figura 32	Proceso de tratamiento existente.....	110
Figura 33	Se Muestra la comparación de eficiencias biodigestor y norma.....	116
Figura 34	Se Muestra la comparación de eficiencias de temperatura.	118
Figura 35	Se muestra la comparación de eficiencias st.....	118
Figura 36	Se Muestra la comparación de eficiencias ph.	119
Figura 37	Se Muestra la comparación de eficiencias DQO.	120
Figura 38	Se Muestra la comparación de eficiencias DBO5.....	120
Figura 39	Se Muestra la comparación de eficiencias AyG	121
Figura 40	Se Muestra la comparación de eficiencias coliformes totales.	122
Figura 41	Procesos de la propuesta de tratamiento	122
Figura 42	Prueba de normalidad de prueba estadístico.	133



ACRÓNIMOS

UBS	:	Unidad Básica de Saneamiento
AH	:	Arrastre Hidráulico
MINAM	:	Ministerio del Ambiente
LMP	:	Límites máximos permisibles
DBO5	:	Demanda, bioquímica de oxígeno.
DQO	:	Demanda, química de oxígeno.
pH	:	Potencial hidrogeniones
T°	:	Temperatura.
A y G	:	Aceites y Grasas.
ST	:	Sólidos Totales
Cct	:	Coliformes Termotolerantes
VMA	:	Valores Máximos Permisibles
M1	:	Muestreo 01
M2	:	Muestreo 02
M3	:	Muestreo 03



RESUMEN

Esta investigación tiene como finalidad evaluar la eficiencia del biodigestor autolimpiable de la unidad básica de saneamiento, en el tratamiento de agua residual doméstica, con el propósito de disminuir la contaminación causada por descargas de agua residual doméstica, que se vierten directamente al subsuelo. La metodología utilizada es el análisis tres muestras de agua residual tanto afluente y efluente en cada ubs1, ubs2 y ubs3. El nivel de la investigación es descriptivo, estableciéndose a determinar los siguientes parámetros; (DBO5) demanda bioquímica de oxígeno, (DQO) demanda química de oxígeno, (ST) sólidos totales, (CT) coliformes totales, temperatura y PH, para cálculo de la eficiencia del biodigestor autolimpiables y con la comparación de los valores de (LMP), límite máximo permisible según D.S. N°03 – 2010 – MINAM. Los resultados se obtienen tomando el valor promedio de cada parámetro de agua residual domestica afluente y efluente según corresponda fueron de: 268.89 – 148.91 mg/L (DBO5), 307.43 – 185.86 mg/L (DQO); 884.77 – 746.95 mg/L (ST); 244.62 – 76.31 mg/L (AyG); 22.11– 20.56 UFC/100ml; 15.55°C– 15.62 °C (T) y 8.20 – 8.03(pH); La eficiencia del tratamiento del agua residual doméstica es de 55.74% (DBO5); 65.84% (DQO); 49.05% (AyG); 18.93% (St) y 9.68% (Ct). En conclusión, pH, temperatura, DQO y Ct están dentro de los límites de la normativa DS 03-2010-MINAN, aunque muestran una eficiencia baja en la eliminación de contaminantes; también St, DBO5 y (AyG) no cumple los estándares de LMP; además el biodigestor no es muy efectivo en el tratamiento de acuerdo a lo especificado.

Palabras clave: Aguas residuales domésticas, Biodigestor, Contaminación, Evaluación, Eficiencia.



ABSTRACT

This research aims to assess the efficiency of the self-cleaning biodigester in the basic sanitation unit for the treatment of domestic wastewater, with the goal of reducing pollution caused by domestic wastewater discharges that are directly released into the soil. The methodology used is the analysis of three samples of both influent and effluent wastewater in each ubs1, ubs2 and ubs3. The level of research is qualitative, quantitative and descriptive, establishing the following parameters; (BOD5)Biochemical Oxygen Demand, (DQO)Chemical Oxygen Demand, (ST)Total Solids, (CT)Total Coliforms, Temperature and PH, for calculation of the efficiency of the self-cleaning biodigester and with the comparison of the values of (LMP) Maximum permissible limit according to D.S. N° 003 – 2010 – MINAM. The results are obtained by taking the average value of each parameter of domestic influent and effluent wastewater as appropriate were: 268.89 – 148.91 mg/L (BOD5), 307.43 – 185.86 mg/L (COD); 884.77 – 746.95 mg/L (ST); 244.62 – 76.31 mg/L(AyG); 22.11– 20.56 CFU/100ml; 15.55°C– 15.62 °C (T) and 8.20 – 8.03(pH); The efficiency of domestic wastewater treatment is 55.74% (BOD5); 65.84% (COD); 49.05% (AyG); 18.93% (St) and 9.68% (Ct). In conclusion, pH, temperature, COD and Ct are within the limits of the DS 03-2010-MINAN standard, although they show a low efficiency in the removal of contaminants; also St,DBO5 and A and G do not meet LMP standards; In addition, the biodigester is not very effective in the treatment as specified.

Keywords: Domestic wastewater, Biodigester, Pollution, Evaluation, Efficiency.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La gestión de aguas residuales, domésticos en el entorno rural de nuestra región y país continúa siendo una problemática que avanza lentamente, siendo este recurso contaminado por diversas actividades de los usuarios, como la ganadería, agricultura, acuicultura, uso doméstico, la industria y los servicios, entre otros.

El tratamiento de agua residual doméstica puede realizarse mediante una variedad de métodos. Estos métodos pueden combinarse de distintas formas, teniendo como resultado es una cadena de operaciones y procesos. La totalidad de estos se fundamenta en criterios que abarcan propiedades físicas, química y características biológicas. Sin embargo, casi todas las plantas de tratamiento de aguas residuales se conciben con base en procesos biológicos (Rolim, 2000).

El tratamiento en aguas residuales domésticas, específicamente aquellas que involucran fluidos provenientes de excrementos y orina. Su propósito es evaluar la efectividad del biodigestor instalado en la UBS que, utilizado para la depuración de agua residual doméstica del ámbito rural del distrito de Huata, Región de Puno. El objetivo incluye la comparación del resultado de los indicadores físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas tratadas a través del biodigestor autolimpiable, con los límites máximos permitidos según las normativas actuales, asimismo se busca determinar el porcentaje de eliminación de contaminantes alcanzado por el biodigestor.

Este estudio se divide en siete partes principales. A continuación, se explica cada una de ellas.



En el Capítulo I, se expone la introducción, formulación del problema en tratamiento de aguas servida doméstica en una unidad básica de saneamiento del ámbito rural de la región de puno, así mismo se exponen la justificación, hipótesis y objetivos.

El Capítulo II, referente a chequeo de bibliografía, es la recopilación de datos relacionados con el tema de investigación, al igual que conceptos y precedentes que respalden al tema de tratamiento de aguas residual doméstica en una unidad básica de saneamiento.

El Capítulo III, indica los materiales y métodos, aplicados en este estudio. además, se detalla la ubicación, población, muestra de investigación y metodología empleada, así como los dispositivos utilizados para recopilar y analizar los datos.

El Capítulo IV, A continuación, se presenta los resultados y discusión tomando como información principal los análisis de muestra de aguas residuales domésticas, incluyendo representaciones de tablas, gráficos y resumen del análisis de agua residual.

Luego, el Capítulo V Esta división de conclusiones, expone las deducciones del estudio de acuerdo con lo establecido con los objetivos planteados.

El Capítulo VI, Presenta las recomendaciones que señala, sugerencias basadas en las conclusiones obtenidas.

Finalmente, el Capítulo vii presenta las fuentes bibliográficas que han sido utilizadas como referencia en el desarrollo del estudio.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito internacional, República Dominicana, la situación se vuelve aún más preocupante debido a la ausencia de una política nacional de saneamiento quedan pendientes las acciones para abordar problemas relacionados con la higiene en los hogares, el contexto urbano y rural, tanto en las cuencas y ríos. Además, es necesario mejorar la gestión y eliminación adecuada de los desechos sólidos, y asegurar un depuración apropiado las aguas servidas para eliminar patógenas humanas. También es crucial implementar la construcción obligatoria de plantas de tratamiento en diversas áreas, como industrias, hoteles y sistemas de aguas cloacales urbanas, con el fin de reutilizar esas aguas residuales en actividades productivas (Rodríguez H, 2017).

El crecimiento poblacional, la distribución no planificada del territorio y la escasa información sobre el tratamiento de aguas residuales en áreas rurales han contribuido el rápido deterioro del medio ambiente. Una de las principales causas de contaminación es la descarga de aguas residuales domesticas en suelos y ríos, principalmente por la ausencia del sistema adecuado de saneamiento en las zonas rurales. En respuesta a esta problemática, se han desarrollado los biodigestores, que son recipientes herméticos diseñados para abordar la necesidad de tratamiento de aguas residual doméstica en áreas que no existen las plantas de tratamiento. (Ramiro V, 2019).

Es por esto es crucial que las aguas residuales sean tratadas adecuadamente antes de ser descargadas en cuerpos receptores, para mejorar su composición y características físicas, químicas y microbiológicas, de manera que se prevengan problemas de contaminación y deterioro del medio ambiente.

De igual manera, en todo el país se ubican, un gran número de biodigestores en el tratamiento de aguas residuales domésticas, donde no siempre lleva a cabo un tratamiento



apropiado, e incluso en ocasiones, lamentablemente, no se realiza ningún tratamiento. Donde se contaminan aguas subterráneas, afectando directamente la salud de las personas en los alrededores, en un ciclo continuo que no se detiene, en el ámbito rural de la localidad de huata que tiene el sistema de unidad básica de saneamiento lo cual a ha afectado las condiciones de los habitantes, generando diversas incomodidades que presenta esto en la zona se tienen altas tasas de enfermedades.

Donde la unidad básica de saneamiento, se encuentra una estructura que incluye una caseta, inodoro, lavatorio y una ducha, así como un lavadero empotrado en la pared exterior. Las aguas residuales de este sistema son transportadas a través de tuberías que pasan por cajas de registro, un biodigestor, cajas de recolección de caudales y Y, finalmente, se dirigen a zanjas de percolación para su disposición final.

La evaluación de la unidad básica de saneamiento en esta investigación implica el monitoreo del funcionamiento del biodigestor autolimpiable a través del análisis de parámetros físico, químico y microbiológico del agua residual doméstica, tanto en su entrada como en su salida. El objetivo es determinar la eficacia en la remoción de contaminantes y analizar la calidad del efluente en relación con los límites máximos permitidos(LMP), determinados en el D.S.03-2010 MINAM. Así, los objetivos específicos previamente planteados buscan establecer si los biodigestores autolimpiables son efectivos en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es la eficiencia del biodigestor autolimpiable en la unidad básica de saneamiento (UBS), en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el ámbito rural Huata-Puno,2023?



1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la eficacia en remoción de los biodigestores en cuanto a los parámetros físico, químicos y microbiológicos en el tratamiento de aguas residuales domesticas?
- b) ¿Cómo mejorar la calidad de diseño en una unidad básica de saneamiento(UBS) para tratamiento de aguas residuales domesticas en el ámbito urbano de la localidad de Huata-Puno-2023?
- c) ¿Cómo desarrollan las actividades de operación y mantenimiento del biodigestor autolimpiable en la unidad básica de saneamiento(UBS)?

1.3. HIPÓTESIS

1.1.3. Hipótesis general

- El biodigestor autolimpiable que tan eficientes son, en la unidad básica de saneamiento(UBS), en aguas residuales domésticas en el ámbito rural huata-puno,2023.

1.1.4. Hipótesis específicas

- a) El biodigestor autolimpiable cumplen con los límites máximos permisible(LMP) en parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por el Decreto Supremo 03-2010-MINAM, dentro de la unidad básica de saneamiento.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La gestión de las aguas residuales es una necesidad y responsabilidad social crucial para proteger el medio ambiente y asegurar el bienestar de la población. Para lograr este objetivo, se han implementado sistemas de tratamiento que requieren



significativas inversiones económicas. En el área rural de Huata, donde el sistema de saneamiento básico es deficiente, se observa un impacto negativo en la calidad de vida de los habitantes, manifestándose en altas tasas de enfermedades diarreicas, cólera y fiebre, entre otras. Además, el uso de aguas subterráneas no tratadas agrava la situación, ya que no se satisfacen adecuadamente las necesidades básicas de la comunidad. Esto se debe al mal estado de las unidades básicas de saneamiento y a la falta de información sobre hábitos de higiene, lo que resulta en un uso inadecuado de los recursos hídricos.

El propósito de este proyecto de investigación es examinar la efectividad del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la unidad básica de saneamiento (UBS), con el fin de garantizar un manejo adecuado del recurso hídrico después de su uso en las actividades cotidianas. Los principales beneficiarios de los resultados de esta investigación serán las familias de la localidad.

Con estos argumentos, se podrá demostrar la importancia de llevar a cabo un proyecto se tendrá un documento de referencia para una posible mejora el tratamiento de aguas residual doméstica en área rural en las familias que carecen de sistemas de drenaje o alcantarillado. El estudio tiene como objetivo llevar a cabo la recolección de muestras y análisis de las aguas residuales domésticas en la unidad básica de saneamiento (UBS), ubicada en la zona rural de Huata, en la región de Puno. A través de este proceso, se evaluará la efectividad del biodigestor autolimpiable en la reducción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua tratada.

En consecuencia, los resultados de esta investigación contribuirán al fundamento teórico para futuras investigaciones y beneficiarán a la población del ámbito rural de Huata en los servicios básicos de saneamiento.



1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.5. Objetivo general

- Determinar la eficiencia del biodigestor autolimpiable en la unidad básica de saneamiento (UBS), en el tratamiento de aguas residuales domésticas, en el ámbito rural huata-puno,2023.

1.1.6. Objetivos específicos

- a) Evaluar la eficacia del biodigestor autolimpiable con los límites máximos permisible(LMP) en parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por el Decreto Supremo N°03-2010-MINAM, dentro de la unidad básica de saneamiento.
- b) Proponer el diseño en unidad básica de saneamiento para tratamiento de aguas residuales domesticas en el ámbito rural, de la localidad de huata-puno-2023.
- c) Evaluar la adecuada operación y mantenimiento del biodigestor autolimpiable en la unidad básica de saneamiento .



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE INVESTIGACION

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Cubillos y Huertas (2018) realizaron una investigación cuyo objetivo fue evaluar la eficacia del biodigestor tubular anaerobio a escala piloto en la eliminación de la materia orgánica de aguas residuales porcinas, preparadas a del estiércol producido en la Institución Educativa Agrícola Guacavía, en Colombia. La metodología empleada consistió en la evaluación y seguimiento regular de muestras del biodigestor tubular, los resultados obtenidos fueron: 78.17% de eliminación de sólidos totales (ST), 81.52% de eliminación, de demanda química de oxígeno(DQO) y 78.82% de eliminación de demanda bioquímica de oxígeno(DBO5). Los valores para el afluente y el efluente, respectivamente, fueron: 25 – 27 °C para la temperatura; 3186.67 – 580.60 mg/L para sólidos totales suspendidos (STS); 8.21 – 6.99 unidades de pH; 23672.49 – 2664.82 mg/L para demanda química de oxígeno (DQO) y 697.67 – 224.67 mg/L para DBO5.La investigación concluyó que los biodigestores no muestran una eficiencia completa como tratamiento, pero siguen siendo una alternativa viable para el tratamiento.

Yapu (2018) Tuvo como recuperar analizar aguas residuales domésticas a través de un biodigestor, obteniendo agua de tratamiento primario para el aprovechamiento uso agrícola. Se utilizó una metodología que consistió en realizar un seguimiento mensual tanto de las muestras de entrada como de salida del biodigestor autolimpiable del sistema de la unidad básica de saneamiento.



alcanzando los resultados de (DBO5), el parámetro promedio del efluente se sitúa en 198.82 mg/L, superando el límite permitido de 80 mg/L por día establecido en la Ley 1333, lo que indica un incumplimiento normativo. En cuanto a la demanda química de oxígeno (DQO), la ley establece un límite máximo permisible de 250mg/L; sin embargo, el agua analizada presenta un promedio de 223.33 mg/L, lo cual se encuentra dentro del rango permitido para su descarga. Respecto a los aceites y grasas, el promedio es de 0.2682 mg/L, cumpliendo con el límite de descarga diario de 10.0 mg/L, lo que indica que este parámetro es aceptable. Sin embargo, en el caso de los sólidos totales, el promedio es de 96.79 mg/L, mientras que el valor máximo permisible según la ley 1333 es de 60 mg/L, por lo tanto, no se cumple con los límites establecidos. Esto lleva a la conclusión de que el efluente no es adecuado para su uso agrícola. dar coherencia.

Domínguez y Rojas (2019) teniendo como Propuesta analizar la efectividad de los biodigestores autolimpiables insertadas en las unidades básicas de saneamiento en el tratamiento de aguas crudas domésticas. Para obtener la información en campo, se llevó a cabo un trabajo de campo centrado en recopilar datos a través de observación, verificación, medición y entrevistas a los residentes locales. Se evaluó la efectividad de los biodigestores, se establecieron la eficiencia de eliminación de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales, obteniendo los siguientes porcentajes de remoción: 50,09% para Sólidos Totales(ST), 73,14% para demanda química de oxígeno(DQO), 71,47% para emanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5), 93,45% para Aceites y Grasas (AyG), y 36,75% para Coliformes Totales (CTT). Además, se realizó una comparación con el D.S. N°03-2010-MINAM. Para confirmar que los efluentes cumplen con los estándares de los límites máximos permitidos (LMP). En resumen, la investigación evidencia que



los biodigestores autolimpiables son eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Calderon de Leon (2014) en su investigación que tuvo como fin es evaluar la efectividad del biodigestor comercial en la eliminación de contaminantes del agua residuales, se aplicó la evaluación de un periodo de siete días, Las muestras recolectadas fueron posteriormente trasladadas al laboratorio químico para su respectivo análisis. Durante sus 5 años de operación sin extracción de lodos, el biodigestor comercial ubicado en la localidad de Colonia Militar Aurora II, zona 13 de la Ciudad de Guatemala, mostró una eficiencia promedio del 75% en la remoción de sólidos suspendidos totales, con una desviación estándar del 14%, cumpliendo con la normativa vigente de 100 mg/L, teniendo como media de sólidos en suspensión de 38 mg/L. Sin embargo, la demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) del efluente fue de 126,86 mg/l, Esto indica una eficiencia de remoción promedio del 47% con una desviación del 9%, lo que está por debajo del 60% de remoción prometido por el fabricante.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Rodrigo y Vega (2020), en su investigación como propósito fue comparar la eficiencia del efectividad de biodigestores y humedal artificial en el tratamiento de aguas residual doméstica, la estrategia utilizada fue el monitoreo de manera quincenal el afluyente y efluente de biodigestor y humedales artificiales donde al comparar el producto del tratamiento obtenido, 70.02% en sólidos suspendidos totales, 42.68% en demanda química de oxígeno (DQO), 44.82% en demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), y 47.63% en coliformes fecales. Utilizando humedales artificiales, se lograron las siguientes eficiencias de eliminación:



89.17% de coliformes fecales, 82.77% de sólidos suspendidos totales, 78.03% (DBO5) demanda bioquímica de oxígeno y 72.91% (DQO) demanda química de oxígeno. Posteriormente, se compararon estos resultados con la normativa vigente, además se observó que los coliformes, DBO5 y DQO no cumplen con los estándares requeridos, mientras que las conclusiones sobre los humedales artificiales indican que los valores obtenidos están por debajo de los límites máximos permitidos.

Megia Arias & Perez Sinchi, (2016), la siguiente investigación tiene como finalidad evaluar el biodigestor prefabricado y la cantidad o nivel de presencia de ciertos elementos físicos, químicos y biológicos, para la evaluación mediante la metodología que incluía del muestreo y la medición de estos parámetros en los biodigestores. Esta metodología es crucial para determinar la eficiencia operativa y realizar muestreos en el proceso. Se constató que las aguas residuales tratadas por el biodigestor de la subestación Cotaruse, en Apurímac, no están dentro de los límites máximos permitidos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno, la Demanda Química de Oxígeno y los coliformes termotolerantes, lo impide su descarga en cuerpos de agua como lagos, ríos y el mar. Además, el biodigestor prefabricado no resultó adecuado, ya que no logró una digestión anaerobia eficiente, ni se observó la producción esperada de biogás ni de bioabonos aptos para la agricultura.

Mejía T. (2016) ejecutó la investigación cuya aspiración es evaluar la eficacia del biodigestor prefabricado del tratamiento de aguas residuales domésticas de la “subestación eléctrica Cotaruse” en Apurímac y comprobar que las aguas tratadas estén dentro de los límites de las normas peruana. La técnica utilizada fue monitoreo de aguas residuales domésticas del biodigestor



prefabricado donde se hacen análisis de aguas negras de manera mensual. Se determinó que el biodigestor prefabricado instalado en Apurímac no cumple con la normativa D.S. 003-2010 del Ministerio del Ambiente, ya que presenta valores de demanda química de oxígeno (DQO) entre 256.8 y 310.90 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de 204 a 113 mg/L, aceites y grasas de 4.1 a 7.8 mg/L, y coliformes termotolerantes (CTT) que oscilan entre 330,000 y 230,000 NMP/100 ml. Debido a estos resultados, no se sugiere descargar estas aguas residuales en terrenos ni en cuerpos de agua.

2.1.3. Antecedentes regionales

Mancha, A. (2015) la presente investigación tuvo como finalidad de evaluar la eficacia de remoción de contaminantes biodigestor mediante el análisis de los parámetros bacteriológico y fisicoquímico del efluente y compararlos con los LMP. aplicando una metodología que implicó el monitoreo mensual tanto de las muestras de entrada como de salida del biodigestor que está integrado en el sistema de una unidad básica de saneamiento teniendo como resultado. La (DBO5) demanda bioquímica de oxígeno, en el punto de salida se presenta una concentración de 295.10 mg/l, lo que excede la disposición de la normativa, de 100 mg/L estipulado en el D.S. 003-2010 – MINAM. Asimismo, la demanda química de oxígeno (DQO) en la emisión es 602.2mg/L, que es considerablemente mayor que el margen permitido de 200 mg/L. Los coliformes termotolerantes también superan los LMP. Sin embargo, otros parámetros cumplen con los límites máximos permisibles, como aceites y grasas (LMP 20 mg/L, analizados 4.57 mg/L), pH (LMP 6.5 - 8.5 unidades, analizados 7.53 unidades) y sólidos suspendidos totales (LMP 150 mg/L, analizados 78.1 mg/L). En cuanto a la eficiencia de remoción del sistema, se obtuvieron los siguientes porcentajes:



DBO5 28.24%, DQO-26.44%, aceites y grasas-62.03%, sólidos suspendidos(SST)-57.16% y coliformes-33.60%. Al comparar estos parámetros con los límites máximos permisibles, se concluyó que los parámetros del efluente no cumplen con los estándares necesarios para su descarga.

Ríos y Cisneros (2019), la siguiente investigación tuvo como propósito evaluar la calidad del biodigestor en remoción de contaminantes en aguas residuales domésticas, el procedimiento utilizada es evaluar periódicamente las aguas de salida del biodigestor para estudiar las características fisicoquímicos y microbiológicos, teniendo como producto final los promedios de aguas efluentes del biodigestor: Aceites y grasas (108-21 mg/l); Coliformes totales (9.4107 - 1.5106 NMP/100 ml); DBO5 (2 632.6-393 mg/l); DQO (3799.3-680 mg/l); sólidos suspendidos totales (1 788.6-187 mg/l); pH (8.6-7.4); y Temperatura del agua (22.4-22.5 °C). Estos resultados muestran una eficacia de remoción de: Aceites y grasas (82.5%), Coliformes totales (98.3%), Coliformes totales(97.3%), DBO5 (84.9%), DQO(82%), y SST(89.5%).En términos generales, la eficacia del sistema en la remoción de contaminantes de aguas residuales domésticas fue del 89%, demostrando que este método es una alternativa eficaz y adecuada para reducir los parámetros en el agua y el suelo, y para mejorar la calidad de vida.

Calderón (2014) desarrolló la investigación cuya meta fue determinar la eficiencia del biodigestor comercial, en la remoción de contaminantes en aguas residuales domiciliarias, después de cinco años de funcionamiento. La técnica utilizada fue La metodología empleada consistió en realizar una evaluación y seguimiento de muestras del biodigestor semanalmente, en el punto de salida. Los resultados obtenidos fueron los siguientes se muestran una remoción del 88.29% para los Sólidos Suspendidos Totales (ST), 57% de la Demanda Química de



Oxígeno (DQO) y 54.07% para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Los valores logrados del afluente e efluente son: temperatura de 22.93 - 20.43 °C; STS de 420.32 - 48.30 mg/L; pH de 7.34 - 6.98; DQO de 446 - 184 mg/L; y DBO5 de 213.92 - 101.17 mg/L. En conclusión, los niveles no se ajustan a los valores máximos permitidos.

Santos A. (2015) en su tesis, indica que tiene como finalidad evaluar el sistema de biodigestor que da tratamiento de aguas residuales de vivienda, teniendo como finalidad la remoción de los elementos físicos, químicos y microbiológicos. La técnica fue la selección de las muestras se realiza de manera cuidadosa, siguiendo protocolos establecidos para garantizar su representatividad y minimizar el sesgo. Se consideraron diversos parámetros, como la concentración de contaminantes, el pH, la turbidez y la presencia de microorganismos indicadores de la calidad del agua, obteniendo como resultado que el sistema presenta una alta eficiencia de remoción en la fase primaria. Los tratamientos del sistema mostraron eficiencias de remoción del 71% para la DBO5, 69% para la DQO y 76% para los sólidos totales. Además, se calculó que la eficiencia en la reducción de coliformes termotolerantes fue del 39%. Al comparar con la regulación D.S. N° 003-2010 emitida por el Ministerio del Ambiente se evaluó su cumplimiento.

2.2. BASE TEÓRICA

2.1.4. Eficiencia

La eficiencia se refiere a la habilidad para ejecutar tareas de manera efectiva, implicando un sistema estructurado de pasos e instrucciones que aseguran la calidad del resultado final. Esta eficiencia está intrínsecamente ligada



a las capacidades tanto humanas como técnicas de quienes llevan a cabo la labor, asegurando así un producto final de alta calidad al abordar integralmente todas las perspectivas necesarias para satisfacer todas las posibles necesidades del producto. Serra (1985).

Michael Scriven (1991), sugiere que, si definimos la eficiencia en términos de grado de cumplimiento de unos objetivos predefinidos, resulta ser un mero sinónimo de “éxito” y reconoce que se puede construir una medida que se refiera al logro de algún resultado que puede o no haber sido parte de los objetivos iniciales de la iniciativa.

Para evaluar la eficiencia de una intervención, es fundamental disponer de valores de referencia que permitan una comparación significativa. Esos valores de referencia se establecen sobre la base de la experiencia acumulada en intervenciones similares o atendiendo a criterios específicos que cada institución considere razonables, conformados por los antecedentes o normas legales (Viñas et al, 2017).

2.1.5. Aguas residuales

Las aguas residuales son los desechos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial, que llevan disueltas o en suspensión una serie de materias orgánicas e inorgánicas; provenientes de la descarga de sumideros, fregaderos, inodoros, cocina, lavanderías (detergentes), residuos de origen industrial como aceites, grasas, curtiembres, etc. (Espigares y Pérez, 1985).

De acuerdo con el (RNE, 2017). “Las aguas residuales domésticas provienen de fuentes residenciales, comerciales e institucionales, y contienen desechos biológicos y otros residuos generados por actividades humanas”.



Las aguas residuales son generadas por el suministro de una población y se ven afectadas para diversos fines en actividades residenciales e industriales. Estas aguas contienen una mezcla de parámetros físicos, químicos y biológicos, que incluyen tanto materia orgánica como inorgánica, presente en forma suspendida o disuelta. Específicamente, las aguas residuales domésticas se refieren al agua utilizada para propósitos sanitarios, como baños, cocinas, lavadero y entre otros usos. Se estima que estas aguas residuales contienen alrededor del 99.9% de agua y solo un 0.1% de sólidos suspendidos, coloidales que constituyen la fracción problemática en su tratamiento y eliminación. Tiene como función el tratamiento de aguas residuales domésticas es eliminar los contaminantes hasta cumplir con los estándares permitidos por las normativas nacionales.

En virtud de la diversidad de contaminantes que se pueden presentar en las aguas residuales, la forma de tratarlos es también muy amplia, y por ende, las técnicas que se utilizan en estos procesos son diversas, éstas se clasifican según su operación, en convencionales y alternativas. (Mara & Cairncross, 1990). Scriven (1991), sugiere que, si definimos la eficiencia en términos de grado de cumplimiento de unos objetivos predefinidos, resulta ser un mero sinónimo de “éxito” y reconoce que se puede construir una medida que se refiera al logro de algún resultado que puede o no haber sido parte de los objetivos iniciales de la iniciativa.

2.1.6. Tipos de agua residual

El Según el documento N° 0291-2009-ANA del 1 de junio de 2009, se establecen las siguientes definiciones relacionadas con las aguas residuales.



2.1.6.1. Aguas residuales domesticas

Las aguas residuales domésticas que provienen a partir de actividades cotidianas de las viviendas, que incluyen el uso de agua para limpieza, higiene personal y cocina. Estas aguas suelen contener una mezcla de contaminantes físicos, químicos y biológicos. Las aguas residuales cambian de un lugar a otro en función de las condiciones socioeconómicas de la población, el clima y otros factores típicos de cada localidad (Valdez y Vásquez, 2003).

Donde las aguas residuales domesticas se dividen:

- **Aguas Negras:** Se conoce como aguas negras a aquellas que están contaminadas con materia fecal y orina, provenientes de los desechos orgánicos de seres humanos y animales. se justifica debido a la coloración oscura que presentan estas aguas. A las aguas negras también se les llama aguas servidas, aguas residuales, aguas fecales, o aguas cloacales (Espigares & Pérez, 1985).
- **Aguas Grises:** Las aguas grises se producen por actividades domésticos como lavar prendas, platos y personal a diferencia de las aguas negras, que contienen desechos del inodoro, las aguas grises Se diferencian de las aguas negras por estas no contienen bacterias fecales de excremento del inodoro (Espigares & Pérez, 1985).

2.1.7. Características de aguas residuales domesticas

De la misma manera que en las aguas naturales, se miden las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales para establecer

principalmente las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que sean eficaces y económicos (Valdez & Vásquez, 2003).

2.1.7.1. Características físicas

Se presenta en esta clasificación al contenido sólidos totales (materia sedimentable, materia coloidal, disuelta y en suspensión). También se consideran características físicas: olor, color, densidad, temperatura y turbiedad.

Tabla 1

Propiedades físicas de agua residual.

Características Físicas	Propiedades	Procedencia
(T°)Temperatura.		Agua residual industrial y doméstica
Olor.		Agua residual en descomposición e industrial. Aguas residuales, tanto industriales como domésticas, que se originan a partir de la descomposición natural de materia orgánica.
Color.		Agua de suministro, aguas residuales industriales y domésticas, erosión del suelo, filtraciones y conexiones no reguladas..
Solidos.		

Nota. Metcalf & Eddy, Inc. (1995)

a) **Temperatura**

La temperatura es crucial en aguas residuales debido a su influencia en las propiedades del agua y en los métodos y procesos de tratamiento. En términos generales, los tiempos de contención en tratamientos biológicos se reducen con temperaturas más altas, y los



criterios de diseño está en función a ella. Como el calor específico del agua es mayor que el del aire, la temperatura del agua residual es mayor que la temperatura ambiente en periodos fríos y menor que la temperatura ambiental en periodos cálidos, además que cuando incrementa la temperatura, el pH disminuye, y al descender la temperatura aumenta el pH, debido a que cuando aumenta la temperatura las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno (Romero, 2013).

b) Olores

Es crucial tener en cuenta el impacto de los olores en las aguas de desecho recientes emanan un olor desagradable, mientras que las aguas residuales sépticas liberan un olor extremadamente insoportable debido a la generación de sulfuro de hidrógeno, que se produce durante la conversión de sulfatos en sulfitos. en ambientes anaeróbicos. El control de los olores en las plantas de tratamiento es fundamental, ya que los problemas asociados con olores desagradables pueden causar efectos adversos en la salud, como pérdida de apetito, disminución en el consumo de agua, dificultades respiratorias, náuseas y vómitos . (Rojas Ramos & Visurraga Mariño, 2012).

a) Color

El agua residual recién generada generalmente presenta un tono grisáceo, a medida que transcurre duración del transporte a través de las redes de desagua y se crean entornos más anaeróbicos, el color del agua residual tiende a cambiar progresivamente de gris a un tono gris oscuro y, finalmente, a negro. Cuando alcanza este punto, el agua residual suele



clasificarse como séptica también cuando son vertidos industriales pueden contribuir a la coloración del agua residual doméstica teniendo como característica que puede revelar el principio de la contaminación o el estado sea bueno o deteriorado del proceso de tratamiento (Rojas Ramos & Visurraga Mariño, 2012).

a) **Sólidos Totales**

Los ST incluye una combinación de materiales sólidos se distinguen desde fibras sueltas, incluso sustancias más complejas que provienen de actividades realizadas en el baño, inodoro y lavamanos. También abarcan tanto los materiales suspendidos como los disueltos en el agua, y se determinan mediante la evaporación del agua a 105 °C, pesando el residuo resultante. Este residuo se puede clasificar en sólidos volátiles, que son orgánicos, y sólidos fijos, que son inorgánicos (Hernández, 1994).

- **Sólidos suspendidos totales (SST):** Son una parte de los sólidos totales atrapados en un filtro con un tamaño determinado, medidos después de haber sido secados a una temperatura específica.
- **Sólidos disueltos totales (SDT):** Es el elemento que atraviesan el filtro después de ser evaporados y secados a una temperatura específica, abarcando tanto coloides como sólidos disueltos.

2.1.7.2. Características químicas

En la Tabla 2, se presenta una clasificación de las características químicas de las aguas residuales, organizadas según sus componentes orgánicos e inorgánicos.

Tabla 2*Caracterización química de agua residual/procedencia*

Componentes Químico Orgánico	Procedencia Agua residual
Compuestos orgánicos volátiles	: Comerciales, Industriales y domésticas.
Agentes tenso activos	: Comerciales, Industriales y domésticas.
Contaminantes prioritarios	: Comerciales, Industriales y domésticas.
Carbohidratos	: Actividades comerciales, industriales y domésticas .
Proteínas	: Act.comerciales,industrialesydomésticas.
Pesticidas	: Desechos agrícolas.
Fenoles	: Descargas Industriales.
Aceites y grasas, grasas animales,	: Comerciales, Industriales y domésticas.
Otros	: Descomposición natural de materia orgánica.

Características Inorgánicas	Procedencia de Agua residual
Azufre	: actividades industriales, comerciales y domésticas, aguas de suministro.
Contaminantes prioritarios	: Comercial, Industrial y doméstica.
Fósforo	: Comercial, Industrial, doméstica y Aguas de escorrentía.
pH	: Comercial Industrial y doméstica.
Nitrógeno	: de origen doméstico y desechos agrícolas.
Metales pesados	: Descargas Industriales.
Cloruros	: Agua de abastecimiento, infiltración de agua subterránea y aguas residuales domésticas.
Alcalinidad	: Agua de suministro e infiltración de agua.

Nota. (Metcalf & Eddy Inc,1998).

a) Materia organica

Son sólidos derivados del reinos animal y vegetal, además de las actividades humanas vinculadas a la elaboración de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por



combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno (Metcalf & Eddy, 1998).

En el agua residual, el 40% de los sólidos filtrables y el 75% de sólidos en suspensión son de naturaleza orgánica que provienen del reino animal, vegetal y de la actividad del hombre relacionado con la síntesis de compuestos orgánicos. (Garzón & Espino, 2005)

b) Medición del contenido orgánico

En esta clasificación se debe estudiar los valores de demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 , la demanda química de oxígeno DQO y carbono orgánico COT.

Para la determinación del contenido orgánico de las aguas residuales, se utilizan dos métodos:

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5):** Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. La DBO_5 es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Romero Rojas, 2004).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Este ensayo del DQO se usa para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas



naturales como de las residuales, además, se utiliza un agente químico altamente oxidante en el medio ácido para la precisión del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. La prueba de DQO se utiliza también para cuantificar la cantidad de materia orgánica presente en aguas residuales, industriales y municipales, que pueden contener compuestos tóxicos para la vida biológica.

Se emplea para determinar la cantidad de oxígeno equivalente a la materia orgánica que puede ser oxidada químicamente esto se logra utilizando un agente oxidante fuerte, típicamente dicromato de potasio, en un medio ácido y a elevada temperatura para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como sulfato de plata (Romero Rojas, 2004).

c) **Materia inorgánica**

Los elementos inorgánicos en las aguas residuales y naturales son esenciales para la valoración y gestión de la calidad del agua.

-Potencial de Hidrogeno(PH): El rango adecuado de pH para el desarrollo de la vida es crucial que se encuentra en un intervalo estrecho, donde el intervalo suele situarse entre pH 5 y 9. En el caso de las aguas residuales, aquellas con valores de pH por debajo de 5 o por encima de 9 requieren un tratamiento más complejo que involucra agentes biológicos. Si dicho pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido nuevamente al cuerpo de agua, el pH de este cuerpo receptor será alterado, de allí la necesidad de que los efluentes de las plantas de tratamiento deben ser descargados dentro de los límites



específicos para descargas a cuerpos receptores (Crites & Tchobanoglous, 2000).

2.1.7.3. Características biológicas

En la Tabla 3, se presentan los principales organismos biológicos que contribuyen a la composición del agua residual.

Tabla 3

Caracterización biológicas en agua residual.

Constituyen	Procedencia
Biológicos	
Virus	: Aguas Residual Domestica.
Protistas arqueobacterias	: Plantas de tratamiento, infiltración de agua superficial y A.R. doméstica.
Protista eubacterias	: Plantas de tratamiento, infiltración de agua superficial y A.R doméstica.
Plantas	: Plantas de tratamiento de aguas residuales y cursos de agua.
Animales	: Impacto de las plantas de tratamiento en los ecosistemas acuáticos y la fauna asociada a los cursos de agua

Nota. (Metcalf & Eddy, 1995).

a) Organismos patógenos

Los patógenos son microorganismos presentes en residuos humanos contaminados o portadores de enfermedades específicas. Los tipos principales de patógenos en el agua residuale incluyen helmintos, protozoos, virus y bacterias, Los seres humanos pueden excretar microorganismos bacterianos patógenos que pueden provocar enfermedades gastrointestinales como diarrea, disentería, fiebre tifoidea,



paratifoidea y cólera. El gran número de muertes cada año es debido al nivel de infecciosidad de estos organismos y afecta principalmente a países con insuficientes recursos sanitarios. (Metcalf y Eddy, 1998).

- **Indicadores y organismos.**

Los organismos patógenos están presentes en las aguas residuales y contaminadas en concentraciones muy reducidas, lo que dificulta su aislamiento e identificación. Por esta razón, se emplea el organismo coliforme como indicador debido a que su presencia es más frecuente y sencilla de identificar.

- **Coliformes termo tolerantes.**

Se usa como indicadores de contaminación de origen humano, ya que su presencia es más abundante y fácil de detectar. Estas bacterias en forma de bastoncillos habitan en grandes cantidades en el tracto intestinal de las personas, con cada individuo excretando entre 100 mil y 400 mil millones de coliformes diariamente. Por lo tanto, la detección de coliformes puede señalar la posible presencia de microorganismos patógenos, mientras que su ausencia sugiere que las aguas están libres de agentes causantes de enfermedades.

No obstante, aunque parece ser que las *Escherichia coli* si son de origen exclusivamente fecal, la dificultad de determinar la *E. coli* sin incluir los coliformes del suelo hace que se use todo el grupo de los coliformes como indicador de la contaminación fecal (Romero, 2013).

Tabla 4*Agentes patógenos en agua residual domestica*

Organismos, patógenos	Enfermedad	Comentario
Bacterias		
Yersinia enterolíticas	Yersinosis	Diarrea
Vibrio cholerae	Cólera	Diarrea extremadamente Fuerte, deshidratación.
Shigella(4esp.)	Shigelosis	Disentería bacilar
Salmonella(~1.700 esp.)	Salmonelosis	Envenenamiento de alimento Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado.
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea	Leptospirosis, fiebre (enfermedad de weil)
Leptospira (150 esp.)	Leptospirosis	Enfermedades respiratorias Agudas
Legionella pneumophila	Legionelosis	Diarrea
Escherichia coli (enteropatógena)	Gastroenteritis	

Nota:(Metcalf&EddyInc,1995).

2.1.8. Tratamiento de agua residual domestica

El proceso de tratamiento de aguas residuales comienza con la recolección de estas a través de fosas sépticas, donde se lleva a cabo la depuración inicial. Durante esta etapa, se genera un ambiente anaeróbico que Facilita la sedimentación de los sólidos en el fondo, facilitando así el proceso de filtración. Posteriormente, el agua se dirige a plantas de tratamiento, las cuales se encargan de la descontaminación mediante métodos físicos, químicos y biológicos. En las fases posteriores, el tratamiento bioquímico se realiza de manera más exhaustiva



para eliminar los contaminantes. La principal diferencia entre los tratamientos aplicados radica en el volumen de agua que pueden procesar. (Acuatecnia, 2017).

Existen proceso de descontaminación que incluyen el tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento avanzado.

2.1.8.1. Tratamiento preliminar.

Este proceso de tratamiento de aguas residuales comienza con la entrada del agua cruda, donde se elimina aproximadamente entre el 40% y 60% de los sólidos mediante un pretratamiento puramente mecánico. El propósito de esta etapa es retener sólidos de diferentes tamaños y densidades superiores a la del agua y la arena, facilitando así su procesamiento posterior. Comúnmente se utilizan canales equipados con desarenadores, cámara de rejillas y, en casos específicos, tamices. Estos componentes son fundamentales para prevenir inconvenientes, causados por la entrada de materiales como plásticos, residuos y arena. A pesar de su importancia, en ocasiones se omite el diseño adecuado de estas unidades en las plantas de tratamiento de aguas residuales (SINIA, 2018).

- Desarenador
- Cámara de rejillas

2.1.8.2. Tratamiento primario

Tiene como función eliminar parte de los sólidos suspendidos y la materia orgánica del agua residual mediante métodos físicos como el tamizado y la sedimentación. El efluente resultante de este proceso generalmente contiene cantidades significativas de materia orgánica y tiene una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Con el tiempo, las



plantas de tratamiento que solo utilizan el tratamiento primario se considerarán obsoletas a medida que se implementen las normativas de protección ambiental. En cuanto a la necesidad de disponer de tratamientos secundarios (Metcalf & Eddy, 1995).

El tratamiento primario de aguas residuales se enfoca principalmente en la eliminación de partículas suspendidas, sin abordar la materia disuelta o coloidal. Este proceso logra reducir aproximadamente el 30% de la materia orgánica en forma de DBO y entre el 60% -70% de los sólidos suspendidos presentes en el agua residual. unidades para tratamiento primario:

- Biodigestor (Tanques Septicos)
- Tanque imhoff
- Tanques de sedimentación

2.1.8.3. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario de aguas residuales se centra fundamentalmente en la remoción de sólidos suspendidos y compuestos orgánicos biodegradables, también incluye la desinfección como una etapa crucial del proceso. Se define el tratamiento secundario convencional como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados reactores de lecho fijo, sistemas de laguna y la sedimentación (Metcalf & Eddy, 1995).



La norma (OS.090) establece que son los procesos biológicos cuyo fin es remover eficientemente el DBO mayor al 80%, además este parámetro puede ser de biomasa adherida o biomasa en suspensión.

(SINIA, 2018) establece que los sistemas más utilizados en este nivel de tratamiento son:

- Lodos Activados, Filtros rotatorios.
- Laguna de estabilización.
- Filtro biológico.

2.1.8.4. Tratamiento avanzado.

Este tratamiento es una fase esencial en el proceso de tratamiento de agua residual, ya que es fundamental para eliminar los elementos presentes en el agua residual, como nutrientes, sustancias tóxicas y excesos de materia orgánica. En esta fase, se llevan a cabo procesos como la formación de flóculos, la coagulación química, la sedimentación, filtración y la utilización de carbón activado. Para expulsar iones peculiares y reducir la cantidad de sólidos disueltos, se recurre a técnicas menos comunes, como la ósmosis inversa. La importancia de esta etapa es la reutilización de las aguas residuales, es por eso que es primordial conseguir efluentes de buena calidad (Metcalf & Eddy, 1995).

2.1.9. Unidades básicas de saneamiento

Anselmi (2014), señala en las áreas rurales donde no es posible realizar la evacuación y disposición de las excretas mediante arrastre de agua, se utiliza una serie de dispositivos para la disposición sanitaria de las excretas sin arrastre de



agua. Una de las más populares debido a su efectividad y simplicidad es conocida como "Unidad Básica de Saneamiento" (UBS).

En condiciones naturales, las excretas comienzan a descomponerse donde son depositadas y eventualmente se convierten en un producto inodoro, inofensivo y estable. Para prevenir efectos perjudiciales para la salud durante este proceso de estabilización, es crucial confinar las excretas. En las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS), este confinamiento se lleva a cabo en pozos excavados en suelo natural, donde la orina se infiltra en la tierra y los residuos sólidos son descompuestos y estabilizados mediante procesos biológicos facilitados por bacterias.

Mara (1985), manifiesta que las unidades básicas de saneamiento tradicionales de hoyo seco presentan dos problemas fundamentales tienen muy mal olor y atraen moscas y otros vectores de enfermedades que se producen en los pozos.

Una unidad básica de saneamiento es recomendable que este ubicado alejados de fuentes de aguas para evitar su posible contaminación, también se recomienda ubicar un sistema de UBS cerca de la vivienda, pero lejos de áreas de cultivo y pozos utilizados para el suministro de agua. Se recomienda que la distancia mínima en la UBS y cualquier fuente de agua (pozos, manantiales, ríos, embalses) sea de 20-30 metros.

2.1.9.1. Unidad básica de saneamiento-arrastre hidráulico

(MVCS, 2016), "Se describe como un sistema de saneamiento doméstico que emplea el flujo de agua para trasladar las excretas a un



punto de descarga específico, las excretas se envían a un biodigestor y, posteriormente, se dirigen a una zanja de infiltración”.

La unidad básica de saneamiento con arrastre hidráulico, incluye un baño completo con inodoro, lavatorio, ducha, biodigestor y zanjas de percolación, además de un sistema integrado para su depuración y disposición final de agua residual. Este tipo de unidades son una opción efectiva en áreas rurales donde no existe sistema de alcantarillado.

El biodigestor autolimpiable es un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que elimina la necesidad de equipos para la extracción de lodos, permitiendo la extracción mediante la apertura de una válvula cada 18 a 24 meses. Dentro del biodigestor, las aguas negras experimentan un proceso de digestión anaeróbica, es decir, sin presencia de oxígeno. Una vez tratadas en el biodigestor autolimpiable, las aguas residuales podrían ser reutilizadas, después de un proceso de secado para pequeñas actividades agrícolas.

Para tratar las aguas residuales, es fundamental instalar un sistema, como un biodigestor o tanque séptico. Después del tratamiento primario, se requiere un sistema de infiltración, pozos de absorción.

a) componentes

Caseta: Es un ambiente que sirve para dar privacidad en su uso que cuenta con inodoro, ducha, lavadero y lavatorio.

Inodoro: es un artefacto sanitario para la disposición ya sea para la orina o excretas.

Ducha: Servicio que sirve para el aseo personal de los beneficiarios.

Lavadero: Es un espacio que tiene como uso lavar ropa, lavar utensilios de cocina y otros.

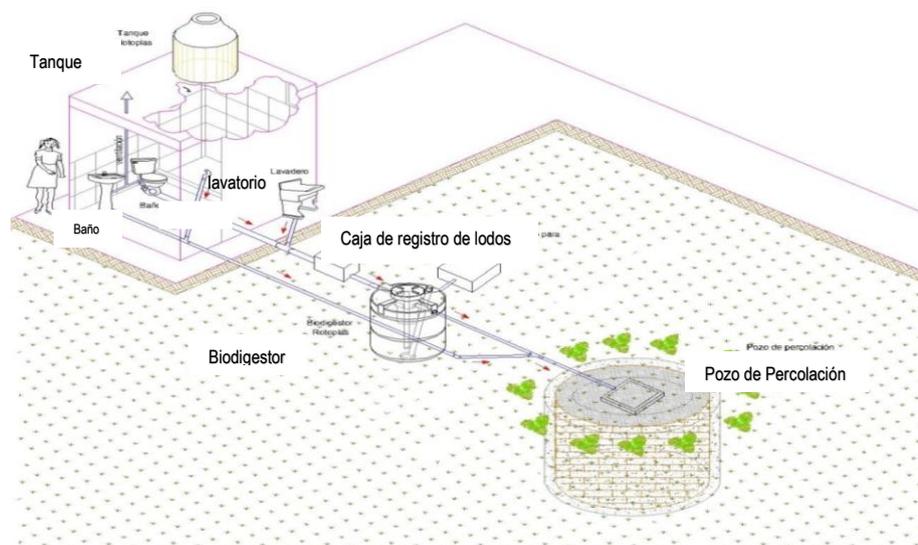
Lavatorio: también conocido como lavamanos que son instalados en baños y algunas veces en cocina.

Biodigestor: es un sistema de tratamiento primero utilizado procesos biológicos para descomponer materia orgánica en ausencia del oxígeno.

Pozos infiltración: Son construcciones diseñadas para recibir y filtrar aguas pluviales, aguas grises o efluentes de un tratamiento provenientes del sistema de drenaje u otros sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Figura 1

Sistema de Ubs con arrastre hidráulico.



Fuente: Rotoplas (2018)



La selección de este método de manejo de aguas residuales domésticas, de acuerdo con la normativa N° 192-2018-Vivienda, tiene en cuenta la elaboración de propuestas para sistemas de saneamiento.

2.1.9.2. Unidad básica de saneamiento en medio rural

Se refiere a un sistema de infraestructuras y servicios diseñados para proporcionar tratamiento adecuado de aguas residuales, suministro de agua potable, manejo de residuos sólidos y promoción de prácticas higiénicas en comunidades rurales.

Quispe & Azzariti (1993), señala que la disposición inadecuada de las excretas es una de las principales causas de enfermedades intestinales y parasitarias, particularmente en la población infantil y en aquellas comunidades de bajos ingresos, ubicadas en áreas marginales y rurales, donde comúnmente no se cuenta con un adecuado servicio de abastecimiento de agua, ni con instalaciones para el saneamiento. Teniendo como objetivo principal:

- Preservar la salud de la población.
- Salvaguardar los cuerpos de agua.
- Conservar la calidad suelo y aire.

El problema de la gestión inadecuada de excretas puede ser abordado a través de la adopción de tecnologías básicas y la participación activa de la comunidad, especialmente en áreas que carecen de instalaciones sanitarias básicas.



Unidad Básica de Saneamiento: es una instalación destinada a la gestión y tratamiento de aguas residuales y excretas en áreas rurales. Incluye componentes como inodoros, lavatorios y duchas, con sistemas de tratamiento primario como tanques sépticos o biodigestores, y mecanismos de disposición final como pozos de infiltración, asegurando y salvaguarda de la salud pública y el medio ambiente.

Hoyo seco: También conocido como letrina de hoyo seco, es una instalación sanitaria básica que se utiliza para el manejo de excretas sin la necesidad de agua para el arrastre de los desechos. Este tipo de letrina es común en áreas rurales o en lugares donde no hay acceso a sistemas de alcantarillado o suministro de agua suficiente.

Compostera: Es una instalación sanitaria diseñada para la gestión ecológica de excretas humanas, convirtiéndolas en compost mediante un proceso de descomposición aeróbica. Este tipo de letrina es una solución sostenible que no requiere agua para el arrastre de excretas facilitando la contención y tratamiento de los residuos mediante procesos anaerobios o aerobios, dependiendo del diseño del sistema.

2.1.10. Límites máximos permisibles (LMP)

Los límites máximos permisibles son los niveles máximos establecidos por la normativa de concentración, sustancias o parámetros fisicoquímicos y microbiológico en el efluente o una emisión, cuyo excedente puede generar daños a la salud, al bienestar humano y el medio ambiente.

Para regular las etapas excesivas de contenido de sustancias fisicoquímico y microbiológicas en efluentes, y mitigar daños a la salud y medio ambiente, D.S

N° 003 - 2010-MINAM que fue establecido por el ministerio del ambiente. Este decreto establece los LMP, para los efluentes generados por las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Esto permitirá evaluar la calidad del efluente del biodigestor de una unidad básica de saneamiento que son vertido al subsuelo y determinar la eficiencia de esta tecnología en relación con la normativa ambiental.

Tabla 5

Límites Máximos aceptables para efluentes de aguas Residuales

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
AceitesyGrasa.	mg/L	20
Coliformes termotolerantes.	NMP/100ml	10000
Demanda bioquímica de oxígeno(DBO5).	mg/L	100
Demanda química de oxígeno(DQO).	mg/L	200
Potencial hidrogeniones(PH).	mg/L	6.5-8.5
Solidos Totales.	mg/L	150
Temperatura.	°C	<35

Fuente: D.S.N°03-2010 MINAM.

2.1.10.1. Puntos de monitoreo

En el monitoreo debe tener una relación, con la evaluación del agua residual doméstica tanto afluente como efluente, de acuerdo al documento de gestión ambiental. Se ara el monitoreo en el ingreso del biodigestor autolimpiable y en el dispositivo de evacuación del mismo elemento.



- Afluente (Aguas negras), antes del ingreso al biodigestor donde se establecerá un punto de monitoreo y se realizará el muestreo en la caja de registro.
- Efluente (Agua residual tratada) se efectuó, un punto de monitoreo en la del biodigestor autolimpiable.
- Designación del punto de monitoreo: Es necesario identificar y reconocer el punto de monitoreo de manera más representativa, asegurando una localización precisa durante los muestreos.

2.1.10.2. Parámetros de calidad

Para las evaluar las calidades de los parámetros monitoreados en los efluentes del biodigestor autolimpiable serán comparadas con lo estipulado en la ley D.S. N° 03-2010-MINAM, Los límites superiores permitidos.

- Temperatura.
- (PH)Pontencial de hidrogeno.
- (DQO)Demanda química de oxígeno.
- (DBO5) Demanda bioquímica de oxígeno.
- (AyG)Aceites y Grasas.
- (ST)Solidos Totales.
- Coliformes Totales.

Se tomarán, estos parámetros tanto en las aguas residuales sin tratar (afluente) como en las aguas residuales tratadas (efluente), utilizando muestras representativas del lugar de investigación.



2.1.10.3. Desarrollo del monitoreo

El monitoreo se llevó a cabo siguiendo guía y el análisis ah realizado por el laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano. Para el campo comenzaremos con los materiales de laboratorio, equipos y equipos de protección personal. También requiere transporte para campo.

a) Disposición de equipos y materiales

La disposición de materiales y equipos tiene como objetivo asegurar que disponga equipos y materiales necesarios para realizar el monitoreo de manera eficiente.

Por ello, es crucial planificar con antelación los materiales de trabajo, los formularios (documentación de datos, las etiquetas de las muestras). Asimismo, es imprescindible disponer de los equipos de muestreo en buen estado y operativo.

b) Muestreo

El propósito del muestreo es obtener una muestra que sea representativa tanto en el punto de salida y entrada de la instalación del biodigestor, con el fin de analizar los parámetros físico químico y microbiológico. Una vez en el lugar de monitoreo:

- Ubicar, punto de monitoreo
- Cuidados y acontecimientos
- Medición de parámetros en campo
- Registrar las características de aguas residuales.
- Toma de muestra de agua, etiquetado, rotulado y transporte.



2.1.11. Biodigestor Autolimpiables

El Biodigestor Autolimpiable se utiliza para el tratamiento primario de aguas residuales en entornos doméstico, basado en un proceso anaeróbico que permite la retención y descomposición de la materia orgánica, para su implementación en campo, es fundamental contar con las facilidades logísticas y de transporte necesarias (Rotoplas,2018).

- Es autolimpiable, no necesita equipos mecánicos ni bombas para remover los lodos, ya que basta con abrir una válvula para su extracción, lo que elimina los gastos y las complicaciones asociadas al mantenimiento.
- Totalmente sellado y duradero: No presenta grietas y asegura la contención segura de los desechos.
- No emite olores, lo que posibilita su instalación dentro o en las cercanías de una vivienda.
- Fomenta la salud y la protección del medio ambiente, con una vida útil extendida.
- Brinda una eliminación más eficiente de los componentes de las aguas residuales en comparación con los sistemas tradicionales, como los tanques sépticos de concreto y las letrinas. Estos sistemas pueden volverse fuentes de contaminación debido a grietas en las paredes y saturación.
- A diferencia de los métodos convencionales, el sistema ofrece una solución más efectiva para el tratamiento de aguas residuales, minimizando los riesgos de contaminación.

Figura 2

En la imagen se muestra el biodigestor autolimpiable



Fuente: Rotoplas (2018)

a) Descripción

Donde la producción de gases en el biodigestor es mínima y prácticamente imperceptible; estos gases se evacuan a través del sistema de ventilación del módulo sanitario, lo que no causa ninguna molestia al usuario también, está orientado a mejorar el tratamiento de aguas residuales domésticas, se puede ver una variedad de dimensiones de biodigestores en el mercado.

Tabla 6

Capacidad y dimensión según su fabricación.

Capacidad	Dimensión				Salida	Salida
	Diámetro m.	Altura m.	Ingreso 4"	Ingreso 2"	de Lodos 2"	de Lodos 4"
600L	0.8	1.64	0.25	0.35	0.48	0.32
1300L	1.15	1.93	0.23	0.33	0.48	0.45
3000L	1.46	2.75	0.25	0.4	0.62	0.73
7000L	2.42	2.83	0.35	0.45	0.77	1.16

Fuente rotoplas(2018).

b) Lugares de instalación

Serán para las áreas donde la implementación de un sistema de alcantarillado no es posible debido a la distancia u otros, las características del terreno o la dispersión de la población en la región. Ejemplos de estos lugares incluyen casas de campo, casas de playas en áreas rurales y subestaciones eléctricas.

Tabla 7

Número de usuarios servidas en función a las capacidades

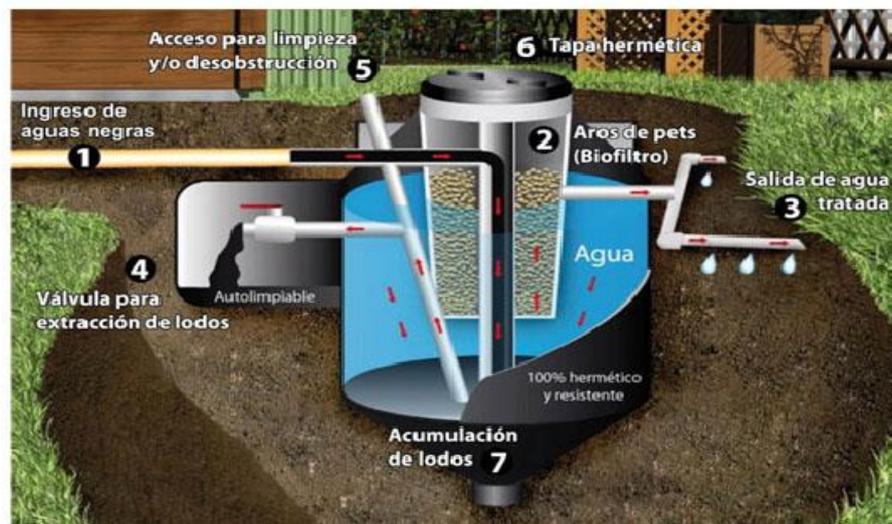
Capacidades	600L	1300L	3000L	7000L
Lavadero de cocina y Inodoro	5	10	25	57
Desagües Total	2	5	10	23
Volumen Máx. de Lodos a Evacuar	100 L	184 L	800 L	1500 L

Nota: Rotoplas(2018)

2.1.11.1. Funcionamiento

Figura 3

Se observa las funciones del biodigestor autolimpiables.



Fuente: rotoplas,(2018).



- El agua se incorpora a través del tubo N° 1 y llega al fondo, donde las bacterias comienzan el proceso de degradación.
- Después, el agua asciende y atraviesa el filtro N° 2, en donde las bacterias adheridas al anillo de plásticos del filtro, capturan la materia orgánica que se eleva.
- El agua ya tratada se dirige a través del tubo N°3 a la zona de percolación, como un pozo de absorción. El proceso séptico inicia con la entrada de aguas residuales al biodigestor a través del desagüe, dirigiéndose hacia el fondo donde se acumulan los lodos. En esta zona de lodos, se desarrolla una población de bacterias anaeróbicas que se nutren de los desechos orgánicos.
- El diseño cónico del fondo del biodigestor ayuda a minimizar las zonas inactivas y facilita lo que se conoce como auto limpieza, que implica la eliminación de los lodos. Una vez que las aguas tratadas atraviesan el filtro, se someten a un segundo proceso séptico con una nueva colonia de bacterias que se forma en los anillos de plástico (PET). Al verter estas aguas en la zona de percolación, se completa el proceso, eliminando olores y contaminantes.
- Los residuos sólidos generados en este procedimiento se eliminan cada 12 a 18 meses, permitiendo que los lodos salgan mediante la válvula destinada a la extracción de lodos.
- El proceso séptico empieza al introducir las aguas residuales al biodigestor a través del desagüe, dirigiéndose al fondo donde se acumulan los lodos. En esta zona, se forma una colonia de bacterias anaeróbicas que se alimentan de los desechos. Con su diseño cónico en el fondo del biodigestor contribuye a minimizar áreas inactivas y facilita el proceso de autolimpieza al permitir la



expulsión de lodos. Las aguas tratadas, al atravesar el filtro, reinician el proceso séptico con una segunda colonia en los aros de plástico (PET). Al verter estas aguas en la zona de percolación, se completa el tratamiento, eliminando olores y contaminantes.

2.1.11.2. Ventajas del uso del biodigestor autolimpiable

Según (Rotoplast, 2018), su uso tiene los siguientes beneficios:

- Es autolimpiable y no requiere de bombas ni medios mecánicos para la extracción. El sistema es netamente hidráulico.
- Su instalación es conveniente debido a que es prefabricado, lo que reduce la cantidad de excavación necesaria. Puede ser utilizado en cualquier tipo de suelo, es sencillo de transportar, instalar y vigilar. Puede ser instalado en menos de 24 horas.
- Es completamente sellado y duradero, sin fisuras, y controla de manera segura las aguas negras.
- La ausencia de olores posibilita la instalación de los baños dentro de la casa.
- Posee una vida útil extensa, pudiendo mantenerse en funcionamiento hasta por 25 años aproximadamente.
- Ofrece una mayor efectividad en la depuración de los componentes de las aguas residuales frente a los sistemas tradicionales.

2.1.11.3. Desventajas del uso del biodigestor autolimpiable

- Puede no ser eficaz en áreas rurales donde falta conciencia sobre la educación sanitaria.



- No se aconseja su utilización en terrenos pantanosos rellenados o propensos a inundaciones. Seguir las indicaciones de instalación respetando las distancias mínimas según la guía proporcionada por el fabricante.

2.1.12. Humedal

Se trata de un ecosistema constituido por un sustrato lleno de vegetación, microorganismos y agua, que tiene como meta la remoción de contaminantes a través de múltiples procesos físicos, químicos y biológicos. Se coloca después de un biodigestor autolimpiable o, en sistemas secos, se utiliza con el agua de lavaderos, duchas y urinarios.

2.1.12.1. Beneficios

- No se produce olor alguno, ya que los gases generados en la sección anaerobia (metano CH_4 , ácido sulfhídrico H_2S), se oxidan y se liberan a la atmósfera en formas químicas que no tienen olor.
- No se produce lodo, ya que el fango retenido en las raíces se oxida lentamente debido a las condiciones oxidadas del filtro (sin volatilización), y la parte decantada alcanza un estado con ausencia de oxígeno.
- Sustentable, favorece el cuidado del medio ambiente al reducir la polución del suelo y del agua y desaparición de microorganismos nocivos.
- El sistema opera sin necesidad de productos químicos, ni generadores ni aceleradores de bacterias.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

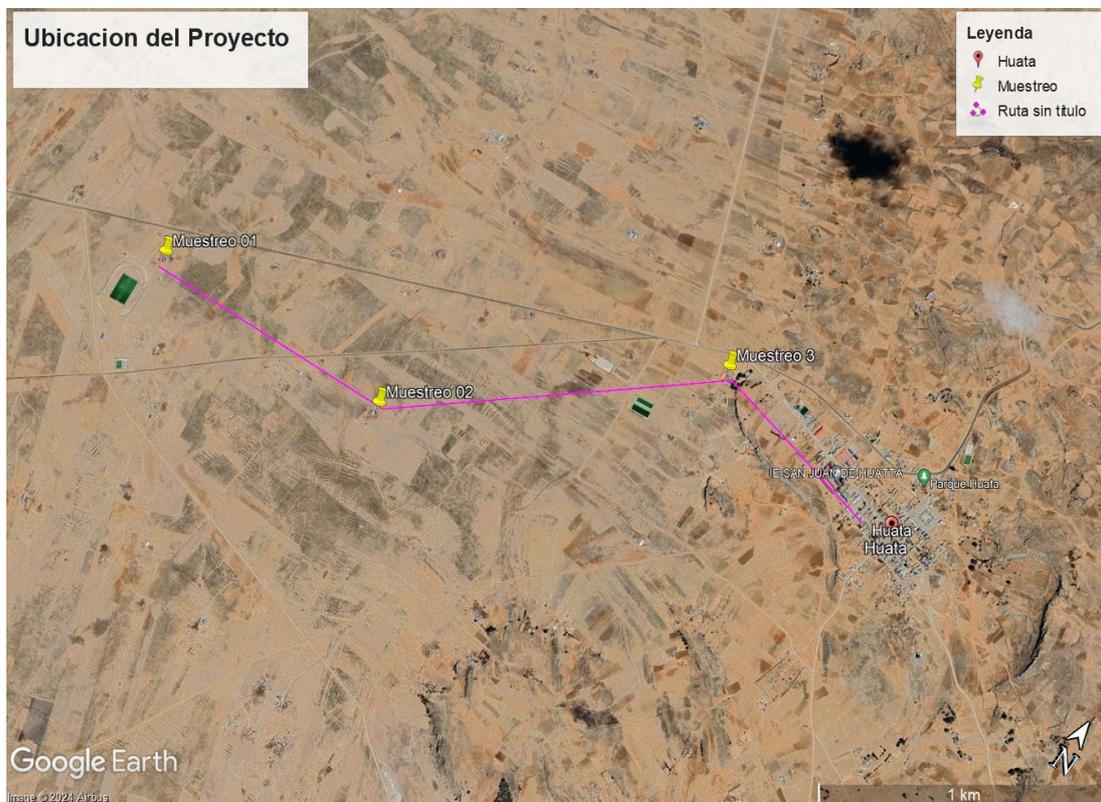
3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue realizada en la instalación de una unidad básica de saneamiento de aguas residual domestica de la zona rural del distrito de Huata, situado en la provincia de Puno, perteneciente a región de Puno.

Las UBS del estudio está localizada en el este del distrito de huata, a una distancia de aproximada 2.80 Km el punto más crítico. Geográficamente, se encuentra al sureste de Perú, aproximadamente a 40 km de la ciudad de Puno.

Figura 4

Localización de Ubs en el ámbito rural de Huata



Nota: Imagen obtenida de Google Earth Pro.

Figura 5

Lugar de estudio (chojnaccoto) de la unidad básica de saneamiento.



Nota: la presencia del investigador en las UBS ubicada área rural.

3.1.1. Ubicación política

Región.	: Puno
Provincia.	: Puno
Distrito.	: Huata
Localidad	: Ámbito rural Huata

3.1.2. Ubicación Geográfica

Latitud Sur	: 15°37'19.24"S
Provincia	: 69°59'52.98"O
Altitud	:3867.26
Región Geográfica	: Sierra

3.1.3. Vías de Acceso

El acceso se realiza mediante la carretera Puno – Capachica, la cual está completamente asfaltada. Sin embargo, desde el distrito **de huata** hasta la zona de influencia del proyecto, el trayecto se realiza por **una ruta de trocha carrozable**. Se estima que la duración del viaje, considerando la distancia aproximada desde la ciudad de Puno, hasta el punto del proyecto, es alrededor de 60 kilómetros.

Tabla 8

Vías de acceso al distrito de huata al ámbito rural

DESDE	HASTA	VÍA	Km	TIEMPO
Puno	Huata	Carretera Asfaltada	42	60 min
Huata	Ámbito rural	Trocha	3	30 min

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. Clima y Temperatura

El clima en la **región geográfica donde se encuentra situada el estudio** es característico del altiplano, **siendo frío, seco y templado** a lo largo de todo el año. Estas condiciones particulares persisten debido a la presencia del Lago Titicaca, con leves variaciones estacionales.

La temperatura durante el año, oscila generalmente entre $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ y muy **rara vez decrece a de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ o o superando los $20\text{ }^{\circ}\text{C}$** , Según la clasificación turística, los momentos óptimos para visitar Huata y disfrutar de actividades en un clima cálido son de principios a mediados de mayo y de mediados de agosto a mediados de diciembre.



3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

Este período abarca desde el inicio de la recolección de datos hasta la conclusión del análisis y la presentación de los resultados. Es crucial definir claramente el período de duración del estudio al planificar y ejecutar investigaciones para garantizar la precisión y la coherencia en la recopilación de datos y el análisis de resultados. Llevándose a cabo entre los meses agosto a diciembre del año 2023.

3.3. MATERIALES DE ESTUDIO

3.1.5. Materiales de gabinete, escritorio, software y equipos

- Computadora, laptop
- Cuaderno
- Fichas de campo
- AutoCAD
- Microsoft Office
- Plumones, etc.
- Fichas técnicas
- Termómetro
- Cooler para conservación de Muestras
- Pizarra para descripción del proyecto
- Preservantes para conservación de muestras
- Guantes quirúrgicos
- Mascarillas quirúrgicas
- Balde de tomar muestras
- Etiquetas para las muestras
- Equipos de protección personal

3.1.6. Descripción del sistema actual

En esta etapa del estudio se clasifica como descriptivo, ya que a lo largo del documento se detalla la condición actual de la unidad básica de saneamiento de UBS. Además, se muestra de manera gráfica a través de imágenes acompañadas de sus respectivas dimensiones.

3.1.6.1. Caseta

Es un espacio proporciona para la privacidad para el uso de servicios, albergando inodoro, ducha, urinario y lavamanos. Su distribución se ajusta según el número de usuarios.

Figura 6

Caseta de la unidad básica de saneamiento.



Nota: Se observa el Lugar de Investigación.

3.1.6.2. Inodoro

El inodoro es un dispositivo sanitario utilizado para la eliminación y recolección de excrementos y orina, comúnmente instalado en baños y sanitarios.

Figura 7

Inodoro en un sistema de unidad básica de saneamiento.



Fuente. Inodoro de Porcelana.

3.1.6.3. Lavatorio

Un lavatorio es de porcelana instalado en la pared de un baño, que dispone de un grifo para el ingreso controlado de agua y utiliza una trampa tipo P para evacuar las aguas usadas, para prevenir olores.

Figura 8

Estado del lavamanos de la Ubs.



Nota: Lavamanos existente.

3.1.6.4. Ducha

Cuenta con una ducha convencional que incluye una regadera y una llave que regula el caudal de agua durante el baño.

Figura 9

Estado actual de la ducha de ubs.



Nota: Imagen de campo.

3.1.6.5. Tubería de ventilación

La tubería de ventilación es un conducto diseñado para permitir la circulación de aire dentro de la unidad básica de saneamiento, facilitando así la eliminación de gases y olores, y manteniendo la presión adecuada en las tuberías.

3.1.6.6. Biodigestor

El sistema principal está compuesto por el Biodigestor Autolimpiable, que incorpora un proceso para retener y degradar materia

suspendida mediante una degradación séptica. Además, incluye un biofiltro anaerobio que opera en una segunda cámara, donde se desarrolla el tratamiento biológico.

Figura 10

Estado actual del biodigestor autolimpiable de la ubs.



Nota: Biodigestor en Campo.

a) Mantenimiento del biodigestor

- Después de realizar cada mantenimiento del biodigestor, es de suma importancia llevar a cabo una limpieza minuciosa de las manos. Este paso es crucial para prevenir la propagación de posibles contaminantes que podrían haberse acumulado durante el proceso de mantenimiento.
- Nunca se deben desechar los lodos líquidos en drenajes, barrancas, selvas, humedales, ríos, lagos o mares.
- aconseja limpiar los biofiltros anaeróbicos cuando se presenten obstrucciones y cada 3 o 4 extracciones de lodos, utilizando agua con una manguera.



b) Filtros

- El biodigestor dispone de un material filtrante de plástico que permite la adhesión de microorganismos para la depuración del agua. Se recomienda limpiar este filtro cada dos años o con mayor frecuencia si se obstruye.
- Al efectuar el mantenimiento, primero debes abrir la válvula y eliminar el lodo hasta que el nivel de agua disminuya. Luego, retira el material filtrante y frótalo con una escoba para eliminar los sólidos acumulados; puedes usar una manguera con agua a presión con el fin la tarea sea más sencilla, limpia la cubeta dentro del tanque usando una escoba, vuelve a colocar el material filtrante en su sitio y cierra la cubeta. Es fundamental evitar encender fuego, generar chispas o fumar cerca del biodigestor durante el mantenimiento para prevenir riesgos de quemaduras o explosiones. Antes de comenzar, destapa el tanque y permite que se ventile durante al menos 10 minutos.

c) Material Flotante.

- Debe realizarse cada un año, se debe abrir la tapa y retirar las grasas y cualquier otro material flotante usando un cedazo o pala, con el fin de prevenir obstrucciones en tuberías o pozo de percolacion.
- El material removido debe ser combinado con cal y colocado en un relleno sanitario apropiado.
- Es fundamental prevenir que el material flotante llegue al drenaje o a los cuerpos de agua.



d) Caja de Lodos

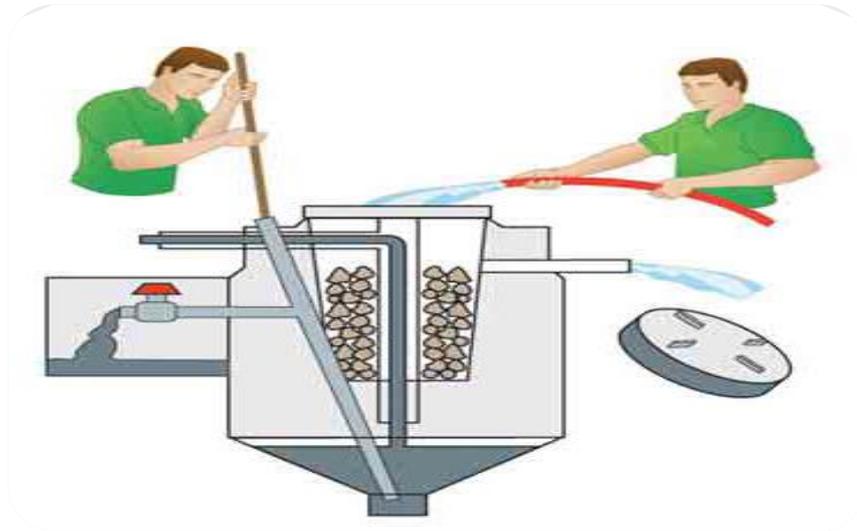
- Esta caja cumple con dos funciones principales: en primer lugar, alberga la válvula de lodos; en segundo lugar, facilita el manejo de lodos serán evacuados de manera periódica durante el mantenimiento de la unidad.
- Está constituida por una caja de concreto de dimensiones apropiadas, en función del tamaño del biodigestor y las características del terreno. La caja debe ser de material impermeable para evitar la contaminación del freático y lo suficientemente robusta para proteger adecuadamente la válvula del lodo.

e) Purga de Lodos.

- Para, el manejo del lodo del biodigestor autolimpiable debe ser realizada por un operario, quien es responsable de evacuar periódicamente los lodos digeridos que se acumulan en el fondo.
- El proceso para descargar el lodo acumulado en el fondo del biodigestor consiste en abrir una válvula que permite la salida por gravedad de los lodos hacia una caja de registro. Al inicio de la descarga, salen aproximadamente entre 2 y 3 litros de agua de color beige seguidos por lodos de color marrón. Es necesario cerrar la válvula cuando el agua de color beige vuelva a salir.
- La eliminación de lodos del biodigestor se lleva acabo cada 12 a 24 meses, Si hay dificultades en la salida de lodos es difícil, se puede introducir y mover un palo en la tubería de extracción con cuidado.

Figura 11

Procedimiento en caso de obstrucción de lodos biodigestor.



Fuente: Rotoplas 2018

3.1.6.7. Caja de distribución de caudal

Las cajas de registro son dispositivos destinados a recoger aguas negras y grises de aparatos sanitarios dentro de una vivienda. Están diseñadas para facilitar el mantenimiento y la limpieza del sistema de desagüe. Sus dimensiones generalmente son de 30 cm x 60 cm.

Figura 12

Estado actual del caja de registro de las ubs.



Nota: caja de registro del lugar de investigación.



a) Operación de caja de registro

- Quite la tapa de la caja de registro con cuidado para evitar daños o accidentes.
- En caso de detectar gases tóxicos, mantenga la tapa abierta durante algunos minutos como precaución.
- Detenga el uso del módulo sanitario temporalmente y cierre las válvulas correspondientes.
- Selle la tubería de entrada con un trapo o esponja para evitar el ingreso de materiales no deseados durante el mantenimiento.

3.1.6.8. pozo percolador

Es una excavación en la tierra que se llena con piedras seleccionadas y que sirve para el tratamiento mediante filtración del líquido de salida del biodigestor, así como de las aguas grises provenientes del baño (inodoro, urinario, lavamanos y ducha).

a) Operación

En la operación del pozo de absorción o una zanja de infiltración, el agua residual proviene del lavado de fregaderos o desagües se dirige hacia el pozo o tanque séptico mediante una tubería.

Una vez allí, el efluente se distribuye a través de grava o roca, facilitando que el agua se filtre y reduciendo así su nivel de contaminantes.



b) **Mantenimiento.**

No se han establecido actividades específicas para el mantenimiento del pozo de absorción. En cambio, se aumenta su vida útil mediante la separación de grasas y la limpieza regular del biodigestor. Es recomendable limpiar el filtro del pozo saturado extrayendo los sólidos, tratándolos y dejándolos secar completamente al sol antes de disponerlos adecuadamente. Los líquidos deben ser extraídos en la medida de lo posible de manera manual o mecánica para infiltrarse naturalmente dentro del pozo.

- **Erosión:** Si se detecta erosión cerca o dentro del sistema de infiltración debido a factores como lluvia, viento o agua superficial, es crucial rellenar las áreas erosionadas en el suelo. Además, se recomienda sembrar césped sobre el pozo de percolación y la zanja de infiltración.
- **Falla del sistema:** El sistema emisor de efluentes puede presentar diversas fallas si no hay una buena absorción en el suelo circundante o si el agua se absorbe más lentamente de lo esperado. En caso de que el sistema falle y no se pueda reparar, será necesario abandonarlo y/o construir un nuevo sistema y evitar olores desagradables.

3.1.7. **Población y muestra**

3.1.7.1. **Población**

La población de estudio está conformada por las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) en la parcialidad de Collana Bajo, en el sector de



Chojnaccoto, que cuenta con un total de 48 UBS. Siendo un enfoque cualitativo, cuantitativo. El estudio es evaluar el tratamiento de aguas residuales domésticas en el ámbito rural del distrito de Huata, de acuerdo con los parámetros establecidos por el MINAM que operaran de manera continua. La investigación se centra en el biodigestor utilizado en estas UBS, con una densidad de 3, 5 a 7 personas por vivienda en el estudio.

3.1.7.2. Muestra

Se utilizó una muestra no probabilística, por conveniencia para comparar la cantidad de depuración de agua residual doméstica en tres sistemas (UBS1, UBS2 y UBS3) que cumplieron con los criterios de selección. La evaluación, que se realizó tres veces en cada sistema en la entrada (afluente) y salida (efluente) de los biodigestores, fue necesaria por conveniencia debido a la accesibilidad, los recursos disponibles y las limitaciones de tiempo y presupuesto. Se tomaron en cuenta sistemas en funcionamiento continuo y con mayor densidad para asegurar una evaluación adecuada.

3.4. METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS TOMA DE DATOS

3.1.8. Metodología de investigación

La metodología de investigación es un conjunto de métodos y procedimientos utilizados para recolectar y analizar datos con el fin de responder preguntas de investigación incluyendo la selección de muestra, técnicas de recolección de datos (Hernández S, 2014).



Enfoque de Investigación: es de carácter mixto, lo que implica la utilización de procesos sistemáticos, empíricos y críticos en la investigación. Esto incluye la recolección y análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos.

Tipo de Investigación: no experimental, este tipo de investigación está orientado a abordar problemas específicos y actuales, priorizando soluciones prácticas en lugar de la creación de teorías o conocimientos generales.

Nivel de investigación: Es de carácter descriptivo, ya que se enfoca en detallar y explicar fenómenos, circunstancias y eventos para entender sus características y cómo se presentan.

Diseño de investigación: el estudio es no experimentales, el investigador evita modificar intencionalmente las variables independientes para estudiar su impacto en otras variables, y en su lugar, observa el fenómeno en su contexto.

La metodología se dividió en cuatro etapas principales:

Primera fase: Se revisó literatura especializada relacionada con el tratamiento de aguas residuales domesticas también sobre unidad básica de saneamiento.

Fase de campo: Recolección de datos en el lugar, examinando en el sitio las características y componentes de la unidad básica de saneamiento y realizando una evaluación funcional para analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Fase de Laboratorio: Realización de análisis de laboratorio para examinar las muestras recopiladas del agua de entrada y salida.



Fase de gabinete: Procesamiento de los datos derivados de los resultados obtenidos, además de la redacción del documento.

3.1.9. Métodos e instrumentos.

La obtención de datos en el terreno se llevó a cabo mediante la técnica de observación, realizando un diagnóstico situacional para determinar el lugar y el punto de muestreo. Se ha enfocado en los componentes de las unidades básicas de saneamiento, formando así un sistema integral de tratamiento de aguas residuales implementado en cada hogar en el ámbito rural. Para cumplir con el objetivo de esta investigación, se siguió el "Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales" proporcionado por el (MVCS,2013).

3.1.9.1. Reconocimiento del lugar y elección de biodigestor de la unidad básica de saneamiento.

La elección del sitio de monitoreo se basó en criterios de conveniencia, considerando los siguientes aspectos:

- Se ha seleccionado tres biodigestores constituye una sección de las UBS mediante arrastre hidráulico.
- Se selecciona el biodigestor en función de la densidad de habitantes, considerando que esta condición implica una mayor generación de carga de agua residual.
- Se escogió el biodigestor debido a la conveniente accesibilidad a cada sistema de saneamiento.
- Después de identificar el sitio de monitoreo, se estableció el punto de observación (entrada y salida), Este muestreo se llevó a cabo en el

lugar seleccionado de manera consistente a lo largo de los tres procesos de monitoreo.

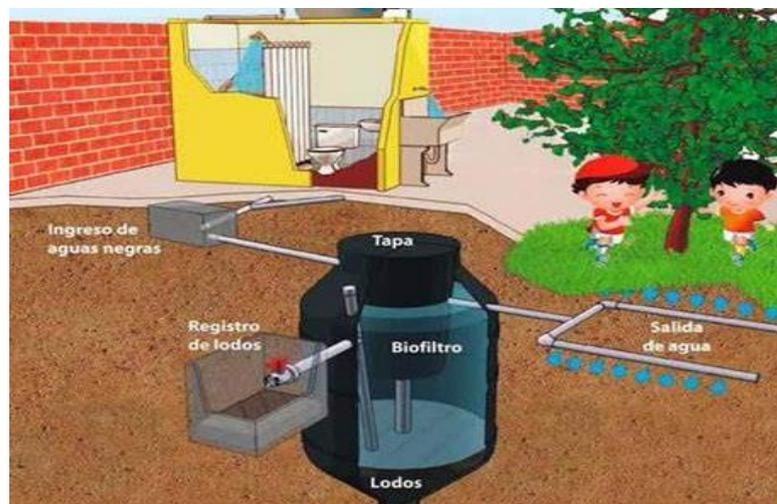
- Uso de la unidad básica de saneamiento **familia huacani, Gutiérrez y calsin** dando uso dos familias ubS1: primera familia (padre, madre, hijos 06 y 09 años) segunda familia (padre, madre, hijo 05 años), ubS2: familia Gutiérrez (padre, madre y 3hijos); ubS3: familia Gutiérrez (padre, madre y 1hijos), ellos utilizan el baño de las UBS, aproximadamente 03 veces al día.

3.1.9.2. Evaluación de la unidad básica de saneamiento de arrastre hidráulico (UBS-ah), con biodigestor

La instalación en la UBS con arrastre hidráulico en el en el ámbito rural de huata estas conforman un sistema integral para el tratamiento de aguas residuales domiciliarias, que abarca desde la caseta (baño), hasta los pozos percoladores. Para una comprensión más clara, a continuación, se proporciona un detalle del sistema implementado.

Figura 13

Sistema de ubS con arrastre hidraulico localidad de Huata.



Fuente. Rotoplas (2018)

En la representación gráfica, se observan las líneas que representan las tuberías de suministro de aguas provenientes de la ducha, lavamanos y lavadero multiusos. Estas tuberías transportan aguas grises que fluyen directamente hacia la caja de registro, ya que no es apropiado verterlas en el biodigestor. Esto se debe a que las aguas con detergentes y jabón podrían resultar perjudiciales para los microorganismos presentes en el biodigestor.

Se puede decir la instalación corresponde a la conducción de aguas negras que son provenientes del inodoro, conocida como aguas negras. Esta tubería está destinada a dirigirse hacia el biodigestor, donde las excretas que entran introducen microorganismos que se encargan de descomponer desechos fecales y la materia orgánica en las aguas residuales.

Tabla 9

Eficiencia de biodigestor autolimpiable Rotoplas

Parámetro	Remoción	Parámetros luego del tratamiento
(DBO ₅).	9 4 %	1 5 – 80, mg/L
(DQO).	8 8 %	80 – 190, mg/L
(AyG).	9 3 %	30 – 45, mg/L
(ST).	9 8 %	0,05 – 0,3, mg/L
(Ph)ontencial de hidrogeno.	Estabilizado	7,5 – 8,5 U, PH

Fuente: Rotoplas(2018).



3.1.9.3. Procedimiento de recolección de datos en la unidad básica de saneamiento, con biodigestores autolimpiables.

Durante el proceso de recolección de muestras, se consideraron varios elementos clave, como el programa de monitoreo, así como el equipo y procedimiento necesario para llevar a cabo dicha tarea. Dado que se trata de un estudio descriptivo se llevó a cabo mediante el uso del método de observación directa, siguiendo las directrices establecida por el "Directrices aprobadas para la supervisión de la calidad de los efluentes en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales", autorizado mediante la resolución del Ministerio de Vivienda N° 273-2013. Este protocolo especifica los lineamientos a seguir durante el proceso de recolección de muestras.

- Monitoreo es la toma de muestras para los parámetros físico, químico y microbiológico. Estos parámetros son esenciales para evaluar la eficacia del tratamiento de aguas residuales domésticas en relación con los límites máximos permisibles establecidos por el D.S 003 – 2010 MINAM y las eficiencias de remoción. Las muestras se recolectaron de manera mensual en los meses de agosto, septiembre y octubre tanto en la entrada (afluente) como en la salida (efluente) del biodigestor autolimpiables en el ámbito rural 2023.
- Se estableció una frecuencia de monitoreo con el objetivo de identificar los cambios sustanciales que ocurran en periodos específicos de tiempo. Se realizaron seguimientos periódicos. Este enfoque facilitó la evaluación de las variaciones en los parámetros



físicos, químicos y microbiológicos relacionados con el agua residual, tanto cruda como tratada, en el biodigestor autolimpiable.

- Localización putos de monitoreo, se llevó a cabo la identificación de los puntos de monitoreo, afluente y efluente.

Tabla 10

Normas de concentración máxima para efluentes de agua residual

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes
Aceites y grasas(AyG).	mg/l	20
Coliformes Totales(CT).	NMP/100 ml	10.000
(DBO5).	mg/l	100
(DQO).	mg/l	200
(Ph).	unidad	6.5 -8.5
Sólidos Totales(ST).	mL/L	150
Temperatura(T).	°C	<35

Nota: MVCS 2013

Tabla 11

Volúmenes mínimos de muestras de agua residual.

Determinación /Parámetro	Recipiente	volumen min de muestra
físico		
Temperatura	P.V.	1000ml
Sólidos Suspendidos Totales	P.V.	100 ml
Químico		
PH	P.V.	50 ml
DBO5	P.V.	1000 ml
DQO	P.V.	100 ml
Microbiológico		
Coliformes Termotolerantes	v, esterilizado	250 ml

Nota: MVCS 2013

El procedimiento de obtención de muestras se llevó a cabo, Antes de la toma de muestras, se aplicó un etiquetado detallado que incluía información como la procedencia de la muestra lugar y hora.

- **Primer Paso**

La selección de las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS1, UBS2 y UBS3) para el monitoreo se basó en su accesibilidad y la densidad.

- **Segundo paso**

Se efectuó la toma de muestras en la entrada del biodigestor.

Figura 14

Punto de muestreo del afluente del biodigestor autolimpiable.



Nota: observamos el muestreo del afluente al biodigestor.

Figura 15

Realización de muestreo del afluente del biodigestor y apuntes.



Nota: finalización del muestreo-afluente al biodigestor.

- **Tercer paso**

Se llevó a cabo el muestreo del agua residual doméstica en el biodigestor de cada UBS, con el propósito de evaluar la efectividad del tratamiento de aguas residuales domésticas.

Figura 16

Punto de muestreo efluente del biodigestor de las ubs.



Nota: toma de efluente de ubs.

- **Cuarto paso**

Reorganizamos los recipientes en el cooler y actualizamos la información en las etiquetas de cada uno, de acuerdo con los parámetros especificados para todas las muestras.

Figura 17

Colocado de muestras realizadas al al cooler.



Nota: observamos la finalización-efluente del biodigestor.

- **Quinto paso**

Preparación y empaqueo de las muestras, listas para ser transportadas al laboratorio de la universidad nacional del altiplano.

Donde los laboratorios realizan análisis de agua residual son esenciales para evaluar la calidad del agua y determinar la presencia de contaminantes que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente y la salud.

Figura 18

Traslado de muestras para el laboratorio unap



Nota: observamos el traslado de muestras y ubicación.

- **Sexto paso**

La entrega de las muestras en el laboratorio es un paso crucial, ya que es donde se realizarán los análisis correspondientes para determinar sus características específicas.

Figura 19

Recepción de la muestra en el mega laboratorio de la unap.



Nota: entrega de muestras para su análisis.

3.1.9.4. Procedimiento para test de percolación y análisis de suelo.

En el proceso de recolección de muestra, se consideraron diversos elementos, con

- **Primer Paso**

Escogemos un área representativa del lugar de estudio que se encuentre libre de obstrucciones ya sea como grandes raíces rocas etc. Donde utilizamos una cinta métrica para marcar un área cuadrada o rectangular en el suelo, típicamente de 1.50m x 1.5m con una profundidad efectiva de 0.70 m.

- **Segundo paso**

Se comienza a excavar con la pala y pico retirando el suelo capa por capa a una profundidad requerida manteniendo las paredes de la calicata lo más vertical posible para describir y documenta las

diferentes capas (horizontes) del suelo en términos de color, textura, estructura y contenido de materia orgánica.

Figura 20

Ubicación de calicata para su muestreo.



Nota: observamos la calicata realizada.

- **Tercer paso**

Una vez realizado la calicata realizar el muestreo anotando todos los datos (nombre de proyecto, fecha, coordenadas etc.) después de recolectadas son llevadas a un laboratorio para análisis físico-químicos más detallados.

Figura 21

Punto de muestreo y re colectación de muestra de suelo.



Nota: muestreo del suelo para su análisis.

- **Cuarto paso**

Preparamos el cubeto de 0.30 x 0.30 x 0.30 de profundidad para la realización de la prueba, además se requiere el perfilado las paredes del cubeto con la finalidad de evitar la erosión.

Figura 22

Realización de cubeto para realización test percolación.



Nota: cubeto para test de percolación.

- **Quinto paso**

La saturación y expansión del suelo se efectuó cuidadosamente adicionando agua limpia el cubeto acondicionado hasta una altura de 0.15 m sobre la capa de por ser suelo arenoso se tuvo que tomar medidas de descenso cada 10 minutos.

Figura 23

Perfilado del cubeto y colocado cama de arena.



Nota: observamos el colocado de cama de arena.

Figura 24

Realización de Test de Percolación.



Nota. Medición de descenso que se escurre.

3.1.10. Procesamiento de información

Las muestras recopiladas en la unidad básica de saneamiento de Aguas Residuales domesticas serán llevadas al laboratorio de la universidad nacional del altiplano. Donde se llevarán a cabo los ensayos y se dará los resultados conforme a los métodos que corresponden.

Se realizaron las mediciones de la UBS, dimensiones como la altura, longitud y ancho del sistema. Estas mediciones sirvieron de base para la elaboración de un plano de ubicación para el proyecto, el cual ofrece un detalle completo de la estructura preexistente. Este plano se encuentra en los anexos.

Tras recibir los resultados del mega laboratorio de la UNAP, se procede a analizar los parámetros de cada muestra, en el punto de entrada y salida del biodigestor. Este proceso posibilita el cálculo de la eficacia en la UBS, en el proceso de tratamiento de aguas residuales en el área rural del distrito de Huata, de acuerdo a las normas vigentes



Las aguas residuales domesticas evaluado presentando sus parámetros físicos químicos y microbiológicos donde si es adecuado para el tipo porque cumple los requerimientos en el área rural DS 192-2018-vivienda donde nos indica que los test de percolación estén en la clase de terreno rápidos y medios donde el tiempo de infiltración es 0-4min y4-8min respectivamente.

Con la información recopilada, se efectúa el cálculo, comparación de parámetros y la determinación de la capacidad del biodigestor destinado para la familia en cuestión.

La eficacia del tratamiento de aguas residuales domiciliarias en el biodigestor autolimpiable se determina finalmente a partir de los resultados del análisis de las muestras de agua del análisis de aguas residuales domésticas, además efectuara un diseño del biodigestor para la presente investigación.

3.5. ANÁLISIS Y REGISTRO DE DATOS

3.1.11. Propuesta de diseño

Podemos observar el promedio de datos de salida obtenidos durante el muestreo del proceso de tratamiento en el biodigestor autolimpiable, con la finalidad de incorporarlos en el análisis y diseño correspondiente.

Potencial de hidrogeniones (pH) Esta información fue recopilada en el lugar mismo durante los días en que se realizaron las tomas de muestra, registrándose un pH máximo de 8.03, siendo el valor más crítico .

Temperatura (T°) Esta información se adquirió durante los muestreos realizados en el tiempo de investigación, registrándose una temperatura máxima de 15.62°C.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) Estos datos se obtuvieron del promedio de los efluentes que se realizaron en el laboratorio, según su monitoreo obteniéndose 148.91 mg/L.

Coliformes Totales. Esta información se obtiene del laboratorio, donde se toma la muestra y se calcula un promedio dando 20.56 UFC/100ml.

Aceites y grasas. El siguiente resultado se obtiene del análisis realizado durante los muestreos del UBS teniendo como promedio de 76.31 mg/L.

Demanda Química de Oxígeno (DQO). El laboratorio, se realiza la toma de muestras y se procede con el cálculo del promedio correspondiente 158.86 mg/L.

Sólidos Totales. Los datos se obtuvieron en un laboratorio, donde se realiza la recolección de la muestra y se obtiene un promedio 746.95ml/L.

Tabla 12

Muestreo de Ubs-1, parámetros físico, químico y microbiológico.

UBS 1 FAMILIA HUACANI										
		Muestreo 1		muestreo 2		muestreo 3		PROMEDIO		
Lab	Físico-Químico-Microb.	Unid	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
FQ	Ph	-	8.37	7.69	8.25	8.24	7.67	7.62	8.10	7.85
FQ	Temperatura	°C	14.1	14.1	17.15	17.15	15.4	15.5	15.55	15.58
Demanda										
FQ	Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	60.8	10.9	182	30.89	49.9	32.3	97.57	24.70
Demanda										
FQ	química de Oxígeno (DQO)	mg/L	293.35	296.76	403.89	208.08	402.51	201.53	366.58	235.46
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	1180	0	88.13	49.41	78.15	39.45	448.76	29.62
FQ	Sólidos Totales	mg/L	945	1075	1431	1165	1341	998	1239.00	1079.33
MB	Coliformes Totales	FC/100ml	23	23	23	23	23	23	23.00	23.00

Nota: Muestreos del UBS 1, tanto del efluente como del afluente, junto con los datos promedio.

Tabla 13

Muestreo de Ubs-2, parámetros físico, químico y microbiológico.

UBS 2 FAMILIA GUTIERREZ										
Lab	Físico-Químico- Microb.	Unid	Muestreo 1		muestreo 2		muestreo 3		PROMEDIO	
			Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
FQ	Ph	-	9.13	7.53	8.67	8.65	8.36	7.98	8.72	8.05
FQ	Temperatura	°C	17.36	17.36	13.5	13.6	14.6	14.7	15.15	15.22
Demanda										
FQ	Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	446.85	521.89	68.6	30.89	70.65	35.19	195.37	195.99
Demanda										
FQ	química de Oxígeno (DQO)	mg/L	156	208.76	296.62	167.42	263.15	265.2	238.59	213.79
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	0	0	93.29	56.14	325.2	265.2	209.25	160.67
FQ	Sólidos Totales	mg/L	182.7	192.9	584.25	438.25	983	830	583.32	487.05
MB	Coliformes Totales	FC/100r	23	23	22	17	23	20	22.67	20.00

Nota: Muestréos del UBS 2, tanto del efluente como del afluente, junto con los datos promedio.

Tabla 14

Muestreo de Ubs-3, parámetros físico, químico y microbiológico.

UBS 3 FAMILIA CALSIN										
Lab	Físico-Químico- Microb.	Unid	Muestreo 1		muestreo 2		muestreo 3		PROMEDIO	
			Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
FQ	Ph	-	7.65	9.21	7.98	7.76	7.68	7.62	7.77	8.20
FQ	Temperatura	°C	17.36	17.3	15.2	15.6	15.3	15.3	15.95	16.07
Demanda										
FQ	Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	900.53	358.16	50.3	41.3	70.62	52.63	510.73	226.05
Demanda										
FQ	química de Oxígeno (DQO)	mg/L	360.21	39	394.85	150.36	196.26	135.64	317.11	108.33
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	0	0	59.15	36.65	92.56	40.65	75.86	38.65
FQ	Sólidos Totales	mg/L	273	195.4	962	842	1261	986	832.00	674.47
MB	Coliformes Totales	FC/100r	23	23	21	18	18	15	20.67	18.67

Nota: Muestréos del UBS 3, tanto del efluente como del afluente, junto con los datos promedio.

Tabla 15

Promedio de parámetros físicos, químicos y microbiológicos Afluente.

Lab.	Determinación	Unidad	Promedio de Afluentes			Promedio de Valores
			UBS1	UBS2	UBS 3	
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		8.10	8.72	7.77	8.20
FQ	Temperatura °T	°C	15.55	15.15	15.95	15.55
FQ	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	mg/L	97.57	195.37	510.73	267.89
FQ	Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	366.58	238.59	317.11	307.43
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	448.76	139.50	75.86	244.62
FQ	Solidos Totales	mg/L	1239.00	583.32	832.00	884.77
MB	Coliformes Totales	UFC/100	23.00	22.67	20.67	22.11

Tabla 16

Promedio de parámetros físicos, químicos y microbiológicos Efluente.

Lab.	Determinación	Unidad	Promedio de Afluentes			Valor Critico
			UBS1	UBS2	UBS 3	
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		7.85	8.05	8.20	8.03
FQ	Temperatura °T	°C	15.58	15.22	16.07	15.62
FQ	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	mg/L	24.70	195.99	226.05	148.91
FQ	Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	235.46	213.79	108.33	185.86
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	29.62	160.67	38.65	76.31
FQ	Solidos Totales	mg/L	1079.33	187.05	674.47	746.95
MB	Coliformes Totales	UFC/100	23.00	22.00	18.67	20.56

La Tabla 16 podemos observar, el promedio de los resultados obtenidos de tres muestreos realizados en los UBS, analizando el agua residual doméstica



recolectada en el afluente. Estos datos se utilizaron para evaluar la eficiencia y diseño de los sistemas rural de Huata.

3.1.12. Criterio de diseño

3.1.12.1. Periodo de diseño

Para las plantas de tratamiento de aguas residuales, se prevee un horizonte de entre 20 y 30 años en su diseño, el cual debe ser justificado.

$$Pd = 20 \text{ Años}$$

3.1.12.2. Población Beneficiaria (Ps)

Se realizó el cálculo para la vivienda con mayor densidad de habitantes y con los valores más críticos, beneficiando a la familia Huacani.

Tabla 17

Número de residentes en la vivienda de diseño.

Datos de Familia de diseño				
localidad	familia	vivienda	población	total
Amb. Rural Huata	Reyna huacani	1	4	4
Amb. Rural Huata	Juan huacani	1	3	3
POBLACION TOTAL				7

3.1.12.3. Volumen de descarga del Inodoro (Vi)

Se determina según el programa nacional de saneamiento rural.

Tabla 18

Volumen de descarga del inodoro en la vivienda de diseño.

ORIGEN	Unidad básica de saneamiento de arrastre hidráulico		
	costa	selva	sierra
Caudal de Descarga en Inodoro (L/d)	24	24	24
Nº de Descargas	3	3	3
volumen por descarga (L/des/hab./d)	8	8	8

Fuente: PNSR

3.1.12.4. Cantidad de uso del Inodoro al día (Ui)

Se evaluó según el programa nacional de saneamiento rural.

Tabla 19

Uso del inodoro en la vivienda al día.

ORIGEN	Unidad básica de saneamiento de arrastre hidráulico		
	costa	selva	sierra
Caudal de Descarga Inodoro (L/d)	24	24	24
# de uso al día	3	3	3
Vol. por uso (L/dec/hab./d)	8	8	8

Fuente: PNSR

3.1.12.5. Gasto de Inodoro al día (Gi)

Se calculó según el programa nacional de saneamiento rural, mediante la siguiente Formula.

$$Gi = \frac{Ps * Gi * Ui}{1000} m^3/dia$$

$$Gi = \frac{7 * 8 * 3}{1000} = 0.168 m^3/dia$$

3.1.12.6. Cálculo del volumen del biodigestor

Para estimar el volumen necesario de nuestro biodigestor, se uno la norma IS.20 que están referidos a los Tanques Sépticos.

Tabla 20

Uso del inodoro en la vivienda al día.

ORIGEN	Unidad básica de saneamiento de arrastre hidráulico		
	costa	selva	sierra
Caudal de Descarga Inodoro (L/d)	24	24	24
# de descargas	3	3	3
Vol.por descarga (L/des./hab./d)	8	8	8

Fuente: PNSR

3.1.12.7. Intervalo de retención

La fórmula que se presenta a continuación se utilizará para calcular el tiempo de retención hidráulica.

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (Ps * Q) \text{ dias}$$

Donde:

PR=Tiempo prom de retencion.

Ps= Población ser.

PR= Caudal unitario de aporte(lt/hab.dia).

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (Ps * Q) \text{ dias}$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (0.20 * 1000) \text{ dias}$$

$$PR = 0.812 \text{ dias}$$

3.1.13. Propuesta de diseño de aguas residuales domesticas en ubs.

3.1.13.1. Volumen de sedimentación(V_s)

El volumen requerido para la sedimentación será estimado mediante la siguiente formula:

$$V_s = Q * PR m^3$$

$$V_s = 0.81 * 0.20 = 0.14 m^3$$

3.1.13.2. Volumen de Acumulación de Lodos

Se debe considerar un volumen de digestión y almacenamiento de lodos (V_d , en m^3) basado en un requerimiento anual de 80 litros por persona (IS.020, ítem 6.3.2), que se calculara mediante la siguiente formula:

$$V_d = P_s \times T_a \times N \times 10^{-3} m^3$$

Donde:

T_a = Tasa de acumulación de lodos expresada en L/hab.

N = Es el intervalo recomendado, entre cada operación consecutiva /remoción de lodos".

NOTA: La frecuencia mínima para la extracción de lodos es de un año.

$$V_d = 5 \times 80 \times 1 \times 10^{-3} = 0.4 m^3$$

3.1.13.3. Volumen Total util (V_{ut})

El volumen total necesario del biodigestor se calcula sumando el volumen de sedimentación con el volumen de acumulación de lodos.

$$V_d = (V_s + V_d) * 1000 m^3$$

$$V_d = (0.140 + 0.448) \times 1000 = 588 m^3$$

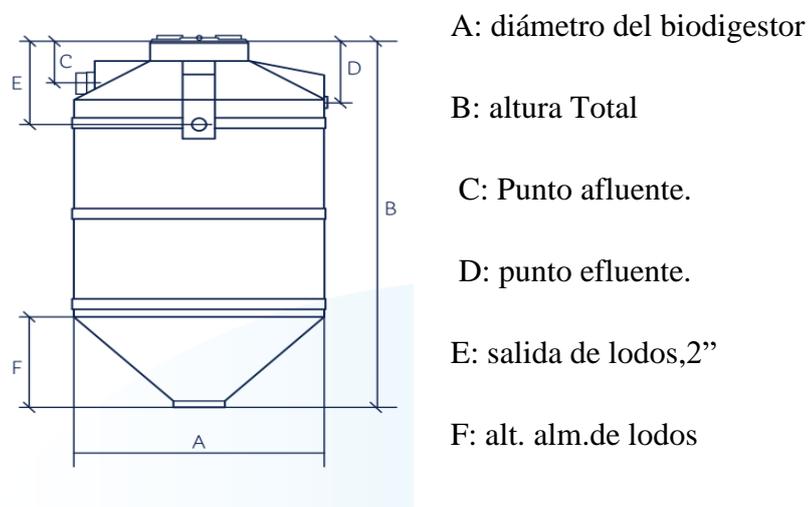
Adoptado = 600 m³

3.1.13.4. Elección de la dimensión del biodigestor

En función del volumen del biodigestor calculado previamente, se procede a definir las dimensiones del biodigestor.

Figura 25

Apreciamos el dimensionamiento y capacidad del biodigestor.



Nota: medidas del biodigestor se muestran en función-componentes.

Tabla 21

Dimensión de biodigestores según el volumen requerida.

Capacidad	Dimensiones					
	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	F (m)
600 L	0.88	1.64	0.25	0.35	0.48	0.32
1300 L	1.15	1.93	0.23	0.33	0.48	0.45
3000 L	1.46	2.75	0.25	0.4	0.62	0.73
7000 L	2.42	2.83	0.35	0.45	0.77	1.16

Fuente: Rotoplast 2018



3.1.13.5. Tratamiento Complementario Humedal

Se describe el sistema adicional para tratar las aguas grises tratadas por un biodigestor, procedentes de sistemas arrastre hidráulico.

Caudal de entrada de aguas residuales domestica para vivienda(q)

$$Q = \text{dot} \times \text{den} \times 80\%$$

Donde:

Q: Flujo de aguas residuales producido(l/d)

Dot: dotación(l/hab.d).

Dens: Densidad de habitantes(hab/viv).

$$Q = 80 \times 7 \times 80\%$$

$$Q = 0.448$$

El conocimiento de la DBO5 de ingreso, el caudal de ingreso y la temperatura del mes más frío es necesario para el funcionamiento del humedal.

- Caudal descargado(Q) = 0,448 m³/día.
- DBO5 entrada(Co) = 267.89 gr/m³
- DBO5 salida(Ce) = 148.91 gr/m³
- Temperatura = -5°C
- Profundidad(y)=0.60m.
- Porosidad(n)=0.65m
- Ancho del humedal= 1.50 m

Como primer paso se debe calcular la carga orgánica.

$$\text{Carga orgánica} = \text{DBO} \times \text{caudal}$$



$$\text{Carga orgánica} = 267.89 \times 0.448$$

$$\text{Carga orgánica} = 120.01 \text{ gr/día}$$

Luego se procede a calcular el Kt.

$$Kt = 0,678 \times (1,06)^{(T^\circ - 20)}$$

$$Kt = 0,678 \times (1,06)^{(-5 - 20)}$$

$$Kt = 0.158$$

Posteriormente, calculamos el área destinada a la sedimentación.

$$As = Q (\ln Co - \ln Ce) / (KtYn)$$

$$As = Q (\ln 267.89 - \ln 148.91) / (0.492 * 0.6)$$

$$As = 2.78 \text{ m}^2$$

Finalmente, redimensionamos el largo y ancho del humedal Ancho 1m

$$\text{Long} = As / \text{Ancho}$$

$$\text{Long} = \frac{2.78}{1.5} = 1.85 \text{ m}$$

$$\text{Long Adoptado} = 2 \text{ metros}$$

3.1.13.6. Trampa de Grasas

Para el diseño de trampa de grasa se tomó en cuenta las aguas grises que son provenientes de las descargas de lavaderos, lavamanos y otro aparato sanitario con el fin que no Interfiera con el funcionamiento óptimo del sistema de evacuación de aguas.



- **Cálculo del caudal Máximo**

$$Q = 0.30 \sqrt{\sum p}$$

Donde:

$\sum p$ = suma de gastos atendido en trampa de grasas.

Q=caudal máximo en Lt/seg

Tabla 22

Gasto total de accesorios de ubs.

	Unidades	Gasto	Total
Lavadero	1	4	4
lavatorio	1	2	2
Ducha	1	3	3
		Total	9

Fuente: Unidad básica de saneamiento rural.

$$Q = 0.30\sqrt{9}$$

$$Q = 0.90 \text{ Lts/seg}$$

$$Q = 0.0009m^3/\text{seg}$$

- **Cálculo del Volumen**

Donde velocidad de tiempo de retención 2.5-3smin tr=150seg.

$$V = Qd * tr \text{ m}^3/s$$

$$V = 0.0009m^3/s * 150 \text{ s}$$

$$V = 0.135m^3$$

- **Cálculo del Area Superficial**

Donde velocidad de tiempo de retención 2.5-3smin tr=150seg.

Va=Velocidad Ascendente RAS*=0.004 m/s

$$A = Qd/Va \text{ m}^2$$

$$A = \frac{0.0009m^3/\text{seg}}{0.004 \text{ m/s}}$$



$$A = 0.225 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de dimensiones**

Dónde: según RAS* 1:1-1:3 ($A=L*B$)($L=3B$)($B=\sqrt{A/3}$)

A: Área Superficie(m²) $A = 0.225 \text{ m}^2$

B: Ancho de trampa de Grasas (m) $B = \sqrt{\frac{0.225}{3}}$; B =
0.27386m

L: Largo de Trampa de Grasas(m) $L = 3B$; L =
 $3(0.27386)$; L = 0.8216m

H: Profund de Trampa de Grasas (m) $H = V/A \text{ m}^2$;

$$H = \frac{0.135 \text{ m}^3}{0.225 \text{ m}^2}; H = 0.60\text{m}$$

- **Dimensiones Adoptado**

H=Altura libre de Agua $H = 0.8 \text{ m Profun Min}$

hl=Altura Libre $Hl = 0.30 \text{ m}$

ht=Altura Total $Ht=1.1\text{m}$

L=Largo $L = 0.90 \text{ m}$

B=Ancho $B = 0.30 \text{ m}$

- **A continuación, se establece el dimensionamiento del Bafle o Tabique**

Ubicación de Bafle $Ub = 0.75 * L$; $Ub = 0.65\text{m}$

Altura B. $Hb = 0.90 * H$; $Hb = 0.54\text{m}$

Espacio de Bafle aFondo $Ebf=0.10*H$; $Ebf=0.06$

Ubic. de Tubería $Utub = 0.50 * B$; $Utub = 0.14 \text{ m}$

Altura del tubo de ingreso $Hetb = 0.35 - H$; $Hetb = 0.21 \text{ m}$

3.1.13.7. Pozo de Percolación

Para diseñar un pozo de infiltración, es esencial llevar a cabo una prueba de percolación, la cual se realizó teniendo el siguiente resultado.

Se realizó la saturación y expansión del suelo de manera cuidadosa, añadiendo agua limpia al cubeto hasta que el agua subiera hasta 0.30 m sobre la capa de grava.

En nuestro caso el análisis de suelo se realizó identificándose que el suelo tiene una textura **SC** que son **arenas arcillosas** dicha textura fue calculada realizando el ensayo de contenido de humedad, análisis granulométrico y límites de consistencia ANEXO E.

A continuación, los parámetros basados en los datos de la prueba de percolación.

Tabla 23

Calculo de test de Percolación y coeficiente de infiltración .

Medición	Tiempo(h/m/s)				Altura (cm)		
	N°	inicio	Fin	Intervalo	Inicio	Fin	Intervalo
N°1	1	12:04:00	12:14:00	00:10:00	18.00	14.20	3.80
	2	12:14:00	12:24:00	00:10:00	14.20	11.10	3.10
	3	12:24:00	12:34:00	00:10:00	11.10	8.50	2.60
	4	12:34:00	12:44:00	00:10:00	8.50	6.00	2.50
	5	12:44:00	12:54:00	00:10:00	6.00	3.60	2.40
	6	12:54:00	13:04:00	00:10:00	3.60	1.20	2.40
			TOTAL	1:00:00	TOTAL		16.80

Nota: tiempos e intervalos para el test

$$\text{Test de Percolacion; } T = \frac{60\text{min}}{16.80\text{cm}}; T = 33.57 \text{ min/cm}$$

$T = 33.57 \text{ min/cm}$ Según la Norma IS.020, el terreno tiene una clasificación de **rápidos**.

Coficiente de Infiltracion;

$$Ci = 315.5 * ((t/(6 * h))^{0.5}); Ci = 68.155 \frac{\text{Lts}}{\text{m}^2}/\text{dia}$$

Por lo tanto, registrándose tasa de infiltración de 3.57 min/cm.y un coeficiente de infiltración de 68.15l/m²/día. De Acuerdo a nuestra evaluación del test percolación, coeficiente de infiltración y tipo de suelo (SC) si es adecuado y es posible plantear un pozo de percolación.

3.1.13.8. Hojas de calculo

Se presenta la siguiente memoria de cálculo del biodigestor, pozo de percolación y humedal.

Figura 26

En el gráfico se detallan los parámetros de diseño.

Parametros de Diseño	
Numero de Vivienda	1 vda.
Numero de Hab. Por Vivienda	7 hab.
Tasa de Crecimiento (%)	0 %
Periodo de Diseño (Años)	20 años
Poblacion Futura (Años)	80 Lts/hab/dia
Caudal de Aguas Residuales/Vivienda(m3/día)	
$Q=(0.80*Pob*\dot{)} / 1000$	0.45 m3/dia
Caudal aguas residual domestica por vivienda	
Qar=	448 lts/dia

Nota: datos de diseño para la vivienda critica.

Figura 27

Se muestra el dimensionamiento del biodigestor.

Dimensionamiento Del Biodigestor	
Periodo Retención:	1 días
Vol. De Sedimentación (M ³) por cada vivienda	
$V1 = [Q (L/D)] \times Pr \times (D)$	448 Lts
Tasa De Acumulación en Lodo (L/Hab/Año)	40 Lts/hab/día
Tiempo de limpieza (Años)	0.5 Años
Volumen De Acumulación De Lodos Por Vivienda	
$V2 = [Pob \times Tal \times PI] / 1000$	140 Lts
Vol. Acumulado $V1 + V2$ (Por Vivienda.)	588 Lts
Predimensionamiento De Biodigestor	
Altura (H) =	0.95 m
Area (A) = V/H	0.62 m
Diámetro (D) =	0.89 m
Volumen De Biodigestor	588 Lts
Dimension Adoptado del Biodigestor	600 Lts

Nota: dimensionamiento y redimensionamiento del biodigestor

Figura 28

Se muestra diseño de pozo de percolación.

Dimensionamiento Del Sistema De Infiltración	
Resultado "Test de percolación" (Min.)	3.57 min
Coef. de Infiltración.	68.15 lts/m ² /día
En relación con el pozo de percolación	
Área necesaria según las pruebas	6.57 m ²
Diámetro del pozo de infiltración	1.50 m
Cantidad de pozo	1.00 und
Profundidad	
$H = [Area Req] / \pi \times Diam$	1.39 m
Dimensiones Adoptados.	1.40 m

Nota: cálculo y redimensionamiento de infiltración

Figura 29

En la figura se muestra los parámetros del humedal.

DISEÑO DE HUMEDAL							
PARAMETROS DE DISEÑO							
Nº	Datos	Cantidad	Unidad	Fórmula	Cálculo	Resultados	Unidad
1	Temperatura	$t_{amb} = 14.50$	°C				
2	Caudal promedio	$Q_{prom} = 0.45$	m ³ /d		$Q_{prom} = 0.45$		m ³ /d
3	DBO5 de ingreso	$C_o = 267.89$	mg/l				
4	DBO5 de salida	$C_e = 148.91$	mg/l				
5	DBO5 de salida	$S_e = 267.89$	mg/l				
6	Profundidad de Humedal	$Y = 0.40$	m				
7	porosidad humedal	$n = 0.65$	m				

Nota: calculo y dimensionamiento del humedal con datos del diseño.

Figura 30

se muestra el dimensionamiento del humedal.

DISEÑO DE HUMEDAL							
6	Carga Organica	$Org. = 120.01$	gr/día	$a_{orgánica} = DBO \times c$			
7	Constante de velocidad de primer orden T° 15C				$K_t = 0.492$		
					$K_t = 0,678*(1,06)^{(T-20)}$		
8	Area de Sedimentación	$As = 1.34$	m ²	$As = Q (LnCo - LnCe) / (KtY_1)$			
9	Longitud del Humedal	$L = 1.34$	m	$Longitud = As/Ancho$			
10	Ancho del Humedal	$Anc = 1.00$	m		$Ancho\ de\ humedal\ ar\ Anc = 1.0\ m$		
					$Largo\ total\ de\ humedal\ L = 1.5\ m$		

Nota: dimensionamiento del humedal

3.1.14. Cálculo y evaluación de la unidad básica de saneamiento

3.1.14.1. Calidad de aguas residuales depuradas

De acuerdo con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, se establecen los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

en Perú. Estos límites definen la concentración máxima permitida de parámetros físicos, químicos y biológicos en los efluentes, con el objetivo de prevenir riesgos en la salud pública y el medio ambiente. El cumplimiento de los LMP es obligatorio y supervisado por el Sistema Nacional de Gestión Ambiental, garantizando así un tratamiento seguro y sostenible de las aguas residuales antes de su descarga o reutilización.

Tabla 24

Límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes.

Parámetros	Unid	LMP de efluentes vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas(AyG)	mg/L	20.00
Coliformes Totales(CT)	NMP/100 mL	10000.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	mg/L	100.00
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	200.00
Potencial de hidrogeno(Ph)	unid	6.50-8.50
Sólidos Totales en Suspensión(ST)	mg/l	150.00
Temperatura	°C	<35.00

Fuente: LMP- N03-2010-MINAM

3.1.14.2. Normas para el monitoreo de la calidad de los efluentes en plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el capítulo 6 de la Resolución Ministerial N° 273-2013 emitida por el Ministerio de Vivienda, establece que los puntos de monitoreo deben ser consistentes tanto en la evaluación del efluente residual como en su impacto. Especifica que se deben establecer dos puntos de monitoreo:



uno en la entrada y otro en la salida, con la posibilidad de agregar un punto adicional.

El mismo modo, se indica que es necesario identificar y reconocer de manera clara los puntos de monitoreo, facilitando su localización precisa durante los procesos de muestreo.

Tabla 25

Comparación de parámetros de efluentes en ubs con LMP.

Lab	Determinación	Unid	Muestras Efluentes			LMP MINA MDS 003- 2010
			UBS1	UBS2	UBS3	
FQ	PH		7.85	8.05	8.20	6.5-8.5
FQ	Temperatura °T	°C	15.58	15.22	16.07	<35
FQ	DBO5.	mg/L	24.70	195.9	226.0	100.00
FQ	DQO.	mg/L	235.46	213.8	108.3	200.00
FQ	Aceites y Grasas.	mg/L	29.62	160.7	38.65	20.00
FQ	Solidos Totales.	mg/L	1079.3	487.0	674.5	150.00
MB	Coliformes Totales	NMP /100 m	230	200	186.7	10000

Nota: observamos el registro de efluentes de cada ubs.

De la Tabla 25 se presenta una comparación entre los límites máximos permisibles y los resultados de análisis físicos, químicos y microbiológico del efluente, obtenidos del monitoreo realizados en las unidades básicas de saneamiento. En estos análisis se observa que los

valores de parámetros como Coliformes totales, DQO, DBO y SST superan los límites máximos permitidos en su mayoría.

Esto nos indicaría que la eficiencia del biodigestor no es tan buena, se procede hacer el análisis de cada unidad básica de saneamiento.

Tabla 26

Eficiencia de biodigestor en Ubs-1.

La b	Determinación	Unidad	UBS -1		EFICIENCIA
			Afluente M1	Efluente M1''	
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		8.10	7.85	3.0%
FQ	Temperatura °T	°C	15.55	15.58	-0.2%
FQ	Demanda Bioquímica de OxígenoDBO 5.	mg/L	97.57	24.70	74.7%
FQ	Demanda Química de OxígenoDQ.	mg/L	366.58	235.46	35.8%
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	448.76	29.62	93.4%
FQ	Solidos Suspendidos Totales	mg/L	1239.0 0	1079.3 3	12.9%
MB	Coliformes Totales	UFC/100 ml	230	230	0.0%

Nota: Observamos el tratamiento en la ubs1 en función a porcentaje.

En la Tabla 26 se demuestra la eficiencia de tratamiento del primer UBS-1 realizado, en el que se realiza la comparación del resultado del muestreo del afluente(M1) y efluente(M1'').

Se puede observar el número de solidos suspendidos Totales en 12.9%, DQO tiene 35.8%, DBO tiene 74.7% tienen un porcentaje positivo en remoción de los contaminantes. En conclusión, los resultados obtenidos no fueron suficientes para alcanzar y cumplir con LMP.

Tabla 27*Eficiencia de biodigestor en Ubs-2.*

Lab	Determinación	Unidad	UBS -2		EFICIENCIA
			Afluente M2	Efluente M2''	
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		8.72	8.05	7.65%
FQ	Temperatura °T	°C	15.15	15.22	-0.44%
FQ	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	mg/L	195.37	195.99	-0.32%
FQ	Demanda Química de Oxígeno DQO.	mg/L	238.59	213.79	10.39%
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	209.25	160.67	23.21%
FQ	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	583.32	487.05	16.50%
MB	Coliformes Totales	MNP/100ml	226.7	200	11.76%

Nota: observamos el tratamiento de ubs2 en función a porcentaje.

En la Tabla 27 se muestra la eficiencia del tratamiento del segundo UBS-2, comparando los resultados del muestreo del afluente (M2) con los del efluente (M2'').

Se observa redujeron los parámetros DQO, AyG, y ST, nos muestra una remoción mínima de los contaminantes. Además, DBO5(-0.32%) dando un valor negativo, Por lo tanto, el tratamiento en el segundo muestreo no ha demostrado ser tan eficiente, ya que, aunque ha logrado cierta depuración, no ha alcanzado los límites máximos permisibles (LMP).

Tabla 28

Eficiencia de biodigestor en Ubs-3.

Lab.	Determinación	Unidad	UBS -3		EFICIENCIA
			Afluente M3	Efluente M3''	
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		7.77	8.20	-5.49%
FQ	Temperatura °T	°C	15.95	16.07	-0.71%
FQ	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	mg/L	510.73	226.05	55.74%
FQ	Demanda Química de Oxígeno DQO.	mg/L	317.11	108.33	65.84%
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	75.86	38.65	49.05%
FQ	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	832.00	674.47	18.93%
MB	Coliformes Totales	UFC/100 ml	20.67	18.67	9.68%

Nota: observamos el tratamiento ubs3 en función a porcentajes.

En la Tabla 28 se detalla la eficiencia del tratamiento de la tercera UBS-3, comparando los resultados del afluente (M3) con los del efluente (M3''). Los datos muestran una disminución en los parámetros DBO5, DQO, AyG y ST, sugiriendo una remoción limitada de los contaminantes. Por lo tanto, el tratamiento en este muestreo no ha demostrado ser adecuadamente eficiente, ya que, aunque se ha logrado cierta depuración, no ha alcanzado los límites máximos permisibles (LMP).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADO DE ANALISIS TÉCNICO

El estudio de la eficiencia del biodigestor autolimpiable en la unidad básica de saneamiento, en aguas residuales domesticas fue llevada a cabo siguiendo su metodología y técnicas descrita.

Los elementos que componen la instalación de tratamiento de aguas residuales domesticas del ámbito rural de huata incluyen una unidad básica de saneamiento con arrastre hidráulicos, (caseta, inodoro, lavamanos, lavadero, ducha, inst. sanitarias, tub.be ventilación y biodigestor) presentándose el mismo tipo para cada familia. El esquema de disposición de estos elementos en el proceso de tratamiento se presenta en la figura siguiente.

Figura 31

Se muestra la medida de las dimensiones de la ubs.

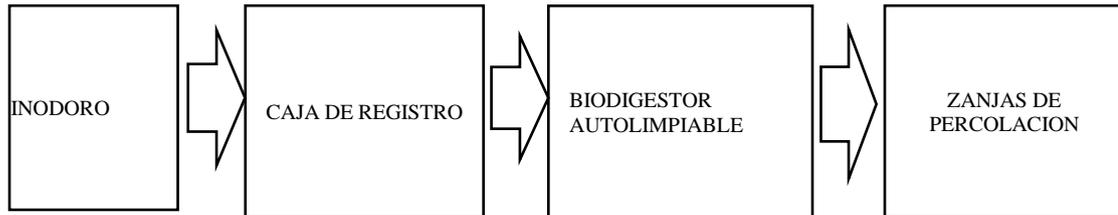


Nota: toma de datos en campo.

Podemos observar el sistema de una Unidad Básica de Saneamiento en un área rural, que se enfoca en el tratamiento primario y cuyo funcionamiento se ilustra en la figura siguiente.

Figura 32

Proceso de tratamiento existente.



Se realizaron mediciones de una Unidad Básica de Saneamiento, las cuales son uniformes en todo el sector de Chojnaccoto.

Actualmente, la unidad está compuesta por una caseta, lavatorio, ducha, biodigestor y zanjas de percolación. Además, se verificó el correcto funcionamiento de cada uno de estos componentes, se detallan en la siguiente Tabla.

Tabla 29

Dimensiones existente de componentes existentes de abs123.

Componente	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	OBSERVACIÓN
Caseta	2.4	1.52	2.3	Opera
Lavatorio	1.4	0.5	0.37	Opera
Ducha	2.1	-	-	Opera
Biodigestor	1.54		D 0.9	Opera
Zanjas de Percolación	1.5		D 0.60	No Opera

Nota: Se observa el tamaño y la funcionalidad de la unidad básica de saneamiento.

Tabla 30*Resumen de promedio de análisis agua residual en los afluentes.*

Lab.	Determinación	Unidad	Promedio de Afluentes		
			UBS-1	UBS-2	UBS-3
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		8.1	8.7	7.8
FQ	Temperatura T.	°C	15.6	15.2	16.0
FQ	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5.	mg/L	97.6	195.4	510.7
FQ	Demanda Química de Oxígeno DQO.	mg/L	366.6	238.6	317.1
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	448.8	209.2	75.9
FQ	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	1239.0	583.3	832.0
MB	Coliformes Totales	MNP/100ml	230	227	207

Nota: análisis los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos UBS afluente.

El resumen es promedio de los análisis de agua residual en los afluentes de cada UBS que nos da una visión general sobre la calidad de estas aguas antes de ser tratadas, muestran como concentraciones elevadas de materia orgánica.

Tabla 31*Resumen de promedio de análisis agua residual en los efluentes*

Lab	Determinación.	Unid	Promedio de Efluentes		
			UBS-1	UBS-2	UBS-3
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		7.9	8.1	8.2
FQ	Temperatura °T	°C	15.6	15.2	16.1
FQ	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	mg/L	24.7	196	226
FQ	Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	235.5	213.8	108.3
FQ	Aceites y Grasas	mg/L	29.6	160.7	38.7
FQ	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	1079.3	487.1	674.5
MB	Coliformes Totales	MNP/100ml	230	200	187

Nota: análisis los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos UBS efluente.

El resumen del promedio de los análisis de agua residual en los efluentes muestra una evaluación de la calidad del agua después de los procesos de tratamiento. Estos resultados indican una reducción significativa de contaminantes, aunque persisten trazas de algunos elementos físico y químicos, se observan menores concentraciones de contaminantes. Estos datos son esenciales para evaluar el cumplimiento de las normativas.

Tabla 32

Eficiencia de tratamiento del biodigestor en una Ubs.

Lab.	Determinación	Unidad	Promedio de Muestras		
			UBS-1	UBS-2	UBS-3
FQ	Potencial de hidrogeniones PH		3.05%	7.65%	-5.49%
FQ	Temperatura °T	°C	-0.21%	-0.44%	-0.71%
FQ	Demanda Bioquímica de OxígenoDBO5.	mg/l	74.69%	-0.32%	55.74%
FQ	Demanda Química de OxígenoDQO.	mg/l	35.77%	10.39%	65.84%
FQ	Aceites y Grasas.	mg/l	93.40%	23.21%	49.05%
FQ	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	12.89%	16.50%	18.93%
MB	Coliformes Totales	UFC/100ml	0.00%	11.76%	9.68%

Nota: porcentaje de tratamiento en el punto efluente en promedio de los UBS.

Según la evaluación del agua residual doméstica, tenemos en cuenta el porcentaje de eficiencia en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Esta información, es posible diseñar y ajustar adecuadamente los tratamientos necesarios para mejorar su calidad y cumplir con los estándares ambientales.

4.1.1. Eficiencia del biodigestor autolimpiable en aguas residuales domesticas

4.1.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

La Tabla 33 se evidencia la efectividad de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), calculada para los tres UBS realizados durante la investigación en biodigestores autolimpiables. Los resultados muestran una eficiencia promedio del 43.37 %.

Tabla 33

Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable DBO5

Muestra	Promedio de datos	Afluente	Efluente	Eficiencia	eficiencia ofrecía biodigestor	Cumple
1	Ubs-1	97.57	24.70	74.69%	94%	NO
2	Ubs-2	195.37	195.99	-0.32%		
3	Ubs-3	510.73	226.05	55.74%		
PROMEDIO				43.37%		

4.1.3.- Demanda química de oxígeno (DQO)

La tabla 34 se muestra que el biodigestor autolimpiable, para reducir el parámetro de demanda química de oxígeno(DQO), evaluada durante los monitoreos realizados dando como resultado 37.33% en promedio.

Tabla 34

Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable DQO

Muestra	Promedio de datos	Afluente	Efluente	Eficiencia	eficiencia ofrecía biodigestor	Cumple
1	Ubs-1	366.58	235.46	35.77%	88%	NO
2	Ubs-2	238.59	213.79	10.39%		
3	Ubs-3	317.11	108.33	65.84%		
PROMEDIO				37.33%		

4.1.4. Eficiencia de Aceites y Grasas.

En la tabla 35 se puede apreciar la efectividad en la eliminación de aceites y grasas (AG), por parte del biodigestor autolimpiables, evaluada durante el tiempo de la investigación. Los resultados indican que estos biodigestores muestran una eficiencia promedio del 55.22 % en la reducción de aceites y grasas.

Tabla 35

Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable A y G.

muestra	fecha	Afluente	Efluente	Eficiencia	eficiencia ofrecía biodigestor	Cumple
1	Ubs-1	448.76	29.62	93.40%		
2	Ubs-2	209.25	160.67	23.21%		
3	Ubs-3	75.86	38.65	49.05%	93%	NO
PROMEDIO				55.22%		

4.1.5. Eficiencia de sólidos totales

La tabla 36, se evidencia la efectividad en la eliminación de sólidos totales (ST), por parte de los biodigestores autolimpiables, evaluados en el tiempo de estudio. Los resultados muestran una remoción promedio del 16.11 %.

Tabla 36

Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable sst

muestra	fecha	Afluente	Efluente	Eficiencia	eficiencia ofrecía biodigestor	Cumple
1	Ubs-1	1239.00	1079.33	12.89%		
2	Ubs-2	583.32	487.05	16.50%		
3	Ubs-3	832.00	674.47	18.93%	98%	NO
PROMEDIO				16.11%		

4.1.6. Eficiencia de remoción de coliformes totales

El análisis de la tabla 37 muestra la eficacia en la eliminación coliformes totales (CT) evaluados durante los monitoreos en el biodigestor autolimpiable. Los resultados revelan que el biodigestor una eliminación mínima de 7.15 %.

Tabla 37

Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable cct

Muestra	Promedio de Datos	Afluente	Efluente	Eficiencia	eficiencia ofrecía biodigestor	Cumple
1	Ubs-1	23.00	23.00	0.00%		
2	Ubs-2	22.67	20.00	11.76%	93%	SI
3	Ubs-3	20.67	18.67	9.68%		
PROMEDIO				7.15%		

4.1.7. Resumen de resultados de aguas residuales domésticas de parámetro físico, químico y microbiológico

Se efectuó una evaluación comparativa de los resultados del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando un biodigestor y la eficacia que promociona el fabricante Rotoplas, así como con los estándares establecidos por la normativa vigente. Los hallazgos revelaron diferencias significativas en la efectividad para eliminar contaminantes, como coliformes totales, DQO y DBO5, en contraste con las cifras publicitadas por el fabricante.

Mientras que Rotoplas afirma ofrecer una alta eficiencia en la reducción de estos parámetros, los datos obtenidos mostraron que, en algunos casos, el biodigestor no logró alcanzar los niveles de tratamiento prometidos.

Tabla 38

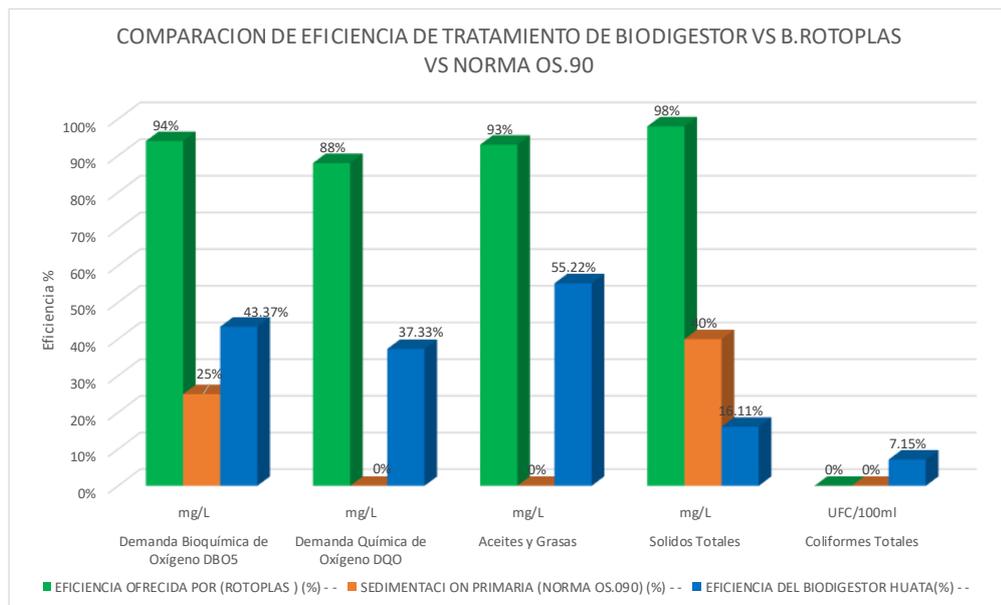
Eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable.

PARAMETRO	UND	EFICIENCIA (ROTOPLAS) (%)	SEDIMENTACION PRIMARIA (NORMA OS.090) (%)	EFICIENCIA DEL BIODIGESTOR HUATA(%)	CUMPLE SI/NO
Potencial hidrogenio PH		-	-	-	-
Temp.T	°C	-	-	-	-
Demanda DBO5.	mg/L	94%	25 - 30 %	43.37%	NO
DQO.	mg/L	88%	-	37.33%	NO
AG.	mg/L	93%	-	55.22%	
Solidos Totales.	mg/L	98%	40 - 70 %	16.11%	NO
Coliformes Termotolerantes.	UFC/10 Oml	-	-	7.15%	SI

Nota: Análisis comparativo entre la normativa y la eficacia ofrecida-lograda.

Figura 33

Se Muestra la comparación de eficiencias biodigestor y norma.



Fuente: observamos la comparación con la normativa.

4.1.8. Evaluación de calidad de parámetros físico, químico y microbiológico DS 003-2010 MINAN

Tras analizar cada parámetro, se ofrece un resumen de los resultados individuales para contrastarlos con los límites de acuerdo, DS N° 3-2010-MINAM determina los límites máximos permisibles para los efluentes de las plantas que tratan aguas residuales domésticas o municipales.

Tabla 39

Análisis del resultado del efluente con D.S N° 03 –2010-MINAM.

Parámetro	Und.	(Afluente)	(Efluente)	D.S003-2010-MINAM (LMP)	Cumple con LMP
Parametros físicos					
Temperatura	°C	15.55	15.62	<35	SI
solidos totales	mg/L	884.77	746.95	150	NO
Parametros químicos					
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid.	8.20	8.03	6.5 – 8.5	SI
Demanda química de oxígeno	mg /L	307.43	185.86	200	NO
Demanda bioquímica de oxígeno	mg /L	267.89	148.91	100	SI
Aceites y grasas	mg /L	244.62	76.31	20	NO
Parámetros Microbiologicos					
Coliformes totales	NMP/100 mL	221	206	10000	SI

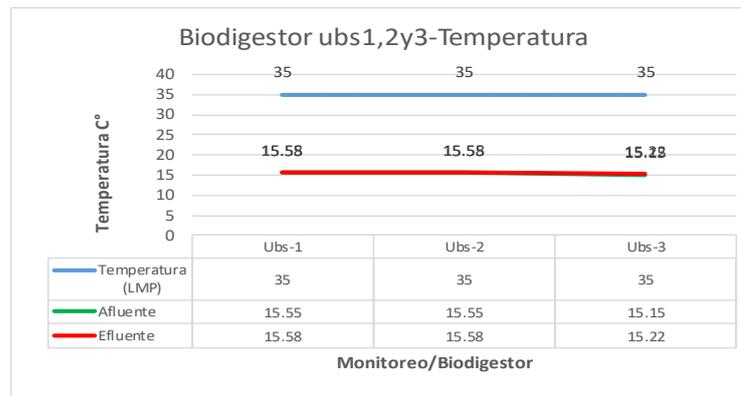
Nota: Se detalla el promedio de los afluentes y efluentes en el biodigestor en comparación LMP.

4.1.8.1. Comportamiento de la temperatura (T)

La temperatura del agua tratada (efluente) registró 15.62°C, cumpliendo así con los LMP, los cuales no deben exceder los 35°C, según se ilustra en la figura.

Figura 34

Se Muestra la comparación de eficiencias de temperatura.

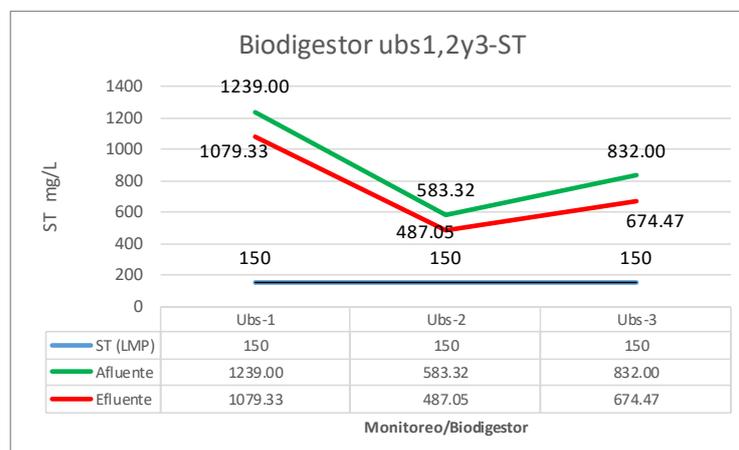


4.1.8.2. Comportamiento de solidos totales.

La cantidad de sólidos totales (ST) en agua tratada(efluente) es 746.95 mg/l, por tanto, no cumple los LMP, el cual no debe exceder 150 mg/l.

Figura 35

Se muestra la comparación de eficiencias st.

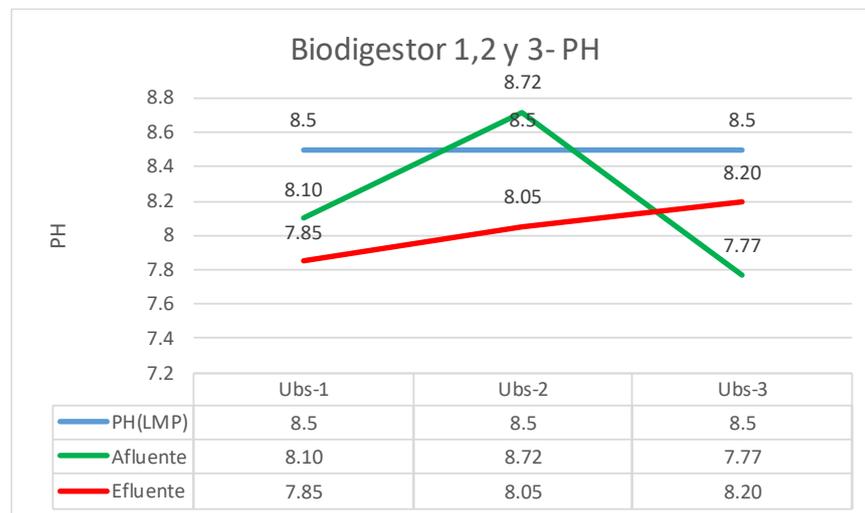


4.1.8.3. Comportamiento de potencial de hirogeno(Ph)

El valor de pH en el punto de salida en promedio es 8.03, mostrando que cumple con los límites máximos permitidos. Estos límites están estipulados entre 6.5-8.5. Nos indica que el efluente está dentro del rango aceptable de pH, asegurando así que el agua tratada cumple con la normativa.

Figura 36

Se Muestra la comparación de eficiencias ph.



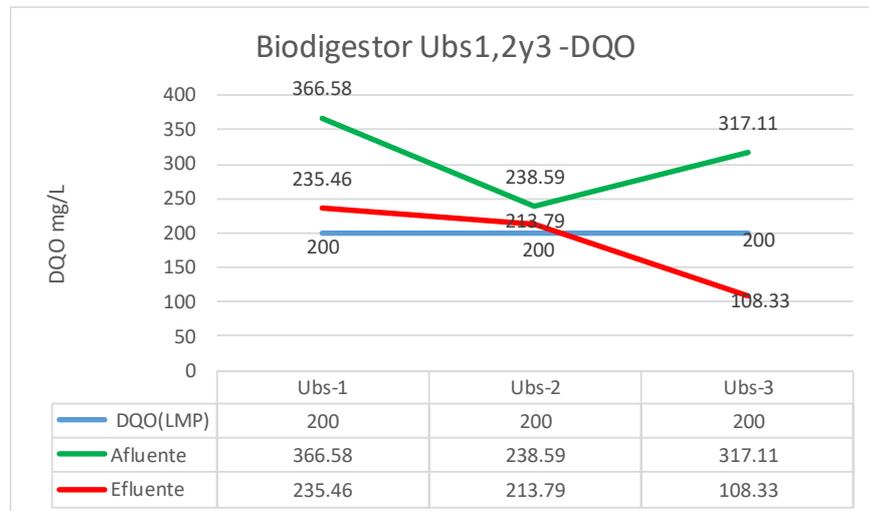
4.1.8.4. Comportamiento de demanda química de oxígeno.

La concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en el agua tratada (efluente) se registró en 185.86 mg/l.

Cumpliendo con el parámetro de los límites máximos permitidos que nos indica que no deben exceder los 200 mg/l, como se indica en la figura.

Figura 37

Se Muestra la comparación de eficiencias DQO.

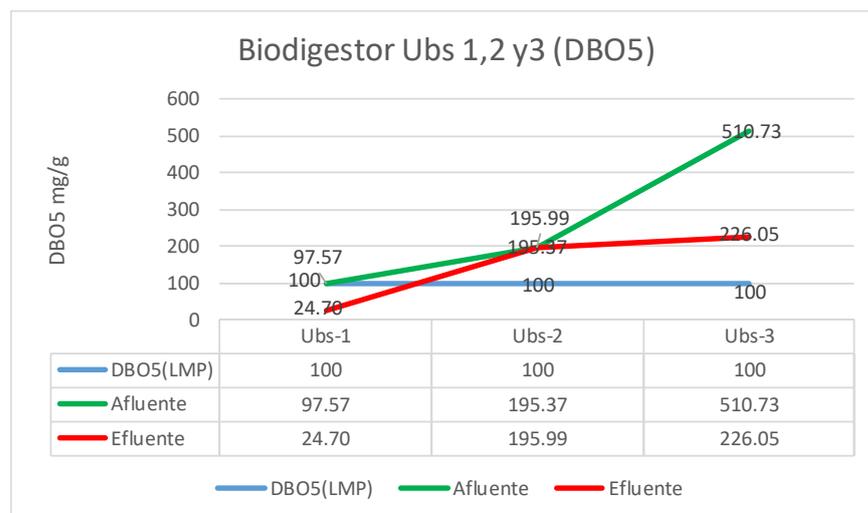


4.1.8.5. Comportamiento de demanda bioquímica de oxígeno(DBO5)

La demanda bioquímica de oxígeno(DBO5) indicando en el efluente de agua tratado fue de 148.91 mg/l, lo que excede los límites máximos permitidos, establecidos en 100 mg/l.

Figura 38

Se Muestra la comparación de eficiencias DBO5.

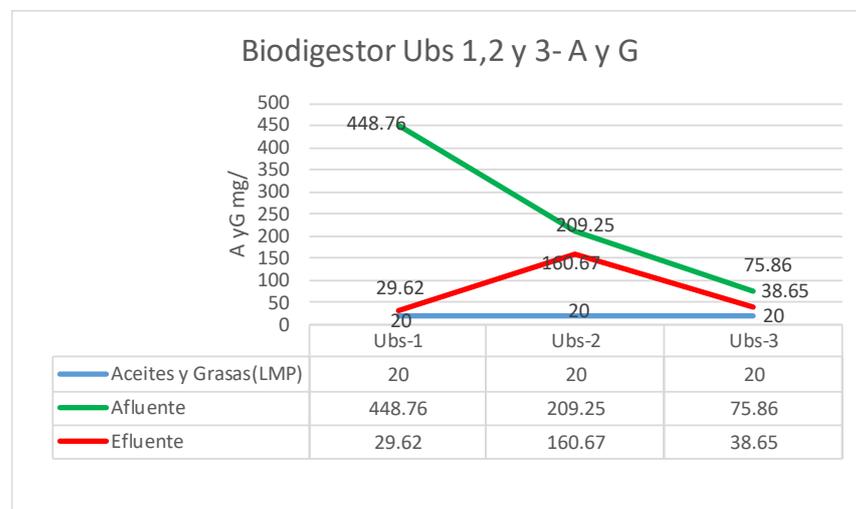


4.1.8.6. Comportamiento de aceites y grasas(AyG)

El contenido de este parametro en el efluente fue de 76.31 mg/l, superando así los límites máximos permitidos (LMP) establecidos en 20 mg/l. Esta concentración excesiva indica que el efluente no cumple con las normativas ambientales vigentes.

Figura 39

Se Muestra la comparación de eficiencias AyG



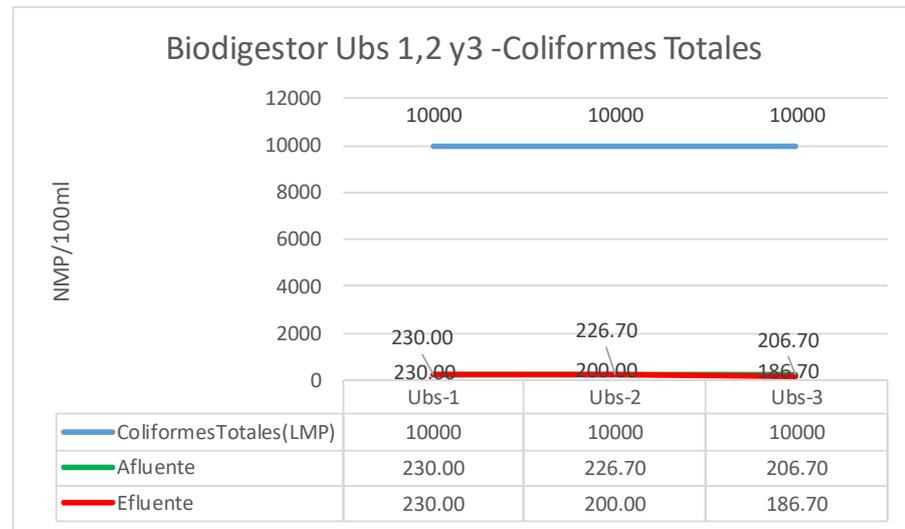
4.1.8.7. Comportamiento coliformes totales.

La concentración de coliformes totales en el agua tratada (efluente) se registró en promedio 206 NMP/100 ml.

Esto se ajusta a los límites máximos permitidos (LMP), los cuales establecen que no se debe superar la cantidad de 10,000 NMP/100 ml, de acuerdo con los estándares aplicables.

Figura 40

Se Muestra la comparación de eficiencias coliformes totales.



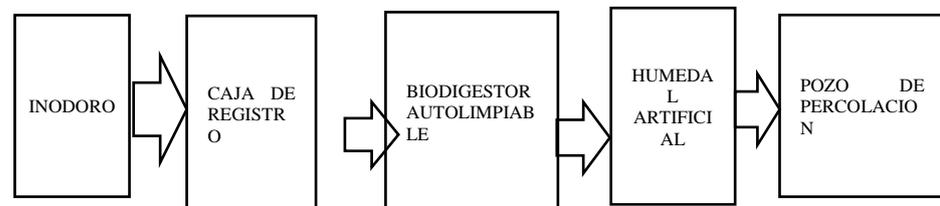
4.1.9. Hoja de cálculo del sistema de ubs-ah

Después de realizar el análisis y comparación de con la norma D.S 003-2010-MINAN así ver si cumple límites máximos permisibles, luego procedemos de cada parámetro físico, químico y microbiológico, se procede a realizar el cálculo del biodigestor autolimpiable.

4.1.9.1. Propuesta de parámetros de diseño

Figura 41

Procesos de la propuesta de tratamiento



Los resultados que se esperan con este diseño es eliminar los parámetros que no fueron tratados correctamente.



Tabla 40

Se muestra parámetros de diseño usado datos de la investigación.

AMBITO RURAL -HUATA

VIVIENDA-DISEÑO

1.- Criterios de diseño.

Cantidad de vivienda	1	viviendas
Número De Hab. Por Vivienda	7	habitantes
Crecimiento.	0	%
Periodo de diseño(Años)	20	años
Población Futura	7	habitantes
Dotación,Lt./hab/día	80	Litros/hab/día

Caudal-Aguas Domesticas(m3/dia) POR

VIVIENDA

$$Q = 0.80 \times \text{Pob.}^*$$

Dot./1,000	0.448	m3/día
------------	-------	--------

CAUDAL DE AGUAS RESIDUAL

DOMESTICA, POR VIVIENDA **448** **Litros/día**

(L/Dia)



4.1.9.2. Dimensionamiento del biodigestor

Tabla 41

Se muestra dimensionamiento del biodigestor autolimpiable.

DIMENSIONAMIENTO DEL		
2 BIODIGESTOR		
PERIODO DE RETENCION(DIAS)	1 dia	
VOLUME, DESEDIMENTACION (m3) POR VIVIENDA		0.588
$V1 = Q (L/d) \times Pr (d)$	448.88	
Indice De Acumulación De Lodo.	40	Litros/hab/año
Tiempo de mantenimiento(AÑOS)	0.5	años
Vol. Total Acumulado por Vivienda		
$V2 = Pob \times TAL \times PL/1000$	140	Litros
VOLUMEN FINAL $V1 +$ $V2$ (POR VIVIENDA)	588	Litros
<i>PREDIMENSIONAMIENTO DE</i>		
<i>BIODIGESTOR</i>		
AREA (A) = V/H	0.29	m2
ALTURA (H) =	2	m
DIAMETRO (D) =	1.4	m
VOLUMEN DE BIODIGESTOR	588	Litros
ADOPTAMOS BIODIGESTOR DE:	600	Litros

4.1.9.3. diseño y dimensionamiento del humedal

Tabla 42

En la tabla se muestra el dimensionamiento diseño del humedal.

DISEÑO DE HUMEDAL						
PARAMETROS DE DISEÑO						
N ^o	Datos	Cantidad	Unidad	Fórmula	Cálculo	Unidad
1	Temperatura	$T^{\circ} = -5$	$^{\circ}\text{C}$			
2	Caudal promedio	$Q_{\text{pro}} = 0.45$	m^3/d		$Q_{\text{pro}} = 0.45$	m^3/d
3	DBO5 de ingreso	$C_o = 267.9$	mg/l			
4	DBO5 de salida	$C_e = 148.9$	mg/l			
6	Profundidad de Humedal	$y = 0.6$	m			
7	Porosidad Humedal	$n = 0.65$	m			
DISEÑO DE HUMEDAL						
8	Carga Organica	$C_{\text{Org.}} = 120.0$	gr/dia	Carga orgánica $= \text{DBO} \times \text{caudal}$		
9	Constante de velocidad de primer orden	$T^{\circ} 15\text{C}$			$K_t = \frac{0.15}{8}$	
10	Area de Sedimentacion	$A_s = 2.78$	m^2	$K_t = 0.678^{*(1.06)^{(T-20)}$ $A_s = \frac{Q (\text{Ln}C_o - \text{Ln}C_e)}{(K_t Y n)}$		
11	Longitud del Humedal	$L = 1.85$	m	Longitud $= A_s / \text{Ancho}$		
12	Ancho del Humedal	$Anc = 1.5$	m		Ancho de humedal artificial $Anc = 1.5$	m
					Largo total de humedal Adoptado $L = 2.0$	m

Tabla 43

Se Muestra el diseño y dimensionamiento de pozo de percolación

DIMENSIONAMIENTO DE INFILTRACION			
Resultado Del Test De Percolación (Min.)		3.57	min
Coefficiente De Infiltración (L/M2xdía)		68.155	Litros/m2/día
DIMENSIONAMIENTO, POZO-PERCOLACION			
área requerida según pruebas.		6.57	m ²
diámetro requerido(mts).		1.40	m
Cantidad de Pozo		1.00	und
Profundidad:	$H = \frac{\text{Área Req.}}{\text{PixDiam}}$	1.49	m
Adoptamos Una Profundidad De		1.50	m

4.1.9.4.- dimensionamiento de la trampa de Grasas

Tabla 44

Se muestra el diseño y dimensionamiento de trampa de grasas.

Diseño de Trampa de Grasas			
Q=	0.9	Lts/S	Tiempo de Retencion 2.5-3.0 min
Q=	0.0009	m ³ /S	150 seg
Volumen de la Trampa de Grasas (m ³)		$V=Q*Tr$	0.08 m ³ /seg*150seg
		v= 0.135	m³
Diseño de Trampa de Grasas			
Area Superficial	$A=Q/Va$	donde:	$va=$ Velocidad acendente **Según RAS* 0.004 m/s
	A= 0.225		m²



Dimensionamiento de Largo y Ancho de trampa de grasas

	Donde:	Según	
A: Area Superficial (m ²)	A=L*B	RAS 1:1- 1:3	
B:Ancho(m)	L=3B		
C:Largo(m)	B= $\sqrt{A/3}$	B= 0.274 m	
Profundidad:			
H:Profundidad(m)	H=V/A	H=12m ³ *20m ²	
V:volumen final (m ³)			
A:Area de trampa de grasas (m ²)		H= 0.600 m	L= 0.82
Ubicación de Baffle	Ub=	0.75*L	0.62 m
Altura del Baffle	Hb=	0.90*H	0.54 m
Espacio entre Baffle y Fondo	Ebf=	0.10*H	0.06 m
Ubicación de la Tubería	Utub=	0.50*B	0.14 m
Altura de la Tubería de entrada	Hetb=	0.35*H	0.21 m

Dimensiones Adoptados

Adoptados

ha=Altura libre de Agua	ha=	0.8 m	min Norma
hl=Altura Libre	hl=	0.3 m	
ht=Altura Total	ht=	1.1 m	
L=Largo	L=	1.0 m	
B=Ancho	B=	0.3 m	

4.1.10. Operación Y Mantenimiento de Biodigestores

a) Operación y Mantenimiento:

La operación y mantenimiento de biodigestores es un conjunto de prácticas y procedimientos destinados a asegurar el funcionamiento eficiente, seguro y continuo de estos sistemas de tratamiento anaeróbico de residuos orgánicos. Los biodigestores son dispositivos que descomponen materia orgánica en ausencia de oxígeno. Un manejo adecuado de la operación y mantenimiento de biodigestores es esencial para optimizar su rendimiento y longevidad. La guía está incluida en el ANEXO D.

b) Realización de encuestas sobre biodigestor:

- **Conocimiento sobre funcionamiento de un biodigestor**

Tabla 45

La tabla muestra la cantidad de encuestados

Cuánto conoces sobre el funcionamiento de un biodigestor		
Respuesta	Cantidad De Encuestados	%
Muy bien	2	13%
Bien	2	13%
Regular	4	27%
Poco	5	33%
Nada	2	13%
TOTAL	15	100%

Se observa en la Tabla 43, de un total de 15 encuestados, 2 afirmaron conocer el propósito del biodigestor, mientras que 13% de participantes indicaron no tener conocimiento acerca de la función que cumplen los biodigestores autolimpiable.

- **Has utilizado o participado en la operación de un biodigestor.**

Tabla 46

La tabla muestra si sabe la operación biodigestor.

Has utilizado o participado en la operación de un biodigestor antes		
Respuesta	Encuestados	%
SI	9	60%
NO	6	40%
TOTAL	15	100%

La Tabla 44, de un total de 15 encuestados, 9 afirmaron conocer operación del biodigestor de la uba, mientras que 6 de participantes indicaron no tener conocimiento del funcionamiento del biodigestor autolimpiable.

- **Qué opinas sobre la eficacia del biodigestor en el tratamiento de residuos.**

Tabla 47

La tabla opinión de eficacia del biodigestor.

qué opinas sobre la eficacia de los biodigestores en el tratamiento de residuos		
Respuesta	Encuestados	%
Muy eficaces	0	0%
Eficaces	4	27%
Neutrales	6	40%
Poco eficaces	5	33%
Nada eficaces	0	0%
TOTAL	15	100%

Como se observa en la Tabla, de un total de 15 encuestados, 4 indicaron que, si son funcionales, 6 no presentaron su opinión por falta de información y 5 indicaron no tiene un buen funcionamiento del biodigestor en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

- **Con que frecuencia realiza su operación y mantenimiento de su biodigestor.**

Tabla 48

Se muestra la operación y mantenimiento del biodigestor.

Con que frecuencia realiza su operación y mantenimiento de su biodigestor		
Respuesta	Encuestados	%
6 meses	0	0%
12 meses	3	20%
18 meses	4	27%
24 meses	5	33%
nunca	3	20%
TOTAL	15	100%

En la Tabla 48, se visualiza que 3 encuestados realizaron la operación y mantenimiento cada 12 meses, 4 encuestados lo hicieron cada 18 meses, y 5 encuestados cada 25 meses. Los 3 encuestados restantes indicaron que no llevaron a cabo estas tareas.

Es importante destacar que todos los encuestados deberían haber realizado la operación y mantenimiento, dado que el proyecto ha estado en funcionamiento.

- **Tuvo algún tipo de capacitación de operación y mantenimiento de los biodigestores**

Tabla 49

La tabla muestra el conocimiento de operación y mantenimiento

Tuvo algún tipo de capacitación y mantenimiento del biodigestor		
Respuesta	Encuestados	%
SI	3	20%
NO	12	80%
TOTAL	15	100%

La Tabla 49, nos muestra 3 escucharon su funcionamiento durante su ejecución en tanto, 12 encuestados afirman no haber recibido capacitación antes, durante o después.

- **Ud. Interesados en recibir la capacitación de operación y mantenimiento de biodigestor.**

Tabla 50

La tabla muestra los interesados en la capacitación

Ud. Interesado en recibir la capacitación de operación y mantenimiento de biodigestor		
Respuesta	Encuestados	%
SI	15	47%
NO	0	53%
TOTAL	15	100%

Como se observa en la Tabla 50, de un total de 15 encuestados, 7 están interesados en recibir la capacitación de la operación y mantenimiento del biodigestor.

4.1.11. Prueba de hipótesis

La validación de hipótesis se realiza en varios pasos, y al llegar al último de ellos, se encuentra la oportunidad de decidir si se acepta o rechaza la hipótesis nula. Considerando esta perspectiva, que se considera la más coherente según mi criterio, aunque sin descartar otras posibilidades.

- Formula la hipótesis nula y alternativa según el problema planteado.
- Elige un nivel de significancia o riesgo “ α ”.
- Selecciona la prueba más apropiado.

- Calcula los valores del estadístico de prueba para una muestra.
- Decisión estadística: rechaza la hipótesis nula (H_0) si el estadístico cae en la región crítica y no la rechaza (acepta) en caso contrario.

a) Formulación de hipótesis nula y alternativa.

Se empleó el software SPSS para llevar a cabo el análisis estadístico.

H_a : Los biodigestores autolimpiables, son eficientes en la unidad básica de saneamiento, en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el ámbito rural huata puno, 2023.

H_0 : Los biodigestores autolimpiables, no son eficientes en la unidad básica de saneamiento, en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el ámbito rural huata puno, 2023.

• **Selección de prueba:**

Este estudio longitudinal emplea una variable fija que ofrece dos mediciones: una previa y otra posterior al tratamiento. La variable aleatoria está compuesta por valores numéricos obtenidos de análisis físicos, químicos y microbiológicos. Tras el análisis de los datos, se determina que la prueba más adecuada para esta situación particular es la Prueba T de Student.

Tabla 51

Esquema de la prueba T-student para muestras-relacionadas.

Muestras.	Entrada(A)	Salida(S)	di
UBS-1	A1	E1	A1-E1
UBS-2	A2	E2	A2-E2
UBS-3	A3	E3	A3-E3
MEDIA	A	E	Di

b) Determinar el porcentaje de error

Con un nivel de confianza del 95%, lo que implica un margen de error estimado o P-Valor del 5%, se puede asegurar que hay un 95% de probabilidad de que los resultados obtenidos se encuentren dentro del intervalo de confianza, mientras que solo existe un 5% de riesgo de que estos resultados se deban al azar o a variaciones no significativas.

c) Calculo de la prueba de normalidad (P valor)

Figura 42

Prueba de normalidad de prueba estadístico.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AFLUENTE	,407	21	<.001	,542	21	<.001
EFLUENTE	,339	21	<.001	,566	21	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Spss

Los datos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la variable numérica siguen una distribución normal.

La prueba de normalidad utilizada fue la de Shapiro-Wilk, la cual es adecuada para muestras pequeñas que contienen menos de 30 elementos



d) Criterio para decidir.

Es decir, **p-valor** $< \alpha$, se rechaza la hipótesis **H₀**: no existe relación significativa entre las pruebas si son eficientes en la unidad básica de saneamiento UBS en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Por lo tanto, se acepta **H_a**: existe relación significativa entre las pruebas si son eficientes en la unidad básica de saneamiento(UBS), en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Según el análisis estadístico T de Student, se asegura que los biodigestores autolimpiables, no son eficientes, en las unidades básicas de saneamiento, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, se basa en la comparación de los resultados de los parámetros de calidad del efluente con los límites máximos permisibles, mostrando que los biodigestores no logran la remoción adecuada de contaminantes, en el ámbito rural huata.

4.2. DISCUSION

La efectividad del biodigestor autolimpiante en la depuración de aguas residuales domésticas en la unidad básica, se dedujo que acuerdo a la investigación que se realizó en sus parámetros de (ST), (DQO), (DBO₅) y (AyG), no cumplen con los estándares establecidos por la normativa, al usar el biodigestor autolimpiante. Los objetivos específicos están centrados en la eficiencia de remoción de los biodigestores, la cual está directamente vinculada con los resultados obtenidos en la calidad del agua residual del efluente.



También manifiesta Rodríguez (2018), biodigestor de 600 litros, logrando una eficiencia del 88 % en la remoción de DQO y 190 (mg/L), resultados superiores a los obtenidos en la presente investigación. Sin embargo, se observaron resultados más favorables en el efluente de este estudio a pesar de una eficiencia de remoción inferior, lo que respalda la premisa planteada por esta investigación destaca que un tratamiento puede ser eficiente, pero no necesariamente eficaz.

Basándonos en los resultados obtenidos en la presente investigación, podemos afirmar que las aguas residuales domésticas tratadas mediante biodigestores autolimpiable en el ámbito rural de huata, no cumple con los LMP establecidos en el DS03-2010 MINAM, específicamente en los parámetros de DQO, DBO, SST, y AG. En consecuencia, las aguas residuales tratadas por el biodigestor autolimpiables no son aptas para ser descargadas en cuerpos de agua, ríos, lagos o aguas subterráneas, por lo tanto, se propone el del siguiente tren de tratamiento inodoro, caja de registro, biodigestor, humedal y pozo de percolación como se muestra en la figura N°41.

Estos resultados están en concordancia con las afirmaciones de (Cortes Castillo & Meza Garcia, 2015), (Megia Arias & Perez Sinchi, 2016) y (Mancha Cutipa, 2015), quienes indican que las aguas residuales tratadas por biodigestores no cumplen con los límites máximos permitidos para efluentes en los parámetros de DBO y DQO. Estos estudios indican, el efluente de aguas residuales domésticas tratado por biodigestores no está destinado a ser vertido en cuerpos acuáticos ni a ser infiltrado en el subsuelo, lo cual coincide con los hallazgos de esta investigación.

También, al analizar los resultados presentados por (Dominguez & Rojas, 2019), se evidencia que algunos parámetros cumplen con los requisitos establecidos, aunque no



resultan ser adecuados en su totalidad para el tratamiento en biodigestores autolimpiables, su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas no es tan pronunciada.



V. CONCLUSIONES

- En la presente investigación de evaluación la eficiencia de los biodigestores autolimpiables en unidad básica de saneamiento, se determinó la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en tres UBS realizándose tres monitoreos para cada uno (Tabla N°15 y 16) donde se comparan los resultados de las muestras del agua residual afluyente y efluente (M1, M2 y M3). Se observó que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos mostraron una eliminación mínima (Tabla N°18,19 y 20), en algunos parámetros incluso negativa lo que lleva a la conclusión final de que el biodigestor autolimpiable en tratamiento de aguas residuales domésticas no es tan eficiente.
- Se determinó la efectividad en la eliminación de contaminantes del biodigestor, logrando la depuración de los contaminantes fisicoquímico y microbiológicos presentes en las aguas residuales domésticas. Los sólidos totales(ST) exhibieron un índice de eliminación del 16.11%; la Demanda Química de Oxígeno(DQO) mostró un 37.33%; la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) alcanzó un 43.37%, Aceites y Grasas (A y G) Presento 55.22%, y los Coliformes Termotolerantes (CtT) lograron un 7.15% que se logran apreciar.
- Al evaluar los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el efluente, del monitoreo que fue a lo largo de la investigación mediante los muestreos M1, M2 y M3. Se observó que los parámetros (DQO DBQ5. AG Y ST) no cumplen los parámetros establecidos por DS 003-2010 MINAM, En los siguientes parámetros (Potencial Hidrogeno-PH y Temperatura), estos niveles están inferiores a los límites máximos permisibles (LMP). En consecuencia, se deduce que el efluente no cumple en la totalidad los estándares permitidos.



- La propuesta de diseño para el tratamiento de aguas residuales domesticas se busca abordar de manera eficaz las deficiencias identificadas en el sistema existente. La propuesta de diseño para la unidad básica de saneamiento con arrastre hidráulico, teniendo el siguiente sistema inodoro, caja de registro, biodigestor, humedal y pozo de percolación ha sido formulada teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante el proceso de muestreo, se espera que la nueva propuesta mejore significativamente la capacidad y efectividad del tratamiento de aguas residuales domesticas en el ámbito rural huata.
- Se ha notado que el 100% de los encuestados no tiene el conocimiento necesario para llevar a cabo de manera correcta la operación y mantenimiento de estas funciones. Este déficit se atribuye a la falta de capacitación en educación sanitaria, un aspecto crucial para que los encuestados puedan desempeñar estas tareas de manera adecuada donde se adjunta una guía de operación y manteniendo de biodigestores.



VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo investigaciones más a fondo sobre el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el uso de biodigestores autolimpiables. Esto implica la instalación de biodigestores autolimpiables en el ámbito rural para así analizar la variación de los parámetros, los cuales pueden tener un impacto directo en el proceso de tratamiento. Actualmente, existe una falta de información sustancial en este ámbito.
- Se recomienda utilizar el biodigestor autolimpiable exclusivamente para el tratamiento de aguas residuales domésticas que tienen como función principal tratar los residuos orgánicos, residuos de sólidos de forma continua y periódicamente.
- Se aconseja que, si los resultados de la prueba de percolación indican tiempos superiores a 12 minutos o suelos arcillosos y/o suelos NFA., el terreno no será adecuado para la disposición de efluentes de los biodigestores, por lo que se deberán considerar otros sistemas de tratamiento o ubicaciones de suelos alternativas.
- Se sugiere proporcionar capacitaciones recurrentes a los usuarios responsables encargados, del mantenimiento del biodigestor autolimpiable, con el objetivo de instruir sobre las tareas necesarias, el equipo necesario y la frecuencia adecuada de limpieza. Esto se hace para garantizar el correcto funcionamiento del biodigestor y obtener resultados óptimos en su funcionamiento.
- Se aconseja respetar la cantidad de usuarios establecida para la capacidad del biodigestor según su diseño y las especificaciones técnicas del proveedor, ya que exceder esta cifra podría resultar en una disminución en la eficacia del tratamiento de aguas residuales domésticas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anchundia Delgado, G. M., & Ruiz Caicedo, B. I. (2012). Implementación de un biodigestor, para la utilización y aprovechamiento de los residuos generados en las actividades productivas del camal municipal de Manta. (*Tesis de Grado*) Universidad Laica Manabi - Ecuador.
- Dominguez, L. Y Rojas, K. (2019). Eficacia de los biodigestores autolimpiables en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS - AH) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Huando. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Huancavelica.
- Duarte, M. (2002). Diseño de una Planta de Tratamiento para las aguas negras de la Universidad Rafael Landívar (*Tesis de pregrado*). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Espellico, E.S. (2014). Monitoreo Y Evaluación Del Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas Con Biodigestores En La Comunidad Alto Ayraucollana - Provincia De Espinar – Cusco -2014. (*Tesis de pregrado*). Universidad nacional del altiplano.
- Espigares, M., & Pérez, J. (2005). Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. *Granada Universidad de Granada*. Servicio de Publicaciones. Granada. 1985
- Garcia, G. (2016). Diseño de un biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificando en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa. (*Tesis de pregrado*). Universidad de San Francisco de Quito.
- Gonzales, P&Vargas,R. (2018). Eficiencia De Los Biodigestores Prefabricados En Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas En La Localidad De Ñausilla. (*Tesis de pregrado*). Universidad nacional Hermilio Valdizán.
- Mamani, G.A. (2017) Evaluación Y Propuesta De Diseño Sostenible De Unidades Básicas De Saneamiento En La Comunidad Campesina De Karina – Chucuito – Puno. (*Tesis de pregrado*). Universidad nacional del altiplano.



- Mancha, R.J. (2015). Evaluación De La Eficiencia Del Funcionamiento Del Biodigestor Autolimpiable En El Centro Poblado De Sanquiria – Yunguyo.(*Tesis de pregrado*).Universidad nacional del altiplano
- Mejia, F. (2016). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse - Apurímac. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Metcalf & Eddy Inc. (1995). Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización (Tercera ed., Vol. I). (G. Tchobanoglous, & F. Burton, Edits.) Madrid, España: McGraw- Hill, Inc.
- Metcalf, y Eddy. (1998). Ingeniería de aguas residuales (A. García, Ed.). España. MINAM. Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales., Pub. L. No. 469446–6, El Peruano 2 (2010).
- MVCS. Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural. Programa Nacional de Saneamiento Rural § (2012).
- OS.090. (2006). OS.090 Plantas de tratamiento de agua residuales. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú: Megabyte Grupo Editorial.
- Rios, J. Y Cisneros, L. (2019). Eficiencia de un Biodigestor en el Tratamiento de Agua Residual Domestica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica Lima. (*Tesis de grado*). Universidad Peruana Unión.
- Santos, R. (2015). Evaluación de biodigestor de polietileno rotoplas en el tratamiento de aguas residuales doméstica y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba-Espinar (*Tesis de pregrado*) Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Trejo, J.M. (2018). Eficiencia De La Tecnología Unidad Básica De Saneamiento (Ubs) – Hbc, En El Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas A Nivel Familiar, Distrito De Nueva Requena, Región Ucayali. (*Tesis de pregrado*). Universidad nacional de Ucayali.



Yapu, C. (2018). Tratamiento de aguas residuales domesticas a través de un biodigestor anaerobio en la comunidad de Altamarani del municipio de San Buenaventura.(*Tesis de pregrado*). Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia.



ANEXOS

ANEXO 1 : RESULTADO DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

- 1.A : Muestreo UBS01
- 1.B : Muestreo UBS02
- 1.C : Muestreo UBS03.

ANEXO 2 : PANEL FOTOGRAFICO

- 2.A : Ubicación de UBS.
- 2.B : Toma de Muestras afluente
- 2.C : Toma de Muestras Efluente
- 2.D : Traslado al mega laboratorio Unap.
- 2.E : Toma de Muestras del suelo y Test de percolación.
- 2.F : Realización de análisis de suelo.

ANEXO 3 : PLANO DE DISEÑO PROPUESTO

- 3.A : Levantamiento de Plano existente 01
- 3.B : Plano propuesto de unidad básica de saneamiento Ah 02
- 3.C : Estudio de suelo para vivienda de diseño.

ANEXO 4 : ENCUESTA

- 4.A : Encuestas Realizadas
- 4.B : Guía de Operación Y mantenimiento de Biodigestor



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Edwin Cayllahua Condori
identificado con DNI 48010804 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluación de la eficiencia de biodigestor autolimpiable en la
unidad básica de saneamiento (UBS) en el tratamiento de aguas
residuales domésticas en el ámbito rural Huata - Puno - 2023"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de agosto del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Edwin Cayllatua Condori
identificado con DNI 48040804 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluación de la eficiencia de biodigestor autolimpiante en la unidad básica de saneamiento (UBS) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el ámbito rural Huata - Puno - 2023"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de agosto del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella