



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario y
planta de tratamiento de aguas residuales de Uchucay, y
diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de
Uduzhe, localidades del cantón Saraguro, provincia de Loja**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERÍA CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autores:

FRANCO ANTONIO CALLE CALLE

PAÚL MATEO VÁZQUEZ CALLE

Director:

ING. JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER, PhD

CUENCA-ECUADOR

2022

DEDICATORIA

Franco Antonio Calle Calle

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios como mi fuente principal de progreso y constancia, a mi familia, mi papá Franklin por nunca dejar que me falte nada, por la paciencia y compañía, por todo el sacrificio de cada día para poder regalarme la oportunidad de formarme en esta maravillosa profesión y sobre todo como un mejor ser humano; a mi hermana Jessy por ser un modelo para mi vida, por cada consejo y motivarme a seguir adelante con más aspiraciones, sueños y proyectos por cumplir, por cada abrazo y cada palabra de aliento que a lo largo de todo el periodo universitario jamás me faltaron; con mención especial a mi madre por ser mi mano derecha en este camino y sobre todo por ser la que a pesar de todos los fracasos y desilusiones, jamás dejó de confiar en mí, por nunca dejarme solo y por estar pendiente de mí cada minuto del día, siempre ha sido la motivación más grande de mi vida.

A mis familiares, amigos y todas y cada una de las personas que de alguna manera u otra estuvieron pendientes de mí, de mi avance y constancia para llegar al final de esta etapa, siempre los llevaré en mi corazón con mucha gratitud y con todo mi cariño.

Todos estos años de sacrificio y todo el futuro que pretendo construir tanto profesional como personal, va dedicado a ustedes por siempre darme la motivación para poder terminar con mucha felicidad mi carrera universitaria.

Paúl Mateo Vázquez Calle

El presente trabajo va dedicado a Dios, por ser mi guía y fortaleza en mi vida diaria; a mi madre Paulina por ser mi apoyo y guía en cada uno de mis pasos; a mi padre Marco por darme un ejemplo de amor, sabiduría y motivación para lograr lo que me proponga; a mi hermana Paula por siempre brindarme su ayuda en los momentos más difíciles; a mi hermana Valentina con la que he compartido muchas alegrías; a todos mis familiares y amigos que gracias a su apoyo y confianza he podido lograr mis metas propuestas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por las bendiciones diarias y a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional y permanente.

De manera especial a nuestro director de tesis el Ing. Javier Fernández de Córdova por su ayuda, confianza, soporte y orientación en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A la empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A. por el financiamiento del presente trabajo y por las oportunidades permanentes que brinda a las nuevas generaciones.

A las autoridades de la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, y a los miembros del tribunal, ingenieros: María Belén Arévalo y Josué Larriva por siempre estar prestos a apoyarnos en el presente trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	19
ANTECEDENTES	20
OBJETIVOS.....	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos	21
ALCANCE	21
JUSTIFICACIÓN.....	22
CAPITULO I.....	23
1. RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	23
1.1 Descripción general del barrio Uchucay	23
1.1.1 Ubicación geográfica	23
1.1.2 Población	24
1.1.3 Vías de acceso.....	24
1.1.4 Clima y Temperatura	25
1.1.5 Precipitación	27
1.1.6 Geomorfología	30

1.1.7 Hidrografía.....	32
1.1.8 Aspectos socioeconómicos	33
1.1.9 Estudios de campo	38
1.2 Descripción general del sector Uduzhe	48
1.2.1 Ubicación geográfica	48
1.2.2 Población	48
1.2.3 Vías de acceso.....	49
1.2.4 Clima y Temperatura	49
1.2.5 Precipitación	50
1.2.6 Geomorfología	51
1.2.7 Hidrografía.....	52
1.2.8 Aspectos socioeconómicos	52
CAPÍTULO II.....	58
2. EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	
SANITARIO	58
2.1 Generalidades	58
2.2 Áreas de aportación (Áreas tributarias).....	59
2.3 Análisis poblacional	60
2.3.1 Población Actual.....	60
2.3.2 Población Futura	60
2.3.3 Tasa de crecimiento poblacional.....	61
2.4 Parámetros de diseño.....	61
2.4.1 Período de diseño.....	61
2.4.2 Dotación.....	62
2.4.3 Densidad poblacional.....	63

2.4.4 Caudal de diseño.....	64
2.4.5 Caudal por infiltración.....	67
2.4.6 Caudal de aguas ilícitas o clandestinas.....	68
2.4.7 Profundidades.....	68
2.4.8 Diámetros de tubería.....	68
2.4.9 Velocidades.....	69
2.4.10 Tipos de material y rugosidad.....	70
2.4.11 Pendiente mínima.....	70
2.5 Obras complementarias.....	71
2.5.1 Pozos de revisión.....	71
2.5.2 Distancia entre pozos de revisión.....	73
2.5.3 Conexiones domiciliarias.....	73
2.6 Hidráulica de alcantarillas (Diseño hidráulico).....	73
2.6.1 Flujo en tuberías a sección llena.....	73
2.6.2 Flujo en tuberías a sección parcialmente llena.....	75
2.7 Evaluación del sistema existente del barrio Uchucay.....	77
2.7.1 Estado de la infraestructura.....	79
2.7.2 Análisis teórico del funcionamiento actual del sistema.....	81
2.7.3 Diagnóstico del alcantarillado existente.....	82
2.8 Ampliación de la red de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay.....	82
2.8.1 Diseño de la red.....	84
CAPÍTULO III.....	86
3. EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	86
3.1 Generalidades.....	86

3.1.1 Aguas residuales	86
3.1.2 Características de las aguas residuales.....	86
3.1.3 Muestreo de aguas residuales	89
3.1.4 Parámetros generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce	90
3.1.5 Sistema de tratamiento de aguas residuales	91
3.2 Tecnologías para el tratamiento de agua residual.....	92
3.2.1 Sistemas aerobios y anaerobios	92
3.2.2 Sistemas naturales de tratamiento.....	93
3.3 Procesos de tratamiento y bases de diseño	94
3.3.1 Tratamiento preliminar	94
3.3.2 Tratamiento primario	100
3.3.3 Tratamiento secundario.....	108
3.4 PTAR Barrio Uchucay	117
3.4.1 Evaluación de la PTAR existente	117
3.4.3 Objetivo del tratamiento	126
3.4.4 Criterios de calidad en el agua residual de uso doméstico	126
3.4.5 Procesos de tratamiento de aguas residuales	126
3.4.6 Diseño	127
3.5 PTAR Sector Uduzhe	134
3.5.1 Propuesta de tratamiento de aguas residuales para el sector Uduzhe	134
3.5.2 Objetivo del tratamiento	135
3.5.3 Diseño	135
3.5.4 Propuesta para la ubicación de la PTAR del sector Uduzhe.....	142
CAPITULO V.....	144
4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	144

4.1 Análisis de precios unitarios	144
4.2 Presupuesto	144
4.2.1 Presupuesto de ampliación de la red de alcantarillado para el barrio Uchucay	145
4.2.2 Presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Uchucay	147
4.2.3. Presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales para el sector Uduzhe	150
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	156
Conclusiones.....	156
Recomendaciones	158
BIBLIOGRAFÍA.....	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: El mapa a) Ubicación provincia de Loja de color celeste, mapa b) Ubicación cantón Saraguro de color negro, mapa c) Ubicación San Sebastián de Yuluc color rojo, mapa d) Ubicación barrio Uchucay marcado con el triángulo rojo.	23
Figura 1.2: Mapa Isotermas barrios de la parroquia San Sebastián de Yuluc.....	27
Figura 1.3: Mapa Isoyetas barrios de la parroquia San Sebastián de Yuluc.	28
Figura 1.4: Variación de precipitaciones para las 10 estaciones de la cuenca del Río Jubones.....	29
Figura 1.5: Mapa de pendientes San Sebastián de Yuluc.	31
Figura 1.6: Mapa de la geomorfología de la parroquia San Sebastián de Yuluc.	32
Figura 1.7: Tipo de edificación barrio Uchucay.	40
Figura 1.8: Uso de edificación barrio Uchucay.	41
Figura 1.9: Abastecimiento de agua barrio Uchucay.	41
Figura 1.10: Estado de conexión de agua del barrio Uchucay.	42
Figura 1.11: ¿Está de acuerdo con el proyecto para la mejora del barrio Uchucay?	42
Figura 1.12: ¿Pagaría por el alcantarillado?.....	43
Figura 1.13: Evacuación de las aguas servidas.	43
Figura 1.14: Evacuación de las aguas lluvias.....	44
Figura 1.15: Tipo de vía.	44
Figura 1.16: Energía eléctrica.	45
Figura 1.17: Adultos-niños por casa.	45
Figura 1.18: Tendencia de vivienda.....	46
Figura 1.19: Tipo de trabajo.....	46
Figura 1.20: Ingresos económicos.....	47
Figura 1.21: Instrucción del jefe de hogar.	47
Figura 1.22: Ubicación geográfica del sector Uduzhe.	48

Figura 1.23: Mapa Isotermas parroquia Manú.....	49
Fuente: (GAD Manú, 2022)	49
Figura 1.24: Mapa Isoyetas parroquia Manú.	50
Figura 1.25: Mapa de relieves parroquia Manú.	51
Figura 2.1: Geometría y distribución de las áreas de aportación.	59
Figura 2.2: Sección tipo de los pozos de revisión.	72
Figura 2.3: Componentes hidráulicos para flujo de agua a sección parcialmente llena. .	75
Figura 2.4: Tapa de pozo de revisión.	79
Figura 2.5: Estado del pozo revisión.	79
Figura 2.6: Pozo de revisión enterrado por completo.	80
Figura 2.7: Estado de la vía principal de Uchucay.....	80
Figura 2.9: Catastro del sistema de alcantarillado sanitario existente y su ampliación. ..	83
Figura 3.1: Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales.....	91
Figura 3.2: Esquema del flujo de energía contenida en el sustrato en función del tipo de tratamiento aplicado (caso de sustrato fácilmente biodegradable).	93
Figura 3.3: Estructura de un vertedero (Sección transversal).	98
Figura 3.4: Criterios de diseño del tanque séptico.	105
Figura 3.5: Configuración geométrica del lecho de sacado de lodos.....	107
Figura 3.6: Humedal artificial de flujo subsuperficial de flujo horizontal.....	110
Figura 3.7: PTAR del barrio Uchucay.	118
Figura 3.8: PTAR del barrio Uchucay.	119
Figura 3.9: Estructuras existentes del PTAR del barrio Uchucay.....	120
Figura 3.10: Estado de la caja de válvulas.	121
Figura 3.11: Estado de las tuberías de PVC usadas para la descarga del efluente al río Uchucay.....	121
Figura 3.12: Perfil de flujo en el sistema de tratamiento preliminar.....	130

Figura 3.13: Mapa del sector Uduzhe. 143

Figura 3.14: Ubicación del terreno-PTAR sector Uduzhe. 143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Coordenadas UTM barrio Uchucay.	23
Tabla 1.2: Población años: 2001, 2010, 2019.	24
Tabla 1.3: Población proyectada año 2022.	24
Tabla 1.4: Temperaturas estación meteorológica Santa Isabel.	26
Tabla 1.5: Precipitaciones estaciones meteorológicas cuenca del río Jubones.	29
Tabla 1.6: Pendientes San Sebastián de Yuluc.	30
Tabla 1.7: Geomorfología parroquia San Sebastián de Yuluc.	31
Tabla 1.9: Datos de la fórmula para calcular la muestra.	39
Tabla 1.10: Resultados de la muestra.	39
Tabla 1.11: Valores de Z y e, según el nivel de confianza.	39
Tabla 1.12: Coordenadas UTM barrio Uchucay.	48
Tabla 1.13: Geomorfología parroquia Manú.	51
Tabla 1.14: Microcuencas más importantes de la parroquia Manú.	52
Tabla 2.1: Tasa de crecimiento poblacional.	61
Tabla 2.2: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.	62
Tabla 2.3: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.	63
Tabla 2.4: Aporte de infiltración por longitud de tubería.	67
Tabla 2.5: Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados.	69
Tabla 2.6: Diámetros recomendados de pozos de revisión.	71
Tabla 2.7: Planimetría y altimetría de los pozos existentes.	78
Tabla 2.8: Parámetros y criterios de diseño de la evaluación.	81
Tabla 2.9: Parámetros y criterios de diseño de la ampliación.	84
Tabla 3.1: Contaminantes de importancia en el tratamiento de agua residual.	87

Tabla 3.2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	90
Tabla 3.3: Características de rejillas de barras.....	95
Tabla 3.4: Períodos de retención hidráulica-Tanques Sépticos.	102
Tabla 3.5: Eficiencias de remoción de DBO5.....	103
Tabla 3.6: Eficiencia de remoción en sólidos en suspensión.	103
Tabla 3.8: Capacidad depuradora de humedales con totora (Scirpus spp).	111
Tabla 3.9: Parámetros generales de diseño para humedales artificiales de flujo subsuperficial.	112
Tabla 3.10: Clasificación de los lechos bacterianos.....	115
Tabla 3.11: Características del lecho bacteriano.....	115
Tabla 3.12: Contribución de aguas residuales y carga orgánica por número de ocupantes y tipo de edificación.....	116
Tabla 3.13: Coordenadas UTM WGS 84 de la PTAR del barrio Uchucay.	117
Tabla 3.14: Caudal teórico actual PTAR existente-Uchucay.....	122
Tabla 3.15: Dimensiones reales del tanque séptico PTAR existente-Uchucay.	123
Tabla 3.16: Parámetros para la evaluación del tanque séptico PTAR existente-Uchucay.....	123
Tabla 3.17: Resultados de la evaluación del tanque séptico PTAR existente-Uchucay.....	123
Tabla 3.18: Caracterización de las aguas residuales domésticas del barrio Uchucay....	125
Tabla 3.19: Composición típica del agua residual doméstica no tratada.	125
Tabla 3.20: Procesos de tratamiento y grados de remoción.....	126
Tabla 3.21: Caudal de diseño PTAR-Uchucay.	127
Tabla 3.22: Configuración de la rejilla de entrada PTAR-Uchucay.	128
Tabla 3.23: Datos de entrada para el dimensionamiento del desarenador PTAR-Uchucay.....	129

Tabla 3.24: Dimensiones del desarenador PTAR-Uchucay.....	129
Tabla 3.25: Dimensionamiento del vertedero de tipo sutor PTAR-Uchucay.	130
Tabla 3.26: Datos de entrada para el dimensionamiento del tanque séptico PTAR-Uchucay.....	131
Tabla 3.27: Dimensiones y volumen real del tanque séptico PTAR-Uchucay.	131
Tabla 3.28: Eficiencia de remoción mínima del tanque séptico PTAR-Uchucay.....	131
Tabla 3.29: Datos de entrada para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos PTAR-Uchucay.	132
Tabla 3.30: Dimensiones y área real del lecho secado de lodos PTAR-Uchucay.	132
Tabla 3.31: Datos de entrada para el dimensionamiento del filtro anaerobio PTAR-Uchucay.....	133
Tabla 3.32: Dimensiones y área real del filtro anaerobio PTAR-Uchucay.....	133
Tabla 3.33: Eficiencia de remoción mínima del filtro anaerobio PTAR-Uchucay.....	133
Tabla 3.34: Caracterización de las aguas residuales domésticas en el sector Uduzhe...	134
Tabla 3.35: Caudal de diseño PTAR-Uduzhe.	136
Tabla 3.36: Configuración de la rejilla de entrada PTAR-Uduzhe.	137
Tabla 3.37: Datos de entrada para el dimensionamiento del desarenador PTAR-Uduzhe.	137
Tabla 3.38: Dimensiones del desarenador PTAR-Uduzhe.	138
Tabla 3.39: Dimensionamiento del vertedero de tipo sutor PTAR-Uduzhe.	138
Tabla 3.40: Datos de entrada para el dimensionamiento del tanque séptico PTAR-Uduzhe.	139
Tabla 3.41: Dimensiones y volumen real del tanque séptico PTAR-Uduzhe.....	139
Tabla 3.42: Eficiencia de remoción mínima del tanque séptico PTAR-Uduzhe.	140
Tabla 3.43: Datos de entrada para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos PTAR-Uduzhe.....	140

Tabla 3.44: Dimensiones y área real del lecho secado de lodos PTAR-Uduzhe.	140
Tabla 3.45: Datos de entrada para el análisis de concentración de DBO del humedal de flujo subsuperficial.....	141
Tabla 3.46: Dimensiones y área real del humedal de flujo subsuperficial PTAR-Uduzhe.	141
Tabla 3.47: Eficiencia de remoción mínima del humedal de flujo subsuperficial PTAR-Uduzhe.	142
Tabla 3.48: Coordenadas UTM WGS 84 de la PTAR propuesta del sector Uduzhe.....	142
Tabla 4.1: Presupuesto referencial de ampliación de la red de alcantarillado sanitario.	145
Tabla 4.2: Presupuesto referencial de la PTAR-Uchucay.....	147
Tabla 4.3: Presupuesto referencial de la PTAR-Uduzhe.	150

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cálculos encuestas.

Anexo 2: Cálculos evaluación del sistema de alcantarillado y PTAR existentes del barrio Uchucay.

Anexo 3: Cálculos ampliación de la red de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay.

Anexo 4: Cálculos rediseño PTAR Uchucay.

Anexo 5: Cálculos diseño PTAR Uduzhe.

Anexo 6: Planos del sistema de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay.

Anexo 7: Planos PTAR Uchucay.

Anexo 8: Planos PTAR Uduzhe.

Anexo 9: Registro fotográfico y ensayos de laboratorio.

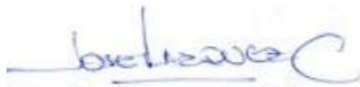
Anexo 10: Cálculos presupuesto.

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
UCHUCAY, Y DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE UDUZHE, LOCALIDADES DEL CANTÓN SARAGURO,
PROVINCIA DE LOJA**

RESUMEN

En la provincia de Loja, en el cantón Saraguro existen distintas localidades con deficiencias en saneamiento, debido a la presencia de aguas residuales descargadas sin tratamiento de la localidad Uduzhe, ubicada aguas arriba de la captación de agua que abastece a la localidad Uchucay. Para dar una solución, se ha propuesto como trabajo de titulación evaluar la red de alcantarillado sanitario existente, ampliar y mejorar el servicio en la localidad de Uchucay y así implementar un diseño integral de plantas de tratamiento de aguas residuales para ambas localidades, cumpliendo con todos los parámetros metodológicos y normativos que garanticen seguridad, serviciabilidad y capacidad de construcción del proyecto. Además, se estableció un presupuesto estimado para la ejecución de las obras.

Palabras claves: saneamiento, aguas residuales, alcantarillado sanitario, planta de tratamiento.



Ing. José Fernando Vázquez Calero

Coordinador de Escuela



Ing. Carlos Javier Fernández De Córdova

Director del Trabajo de Titulación



Franco Antonio Calle Calle



Paúl Mateo Vázquez Calle

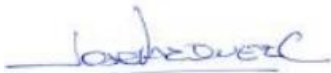
Autores

EVALUATION AND REDESIGN OF THE UCHUCAY SANITARY SEWAGE SYSTEM AND WASTEWATER TREATMENT PLANT, AND DESIGN OF THE UDUZHE WASTEWATER TREATMENT PLANT, LOCATED IN THE SARAGURO CANTON, PROVINCE OF LOJA

ABSTRACT

In Loja, in Saraguro there are different localities with sanitation deficiencies, due to the presence of untreated wastewater discharged from Uduzhe, which is situated upstream of the water catchment that supplies Uchucay. To provide a solution, it is propose an evaluation of the existing sanitary sewer network, as well as expanding and improving the service in the Uchucay locality and implement a comprehensive design of wastewater treatment plants for both locations, complying with all the methodological and regulatory parameters that guarantee the safety, serviceability and constructive capacity of the project. In addition, an estimated budget was established for the execution of the construction site.

Keywords: sanitation, wastewater, sanitary sewer, treatment plant



Ing. José Fernando Vázquez Calero

Thesis Director

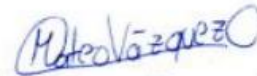


Ing. Carlos Javier Fernández De Córdoba

School Coordinator



Franco Antonio Calle Calle



Paúl Mateo Vázquez Calle

Authors

Translated by



Paúl Vázquez



Franco Antonio Calle Calle

Paúl Mateo Vázquez Calle

Trabajo de titulación

Ing. Javier Fernández De Córdova Webster, PhD.

Julio 2022

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
UCHUCAY, Y DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE UDUZHE, LOCALIDADES DEL CANTÓN SARAGURO,
PROVINCIA DE LOJA**

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A. está desarrollando un proyecto conocido como el Parque Eólico Minas de Huascachaca, ubicado en la zona austral del Ecuador, provincia de Loja, cantón Saraguro, parroquia San Sebastián de Yuluc. Este proyecto ha tenido una gran repercusión en las cabeceras parroquiales de San Sebastián de Yuluc, Sumaypamba y en la localidad o barrio de Uchucay, por lo que la empresa ha sido impulsada a cooperar con distintas instituciones de la región con el fin de fomentar la ejecución de obras públicas y otorgar servicios óptimos que promuevan el desarrollo sostenible de las comunidades locales y de las zonas protegidas que se encuentran en el área de influencia del proyecto Eólico Minas de Huascachaca. Es así, que ELECAUSTRO S.A. ha firmado un convenio con la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca-ETAPA EP, para la asistencia técnica y asesoramiento de los proyectos de agua potable y depuración de aguas residuales en las parroquias San Sebastián de Yuluc y Sumaypamba, las que han sido de mayor prioridad para la comunidad y más solicitadas por los representantes de los GAD parroquiales y Juntas de Agua Potable.

Gracias a ello, se presentó la oportunidad de participar en unos de sus proyectos propuestos por la empresa ELECAUSTRO S.A. para el desarrollo del trabajo de titulación de la carrera de “Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones” de la Universidad del Azuay. El proyecto concedido se contemplará en dos localidades relacionadas al proyecto

Eólico Minas de Huascachaca, con el fin principal de evaluar el alcantarillado sanitario existente y ampliar la red, en donde se dará una solución al tratamiento de aguas residuales, con la proyección de un rediseño de la planta de tratamiento en la localidad de Uchucay de la parroquia San Sebastián de Yuluc. Así mismo, se propondrá el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Uduzhe de la parroquia Manú, lugar donde se encuentra los mayores problemas sanitarios e hidráulicos.

ANTECEDENTES

La empresa pública Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A, se ha visto en la necesidad de fomentar el desarrollo de las parroquias, y sus barrios, aledaños al proyecto Parque Eólico Minas de Huascachaca, pues gracias al apoyo y a la acogida de estas localidades, la empresa encontró la posibilidad de la construcción de esta obra que es un hito histórico para las provincias Azuay y Loja, ya que al aprovechar el viento como una energía inagotable a través de los aerogeneradores, transforma la energía cinética en energía eléctrica de una forma sana y mínimamente contaminante.

La localidad de Uchucay de la parroquia San Sebastián de Yuluc, es el lugar donde se encuentra el centro de operaciones del Parque Eólico Minas de Huascachaca, por ello, es uno de los principales barrios que han sido apoyados en su crecimiento y desarrollo por la empresa ELECAUSTRO S.A, no solo en el ámbito turístico, social y económico, sino también en la implementación de obras civiles públicas. Con el propósito de otorgar servicios óptimos que promuevan el desarrollo sostenible de las comunidades locales y de las zonas protegidas que se encuentran en el área de influencia del proyecto eólico, la empresa ha desarrollado algunos estudios preliminares con la finalidad de proponer proyectos que mejoren la calidad de vida de los habitantes de las localidades mencionadas, sin afectar al medio ambiente.

Según los diagnósticos y estudios realizados en los sectores de la localidad Uchucay, perteneciente a una de las mesetas de la parroquia San Sebastián de Yuluc, posee una planta de potabilización con filtración lenta que ha sido afectada y no se encuentra en buen estado. La planta presenta una serie de problemas con respecto al incremento de turbiedad y color del agua en épocas de lluvia, al igual que su deficiente sistema de cloración. La situación actual conlleva al riesgo de afectar la salud de sus habitantes, 200 familias, al tener

que ingerir agua no potabilizada. La causa principal es la presencia de aguas residuales descargadas sin tratamiento de la localidad de Uduzhe, parroquia Manú, ubicada aguas arriba de la captación de agua que abastece a la localidad de Uchucay. Esta descarga directa de aguas residuales sin un tratamiento previo sobre el río Uchucay, provoca una serie de problemas sanitarios en toda la zona, afectando severamente la salud, especialmente, de personas vulnerables como niños y adultos mayores. Adicionalmente, en el barrio Uchucay se ha identificado un sistema de alcantarillado sanitario con una baja cobertura poblacional y un inadecuado sistema de depuración de aguas residuales. La falta de un eficiente servicio de saneamiento en ambas localidades, contaminan los pocos recursos hídricos que se disponen en la zona, pero, sobre todo, en la localidad de Uduzhe que es la menos desarrollada en infraestructura y servicios. Esto conlleva a la contaminación de agua en el río Uchucay, perjudicando las condiciones ambientales y el desarrollo socioeconómico de toda la zona en particular.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar la evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Uchucay, y diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Uduzhe.

Objetivos específicos

- Levantar la información técnica requerida para cada lugar de estudio.
- Evaluar el sistema de alcantarillado sanitario actual en la localidad de Uchucay.
- Diseñar la ampliación de la red de alcantarillado sanitario y el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Uchucay.
- Diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Uduzhe.
- Elaborar un presupuesto tentativo del proyecto constructivo.

ALCANCE

La propuesta de investigación consiste en evaluar la red de alcantarillado sanitario existente que, en la actualidad, no cubre a toda la población de la localidad de Uchucay. Basados en esta propuesta, diseñar un sistema de alcantarillado sanitario que busca dotar de servicio a las nuevas viviendas que actualmente forman parte de la comunidad. Además,

se busca dar un adecuado tratamiento a las aguas residuales de esta localidad por lo que se evaluará y se rediseñará de ser necesario la planta de tratamiento existente en Uchucay, y se propondrá el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Uduzhe. El proyecto surge por actuales deficiencias que se ha podido analizar y observar en las diferentes visitas técnicas efectuadas.

Se pretende así, generar un impacto positivo en la salud de cada comunidad, mejorar la calidad del medio ambiente e impulsar el desarrollo socioeconómico en la zona de estudio, fomentando las actividades agrícolas que constituyen las mayores fuentes de trabajo del sector. Esto no incluye solo a las localidades de Uchucay y Uduzhe en específico, sino también a varias comunidades aledañas al proyecto Eólico Minas de Huascachaca.

JUSTIFICACIÓN

La empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A en conjunto con la Universidad el Azuay han visto en la comunidad de Uchucay y Uduzhe una oportunidad para brindar una posibilidad de progreso en cuanto la calidad de los servicios básicos. Las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio Uchucay se encuentra en un estado de deterioro y colapso, pues ya no abastece a la cantidad de personas que se benefician, además como la zona está experimentando un constante crecimiento, necesita un nuevo estudio de alcantarillado para saber cuánto necesita extender el servicio. En relación al barrio Uduzhe, no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, por ello, todas las aguas servidas de la zona son descargadas directo a las quebradas, lo cual contamina el río Uchucay.

Es por estos motivos que el proyecto de titulación “Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales de Uchucay, y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Uduzhe, localidades del cantón Saraguro, provincia de Loja”, busca atender todas estas urgencias sanitarias que vienen en crecimiento durante varios años y está afectando no solo a la calidad del ambiente, cultivos y animales, sino que es un constante peligro para la salud de los habitantes de estas localidades y de las comunidades cercanas.

CAPITULO I

1. RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.1 Descripción general del barrio Uchucay

1.1.1 Ubicación geográfica

La comunidad de Uchucay es un barrio de la parroquia San Sebastián de Yuluc, ubicado a 10 Km aproximadamente del centro parroquial y a 84 Km al suroeste de la ciudad de Cuenca, por la vía Girón-Pasaje. La parroquia San Sebastián de Yuluc pertenece al cantón Saraguro provincia de Loja.

Las coordenadas en unidades UTM (WGS84) del barrio Uchucay son las siguientes:

Tabla 1.1: Coordenadas UTM barrio Uchucay.

Zona	Coordenada UTM X	Coordenada UTM Y
17 Sur	681946,64 m E	9628653,31 m S

Fuente: Autor

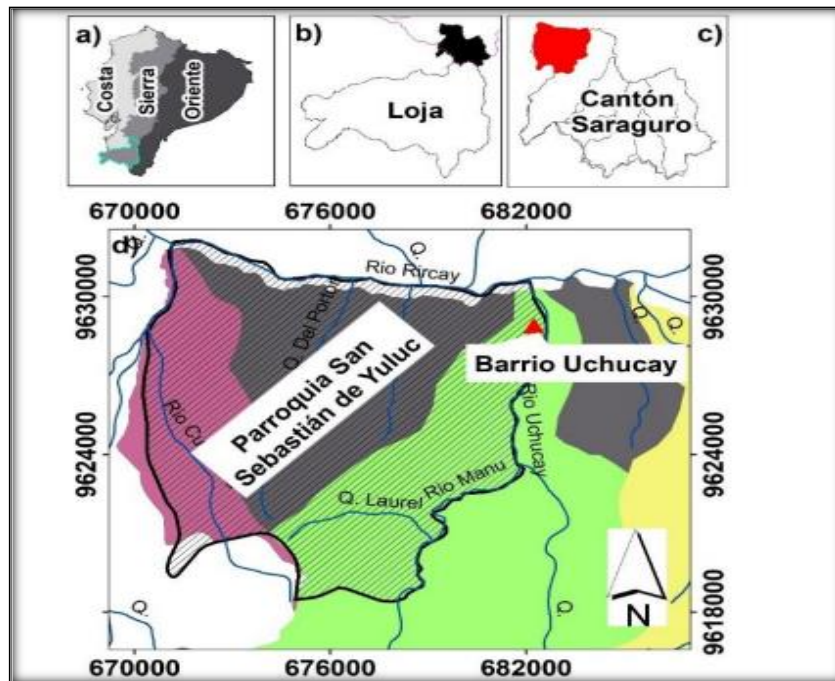


Figura 1.1: El mapa a) Ubicación provincia de Loja de color celeste, mapa b) Ubicación cantón Saraguro de color negro, mapa c) Ubicación San Sebastián de Yuluc color rojo, mapa d) Ubicación barrio Uchucay marcado con el triángulo rojo.

Fuente: (Vimos Astudillo, 2021)

1.1.2 Población

Según información tomada de la memoria técnica realizada por la empresa ELECAUSTRO S.A. para el estudio de ampliación y mejoramiento de la planta de agua potable, la población del barrio Uchucay según el censo desarrollado por el INEC 2001 fue de 430 habitantes, así mismo según la misma fuente, para el año 2010 la población fue de 446 habitantes.

La investigación realizada por ELECAUSTRO S.A. para el año 2019, mediante la elaboración de una encuesta determinó una cantidad de 627 habitantes.

Tabla 1.2: Población años: 2001, 2010, 2019.

Población	N° Habitantes
Censo 2001	430
Censo 2010	446
Encuesta Guamán 2019	627

Fuente: (Vimos Astudillo, 2021)

Mediante el método geométrico, proceso que se explica en el apartado 2.3.2, se proyectó la población al año 2022.

Tabla 1.3: Población proyectada año 2022.

Población Futura	N° Habitantes
Pf-2022	668,694
	668

Fuente: Autor

1.1.3 Vías de acceso

La vía que se puede tomar para llegar a Uchucay es la Cuenca-Girón-Pasaje, carretera de primer orden, desde la vía Girón-Pasaje (km 59) se ingresa aproximadamente 5.5 km por una vía de segundo orden hasta llegar a la comunidad de Uchucay. Desde el cantón Santa Isabel existen 13 km de distancia.

Además, se puede llegar al barrio Uchucay tomando la vía Cuenca-Loja, ingresando por el cantón Saraguro, sin embargo, es el acceso menos conveniente si la salida es desde Cuenca, debido a que el trayecto es más largo y las vías rurales no están en buen estado.

1.1.4 Clima y Temperatura

El clima se define como un estado promedio en el que la atmósfera describe distintos tipos de tiempo en un mismo lugar, tomados durante lapsos muy amplios. El clima va a depender de una serie de factores y fenómenos que regula el estado atmosférico durante ese periodo de tiempo.

La información climática se obtiene de los datos medidos en las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio, estas estaciones llevan información a lo largo de muchos años con el fin de extraer datos promedio y lo más concisos posibles, tales como temperatura, precipitaciones, velocidad, flujo de los vientos y entre otros.

La parroquia San Sebastián de Yuluc se caracteriza por poseer un clima diverso, pues el clima frío se apodera de las zonas altas de Limapamba, mientras que el clima cálido tropical de las zonas bajas de Uchucay; en esta zona durante los meses de febrero a mayo se presenta el invierno, mientras que de junio a septiembre suben las temperaturas y se presentan fuertes vientos.

La parroquia San Sebastián de Yuluc presenta un rango altitudinal entre 920 - 3200 msnm, lo cual hace que las temperaturas medias varíen desde los 12 °C en el barrio más alto Limapamba hasta los 22 °C aproximadamente, en el barrio más bajo Uchucay (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022).

Con el fin de verificar esta información, se hizo una investigación en el anuario meteorológico Nro. 52-2012, emitido en el año 2015, con el propósito de facilitar datos adecuados para el conocimiento del tiempo atmosférico y la situación climática. El anuario ofrece información de una red de estaciones meteorológicas representativa del país y son incluidas en el formulario solo si disponen de un estudio mínimo de 6 meses.

Para las estaciones meteorológicas principales, se registran observaciones diarias de 7, 13 y 19 horas, datos registrados a través de mediciones tomadas por el observador en las horas señaladas, pero además existen dispositivos registradores que toman gráficamente

los registros de la evolución de un fenómeno meteorológico en el tiempo, de una manera continua para periodos diarios, semanales, mensuales, dependiendo del dispositivo.

La información facilitada por el anuario contiene un resumen estadístico anual generado por la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas que han sido procesados y validados por el INHAMI. Además, existen datos que por la falta de instrumentos de medición o falta de información estadística, no se disponen (INAMHI, 2015).

La estación más cercana a la primera zona de estudio, Uchucay, fue la estación meteorológica de Santa Isabel, Azuay, la cual consta de la siguiente información:

Tabla 1.4: Temperaturas estación meteorológica Santa Isabel.

SANTA ISABEL					
	Latitud		Longitud		Altitud
	GG	MM SS	GG	MM SS	m
	3° 14' 51" S		79° 16' 36" W		1450
Temperaturas del aire a la sombra °C					
Mes	Absolutas		Medias		
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual
Enero		14,2	23,5	15	18,8
Febrero		13,6	23,6	14,8	18,6
Marzo			29	15,6	20,3
Abril	33,4	11,2	26,5	15,2	20,2
Mayo		14,6	26,7	15,2	20,7
Junio			28,8	15,4	20,7
Julio				15,3	

Fuente: (INAMHI, 2015)

Como se puede observar, las temperaturas medias mensuales del cantón Santa Isabel varían en un rango de 18 °C a 20 °C, valores similares a las temperaturas del barrio Uchucay.

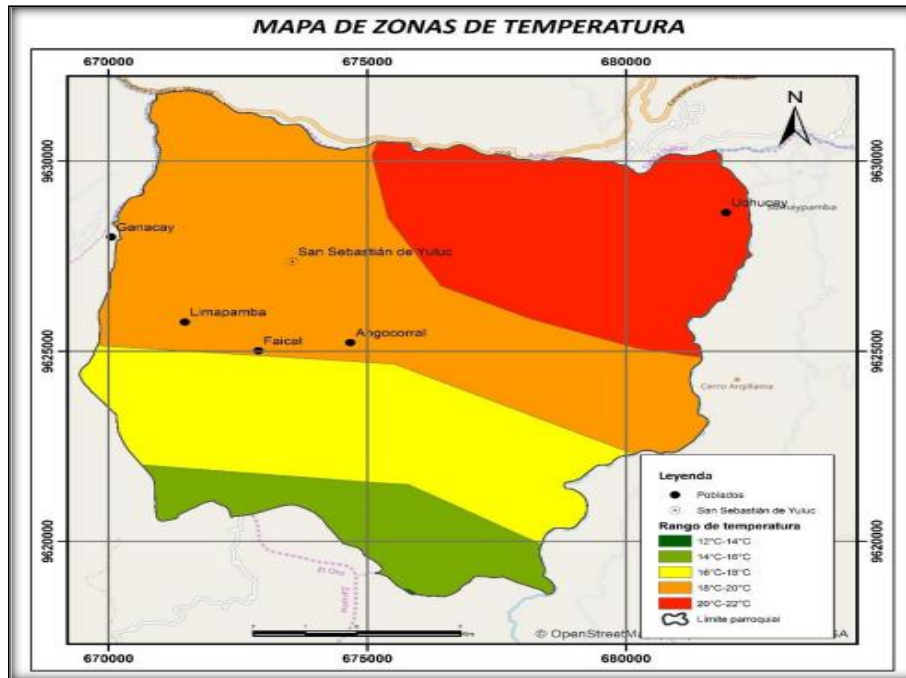


Figura 1.2: Mapa Isotermas barrios de la parroquia San Sebastián de Yuluc.

Fuente: (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022)

La Figura 1.2 muestra con claridad la variación de temperatura desde los barrios más altos hasta los barrios más bajos de la parroquia.

1.1.5 Precipitación

La precipitación atmosférica se entiende como la caída de lluvia, llovizna, granizo, nieve, etc. dependiendo de la ubicación geográfica, desde las nubes hasta la superficie de la tierra. La precipitación es un fenómeno que se mide en mm, pues 1 mm de precipitación equivale a la caída de 1 litro de agua sobre un metro cuadrado de terreno de superficie de la tierra. La precipitación es un agente climático que cuenta con dos dispositivos de medición, el primero el pluviómetro, que es un instrumento que da la facilidad de medir las alturas de agua de las precipitaciones y por otro lado el pluviógrafo, el cual como instrumento es muy similar al pluviómetro, con la diferencia de que éste cuenta con un dispositivo que registra de forma gráfica y continua las alturas de las precipitaciones en un periodo de tiempo dado. El mínimo de agua que se recoge para considerar un día como válido con precipitación, varía dependiendo cada país, en Ecuador es de 0.1 mm. La parroquia San Sebastián de Yuluc al tener un clima diverso, experimenta precipitaciones muy variadas,

pues las zonas altas de Limapamba se caracterizan por tener precipitaciones de 750 mm y las zonas bajas de Uchucay de hasta 250 mm durante el año (INAMHI, 2015).

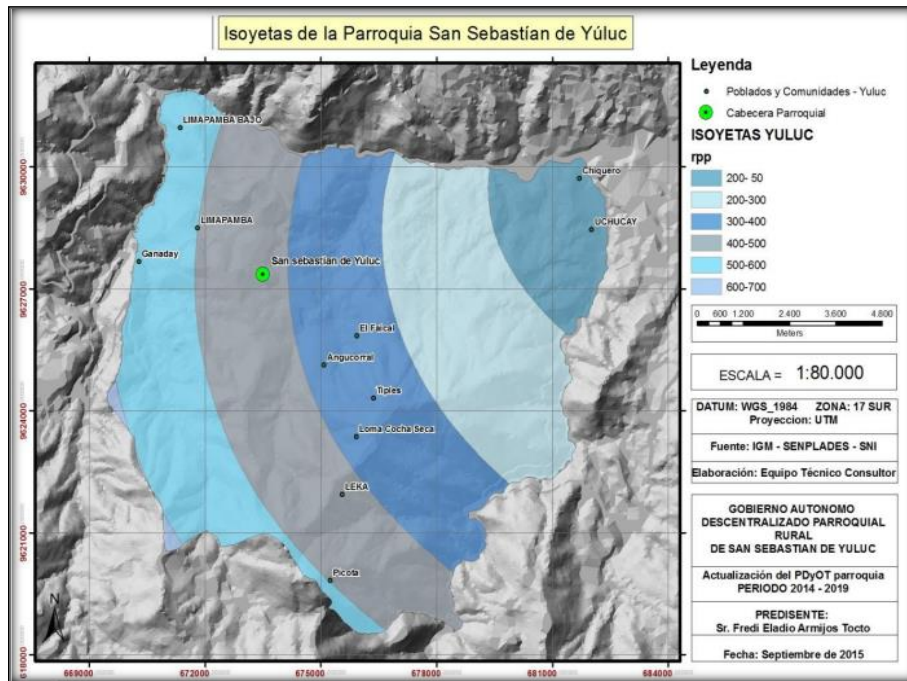


Figura 1.3: Mapa Isoyetas barrios de la parroquia San Sebastián de Yuluc.

Fuente: (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022)

La Figura 1.3 fue tomada del Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de la parroquia San Sebastián de Yuluc para el periodo 2014-2019, la cual muestra las isoyetas que comparten los registros de los puntos de precipitación en un periodo de tiempo determinado, como se puede observar para la localidad de Uchucay varía entre 50-200 mm (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022).

Con el fin de complementar la información y disponer de datos más claros y concisos, se tomó información de precipitación a partir de un estudio elaborado por la empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A.

La base de datos fue tomada de una muestra para la cuenca del río Jubones, caracterizado por presentar periodos de lluvia y humedad de noviembre a mayo y periodos secos de julio a septiembre aproximadamente. La Tabla 1.5 muestra información de precipitación mensual y anual para 10 estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio:

Tabla 1.5: Precipitaciones estaciones meteorológicas cuenca del río Jubones.

Precipitaciones características de las estaciones de la cuenca del río Jubones						
Estación	Precipitaciones mensuales (mm)			Precipitaciones anuales (mm)		
	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
Santa Isabel	41,70	0,00	326,50	499,90	193,30	902,30
Pasaje	80,50	0,00	1080,40	966,40	376,90	4236,40
Saraguro	65,40	4,20	404,00	784,30	462,30	1204,00
Machala UTM	105,00	1,40	906,50	1257,70	312,10	3491,80
Minas Huascachaca	15,00	0,00	116,10	180,20	74,00	276,70
Girón	63,80	0,00	332,00	765,70	519,80	1116,30
Nabón	62,30	0,00	511,60	747,70	353,50	1466,80
Tendales	104,60	0,00	1172,40	1052,90	262,60	2950,50
Ushcurrumi	58,70	1,30	611,00	703,90	400,30	1790,30
Pedernales-Azuay	75,80	0,00	427,40	907,60	523,80	1346,40

Fuente: (BioPlanning Cía. Ltda., 2014)

A continuación, la Figura 1.4 tomada del mismo documento, presenta la variación de las precipitaciones medias mensuales para cada estación, si bien los valores en cada una de ellas son diferentes, el comportamiento de las curvas es muy similar.

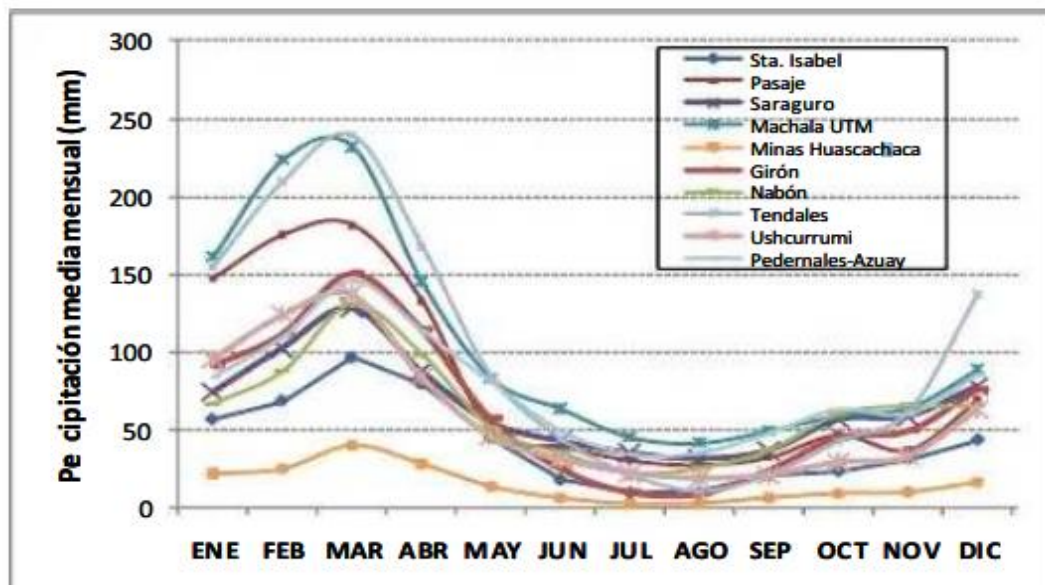


Figura 1.4: Variación de precipitaciones para las 10 estaciones de la cuenca del Río Jubones.

Fuente: (BioPlanning Cía. Ltda., 2014)

1.1.6 Geomorfología

La geomorfología es aquella ciencia que estudia, relaciona y compara las distintas formas que tiene la superficie de la tierra, además analiza el relieve de cada capa, el cual se puede caracterizar y definir como las deformaciones que va presentando el suelo a lo largo de los años. Así mismo, es importante sostener un amplio conocimiento sobre los diferentes tipos de suelos, pendientes, estabilidad y erosión de los suelos, así como también de las formaciones montañosas que existan en la zona de estudio, esto ayudará a entender de mejor manera la rama de la geomorfología.

Las pendientes se pueden definir como el grado de inclinación que tiene la superficie de la tierra, mientras más inclinada sea, más movimientos de masa e inestabilidad del terreno existe, por lo contrario, mientras menos inclinada sea la superficie de la tierra, menos movimiento de masa y menos inestabilidad posee la superficie de la tierra.

La parroquia San Sebastián de Yuluc, al tener un alterado relieve a lo largo de su superficie, clasifica a las pendientes en 5 grupos. La parroquia tiene la ventaja de que las pendientes máximas representan un porcentaje mínimo (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022). A continuación, se detallan los 5 grupos:

Tabla 1.6: Pendientes San Sebastián de Yuluc.

Pendientes San Sebastián Yuluc			
Zona	Rango (%)	Pendiente (%)	Superficie (ha)
Muy alta	100-150%	2,59%	300,59
Alta	40-70%	37,36%	4321,2
Moderada	25-40%	30,54%	3532,88
Baja	12-25%	22,73%	2628,74
Muy baja	5-12%	6,75%	781,57

Fuente: (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022)

La Figura 1.5 indica el rango de pendiente existente y cada área con su respectivo porcentaje de pendiente según la zona de la parroquia. Para el barrio Uchucay se puede observar que la mayor parte de su extensión se caracteriza por una pendiente suave.

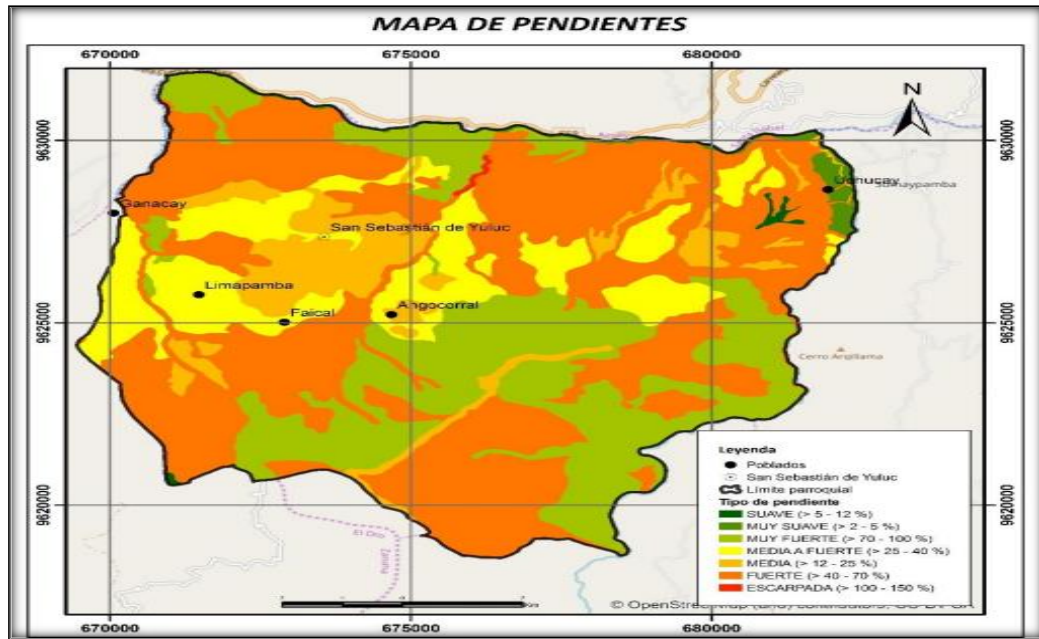


Figura 1.5: Mapa de pendientes San Sebastián de Yuluc.

Fuente: (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022)

Las pendientes son un indicador fundamental para la geomorfología, pues la parroquia San Sebastián de Yuluc se distingue por tener una geomorfología sub dividida en cuatro categorías. De esta manera se constituye una herramienta elemental para poder examinar la calidad de los terrenos. La Tabla 1.7 muestra la subdivisión de la geomorfología de la parroquia:

Tabla 1.7: Geomorfología parroquia San Sebastián de Yuluc.

Geomorfología San Sebastián Yuluc		
Descripción	Área (ha)	%
Colinas medianas	198,23	1,71%
Relieve escarpado	3592,82	31,05%
Relieve montañoso	4487,14	38,79%
Vertientes irregulares	3289,42	28,44%

Fuente: (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022)

En la Figura 1.6 se observa que el barrio Uchucay presenta un comportamiento geomorfológico característico de colinas medianas y un porcentaje pequeño de relieve escarpado:

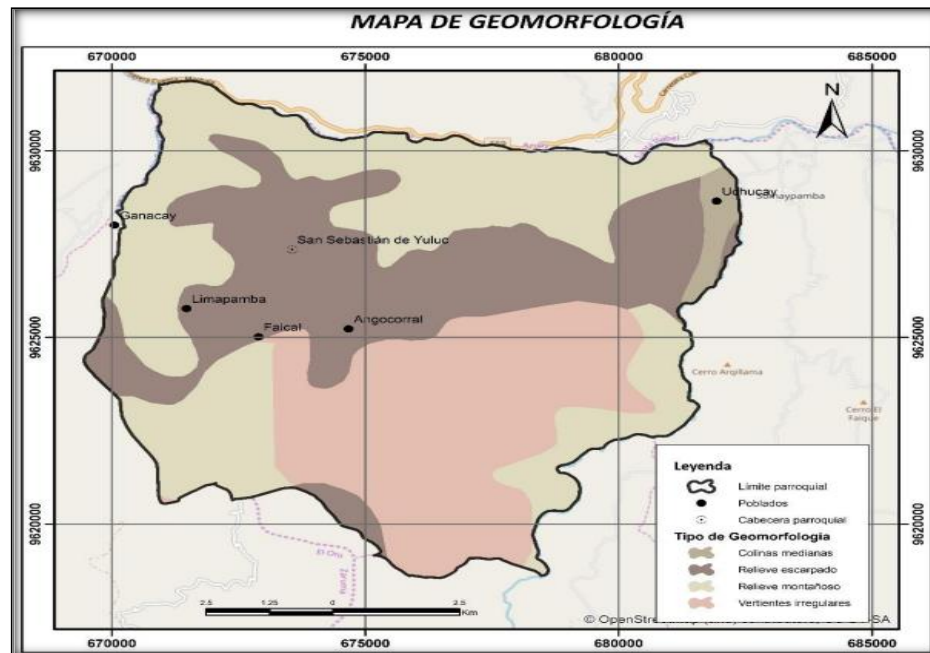


Figura 1.6: Mapa de la geomorfología de la parroquia San Sebastián de Yuluc.

Fuente: (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022)

1.1.7 Hidrografía

La hidrografía es una ciencia que forma parte importante de la geografía física, es la encargada de investigar y estudiar las corrientes de agua en la superficie de la tierra.

La hidrografía pretende analizar los recursos hídricos de cada región específica, pues es una ciencia de suma importancia ya que esos recursos representan en su conjunto un porcentaje mínimo de agua en el planeta. La hidrografía puede clasificarse en dos grandes grupos, la hidrografía marina que se encarga de estudiar la información del océano y los posibles escenarios para plasmar esa información cartográficamente y por otro lado está la hidromorfometría que se especializa en el estudio de las cuencas hidrográficas.

Para cualquier proyecto en el cual se involucre un estudio hidrográfico, es necesario hacer una consideración de todas las fuentes de agua que allí existan, pues para abordar una evaluación de una cuenca hidrográfica, se asocian los caudales, profundidades, de todas las posibles corrientes de agua y con ello tener un sondeo lo más aproximado de todas las cuencas y vertientes. Es por ello que se asocia a la hidrografía con otras ciencias como la

climatología, la hidrología, la geomorfología, pues es una ciencia que en cuestión de datos profundiza muchas ramas.

La parroquia San Sebastián de Yuluc forma parte de la cuenca del río Jubones y a la subcuenca del río León, pues al ser estas corrientes de agua de bastante caudal y amplia área, tienen aportes de quebradas y drenajes menores a lo largo de los barrios y comunidades de la parroquia. El barrio Uchucay tiene como fuente hídrica para el abastecimiento de agua potable y riego al río Uchucay, este río es tributario del río Rircay y ambas corrientes se conectan con el río Jubones en la parte baja, toda esta masa de agua desemboca en el océano Pacífico (Carrión Bravo, 2002).

1.1.8 Aspectos socioeconómicos

San Sebastián de Yuluc parroquia cuyo nombre proviene del quechua y significa “pampa de yucas”, es una parroquia que se ha caracterizado por cultivar desde los antepasados una cultura y tradiciones basadas en la práctica de principios y valores de solidaridad, bondad, respeto y sobre todo la reciprocidad. El significado del nombre de la parroquia hace intuir inmediatamente cuál es la fuente principal de ingresos y desarrollo para la parroquia. La mayor parte de la población ha encontrado a lo largo de los años equilibrio y sostenibilidad económica en las actividades de campo como la producción agrícola, ganadería, la silvicultura, la pesca, todo esto gracias a las amplias posibilidades que ofrece el sector para generar estos recursos. Cabe mencionar que un cierto porcentaje de la población se ha inclinado por la actividad minera y como consecuencia de ello la migración de parte de la población a las provincias cercanas de Azuay, El Oro, Guayas y; además parte de la población de San Sebastián de Yuluc ha salido del país en busca de mejores condiciones de vida y poder abastecer económicamente a sus familias.

Los 7 barrios de la parroquia, tienen un sistema organizativo que maneja un plan de desarrollo y crecimiento, lamentablemente no todas las comunidades cuentan con servicios básicos e infraestructura que garantice un estilo de vida pleno para sus habitantes, sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, la empresa ELECAUSTRO S.A. ha impulsado el desarrollo de las comunidades cercanas al proyecto Eólico Minas de Huascachaca, para mejorar la calidad de vida de la población.

El barrio Uchucay cuyo nombre también proviene del quechua, significa “Lugar de las plantas de ají”, es el barrio más alejado de la parroquia. La comunidad está conformada aproximadamente por 180 familias dedicadas a la agricultura y a la ganadería, como actividades principales y preponderantes (GADMIS, 2020).

A continuación, se describirá con más detalle las características y actividades socioeconómicas más importantes:

- **Producción agrícola:** San Sebastián de Yuluc al tener un clima tan diverso a lo largo de su parroquia, permite realizar el cultivo de varios productos tales como: maíz, cebolla, pimiento, tomate riñón, frejol, frutas, yuca, entre otros productos característicos de cada barrio de la zona. La cebolla y el pimiento son los productos predominantes para los ingresos a la parroquia, pues sus cultivos son los principales abastecedores del sur del país.

La subcuenca del río Uchucay es la que dota de facilidades para la actividad agrícola, pues a lo largo de la subcuenca se predomina el cultivo de ciclo corto bajo el método convencional, caracterizado por la utilización de semillas y productos agroquímicos que de alguna manera tienen la desventaja de ser tóxicos; el método convencional va acompañado de la mano de obra familiar principalmente, guiado por los jefes de hogar en su mayoría (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022).

Los principales productos que se cultivan en el barrio Uchucay son: cebolla, frejol, trigo, maíz, cebada, avena, arveja, yuca, y son comercializados en su mayoría a la Costa ecuatoriana y a la provincia del Azuay. Se puede decir que el 70% de la producción es destinada para la comercialización y el 30% para el autoconsumo, sin embargo, la falta de inversión hace que gran parte de la producción en ciertas épocas sea destinada al autoconsumo. Cabe destacar que el suelo para el cultivo es fértil.

Todos los productos son comercializados al por mayor en el mercado de la comunidad los días lunes y los días jueves (Cuzco Fajardo & Tenesaca Gallegos, 2015).

- **Producción pecuaria:** es la segunda actividad predominante de la parroquia San Sebastián de Yuluc, pues la crianza de animales a lo largo de los años ha representado para la parroquia un intercambio comercial importante. La crianza de animales menores como las aves, se ha convertido en la principal especie de producción de la parroquia. A continuación, se muestra una tabla en la que se resume la producción pecuaria de San Sebastián de Yuluc:

Tabla 1.8: Producción pecuaria parroquia San Sebastián de Yuluc.

Producción Pecuaria	Cantidad	Costo \$
Ganado bovino	486	250-600 \$
Cerdos	411	2\$ el kg
Aves	3256	10-15 \$
Cuyes	457	8-10 \$
Equinos	8	200-500 \$

Fuente: (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022)

Es importante tener en cuenta que no existen campañas veterinarias con regularidad, pues la desparasitación, dotación de vitaminas, dotación de vacunas son comunes solamente cuando el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Agrocalidad se hacen presentes.

En la parroquia, se encuentra la granja de crianza de aves INCUPASAJE, la cual tiene una capacidad para alrededor de 115000 aves, para la parroquia significa una fuente de empleo importante ya que las políticas y acuerdos salariales que se manejan dentro, se inclinan a emplear mano de obra asalariada de manera permanente, abriendo las puertas de empleo a los pobladores del sector en su gran mayoría.

Por su parte la producción de leche oscila entre los 438 litros por día, lo que significa el ordeño de 365 cabezas de ganado, es de gran importancia mencionar que los recursos que se aprovecha del ganado en especial la leche, el quesillo, son comercializados de manera interna, mientras que la cabeza del ganado se vende en los mercados de Saraguro y Santa Isabel (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022).

La comunidad de Uchuca y tiene una menor incidencia en la crianza de animales, pues el mayor movimiento económico del barrio se inclina a la agricultura; sin

embargo, hay ciertas personas que también se dedican a la crianza de cuyes y aves de corral pero para el consumo interno en gran medida y de los comerciantes que visitan Uchucay para el transporte y comercialización de los productos (Cuzco Fajardo & Tenesaca Gallegos, 2015).

- **Educación:** La educación en la actualidad, representa uno de los ejes principales en progreso y avance en el mundo, pues tener un buen sistema educativo conlleva un desarrollo que beneficia a la formación de una sociedad llena de principios, valores y un amplio conocimiento cultural.

En San Sebastián de Yuluc predomina el idioma castellano, su población en mayor porcentaje, es de raza mestiza; cuenta con un sistema educativo deficiente, pues a lo largo de sus límites parroquiales cuenta con 6 centros educativos que abren sus puertas alrededor de 231 alumnos, su sistema educativo está estructurado en nivel inicial hasta séptimo año de educación básica. El centro parroquial cuenta con un jardín de infantes y un colegio con educación para niveles octavo a decimo, todos los centros educativos pertenecen al régimen Costa y su jornada es matutina.

La infraestructura educativa es limitada, pues las aulas cuentan con baterías sanitarias acordes a sus necesidades, el agua de consumo de cada institución es entubada y cada aula cuenta con servicio eléctrico de la red pública. Además, cuentan con biblioteca, servicios básicos, espacios recreativos y de distracción.

Así mismo, el sistema educativo de la parroquia carece de una enseñanza bilingüe (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022).

El barrio Uchucay tiene a su disposición la escuela de educación básica “Ciudad de Saraguro” la cual ofrece instrucción hasta el séptimo grado. En cuanto a su infraestructura, dispone de una cancha de uso múltiple, un comedor, una biblioteca y cuatro baterías sanitarias, las cuales tienen un mal funcionamiento (Carrión Bravo, 2002).

- **Salud:** la parroquia San Sebastián de Yuluc cuenta con un subcentro de salud del Ministerio de Salud Pública, el cual brinda de atención médica de 8:00 de la mañana a 16:30 de la tarde, está ubicado en la cabecera parroquial y cuenta con un doctor en medicina general, un odontólogo, un obstetra y una enfermera. En cuanto la infraestructura, el subcentro cuenta con un consultorio, una cama para recibir a

los pacientes además de área de parto y posparto. En el caso de que existan pacientes con enfermedades o accidentes de un mayor grado de gravedad, serán trasladados al hospital básico de Saraguro o a Santa Isabel. Las enfermedades más comunes presentes en la población de la parroquia son: enfermedades respiratorias, reumáticas, gastritis, enfermedades y accidentes de menor grado (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022).

El barrio Uchucay no cuenta con un centro de salud, sin embargo, el doctor del subcentro de salud de la parroquia se traslada al barrio los días jueves y viernes al medio día para hacer una revisión a las personas que necesiten, e instala un consultorio en el convento de la zona. Adicionalmente, ha sido de gran importancia que el barrio cuente con el servicio de agua potable que ha disminuido considerablemente las enfermedades especialmente en los niños del sector (Cuzco Fajardo & Tenesaca Gallegos, 2015).

- **Servicios básicos:** los servicios básicos con los que cuenta la parroquia son muy defectuosos, a tal grado de que la cabecera parroquial no cuenta con servicio de alcantarillado, además de varias zonas que cuentan con un servicio incompleto o no cuentan de esta infraestructura, como consecuencia el uso de unidades básicas de saneamiento como las fosas sépticas en su gran mayoría o en su defecto los pobladores se ven obligados a utilizar conexiones ilícitas. El servicio de agua potable ha mejorado con el paso de los años, cada barrio tiene su propio sistema de agua potable, sin embargo, en este servicio también hay déficits y problemas ya que los procesos de potabilización en muchas zonas cuentan únicamente con la cloración y el personal no está capacitado para el control y mantenimiento.

El servicio de recolección de basura también es un problema, debido a la falta de conocimiento de clasificación de los pobladores. En cuanto a servicio de luz eléctrica, toda la parroquia cuenta con el servicio eléctrico con una cobertura aproximada al 95% para los diferentes usos (GAD San Sebastián de Yuluc, 2022).

- **Turismo:** El turismo es una de las características más fuertes de la parroquia San Sebastián de Yuluc a causa de la variedad de su clima, temperatura y por poseer un relieve montañoso muy atractivo que le da un aspecto muy agradable al lugar. El barrio Uchucay en especial, es el barrio más desarrollado en cuanto a este eje,

pues el proyecto Eólico Minas de Huascachaca es uno de los atractivos que al final de la obra de seguro atraerá al turismo; además es un barrio que cuenta con centros recreativos como la hostería “Sol Splash” o como las “Lozas de Uchucay” que es una zona de aguas tranquilas a la cual se llega disfrutando de una caminata a la parte alta, a una hora el barrio Uchucay. Además de estos atractivos, están las hermosas playas de Sumaypamba y el encanto del río Uchucay.

Es importante mencionar que los platos típicos de la comunidad son: caldo de gallina criolla, cuy asado, mote pillo, carne asada, arroz con menestra (Cuzco Fajardo & Tenesaca Gallegos, 2015).

1.1.9 Estudios de campo

1.1.9.1 Encuestas

Antes de realizar la visita de campo para encuestar a la población de Uchucay, fue necesario hacer una investigación de la población actual del barrio. Como no existen documentos que afirmen con exactitud la población en el año 2022 fue necesario tomar los datos existentes de los censos efectuados, los cuales ya fueron detallados anteriormente en la Tabla 1.2.

Mediante el método geométrico, el cual supone que la población crece a una tasa constante, proyectamos la población al año 2022, dando como resultado 668 habitantes. Además, se utilizaron otros dos métodos, el aritmético y el de la curva de Gompertz, métodos con menor eficacia, pero con valores cercanos al obtenido con el método tradicional.

Como realizar alrededor de 200 encuestas sería un proceso que tome demasiado tiempo, procedimos a calcular una muestra de habitantes a los cuales se debe encuestar, a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (1.1)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra [hab]

N: Tamaño de la población [hab]

Z: Valor obtenido mediante nivel de confianza [%]

p: Probabilidad de éxito [%]

q: Probabilidad de fracaso [%]

e: Error de estimación [%]

A continuación, se muestra el proceso que se siguió para llegar a la muestra:

Tabla 1.9: Datos de la fórmula para calcular la muestra.

Item	Valor
Z	1,96
N	668
p	0,5
q	0,5
e	0,05

Fuente: Autor

Tabla 1.10: Resultados de la muestra.

n=	244,129
	245
# habitantes por casa	4
# Fam. a encuestar	61,25
	62

Fuente: Autor.

El autor Baca Urbina (2010) recomienda un nivel de confianza del 95%, usado con mucha frecuencia en investigaciones. A partir de este dato, se puede obtener el valor de Z y el error de estimación e:

Tabla 1.11: Valores de Z y e, según el nivel de confianza.

% Error	Nivel de Confianza	Valor Z	Error e
1	99%	2,58	0,1
5	95%	1,96	0,05
10	90%	2,645	0,001

Fuente: Autor

En los estudios estadísticos, los valores de p y q siempre deben sumar 1, si la investigación no facilita el valor de p, las dos probabilidades tienen el valor del 50% cada una.

En el análisis de encuestas se estimó un número de 4 habitantes por casa, a partir de este parámetro se determinó el número de familias que fueron encuestadas, como se indica en la Tabla 1.10. (Ver Anexo 1)

1.1.9.2 Resultados

Los resultados de las encuestas con sus respectivos gráficos estadísticos y análisis de tendencia para cada apartado, se observan a continuación. (Ver Anexo 1)

1. Tipo de edificación:

El barrio Uchucay cuenta con un porcentaje alto de casas de una planta y dos plantas, la muestra nos permitió interpretar que el 79% de las edificaciones son de una planta, mientras que el 21% restante pertenece a las edificaciones de dos plantas.

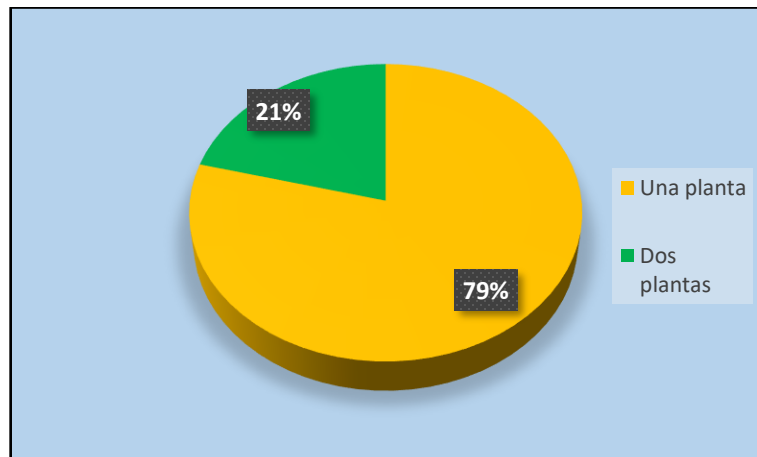


Figura 1.7: Tipo de edificación barrio Uchucay.

Fuente: Autor

2. Uso de la edificación:

El uso de edificación del barrio Uchucay tiene varias características interesantes, pues existen edificaciones que tienen doble uso. La vivienda con un 92% es el uso que más se les da a las edificaciones de la zona, el uso comercial mantiene un 5% y el 3% restante se divide en uso recreacional y otros usos.

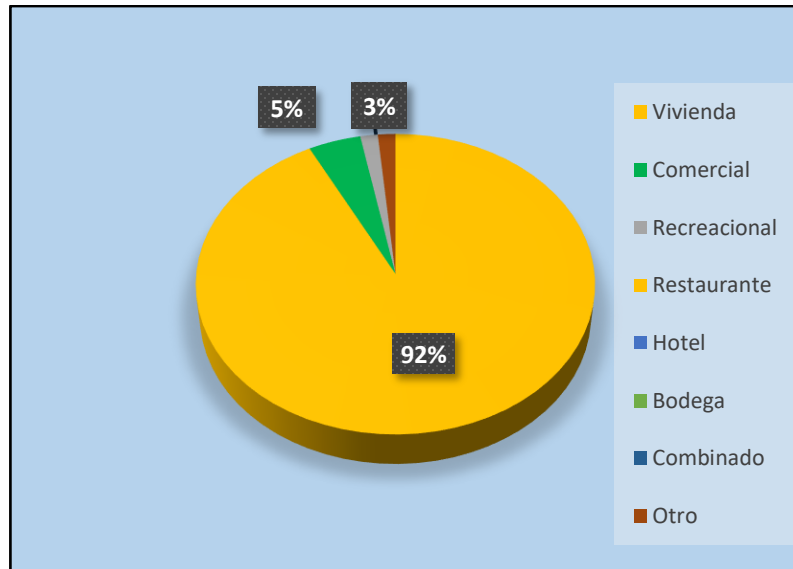


Figura 1.8: Uso de edificación barrio Uchucay.

Fuente: Autor

3. Abastecimiento de agua:

El abastecimiento de agua es uno de los puntos de la encuesta que menos discusión tuvo, pues el 98% del barrio dispone de agua y tan solo el 2% no cuenta con el servicio.

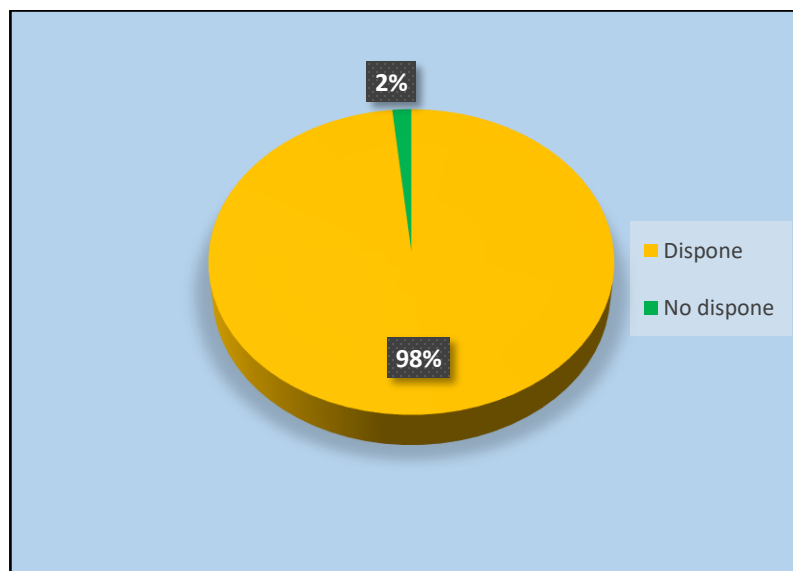


Figura 1.9: Abastecimiento de agua barrio Uchucay.

Fuente: Autor

4. Estado de conexión de agua:

El estado de conexión del agua se divide en bueno, regular y malo, según las condiciones de los servicios básicos en general. La conexión de agua en estado regular es un 55%, el estado de conexión bueno es 31% y el estado malo es el 14% restante.

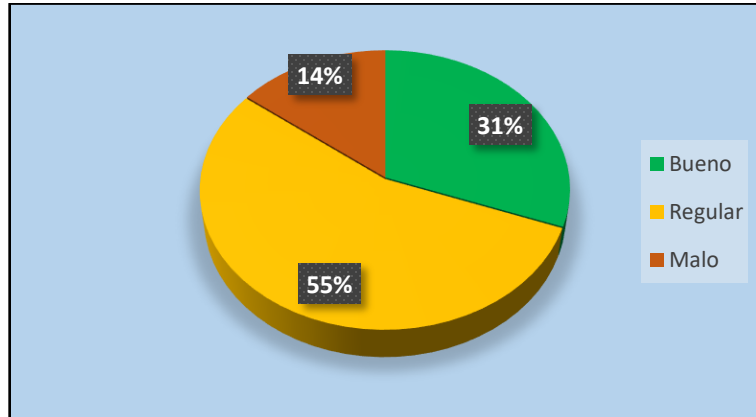


Figura 1.10: Estado de conexión de agua del barrio Uchucay.

Fuente: Autor

5. ¿Está de acuerdo con el proyecto de mejoramiento del servicio? (Aguas servidas)

La muestra nos ayudó a inferir que el 100% de la población del barrio Uchucay estuvo de acuerdo con el mejoramiento del sistema de aguas servidas, pues es el servicio básico con mayor necesidad de mejoramiento, debido al crecimiento de la zona y la infraestructura actual está siendo insuficiente.

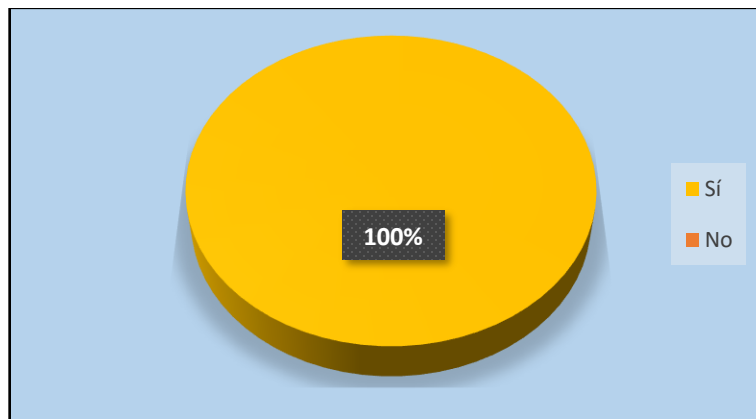


Figura 1.11: ¿Está de acuerdo con el proyecto para la mejora del barrio Uchucay?

Fuente: Autor

6. ¿Estaría dispuesto a pagar por el servicio? (Aguas Servidas)

Los moradores del barrio que están dispuestos a pagar por el servicio son 81%, mientras los que no están dispuestos a pagar son el 19%. Esto por la falta de conciencia y conocimiento que tenía gran parte del conjunto encuestado.

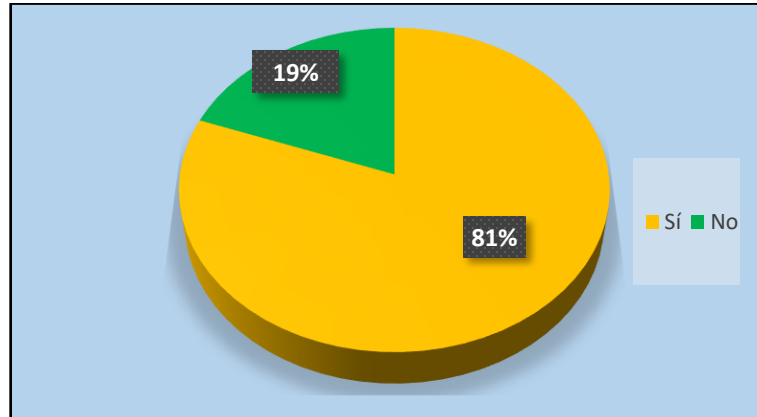


Figura 1.12: ¿Pagaría por el alcantarillado?

Fuente: Autor

7. Evacuación aguas servidas:

Las aguas servidas del barrio son evacuadas en la mayoría de su superficie a lo largo de un sistema de alcantarillado público, el 74% de la población usa este servicio. Por otro lado, existen áreas en donde aún no hay servicio de alcantarillado por lo que el 23% de la gente aún utiliza fosa séptica y un 3% no cuenta con ningún tipo de sistema.

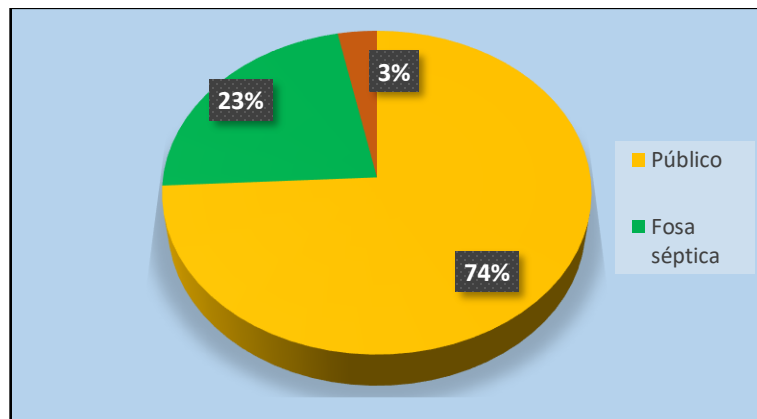


Figura 1.13: Evacuación de las aguas servidas.

Fuente: Autor

8. Evacuación aguas lluvias:

El 100% de la población de Uchucay no dispone del servicio de evacuación de aguas lluvias. No existe alcantarillado pluvial en el barrio.

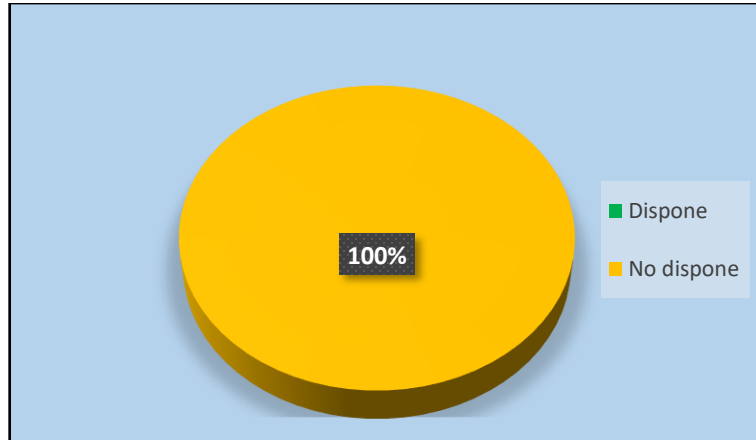


Figura 1.14: Evacuación de las aguas lluvias.

Fuente: Autor

9. Tipo de vía:

El barrio Uchucay cuenta con un sistema vial bueno en relación al resto de vías de los barrios aledaños, a pesar de que los estudios de pavimento están en desarrollo, existe un mantenimiento cada cierto tiempo de las vías, en especial en invierno. Las vías de Uchucay se dividen en 37% lastrado y 63% de tierra.

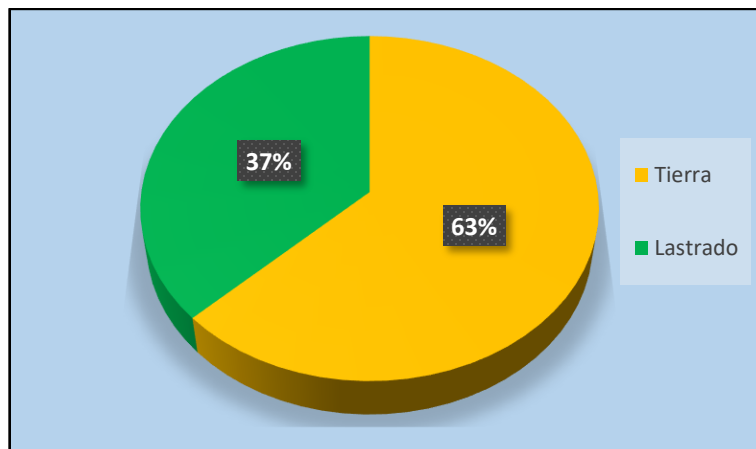


Figura 1.15: Tipo de vía.

Fuente: Autor

10. Energía eléctrica:

El servicio de energía eléctrica está a disposición de todo el barrio, el 100% de la zona cuenta con este servicio.

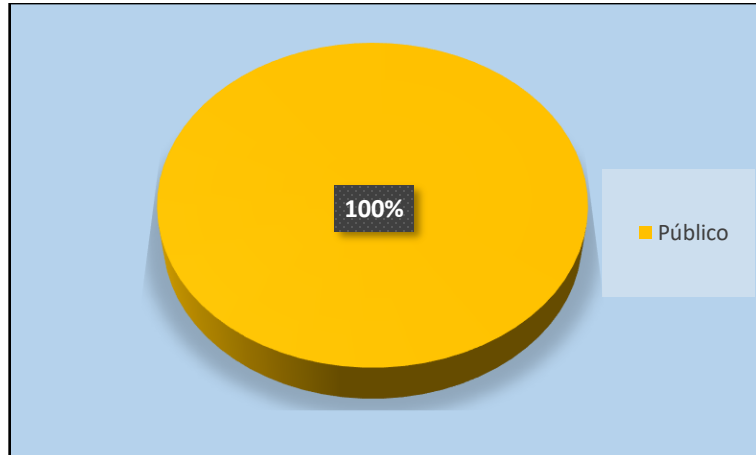


Figura 1.16: Energía eléctrica.

Fuente: Autor

11. Adultos-niños por casa:

La muestra tomada, refleja el comportamiento de la población en cuanto a cómo se distribuye por edad. Los niños ocupan el 41% de la población, por lo que la población adulta sostiene el porcentaje mayor con un 59%.

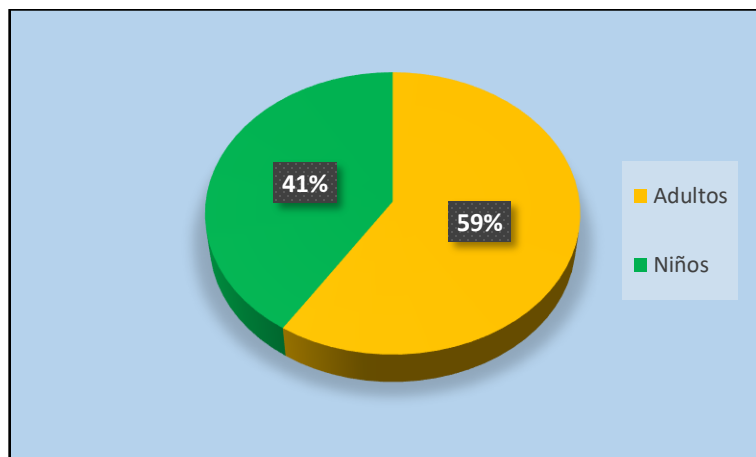


Figura 1.17: Adultos-niños por casa.

Fuente: Autor

12. Tendencia de vivienda:

La mayor parte de viviendas del barrio son propias, sin embargo, existe una pequeña parte de población que arrienda. Los valores estadísticos se denotan como 98% de la población dispone de vivienda propia y el 2% carece de una vivienda propia.

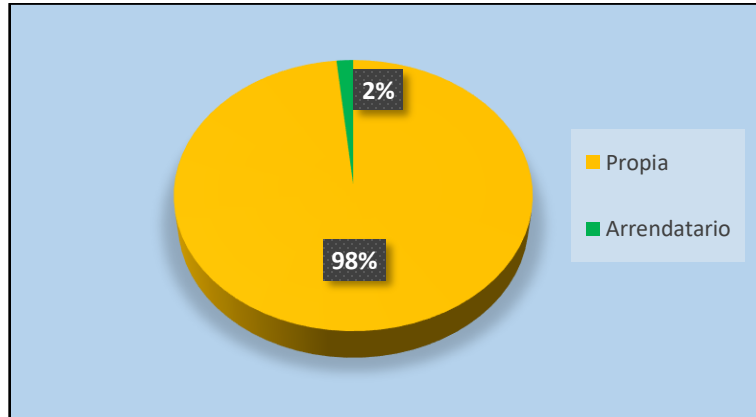


Figura 1.18: Tendencia de vivienda.

Fuente: Autor

13. Tipo de trabajo:

La mayor fuente de trabajo del sector depende únicamente de las manos de cada morador, pues como se mencionó, la agricultura es la fuente principal de empleo para Uchucay. Por ello el 95% de la población posee un trabajo permanente y el 5% restante, depende de otras personas para obtener sus ingresos porque desempeñan trabajos temporales.

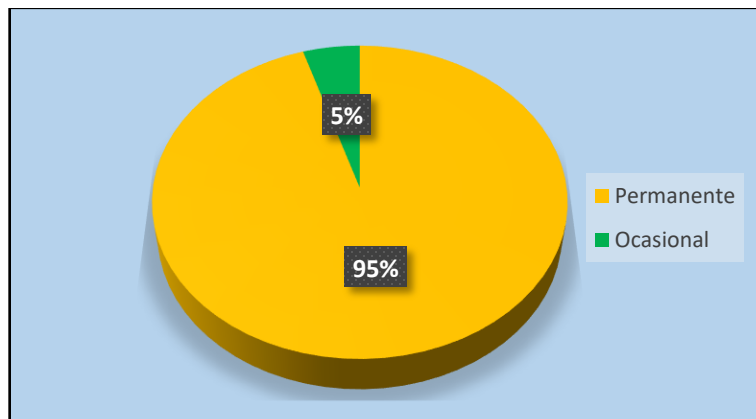


Figura 1.19: Tipo de trabajo.

Fuente: Autor

14. Ingresos económicos:

Los ingresos económicos de la comunidad son bastante irregulares debido a que la actividad económica base es dependiente de los cultivos. El 86% de los ingresos son discontinuos, mientras que el resto de ingresos se distribuye de la siguiente manera: ingresos semanales 8%, ingresos quincenales y familiares 3% cada uno.

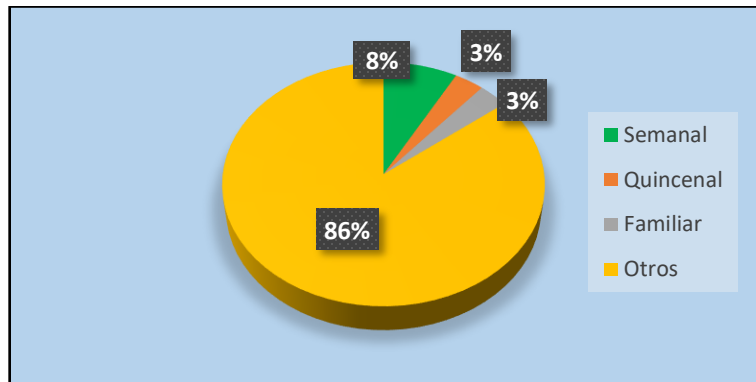


Figura 1.20: Ingresos económicos.

Fuente: Autor

15. Instrucción del jefe de hogar:

La educación ha sido un problema en los barrios de la parroquia San Sebastián de Yuluc desde hace muchos años, la mayor parte de la población (47%) solamente ha cursado la educación primaria, un gran porcentaje (32%) no ha cursado ningún nivel de educación y solo el 21% de la población tiene un historial de educación secundaria y superior.

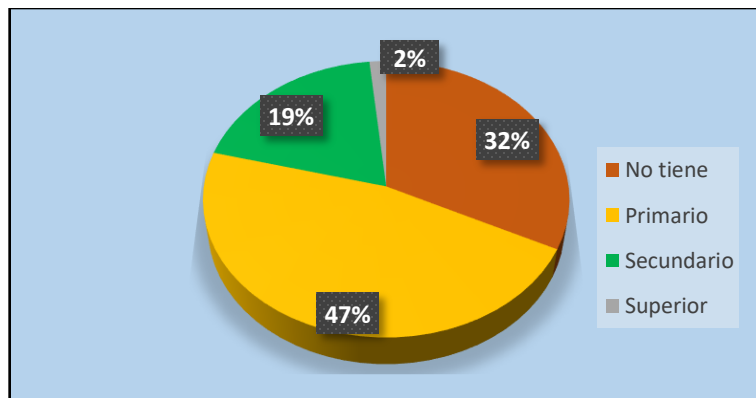


Figura 1.21: Instrucción del jefe de hogar.

Fuente: Autor

1.2 Descripción general del sector Uduzhe

1.2.1 Ubicación geográfica

Uduzhe es un barrio ubicado en la parroquia Manú del cantón Saraguro de la provincia de Loja. Ubicado a 82 Km de la cabecera cantonal, a aproximadamente una hora del barrio Uchucay de la parroquia San Sebastián de Yuluc. Limita al norte con el barrio Higos, al sur con el barrio El Placer, al este con el barrio Limón y al oeste con el barrio Tiopamba.

Las coordenadas en unidades UTM (WGS84) del barrio Uduzhe son las siguientes:

Tabla 1.12: Coordenadas UTM barrio Uchucay.

Zona	Coordenada UTM X	Coordenada UTM Y
17 Sur	679502 m E	9617531 m S

Fuente: Autor

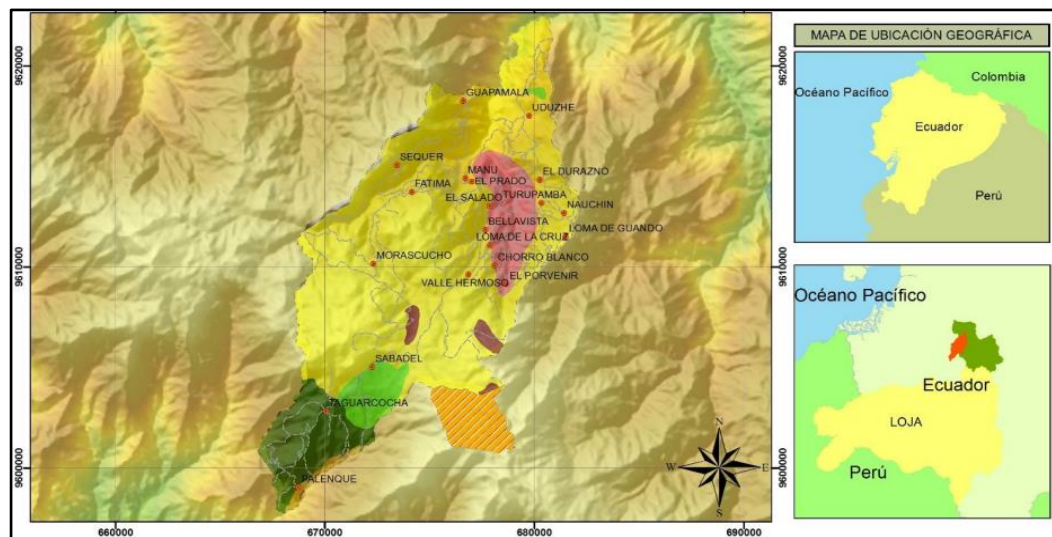


Figura 1.22: Ubicación geográfica del sector Uduzhe.

Fuente: (GAD Manú, 2022)

1.2.2 Población

El barrio Uduzhe es el más poblado de la parroquia Manú, pues ocupa un porcentaje poblacional del 15% de la población total que comprende alrededor de 406 habitantes.

De los 406 habitantes 191 pertenecen al género masculino y 215 al género femenino. Este barrio al igual que la mayoría de los pertenecientes a la parroquia Manú tiene muchas dificultades y retrasos en el desarrollo, pues conforme pasan los años se han venido

desarrollando proyectos que han mejorado significativamente la calidad de vida de la población, sin embargo, existen aún áreas con muy poco nivel de calidad de vida. Es el caso del caserío Higos perteneciente a Uduzhe, este caserío lo conforma 10 familias y lo más preocupante de este sector es que no cuenta con ningún servicio de saneamiento (GAD Manú, 2022).

1.2.3 Vías de acceso

Se puede acceder por la vía Cuenca-Girón-Pasaje y continuar un recorrido de una hora en vehículo por el camino que lleva a Manú y la otra alternativa es por Saraguro, sin embargo, este acceso no es recomendable por la calidad de las vías.

1.2.4 Clima y Temperatura

La parroquia Manú al situarse dentro de un relieve bastante diverso, cuenta con un variado clima, pues al estar en un rango altitudinal entre los 1500 a 4200 msnm su temperatura oscila entre los 8°C y 20°C. Las bajas temperaturas son presentes en las zonas altas de Chinchilla y las temperaturas moderadas en las zonas bajas de Uduzhe.

De igual forma, se intentó realizar un análisis más detallado, evaluando el anuario meteorológico Nro. 52-2012, emitido en el año 2015. Las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio son la de San Lucas y la de Sabadel; sin embargo, como se mencionó anteriormente existen datos que por la falta de instrumentos de medición o falta de información estadística, no se disponen (INAMHI, 2015).

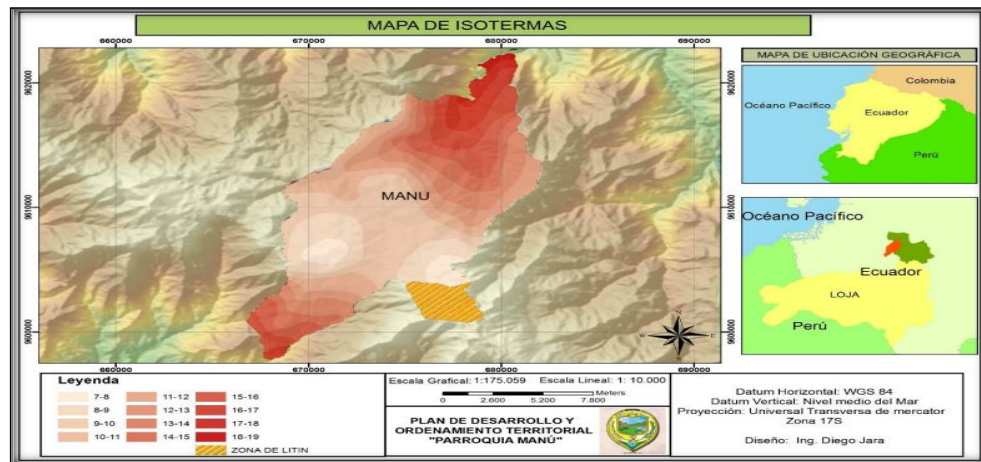


Figura 1.23: Mapa Isotermas parroquia Manú.

Fuente: (GAD Manú, 2022)

La Figura 1.23 fue tomada del Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de la parroquia Manú para el periodo 2015-2022, la cual muestra un mapa de isotermas donde se observa que la comunidad de Uduzhe tiene una temperatura de 16-17 °C aproximadamente, esto a causa de ser una zona baja de Manú (GAD Manú, 2022).

1.2.5 Precipitación

El amplio rango de altitud hace que la parroquia tenga varios microclimas, pues de noviembre a marzo es el rango en donde se mantienen los climas más lluviosos y las bajas temperaturas, mientras que el resto del año las precipitaciones disminuyen. El barrio Uduzhe ha registrado una precipitación anual de 2000 mm (Vargas, 2002).

Para corroborar este dato, se tomó una gráfica (Figura 1.24) del Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de la parroquia Manú para el periodo 2015-2022, en la cual se detalla el rango de precipitaciones para cada barrio con especial énfasis en nuestra zona de estudio:

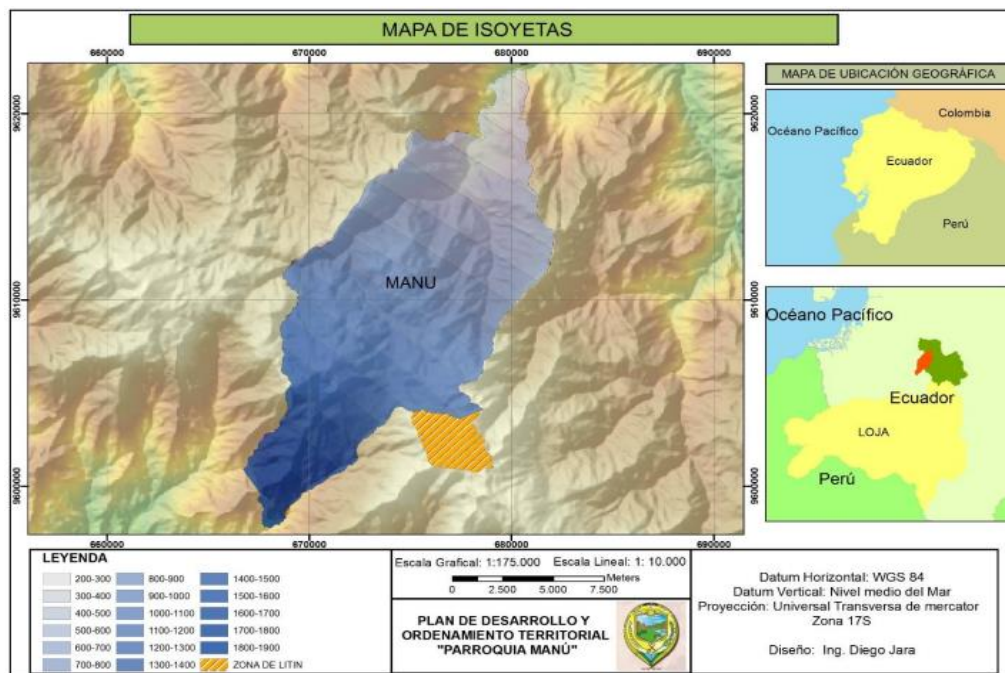


Figura 1.24: Mapa Isoyetas parroquia Manú.

Fuente: (GAD Manú, 2022)

1.2.6 Geomorfología

La parroquia Manú al ubicarse dentro de un relieve montañoso diverso, cuenta con una topografía muy irregular, lo cual ha generado a lo largo de los años un interrogante sobre el uso y el aprovechamiento del suelo, a causa del distinto nivel de terreno a lo largo de la superficie de la parroquia, lo que conlleva a tener porcentajes de pendientes dispersos.

El tipo de suelo es un aporte fundamental, pues el comportamiento de las pendientes es un preponderante para entender el movimiento de masas que existe en el sector y la composición del suelo que se verá reflejado en cómo se estructuren las pendientes en las laderas. A continuación, se detallará la subdivisión geomorfológica de la parroquia como particularidad del relieve:

Tabla 1.13: Geomorfología parroquia Manú.

Geomorfología Manú		
Descripción	Área (ha)	%
Relieve fuerte colineado	1801,908	25-50%
Relieve muy fuerte escarpado	9356,107	50-70%
Relieve montañoso	6181,336	>70 %

Fuente: (GAD Manú, 2022)

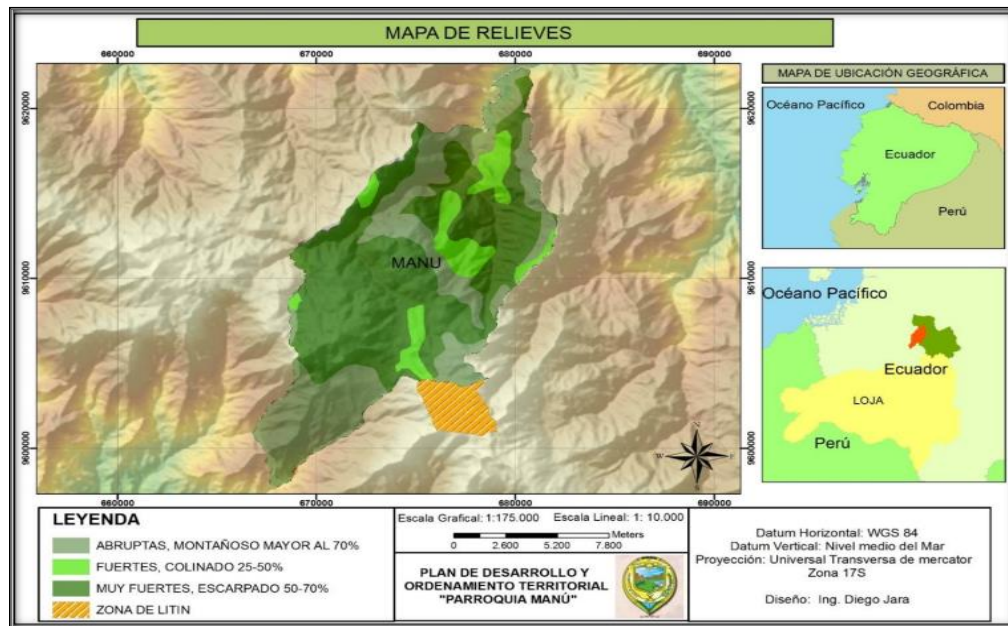


Figura 1.25: Mapa de relieves parroquia Manú.

Fuente: (GAD Manú, 2022)

La Figura 1.25 fue tomada del Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de la parroquia Manú para el período 2015-2022, la cual muestra a Uduzhe como una zona sumergida en una cadena de relieves irregular.

1.2.7 Hidrografía

La parroquia Manú cuenta con un conjunto amplio de fuentes hídricas a lo largo de sus límites, pues al tener una cadena montañosa de gran superficie permite abastecer a la población del recurso más importante del planeta, el agua.

La parroquia cuenta con páramos, en especial en la parte alta de Chinchilla, lo que permite nutrir a las actividades agrícolas y ganaderas de todos los afluentes hídricos que provienen del cerro.

La parroquia cuenta con 5 microcuencas, las cuales no solo benefician al sector, sino que también a las provincias de Loja y El Oro por su ubicación, a continuación, se detallan las más importantes y su extensión:

Tabla 1.14: Microcuencas más importantes de la parroquia Manú.

Hidrografía Manú	
Microcuenca	Extensión (ha)
M. río Gapamala	7325,48446
M. río San Nicolás	4122,05159

Fuente: Autor

La comunidad de Uduzhe está ubicada sobre una meseta a lo largo de la cordillera hacia el este y por el oeste se encuentra el río San Nicolás, la segunda microcuenca más importante de la parroquia. La parte baja presenta una topografía plana mientras que en las partes altas el relieve se vuelve ondulado con pendientes pronunciadas (Vargas, 2002).

1.2.8 Aspectos socioeconómicos

Manú es una parroquia de mucha historia, su nombre ha sido relacionado como “La madre de Dios”. La parroquia Manú también es una parroquia orientada a activar su economía desde los ejes de la agricultura y ganadería como fuente principal, pues la parte productiva es uno de los pilares principales de la economía para la población.

Sin embargo, al igual que en la parroquia San Sebastián de Yuluc, existen factores que limitan principalmente a los jefes de hogar a llevar una economía regular y estable, por lo que la migración para ellos es la salida más conveniente para poder satisfacer las necesidades de sus familias. Estados Unidos y España son los principales destinos migratorios de la parroquia. Existe un porcentaje de población que se ha visto en la necesidad de una migración interna, con la misma finalidad de alcanzar mejores ingresos, siendo los principales destinos Cuenca, Loja y Zaruma.

La población económicamente activa en la parroquia se dedica a una serie de actividades, principalmente las dos actividades ya mencionadas anteriormente, sin embargo, la actividad pesquera y minera también son de gran relevancia, pues existen dos concesiones mineras a lo largo de la parroquia.

Es de gran importancia mencionar que en la parroquia existe una pequeña industria de balanceados formada por un grupo de mujeres, el maíz chancado y la harina de pescado son los principales ingredientes y su producción se inclina para alimentar a chanchos, pollos y cuyes. Esto es de gran ayuda para la parroquia ya que permite la comercialización a los mercados, tiendas, locales y la exportación interna hacia las parroquias cercanas.

La parroquia Manú tiene una organización política y territorial administrada en su gran mayoría para brindar una calidad de vida plena para sus habitantes. La parroquia está estructurada por 22 barrios y sectores rurales, lo que hace que el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia sea más complejo.

Uduzhe es un barrio de la parroquia Manú, su nombre es de origen quechua y significa “Lugar donde las tarallas de maíz están apiladas en el campo”, es el barrio más grande de la parroquia y en él habitan alrededor 406 personas que conforman 85 familias, a continuación, se describirá con más detalle las características y actividades socioeconómicas más importantes:

- **Producción agrícola y pecuaria:** El variado relieve de la zona no ha sido una desventaja ni mucho menos un impedimento para el crecimiento agrícola y ganadero. La agricultura siempre ha sido para estas comunidades un aporte activo para la economía, siendo el maíz suave, maíz duro, el trigo, la cebada, la cebolla,

los productos más importantes para el cultivo de la zona, además de hortalizas, yuca, frejol, pimiento aguacate, frutas como la fresa, la chirimoya, el tomate de árbol, granadilla, guineo, babaco, entre otras especies comestibles que nutren el comercio interno y externo de la parroquia.

El problema de la producción agropecuaria para los habitantes de la zona es que, al estar en una zona alejada, se hace difícil el transporte de los productos y económicamente no es viable. Además, la estructura vial no es la adecuada.

El barrio Uduzhe forma parte de esta economía guiada por la agricultura, pues su sistema de cultivo es de ciclo corto siendo los productos más trabajados el pimiento, la cebolla, el fréjol, los cereales, entre otros. El proceso de cultivo es beneficiado por el canal de riego existente en Uduzhe.

En cuanto a la producción pecuaria, la parroquia Manú tiene como principal actividad la crianza de ganado vacuno, se aprovecha de este animal sus derivados para la venta y el consumo interno, así como también se vende como ganado. Además de la crianza del ganado vacuno, está la crianza del ganado bovino para aprovechar su lana, la crianza de cuyes, chanchos, y aves. Todo esto para la venta en el mercado de la parroquia para la comercialización directa con los intermediarios y para el autoconsumo.

- **Educación:** Manú cuenta con un amplio sistema educativo en términos de la cantidad de barrios con la que cuenta, por lo tanto, existe un número considerable de planteles educativos en toda su locación. Según los datos del censo 2010, la parroquia cuenta con porcentajes de educación que pueden ser tomados en cuenta para analizar la tendencia educativa.

En la parroquia asiste a la educación básica un porcentaje grande de personas con un 87,36%, mientras que tan solo un 37,93% asiste a la educación bachillerato. Estos datos investigativos encadenan información de la población que sabe leer y escribir, pues las mujeres tienen un nivel de alfabetismo mayor en relación a los hombres. Es importante mencionar también que el 6,98% de la población ha abandonado los estudios, lo que se conoce como deserción escolar.

Manú es la parroquia con mayor número de planteles educativos del cantón Saraguro, con 15 escuelas y un colegio. La jornada de todos los planteles es

matutina y pertenecen al régimen Costa, además ninguna de las instituciones dispone de una enseñanza bilingüe.

La infraestructura de los planteles educativos es distinta para cada zona, pues se ha intentado adaptarla al número de estudiantes permisibles en cada una de ellas; existen instalaciones adecuadas como otras muy deficientes en las que es necesario hacer mayor hincapié sobre todo en lo relacionado al mantenimiento de las aulas, baterías sanitarias, una mejor y moderna equipación, además que las vías de acceso dejan mucho de desear.

El barrio Uduzhe dispone de la Escuela de Educación Básica Río Marañón, con un total de 73 estudiantes, 3 docentes son los encargados de impartir las clases.

- **Salud:** El subcentro de salud de la parroquia Manú es el que abre sus puertas a la población de todos sus barrios, en coordinación con cada zona se mantiene un diálogo frecuente con el fin de velar por el bienestar de todos.

El subcentro se encuentra ubicado en la Cabecera Parroquial, es manejado por el Ministerio de Salud Pública y administrado por el MIES (Ministerio de Inclusión Económica y Social) para dar una mejor atención a las personas discapacitadas y los adultos mayores.

El subcentro de salud ha organizado un plan para hacer mayor hincapié en mujeres embarazadas, niños, control en los adolescentes, adultos mayores, pues en el plan se ha desglosado una serie de enfermedades que frecuenta con mayor fuerza en la parroquia, como alergias, conjuntivitis, infecciones, amigdalitis, bronquitis, faringitis, artritis y artrosis, entre otras. La causa principal de estas enfermedades son los cambios de clima y la irregularidad en las temperaturas, el consumo de agua no potable, la falta de higiene, el sedentarismo y un mal manejo de conciencia de la población en cuanto a cómo actuar al momento de una enfermedad.

El subcentro de salud cuenta con dos médicos generales, dos licenciadas en enfermería, un odontólogo, una obstetra y tres técnicas primarias de la salud.

La infraestructura del subcentro es deficiente, pues al mes se atienden alrededor de 550 personas y a pesar de que a veces se da un mantenimiento existe cada vez más deficiencias, además de la falta de instrumentos médicos. El subcentro cuenta

con una zona de enfermería, una farmacia, baños, bodega y tres consultorios médicos para las diferentes funciones médicas.

Uduzhe no cuenta con un sistema de salud propio, pero los días miércoles de cada semana, el personal de salud recorre los barrios de Manú para brindar un servicio más cercano y accesible a la población. La medicina tradicional también es muy notoria en el barrio, pues al no tener acceso diario de un centro de salud, ha sido necesario para sus habitantes cultivar el conocimiento de la medicina ancestral.

- **Servicios Básicos:** los barrios rurales de la parroquia Manú tienen insuficientes servicios básicos o se encuentran ya en un estado de deterioro, pues es uno de los ejes que mayor atención se debe poner ya que mejoraría rotundamente el estilo de vida de la población y con ello los problemas de salud reducirían significativamente.

El servicio de agua potable se caracteriza por mantener una técnica únicamente de cloración de las aguas provenientes de la quebrada “La Esperanza”. Este método es demasiado simple por lo que es necesaria la construcción de plantas de tratamiento en especial en los barrios que solo disponen del servicio entubado.

El servicio de alcantarillado de la parroquia es solo sanitario, cubre solamente el 60% de la zona urbana y el 20% con el servicio deficiente, el resto de población hace uso de fosas sépticas y letrinas. Como se observa, también es un servicio que requiere atención de las autoridades.

El servicio de luz eléctrica abarca el 90% de la parroquia.

El servicio de recolección de basura es el que mejor conciencia de la gente ha tenido, pues se dispone de recolección solo los días miércoles de 8:00 de la mañana a 12:00 de la tarde en la zona urbana mediante un carro recolector con dos recolectores, el resto de la población ha optado por hacer uso de los desechos inorgánicos para la producción de Humus. Cabe mencionar que los alumnos del colegio Técnico de Manú han implementado una campaña mediante la cual recolectan la basura orgánica los días martes y jueves por la tarde.

- **Turismo:** el turismo también es muy característico del barrio Uduzhe, a pesar de que todo el relieve montañoso de Manú tiene un alto atractivo, Uduzhe es el barrio con más influencia turística. Aquí se encuentran las aguas sulfurosas de Uduzhe

ubicadas a 1 Km de la iglesia del barrio, la Cascada del Panasco ubicada en la vía principal que se dirige a Uduzhe, el Molino de la Virgen “La Reina del Tránsito”, atractivo ubicado junto a la vía que se aproxima al barrio, este sitio fue construido con la ayuda de los pobladores de las zonas aledañas.

Las comidas típicas son: papas con cuy, sopa de repe blanco con frejol, caldo de gallina criolla, los bizcochuelos anúnences y el dulce de arvejas.

CAPÍTULO II

2. EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1 Generalidades

El sistema de alcantarillado es conjunto de tuberías y obras complementarias de servicio público, destinado a transportar y recolectar aguas residuales y aguas provenientes de la lluvia, desde su lugar de origen hasta un centro de vertimiento o tratamiento. Se distinguen tres tipos diferentes de sistemas de alcantarillado, estos se clasifican por la manera de captar y conducir aguas residuales y pluviales. A continuación, se definen cada uno de ellos (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

- **Sistemas de alcantarillado separado:** consisten en dos redes de tuberías independientes, la primera red recolecta exclusivamente aguas residuales domésticas y efluentes industriales pre tratados; y, la segunda red, recolecta aguas provenientes de escorrentía pluvial.
- **Sistemas de alcantarillado combinado:** consiste en una sola red de conducción de aguas residuales producidas por una zona urbana, sumado a las aguas provenientes de escorrentía pluvial.
- **Sistemas de alcantarillado mixto:** es un sistema compartido por los dos anteriores en una misma zona urbana; es decir, un sector posee alcantarillado separado y otro, combinado.

De igual manera, la normativa CPE-INEN-005-9-1 (1992) perteneciente al Código Ecuatoriano de la Construcción sugiere que la selección del tipo de sistema de alcantarillado a diseñarse para las comunidades debe cumplir con un análisis técnico-económico que considere el sistema existente, si existiese. Además, se debe considerar las cuencas contribuyentes, nivel de precipitación en el área, características del cuerpo receptor, posibles reúsos del agua, etc. Se analizarán todos los aspectos necesarios, con la finalidad de seleccionar el sistema más adecuado a la realidad socio-económica del país.

De acuerdo al artículo 37 de la *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. (2014) se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua como: el alcantarillado

sanitario y el alcantarillado pluvial. Asimismo, esta ley constituye que los sistemas de alcantarillado deben ser independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística.

Siendo una de las razones para que el dimensionamiento de redes de ampliación del sistema de alcantarillado del barrio Uchucay de la parroquia San Sebastián de Yuluc sea exclusivamente de tipo sanitario, al igual que sus redes de alcantarillado existentes.

2.2 Áreas de aportación (Áreas tributarias)

Las áreas de aportación se utilizan para zonificar el área que comprende el sistema de alcantarillado en base a la topografía, teniendo en cuenta diferentes aspectos urbanísticos, considerando los diversos usos del suelo e incluyendo zonas de futuro desarrollo poblacional.

Si no existiese un plan de desarrollo urbano actualizado, se debe zonificar el área de expansión hasta el final del horizonte de diseño (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

La Figura 2.1 representa el trazado geométrico regularmente utilizado para las áreas de aporte en el diseño de sistemas de alcantarillado, sin embargo, no siempre se podrá cumplir con dichos trazados, debido a que dependerá de la topografía de la zona de estudio y el trayecto de cada red de tubería (Moyano Pesántez, 2016).

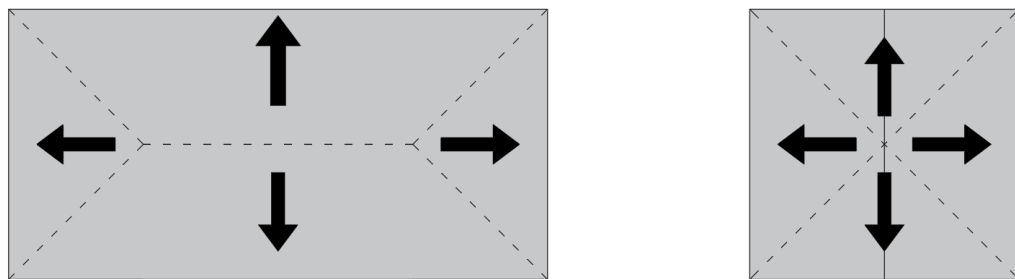


Figura 2.1: Geometría y distribución de las áreas de aportación.

Fuente: Autor

2.3 Análisis poblacional

2.3.1 Población Actual

La población actual es un parámetro elemental para el diseño de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales. Este parámetro es calculado en base a encuestas realizadas a los domicilios de un sector determinado. El levantamiento de información poblacional podrá determinar el caudal específico de agua residual que genera un sector en la actualidad y una proyección a una población futura, según el período de diseño correspondiente. Por consiguiente, la cuantificación y tabulación de datos es de suma importancia en los diseños hidrosanitarios de las zonas de estudio (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Para el barrio Uchucay de la parroquia San Sebastián de Yuluc se determinó que existen alrededor de 167 familias, con un promedio de 4 personas por familia. Resultando una población actual de 668 habitantes.

2.3.2 Población Futura

La población futura es el número de habitantes proyectados que va contribuir para el sistema de alcantarillado sanitario o planta de tratamiento de aguas residuales al final del proyecto, calculado en base a un período de diseño y tasa de crecimiento poblacional determinada. Los métodos más utilizados para la proyección poblacional son los siguientes: proyección geométrica, aritmética y logarítmica.

La norma hidrosanitaria CPE-INEN-005-9-2 (1997), recomienda el uso del método geométrico para el cálculo de la población futura, descrito a continuación:

$$Pf = Pa \cdot (1 + r)^n \quad (2.1)$$

Donde:

Pf: Población futura [hab]

Pa: Población actual [hab]

r: Tasa de crecimiento geométrico de la población [%]

n: Período de diseño [años]

2.3.3 Tasa de crecimiento poblacional

Concorde a la norma CPE-INEN-005-9-2 (1997), el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional se tomará como base los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y registros sanitarios. En ausencia de datos, se utilizará para la proyección geométrica, los índices de crecimiento indicados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Tasa de crecimiento poblacional.

Región Geográfica	r (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Fuente: (CPE-INEN-005-9-2, 1997)

En el barrio Uchucay, la tasa de crecimiento poblacional se determinó gracias a los datos estadísticos proporcionados por los censos 2001 y 2010, estudios de la planta de potabilización de la comunidad y encuestas efectuadas a los habitantes de la zona.

2.4 Parámetros de diseño

Las tuberías y colectores, en general, deben ajustarse a la pendiente natural del terreno y se proyectarán como conductos sin presión y calculado tramo por tramo (Brito Soliz, 2016).

2.4.1 Período de diseño

El período de diseño permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo. Si el período de diseño es corto, el sistema requiere una pequeña inversión inicialmente, pero luego se requerirá inversiones continuas basada en el crecimiento de la población. En cambio, cuando se propone un período de diseño mayor en la ejecución de un proyecto se requerirá una gran inversión inicial, sin embargo, esto resulta beneficioso porque no necesitará nuevas inversiones por un largo tiempo (OPS/CEPIS/05.169, 2005).

Las obras civiles como los sistemas de alcantarillado sanitario o plantas de tratamientos de aguas residuales en comunidades rurales, según las bases de diseño de la CPE-INEN-005-9-2 (1997) se diseñarán para un período de 20 años, además determina que los equipos deben usarse de acuerdo a su vida útil y se podrá optar por períodos de diseño

diferentes en casos justificados, sin embargo, la población futura en ningún caso será mayor a 1,35 veces de la población actual.

En el caso del barrio Uchucay, las obras hidrosanitarias serán diseñadas para un período de diseño de 20 años como recomienda la normativa, donde se ha determinado una proyección poblacional de 1019 habitantes.

2.4.2 Dotación

El complemento fundamental para establecer el caudal de diseño de cualquier obra civil hidrosanitaria es la determinación de la dotación o consumo de agua, esta se define como el volumen de agua consumida diariamente por habitante y esta expresada generalmente en litros por habitante y por día (l/hab*día) (López Cualla, 2001).

Tabla 2.2: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Nivel	Sistema	Descripción
O	AP DE	Sistemas individuales. Diseño de acuerdo de las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del
IA	AP DE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de aguas.
IB	AP DE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas con o sin arrastre de aguas.
IIA	AP DE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIB	AP DRL	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Sistema al alcantarillado sanitario.
Simbología utilizada: AP: agua potable. DE: disposiciones excretas. DRL: disposición de residuos líquidos.		

Fuente: (CPE-INEN-005-9-2, 1997)

El cálculo de la dotación para cualquier sector determinado, se debe realizar en base a datos estadísticos del consumo de agua pasado y presente de la población (en el caso de disponer dicha información) o sino estarán en función de los diferentes niveles de servicio aplicables a sectores rurales como se indica en el Código Ecuatoriano de la Construcción (CPE-INEN-005-9-2, 1997).

El nivel de servicio para el barrio Uchucay es el I**IIb**, correspondiente al diseño hidrosanitario proyectado y en función al alcantarillado sanitario existente. De acuerdo al nivel de servicio determinado en la localidad, en la Tabla 2.3 obtenemos una dotación de 100 l/hab*día para clima cálido.

Tabla 2.3: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

Nivel de servicio	Clima frío (l/hab*día)	Clima cálido (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (CPE-INEN-005-9-2, 1997)

La dotación de 100 l/hab.día para uso doméstico, representa el 90% de los consumos, y se tomará un 10% para los demás usos, tales como: instituciones públicas, comercial e industrial, obteniendo una dotación total de 110 l/hab*día, dato que se encuentra en el rango de dotación mínima y máxima para cubrir las necesidades de esta población (Vimos Astudillo, 2021).

2.4.3 Densidad poblacional

La densidad poblacional es el número de personas que habitan en una extensión de una hectárea. Este parámetro hace referencia a una distribución de manera zonificada, con el objetivo de hallar el valor del caudal de diseño. Además, la densidad poblacional varía según el estrato socioeconómico y el tamaño de la población (López Cualla, 2001).

Asimismo, la densidad dependerá de cuan agrupada están los domicilios o residencias, por lo tanto, será mayor en el sector urbano en comparación al rural (Naula Vázquez, 2018).

$$D_p = \frac{P}{A_p} \quad (2.2)$$

Donde:

D_p : Densidad poblacional [hab/ha]

P : Población determinada [hab]

A_p : Área de aportación [ha]

2.4.4 Caudal de diseño

El caudal de aguas residuales de una población para sistemas de alcantarillado sanitario está compuesto por los siguientes aportes, según la normativa CPE-INEN-005-9-1 (1992).

- Aguas residuales domésticas;
- Aguas industriales pre tratadas;
- Contribución por infiltración y,
- Conexiones clandestinas.

El caudal medio diario de aguas residuales domésticas en sistemas de alcantarillado sanitario se calcula para el inicio y fin del período de diseño. El caudal será igual al producto del aporte de la población y de las dotaciones de agua potable, afectado por el coeficiente de retorno (López Cualla, 2001).

$$Q_m = \frac{P_f \cdot C \cdot D}{86400} \quad (2.3)$$

Donde:

Q_m : Caudal medio diario [l/s]

P_f : Población futura [hab]

C : Coeficiente de retorno

D : Dotación de agua potable [l/hab*día]

Coefficiente de Retorno (C):

De acuerdo al autor López Cualla (2001), el coeficiente de retorno hace referencia a que no todo el consumo de agua potable de la población retorna al alcantarillado, por el motivo de sus múltiples usos como aseo personal, riego, cocina y entre otros. Se puede asumir que el porcentaje de agua potable que retorna al alcantarillado varía entre el 65% y 85% según estudios estadísticos.

Para sectores con sistemas de alcantarillado sanitario existentes, se podrá efectuar mediciones en zonas residenciales típicas para calcular el valor del coeficiente de retorno. De igual manera, en comunidades que no dispongan de alcantarillado, se utilizarán valores obtenidos para otras ciudades o de las normativas hidrosanitarias vigentes en el país (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Para los diseños hidrosanitarios del barrio Uchucay se ha usado un coeficiente de retorno del 80%, valor referenciado de proyectos rurales similares (ETAPA EP, 2018).

Los caudales de aguas residuales domésticas varían sensiblemente a lo largo del día, por esta razón es necesario determinar el caudal máximo instantáneo para evitar errores en el dimensionamiento de las obras de alcantarillado. Este caudal también conocido como caudal máximo horario depende de varios factores elementales como: el consumo, tamaño y estructura de la red de recolección. Por ende, es recomendable el uso de valores provenientes de la literatura técnica o realizar mediciones de campo en otros sectores que cuenten con sistemas existentes para determinar este caudal (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Además, ETAPA EP (2018) recomienda un valor mínimo de 2,2 l/s para el caudal máximo horario en todos los tramos de diseño de alcantarillado sanitario, debido a que corresponde al valor de la descarga mínima de los inodoros.

$$Q_{m\acute{a}x-h} \geq 2,2 \text{ l/s} \quad (2.4)$$

$$Q_{m\acute{a}x-h} = Q_m \cdot K \quad (2.5)$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x-h}$: Caudal máximo instantáneo o máximo horario [l/s]

Q_m : Caudal medio diario [l/s]

K: Coeficiente de mayoración

Coeficiente de Mayoración (K):

La relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo horario se denomina coeficiente de mayoración, este valor varía acorde a varios factores como: clima, patrón de vida, hábitos, etc. Todos los factores mencionados serán afectados en función al porcentaje de agua suministrada devuelto a las alcantarillas y al efecto regulador del flujo de las tuberías de alcantarillado, que tiende a reducir sustancialmente los caudales máximos y aumentar los caudales mínimos (OPS/CEPIS/05.169, 2005).

En las comunidades donde no existen obras de alcantarillado o no es posible encontrar mediciones representativas, se podrá manejar coeficientes de mayoración de ciudades con características similares o de la literatura técnica (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

El coeficiente de mayoración empleado para los diseños hidrosanitarios del barrio Uchucay es el coeficiente de Harmon y es obtenido a partir de la siguiente ecuación.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (2.6)$$

Donde:

M: Coeficiente de mayoración de Harmon.

P: Población en miles de habitantes.

El caudal de diseño para la red de alcantarillado sanitario corresponde a todos los parámetros que han sido mencionados anteriormente, es decir será el resultado de la suma de caudales residuales domésticos e industriales que son afectados por el coeficiente de retorno y mayoración respectivamente, sumado a la contribución por infiltración y conexiones erradas o clandestinas.

$$Q_d = Q_{máx-h} + Q_{inf} + Q_{ilí} \quad (2.7)$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño [l/s]

$Q_{\text{máx-h}}$: Caudal máximo instantáneo o máximo horario [l/s]

Q_{inf} : Caudal por infiltración [l/s]

Q_{ilic} : Caudal de aguas ilícitas o clandestinas [l/s]

2.4.5 Caudal por infiltración

El caudal por infiltración es un aporte extra de caudal que se considera en base de las características de permeabilidad del suelo en el que se construye el alcantarillado sanitario. Este aporte es expresado por metro de longitud de tubería o también por hectárea de área drenada (López Cualla, 2001).

Tabla 2.4: Aporte de infiltración por longitud de tubería.

Condiciones	Infiltración (l/s*km)		
	Alta	Media	Baja
Tuberías existentes	4	3	2
Tubería nuevas con unión de:			
-Cemento	3	2	1
-Caucho	1,5	1	0,5

Fuente: (López Cualla, 2001)

Este caudal proveniente de aguas lluvias o freáticas, ingresa a la red de alcantarillado sanitario por juntas y conexiones defectuosas de las tapas de los pozos de revisión y cajas domiciliarias. Por ello, entre mayor impermeabilidad posee el material de la tubería y las partes que se usen en la construcción del sistema de alcantarillado, inferior será el agua infiltrada, es decir, la tubería de PVC es la que permite menor ingreso de agua que la de hormigón, por consiguiente se ha proyectado tuberías de PVC para la ampliación de la red de alcantarillado (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Para la evaluación y ampliación del sistema de alcantarillado sanitario en el barrio Uchucay se considera los factores de contribución de infiltración recomendados por (López Cualla, 2001) y (ETAPA EP, 2018).

2.4.6 Caudal de aguas ilícitas o clandestinas

Las aguas ilícitas o clandestinas provienen de todas las conexiones a nivel domiciliario que permiten el ingreso de escorrentía pluvial, recolectado en los techos o en los patios, para ser dirigidas al alcantarillado sanitario (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

El autor López Cualla (2001) estima un valor alrededor del 20% del caudal máximo horario, según la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Otra alternativa, puede ser adoptar un caudal entre 1 y 3 (l/s*ha).

Para los diseños hidrosanitarios proyectados en el barrio Uchucay se ha tomado el valor recomendado por ETAPA EP de 80 l/hab*día debido al gran número de conexiones erradas que existen en los sectores rurales (González Tello & Narváez Torres, 2019).

2.4.7 Profundidades

Según la normativa hidrosanitaria CPE-INEN-005-9-1 (1992), las redes de alcantarillado sanitario deben ser diseñadas de manera que todas las tuberías pasen por debajo de las de agua potable, es decir cuando las tuberías sean paralelas, obligatoriamente se dejará una altura libre de al menos 0,3 m y cuando las tuberías se crucen, se deberá dejar una altura libre de 0,2 m como mínimo. Las tuberías serán diseñadas a profundidades capaces de recoger las aguas servidas de las casas más bajas a uno u otro lado de la calzada y cuando deban soportar tránsito vehicular, se considerará un relleno mínimo de 1,2 m de alto sobre la clave del tubo por seguridad.

La Organización Panamericana de Salud OPS/CEPIS/05.169 (2005), sugiere una profundidad máxima admisible alrededor de 5 m o aquella que no ofrezca dificultades constructivas, según el tipo de suelo. Además, que se evite la construcción de alcantarillas auxiliares.

2.4.8 Diámetros de tubería

El diámetro mínimo que debe utilizarse para redes de alcantarillado sanitario es de 200 mm y en alcantarillado pluvial es de 250 mm. Igualmente, se considerará siempre que sea posible colocar la red sanitaria en la calzada opuesta al de la tubería de agua potable (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Por otra parte, los diámetros de las tuberías para conexiones domiciliarias de alcantarillado sanitario tendrán un diámetro mínimo de 100 mm y 150 mm para alcantarillado pluvial. Ambos sistemas deben cumplir una pendiente mínima de 1% (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

2.4.9 Velocidades

Cuando las aguas residuales fluyen por un período largo a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de las tuberías. Esto resulta, que regularmente se necesite una velocidad mínima para lavar los sólidos depositados durante tiempos de caudal bajo (EMAAP-Q, 2009).

Si se garantizan velocidades mínimas recomendadas por normativas hidrosanitarias vigentes, se evita la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido, por ello, se debe cumplir que para cualquier período de diseño la velocidad mínima es 0,45 m/s, pero es preferible que sea mayor a 0,6 m/s, para evitar olores indeseables, problemas de corrosión en las tuberías y afecciones a la salud de los seres humanos (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Las velocidades máximas y mínimas son estudiadas a sección parcialmente llenas en el análisis hidráulico de las tuberías de alcantarillado sanitario en la sección 2.6.2. A continuación en la Tabla 2.5, se indican las velocidades máximas admisibles para alcantarillado sanitario según el material de tubería de fabricación.

Tabla 2.5: Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados.

Material	Velocidad máxima	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero	4	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5-4	0,013
Asbesto cemento	4,5-5	0,011
Plástico	4,5	0,011

Fuente: (CPE-INEN-005-9-1, 1992)

2.4.10 Tipos de material y rugosidad

Para seleccionar correctamente de material para una tubería de alcantarillado sanitario, influyen múltiples parámetros como: resistencia estructural del material, resistencia mecánica, durabilidad, características de los suelos y agua, capacidad de conducción, economía, colocación e instalación, facilidad de manejo, flexibilidad y facilidad de mantenimiento y reparación (CONAGUA, 2013).

Todos los parámetros aludidos hacen referencia a porque son menos usadas las tuberías de hormigón, pero principalmente por su fragilidad y corta vida útil; por esta razón, las tuberías de ampliación del sistema de alcantarillado del barrio Uchucay serán de PVC (poli cloruro de vinilo), este tipo de tubería cuenta con grandes características físicas, mecánicas y químicas, las cuales lo convierten en un material de la más alta calidad para la construcción de alcantarillado (Naula Vázquez, 2018).

El coeficiente de rugosidad de Manning está representado por la letra “n”, hace referencia a la resistencia que generan las paredes de la tubería de flujo. Además, existen varios factores de los cuales depende este parámetro como: irregularidad de la tubería, alineamiento de la tubería, sedimentación y socavación; aunque, el más importante es la aspereza en el interior de la tubería que depende el material (Ven Te Chow, 2004).

De igual manera, en la Tabla 2.5 se indican los valores de coeficiente de rugosidad para alcantarillado sanitario según el material de tubería de fabricación.

2.4.11 Pendiente mínima

En el diseño de alcantarillado sanitario, la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se logrará mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s y transportando el caudal con un nivel entre de 0,75D-0,85D; sin embargo, se recomienda que el tirante de agua no supere el 80% del diámetro (OPS/CEPIS/05.169, 2005).

La normativa hidrosanitaria EMAAP-Q (2009) indica: el valor de la pendiente mínima para las redes de alcantarillado sanitario debe ser aquel que permita las condiciones de auto limpieza y control de gases adecuados según los criterios del literal 2.4.9 sobre velocidades mínimas.

2.5 Obras complementarias

2.5.1 Pozos de revisión

El Código Ecuatoriano de la Construcción CPE-INEN 005-9-1 (1997) presenta las siguientes pautas en los sistemas de alcantarillado:

- Los pozos de revisión se situarán en todos los cambios de pendientes, cambios de dirección, excepto en el caso de alcantarillas curvas y en cruces de los colectores.
- Los pozos de revisión en los sistemas de alcantarillado sanitario deben colocarse de tal manera que se evite el paso de aguas lluvias hacia ellos. Si esto no puede evitarse, es necesario diseñar tapas herméticas especiales que imposibilite la entrada de escorrentía superficial.
- La abertura del pozo mínima es de 0,6 m. El cambio de diámetro desde la parte superior del pozo hasta la superficie se deberá usar un tronco de cono excéntrico preferiblemente, y así, facilitar el descenso al interior del pozo.
- El diámetro del pozo de revisión estará en función del espesor de la máxima tubería conectada al mismo, como se observa en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6: Diámetros recomendados de pozos de revisión.

Diámetro de la tubería mm	Diámetro del pozo m
Menor o igual 550	0,9
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente: (CPE-INEN-005-9-1, 1992)

- Las tapas de los pozos de revisión serán circular y de hierro fundido. Cada una de ellas, irán aseguradas al cerco mediante pernos o algún otro dispositivo que impida su abertura por personal no especializado, evitando el daño del sistema de alcantarillado.
- Para acceder al alcantarillado sanitario a través los pozos de revisión no se recomienda el uso de peldaños, sino se deberán utilizar escaleras portátiles.
- Finalmente, en los pozos de revisión en sistemas de alcantarillado se considerará un salto máximo de 1 m, con el objetivo de facilitar las labores de operación y

mantenimiento. En el caso de requerir un mayor salto se deberá diseñar estructuras de salto. Igualmente, el fondo del pozo deberá tener cuantos canales sean necesarios para permitir el flujo adecuado del caudal a través del pozo, sin interferencia hidráulica y sin producir altas pérdidas de energía (Berrezueta Orellana & Sarmiento Feijóo, 2021).

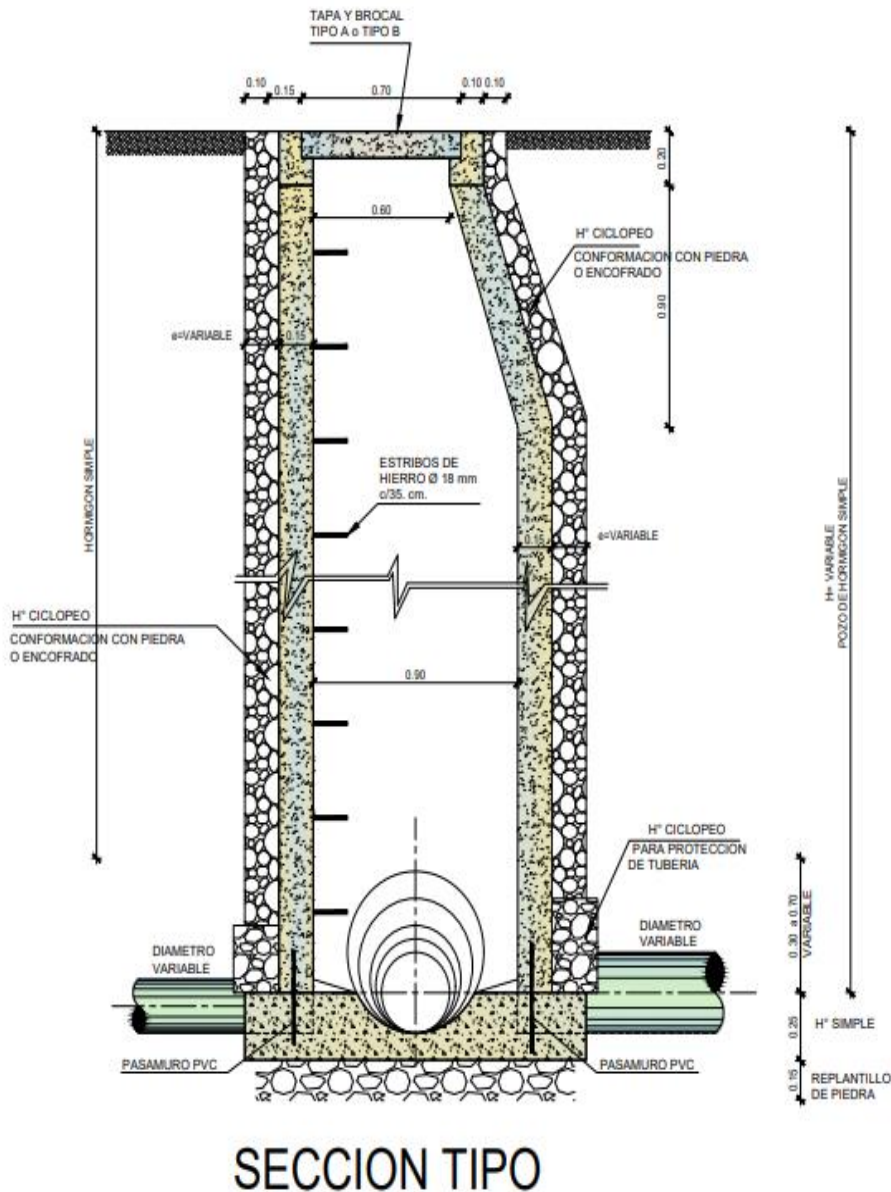


Figura 2.2: Sección tipo de los pozos de revisión.

Fuente: (ETAPA EP, 2017)

2.5.2 Distancia entre pozos de revisión

La distancia máxima entre pozos de revisión será de 100 m para diámetros menores a 350 mm; 150 m para diámetros comprendidos entre 400 mm y 800 mm; y. 200 m para diámetros mayores que 800 mm. Los pozos se podrán colocar a distancias más largas, dependiendo de la topografía y características urbanas de la zona proyectada, pero siempre teniendo en cuenta no sobrepasar la longitud máxima de separación entre pozos, permitida por las especificaciones de los equipos de limpieza (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

2.5.3 Conexiones domiciliarias

Con respecto al diámetro de tuberías para conexiones domiciliarias se cumplirán los criterios indicados en el literal 2.4.8 y su ingreso al pozo de revisión será por una tubería en un ángulo de 45° con respecto al eje principal del flujo.

En las conexiones domiciliarias es necesario una estructura denominada caja de revisión o caja domiciliaria, donde llegará la conexión intra domiciliaria. El objetivo de la caja domiciliaria es efectuar labores de limpieza en la conexión domiciliaria; por ello, su diseño es esencial para este propósito. Las medidas mínimas de la sección de una caja domiciliaria son de 0,6 x 0,6 m y su profundidad es relativa para cada caso (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

2.6 Hidráulica de alcantarillas (Diseño hidráulico)

Las redes de alcantarillado por lo regular se diseñan para trabajar en flujo a superficie libre, solo en algunos puntos específicos tales como los sifones invertidos, se permite el flujo a presión. Por ello comúnmente, se consideran condiciones de flujo uniforme para simplificar el diseño (Sotelo Ávila, 2002).

Asimismo, se debe tomar en cuenta que las tuberías de alcantarillado sanitario son diseñadas para no trabajar a sección llena.

2.6.1 Flujo en tuberías a sección llena

El cálculo hidráulico en conductos a sección llena se debe utilizar la fórmula de Manning porque es la expresión que mejor simula el comportamiento del flujo a superficie libre (CONAGUA, 2013).

Para el análisis hidráulico de flujo de tuberías a sección llena se deberán seguir los siguientes pasos:

1. En primer lugar, se calculará la velocidad (V) de la tubería circular a sección llena en base a la ecuación (2.8) conocida como Manning. Para ello se debe conocer el valor del radio hidráulico (R) en términos del diámetro (D) de la tubería.

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (2.8)$$

$$R = \frac{D}{4} \quad (2.9)$$

2. Luego, se sustituirá la ecuación de velocidad de Manning (2.8) en la ecuación del caudal (2.10). Así, se encuentra la ecuación (2.11), utilizada para el cálculo del caudal (Q) en tuberías circulares a sección llena. (Considerar la conversión de unidades pertinentes)

$$Q = V \cdot A \quad (2.10)$$

$$Q = 0,312 \cdot \frac{D^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (2.11)$$

Donde:

Q: Caudal de la tubería a sección llena [l/s]

V: Velocidad de la tubería a sección llena [m/s]

A: Área de la sección [m²]

R: Radio hidráulico [m]

S: Pendiente de la línea de energía [m/m]

D: Diámetro de la tubería [m]

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

2.6.2 Flujo en tuberías a sección parcialmente llena

Anteriormente se presentó el flujo en tuberías a sección llena y se debe diferenciar entre dos elementos: la sección geométrica del conducto y al caudal que fluye por los conductos. Por estos motivos prácticos, primero se calculan las características hidráulicas para flujo en conductos a sección llena y posteriormente las relaciones en alturas de agua en los conductos, para así encontrar a que altura de flujo específico trabaja la tubería. A la relación en alturas de agua mencionada se la conoce como tirante de agua o calado, y dependen de varios componentes hidráulicos como: caudal, perímetro mojado, área mojada, radio hidráulico, rugosidad y velocidades (Arocha, 1983).

En la Figura 2.3, se observa los componentes hidráulicos para flujo de agua a sección parcialmente llena, en función del ángulo θ .

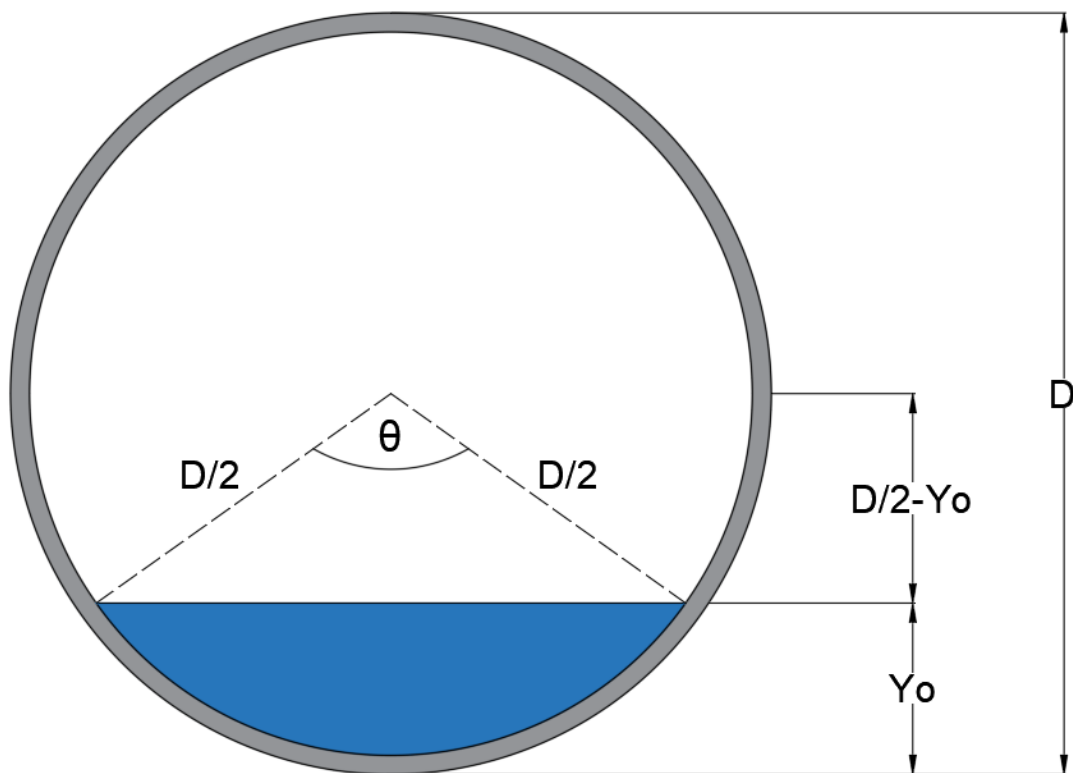


Figura 2.3: Componentes hidráulicos para flujo de agua a sección parcialmente llena.

Fuente: Autor

Para el análisis hidráulico de flujo en tuberías a sección parcialmente llena se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Se debe calcular el área mojada (A_m) y perímetro mojado (P_m) en función de un valor de θ propuesto.

$$A_m = \frac{D^2}{8} \cdot (\theta - \sin \theta) \quad (2.12)$$

$$P_m = \frac{\theta}{2} \cdot D \quad (2.13)$$

2. Posteriormente se calculará el caudal (q) de la tubería a sección parcialmente llena en base a los componentes hidráulicos antes mencionados como el radio hidráulico (R).

$$R = \frac{A_m}{P_m} \quad (2.14)$$

$$q = \frac{A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (2.15)$$

3. Ahora, para determinar el valor correcto del ángulo θ en la sección circular del conducto, se deberá efectuar un análisis de datos en la hoja de cálculo (Excel), para ello, se necesita una función objetivo entre el Caudal de diseño (Q_d) y el caudal (q) de la tubería a sección parcialmente llena. La prueba lógica se observa a continuación:

$$Q_d - q(\theta) = 0 \quad (2.16)$$

4. Conocido el valor del ángulo θ , se podrá determinar las relaciones fundamentales del análisis hidráulico como: q/Q , Y_o/D y v/V . Así se encontrarán los valores reales del tirante de agua (Y_o) y velocidad (v).

$$\frac{q}{Q} = \frac{\theta}{2 \cdot \pi} \cdot \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{\frac{5}{3}} \quad (2.17)$$

$$\frac{Y_o}{D} = \left(\frac{1 - \cos \frac{\theta}{2}}{2}\right) \quad (2.18)$$

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.19)$$

5. La velocidad real del flujo de la tubería a sección llena es el resultado de multiplicar la relación v/V por la velocidad a sección llena (V) interpretada en la sección 2.6.1.

Donde:

θ : Ángulo que determina el tirante de agua o calado [rad]

q : Caudal de la tubería a sección parcialmente llena [l/s]

Q : Caudal de la tubería a sección llena [l/s]

v : Velocidad de la tubería a sección parcialmente llena [m/s]

V : Velocidad de la tubería a sección llena [m/s]

A_m : Área mojada de la sección [m²]

P_m : Perímetro mojado de la sección [m]

Y_o : Tirante de agua [m]

D : Diámetro de la tubería [m]

R : Radio hidráulico [m]

S : Pendiente de la línea de energía [m/m]

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

2.7 Evaluación del sistema existente del barrio Uchucay

Actualmente el barrio Uchucay cuenta con servicio de alcantarillado sanitario construido en el año 2009 por el municipio del cantón Saraguro, con una cobertura del 74% de la población según el levantamiento de información desarrollado en campo. El sistema existente empieza a 1 km de la hostería Sol Splash en la prolongación de la vía de tierra paralela a la vía principal de Uchucay y finaliza en el camino de tierra que sirve de acceso a la PTAR existente del barrio Uchucay. (Ver Anexo 6)

El sistema existente dispone de una longitud de 1812 m de tubería de policloruro de vinilo (PVC), distribuida en 28 tramos con 31 pozos de revisión.

A continuación, en la Tabla 2.7 se indica el levantamiento planimétrico y altimétrico de los pozos existentes; es decir, presenta su ubicación y profundidad de cada uno de ellos.

Tabla 2.7: Planimetría y altimetría de los pozos existentes.

Pozo	Coordenadas		Cota de terreno	Altura
	Este (m)	Norte (m)	(m)	(m)
P1	6811972,80	9628345,1	1041,353	1,30
P2	681976,37	9628393,05	1041,021	3,05
P3	681966,21	9628447,46	1040,059	2,50
PC-AA	681937,84	9628441,80	1048,089	1,65
P4	681954,94	9628500,72	1036,28	2,00
PC-AB	681920,08	9628491,99	1046,205	1,55
P5	681938,44	9628559,41	1032,538	2,00
P6	681920,09	9628622,60	1029,879	2,60
P7	681914,27	9628669,29	1032,351	5,35
P8	681986,82	9628685,64	1024,449	1,20
PC-B1	681961,32	9628629,04	1027,636	2,00
PB2	681964,04	9628652,37	1027,8094	2,50
P9	681982,09	9628711,38	1024,908	1,80
P10	681969,46	9628736,61	1025,184	2,30
P11	681941,58	9628793,16	1025,323	2,75
P12	681933,20	9628831,74	1025,101	2,75
P13	681904,22	9628902,63	1024,864	2,90
P14	681859,53	9628986,78	1024,888	3,50
P15	681800,39	9629096,54	1026,086	5,35
P16	681756,57	9629177,85	1024,509	4,70
P17	681715,06	9629262,12	1024,3071	5,35
P18	681695,30	9629319,91	1023,4741	5,25
P19	681671,80	9629403,75	1021,3551	4,35
P20	681659,59	9629468,80	1019,413	3,50
P21	681665,17	9629537,85	1018,104	3,50
P22	681700,02	9629595,72	1013,368	3,10
P23	681705,82	9629645,54	1011,095	2,55
P24	681706,87	9629718,03	1008,0642	1,55
P25	681702,65	9629763,52	1005,831	1,95
P26	681690,19	9629810,43	1001,413	2,20
PP	681641,32	9629858,66	994,075	0,55

Fuente: Autor

Otra parte fundamental de la evaluación es disponer de un catastro de la red de alcantarillado actual con la ubicación de cada pozo y la información correspondiente a

cada tramo del sistema como: pendiente entre pozos, longitud y diámetro de la tubería de PVC, cotas de terreno y áreas de aportación.

En el Anexo 6 se encuentra detallado la red de alcantarillado existente con sus respectivos perfiles y el catastro de la red de alcantarillado existente mencionado anteriormente.

2.7.1 Estado de la infraestructura

En esta sección se presentará un registro fotográfico del estado actual de las infraestructuras del sistema de alcantarillado sanitario existente del barrio Uchucay.



Figura 2.4: Tapa de pozo de revisión.

Fuente: Autor



Figura 2.5: Estado del pozo revisión.

Fuente: Autor

El registro fotográfico de las estructuras existentes se encuentra en el Anexo 9.



Figura 2.6: Pozo de revisión enterrado por completo.

Fuente: Autor



Figura 2.7: Estado de la vía principal de Uchucay.

Fuente: Autor

2.7.2 Análisis teórico del funcionamiento actual del sistema

Para evaluar el sistema de alcantarillado actual del barrio Uchucay es necesario considerar todos los parámetros y criterios indicados en las secciones 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 del presente capítulo.

Tabla 2.8: Parámetros y criterios de diseño de la evaluación.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Población actual	Pa	668	hab
Área de aportación	Ap	4,61	ha
Densidad poblacional	Dp	145	hab/ha
Dotación de agua potable	Dot	110	l/hab*día
Coefficiente de rugosidad (PVC)	n	0,011	-
Diámetro de la tubería	D	200	mm
Pendiente mínima	S	0,50	%
Caudal de infiltración	Qinf	2	l/s*km
Caudal de aguas ilícitas	Qilí	80	l/hab*día
Caudal de diseño mínimo	Qd mín	2,20	l/s
Velocidad mínima	V mín	0,45	m/s
Velocidad máxima	V máx	4,5	m/s
Relación calado/diámetro	Yo/D	0,85	-

Fuente: Autor

La evaluación teórica del sistema de alcantarillado sanitario actual se basa en el análisis de los caudales de diseño de las aguas residuales de uso doméstico y del comportamiento hidráulico de cada tramo de tubería existente en el barrio Uchucay. Los resultados de la evaluación mencionada se observan en el Anexo 2.

Anexo 2: Cálculos evaluación del sistema de alcantarillado y PTAR existentes del barrio Uchucay.

2.7.3 Diagnóstico del alcantarillado existente

El barrio Uchucay cuenta con un sistema de alcantarillado separado que cumple con los parámetros y criterios mínimos de diseño recomendados por las normativas sanitarias vigentes en el país. Pero se observan algunas falencias en el estado físico de sus estructuras, al evaluar pozos de revisión y tramos de tubería. A continuación, se presentan las observaciones del sistema:

- El alcantarillado presenta desgaste de la tubería en varios tramos del sistema y algunos asentamientos que se debe principalmente a la falta de actividades de control y mantenimiento.
- El pozo (PP) donde termina la red de alcantarillado y comienza el tratamiento de aguas residuales se encuentra colapsado, al encontrar una altura de sedimentación de alrededor de 0,50 m; debido a que la PTAR existente ha cumplido su vida útil y no desempeña la eficiencia de remoción esperada.
- Algunas tapas de los pozos de revisión se encuentran deformadas y muy oxidadas por falta de mantenimiento vial y a causa de las fuertes precipitaciones en temporada de invierno.

2.8 Ampliación de la red de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay

El sistema de alcantarillado actual del barrio Uchucay recolecta aguas servidas provenientes de las viviendas ubicadas al pie de la vía principal y solamente un tramo corto de otro sector del barrio. Por ello, se ha propuesto una ampliación de la red de alcantarillado que disponga de la mayor cobertura posible; es decir, considerando los sectores de mayor densidad poblacional y los caminos más convenientes topográficamente. Debido a la existencia de la red principal de alcantarillado en la vía de acceso al barrio Uchucay, se ha diseñado varios ramales longitudinales y transversales de tubería de PVC que cubran los sectores aledaños a la vía de acceso y pueda ser conectada a la red principal posteriormente.

A continuación, en la Figura 2.9 se presenta el catastro de la ampliación de la red de alcantarillado propuesta con la ubicación de cada pozo y la información correspondiente a cada tramo del sistema como: pendiente entre pozos, longitud y diámetro de la tubería de PVC, cotas de terreno y áreas de aportación. (Ver Anexo 6)



ALCANTARILLADO
ÁREA DE APORTACIÓN - EXISTENTE = 4.58 Ha.
ÁREA DE APORTACIÓN - AMPLIACIÓN = 2.50 Ha.

Figura 2.9: Catastro del sistema de alcantarillado sanitario existente y su ampliación.

Fuente: Autor

2.8.1 Diseño de la red

El diseño de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay es basado en todos los parámetros y criterios indicados en las secciones 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 del presente capítulo.

Tabla 2.9: Parámetros y criterios de diseño de la ampliación.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Población actual	Pa	668	hab
Tasa de crecimiento poblacional	r	2,13	%
Período de diseño	P	20	años
Población futura	Pf	1019	hab
Área de aportación	Ap	7,08	ha
Densidad poblacional	Dp	143,87	hab/ha
Dotación de agua potable	Dot	110	l/hab*día
Coefficiente de rugosidad (PVC)	n	0,011	-
Diámetro de la tubería	D	200	mm
Pendiente mínima	S	0,50	%
Profundidad mínima de la tubería	h	1,5	m
Caudal de infiltración	Q _{inf}	1	l/s*km
Caudal de aguas ilícitas	Q _{ilí}	80	l/hab*día
Caudal de diseño mínimo	Q _{d mín}	2,20	l/s
Velocidad mínima	V mín	0,45	m/s
Velocidad máxima	V máx	4,5	m/s
Relación calado/diámetro	Yo/D	0,85	-

Fuente: Autor

A partir de la Tabla 2.9 se han obtenido los siguientes resultados y consideraciones del diseño de ampliación de la red de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay.

- En la ampliación de alcantarillado sanitario se ha diseñado varias redes secundarias, las mismas que están emplazadas sobre las calles paralelas y transversales a la vía principal, para luego ser conectadas a la red existente, con el objetivo principal de transportar las aguas residuales hacia su punto de tratamiento (PTAR).
- El diámetro de tubería resultante del diseño hidráulico fue de 200 mm para cada tramo propuesto.
- El diseño fue proyectado para seguir las rutas más viables topográficamente, evitando así excavaciones profundas y altos costos en la construcción.
- La profundidad de los pozos de revisión diseñados fue de 1,50 m como mínimo, para garantizar la seguridad de la tubería contra cargas vehiculares y permitir mayor cantidad de conexiones de las viviendas cercanas a la vía.
- Por último, la pendiente mínima del diseño es de 0,5 % y las velocidades cumplen con el rango establecido para el material de PVC.

Los resultados y cálculos del diseño de ampliación de la red de alcantarillado sanitario se encuentran en el Anexo 3.

Los planos del diseño de ampliación de la red de alcantarillado, con sus respectivos perfiles se encuentran en el Anexo 6.

Anexo 2: Cálculos evaluación del sistema de alcantarillado y PTAR existentes del barrio Uchucay.

Anexo 3: Cálculos ampliación de la red de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay.

Anexo 6: Planos del sistema de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay.

CAPÍTULO III

3. EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 Generalidades

3.1.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son todas las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios agrícolas, pecuario, de plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso (Noyola et al., 2013, p.5). Estas aguas y sólidos usados son descargados en las cloacas por un medio específico, para ser transportados mediante el sistema de alcantarillado (Romero Rojas, 1999).

El autor Romero Rojas (1999) clasifica a las aguas residuales de la siguiente manera:

- **Aguas residuales domésticas:** son todas las aguas procedentes de domicilios o residencias, edificaciones comerciales e institucionales.
- **Aguas residuales municipales:** son los residuos líquidos transportados por el sistema de alcantarillado de la población hasta una planta de tratamiento municipal, donde serán tratados.
- **Aguas residuales industriales:** son todas las aguas procedentes de sectores industriales de manufactura.

De igual manera, para referirse a las aguas residuales que transportan excrementos humanos y orina procedente de inodoros, el término es conocido como aguas negras, compuestas comúnmente por: sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

El otro término conocido en el medio como aguas grises. Estas aguas residuales son provenientes de duchas, tinas, lavamanos y lavadoras, es decir, toda el agua residual doméstica excluyendo únicamente la originada en los inodoros. Compuestas comúnmente por: sólidos suspendidos, fósforo, grasas, coliformes totales y demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

3.1.2 Características de las aguas residuales

La caracterización de aguas residuales posee una gran importancia al instante de su evacuación y tratamiento, porque su origen y composición condiciona la selección del

sistema de tratamiento, así como la gestión de la calidad ambiental. Además, la caracterización conlleva un programa de muestreo donde se debe garantizar la representatividad de la muestra y los análisis de laboratorio de conformidad con la normativa (González Tello & Narváez Torres, 2019).

Los parámetros analizados en las muestras de aguas residuales son de gran validez, pues son los que ocasionan una afección a la salud pública y ambiental dependiendo de la disposición final y/o posible reúso del efluente. Incluso es necesario conocer la presencia y concentración de ciertos compuestos, elementos y múltiples características que influyen en los procesos de tratamiento.

A continuación, en la Tabla 3.1 se indican los principales contaminantes de las aguas residuales:

Tabla 3.1: Contaminantes de importancia en el tratamiento de agua residual.

Contaminante	Parámetros	Impacto ambiental
Sólidos en suspensión	SS	Afectan los usos agrícolas e industriales del agua.
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Eliminan el oxígeno del agua y generan de olores indeseables.
Patógenos	Coliformes	Agua insegura para el consumo humanos, provoca afecciones en la salud.
Nutrientes	N-Nitrógeno P-Fósforo	Estimula el crecimiento de la vida acuática.
Metales pesados	(As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc.)	La mayoría son tóxicos y neutralizan el tratamiento biológico de aguas residuales. Estos metales se originan de aguas residuales comerciales e industriales, deben ser removidos para su reúso.
Materia suspendida	SS, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995a)

3.1.2.1 Características físicas

Las características físicas más relevantes de las aguas residuales son el contenido de sólidos, cual está comprendida por materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. De igual manera, existen múltiples características físicas que deben ser consideradas como: el olor, la densidad, el color, la temperatura y la turbiedad (Metcalf & Eddy, 1995a).

- Sólidos totales: es un tipo de materia obtenida al someter el agua residual a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C.
- Olores: los olores provienen de la descomposición de la materia orgánica existente en el agua residual. La causa principal del olor es la presencia del sulfuro de hidrógeno, producidos por la reducción de sulfatos y sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.
- Temperatura: es un parámetro condicionante para el desarrollo de la vida acuática, comúnmente la temperatura en el agua residual es mayor que la de agua potable.
- Color: el color producido en el agua residual es grisáceo por lo general. Al estar en condiciones anaerobias el color cambia a gris oscuro, para al final conseguir un color negro conocido como séptico.

3.1.2.2 Características químicas

Las características químicas de las aguas residuales se clasifican en: la materia orgánica, la medición del contenido orgánico, la materia inorgánica y los gases presentes en el agua residual. Conforme a la importancia que existe en la gestión de la calidad de agua y en el diseño de instalaciones de tratamiento, la medición del contenido en materia orgánica se lo efectúa por separado (Metcalf & Eddy, 1995a).

- Materia orgánica: es toda la materia proveniente de animales, vegetales y de las actividades humanas. Compuesto principalmente por: carbono, hidrógeno, oxígeno y en ocasiones por nitrógeno. Las sustancias orgánicas con mayor presencia en las aguas residuales son: proteínas, hidratos de carbono y grasas.
- Materia inorgánica: hace referencia a todos los componentes inorgánicos presentes en las aguas residuales y naturales, los cuales son vitales para determinar la calidad de agua.

- Gases: los tipos de gases que se encuentran en contacto con las aguas residuales son: el oxígeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, nitrógeno, metano y el amoniaco. Algunos de estos gases encuentran en el ambiente y otros son producidos por la descomposición de materia orgánica.

3.1.2.3 Características biológicas

Las características biológicas más significativas de las aguas residuales se encuentran en los siguientes temas de estudio: principales grupos de microorganismos biológicos presentes en aguas superficiales como residuales, también aquellos que actúan en los tratamientos biológicos, organismos patógenos, organismos usados como indicadores de contaminación y su valor; métodos practicados para encontrar los organismos indicadores y la toxicidad de aguas tratadas (Metcalf & Eddy, 1995a).

- Bacterias: las bacterias llevan un papel esencial en la descomposición de materia orgánica, por motivo es necesario conocer sus características, funciones, metabolismos y procesos de síntesis.
- Hongos: los hongos crecen en zonas de baja humedad y con un pH bajo, si no existiesen estos fuera imposible conseguir la descomposición de la materia orgánica.
- Virus: los residuos (excrementos) producidos por los seres humanos son los virus de más alta peligrosidad para la salud pública, porque pueden sobrevivir durante varios días y provocar enfermedades a cualquier ser vivo que entre en contacto con estas aguas contaminadas.

3.1.3 Muestreo de aguas residuales

Las técnicas de muestreo usadas para los estudios de las aguas residuales deben asegurar la obtención de muestras representativas, porque los datos que se deriven de los análisis de las muestras serán la base para el tipo de tratamiento a usarse. Para que la muestra sea representativa, las estaciones de muestreo deben ubicarse en la zona donde el flujo sea turbulento, pues ahí estarán las mejores condiciones de mezclado del agua.

Los periodos de muestro dependen del régimen de variacion del caudal, de la disponibilidad de los recursos económicos y de los propósitos del programa del muestro.

El autor Tchobanoglous et al. (2003), describe los siguientes tipos de muestreo:

- Muestras simples: estas muestras consideran únicamente las características del agua residual en el instante que se toma la muestra, debido a que las características varían con el tiempo. Las muestras simples son usadas cuando el flujo de agua no es continuo, este tipo de muestreo es empleado para analizar parámetros como oxígeno disuelto, cloro residual, temperatura, pH, alcalinidad y acidez, grasas, aceites y coliformes.
- Muestras compuestas: estas son usadas para asegurar la representatividad de las muestras y son obtenidas al tomar muestras simples durante un intervalo de tiempo, alrededor de una hora.

3.1.4 Parámetros generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce

En la depuración de aguas residuales sobre un cuerpo receptor de agua dulce, se debe exigir un control de contaminantes permisibles presentes para evitar afecciones en la salud pública y en el medio ambiente. Para ello, existe la normativa técnica ecuatoriana “Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)” que establece los criterios de calidad de las aguas para los distintos usos (González Tello & Narváez Torres, 2019).

En la normativa TULSMA en su Anexo 1 del libro VI se encuentra el apartado de normas generales para la descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce, el cual nos da una referencia sobre el control de contaminantes permisibles en un cuerpo receptor de este tipo, a partir de la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Límite permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Potencial de Hidrógeno	pH	-	6-9
Sólidos suspendidos	SS	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Coliformes Fecales	CTE	NPM/100ml	2000
Materia Flotante	Visibles	-	Ausencia
Fósforo Total	P	mg/l	10
Nitrógeno Amoniaco	N	mg/l	30

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2017)

3.1.5 Sistema de tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son implementados ante la necesidad de prevenir los problemas de salud pública y las consecuencias provocadas por la descarga del agua residual al medio ambiente. El sistema acelera la acción de las fuerzas de la naturaleza bajo condiciones controladas en plantas de tratamiento. Los principales objetivos de un sistema de tratamiento de aguas residuales son: eliminación de la materia en suspensión y flotante, tratamiento de la materia orgánica biodegradable, eliminación de los organismos patógenos y la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Metcalf & Eddy, 1995a).

Los objetivos de los sistemas de tratamientos de aguas residuales se consiguen a partir a operaciones físicas y procesos químicos y biológicos unitarios. En función de las operaciones y procesos seleccionados para el proceso de purificación del agua, se pueden generar emisiones gaseosas a la atmósfera y/o residuos sólidos (Noyola et al., 2013). A continuación, se presenta un esquema de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

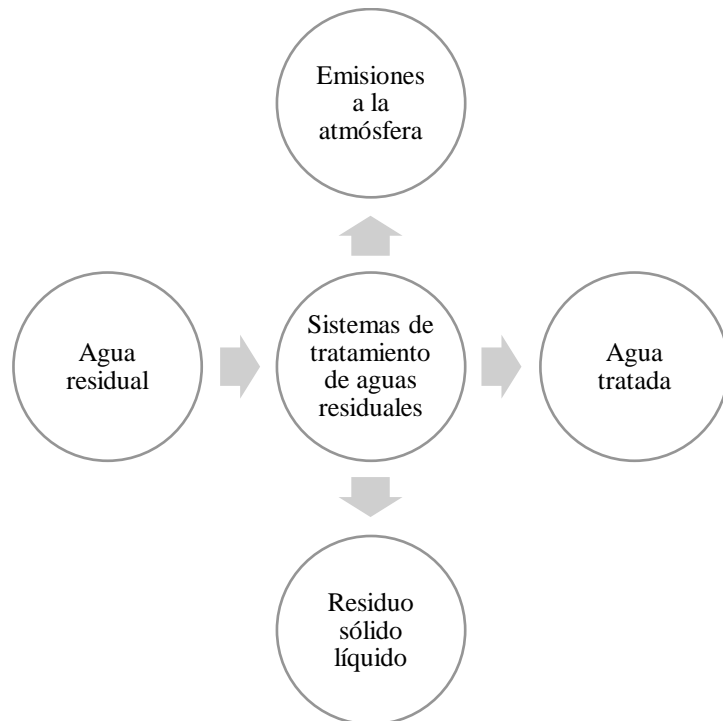


Figura 3.1: Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: (Noyola et al., 2013)

3.2 Tecnologías para el tratamiento de agua residual

Todos los procesos llevados a cabo para la remoción de contaminantes dentro de un sistema de tratamiento de aguas residuales son seleccionados en función del clima, las características del agua residual a tratar y la calidad deseada del efluente. El método seleccionado constituye la tecnología de tratamiento a usarse y se clasifican según el proceso biológico que se efectúa en sistemas conocidos como: aerobios, anaerobios y naturales (González Tello & Narváez Torres, 2019).

3.2.1 Sistemas aerobios y anaerobios

En los sistemas aerobios, un porcentaje alrededor del 65 % de energía generada por el metabolismo microbiano se transforma en lodos mediante energía de anabolismo. La energía restante es de catabolismo, esta energía disipada acompaña los procesos vitales de los lodos. Toda la materia resultante debe ser tratada previamente a su disposición final, lo que implica costos adicionales altos. Además, el procedimiento de los sustratos aerobios se los efectúa mediante equipamientos de aireación mecánica, debido a que es necesario suministrar la energía eléctrica para transferir oxígeno al agua y los microorganismos. Generalmente, los sistemas aerobios más utilizados en el medio son: lodos activos, filtro percolador, discos biológicos rotatorios y filtro sumergido (Noyola et al., 2013).

En los países europeos, existen legislaciones ambientales muy estrictas para el uso de sistemas aerobios, debido a que la mayoría de cuerpos receptores son ríos transfronterizos y con múltiples usos consuntivos (González Tello & Narváez Torres, 2019).

Por otro lado, las aguas residuales tratadas por vía anaerobia contienen un 90 % de energía que se encuentran en moléculas de metano y gases de combustible, estos pueden ser usados como fuente de energía para producir calor o electricidad. El consumo de energía para operar sistemas anaerobios es prácticamente nulo en comparación con los aerobios. Solamente el 10% de energía generada se transforma en lodo, presentando una gran ventaja sobre los sistemas aerobios, pues se produce hasta seis veces menos masa de lodos que tratar y evacuar, reduciendo sustancialmente los costos de operación. Los sistemas anaerobios más comunes en plantas de tratamiento son los siguientes: fosa séptica, tanque Imhoff, filtro anaerobio, reactor de lecho de lodos (USAB) y reactor de lechos expandido/fluidificado (Noyola et al., 2013).

En la Figura 3.2 se presenta un esquema de flujo que sigue la energía química contenida en la materia orgánica contaminante, a partir del tratamiento utilizado ya sea anaerobio o aerobio.

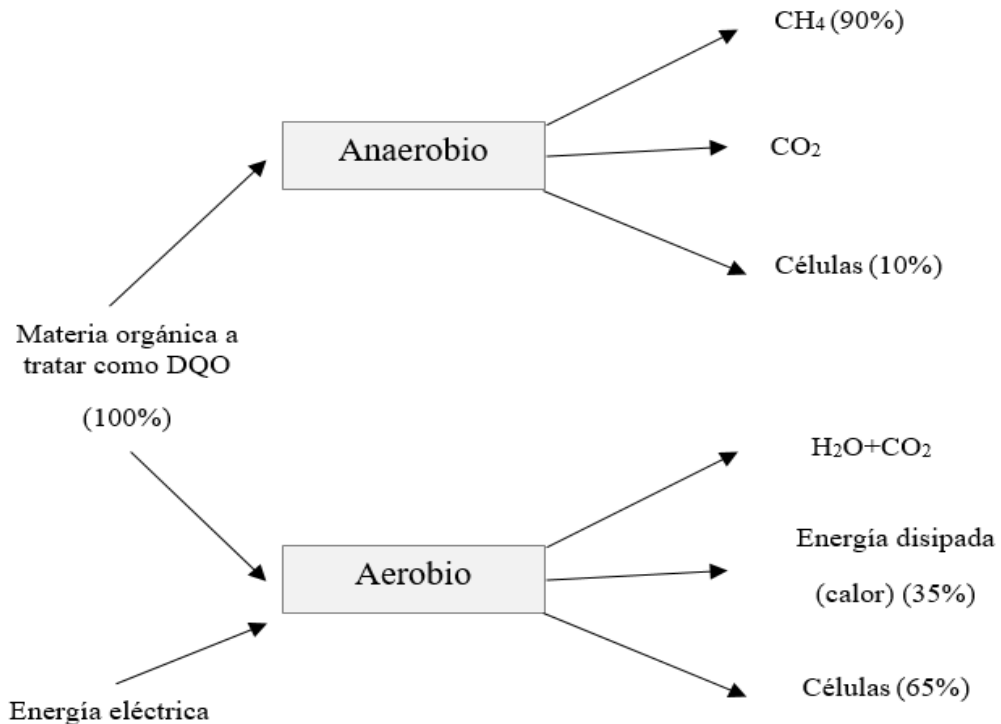


Figura 3.2: Esquema del flujo de energía contenida en el sustrato en función del tipo de tratamiento aplicado (caso de sustrato fácilmente biodegradable).

Fuente: (Noyola et al., 2013)

3.2.2 Sistemas naturales de tratamiento

Los sistemas de tratamiento natural actúan a través de la interacción química-biológica del suelo, plantas y microorganismos. También se podrán aplicar métodos físico-químicos como la precipitación y la adsorción. Estos sistemas son utilizados usualmente como tratamiento secundario o algunas veces como una combinación entre tratamiento primario y secundario. Son muy similares a los tratamientos por vía aerobia, porque también tienen la capacidad de remover nutrientes y la carga orgánica presentes en el afluente. Los sistemas naturales son aplicados cuando se dispone grandes áreas de terreno, sin embargo, en la actualidad hay diferentes metodologías que permiten reducir el área de terreno para este tipo de tratamientos. Además, los costos de operación y mantenimiento en el

tratamiento de estos sistemas son bajos, por ello son implementados en países en desarrollo (Singh et al., 2014).

Los procesos que intervienen en los sistemas de tratamiento natural incluyen muchos de los utilizados en las plantas de tratamiento como: sedimentación, filtración, transferencia de gases, adsorción, intercambio iónico, precipitación química, oxidación y reducción química, y conversión y descomposición biológica junto con procesos propios de los sistemas de tratamiento natural tales como la fotosíntesis, la fotooxidación, y la asimilación por parte de las plantas (Metcalf & Eddy, 1995a).

Los sistemas naturales de tratamiento más usados en nuestro país son los siguientes: sistema de estanques, sistemas de lajunaje (lagunas de estabilización o lagunas facultativas) e humedales artificiales.

3.3 Procesos de tratamiento y bases de diseño

Para escoger de forma correcta los niveles de tratamiento de agua residual va depender de la disposición final que se le quiera dar al agua tratada, es decir, dependerá principalmente de las características de las aguas residuales y de la normativa a seguir. A continuación, se presentará cada uno de los procesos de tratamiento considerados, con sus respectivos criterios de diseño para el dimensionamiento de las plantas de tratamientos de aguas residuales del Barrio Uchucay y sector Uduzhe.

3.3.1 Tratamiento preliminar

Según la normativa CPE-INEN-005-9-1 (1992) define al tratamiento preliminar como un tipo de acondicionamiento de un desecho antes de ser descargado en el sistema de alcantarillado. Los procesos que pueden ser usados en este nivel son: cribas, desarenadores, desengrasadores, medidores y repartidores de caudal. En estas unidades se evitará el uso de equipos mecanizados como trituradores y desintegradores.

En este proceso de tratamiento se eliminan todos los componentes transportados por las aguas residuales que causen problemas en la operación y mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residuales o en sistemas auxiliares (Noyola et al., 2013).

Para los sectores de estudio del cantón Saraguro se ha proyectado dos unidades para el tratamiento preliminar de aguas residuales, cuales se describen a continuación:

3.3.1.1 Rejilla

Las rejillas es un tipo de tratamiento usado para separar el material grueso del agua, por intermedio de una criba o rejilla. La rejilla puede ser de cualquier material agujereado ordenadamente como una plancha metálica, madera o de concreto (Romero Rojas, 1999).

El objetivo de las rejillas es proteger las bombas y otras unidades de la planta contra el ingreso de sólidos gruesos y material fibroso. Este tipo de tratamiento es indispensable para evitar la obstrucción de vertederos, facilidades de división de flujo y la formación de natas, por ello, deben usarse en todas las plantas de tratamiento (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Las cribas pueden clasificarse según el método de limpieza como manual o mecánica. Al igual que su tamaño de aberturas como rejillas gruesas o finas. Se clasifican en gruesas cuando su tamaño de aberturas es mayor o igual a 0,64 m y son finas cuando sus aberturas son menores a 0,64m. En la Tabla 3.3 se presentan las características de rejillas de barras según su método de limpieza.

Tabla 3.3: Características de rejillas de barras.

Características	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Anchos de las barras	0,5-1,5 cm	0,5-1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5-7,5 cm	2,5-7,5 cm
Abertura o espaciamiento	2,5-5,0 cm	1,5-7,5 cm
Pendientes con vertical	30°-45°	0°-30°
Velocidad de acercamiento	0,3-0,6 m/s	0,6-1 m/s
Pérdida de energía permisible	15 cm	15 cm

Fuente: (Romero Rojas, 1999)

Para calcular la pérdida de energía a través de la rejilla se considera la ecuación (3.1) planteada por Kirschmer.

$$H = \beta \cdot \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot h_v \cdot \sin \theta \quad (3.1)$$

Donde:

H: Pérdida de energía [m]

w: Ancho máximo de la sección transversal de las barras, en la dirección de flujo [m]

b: Espaciamiento o separación mínima entre las barras [m]

h_v : Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación [m]

θ : Ángulo de la rejilla con la horizontal [grados sexagesimales]

β : Factor de forma de las barras

Barras rectangulares de caras rectas ($\beta=2,42$)

Barras rectangulares con cara semicircular aguas arriba y abajo ($\beta=1,67$)

Barras rectangulares con cara semicircular aguas arriba ($\beta=1,83$)

Barras circulares ($\beta=1,79$)

Para la conducción del flujo de aguas residuales hacia el ingreso de la planta de tratamiento (rejilla), se proyecta el diseño de canales para las condiciones de caudal máximo horario.

La norma CPE-INEN-005-9-1 (1992) recomienda las siguientes alternativas de diseño:

- Tres canales de la misma dimensión, de los cuales dos canales tendrán rejillas y el otro canal trabajará de by-pass para casos de emergencia y mantenimiento.
- Dos canales con rejillas diseñadas para el caudal máximo horario, este caudal pasará por una sola unidad porque el otro canal trabajará con unidades que estén fuera de operación.

3.3.1.2 Desarenador

Los desarenadores para tratamientos de aguas residuales se utilizan para remover arena, grava, partículas u otro material sólido que tenga velocidad de asentamiento con mayor peso específico que los materiales sólidos orgánicos degradables. Además, los desarenadores se encargan de la protección del equipo mecánico al desgaste anormal y reducen la creación de depósitos pesados en canales, tuberías y conductos (Romero Rojas, 1999).

Los desarenadores son construidos con el objetivo principal de proteger a las unidades que se encuentran aguas abajo contra la acumulación de arena, detritos, y materiales inertes. El diseño de desarenadores es obligatorio en plantas de tratamiento que poseen sedimentadores y digestores (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

Según el mecanismo de remoción los desarenadores pueden ser de flujo horizontal y de flujo helicoidal. Los desarenadores de flujo horizontal son diseñados como canales de forma alargada o de sección cuadrada y deben remover partículas de un diámetro mayor o igual a 0,2 mm (CPE-INEN-005-9-1, 1992). Asimismo, deben cumplir una velocidad de flujo que se debe mantener alrededor de 0,3 m/s y una velocidad de asentamiento de 1,15 m/min, considerando una densidad relativa de 2,65 y un tiempo de retención de alrededor de 1 min (Romero Rojas, 1999).

Para el diseño de desarenadores se han seguido los criterios de diseño propuestos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS/05.163, 2005). Los componentes y metodología de diseño para este tipo de sistemas, se explican en los siguientes apartados.

Componentes del desarenador

Los desarenadores se pueden dividir en cuatro partes o zonas:

- Zona de entrada: canal cuya función principal es conseguir una velocidad de flujo uniforme dentro del sistema.
- Zona de desarenación: zona de la unidad donde se efectúa el proceso de depósito de partículas por efecto de la gravedad.
- Zona de salida: se encuentra el vertedero de rebose, diseñado para mantener una velocidad que no afecte al sistema.
- Zona de depósito y eliminación de la arena sedimenta: tolva con una pendiente mínima de 10% que permite el desplazamiento de arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

Criterios de diseño

- En el desarenador se considera 2 unidades en paralelo por lo menos, debido actividades de operación y mantenimiento. Además, la norma exige el diseño de una transición que una el canal de entrada de la planta (luego de pasar la rejilla) y la zona de entrada del desarenador. El ángulo de divergencia máximo de la transición es de 12° 30'.

- Las medidas de largo y el ancho constructivo del sistema, deben seguir una relación (L/B) entre 10 y 20.
- Se debe controlar el régimen de flujo más eficaz según el tamaño de las partículas que se sedimentan en la zona de desarenación. La sedimentación de arena fina se efectúa en un régimen laminar con valores de Reynolds de ($Re < 1$), la sedimentación de arena gruesa se efectúa en un régimen de transición con valores de Reynolds (Re entre 1 y 1000) y la sedimentación de grava se efectúa en régimen turbulento con valores de Reynolds ($Re > 1000$).
- Para controlar la velocidad en la zona de salida del desarenador se diseñan vertederos de tipo sutor o canales Parshall. En este caso, se ha considerado los criterios de diseño para vertederos de tipo sutor.

$$Q = 2,74 \cdot \sqrt{a \cdot b} \cdot \left(H - \frac{a}{3} \right) \quad (3.2)$$

Donde:

Q: Caudal de diseño por vertedero [l/s]

a: Tirante o altura mínima [m]

b: Ancho de la base del vertedero [m]

H: Altura de agua sobre el vertedero [m]

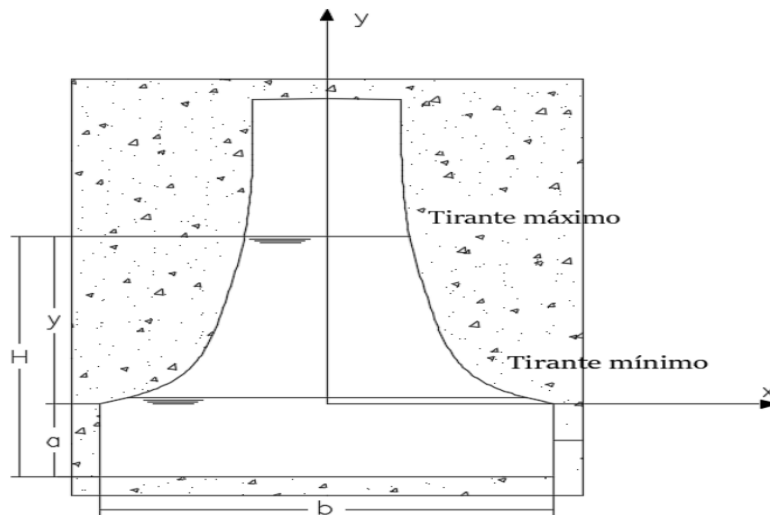


Figura 3.3: Estructura de un vertedero (Sección transversal).

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2005)

- Por último, se debe considerar la ecuación (3.3) para la geometría de los vertederos de tipo sutro.

$$\frac{x}{b} = 1 - \frac{2}{\pi} \cdot \tan^{-1} \sqrt{\frac{y}{a}} \quad (3.3)$$

Metodología de diseño

1. Inicialmente, se calcula una primera aproximación de la velocidad de sedimentación considerando los parámetros de los diámetros de partículas mencionado anteriormente. Para ello, utilizamos la ley de Stokes.

$$V_s = \frac{1}{18} \cdot g \cdot \left(\frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) \cdot d^2 \quad (3.4)$$

Donde:

V_s : Velocidad de sedimentación [cm/s]

d : Diámetro de la partícula [cm]

η : Velocidad cinemática del agua [cm²/s]

ρ_s : Densidad relativa de la partícula

2. Luego se comprueba el valor del número de Reynolds. Si $Re > 0,5$ no cumple las condiciones impuestas por la ley de Stokes; por consiguiente, se debe realizar un reajuste al valor de velocidad de sedimentación (V_s). Considerando la sedimentación de la partícula en régimen de transición.
3. El siguiente paso, es hallar el valor del coeficiente de arrastre de las partículas, a partir del nuevo valor de V_s , calculado en su reajuste.

$$C_D = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0,34 \quad (3.5)$$

4. Finalmente, se determina la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición con la ecuación (3.6).

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{C_D} \cdot (\rho_s - 1) \cdot d} \quad (3.6)$$

5. A partir de este valor, se puede lograr un reajuste tomando en consideración un tiempo de retención teórico del agua. Así, el siguiente cálculo es determinar la velocidad límite que resuspende el material (velocidad de desplazamiento).

$$Vd = \sqrt{\frac{8k}{f} \cdot g \cdot (\rho_s - 1) \cdot d} \quad (3.7)$$

Donde:

Vd: Velocidad de desplazamiento [cm/s]

k: Factor de forma (0,04 para arenas unigranulares no adheribles)

f: Factor de seguridad de la cámara (0,03 para estructuras de cemento)

6. Calcular el valor de la velocidad horizontal de las partículas, mediante la siguiente ecuación:

$$Vh = \frac{Q}{A_t} \quad (3.8)$$

Donde:

Vh: Velocidad horizontal [cm/s]

Q: Caudal de diseño [l/s]

k: Factor de forma (0,04 para arenas unigranulares no adheribles)

7. Por último, la velocidad de desplazamiento (Vd) debe ser mayor a la velocidad de horizontal (Vh), asegurando que no se producirá resuspensión.

Las dimensiones constructivas principales del desarenador (largo, ancho y profundidad) deben cumplir las relaciones, parámetros y criterios diseñados mencionados anteriormente.

3.3.2 Tratamiento primario

Según la norma CPE-INEN-005-9-1 (1992) señala:

“La finalidad del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga del tratamiento biológico, en caso de ser necesario.”

El tratamiento primario engloba todas las operaciones físicas como: sedimentación y el desbaste para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes existentes en el agua residual (Metcalf & Eddy, 1995b). Los sólidos y la materia orgánica suspendida son removida principalmente por sistemas que trabajan utilizando la fuerza de gravedad, por lo regular. El porcentaje de remoción que alcanzan las aguas residuales en este nivel son el 60% en sólidos suspendidos (SS) y el 30% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Este nivel es la antesala para el tratamiento secundario y regularmente se realizan procesos de sedimentación (Noyola et al., 2013).

Los procesos más utilizados en el medio son: tanques Imhoff, tanques de sedimentación (tanques sépticos) y tanques de flotación.

3.3.2.1 Tanque séptico

Las tanques sépticos son cámaras construidas para contener las aguas residuales domésticas, por un período específico de tiempo, con el fin de permitir la decantación de los sólidos, retención del material graso contenido en la superficie de aguas residuales, transformándolos bioquímicamente en sustancias o compuestos simples y estables (Athayde, 1982).

En los sistemas de tratamiento descentralizados, el proceso de tratamiento primario más utilizado es el tanque séptico, debido a que la operación y mantenimiento de estas unidades es sencilla y requiere un costo mínimo (Massoud et al., 2009).

Para conocer el funcionamiento de las fosas sépticas se requiere explicar las siguientes fases:

Retención: las aguas residuales deben ser retenidas en el tanque séptico por un intervalo de tiempo determinado, por lo general varía entre 12 a 24 horas, dependiendo de la contribución de afluentes.

La norma CPE-INEN-005-9-1 (1992), recomienda que el período de retención nominal será entre 1,5 horas a 2,5 horas (recomendable menor a dos horas), considerando el caudal medio de diseño.

A continuación, en la Tabla 3.4 se presenta los períodos de retención para tanques sépticos, dependiendo del caudal por día del afluente.

Tabla 3.4: Períodos de retención hidráulica-Tanques Sépticos.

Contribución		Período de retención	
(l/día)		Horas	Días
1 a	6000	24	1
6000	7000	21	0,875
7000	8000	19	0,79
8000	9000	18	0,75
9000	10000	17	0,71
10000	11000	16	0,67
11000	12000	15	0,625
12000	13000	14	0,585
13000	14000	13	0,54
Valores superiores a	14000	12	0,5

Fuente: (NBR 7229, 1992)

Sedimentación: conjuntamente con la fase anterior se produce la sedimentación por la acción de la gravedad, alrededor del 60 o 70% de los sólidos en suspensión se sedimentan, formando una capa semilíquida conocida como lodo. Parte de los sólidos no sedimentados, como aceites, grasas y otros materiales mezclados con gases, son retenidos en la superficie libre del líquido.

Digestión: a partir de los procesos de sedimentación, los lodos y las sustancias retenidas en la superficie libre del líquido son invadidas por bacterias anaerobias, causando una destrucción total o parcial de los organismos patógenos.

Eficiencia: la eficiencia en tanques sépticos y otras unidades del tratamiento secundario se basa en diferentes parámetros característicos de las aguas residuales, pero los más determinantes en el diseño son: DBO5, sólidos en suspensión y coliformes totales.

La Tabla 3.5 y Tabla 3.6 indican la eficiencia de remoción de diferentes unidades de tratamiento primario.

Tabla 3.5: Eficiencias de remoción de DBO5.

Unidad de tratamiento	Eficiencia de remoción de DBO5
Tanques sépticos de cámara única o sobrepuestas	30-50%
Tanques sépticos de cámara en serie	35-65%
Zanjas de filtración	75-95%
Filtro anaerobio	70-90%

Fuente: (Athayde, 1982)

Tabla 3.6: Eficiencia de remoción en sólidos en suspensión.

Unidad de tratamiento	Eficiencia de remoción de SS
Tanques sépticos de cámaras en serie	16-70%
Filtro anaerobio	64%

Fuente: (Rengel, 2000)

Criterios de diseño

A continuación, se detalla algunos criterios de diseño para tanques sépticos, basados en las normativa (OPS/CEPIS/05.163, 2005) y la Norma Brasileña NB-41//81.

- Asegurar las condiciones de estabilidad hidráulica requeridas para cumplir con una eficiente sedimentación y flotación de sólidos.
- Las dimensiones constructivas del tanque deben cumplir con las medidas mínimas para una eficiente acumulación de lodos y natas, así prevendremos obstrucciones y la adecuada ventilación de gases.
- Para hallar el volumen útil en el diseño de un tanque séptico es elemental trabajar a partir de parámetros como: el período de retención indicado en la Tabla 3.4, población servida y la contribución de aguas residuales y lodos, como se presenta en la Tabla 3.7.
- El volumen útil es diferente al volumen total en un tanque séptico, el volumen total es igual al volumen útil sumado al volumen correspondiente al espacio libre de circulación de gas en el tanque. Y el volumen útil es el espacio interno mínimo necesario para el buen funcionamiento del tanque séptico.

Tabla 3.7: Contribución de aguas residuales y de lodos.

Predio	Unidad	Contribución l/día	
		Aguas residuales (C)	Lodos (Lf)
1 OCUPANTES PERMANENTES			
Residencia-Alta	persona	160	1
Residencia-Medio	persona	130	1
Residencia-Bajo	persona	100	1
Hoteles sin cocina y sin lavandería	persona	100	1
Alojamiento provisorio	persona	80	1
2 OCUPANTES TEMPORALES			
Fábricas en general	operario	70	0,3
Edificios públicos	persona	50	0,2
Restaurantes y similares	comida	25	0,1
Cinemas, teatros y templos	lugar	2	0,02

Fuente: (NBR 7229, 1992)

- El valor de la profundidad de sedimentación será obligatoriamente igual o mayor 0,30m.
- Es necesario considerar un espacio de seguridad entre la parte inferior del ramal de la tee de salida y la superficie interior de la capa de natas, el valor debe ser mayor a 0,10 m.
- La relación entre las dimensiones del largo y ancho ser mayor o igual a un valor de 2 hasta 4 ($2 \leq L/B < 4$).
- El espacio libre entre la capa donde se encuentra la nata y la parte inferior de la losa de techo debe ser mayor a 0,30 m.
- El valor de ancho mínimo del tanque séptico es 0,8 m y la profundidad útil mínima es de 1,20 m.
- El diámetro de las tuberías de entrada y salida a las cámaras del tanque séptico será de 100 mm y 75 mm, respectivamente.
- La tubería de salida debe estar colocada a 0,05 m por debajo de la tubería de entrada.
- La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deben estar ubicados a no más de 0,05 m por debajo de la losa de techo.

- La pendiente superficial del fondo del tanque séptico es de 2% en sentido contrario a la dirección del flujo de aguas residuales.
- En la losa de techo deben colocarse tapas de revisión sobre los dispositivos de entrada, salida y conexión entre cámaras de inspección. La dimensión mínima es 0,6 m x 0,6 m.
- El orificio de paso entre las cámaras debe ser colocado a $2/3H$.
- El área de la sección transversal del orificio debe estar entre 5% y 10% de la sección transversal útil.
- Por último, la longitud de la cámara 1 (L_1) debe ser $2/3$ de la longitud total útil (L) y la longitud de la cámara 2 (L_2) debe ser $1/3$ de la longitud total útil (L).

En la Figura 3.4 se presenta los criterios de diseño de un tanque séptico según la Organización Panamericana de Salud, según la guía para diseños de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización.

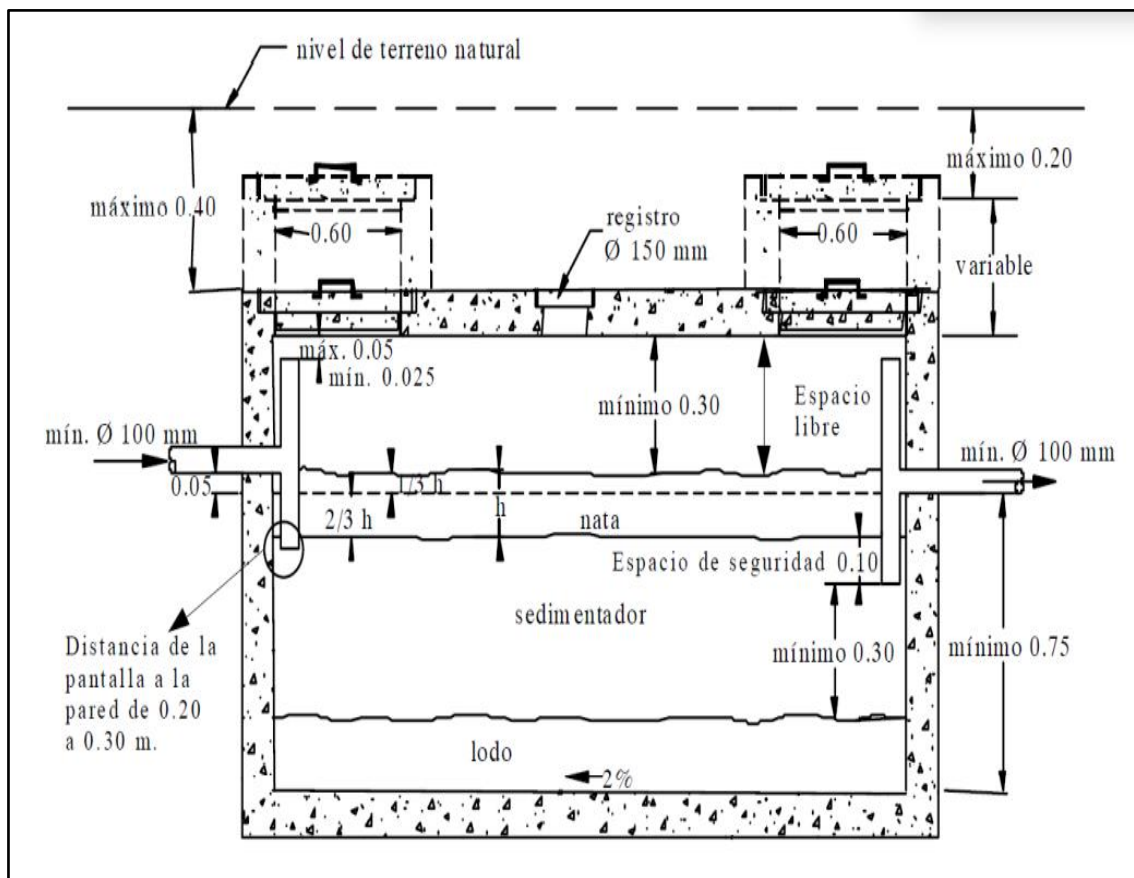


Figura 3.4: Criterios de diseño del tanque séptico.

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2005)

Metodología de diseño

El dimensionamiento del tanque séptico se realiza en base a la norma brasileña NB-41/81 y sus dimensiones constructivas dependen de volumen útil requerido, calculado a partir de la ecuación (3.9).

$$V = 1,3 \cdot N \cdot (C \cdot T + 100 \cdot lf) \quad (3.9)$$

Donde:

V: Volumen útil [m³]

N: Población servida [hab]

C: Contribución de aguas residuales [l/día]-Tabla 3.7

T: Período de retención [día]-Tabla 3.4

lf: Contribución de lodos [l/día]-Tabla 3.7

3.3.2.2 Lecho de secado de lodos

La guía de diseño (OPS/CEPIS/05.163, 2005) define a este sistema como el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos). El lecho de secado de lodos es una tecnología de tratamiento ideal para pequeñas comunidades. Además, estará en función del contenido de sólidos suspendidos (SS) existentes en las aguas residuales que se sedimentan en el tanque séptico.

El tanque séptico trabaja conjuntamente con el lecho de secado de lodos en el tratamiento secundario de aguas residuales, por su facilidad de operación y bajos costos.

Criterios de diseño

- Para determinar la contribución de sólidos suspendidos (SS) se determina en base a un análisis de aguas residuales (muestreo), cuando la localidad cuenta con el servicio de alcantarillado.
- Cuando ocurre lo contrario; es decir, en la localidad no existe alcantarillado se usa una contribución per cápita promedio de sólidos suspendidos de 90 gr/(hab*día).
- La medida del ancho de los lechos de secado es regularmente de 3 a 6 m, en excepción de grandes instalaciones que puede sobrepasar los 10 m.

En la Figura 3.5 se presenta la configuración geométrica del lecho de secado de lodos.

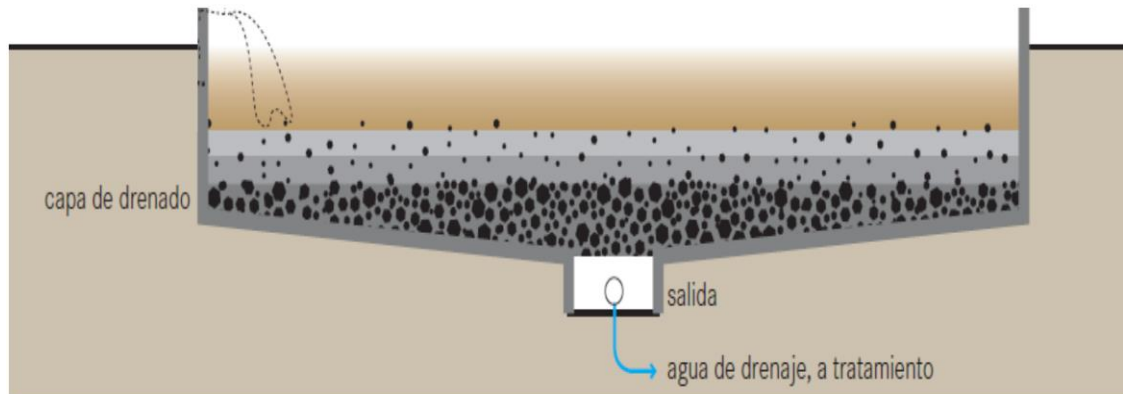


Figura 3.5: Configuración geométrica del lecho de sacado de lodos.

Fuente: (Alzate Leal, 2021)

Metodología de diseño

1. A nivel de proyecto hidrosanitario como una planta de tratamiento de aguas residuales se determina la carga de sólidos que ingresa al tanque séptico, en función a un aporte per cápita de sólidos de suspensión.

$$C = \frac{N \cdot Cp \text{ SS}}{1000} \quad (3.10)$$

Donde:

C: Carga de sólidos que ingresan a la planta [kg SS/día]

N: Población servida [hab]

Cp SS: Contribución per cápita de sólidos en suspensión [gr SS/hab*día]

2. Determinar la masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en kg SS/día).

$$Msd = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot C) + (0,5 \cdot 0,3 \cdot C) \quad (3.11)$$

3. Calcular el volumen diario de lodos dirigidos.

$$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} \cdot \left(\frac{\% \text{ sólidos}}{100}\right)} \quad (3.12)$$

Donde:

Vld: Volumen diario de lodos dirigidos [l/día]

ρ lodo: Densidad de los lodos, igual a 1,04 [kg/l]

% sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12 [%]

4. Hallar el volumen de lodos a extraerse del tanque séptico.

$$Vel = \frac{Vld \cdot Td}{1000} \quad (3.13)$$

Donde:

Vel: Volumen de lodos a extraerse [m³]

Td: Tiempo de digestión, [días]

5. Calcular el área del lecho de secado.

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad (3.14)$$

Donde:

Als: Área del lecho de secado [m²]

Ha: Profundidad, varía entre 0,2 a 0,4 [m]

3.3.3 Tratamiento secundario

En este nivel de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (materia soluble) por medio biológicos regularmente, por su bajo costo y alta eficiencia de remoción. Fundamentalmente, los contaminantes existentes en el agua residual son transformados por los microorganismos de materia celular, energía metabólica y otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por unidades de sedimentación. De esta manera, una sustancia orgánica soluble se transforma en flóculos que son removidos con facilidad. La finalidad principal del agua residual doméstica es reducir el contenido orgánico y los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Noyola et al., 2013).

De acuerdo al (TULSMA) en el Libro VI-Anexo 1, los procesos biológicos más utilizados para la remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos en el tratamiento secundario son: lodos activados, filtros percoladores y sistemas de lagunas y sedimentación. Asimismo, es importante mencionar que se puede realizar otro nivel de

tratamiento si es necesario; es decir, un tratamiento terciario o conocido también como tratamiento avanzado. El objetivo principal de su aplicación es remover nutrientes para prevenir la eutrofización de los cuerpos receptores.

3.3.3.1 Humedales artificiales

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales con el objetivo principal de cumplir con la depuración de aguas residuales. Este un tipo natural que consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. Por las acciones que cumplen las macrófitas es posible múltiples complejas interacciones físicas, químicas y biológicas (Kolb, 1998). Gracias a estas complejas interacciones mencionadas, el agua residual (afluente) es depurada de forma progresiva y lenta.

Este tratamiento natural de nivel secundario funciona principalmente por la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno producido por los vegetales y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve de base para el enraizamiento de los vegetales. Estos elementos al trabajar conjuntamente logran la eliminación de materiales disueltos y suspendidos en el agua residual. Además, biodegradan la materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos.

Los humedales artificiales basados en macrófitas enraizadas emergentes pueden clasificarse en función al sentido del flujo de agua residual como: humedales de flujo superficial, cuando el agua se transporta de manera superficial sobre los tallos de las macrófitas y humedales de flujo subsuperficial, si el agua se transporta por debajo de la superficie del estrato del humedal.

Humedales de flujo superficial: son sistemas también conocidos como surface flow constructed wetlands o free water surface constructed wetlands, donde el agua circula a través de los tallos de las plantas y raíces expuestas directamente a la atmosfera. Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de estas, tienen menor profundidad (no más de 0,6 m) y hay plantas.

Humedales de flujo subsuperficial: son sistemas también conocidos como subsurface flow constructed wetlands, caracterizados por tener una circulación de agua mediante un

material granular (subterráneo), con una profundidad de agua alrededor de los 0,6 m. La vegetación es plantada en el material granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. En función de la forma de aplicación de agua al sistema, los humedales de flujo subsuperficial pueden clasificarse en dos tipos: humedales de flujo subsuperficial horizontal y (b) humedales de flujo subsuperficial vertical.

(Delgadillo et al., 2010)

3.3.3.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal

Son los sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales más implementados en Europa, según las investigaciones de Seidel (1967) y Kickuth (1977). El diseño de estos humedales artificiales consiste en una cama, conformada de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, comúnmente se utiliza caña, carrizo y totoras. Es importante que toda la cama este recubierta por una membrana impermeable para que no se produzcan filtraciones de aguas residuales en el suelo (Kolb, 1998).

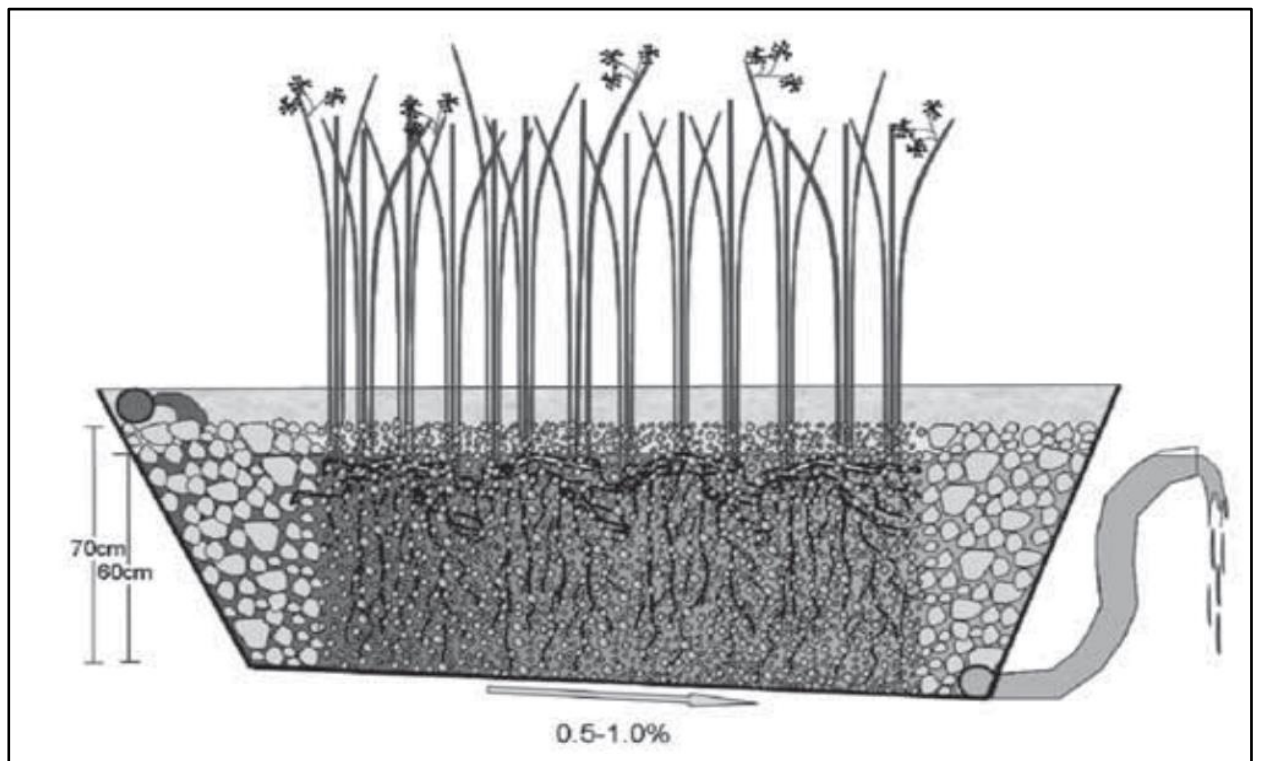


Figura 3.6: Humedal artificial de flujo subsuperficial de flujo horizontal.

Fuente: (Delgadillo et al., 2010)

La totora

Las especies helófitas poseen una gran adaptación en sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales; es decir, son las especies vegetal dominantes en zonas donde las condiciones restringen las posibilidades de desarrollo de otras especies. Estas plantas se desarrollan en climas templados, en un rango de 16°C a 27°C de temperatura media óptima (Delgadillo et al., 2010).

La totora es la planta más utilizada en humedales artificiales de flujo subsuperficial por su tolerancia a la inundación permanente que se considera poca cuando la capa de agua es profunda (Málvarez, 1999).

Capacidad de depuración de la totora

El funcionamiento de los humedales artificiales no es comprendido a la totalidad, existen múltiples dudas y diferencias sobre aspectos como: dimensionamiento, operación, clima entre otros parámetros, incluyendo la capacidad de depuración de los tipos de especie vegetal implantadas. Hasta el punto de dudar si hay diferencias en usar o no, plantas en los humedales. Algunos autores afirman que han conseguido mejores resultados con el uso de fitosistemas, en comparación a sistemas iguales, pero sin especies vegetales. Stearman et al. (2003) indica una reducción de contaminantes de un porcentaje mayor al 20% en humedales implantados respecto a los no implantados.

Tabla 3.8: Capacidad depuradora de humedales con totora (*Scirpus* spp).

Parámetros	Metales pesados	Nitrógeno	Fosfato	Fósforo	Coliformes y bacterias
Ujang et al (2004)	85%*	N/A	N/A	N/A	N/A
Soto et al (1999)	N/A	22 a 33%*	30*	20*	99,9*

* % de reducción de los valores de los parámetros luego del paso por un humedal subsuperficial.

Fuente: (Delgadillo et al., 2010)

Según (Fernández et al., 2004), menciona que la capacidad de extracción de nutrientes puede estimarse en función de la composición de los tejidos de la especie vegetal; el

contenido en N y P en parte área y parte subterránea son, respectivamente del orden de 1,6% N y 0,12 % P, y 1,2% N y 0,18% P.

En conclusión, los humedales superficiales poseen en general baja eficiencia de remoción de nutrientes sin importar el tipo de especie vegetal que se utilice en su configuración. Pero poseen una alta eficiencia de remoción de DBO y DQO, metales pesados y en la eliminación de coliformes totales (Delgadillo et al., 2010).

Criterios de diseño

- El agua debe ingresar permanentemente, aplicada desde la parte superior de un extremo del humedal y recogida por una tubería de drenaje en la parte opuesta inferior de la cama del humedal.
- El agua fluye lateralmente por un medio poroso (flujo pistón). Por ello, la profundidad de lecho varía entre 0,45 m a 1m, con una pendiente entre 0,5% a 1%.
- En algunos diseños se proyecta una zona de amortiguación formada por grava de gran tamaño, evitando el ingreso directo al medio granular principal del humedal (zona donde se presenta las especies vegetales).
- El sistema de recolección de aguas consiste en una tubería para drenaje de cribado, rodeada con grava de igual tamaño que la usada en el ingreso de aguas al humedal. El valor del diámetro de la grava de ingreso y salida es entre 50 mm a 100 mm.
- Por último, en la zona de plantación del humedal se considera la colocación de grava fina de un solo tamaño. El diámetro de esta grava oscila entre 3 mm a 32 mm.

Tabla 3.9: Parámetros generales de diseño para humedales artificiales de flujo subsuperficial.

Parámetros	Valor típico	Unidad
Tiempo de retención hidráulica	2-17	días
Profundidad del agua	0,1-1	m
Área	2,5-5	m ² /heq
Carga orgánica máx. (DBO)	3-7,5	g/ m ²
Carga hidráulica	2-30	mm/día
Relación largo/ancho	0,25/1-5/1	-
Frecuencia de cosecha	3-5	años

Fuente: (Wood et al., 1995)

En la Tabla 3.9 se presenta los criterios de diseño más relevantes en el diseño de humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal.

Metodología de diseño

El dimensionamiento de humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal se determina en base a la metodología propuesta por Kadlec y Knight en 1996. Esta metodología es similar al modelo a flujo pistón, por ello las aguas deben circular por la dimensión más larga del humedal.

1. Calcular la constante de velocidad de primer orden a partir de la ecuación de Arrhenius, establecida únicamente para el parámetro N (Nitrógeno).

$$k_t = k_{20} \cdot \theta^{(t-20)} \quad (3.15)$$

Donde:

k: Constante de velocidad de primer orden a una temperatura t [m/año]

k₂₀: Constante de velocidad de primer orden a una temperatura de 20°C [m/año]

θ: Constante de temperatura

t: Temperatura [°C]

2. Asumir el área superficial del humedal, requerida para cumplir con la remoción impuesta por las normas ambientales; es decir, respetando los límites de descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce recomendado por las normativas ambientales. A partir de la ecuación (3.16) propuesta por Kadlec y Knight en 1996.

$$C_e = C^* + (C_i - C^*) \cdot \exp\left(\frac{-A_s \cdot k}{365 \cdot Q}\right) \quad (3.16)$$

Donde:

C_e: Concentración de efluente [mg/l]

C*: Concentración de contaminantes de fondo [mg/l]

C_i: Contribución de afluente [mg/l]

A_s: Área superficial del humedal subsuperficial [m²]

k: Constante de velocidad de primer orden [m/año]

Q: Caudal de aporte por día de aguas residuales domésticas [m³/día]

Mediante esta metodología se determina las dimensiones de los humedales a partir del área superficial asumida, así como también el porcentaje de remoción de múltiples contaminantes presentes en el agua residual como: DBO, DQO, SS, N y P mencionados anteriormente en la sección 3.1.4.

3.3.3.3 Filtro biológico anaerobio de flujo ascendente

Es un tipo de reactor biológico para el tratamiento y purificación de microorganismos anaerobios presentes en las aguas residuales. Esta tecnología de tratamiento posee una gran eficiencia en la reducción de altas cargas orgánicas y su depuración se da por la fijación y el desarrollo de microorganismos en forma de una película biológica en la superficie de cada parte de piedra utilizada como material de relleno.

El afluente fluye en los intersticios del lecho manteniéndose en contacto con el lodo activo adherido, produciéndose la adsorción y remoción de materia orgánica disuelta (NBR 13969, 1997).

La finalidad de un filtro de tipo percolador es reducir la carga orgánica existente en las aguas residuales de uso doméstico en general. El cual está conformado por un lecho de piedras, u otro medio natural o sintético, sobre el cual se aplican las aguas residuales, donde se produce el crecimiento de microorganismos y películas microbiales sobre el lecho (Romero Rojas, 1999).

Parámetros de diseño

El diseño del filtro biológico anaerobio de flujo ascendente es basado en la norma brasileña y su primer parámetro a considerar es el volumen de la carga orgánica en los lechos bacterianos.

Tabla 3.10: Clasificación de los lechos bacterianos.

Parámetro	Unidad	Alta carga		Media carga	Baja carga
		Piedra	Plástico		
Carga Orgánica	kgDBO/ m ³ *día	0,3-1	1-5	0,24-0,48	0,08-0,32
Carga Hidráulica	m ³ /m ² *hora	0,5-1	1,5-3	4-10 m/d	1-4 m/d
Altura	m	<3	>7	<3	<3
Recirculación	%	100-300	100-300	0-100	0
Rendimiento	% DBO	60-80	65-85	60-80	90-95

Fuente: (Collado, 1992)

Es de gran importancia considerar el tipo de material del lecho bacteriano para así conseguir la mayor superficie e índice de huecos, resultando el aumento de la biomasa degradante.

Tabla 3.11: Características del lecho bacteriano.

Medio de soporte	Tamaño (cm)	Peso específico (Kg/m ³)	Superficie específica (m ² /m ³)	Huecos (%)
Plástico	50-120	33-100	80-100	95-97
Piedras	2-7	1500	64	46
Piedras	10	1120	45	60
Escorias	5-8	1130	66	50

Fuente: (Collado, 1992)

El último parámetro a considerar es la contribución de vertidos y carga orgánica que será tratada en el filtro anaerobio, tomando en cuenta que la carga orgánica tratada en el tanque séptico remueve el 40% de los valores que se presentan la Tabla 3.12.

Tabla 3.12: Contribución de aguas residuales y carga orgánica por número de ocupantes y tipo de edificación.

Predio	Unidad	Aguas residuales (C) l/día	Lodos (Lf) gDBO5/d
1 OCUPANTES PERMANENTES			
Residencia-Alta	persona	160	50
Residencia-Medio	persona	130	45
Residencia-Bajo	persona	100	40
Hoteles sin cocina y sin lavandería	persona	100	30
Alojamiento provisorio	persona	80	1
2 OCUPANTES TEMPORALES			
Fábricas en general	operario	70	25
Edificios públicos	persona	50	25
Restaurantes y similares	comida	25	25
Cinemas, teatros y templos	lugar	2	1

Fuente: (NBR 13969, 1997)

Metodología de diseño

En esta sección se describe el dimensionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente, según la norma brasileña (NBR 13969, 1997).

1. Determinar la carga orgánica del afluente.

$$L = \frac{N \cdot Co}{1000} \quad (3.17)$$

Donde:

L: Carga orgánica del afluente [kgDBO/día]

N: Población servida [hab]

Co: Carga orgánica por habitante [grDBO/ día]

2. Calcular el volumen útil del lecho filtrante.

$$V = \frac{L}{Lv} \quad (3.18)$$

Donde:

V: Volumen útil del lecho filtrante [kgDBO/día]

L: Carga orgánica del afluente [kgDBO/día]

Lv: Carga orgánica volumétrica [grDBO/ m³*día]

3. Hallar el volumen total del tanque, considerando la porosidad del medio filtrante.

$$V_t = \frac{V}{e} \quad (3.19)$$

Donde:

Vt: Volumen total [kgDBO/día]

V: Volumen útil del lecho filtrante [kgDBO/día]

e: Porcentaje de porosidad del lecho filtrante [%]

3.4 PTAR Barrio Uchucay

3.4.1 Evaluación de la PTAR existente

3.4.1.1 Ubicación e identificación de la planta

La PTAR a evaluar se encuentra a 11 km al noreste del centro parroquial de San Sebastián de Yuluc del cantón Saraguro, en el barrio Uchucay.

El ingreso a la planta es por un camino de tierra proveniente de la vía principal de Uchucay.

Las coordenadas UTM WGS 84 de la PTAR del barrio Uchucay se observan en la siguiente tabla:

Tabla 3.13: Coordenadas UTM WGS 84 de la PTAR del barrio Uchucay.

Código	Coordenada UTM X	Coordenada UTM Y
Punto 1	9629860,80 m E	681641,57 m S
Punto 2	9628958,91 m E	681638,75 m S
Punto 3	9629864,44 m E	681635,16 m S
Punto 4	96298666,25 m E	681637,98 m S

Fuente: Autor



Figura 3.7: PTAR del barrio Uchucay.

Fuente: Autor

.4.1.2 Evaluación de la infraestructura del PTAR

La planta de tratamiento de aguas residuales existente del Barrio Uchucay está construida en un área de 495,9 m² sobre un terreno ubicado al borde izquierdo del camino de acceso. El terreno consta de un cerramiento de postes metálicos y malla galvanizada en la parte frontal únicamente. Además, el camino de acceso no está asfaltado, por ello existe dificultades en el ingreso a la planta en épocas de invierno por lo general, impidiendo la entrada de vehículos para actividades de mantenimiento y control técnico y operacional de la planta de tratamiento.

El PTAR actual conste de un sistema de tratamiento primario, conformado por un tanque séptico de doble cámara.



Figura 3.8: PTAR del barrio Uchucay.

Fuente: Autor

Funcionamiento

Las aguas residuales domésticas generadas por la población servida del Barrio Uchucay, ingresan a la planta a través del pozo P26 que lleva las aguas hacia el pozo PP (ver Anexo 6) y posteriormente ingresan al interior de la planta por una tubería de PVC de \varnothing 200 mm a una altura alrededor de 1,80 m con respecto al fondo del tanque séptico. Finalmente, el agua tratada sale por una tubería de PVC de \varnothing 200 mm a una altura de 1,30 m para ser transportadas y descargadas directamente aguas abajo del río Uchucay que desemboca en el río Jubones.

Esta unidad de tratamiento (tanque séptico) dispone de una pantalla de hormigón para dividir al tanque en dos cámaras y cada una de ellas presenta un ducto de ventilación, para la evacuación de olores y gases. Adicionalmente, existen dos tapas de inspección para el mantenimiento del sistema.

Estructuras existentes

En el PTAR del barrio Uchucay existen las siguientes estructuras que se describen a continuación:

Pozo 26: es un pozo existente circular de \varnothing de 60 cm, cuya función es cambiar la dirección del flujo para permitir el ingreso de las aguas residuales a la planta.

Pozo PP: es un pozo existente circular de \varnothing de 60 cm, cuya función es controlar el ingreso del flujo hacia el tanque séptico mediante la operación de válvulas.

Tanque séptico: es una estructura para tratamiento primario de aguas residuales, cuyas dimensiones son de 7,00 m de largo, 3,50 m de ancho y 2,70 m de profundidad. El agua ingresa por una tubería de PVC de \varnothing 200 mm a una altura de 1,80 m. El tanque está dividido en dos cámaras, la primera tiene un compartimento de 4,70 m de largo y la segunda cámara con un compartimento de 2,30 m de largo. Estos compartimentos están separados por una pantalla de hormigón de alrededor de 0,20 m de espesor y 2,65 m de altura. La salida del tanque séptico es mediante una tubería de PVC de \varnothing 200 mm a una altura de 1,30 m como se mencionó anteriormente.



Figura 3.9: Estructuras existentes del PTAR del barrio Uchucay.

Fuente: Autor



Figura 3.10: Estado de la caja de válvulas.

Fuente: Autor



Figura 3.11: Estado de las tuberías de PVC usadas para la descarga del efluente al río Uchucay.

Fuente: Autor

3.4.1.3 Análisis teórico del funcionamiento actual de la PTAR

El análisis de cada unidad de una PTAR se debe realizar siguiendo los parámetros y criterios de diseño presentes en las normativas de hidrosanitaria vigentes en el país. La evaluación de la unidad de tratamiento primario existente en el barrio Uchucay fue desarrollada en base a la norma brasileña NB-41/81.

Caudal teórico actual

Para estimar el caudal teórico actual que llega a la PTAR es necesario considerar los siguientes parámetros:

- Población futura del Barrio Uchucay.
- Dotación de Agua Potable.
- Coeficiente de retorno.
- Área de aporte.
- Caudal de Infiltración.
- Caudal de aguas ilícitas.

A continuación, se presenta los resultados del caudal teórico actual de la PTAR del barrio Uchucay,

Tabla 3.14: Caudal teórico actual PTAR existente-Uchucay.

Caudal de diseño-PTAR existente Uchucay			
Caudal Medio	Q_m	0,680	l/s
Coeficiente de Mayoración	K	3,906	-
Caudal Máximo Horario	$Q_{m\acute{a}x-h}$	2,658	l/s
Caudal de Infiltración	Q_{inf}	3,622	l/s
Caudal de Aguas Ilícitas	$Q_{il\acute{i}}$	0,619	l/s
Caudal de Diseño	Q_d	6,898	l/s

Fuente: Autor

(Ver Anexo 2) para el procedimiento de cálculo.

Análisis tanque séptico

El análisis del funcionamiento del tanque séptico se establece en función al volumen útil requerido, calculado a partir de los parámetros como: período de retención Tabla 3.4, la población servida y la contribución de aguas residuales y lodos Tabla 3.7. A continuación, se presenta los resultados de la evaluación del tanque séptico de la PTAR del barrio Uchucay. (Ver Anexo 2) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.15: Dimensiones reales del tanque séptico PTAR existente-Uchucay.

Dimensiones reales del tanque séptico			
Largo	L	7,00	m
Ancho	B	3,50	m
Altura	H	2,70	m
Volumen total real	Vr	66,15	m ³

Fuente: Autor

Tabla 3.16: Parámetros para la evaluación del tanque séptico PTAR existente-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Número de habitantes servidos	<i>N</i>	668	hab
Contribución de aguas residuales por persona	<i>C</i>	88,00	l/hab*día
Período de retención	<i>T</i>	0,50	día
Contribución de lodos	<i>Lf</i>	1,00	l/hab*día

Fuente: Autor

Tabla 3.17: Resultados de la evaluación del tanque séptico PTAR existente-Uchucay.

Evaluación del tanque séptico-Norma Brasileña				
Volumen útil del tanque séptico	<i>V</i>	125,05	m ³	$V = 1,30 \cdot N \cdot (C \cdot T + 100 \cdot Lf)$

Fuente: Autor

3.4.1.4 Diagnóstico de la PTAR

- El PTAR no posee un proceso de tratamiento preliminar como: rejillas, desarenadores, desengrasadores, etc.
- El tanque séptico de doble cámara no cumple con el análisis teórico desarrollado, porque el volumen útil (V) requerido para la población servida del barrio Uchucay es mayor al volumen real (V_r) del tanque como se observa en la sección 3.4.1.3.
- La capacidad del tanque séptico se encuentra colapsada, debido a que en los últimos años los aportes de aguas residuales domésticas han aumentado considerablemente por el crecimiento poblacional en la zona de estudio.
- La salud de los habitantes de la zona ha sido perjudicada por la falta de un eficiente tratamiento de aguas residuales. A partir del levantamiento de información realizado, se identificó un gran número de moradores afectados por los fuertes olores y gases desprendidos por el PTAR del barrio Uchucay.
- La PTAR requiere mejorar sus vías de acceso vehicular en las temporadas de invierno principalmente, porque al ser un camino de tierra es afectado por la gran cantidad de precipitaciones.
- En tiempo de precipitaciones (invierno), el agua ingresa directamente por las tapas de los pozos de alcantarillado sanitario, modificando totalmente el funcionamiento de las unidades de la planta.
- La funcionalidad y fiabilidad de la planta es pésima, por la falta de mantenimiento del cerramiento, sitio y unidades de tratamiento.

3.4.2 Rediseño PTAR Barrio Uchucay

En esta sección se presenta la propuesta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Uchucay de la parroquia San Sebastián de Yuluc, cantón Saraguro de la provincia de Loja. En el proyecto de rediseño de la PTAR del barrio Uchucay se considera específicamente el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico, debido a que el sistema de alcantarillado existente es de tipo separado; es decir, recolecta exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales pre tratadas. Al no existir industrias en la zona de estudio, solo se ha considerado las aguas servidas provenientes de cada vivienda o residencia del sector.

La caracterización de las muestras de aguas residuales fue obtenida en campo, en último pozo del sistema de alcantarillado sanitario existente (PP), donde se controla el ingreso del flujo hacia el PTAR existente. Los resultados del estudio de laboratorio de la muestra tomada se presentan en la Tabla 3.18 y en el Anexo 9.

Tabla 3.18: Caracterización de las aguas residuales domésticas del barrio Uchucay.

Parámetro	Unidad	Resultado
DBO5	mg/l	520
DQO	mg/l	979
Sólidos suspendidos totales	mg/l	572
Coliformes totales	NMP/100ml	7,9E+07
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	4,9E+07

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos en el estudio de las aguas residuales, indican un valor de contaminación muy alto en los parámetros analizados. Generalmente en aguas residuales de tipo industrial o aguas procedentes de camales se da este alto incremento de contaminantes, pero al no existir estas posibilidades queda totalmente descartado. Entonces, no es posible tomar el presente estudio como una muestra significativa para el tratamiento de aguas residuales del barrio Uchucay.

Con la finalidad de conseguir un adecuado sistema de tratamiento, se ha usado la caracterización de aguas residuales de uso doméstico propuestas por el autor (Metcalf & Eddy, 1995b).

En la Tabla 3.19 se observa la composición típica de las aguas residuales.

Tabla 3.19: Composición típica del agua residual doméstica no tratada.

Parámetro	Unidad	Valor promedio
DBO5	mg/l	220
DQO	mg/l	500
Sólidos suspendidos totales	mg/l	225
Sólidos sedimentables	mg/l	10

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995b)

3.4.3 Objetivo del tratamiento

La finalidad del tratamiento de aguas residuales en el barrio Uchucay es buscar un tipo de sistema capaz de remover sólidos, disminuir de la carga orgánica, remover lodos, eliminar el nitrato entre otros parámetros. Por medio de procesos físicos, químicos y biológico, cumpliendo la normativa ambiental dictada por el TULSMA conocida como los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce mencionadas en la sección 3.1.4. Así evitaremos afectar la salud de los moradores del sector.

3.4.4 Criterios de calidad en el agua residual de uso doméstico

Los criterios de calidad a observarse en la depuración de aguas residuales de uso doméstico se centran principalmente en múltiples efectos contaminantes como:

- En el porcentaje de materia orgánica contenidos en las aguas residuales, en función del parámetro de DBO.
- El aumento de materiales sólidos flotantes en las aguas residuales.
- Las afecciones microbiológicas es el criterio más importante porque causan los problemas en la salud pública y el medioambiente.

3.4.5 Procesos de tratamiento de aguas residuales

Para seleccionar correctamente las tecnologías de tratamiento a emplearse en el rediseño de la PTAR del barrio Uchucay se considera lo recomendado por la norma hidrosanitaria (CPE-INEN-005-9-1, 1992) en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20: Procesos de tratamiento y grados de remoción.

Proceso de tratamiento	Remoción (%)	
	DBO	Sólidos suspendidos (SS)
Sedimentación primaria	25-40	40-70
Lodo activados	55-95	55-95
Filtros percoladores	50-95	50-92
Lagunas aireadas	80-90	Según el tipo de laguna
Zanjas de oxidación	90-98	80-95
Lagunas de estabilización	70-85	Según el tipo de laguna

Fuente: (CPE-INEN-005-9-1, 1992)

3.4.6 Diseño

El rediseño de la PTAR del barrio Uchucay consta de un proceso de tratamiento preliminar, primario y secundario de aguas residuales de uso doméstico.

3.4.6.1 Caudal de diseño teórico

Para estimar el caudal teórico que llega a la PTAR se establece un período de diseño de 20 años, recomendado por la norma CPE-INEN-005-9-2 (1997). Además, es necesario considerar los siguientes parámetros:

- Población futura del Barrio Uchucay.
- Dotación de Agua Potable.
- Coeficiente de retorno.
- Área de aporte.
- Caudal de Infiltración.
- Caudal de aguas ilícitas.

A continuación, se presenta los resultados del caudal teórico de diseño para el rediseño de la PTAR del barrio Uchucay.

Tabla 3.21: Caudal de diseño PTAR-Uchucay.

Caudales de diseño-PTAR Uchucay			
Caudal Medio	Q_m	1,038	l/s
Coeficiente de Mayoración	K	4,50	-
Caudal Máximo Horario	$Q_{m\acute{a}x-h}$	4,670	l/s
Caudal de Infiltración	Q_{inf}	2,849	l/s
Caudal de Aguas Ilícitas	$Q_{il\acute{i}}$	0,944	l/s
Caudal de Diseño	Q_d	8,463	l/s
Caudal máx-PTAR	$Q_{m\acute{a}x}$	8,463	l/s
Caudal medio-PTAR	Q_{medio}	4,830	l/s
Caudal mín-PTAR	$Q_{m\acute{i}n}$	1,038	l/s

Fuente: Autor

(Ver Anexo 4) para el procedimiento de cálculo.

3.4.6.2 Tratamiento preliminar

Para el tratamiento preliminar se propone el diseño de un canal acompañado de un vertedero lateral de excesos para derivar y transportar los caudales crecidos en tiempo de invierno por lo general, seguido de una rejilla de barras circulares. Posteriormente, se ha diseñado una transición de salida que conecta la rejilla con el desarenador, el cual está conformado por dos cámaras y un vertedero de tipo sutro, ubicado a la salida de cada cámara para controlar la velocidad de flujo.

Rejilla

Se propone la siguiente configuración y dimensionamiento de la rejilla de entrada, como se observa en la Tabla 3.22. Adicionalmente, para el ingreso de aguas residuales se ha diseñado un canal de sección de 0,3 m x 0,3 m, con una longitud de entrada de 1m hasta la rejilla. (Ver Anexo 4) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.22: Configuración de la rejilla de entrada PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Diámetro de barras	ϕ	1,5	cm
Espaciamiento	e	2,5	cm
Ángulo de la rejilla con la horizontal	Θ	50	(°)
Factor de forma de las barras	β	2,79	-
Caudal máx-PTAR	Q	8,463	lt/s
Velocidad de ingreso	V	0,45	m/s
Número de barras	n	7	-
Calado inicial en el canal	y ₀	0,063	m
Pérdida de energía	hr	0,007	m
Calado de salida	y ₁	0,056	m

Fuente: Autor

Desarenador

Para el dimensionamiento del desarenador se considera el caudal máximo de diseño y su valor es repartido entre las dos cámaras; es decir, cada cámara transporta 4,232 l/s. A continuación, se presenta los parámetros de partida para el cálculo y sus resultados. (Ver Anexo 4) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.23: Datos de entrada para el dimensionamiento del desarenador PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Densidad relativa de la arena	ρ_s	2,65	-
Diámetro de la partícula	d	0,02	cm
Temperatura del agua	$temp$	20	°C
Densidad del Agua	ρ_a	0,998	gr/cm ³
Viscosidad cinemática	η	1,0105E-02	cm ² /s
Q máx-desarenador	Q	4,232	l/s

Fuente: Autor

Tabla 3.24: Dimensiones del desarenador PTAR-Uchucay.

Dimensiones del desarenador			
Largo	L	4,00	m
Ancho	B	0,40	m
Ancho de pared entre canales	B_p	0,20	m
Profundidad	h	0,15	m

Fuente: Autor

Transición

La transición de salida es diseñada en base al calado calculado antes de la rejilla (Yo), la cual determina el flujo de aguas abajo mediante la ecuación de Bernoulli. Este procedimiento de cálculo es determinante para el diseño de la estructura del vertedero de tipo sutro. La transición de salida conecta el ancho de 0,3 m de la rejilla con el ancho de 1 m del desarenador y su longitud es de 1,6 m. El diseño de la transición se muestra en el Anexo 4 y la Figura 3.12 presenta el perfil que sigue el flujo en el tratamiento preliminar.

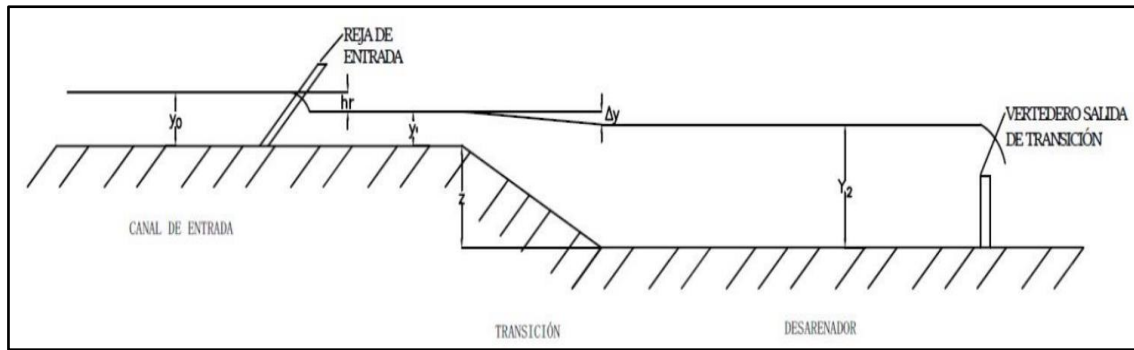


Figura 3.12: Perfil de flujo en el sistema de tratamiento preliminar.

Fuente: (González Tello & Narváz Torres, 2019)

Vertederos de salida del desarenador

Se ha propuesto un vertedero de tipo sutro en la salida de cada cámara del desarenador, con el fin de controlar la velocidad del flujo como se indicó anteriormente. En la Tabla 3.25, se presentan los resultados obtenidos en el diseño de los vertederos a partir de la ecuación (3.2), considerando que el caudal distribuido en cada cámara es 4,232 l/s.

Tabla 3.25: Dimensionamiento del vertedero de tipo sutro PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Calado de agua en el desarenador	y_2	0,181	m
Altura del vertedero	P_1	0,14	m
Ancho del vertedero	b	0,20	m
Altura mínima	a	0,01	m
Calado de agua sobre el vertedero	H	0,04	m
Calado de agua en el desarenador	y	0,181	m

Fuente: Autor

3.4.6.3 Tratamiento primario

Para el tratamiento primario se propone el diseño de un tanque séptico de doble cámara que trabaje conjuntamente con un lecho de secado de lodos, por sus bajos costos de operación y mantenimiento.

Tanque séptico

El diseño del tanque séptico sigue los criterios, parámetros y metodología mencionados en la sección 3.3.2.1. En la Tabla 3.26 y en la Tabla 3.27 presenta los parámetros de partida para el cálculo y sus resultados, respectivamente. (Ver Anexo 4) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.26: Datos de entrada para el dimensionamiento del tanque séptico PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Número de habitantes servidos	N	1019	hab
Contribución de aguas residuales por persona	C	88,00	l/hab*día
Período de retención	T	0,50	día
Contribución de lodos frescos	L_f	1,00	l/hab*día

Fuente: Autor

Tabla 3.27: Dimensiones y volumen real del tanque séptico PTAR-Uchucay.

Dimensiones del tanque séptico			
Largo	L	13,50	m
Longitud-Cámara 1	L_1	9,00	m
Longitud-Cámara 2	L_2	4,50	m
Ancho	B	7,50	m
Altura	H	2,00	m
Volumen real	V_r	202,50	m ³

Fuente: Autor

La eficiencia de remoción asumida de DBO es de 35% y de ST es 16%, recomendadas en las Tablas 3.5 y 3.6 en la sección 3.3.2.1.

Tabla 3.28: Eficiencia de remoción mínima del tanque séptico PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor afluente	Valor efluente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/l	220,00	143,00
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	500,00	420,00

Fuente: Autor

Lecho de secado de lodos

El diseño del lecho de secado de lodos sigue los criterios y metodología presentados en la sección 3.3.2.2. En la Tabla 3.29 y en la Tabla 3.30 se presenta los parámetros de partida para el cálculo y sus resultados, respectivamente. (Ver Anexo 4) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.29: Datos de entrada para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Número de habitantes servidos	N	1019	hab
Densidad promedio de lodos	ρ_{lodo}	1,04	kg/l
% Sólidos contenidos en los lodos	-	10%	%
Tiempo de digestión	Td	40,00	días
Profundidad del lecho secado	h	0,40	m
Contribución per cápita SS	$CpSS$	90,00	grSS/hab*día

Fuente: Autor

Tabla 3.30: Dimensiones y área real del lecho secado de lodos PTAR-Uchucay.

Dimensiones del lecho secado de lodos			
Largo	L	7,50	m
Ancho	B	3,50	m
Área real	Ar	26,25	m ²

Fuente: Autor

3.4.6.4 Tratamiento secundario

La tecnología de tratamiento secundaria empleada es un filtro anaerobio de flujo ascendente que trabaja como un filtro de tipo percolador, con el objetivo principal de reducir el excedente de la carga orgánica de las aguas residuales domésticas provenientes del tratamiento primario. El filtro anaerobio proyectado está conformado por un lecho de piedras granulares, donde el afluente fluye sobre los vacíos del material granular para adherirse a los lodos; y así, producir la adsorción y remoción de materia orgánica disuelta.

Filtro anaerobio de flujo ascendente

El diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente sigue los criterios, parámetros y metodología mencionados en la sección 3.3.3.3. En las Tablas 3.31 y 3.32 se presenta los parámetros de partida para el cálculo y sus resultados, respectivamente. (Ver Anexo 4) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.31: Datos de entrada para el dimensionamiento del filtro anaerobio PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Número de habitantes servidos	N	1019	hab
Carga orgánica por habitante	Co	26,00	gr DBO ₅ ,20/día
Carga orgánica volumétrica	Lv	0,30	kgDBO/m ³ *día
Altura del lecho filtrante	hm	1,20	m
Porosidad del medio filtrante	e	46%	%

Fuente: Autor

Tabla 3.32: Dimensiones y área real del filtro anaerobio PTAR-Uchucay.

Dimensiones del filtro anaerobio			
Largo	L	16,00	m
Ancho	B	10,00	m
Área real	Ar	160,00	m ²

Fuente: Autor

La eficiencia de remoción asumida de DBO es de 70% y de ST es 64%, recomendadas en las Tablas 3.5 y 3.6 en la sección 3.3.2.1.

Tabla 3.33: Eficiencia de remoción mínima del filtro anaerobio PTAR-Uchucay.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor afluente	Valor efluente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/l	143,00	42,90
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	420,00	151,20

Fuente: Autor

Anexo 7: Planos diseño de la PTAR del barrio Uchucay.

3.5 PTAR Sector Uduzhe

En el sector de Uduzhe es de gran urgencia implementar un eficiente sistema de tratamiento de aguas residuales, debido a la descarga directa de aguas servidas sin un tratamiento previo sobre el río Uchucay; provocando una serie de problemas sanitarios en el sistema de captación de la planta de potabilización de agua existente en el barrio Uchucay, ubicada aguas abajo del sector Uduzhe. La situación actual conlleva al riesgo de afectar la salud de los habitantes del barrio Uchucay principalmente; y por supuesto, las condiciones medioambientales y el desarrollo socioeconómico de todas las zonas de influencia.

3.5.1 Propuesta de tratamiento de aguas residuales para el sector Uduzhe

En esta sección se presenta la propuesta de tratamiento de aguas residuales para el sector Uduzhe de la parroquia Manú, cantón Saraguro de la provincia de Loja. En el proyecto de diseño de la PTAR del sector Uduzhe se considera específicamente el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico, debido a que el sistema de alcantarillado existente es de tipo separado; es decir, recolecta exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales pre tratadas. Al no existir industrias en la zona de estudio, solo se ha considerado las aguas servidas provenientes de cada vivienda o residencia del sector.

La caracterización de las muestras de aguas residuales fue obtenida por los técnicos de la empresa Electro Generadora del Austro del ELECAUSTRO S.A.; en la zona de descarga del afluente (quebrada); es decir, donde termina el sistema de alcantarillado sanitario existente. Los resultados del estudio de laboratorio de la muestra tomada se presentan en la Tabla 3.34 y en el Anexo 9.

Tabla 3.34: Caracterización de las aguas residuales domésticas en el sector Uduzhe.

Parámetro	Unidad	Resultado
DBO5	mg/l	95
DQO	mg/l	179
pH	-	7,81
Sólidos suspendidos	mg/l	86
Coliformes totales	NMP/100ml	1,3E+07
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1,3E+07

Fuente: Autor

Para el presente diseño se considera los valores teóricos de la caracterización de aguas residuales de uso doméstico, presentados en la Tabla 3.19, debido a que los resultados obtenidos en el estudio (Tabla 3.34) indican un valor muy bajo con respecto a los valores teóricos antes mencionados. Esta disminución puede ser debida a dos causas fundamentales: dilución de procesos de mezcla y autodepuración del medio receptor.

3.5.2 Objetivo del tratamiento

El objetivo del tratamiento de aguas residuales en el sector Uduzhe es buscar un tipo de sistema capaz de remover sólidos, disminuir de la carga orgánica, remover lodos, eliminar el nitrato entre otros parámetros que ayuden a mejorar la calidad del efluente principalmente. Por medio de procesos físicos, químicos y biológico, cumpliendo la normativa ambiental dictada por el TULSMA conocida como los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce mencionadas en la sección 3.1.4. Así evitaremos la contaminación de todos los recursos hídricos disponibles en la zona de influencia y afectar la salud de sus moradores.

3.5.3 Diseño

El diseño de la PTAR del sector Uduzhe consta de un proceso de tratamiento preliminar, primario y secundario de aguas residuales de uso doméstico.

Los criterios de calidad en el agua residual de uso doméstico y la selección de los procesos de tratamiento para el PTAR del sector Uduzhe serán los mismos considerados en las secciones 3.4.4 y 3.4.5.

3.5.3.1 Caudal de diseño teórico

Para estimar el caudal teórico que llega a la PTAR se establece un período de diseño de 20 años, recomendado por la norma CPE-INEN-005-9-2 (1997). Además, es necesario considerar los siguientes parámetros:

- Población futura del sector Uduzhe.
- Dotación de Agua Potable.
- Coeficiente de retorno.
- Área de aporte.
- Caudal de Infiltración.

- Caudal de aguas ilícitas.

A continuación, se presenta los resultados del caudal teórico de diseño para el diseño de la PTAR del sector Uduzhe. (Ver Anexo 5) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.35: Caudal de diseño PTAR-Uduzhe.

Caudales de diseño-PTAR Uduzhe			
Caudal Medio	Q_m	0,543	l/s
Coefficiente de Mayoración	K	3,960	-
Caudal Máximo Horario	$Q_{máx-h}$	2,150	l/s
Caudal de Infiltración	Q_{inf}	1,87	l/s
Caudal de Aguas Ilícitas	$Q_{ilí}$	0,494	l/s
Caudal de Diseño	Q_d	4,513	l/s
Caudal máx-PTAR	$Q_{máx}$	4,513	l/s
Caudal medio-PTAR	Q_{medio}	2,906	l/s
Caudal mín-PTAR	$Q_{mín}$	0,543	l/s

Fuente: Autor

3.5.3.2 Tratamiento preliminar

Para el tratamiento preliminar se propone el diseño de un canal acompañado de un vertedero lateral de excesos para derivar y transportar los caudales crecidos en tiempo de invierno por lo general, seguido de una rejilla de barras circulares. Posteriormente se ha diseñado una transición de salida que conecta la rejilla con el desarenador, el cual está conformado por dos cámaras y un vertedero de tipo sutro, ubicado a la salida de cada cámara para controlar la velocidad de flujo.

Rejilla

Se propone la siguiente configuración y dimensionamiento de la rejilla de entrada, como se observa en la Tabla 3.36. Adicionalmente, para el ingreso de aguas residuales se ha diseñado un canal de sección de 0,3 m x 0,3 m, con una longitud de entrada de 1m hasta la rejilla. (Ver Anexo 5) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.36: Configuración de la rejilla de entrada PTAR-Uduzhe.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Diámetro de barras	ϕ	1,5	cm
Espaciamiento	e	2,5	cm
Ángulo de la rejilla con la horizontal	Θ	50	(°)
Factor de forma de las barras	β	2,79	-
Caudal máx-PTAR	Q	4,513	lt/s
Velocidad de ingreso	V	0,45	m/s
Número de barras	n	7	-
Calado inicial en el canal	yo	0,033	m
Pérdida de energía	hr	0,007	m
Calado de salida	y1	0,026	m

Fuente: Autor

Desarenador

Para el dimensionamiento del desarenador se considera el caudal máximo de diseño y su valor es repartido entre las dos cámaras; es decir, cada cámara transporta 2,257 l/s. A continuación, se presenta los parámetros de partida para el cálculo y sus resultados. (Ver Anexo 5) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.37: Datos de entrada para el dimensionamiento del desarenador PTAR-Uduzhe.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Densidad relativa de la arena	ρ_s	2,65	-
Diámetro de la partícula	d	0,02	cm
Temperatura del agua	temp	20	°C
Densidad del Agua	ρ_a	0,998	gr/cm ³
Viscosidad cinemática	η	1,0105E-02	cm ² /s
Q máx-desarenador	Q	2,257	l/s

Fuente: Autor

Tabla 3.38: Dimensiones del desarenador PTAR-Uduzhe.

Dimensiones del desarenador			
Largo	L	3,00	m
Ancho	B	0,30	m
Ancho de pared entre canales	B_p	0,20	m
Profundidad	h	0,15	m

Fuente: Autor

Transición

La transición de salida es diseñada en base al calado calculado antes de la rejilla (Y_0), la cual determina el flujo de aguas abajo mediante la ecuación de Bernoulli. Este procedimiento de cálculo es determinante para el diseño de la estructura del vertedero de tipo sutro. La transición de salida conecta el ancho de 0,3 m de la rejilla con el ancho de 0,8 m del desarenador y su longitud es de 1,2 m. El diseño de la transición se muestra en el Anexo 5 y la Figura 3.12 de la sección 3.4.6.2 presenta el perfil que sigue el flujo en el tratamiento preliminar.

Vertederos de salida del desarenador

Se ha propuesto un vertedero de tipo sutro en la salida de cada cámara del desarenador, con el fin de controlar la velocidad del flujo como se indicó anteriormente. En la Tabla 3.39, se presentan los resultados obtenidos en el diseño de los vertederos a partir de la ecuación (3.2), considerando que el caudal distribuido en cada cámara es 2,257 l/s.

Tabla 3.39: Dimensionamiento del vertedero de tipo sutro PTAR-Uduzhe.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Calado de agua en el desarenador	y_2	0,121	m
Altura del vertedero	$P1$	0,1	m
Ancho del vertedero	b	0,2	m
Altura mínima	a	0,01	m
Calado de agua sobre el vertedero	H	0,033	m
Calado de agua en el desarenador	y	0,121	m

Fuente: Autor

3.5.3.3 Tratamiento primario

Para el tratamiento primario se propone el diseño de un tanque séptico de doble cámara que trabaje conjuntamente con un lecho de secado de lodos, por sus bajos costos de operación y mantenimiento.

Tanque séptico

El diseño del tanque séptico sigue los criterios, parámetros y metodología mencionados en la sección 3.3.2.1. En la Tabla 3.40 y en la Tabla 3.41 presenta los parámetros de partida para el cálculo y sus resultados, respectivamente. (Ver Anexo 5) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.40: Datos de entrada para el dimensionamiento del tanque séptico PTAR- Uduzhe.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Número de habitantes servidos	N	533	hab
Contribución de aguas residuales por persona	C	88,00	l/hab*día
Período de retención	T	0,50	día
Contribución de lodos frescos	L_f	1,00	l/hab*día

Fuente: Autor

Tabla 3.41: Dimensiones y volumen real del tanque séptico PTAR-Uduzhe.

Dimensiones del tanque séptico			
Largo	L	10	m
Longitud-Cámara 1	L_1	6,70	m
Longitud-Cámara 2	L_2	3,30	m
Ancho	B	5,00	m
Altura	H	2,00	m
Volumen real	V_r	100	m^3

Fuente: Autor

La eficiencia de remoción asumida de DBO es de 35% y de SST es 16%, recomendadas en las Tablas 3.5 y 3.6 en la sección 3.3.2.1.

Tabla 3.42: Eficiencia de remoción mínima del tanque séptico PTAR-Uduzhe.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor afluente	Valor efluente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/lt	220,00	143,00
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/lt	225,00	189,00

Fuente: Autor

Lecho de secado de lodos

El diseño del lecho de secado de lodos sigue los criterios y metodología presentados en la sección 3.3.2.2. En la Tabla 3.43 y en la Tabla 3.44 se presenta los parámetros de partida para el cálculo y sus resultados, respectivamente. (Ver Anexo 5) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.43: Datos de entrada para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos PTAR-Uduzhe.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Número de habitantes servidos	N	533	hab
Densidad promedio de lodos	ρ_{lodo}	1,04	kg/l
% Sólidos contenidos en los lodos	-	10%	%
Tiempo de digestión	Td	40,00	días
Profundidad del lecho secado	h	0,40	m
Contribución per cápita SS	$CpSS$	90,00	grSS/hab*día

Fuente: Autor

Tabla 3.44: Dimensiones y área real del lecho secado de lodos PTAR-Uduzhe.

Dimensiones del lecho secado de lodos			
Largo	L	5,00	m
Ancho	B	3,00	m
Área real	Ar	15,00	m ²

Fuente: Autor

3.5.3.4 Tratamiento secundario

La tecnología de tratamiento secundaria empleada es un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal y está conformado por lechos de grava y suelos, impermeabilizado por una geomembrana en la superficie de fondo del humedal. Estos sistemas se diseñan para que el agua residual permanezca bajo la superficie del sustrato, evitando los riesgos asociados a la salud de los seres vivos y el medio ambiente, por la presencia de contaminantes y organismos patógenos en el agua.

Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal

El diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal sigue los criterios, parámetros y metodología mencionados en la sección 3.3.3.2. En las Tablas 3.45 y 3.46 se presenta el análisis de la concentración de DBO en el humedal subsuperficial y su dimensionamiento. (Ver Anexo 5) para el procedimiento de cálculo.

Tabla 3.45: Datos de entrada para el análisis de concentración de DBO del humedal de flujo subsuperficial.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Constante de velocidad aérea de primer orden	k	180	metro/año
Concentración de contaminantes de fondo	C*	11,08	mg/l
Concentración de afluente	Ci	143,00	mg/l
Concentración de efluente	Ce	90	mg/l
Área superficial	As	406,22	m ²
Objetivo-Concentración de efluente	Ce	90,00	mg/l

Fuente: Autor

Tabla 3.46: Dimensiones y área real del humedal de flujo subsuperficial PTAR-Udúzhe.

Dimensiones del humedal de flujo subsuperficial			
Largo	L	28,60	m
Ancho	W	14,30	m
Profundidad	h	0,80	m
Área real	Ar	408,98	m ²

Fuente: Autor

Tabla 3.47: Eficiencia de remoción mínima del humedal de flujo subsuperficial PTAR-Uduzhe.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor afluente	Valor efluente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/lt	143,00	90,00

Fuente: Autor

Anexo 8: Planos diseño de la PTAR del sector del Uduzhe.

3.5.4 Propuesta para la ubicación de la PTAR del sector Uduzhe

La ubicación de la PTAR del sector Uduzhe será posiblemente cerca de la descarga actual del alcantarillado sanitario existente (quebrada), en un terreno de 2900 m² perteneciente a la familia Ordoñez, moradores dedicados a las actividades agrícolas. La ubicación específica del terreno es a 10 km al noreste del centro parroquial de Manú del cantón Saraguro.

Las coordenadas UTM WGS 84 de la posible ubicación de la PTAR del sector Uduzhe se observan en la siguiente tabla:

Tabla 3.48: Coordenadas UTM WGS 84 de la PTAR propuesta del sector Uduzhe.

Código	Coordenada UTM X	Coordenada UTM Y
Punto A	678908,52 m E	9617941,38 m S
Punto B	678920,20 m E	9617979,79 m S
Punto C	678820,11 m E	9618028,03 m S
Punto D	678809,34 m E	9618010,42 m S

Fuente: Autor

El camino de acceso al terreno es de tierra y es transversal a la vía principal de ingreso al sector.

Anexo 9: Registro fotográfico y ensayos de laboratorio.

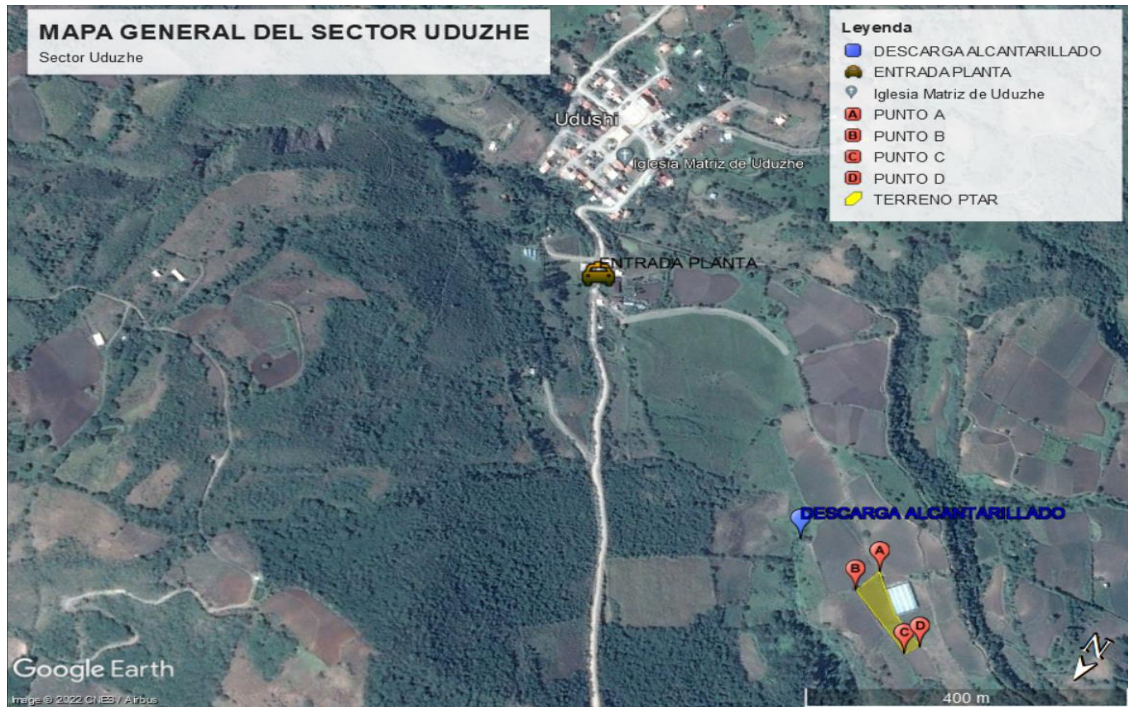


Figura 3.13: Mapa del sector Uduzhe.

Fuente: Autor



Figura 3.14: Ubicación del terreno-PTAR sector Uduzhe.

Fuente: Autor

CAPITULO V

4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

4.1 Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios se puede definir como una prueba que se ejecuta a las obras, con el fin de conocer detalladamente los costos por unidad de medida de las características constructivas de un proyecto. El objetivo del proceso de análisis de precios unitarios es establecer los costos preliminares y más aproximados a los que se manejarán en obra, ya que los APUs (Análisis de precios unitarios) se deben elaborar según las condiciones del contrato, obedeciendo la guía de las especificaciones técnicas y los planos tipo. Los APUs junto con las cantidades de obra permiten realizar un presupuesto que evidencie el costo más factible y conveniente para el desarrollo del proyecto.

Para la elaboración del análisis de precios unitarios se tomó como referencia la base de datos de diferentes proyectos rurales similares, encontrados en el portal de compras públicas del SERCPOP (Servicio Nacional de Contratación Pública).

Debido a la extensión que tiene este estudio, se tiene una gran cantidad de rubros, los mismos que fueron identificados y señalados según el rango de importancia para los proyectos propuestos para el barrio Uchucay y el sector Uduzhe.

4.2 Presupuesto

El presupuesto referencial es aquel que se elabora partiendo del análisis de precios unitarios y las cantidades de obra calculadas del estudio preliminar. Es de suma importancia porque permite a la entidad contratante llevar un registro de gastos públicos de manera consiente y útil, para que al final de la construcción de la obra, el registro presupuestario se cumpla de forma efectiva.

A pesar que el proyecto tiene un solo propósito de mejora, se divide en tres fases constructivas, primero la ampliación de la red de alcantarillado sanitario del barrio Uchucay, después la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio Uchucay y finalmente la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Uduzhe; por lo tanto, fue necesario elaborar tres presupuestos referenciales divididos en

categorías según las necesidades de cada estructura. A continuación, se detallarán los tres presupuestos elaborados para el proyecto:

4.2.1 Presupuesto de ampliación de la red de alcantarillado para el barrio Uchucay

Tabla 4.1: Presupuesto referencial de ampliación de la red de alcantarillado sanitario.

PRESUPUESTO AMPLIACIÓN ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO UCHUCAY					
					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.total
APU-001	REPLANTEO Y NIVELACIÓN				
	Replanteo y Nivelación	m	1037.82	0.84	875.980
	EXCAVACIÓN A MANO				
APU-002	Excavación a mano en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad	m3	48.941	12.097	592.020
APU-003	Excavación a mano en suelo sin clasificar de 2 a 4 m de profundidad	m3	974.593	14.337	13972.390
APU-004	Excavación a mano en suelo sin clasificar de 4 a 6 m de profundidad	m3	437.750	16.756	7334.910
	EXCAVACIÓN MECÁNICA				
APU-005	Excavación mecánica en roca de 0 a 2 m de profundidad	m3	146.823	21.074	3094.190
APU-006	Excavación mecánica en roca de 2 a 4 m de profundidad	m3	2923.778	21.620	63212.170
APU-007	Excavación mecánica en roca de 4 a 6 m de profundidad	m3	1313.249	22.672	29773.850
	ENTIBADO, RELLENO Y DESALOJO				
APU-008	Suministro y Colocación de cama de arena	m3	185.414	2.764	512.500
APU-009	Entibado discontinuo de madera	m2	3218.957	7.030	22630.490
APU-010	Cargado y Desalojo a máquina, distancia 5Km	m3	7598.674	1.640	12465.340

APU-011	Relleno y compactado de zanjas a máquina con material de sitio	m3	4748.404	2.203	10462.600
APU-012	Relleno y compactado de zanjas manual con material de mejoramiento	m3	2556.833	0.927	2369.140
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA				
APU-013	Suministro inst. y Prueba de tubería PVC estructurada Di=200mm	ml	1037.820	18.621	19324.890
	POZOS DE REVISIÓN				
APU-014	Suministro y Colocación de piedra base (planta) de los pozos	m3	5.773	30.620	176.760
APU-015	Hormigón simple 140 Kg/cm ² base (piedra)	m3	9.621	111.502	1072.780
APU-016	Pozo de revisión de h=0 a 2,5 m, Tapa y Brocal tipo A	U	10.000	369.728	3697.280
APU-017	Pozo de revisión de h=0 a 5,0 m, Tapa y Brocal tipo A	U	15.000	713.779	10706.680
	DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO				
APU-002	Excavación a mano en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad	m3	34.277	12.097	414.640
APU-003	Excavación a mano en suelo sin clasificar de 2 a 4 m de profundidad	m3	143.781	14.337	2061.340
APU-004	Excavación a mano en suelo sin clasificar de 4 a 6 m de profundidad	m3	353.322	16.756	5920.250
APU-005	Excavación mecánica en roca de 0 a 2 m de profundidad	m3	102.832	21.074	2167.120
APU-006	Excavación mecánica en roca de 2 a 4 m de profundidad	m3	431.343	21.620	9325.650
APU-007	Excavación mecánica en roca de 4 a 6 m de profundidad	m3	1059.966	22.672	24031.440
APU-008	Suministro y colocación de cama de arena	m3	60.777	2.764	167.990
APU-009	Entibado discontinuo de madera	m2	2222.160	7.030	15622.630
APU-010	Cargado y Desalojo a máquina, distancia 5Km	m3	2763.179	1.640	4532.890
APU-011	Relleno y compactado de zanjas a máquina con material de sitio	m3	1796.066	2.203	3957.440

APU-012	Relleno y compactado de zanjas manual con material de mejoramiento	m3	967.113	0.927	896.120
APU-018	Suministro inst. y Prueba de tubería PVC estructurada D=110mm	m	330.000	15.201	5016.220
APU-019	Sum, Instal. Accesorios de conexión acometida	U	55.000	8.188	450.330
APU-020	Pozos (cajas) de revisión domiciliarias, incluye cerco y tapa con platina perimetral, suministro y colocación	U	55.000	74.582	4101.980
ADICIONALES					
APU-021	Suministro y Colocación de señal informativa fija (1.50x3.00m)	U	15.000	1107.397	16610.960
APU-022	Suministro y Colocación de señal ambiental fija (0.60x1.20)	U	10.000	4.503	45.030
APU-023	Arreglo de vía con equipo pesado	hora	20.000	60.545	1210.910
TOTAL PRESUPUESTO ALCANTARILLADO					\$ 298,806.91

Son: DOCIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS SEIS CON 91/100 DOLARES.

4.2.2 Presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Uchucay

Tabla 4.2: Presupuesto referencial de la PTAR-Uchucay.

PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL BARRIO UCHUCAY					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.total
APU-001	Replanteo y Nivelación	m2	500.000	3.508	1753.950
FOSA SÉPTICA DOBLE CÁMARA					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	278.921	2.966	827.309
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	362.597	1.640	594.826

ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	111.390	8.978	1000.004
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	7.797	111.502	869.417
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	48.270	135.287	6530.249
APU-007	Encofrado Recto	m2	259.915	19.573	5087.339
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	5453.683	2.088	11389.909
TUBERÍA Y ACCESORIOS					
APU-009	Sum y Colocación Tubería PVC D=110 mm	m	50.000	4.845	242.250
APU-010	Sum e Inst, Tee PVC D=110 mm	U	4.000	3.876	15.504
APU-011	Sum e Ins, Tapa metálica inspección	m2	2.843	137.826	391.770
LECHO DE SECADO DE LODOS					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	18.375	2.966	54.502
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	23.888	1.640	39.187
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	26.250	8.978	235.659
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	1.838	111.502	204.885
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	26.254	135.287	3551.858
APU-007	Encofrado Recto	m2	17.864	19.573	349.653
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1466.481	2.088	3062.716
MATERIALES					
APU-012	Sum y Colocación de grava	m3	0.485	25.456	12.340
APU-013	Sum y Colocación de arena	m3	0.485	18.542	8.988
APU-014	Sum, Bloque de pomez 15x20x40 cm	U	38.250	0.479	18.314
TUBERÍA Y ACCESORIOS					

APU-009	Sum y Colocación Tubería PVC D=110mm	m	1.000	4.845	4.845
FILTRO ANAEROBIO					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	304.000	2.966	901.697
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	395.200	1.640	648.311
MATERIALES					
APU-012	Sum y Colocación de Grava	m3	126.000	25.456	3207.481
TUBERÍA Y ACCESORIOS					
APU-009	Sum y Colocación Tubería PVC D=110mm	m	2.000	4.845	9.690
HORMIGÓN FILTRO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	160.000	8.978	1436.400
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	11.200	111.502	1248.825
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	51.760	135.287	7002.467
APU-007	Encofrado Recto	m2	197.600	19.573	3867.639
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	6272.794	2.088	13100.606
CANAL DE LLEGADA					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	0.150	2.966	0.445
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	0.195	1.640	0.320
TUBERÍA Y ACCESORIOS					
APU-016	Sum e Instalación de Rejilla Hierro (Seg. Especificación)	m2	0.765	152.045	116.315
ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	0.500	8.978	4.489
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	0.035	111.502	3.903
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	0.150	135.287	20.293
APU-007	Encofrado Recto	m2	1.500	19.573	29.360

APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	8.637	2.088	18.038
DESARENADOR					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	3.572	2.966	10.595
APU-003	Desalajo a máquina, distancia 5km	m3	4.644	1.640	7.618
TUBERÍAS Y ACCESORIOS					
APU-017	Compuertas control	U	2.000	145.578	291.156
APU-018	Vertedero sutro	U	1.000	69.198	69.198
ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO					
APU-004	Replanteo de Piedra, e=20 cm	m2	3.880	8.978	34.833
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	0.272	111.502	30.284
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	2.622	135.287	354.745
APU-007	Encofrado Recto	m2	18.462	19.573	361.350
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	190.854	2.088	398.595
TOTAL PRESUPUESTO PLANTA UCHUCAY					\$ 69,420.12


Son: SESENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS VEINTE CON 12/100

DOLARES.

4.2.3. Presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales para el sector

Uduzhe

Tabla 4.3: Presupuesto referencial de la PTAR-Uduzhe.

PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL BARRIO UDUZHE					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.total
APU-001	Replanteo y Nivelación	m2	2500	3.51	8,769.75

FOSA SÉPTICA DOBLE CAMARA					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	143.3290	2.97	425.13
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	186.3276	1.64	305.66
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	57.24	8.98	513.87
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	4.0068	111.50	446.77
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	30.17792	135.29	4,082.69
APU-007	Encofrado Recto	m2	187.2992	19.57	3,666.02
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	3409.622113	2.09	7,120.93
TUBERÍA Y ACCESORIOS					
APU-009	Sum y Colocación Tubería PVC D=110 mm	m	50	4.85	242.25
APU-010	Sum e Inst, Tee PVC D=110 mm	U	4	3.88	15.50
APU-011	Sum e Ins, Tapa metálica inspección	m2	2.8425	137.83	391.77
LECHO DE SECADO DE LODOS					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	10.5	2.97	31.14
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	13.65	1.64	22.39

ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	15	8.98	134.66
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	1.05	111.50	117.08
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	9.321	135.29	1,261.01
APU-007	Encofrado Recto	m2	10.258	19.57	200.78
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	520.643	2.09	1,087.35
MATERIALES					
APU-012	Sum y Colocación de grava	m3	0.183	25.46	4.66
APU-013	Sum y Colocación de arena	m3	0.183	18.54	3.39
APU-014	Sum, Bloque de pomez 15x20x40 cm	U	38.25	0.48	18.31
TUBERÍA Y ACCESORIOS					
APU-009	Sum y Colocación Tubería PVC D=110mm	m	1	4.85	4.85
HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	880.47828	2.97	2,611.59
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	1144.6217	1.64	1,877.71
GEOMEMBRANA, GRAVA Y PLANTAS					
APU-015	Sum e instalación de Geomembrana 500 micras	m2	411.845	5.30	2,183.89
APU-012	Sum y Colocación de Grava	m3	348.0201	25.46	8,859.27

APU-016	Siembra de plantas, Totorá	U	10	0.73	7.30
	TUBERÍA Y ACCESORIOS				
APU-009	Sum y Colocación Tubería PVC D=110mm	m	60	4.85	290.70
APU-010	Sum e Inst, Tee PVC D=110 mm	U	2	3.88	7.75
APU-017	Sum e Inst, Codo PVC D=110 mm	U	2	4.63	9.26
	HORMIGÓN HUMEDAL				
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	733.7319	8.98	6,587.08
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	51.361233	111.50	5,726.89
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	60.02326	135.29	8,120.38
APU-007	Encofrado Recto	m2	55.204	19.57	1,080.51
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	5081.989354	2.09	10,613.63
	CANAL DE INGRESO AL HUMEDAL				
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	3	8.98	26.93
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	0.21	111.50	23.42
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	0.618	135.29	83.61
APU-007	Encofrado Recto	m2	12.36	19.57	241.92
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	29.843838	2.09	62.33
APU-018	Sum e Instalación de Rejilla Hierro (Seg. Especificación)	m2	0.6	152.05	91.23

APU-011	Sum e Ins, Tapa metálica inspección	m2	2.4	137.83	\$ 330.78
CANAL DE LLEGADA					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	0.15	2.97	0.44
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	0.195	1.64	0.32
TUBERÍA Y ACCESORIOS					
APU-0018	Sum e Instalación de Rejilla Hierro (Seg. Especificación)	m2	0.765	152.05	116.31
ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	0.5	8.98	4.49
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	0.035	111.50	3.90
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	0.25	135.29	33.82
APU-007	Encofrado Recto	m2	1.5	19.57	29.36
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	14.3945	2.09	30.06
DESARENADOR					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
APU-002	Excavación a máquina en suelo sin clasificar	m3	2.491	2.97	7.39
APU-003	Desalojo a máquina, distancia 5km	m3	3.2383	1.64	5.31
TUBERÍAS Y ACCESORIOS					
APU-019	Compuertas control	U	2	145.58	291.16
APU-020	Vertedero sutro	U	1	69.20	69.20

ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO					
APU-004	Replanto de Piedra, e=20 cm	m2	3.11	8.98	27.92
APU-005	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	0.2177	111.50	24.27
APU-006	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	1.942136	135.29	262.75
APU-007	Encofrado Recto	m2	13.20136	19.57	258.39
APU-008	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	141.3583688	2.09	295.22
TOTAL PRESUPUESTO PLANTA UDUZHE					\$ 79,162. 48

Son: SETENTA Y NUEVE MIL CIENTO SESENTA Y DOS CON 48/100 DOLARES.

Anexo 10: Cálculos presupuesto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El levantamiento de información a través de las encuestas efectuadas a cada habitante del barrio Uchucay fue determinante para conocer el tipo de descarga de aguas residuales en cada zona, evidenciando la existencia de descargas en el suelo y en fuentes hídricas de origen natural; y el frecuente uso de pozos sépticos ya colapsados. Por lo tanto, un alto porcentaje de la población presenta múltiples dificultades con el manejo de aguas residuales, debido a la falta de servicios de saneamiento que ayuden en la recolección y tratamiento del afluente en varios sectores, siendo un riesgo para la salud de los habitantes y el medio ambiente. Por ello, se ha desarrollado la ampliación de la red de alcantarillado sanitario y el rediseño de la PTAR del barrio Uchucay.
- El servicio de saneamiento existente del barrio Uchucay representa una cobertura del 74% de la población actual, con un área de influencia de 4,58 hectáreas. El proyecto de ampliación de la red de alcantarillado cubrirá un área de 2,50 hectáreas adicional al sistema existente, el cual está conformado por varias redes secundarias, las mismas que están emplazadas sobre la calles paralelas y transversales a la vía principal, para luego ser conectadas a la red existente, con el objetivo principal de transportar las aguas residuales hacia su punto de tratamiento (PTAR).
- La evaluación del sistema de alcantarillado sanitario actual del barrio Uchucay cumple con todo los parámetros, criterios y recomendaciones de las normas hidrosanitarias vigentes en el país, a pesar de poseer algunas estructuras y elementos deteriorados.
- La evaluación de la PTAR existente del barrio Uchucay no cumple con todo los parámetros, criterios y recomendaciones de las normas hidrosanitarias vigentes en el país. Debido a que la capacidad del tanque séptico actual se encuentra colapsada por el aumento de los aportes de aguas residuales domésticas, causado por el crecimiento poblacional acelerado en los últimos años.
- El diseño de ampliación de alcantarillado sanitario, el rediseño de la PTAR del barrio Uchucay y el diseño de la PTAR del sector Uduzhe se desarrollaron para

toda la población dentro del área de influencia presentada en cada zona de estudio, en base a los parámetros, criterios y recomendaciones de las normas hidrosanitarias vigentes en el país. Además, para cumplir con un diseño óptimo se ha seguido metodologías, criterios y especificaciones técnicas de diseño de la empresa municipal de la ciudad de Cuenca ETAPA EP.

- La red de alcantarillado existente ubicada en la vía principal del barrio Uchucay posee una longitud de 1,8 km de tubería de PVC con un diámetro de 200 mm. Las redes secundarias proyectados en la ampliación del alcantarillado poseen una longitud de 1,1 km de tubería de PVC con un diámetro de 200 mm de igual manera. Las conexiones de las viviendas se realizan a través de un pozo domiciliario tipo til hacia las redes secundarias mediante una tubería de PVC de diámetro de 110mm.
- La nueva planta de tratamiento de aguas residuales diseñada para el barrio Uchucay se emplazará junto a un camino de tierra conectado a la vía principal y está constituida por un proceso de tratamiento preliminar, primario y secundario. El tratamiento preliminar esta conformado por una rejilla de entrada y un desarenador, el primario por un tanque séptico de 202,50 m³, trabajando conjuntamente con un lecho de secado de lodos de 10,5 m³ y el secundario por una unidad de filtro anaerobio de flujo ascendente de 192 m³. El área total de terreno donde se tiene previsto emplazar la planta es de 500 m² aproximadamente, donde cada unidad cumplirá con un adecuado tratamiento y una eficiente remoción de contaminates de las aguas residuales, que dependerán del mantenimiento, operación y monitoreo de la PTAR.
- La planta de tratamiento de aguas residuales diseñada para el sector Uduzhe estará emplazada para el caso de este estudio cerca de la descarga actual del alcantarillado sanitario existente (quebrada), en un terreno perteneciente a la familia Ordoñez, terreno que deberá previamente ser adquirido por el GAD parroquial de Manú. La planta está constituida por un proceso de tratamiento preliminar, primario y secundario. El tratamiento preliminar esta conformado por una rejilla de entrada y un desarenador, el primario por un tanque séptico de 100 m³, trabajando conjuntamente con un lecho de secado de lodos de 6 m³ y el secundario por un

humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal de 406,22 m². El área total del terreno propuesto para la ejecución de la planta es alrededor de 2500 m², donde cada unidad cumplirá con un adecuado tratamiento y una eficiente remoción de contaminantes de las aguas residuales, que dependerán del mantenimiento, operación y monitoreo de la PTAR.

- El presupuesto referencial para la construcción del proyecto de ampliación de la red de alcantarillado sanitario para el barrio Uchucay es de 298.806,91 \$, sin incluir el IVA. Y el presupuesto referencial de la construcción de la nueva PTAR es de 69.420,12 \$, sin incluir el IVA.
- El presupuesto referencial para la implementación del proyecto de la nueva PTAR del sector Uduzhe es de 79.162,48 \$, sin incluir el IVA.

Recomendaciones

- Se recomienda la ejecución de los proyectos en cada zona de estudio, debido que ayudará sustancialmente a mejorar la calidad de vida de los habitantes de las localidades de Uchucay y Uduzhe.
- Para la construcción de la ampliación del alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas residuales es de gran importancia realizar múltiples socializaciones entre los moradores y directivos de cada barrio, con la finalidad de brindar conocimiento sobre el proyecto y beneficiar a la gran mayoría de habitantes de cada sector.
- En la ejecución del proyecto se recomienda seguir los criterios de diseño indicados en el presente estudio, para garantizar el cumplimiento de las normativas de construcción y medio ambiente vigentes en nuestro país.
- Se aconseja la implementación de biodigestores en lugares donde no se cubra con el servicio de alcantarillado sanitario, ya que es un sistema de tratamiento higiénico, seguro y económico en su operación y mantenimiento. Además, no se necesita de equipos avanzados para su limpieza.
- Realizar las gestiones pertinentes con las autoridades de cada GAD parroquial y los dueños de las propiedades donde posiblemente se ubicarán las plantas de tratamiento, para la correcta adquisición de los terrenos.
- Capacitar a los trabajadores designados para la operación y mantenimiento del alcantarillado y plantas de tratamiento en cada localidad, con el objetivo de evitar

inconvenientes en sus funciones y el deterioro temprano de las estructuras de cada sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzate Leal, L. M. (2021). Evaluación del dimensionamiento de los lechos de secado en diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales del Oriente antioqueño. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/21603>
- Arocha, S. (1983). Cloacas y Drenajes. <https://mauricioravanal.files.wordpress.com/2013/10/cloacas-y-drenajes-simon-arocho.pdf>
- Athayde, F. (1982). Tratamiento de aguas residuales domésticas (2a ed.).
- Baca Urbina, G. (2010). Evaluación de Proyectos 6ta ed. Gabriel Baca Urbina. https://www.academia.edu/13450952/Evaluacion_de_Proyectos_6ta_ed_Gabriel_Baca_Urbina
- Berrezueta Orellana, M. E., & Sarmiento Feijóo, P. F. (2021). Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Llintig, Gualaceo-Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11335>
- BioPlanning Cía. Ltda. (2014). Línea de transmisión Uchucay-La Paz. Proyecto Eólico Minas de Huascachaca. file:///C:/Users/SISTEMAS/Downloads/pdf-eiad-uchucay-la-paz-26-de-febrero-aprobado-definitivo_compress.pdf
- Brito Soliz, J. A. (2016). Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho de la Parroquia San Sebastián de Sígsig, Cantón Sígsig, Provincia del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6090>
- Carrión Bravo, L. A. (2002). Estudio y Diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, tratamiento de las aguas residuales mediante métodos alternativos para

el barrio Uchucay de la parroquia Yuluc, cantón Saraguro.
<http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/16559>

Collado, R. (1992). Depuración de aguas residuales en pequeñas en pequeñas comunidades.

CONAGUA. (2013). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>

CPE-INEN-005-9-1. (1992). Código Ecuatoriano de la Construcción, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. INEN-Código de Práctica Ecuatoriano.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf

CPE-INEN-005-9-2. (1997). Código Ecuatoriano de la Construcción (Diseño de Instalaciones Sanitarias), Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. INEN-Código de Práctica Ecuatoriano.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-2.pdf

Cuzco Fajardo, R. A., & Tenesaca Gallegos, D. P. (2015). Posibilidades para el desarrollo de turismo comunitario en Uchucay, parroquia San Sebastián de Yuluc, cantón Saraguro, asociado al Parque Eólico Minas de Huascachaca.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22237>

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales superficiales.
<https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>

EMAAP-Q. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q.

https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf

ETAPA EP. (2017). Planos tipos de pozos y brocales.

<https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Documentos/convocatoriasanjose2018/8.-Planos.pdf>

ETAPA EP. (2018). Requisitos para el diseño de infraestructura sanitaria en proyectos de urbanizaciones en el cantón Cuenca (p. 30). Dirección técnica de agua potable y alcantarillado. (ETAPA EP).

Fernández, J., Muñoz, J., & Curt, M. D. (2004). Manual de fitodepuración. Universidad Politécnica de Madrid.

GAD Manú. (2022). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del GAD parroquial rural de Manú. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160033680001_DIAGNOSTICO%20MAN%C3%9A%203_24-06-2015_22-46-37.pdf

GAD San Sebastián de Yuluc. (2022). Plan de desarrollo y ordenamiento de la parroquia San Sebastián de Yuluc. <http://www.gadyuluc.gob.ec/wp-content/uploads/2021/02/PDOT-Y%C3%9ALUC.pdf>

GADMIS. (2020). Construcción del parque del barrio Uchuca de la parroquia San Sebastián de Yuluc, cantón Saraguro. https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=LpeLCE_eeHT6Z7vX516w5k-UOC2jK1sFZT6av85DtHo

- González Tello, C. R., & Narváez Torres, A. C. (2019). Evaluación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales Acchayacu, parroquia Tarqui, del cantón Cuenca, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33577>
- INAMHI. (2015). Anuario Meteorológico. <https://www.inamhi.gob.ec/wp-content/uploads/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- Kolb, P. (1998). Design of a constructed wetland (pilot plant) for the reclamation of the river. Universitat fur Bodenkultur.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, (2014). <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- López Cualla, Ri. A. (2001). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Escuela Colombiana de Ingeniería. https://www.academia.edu/38610655/Elementos_de_Dise%C3%B1o_para_Acueductos_y_Alcantarillados_Ing_Ricardo_Alfredo_L%C3%B3pez_Cualla
- Málvarez, A. I. (1999). Tópicos sobre humedales subtropicales y templados (disco compacto). UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000150270>
- Massoud, M. A., Tarhini, A., & Nasr, J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 652-659. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>
- Metcalf, & Eddy. (1995a). Ingeniería de aguas residuales, Volumen 1, 3ra Edición—
METCALF & EDDY.
https://www.academia.edu/35963101/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales

Volumen_1_3ra_Edici%C3%B3n_METCALF_and_EDDY_FREELIBROS_OR
G_pdf

Metcalf, & Eddy. (1995b). Ingeniería de aguas residuales, Volumen 2, 3ra Edición—

METCALF & EDDY.

https://www.academia.edu/45529169/INGENIERIA_DE_AGUAS_RESIDUALES_TRATAMIENTO_VERTIDO_Y_REUTILIZACION_Volumen_II_Metcalf_y_Eddie

Ministerio del Ambiente. (2017). Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.

Moyano Pesántez, S. P. (2016). Rediseño, ampliación de la red de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro Parroquial de Tayuza, Provincia de Morona Santiago. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5500>

Naula Vázquez, J. E. (2018). Diseño del sistema de alcantarillado combinado para el sector Virgenpamba, perteneciente a la ciudad de Azogues, provincia del Cañar. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8416>

NBR 7229. (1992). ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas Diseño, construcción y operación de Fosas Sépticas.

NBR 13969. (1997). ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas Fosas Sépticas.

Noyola, A., Morgan, J. M., & Gueraca, L. P. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf

OPS/CEPIS/05.163. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoof y lagunas de estabilización. OPS-UNATSABAR. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu

%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf

OPS/CEPIS/05.169. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. UNATSABAR (Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural).

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CEPISO~1.PDF

Rengel, A. (2000). Tratamiento de aguas residuales-ETAPA EP.

Romero Rojas, J. A. (1999). Tratamiento de aguas residuales (Teoría y principios de diseño). Escuela Colombiana de Ingeniería. https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas

Singh, N. K., Kazmi, A. A., & Starkl, M. (2014). A review on full-scale decentralized wastewater treatment systems: Techno-economical approach. *Water Science and Technology*, 71(4), 468-478. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.413>

Sotelo Ávila, G. (2002). Hidráulica General (Vol. 1). UNAM Facultad de Ingeniería. https://www.academia.edu/38544755/Hidr%C3%A1ulica_General_Vol_1_Fundamentos_Gilberto_Sotelo_%C3%81vila

Stearman, G. K., George, D. B., Carlson, K., & Lansford, S. (2003). Pesticide removal from container nursery runoff in constructed wetland cells. *Journal of Environmental Quality*, 32(4), 1548-1556. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.1548>

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D., & Eddy, M. &. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill.

Vargas, G. (2002). Estudio y diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial para el barrio Uduzhe, parroquia Manú del cantón Saraguro.
<http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/14942>

Ven Te Chow. (2004). Hidráulica de canales abiertos.
https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANALES_ABIERTOS

Vimos Astudillo, J. B. (2021). Estudios y Diseños para la ampliación y mejoramiento de la planta de potabilización de la localidad de Uchucay, parroquia San Sebastián de Yuluc, cantón Saraguro, provincia de Loja. (p. 180) [Memoria Técnica].
ELECAUSTRO.