



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño de un sistema de saneamiento para la comunidad de
Ayancay, Azogues-Cañar.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO
ACADÉMICO DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

MARCO SEBASTIÁN MERCHÁN ULLOA

CHRISTIAN MARCEL PELÁEZ QUEVEDO

DIRECTOR:

ING. BELEN ARÉVALO DURAZNO

CUENCA, ECUADOR

2023

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas que, con todo su cariño, me han apoyado y brindado su ayuda para lograr mis metas y sueños. Con sus consejos y educación me alentaron a seguir adelante y me han guiado en cada paso que doy y sobrepasar cada adversidad que se ha presentado.

MARCO SEBASTIÁN MERCHÁN ULLOA

A mis padres y a mi hermana por haberme forjado como la persona que soy ahora; mis logros incluido este son parte de ese proceso de aprendizaje constante por el que me llevaron.

CHRISTIAN MARCEL PELAEZ QUEVEDO

AGRADECIMIENTO

Primeramente, queremos agradecer a nuestros familiares más cercanos que ha estado y estarán siempre apoyándonos.

A la ingeniera Belén Arévalo y al ingeniero Josué Larriva por su apoyo y consejos en el transcurso del trabajo de titulación.

A todos nuestros profesores que nos guiaron en el progreso de nuestra etapa universitaria.

AL GAD parroquial Javier Loyola por todo el apoyo brindado e información necesaria para la elaboración de este trabajo.

MARCO MERCHÁN ULLOA; MARCEL PELÁEZ QUEVEDO



RESUMEN:

Este proyecto presenta el diseño del sistema de saneamiento para la comunidad de Ayancay, Javier Loyola – Azogues, debido a que varios sectores no disponen de infraestructura adecuada para la disposición de las aguas residuales domésticas. El trabajo contempla el diseño de la red de alcantarillado sanitario, como también la evaluación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad. La planta contempla una fosa séptica de dos cámaras, un filtro anaerobio y el lecho de secado de lodos. Cuando se elabore este proyecto, el GAD parroquial de Javier Loyola contará con un modelo que mejore las condiciones de la infraestructura existente y la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

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

ABSTRACT:

This project presents the sanitation system design for the Ayancay community in Javier Loyola – Azogues, which does not have the appropriate infrastructure for the disposal of domestic wastewater. The work includes the design of the sanitary sewer network, as well as the evaluation and redesign of the community`s wastewater treatment plant. This plant will have a two-chamber septic tank, an anaerobic filter and a sludge drying bed. Once the project is implemented, the Decentralized Autonomous Government of Javier Loyola will have a model that will improve the conditions of the existing infrastructure and the life quality of its citizens.

Keywords: redesign, sanitary sewer, sanitation, treatment plant, wastewater.



Este certificado se encuentra en el repositorio digital de la Universidad del Azuay, para verificar su autenticidad escanee el código QR

Este certificado consta de: 1 página

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN:	iii
ABSTRACT:.....	iii
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
CAPITULO 1	4
RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	4
1.1 Descripción general de la zona.....	4
1.1.1 Ubicación geográfica	5
1.1.2 Área del proyecto	5
1.1.3 Clima.....	5
1.1.4 Aspectos demográficos	6
1.2 Servicios Básicos e infraestructura existente	7
1.2.1 Sistema de abastecimiento de agua	7
1.2.2 Tipo de sistema de tratamiento de agua residual actual.....	7
1.2.3 Vialidad	8
1.3 Topografía	9
CAPITULO 2.....	10
CRITERIOS DE DISEÑO	10
2 GENERALIDADES	10
2.1 Tipo de sistema.....	10
2.2 Análisis poblacional	10
2.2.1 Población actual	10
2.2.2 Población futura.....	10

2.2.3 Tasa de crecimiento poblacional.....	10
2.2.4 Método de cálculo para la población futura.....	11
2.3 Parámetros de diseño	12
2.3.1 Dotación	12
2.3.2 Profundidades.....	14
2.3.3 Velocidades	15
2.3.4 Pendientes	16
2.3.5 Diámetros de tubería	16
2.3.6 Tipos de tubería y rugosidad	16
2.3.7 Periodo de diseño	17
2.4 Caudales	17
2.4.1 Caudal de diseño	17
2.4.2 Caudal de aguas residuales.....	17
2.4.3 Caudal de aguas de infiltración	19
2.4.4 Caudal de aguas ilícitas.....	19
2.5 Obras complementarias	20
2.5.1 Pozos de revisión	20
2.5.2 Distancia entre pozos de revisión.....	21
2.5.3 Conexiones domiciliarias	21
CAPITULO 3	22
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	22
3.1 Descripción de la red	22
3.2 Hidráulica de tuberías.....	23
3.2.1 Flujo de tuberías a sección llena	23
3.2.2 Flujo de tuberías parcialmente llenas.....	25
3.3 Diseño de la red.....	26
3.3.1 Datos para el diseño.....	26
3.3.2 Observaciones del diseño de alcantarillado.....	29
CAPITULO 4.....	31
VERIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	31
4.1 Generalidades de las aguas residuales	31
4.2 Características del agua residual	31
4.2.1 Propiedades físicas:.....	31
4.2.2 Propiedades químicas	33

4.2.3 Propiedades Biológicas.....	36
4.3 Cargas per cápita	36
4.4 Niveles de tratamiento	39
4.5 Parámetros de diseño	40
4.5.1 Rejilla.....	40
4.5.2 Fosa séptica.....	45
4.5.3 Filtro anaerobio.....	49
4.5.4 Lecho de secado de lodos	52
4.6 Consideraciones a la salida del efluente	54
4.7 Verificación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales	55
4.7.1 Caracterización del agua residual cruda	56
4.7.2 Diseño de la rejilla	57
4.7.3 Diseño de la fosa séptica.....	58
4.7.4 Diseño del filtro anaerobio	60
4.7.5 Diseño del lecho de secado de lodos	61
4.7.6 Esquema de la planta de tratamiento nueva.....	62
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
Referencias:.....	65
Anexos	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tasas de crecimiento poblacional 11

Tabla 2.2 Datos de población y tasas de crecimiento intercensal parroquial Javier Loyola 11

Tabla 2.3 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos..... 13

Tabla 2.4 Dotación de agua por niveles de servicio..... 14

Tabla 2.5 Coeficientes de retorno de aguas servidas según el nivel de complejidad 18

Tabla 2.6 Caudales de infiltración 19

Tabla 3.1 Datos para el diseño de las redes de alcantarillado 27

Tabla 3.2 Análisis de la población futura..... 27

Tabla 3.3 Red principal de alcantarillado 28

Tabla 4.1 Características físico - químicas de las aguas residuales domésticas sin tratar en los países en desarrollo 38

Tabla 4.2 Información típica para el proyecto de rejillas de barras de limpieza manual y mecánica..... 41

Tabla 4.3 Dimensiones mínimas de diseño para fosas sépticas 49

Tabla 4.4 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce 55

Tabla 4.5 Dimensiones de la fosa séptica actual..... 56

Tabla 4.6 Dimensiones del filtro anaerobio actual..... 56

Tabla 4.7 Caracterización del agua residual cruda..... 56

Tabla 4.8 Concentración de las aguas residuales crudas..... 57

Tabla 4.9 Datos para el diseño de la rejilla 57

Tabla 4.10 Resultados del cálculo de la rejilla..... 58

Tabla 4.11 Datos para el diseño de la fosa séptica..... 58

Tabla 4.12 Resultados del cálculo de la fosa séptica 59

Tabla 4.13 Eficiencia en la remoción de la fosa séptica y valores del efluente 59

Tabla 4.14 Datos para el diseño del filtro anaerobio 60

Tabla 4.15 Resultados del cálculo del filtro anaerobio 60

Tabla 4.16 Datos para el diseño del lecho de secado de lodos 61

Tabla 4.17 Resultados del cálculo del lecho de secado de lodos 61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Límites de la parroquia Javier Loyola.....	4
Ilustración 1.2 Ubicación geográfica de la comunidad Ayancay.....	5
Ilustración 1.3 Agricultura	6
Ilustración 1.4 Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales	8
Ilustración 1.5 Mapa de vía de acceso a la comunidad Ayancay desde la vía rápida Azogues-Cuenca	9
Ilustración 2.1 Sección tipo de un pozo de revisión	20
Ilustración 3.1 Vista en planta de las redes de alcantarillado	23
Ilustración 3.2 Sección circular parcialmente llena	25
Ilustración 3.3 Perfil de la red secundaria 5, se detallan los pozos nro. 46 y 10.	29
Ilustración 3.4 Perfil de red secundaria 7, se detalla el pozo nro. 14.	30
Ilustración 4.1 Reja de barras de limpieza manual	42
Ilustración 4.2 Ejemplo de una rejilla de limpieza manual	42
Ilustración 4.3 Sección típica de un tanque séptico de una cámara	46
Ilustración 4.4 Esquema filtro anaerobio flujo ascendente y descendente	50
Ilustración 4.5 Sección típica de un lecho de secado	53
Ilustración 4.6 Esquema de implantación de la planta de tratamiento rediseñada	62

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diseño de la red de alcantarillado sanitario – Ayancay.	68
Anexo 2: Planos de la red de alcantarillado sanitario - Ayancay.....	70
Anexo 3: Diseño fosa séptica – Ayancay.....	77
Anexo 4: Diseño filtro anaerobio – Ayancay.....	78
Anexo 5: Diseño Lecho de secado de lodos - Ayancay.....	79

Trabajo de titulación

Ing. Belén Arévalo Durazno

Junio, 2023

DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, JAVIER LOYOLA-AZOGUES.

INTRODUCCIÓN

Los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales son denominados en conjunto muchas veces como saneamiento. Los sistemas de saneamiento consisten en el retiro de las aguas residuales de hogares, su transporte o conducción mediante una red de alcantarillado hasta una planta depuradora o de tratamiento. En las plantas el agua es tratada y reintroducida como efluente a un cauce natural en condiciones que dicten las normas ambientales (Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS), 2017).

La comunidad de Ayancay, no cuenta con una infraestructura sanitaria adecuada para evacuar el agua residual de los domicilios, además, la planta de tratamiento de aguas residuales existente no brinda un buen servicio a la población tanto por su tamaño, como por las condiciones en las que se encuentra.

El presente trabajo, por lo tanto, establece la realización de los estudios y diseños necesarios para poder implementar o mejorar el sistema de saneamiento existente con el fin de evitar problemas ambientales y de salubridad.

ANTECEDENTES

La parroquia Javier Loyola y las comunidades pertenecientes a la misma están avanzando por la realización de proyectos que sirvan para dotar a la población de servicios básicos. Actualmente la comunidad de Ayancay, en la cual se enmarcará este estudio, cuenta con una red de alcantarillado sanitario que recorre la vía principal y una de las vías secundarias, pero debido al aumento de la población de la zona, la red necesita una ampliación. Por este motivo la ejecución de proyectos como lo es el diseño de la red de alcantarillado es un avance hacia dotar a toda la población de servicios tan esenciales como este.

La comunidad a su vez cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales pequeña, esta planta ha estado en operación, pero durante los últimos años, se ha ido deteriorando. La mayoría del tiempo se encuentra en su máxima capacidad y colapsada, además, presenta una serie de daños estructurales como fisuras.

JUSTIFICACIÓN

El crecimiento de la población en la comunidad Ayancay, demostrado con el último censo poblacional, ha agravado el problema de saneamiento general de la zona ya que no existen, al menos en el área de estudio, infraestructuras adecuadas para la evacuación de aguas residuales. Existe la presencia de una pequeña planta para el tratamiento de aguas servidas pero la misma no abastece a todos los habitantes del sector. Debido a esto se ha presentado un problema de salubridad grave y quejas de los pobladores que piden una mejor gestión de la misma.

Es por esto que surge la necesidad imperiosa de realizar estudios y garantizar mediante la reestructuración de infraestructuras que las aguas residuales sean vertidas adecuadamente, cumpliendo con la normativa local y en condiciones de salubridad adecuada. Esto sin duda, contribuirá a una mejor calidad de estilo de vida de los pobladores, la prevención de enfermedades infecciosas y por ende la protección en la salud. Además de esto, el trabajo pretende ser un aporte en cuanto al manejo de las aguas residuales en el sector rural.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar el sistema de alcantarillado, así como la planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Ayancay perteneciente a la parroquia Javier Loyola, del cantón Azogues, Provincia del Cañar.

Objetivos específicos

- Obtener aspectos físicos de la zona de estudio tales como la topografía del lugar, análisis de población, estudio de agua, entre otros.

- Evaluación y análisis del sistema de alcantarillado actual y de la planta de tratamiento existente.

- Proponer el diseño de la red de alcantarillado sanitario y el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO 1

RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.1 Descripción general de la zona

El estudio que se realizará para el diseño de la red de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad de Ayancay, se ubica en la parroquia Javier Loyola (conocida también como Chuquipata), en el cantón Azogues de la provincia de Cañar.

La parroquia de Javier Loyola se encuentra delimitada por:

- Al norte con las parroquias Azogues y Cojitambo.
- Al sur con los cantones Cuenca y Paute.
- Al este con la parroquia San Miguel de Porotos.
- Al oeste con el cantón Déleg.

Tal como se describe en la ilustración 1.1:

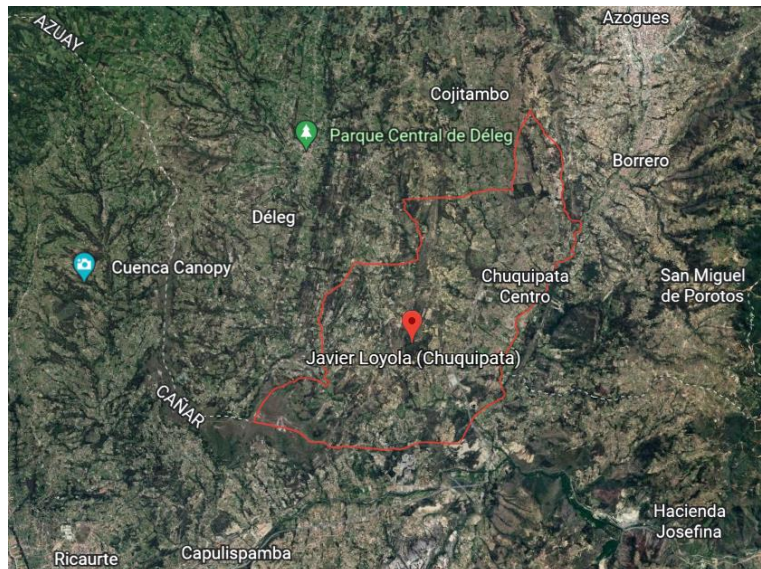


Ilustración 1.1 Límites de la parroquia Javier Loyola

Fuente: Google Earth pro 2022.

1.1.1 Ubicación geográfica

Las coordenadas geográficas de la comunidad de Ayancay son las siguientes (Ilustración 1.2).

Latitud: 2° 49' 04" S

Longitud: 78° 54' 07" W

Altitud: 2456 metros



Ilustración 1.2 Ubicación geográfica de la comunidad Ayancay

Fuente: Google Earth pro 2022.

1.1.2 Área del proyecto

La comunidad de Ayancay tiene una extensión total de 213.57 hectáreas situándola como la tercera comunidad más grande de la parroquia. El área de los asentamientos principales de la población corresponde a 36.27 hectáreas (Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC), 2010).

1.1.3 Clima

El clima de la comunidad es seco o muy seco en las zonas más bajas. La parroquia tiene una temperatura de templada a cálido con variaciones entre 12 y 14 grados en las zonas más frías y entre 14 y 20 grados en la mayor parte de la parroquia. La precipitación en la zona es variable siendo prevaeciente en los meses de febrero a

mayo y de octubre a noviembre con picos entre 500 a 1000 mm en marzo y octubre. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (PDOT) GAD parroquial Javier Loyola, 2015).

1.1.4 Aspectos demográficos

El sistema socio económico de la comunidad está ligado principalmente con las actividades agropecuarias y la crianza de animales como pollos y cuyes, aunque también se evidencian en algunos hogares el cuidado de vacas para producción lechera. Las actividades de agricultura son también muy evidentes en la zona y la gran mayoría de hogares tienen un terreno de plantación adyacente. Aun así, estas actividades se encuentran en cierta parte limitadas por la poca presencia de agua de riego (Ilustración 1.3).



Ilustración 1.3 Agricultura

Fuente: Elaboración propia.

Otras actividades que realizan los moradores de la comunidad son el comercio y la mano de obra actividad en la cual están involucradas muchas personas.

Mediante observación y según los datos del GAD parroquial existe un total de 131 casas. Con un promedio de 3.65 habitantes por vivienda (INEC, 2010), da un total de aproximadamente 479 personas en total.

La comunidad también cuenta con una escuela primaria llamada Fray Vacas Galindo. Esta institución consta de 85 alumnos entre los 5 a 14 años y de 4 docentes (PDOT GAD parroquial Javier Loyola, 2015)

1.2 Servicios Básicos e infraestructura existente

1.2.1 Sistema de abastecimiento de agua

La comunidad se sirve del sistema de tratamiento de agua potable de Mesaloma que comparte con las comunidades aledañas de Mesaloma, Corozapal y el Carmen. El sistema es manejado por la propia comunidad quienes eligen al operario (PDOT GAD parroquial Javier Loyola, 2015).

El sistema de tratamiento de agua potable está formado por filtros de arena y tanques de cloración operados las 24 horas mediante sistemas de goteo. La distribución del agua potable se da mediante un tanque de reserva. La planta fue mejorada en el año 2019 en el cual se dio la reconstrucción de los tanques de cloración, así como el mantenimiento de los filtros de arena.

Si bien el sistema presente es una solución buena ya que brinda el servicio de agua potable a todas las personas, muchos de los moradores tienen quejas sobre el servicio debido a la intermitencia del mismo por la falta de agua varios días de la semana, sumado a la falta de agua de riego.

1.2.2 Tipo de sistema de tratamiento de agua residual actual

La comunidad tiene una planta de tratamiento de aguas servidas que recoge el agua de las viviendas aledañas a la vía principal, aun así, algunas de las viviendas siguen usando fosas sépticas como tratamiento principal.

El modelo de la planta es tipo fosa de dos cámaras, el proceso de tratamiento comienza en una cámara de sedimentación que cumple a su vez como trampa de grasas una vez pasa esta primera cámara el agua avanza hacia la segunda cámara con condiciones anaerobias con el fin de reducir las cargas orgánicas, el agua resultante desemboca en una quebrada cercana.

En las visitas realizadas a la comunidad se pudo observar el mal estado en el que se encuentra la planta presentado grietas y filtraciones de agua, condiciones que atentan contra la salud y pueden conducir a daños ambientales en la zona. (Ilustración 1.4).



Ilustración 1.4 Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3 Vialidad

El acceso a la comunidad de Ayancay, es por la vía rápida Azogues-Cuenca y luego por la vía Zhullin-Solano. Con esta última vía de asfalto se entra a la comunidad y a la vez atraviesa por todo el lugar.

Para esta comunidad, la vía Zhullin-Solano es el único camino con pavimento flexible, en el tramo desde la vía rápida hasta antes de la comunidad la vía está construida con una carpeta asfáltica de pulgada y media, desde la comunidad hasta la junta de agua potable de Mesaloma la misma que dota de agua a la población la vía cuenta con doble riego asfáltico (Gobierno provincial del Cañar, s.f.).

Las vías secundarias son de lastre.

La longitud de la vía de acceso tomando en cuenta desde la vía rápida Azogues-Cuenca es de 2.42 km con un tiempo de viaje aproximado de 5 minutos, si se toma como punto de partida el GAD parroquial de Javier Loyola la longitud del recorrido es de 5.9 km y el tiempo de viaje es de 11 minutos. (Ilustración 1.5)

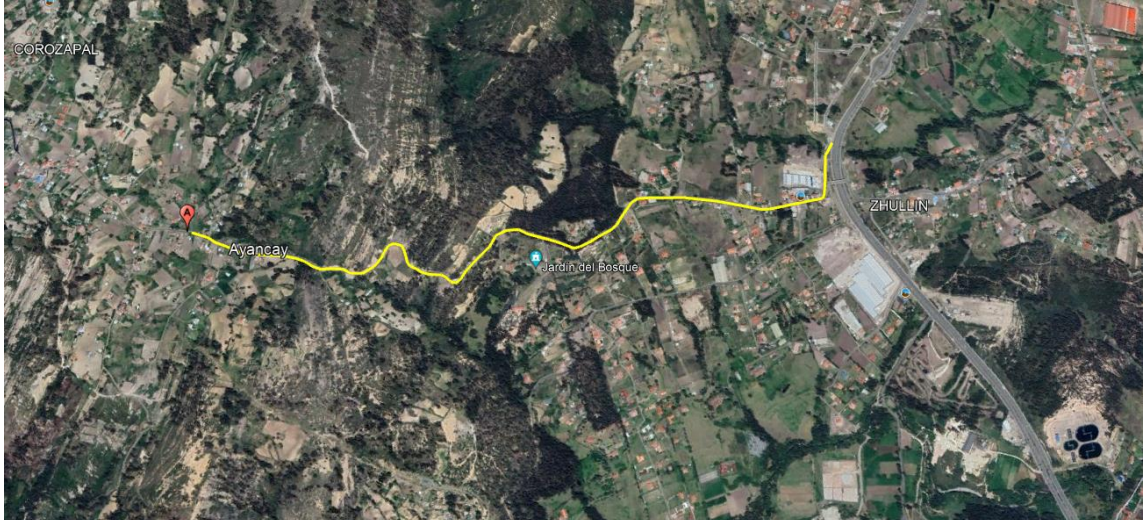


Ilustración 1.5 Mapa de vía de acceso a la comunidad Ayancay desde la vía rápida Azogues-Cuenca

Fuente: Google Earth pro 2022.

1.3 Topografía

En gran parte de la parroquia Javier Loyola se puede apreciar que la topografía de la zona es altamente irregular y accidentada con pendientes entre moderadas y ligeramente altas, las zonas geomorfológicas corresponden a relieves con colinas y valles marcados y alargados, al centro de la zona se encuentran áreas de valle que se van convirtiendo en colinas con pendientes que se hacen más fuertes.

Las pendientes varían entre un rango moderado del 12 al 25% y un perfil de relieve colinado con pendientes entre el 25 al 50% en la parte más occidental de la parroquia.

La topografía accidentada genera que muchas de las comunidades no puedan concentrar la mayor parte de su población en un solo punto por lo que tienden a ser más dispersas.

CAPITULO 2

CRITERIOS DE DISEÑO

2 GENERALIDADES

2.1 Tipo de sistema

Conociendo las características de la zona tanto viales, como los usos que se le da al suelo por parte de la población se puede observar que el sistema a implementarse más óptimo será el alcantarillado sanitario, sin incluir alcantarillado pluvial.

2.2 Análisis poblacional

2.2.1 Población actual

Para poder realizar el diseño de las redes de alcantarillado y de la planta de tratamiento se debe contar con la información de la población que se va a beneficiar de los servicios.

Después del análisis de los datos se obtuvo una población actual o inicial de 453 personas.

2.2.2 Población futura

La población futura es el número de personas que se obtendrán al final del periodo de diseño, para este fin se pueden realizar proyecciones de crecimiento con métodos como: proyección geométrica, incrementos diferenciales, proyección aritmética o método comparativo (Instituto Ecuatoriano de normalización, 1997).

2.2.3 Tasa de crecimiento poblacional

Las tasas de crecimiento se pueden obtener de los datos proporcionados de los censos realizados en el país en los años 2001 y 2010 por el instituto ecuatoriano de estadísticas y censos.

Según indica el CPE INEN 5 parte 9.2 en el caso de que no existan registros o datos, se adoptara la proyección geométrica y tasas de crecimiento según lo indica la tabla 2.1.

Tabla 2.1
Tasas de crecimiento poblacional

Región geográfica	r (%)
Sierra	1.0
Costa, oriente y Galápagos	1.5

Fuente: CPE INEN parte 9.2 (1997).

Para este ítem se han obtenido los siguientes datos de los censos:

Tabla 2.2
Datos de población y tasas de crecimiento intercensal parroquial Javier Loyola

POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL DE 2010-2001 POR SEXO, SEGÚN PARROQUIAS							
Código	Nombre de la parroquia	AÑO 2010			TASA DE CRECIMIENTO ANUAL 2001-2010		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
	Nacional	7 177 683	7 305 816	14 483 499	1.96%	1.93%	1.95%
30154	Javier Loyola	3142	3665	6807	2.78%	2.33%	2.53%

Fuente: INEC (2010).

2.2.4 Método de cálculo para la población futura

La norma CO-10.7-602 emplea el uso del método geométrico con el fin de calcular la población futura.

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

en esta ecuación los términos son:

Pf= Población futura (habitantes)

Pa= Población actual (habitantes)

r= Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

n= Periodo de diseño (años)

2.3 Parámetros de diseño

2.3.1 Dotación

Es la cantidad de agua potable que se requiere consumir diariamente para poder satisfacer necesidades básicas, se mide en un promedio anual por cada habitante.

Con el fin de que se pueda obtener este valor la norma establece las siguientes tablas correspondientes a los niveles de servicio y dotaciones (Tabla 2.3).

Tabla 2.3

Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos

Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos		
Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Se deben diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
	EE	
Ia	AP	Grifos públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua por lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Letrinas con o sin arrastre de agua

Simbología utilizada:

AP: Agua potable

EE: Eliminación de excretas

ERL: Eliminación de residuos

líquidos

Fuente: CPE INEN parte 9.2 (1997).

De acuerdo al nivel de servicio correspondiente se tienen las siguientes dotaciones (Tabla 2.4).

Tabla 2.4
Dotación de agua por niveles de servicio

Nivel de servicio	Clima frío (L/habxdía)	Clima cálido (L/habxdía)
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

Fuente: CPE INEN parte 9.2 (1997).

Considerando estos datos, se puede apreciar que a la comunidad de Ayancay le corresponde un nivel de servicio llb ya que casi la totalidad de hogares tienen conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa, el clima de la comunidad puede considerarse como frío, por lo que se tomará una dotación de agua de 75 litros/Habxdía.

2.3.2 Profundidades

Generalmente las tuberías usadas en redes de alcantarillado sanitario suelen estar enterradas, la profundidad mínima de las excavaciones de la zanja en donde serán colocadas varía de acuerdo a los siguientes factores: la resistencia de la tubería a las cargas, la topografía del lugar, economía, velocidades máximas y mínimas, existencia de conductos de servicios como el de agua potable, etc. (Comisión Nacional del Agua (Conagua), 2009).

El cubrimiento mínimo de las tuberías varía en dependencia de las cargas a las que soportara, la norma técnica de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP dictamina los siguientes valores como mínimos para la profundidad de las tuberías:

- Profundidad mínima para servir zonas verdes o vías peatonales: 1.5m.
- Profundidad mínima para servir a vías vehiculares: 1.5m.

También la norma manifiesta que siempre que se pueda, las tuberías y conexiones domiciliarias de aguas residuales deben situarse por debajo de las conexiones de agua potable. Se deberá dejar una altura libre proyectada de 0.3 m cuando las tuberías sean paralelas y de 0.2m cuando se crucen (Secretaría del Agua, 2011).

Las máximas profundidades de las tuberías varían en el orden de 5m pudiendo ser mayor si se garantizan los requerimientos geotécnicos necesarios y haya una justificación clara.

2.3.3 Velocidades

Para realizar las conexiones y conducción del agua residual se debe considerar las características topográficas que se tengan en el sitio. Las características hidráulicas del agua que es conducida presentan las velocidades permisibles de la misma, para esto, existen límites inferiores y superiores de velocidad (Sistema intermunicipal de los servicios de agua y alcantarillado (SIAPA), 2014).

Con el fin de evitar la acumulación de sedimentos en el interior de las tuberías se debe disponer de velocidad suficiente para lavar los sólidos en periodos en donde el caudal sea bajo (Empresa metropolitana de agua potable y saneamiento (EMAAP), 2009).

La normativa presenta que la velocidad de los líquidos en colectores en cualquier momento del periodo de diseño no debe ser menor a 0.45 m/s, aunque se recomienda cumplir una condición de al menos 0.6 m/s.

La velocidad máxima se presenta como el límite superior en el diseño, límite con el que se trata de evitar la erosión de las paredes de las estructuras del alcantarillado (Comisión Nacional del Agua (Conagua), 2009).

La velocidad máxima está en función de la sensibilidad a la abrasión del material, en general, la velocidad máxima real no deberá sobrepasar los 5 m/s (EMAAP, 2009).

2.3.4 Pendientes

El limitar los valores de las pendientes sirve para evitar tanto el desgaste de los tubos del sistema como propiciar condiciones en las que se generen el gas hidrogeno sulfurado. Las pendientes, siempre que sea posible, deberán estar en correlación con la pendiente natural del terreno con el fin de tener las menores excavaciones (Conagua, 2009).

El valor de la pendiente mínima del colector será aquella en la que se tengan condiciones de auto limpieza y de control de gases adecuados siguiendo las condiciones de la velocidad mínima.

En el caso de las conexiones domiciliarias la pendiente mínima será de 1% (Secretaría del Agua, 2011).

El valor de la pendiente máxima será aquella en la que se alcance la velocidad máxima en el sistema (EMAAP, 2009).

2.3.5 Diámetros de tubería

El diámetro mínimo de las tuberías de la red de alcantarillado sanitario será de 200mm con el fin de evitar obstrucciones de los conductos, las conexiones domiciliarias, sin embargo, deberán tener al menos un diámetro de 100mm (Secretaría del Agua, 2011).

El diámetro máximo que puede ser usado varía en relación a ciertos factores tales como: características topográficas, gasto máximo de diseño, diámetros comerciales o tipos de material, aun así, la selección de diámetros recae en las velocidades y pérdidas de carga a usarse, así como la capacidad hidráulica del tubo (SIAPA, 2014).

2.3.6 Tipos de tubería y rugosidad

La rugosidad varía dependiendo el material, el acabado y el uso que se les da a las tuberías, los valores de los coeficientes de rugosidad deben ser obtenidos de literatura especializada. Se deberá comprobar el funcionamiento de la conducción en condiciones de revestimiento nuevo y viejo (Secretaria del agua, 2011).

Algunos ejemplos de coeficientes de rugosidad son: 0.012-0.014 para concreto o 0.009 para tubería plástica. P.V.C (Conagua, 2009).

2.3.7 Periodo de diseño

El periodo de diseño es el lapso de tiempo en el cual una obra cumple su función de una forma satisfactoria (secretaría del agua, 2011). El periodo de diseño de un sistema de alcantarillado deberá definirse de acuerdo a los lineamientos establecidos por los entes competentes en el área, según lo define la normativa aún vigente en el país en obras como agua potable o disposición de residuos líquidos el periodo de diseño será de 20 años (Instituto Ecuatoriano de normalización, 1997).

2.4 Caudales

2.4.1 Caudal de diseño

El caudal a usarse para el diseño será aquel que resulte de la suma de los caudales de aguas residuales domésticas más los caudales de infiltración y los caudales de aguas ilícitas.

$$Q_d = Q_{san} + Q_{inf} + Q_{il} \quad (2)$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (l/s).

Q_{san} = Caudal sanitario o de aguas residuales domésticas (l/s).

Q_{inf} = Caudal de infiltración (l/s).

Q_{il} = Caudal de aguas ilícitas (l/s).

2.4.2 Caudal de aguas residuales

Aquel que está formado principalmente por las aguas residuales provenientes del uso doméstico, para su cálculo se puede usar la siguiente expresión:

$$Q_{san} = \left(\frac{Pob \times Dot}{86400} \right) \times M \times F \quad (3)$$

Donde:

Pob = Población. (hab)

Dot = Dotación. (l/hab/día)

M = Factor de mayoración.

F = Coeficiente de retorno.

Para la estimación del coeficiente de retorno denominado como la parte de la dotación que es entregada como aguas residuales, al no existir información previa se puede usar los siguientes datos dependiendo de la complejidad del sistema a implementar (Tabla 2.5).

Tabla 2.5
Coeficientes de retorno de aguas servidas según el nivel de complejidad

Nivel de complejidad del sistema	coeficientes de retorno
Bajo y medio	0.7 - 0.8
Medio alto y alto	0.8- 0.85

Fuente: Normas de diseño de sistemas de alcantarillado EMAAP (2009).

Para la estimación del factor de mayoración usado como margen de seguridad debido al cambio y las variaciones del consumo de agua por parte de la población, el factor de mayoración disminuye mientras la población crece por el aumento en la heterogeneidad del uso del agua (Ministerio de desarrollo económico Colombia, 2000).

Con el fin de obtener el factor de mayoración se puede usar la ecuación de Fair, Geyer, okun.

$$M = \frac{18 + Pob^{0.5}}{4 + Pob^{0.5}} \quad (4)$$

Donde:

Pob = Población. (hab)

2.4.3 Caudal de aguas de infiltración

Es el agua que ingresa al alcantarillado debido a las aguas subterráneas y aguas lluvias por fisuras existentes en las tuberías de la red o por conexiones defectuosas, también se puede producir aguas de infiltración en la unión de las tuberías con los pozos de revisión y estructuras complementarias.

Se pueden tener los siguientes caudales de infiltración (Tabla 2.6).

Tabla 2.6
Caudales de infiltración

Caudales de infiltración (l/s/km)				
Tipo de unión	Tubería de hormigón		Tubería de PVC	
Nivel freático bajo	0.5	0.2	0.1	0.05
Nivel freático alto	0.8	0.2	0.15	0.5

Fuente: Norma Boliviana NB 688 (2007).

2.4.4 Caudal de aguas ilícitas

El caudal de agua ilícitas es aquel caudal proveniente de un aporte de aguas lluvias que se une al sistema de alcantarillado sanitario por malas conexiones o por bajantes de tejados o patios.

El caudal de aguas ilícitas puede establecerse en un orden del 5 al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales (Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS), 2005).

En nuestro medio y siguiendo las recomendaciones de las memorias técnicas de alcantarillado de ETAPA se sugiere tomar el valor de 80 l/habxdia.

2.5 Obras complementarias

2.5.1 Pozos de revisión

El acceso a las tuberías para su mantenimiento se deberá realizar mediante los pozos de revisión, además de eso los pozos deben permitir las ventilaciones que requiere el sistema de alcantarillado.

Se deberán colocar pozos de revisión en cada cambio de dirección o pendiente, pero no cuando se usan alcantarillas curvas.

Los pozos están formados por una estructura tipo chimenea de forma cilíndrica en la parte inferior que se va cerrando hacia la parte superior. La cimentación de estos pozos puede ser de mampostería o de concreto.

La abertura de los pozos será 0.6m como mínimo, el cambio en el diámetro se debe hacer con él unos de un tronco excéntrico que facilita la salida del mismo.

El diámetro del cuerpo del pozo varía de acuerdo al diámetro máximo de las tuberías, para diámetros menores o iguales a 550 mm el diámetro del pozo será de 0.9m mientras que para diámetros mayores a 550 mm el diámetro del pozo se adecuará a un diseño especializado (Ilustración 2.1).

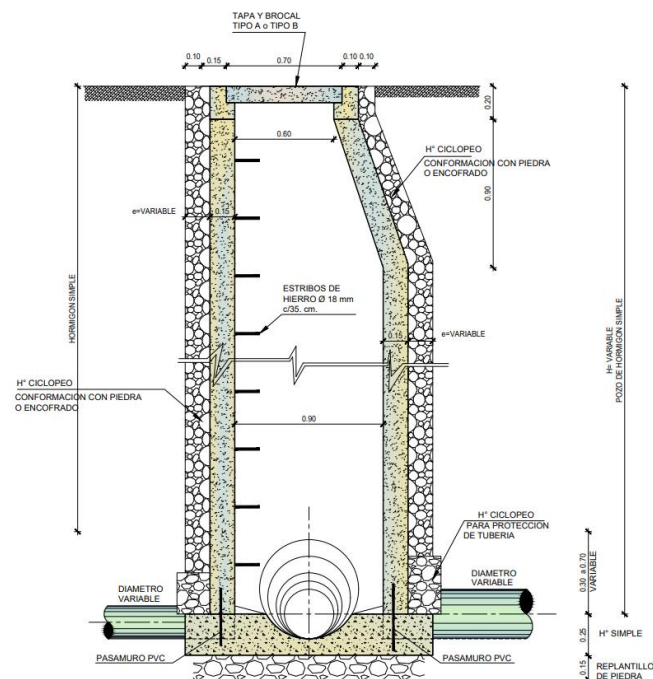


Ilustración 2.1 Sección tipo de un pozo de revisión

Fuente: Etapa (2017).

2.5.2 Distancia entre pozos de revisión

Para la separación entre pozos se tomará en cuenta el diámetro de la tubería de la red, para un diámetro menor o igual a 350 mm se tomará una distancia máxima de 100 m entre pozo y pozo y para diámetros entre 400 y 800 mm se tomará una distancia máxima de 150 m (Instituto Ecuatoriano de normalización, 1997).

2.5.3 Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias se deben hacer con tubería de diámetro mínimo 100 mm, las pendientes de las mismas deben tener mínimo 1%, las conexiones parten de una caja de revisión, la caja de revisión de la conexión debe preverse de algún dispositivo tipo rejilla o sifón en la entrada con el fin de evitar el acceso a sólidos gruesos a las tuberías de la red de alcantarillado (Instituto Ecuatoriano de normalización, 1997).

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

3.1 Descripción de la red

El diseño de la red de alcantarillado para la comunidad de Ayancay comprende la recolección, transporte y disposición de las aguas residuales, en la comunidad no hay presencia de fábricas o industrias de cualquier tipo que puedan presentar un desafío para la red por lo que, para este tratado solo se consideraran las fórmulas y recomendaciones mencionadas en capítulos anteriores.

El alcantarillado no solo servirá para recolectar las aguas sanitarias de las viviendas, también concibe el caudal de diseño de la escuela de la comunidad, la escuela da servicios educativos a un total de 85 niños y 4 docentes.

Para el diseño se debe considerar la distribución de la comunidad, las redes pasarán por las distintas vías y caminos de acuerdo a la exploración y al levantamiento topográfico, debido a que existe un núcleo de población alrededor de la vía principal, el diseño de las acometidas de las viviendas se hará directamente a la red principal de alcantarillado.

Debido a la complejidad de la zona de estudio y a la distribución de las casas no se podrá diseñar la red para el total de la población, por lo que el trazado de la red intentará englobar el máximo de población posible.

El diseño contempla además las instalaciones complementarias usadas en la red como pozos de revisión o conexiones domiciliarias.

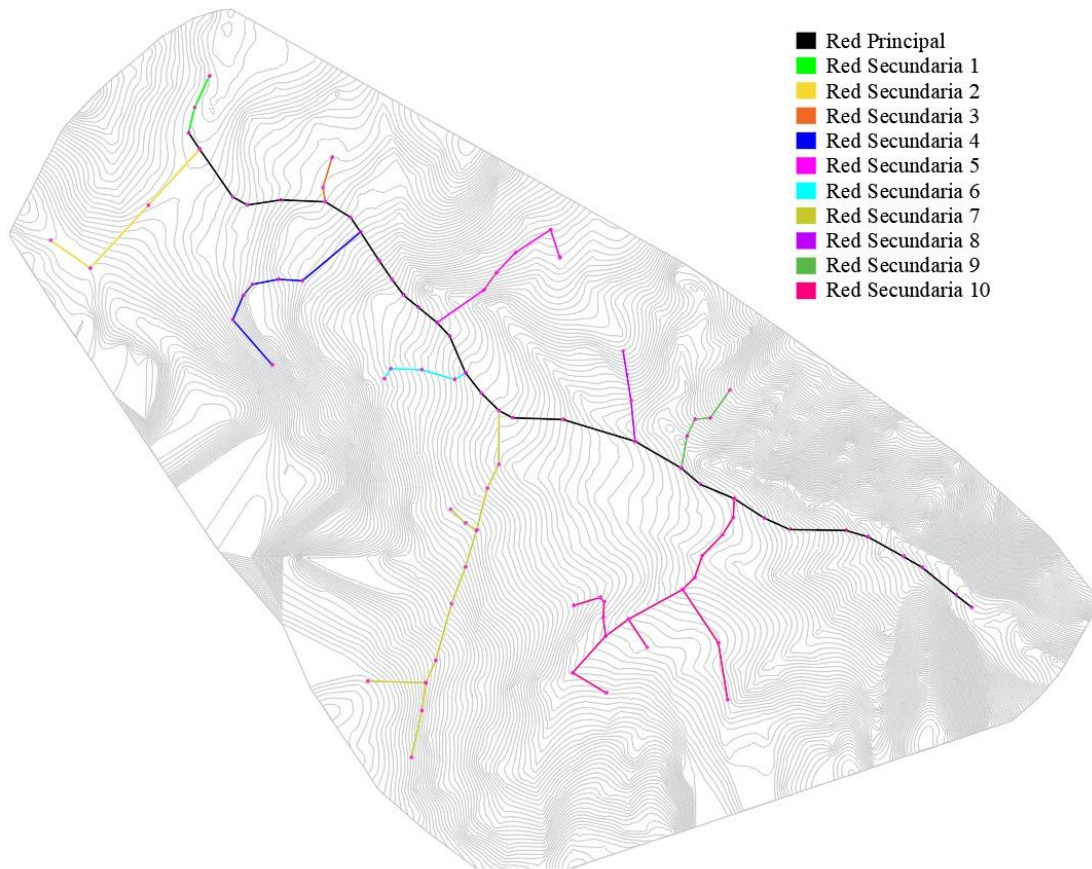


Ilustración 3.1 Vista en planta de las redes de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Hidráulica de tuberías

Para el cálculo de la red se considera que el flujo es permanente y uniforme en los tramos de los conductos, es decir, no habrá varianza en las características dinámicas del agua.

3.2.1 Flujo de tuberías a sección llena

Para el cálculo del caudal se usa la fórmula de continuidad:

$$Q = V \times A \tag{5}$$

Donde:

Q = Caudal con tubería llena (m³/s)

A = Área de la sección transversal mojada (m²)

V = Velocidad (m/s)

Para el cálculo de la velocidad se puede usar la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente del colector (m/m)

Se tiene la siguiente expresión para el radio hidráulico

$$R = \frac{D}{4} \quad (7)$$

Donde:

R = Radio hidráulico (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

Partiendo de la ecuación de Manning y de la ecuación de continuidad se pueden obtener las ecuaciones de velocidad y caudal para sección llena.

$$V = \frac{0.397}{n} \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad

S = Pendiente del colector (m/m)

D = Diámetro de la tubería (m)

$$Q = \frac{0.312}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Donde:

Q = Caudal con tubería llena (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad

S = Pendiente del colector (m/m)

D = Diámetro de la tubería (m)

3.2.2 Flujo de tuberías parcialmente llenas

Con el fin de permitir condiciones adecuadas de ventilación y movimiento de gases en las tuberías y evitar el colapso en los tramos de la red por caudales excepcionales se pueden diseñar tuberías con secciones parcialmente llenas.

Para lograr óptimas condiciones, los calados mínimos y máximos de los colectores deben estar entre el 20 y el 80% del diámetro de la tubería (0.2 D – 0.8 D).

Para los cálculos de las tuberías con sección parcialmente llena se tienen las siguientes relaciones hidráulicas.

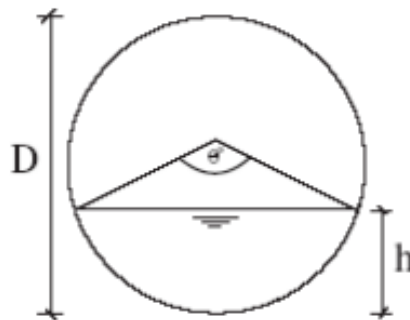


Ilustración 3.2 Sección circular parcialmente llena

Fuente: CEPIS (2005).

Relaciones hidráulicas

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \times \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta}\right) \quad (10)$$

Grado central en grado sexagesimal:

$$\theta = 2 \arccos \times \left(1 - \frac{2h}{D}\right) \quad (11)$$

Velocidad:

$$V = \frac{0.397 \times D^{\frac{2}{3}}}{n} \times \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Caudal:

$$q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15 n \times (2\pi\theta)^{\frac{2}{3}}} \times (2\pi\theta - 360 \operatorname{sen} \theta)^{\frac{5}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

3.3 Diseño de la red

3.3.1 Datos para el diseño

En la tabla 3.1 se pueden apreciar todos los datos para el cálculo de la red de alcantarillado, en la tabla 3.2 se tiene el análisis poblacional para hallar la población futura.

Tabla 3.1
 Datos para el diseño de las redes de alcantarillado

DATOS	VALOR	UNIDAD
Área del proyecto	36.27	Ha
Dotación	75	l/Hab/día
Análisis poblacional		
Población actual viviendas	453	Hab
Tasa de crecimiento	2.53	%
Población futura	747	Hab
Densidad poblacional	4.43	Hab/Ha
consideraciones generales		
Periodo de diseño	20	años
Coeficiente de retorno	0.8	
Material de la tubería	PVC	
Coeficiente de rugosidad	0.009	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2
 Análisis de la población futura

	Años	Tasa de crecimiento	Población actual (2023)	Población futura
2023	0	2.53%	453	453
2028	5	2.53%	453	513
2033	10	2.53%	453	582
2038	15	2.53%	453	659
2043	20	2.53%	453	747

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los tramos de alcantarillado y pozos de revisión para la vía principal, se detalla a continuación en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Red principal de alcantarillado

Tramo	L	Qd	So	v	hi	hf	Salto
1-2	22.05	2.31	6.00%	1.072	2.00	3.94	0.47
2-3	64.21	2.63	6.01%	1.272	3.94	3.21	-
3-4	18.57	3.06	11.57%	1.488	3.21	3.21	-
4-5	37.68	2.71	12.15%	1.525	3.21	3.21	-
5-6	49.38	2.77	8.74%	1.293	3.21	3.21	-
6-7	32.95	2.88	13.00%	1.577	3.21	3.88	0.67
7-8	19.63	2.90	12.11%	1.522	3.88	3.76	0.55
8-200	37.69	3.22	13.45%	1.604	3.76	3.57	0.86
200-201	24.94	3.25	16.58%	1.787	3.57	4.13	0.90
201-9	22.35	3.28	11.18%	1.747	4.13	4.22	1.00
9-202	20.58	3.25	8.72%	1.532	4.22	4.11	0.91
202-10	27.27	3.28	17.28%	1.825	4.11	6.65	0.91
10-11	20.38	3.50	1.00%	0.736	6.65	4.58	-
11-12	44.43	3.55	4.01%	1.166	4.58	2.00	-
12-13	28.37	3.69	12.36%	1.824	2.00	4.00	0.50
13-14	27.74	3.72	12.22%	1.814	4.00	5.92	0.92
14-15	17.05	4.32	1.06%	0.786	5.91	4.85	-
15-16	55.83	4.39	7.35%	1.579	4.85	3.00	1.00
16-17	83.64	4.49	8.40%	1.688	3.00	3.00	1.00
17-18	59.27	4.63	7.22%	1.565	3.00	3.00	1.00
18-19	27.43	4.80	4.63%	1.36	3.00	2.03	-
19-20	41.12	4.84	5.67%	1.505	2.03	2.00	-
20-21	39.66	5.49	12.00%	2.017	2.00	4.00	1.00
21-22	30.98	5.52	10.78%	1.912	4.00	3.00	-
22-204	30.73	5.56	14.78%	2.239	3.00	3.50	0.50
204-23	31.45	5.59	15.74%	2.059	3.50	3.00	1.00
23-24	25.57	5.58	11.85%	2.005	3.00	3.00	1.00
24-25	44.63	5.63	11.16%	1.945	3.00	2.00	-
25-26	24.81	5.66	10.40%	1.878	2.00	2.00	-
26-27	47.8	5.70	10.27%	1.866	2.00	2.00	-
27-28	22.67	5.73	8.07%	1.796	2.00	2.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados de los cálculos de la red de alcantarillado sanitario se encontrarán en el anexo 1 (Diseño de la red de alcantarillado sanitario-Ayancay).

3.3.2 Observaciones del diseño de alcantarillado

Para evitar las altas velocidades y pendientes, varios tramos de la red tienen saltos en los pozos en los que la altura máxima es de 1 metro. Los saltos en los pozos para la red principal de alcantarillado se muestran en la tabla 3.3. Los saltos de las redes secundarias se encuentran en los anexos de diseño de alcantarillado sanitario.

Para el diseño de las alturas de los pozos, algunos de estos tuvieron alturas mayores a 5 metros por irregularidades del terreno. Solo hay tres pozos que tienen alturas de 5 metros y con 2 pozos de 5 metros de altura. A continuación, se detalla los perfiles de los pozos en las ilustraciones 3.3 y 3.4.

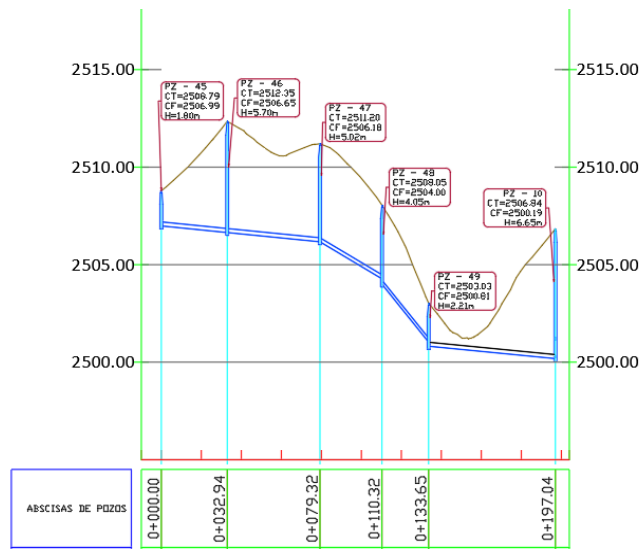


Ilustración 3.3 Perfil de la red secundaria 5, se detallan los pozos nro. 46 y 10.

Fuente: Elaboración propia.

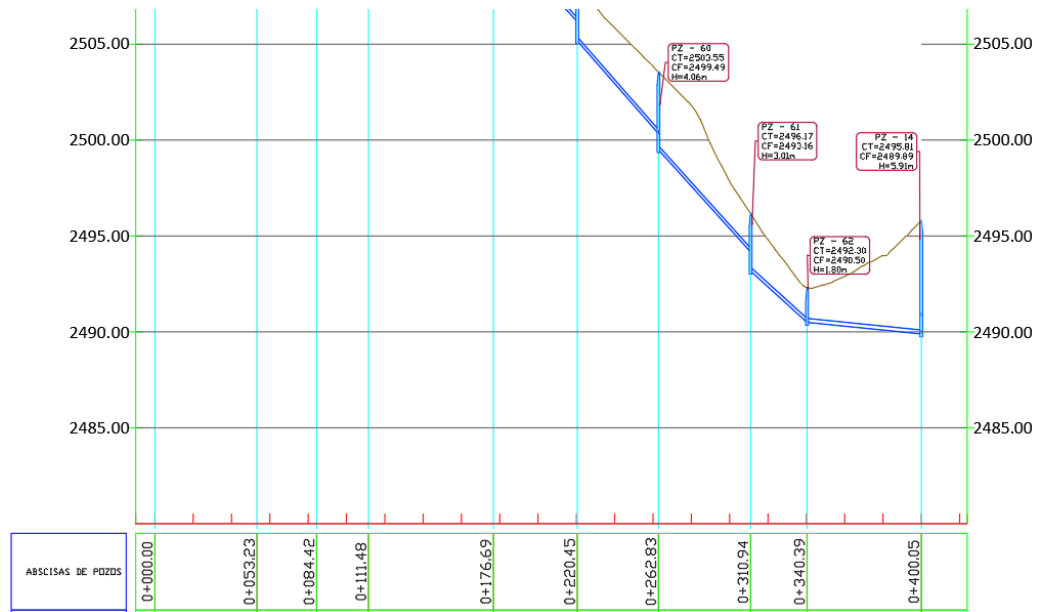


Ilustración 3.4 Perfil de red secundaria 7, se detalla el pozo nro. 14.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los planos de la red de alcantarillado sanitario se encontrarán en el anexo 2 (Planos de la red de alcantarillado sanitario-Ayancay).

CAPITULO 4

VERIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

4.1 Generalidades de las aguas residuales

Para la comunidad de Ayancay se hizo evidente la necesidad de contar con un proceso para tratar las aguas residuales antes de ser enviadas a el cuerpo receptor como es una quebrada.

Esto se hace con el fin de evitar daños ambientales y de salubridad relacionados con la contaminación por sustancias orgánicas, concentraciones de microorganismos, entre otros.

El tratamiento que se elija deberá ir de la mano con el sistema de tratamiento actual, el cual ha sido descrito en el primer capítulo de este documento y debe ser un sistema de fácil ejecución y con un mantenimiento sencillo.

Para conocer el tipo de tratamiento más acorde a las condiciones del lugar en donde se implantará se deberán conocer las características del agua residual.

4.2 Características del agua residual

Las aguas residuales tienen constituyentes físicos, químicos y biológicos.

4.2.1 Propiedades físicas:

Sólidos totales

Se puede definir la cantidad de solidos totales como el residuo resultante de someter al agua residual a un proceso de evaporación a temperaturas de 105°C (Tchobanoglous et al., 2013).

Los sólidos totales pueden clasificarse en filtrables o no filtrables.

Color

Las aguas residuales tienen un tono de color que varía de gris a gris oscuro y a negro dependiendo si estas son frescas o si han ido envejeciendo con el tiempo (Romero, 2004).

Temperatura

La temperatura del agua residual es ligeramente superior a la temperatura del agua potable, tiene una relación con las estaciones del año, pero, su rango de temperatura es más estable que la temperatura del aire (Von Sperling, 2007). Las temperaturas registradas del agua residual son mayores que las del aire durante la mayor parte del año y son menores en los meses más calurosos.

La temperatura del agua tiene importancia debido a su influencia en la vida acuática y en las reacciones químicas, la temperatura del agua residual varía en un rango entre 10 a 21°C (Tchobanoglous et al., 2013).

Olor

Las aguas residuales frescas tienen un olor relativamente molesto. Las aguas residuales sépticas tienden a un olor mucho más ofensivo en comparación, característico por la presencia de ácido sulfhídrico proveniente de la descomposición anaerobia y de otros productos (Romero, 2004).

Densidad

La densidad se define como la masa del agua por unidad de volumen expresada en kg/m^3 . De la densidad depende el potencial de formación de corrientes en fangos de sedimentación (Tchobanoglous et al., 2013).

Turbiedad

La turbiedad es la medida de las propiedades de la dispersión de la luz de una solución de agua que contiene partículas suspendidas y coloidales. La turbiedad aumenta a medida que la intensidad de la luz dispersada aumenta (Tchobanoglous et al., 2013).

Generalmente aguas residuales más frescas o más concentradas presentan una turbiedad mayor. (Von Sperling, 2007).

4.2.2 Propiedades químicas

Materia orgánica

Los compuestos orgánicos están formados por una combinación de elementos como carbono, hidrogeno, nitrógeno y oxígeno, también pueden estar presentes otros elementos como azufre, hierro o fósforo.

La materia orgánica es una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos tales como proteínas, carbohidratos y lípidos (Von Sperling, 2007).

Para la medición del contenido orgánico se tienen varios métodos como la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno y el carbono orgánico total (Tchobanoglous et al., 2013).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que requiere los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias (Romero, 2004).

El parámetro más utilizado es la DBO₅, este parámetro se mide a los 5 días, pudiendo ser mayor en el caso de plantas de tamaño pequeño en donde se puede ampliar la medición hasta los 7 días. La temperatura que se usa en la prueba es de 20°C (Tchobanoglous et al., 2013).

Se puede usar para medir la calidad de las aguas residuales y para diseñar y evaluar los procesos de tratamiento.

Demanda Química de oxígeno (DQO)

Se usa para medir el contenido de materia orgánica en las aguas residuales y naturales, para el ensayo se utiliza un agente químico oxidante en un medio ácido y a temperaturas altas para determinar el oxígeno equivalente de la materia orgánica oxidable químicamente.

La medida de DQO generalmente es mayor que la del DBO debido al mayor número de compuestos que se oxidan químicamente versus aquellos que se oxidan de manera biológica (Tchobanoglous et al., 2013).

El contenido de DQO promedio de las aguas residuales domésticas varían en un rango desde 250 a 1000 mg/L. Las relaciones entre el DQO Y DBO se encuentran entre 1.2 y 2.5 (Romero, 2004).

Carbono Orgánico Total

Se utiliza para medir la materia orgánica en el agua cuando se presenta en pequeñas concentraciones, el carbono se mide en pruebas instrumentales y no a través del oxígeno consumido como en la medición del DBO y DQO, la prueba del COT mide todo el carbono liberado en forma de CO₂ (Von Sperling, 2007).

Potencial de Hidrógeno

El pH es la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Es un indicador de las condiciones alcalinas o ácidas del agua residual, los procesos de oxidación biológica tienden a reducir el pH del agua (Von Sperling, 2007).

Alcalinidad

La alcalinidad regula los cambios producidos por la adición de ácidos en el agua y ayuda a prevenir los cambios bruscos del pH, se genera por la presencia de iones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (Romero, 2004).

Nitrógeno y Fósforo

Son nutrientes bio estimuladores y los principales elementos nutritivos para el crecimiento de protistas y plantas.

El nitrógeno está presente en forma de materia urea, proteínica y de aminoácidos. La presencia de nitrógeno en forma de nitratos en el agua residual puede indicar la estabilización del residuo en relación a la demanda de oxígeno.

En los casos en los que se necesite controlar el crecimiento de algas en el agua receptora, pudiera necesitarse la eliminación o limitar el contenido de nitrógeno y de compuestos de fósforo antes del vertido a los cuerpos de agua superficial.

El fósforo está presente en soluciones que incluyen los fosfatos orgánicos, ortofosfatos y polifosfatos (Tchobanoglous et al., 2013).

Metales pesados

Se pueden presentar cantidades de metales pesados en muchas aguas, en la constitución se evidencian cantidades de níquel, plomo, cadmio, zinc, cobre, hierro, mercurio, vanadio, manganeso, entre otros.

Los metales en altas concentraciones pueden ser considerados como contaminantes o tóxicos, aunque otros son imprescindibles para el desarrollo de la vida biológica de las aguas como es el caso del cobre o el zinc (Romero, 2004).

La concentración de metales se puede determinar por métodos como la polarografía y la espectroscopia de absorción atómica.

Gases

En las aguas residuales hay presencia de gases como el oxígeno, el dióxido de carbono, amoníaco o nitrógeno, entre otros. Gases como el amoníaco, el metano y el sulfuro de hidrógeno son producidos por la descomposición de la fracción orgánica en las aguas residuales (Tchobanoglous et al., 2013).

4.2.3 Propiedades Biológicas

Microorganismos

En las aguas residuales los principales organismos presentes son organismos eucariotas y procariotas.

Organismos patógenos

Los organismos patógenos proceden de desechos humanos que están infectados o no de alguna enfermedad, pueden producir casos mortales por contacto en lugares en donde no se cuenten con sistemas de saneamiento bueno, sobre todo en zonas tropicales o de altas temperaturas.

Uno de los problemas que se tiene al analizar la presencia de organismos patógenos es que se presentan en cantidades pequeñas y no se pueden aislar (Tchobanoglous et al., 2013).

Coliformes

Debido a la complicada identificación de los organismos patógenos se pueden emplear coliformes como organismo indicador de contaminación y de productores de enfermedad. Para remover patógenos del agua residual se deben considerar los tiempos de retención, temperatura, consumo de protozoos, entre otros.

No es considerado como un patógeno para los seres humanos, pero, su remoción es necesaria debido a que pueden transferir genes resistentes a las drogas (Romero, 2004).

4.3 Cargas per cápita

Para la caracterización de las aguas residuales se emplean parámetros que permitan cuantificar los contaminantes mencionados en el apartado anterior, entre los contaminantes se pueden diferenciar aquellos físicos, químicos y biológicos.

Para el caso de la comunidad de Ayancay el sistema se enfocará principalmente en el tratamiento de aguas residuales domésticas por la nula presencia de fábricas o demás instalaciones que puedan afectar la caracterización del agua.

Con el fin de poder evaluar el tratamiento existente y comprobar el correcto funcionamiento del mismo se tomará como fuente de datos valores teóricos promedios de la caracterización de las aguas residuales domésticas., tal como se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1

Características físico - químicas de las aguas residuales domésticas sin tratar en los países en desarrollo

Parámetros	Carga Per Cápita (g/hab*día)		Concentración (mg/l, excepto pH)	
	Rango	Típico	Rango	Típico
SOLIDOS TOTALES	120 - 220	180	700 - 1350	1100
Suspendidos	35 - 70	60	200 - 450	350
Fijo	7 - 14	10	40 - 100	80
Volátil	25 - 60	50	165 - 350	320
Disuelto	85 - 150	120	500 - 900	700
Fijo	50 - 90	70	300 - 550	400
Volátil	35 - 60	50	200 - 350	300
Liquidable	-	-	10 - 20	15
MATERIA ORGÁNICA				
DBO5	40 - 60	50	250 - 400	300
DQO	80 - 120	100	450 - 800	600
DBO ultimo	60 - 90	75	350 - 600	450
NITRÓGENO TOTAL	6,0 - 10,0	8,0	35 - 60	45
Nitrógeno orgánico	2,5 - 4,0	3,5	15 - 25	20
Amoníaco	3,5 - 6,0	4,5	20 - 35	25
Nitrito	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
Nitrato	0,0 - 0,3	≈ 0	0 - 2	≈ 0
FÓSFORO	0,7 - 2,5	1,0	4 - 15	7
Fósforo orgánico	0,7 - 1,0	0,3	1 - 6	2
Fósforo inorgánico	0,5 - 1,5	0,7	3 - 9	2
pH	-	-	6,7 - 8,0	7,0
ALCALINIDAD	20 - 40	30	100 - 250	200
METALES PESADOS	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
ORGÁNICOS TÓXICOS	≈ 0	0	≈ 0	≈ 0

Fuente: Marcos Von Sperling (2007).

4.4 Niveles de tratamiento

El texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente establece un proceso para el tratamiento de las aguas residuales, dividiéndolo en cuatro etapas como: Tratamiento preliminar, tratamiento primario, secundario y avanzando.

Tratamiento preliminar:

El tratamiento preliminar o pre tratamiento es la etapa que sirve como comienzo al tratamiento y depuración de aguas, está destinado a la preparación y acondicionamiento de las aguas para proteger a la planta de elementos que puedan dañar los equipos o a la instalación, en este proceso se puede presentar procesos para remoción de sólidos gruesos, eliminación de arenas y gravillas, eliminación de grasas, procesos de compensación y ajustes de pH (TULSMA, 2017).

Tratamiento primario:

En esta etapa se tiene como objetivo la remoción por medios mecánicos o físicos de una parte considerable de sólidos sedimentables y flotantes y partes de materia orgánica contenida en el agua residual (TULSMA, 2017).

Se pueden obtener reducciones de cargas de DBO entre el 25 y 40%, entre el 65 y 70% el en el caso de la reducción de los sólidos suspendidos y una remoción ente el 30 y 40% en el caso de los coliformes (Von Sperling, 2007).

Entre los procesos que se contemplan en esta etapa se encuentran operaciones como cribado, flotación, floculación, sedimentación y filtración.

Tratamiento secundario:

En esta etapa ya se presentan procesos biológicos y químicos con la ayuda de microorganismos y bacterias. Se emplea con el fin de remover compuestos orgánicos biodegradables, sólidos suspendidos y nutrientes como nitrógeno y fósforo, este proceso esta precedido por la etapa de tratamiento primario e incluye algunas fases de desinfección (TULSMA, 2017).

Los procesos biológicos más usados son fangos o lodos activados, filtros percoladores, también se emplean lagunas de estabilización o aireadas y otros como filtros anaerobios o reactores (CEPIS, 2002).

Se pueden obtener reducciones de cargas de DBO que ascienden hasta el 60 y 99%, entre el 65 y 95% el en el caso de la reducción de los sólidos suspendidos y una remoción ente el 60 y 99% en el caso de los coliformes (Von Sperling, 2007).

Tratamiento avanzado:

Es un tratamiento adicional que puede emplearse en el caso necesario de remover nutrientes, sustancias disueltas, contaminantes específicos como el caso de elementos no biodegradables que no fueron suficientemente removidos en las etapas anteriores y permanecen después del tratamiento secundario (TULSMA, 2017).

4.5 Parámetros de diseño

4.5.1 Rejilla

Como primer paso para el tratamiento de las aguas servidas, tenemos la separación de residuos sólidos gruesos mediante rejillas. El procedimiento se basa en hacer pasar el caudal mediante rejas de barras. Estas barras deben tener una abertura mínima de 15 mm o mayor. También existen procedimientos manuales o mecánicos para la limpieza de las rejillas (Tchobanoglous et al., 2013).

Los residuos que son retenidos en las rejas antes de la planta de tratamiento son: piedras, ramas, raíces de árboles, chatarra, papel, plásticos, materia orgánica, entre otros. Se estima que los desechos sólidos que es contenido, representan alrededor del 60-70% del volumen total de residuos en rejas desde los 25 a 100 mm de separación entre cada reja. Estos solidos retenidos tienen una densidad entre los 640-960 kg/m³ (Tchobanoglous et al., 2013).

Las característica, diseño y factores a considerar para la instalación de rejillas en limpieza manual y mecánica se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2

Información típica para el proyecto de rejillas de barras de limpieza manual y mecánica

Características	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:		
Anchura, mm	5-15	5-15
Profundidad, mm	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras, mm	25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical, grados	25-50	50-82,5
Pérdida de carga admisible, mm	150	150

Fuente: Tchobanoglous et.al. (2013).

En el caso de las velocidades de aproximación para la limpieza manual está en un rango de 0.30-0.60m/s, mientras para el caso de la limpieza mecánica, se encuentra en el rango de 0.60-1.20m/s (Conagua, 2015).

En este proyecto se usarán rejillas de limpieza manual debido a que es para una planta de tratamiento pequeña. En este caso va a ser necesario que un trabajador rastre frecuentemente para evitar acumulación de sólidos. Provocando de esta forma reboses, desbordamientos y oscilaciones bruscas del flujo. Sin una limpieza frecuente, la rejilla perdería su eficiencia en la retención de sólidos y también afectaría a los procesos de tratamiento consecuentes.

Rejas de limpieza manual:

Su longitud no debería ser mayor para que sea de fácil limpieza (aproximadamente 3 metros). Los elementos de separación ubicados en la parte posterior sostienen las barras mediante soldadura. Mientras que, en la parte superior de la reja, se debe colocar una placa perforada, de modo que los objetos extraídos puedan ser almacenados temporalmente para su posterior drenaje (Ilustración 4.1). La pendiente del canal debe ser horizontal y descendiente en relación del flujo. Este canal no debe contar con imperfecciones u obstáculos donde los sólidos pueden quedar atrapados (Tchobanoglous et al., 2013).

Si la velocidad de aproximación del flujo supera los parámetros establecidos, se puede modificar el ancho de la sección del canal en la zona de la rejilla. También colocando

el canal con menor pendiente, aumentando así la superficie sumergida. El diseño estructural tiene que ser el óptimo para evitar su deterioro en caso de obstruirse íntegramente (Tchobanoglous, 2007).

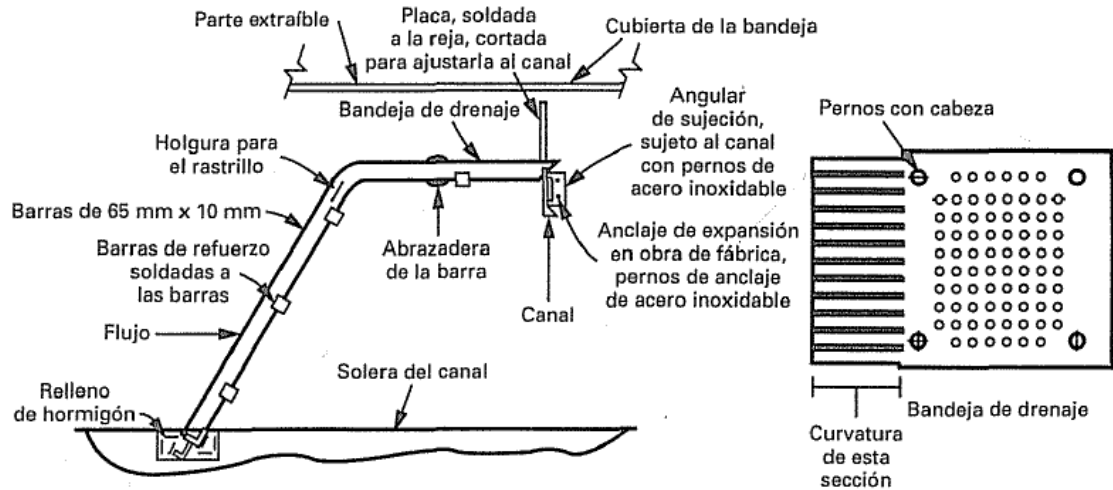


Ilustración 4.1 Reja de barras de limpieza manual

Fuente: Tchobanoglous (2007)



Ilustración 4.2 Ejemplo de una rejilla de limpieza manual

Fuente: Conagua (2015).

Para el cálculo de la sección de la rejilla se tomará en cuenta las ecuaciones de libro de “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento “Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y tratamiento primario” de CONAGUA 2015.

Área del canal:

$$A = W * h \quad (14)$$

Donde:

A= Área del canal (m²)

W= Ancho del canal (m)

h= Tirante hidráulico (m)

Velocidad antes de la reja:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (15)$$

Donde:

V= Velocidad antes de la reja (m/s)

Q= Caudal (m³/s)

A= Área del canal (m²)

Longitud de la reja:

$$L = \frac{h+h_b}{\text{sen}\theta} \quad (16)$$

Donde:

L= Longitud de la reja (m)

h= Tirante hidráulico (m)

h_b= Borde libre (m)

θ= Ángulo de inclinación

Numero de barras:

$$C = \frac{W-n*d_b}{n+1} \rightarrow n = \frac{W-C}{C+d_b} \quad (17)$$

Donde:

C= Apertura entre barras (m)

W= Ancho del canal (m)

n= Numero de espacios entre barras

d_b = Espesor de la barra (m)

n-1= Numero de barras

Velocidad de acercamiento, aguas arriba:

$$V_a = \frac{Q}{(W-d_b)*h} \quad (18)$$

Donde:

V_a = Velocidad de acercamiento (m/s)

Q= Caudal (m^3/s)

W= Ancho del canal (m)

d_b = Espesor de la barra

Velocidad a través de la reja:

$$A_r = n * d_b * h \quad (19)$$

$$V_r = \frac{Q}{A-A_r} \quad (20)$$

Donde:

V_r = Velocidad a través de la reja (m/s)

Q= Caudal (m^3/s)

A= Área del canal (m^2)

A_r = Área de las rejillas (m^2)

n= Numero de espacios

h= Tirante hidráulico (m)

d_b = Espesor de la barra (m)

Pérdida hidráulica:

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V_r^2 - V_a^2}{2 * g} \right) \quad (21)$$

Donde:

h_L =Pérdida hidráulica (m)

V_r = Velocidad a través de la reja (m/s)

V_a = Velocidad de acercamiento (m/s)

g = Gravedad (9.81 m/s²)

4.5.2 Fosa séptica

La fosa séptica es el método de tratamiento más conveniente en casi cualquier situación geográfica, se puede emplear para viviendas individuales o en zonas rurales como parte del tratamiento primario.

Son depósitos de una o más cámaras impermeables, con escurrimiento continuo y de forma rectangular en la mayoría de los casos (Ilustración 4.3). La fosa cumple funciones como sedimentación, almacenamiento y digestión de sólidos. (Conagua, 2015)

La remoción dentro de un pozo séptico varía en los siguientes rangos de acuerdo a cada contaminante:

- DBO: Remoción del 30 al 50%
- Grasas y aceites: Remoción del 70 al 80%.
- Fósforo: Remoción del 15%.
- Sólidos suspendidos: Remoción del 50 al 70% (Romero, 2004).

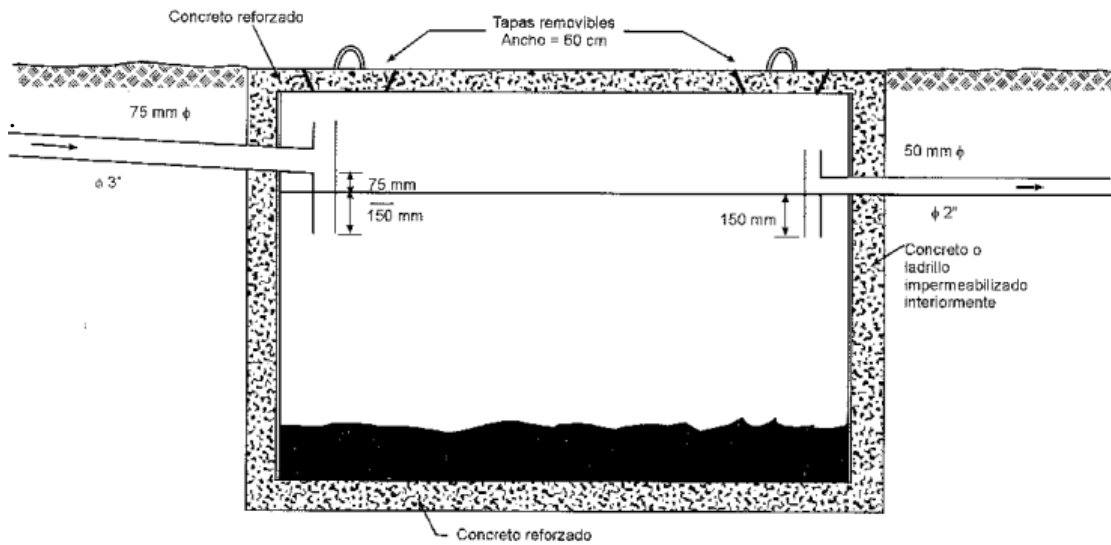


Ilustración 4.3 Sección típica de un tanque séptico de una cámara

Fuente: Romero (2004).

Dimensionamiento

Periodo de retención hidráulica

$$Pr = 1.5 - 0.3 \times \log (P \times q) \quad (22)$$

Donde:

Pr = Tiempo de retención hidráulica (día).

P = Número de habitantes (hab).

q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales (l/hab*día)

El tiempo de retención dentro de la fosa séptica se puede establecer en periodos de entre 12 a 24 horas según la cantidad de los afluentes que ingresen (Asociación brasileña de normas técnicas (ABNT), 1993). Aun así, el periodo de retención más comúnmente usado es de 24 horas.

Volumen de sedimentación

$$V_s = 10^{-3} \times (P \times q) \times Pr \quad (23)$$

Donde:

V_s = Volumen de sedimentación (m^3).

Volumen de almacenamiento de lodos

$$V_d = G \times P \times N \times 10^{-3} \quad (24)$$

Donde:

V_d = Volumen de almacenamiento de lodos (m^3).

N = Intervalo de limpieza o retiro de lodos (años).

G = Volumen de lodos producidos por persona por año (l/hab*año).

El volumen de lodos producidos depende de factores como el clima o como la descarga de residuos de cocina, para este caso, considerando un clima frío el volumen de lodos producidos puede establecerse en 50 litros/ habitante año y para clima cálido en 40 litros/ habitante año, aun así, a este valor se puede sumar una cantidad de 20 litros/habitante año en el caso de que haya aparatos sanitarios o descargas que puedan introducir una mayor cantidad de residuos que afecten al sistema.

Volumen de natas

El volumen mínimo se considera en $0.7 m^3$.

Siendo así, el volumen útil del tanque se considera como la suma de los volúmenes de sedimentación de almacenamiento de lodos y el volumen de natas.

Profundidad máxima de espuma sumergida

$$H_e = \frac{0.7}{A} \quad (25)$$

Donde:

A = Área superficial de la fosa (m^2).

Profundidad libre de espuma sumergida

La profundidad libre de espuma sumergida se establece en 0.1 m.

Profundidad libre del lodo

$$H_o = 0.82 - 0.26 x A \quad (26)$$

Profundidad mínima requerida para la sedimentación

$$H_s = \frac{V_s}{A} \quad (26)$$

Profundidad de espacio libre

Esta profundidad comprende la superficie de espuma sumergida libre y la de lodos, para calcularla se escoge el mayor valor entre $0.10 + H_o$ o la profundidad mínima para sedimentación.

Profundidad total de la fosa séptica

La profundidad total de la fosa comprende la suma de las profundidades de sedimentación, la profundidad de almacenamiento de lodos, natas y la profundidad libre.

Consideraciones para el dimensionamiento de la fosa

Tabla 4.3

Dimensiones mínimas de diseño para fosas sépticas

Dimensiones mínimas		
Descripción	Condicione s	Unida d
Ancho interno mínimo	$b=0.8$	m
Profundidad útil mínima	$h=1.2$	m
Relación largo ancho	$2 < L/b < 4$	m
Ancho interno	$b \leq 2h$	m
Volumen del primer compartimiento	$2/3 * V$	m^3
Volumen del segundo compartimiento	$1/3 * V$	m^3
Relaciones de las longitudes de las cámaras		
Cámara número 1	$2/3 * L$	m
Cámara número 2	$1/3 * L$	m
Orificio para el paso entre cámaras	$2/3h$	m
Área de sección transversal del orificio	$(5-10\%) A_t$ útil	m^2

Fuente: Norma Brasileña NB-41/81 (1993).

4.5.3 Filtro anaerobio

Proceso de digestión anaerobia

La digestión anaerobia de materia orgánica e inorgánica se produce en condiciones sin oxígeno molecular, el principal uso de este tipo de tecnología es para estabilizar fangos o lodos subproductos del tratamiento de agua residual o por residuos industriales.

El proceso se lleva a cabo en un reactor cerrado (Ilustración 4.4). El material resultante obtenido del reactor tendrá un bajo contenido de materia orgánica y patógenos.

Las conversiones de los lodos se llevan a cabo mediante la acción de microorganismos anaerobios. La estabilización se alcanza cuando se produce metano y dióxido de carbono.

Dentro de los reactores anaerobios, la producción de metano se puede dar por medios como la conversión de hidrógeno y dióxido de carbono en metano más agua y la conversión del acetato en metano y dióxido de carbono (Tchobanoglous et al., 2013).

El filtro anaerobio es el sistema más fácil de implementar y mantener en el tratamiento de aguas residuales por métodos anaerobios.

El filtro anaerobio está constituido por una columna rellena de un medio sólido para el soporte del crecimiento biológico anaerobio (Romero, 2004).

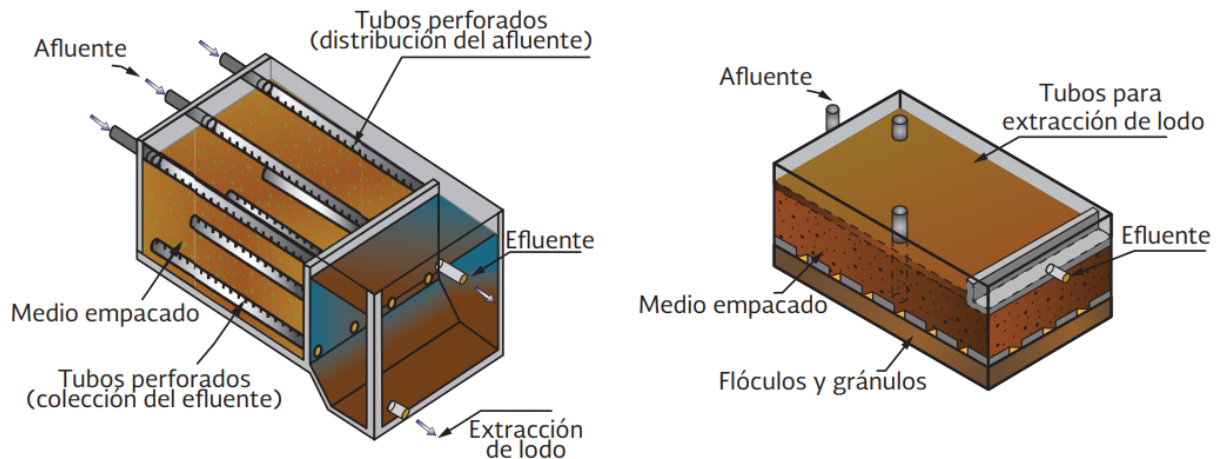


Ilustración 4.4 Esquema filtro anaerobio flujo ascendente y descendente

Fuente: Conagua (2015).

Dimensionamiento

Tiempo de retención hidráulica

$$t = \frac{V}{Q} \quad (27)$$

Donde:

t = Tiempo de retención hidráulica (horas).

V = Volumen del filtro anaerobio (m³).

Q = Caudal medio de entrada (m³/d).

Los tiempos de retención pueden variar en un rango entre 4 y 10 horas (Chernicharo, 2007).

Carga hidráulica superficial

$$CHS = \frac{Q}{A} \quad (28)$$

Donde:

A= Área superficial del medio empacado (m²)

Q = Caudal medio de entrada (m³/d).

CHS= Carga hidráulica superficial (m³/m²*d)

La carga hidráulica superficial varía un rango entre 6 a 15m³/m²*d (Chernicharo, 2007).

Carga orgánica volumétrica

$$Lv = \frac{Q \times So}{V} \quad (29)$$

Donde:

So = Concentración total de DBO en el afluente (mg/L).

V = Volumen del filtro anaerobio (m³).

Q = Caudal medio de entrada (m³/d).

Lv = Carga Orgánica volumétrica, en kg de DQO/(m³d) o kg de DBO/(m³d).

Se ha mostrado que se pueden obtener efluentes de buena calidad cuando los filtros anaerobios trabajan bajo carga orgánica en rangos de 0.15 a 0.50 kg DBO/m³d (Volumen total del filtro) y en rangos de 0.25 a 0.75 kg DBO/m³d (Volumen del filtro empacado) (Chernicharo, 2007).

Eficiencia de los filtros anaerobios

$$E = 100 \times (1 - 0.87 \times t^{-0.5}) \quad (30)$$

Donde:

E = Eficiencia del filtro anaerobio (%).

t = Tiempo de retención hidráulica (horas).

0.87= Coeficiente del sistema (Constante empírica).

0.50 = Coeficiente del medio empacado (Constante empírica).

Concentración de DQO y DBO a la salida del efluente

$$C_{effl} = S_0 - \frac{E \times S_0}{100} \quad (31)$$

Donde:

C_{effl} = Concentración total de DQO o DBO en el efluente (mg/L).

S_0 = Concentración total de DQO o DBO en el afluente (mg/L).

E = Eficiencia del filtro anaerobio (%).

4.5.4 Lecho de secado de lodos

La deshidratación de lodos por medio natural es un proceso que puede resultar atractivo desde un punto económico y de operación.

Los lechos de secado son unidades destinadas a la deshidratación de los lodos subproductos de los procesos de tratamiento como sedimentadores, decantadores o elementos de retención como rejillas de limpieza manual, mediante procesos de evaporación o infiltración (ABNT, 1993), (Ilustración 4.5).

Una vez que los lodos sean deshidratados se pueden llevar a su disposición final.

Los procesos dentro de los lechos de secado son comunes para la mayoría de sus tipos e incluyen etapas como: bombeo del sobrenadante de los lechos, acondicionamiento químico, secado del lodo hasta la concentración deseada y remoción de los lodos resultantes.

El ancho de los lechos de secado puede variar en dimensiones ente 3 y 6 metros, aunque existen casos que esta dimensión puede sobrepasar los 10 metros.

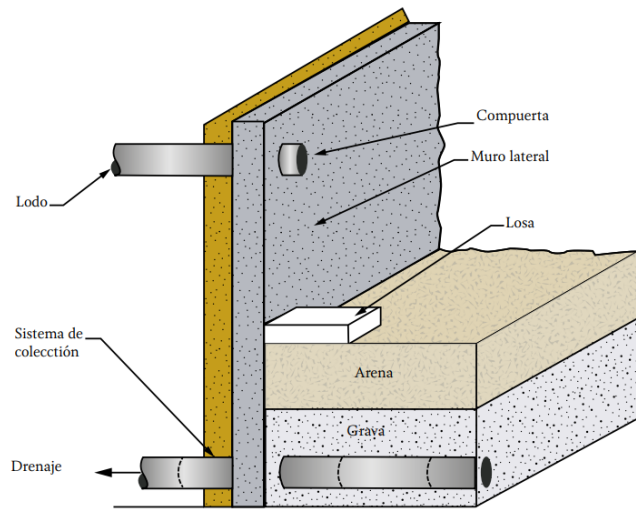


Ilustración 4.5 Sección típica de un lecho de secado

Fuente: Conagua (2015).

Dimensionamiento

Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

$$C = \frac{\text{Poblacion} \times \text{Contribucion percapita}}{1000} \quad (32)$$

La carga de sólidos esta expresada en kg de SS/día.

Masa de sólidos que conforman los lodos

$$M_s = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C) \quad (33)$$

Donde:

C = Carga de sólidos que ingresan al sedimentador.

Contribución per cápita expresada en gr SS/hab x día.

Volumen diario de lodos digeridos

$$V = \frac{Ms}{p \text{ lodo} \times \left(\%de \frac{\text{solidos}}{100}\right)} \quad (34)$$

Donde:

Ms =Masa de sólidos que conforman los lodos (kg SS/día).

N = Densidad de los lodos (1.04kg/l).

%de solidos = % de solidos contenidos en los lodos (varia en un rango entre 8 y 12%).

Volumen de lodos a extraerse

$$Vel = \frac{V \times Td}{1000} \quad (35)$$

Donde:

Td = Tiempo de digestión (día).

Área del lecho de secado

$$A = \frac{Vel}{H} \quad (36)$$

Donde:

H = Profundidad de aplicación (0.20 a 0.40m).

4.6 Consideraciones a la salida del efluente

Según las regulaciones ambientales se tienen límites para la descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce con el fin de evitar daños o contaminación a los mismos, estos valores se pueden apreciar en la tabla 4.4.

Tabla 4.4
Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro Total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón Cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/ 100 ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/ 20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Temperatura	°C		Condición natural ± 3

Fuente: Ministerio del ambiente (2015).

4.7 Verificación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamiento de aguas residuales actual cuenta con un cajón de entrada de 1 x 1 x 0.9m, a continuación, las aguas residuales pasan por un canal de 5.35 m hasta llegar a la fosa séptica, el efluente de la fosa séptica pasara a un filtro anaerobio, para finalmente desembocar en una quebrada adyacente.

Para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se contará con los siguientes datos en cuanto a las dimensiones de la fosa séptica y el filtro anaerobio (Tabla 4.5 y Tabla 4.6).

Tabla 4.5
Dimensiones de la fosa séptica actual

Dimensiones		
Largo	7	m
Ancho	4	m
Profundidad	2	m
Volumen	56	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.6
Dimensiones del filtro anaerobio actual

Dimensiones		
Largo	4.3	m
Ancho	4.3	m
Profundidad	2	m
Volumen	36.98	m ³

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la planta nueva además de lo mencionado contará con una rejilla para retención de sólidos y un lecho de secado de lodos.

4.7.1 Caracterización del agua residual cruda

Para el diseño de la planta nueva se tienen los siguientes datos de entrada en cuanto a los parámetros y la caracterización del agua residual (Tabla 4.7).

Tabla 4.7
Caracterización del agua residual cruda

Parámetro	Símbolo	Carga Per Cápita	Unidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	60	gr/Hab*día
Demanda Química de Oxígeno	DQO	100	gr/Hab*día
Sólidos Suspendidos Totales	SST	60	gr/Hab*día
Nitrógeno Amoniacal	NA	4.5	gr/Hab*día
Fósforo	P	1	gr/Hab*día

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos datos se pueden obtener las concentraciones de entrada (Tabla 4.8).

Tabla 4.8
Concentración de las aguas residuales crudas

Parámetro	Carga per cápita (g/hab. d)	Carga total (mg/d)	Concentración (mg/L)
DBO	60.00	44799028.89	86.42
DQO	100.00	74665048.15	144.03
Sólidos Suspendidos Totales	60.00	44799028.89	86.42
Nitrógeno Amoniacal	4.50	3359927.167	6.48
Fósforo	1.00	746650.4815	1.44

Fuente: Elaboración propia.

Los caudales de diseño se tomaron de base del cálculo de la red de alcantarillado sanitario proyectado a 20 años, el valor del caudal para el diseño de la planta se establece así en un valor de 6 litros/ segundo.

4.7.2 Diseño de la rejilla

Como primer punto se realizó el diseño de la rejilla para retención de sólidos, los datos para el diseño se presentan en la tabla 4.9, mientras que los resultados del cálculo luego de aplicar las fórmulas mencionadas anteriormente en este capítulo se presentan en la tabla 4.10.

Tabla 4.9
Datos para el diseño de la rejilla

Datos		
Ancho del canal	0.3	m
Caudal Máximo	0.006	m ³ /s
Coefficiente de rugosidad	0.012	
Pendiente del canal	0.01	
Espesor de las barras	2.4	cm
Inclinación de la reja	45	grados

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.10
Resultados del cálculo de la rejilla

Resultados del cálculo (Cuadro de resumen)		
Tirante hidráulico	0.029	m
Área del canal	0.009	m ²
Velocidad antes de la reja	0.69	m/s
Longitud de la reja	0.424	m
Número de barras	6	
Velocidad de acercamiento aguas arriba	0.75	m/s
Velocidad a través de la reja	1.326	m/s
Pérdida de carga	87.188	mm

Fuente: Elaboración propia.

4.7.3 Diseño de la fosa séptica

Los datos para el diseño de la fosa séptica se presentan en la tabla 4.11.

Tabla 4.11
Datos para el diseño de la fosa séptica

Datos		
Población a servir	747	Hab
Intervalo de limpieza de lodos	2	años
Periodo de retención hidráulica	1	días
Contribución de lodos	70	l/Habx año
Caudal de aporte unitario	0.75	l/Habxdía
Volumen de natas	0.7	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Mediante la formulación mencionada anteriormente en este capítulo en cuanto al dimensionamiento de la fosa séptica, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 4.12).

Tabla 4.12
Resultados del cálculo de la fosa séptica

Resultados del cálculo (Cuadro de resumen)		
Volumen requerido para la sedimentación	56.03	m ³
Volumen de digestión y almacenamiento de lodos	104.58	m ³
Profundidad mínima requerida para la sedimentación	0.8	m
Profundidad de espuma sumergida máxima	0.01	m
Profundidad de almacenamiento de lodos	1.49	m
Profundidad libre de espuma sumergida	0.1	m
Profundidad del tanque (Calculado)	2.4	m
Volumen del tanque (Calculado)	161.31	m ³
Volumen del tanque (Real)	172.8	m ³
Profundidad del tanque	2.4	m
Largo del tanque	12	m
Ancho del tanque	6	m
Longitud de la primera cámara	8	m
Longitud de la segunda cámara	4	m
Orificio para el paso entre las cámaras	1.6	m
Área de la sección transversal del orificio	1.44	m ²

Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia de remoción y los resultados de los valores del efluente del agua residual de la fosa séptica se presentan en la tabla 4.13.

Tabla 4.13
Eficiencia en la remoción de la fosa séptica y valores del efluente

Parámetros	Símbolo	Eficiencia de remoción	Valor afluente (mg/L)	Valor efluente (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	40%	86.42	51.85
Demanda Química de Oxígeno	DQO	40%	144.03	86.42
Sólidos suspendidos totales	SST	60%	86.42	34.57
Nitrógeno Amoniacal	NA	0%	6.48	6.48
Fósforo	P	15%	1.44	1.22
Coliformes fecales	CF	0%	0.00	0

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados de los cálculos de fosa séptica se encontrarán en el anexo 3 (Diseño de la fosa séptica-Ayancay).

4.7.4 Diseño del filtro anaerobio

Los parámetros para el diseño de la fosa séptica se presentan en la tabla 4.14.

Tabla 4.14
Datos para el diseño del filtro anaerobio

Datos		
Población a servir	747	Hab
Caudal medio de entrada	6	l/s
Tiempo de retención hidráulica	7.5	horas

Fuente: Elaboración propia.

Mediante la formulación mencionada anteriormente en este capítulo en cuanto al dimensionamiento del filtro, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 4.15).

Tabla 4.15
Resultados del cálculo del filtro anaerobio

Resultados del cálculo (Cuadro de resumen)		
Volumen del filtro anaerobio	162	m ³
Altura del medio empacado	1.6	m
Dimensiones del borde libre	0.5	m
Dimensiones del bajo dren	0.5	m
Profundidad del filtro	2.6	m
Carga hidráulica superficial		m ³ / m ² *d
Para un caudal medio entre 6 a 10	8.32	m ³ / m ² *d
Para un caudal máximo diario entre 8 a 12	9.96	m ³ / m ² *d
Para un caudal máximo horario entre 10 a 15	14.98	m ³ / m ² *d
Carga orgánica volumétrica		kg DBO/ m ³ *d
Carga orgánica entre 0.15 a 0.50	0.1659	kg DBO/ m ³ *d
Carga orgánica en el medio empacado entre 0.25 a 0.75	0.27	kg DBO/ m ³ *d
Remoción		
Eficiencia en la remoción	68.23	%
Concentración de DBO en el efluente	16.47	mg/l
Dimensiones del filtro		
Profundidad del filtro	2.6	m
Lado (Filtro de forma cuadrada)	7.9	m

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados se evidencia que la planta actual no abastece ni abastecerá a la comunidad en el periodo de diseño propuesto, por lo que, se recomendaría la reconstrucción de la misma.

Nota: Los resultados de los cálculos del filtro anaerobio se encontrarán en el anexo 4 (Diseño del filtro anaerobio-Ayancay).

4.7.5 Diseño del lecho de secado de lodos

Para el diseño del lecho de secado de lodos se tienen los siguientes parámetros (Tabla 4.16).

Tabla 4.16
Datos para el diseño del lecho de secado de lodos

Datos		
Población a servir	747	Hab
Caudal medio de entrada	6	l/s
Sólidos en suspensión	60	gr/Hab*día
Densidad de los lodos	1.0	kg/l
	4	
% de solidos contenidos en el lodo	8	%
Tiempo de digestión de los lodos	60	día

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las fórmulas para el dimensionamiento del lecho de secado, se obtuvieron los siguientes datos (Tabla 4.17).

Tabla 4.17
Resultados del cálculo del lecho de secado de lodos

Resultados del cálculo (Cuadro de resumen)		
Carga de sólidos	44.82	kg ss/día
Masa de solidos que conforman los lodos	14.57	kg ss/día
Volumen diario de lodos digeridos	175.08	l/día
Volumen de lodos a extraerse de la fosa	10.5	m ³
Profundidad de aplicación	0.3	m
Área del lecho de secado (Calculada)	35.02	m ²
Lado de lecho de secado (Sección cuadrada)	5.95	m
Área del lecho de secado (Real)	35.4	m ²

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados de los cálculos del lecho de secado se encontrarán en el anexo 5 (Diseño del lecho de secado de lodos-Ayancay).

4.7.6 Esquema de la planta de tratamiento nueva

En la ilustración 4.6 se presenta el esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales rediseñada y como estará implantada en el terreno existente, además se puede apreciar las diferencias en el tamaño de las diferentes etapas de tratamiento.

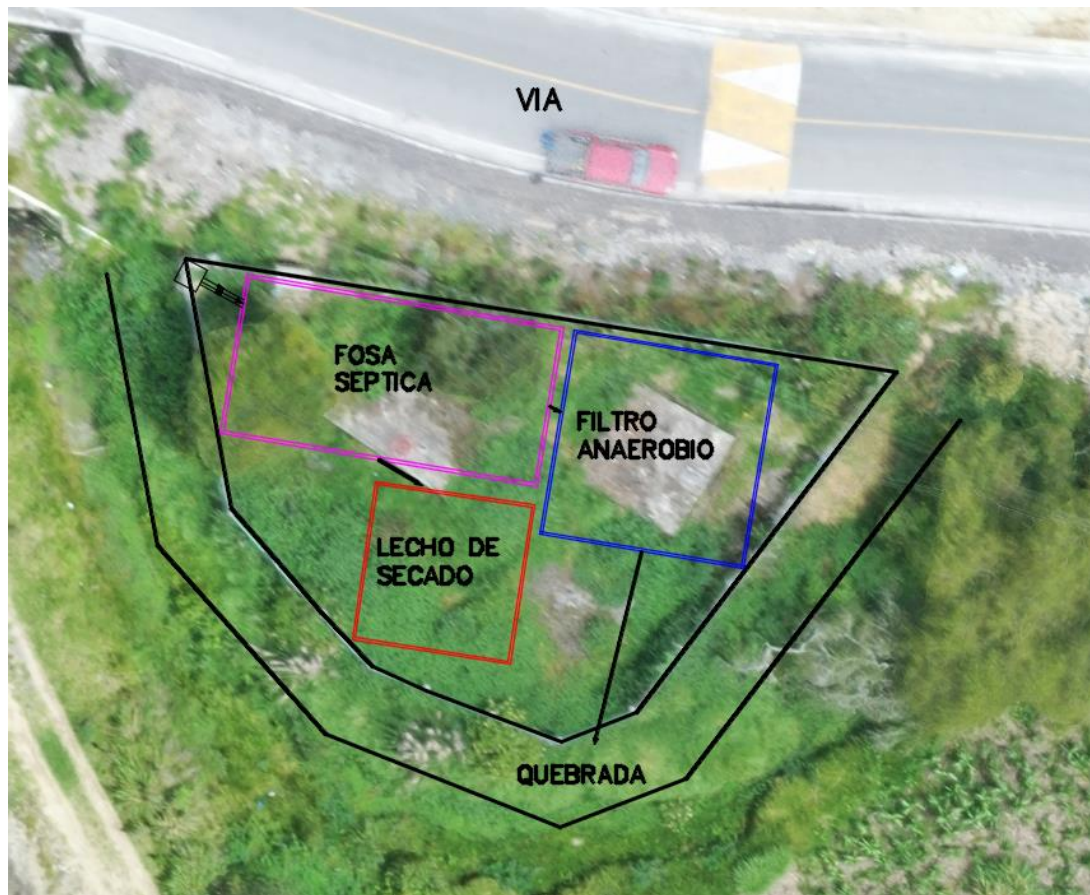


Ilustración 4.6 Esquema de implantación de la planta de tratamiento rediseñada

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los cálculos de cada etapa de la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentran en el anexo 2 (Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales-Ayancay).

Conclusiones

Al realizar la visita a la comunidad Ayancay, se constató que la topografía del lugar es accidentada, debido a esto, se presentaron problemas en el diseño de la red de alcantarillado como grandes profundidades en ciertos pozos de revisión. El análisis poblacional de la comunidad se basó en datos obtenidos del instituto nacional de estadísticas y el número de viviendas se obtuvo de manera visual y mediante visitas guiadas por parte del GAD parroquial obteniéndose así un total de 453 personas. La población futura para el periodo de diseño de 20 años siguiendo el método geométrico fue de 747 personas. Para la caracterización del agua se consideraron datos teóricos debido a la falta de información relevante en la comunidad y en comunidades aledañas.

Se evidenció la necesidad del rediseño de la red de alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales. Mediante los rediseños, se amplió la cobertura de la red de alcantarillado intentando llegar a abastecer a todas las viviendas, sin embargo, por la topografía accidentada algunos sectores no contarán con acceso a la red y mantendrán fosas sépticas como principal método de tratamiento. Se obtuvieron diámetros de tubería de 200mm en todas las redes con una longitud total de aproximadamente 3km, las conexiones domiciliarias se hacen a través de tuberías de diámetro mínimo de 100mm, este sistema presenta ventajas en relación a la red actual por el uso de materiales flexibles y más económicos. La planta de tratamiento fue rediseñada con el fin de que abastezca las necesidades de la población futura, se aumentaron las dimensiones de sus etapas de tratamiento y se cambió su proceso. La planta nueva consta de varias etapas, la primera etapa forma parte de un pretratamiento mediante el uso de rejillas para retención de sólidos, seguida de un tratamiento primario como es la fosa séptica de doble cámara, y una última etapa formada por un filtro anaerobio. Además, se diseñó un lecho de secado de lodos para el tratamiento de los lodos que se extraigan de la fosa séptica.

Recomendaciones

Es necesario la construcción de nuevas redes de alcantarillado que ayuden a conectar a todas las viviendas de la comunidad. Se debe mantener por separado las captaciones de agua lluvia y agua residual en las viviendas, debido a que el sistema diseñado solo consideró una red de alcantarillado sanitario.

En cuanto a la planta de tratamiento se recomienda la construcción de una planta nueva con mejores capacidades de tratamiento, la cual debería tener un mejor mantenimiento para evitar daños estructurales como los evidenciados en la planta actual.

Referencias:

- Asociación Española de abastecimiento de agua y Saneamiento AEAS. (2017). Informe sobre aguas residuales en España. *Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento*, 1–22. <http://www.asoaeas.com/sites/default/files/Documentos/Informe sobre aguas residuales AEAS.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993). *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. 15.
- Comisión Nacional del agua. (2016). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Saneamiento Básico. In *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. <http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro25.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2009). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario. In *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgapds-29.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente*. [https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA_2015_Manual Filtros anaerobios de flujo ascendente.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA_2015_Manual_Filtros_anaerobios_de_flujo_ascendente.pdf)
- Comisión Nacional del Agua. (2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario. In *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. [https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA_2015_Manual Pretratamiento y Tratamiento primario..pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA_2015_Manual_Pretratamiento_y_Tratamiento_primario..pdf)
- CONAGUA. (2019). *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Tratamiento y disposición de lodos Libro 32*. 186.
- De lemos Chernicharo, C. A. (2007). *Anaerobic Reactors* (Vol. 4). IWA Publishing.

Empresa metropolitana de alcantarillado y agua potable. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP*.

GAD Javier Loyola. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de la Parroquia Javier Loyola. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Instituto Ecuatoriano de normalizacion. (1997). Código De Practica Para El Diseño De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas Y Residuos Líquidos En El Área Rural. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 2, 50.

https://archive.org/details/ec.cpe.5.9.2.1997/page/n1/mode/2up%0Ahttps://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf%0Ahttps://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf

Ministerio del Agua-Viceministerio de Servicios Básicos. (2007). Reglamento tecnico de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. *Ministerio Del Agua Viceministerio de Servicios Basicos*, 250. <http://www.aaps.gob.bo/images/MarcoLegal/ResolucionesMinisteriales/RM-49.pdf>

Reforma del Texto Unificado de Legislacion Secundaria, Nro 387 184 (2015). http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf

Texto Unificado de Legislacion Secundaria del Medio Ambiente, 1 (2016) (testimony of Ministerio del Ambiente).

Organizacion Panamericana de la Salud. (2005a). Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización. *Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias Del Ambiente - Cepis*, 130(November), 40. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/299/1/UNESUM-ECU-CIVIL-2011-23.pdf>

Organizacion Panamericana de la Salud. (2005b). Guías Para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado. *Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias Del*

Ambiente - *Cepis*, 73. <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>

Rojas, R. (2002). Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente - Cepis*. datateca.unad.edu.co/.../ARESIDUAL2012.../fundamentoaguasresiduales...

Romero Rojas, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño* (Escuela colombiana de ingeniería (ed.); 3ra Edición). Escuela colombiana de ingeniería.

Secretaría del Agua. (2011). Normas Para Estudio De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. *Código Ecuatoriano de La Construcción*, 6, 420. http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf

Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA). (2014). Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades - Criterios Básicos de Diseño. *Siapa*, sv, 25. http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_1._criterios_basicos_de_diseño.pdf

Tchobanoglous, G., Stensel, D., Burton, F., & Tsuchihashi, R. (2013). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y recirculación. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Fifth edit, Vol. 1, Issue 2003). McGraw-Hill. https://www.academia.edu/35963101/Ingeniería_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edición_METCALF_and_EDDY_FREELIBROS_ORG_pdf

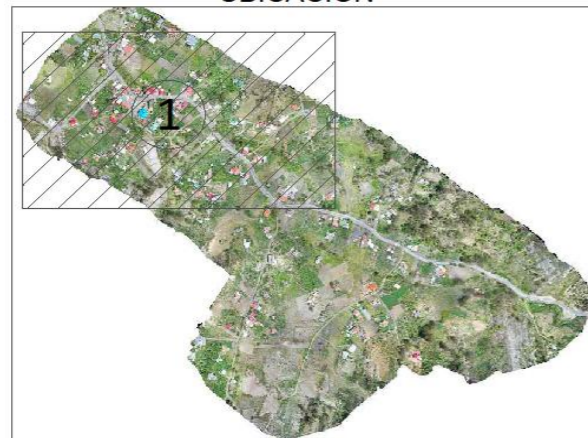
von Sperling, M. (2007). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal* (Vol. 1). IWA Publishing.

Anexo 2: Planos de la red de alcantarillado sanitario - Ayancay

VISTA EN PLANTA DE LA RED DE ALCANTARILLADO



UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA

SENTIDO DEL FLUJO

SECCIÓN DE TUBERÍA

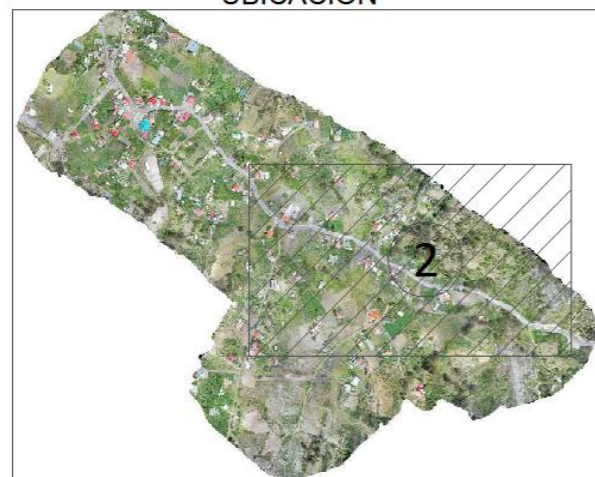
POZO DE REVISIÓN

UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, AZOGUES-CAÑAR	CONTIENE: VISTA EN PLANTA DE RED DE ALCANTARILLADO EN LA COMUNIDAD DE AYANCAY, SECCIÓN 1
AUTORES: MARCO MERCHÁN U. MARCEL PELAEZ Q.	
REVISOR: Ing. Belén Arivato, M.Sc.	
DATUM: UTM - WGS84 ZONA 17 SUR	ESCALA: 1:1000
FECHA: 31-may-23	LÁMINA: 1 de 7


VISTA EN PLANTA DE LA RED DE ALCANTARILLADO




UBICACIÓN




SIMBOLOGÍA

SENTIDO DEL FLUJO 

SECCIÓN DE TUBERÍA 

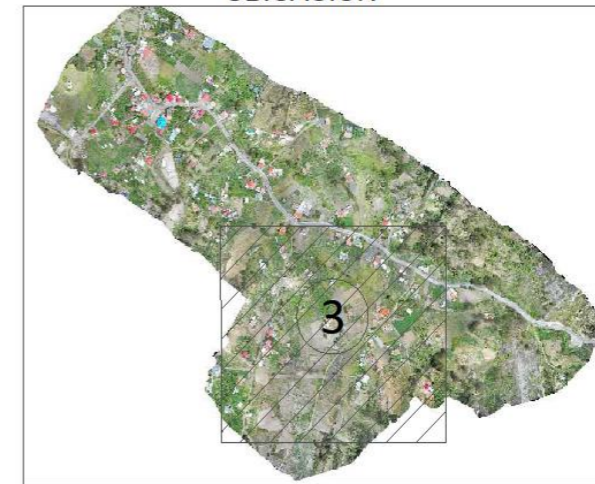
POZO DE REVISIÓN 

UNIVERSIDAD DEL AZUAY 	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, AZOGUES-CAÑAR	CONTIENE: VISTA EN PLANTA DE RED DE ALCANTARILLADO EN LA COMUNIDAD DE AYANCAY, SECCIÓN 2
AUTORES: MARCO MERCHÁN U. MARCEL PELAEZ Q.	REVISOR: Ing. Belén Arévalo, M.Sc.
DATUM: UTM - WGS84 ZONA 17 SUR	ESCALA: 1:1000
FECHA: 31-may-23	LÁMINA: 2 de 7

VISTA EN PLANTA DE LA RED DE ALCANTARILLADO



UBICACIÓN

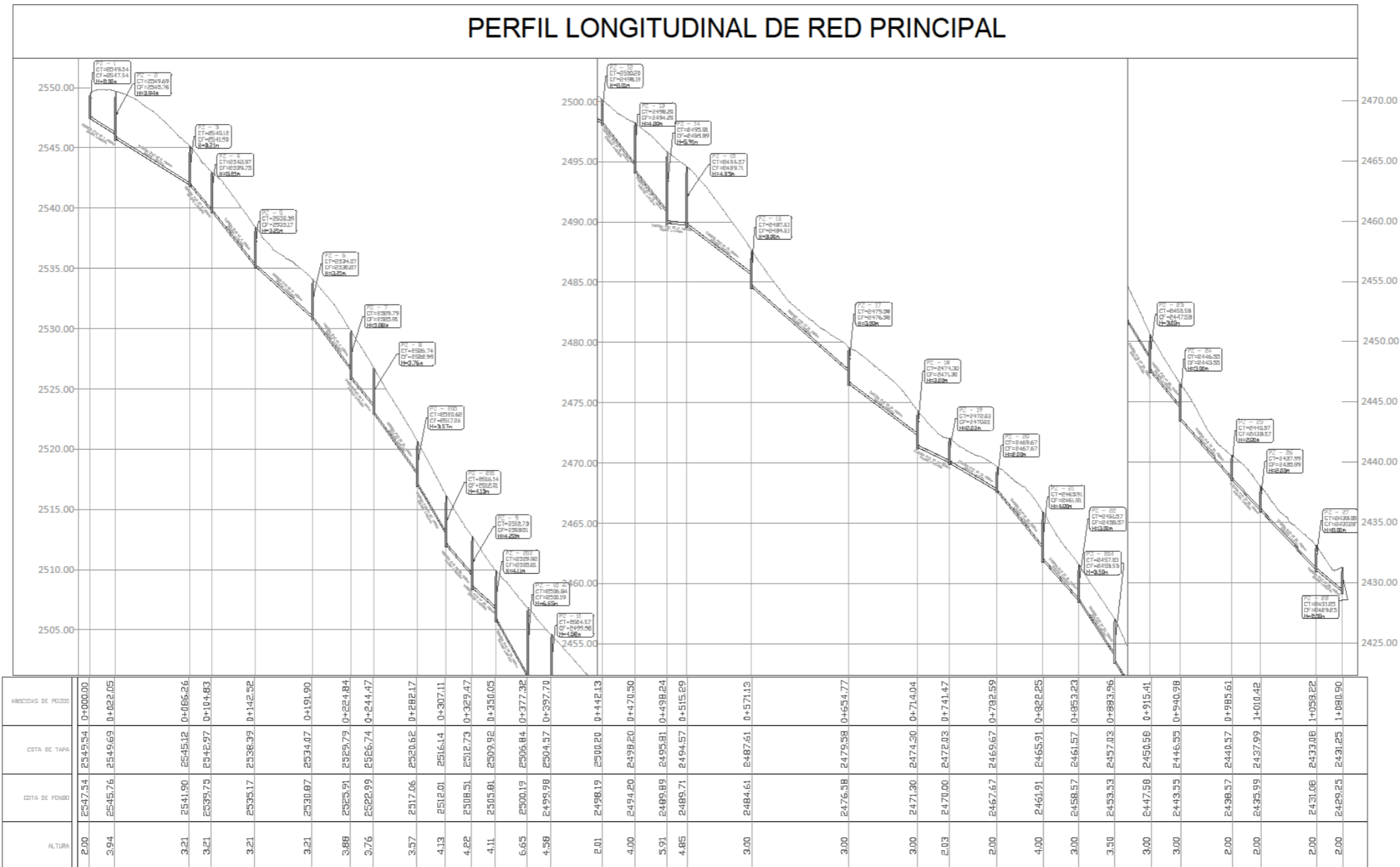


SIMBOLOGÍA

- SENTIDO DEL FLUJO
- SECCIÓN DE TUBERÍA
- POZO DE REVISIÓN

UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, AZOGUES-CAÑAR	CONTIENE: VISTA EN PLANTA DE RED DE ALCANTARILLADO EN LA COMUNIDAD DE AYANCAY, SECCIÓN 3
AUTORES: MARCO MERCHÁN U. MARCEL PELAEZ Q.	REVISOR: Ing. Belén Arévalo, M.Sc.
DATUM: UTM - WGS84 ZONA 17 SUR	ESCALA: 1:1000
FECHA: 31-may-23	LÁMINA: 3 de 7

PERFIL LONGITUDINAL DE RED PRINCIPAL



SIMBOLOGÍA

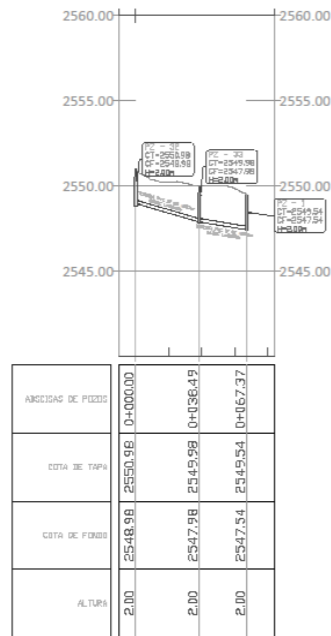
TERRENO NATURAL

SECCIÓN DE TUBERÍA

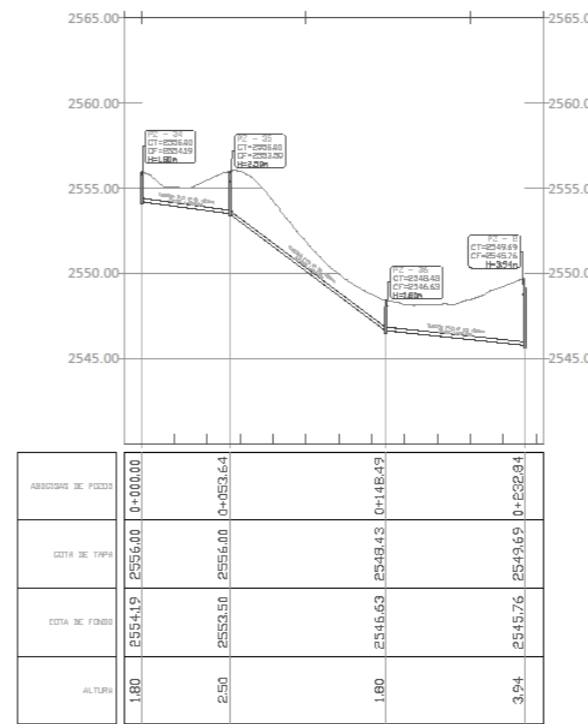
ESTRUCTURA DE POZO

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, AZOGUES-CAÑAR	CONTIENE: PERFIL LONGITUDINAL DE LA RED PRINCIPAL DE ALCANTARILLADO
AUTORES: MARCO MERCHÁN U. MARCEL PELAEZ Q.	REVISOR: Ing. Belén Arévalo, M.Sc.
DATUM: UTM - WGS84 ZONA 17 SUR	ESCALA: 1:2000
FECHA: 31-may-23	LÁMINA: 4 de 7

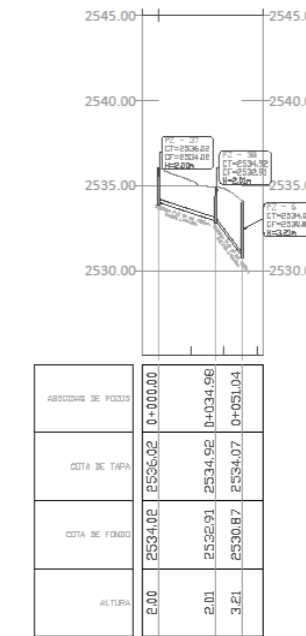
PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 1



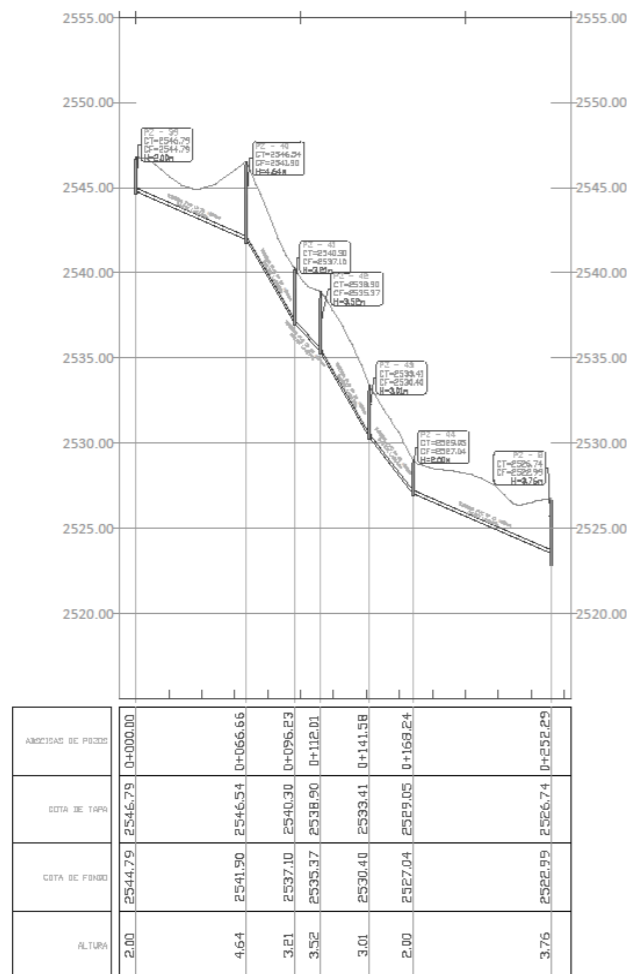
PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 2



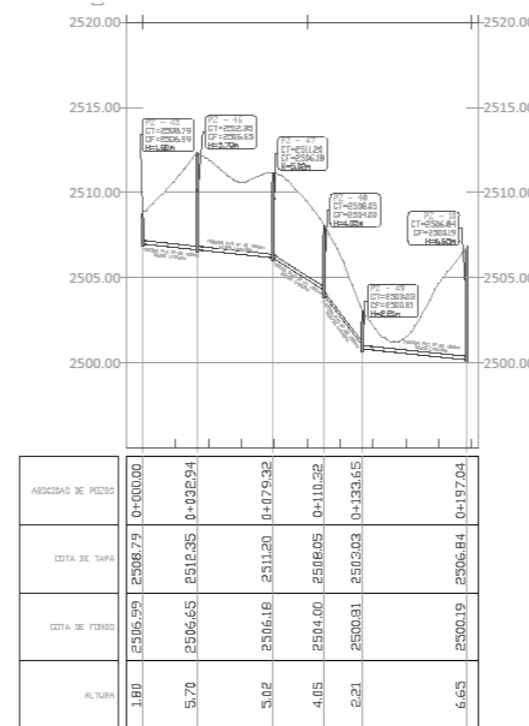
PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 3



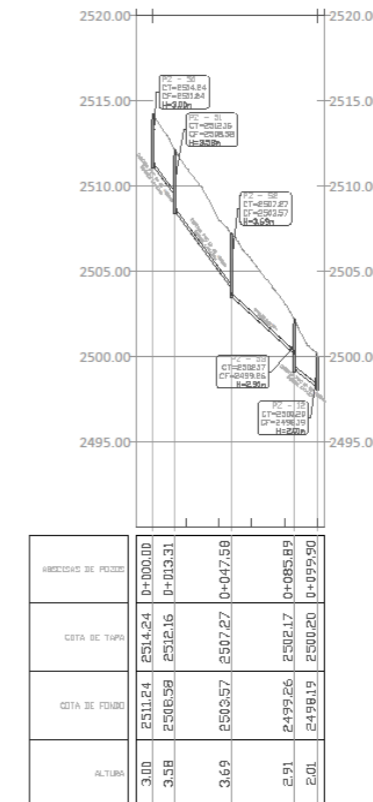
PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 4



PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 5



PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 6



SIMBOLOGÍA

TERRENO NATURAL

SECCIÓN DE TUBERÍA

ESTRUCTURA DE POZO

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, AZOGUES-CAÑAR

CONTIENE: PERFIL LONGITUDINAL DE LAS REDES SECUNDARIAS 1, 2, 3, 4, 5 Y 6 DE ALCANTARILLADO

AUTORES: MARCO MERCHÁN U. MARCEL PELAEZ Q.

REVISIÓN: Ing. Belén Arévalo, M.Sc.

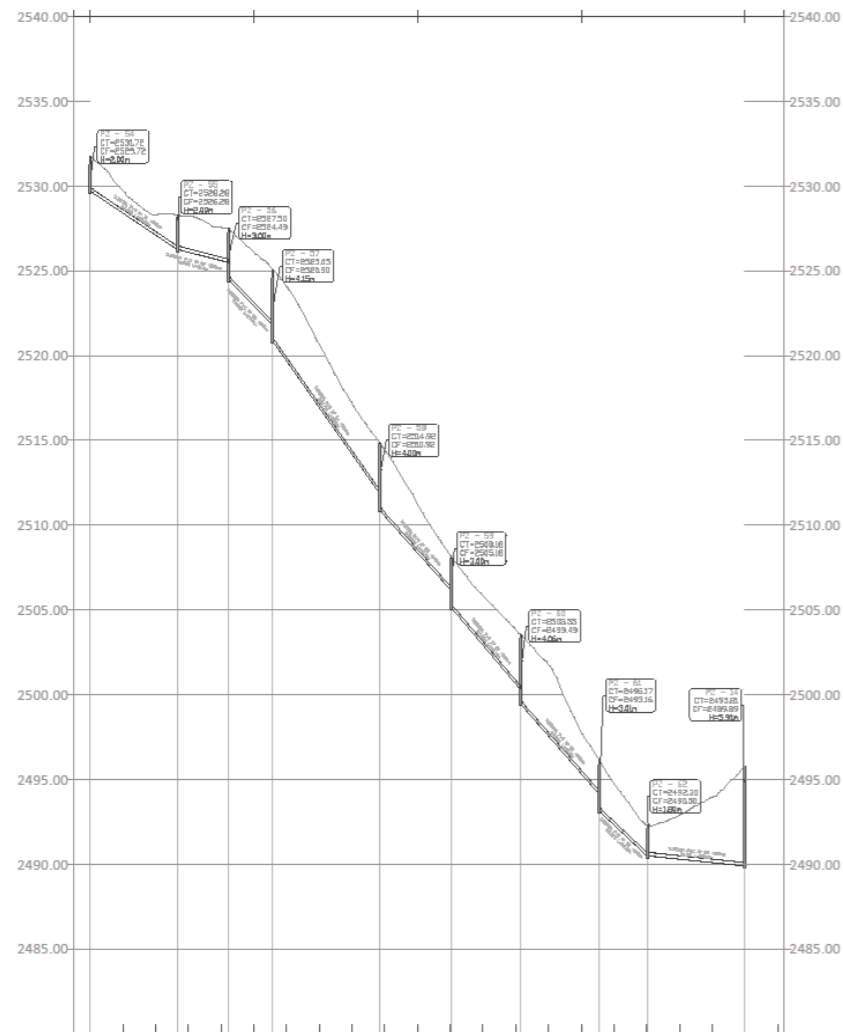
DATA: UTM - WGS84 ZONA 17 SUR

ESCALA: 1:2000

FECHA: 31-may-23

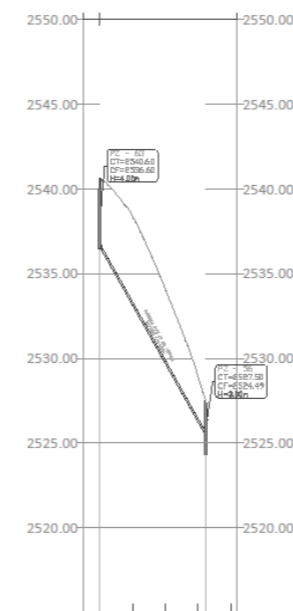
LÁMINA: 5 de 7

PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 7



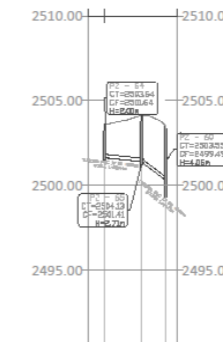
ABSCISAS DE POZOS	0+000.00	0+053.23	0+084.42	0+111.48	0+176.69	0+220.45	0+262.83	0+310.94	0+348.39	0+408.05
COTA DE TAPA	2529.72	2528.28	2527.50	2525.05	2514.92	2503.18	2499.49	2493.16	2492.30	2495.61
COTA DE FONDO	2529.72	2526.28	2524.49	2520.90	2510.92	2500.18	2499.49	2493.16	2490.50	2495.61
ALTURA	2.00	2.00	3.00	4.15	4.00	3.00	4.06	3.01	1.80	5.91

PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 7.1



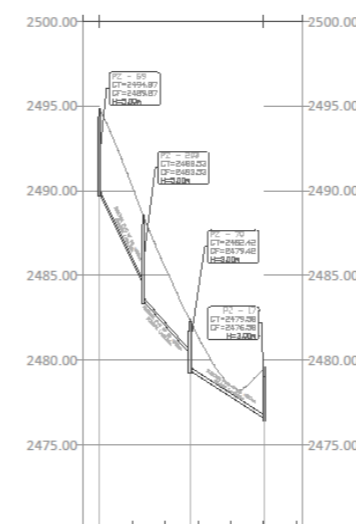
ABSCISAS DE POZOS	0+000.00	0+106.48
COTA DE TAPA	2536.60	2527.50
COTA DE FONDO	2536.60	2524.49
ALTURA	4.00	3.00

PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 7.2



ABSCISAS DE POZOS	0+000.00	0+022.44	0+037.16
COTA DE TAPA	2503.64	2504.13	2503.55
COTA DE FONDO	2501.64	2499.49	2499.49
ALTURA	2.00	2.71	4.06

PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 8



ABSCISAS DE POZOS	0+000.00	0+026.72	0+055.08	0+100.74
COTA DE TAPA	2484.87	2486.53	2482.42	2479.58
COTA DE FONDO	2469.87	2463.53	2479.42	2476.58
ALTURA	5.00	5.00	3.00	3.00

SIMBOLOGÍA

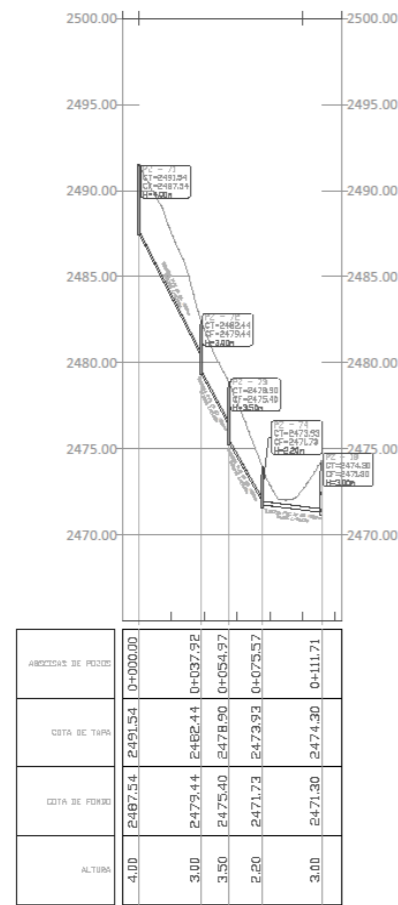
TERRENO NATURAL

SECCIÓN DE TUBERÍA

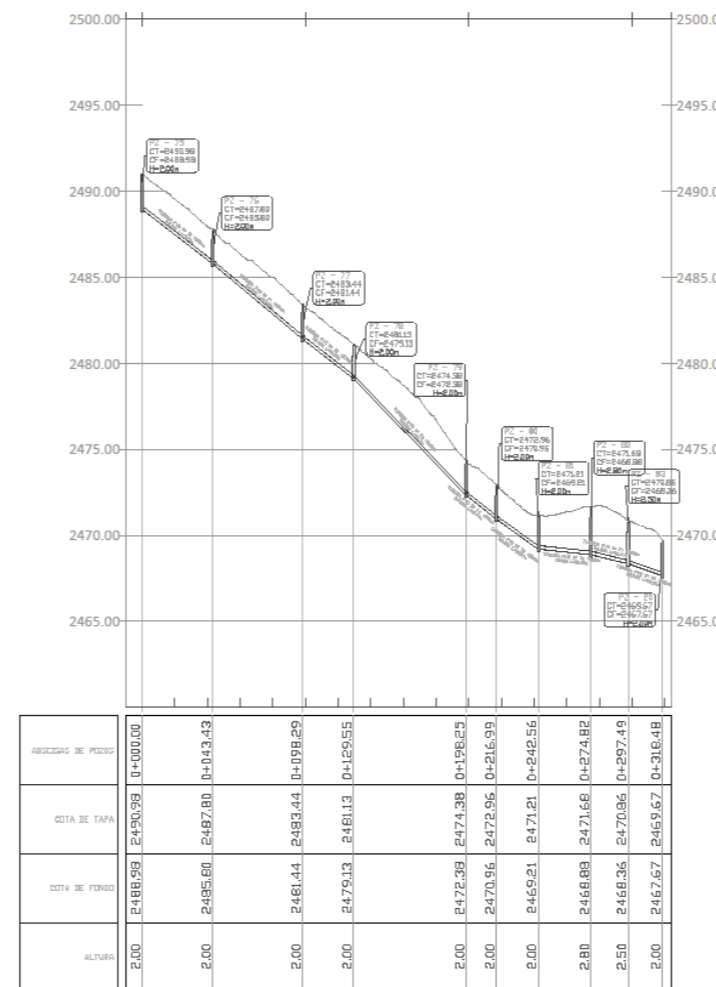
ESTRUCTURA DE POZO

UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, AZOGUES-CAÑAR	CONTENIDO: PERFIL LONGITUDINAL DE LAS REDES SECUNDARIAS 7, 7.1, 7.2 Y 8 DE ALCANTARILLADO
AUTORES: MARCO MERCHÁN U. MARCEL PELÁEZ Q.	REVISOR: Ing. Belén Arévalo, M.Sc.
DATUM: UTM - WGS84 ZONA 17 SUR	ESCALA: 1:2000
FECHA: 31-may-23	LÁMINA: 6 de 7

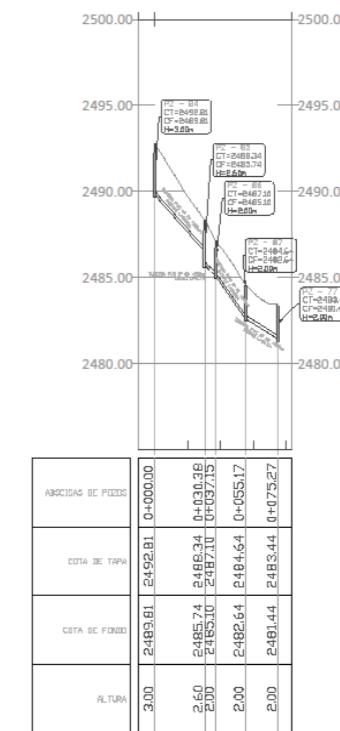
PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 9



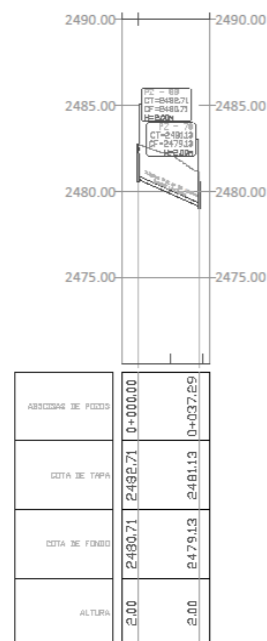
PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 10



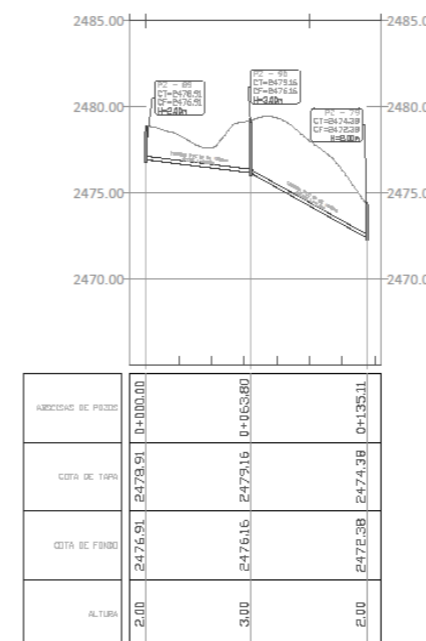
PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 10.1



PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 10.2



PERFIL LONGITUDINAL DE RED SECUNDARIA 10.3



SIMBOLOGÍA

TERRENO NATURAL

SECCIÓN DE TUBERÍA

ESTRUCTURA DE POZO

UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD DE AYANCAY, AZOGUES-CAÑAR	CONTIENE: PERFIL LONGITUDINAL DE LAS REDES SECUNDARIAS 9, 10, 10.1, 10.2 Y 10.3 DE ALCANTARILLADO
AUTORES: MARCO MERCHÁN U. MARCEL PELAEZ Q.	REVISOR: Ing. Belén Arévalo, M.Sc.
DATUM: UTM - WGS84 ZONA 17 SUR	ESCALA: 1:2000
FECHA: 31-may-23	LÁMINA: 7 de 7

Anexo 3: Diseño fosa séptica – Ayancay

DISEÑO DE LA FOSA SEPTICA

Parametro	unidad	valor
Poblacion servida	Hab	747
Caudal maximo	L/Dias	518400
Producción de aguas residuales por persona	L/hab*día	56025

1. Volumen de sedimentacion

Volumen sedimentacion	unidad	valor
Periodo de retención hidráulica	días	0.0750
Periodo de retencion Hidraulico adoptado	días	1
Volumen sedimentación	m3	56.03

3. Volumen de natas

volumen espuma o natas	unidad	valor
Volumen	m3	0.7000

Dimensionamiento

Dimensionamiento	Unidad	Valor
Volumen util total	m3	161.3100
Altura o profundidad impuesta	m	2.3
Relacion largo/ancho		2
Area requerida	m2	70.13
Ancho	m	5.92
Largo	m	11.84
Profundidad de espuma sumergida maxima	m	0.0100
Profundidad libre de espuma sumergida	m	0.1
Profundidad minima para la sedimentacion	m	0.8
Profundidad de almacenamiento lodos	m	1.49
Profundidad de lodo libre	m	-17.4138
Altura calculada	m	2.4000
Altura util	m	2.4
Ancho real	m	6
Largo real	m	12
Volumen util toral real	m3	172.8
Area requerida real	m2	72
Sobredimensionamiento		7.12%
Volumen de la primera camara	m3	115.2
Volumen de la segunda camara	m3	57.6
Longitud de la primera camara	m	8
Longitud de la segunda camara	m	4
Orificio para el paso entre camaras para limpieza	m	1.6
Area de la seccion transversal del orificio	m2	1.44
Altura de la seccion transversal del orificio	m	0.4
Base de la seccion transversal del orificio	m	3.6
Altura libre Separacion entre el nivel superior de natas y losa	m	0.3
Pendiente del fondo de la losa septica		2%

$$V = V_s + V_d + V_e$$

$$H_e = \frac{0.7}{A}$$

$$H_{e1} \geq 0.10m$$

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

$$H_o = 0.82 - 0.26 \times A$$

2. Volumen de digestion y almacenamiento de lodos

Digestion de lodos	unidad	valor
Intervalo de limpieza o retiro de lodos	años	2.0000
Volumen de digestion de lodos	m3	104.58

Parametros de calidad del efluente de la fosa septica

Parámetros	Símbolo	Eficiencia de remoción	Valor afluente (mg/L)	Valor efluente (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	40%	86.42	51.85
Demanda Química de Oxígeno	DQO	40%	144.03	86.42
Sólidos suspendidos totales	SST	60%	86.42	34.57
Nitrógeno Amoniacal	NA	0%	6.48	6.48
Fósforo	P	15%	1.44	1.22
Coliformes fecales	CF	0%	0.00	0

Anexo 4: Diseño filtro anaerobio – Ayancay

DATOS GENERALES			
	Símbolo	Valor	Unidad
Numero habitantes	hab	747.00	-
Dotacion Agua	C	75.00	L/Hab*d
Coeficiente de retorno	R	0.80	-
Carga per capita	-	50.00	gr/hab.d
Caudal afluente medio	Q	518.40	m3/d
Caudal de entrada máximo diario	Qmax-d	622.08	m3/d
Caudal máximo afluente horario	Qmax-h	933.12	m3/d
Carga másica del afluente (entrada a fosa)	-	44.80	kgDBO/d
Concentracion del afluente (entrada a fosa)	-	86.42	mg/L
Valor adoptado para el lecho empacado	h1	1.6	m
Altura del compartimiento inferior	h2	0.5	m
Profundidad libre hasta el canal de recolección de efluentes.	h3	0.5	m
# Numero de Filtros en paralelo	-	1	-
Adopción de un tiempo de retención hidráulica	t	7.5	horas
Eficiencia de remoción de Fosa	-	40%	%
Carga orgánica afluente al filtro anaeróbico	L0-AF	26.88	kg/d
Concentración media de DBO afluente al filtro anaeróbico	S0-AF	51.85	mg/L
Cálculo del volumen del filtro			
Volumen	V	162.00	m3
profundidad para el lecho empacado y para el filtro			
La profundidad total resultante para el filtro será	-	2.60	m
Cálculo del área del filtro anaeróbico			
Area	A	62.31	m2
Volumen del empacado	Vpb	99.69	m3
Verificación de la tasa de carga hidráulica (HLR)			
Para caudal medio entre 6 a 10	HLR1	8.32	m3/m2*d
Para caudal máximo diario entre 8 a 12	HLR2	9.98	m3/m2*d
Para caudal horario máximo entre 10 a 15	HLR3	14.98	m3/m2*d
Verificación de la tasa de carga orgánica promedio aplicada al filtro anaeróbico y al lecho empacado (Lv)			
LV1 entre 0,15 a 0,50	LV1	0.1659	KgDBO/m3*d
LV2 entre 0,25 a 0,75	LV2	0.27	KgDBO/m3*d
Determinación de las dimensiones del filtro			
Filtros de sección cuadrada, con área por unidad	-	62.31	m2
Lado	-	7.89	m2
Estimación de la eficiencia del filtro anaeróbico (E)			
E (%)	E	68.23	%
Estimación de la concentración de DBO en el efluente final			
DBO	-	16.47	mg/L

Anexo 5: Diseño Lecho de secado de lodos - Ayancay

Parametro	unidad	valor
Poblacion servida	Hab	747
Caudal maximo	L/Dias	518400

Carga de solidos que ingresa al sedimentador

Carga de solidos que ingresa	unidad	valor	valor con 90 gr
Solidos en suspension	gr/hab.d	60.0000	90.0000
Caudal promedio de aguas residuales	l/S	6	6
Carga de solidos 1	kg ss/dia	44.82	46.656
Carga de solidos 2	kg ss/dia	44.82	67.23

Masa de solidos que conforman los lodos

Masa de solidos	unidad	valor
Masa de solidos	kg ss/dia	14.5665

Volumen diario de lodos digeridos

Volumen diario de lodos digeridos	unidad	valor
Densidad de los lodos	kg/l	1.0400
%Solidos contenidos en el lodo		8%
Volumen diario de lodos digeridos	l/dia	175.078125

Volumen de lodos a extraerse

Volumen de lodos a extraerse del tanque	unidad	valor
Tiempo de digestion	dias	60.0000
Volumen de lodos a extraerse del tanque	m3	10.50

Area del lecho de secado

Area del lecho de secado	unidad	valor
Profundidad de aplicación	m	0.3000
Area del lecho de secado	m2	35.02

Dimensiones

Parametro	unidad	Valor
Ancho	m	5.917400189
Largo	m	5.917400189